



ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

***ΘΕΜΑΤΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΚΑΙ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΣΕ
ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΔΙΕΣΠΑΡΜΕΝΗΣ
ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΕΣ***

Του Μεταπτυχιακού Φοιτητή

Ιωάννη Α. Μέργου

Επιβλέπων

Σταύρος Παπαθανασίου, Καθηγητής ΣΗΜΜΥ ΕΜΠ

Αθήνα, Οκτώβριος 2020



ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑΤΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΣΕ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΔΙΕΣΠΑΡΜΕΝΗΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΕΣ

Του Μεταπτυχιακού Φοιτητή

Ιωάννη Α. Μέργου

Επιβλέπων

Σταύρος Παπαθανασίου, Καθηγητής ΣΗΜΜΥ ΕΜΠ

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 21^η Οκτωβρίου 2020.

.....
Σ. Παπαθανασίου
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Β. Ριζιώτης
Επ. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Α. Αντωνόπουλος
Επ. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Οκτώβριος 2020

.....
Ιωάννης Α. Μέργος

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Ιωάννης Α. Μέργος, 2020.
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	5
Σύνοψη	7
Περίληψη	8
Abstract	10
Summary	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΓΙΑ ΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΕΣ [BESS]	13
1.1 Γενικά / Συστήματα αποθήκευσης ενέργειας [ESS]	13
1.2 Συστήματα αποθήκευσης ενέργειας με συσσωρευτές [BESS]	17
1.2.1 Τύποι συσσωρευτών και τα χαρακτηριστικά τους	17
1.2.2 Συστήματα συσσωρευτών αποθήκευσης	26
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΑ ΘΕΜΑΤΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΣΕ BESS	33
2.1 Η σημασία της ασφάλειας και οι ιδιαιτερότητες για εφαρμογές καταναλωτών	33
2.2 Ο μηχανισμός φωτιάς σε συσσωρευτές ιόντων λιθίου	36
2.2.1 Πιθανή σχέση με φωτιές μετάλλων	36
2.2.2 Περιγραφή και χαρακτηριστικά συσσωρευτών ιόντων λιθίου που σχετίζονται με την ασφάλεια και τη φωτιά	37
2.2.3 Αναλυτικότερη περιγραφή της θερμικής φυγής	39
2.3 Ενημέρωση καταναλωτών	45
2.3.1 Γενικές οδηγίες για τη χρήση συσσωρευτών (λιθίου)	45
2.3.2 Οδηγοί εγκατάστασης BESS για το κοινό	45
2.4 Δραστηριότητες προτυποποίησης	48
2.4.1 Γενικές παρατηρήσεις σχετικά με την έκδοση/υιοθέτηση προτύπων	48
2.4.2 Underwriters Laboratories (UL)	49
2.4.3 MESA Standards Alliance / SunSpec Alliance	49
2.4.4 DNV GL	50
2.4.5 FM Global	51
2.4.6 Telcordia	51
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΤΥΠΑ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ BESS	53
3.1 Γενική παρουσίαση	53
3.2 Ορισμοί, με βάση το πρότυπο UL 1973	55
3.3 Κατηγορίες κινδύνου και προβλέψεις για την αντιμετώπισή τους	55
3.4 Άλλες προβλέψεις του προτύπου UL 1973 (2018)	90
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΤΥΠΑ ΧΩΡΟΥ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	91
4.1 Θέματα πυρασφάλειας και πυροπροστασίας	91
4.1.1 Γενικές κατευθυντήριες γραμμές για την εγκατάσταση	91
4.1.2 Το πρότυπο NFPA 855: Standard for the Installation of Stationary Energy Storage Systems	94

4.1.3 Ο κώδικας φωτιάς IFC	96
4.1.4 Ο κώδικας κατοικιών IRC	113
4.1.5 Ο μηχανολογικός κώδικας IMC	116
4.1.6 Ο αμερικανικός κώδικας φωτιάς NFPA 1 (The Fire Code)	118
4.1.7 Η ελληνική εφαρμογή και ο Κανονισμός Πυροπροστασίας Κτιρίων (ΠΔ41/2018)	130
4.2 Κώδικες και κανονισμοί ηλεκτρικών εγκαταστάσεων	150
4.2.1 Γενικά	150
4.2.2 Οι προβλέψεις του NEC για συσσωρευτές και συστήματα αποθήκευσης ενέργειας	152
4.2.3 Άλλες σχετικές προβλέψεις του NEC	164
4.2.4 Η ελληνική εφαρμογή: τα πρότυπα ΕΛΟΤ HD 384 και ΕΛΟΤ 60364	182
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ	191
5.1 Γενική παρουσίαση και σχολιασμός	191
5.1.1 Παραγωγή - Διαθεσιμότητα	191
5.1.2 Μεταφορά συσσωρευτών	192
5.1.3 Διαχείριση παλιών συσσωρευτών - Ανακύκλωση	193
5.1.4 Επίδραση στο ενεργειακό ζήτημα	194
5.2 Περιβαλλοντική ανάλυση	195
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ BESS ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΩΝ	207
6.1 Σε διεθνές επίπεδο	207
6.2 Στην Ελλάδα	209
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	211
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΣ ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΡΟΤΥΠΩΝ – ΚΑΝΟΝΙΣΜΩΝ	221
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΚΑΙ ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΠΡΟΒΛΕΨΕΩΝ ΠΡΟΤΥΠΩΝ –	–
ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑ ΣΤΟ ΚΕΦ. 3	247
B.1 Προβλέψεις του UL 1973 (2018)	247
B.2 Προβλέψεις του IEC 62619 (2017)	293
B.3 Προβλέψεις του IEC 60335-1(2012+A3:2017)	309
B.4 Πίνακας αντιστοίχισης IEC 60950-1 και IEC 62368-1	340
B.5 Πίνακας αντιστοίχισης IEC 62040-1-1 και IEC 62040-1	344

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: **Θέματα Ασφάλειας και Περιβαλλοντικής Διαχείρισης σε Εφαρμογές Διεσπαρμένης Αποθήκευσης Ηλεκτρικής Ενέργειας με Συσσωρευτές**

ΦΟΙΤΗΤΗΣ: **Ιωάννης Μέργος**

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: **Σταύρος Παπαθανασίου, Καθηγητής ΣΗΜΜΥ ΕΜΠ**

ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ ΕΤΟΣ: **2019-20**

Σύνοψη

Η αυξανόμενη διείσδυση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) στο ενεργειακό μίγμα απαιτεί όλο και μεγαλύτερες ανάγκες για διεσπαρμένη και ευέλικτη αποθήκευση ενέργειας. Αυτό θα οδηγήσει σε νέες προκλήσεις όσον αφορά τις εγκαταστάσεις και την ασφάλεια, καθώς αναμένεται ότι θα γίνει απαραίτητη η παρουσία διατάξεων αποθήκευσης σημαντικών ποσοτήτων ενέργειας μέσα ή κοντά σε χώρους οικιακών, εμπορικών ή άλλων καθημερινών δραστηριοτήτων (εγκαταστάσεις καταναλωτών), αλλά και σε απομακρυσμένα μέρη χωρίς διαρκή επίβλεψη. Η παρούσα εργασία διερευνά τις παραμέτρους της ασφάλειας των συστημάτων αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας, με έμφαση στα συστήματα συσσωρευτών σε εγκαταστάσεις καταναλωτών, τα οποία ανήκουν τόσο σε αυτόνομα συστήματα παραγωγής-αποθήκευσης, όσο και σε συστήματα αποθήκευσης διασυνδεδεμένα με το δίκτυο (και πιθανώς ανεξάρτητα από την ύπαρξη τοπικής παραγωγής). Περιγράφονται οι σημαντικότεροι κίνδυνοι ανάλογα με τον τύπο του συσσωρευτή, δίνοντας ιδιαίτερη προσοχή στις διαφορές ανάμεσα στους ευρέως διαδεδομένους συσσωρευτές μολύβδου-οξέος και στους ταχέως αναπτυσσόμενους συσσωρευτές ιόντων λιθίου. Παρουσιάζονται και σχολιάζονται εκτεταμένα παραδείγματα όσον αφορά τις σημερινές απαιτήσεις (νομοθεσία, πρότυπα, κανονισμοί, τεχνικές οδηγίες) σχετικά με τον εξοπλισμό και τις εγκαταστάσεις αποθήκευσης ενέργειας διεθνώς και στην Ελλάδα. Εξετάζεται η επάρκεια των απαιτήσεων αυτών για τις μελλοντικές χρήσεις και κλίμακες, και οι πιθανοί τρόποι επέκτασής τους. Διερευνάται η δυνατότητα μεταφοράς τεχνογνωσίας με συνδυασμό απαιτήσεων (κανονιστικών ή πληροφοριακών) αφενός από βιομηχανικές και αφετέρου από οικιακές και άλλες σχετικές εγκαταστάσεις και εξοπλισμό, και προτείνονται τρόποι προσαρμογής των απαιτήσεων αυτών στις ιδιαιτερότητες των σημερινών και μελλοντικών συστημάτων συσσωρευτών, λαμβάνοντας πάντα υπόψη τις ανάγκες και τους περιορισμούς του μη βιομηχανικού περιβάλλοντος και του μη ειδικού χρήστη.

Λέξεις κλειδιά

Συστήματα αποθήκευσης ενέργειας με συσσωρευτές, πυροπροστασία, μηχανισμός φωτιάς, κίνδυνοι, ηλεκτρική ασφάλεια, περιβαλλοντικές επιπτώσεις, προτυποποίηση, δοκιμές συμμόρφωσης, κανονισμοί, οικιακές εγκαταστάσεις.

Περίληψη

Η παρούσα εργασία έχει ως αντικείμενο τα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας με δευτερογενείς (επαναφορτιζόμενους) συσσωρευτές (μπαταρίες) [Battery Energy Storage Systems, BESS] για εφαρμογή σε εγκαταστάσεις καταναλωτών. Ο όρος «εγκαταστάσεις καταναλωτών» θεωρείται εδώ αρκετά διευρυμένος και περιλαμβάνει πέρα από τις ανεξάρτητες κατοικίες ή διαμερίσματα, και μεγαλύτερα κτίρια-συγκροτήματα με κύρια χρήση είτε την κατοικία, είτε τον τριτογενή τομέα (γραφεία και επαγγελματικοί χώροι).

Στις εφαρμογές εγκαταστάσεων BESS καταναλωτών, περιλαμβάνονται οι εγκαταστάσεις καταναλωτών εκτός δικτύου (off-grid) για αυτονομία σε συνδυασμό με συστήματα Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) (κυρίως Φωτοβολταϊκά, Φ/Β) και οι εγκαταστάσεις καταναλωτών εντός-δικτύου (on-grid), σε συνδυασμό ή όχι με συστήματα ΑΠΕ. Οι τεχνολογίες συσσωρευτών που εμπίπτουν στη μελέτη είναι όσες χρησιμοποιούνται σήμερα σε εγκαταστάσεις BESS καταναλωτών και όσες αναμένεται να χρησιμοποιηθούν στο κοντινό μέλλον. Συγκεκριμένα, αναφερόμαστε κατά βάση σε τεχνολογίες μολύβδου-οξέος, που είναι ιστορικά ισχυρή αλλά έχει φτάσει τα όριά της, και κυρίως ιόντων λιθίου, η οποία είναι η πλέον πρόσφατη τεχνολογία και αυτή που έχει σήμερα τη δυνατότητα για μεγαλύτερη ανάπτυξη.

Ζητήματα ασφάλειας: Τα ζητήματα ασφάλειας στις εγκαταστάσεις BESS καταναλωτών εξετάζονται ανάλογα με το αν αφορούν (α) τον εξοπλισμό, (β) την εγκατάσταση, (γ) τη χρήση-λειτουργία, (δ) τη συντήρηση-επισκευή και (ε) την αποξήλωση-διαχείριση μετά το τέλος ζωής του συστήματος. Παράλληλα, τα ζητήματα ασφάλειας εξετάζονται ανάλογα με την πηγή κινδύνου. Τα κυριότερα παραδείγματα είναι (α) ηλεκτρικοί κίνδυνοι, (β) κίνδυνοι πυρκαγιάς/έκρηξης, (γ) διαρροές διαβρωτικών υγρών, (δ) διαρροές (μη εύφλεκτων) αερίων-κίνδυνοι ασφυξίας, (ε) κίνδυνοι από φυσικές καταστροφές (σεισμούς, πλημμύρες), (στ) άλλοι κίνδυνοι (κυρίως συνδυαστικοί των παραπάνω).

Παράλληλα, έχουν προταθεί μελλοντικές εφαρμογές διεσπαρμένης αποθήκευσης υπό κεντρικό έλεγχο, δηλαδή διασπορά μεγάλου αριθμού εγκαταστάσεων αποθήκευσης καταναλωτών, όχι όμως αποκλειστικά για κάλυψη ιδιωτικών αναγκών αλλά και για παροχή υπηρεσιών προς το δίκτυο ως εάν ήταν μία μεγάλη εγκατάσταση. Τα συστήματα αυτά έχουν επιπλέον απαιτήσεις ασφαλείας λόγω της δυνατότητας απομακρυσμένου χειρισμού τους, σε κάποιο βαθμό ανάλογα με αυτά των τηλεχειριζόμενων υποσταθμών δικτύου.

Ζητήματα περιβαλλοντικής διαχείρισης: Τα κυριότερα ζητήματα περιβαλλοντικής διαχείρισης, είναι αφενός όσα συνδέονται με τα ανωτέρω θέματα ασφάλειας (π.χ. περιβαλλοντικές συνέπειες πυρκαγιάς, διαρροής υγρών, αερίων ρύπων) και αφετέρου η διαχείριση των αποβλήτων, τόσο κατά τη συντήρηση και επισκευή, όσο και (κυρίως) στο τέλος της ζωής του εξοπλισμού.

Κατά την πορεία της εργασίας αναζητήθηκε και συλλέχθηκε βιβλιογραφικό υλικό από διεθνείς και ελληνικές πηγές (ακαδημαϊκά/ερευνητικά άρθρα, δελτία τύπου και δημοσιογραφικής φύσης άρθρα, τεχνικά φυλλάδια κατασκευαστών/εγκαταστατών, οδηγοί μελέτης/εγκατάστασης σε διάφορα επίπεδα, δημοσιεύσεις επιτροπών που ασχολούνται με τη σύνταξη και ενημέρωση προτύπων, εθνικά/διεθνή πρότυπα/κανονισμοί), κατά το δυνατόν πρόσφατο (σχεδόν όλες οι πηγές είναι από τη δεκαετία του 2010, με έμφαση στις νεότερες).

Πρότυπα και Οδηγοί Ασφάλειας: Παλαιότερα πρότυπα σχετίζονταν με τις τότε συνήθειες τεχνολογίες και εφαρμογές συσσωρευτών (π.χ. UPS). Κατά τα τελευταία χρόνια όμως έχουν αναπτυχθεί ή είναι σε φάση ανάπτυξης νεότερα πρότυπα που περιγράφουν ειδικά τις εφαρμογές συσσωρευτών αποθήκευσης, και αναμένεται αυτή η τάση να συνεχιστεί. Σήμερα, σε διάφορες χώρες, με βάση τα ισχύοντα κάθε φορά πρότυπα, νομοθεσία και κανονισμούς (Codes, Standards and Regulations, CSR), έχουν συνταχθεί οδηγοί εγκατάστασης, συντήρησης και χρήσης συστημάτων BESS σε ένα εύρος επιπέδων (από το επίπεδο του αρχικού σχεδιαστή του συστήματος έως το επίπεδο του απλού χρήστη). Ορισμένα παραδείγματα που μελετήθηκαν είναι της Αυστραλίας, των Ηνωμένων Πολιτειών (ειδικά της Καλιφόρνιας) και Ευρωπαϊκών χωρών.

Όσον αφορά τον εξοπλισμό, τα πρότυπα εξοπλισμού είναι γενικά διεθνή, ή (εάν είναι εθνικά) μπορούν να υιοθετηθούν και σε άλλες χώρες/περιοχές πέραν αυτής από την οποία προέρχονται. Γενικά ο εξοπλισμός σχεδιάζεται ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κατά το δυνατόν περισσότερες χώρες. Επομένως, ο εξοπλισμός που κατασκευάζεται από μεγάλους και έγκυρους κατασκευαστές μπορεί να ικανοποιεί ταυτόχρονα τα πρότυπα περισσότερων χωρών/περιοχών όσον αφορά τα θέματα ασφάλειας. Τα πρότυπα εξοπλισμού αφορούν τους συσσωρευτές, αλλά και τα υπόλοιπα τμήματα της εγκατάστασης (αντιστροφείς, μετασχηματιστές (Μ/Σ), συστήματα ελέγχου και διασύνδεσης), συμπεριλαμβανομένου του σχετικού λογισμικού. Άλλα πρότυπα καλύπτουν το αντικείμενο της ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας (EMC), της διασύνδεσης με το υπόλοιπο κύκλωμα ή δίκτυο και της συμβατότητας μεταξύ εξοπλισμού διαφορετικών κατασκευαστών. Τα πιο πρόσφατα πρότυπα αφορούν πλήρη, ολοκληρωμένα BESS.

Αντίθετα στους τομείς της εγκατάστασης, όπως επίσης της χωροθέτησης και της εφαρμογής προδιαγραφών γενικότερης ασφάλειας (π.χ. από πυρκαγιά, σεισμό, πλημμύρα), γενικά παρουσιάζονται διαφοροποιήσεις που ανταποκρίνονται τόσο σε διαφορές εθνικής νομοθεσίας/κανονισμών, όσο και διαφορές πραγματικών συνθηκών και τοπικές ιδιαιτερότητες. Παραδείγματα είναι η σεισμικότητα, οι συνθήκες θερμοκρασίες περιβάλλοντος, η πιθανότητα και το είδος ακραίων καιρικών φαινομένων. Στα ζητήματα αυτά παρατέθηκαν παραδείγματα από εφαρμογές σε διημέριες επίπεδο, οι οποίες σχολιάστηκαν και συζητήθηκε η δυνατότητα προσαρμογής τους στην περίπτωση της Ελλάδας.

Παρακάτω περιγράφονται πιο αναλυτικά τα δύο κυριότερα ζητήματα ασφάλειας στα οικιακά συστήματα BESS.

A. Οι ηλεκτρικοί κίνδυνοι, όπως σε κάθε ηλεκτρική εγκατάσταση. Φυσικά τα γενικά πρότυπα ηλεκτρικών εγκαταστάσεων (π.χ. ELOT HD 384) πρέπει να ακολουθούνται σε κάθε περίπτωση. Για τα συστήματα BESS ο κίνδυνος μεγαλώνει όσο αυξάνει η τάση. Η τάση στοιχείου είναι 2...4 V, όμως οι συνήθειες συσσωρευτές ή

συνδεσμολογίες αυτών σε σειρά δίνουν τάσεις 12, 24 ή 48 V («χαμηλής» τάσης) έως και πάνω από 500 V σε συστήματα «υψηλής» τάσης (αντιστοιχεί σε Χαμηλή Τάση (XT) του δικτύου διανομής). Συστήματα μεγαλύτερης κλίμακας μπορούν να συνδεθούν στο δίκτυο Μέσης Τάσης (MT) μέσω Μ/Σ XT/MT. Στην περίπτωση αυτή (που αναφέρεται βεβαίως σε συστήματα που εγκαθίστανται σε μεγαλύτερα κτίρια οικιακού ή τριτογενούς τομέα και όχι στα καθαυτό οικιακά) η τάση της συστοιχίας συσσωρευτών είναι υψηλότερη, αλλά πάντοτε σε επίπεδα XT. Ορισμένες ιδιαιτερότητες του ηλεκτρικού κινδύνου στα συστήματα BESS είναι (α) η μειωμένη προσοχή και επαγρύπνηση των ατόμων (και ιδιαίτερα των μη ειδικών) σε συστήματα συσσωρευτών, σε σχέση με τα συνήθη συστήματα δικτύου αντίστοιχης τάσης, (β) η αδυναμία να τεθούν πλήρως σε θέση «εκτός» οι συσσωρευτές (ακόμη και αν το υπόλοιπο κύκλωμα είναι «εκτός»). Για το λόγο αυτό περιγράφονται αναλυτικά, μεταξύ άλλων, οι απαραίτητες προειδοποιητικές σημάνσεις και τα μέτρα παρεμπόδισης της πρόσβασης σε ευαίσθητα σημεία της εγκατάστασης.

Β. Οι κίνδυνοι πυρκαγιάς απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή επίσης. Οι συσσωρευτές ιόντων λιθίου έχουν μεγάλη συγκέντρωση ισχύος και είναι ευάλωτοι σε «θερμική φυγή». Τα τελευταία χρόνια έχουν καταγραφεί περιστατικά πυρκαγιάς σε μεγάλες εγκαταστάσεις BESS, επομένως είναι κάτι που πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη και στη μελέτη οικιακών εγκαταστάσεων. Επιπλέον, δεν υπάρχει εκτεταμένη εμπειρία στους τρόπους κατάσβεσης των πυρκαγιών σε τέτοιους συσσωρευτές. Έχει καταγραφεί η ανάγκη στη διεθνή βιβλιογραφία να εμπλουτιστούν τα πειραματικά δεδομένα με αύξηση της έρευνας στον τομέα αυτό. Στο μεταξύ, η εργασία επικεντρώνεται στην υπό διαμόρφωση βιομηχανική πρακτική που βασίζεται στις νεότερες εκδόσεις των υπαρχόντων προτύπων, κυρίως αμερικανικών (NFPA). Αυτά προβλέπουν μέτρα τόσο παθητικής όσο και ενεργητικής πυροπροστασίας με συμβατικά μέσα, σύμφωνα με τις αρχές πρόληψης και τη μεταφορά εμπειρίας από άλλα συγγενή αντικείμενα.

Πέραν των παραπάνω, περιγράφονται οι υπόλοιποι κίνδυνοι και τα μέτρα ασφαλείας και περιβαλλοντικής διαχείρισης που λαμβάνονται τόσο από τους χρήστες-ενοίκους του χώρου όσο και από τα συνεργεία συντήρησης (οδηγίες ασφαλούς εργασίας, μέσα ατομικής προστασίας, τρόποι διαχείρισης αποβλήτων κ.ά.).

Για καθμία από τις παραπάνω κατηγορίες κινδύνων προσδιορίστηκαν τα πρότυπα και οι κώδικες/κανονισμοί που την αφορούν, και εξετάστηκε ποια από τα μέτρα και οδηγίες που περιγράφονται στους παραπάνω οδηγούς μπορούν να εφαρμοστούν στην περίπτωση της Ελλάδας, με βάση την ελληνική και ευρωπαϊκή νομοθεσία και πρακτική.

Παρατίθεται και σχολιάζονται εκτεταμένα παραδείγματα από τους ανωτέρω οδηγούς και τα πρότυπα στα οποία παραπέμπουν, έχοντας υπόψη τις ιδιαιτερότητες των εφαρμογών και τα ελληνικά δεδομένα.

Σε διάφορα επί μέρους σημεία γίνεται συγκριτική παρουσίαση, όσον αφορά τις ανάγκες ασφαλείας και περιβαλλοντικής διαχείρισης, μεταξύ των «οικιακών» BESS όπως ορίστηκαν παραπάνω, και των ανεξάρτητων εγκαταστάσεων BESS (συνήθως μεγαλύτερης κλίμακας) σε ανεξάρτητα κτίρια ή στο ύπαιθρο, για απ' ευθείας σύνδεση στο δίκτυο MT.

Επιπλέον, δεδομένης της πιθανής υιοθέτησης εναλλακτικών τεχνολογιών συσσωρευτών για εφαρμογές καταναλωτών στα επόμενα χρόνια (συσσωρευτές νατρίου-θείου, ροής), γίνεται μια ενδεικτική (αλλά όχι αναλυτική) εκτίμηση για το ποιες από τις ανωτέρω απαιτήσεις πρέπει και κατά πόσο να αναθεωρηθούν (αύξηση ή μείωση κινδύνου πυρκαγιάς, συνέπειες αύξησης της εγκατεστημένης ισχύος/ενέργειας).

Γενικότερα, επιχειρείται να εξαχθούν συμπεράσματα και να διατυπωθούν προτάσεις σχετικά με τις μελλοντικές ανάγκες και απαιτήσεις που θα προκύψουν με την περαιτέρω διάδοση και εξέλιξη των συστημάτων BESS καταναλωτών, και τους πιθανούς τρόπους με τους οποίους θα μπορέσουν να ικανοποιηθούν αυτές.

Η διάρθρωση της εργασίας είναι η ακόλουθη:

Στο Κεφάλαιο 1 γίνεται μια παρουσίαση των συστημάτων αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας γενικά, και των συστημάτων συσσωρευτών ειδικότερα, και σχολιάζεται συνοπτικά ο ρόλος και η θέση τους στα ταχέως εξελισσόμενα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας του παρόντος και του μέλλοντος.

Στο Κεφάλαιο 2 εισάγονται τα ζητήματα ασφάλειας για τα συστήματα συσσωρευτών και ειδικότερα για τις εφαρμογές καταναλωτών. Αναλύεται ο μηχανισμός της φωτιάς σε συσσωρευτές λιθίου, ο σημαντικότερος ειδικός κίνδυνος, που άλλαξε τα δεδομένα της ασφάλειας συσσωρευτών την τελευταία δεκαετία. Στη συνέχεια συνοψίζονται οι πρόσφατες δραστηριότητες σε διεθνές επίπεδο όσον αφορά την προτυποποίηση, έκδοση κανονισμών και ενημερωτικού υλικού.

Το Κεφάλαιο 3 επικεντρώνεται στον εξοπλισμό. Παρουσιάζει τους διάφορους κινδύνους, τις ανάγκες για την αντιμετώπισή τους, και τις σχετικές απαιτήσεις των προτύπων, έχοντας ως σημείο εκκίνησης τον αντίστοιχο πίνακα διακινδύνευσης του αυστραλιανού οδηγού, και λαμβάνοντας υπόψη τις νεότερες εκδόσεις των προτύπων.

Το Κεφάλαιο 4 ασχολείται με τα δύο σημαντικά αντικείμενα που αφορούν την ασφάλεια εγκατάστασης: Τους κανονισμούς πυρασφάλειας και τους κανονισμούς ηλεκτρικής εγκατάστασης. Παρουσιάζονται παραδείγματα από το διεθνή χώρο (κυρίως τις ΗΠΑ) και γίνεται σύγκριση με τα ισχύοντα στην Ελλάδα, και συγκεκριμένα τον Κανονισμό Πυροπροστασίας Κτιρίων (2018) και το νέο πρότυπο ΕΛΟΤ 60364: Απαιτήσεις Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων (2020)

Το Κεφάλαιο 5 εισάγει τα ζητήματα περιβαλλοντικής διαχείρισης και επίδρασης των συστημάτων συσσωρευτών σε όλα τα στάδια της ζωής τους, και παραθέτει ένα παράδειγμα προτεινόμενης περιβαλλοντικής ανάλυσης.

Το Κεφάλαιο 6, επιδιώκει να καταγράψει τις νεότερες εξελίξεις, αλλά και να προτείνει κατευθύνσεις, για την μελλοντική εξέλιξη των διαδικασιών προτυποποίησης και κανονισμών/νομοθεσίας.

Στο Παράρτημα Α παρατίθεται ένας εκτεταμένος πίνακας με όλα τα εθνικά και διεθνή πρότυπα, κανονισμούς και οδηγίες που αναφέρονται στην εργασία και σχετίζονται άμεσα ή έμμεσα με τα μελετούμενα ζητήματα.

Τέλος, το Παράρτημα Β αποτελεί συμπλήρωμα του Κεφαλαίου 3 και σε αυτό παρουσιάζονται και σχολιάζονται οι προβλέψεις των αντίστοιχων διεθνών προτύπων εξοπλισμού.

POST-GRADUATE THESIS: **Safety and Environmental Management Issues in Applications of Distributed Electric Energy Storage using Batteries**

STUDENT: **Ioannis Mergos**

SUPERVISOR: **Stavros Papathanassiou, Professor, ECE, NTUA**

ACADEMIC YEAR: **2019-20**

Abstract

The increasing Renewable Energy penetration in the energy mix leads to ever increasing needs for distributed and flexible energy storage. This will be the cause of new challenges regarding the installations and safety, as it is expected that the presence of storage systems within or in the proximity of household, commercial or other everyday use locations (consumer installations), as well as in remote areas far from direct supervision, will become necessary. In the present work, the safety parameters of electrical energy storage systems are investigated, with emphasis on battery systems within consumer installations, both on standalone (off-grid) generation-storage systems, and on storage systems connected to the grid (possibly without any local power generation). First, the main hazards and risks are described, for each type of battery technology, with special attention given on the differences between the widespread lead-acid batteries, and the rapidly developing lithium-ion batteries. Then, extensive examples of the current requirements (legislation, standards, regulations, technical guidelines) are presented, regarding the equipment and installation of energy storage systems internationally and in Greece. Furthermore, the question of sufficiency of these requirements for the expected future uses and scale is studied, as well as the possible pathways for their evolution. Finally, the possibility of expertise transfer by adopting a combination of requirements (normative or informative) from both industrial and household equipment or other relevant sectors is investigated, as are ways to adapt those requirements to the particularities of current and future battery systems, always keeping in mind the needs and limitations of non-industrial surroundings and non-specialist users.

Keywords

Battery Energy Storage Systems, fire protection, fire mechanism, risks, hazards, electrical safety, environmental impact, standardization, compliance tests, regulations, residential installations.

Summary

The subject of the present thesis are Battery Energy Storage Systems (BESS) using secondary (rechargeable) batteries, for application in consumer installations. The term “consumer installations” here is fairly wide and includes BESS installed in independent residences or apartments, as well as in larger buildings/complexes with either residential or tertiary sector (offices and services) usage.

Consumer installations using BESS systems can be split into off-grid installations, for autonomy in combination with renewable power generation (mainly Photovoltaics, PV), and on-grid installations, which may or may not include renewable generation. The battery technologies within the scope of this work are those currently applied in BESS for consumer installations, and those that are expected to be applied in the near future. Specifically, we refer mainly to the lead-acid technology, which is historically strong but has reached its limits, and mainly to the lithium-ion technology, which is more recent and has at present the most potential for expansion.

Safety issues: Safety issues for consumer BESS can be identified regarding (a) equipment, (b) installation, (c) use and operation, (d) service and maintenance, and (e) decommissioning and management after its end-of-life. In parallel, safety issues can be identified based on the source of hazard. Main examples are (a) electric hazards, (b) fire/explosion, (c) spill of corrosive fluids, (d) release of (non-flammable) gases, including suffocation hazards, (e) hazards from natural disasters (earthquakes, flooding), (f) other hazards (mostly combinations of the above).

Beyond these, a suggested future application is the distributed storage under centralized control, that is the dispersion of a large number of storage facilities located at consumers’ premises, intended not exclusively for their private benefit, but also for supply of services to the grid, handled by the grid operator as if it were one large installation. Such systems would have additional safety concerns, due to their potential to be remote controlled, and would necessitate safeguards and interlocks somehow similar to those found in the remotely-controlled grid substations.

Environmental management issues: The main aspects of environmental management are (a) those connected with the aforementioned safety issues (e.g. environmental consequences of fire, liquid spill, gas release), and (b) waste management, either during service/maintenance or (mostly) at the equipment end-of-life.

During the course of this work, bibliographic material was searched and collected from a variety of international and Greek-language sources (academic/research papers, press releases and journalistic articles, technical bulletins by equipment manufacturers/installers, installation guides by professional associations and authorities, publications of committees assigned with standardization processes, national and international standards, codes and regulations), with the intention of being current and up-to-date (the majority of sources dates from the 2010’s, with emphasis on the most recent ones).

Standards and Safety Guides: Older standards existed on the then usual technologies (e.g. lead-acid) and applications (e.g. UPS) for batteries. However, during the recent years newer standards have been developed, or are under development, which refer specifically to energy storage batteries, and this trend is expected to continue. Currently, in several countries, based on the existing Codes, Standards and Regulations (CSR), guides have been written, for the installation, maintenance and use of BESS, at a range of levels (from the system designer level to the end user/operator level). Some studied examples originate from Australia, United States (specifically California) and European countries.

As regards the equipment, equipment standards are in most cases either international, or (if national), they can be adopted beyond their country/region of origin. Equipment is meant to be used in several countries. So, equipment made by large and reputable manufacturers can be designed to concurrently satisfy the safety standards of several countries/regions. Equipment standards refer not only to batteries, but also the rest of the installation components (inverters, transformers, control and interface systems), including the relevant software. Other standards cover the subjects of electromagnetic compatibility (EMC), interconnection with the rest of the circuit or grid, and the compatibility between equipment from different manufacturers. Most recent standards refer to entire, integrated BESS.

On the contrary, the topics of installation, location and application of more general safety precautions (e.g. regarding fire, earthquake, flooding) allow more room for local or regional variations, reflecting either differences in legislation/regulations, or differences in actual local field conditions. Examples are seismicity, typical ambient temperature range, probability and type of extreme weather effects. On these topics, examples of practice from various countries were presented, followed by a discussion on their relevance and adaptability to the case of Greece.

In the following paragraphs, the two major safety issues on consumer BESS are described.

A. The electrical hazards, as in any electric installations. The generic CSRs of electrical installations (e.g. ELOT HD 384 in Greece) should be followed at any case. For BESS, hazards and risk increase as the voltage increases. The voltage of a single cell is 2...4 V (depending on chemistry), but the usual batteries (or their in-series configurations in modules or packs) typically have voltages of 12, 24 or 48 V (“low voltage” systems) up to over 500 V (“high voltage” systems), still corresponding to the Low Voltage (LV) grid level. Larger scale systems can be directly connected to the Medium Voltage (MV) side of the grid, via a LV/MV transformer. In this case (expected to be found in systems installed within larger buildings (residential or tertiary sector) and not within individual residences), the BESS output voltage would be higher, but still within the LV range. Some specific electric hazards/risks associated with consumer BESS are (a) less attention and awareness given by individuals (in particular laypersons) on battery systems (wrongly assumed to be less dangerous compared to typical grid-based electrical circuits of a similar voltage level), (b) the inability to completely “switch off” the batteries themselves (even if the rest of the circuit is off). For this reason, there is a detailed presentation, among else, of the necessary warning and cautionary signage, and the measures to limit

access to critical parts of the installation.

B. Fire hazards also require a special level of attention. Li-ion batteries have a high power density and are susceptible to thermal runaway. In the recent years, events of fire have occurred in large scale BESS facilities, which makes it also a source of concern for residential scale installations. Furthermore, there is limited experience on the fire extinguishing methods of such batteries. The need has been identified, to accumulate more experimental data by increasing research on the field. In the meanwhile, the present work focuses on the developing industrial practice, which is based on the latest editions of CSR, mainly American (including NFPA). These prescribe measures for both passive and active fire protection, using conventional methods, according to the prevention principles and the transfer of expertise from other relevant sectors.

Beyond these, other risks and hazards are described, as well as the corresponding safety and environmental management measures to be taken by the users/tenants of the premises, and by the service/maintenance staff (safety in workplace rules, personal protective equipment, waste management etc.).

For each of the several risk types, the corresponding CSR were identified, and the applicability of measures and guidelines described in the guides for the case of Greece was investigated, taking into account the Greek and European legislation and practice.

Extended examples from these guidelines are presented and commented, as are from the standards referenced, and they are reviewed taking into account the special needs of consumer BESS and of the Greek realities.

At various points a comparison is drawn between safety and environmental needs of residential-scale BESS, and stand-alone BESS facilities (typically of a larger size) located in separate buildings or outdoors, intended for direct connection to the MV grid.

Additionally, given the potential for adoption of alternative battery technologies in the coming years (NaS or flow batteries), an indicative (but not exhaustive) assessment is made on the need of future revision of the safety requirements (increase or decrease of fire risk, consequences of increase of the installed power/energy capacity).

Overall, we have attempted to draw conclusions and formulate suggestions regarding the future needs and requirements that are expected to emerge due to the further propagation and evolution of consumer BESS, and the possible ways that such needs and requirements could be met.

The structure of the present thesis is as follows:

In Chapter 1 there is a presentation of electrical energy storage systems in general, and of battery systems in particular, and a concise review of their role and place in the rapidly developing electricity grids of present and future.

In Chapter 2 the safety concepts are introduced for battery systems, and particularly for their consumer applications. The fire initiation and propagation mechanism is detailed for lithium-based batteries, since this has been the major specific risk that has shifted the priorities of battery safety in the past decade. Then, recent activities in international level are summarized, regarding standardization, codes adoption and issuing of informational materials.

Chapter 3 focuses on equipment and presents the various risks, corresponding measures and applicable requirements of standards. It was based on the risk matrix of the Australian best practice guide for electrical storage equipment, also taking into account more current standards editions.

Chapter 4 deals with the two major issues relevant to the installation safety: the fire protection regulations and the electrical installation regulations. Example cases (mainly from the USA) are presented and commented, and a comparison is drawn to the requirements in Greece, specifically the Regulation for Fire Protection of Buildings (2018) and the new standard ELOT 60364: Requirements for Electrical Installations (2020).

Chapter 5 introduces the issues of environmental management and impact of battery systems throughout their lifespan, and cites an example of suggested environmental analysis.

Chapter 6 aims to summarize latest trends and to suggest directions for the future evolution of standardization, regulations and legislation.

Annex A presents an extensive table of all national and international standards, regulations and directives, mentioned in the thesis, which are directly or indirectly relevant to the studied topics.

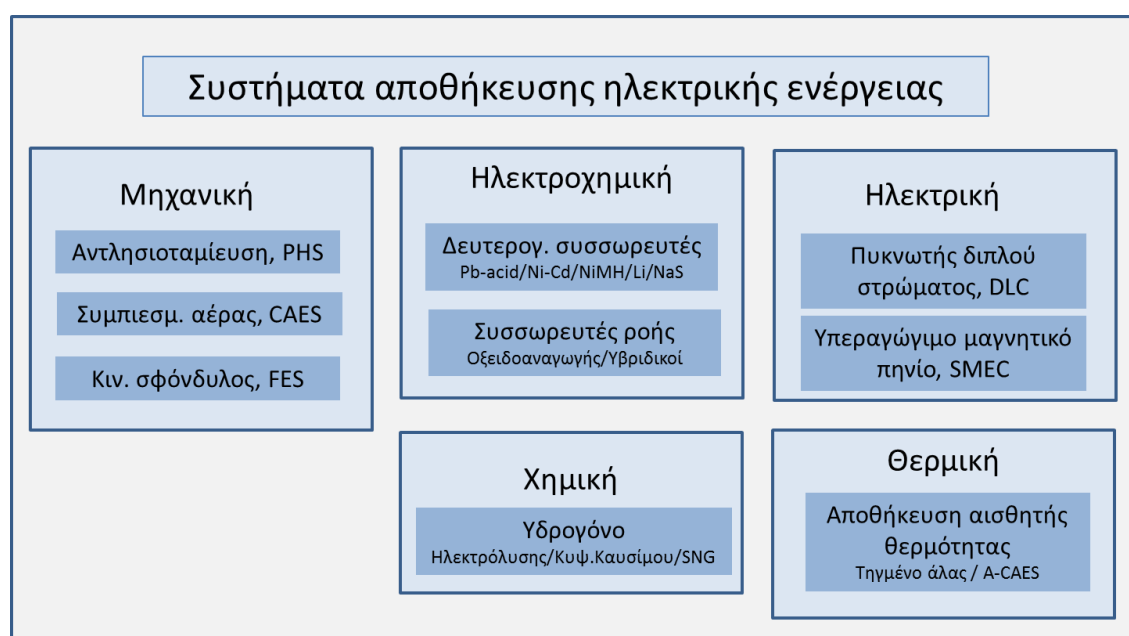
Finally, Annex B is complementary to Chapter 3, presenting and commenting the provisions of the relevant equipment standards.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.

ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΓΙΑ ΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΕΣ [BESS]

1.1 Γενικά / Συστήματα αποθήκευσης ενέργειας [ESS]

Τα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας (Energy Storage Systems, ESS) αποθηκεύουν ενέργεια σε διάφορες μορφές (θερμική, ηλεκτρο-μηχανική, ηλεκτρο-χημική), η οποία μπορεί να μετατραπεί σε ηλεκτρική ενέργεια στο χρόνο που θα ζητηθεί. Περιλαμβάνουν τεχνολογίες όπως η αντλησιοταμίευση (pumped hydro), η ενέργεια κινούμενου σφονδύλου (flywheel), η συμπίεση αέρα (Compressed Air Energy Storage, CAES) και τα συστήματα με συσσωρευτές (Battery Energy Storage System, BESS) [14], [15]. Μια συνοπτική ταξινόμηση υαρχόντων και σχεδιαζόμενων συστημάτων ESS φαίνεται στο Σχήμα 1.1.

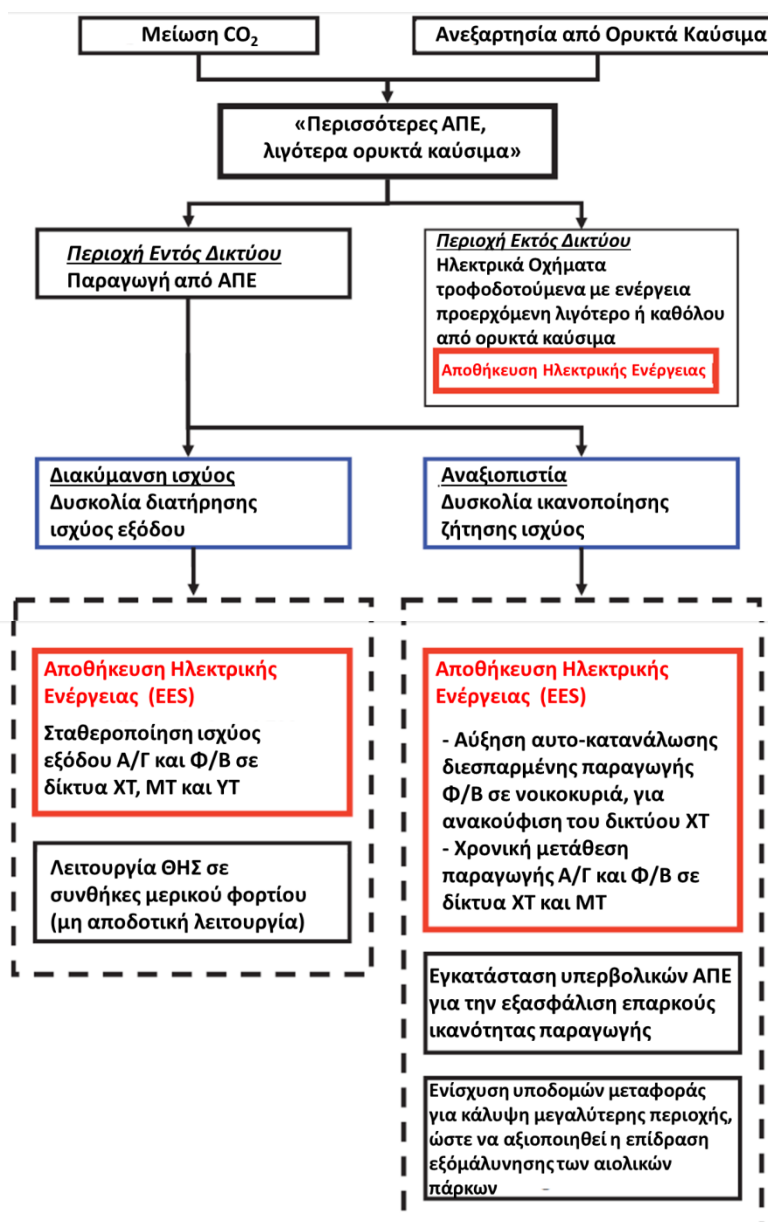


Σχήμα 1.1. Ταξινόμηση συστημάτων ESS ανάλογα με τη μορφή ενέργειας [47].

Τα ESS αποτελούν σημαντικό στοιχείο στη διαρκώς αναπτυσσόμενη και εξελισσόμενη μορφή των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας, που σχεδιάζονται με προοπτική να αυξηθεί σταδιακά η διείσδυση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ), ώστε να μειωθεί αντίστοιχα το μερίδιο των ορυκτών καυσίμων και να αντιμετωπιστεί η κλιματική αλλαγή [21]. Επιγραμματικά, τα ESS λειτουργούν συμπληρωματικά ως προς τις ΑΠΕ, που είναι κατά κύριο λόγο διακοπόμενες πηγές ενέργειας ([1],[4],[7]), και μπορούν να εξισορροπήσουν την ενεργειακή προσφορά και ζήτηση [5]. Ενώ στο πρόσφατο παρελθόν οι εγκαταστάσεις αποθήκευσης ήταν συμπλήρωμα κυρίως των αυτόνομων συστημάτων ΑΠΕ ([1],[2],[7],[8],[66]), σήμερα όλο και περισσότερο θεωρούνται ως απαραίτητο συστατικό του διασυνδεδεμένου δικτύου. Η αποθήκευση ενέργειας οδηγεί σε μείωση της απαιτούμενης ισχύος αιχμής, και για το λόγο αυτό προσφέρονται κίνητρα στους ιδιοκτήτες συστημάτων ESS από τις ρυθμιστικές αρχές και τους διαχειριστές του δικτύου [15]. Παράλληλα, η ευστάθεια των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας, που έως σήμερα βασιζόνταν σε συμβατικούς σταθμούς παραγωγής [5], πρέπει να αναθεωρηθεί με την διείσδυση

των ΑΠΕ, και οι εγκαταστάσεις αποθήκευσης μπορούν να συνεισφέρουν και σε αυτό τον τομέα [12]. Η παγκόσμια δυναμικότητα συστημάτων ESS υπολογίζεται σήμερα στα 4 GW, και προβλέπεται να φτάσει τα 600 GW έως το 2040 [17]. Μια γενική εικόνα για την μεγάλης κλίμακας αποθήκευση ενέργειας στην Ευρώπη δίνεται από τους Geth et al, (2015) [57].

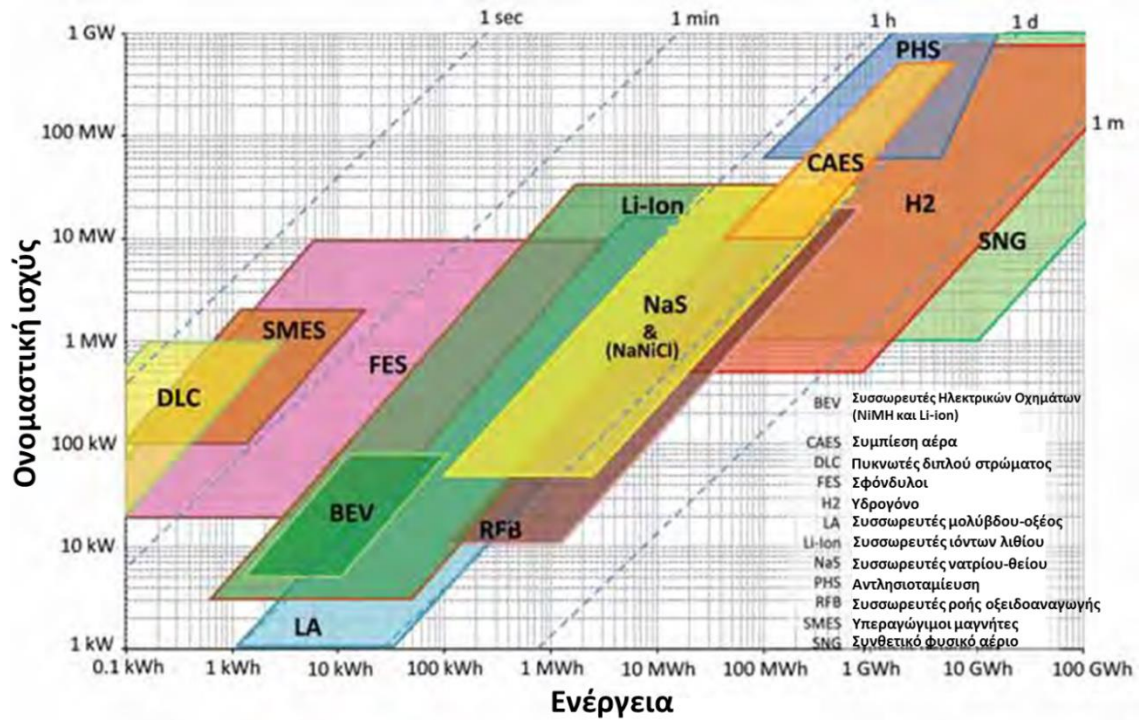
Στο Σχήμα 1.2 παρουσιάζονται γραφικά ορισμένα από τα κυριότερα ζητήματα που ανακύπτουν με τη νέα αυτή μορφή ηλεκτρικών δικτύων, και οι πιθανοί τρόποι με τους οποίους μπορούν να αντιμετωπιστούν με την ανάπτυξη και τη διάδοση συστημάτων ESS.



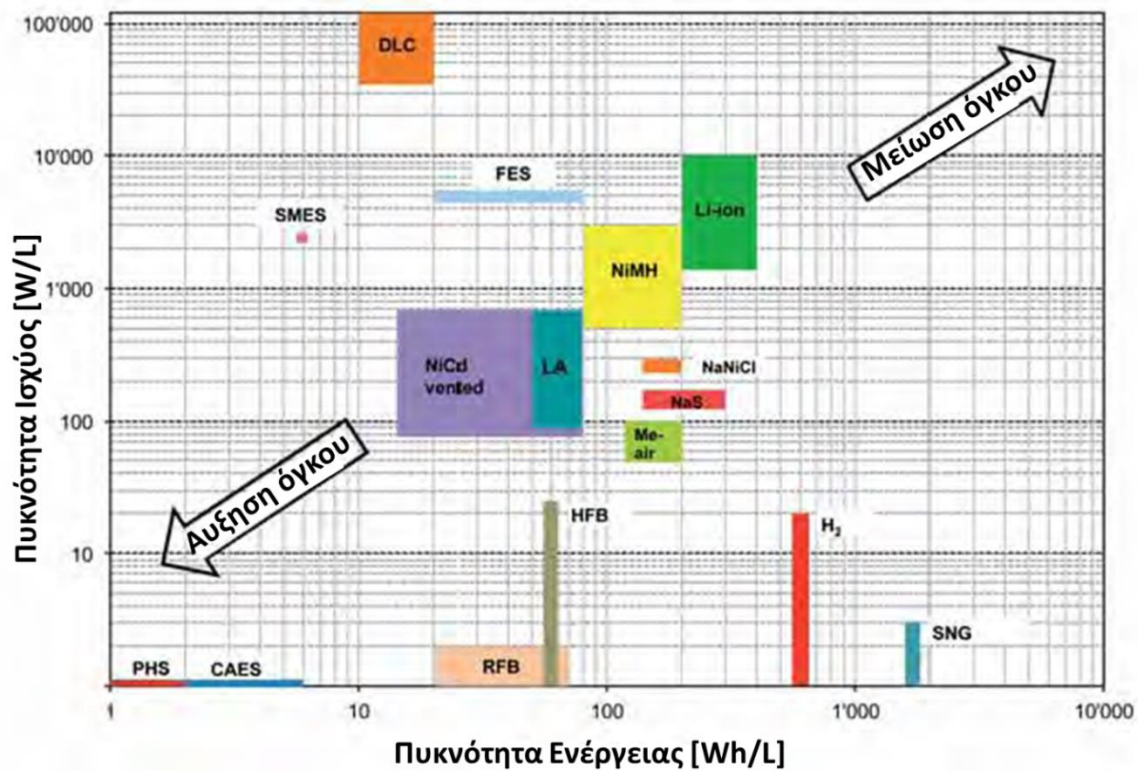
Σχήμα 1.2. Τρόποι με τους οποίους οι εγκαταστάσεις αποθήκευσης ενέργειας μπορούν να αντιμετωπίσουν προβλήματα σε εγκαταστάσεις με αυξημένη διείσδυση ΑΠΕ. [47].

Οι διάφορες τεχνολογίες ESS δεν είναι όλες ισοδύναμες και εναλλάξιμες μεταξύ τους. Αφενός, υπάρχουν μεγάλες διαφορές ανάμεσα στο εύρος τόσο της αποθηκευμένης ενέργειας (σε kJ ή συννηθέστερα kWh), όσο και της ονομαστικής ισχύος (σε kW), για τις οποίες η κάθε μέθοδος αποθήκευσης είναι πιο κατάλληλη. Αφετέρου, οι τεχνολογίες βρίσκονται σε διάφορα στάδια

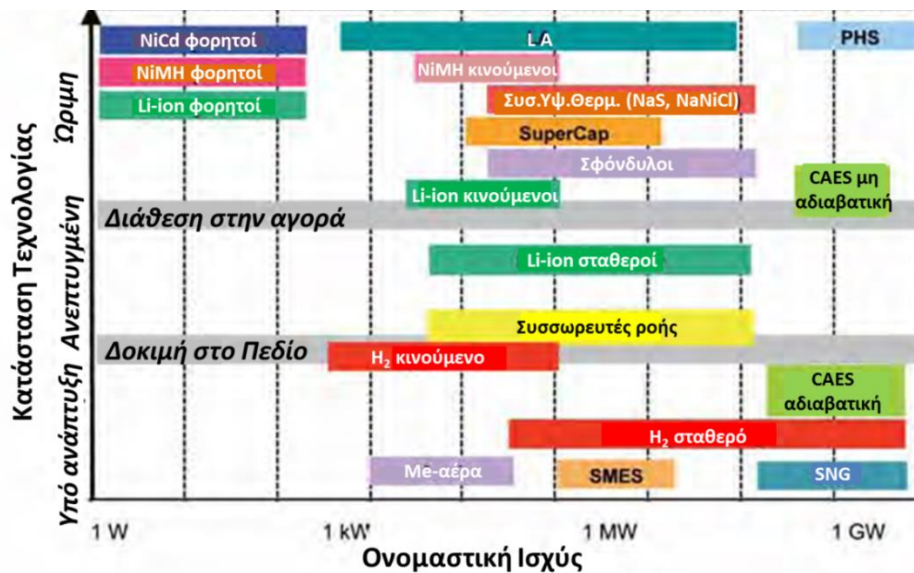
ωριμότητας. Ορισμένα διαγράμματα σύγκρισης διαφόρων τύπων ESS παρουσιάζονται στα Σχήματα 1.3, 1.4 και 1.5. [47] Γενικά, πολύ σημαντικό παράγοντα αποτελεί η πυκνότητα ενέργειας και ισχύος, καθότι υψηλότερες τιμές αυτών οδηγούν σε εξοικονόμηση χώρου ή ισοδύναμα σε δυνατότητα εγκατάστασης συστημάτων μεγαλύτερης ισχύος/χωρητικότητας.



Σχήμα 1.3. Ονομαστική ισχύς, χωρητικότητα και χρόνος εκφόρτισης για διάφορες τεχνολογίες EES (Fig. 2-9 του [47]).



Σχήμα 1.4. Σύγκριση πυκνότητας ισχύος και πυκνότητας ενέργειας (αναλογικά με τον όγκο) για διάφορες τεχνολογίες EES (Fig. 2-10 του [47]).



Σχήμα 1.5. Κατάσταση ωριμότητας και αιχμής (state-of-the-art) για διάφορες τεχνολογίες EES (Fig. 2-11 του [47]).

Η αποθήκευση μεγάλης κλίμακας αποτελεί μέρος γενικότερης προοπτικής μετεξέλιξης και αναβάθμισης των δικτύων μεταφοράς. Για παράδειγμα, έχουν αναφερθεί σχέδια για κατασκευή τεχνητού νησιού-κόμβου στη Βόρεια Θάλασσα, για τη συγκέντρωση της ισχύος από υπεράκτιες Α/Γ και την αποθήκευσή της αντλώντας νερό από δεξαμενή/λίμνη με επιφάνεια χαμηλότερη από το επίπεδο της θάλασσας (αντίστροφη αντλησιοταμίευση) [18], σε συνδυασμό με την πιθανότητα σύνδεσης με το δίκτυο της Νορβηγίας και αποθήκευση υδατικής ενέργειας (αντλησιοταμίευση). Παράλληλα ή εναλλακτικά, η χρήση ηλεκτρικής ισχύος για παραγωγή καυσίμων αερίων (power-to-gas, P2G) και αξιοποίηση υπόγειων σπηλαίων στη Β. Γερμανία για την αποθήκευση του παραγόμενου αερίου. Αυτές οι λύσεις αποθήκευσης μεγάλης κλίμακας, από την άλλη, δεν αντιμετωπίζουν το πρόβλημα της μεγάλης παραγωγής από υπεράκτιες Α/Γ στη Βόρεια Θάλασσα, και μεγάλης ζήτησης στο νότο της Γερμανίας: δεν υπάρχει επαρκής χωρητικότητα γραμμών μεταφοράς (και επιπλέον υπάρχουν κοινωνικές αντιδράσεις στις περιοχές όπου σχεδιάζονται νέες). [61] Κάτι αντίστοιχο δηλαδή με αυτό που συμβαίνει παραδοσιακά στην Ελλάδα, με τη μέγιστη παραγωγή στην περιοχή της Δυτικής Μακεδονίας, και τη μέγιστη ζήτηση στην νότια Ελλάδα και ιδιαίτερα στην Αττική.

Σημειώνεται ότι είναι δυνατός ο συνδυασμός περισσότερων συστημάτων αποθήκευσης στην ίδια εφαρμογή (πιθανώς παράλληλα και με ΑΠΕ). Παράδειγμα αποτελεί ο συνδυασμός συστημάτων αντλησιοταμίευσης, συσσωρευτών και Φωτοβολταϊκών (ΦΒ). Τέτοια αυτόνομα συστήματα έχουν μελετηθεί στο παρελθόν τόσο σε μοντελοποίηση (Badescu, 2003 [53]) όσο και σε πειραματική εφαρμογή (νήσος Δονούσα, Manolakos et al, 2003 [54]). Έχει προταθεί και ο συνδυασμός συσσωρευτών με σφονδύλους (Παπαδόπουλος, 1997 [2]). Οι μελέτες αυτές βασίστηκαν κυρίως στην τότε κυρίαρχη τεχνολογία συσσωρευτών μολύβδου-οξέος (Pb-acid).

Με δεδομένες όλες τις ανωτέρω παραμέτρους, ο πιο κοινός τύπος ESS που εγκαθίσταται σήμερα είναι τα συστήματα αποθήκευσης με συσσωρευτές (BESS), και ιδιαίτερα με συσσωρευτές ιόντων λιθίου ([14], [15]). Τα συστήματα αυτά (BESS) παρουσιάζονται αναλυτικότερα στην επόμενη ενότητα και θα αποτελέσουν το κύριο αντικείμενο της παρούσας εργασίας.

1.2 Συστήματα αποθήκευσης ενέργειας με συσσωρευτές [BESS]

1.2.1 Τύποι συσσωρευτών και τα χαρακτηριστικά τους

Οι συσσωρευτές (γνωστοί και ως μπαταρίες, batteries) αποτελούν διατάξεις αποθήκευσης ηλεκτροχημικής ενέργειας. Διακρίνονται σε δύο κύριες κατηγορίες, τους πρωτογενείς (primary), δηλαδή μη επαναφορτιζόμενους, ή «μίας χρήσης», και τους δευτερογενείς (secondary), ή επαναφορτιζόμενους, οι οποίοι μπορούν να υποστούν πολλαπλούς κύκλους εκφόρτισης και φόρτισης. Για τα συστήματα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας ενδιαφέρον παρουσιάζουν μόνο οι δευτερογενείς (επαναφορτιζόμενοι) τύποι συσσωρευτών.

Οι επαναφορτιζόμενοι / δευτερογενείς συσσωρευτές, περιλαμβάνουν διάφορους τύπους όπως οι ακόλουθοι:

- Ιόντων λιθίου (Li-ion): Προσφέρουν υψηλή πυκνότητα ενέργειας και μεγάλο αριθμό κύκλων επαναφόρτισης. Χρησιμοποιούνται σε ευρύ φάσμα εφαρμογών (ηλεκτρονικές συσκευές ευρείας κατανάλωσης, ηλεκτρικά οχήματα, ορισμένα αεροπλάνα), και πλέον (με αυξανόμενη τάση) για BESS.
- Μολύβδου-οξέος (Pb-acid, LA): παραδοσιακοί επαναφορτιζόμενοι συσσωρευτές, έχουν χαμηλό κόστος συγκριτικά με τους νεότερους τύπους. Χρησιμοποιούνται για εφαρμογές συστημάτων προστασίας και ελέγχου, εφεδρική παροχή ισχύος, και για BESS (εδώ και αρκετά χρόνια).
- Νατρίου-θείου (Na-S), για συστήματα BESS σε συνδυασμό με ΑΠΕ.
- Ψευδαργύρου-βρωμίου (Zn-Br), για BESS σε συνδυασμό με ΑΠΕ.
- Ροής (flow), που είναι μεγάλο μεγέθους και γενικά χρησιμοποιούνται για BESS σε συνδυασμό με ΑΠΕ [15] (τύποι: οξειδοαναγωγής - redox, υβριδικοί) [47]
- Νικελίου-καδμίου (Ni-Cd) και νικελίου-μετάλλου-υδριδίου (NiMH) [47] που παρουσίασαν ανάπτυξη για ένα διάστημα αλλά πλέον έχουν ξεπεραστεί.
- Μετάλλου-αέρα (Me-air) (συμπεριλ. Li-air, Zn-air) [47].

Οι διάφοροι τύποι συσσωρευτών παρουσιάζουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα όσον αφορά τη χωρητικότητα, τη διάρκεια εκφόρτισης, την ενεργειακή πυκνότητα, τον περιβαλλοντικό κίνδυνο και το συνολικό κόστος. Ακόμη και έως πρόσφατα, η συνήθης σύγκριση γινόταν μεταξύ συσσωρευτών με βάση το μόλυβδο και αυτών με βάση το νικέλιο [8][7]. Όμως, οι συσσωρευτές ιόντων λιθίου είναι μακράν το σύστημα που εγκαθίσταται περισσότερο σήμερα, λόγω κυρίως της υψηλής ενεργειακής πυκνότητας και της σταθερής μείωσης του κόστους ([15], [14]).

Ακολουθεί αναλυτικότερη περιγραφή τύπων συσσωρευτών από το White Paper: Electrical Energy Storage (2011) [47] της Διεθνούς Ηλεκτροτεχνικής Επιτροπής (IEC) [70]. Το White Paper αυτό είναι μια καλή γενική εισαγωγική πηγή για το αντικείμενο των ESS, αλλά πρέπει να λαμβάνεται υπόψη σε συνδυασμό με νεότερες πηγές καθώς (ιδιαίτερα σε θέματα κόστους και πρακτικών εφαρμογών) δεν είναι πλέον αρκετά επίκαιρο.

A) Συσσωρευτές μολύβδου-οξέος (Pb-acid, LA)

Οι συσσωρευτές μολύβδου-οξέος είναι ιστορικά ο πιο ευρέως διαδεδομένος τύπος συσσωρευτή, και χρησιμοποιούνται σε εμπορική κλίμακα ήδη από το 1890 περίπου. Τα συστήματα συσσωρευτών μολύβδου-οξέος χρησιμοποιούνται τόσο σε κινητές (mobile) όσο και σταθερές (stationary) εφαρμογές. Τυπικές εφαρμογές τους είναι συστήματα ισχύος ανάγκης, αυτόνομα συστήματα με ΦΒ, συστήματα συσσωρευτών για εξομάλυνση των διακυμάνσεων της τάσης από αιολική ενέργεια, και συσσωρευτές εκκίνησης (starter) σε οχήματα. Στο παρελθόν, στα πρώτα χρόνια της εποχής του εξηλεκτρισμού (1910-1945), πολλοί συσσωρευτές μολύβδου-οξέος χρησιμοποιήθηκαν για αποθήκευση στα δίκτυα. Οι σταθεροί συσσωρευτές μολύβδου-οξέος πρέπει να ακολουθούν πολύ υψηλότερες προδιαγραφές ποιότητας σε σχέση με τους συσσωρευτές εκκινητών. Τυπική διάρκεια ζωής είναι 6 έως 15 χρόνια, με 1500 κύκλους έως το 80% του βάθους εκφόρτισης, και επιτυγχάνουν επίπεδα απόδοσης περίπου 80...90%. Οι συσσωρευτές μολύβδου-οξέος προσφέρουν μία ώριμη και μελετημένη τεχνολογία σε χαμηλό κόστος. Υπάρχουν πολλοί διαθέσιμοι τύποι συσσωρευτών μολύβδου-οξέος, όπως αεριζόμενου (vented) και σφραγισμένου τύπου (ρυθμιζόμενης βαλβίδας, VRLA). Τα κόστη των σταθερών συσσωρευτών ήταν (το 2011) πολύ υψηλότερα από των συσσωρευτών εκκινητή, με προοπτική όμως η μαζική παραγωγή των συσσωρευτών μολύβδου-οξέος για σταθερά συστήματα να οδηγήσει σε μείωση τιμής.

Ένα μειονέκτημα των συσσωρευτών μολύβδου-οξέος είναι ότι η χρήσιμη χωρητικότητα μειώνεται όταν η εκφόρτιση γίνεται σε μεγαλύτερη ισχύ. Για παράδειγμα, όταν ο συσσωρευτής εκφορτίζεται μέσα σε 1 h, μόνο το 50...70% της ονομαστικής χωρητικότητας είναι διαθέσιμο. Άλλα μειονεκτήματα είναι η χαμηλή πυκνότητα ενέργειας και η παρουσία του μολύβδου, ενός επικίνδυνου υλικού που η χρήση του απαγορεύεται ή περιορίζεται σε διάφορες χώρες. Πλεονεκτήματα είναι η ευνοϊκή αναλογία κόστους/επίδοσης, η δυνατότητα εύκολης ανακύκλωσης και η απλή τεχνολογία φόρτισης. Κατά τη δεκαετία του 2000, η έρευνα και ανάπτυξη (R&D) σε συσσωρευτές μολύβδου-οξέος επιδίωκε κυρίως να βελτιώσει τη συμπεριφορά τους για μικρο-υβριδικά (micro-hybrid) ηλεκτρικά οχήματα ([47], [101], [103]). Πιο πρόσφατα όμως, η ηλεκτροκίνηση στράφηκε σχεδόν αποκλειστικά στους συσσωρευτές ιόντων λιθίου, ιδιαίτερα λόγω του μειωμένου βάρους τους. Γενικά, οι συσσωρευτές LA περιορίζονται σταδιακά λόγω τοξικότητας [6], βάρους και χαμηλής πυκνότητας ενέργειας [62].



Σχήμα 1.6. Τυπικός σχεδιασμός πρισματικής κυψέλης ιόντων λιθίου (αριστερά) και μονάδες (modules) συσσωρευτών (δεξιά) (Fig. 2-5 του [47]).

B) Συσσωρευτές ιόντων λιθίου (Li-ion)

Παραδείγματα συσσωρευτών ιόντων λιθίου φαίνονται στο Σχήμα 1.6. Είναι η πιο σημαντική τεχνολογία αποθήκευσης στις περιοχές των κινητών και προσωπικών εφαρμογών (φορητοί υπολογιστές, κινητά τηλέφωνα, ηλεκτρικά ποδήλατα, ηλεκτρικά αυτοκίνητα) ήδη από το 2000 περίπου. Το υψηλό επίπεδο τάσης κυψέλης (έως 3,7 V ονομαστική τιμή) σημαίνει ότι απαιτούνται λιγότερες κυψέλες σε σειρά, και οι αντίστοιχες συνδέσεις και ηλεκτρονικά, για να επιτευχθεί η ζητούμενη τάση. Για παράδειγμα, μία κυψέλη ιόντων λιθίου μπορεί να αντικαταστήσει 3 κυψέλες NiCd ή NiMH, που έχουν τάση κυψέλης μόνο 1,2 V. Ένα άλλο πλεονέκτημα των κυψελών ιόντων λιθίου είναι η υψηλή ενεργειακή πυκνότητά τους αναλογικά με το βάρος τους. Από το 2011 ήταν αναμενόμενη η μεγάλη μείωση του κόστους μέσω μαζικής παραγωγής. Υπήρχαν όμως ορισμένες προκλήσεις για την ανάπτυξη συσσωρευτών ιόντων λιθίου μεγάλης κλίμακας. Το κύριο εμπόδιο ήταν το υψηλό κόστος (άνω των 600 USD/kWh) λόγω ιδιαίτερων απαιτήσεων συσκευασίας (packaging) και εσωτερικών κυκλωμάτων προστασίας από υπερφόρτιση. Οι συσσωρευτές ιόντων λιθίου γενικά έχουν πολύ μεγάλη απόδοση, τυπικά στο εύρος 95...98%. Είναι εφικτός σχεδόν οποιοσδήποτε χρόνος εκφόρτισης, από δευτερόλεπτα έως εβδομάδες, με αποτέλεσμα να είναι μία πολύ ευέλικτη και γενική (universal) τεχνολογία αποθήκευσης. Κυψέλες με 5000 πλήρους κύκλους εκφόρτισης θεωρούνται συνηθισμένου τύπου και μπορούν να βρεθούν στην αγορά, ενώ και υψηλότερες τιμές κύκλων εκφόρτισης είναι εφικτές, κυρίως ανάλογα με τα υλικά που χρησιμοποιούνται για τα ηλεκτρόδια. [47]

Ενώσω οι συσσωρευτές ιόντων λιθίου ήταν ακόμη ακριβοί, μπορούσαν να ανταγωνιστούν τους συσσωρευτές μολύβδου-οξέος μόνο στις εφαρμογές που απαιτούν σύντομους χρόνους εκφόρτισης, όπως κύρια πηγή εφεδρικής ισχύος (primary control backup). [47]

Η ασφάλεια είναι σημαντικό ζήτημα στην τεχνολογία ιόντων λιθίου. Τα περισσότερα από τα ηλεκτρόδια μεταλλικού οξειδίου είναι θερμικά ασταθή και μπορούν να αποσυντεθούν σε υψηλές θερμοκρασίες. Αυτό ελευθερώνει οξυγόνο, που με τη σειρά του μπορεί να οδηγήσει σε θερμική φυγή. Για την ελαχιστοποίηση αυτού του κινδύνου, οι συσσωρευτές ιόντων λιθίου διαθέτουν μια μονάδα παρακολούθησης (monitoring), για την αποφυγή της υπερφόρτισης και της υπερεκφόρτισης. Συνήθως εγκαθίσταται επίσης ένα κύκλωμα εξισορρόπησης της τάσης, για να παρακολουθεί τα επίπεδα τάσης κάθε κυψέλης ξεχωριστά και να προλαμβάνει τις αποκλίσεις μεταξύ τους. Το 2011 η τεχνολογία ιόντων λιθίου ήταν ακόμη σε ανάπτυξη με σημαντικό δυναμικό περαιτέρω προόδου και η πρόσφατη (τότε) έρευνα ήταν επικεντρωμένη στην ανάπτυξη υλικών καθόδου ([47], [101], [102]).

Ήδη επομένως από την εισαγωγική αυτή πηγή φαίνεται η αυξημένη σημασία του αντικειμένου της ασφάλειας λόγω της διάδοσης των συσσωρευτών ιόντων λιθίου. Είναι αξιοσημείωτο ότι οι συσσωρευτές Li-ion, και οι (ακόμη σε ερευνητικό στάδιο) συσσωρευτές λιθίου-αέρα, είναι οι μόνες κατηγορίες συσσωρευτών, και γενικότερα συστημάτων EES, για τις οποίες το White Paper IEC [47] κάνει ειδική αναφορά σε θέματα ασφάλειας.

Μια περιγραφή των διαφορετικών τύπων συσσωρευτών ιόντων λιθίου βρέθηκε στο Handbook on Battery Energy Storage System [46], μια σχετικά πρόσφατη (2018) έκδοση της Asian

Development Bank. Το Handbook αυτό είναι μια πηγή που δίνει περισσότερη έμφαση σε τεχνοοικονομικές όψεις των BESS.

Πίνακας 1.1. Τύποι συσσωρευτών ιόντων λιθίου (βασίζεται στον Πίνακα 1-8 του [46]).

Τύπος	Περιγραφή
Lithium Cobalt Oxide, LiCoO ₂ (LCO)	Κάθοδος οξειδίου του κοβαλτίου, άνοδος γραφίτηκού άνθρακα. Η κάθοδος έχει δομή με στρώσεις. Μειονεκτήματα των συσσωρευτών λιθίου-κοβαλτίου: σχετικά μικρός χρόνος ζωής, χαμηλή θερμική σταθερότητα , περιορισμένες δυνατότητες φορτίου.
Lithium Manganese Oxide, LiMn ₂ O ₄ (LMO)	Ιόντων λιθίου με σπινέλιο μαγγανίου, πρωτοδημοσιεύτηκε το 1983 στο <i>Mater. Res. Bull.</i> Η αρχιτεκτονική τους σχηματίζει μια 3-D δομή σπινελίου που βελτιώνει τη ροή ιόντων στο ηλεκτρόδιο, οδηγώντας σε χαμηλή εσωτερική αντίσταση και βελτιωμένο χειρισμό ρεύματος. Ένα επιπλέον πλεονέκτημα της δομής σπινελίου είναι υψηλή θερμική σταθερότητα και βελτιωμένη ασφάλεια , αλλά η διάρκεια ζωής (ως προς χρόνο και κύκλους) είναι περιορισμένη.
Lithium Nickel Manganese Cobalt Oxide, LiNiMnCoO ₂ (NMC)	Ένα από τα πιο πετυχημένα συστήματα ιόντων λιθίου. Είναι ένας συνδυασμός καθόδου νικελίου-μαγγανίου-κοβαλτίου. Παρόμοια με τα συστήματα LMO, μπορούν να βελτιστοποιηθούν ως προς την ενέργεια ή ως προς την ισχύ.
Lithium Iron Phosphate, LiFePO ₄ (LFP)	Το 1996, ομάδα ερευνητών από το Univ. of Texas κ.ά. ανακάλυψαν το φωσφορικό άλας ως υλικό καθόδου για επαναφορτιζόμενους συσσωρευτές λιθίου. Οι LFP προσφέρουν καλή ηλεκτροχημική επίδοση με χαμηλή αντίσταση. Αυτό οφείλεται στη νανοδομή της φωσφορικής καθόδου. Τα κύρια οφέλη είναι η υψηλή ονομαστική τιμή ρεύματος και η μεγάλη διάρκεια ζωής σε κύκλους. Επιπλέον η καλή θερμική σταθερότητα, η βελτιωμένη ασφάλεια , και η ανοχή στη χρήση εκτός ορίων.
Lithium Titanate, Li ₄ Ti ₅ O ₁₂ (LTO)	Δεν είναι ξεχωριστός τύπος καθόδου, αλλά υλικό ανόδου (αντί για γραφίτη), που συνδυάζεται με καθόδους από τους παραπάνω τύπους (LMO ή NMC). Γνωστοί από τη δεκαετία του 1980. Το υλικό σχηματίζει μια δομή σπινελίου. Οι συσσωρευτές LTO έχουν ονομαστική τάση κυψέλης 2,40 V, μπορεί να φορτίζεται γρήγορα και δίνει υψηλό ρεύμα εκφόρτισης (10C*). Η διάρκεια ζωής σε κύκλους θεωρείται υψηλή. Είναι ασφαλής , έχει καλά χαρακτηριστικά εκφόρτισης σε χαμηλές θερμοκρασίες και έχει χωρητικότητα 80% στους -30°C.

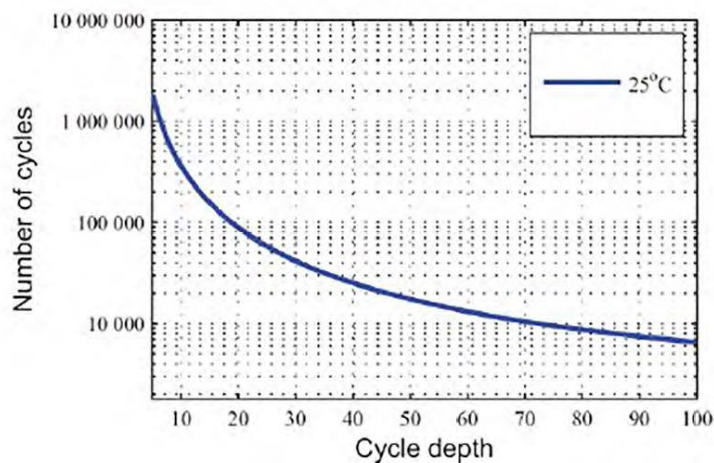
*C-rating: Μια αδιάστατη ποσότητα που βοηθά να συγκρίνονται οι ρυθμοί φόρτισης και εκφόρτισης διαφορετικών συσσωρευτών. Κυψέλες χωρητικότητας 1 Ah έχουν τους εξής χρόνους εκφόρτισης ανάλογα με την τιμή του C: (0,1C→10 h, 0,5C→2 h, 1C→1 hr, 10C→6 min). Για κυψέλες διπλάσιας χωρητικότητας 2 Ah, τα ρεύματα θα ήταν διπλάσια αλλά οι χρόνοι εκφόρτισης ίσοι με παραπάνω [41].

Πίνακας 1.2. Συγκριτική παρουσίαση συσσωρευτών ιόντων λιθίου (Πίνακας 2-3 του [46]).

Κάθοδος	Άνοδος	Πυκνότητα ενέργειας [Wh/kg]	Αριθμός κύκλων
LFP	Γραφίτης	85...105	200...2000
LMO	Γραφίτης	140...180	800...2000
LMO	LTO	80...95	2000...25000
LCO	Γραφίτης	140...200	300...800
NCA	Γραφίτης	120...160	800...5000
NMC	Γραφίτης, Σιλκόνη	120...140	800...2000

Κατά την εκφόρτιση, τα ιόντα λιθίου κινούνται από την άνοδο στην κάθοδο, το αντίστροφο συμβαίνει στη φόρτιση. Η γήρανση (aging) οφείλεται στη σταδιακή μείωση απόδοσης των ενεργών υλικών λόγω των κύκλων φόρτισης και εκφόρτισης. Συσσωρευτές που εκφορτίζονται κάτω από το 20% της κατάστασης φόρτισης (State of Charge, SOC), δηλ. περισσότερο από το 80% του βάθους εκφόρτισης (Depth of Discharge, DOD), γηράσκουν ταχύτερα. Κατά τις τεχνοοικονομικές αναλύσεις, το μέγιστο βάθος εκφόρτισης πρέπει να θεωρείται 80% ώστε να

επεκτείνεται η διάρκεια ζωής. Επίσης, θεωρείται ότι οι συσσωρευτές θα αντικατασταθούν στο 80% της χρήσιμης ζωής τους (σε κύκλους) ώστε να αποφευχθεί η μείωση της απόδοσης [46].

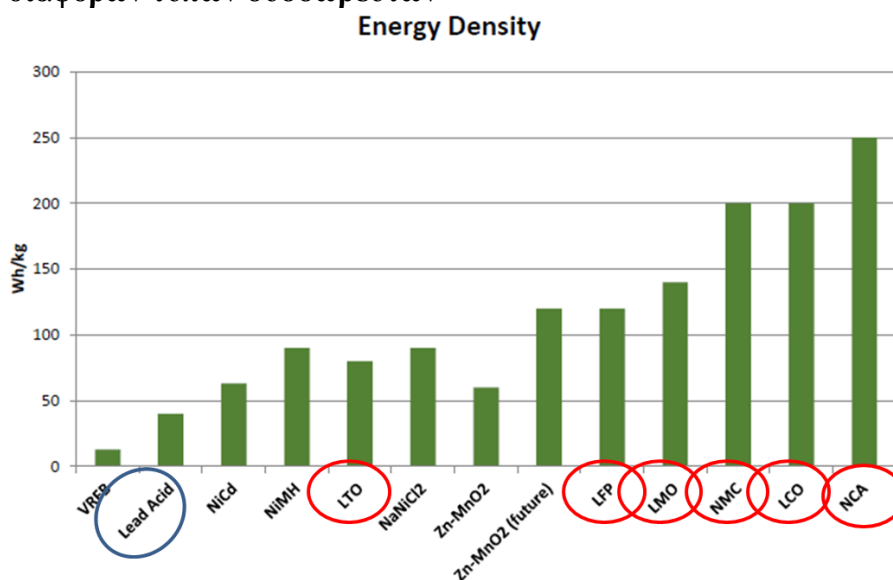


Σχήμα 1.7. Καμπύλη ζωής (αριθμός κύκλων vs. βάθος κύκλου) συσσωρευτών Lithium Iron Phosphate (LFP) (Fig. 2-7 του [46])

Γ) Άλλοι τύποι συσσωρευτών

Άλλοι τύποι συσσωρευτών που περιγράφονται στο [47] είναι οι συσσωρευτές NiCd, NiMH, Me-air (συμπεριλ. Li-air, Zn-air), Na-S, NaNiCl, ροής (redox, υβριδικό). Οι συσσωρευτές NiMH αναπτύχθηκαν κυρίως για να αντικατασταθεί το κάδμιο (το οποίο είναι γνωστό ότι έχει αυξημένη τοξικότητα [6]), αν και η ανάπτυξη τους μάλλον ξεπεράστηκε σύντομα από την ταχύτερη ανάπτυξη και διάδοση των συσσωρευτών ιόντων λιθίου.

Δ) Σύγκριση διαφόρων τύπων συσσωρευτών



Σχήμα 1.8. Πυκνότητα ενέργειας (σε Wh/kg) διαφόρων τύπων συσσωρευτών. Οι τεχνολογίες ιόντων λιθίου επισημαίνονται με κόκκινο χρώμα και οι μολύβδου οξέος με μπλε [36]. Τα αρκτικόλεξα εξηγούνται στον ακόλουθο πίνακα.

VRFB	Vanadium Redox Battery	NMC	Lithium Nickel Manganese Cobalt Oxide
LTO	Lithium Titanate	LCO	Lithium Cobalt Oxide
LFP	Lithium Iron Phosphate	NCA	Lithium Nickel Cobalt Aluminum Oxide
LMO	Lithium Ion Manganese Oxide		

Πίνακας 1.3: Χαρακτηριστικά διαφόρων τύπων συσσωρευτών [62]

Τύπος	Τάση [V]	Πυκν. Ισχύος	Πυκν. Ενέργ. [Wh/kg]	Ζωή σε κύκλους	Αυτο-εκφόρτιση	Κόστος	Ζητήματα ασφάλειας
LA	2	Υψηλό ρεύμα εξόδου σχετικά με το μέγεθος	10άδες	Περιορισμένη, ιδιαίτερα σε βαθιές εκφορτίσεις	Χαμηλή	Χαμηλό	Τοξικότητα μολύβδου
NiCd	1,2	Υψηλή επιτεύξιμη και χωρίς σημαντική βλάβη	10άδες	Μεγάλη, εάν συντηρούνται σωστά, αλλά φαινόμενο μνήμης	Υψηλή	Χαμηλό	Εύρωστοι, ανθεκτικοί στην κατάχρηση. Τοξικότητα καδμίου.
NiMH	1,2	Μέση, αλλά δεν συμπεριφέρεται καλά σε υψηλούς ρυθμούς εκφόρτισης	120	Περιορισμένη, ιδιαίτερα σε βαθιές εκφορτίσεις. Φαινόμενο μνήμης	Υψηλή	Μέσο	Σχετικά φιλικό στο περιβάλλον.
NiFe	1,2	Μέση	10άδες	Περιορισμένη, ιδιαίτερα σε βαθιές εκφορτίσεις	Υψηλή	Περίπου 4×LA	Υπερφόρτιση και παραμονή σε πλήρες φορτίο προκαλεί αυξημένη θερμοκρασία, ανάπτυξη αερίων και ξήρανση (dryout)
NiZn	1,65	Σχετικά υψηλή	100	Περιορισμένη, λόγω υψηλή ανάπτυξη δένδριτών	Υψηλή	Χαμηλό	Χωρίς τοξικό συστατικό, καλό θερμοκρασιακό εύρος λειτουργίας
NiH	1,25	Μέση	10άδες	Μεγάλη, χάρη στη χαμηλή διάβρωση	Ελάχιστη	Ακριβό	Ανάγκη για δοχεία υδρογόνου υψηλής πίεσης
NMC	3,7	Μέση προς χαμηλή. Υψηλότερες τιμές μειώνουν χρόνο ζωής	220	1000...2000 κύκλοι	Χαμηλή	Ακριβό	
LFP	3,3	Μέση. Μπορεί να επιτευχθεί υψηλή σε μορφή παλμού	120	1000...2000 κύκλοι	Σχετικά υψηλή για Li	Ακριβό	Πολύ ασφαλής χημεία
LCO	3,6	Μέση. Υψηλές τιμές μειώνουν διάρκεια ζωής	240	500...1000	Χαμηλή	Πιο ακριβό από άλλους Li (λόγω κοβαλτίου)	Ζητήματα ασφάλειας λόγω κοβαλτίου
LMO	3,7	Μέση. Μπορεί να επιτευχθεί υψηλή σε μορφή παλμού	150	300...700	Χαμηλή	Ακριβό	Πιο ασφαλές από κοβαλτίου.

NCA	3,6	Μέση. Υψηλές τιμές μειώνουν διάρκεια ζωής	260	~500	Χαμηλή	Πιο ακριβό από άλλους Li (λόγω κοβαλτίου)	Ζητήματα ασφάλειας λόγω κοβαλτίου
LTO	2,4	Επιτεύξιμες υψηλές τιμές	80	Έως 7000	Χαμηλή	Πιο ακριβό από άλλους Li	Πολύ ασφαλές. Καλύτερη θερμική σταθερότητα από άλλους Li.

Πίνακας 1.4. Γενικά τεχνικά χαρακτηριστικά τεχνολογιών ESS. Αναφέρονται πρώτα οι τεχνολογίες συσσωρευτών, και στη συνέχεια οι υπόλοιπες τεχνολογίες για σύγκριση. (Από το Παράρτημα Α του [47])

Τεχνολ.	Ον. τάση [V]	Χωρητικ. κυψέλης [Ah]	Χρόνος απόκρισης	Ενεργ. πυκν. [Wh/kg]	Ενεργ. Πυκν. [Wh/L]	Πυκν. Ισχύος [W/L]	Τυπ. χρόνος εκφόρτισης	Απόδοση ενέργειας ηWh [%]	Χρόνος ζωής [έτη]	Τυπ. χρόνος ζωής [κύκλοι]	Τυπικές εφαρμογές
Pb-acid	2,0	1...4000	<sec	30...45	50...80	90...700	ώρες	75...90	3...15	250...1500	Αυτόνομα συστήματα, ισχύς ανάγκης, χρονική μετατόπιση, ποιότητα ισχύος
Li-ion	3,7	0,05...100	<sec	60...200	200...400	1300...10 ⁴	ώρες	85...98	5...15	500...10 ⁴	Ποιότητα ισχύος, αποδοτικότητα δικτύου, αυτόνομα συστήματα, χρονική μετατόπιση, ηλεκτρικά οχήματα
NiCd - εξαερ. - σφραγ.	1,2	2...1300 0,05...25	<sec	15...40 30...45	15...80 80...110	75...700 -	ώρες	60...80 60...70	5...20 5...10	1500...3000 500...800	Αυτόνομα συστήματα, ισχύς ανάγκης, χρονική μετατόπιση, ποιότητα ισχύος
NiMH σφραγ.	1,2	0,05...110	<sec	40...80	80...200	500...3000	ώρες	60...65	5...10	600...1200	Ηλεκτρικά οχήματα
Zn-air	1,0	1...100	<sec	130...200	130...200	50...100	ώρες	50...70	>1	>1000	Αυτόνομα συστήματα, ηλεκτρικά οχήματα
NaS	2,1	4...30	<sec	100...250	150...300	120...160	ώρες	70...85	10...15	2500...4500	Χρονική μετατόπιση, αποδοτικότητα δικτύου, αυτόνομα συστήματα
NaNiCl	2,6	38	<sec	100...200	150...200	250...270	ώρες	80...90	10...15	~1000	Χρονική μετατόπιση, ηλεκτρικά οχήματα
VRFB	1,6	-	sec	15...50	20...70	0,5...2	ώρες	60...75	5...20	>10000	Χρονική μετατόπιση, αποδοτικότητα δικτύου, αυτόνομα συστήματα
HFB	1,8	-	sec	75...85	65	1...25	ώρες	65...75	5...10	1000...3650	Χρονική μετατόπιση, αποδοτικότητα δικτύου, αυτόνομα συστήματα

Τεχνολ.	Ον. τάση [V]	Χωρητικ. κυψέλης [Ah]	Χρόνος απόκρισης	Ενεργ. πυκν. [Wh/kg]	Ενεργ. Πυκν. [Wh/L]	Πυκν. Ισχύος [W/L]	Τυπ. χρόνος εκφόρτισης	Απόδοση ενέργειας ηWh [%]	Χρόνος ζωής [έτη]	Τυπ. χρόνος ζωής [κύκλοι]	Τυπικές εφαρμογές
PHS	-	-	min	0,2...2	0,2...2	0,1...0,2	ώρες	70...80	>50	>15000	Χρονική μετατόπιση, ποιότητα ισχύος, παροχή έκτακτης ανάγκης
CAES	-	-	min	-	2...6	0,2...0,6	ώρες	41...75	>25	>10000	Χρονική μετατόπιση
Σφόνδ.	-	(0,7...1,7 MW)	<sec	5...30	20...80	5000	seconds	80...90	15...20	2.10 ⁴ ...10 ⁷	Ποιότητα ισχύος
H ₂ - κεντρ. - αποκ.	-	-	sec... min	33330	600 [200bar]	0,2...2 2...20	ώρες... βδομάδες	34...44	10...30	10 ³ ...10 ⁴	Χρονική μετατόπιση
SNG	-	-	min	10000	1800 [200bar]	0,2...2	ώρες... βδομάδες	30...38	10...30	10 ³ ...10 ⁴	Χρονική μετατόπιση
DLC	2,5	(0,1...1500 F)	<sec	1...15	10...20	(4...12)10 ⁴	seconds	85...98	4...12	10 ⁴ ...10 ⁵	Ποιότητα ισχύος, αποδοτική σύνδεση
SMES	-	-	<sec	-	6	2600	seconds	75...80	*	*	Χρονική μετατόπιση, ποιότητα ισχύος

*: Ανεπαρκής εμπειρία σε εφαρμογές

Συνομογραφίες:

VRFB: Vanadium Redox Flow Batteries (συσσωρευτές ροής βαναδίου οξειδοαναγωγής)

HFB: Hybrid Flow Batteries (υβριδικοί συσσωρευτές ροής)

PHS: Pumped Hydro Storage (αντλησιοταμίευση)

CAES: Compressed Air Energy Storage (αποθήκευση ενέργειας συμπιεσμένου αέρα)

SNG: Synthetic Natural Gas (συνθετικό φυσικό αέριο)

DLC: Double Layer Capacitor (πυκνωτής διπλού στρώματος)

SMES: Superconducting Magnetic Energy Storage (αποθήκευση ενέργειας με υπεραγώγιμους μαγνήτες)

Σφόνδ.: Σφόνδυλος (Flywheel)

εξαερ.: εξαεριζόμενοι (vented)

σφραγ.: σφραγισμένοι (sealed)

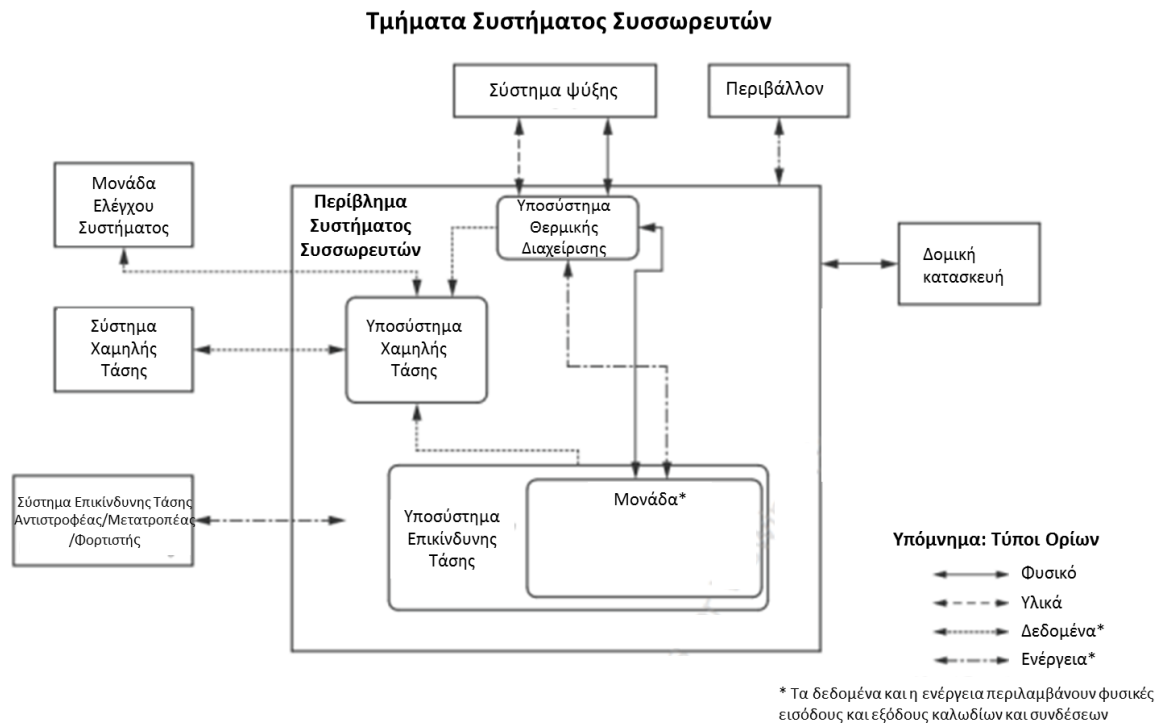
κεντρ.: κεντρική (central)

αποκ.: αποκεντρωμένη (decentralized)

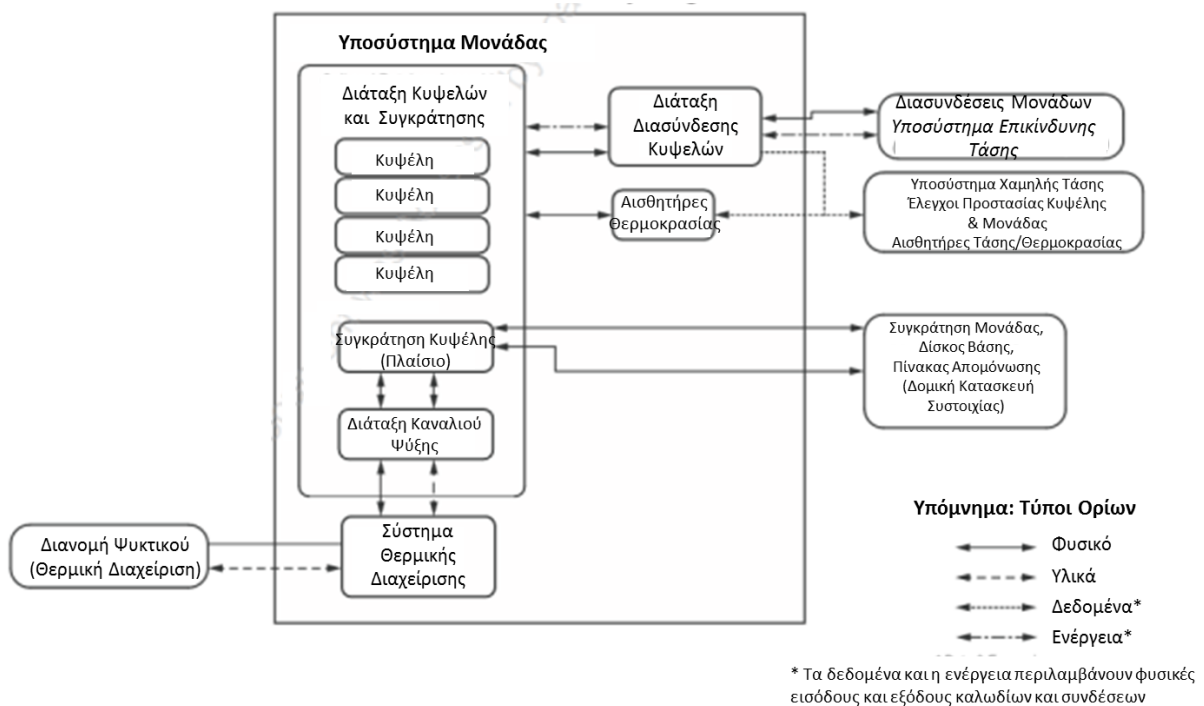
1.2.2 Συστήματα συσσωρευτών αποθήκευσης

A. Εσωτερική δομή συστήματος BESS

Η τυπική δομή ενός συστήματος συσσωρευτών BESS σύμφωνα με το [UL 1973](#) [Standard for Batteries for Use in Stationary, Vehicle Auxiliary Power and Light Electric Rail (LER) Applications] φαίνεται στο επόμενο Σχήμα 1.9.



Μονάδα: Διάγραμμα ορίων

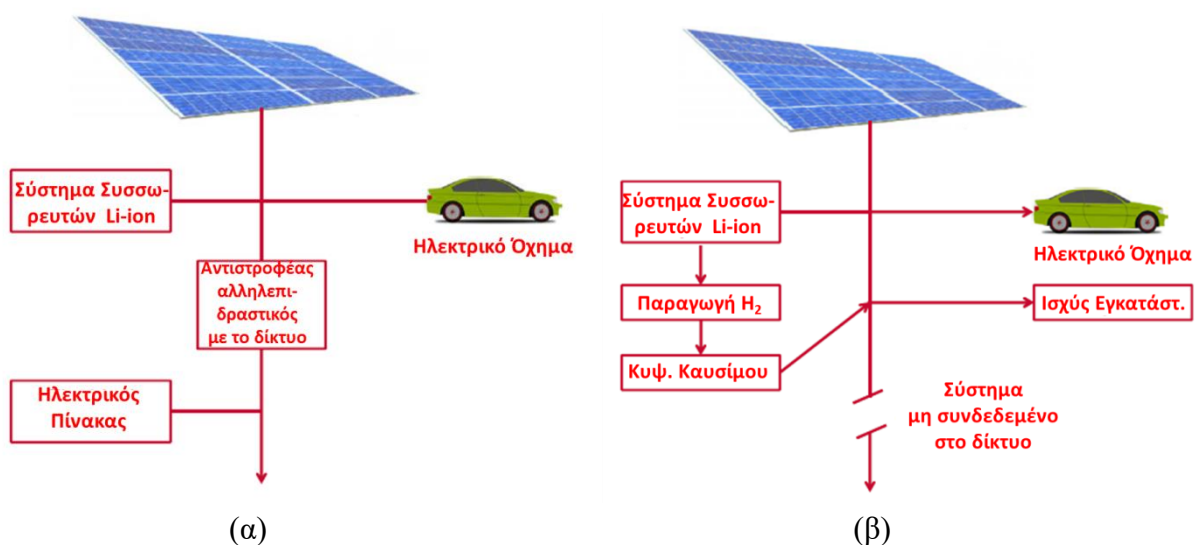


Σχήμα 1.9. Άνω: Η εσωτερική δομή ενός συστήματος BESS. Κάτω: Η εσωτερική δομή μίας μονάδας (module) εντός του συστήματος (Fig. 1.1, 1.2 του [UL 1973](#) (2018))

Σήμερα υπάρχουν διεθνώς διάφοροι κατασκευαστές συστημάτων BESS. Ορισμένοι προμηθεύουν ολοκληρωμένα, προ-κατασκευασμένα συστήματα, κάποια από τα οποία είναι σε σπονδυλωτή/αρθρωτή (modular) μορφή, δηλαδή παρέχονται σε μονάδες (modules) προκαθορισμένου μεγέθους οι οποίες μπορούν να συνδέονται και να σχηματίζουν μεγαλύτερα. Έτσι, ο αγοραστής-χρήστης μπορεί να επιλέξει το μέγεθος του συστήματός του ως πολλαπλάσιο κάποιας από τις διαθέσιμες μονάδες [25]. Ενδεικτικά αναφέρουμε συστήματα από τη Γερμανία [22], την Αυστρία [24], την Κίνα [99]. Άλλοι κατασκευαστές προμηθεύουν ανεξάρτητα συστήματα διαχείρισης συσσωρευτών (battery management system, BMS) τα οποία μπορούν να αποτελέσουν τον πυρήνα ενός BESS, και είναι συμβατά με συσσωρευτές διαφόρων τύπων και κατασκευαστών ([19],[23]). Παράλληλα, υπάρχει και η περίπτωση όπου το BESS σχεδιάζεται και παρέχεται ως τμήμα ενός μεγαλύτερου, υβριδικού συστήματος που περιλαμβάνει και υδροηλεκτρική παραγωγή [26].

B. Εφαρμογές BESS από την πλευρά του οικιακού καταναλωτή

Από την άποψη του ιδιώτη καταναλωτή, υπάρχουν δύο βασικές εφαρμογές για τα BESS. Αφενός, το «έξυπνο δίκτυο» (smart grid) δίνει τη δυνατότητα στους καταναλωτές να βελτιστοποιήσουν τη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας με συστήματα ESS, τα οποία φορτίζουν από συστήματα ΑΠΕ (κυρίως ΦΒ) ή από το δίκτυο σε ώρες χαμηλής ζήτησης (Σχήμα 1.10α). Η εφαρμογή αυτή είναι δυνατόν να ενδιαφέρει την πλειοψηφία των καταναλωτών που είναι συνδεδεμένοι στο ηλεκτρικό δίκτυο. Αφετέρου, εξακολουθεί επίσης να είναι δυνατή και η εγκατάσταση ESS σε αυτόνομα (off-grid) συστήματα (Σχήμα 1.10β) [50]. Τα αυτόνομα συστήματα ενδιαφέρουν κυρίως ειδικές περιπτώσεις καταναλωτών που ζουν σε απομονωμένες κατοικίες, είτε από ανάγκη λόγω έλλειψης κοντινού δικτύου, είτε λόγω επιλογής για αυτονομία από το δίκτυο. Σε κάποιες χώρες του εξωτερικού (π.χ. ΗΠΑ, Αυστραλία) τέτοιες περιπτώσεις είναι αρκετά διαδεδομένες, γι' αυτό και έχουν αναπτυχθεί σχετικοί οδηγοί αγοράς και εγκατάστασης, ορισμένοι από τους οποίους θα αναφερθούν παρακάτω.



Σχήμα 1.10. Υβριδικό σύστημα BESS-ΦΒ (α) συνδεδεμένο σε δίκτυο, (β) αυτόνομο. [50]

Για παράδειγμα, ένα εμπορικά διαθέσιμο σύστημα ιόντων λιθίου με BMS, διατίθεται σε μονάδες χωρητικότητας 6,4 kWh με κόστος ~3000 USD, μπορεί να παρέχει επαρκή ισχύ σε μια τυπική κατοικία για ολόκληρο το 24ωρο (με εξαίρεση τις ανάγκες κλιματισμού). Για την αύξηση της χωρητικότητας είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν πολλαπλές μονάδες. [50]

Από τεχνοοικονομική άποψη, το κόστος των συσσωρευτών λιθίου (που αποτελεί το μεγαλύτερο ποσοστό του κόστους ενός BESS) μειώθηκε κατά 67% από το 2000 έως το 2015, και αναμένεται να μειωθεί επιπλέον 50% έως το 2025 [98]. Συνολικά πάντως, για έναν οικιακό καταναλωτή το κόστος [εννοείται μάλλον το συνδυασμένο κόστος κτήσης-λειτουργίας] εξακολουθεί να είναι υψηλό σε σχέση με την παροχή ενέργειας από το δίκτυο. Παράλληλα βέβαια, ένα BESS μπορεί να παίξει τον παραδοσιακό ρόλο της εφεδρικής παροχής ενέργειας σε περίπτωση διακοπών, ελαχιστοποιώντας τα σχετικά κόστη (οικονομικά και μη) [15]

Σε ερευνητικό επίπεδο έχουν γίνει μελέτες για «έξυπνα σπίτια» (smart homes) (Erdinc 2014 [56], Wu et al, 2016 [60]) με συνδυασμό συσσωρευτών, ΦΒ, ηλεκτρικού οχήματος αμφίδρομης εγκατάστασης: V2H δηλαδή Vehicle-to-Home (ροή ενέργειας από το όχημα προς την οικία) ή ακόμη και V2G δηλαδή Vehicle to Grid (ροή ενέργειας από το όχημα προς το δίκτυο). Ο στόχος είναι η ελαχιστοποίηση του συνολικού ημερήσιου κόστους για τον καταναλωτή, συνήθως υπό την προϋπόθεση του συμψηφισμού (net metering).

Γ. Εφαρμογές BESS συνδεδεμένων στο δίκτυο διανομής (XT και MT)

Σε ερευνητικό επίπεδο έχει μελετηθεί η χρήση αποθήκευσης σε διάφορα σημεία του δικτύου διανομής [12]. Για παράδειγμα, στην πλευρά Χαμηλής Τάσης (XT) των Μετασχηματιστών (Μ/Σ) Διανομής (Mateo et al, 2015 [58]), ή και σε διάφορα σημεία του δικτύου Μέσης Τάσης (MT) (Idlbi et al, 2016 [59]). Στόχος είναι τυπικά η υποστήριξη του επιπέδου τάσης του δικτύου, και πραγματοποιείται ανάλυση κόστους-οφέλους για την αντιμετώπιση της προοπτικής αύξησης ζήτησης ή/και αύξησης του βαθμού διάδοσης ΑΠΕ, με σύγκριση με εναλλακτικές δυνατότητες όπως η ενίσχυση ισχύος ή η απόρριψη ζήτησης/παραγωγής. Τα συμπεράσματα ήταν ότι η βιωσιμότητα των συστημάτων BESS θα αυξηθεί εφόσον μειωθεί περαιτέρω το κόστος τους ή/και εφόσον παρέχουν και κάποια άλλη υπηρεσία με προστιθέμενη αξία. Από τεχνική άποψη, έχουν εξεταστεί οι δυνατότητες συνδεσμολογίας BESS στη MT, με μετατροπείς ισχύος σε συνδυασμούς dc/dc, dc/ac σε διάφορες τοπολογίες, με ή και χωρίς την παρουσία Μ/Σ (Xavier et al, 2019 [63]). Στην πράξη βέβαια η παρουσία Μ/Σ θα είναι πάντοτε επιθυμητή, καταρχήν για λόγους γαλβανικής απομόνωσης, όμως η παρουσία του Μ/Σ αυξάνει τις απώλειες.

Δ. Γενική συζήτηση για εφαρμογές αποθήκευσης σε εγκαταστάσεις καταναλωτών από την οπτική γωνία του δικτύου - Ζητήματα κόστους, επενδύσεων και αγοράς

Οι μελέτες της παραγράφου (B) αναφέρονται στα δυνητικά οφέλη των BESS από την άποψη των ιδιωτών καταναλωτών, ενώ αυτές της παραγράφου (Γ) σε BESS που εγκαθίστανται με πρωτοβουλία και για το όφελος του δικτύου. Όμως, τη μεγαλύτερη σημασία όσον αφορά την προοπτική του ενεργειακού συστήματος έχει η επίδραση των διεσπαρμένων BESS καταναλωτών, από την οπτική γωνία του δικτύου.

Έτσι, το άρθρο των Hessler και Travers (2019 [15]) απηχεί την ευρέως διαδεδομένη σήμερα άποψη ότι η επέκταση των συστημάτων ESS μπορεί να μειώσει την ανάγκη νέων επενδύσεων σε συμβατικούς σταθμούς παραγωγής, οδηγώντας σε μειωμένο οικονομικό κόστος και μειωμένες εκπομπές ρύπων και αερίων θερμοκηπίου. Η χρήση τοπικών συστημάτων αποθήκευσης μπορεί επίσης να συνεισφέρει σε μείωση των αναγκών αναβάθμισης στα συστήματα μεταφοράς και διανομής. Τα ESS καταναλωτών μπορούν να οδηγήσουν σε εξοικονόμηση μέσω πρωτοβουλιών για έξυπνα δίκτυα (smart grid) και διεσπαρμένους ενεργειακούς πόρους (Distributed Energy Resources, DER), όπου τα οχήματα, οι κατοικίες και οι επαγγελματικοί χώροι είναι εν δυνάμει αποθηκευτές, διανομείς και χρήστες ενέργειας. Θεωρείται ότι η συνεχής διεύρυνση της αγοράς BESS (αύξηση της ζήτησης) θα οδηγήσει σε αύξηση της παραγωγής συσσωρευτών, που θα προκαλέσει μείωση του κόστους με αποτέλεσμα περαιτέρω επέκταση της αγοράς (virtuous circle, «ενάρετος κύκλος») [15]. Αυτό βεβαίως ισχύει στο βαθμό που θα εξακολουθεί να υπάρχει διαθεσιμότητα πρώτων υλών για την παραγωγή των συσσωρευτών.

Σύμφωνα με το άρθρο του Ahrens (2017 [61]), η ενεργειακή μετάβαση είναι ρηξικέλυθη (disruptive) και μόλις επιτευχθούν ορισμένα σημαντικά τεχνολογικά βήματα (breakthrough), ακολουθούν ταχείες και μαζικές αλλαγές. Με δεδομένα προηγούμενα παραδείγματα όπως η ταχεία ανάπτυξη των συσσωρευτών ιόντων λιθίου για ηλεκτρονικές εφαρμογές, προσθέτει ότι μια παρόμοια εξέλιξη αναμένεται στα οικιακά «έξυπνα» (intelligent) συστήματα BESS, και στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα. [61] Παραμένει όμως το ερώτημα εάν αναμένεται ότι μια τέτοια εξέλιξη θα συμβεί οπωσδήποτε, και αν μπορεί να επιταχυνθεί με ένταση ερευνητικών προσπαθειών.

Ένα παράδειγμα για τη σημασία της σταθερότητας δικτύου είναι μια ηλιακή έκλειψη που συνέβη στις 20/3/2015. Η συνολική παραγωγή ΦΒ της Γερμανίας έπεσε από τα 15 GW στα 7 GW μέσα σε 15 min, και στη συνέχεια ανέβηκε στα 20 GW μέσα σε άλλα 15 min. Το δίκτυο άντεξε (σταθερότητα τάσης και συχνότητας) λόγω συνδυασμού προσεκτικά ληφθέντων μέτρων, που βασίζονταν όμως στη σταδιακή αύξηση (και μετά μείωση) της παραγωγής σταθμών ορυκτών καυσίμων. [61] Επομένως, σε ένα μελλοντικό δίκτυο όπου θα υπάρχουν περισσότερα ΦΒ και λιγότεροι (ή και καθόλου) σταθμοί ορυκτών καυσίμων, τα αντίστοιχα μέτρα θα βασίζονται πολύ περισσότερο στη διαθεσιμότητα αποθήκευσης.

Το άρθρο των Jankowiak et al, (2019 [62]), αναφέρεται στη σημασία των οικιακών εγκαταστάσεων αποθήκευσης, ιδιαίτερα στην περιοχή XT, για τη γεφύρωση της ανισοροπίας (mismatch) μεταξύ προσφοράς και ζήτησης λόγω (α) διεύρυνσης ΑΠΕ, (β) μετάβασης εφαρμογών κίνησης/θέρμανσης σε ηλεκτρική ενέργεια. Σύμφωνα με αυτό, η εγκατάσταση ESS είναι πιο αποτελεσματική όσο πιο «κατάντι» (downstream, δηλ. προς την πλευρά του φορτίου) στο δίκτυο γίνεται. Τα BESS είναι πιο κατάλληλα για τέτοιες εφαρμογές λόγω της δυνατότητας κλιμακωτής εφαρμογής (scalability), και η δυναμική χρησιμότητά τους δεν περιορίζεται στο να αυξήσουν την ωφέλεια των οικιακών ΦΒ. [62]

Στο ίδιο άρθρο αναφέρεται το παράδειγμα της εταιρείας Sonnen, που ξεκίνησε από τη Γερμανία και επεκτάθηκε σε άλλες χώρες (Αυστρία, Ιταλία, Αυστραλία). Αρχικά ήταν μια μορφή υπηρεσίας με συνδρομητές τους οικιακούς παραγωγούς ΑΠΕ – κατόχους οικιακών BESS και ο στόχος ήταν η ανταλλαγή παραγόμενης ενέργειας μεταξύ των μελών της. Στη συνέχεια έγινε

συγκεντρωτικός διαχειριστής (aggregator) που παρέχει (και) υπηρεσίες στο δίκτυο, αξιοποιώντας μικρό τμήμα της χωρητικότητας. Φαίνεται ότι οι διαφορετικές «υπηρεσίες δικτύου» παρέχονται από διαφορετικές βέλτιστες θέσεις, και ότι ένα σύνολο (fleet) από οικιακούς συσσωρευτές θα ήταν πιο κατάλληλο να επιτύχει μεγαλύτερο εύρος υπηρεσιών σε σχέση με όλες τις άλλες υποψήφιες μεθόδους ESS, για βελτίωση της επίδοσης του δικτύου. [62]

Υπάρχουν όμως δυσκολίες, οι οποίες οφείλονται στις ενεργειακές αγορές και τους κανονισμούς λειτουργίας τους, σε ζητήματα οικονομίας και χρηματοδότησης, και σε τεχνικά προβλήματα. Το αποτέλεσμα είναι ότι τα BESS σήμερα δεν θεωρούνται πάντοτε αποδοτική επένδυση. [16] Τα τεχνικά (και όχι μόνο) προβλήματα έχουν κυρίως σχέση με **αβεβαιότητα** και **πολυπλοκότητα**: πολυπλοκότητα αναγκαίων συστημάτων ελέγχου, μη ορθή διαχείριση με πιθανότητα κάθε σύστημα/καταναλωτή να προσπαθεί να μεγιστοποιήσει την «ωφέλειά» του με μη βέλτιστο για το δίκτυο τρόπο, αβεβαιότητα των προβλέψεων ζήτησης/παραγωγής, αβεβαιότητα επιδόσεων συστήματος και εξέλιξής τους στο χρόνο. Επομένως υπάρχει μεγάλη ανάγκη για σχέδια επίδειξης (demonstration projects), και για πραγματικά δεδομένα από εφαρμογές μεγαλύτερης κλίμακας, πράγμα που χρειάζεται χρόνο. [62]

Σύμφωνα με ένα άρθρο πολιτικής (policy paper) που εκδόθηκε το 2016 από το Ευρωπαϊκό Δίκτυο Διαχειριστών Συστημάτων Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΕΔΔΣΜ-ηλ) (European Network of Transmission System Operators – Electricity, ENTSO-E), η αποθήκευση ενέργειας είναι (από τεχνική άποψη) μία από τις υποσχόμενες επιλογές για την παροχή ευελιξίας στο σύστημα. Από την άποψη του ρυθμιστικού πλαισίου όμως, δεν εμπίπτει πλήρως ούτε στην «παραγωγή» ούτε στη «ζήτηση» ενέργειας, ενώ διαθέτει στοιχεία που ανήκουν τόσο στην αρμοδιότητα (remit) των ρυθμιζόμενων (regulated) όσο και των ανταγωνιστικών (competitive) πλευρών της αγοράς ενέργειας. Επομένως δεδομένου ότι ο ΕΔΔΣΜ-ηλ, και οι διαχειριστές των συστημάτων γενικότερα, αποτελούν ουδέτερους διαμεσολαβητές (facilitators) της αγοράς, είναι σημαντικό να δημιουργηθεί ένα σαφές νομικό και κανονιστικό πλαίσιο γενικών αρχών, ώστε να εξασφαλιστεί μια κοινή ευρωπαϊκή προσέγγιση, καθώς η απουσία ενός τέτοιου ευρωπαϊκού πλαισίου οδηγεί σε διαφορετικές και μη εναρμονισμένες ερμηνείες από τις ευρωπαϊκές χώρες. [45]. Προς την κατεύθυνση της συμπερίληψης της αποθήκευσης στους κανονισμούς του δικτύου καλεί και ο Ευρωπαϊκός Σύνδεσμος Αποθήκευσης Ενέργειας (European Association for Storage of Energy, EASE), ένας φορέας που εκπροσωπεί βιομηχανίες του κλάδου. [27]

Υπάρχουν όμως και διαφορετικές απόψεις, όσον αφορά τη μακροπρόθεσμη προοπτική της αποθήκευσης και του ενεργειακού ζητήματος γενικότερα. Μια αριθμητική μελέτη σχετικά με την εξέλιξη τις επόμενες δεκαετίες έως το 2050 (Trainer, 2013 [55]) εκφράζει προβληματισμό για εφικτότητα αντιμετώπισης του ενεργειακού μόνο μέσω της έμφασης στους στόχους των ΑΠΕ και ESS. Καταλήγει στο συμπέρασμα ότι ακόμη και με αισιόδοξες (αλλά ρεαλιστικές) εκτιμήσεις για την ανάπτυξη των ΑΠΕ, μεθόδων αποθήκευσης και υποδομών (μεταφοράς κλπ.), το κόστος είναι υπέρογκο και δεν επαρκεί να καλυφθεί η ζήτηση για ενέργεια, εάν αυτή αυξηθεί με τους αναμενόμενους ρυθμούς. Ενώ αυτό συνήθως προβάλλεται ως επιχείρημα για την αδυναμία πλήρους κατάργησης των ορυκτών καυσίμων κατά 100% έως το 2050 (ή και γενικότερα), η προτεινόμενη σε αυτό το άρθρο άποψη είναι ότι ο στόχος πρέπει να μεταφερθεί και προς την πλευρά της ζήτησης, δηλαδή να ενθαρρυνθεί και να επιδιωχθεί ένας λιγότερο

ενεργοβόρος τρόπου ζωής σε παγκόσμια κλίμακα. [55] Αντίστοιχες απόψεις εκφράζονται και σε άλλα άρθρα (που κατά τα άλλα συνηγορούν υπέρ της αύξησης της διάδοσης των ΑΠΕ και της αποθήκευσης), έστω και παρενθετικά ή ως γενική παρατήρηση χωρίς περαιτέρω ανάλυση. Για παράδειγμα στο άρθρο του Ahrens (2017 [61]) σχετικά με την ανάπτυξη και τις προοπτικές των ΑΠΕ στη Γερμανία, τονίζεται ότι η αύξηση του μεριδίου των ΑΠΕ (πρέπει να) συνοδεύεται από αύξηση της αποδοτικότητας/εξοικονόμησης και συνακόλουθη μείωση της ζήτησης, παρά την αύξηση του ΑΕΠ.

Πίνακας 1.5: Παραδείγματα εμπορικά διαθέσιμων προϊόντων BESS (για οικιακά ΦΒ) [62]

Όνομα	Τύπος	Ενέργεια (διαθ. προς χρήση) kWh	Ισχύς (συνεχής/αιχμής) kW	Αντιστροφέας	Κύκλοι ζωής	Τέλος ζωής	Εγγύηση [έτη]	Αποδοση	Τιμή USD/kWh
Tesla Powerwall 2	NMC	13,2	5,8/7,2	DC-AC αντιστροφέας- φορτιστής	3200	70%	10	89%	440
LG Chem RESU	LMC	12,4	5/7	Όχι	-	60%	10	92%	51
PylonTech	LFP	19,2	2,4/4,8	Όχι	6000	80%	5	94%	475
Simpliphi PHI	LFP	3,5	1,6/3	-	10000	80%	10	98%	480
Narada	Pb-C	4	5/10	-	3000	80%	10	83%	440
BAE	Gell LA	14,6	5/9	-	3000	80%	5	82%	430
SonnenBatterie ECO	LFP	13,5	3,3	DC-AC συμπεριλ.	10000	80%	10	94%	400

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΑ ΘΕΜΑΤΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΣΕ BESS

2.1 Η σημασία της ασφάλειας και οι ιδιαιτερότητες για εφαρμογές καταναλωτών

Ενώ η χρήση συσσωρευτών δεν είναι κάτι νέο, αυτό που είναι νέο είναι το μέγεθος, η πολυπλοκότητα και η ενεργειακή πυκνότητα των σύγχρονων συστημάτων BESS, καθώς και οι ιδιαιτερότητες της χημείας των συσσωρευτών ιόντων λιθίου. [15]

Η ζήτηση για BESS και ειδικότερα για συσσωρευτές λιθίου αυξάνει ταχέως, και προέρχεται από μεγάλο εύρος χρηστών (φυσικών προσώπων και οργανισμών), πολλοί από τους οποίους δεν είναι ειδικοί στις ενεργειακές εγκαταστάσεις και δεν είναι επαρκώς ενήμεροι για τους σχετικούς κινδύνους. Σε αντίθεση με παλαιότερα, όταν τέτοια συστήματα χρησιμοποιούνταν από εταιρείες με εξειδικευμένο προσωπικό, σήμερα οι αγοραστές είναι πιθανόν να είναι επενδυτές ακινήτων, οργανισμοί τοπικοί αυτοδιοίκησης (ΟΤΑ), δημόσιες υπηρεσίες ή εκπαιδευτικά ιδρύματα. [15] Είναι αρκετά πιθανό στο κοντινό μέλλον ένα τυπικό κτίριο οικιακής ή επαγγελματικής χρήσης να περιλαμβάνει συστήματα BESS, τα οποία θα χρειάζονται επίβλεψη από τον ιδιοκτήτη ή τον διαχειριστή του κτιρίου [14]. Σε σχετικά πλεονεκτική θέση είναι οργανισμοί (δημόσιοι ή ιδιωτικοί) που διαθέτουν ήδη στις εγκαταστάσεις τους (π.χ. κτίρια γραφείων) συστήματα αδιάλειπτης παροχής τάσης (UPS), τα οποία περιέχουν συσσωρευτές [67]. Οι συσσωρευτές παρουσιάζουν περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη, αλλά μπορούν επίσης να αποτελέσουν πηγές κινδύνου για ανθρώπους και περιουσίες. ([14] [15])

Οι συσσωρευτές ιόντων λιθίου διαθέτουν μεγάλη ενεργειακή πυκνότητα και το κόστος τους σταδιακά μειώνεται σε αποδεκτά επίπεδα. Αφού όμως η τεχνολογία αυτή συμπυκνώνει μεγάλη ποσότητα ενέργειας σε μικρό όγκο, αυξάνει η πιθανότητα φωτιάς και δημιουργούνται κίνδυνοι από την εναπομείνουσα ενέργεια (stranded energy), τη διαφυγή τοξικών αερίων και αυξημένη ισχύ της φωτιάς [14].

Η θερμική φυγή (thermal runaway) [17], ένας αυτοτροφοδοτούμενος κύκλος όπου η υπερθέρμανση εκλύει συνεχώς επιπλέον θερμότητα, είναι ο πιο σημαντικός κίνδυνος για την τεχνολογία **ιόντων λιθίου**. Μπορεί να ξεκινήσει από ένα συσσωρευτή με ορισμένες ελαττωματικές κυψέλες (cells), από μηχανικές αστοχίες και προσκρούσεις ή από υπέρταση. Αυτό οδηγεί σε υψηλές θερμοκρασίες, έκλυση αερίων και πιθανή εκρηκτική διάσπαση της κυψέλης με αποτέλεσμα φωτιά ή/και έκρηξη. Εάν δεν γίνει άμεση αποσύνδεση, η θερμική φυγή μπορεί να επεκταθεί από μια κυψέλη στις γειτονικές της, διασπείροντας τη φωτιά. [15]

Αντίστοιχα, σε BESS με συσσωρευτές **μολύβδου-οξέος (Pb-acid, LA)**, η έκλυση υδρογόνου μπορεί να οδηγήσει σε εκρηκτικές ατμόσφαιρες. Αυτό είναι ένας κίνδυνος, εάν δεν υπάρχει επαρκής και ορθός εξαερισμός [15].

Επειδή ορισμένοι τύποι BESS μπορούν να οδηγηθούν σε θερμική φυγή και να εκλύσουν τοξικά και εύφλεκτα αέρια που προκαλούν κίνδυνο έκρηξης, για το λόγο αυτό απαιτούνται συστήματα

ελέγχου έκρηξης (explosion control), εξαερισμού, και ανίχνευσης καπνού και φωτιάς [14]. Οι τύποι αυτοί είναι κυρίως οι συσσωρευτές ιόντων λιθίου, και οι συσσωρευτές τύπου μολύβδου-οξέος ρυθμιζόμενης βαλβίδας (VRLA).

Κίνδυνοι φωτιάς

Οι φωτιές σε συσσωρευτές είναι συχνά έντονες και δύσκολο να τεθούν υπό έλεγχο. Μπορεί να χρειαστούν μέρες ή και βδομάδες για να κατασβεστούν, και μπορεί να φαίνονται πλήρως σβησμένες ενώ δεν είναι. Επομένως μπορεί να επαναφλεγούν μέρες ή ακόμη και βδομάδες αφότου θεωρήθηκε ότι έχουν σβήσει, και αυτό αποτελεί ένα από τα πιο ανησυχητικά χαρακτηριστικά τους. [15]

Είναι επικίνδυνες για τους πυροσβέστες και διασώστες επειδή αυτοί, επιπλέον των άμεσων κινδύνων από φωτιά και ηλεκτροπληξία, είναι δυνατόν να αντιμετωπίσουν τοξικά αέρια, έκθεση σε επικίνδυνα υλικά και μόλυνση του κτιρίου. Διαφορετικοί τύποι συσσωρευτών αντιδρούν διαφορετικά στη φωτιά, επομένως οι πυροσβέστες πρέπει να γνωρίζουν πώς να τους αντιμετωπίσουν. Διαφορετικά, είναι πιθανό να αποκλείσουν την περιοχή της φωτιάς και να την αφήσουν να καεί πλήρως, καταστρέφοντας ολόκληρη την εγκατάσταση. [15] Επομένως είναι απαραίτητη η επαρκής σήμανση για να μπορούν τα συνεργεία διάσωσης να αναγνωρίζουν τους κινδύνους. [14]

Μια πιθανή πηγή κινδύνου είναι η αστοχία των συστημάτων προστασίας και ελέγχου. Για παράδειγμα, μια αστοχία στο σύστημα διαχείρισης συσσωρευτή (Battery Management System, BMS) μπορεί να οδηγήσει σε υπερφόρτιση ή σε αδυναμία παρακολούθησης των παραμέτρων λειτουργίας (θερμοκρασία, τάση κυψέλης). [14] Το BMS πρέπει να παρακολουθεί κάθε κυψέλη ξεχωριστά κατά τη φόρτιση και την εκφόρτιση. Οι κυψέλες αστοχούν τόσο αν υπερφορτιστούν, όσο και αν εκφορτιστούν πέρα από το ελάχιστη επιτρεπτή τάση. [10]

Οι συσσωρευτές ιόντων λιθίου, σε αντίθεση με πιο συμβατικούς τύπους συσσωρευτών, είναι ιδιαίτερα ευαίσθητοι τόσο σε μηχανικές βλάβες από χτυπήματα όσο και σε ηλεκτρικές υπερτάσεις του δικτύου. Μπορούν να προκαλέσουν εσωτερικό βραχυκύκλωμα, που οδηγεί σε τοπική υπερθέρμανση και μπορεί να αποτελέσει το έναυσμα θερμικής φυγής, όπως περιγράφηκε παραπάνω. [15] Επομένως είναι αναγκαία η προστασία από πρόσκρουση ώστε να αποφευχθεί μηχανική βλάβη. [14]

Παραδείγματα πραγματικών πυρκαγιών

Ο κίνδυνος φωτιάς από συσσωρευτές ιόντων λιθίου έχει έρθει κατά καιρούς στη δημοσιότητα από περιστατικά σε εφαρμογές όπως κινητά τηλέφωνα, ηλεκτρικά οχήματα, ακόμη και αεροπλάνα [15] (πτήση της Virgin Atlantic τον Ιούλιο 2019 [17]). Πιο σχετικό παράδειγμα είναι η εγκατάσταση BESS στο αιολικό πάρκο Kahuku στη Χαβάη των ΗΠΑ. Συγκεκριμένα, το 2012 υπέστη δύο φορές πυρκαγιά, που οδήγησε σε σημαντικές υλικές ζημιές και αποδόθηκε σε αστοχία πυκνωτών. Τη δεύτερη φορά, οι πυροσβέστες έμειναν εκτός κτιρίου για πολλές ώρες, επειδή δεν είχε εξακριβωθεί εάν οι συσσωρευτές εξέλυαν τοξικά αέρια. [15] Τον Απρίλιο 2019 μια πυρκαγιά σε εγκατάσταση BESS της ηλεκτρικής εταιρείας APS (Arizona Public Service) στην Αριζόνα των ΗΠΑ οδήγησε στο νοσοκομείο οκτώ πυροσβέστες και έναν αστυνομικό. Η

αιτία της φωτιάς δεν έχει δημοσιοποιηθεί. Δεδομένου όμως ότι οι εγκαταστάσεις BESS της εταιρείας επεκτείνονται με ταχείς ρυθμούς (με σχέδια να έχουν εγκατασταθεί περίπου 1 GW έως το 2025), υπάρχει προβληματισμός για το εάν οι εγκαταστάσεις σε κάποιες περιπτώσεις γίνονται βιαστικά και χωρίς να ληφθούν όλα τα απαραίτητα μέτρα. Αυτό υποδεικνύεται και από το παράδειγμα της Νότιας Κορέας, όπου από τον Αύγουστο του 2017 έχουν καταγραφεί πυρκαγιές σε τουλάχιστον 23 εγκαταστάσεις BESS ιόντων λιθίου. Μια έρευνα διάρκειας 5 μηνών έδειξε ως αιτίες τις ελαττωματικές εγκαταστάσεις και τις κακές διαδικασίες λειτουργίας, και όχι τους ίδιους τους συσσωρευτές. [17]

Στο ευρύτερο πλαίσιο της αγοράς ενέργειας, είναι συζητήσιμο εάν τα περιστατικά φωτιάς σε εγκαταστάσεις συσσωρευτών ιόντων λιθίου που έχουν καταγραφεί είναι «πολλά» ή «λίγα». Αφενός, το επίπεδο επικινδυνότητας στην ηλεκτρική βιομηχανία είναι ούτως ή άλλως σχετικά υψηλό, και παρουσιάζονται περιστατικά πυρκαγιών ακόμη και σε συνηθισμένες εργασίες συντήρησης. Αφετέρου, το ζήτημα δεν αφορά αποκλειστικά τους συσσωρευτές ιόντων λιθίου: και σε άλλες νέες τεχνολογίες αποθήκευσης, όπως του υδρογόνου (για κυψέλες καυσίμου), έχουν παρουσιαστεί παρόμοια περιστατικά που έδωσαν το έναυσμα για ένταση των μέτρων ασφαλείας. Θεωρείται ότι λόγω της σχετικής έλλειψης ωριμότητας, είναι σχετικά αναμενόμενο να συμβούν ορισμένα περιστατικά. Όμως, ακόμη και «λίγα» περιστατικά μπορεί να θεωρηθούν «υπερβολικά πολλά» από το ευρύτερο κοινό, και για το λόγο αυτό έχει μεγάλη σημασία η ανταπόκριση σε αυτά τόσο της βιομηχανίας όσο και των φορέων. Εάν δεν ληφθούν τα σωστά μαθήματα και δεν εφαρμοστούν οι σωστοί έλεγχοι και μέτρα, αυτός ο κίνδυνος μπορεί να γίνει ανασταλτικός παράγοντας για την ανάπτυξη του κλάδου [17].

2.2 Ο μηχανισμός φωτιάς σε συσσωρευτές ιόντων λιθίου

Σύμφωνα με πρόσφατο (2014) στρατηγικό πλάνο για την ασφάλεια της ενεργειακής αποθήκευσης του Υπουργείου Ενέργειας των ΗΠΑ [43], ενώ η αντιμετώπιση του συστήματος ως «μαύρο κουτί» είναι χρήσιμη κατά την εκπόνηση προτύπων για πρακτικές οδηγίες εγκατάστασης, η κατανόηση του συστήματος σε βασικό επίπεδο υλικών και χημείας, και των τρόπων με τους οποίους μπορούν να προκύψουν αστοχίες σε επίπεδο κυψέλης και συστήματος, είναι κρίσιμος παράγοντας για να επιτευχθεί συνολική ασφάλεια. [43] Για το σκοπό αυτό το στρατηγικό πλάνο [43] παραπέμπει σε σχετική εργασία (Mikolajczak et al, 2011 [104]).

Οι συσσωρευτές ιόντων λιθίου έχουν αρκετά διαφορετική χημεία από τους παλαιότερους συνηθισμένους τύπους (NiMH, NiCd, LA). Από την πλευρά της ασφάλειας και πυροπροστασίας, οι προκλήσεις οφείλονται στην υψηλή ενεργειακή πυκνότητα σε συνδυασμό με την παρουσία ηλεκτρολύτη σε οργανικό-εύφλεκτο (και όχι υδατικό) διαλύτη. [104]

2.2.1 Πιθανή σχέση με φωτιές μετάλλων

Οι φωτιές μετάλλων είναι μια ειδική κατηγορία φωτιάς που απαιτεί εξειδικευμένα μέσα αντιμετώπισης (π.χ. στην Ευρώπη, πυροσβεστικά μέσα κατηγορίας D). Δεδομένου ότι το λίθιο είναι μέταλλο, θα ήταν εύλογο να υποθέσει κανείς ότι οι φωτιές στους συσσωρευτές σχετίζονται κάπως με αυτή την κατηγορία. Αυτό όμως δεν ισχύει, όπως εξηγείται παρακάτω.

Παρουσία μεταλλικού λιθίου: Επειδή τα ιόντα λιθίου κατά τη φόρτιση/εκφόρτιση είναι ενσωματωμένα (intercalated) σε υλικά-φορείς (host materials), δεν υπάρχει ελεύθερο μεταλλικό λίθιο. (Σε εξαιρετικές συνθήκες μη κανονικής λειτουργίας, είναι δυνατό να δημιουργήσει επικάλυψη πάνω στις επιφάνειες της ανόδου. Αυτό όμως δεν μπορεί να έχει μετρήσιμη επίδραση στη συμπεριφορά φωτιάς της κυψέλης.) [104]

Άλλο ενδεχόμενο: Έχει μελετηθεί η πιθανότητα να συμβεί, εντός των κυψελών, αντίδραση τύπου «θερμίτη» (thermite) (αντίδραση οξειδίου μετάλλου με μεταλλικό αλουμίνιο). Η κλασική αντίδραση θερμίτη είναι αντίδραση οξειδίου του σιδήρου με αλουμίνιο. Στην περίπτωση συσσωρευτών η αντίστοιχη αντίδραση θα ήταν ανάμεσα στο οξείδιο του κοβαλτίου (της καθόδου) και το αλουμίνιο του συλλέκτη ρεύματος. Ακόμη και αν αυτές οι αντιδράσεις ευνοούνται θερμοδυναμικά (με βάση τις θερμοότητες σχηματισμού των οξειδίων), γενικά απαιτούν ομοιογενή (intimate) μίγματα σε μορφή λεπτής κόνιας (fine powder) και των δύο συστατικών. Επειδή ειδικά το αλουμίνιο του συλλέκτη είναι σε στερεή (bulk) μορφή, η αντίδραση αναμένεται να είναι περιορισμένη από κινητική άποψη. Οι θερμοκρασίες ανάφλεξης αντιδράσεων τύπου θερμίτη εξαρτώνται σημαντικά από τις ιδιότητες των επιφανειών των αντιδρώντων. Η διάδοση τέτοιων αντιδράσεων εξαρτάται επίσης σημαντικά από τις ιδιότητες του μίγματος. Σύμφωνα με τους Mikolajczak et al [104], δεν έχουν παρατηρηθεί άμεσες ενδείξεις αντιδράσεων τύπου θερμίτη σε κυψέλες που υπέστησαν θερμική φυγή. Παρόλα αυτά, ακόμη και αν κάποια ειδική σχεδίαση είναι ευαίσθητη σε αντίδραση θερμίτη, αυτή η αντίδραση θα αντιπροσωπεύει μικρό μόνο μέρος των αντιδράσεων της καύσης. [104]

Συμπέρασμα: Σε κάθε περίπτωση, οι τεχνικές κατάσβεσης φωτιάς μετάλλων δεν είναι κατάλληλες να αντιμετωπίσουν τη φωτιά μιας κυψέλης που αναφλέγεται, είτε λόγω εξωτερικής πρόσπτωσης (impingement) φλόγας, είτε εσωτερικού σφάλματος [104]

2.2.2 Περιγραφή και χαρακτηριστικά συσσωρευτών ιόντων λιθίου που σχετίζονται με την ασφάλεια και τη φωτιά

Εύρος ασφαλούς λειτουργίας: Κάθε κυψέλη ιόντων λιθίου, ανάλογα με τη χημεία της, έχει ένα «ασφαλές» εύρος τιμών τάσης (δηλαδή τάσης όπου τα ηλεκτρόδια δεν αποδομούνται (degrade) γρήγορα λόγω επιμετάλλωσης με λίθιο, διάλυσης του χαλκού ή άλλων ανεπιθύμητων αντιδράσεων). Για τις περισσότερες εμπορικές κυψέλες, αυτό το εύρος τάσης είναι τυπικά από 3,0 V (εκφορτισμένη, δηλ. κατάσταση φόρτισης SOC = 0%) έως 4,2 V (πλήρως φορτισμένη, SOC = 100%). Υπάρχουν όμως κυψέλες ιόντων λιθίου που επιτρέπουν φόρτιση σε τάση >4,2 V, ή εκφόρτιση σε τάση <3,0 V. Η εκφόρτιση κατά το μεγαλύτερο μέρος της γίνεται υπό σχετικά σταθερή τάση 3,6...3,7 V, που είναι η ονομαστική τάση της κυψέλης. Η εκφόρτιση κάτω από το κάτω όριο ασφαλούς τάσης (υπερεκφόρτιση) μπορεί να προκαλέσει αποδόμηση (degradation) των ηλεκτροδίων, και επαναλαμβανόμενη υπερεκφόρτιση μπορεί να οδηγήσει σε αστοχία κυψέλης και θερμική φυγή. Από την άλλη, η φόρτιση πάνω από το άνω όριο ασφαλούς τάσης (υπερφόρτιση) μπορεί να οδηγήσει σε ταχεία, εξώθερμη αποδόμηση των ηλεκτροδίων, και επομένως σε βίαιη θερμική φυγή. [104]

Κατασκευαστικά στοιχεία συσσωρευτών: Σε μια κυψέλη Li-ion, εναλλασσόμενα στρώματα ανόδου και καθόδου διαχωρίζονται από ένα πορώδες λεπτό διαχωριστικό στρώμα (film separator). Ένας ηλεκτρολύτης, αποτελούμενος από οργανικό διαλύτη και διαλυμένο άλας λιθίου, παρέχει το μέσο για τη μεταφορά των ιόντων λιθίου. Η κυψέλη μπορεί να κατασκευαστεί είτε στοιβάζοντας εναλλάξ στρώματα ηλεκτροδίων (κυψέλες πρισματικού τύπου) είτε τυλίγοντας μακριές λωρίδες ηλεκτροδίων σε ένα «ρολό γέλης» (jelly roll) (κυψέλες κυλινδρικού τύπου). [104]

Τα τέσσερα κύρια λειτουργικά συστατικά μιας κυψέλης Li-ion είναι η **άνοδος** (αρνητικό ηλεκτρόδιο), η **κάθοδος** (θετικό ηλεκτρόδιο), το **διαχωριστικό** και ο **ηλεκτρολύτης**. Για να αυξηθεί η χωρητικότητα του συσσωρευτή είναι επιθυμητό τα ηλεκτρόδια (άνοδος και κάθοδος) να έχουν μεγάλη γεωμετρική επιφάνεια, αλλά και υψηλό πορώδες (porosity), ώστε να αυξηθεί ακόμη περισσότερο η συνολική επιφάνεια αντίδρασης, άρα και να επιτευχθεί υψηλότερη χωρητικότητα. Όμως, όσο αυξάνει η συνολική επιφάνεια τόσο επηρεάζονται αρνητικά άλλες ιδιότητες όπως ο χρόνος ζωής (σε κύκλους), ο ρυθμός αυτο-εκφόρτισης, και η θερμική σταθερότητα. [104]

Τα **ηλεκτρόδια** κατασκευάζονται από πάστα (paste) που περιέχει λεπτόκοκκα σωματίδια (fine particles), με επικάλυψη πάνω σε λεπτούς συλλέκτες ρεύματος (συνήθως λεπτά ελάσματα χαλκού ή αλουμινίου). Απαιτούνται λεπτές, ομοιόμορφες στρώσεις και τυχόν ατέλειες (defects) μπορούν να οδηγήσουν σε αστοχία κυψέλης και θερμική φυγή. [104]

Ειδικά για την **κάθοδο**, όπου υπάρχουν διάφορα εναλλακτικά υλικά (LFP, NCA, NMC), έχουν πραγματοποιηθεί μελέτες ([105],[106]) για την ασφάλεια, βασισμένες στη θερμική σταθερότητα των υλικών ως προς τον ηλεκτρολύτη σε συνθήκες πλήρους φόρτισης. Οι δοκιμές αυτές έδειξαν ότι τα υλικά της καθόδου ξεκινούν να αντιδρούν εξώθερμα με τον ηλεκτρολύτη σε ένα εύρος θερμοκρασιών περίπου 130...250°C. Όμως η αντιδραστικότητα της καθόδου δεν επαρκεί για να αξιολογήσει την ασφάλεια της κυψέλης, καθώς υπάρχουν και άλλοι παράγοντες: η αντιδραστικότητα της ανόδου (που συνήθως ξεκινά να αντιδρά εξώθερμα σε χαμηλότερες θερμοκρασίες), πιθανότητα σχηματισμού ατελειών και άλλες κατασκευαστικές λεπτομέρειες που μπορεί να επηρεάσουν την πιθανότητα ανάπτυξης εσωτερικού βραχυκυκλώματος. [104]

Ο ηλεκτρολύτης είναι μίγμα οργανικών ανθρακικών αλάτων όπως ανθρακικό αιθυλένιο ή ανθρακικό προπυλένιο (διαλύτης), με διαλυμένα θειωμένα ιόντα λιθίου που παρέχονται από άλατα λιθίου όπως το εξαφθοροφωσφορικό λίθιο (LiPF₆). [104] Η άνοδος (που περιέχει λίθιο και άνθρακα) θερμοδυναμικά ευνοείται να αντιδράσει με τον οργανικό ηλεκτρολύτη και κοντά στη θερμοκρασία περιβάλλοντος σχηματίζεται ένα στρώμα παθητικοποίησης (passivation layer) που ονομάζεται διεπιφάνεια στερεού-ηλεκτρολύτη (Solid Electrolyte Interface, SEI). Η αντίδραση αυτή είναι εξώθερμη και ταυτόχρονα εκλύονται αέρια, συνήθως εύφλεκτα (ελαφροί υδρογονάνθρακες, CO, CO₂) λόγω της διάσπασης του ηλεκτρολύτη. Κατά την κατασκευή της κυψέλης, οι παραπάνω αντιδράσεις γίνονται ελεγχόμενα, ώστε το SEI που προκύπτει να είναι σταθερό και ομοιόμορφο. [104]

Όμως, όσο η θερμοκρασία μεγαλώνει, ο ρυθμός αντίδρασης αυξάνει ακολουθώντας συμπεριφορά τύπου Arrhenius. Οι περισσότερες κυψέλες δεν σχεδιάζονται να λειτουργούν ή να αποθηκεύονται σε θερμοκρασίες άνω των 60°C, και όταν ξεπεράσουν τη θερμοκρασία αυτή πολλές φορές φουσκώνουν λόγω έκλυσης αερίων παρόμοιων με παραπάνω. Σε λίγο υψηλότερη θερμοκρασία, τυπικά στο εύρος 75...90°C (η ακριβής τιμή εξαρτάται από τη χημεία της κυψέλης και την κατάσταση φόρτισης), το στρώμα SEI θα διασπαστεί. Έχει επιδειχθεί (χρησιμοποιώντας θερμιδομετρία επιταχυνόμενου ρυθμού, ARC) ότι εμπορικές κυψέλες παρουσιάζουν συμπεριφορά αυτο-θέρμανσης όταν φτάσουν σε θερμοκρασία περίπου 80°C. Στη συνέχεια, εφόσον είναι θερμικά μονωμένες, η αυτο-θέρμανση συνεχίζεται οδηγώντας σε θερμική φυγή. [104]

Διαχωριστικό (separator): Τα πιο κοινά διαχωριστικά είναι λεπτά στρώματα πορώδους πολυαιθυλενίου, πολυπροπυλενίου ή σύνθετου (composite) πολυαιθυλενίου/πολυπροπυλενίου, με τυπικό πάχος 20 μm. Το διαχωριστικό αποτρέπει την άμεση επαφή ανόδου-καθόδου, ενώ παράλληλα οι πόροι επιτρέπουν τη μεταφορά ιόντων λιθίου. Όταν η θερμοκρασία φτάσει τοπικά στο εύρος 130...150°C, το διαχωριστικό μαλακώνει και οι πόροι κλείνουν. Τα διαχωριστικά αυτά λέγονται τύπου «απενεργοποίησης» (shutdown). Με τον τρόπο αυτό αυτοδιορθώνονται τυχόν τοπικά σφάλματα όπως μικρά βραχυκυκλώματα, καθώς οδηγούν σε μικρή αύξηση της θερμοκρασίας και η περιοχή γύρω τους μαλακώνει και απενεργοποιείται. Επίσης, στην περίπτωση που λόγω εξωτερικού βραχυκυκλώματος αυξηθεί το ρεύμα πάνω από τα όρια ασφαλούς λειτουργίας και η εσωτερική θερμοκρασία ανέβει περίπου στους 130°C, θα συμβεί με τον ίδιο τρόπο μόνιμη απενεργοποίηση ολόκληρης της κυψέλης. Όμως, αν η εσωτερική

θερμοκρασία ξεπεράσει σημαντικά τους 150°C, το διαχωριστικό τήκεται πλήρως και επιτρέπει την επαφή μεταξύ της ανόδου και της καθόδου. [104]

2.2.3 Αναλυτικότερη περιγραφή της θερμικής φυγής

Η θερμική φυγή είναι η ταχεία αυτο-θέρμανση μιας κυψέλης, που προκαλείται από εξώθερμη χημική αντίδραση ανάμεσα στο ισχυρά οξειδωτικό θετικό ηλεκτρόδιο και το ισχυρά αναγωγικό αρνητικό ηλεκτρόδιο. Μπορεί να συμβεί σε συσσωρευτές σχεδόν οποιασδήποτε χημείας. Σε μια αντίδραση θερμικής φυγής, η κυψέλη απελευθερώνει την αποθηκευμένη ενέργειά της με μεγάλη ταχύτητα. Όσο περισσότερη ενέργεια είναι αποθηκευμένη, τόσο πιο ενεργητική (energetic) θα είναι η αντίδραση. Οι αντιδράσεις θερμικής φυγής στις κυψέλες λιθίου είναι πολύ ενεργητικές, για δύο κύριους λόγους. Ο ένας είναι ότι αυτές οι κυψέλες έχουν πολύ υψηλές τιμές πυκνότητας ενέργειας σε σχέση με άλλους τύπους. Ο άλλος είναι ότι περιέχουν εύφλεκτους ηλεκτρολύτες, και επομένως (επιπλέον της ηλεκτρικής ενέργειας που αποθηκεύουν με τη μορφή χημικού δυναμικού), αποθηκεύουν επίσης μη ευκαταφρόνητο ποσό χημικής ενέργειας σε μορφή καύσιμων υλικών (σε αντίθεση με κυψέλες όπου οι ηλεκτρολύτες είναι υδατικής βάσης). [104]

Η πιθανότητα εκκίνησης θερμικής φυγής είναι παρόμοια με την πιθανότητα ανάφλεξης πολλών τυπικών αντιδράσεων καύσης: για την εκκίνηση της θερμικής φυγής (όπως και για την ανάφλεξη ενός καυσίμου), πρέπει ο ρυθμός παραγωγής θερμότητας να είναι μεγαλύτερος από το ρυθμό θερμικών απωλειών. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η αυτο-θέρμανση των λιθιωμένων γραφιτικών ανόδων στην παρουσία ηλεκτρολύτη ξεκινά σε θερμοκρασίες στο εύρος 70...90°C. Επομένως, αν μία κυψέλη έρθει σε αυτή τη θερμοκρασία σε αδιαβατικό περιβάλλον, τελικά θα αυτοθερμανθεί τόσο ώστε να ξεκινήσει η θερμική φυγή. Για παράδειγμα, σε μια τυπική κυψέλη 18650 [συνηθισμένο μέγεθος κυλινδρικού συσσωρευτή μήκους 65 mm και διαμέτρου 18 mm], σε κατάσταση πλήρους φόρτισης (SOC = 100%), και με καλή θερμομόνωση, η θερμική φυγή θα συμβεί σε περίπου δύο μέρες αφού φτάσει τη θερμοκρασία αυτοθέρμανσης. Εάν η αρχική θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη, η θερμική φυγή θα συμβεί ταχύτερα. Για παράδειγμα, αν μια τυπική κυψέλη τοποθετηθεί σε φούρνο θερμοκρασίας άνω των 150°C, έτσι ώστε να λιώσει το διαχωριστικό, η επιπλέον θέρμανση λόγω του βραχυκυκλώματος μεταξύ ανόδου και καθόδου θα προκαλέσει θερμική φυγή μέσα σε μερικά λεπτά. Όμως, εάν η θερμότητα μπορεί να απάγεται, ο χρόνος ως τη θερμική φυγή μπορεί να είναι περισσότερος, ή αυτή να μην συμβεί ποτέ. Για το λόγο αυτό τα διάφορα πρότυπα θέτουν απαιτήσεις για τη θερμική σταθερότητα των κυψελών. [104] Τέτοιες απαιτήσεις περιγράφονται σε επόμενα κεφάλαια της παρούσας εργασίας.

Η σοβαρότητα της θερμικής φυγής εξαρτάται από αρκετούς παράγοντες, στους οποίους περιλαμβάνεται η τρέχουσα κατάσταση φόρτισης, η θερμοκρασία του περιβάλλοντος, η ηλεκτροχημική και η μηχανική σχεδίαση της κυψέλης (διαστάσεις, όγκος ηλεκτρολύτη κ.ά.), όπως περιγράφεται παρακάτω. Για οποιαδήποτε κυψέλη, η σοβαρότερη περίπτωση θερμικής φυγής είναι όταν βρίσκεται σε SOC = 100% (ή είναι υπερφορτισμένη), επειδή τότε περιέχει τη μέγιστη ενέργεια. Στην περίπτωση αντίδραση θερμικής φυγής, συμβαίνουν τα ακόλουθα:

1. Αυξάνει η εσωτερική θερμοκρασία της κυψέλης. Έχουν μετρηθεί θερμοκρασίες στο περίβλημα (case) της κυψέλης έως πάνω από 600°C. Για κυψέλες τύπου LFP οι θερμοκρασίες είναι γενικά χαμηλότερες. Η αύξηση της θερμοκρασίας καθορίζεται από αντιδράσεις των

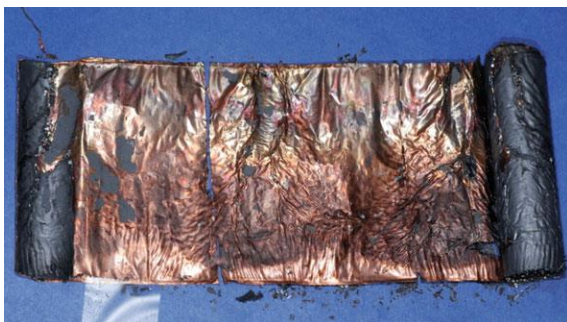
ηλεκτροδίων με τον ηλεκτρολύτη και διαφυγή της αποθηκευμένης ενέργειας. Μερικά υλικά καθόδου αποσυντίθενται και μεταβάλλουν την κρυσταλλική τους δομή, πράγμα που μπορεί να οδηγήσει στην απελευθέρωση μικρών ποσοτήτων οξυγόνου, που συμμετέχει σε αντιδράσεις στο εσωτερικό της κυψέλης (π.χ. οξείδωση του συλλέκτη ρεύματος από αλουμίνιο). *{Παρένθεση: Αυτό έχει οδηγήσει στην παρανόηση ότι οι συσσωρευτές λιθίου καίγονται βίαια επειδή «παράγουν οι ίδιοι το οξυγόνο [που απαιτεί η καύση] τους». Αυτό όμως δεν είναι ορθό, καθώς δεν έχουν βρεθεί αξιοσημείωτες ποσότητες οξυγόνου στα εκλυόμενα αέρια. Οποιαδήποτε εσωτερική παραγωγή οξυγόνου θα επηρεάσει την εσωτερική αντιδραστικότητα, και τη θερμοκρασία του περιβλήματος της κυψέλης, αλλά δεν παίζει κανένα μετρήσιμο ρόλο στην ευφλεκτότητα των αερίων που εκλύονται εκτός της κυψέλης.}* Η εσωτερική αύξηση της θερμοκρασίας καταλήγει στην τήξη και αποσύνθεση του διαχωριστικού και, συνήθως, στην τήξη του συλλέκτη ρεύματος αλουμινίου, που συμβαίνει στους 660°C. Το υγρό αλουμίνιο μπορεί να σχηματίσει κράμα με οποιαδήποτε εκτεθειμένη επιφάνεια χαλκού μέσα στην κυψέλη. Ορισμένα κράματα χαλκού-αλουμινίου έχουν σημεία τήξης έως και 548°C, επομένως είναι πιθανή και η βλάβη στους εσωτερικούς συλλέκτες ρεύματος χαλκού. [104]



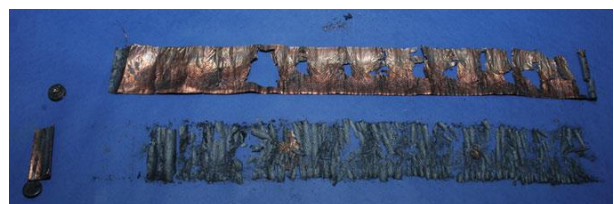
(α)



(β)



(γ)



(δ)

Σχήμα 2.1: Διάφορες όψεις μιας κυψέλης τύπου 18650 που υπέστη θερμική φυγή. (α) Εξωτερική όψη. (β) Κάτοψη – είναι ορατά σφαιρίδια (beads) τηγμένου αλουμινίου που έχουν επαναστερεοποιηθεί (resolidified). (γ) Ξεδίπλωμα των τυλιγμάτων. Ο χαλκινός συλλέκτης ρεύματος έχει παραμείνει σχετικά άθικτος. (δ) Εσωτερικό περιεχόμενο: χαλκινός συλλέκτης ρεύματος (πάνω) και υπολείμματα ενεργών υλικών (κάτω). [Fig. 4.1 έως 4.4 του [104]]

Οι θερμοκρασίες που παράγονται από αντιδράσεις θερμικής φυγής είναι επαρκείς για να προκαλέσουν ανάφλεξη εύφλεκτων μιγμάτων λόγω θερμής επιφάνειας, αλλά όχι για να προκαλέσουν την τήξη καθαρού χαλκού (1080°C), νικελίου ή χάλυβα. Το αλουμίνιο τήκεται, το διαχωριστικό έχει καεί, και αυτό που παραμένει είναι το περίβλημα της κυψέλης (χάλυβας), ο συλλέκτης ρεύματος χαλκού της ανόδου, και ένα μαύρο εύθρυπτο (friable) υλικό που αποτελείται κυρίως από υλικά καθόδου. [104]

2. Η εσωτερική πίεση της κυψέλης μεγαλώνει. Αυτό συμβαίνει επειδή ο θερμαινόμενος ηλεκτρολύτης τόσο ατμοποιείται όσο και αποσυντίθεται, και ορισμένα υλικά καθόδου μπορούν επίσης να αποσυντεθούν, απελευθερώνοντας αέριο. Σε μια κυψέλη τύπου σάκου (pouch) ή πρισματική, αυτό οδηγεί σε διόγκωση (swelling). Μία κυλινδρική κυψέλη γενικά δεν διογκώνεται, όμως εάν έχει θερμανθεί επαρκώς (συνήθως από εξωτερική πηγή θερμότητας), τα τοιχώματα του περιβλήματος μπορεί να μαλακώσουν αρκετά ώστε η βάση της να παραμορφωθεί (bulge). [104]

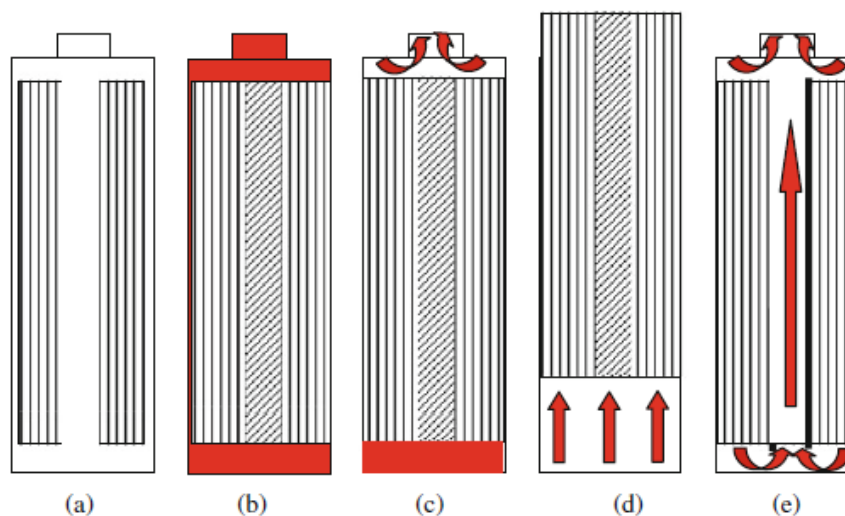
3. Η κυψέλη εκλύει αέρια. Σε μία κυψέλη με μαλακό περίβλημα πολυμερούς, οι θερμοκολλήσεις (heat seals) αστοχούν σε σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες, οδηγώντας σε εξαερισμό (venting) χαμηλής πίεσης. Μπορεί να προκληθεί ήχος όταν διασπάται ο σάκος. Οι κυψέλες συνήθως έχουν μηχανισμούς εξαερισμού όπως βαλβίδα (vent port) ή ορισμένα ασθενή σημεία του περιβλήματος, ώστε να σπάσουν πρώτα αυτά και ο εξαερισμός να γίνει ελεγχόμενο, π.χ. σε συγκεκριμένη εσωτερική θερμοκρασία. Τα αέρια μπορεί να έχουν την εμφάνιση σκουρόχρωμου καπνού, και κάποιες φορές παρατηρούνται λαμπεροί σπινθήρες. Αυτό μπορεί να δημιουργήσει την εντύπωση ότι «φλέγεται το λίθιο», στην πράξη όμως αυτό είναι πολύ απίθανο καθώς ακόμα και κατά τη φόρτιση, είναι εξαιρετικά μικρές οι ποσότητες λιθίου που μπορεί να έχουν εναποτεθεί στα ηλεκτρόδια. Οι παρατηρούμενοι σπινθήρες είναι πιθανότατα σταγονίδια λιωμένου αλουμινίου που εκτοξεύονται από την κυψέλη. [104]

4. Τα εκλυόμενα αέρια μπορεί να αναφλεγούν, ανάλογα με το περιβάλλον γύρω από αυτή. Τα αέρια δεν είναι αυτο-αναφλεγόμενα (self-igniting). Πρέπει να υπάρχει αρκετό οξυγόνο στο περιβάλλον για να διατηρήσει την καύση, και να υπάρχει ικανή πηγή ανάφλεξης. Μια θερμή επιφάνεια περιβλήματος κυψέλης θα μπορούσε να αποτελέσει την πηγή ανάφλεξης, όπως επίσης και θερμά σωματίδια μετάλλου (σπίθες) που εκτινάσσονται μαζί με τα αέρια. Οι κυψέλες LFP, με κάθοδο από LiFePO₄, περιγράφονται συχνά ως «ασφαλέστερες» από άλλες (όπως LCO) (ή διαφημίζονται ως «ενδογενώς ασφαλείς» (intrinsically safe) από κατασκευαστές [24]) επειδή οι θερμοκρασίες που αναπτύσσονται στο περίβλημα σε περίπτωση θερμικής φυγής δεν είναι πιθανόν να προκαλέσουν ανάφλεξη λόγω θερμής επιφάνειας. Όμως, εάν υπάρχει άλλη πηγή ανάφλεξης, και τα αέρια από κυψέλες LFP θα αναφλεγούν. [104]

Η διαφυγή αερίων από πολύ μικρού μεγέθους συσσωρευτές (π.χ. κινητών τηλεφώνων) σπάνια καταλήγει σε ανάφλεξη, πιθανότατα λόγω περιορισμένου όγκου εκλυόμενων αερίων. Δηλαδή, τα αέρια αραιώνονται επαρκώς στον αέρα έγκαιρα ώστε αποφεύγεται η ανάφλεξη. Σε σύγκριση, η ανάφλεξη αερίων από κυψέλες μεγέθους 18650 και άνω [μήκος 65 mm, διάμ. 18 mm] είναι πιο κοινή: Αυτές οι κυψέλες περιέχουν μεγαλύτερες ποσότητες ηλεκτρολύτη (άρα περισσότερο καύσιμο) και χρησιμοποιούνται συνήθως σε συστοιχίες πολλαπλών κυψελών. Εάν η ροή των

αερίων περιορίζεται, λόγω του σχήματος της βαλβίδας εξόδου (όπως συμβαίνει συνήθως σε κυψέλες σκληρού περιβλήματος), οι φλόγες που εξέρχονται από την κυψέλη θα είναι ισχυρά κατευθυντικές και περιγράφονται συχνά ότι μοιάζουν με πυρσό (torch). [104]

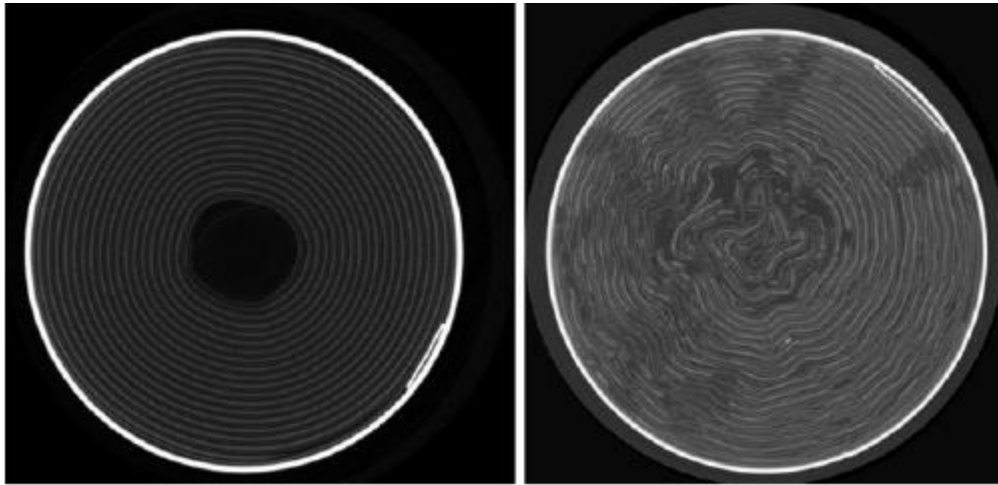
5. Τα περιεχόμενα της κυψέλης μπορεί να εκτοξευτούν. Σε κυψέλες με σκληρό περίβλημα, θα έχει αυξηθεί η εσωτερική πίεση πριν τη διαφυγή των αερίων. Ανάλογα με τη μηχανική σχεδίαση της κυψέλης, η διαφυγή πίεσης μπορεί να οδηγήσει στην εκτόξευση των τυλιγμάτων (windings). Αυτό το φαινόμενο είναι πολύ κοινό στις κυλινδρικές κυψέλες, ιδιαίτερα όσες δεν έχουν στερεούς κεντρικούς σωλήνες (βλ. Σχήματα 2.2 έως 2.4). Οι κυψέλες αυτές έχουν σχεδιασμό τυλίγματος με ανοιχτό κέντρο, όπως ένα ρολό από χαρτί. Όταν θερμανθούν, τα ηλεκτρόδια διαστέλλονται και καταρρέουν στον κεντρικό πυρήνα (core) του ρολού, δημιουργώντας έτσι ένα εσωτερικό εμπόδιο στη διαφυγή των αερίων από τη βάση της κυψέλης. Όταν η έξοδος των αερίων γίνεται από το κάλυμμα, η διαφορά πίεσης ανάμεσα στην περιοχή της βάσης και την περιοχή του καλύμματος μπορεί να οδηγήσει σε ένα φαινόμενο τύπου εμβόλου, που μπορεί να οδηγήσει τα ηλεκτρόδια εκτός κυψέλης. Ηλεκτρόδια που εκτοξεύονται έτσι (ή και ολόκληρες κυψέλες, εάν δεν είναι καλά στερεωμένες στις συστοιχίες), μπορεί να μετακινηθούν σε σημαντικές αποστάσεις (αρκετά μέτρα), εκπέμποντας θερμά υλικά, και πιθανόν και φλόγες, μακριά από την κυψέλη ή την συστοιχία που αστόχησε αρχικά. [104]



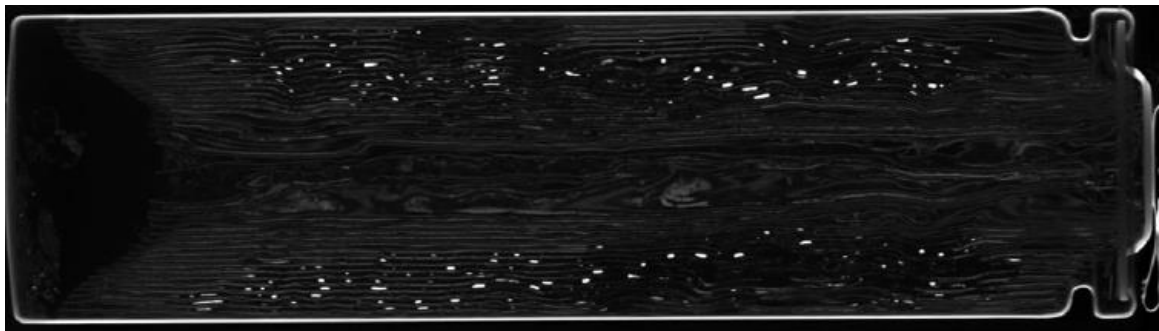
Σχήμα 2.2: Εκτόξευση τυλιγμάτων από κυλινδρική κυψέλη που υπόκειται σε αντίδραση θερμικής φυγής. (a) Διατομή κυψέλης χωρίς στερεό κεντρικό σωλήνα. (b) Κατά τη θερμική φυγή, τα τυλίγματα διαστέλλονται και καταρρέουν μέσα στο κεντρικό πυρήνα. (c) Ο εξαερισμός επιτρέπει την ανακούφιση της πίεσης στην κορυφή, αλλά όχι και στη βάση της κυψέλης. (d) Η πίεση στη βάση λειτουργεί ως έμβολο (piston), εκτοξεύοντας τα τυλίγματα. (e) Αντίθετα, ένας στερεός κεντρικός σωλήνας διατηρεί τον πυρήνα ανοιχτό και επιτρέπει την εξισορρόπηση της πίεσης, αποτρέποντας την εκτόξευση τυλιγμάτων. [Fig. 4.5 του [104]]

Για την αποφυγή αυτού του φαινομένου, τα πρότυπα της IEEE που αφορούσαν συσσωρευτές για φορητούς υπολογιστές ([IEEE 1625](#), Standard for Rechargeable Batteries for Multi-Cell Mobile Computing Device) και κινητά τηλέφωνα ([IEEE 1725](#), Standard for Rechargeable Batteries for Cellular Telephones) ήδη από τη δεκαετία του 2000 αναθεωρήθηκαν και απαιτούσαν μέτρα προστασίας για την παρεμπόδιση της εκτόξευσης ηλεκτροδίων. Για το λόγο αυτό άρχισαν να χρησιμοποιούνται στερεοί κεντρικοί κύλινδροι στο κέντρο κάθε κυψέλης, συνήθως από

μέταλλο, γύρω από τους οποίους τυλίγονται τα ηλεκτρόδια. Επομένως ο πυρήνας της κυψέλης παραμένει ανοιχτός και επιτρέπει την εξισορρόπηση των πιέσεων σε περίπτωση θερμικής φυγής. Αυτό μείωσε σημαντικά την πιθανότητα εκτόξευσης ηλεκτροδίων, χωρίς όμως να την έχει εκμηδενίσει.



Σχήμα 2.3: Τομογραφία (CT) (αριστερά) μιας κυψέλης τύπου 18650, όπου φαίνεται ο ανοιχτός κεντρικός πυρήνας, και (δεξιά) μιας κυψέλης μετά τη θερμική φυγή, όπου φαίνεται η κατάρρευση των τυλιγμάτων μέσα στην περιοχή του πυρήνα [Fig. 4.6 του [104]]



Σχήμα 2.4: Τομογραφία (CT) μιας κυψέλης 18650 που υπέστη θερμική φυγή. Παρόλο που τα ηλεκτρόδια δεν εκτοξεύτηκαν, η διαφορά πίεσης κορυφής-βάσης προκάλεσε μετατόπιση των ηλεκτροδίων προς την κορυφή (δηλ. προς τα δεξιά στην εικόνα). [Fig. 4.7 του [104]]

6. Η θερμική φυγή μπορεί να διαδοθεί σε γειτονικές κυψέλες. Εάν μία κυψέλη σε μία συστοιχία υποστεί αντίδραση θερμικής φυγής, είναι πιθανόν να προκαλέσει θερμική φυγή στις γειτονικές κυψέλες, μέσω διαφόρων μηχανισμών μετάδοσης θερμότητας: απευθείας επαφή μεταξύ περιβλημάτων, πρόσπτωση (impingement) θερμών αερίων, ή πρόσπτωση φλεγόμενων αερίων. Η σχεδίαση των συστοιχιών με πολλαπλές κυψέλες μπορεί να επηρεάσει την πιθανότητα διάδοσης θερμικής φυγής, προσαρμόζοντας τις αποστάσεις ανάμεσα στις κυψέλες και τον προσανατολισμό τους, ώστε να ελαχιστοποιηθεί η μετάδοση θερμότητας σε γειτονικές κυψέλες, να κατευθύνονται τα εκλυόμενα αέρια μακριά από τις γειτονικές κυψέλες, και να ευνοηθεί η ψύξη των κυψελών. [104]

Σαν συμπέρασμα των παραπάνω, συνοψίσουμε τα αίτια που μπορεί να οδηγήσουν σε θερμική φυγή ως εξής:

- Θερμική βίαιη καταπόνηση [π.χ. έκθεση σε φωτιά]
- Μηχανική βίαιη καταπόνηση [π.χ. εξωτερική πρόσκρουση αντικειμένου]
- Ηλεκτρική βίαιη καταπόνηση [π.χ. υπερφόρτιση, υπερεκφόρτιση, σφάλματα στα κυκλώματα προστασίας]
- Κακή ηλεκτροχημική σχεδίαση κυψέλης
- Εσωτερικές αστοχίες της κυψέλης, σχετιζόμενες με ελαττώματα κατασκευής. **[104]**

2.3 Ενημέρωση καταναλωτών

2.3.1 Γενικές οδηγίες για τη χρήση συσσωρευτών (λιθίου)

Η εξάπλωση συσσωρευτών λιθίου σε πολλές εφαρμογές της καθημερινής ζωής έχει οδηγήσει σε ανάγκη εξοικείωσης με τους κινδύνους που συνεπάγεται η χρήση τους. Έτσι, φορείς όπως το αμερικανικό Πανεπιστήμιο MIT έχουν εκδώσει οδηγίες σχετικά με την ασφαλή χρήση των συσσωρευτών λιθίου που χρησιμοποιούνται είτε για εφαρμογές γραφείου/εργαστηρίου, είτε για ερευνητικούς σκοπούς [41]. Αντίστοιχα, υπηρεσίες Υγείας & Ασφάλειας όπως η βρετανική HSE (Health & Safety Executive) έχουν επίσης εκδώσει αντίστοιχες οδηγίες, για εργαζόμενους που χειρίζονται συσσωρευτές στο χώρο εργασίας τους [40]. Παρόλο που οι ανωτέρω οδηγίες δεν αφορούν άμεσα τα συστήματα BESS, και οι συσσωρευτές στους οποίους αναφέρονται είναι κατά κύριο λόγο μικρότερου μεγέθους, μπορούν να αποτελέσουν εισαγωγικό υλικό για την ενημέρωση ασφάλειας αυτών των συστημάτων. Παράλληλα, η σταδιακή επέκταση των ηλεκτρικών οχημάτων και των σταθμών φόρτισής τους αναμένεται να συνεισφέρει στην περαιτέρω εξοικείωση του κοινού με θέματα συσσωρευτών [65].

2.3.2 Οδηγοί εγκατάστασης BESS για το κοινό

Στα πλαίσια της διευρυνόμενης διείσδυσης των οικιακών συστημάτων BESS, από ορισμένες χώρες έχουν εκδοθεί Οδηγοί εγκατάστασης τέτοιων συστημάτων, που απευθύνονται στο ευρύ κοινό. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι στην Αυστραλία ο «Οδηγός εγκατάστασης οικιακού συστήματος αποθήκευσης συσσωρευτών» (Guide to installing a household battery storage system) [37], του Συμβουλίου Καθαρής Ενέργειας (Clean Energy Council, CEC). Ο οδηγός αυτός συμπληρώνει τον αντίστοιχο Οδηγό εγκατάστασης οικιακών ΦΒ [38]. Η ιστοσελίδα του CEC περιέχει επίσης ένα συνοπτικό κατάλογο των μέτρων που πρέπει να λαμβάνονται σε περιπτώσεις εκτάκτων και φυσικών καταστροφών [52], με έμφαση στην ασφαλή αποσύνδεση και επανασύνδεση των ΦΒ πλαισίων, και με σύντομη αναφορά στους συσσωρευτές, εφόσον υπάρχουν.

Ο αυστραλιανός Οδηγός εγκατάστασης BESS [37] επικεντρώνεται σε γενικά και οργανωτικά θέματα, παρουσιάζει με απλό τρόπο τις τεχνολογίες, και συνιστά στον καταναλωτή να απευθύνεται αποκλειστικά σε εξειδικευμένο και αδειοδοτημένο προσωπικό τόσο για την εγκατάσταση, όσο και για λεπτομερέστερη ενημέρωση στα τεχνικά ζητήματα. Παρόλα αυτά, στην Ενότητα 6, κάνει μια σύντομη περιγραφή σε θέματα ασφάλειας, κινδύνων και προτύπων. Έτσι, σύμφωνα με τον Οδηγό [37], τα συστήματα BESS έχουν ορισμένους κινδύνους, όπως τα ΦΒ και ο υπόλοιπος ηλεκτρολογικός εξοπλισμός. Δηλώνει ότι εφόσον το σύστημα εγκαθίσταται σύμφωνα με τα σχετικά πρότυπα, χρησιμοποιείται και συντηρείται σωστά, η αποθήκευση με συσσωρευτές είναι ασφαλής. Όμως, είναι σημαντικό ο καταναλωτής να είναι ενήμερος για τους κινδύνους ώστε να τους διαχειρίζεται με ασφάλεια.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται συνοπτικά οι σημαντικότεροι κίνδυνοι, που για να γίνουν πιο κατανοητοί συγκρίνονται με άλλους κινδύνους με τους οποίους είναι πιο εξοικειωμένος ο μέσος χρήστης, ως εξής:

- Γενικοί κίνδυνοι της ηλεκτρικής καλωδίωσης, που είναι όμοιοι με τους κινδύνους όλων των υπόλοιπων οικιακών καλωδιώσεων.
- Χημικοί κίνδυνοι, κίνδυνοι φωτιάς και έκρηξης. Αυτοί είναι παρόμοιοι με τους κινδύνους που σχετίζονται με φιάλες αερίων, και με παροχή φυσικού αερίου. Για τον λόγο αυτό, επισημαίνεται η απαγόρευση του καπνίσματος γύρω από το σύστημα BESS, και συνιστάται η ενημέρωση από τον εγκαταστάτη, για το αν το σύστημα εκλύει αέρια.
- Πιθανή διαφυγή μη εύφλεκτων αερίων, κατά τη φόρτιση ή την εκφόρτιση συσσωρευτών λιθίου. Αυτή μπορεί να προκαλέσει κίνδυνο εισπνοής επιβλαβούς (noxious) αερίου, με παρόμοιο τρόπο όπως η διαρροή φυσικού αερίου, εάν δεν υπάρχει εξαερισμός.
- Διαρροές χημικών ουσιών, παρόμοιες με τις διαρροές διαβρωτικού υγρού από συσσωρευτή αυτοκινήτου, ή με χημικά καθαριστικά οικιακής χρήσης. [37]

Ακολούθως, επισημαίνεται ότι:

- Τα μικρά παιδιά και τα κατοικίδια ζώα πρέπει να κρατούνται μακριά από το σύστημα συσσωρευτών, καθώς και ότι δεν πρέπει να αποθηκεύονται αντικείμενα πάνω στους συσσωρευτές ή τα καλώδια, όπως άλλωστε ισχύει και για τις υπόλοιπες ηλεκτρικές συσκευές.
- Το σύστημα BESS είναι πιθανό να θερμαίνεται ελαφρώς (όπως ένας συσσωρευτής φορητού υπολογιστή), αλλά δεν θα πρέπει είναι πολύ ζεστό όταν αγγίζεται. Επίσης, τα συστήματα εκπέμπουν κάποια Η/Μ ακτινοβολία, όπως όλες οι ηλεκτρικές συσκευές, εντός ασφαλών ορίων.
- Εάν συμβεί κάποιο ατύχημα στο σύστημα, στην περίπτωση φωτιάς ή έκρηξης, πρέπει να ειδοποιηθεί αμέσως η υπηρεσία έκτακτης ανάγκης [στην Αυστραλία 000, αντίστοιχη του Ευρωπαϊκού αριθμού 112]. Για μικρές βλάβες, όπως μήνυμα σφάλματος (fault alarm) ή δυσλειτουργία, το σύστημα πρέπει να επισκευαστεί από εξουσιοδοτημένο εγκαταστάτη. [37]

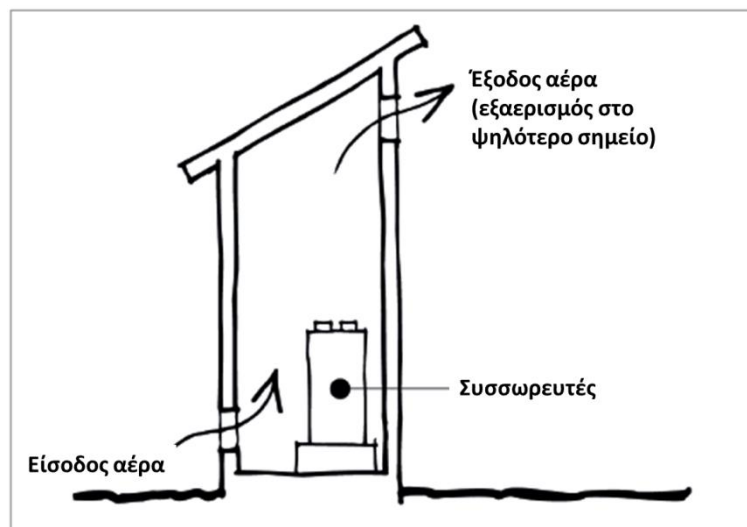
Τέλος, αναφέρεται η πρόσφατη (2017) υιοθέτηση του AS [IEC 62619](#), [Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes. Safety requirements for secondary lithium cells and batteries, for use in industrial applications], το οποίο περιγράφεται ως νέο πρότυπο για την ασφάλεια συσσωρευτών λιθίου σε οικιακές και εμπορικές εφαρμογές. Το πρότυπο απαιτεί δοκιμές υπό ένα εύρος ακραίων συνθηκών, όπως πτώση του συσσωρευτή από ύψος, συντριβή (smashing), εισχώρηση καρφιού, υπερθέρμανση, υπερφόρτιση και βραχυκύκλωση των ακροδεκτών. Οι συσσωρευτές πρέπει να δείξουν ότι ανθίστανται σε αυτές τις ακραίες συνθήκες χωρίς να δημιουργήσουν κινδύνους όπως φωτιά, έκρηξη, διαρροή, έκλυση εύφλεκτων αερίων ή ρήξη του περιβλήματος. Το πρότυπο επίσης απαιτεί από τον κατασκευαστή να παρέχει σημαντικές πληροφορίες ασφάλειας στον τελικό χρήστη. Ο Οδηγός ολοκληρώνει την Ενότητα συστήνοντας στον καταναλωτή-χρήστη να επιβεβαιώνει ότι οι συσσωρευτές λιθίου που αγοράζει έχει δοκιμαστεί σύμφωνα με το ανωτέρω πρότυπο. [37]

Ιστοσελίδα της αυστραλιανής κυβέρνησης με το γενικό τίτλο “YourHome-Οδηγός Αυστραλίας για περιβαλλοντικά βιώσιμα (sustainable) σπίτια” παρέχει επίσης γενικές τεχνικές πληροφορίες για συστήματα συσσωρευτών και αναστροφέων, είτε σε αυτόνομα είτε σε συνδεδεμένα με το δίκτυο συστήματα [51]. Όσον αφορά τα θέματα ασφάλειας, αναφέρει μεταξύ άλλων τα εξής:

- Επισημαίνει τους κινδύνους από την εκπομπή διαβρωτικού και εκρηκτικού μίγματος υδρογόνου και οξυγόνου κατά τα τελικά στάδια της φόρτισης, απαιτεί την εγκατάσταση σε καλά αεριζόμενο οικίσκο (enclosure), και συνιστά αυτός να βρίσκεται σε ξεχωριστό χώρο μακριά από

το σπίτι. Προσθέτει ότι ο σχεδιασμός του εξαερισμού πρέπει να επιτρέπει την είσοδο του αέρα σε ύψος ίσο με τη βάση των συσσωρευτών, και την έξοδο του πάνω από το ψηλότερο σημείο τους (βλ. Σχήμα 2.5).

[Οι οδηγίες αυτές ταιριάζουν περισσότερο σε συσσωρευτές μολύβδου-οξέος, και όχι λιθίου.]



Σχήμα 2.5. Οικίσκος συσσωρευτών [51]

- Οι συσσωρευτές πρέπει να στηρίζονται πάνω σε βάσεις με στηρίγματα (stands) ώστε να διατηρούνται μακριά από το έδαφος. Σε αντίθετη περίπτωση, η βάση που ακουμπά στο έδαφος πρέπει να έχει θερμομόνωση, ώστε να μην φτάνει τη θερμοκρασία του εδάφους. Επίσης δεν επιτρέπεται η εγκατάσταση απευθείας πάνω σε μπετόν, αφού και αυτό αποκτά τη θερμοκρασία του εδάφους, ούτε η έκθεση σε άμεση ηλιακή ακτινοβολία ή πηγή θερμότητας. Ο λόγος είναι ότι οι μεν υψηλές θερμοκρασίες μπορούν να οδηγήσουν σε κύρτωση (buckle) ή ταχεία διάβρωση των ηλεκτροδίων, οι δε χαμηλές μειώνουν τη χωρητικότητα του συσσωρευτή. Ειδικά η (μη θερμομονωμένη) επαφή με έδαφος σε πολύ χαμηλή θερμοκρασία προκαλεί διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ βάσης και κορυφής, με αποτέλεσμα διαστρωμάτωση (stratification) του ηλεκτρολύτη, η οποία μειώνει τη διάρκεια ζωής και την επίδοση του συσσωρευτή.

- Σε ξεχωριστή ενότητα αναφέρεται στους αντιστροφείς (inverters), που επίσης θα πρέπει να είναι εγκατεστημένοι σε καλά αεριζόμενο χώρο (εδώ όμως κυρίως για απαγωγή θερμότητας και όχι εκλύσεων αερίων), μακριά από την άμεση επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας, σε θέση προσβάσιμη για δυνατότητα άμεσης ηλεκτρικής απομόνωσης σε περίπτωση ανάγκης, και όχι πολύ μακριά από τους συσσωρευτές, καθώς το μεγάλο μήκος των καλωδίων DC μεταξύ συσσωρευτών και αντιστροφέα οδηγεί σε υπερθέρμανση, μεγάλες απώλειες και πτώση τάσης. Επισημαίνεται επίσης η ανάγκη προστασίας των αντιστροφέων από κεραυνό.

[Οι ανωτέρω οδηγίες αφορούν εν μέρει την ασφάλεια και εν μέρει τη βέλτιστη λειτουργία και μακροζωία του συσσωρευτή και του συστήματος εν γένει.]

Στις ΗΠΑ, ένας αντίστοιχος Οδηγός καλών πρακτικών της Πολιτείας της Καλιφόρνιας [33] παραθέτει κατά κύριο λόγο ένα συνοπτικό κατάλογο των κυριότερων προτύπων που σχετίζονται με την ασφάλεια εγκατάστασης συστημάτων BESS, καθώς και παραπομπές σε διάφορες πηγές πληροφόρησης για σχετικά θέματα. Επίσης παραπέμπει στον αντίστοιχο Οδηγό της Κομητείας της Santa Clara, που παρέχει συνοπτικές πληροφορίες για τις απαιτήσεις εγκατάστασης [42], καθώς και για την απαραίτητη σήμανση [49].

2.4 Δραστηριότητες προτυποποίησης

2.4.1 Γενικές παρατηρήσεις σχετικά με την έκδοση/υιοθέτηση προτύπων

Οι κυριότεροι διεθνείς οργανισμοί που εκδίδουν πρότυπα είναι η Διεθνής Ηλεκτροτεχνική Επιτροπή (IEC) και ο Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης (ISO). Οι ευρωπαϊκοί οργανισμοί τυποποίησης είναι ο CEN για γενικά θέματα και ο CENELEC για ηλεκτρολογικά θέματα. Ιστορικά η κινητήρια δύναμη πίσω από την υιοθέτηση κοινών προτύπων στην Ευρωπαϊκή Ένωση (παλαιότερα Κοινότητα) ήταν η εναρμόνιση μεταξύ των εθνικών νομοθεσιών για την επίτευξη της ενιαίας αγοράς. Για το λόγο αυτό διαμορφώθηκαν τα εναρμονισμένα έγγραφα (Harmonized Documents, HD), τα οποία σταδιακά αντικαταστάθηκαν από ευρωπαϊκά πρότυπα (European Standards, γνωστά ως EN, όπου το N από το γαλλικό όρο norme ή το γερμανικό Norm).

Στις ΗΠΑ η σύνταξη και έκδοση των προτύπων γίνεται γενικά από διάφορους επί μέρους οργανισμούς (είτε μεγάλους: UL [95], IEEE [91], NFPA [74], ICC [76], ASME [83], είτε μικρότερους και πιο εξειδικευμένους π.χ. AWEA [80]). Κατόπιν διαβούλευσης από τα ενδιαφερόμενα μέρη (stakeholders), ορισμένα πρότυπα υιοθετούνται ως εθνικά (ANSI) [77] ενώ άλλα παραμένουν προαιρετικά - εθελοντικής εφαρμογής. Λόγω όμως του μεγέθους της αμερικανικής τεχνικής κοινότητας, η εθελοντική εφαρμογή ενός προτύπου από έναν ολόκληρο κλάδο του δίνει στην πράξη κυρίαρχη θέση στην αγορά.

Πολλά από τα διεθνή πρότυπα των IEC, ISO υιοθετούνται σταδιακά από διάφορες χώρες/περιοχές/οργανισμούς βάζοντας αντί ή επιπλέον του IEC, ISO το αντίστοιχο πρόθεμα, π.χ. EN για την Ευρώπη, AS/NZS για την Αυστραλία και Νέα Ζηλανδία αντίστοιχα, UL για τον αμερικανικό οργανισμό Underwriters Laboratories κ.ο.κ. Έτσι, πολλά από τα παλαιότερα ευρωπαϊκά πρότυπα κυρίως της σειράς EN 50000 έχουν αντικατασταθεί από τα αντίστοιχα πρότυπα της σειράς 60000 των IEC. Με τον τρόπο αυτό αποφεύγεται επανάληψη των ίδιων εργασιών και η δημιουργία αλληλο-επικαλυπτόμενων προτύπων για το ίδιο αντικείμενο, και σταδιακά ομογενοποιούνται οι απαιτήσεις.

Τα τελευταία χρόνια, λόγω των εξελίξεων στις τεχνολογίες των συσσωρευτών, αλλά και στην επέκταση των συστημάτων BESS, που περιγράφηκαν στο προηγούμενο Κεφάλαιο, σημειώνεται σημαντική δραστηριότητα από οργανισμούς και φορείς σχετικά με την εξέλιξη προτύπων και υιοθέτηση νέων ([28],[29],[30]). Το αμερικανικό Υπουργείο Ενέργειας (U.S. Department of Energy, DoE) συντονίζει και επιβλέπει τη δραστηριότητα αυτή μέσω των ερευνητικών εργαστηρίων (National Labs) [31], και έχει εκδώσει έναν Οδηγό συμμόρφωσης των ESS με τους Κώδικες και Πρότυπα Ασφάλειας [44]. Οι δραστηριότητες ορισμένων από αυτούς τους φορείς αναφέρονται παρακάτω, ενώ άλλες παρουσιάζονται πιο αναλυτικά σε επόμενα κεφάλαια και κυρίως στο 4.1.

2.4.2 Underwriters Laboratories (UL)

Σύμφωνα με άρθρο [32] που περιγράφει το ιστορικό της ενασχόλησης του αμερικανικού οργανισμού UL με την ασφάλεια συσσωρευτών, αυτή χρονολογείται ήδη από τη δεκαετία του 1970, με το πρότυπο [UL 1236](#) [Standard for Battery Chargers for Charging Engine-Starter Batteries] για φορτιστές, και στη συνέχεια στη δεκαετία του 1980 με το [UL 1642](#) [Standard for Lithium Batteries]. Το πρότυπο αυτό αρχικά αφορούσε μόνο πρωτογενείς συσσωρευτές λιθίου, στη συνέχεια συμπεριελήφθησαν απαιτήσεις για δευτερογενείς, συμπεριλαμβανομένων των ιόντων λιθίου, και σταδιακά εξελίχθηκε σε πρότυπο που αφορά μόνο φορητές (portable) κυψέλες λιθίου. Το πρότυπο [UL 2054](#) [Standard for Household and Commercial Batteries] αφορά επίσης φορητές συστοιχίες λιθίου/νικελίου, και κυψέλες νικελίου. Πιο πρόσφατα, κατά την τελευταία δεκαετία, λόγω της μεγάλης ανάπτυξης φορητών συσκευών και εργαλείων, αναπτύχθηκε το [UL 2575](#) [Standard for Lithium Ion Battery Systems for Use in Electric Power Tool and Motor Operated, Heating and Lighting Appliances], το οποίο όμως πολύ σύντομα αντικαταστάθηκε από το [UL 2595](#) [General Requirements for Battery-Powered Appliances]. Το πρότυπο αυτό ακολουθεί την προσέγγιση της «ασφάλειας συστήματος» (system safety), εξετάζοντας συνδυαστικά το συσσωρευτή, το φορτιστή και το τελικό προϊόν. [32]

Προχωρώντας στις εφαρμογές κινούμενων (motive) και σταθερών (stationary) συστημάτων αποθήκευσης, το 2009 εκδόθηκε από τη UL το [UL Subject 2580](#) [Batteries for Use in Electric Vehicles] για συσσωρευτές ηλεκτρικών οχημάτων (αυτοκινήτων), και λίγο αργότερα (2013) το [UL 2271](#) [Standard for Batteries for Use in Light Electric Vehicle (LEV) Applications], για συσσωρευτές ελαφρών ηλεκτρικών οχημάτων (ποδηλάτων κλπ.). Τα δύο αυτά πρότυπα δεν αφορούν συγκεκριμένη τεχνολογία συσσωρευτών, αλλά περιλαμβάνουν προβλέψεις και για συσσωρευτές ιόντων λιθίου. Επίσης, αναφέρονται στο σύστημα BMS και την ασφάλεια που πρέπει αυτό να παρέχει στους συσσωρευτές. Για τις σταθερές εφαρμογές, αναπτύχθηκε το [UL 1973](#) [Standard for Batteries for Use in Stationary, Vehicle Auxiliary Power and Light Electric Rail (LER) Applications], το οποίο (όπως έχει αναφερθεί και σε άλλα σημεία) αποτελεί σήμερα από τα πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα διεθνώς πρότυπα, όσον αφορά τους συσσωρευτές των BESS. Τέλος, το 2016 εκδόθηκε το πρότυπο [UL 9540](#) [Standard for Energy Storage Systems and Equipment], το οποίο προχωρώντας κατά ένα στάδιο ακόμα, αφορά όχι πλέον ξεχωριστά τους συσσωρευτές, αλλά το ίδιο το ολοκληρωμένο σύστημα BESS [32].

2.4.3 MESA Standards Alliance / SunSpec Alliance

Όπως έχει αναφερθεί στην παρ. 1.2.2, πολλά σύγχρονα συστήματα BESS κατασκευάζονται σε τμήματα (modules), τα οποία συνδέονται μεταξύ τους σε μια σπονδυλωτή αρχιτεκτονική (modular architecture). Για την ορθή και ασφαλή λειτουργία απαιτείται επικοινωνία τόσο μεταξύ των τμημάτων στο εσωτερικό του συστήματος, όσο και μεταξύ του συστήματος και του δικτύου. Η MESA Standards Alliance (MESA: Modular Energy Storage Architecture) είναι ένας φορέας στον οποίο συμμετέχουν βιομηχανίες του κλάδου, με σκοπό την ανάπτυξη ανοιχτών και μη ιδιόκτητων (non-proprietary) προδιαγραφών επικοινωνίας [34]. Είναι υπό ανάπτυξη δύο διαφορετικές προδιαγραφές (ή ομάδες προδιαγραφών), η [MESA-ESS](#) για την επικοινωνία των ESS με το δίκτυο και η [MESA-Device](#) για την επικοινωνία μεταξύ των υποσυστημάτων.

Προδιαγραφές όπως ή [MESA-ESS](#) για συστήματα επικοινωνίας είναι απαραίτητες καταρχήν σε συστήματα BESS κλίμακας δικτύου (utility scale), ώστε να επικοινωνούν με το κέντρο ελέγχου του δικτύου. Ενδιαφέρουν όμως και τα BESS καταναλωτών, στην προοπτική της διασύνδεσής τους με το δίκτυο. Το [MESA-ESS](#) αναφέρει ότι ενσωματώνει μεταξύ άλλων απαιτήσεις από το [IEEE 1547](#) [Standard for Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems], τους κανονισμούς της Πολιτείας της Καλιφόρνια ([Electrical Rule 21](#)) και τους ευρωπαϊκούς κανονισμούς για διασύνδεση διεσπαρμένων ενεργειακών πόρων (distributed energy resources, DER) του ENTSO-E (ΕΔΔΣΜ-ηλ). Από την πλευρά της ασφάλειας ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα ζητήματα της μετάδοσης σημάτων συναγερμού (παρ. 4.9: Συνάθροιση και προτεραιότητες σημάτων συναγερμού, alarm aggregation and priorities), καθώς και τα ζητήματα προτεραιοτήτων και συμβατότητας (παρ. 4.8: Προτεραιότητες τρόπων λειτουργίας, και παρ. 5.2: Συμβατότητα, συνύπαρξη και αμοιβαίος αποκλεισμός τρόπων λειτουργίας).

Η [MESA-Device](#) αποτελείται από τρεις υπο-προδιαγραφές, που αφορούν αντίστοιχα τα συστήματα μετατροπής ισχύος (power conversion systems, PCS), τα μέσα αποθήκευσης (συσσωρευτές κ.ά.) και τους μετρητές ισχύος (power meters). Βασίζεται σε προηγούμενο έργο της SunSpec Alliance, μιας συνεργασίας βιομηχανικών, ακαδημαϊκών και ερευνητικών φορέων στο αντικείμενο των ΦΒ. Τα μοντέλα αποθήκευσης της SunSpec Alliance είναι σε μεγάλο βαθμό συμβατά με το πρότυπο [IEC 61850-7-420](#) [Communication networks and systems for power utility automation - Basic communication structure - Distributed energy resources logical nodes]. Περιλαμβάνουν μοντέλα για συσσωρευτές ιόντων λιθίου, αλλά και για συσσωρευτές ροής. Όσον αφορά την ασφάλεια, τα μοντέλα αυτά υλοποιούν μεταξύ άλλων την μετάδοση σημάτων συναγερμού/προειδοποίησης (alarm/warning), και περιλαμβάνουν την κατάσταση φόρτισης των συσσωρευτών και τα άνω και κάτω όρια τάσης και ρεύματος. Τα όρια αυτά δεν αποτελούν αφεαυτού μηχανισμό προστασίας, καθώς η διάταξη προστασίας πρέπει να είναι μέρος του συσσωρευτή και δεν μπορεί να παρακαμφθεί από εντολές που λαμβάνονται από τον ελεγκτή ή τον αντιστροφέα. Όταν όμως το σύστημα ελέγχου γνωρίζει τα όρια ορθής λειτουργίας του συσσωρευτή, ρυθμίζει αντίστοιχα τις εντολές φόρτισης/εκφόρτισης έτσι ώστε οι μηχανισμοί προστασίας να μην χρειαστεί να ενεργοποιηθούν.

2.4.4 DNV GL

Ο ευρωπαϊκός οίκος DNV GL [86] (προέρχεται από συγχώνευση του νορβηγικού Det Norske Veritas, DNV και του γερμανικού Germanischer Lloyd, GL), σε συνεργασία με άλλους φορείς μέσω του προγράμματος GRIDSTOR, έχει εκδώσει τον οδηγό συνιστώμενων πρακτικών για την ασφάλεια, τη λειτουργία και την επίδοση συστημάτων ESS συνδεδεμένων στο δίκτυο [DNVGL-RP-0043](#) [Recommended practice: Safety, operation and performance of grid-connected energy storage systems]. Σε αυτόν τον Οδηγό, η Ενότητα 7 αναφέρεται στην ασφάλεια, και η Ενότητα 8 σε περιβαλλοντική ανάλυση. Ο οδηγός περιλαμβάνει γενικές προβλέψεις, καθώς και ειδικές για συγκεκριμένες τεχνολογίες συσσωρευτών (μολύβδου-οξέος, ιόντων λιθίου, ροής οξειδοαναγωγής) αλλά και άλλες τεχνολογίες αποθήκευσης.

2.4.5 FM Global

Ο ασφαλιστικός οργανισμός FM Global, ως μέρος της σειράς Property Loss Prevention Data Sheets (φύλλα δεδομένων για την πρόληψη απώλειας περιουσίας) [88], εξέδωσε το 2017 το Data Sheet [5-33](#) [Electrical Energy Storage Systems]. Παρά τη γενική ονομασία του, αναφέρεται αποκλειστικά σε συστήματα που χρησιμοποιούν συσσωρευτές ιόντων λιθίου, και απευθύνεται στους ειδικούς κινδύνους που αφορούν τέτοια συστήματα: θερμική φυγή και ηλεκτρική φωτιά. Το «φύλλο δεδομένων» αυτό δεν εμπλέκεται στο σχεδιασμό και την κατασκευή των συστημάτων, αλλά παρέχει γενικές οδηγίες ασφαλούς εγκατάστασης και συντήρησης. Περιέχει παραπομπές σε άλλα φύλλα δεδομένων της FM Global, καθώς και στον οδηγό [IEEE 1635](#) [Guide for the Ventilation and Thermal Management of Batteries for Stationary Applications]¹.

2.4.6 Telcordia

Ο αμερικανικός τηλεπικοινωνιακός οργανισμός Telcordia (πρώην Bellcore, και από το 2013 μέλος του πολυεθνικού ομίλου Ericsson), έχει ιστορικά εκδώσει τη σειρά γενικών απαιτήσεων (Generic Requirements, GR) και ειδικών αναφορών (Special Reports, SR) σχετικά με την κατασκευή και την εγκατάσταση τηλεπικοινωνιακού εξοπλισμού, συμπεριλαμβανομένου του απαραίτητου υποστηρικτικού εξοπλισμού. Σε αυτή τη σειρά περιλαμβάνονται και ορισμένα έγγραφα σχετικά με συσσωρευτές: [GR-3150-CORE](#) [Generic Requirements for Secondary Non-Aqueous Lithium Batteries], [GR-3020-CORE](#) [Nickel Cadmium Batteries in the Outside Plant], [GR-4228-CORE](#) [Valve-Regulated Lead-Acid (VRLA) Battery String Certification Levels Based on Requirements for Safety and Performance]. Τα έγγραφα αυτά περιλαμβάνουν, επιπλέον των θεμάτων λειτουργικότητας και επίδοσης, και θέματα ασφάλειας, συμβατότητας και περιβαλλοντικής επίδρασης, συμπεριλαμβανομένων σχετικών δοκιμών. Αναφέρονται καταρχήν σε συσσωρευτές που χρησιμοποιούνται για την υποστήριξη τηλεπικοινωνιακών εγκαταστάσεων.

¹ Ο οδηγός όμως αυτός αναφέρεται σε άλλους τύπους συσσωρευτών, και συγκεκριμένα μολύβδου-οξέος και νικελίου-καδμίου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΤΥΠΑ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ BESS

3.1 Γενική παρουσίαση

Το παρόν Κεφάλαιο βασίζεται στον **αυστραλιανό Οδηγό Βέλτιστων Πρακτικών για Εξοπλισμό Αποθήκευσης Συσσωρευτών (2018) [39]**, που καλύπτει εξοπλισμό λιθίου χωρητικότητας 1...200 kWh (επομένως καλύπτει εξοπλισμό που απευθύνεται τόσο σε μικρές κατοικίες όσο και σε σχετικά μεγαλύτερες εγκαταστάσεις). Ο Οδηγός αυτός αναπτύχθηκε από φορείς και οργανισμούς της βιομηχανίας που σχετίζεται με τις ΑΠΕ, και συστήνεται μεταξύ άλλων από το Γραφείο Ηλεκτρικής Ασφάλειας της Υπηρεσίας Υγείας & Ασφάλειας στην Εργασία της Πολιτείας του Queensland [35].

Ο Οδηγός αυτός [39] παρουσιάζει πινακοποιημένες τις απαιτήσεις όσον αφορά τον εξοπλισμό. Οι απαιτήσεις σε κάποιες περιπτώσεις είναι διακριτές ανάλογα με το αν πρόκειται για μονάδα (module) συσσωρευτή, προσυναρμολογημένο (pre-assembled) σύστημα συσσωρευτών (battery system, BS) ή για προσυναρμολογημένο, ολοκληρωμένο (integrated) BESS. Οι ορισμοί των ανωτέρω (από το [39]) είναι οι εξής:

Μονάδα (module) συσσωρευτή: Μία ή περισσότερες κυψέλες συνδεδεμένες μεταξύ τους. Μπορεί επίσης να έχει ενσωματωμένα ηλεκτρονικά για παρακολούθηση (monitoring), διαχείριση φόρτισης ή/και προστασία.

Οι μονάδες συσσωρευτών εγκαθιστώνται εντός προσυναρμολογημένων BS, ή προσυναρμολογημένων ολοκληρωμένων BESS, ή ως τμήμα διάταξης (configuration) κυρίου/υποτελούς (master/slave) τέτοιου εξοπλισμού.

Προσυναρμολογημένο σύστημα συσσωρευτών (pre-assembled BS): Σύστημα που περιλαμβάνει μία ή περισσότερες κυψέλες, μονάδες ή σύστημα συσσωρευτών, και βοηθητικό υποστηρικτικό εξοπλισμό, όπως σύστημα διαχείρισης συσσωρευτών (BMS), και προστατευτικές διατάξεις και οποιαδήποτε άλλα απαιτούμενα τμήματα όπως καθορίζονται από τον κατασκευαστή του εξοπλισμού. Δεν περιλαμβάνει εξοπλισμό μετατροπής ισχύος (Power Conversion Equipment, PCE). Τα προσυναρμολογημένα BS παραδίδονται σε ένα περίβλημα αποκλειστικής χρήσης (dedicated enclosure). Ο εξοπλισμός αποτελεί μία πλήρη συσκευασία που θα συνδεθεί σε ένα ζυγό DC ή στην είσοδο DC ενός PCE.

Προσυναρμολογημένο ολοκληρωμένο BESS: Ένα BESS που είναι κατασκευασμένο σαν πλήρης ολοκληρωμένη συσκευασία μαζί με το PCE. Περιλαμβάνει μία ή περισσότερες κυψέλες, μονάδες ή συστήματα συσσωρευτών, διατάξεις προστασίας, εξοπλισμό μετατροπής ισχύος και οποιαδήποτε άλλα απαιτούμενα τμήματα όπως καθορίζονται από τον κατασκευαστή του εξοπλισμού. Τα προσυναρμολογημένα ολοκληρωμένα BESS παραδίδονται σε ένα περίβλημα αποκλειστικής χρήσης. Ο εξοπλισμός αποτελεί μία πλήρη συσκευασία που έχει έξοδο AC για σύνδεση στην ηλεκτρική εγκατάσταση. [39]

Ανάλογα με το είδος της απαίτησης και του κινδύνου, ο Οδηγός παραπέμπει στις αντίστοιχες παραγράφους των ακόλουθων προτύπων:

A. Το πρότυπο [IEC 60950-1:2013](#) [39] [Information technology equipment. Safety. General requirements]. Το πρότυπο αυτό όμως έχει αντικατασταθεί από το νεότερο πρότυπο [IEC 62368-1](#) [Audio/video, information and communication technology equipment. Safety requirements], με τελευταία αναθεώρηση το 2017. Επομένως για κάθε παραπομπή του Οδηγού στο παλιό πρότυπο, αναζητήσαμε την αντιστοιχία με τις ενότητες και παραγράφους του νέου προτύπου. Ο πίνακας αντιστοίχισης παρατίθεται στο Παράρτημα Β.4 της εργασίας.

B. Το πρότυπο [UL 1973](#), έκδοση 1^η (2013) [Standard for Batteries for Use in Light Electric Rail (LER) Applications and Stationary Applications]. Όμως σήμερα υπάρχει η πιο πρόσφατη 2^η έκδοση, του 2018, οπότε μετονομάστηκε σε [Standard for Batteries for Use in Stationary, Vehicle Auxiliary Power and Light Electric Rail (LER) Applications]. Επομένως για κάθε παραπομπή του Οδηγού στο παλιό πρότυπο, αναζητήσαμε την αντιστοιχία με ενότητες και παραγράφους του νέου προτύπου, οι οποίες παρουσιάζονται και σχολιάζονται στο Παράρτημα Β.1 της εργασίας.

Γ. Το πρότυπο [IEC 62619:2017](#) [Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes. Safety requirements for secondary lithium cells and batteries, for use in industrial applications], το οποίο εξακολουθεί να ισχύει. Επομένως για κάθε παραπομπή του Οδηγού στο πρότυπο, αναζητήσαμε τις αντίστοιχες απαιτήσεις, οι οποίες καταγράφονται και σχολιάζονται στο Παράρτημα Β.2 της εργασίας.

Δ. Το πρότυπο [IEC 62040-1-1:2003\(R2016\)](#) [Uninterruptible power systems (UPS). General and safety requirements for UPS used in operator access areas]. Το πρότυπο αυτό όμως, έχει αντικατασταθεί διεθνώς από το νεότερο πρότυπο [IEC 62040-1](#) [Uninterruptible power systems (UPS). Safety requirements]. Επομένως για κάθε παραπομπή του Οδηγού στο παλιό πρότυπο, αναζητήσαμε τη νέα αντιστοιχία με το νέο πρότυπο. Ο πίνακας αντιστοίχισης παρατίθεται στο Παράρτημα Β.5 της εργασίας.

Ε. Το πρότυπο [IEC 60335-1:2012+A13:2017](#) [Household and similar electrical appliances. Safety. General requirements], το οποίο εξακολουθεί να ισχύει. Επομένως για κάθε παραπομπή του Οδηγού στο πρότυπο, αναζητήσαμε τις αντίστοιχες απαιτήσεις, οι οποίες καταγράφονται και σχολιάζονται στο Παράρτημα Β.3 της εργασίας.

Σημειώνουμε ότι παρόλο που ο Οδηγός εκδόθηκε στην Αυστραλία, τα πρότυπα εξοπλισμού που επικαλείται είναι αφενός το αμερικανικό UL [95], και αφετέρου τα διεθνή IEC [70], τα οποία έχουν υιοθετηθεί τόσο από την Αυστραλία ως AS (Australian Standards [78]) ή AS/NZS (Australian Standards/New Zealand Standards [78], [79]), όσο και από την Ευρωπαϊκή Ένωση ως EN και εν συνεχεία ως εθνικά πρότυπα από κράτη μέλη (π.χ. BS EN [71], ELOT EN [73]), (αλλά και από τις ΗΠΑ ως UL, τον Καναδά ως CSA κ.ά.).

Μελετώντας περισσότερο τα ανωτέρω πρότυπα, παρατηρούμε ότι τα [IEC 60950-1:2013](#) και [IEC 62368-1](#) είναι ιδιαίτερα γενικά, αλλά και αναλυτικά, και αναφέρονται σε μεγάλο εύρος ηλεκτρικού/ηλεκτρονικού εξοπλισμού. Τα πρότυπα [UL 1973](#) και [IEC 62619](#) αναφέρονται ειδικά στους συσσωρευτές. Το πρότυπο [IEC 60335-1](#) αναφέρεται σε ηλεκτρικές συσκευές που

χρησιμοποιούνται σε οικιακές εφαρμογές. Τα [IEC 62040-1-1](#) και [IEC 62040-1](#) αναφέρεται σε μια ειδική κατηγορία συστημάτων, τα UPS, τα οποία παρουσιάζουν πολλές ομοιότητες με τα BESS. Επομένως, συμπεραίνουμε ότι ο Οδηγός προσπαθεί να συνδυάσει προβλέψεις, συστάσεις και απαιτήσεις από διαφορετικά πρότυπα, ώστε να καλύψει συνολικά τις απαιτήσεις ασφάλειας των BESS για εφαρμογές καταναλωτών.

3.2 Ορισμοί, με βάση το πρότυπο UL 1973

Αρχικά υπενθυμίζουμε ορισμένους χρήσιμους Ορισμούς από το πρότυπο [UL 1973 \(2018\)](#).

- Εν. [6: Γλωσσάριο](#) {σελ. 247}.

3.3 Κατηγορίες κινδύνου και προβλέψεις για την αντιμετώπισή τους

Στη συνέχεια παραθέτουμε αναλυτικά τις κατηγορίες κινδύνου και τις προβλέψεις για την αντιμετώπισή τους, σύμφωνα με τον αυστραλιανό Οδηγό [39].

Κατηγορία 1: Αποφυγή πρόσβασης σε επικίνδυνα μέρη υπό τάση

Υποκατηγορίες:

Κίνδυνος ηλεκτροπληξίας από άμεση επαφή:

1,1 Με το προσωπικό εγκατάστασης

1,2 Με το χρήστη/ιδιοκτήτη

1,3 Με το προσωπικό συντήρησης

Ο στόχος είναι η αποφυγή της πρόσβασης σε επικίνδυνα μέρη κατά τη διάρκεια της εγκατάστασης, της κανονικής λειτουργίας και της συντήρησης, αντίστοιχα.

Οι **ελάχιστες απαιτήσεις** για την ικανοποίηση του στόχου είναι:

A) Για τις μονάδες συσσωρευτών

- Τα μέρη που είναι υπό τάση ή επικίνδυνα, μετά το σημείο/διάταξη απομόνωσης, δεν είναι προσβάσιμα χωρίς αφαίρεση των καλυμμάτων (covers). [Μόνο για **1,1**]

- Η μονάδα συσσωρευτή είναι «κατασκευή τύπου z» (type z construction) **για πρόσβαση** στο επίπεδο της κυψέλης. Δηλαδή, δεν μπορεί να υπάρξει πρόσβαση στις κυψέλες εάν δεν σπάσει ή καταστραφεί το περίβλημα που περιέχει τις κυψέλες, ή οι διατάξεις στερέωσης αυτού του περιβλήματος. [Για **1,1**, **1,2** και **1,3**]

- Η μονάδα συσσωρευτή είναι «κατασκευή τύπου z» **στο επίπεδο** της κυψέλης. [Για **1,2** και **1,3**]

B) Για τα προσυναρμολογημένα BS

Επιπλέον των παραπάνω απαιτήσεων (A):

- Οι ξεχωριστές περιοχές μπορούν να απομονωθούν όπως απαιτείται, πριν από την απομάκρυνση των καλυμμάτων (ακόμη και με εργαλείο) [Για **1,1** και **1,3**]

- Μετά την απομάκρυνση όλων των καλυμμάτων που δεν απαιτεί εργαλείο, να επιβεβαιωθεί ότι δεν υπάρχει πρόσβαση σε μέρη υπό τάση, δηλαδή να επιβεβαιωθεί η πρόσβαση με οποιαδήποτε διάταξη απομόνωσης σε οποιαδήποτε θέση, όταν ο οποιοσδήποτε βοηθητικός (ancillary) εξοπλισμός είναι συνδεδεμένος ή αποσυνδεδεμένος. Συνολικά δηλαδή, να ελεγχθούν οι

απαιτήσεις του βαθμού προστασίας IP2X για τα μέρη υπό τάση στις παραπάνω συνθήκες. [Για I,2]

Γ) Για τα προσυναρμολογημένα, ολοκληρωμένα BESS

Όμοιες με τις απαιτήσεις (B).

Οι αντίστοιχες **απαιτήσεις προτύπων** είναι:

A) Για τις μονάδες συσσωρευτών

Από το πρότυπο [IEC 60950-1](#)

- [Για I,1, I,2 και I,3] Οι παράγραφοι **2.1, 2.1.2** και **5.1**.

[2.1: Προστασία από ηλεκτροπληξία και κινδύνους ενέργειας](#) {σελ. 340}

[2.1.2: Προστασία σε περιοχές προσβάσιμες για συντήρηση](#) {σελ. 340}

[5.1: Ρεύμα επαφής και ρεύμα προστατευτικού αγωγού](#) {σελ. 343}

Από το πρότυπο [UL 1973](#)

- [Για I,1, I,2 και I,3] Η παράγραφος **5.3** του προτύπου **UL 1973**, έκδοση 1^η (2013) Η αντιστοιχία με την παράγραφο της νεότερης έκδοσης είναι η εξής:

Παρ. **5.3** (2013) → Παρ. [7.3 \(2018\): Περιβλήματα \(enclosures\)](#) {σελ. 252}

- [Για I,2 και I,3]: Πέρα από τη γενική αναφορά στην ανωτέρω παράγραφο [[7.3](#) του [UL 1973\(2018\)](#)], ζητείται ειδικά IP2X για το περίβλημα, και προφύλαξη (guarding) για ακούσια επαφή.

Από το πρότυπο [IEC 62619](#)

- [Για I,1, I,2 και I,3] Οι παράγραφοι **5.6** και **8.1** του [IEC 62619\(2017\)](#)

Παρ. [5.6: Συναρμολόγηση κυψελών, μονάδων \(modules\) ή συστοιχιών \(racks\) συσσωρευτών σε συστήματα συσσωρευτών](#) {σελ. 293}

Παρ. [8.1: Γενικές απαιτήσεις](#) {σελ. 300} [Τμήμα της Ενότητας 8: Ασφάλεια συστήματος συσσωρευτών (λαμβάνοντας υπόψη τη λειτουργική ασφάλεια)]

Από το πρότυπο [IEC 62040-1-1](#)

- Παρ. **5.1** [για I,1, I,2 και I,3], **5.1.1** [για I,2] και **5.7.2** [για I,1 και I,3] του προτύπου [IEC 62040-1-1:2003\(R2016\)](#)

[5.1: Προστασία ενάντια στην ηλεκτροπληξία και τους κινδύνους ενέργειας](#) {σελ. 344}

[5.1.1: Πρόσβαση χειριστή](#) {σελ. 344}

[5.7.2: Προστασία προσώπων που εκτελούν συντήρηση](#) {σελ. 345}

B) Για τα προσυναρμολογημένα BS

Ομοίως με το (A), όμως ειδικά η παρ. 5.6 του [IEC 62619](#) καλύπτει μόνο μερικώς τις απαιτήσεις, καθώς περιλαμβάνει μόνο τις περιεχόμενες μονάδες συσσωρευτών και όχι ολόκληρα τα προσυναρμολογημένα συστήματα.

Γ) Για τα προσυναρμολογημένα ολοκληρωμένα BESS

Ομοίως με το (B).

1,4 Απομόνωση εξοπλισμού:

Στόχος είναι οι επαρκείς μέθοδοι απομόνωσης για συντήρηση (maintenance), επισκευή (repair), αντιμετώπιση διακοπών (outages).

Οι **ελάχιστες απαιτήσεις** για την ικανοποίηση του στόχου είναι:

A) Για τις μονάδες συσσωρευτών

Δεν εφαρμόζεται.

B) Για τα προσυναρμολογημένα BS:

Κατάλληλος απομονωτής (isolator) ΣΡ (DC)

Γ) Για τα προσυναρμολογημένα ολοκληρωμένα BESS

- Κατάλληλος απομονωτής ΕΡ (AC) για συστήματα/θύρα (port) ΕΡ
- Κατάλληλος απομονωτής ΣΡ για συστήματα/θύρες (port) ΣΡ
- Κάθε θύρα σύνδεσης ισχύος του εξοπλισμού να διαθέτει κατάλληλη διάταξη απομόνωσης (με την εξαίρεση θυρών επικοινωνίας (comms) / DRED [διάταξη ενεργοποίησης απόκρισης ζήτησης, Demand Response Enabling Device] / LAN [τοπικό δίκτυο, Local Area Network] που λειτουργούν ένα κύκλωμα SELV / χαμηλής ισχύος).

Οι αντίστοιχες **απαιτήσεις προτύπων** είναι:

A) Για τις μονάδες συσσωρευτών

Δεν εφαρμόζεται.

B) Για τα προσυναρμολογημένα BS:

Από το πρότυπο [IEC 60950-1 \(2013\)](#)

- Παρ. **2.8:** (αλληλομανδάλωση (interlock) ασφαλείας), και παρ. **3.4.**

[2.8: Αλληλομανδαλώσεις ασφαλείας](#) {σελ. 341}

[3.4: Αποσύνδεση από την κύρια τροφοδοσία](#) {σελ. 342}

Από το πρότυπο [UL 1973 \(2013\)](#)

- Παρ. **5.8.1.3** και **5.8.1.4.**

Παρ. **5.8.1.3-4** (2013) → Παρ. [7.8.1.3-4 \(2018\)](#) {σελ. 260}

(Μέρος της παρ. [7.8 Προστατευτικό κύκλωμα και διατάξεις ελέγχου](#))

Από το πρότυπο [IEC 62040-1-1 \(2003\)](#)

- Παρ. [5.5: Απομόνωση ισχύος ΣΡ και ΕΡ](#) {σελ. 345}

Γ) Για τα προσυναρμολογημένα ολοκληρωμένα BESS

Ομοίως με το (B).

1,5 Απομόνωση πηγών ενέργειας εντός του εξοπλισμού

Στόχος είναι η αποτροπή πρόσβασης στην πηγή ενέργειας, η οποία θα μπορούσε να προκαλέσει ηλεκτρικό τόξο (arc flash) / ηλεκτροπληξία (electric shock) / κίνδυνο φωτιάς.

Οι **ελάχιστες απαιτήσεις** για την ικανοποίηση του στόχου είναι:

A) Για τις μονάδες συσσωρευτών

- Η απομόνωση των μονάδων συσσωρευτών εντός του εξοπλισμού (δηλ. οι συσσωρευτές να απομονώνονται από άλλα εξαρτήματα), εάν υπάρχει η δυνατότητα ανοίγματος των μονάδων κατά το άνοιγμα του εξοπλισμού για συντήρηση/επισκευή.

- Η μονάδα συσσωρευτή είναι «κατασκευή τύπου Z» για πρόσβαση στο επίπεδο της κυψέλης. [βλ. παραπάνω].

B) Για τα προσυναρμολογημένα BS:

Όπως το (A), επιπλέον (ή εναλλακτικά)

- Η μονάδα συσσωρευτή είναι ένα μη συντηρήσιμο (non serviceable) / μη προσβάσιμο τμήμα, που μπορεί να απομονωθεί – παρόμοιο με τις απαιτήσεις του Τύπου Z στην παρ. [3.2.6](#) {σελ. 309} του [IEC 60335-1](#)

Γ) Για τα προσυναρμολογημένα ολοκληρωμένα BESS

- Όπως το (A).

Οι αντίστοιχες **απαιτήσεις προτύπων** είναι:

A) Για τις μονάδες συσσωρευτών

Από το πρότυπο [IEC 60950-1 \(2013\)](#)

- [2.8: Αλληλομανδαλώσεις ασφαλείας](#) {σελ. 341}

Από το πρότυπο [UL 1973 \(2013\)](#)

- Καλύπτεται εν μέρει από τις παρ. 5.8.1.3 και 5.8.1.4 → [7.8.1.3-4 \(2018\)](#) {σελ. 260}.

Από το πρότυπο [IEC 62619 \(2017\)](#)

- Καλύπτεται εν μέρει από τις παρ. [5.6](#) {σελ. 293} και [8.1](#) {σελ. 300}, μόνο όσον αφορά τις μονάδες συσσωρευτή εντός του εξοπλισμού.

Από το πρότυπο [IEC 62040-1-1 \(2003\)](#)

- Καλύπτεται εν μέρει από τις παρ. 5.1, και 5.7.2 για προστασία προσωπικού συντήρησης.

Παρ. [5.1: Προστασία ενάντια στην ηλεκτροπληξία και τους κινδύνους ενέργειας](#) {σελ. 344}

Παρ. [5.7.2: Προστασία προσώπων που εκτελούν συντήρηση](#) {σελ. 345}

Από το πρότυπο [IEC 60335-1 \(2017\)](#)

- Καλύπτεται εν μέρει από την παρ. [3.2.6](#) (απαιτήσεις Τύπου Z) {σελ. 309}

B) Για τα προσυναρμολογημένα BS:

Ομοίως με (A). Ειδικά για το [IEC 62040-1-1](#), έχει εφαρμογή και η παραπομπή στο [IEC 60950-1](#).

Γ) Για τα προσυναρμολογημένα ολοκληρωμένα BESS

Όπως το (A).

I,6 Μονωτικές ιδιότητες – προστασία από ηλεκτρικούς κινδύνους

Στόχος είναι η προστασία από ζημιά (damage) που οδηγεί σε πρόσβαση σε μέρη υπό τάση (ηλεκτρομονωτικές ιδιότητες).

Οι **ελάχιστες απαιτήσεις** για την ικανοποίηση του στόχου είναι:

A) Για τις μονάδες συσσωρευτών

- Το μονωτικό υλικό να περάσει τις δοκιμές ηλεκτρικής αντοχής (electric strength) / αντίστασης μόνωσης (insulation resistance) που είναι κατάλληλες για το σχετικό επίπεδο τάσης.

B) Για τα προσυναρμολογημένα BS

- Ομοίως με (A)

Γ) Για τα προσυναρμολογημένα ολοκληρωμένα BESS

- Ομοίως με (A) και (B)

Οι αντίστοιχες **απαιτήσεις προτύπων** είναι:

A) Για τις μονάδες συσσωρευτών

Από το πρότυπο [IEC 60950-1 \(2013\)](#)

- Παρ. [5.2: Ηλεκτρική αντοχή](#) {σελ. 343}

Από το πρότυπο [UL 1973 \(2013\)](#)

- Παρ. 5.1.3 και 5.1.5 (2013) → Παρ. [7.1.3](#), [7.1.5](#) (2018) {σελ. 252, 252}

(Μέρος της παρ. 7.1 Μη μεταλλικά υλικά)

Από το πρότυπο [IEC 62040-1-1 \(2003\)](#)

- Παρ. [8.2: Ηλεκτρική αντοχή](#) {σελ. 346}

B) Για τα προσυναρμολογημένα BS

- Ομοίως με (A)

Γ) Για τα προσυναρμολογημένα ολοκληρωμένα BESS

- Ομοίως με (A) και (B)

I,7 Μονωτικές ιδιότητες – προστασία από μηχανικούς κινδύνους

Στόχος είναι η προστασία από ζημιά (damage) που οδηγεί σε πρόσβαση σε μέρη υπό τάση, και συγκεκριμένα κατά τη σύνθλιψη (crush), πτώση (drop), πρόσκρουση (impact).

Η σειρά [IEC 60068](#) [Environmental testing] περιλαμβάνει δοκιμές, αλλά πρέπει να καθοριστούν οι συνθήκες.

Οι **ελάχιστες απαιτήσεις** για την ικανοποίηση του στόχου είναι:

A) Για τις μονάδες συσσωρευτών

Δοκιμές σύνθλιψης, πτώσης κ.ά. για τις ξεχωριστές ή τις αφαιρούμενες μονάδες, που δοκιμάζονται εντός και εκτός του εξοπλισμού.

B) Για τα προσυναρμολογημένα BS

Δοκιμή σύνθλιψης, πτώσης και πρόσκρουσης.

Γ) Για τα προσυναρμολογημένα ολοκληρωμένα BESS

Ομοίως με (B).

Οι αντίστοιχες **απαιτήσεις των προτύπων** είναι:

A) Για τις μονάδες συσσωρευτών

Από το πρότυπο [IEC 60950-1 \(2013\)](#)

- Παρ. [4.2: Μηχανική αντοχή](#) {σελ. 342}

Από το πρότυπο [UL 1973 \(2013\)](#)

- Παρ. 5.3 (απαιτήσεις περιβλήματος), Ενότητες 23...30: δοκιμές δόνησης (vibration), κρούσης (shock), σύνθλιψης (crush), στατικής δύναμης (static force), πρόσκρουσης (impact),

πρόσκρουσης από πτώση (drop impact), στήριξης σε τοίχο (wall mount), τάσης καλουπιού (mould stress στον αυστραλιανό οδηγό, mold stress στο αμερικανικό πρότυπο).

Παρ. **5.3** (2013)→ Παρ. **7.3** (2018): [Περιβλήματα](#) {σελ. 252}

Εν. **23** (2013)→Εν. **25** (2018): [Δοκιμή δόνησης \(εφαρμογές κίνησης LER\)](#) {σελ. 273}

Εν. **24** (2013)→Εν. **26** (2018): [Δοκιμή κρούσης \(εφαρμογές κίνησης LER\)](#) {σελ. 273}

Εν. **25** (2013)→Εν. **27** (2018): [Δοκιμή σύνθλιψης \(εφαρμογές κίνησης LER\)](#) {σελ. 273}

[Παρατήρηση: Σύμφωνα με την πιο πρόσφατη έκδοση του προτύπου, οι ανωτέρω τρεις δοκιμές είναι απαραίτητες μόνο για συστήματα συσσωρευτών που προορίζονται για LER. Επομένως είναι απαραίτητες ώστε ένα σύστημα να «βρίσκεται σε εγκεκριμένο κατάλογο» για εφαρμογές LER σύμφωνα με το πρότυπο [UL 1973\(2018\)](#), όχι όμως και για να βρίσκεται στον αντίστοιχο εγκεκριμένο κατάλογο, σύμφωνα με το ίδιο πρότυπο, για εφαρμογές οικιακών/βιομηχανικών (αλλά πάντως σταθερών) BESS.]

Εν. **26** (2013)→Εν. **28** (2018): [Δοκιμή στατικής δύναμης](#) {σελ. 273}

Εν. **27** (2013)→Εν. **29** (2018): [Δοκιμή πρόσκρουσης](#) {σελ. 274}

Εν. **28** (2013)→Εν. **30** (2018): [Δοκιμή πρόσκρουσης πτώσης](#) {σελ. 275}

Εν. **29** (2013)→Εν. **31** (2018): [Δοκιμή χειρολαβής/διάταξης στερέωσης σε τοίχο](#) {σελ. 276}

Εν. **30** (2013)→Εν. **32** (2018): [Δοκιμή τάσης καλουπιού](#) {σελ. 277}

Από το πρότυπο [IEC 62619 \(2017\)](#)

- Καλύπτεται εν μέρει από την παρ. **5.2**: [Μόνωση και καλωδίωση](#) {σελ. 293}

Από το πρότυπο [IEC 62040-1-1 \(2003\)](#)

- Παρ. **7.3**: [Μηχανική αντοχή](#) {σελ. 345}

B) Για τα προσυναρμολογημένα BS:

Ομοίως με (A), πλην της παρ. **5.2** του [IEC 62619 \(2017\)](#).

Γ) Για τα προσυναρμολογημένα ολοκληρωμένα BESS

Ομοίως με (B).

1,8 Μονωτικές ιδιότητες – προστασία από χημικούς κινδύνους

Στόχος είναι η προστασία από ζημιά (damage) που οδηγεί σε πρόσβαση σε μέρη υπό τάση.

Οι **ελάχιστες απαιτήσεις** για την ικανοποίηση του στόχου είναι:

A) Για τις μονάδες συσσωρευτών

Εάν είναι εφαρμόσιμο:

- Τα υλικά που περιέχουν (contain) τη χημική ουσία είναι κατάλληλα.

- Η διαρροή (spillage) χημικής ουσίας κατευθύνεται μακριά από υλικά που θα μπορούσαν να επηρεαστούν από αυτή την ουσία (π.χ. 3011 [τύπος κράματος αλουμινίου])

- Διαρροές από τον περιέκτη / σωλήνες / αγωγούς (tubes / pipes)

B) Για τα προσυναρμολογημένα BS

Ομοίως με (A)

Γ) Για τα προσυναρμολογημένα ολοκληρωμένα BESS

Ομοίως με (A) και (B).

Οι αντίστοιχες **απαιτήσεις των προτύπων** είναι:

A) Για τις μονάδες συσσωρευτών

Από το πρότυπο [IEC 60950-1 \(2013\)](#)

- Παρ. **0.2.7** και **4.3.8**.

Παρ. [0.2.7: Χημικοί κίνδυνοι](#) {σελ. 340}

Παρ. [4.3.8: Συσσωρευτές](#) {σελ. 342}

Από το πρότυπο [UL 1973 \(2013\)](#)

- Παρ. **5.10** (συγκράτηση ηλεκτρολύτη, και τμήματα που υπόκεινται σε πίεση)

Παρ. **5.10** (2013) → Παρ. [7.10 \(2018\)](#) {σελ. 262}

Από το πρότυπο [IEC 62619 \(2017\)](#)

- Παρ. [5.6](#) {σελ. 293} και [8.1](#) {σελ. 300}

Από το πρότυπο [IEC 62040-1-1 \(2003\)](#)

- Παρ. [4.5.20: Συσσωρευτής](#) {σελ. 344}

B) Για τα προσυναρμολογημένα BS:

Ομοίως με (A), αλλά μόνο μερική κάλυψη (όσον αφορά τους συσσωρευτές).

Επιπλέον:

Από το πρότυπο [IEC 60950-1 \(2013\)](#)

- Παρ. 2.6.5.6 (για διάβρωση).

Παρ. [2.6.5.6: Αντίσταση στη διάβρωση](#) {σελ. 341}

Γ) Για τα προσυναρμολογημένα ολοκληρωμένα BESS

Ομοίως με (B).

Αποστάσεις

1,9 Ερπυσμός (creepage) και αποστάσεις διακένου (clearance)

1,10 Αποστάσεις μέσω της μόνωσης

Στόχος είναι να αποφευχθούν ηλεκτρικοί κίνδυνοι από ερπυσμό ή ηλεκτρικό τόξο.

Οι ελάχιστες απαιτήσεις για την επίτευξη του στόχου είναι:

A) Για τις μονάδες συσσωρευτών

Να υπάρχουν επαρκείς αποστάσεις:

- μεταξύ των μερών υπό τάση

- μεταξύ μερών υπό τάση και γης

- μεταξύ μερών υπό τάση και προσβάσιμων μεταλλικών τμημάτων / Πρότυπου Δακτύλου Δοκιμής (Standard Test Finger)

B) Για τα προσυναρμολογημένα BS

Ομοίως με (A)

Γ) Για τα προσυναρμολογημένα ολοκληρωμένα BESS

Ομοίως με (A) και (B).

Οι αντίστοιχες **απαιτήσεις των προτύπων** είναι:

A) Για τις μονάδες συσσωρευτών

Από το πρότυπο [IEC 60950-1 \(2013\)](#)

- [Για **1.9**] Παρ. 2.10

- [Για **1.10**] Παρ. 2.10.5

Παρ. **2.10**: [Διάκενα, αποστάσεις ερπυσμού και αποστάσεις διαμέσου μόνωσης](#) {σελ. 341}

Παρ. **2.10.5**: [Στερεή μόνωση](#) {σελ. 341}

Από το πρότυπο [UL 1973 \(2013\)](#)

- Παρ. **5.5** (2013)→Παρ. **7.5** (2018): [Διαστήματα και διαχωρισμός κυκλωμάτων](#) {σελ. 255}

Από το πρότυπο [IEC 62619 \(2017\)](#)

- Καλύπτεται εν μέρει – για την καλωδίωση – από την παρ. **5.2** {σελ. 293}

Από το πρότυπο [IEC 62040-1-1 \(2003\)](#)

- Παρ. **5.8** ([Διάκενα, απόσταση ερπυσμού και αποστάσεις μέσω μόνωσης](#)) {σελ. 345}

B) Για τα προσυναρμολογημένα BS:

Ομοίως με (A).

Γ) Για τα προσυναρμολογημένα ολοκληρωμένα BESS

Ομοίως με (A) και (B).

1,11 Διάδοση (tracking)

Στόχος είναι να αποφευχθούν φαινόμενα διάδοσης (όπως π.χ. ηλεκτρικοί δενδρίτες) μεταξύ μερών υπό τάση, ή από μέρη υπό τάση προς γη. Λαμβάνονται υπόψη παράγοντες όπως διείδυση ρύπανσης (pollution ingress), επιμόλυνση (contamination) και διείδυση ζωοφίων (vermin).

Ελάχιστες απαιτήσεις για την επίτευξη του στόχου:

Δεν έχουν καθορισθεί επιπλέον κριτήρια, πέρα από όσα αξιολογούνται στα πλαίσια άλλων κινδύνων. Μπορεί να είναι θέμα προς περαιτέρω μελέτη/διευκρίνιση.

Απαιτήσεις προτύπων: δεν υπάρχουν εξειδικευμένες απαιτήσεις, το ζήτημα καλύπτεται κατά περίπτωση από διάφορες παραγράφους.

1,12 Γείωση (earthing)

Στόχος είναι να εξασφαλιστεί η σωστή γείωση του συστήματος και να αποφευχθούν οι κίνδυνοι που σχετίζονται με την έλλειψη ή ανεπάρκεια αυτής.

Παρατήρηση: Οι όροι earthing και grounding χρησιμοποιούνται στις περισσότερες περιπτώσεις χωρίς διάκριση, όμως όταν διακρίνονται, ο πρώτος όρος δίνει έμφαση στη φυσική σύνδεση του ηλεκτροδίου με το έδαφος (γη), ενώ ο δεύτερος δίνει έμφαση στο δυναμικό ίσο με το μηδέν (δυναμικό γης). Θα χρησιμοποιούμε και για τους δύο τον όρο γείωση, που εφόσον απαιτείται θα συνοδεύεται από προσδιορισμό, π.χ. γείωση προστασίας ή λειτουργίας.

Ελάχιστες απαιτήσεις για την επίτευξη του στόχου:

A) Για τις μονάδες συσσωρευτών

Να καθορισθεί εάν απαιτείται γείωση.

Να προσδιοριστούν τα μέρη που πρέπει να γειωθούν.

Να εξασφαλιστεί ότι τα μέρη αυτά έχουν γειωθεί επαρκώς.

B) Για τα προσυναρμολογημένα BS

Ομοίως με (A)

Γ) Για τα προσυναρμολογημένα ολοκληρωμένα BESS

Ομοίως με (A) και (B).

Οι αντίστοιχες **απαιτήσεις των προτύπων** είναι:

A) Για τις μονάδες συσσωρευτών

Από το πρότυπο [IEC 60950-1 \(2013\)](#)

- Παρ. 2.6 και διάφορες σχετικές αναφορές σε άλλες παραγράφους.

Παρ. [2.6: Προβλέψεις για γείωση και συγκόλληση](#) {σελ. 341 }

Από το πρότυπο [UL 1973 \(2013\)](#)

- Εν. **19** (γείωση, earthing) και παρ. **5.6** (προστατευτική γείωση, protective grounding)

Παρ. **5.6** (2013)→Παρ. [7.6 \(2018\): Επίπεδα μόνωσης, προστατευτική γείωση και συγκόλληση](#) {σελ. 257 }

Εν. **19** (2013)→Εν. [21 \(2018\): Δοκιμή συνέχειας](#) {σελ. 271 }

Από το πρότυπο [IEC 62040-1-1 \(2003\)](#)

- Παρ. [5.4 \(Προβλέψεις για προστατευτική γείωση\)](#) {σελ. 345 }

B) Για τα προσυναρμολογημένα BS:

Ομοίως με (A).

Γ) Για τα προσυναρμολογημένα ολοκληρωμένα BESS

Ομοίως με (A) και (B).

1,13 Διπλή (double) / Ενισχυμένη (reinforced) μόνωση

Στόχος είναι να εξασφαλιστεί η σωστή εφαρμογή, όπου χρειάζεται, της διπλής/ενισχυμένης μόνωσης, και να αποφευχθούν οι κίνδυνοι που σχετίζονται με την έλλειψη ή ανεπάρκεια αυτής.

Ελάχιστες απαιτήσεις για την επίτευξη του στόχου:

A) Για τις μονάδες συσσωρευτών

Να καθορισθεί εάν απαιτείται.

Να προσδιοριστούν τα μέρη που απαιτείται να έχουν διπλή ή ενισχυμένη μόνωση.

Να εξασφαλιστεί ότι η διπλή/ενισχυμένη μόνωση στα μέρη αυτά είναι επαρκής και σωστή.

B) Για τα προσυναρμολογημένα BS

Ομοίως με (A).

Γ) Για τα προσυναρμολογημένα ολοκληρωμένα BESS

Ομοίως με (A) και (B).

Οι αντίστοιχες **απαιτήσεις των προτύπων** είναι:

A) Για τις μονάδες συσσωρευτών

Από το πρότυπο [IEC 60950-1 \(2013\)](#)

- Παρ. 2.9.3 και 2.9.4.

Παρ. [2.9.3: Βαθμός μόνωσης](#) {σελ. 341}

Παρ. [2.9.4: Διαχωρισμός από επικίνδυνες τάσεις](#) {σελ. 341}

Από το πρότυπο [UL 1973 \(2013\)](#)

- Παρ. 5.6 (2013)→ Παρ. [7.6 \(2018\): Επίπεδα μόνωσης, προστατευτική γείωση και συγκόλληση](#) {σελ. 257}

Από το πρότυπο [IEC 62619 \(2017\)](#)

- Καλύπτεται εν μέρει από την παρ. [5.2](#) {σελ. 293}

Από το πρότυπο [IEC 62040-1-1 \(2003\)](#)

- Παρ. 5.4.1 (πρόβλεψη γείωσης: εξαίρεση από ανάγκη γείωσης εάν η μόνωση ικανοποιεί τις απαιτήσεις διπλής/ενισχυμένης μόνωσης)

Παρ. [5.4.1: Προστατευτική γείωση](#) {σελ. 345}

B) Για τα προσυναρμολογημένα BS:

Ομοίως με (A).

Γ) Για τα προσυναρμολογημένα ολοκληρωμένα BESS

Ομοίως με (A) και (B).

I,14 Ρεύμα διαρροής (leakage current)

Στόχος είναι να αποφευχθούν οι πιθανοί κίνδυνοι που σχετίζονται με τα ρεύματα διαρροής.

Ελάχιστες απαιτήσεις για την επίτευξη του στόχου:

A) Για τις μονάδες συσσωρευτών

Να παραμένει το ρεύμα διαρροής εντός ορίων

- στη θερμοκρασία περιβάλλοντος, και

- στις θερμοκρασίες κανονικής λειτουργίας.

B) Για τα προσυναρμολογημένα BS

Ομοίως με (A)

Γ) Για τα προσυναρμολογημένα ολοκληρωμένα BESS

Ομοίως με (A) και (B).

Οι αντίστοιχες **απαιτήσεις των προτύπων** είναι:

A) Για τις μονάδες συσσωρευτών

Από το πρότυπο [IEC 60950-1 \(2013\)](#)

- Παρ. 5.1: ρεύμα επαφής (touch current)

Παρ. [5.1: Ρεύμα επαφής και ρεύμα προστατευτικού αγωγού](#) {σελ. 343}

Από το πρότυπο [UL 1973 \(2013\)](#)

- Παρ. 22.3 (2013)→ Παρ. [24.3 \(2018\): Ρεύμα διαρροής](#) {σελ. 272}

Από το πρότυπο [IEC 62040-1-1 \(2003\)](#)

- Παρ. [8.1.1: Ρεύμα διαρροής προς γη](#) {σελ. 346}

B) Για τα προσυναρμολογημένα BS:

Ομοίως με (A).

Γ) Για τα προσυναρμολογημένα ολοκληρωμένα BESS

Ομοίως με (A) και (B).

I,15 Διαχωρισμός (segregation) μεταξύ άλλων συστημάτων / κυκλωμάτων

Στόχος είναι να μην μεταδίδονται οι ηλεκτρικοί κίνδυνοι ενός κυκλώματος σε άλλα κυκλώματα (τυπικά χαμηλότερης τάσης ή/και ισχύος, και επομένως με χαμηλότερα επίπεδα μόνωσης ή άλλης προστασίας).

Ελάχιστες απαιτήσεις για την επίτευξη του στόχου:

A) Για τις μονάδες συσσωρευτών

Να είναι επαρκώς διαχωρισμένα μεταξύ τους τα κυκλώματα διαφορετικού επιπέδου τάσης, και τα διαφορετικά συστήματα (π.χ. κυκλώματα συναγερμού (alarm), προσβάσιμες έξοδοι επικοινωνιών ή δεδομένων κλπ.)

B) Για τα προσυναρμολογημένα BS

Ομοίως με (A).

Γ) Για τα προσυναρμολογημένα ολοκληρωμένα BESS

Ομοίως με (A) και (B).

Οι αντίστοιχες **απαιτήσεις των προτύπων** είναι:

A) Για τις μονάδες συσσωρευτών

Από το πρότυπο [IEC 60950-1 \(2013\)](#)

- Παρ. 2.9.3, 2.9.4, 2.4.1, 2.4.3, 2.2.

Παρ. [2.2: Κυκλώματα SELV](#) {σελ. 340}

Παρ. [2.4.1: Γενικές απαιτήσεις](#) [για κυκλώματα περιορισμένου ρεύματος] {σελ. 341}

Παρ. [2.4.3: Σύνδεση κυκλωμάτων περιορισμένου ρεύματος σε άλλα κυκλώματα](#) {σελ. 341}

Παρ. [2.9.3: Βαθμός μόνωσης](#) {σελ. 341}

Παρ. [2.9.4: Διαχωρισμός από επικίνδυνες τάσεις](#) {σελ. 341}

Από το πρότυπο [UL 1973 \(2013\)](#)

- Παρ. [5.5 \(2013\)](#) → Παρ. [7.3 \(2018\): Περιβλήματα](#) {σελ. 252}

Από το πρότυπο [IEC 62619 \(2017\)](#)

- Καλύπτεται εν μέρει από την παρ. [5.2](#) {σελ. 293}

Από το πρότυπο [IEC 62040-1-1 \(2003\)](#)

- Παρ. [5.2 \(μόνωση\)](#) {σελ. 345}

B) Για τα προσυναρμολογημένα BS:

Ομοίως με (A).

Γ) Για τα προσυναρμολογημένα ολοκληρωμένα BESS

Ομοίως με (A) και (B).

Τέλος Κατηγορίας 1: Αποφυγή πρόσβασης σε επικίνδυνα μέρη υπό τάση

Κατηγορία 2: Κανονική λειτουργία

Υποκατηγορίες:

2,1 Θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια κανονικής λειτουργίας

Ο στόχος είναι η αποτροπή των υπερβολικών θερμοκρασιών κατά τη διάρκεια της κανονικής λειτουργίας.

Οι **ελάχιστες απαιτήσεις** για την ικανοποίηση του στόχου είναι:

A) Για τις μονάδες συσσωρευτών

Να εξασφαλιστεί ότι κανένα μέρος (part) / εξάρτημα (component) / σύνδεση (connection) κλπ.:

- δεν υπερβαίνει τη θερμοκρασία κανονικής λειτουργίας του,
- δεν υφίσταται αποδόμηση (degradation) των υλικών,
- δεν προκαλεί έκθεση μερών υπό τάση, και
- δεν οδηγεί σε κίνδυνο φωτιάς

σε όλες τις καθορισμένες θερμοκρασίες περιβάλλοντος (ambient), όταν εγκαθίσταται σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.

Η εγκατάσταση θα είναι σε εσωτερικό χώρο, ή υπαίθρια σε σκιασμένη θέση. Η θερμοκρασία περιβάλλοντος θα θεωρείται έως 40°C, και υπαίθρια σε έκθεση στον ήλιο 60°C.

B) Για τα προσυναρμολογημένα BS:

Ομοίως με (A).

Γ) Για τα προσυναρμολογημένα ολοκληρωμένα BESS

Ομοίως με (A) και (B).

Οι αντίστοιχες **απαιτήσεις των προτύπων** είναι:

A) Για τις μονάδες συσσωρευτών

Από το πρότυπο [IEC 60950-1 \(2013\)](#)

- Παρ. 4.5, και διάφορες άλλες αναφορές μέσα στο πρότυπο.

Παρ. [4.5: Θερμικές απαιτήσεις](#) {σελ. 342}

Από το πρότυπο [UL 1973 \(2013\)](#)

- Παρ. [5.8](#) για γενικές απαιτήσεις λειτουργίας

- Παρ. [5.9](#) για απαιτήσεις διαχείρισης θερμότητας (thermal management)

Παρ. [5.8 \(2013\)](#)→Παρ. [7.8 \(2018\): Προστατευτικό κύκλωμα και διατάξεις ελέγχου](#) {σελ. 259}

Παρ. [5.9 \(2013\)](#)→Παρ. [7.9 \(2018\): Σύστημα ψύξης/θερμικής διαχείρισης](#) {σελ. 261}

Από το πρότυπο [IEC 62619 \(2017\)](#)

- Παρ. [7.2.4, 8.1, 8.2](#), Παράρτημα [A](#).

Παρ. [7.2.4: Δοκιμή θερμικής κατάχρησης σε κυψέλη ή ομάδα κυψελών](#) {σελ. 297}

Παρ. [8.1: Γενικές απαιτήσεις \(ασφάλειας συστήματος συσσωρευτών\)](#): {σελ. 300}

Παρ. [8.2: BMS ή μονάδα διαχείρισης συσσωρευτών](#) {σελ. 301}

Παράρτημα [A \(κανονιστικό\): Περιοχή λειτουργίας κυψελών για ασφαλή χρήση](#) {σελ. 304}

Από το πρότυπο [IEC 62040-1-1 \(2003\)](#)

- Παρ. [7.7 \(αύξηση θερμοκρασίας\)](#) {σελ. 345}

B) Για τα προσυναρμολογημένα BS:

Ομοίως με (Α). Οι απαιτήσεις του [IEC 62619 \(2017\)](#) καλύπτουν εν μέρει, μόνο όσον αφορά τις μονάδες συσσωρευτών.

Γ) Για τα προσυναρμολογημένα ολοκληρωμένα BESS

Ομοίως με (Β).

2,2 Υπερφόρτιση κατά τη διάρκεια κανονικής λειτουργίας

Ο στόχος είναι η να εξασφαλιστεί ότι δεν συμβαίνει υπερφόρτιση υπό κανονικές συνθήκες λειτουργίας.

Οι **ελάχιστες απαιτήσεις** για την ικανοποίηση του στόχου είναι:

Α) Για τις μονάδες συσσωρευτών

Να εξασφαλιστεί ότι το σύστημα δεν επιτρέπει την υπερφόρτιση.

Β) Για τα προσυναρμολογημένα BS:

Ομοίως με (Α).

Γ) Για τα προσυναρμολογημένα ολοκληρωμένα BESS

Ομοίως με (Α) και (Β).

Οι αντίστοιχες **απαιτήσεις των προτύπων** είναι:

Α) Για τις μονάδες συσσωρευτών

Από το πρότυπο [IEC 60950-1 \(2013\)](#)

- Καλύπτεται εν μέρει από την παρ. 4.3.8.

Παρ. [4.3.8: Συσσωρευτές](#) {σελ. 342}

Από το πρότυπο [UL 1973 \(2013\)](#)

- Παρ. [5.8\(2013\)](#)→Παρ. [7.8 \(2018\): Προστατευτικό κύκλωμα και διατάξεις ελέγχου](#) {σελ. 259}

Από το πρότυπο [IEC 62619 \(2017\)](#)

- Παρ. [8.2.2](#), Παράρτημα Α.

Παρ. [8.2.2: Έλεγχος τάσης κατά την υπερφόρτιση \(σύστημα συσσωρευτών\)](#) {σελ. 302}

Παράρτημα [Α \(κανονιστικό\): Περιοχή λειτουργίας κυψελών για ασφαλή χρήση](#) {σελ. 304}

Από το πρότυπο [IEC 62040-1-1 \(2003\)](#)

- Καλύπτεται εν μέρει (για έκλυση αερίων) από παρ. 7.6.8, Παράρτημα Ν.4

Παρ. [7.6.8: Τάσεις φόρτισης](#) {σελ. 345}

Παρ. [Ν.4: Δοκιμή υπερφόρτισης](#) {σελ. 346} (μέρος του Παραρτήματος Ν (κανονιστικού):

Εξαερισμός διαμερισμάτων συσσωρευτών)

Β) Για τα προσυναρμολογημένα BS:

Ομοίως με (Α).

Γ) Για τα προσυναρμολογημένα ολοκληρωμένα BESS

Ομοίως με (Α) και (Β).

Όρια φόρτισης

2,3 Χαμηλής θερμοκρασίας

2,4 Υψηλής θερμοκρασίας

2,5 Χαμηλής τάσης

2,6 Υψηλής τάσης

Στόχος είναι η αποτροπή του κινδύνου από υψηλές/χαμηλές θερμοκρασίες και τάσεις, κατά τη διάρκεια συνθηκών κανονικής και μη κανονικής (abnormal) λειτουργίας.

Οι ελάχιστες απαιτήσεις για την επίτευξη του στόχου είναι:

A) Για τις μονάδες συσσωρευτών

Να εξασφαλιστεί ότι η φόρτιση περιορίζεται μόνο εντός του εύρους ασφαλούς λειτουργίας.

B) Για τα προσυναρμολογημένα BS:

Ομοίως με (A).

Γ) Για τα προσυναρμολογημένα ολοκληρωμένα BESS

Ομοίως με (A) και (B).

Οι αντίστοιχες απαιτήσεις των προτύπων είναι:

A) Για τις μονάδες συσσωρευτών

Από το πρότυπο [UL 1973 \(2013\)](#)

- Παρ. 5.8 [για 2,3, 2,4, 2,5, 2,6]

Παρ. 5.8 (2013)→Παρ. [7.8 \(2018\): Προστατευτικό κύκλωμα και διατάξεις ελέγχου](#) {σελ. 259}

- Παρ. 5.9 [για 2,3, 2,4]

Παρ. 5.9 (2013)→Παρ. [7.9 \(2018\): Σύστημα ψύξης/θερμικής διαχείρισης](#) {σελ. 261}

Από το πρότυπο [IEC 62619 \(2017\)](#)

- Παρ. 7.2.4 [2,4]

Παρ. [7.2.4: Δοκιμή θερμικής κατάχρησης σε κυψέλη ή ομάδα κυψελών](#) {σελ. 297}

- Παρ. 7.2.5 [2,6]

Παρ. [7.2.5: Δοκιμή υπερφόρτισης \(κυψέλη ή ομάδα κυψελών\)](#) {σελ. 297}

- Παρ. 7.2.6 [2,5]

Παρ. [7.2.6: Δοκιμή εξαναγκασμένης εκφόρτισης \(κυψέλη ή ομάδα κυψελών\)](#) {σελ. 298}

- Παρ. 8.1 [2,3, 2,4]

Παρ. [8.1: Γενικές απαιτήσεις \(ασφάλειας συστήματος συσσωρευτών\)](#): {σελ. 300}

- Παρ. 8.2 [2,3, 2,4, 2,5, 2,6]

Παρ. [8.2: BMS ή μονάδα διαχείρισης συσσωρευτών](#) {σελ. 301}

- Παράρτημα Α [2,3, 2,4, 2,5, 2,6]

Παράρτημα [Α \(κανονιστικό\): Περιοχή λειτουργίας κυψελών για ασφαλή χρήση](#) {σελ. 304}

- Παρ. Α.6 [2,3]

Παρ. [Α.6: Εύρος χαμηλής θερμοκρασίας](#) {σελ. 305}

B) Για τα προσυναρμολογημένα BS:

Ομοίως με (A).

Γ) Για τα προσυναρμολογημένα ολοκληρωμένα BESS

Ομοίως με (Α) και (Β).

Τέλος Κατηγορίας 2: Κανονική λειτουργία

Κατηγορία 3: Μη κανονική λειτουργία / Προστασία από αστοχίες

Υποκατηγορίες:

3,1 Υπερβολικές θερμοκρασίες κατά τις συνθήκες μη κανονικής λειτουργίας

Στόχος είναι να εξασφαλιστεί ότι κανένα μέρος / εξάρτημα / σύνδεση κλπ.

- δεν υφίσταται υπερβολική θερμοκρασία
- δεν υφίσταται αποδόμηση (degradation) των υλικών,
- δεν προκαλεί έκθεση μερών υπό τάση, και
- δεν οδηγεί σε κίνδυνο φωτιάς.

Οι **ελάχιστες απαιτήσεις** για την επίτευξη του στόχου είναι:

Α) Για τις μονάδες συσσωρευτών

- Να μην προκληθεί φωτιά, ρήξη, πρόσβαση σε μέρη υπό τάση.
- Να μην προκληθούν εκπομπές τοξικών ή αναφλέξιμων (ignitable) αερίων, καπνού ή παρόμοιων υλικών, σε επικίνδυνες ποσότητες.
- Η φόρτιση να περιορίζεται εντός των ασφαλών ορίων, όσον αφορά την κατάσταση φόρτισης, την τάση, και τη θερμοκρασία.
- Να μην γίνεται ανασφαλής εκφόρτιση.
- Να μην εκλύεται ενέργεια που θα μπορούσε να οδηγήσει σε κίνδυνο ηλεκτρικού τόξου (arc/flash).
- Να μην υπάρχει ανασφαλής λειτουργία (εάν αστοχήσει, να αστοχήσει με ασφαλή τρόπο).

Β) Για τα προσυναρμολογημένα BS:

Ομοίως με (Α).

Γ) Για τα προσυναρμολογημένα ολοκληρωμένα BESS

Ομοίως με (Α) και (Β).

Οι αντίστοιχες **απαιτήσεις των προτύπων** είναι:

Α) Για τις μονάδες συσσωρευτών

Από το πρότυπο [IEC 60950-1 \(2013\)](#)

- Καλύπτεται εν μέρει από τις παρ. **1.4.14**, **5.3** και διάφορες άλλες αναφορές μέσα στο πρότυπο. Δεν καλύπτει θέματα φόρτισης συσσωρευτών.

Παρ. [1.4.14: Προσομοιωμένα σφάλματα και μη κανονικές συνθήκες](#) {σελ. 340}

Παρ. [5.3: Μη κανονική λειτουργία και συνθήκες σφάλματος](#) {σελ. 343}

Από το πρότυπο [UL 1973 \(2013\)](#)

- Εν. **16**(2013)→Εν. [18 \(2018\): Δοκιμή ελέγχου θερμοκρασίας και ορίων λειτουργίας](#) {σελ. 268}

Από το πρότυπο [IEC 62619 \(2017\)](#)

- Παρ. [7.2.4](#) {σελ. 297}, [8.1](#) {σελ. 300}, [8.2](#) {σελ. 301}, Παράρτημα [Α](#) {σελ. 304}.

Από το πρότυπο [IEC 62040-1-1 \(2003\)](#)

- Καλύπτεται εν μέρει από παρ. 8.3. Δεν καλύπτει θέματα φόρτισης συσσωρευτών.

Παρ. [8.3: Μη κανονική λειτουργία και συνθήκες σφάλματος](#) {σελ. 346}

B) Για τα προσυναρμολογημένα BS:

Ομοίως με (A).

Επισημαίνεται ότι οι προαναφερθείσες παράγραφοι του [IEC 62619 \(2017\)](#) καλύπτουν μόνο τις μονάδες συσσωρευτών.

Γ) Για τα προσυναρμολογημένα ολοκληρωμένα BESS

Ομοίως με (B).

Υπερφόρτωση [overload]

3,2 Προστασία υπερέντασης (overcurrent)

3,3 Προστασία υπερφόρτισης (overcharge)

Στόχος είναι να αποτραπεί ο κίνδυνος από υπερβολικά ρεύματα [3,2] ή υπερβολική φόρτιση [3,3] υπό μη κανονικές (abnormal) συνθήκες (φόρτισης και εκφόρτισης).

Οι **ελάχιστες απαιτήσεις** για την επίτευξη του στόχου είναι όμοιες με την 3,1.

Οι αντίστοιχες **απαιτήσεις των προτύπων** είναι:

A) Για τις μονάδες συσσωρευτών

Από το πρότυπο [UL 1973 \(2013\)](#)

- Εν. 13 (2013) → Εν. [15 \(2018\): Δοκιμή υπερφόρτισης](#) {σελ. 266}

Από το πρότυπο [IEC 62619 \(2017\)](#)

- Παρ. [7.2.5, 8.2.3](#)

Παρ. [7.2.5: Δοκιμή υπερφόρτισης \(κυψέλη ή ομάδα κυψελών\)](#) {σελ. 297}

Παρ. [8.2.3: Έλεγχος ρεύματος κατά την υπερφόρτιση \(σύστημα συσσωρευτών\)](#) {σελ. 303}

Από το πρότυπο [IEC 62040-1-1 \(2003\)](#)

- [3,2] Παρ. [5.6.2](#) (προστασία κυκλώματος συσσωρευτή)

- [3,3] Καλύπτεται εν μέρει (για έκλυση αερίων) από την παρ. [7.6.8](#) και το [N.4](#)

Παρ. [5.6.2: Προστασία κυκλώματος συσσωρευτή](#) {σελ. 345}

Παρ. [7.6.8: Τάσεις φόρτισης](#) {σελ. 345}

Παράρτημα [N.4: Δοκιμή υπερφόρτισης](#) {σελ. 346}

B) Για τα προσυναρμολογημένα BS:

Ομοίως με (A).

Γ) Για τα προσυναρμολογημένα ολοκληρωμένα BESS

Ομοίως με (A) και (B).

3,4 Προστασία χαμηλής τάσης/υπερεκφόρτισης

Ο **στόχος** είναι να αποτραπεί ο κίνδυνος κατά τη διάρκεια μη κανονικής κατάστασης (situation) όπου η τάση παραμένει (sustained) χαμηλή.

Οι ελάχιστες απαιτήσεις για την επίτευξη του στόχου είναι:

A) Για τις μονάδες συσσωρευτών

Ένα από τα παρακάτω:

- α) Όταν φτάσει την τιμή κατωφλίου χαμηλής τάσης, να απενεργοποιηθεί, ή
- β) Μετά από επιπλέον 30 min εκφόρτισης, να μην υπάρχει κίνδυνος (συμπεριλαμβάνεται η περίπτωση που έχει γίνει επαναφόρτιση (recharge)).

B) Για τα προσυναρμολογημένα BS:

Ομοίως με (A).

Γ) Για τα προσυναρμολογημένα ολοκληρωμένα BESS

Ομοίως με (A) και (B).

Οι αντίστοιχες απαιτήσεις των προτύπων είναι:

A) Για τις μονάδες συσσωρευτών

Από το πρότυπο [UL 1973 \(2013\)](#)

- Εν. **15** (2013)→Εν. [17 \(2018\): Δοκιμή προστασίας υπερεκφόρτισης](#) {σελ. 268}

Από το πρότυπο [IEC 62619 \(2017\)](#)

- Παρ. [7.2.6](#) {σελ. 304}, Παράρτημα [A](#) {σελ. 304}

3,5 Προστασία έναντι υπέρτασης

Ο στόχος είναι να αποτραπεί ο κίνδυνος κατά την διάρκεια μη κανονικής κατάστασης (situation) όπου η τάση παραμένει υψηλή.

Οι ελάχιστες απαιτήσεις για την επίτευξη του στόχου είναι όμοιες με των **3,1, 3,2, 3,3**.

Οι αντίστοιχες απαιτήσεις των προτύπων είναι:

A) Για τις μονάδες συσσωρευτών

Από το πρότυπο [UL 1973 \(2013\)](#)

- Καλύπτεται εν μέρει από την Ενότητα **18** (δοκιμή διηλεκτρικής αντοχής), και από την πρόβλεψη για μη διατηρούμενη (sustained) λειτουργία στη δοκιμή υπέρτασης.

Εν. **18** (2013)→Εν. [20 \(2018\): Δοκιμή τάσης διηλεκτρικής αντοχής](#) {σελ. 271}

Από το πρότυπο [IEC 62619 \(2017\)](#)

- Παρ. [7.2.5](#) {σελ. 297}, [8.2.3](#) {σελ. 303}

Από το πρότυπο [IEC 62040-1-1 \(2003\)](#)

Καλύπτεται εν μέρει από τις δοκιμές για συσσωρευτές με υπερβολική τάση, παρ. [7.6.8 \(τάσεις φόρτισης\)](#) {σελ. 345}

B) Για τα προσυναρμολογημένα BS:

Ομοίως με (A), αλλά οι προβλέψεις του [IEC 62619](#) αφορούν μόνο τις μονάδες συσσωρευτών.

Επιπλέον, από το πρότυπο [IEC 60950-1 \(2013\)](#)

- Παρ. **1.4.5**, (λειτουργία υπό +10% της ονομαστικής τάσης τροφοδοσίας)

Παρ. [1.4.5: Τάση τροφοδοσίας για δοκιμές](#) {σελ. 340}

Γ) Για τα προσυναρμολογημένα ολοκληρωμένα BESS

Ομοίως με (B).

3,6 Προστασία έναντι ηλεκτρικού τόξου (arcing) – εσωτερική ζημιά εξοπλισμού

Στόχος είναι η προστασία από τους κινδύνους μέσω της αποτροπής τόξου, ή της αποτροπής της ζημιάς εάν συμβεί τόξο.

Ελάχιστες απαιτήσεις για την επίτευξη του στόχου:

Δεν υπάρχουν ειδικές απαιτήσεις. Καλύπτονται από την εφαρμογή άλλων κριτηρίων, όπως ιδιότητες μόνωσης, ερπυσμός και αποστάσεις διακένου, διάδοση.

Αντίστοιχες **απαιτήσεις προτύπων**: Δεν υπάρχουν εξειδικευμένες απαιτήσεις, καλύπτονται από διάφορες παραγράφους των προτύπων [IEC 60950-1](#), [UL 1973](#), [IEC 62619](#), [IEC 62040-1-1](#).

Προστασία προσώπων από ηλεκτρικό τόξο (arc/flash)

3,7 Για τον εγκαταστάτη

3,8 Για τον ιδιοκτήτη/χρήστη (operator)

3,9 Για το συντηρητή (maintenance person)

Στόχος είναι η προστασία ανθρώπων από τους κινδύνους του ηλεκτρικού τόξου (arc/ flash).

Ελάχιστες απαιτήσεις για την επίτευξη του στόχου:

A) Για τις μονάδες συσσωρευτών

Εάν τα ακόλουθα κριτήρια ικανοποιούνται, τότε δεν απαιτούνται επιπλέον ειδικά κριτήρια:

- [3,7, 3,8, 3,9] Η μονάδα συσσωρευτή δεν είναι προσβάσιμη σε επίπεδο κυψέλης, και τυχόν τερματισμοί αγωγών (terminations) εντός της μονάδας δεν είναι προσβάσιμοι.
- [3,7, 3,8, 3,9] Οι συνδέσεις θα προστατεύονται (shielded) από πρόσβαση όταν είναι υπό τάση (live) (δηλαδή ενεργοποιημένες (energized), ακόμα και με εξαιρετικά χαμηλή (extra low) τάση)
- Δεν υπάρχει πρόσβαση σε τερματικό ακροδέκτη της συστοιχίας υπό τάση:

[3,7] κατά τη διάρκεια της εγκατάστασης,

[3,8] κατά τη διάρκεια της χρήσης ή λειτουργίας,

[3,9] κατά τη διάρκεια της συντήρησης

- [3,9] Ο εξοπλισμός θα αποστέλλεται πίσω στο εργαστήριο (workshop) για οποιαδήποτε συντήρηση/επισκευή που μπορεί να οδηγήσει σε έκθεση τερματικών ακροδεκτών υπό τάση.

B) Για τα προσυναρμολογημένα BS:

Ομοίως με (A).

Γ) Για τα προσυναρμολογημένα ολοκληρωμένα BESS

Ομοίως με (A) και (B).

Αντίστοιχες **απαιτήσεις προτύπων**: Δεν υπάρχουν εξειδικευμένες απαιτήσεις, καλύπτονται από διάφορες παραγράφους των προτύπων [IEC 60950-1](#), [UL 1973](#), [IEC 62619](#), [IEC 62040-1-1](#).

3,10 Κίνδυνος εγκαύματος (burn)

Στόχος είναι η προστασία από υπερβολικές θερμοκρασίες και ηλεκτρικά τόξα που θα μπορούσαν να προκαλέσουν εγκαύματα.

Οι **ελάχιστες απαιτήσεις** για την επίτευξη του στόχου είναι:

A) Για τις μονάδες συσσωρευτών

Ανιχνευτής (probe) 75 mm με ημισφαιρικό άκρο (hemispherical end) να μην έχει πρόσβαση σε οποιαδήποτε μέρη με θερμοκρασίες που ξεπερνούν τις αποδεκτές τιμές κατά τη διάρκεια των δοκιμών κανονικής ή μη κανονικής λειτουργίας.

B) Για τα προσυναρμολογημένα BS:

Ομοίως με (A).

Γ) Για τα προσυναρμολογημένα ολοκληρωμένα BESS

Ομοίως με (A) και (B).

Οι αντίστοιχες **απαιτήσεις προτύπων** είναι:

A) Για τις μονάδες συσσωρευτών

Από το πρότυπο [IEC 60950-1 \(2013\)](#)

- Καλύπτεται εν μέρει από τις παρ. **4.5, 5.3**. Οι δοκιμές μη κανονικής λειτουργίας δεν έχουν όρια θερμοκρασίας. Απαιτείται μόνο να μην προκληθεί φωτιά ή έκρηξη.

Παρ. **4.5: Θερμικές απαιτήσεις** {σελ. 342}

Παρ. **5.3: Μη κανονική λειτουργία και συνθήκες σφάλματος** {σελ. 343}

Από το πρότυπο [UL 1973 \(2013\)](#)

- Για την κανονική λειτουργία, τα όρια θερμοκρασίας επιφανειών του Πίνακα **16.2**. Επίσης, οι προβλέψεις για τα περιβλήματα.

Πίνακας **16.2** (2013) → [Πίνακας 18.2 \(2018\): Όρια θερμοκρασίας – επιφάνειες](#) {σελ. 270}

Από το πρότυπο [IEC 62619 \(2017\)](#)

- Παρ. **7.2.4** {σελ. 297}, **8.1** {σελ. 300}, Παράρτημα **A** {σελ. 304}

Κριτήρια: απουσία φωτιάς και έκρηξης.

Από το πρότυπο [IEC 62040-1-1 \(2003\)](#)

Καλύπτεται εν μέρει από την παρ. **8.3 (μη κανονική λειτουργία και συνθήκες σφάλματος)** και παραπέμπει στις σχετικές προβλέψεις του [IEC 60950-1](#).

B) Για τα προσυναρμολογημένα BS:

Ομοίως με (A), και επιπλέον οι Γενικές απαιτήσεις των [IEC 60950-1](#) και [IEC 62040-1-1](#).

Γ) Για τα προσυναρμολογημένα ολοκληρωμένα BESS

Ομοίως με (B).

Έναρξη / διακοπή λειτουργίας

3,11 Απρόβλεπτη (unexpected) έναρξη / διακοπή λειτουργίας (operation)

3,12 Αποτυχία διακοπής εάν ανακύψει (arises) επικίνδυνη κατάσταση

Στόχος είναι:

[3,11] Η προστασία από κινδύνους που προκύπτουν από απρόβλεπτη έναρξη ή διακοπή μιας λειτουργίας (function or operation)

[3,12] Μία ασφαλής (failsafe) προστασία απομάκρυνσης του κινδύνου.

Ελάχιστες απαιτήσεις για την επίτευξη του στόχου:

Δεν υπάρχουν ειδικές απαιτήσεις. Καλύπτονται από την εφαρμογή άλλων κριτηρίων, όπως δοκιμές λογισμικού, δοκιμές αντιστροφεία (για τα συστήματα EP), δοκιμές ανοσίας (immunity), δοκιμή επικύρωσης (validation) επικοινωνιών, δοκιμές βραχυκυκλώματος εξαρτημάτων.

Αντίστοιχες **απαιτήσεις προτύπων**: Δεν υπάρχουν εξειδικευμένες απαιτήσεις, καλύπτονται από διάφορες παραγράφους των προτύπων [IEC 60950-1](#), [UL 1973](#), [IEC 62619](#), [IEC 62040-1-1](#).

3,13 Ανοσία στις επιδράσεις της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

Στόχος είναι, στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται ηλεκτρονικά κυκλώματα, να μην υπάρχει κίνδυνος λόγω επιδράσεων στον εξοπλισμό που προέρχονται από:

- Ηλεκτροστατική εκφόρτιση (electrostatic discharge)
- Ακτινοβολούμενα πεδία (radiated fields)
- Ταχείς μεταβατικούς παλμούς (fast transient bursts)
- Παλμούς (surges/impulses) τάσης
- Εγγεόμενα (injected) ρεύματα
- Βυθίσεις (dips) και διακοπές (interruptions) τάσης
- Σήμα (signal) / συχνότητα κύριας παροχής (mains)

Οι **ελάχιστες απαιτήσεις** για την επίτευξη του στόχου:

A) Για τις μονάδες συσσωρευτών

Δεν είναι εφαρμόσιμο. Καλύπτεται από τις δοκιμές του εξοπλισμού εντός του οποίου είναι εγκατεστημένη η μονάδα.

B) Για τα προσυναρμολογημένα BS:

Εφόσον το σύστημα αποτελείται μόνο από συσσωρευτές, γενικά αυτές οι απαιτήσεις καλύπτονται από τον εξωτερικό Εξοπλισμό Μετατροπής Ισχύος (PCE).

Οι απαιτήσεις είναι όμοιες με των **3,1, 3,2, 3,3, 3,5**.

Γ) Για τα προσυναρμολογημένα ολοκληρωμένα BESS

Τα ολοκληρωμένα συστήματα γενικά καλύπτονται από τον PCE, που πρέπει να έχει αντιστροφεία σύμφωνα με το πρότυπο [AS/NZS 4777.2](#) [Grid connection of energy systems via inverters. Inverter requirements].

Οι απαιτήσεις είναι όμοιες με των **3,1, 3,2, 3,3, 3,5**.

Οι αντίστοιχες **απαιτήσεις προτύπων**:

A) Για τις μονάδες συσσωρευτών

Δεν είναι εφαρμόσιμο.

B) Για τα προσυναρμολογημένα BS:

Από το πρότυπο [IEC 60335-1](#)

- Παρ. **19.11.4** (κριτήρια δοκιμής για προστατευτικά ηλεκτρονικά κυκλώματα)

Παρ. **19.11.4**: {σελ. 321} (Αποτελεί τμήμα της παρ. 19.11: Ηλεκτρονικά κυκλώματα, της [Ενότητας 19: Μη κανονική λειτουργία](#))

Για τις δοκιμές παραπέμπει στη σειρά προτύπων **IEC 61000-4** [Electromagnetic compatibility (EMC): Testing and measurement techniques], και συγκεκριμένα στα:

[IEC 61000-4-2](#) [Electrostatic discharge immunity test]

[IEC 61000-4-3](#) [Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test]

[IEC 61000-4-4](#) [Electrical fast transient/burst immunity test]

[IEC 61000-4-5](#) [Surge immunity test]

[IEC 61000-4-6](#) [Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency]

[IEC 61000-4-11](#) [Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests]

[IEC 61000-4-13](#) [Harmonics and interharmonics including mains signalling at a.c. power port, low frequency immunity tests]

[IEC 61000-4-34](#) [Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests for equipment with mains current more than 16 A per phase]

Γ) Για τα προσυναρμολογημένα ολοκληρωμένα BESS

Ομοίως με (B).

3,14 Προστασία από μεταβατικές υπερτάσεις (transient overvoltage)

Στόχος είναι η προστασία από παλμούς υπέρτασης (surges), κρουστικούς παλμούς (spikes) και κεραυνούς (lightning).

Οι **ελάχιστες απαιτήσεις** για την επίτευξη του στόχου:

A) Για τις μονάδες συσσωρευτών

Δεν είναι εφαρμόσιμο. Καλύπτεται από τις δοκιμές του εξοπλισμού εντός του οποίου είναι εγκατεστημένη η μονάδα.

B) Για τα προσυναρμολογημένα BS:

Εάν είναι εφαρμόσιμο, και λαμβάνοντας υπόψη τις οδηγίες εγκατάστασης, πρέπει να εξεταστεί εάν ο εξοπλισμός περιλαμβάνει προστασία από κινδύνους λόγω παλμών υπέρτασης, κρουστικών παλμών και κεραυνού. Και για αυτή την περίπτωση ισχύουν οι ελάχιστες απαιτήσεις των **3,1, 3,2, 3,3, 3,5, 3,13**.

Γ) Για τα προσυναρμολογημένα ολοκληρωμένα BESS

Ομοίως με (B).

Οι αντίστοιχες **απαιτήσεις των προτύπων** είναι:

A) Για τις μονάδες συσσωρευτών

Δεν υπάρχουν.

B) Για τα προσυναρμολογημένα BS

Από το πρότυπο [UL 1973 \(2013\)](#)

- Καλύπτεται εν μέρει από τις Ενότητες **15, 18, 21**.

Εν. **15** (2013)→ Εν. [17 \(2018\): Δοκιμή προστασίας υπερεκφόρτισης](#) {σελ. 268}

Εν. **18** (2013)→ Εν. [20 \(2018\): Δοκιμή τάσης διηλεκτρικής αντοχής](#) {σελ. 271}

Εν. **21** (2013)→Εν. **23** (2018): Μετρήσεις τάσης λειτουργίας {σελ. 272}

Από το πρότυπο IEC 62619 (2017)

- Καλύπτεται εν μέρει από τις παρ. 7.2.5 {σελ. 297}, 8.2.2 {σελ. 302}, Παράρτημα A {σελ. 304}

Από το πρότυπο IEC 62040-1-1 (2003)

Καλύπτεται εν μέρει από την παρ. **1.2**, όπου αναφέρεται στην πιθανή ανάγκη περαιτέρω προστασίας.

Παρ. 1.2: Ειδικές εφαρμογές {σελ. 344}

Γ) Για τα προσυναρμολογημένα ολοκληρωμένα BESS

Ομοίως με (B), και επιπλέον:

Από το πρότυπο IEC 60950-1 (2013)

- Καλύπτεται εν μέρει από την παρ. **2.10.3**: κατηγορίες υπέρτασης, δοκιμές παλμών, Παράρτημα **G**, Παράρτημα **N**.

Παρ. 2.10.3: Αποστάσεις διακένου {σελ. 341}

Παράρτημα **G** (κανονιστικό): Εναλλακτική μέθοδος για τον προσδιορισμό ελαχίστων αποστάσεων διακένου {σελ. 343}

Παράρτημα **N** (κανονιστικό): Γεννήτριες παλμών δοκιμής {σελ. 343}

3,15 Αστοχία ηλεκτρονικού εξαρτήματος/κυκλώματος

Στόχος είναι να μην υπάρξει κίνδυνος εάν ένα αστοχήσει ένα ηλεκτρονικό εξάρτημα ή ηλεκτρονικό κύκλωμα.

Οι **ελάχιστες απαιτήσεις** για την επίτευξη του στόχου είναι όμοιες με των **3,1, 3,2, 3,3, 3,5**.

Οι αντίστοιχες **απαιτήσεις των προτύπων** είναι:

A) Για τις μονάδες συσσωρευτών

Από το πρότυπο UL 1973 (2013)

- Παρ. **5.8** (2013)→ Παρ. 7.8 (2018): Προστατευτικό κύκλωμα και διατάξεις ελέγχου {σελ. 259}

Από το πρότυπο IEC 62619 (2017)

- Ενότητα **8**, Παράρτημα **A**, Παρ. **8.1** μέσω μιας FTA (ανάλυσης δέντρου σφάλματος, fault tree analysis) και FMEA (ανάλυσης τρόπων και αποτελεσμάτων αστοχίας, fault mode and effects analysis).

Εν. 8: Ασφάλεια συστήματος συσσωρευτών (λαμβάνοντας υπόψη τη λειτουργική ασφάλεια) {σελ. 300}

Παράρτημα **A** (κανονιστικό): Περιοχή λειτουργίας κυψελών για ασφαλή χρήση {σελ. 304}

Παρ. 8.1: Γενικές απαιτήσεις {σελ. 300} {σελ. 300}

Από το πρότυπο IEC 62040-1-1 (2003)

Παρ. 8.3.1: Προσομοίωση σφαλμάτων {σελ. 346}

B) Για τα προσυναρμολογημένα BS

Ομοίως με (A), και επιπλέον:

Από το πρότυπο IEC 60950-1 (2013)

- Παρ. [5.3: Μη κανονική λειτουργία και συνθήκες σφάλματος](#) {σελ. 343}

Γ) Για τα προσυναρμολογημένα ολοκληρωμένα BESS

Ομοίως με (B).

3,16 Αστοχία λογισμικού (software) / υλικολογισμικού (firmware) PEC (προστατευτικού ηλεκτρονικού κυκλώματος, protective electronic circuit)

Στόχος είναι να μην υπάρξει κίνδυνος εάν υπάρξει αστοχία (failure) ή σφάλμα (fault), όπου χρησιμοποιείται λογισμικό ή υλικολογισμικού για προστασία ασφάλειας (δηλαδή χρησιμοποιείται ως μέσο προστασίας από κινδύνους όπως υπερβολική/πολύ χαμηλή τάση/θερμοκρασία/φόρτιση κλπ.)

Οι **ελάχιστες απαιτήσεις** για την επίτευξη του στόχου είναι όμοιες με των **3,1, 3,2, 3,3, 3,5**.

Οι αντίστοιχες **απαιτήσεις των προτύπων** είναι:

A) Για τις μονάδες συσσωρευτών

Από το πρότυπο [UL 1973 \(2013\)](#)

- Παρ. 5.8 και ιδιαίτερα η παρ. 5.8.1.3.

Παρ. **5.8.1.3** (2013) → Παρ. [7.8.1.3 \(2018\)](#) {σελ. 260}

(Μέρος της παρ. [7.8 Προστατευτικό κύκλωμα και διατάξεις ελέγχου](#))

Από το πρότυπο [IEC 62619 \(2017\)](#)

- Καλύπτεται εν μέρει από την παρ. [8.1](#) {σελ. 300} μέσω FTA και FMEA.

Από το πρότυπο [IEC 60335-1 \(2017\)](#)

- Παρ. **22.46** και Παράρτημα **R**.

Παρ. [22.46](#) {σελ. 324} (Αποτελεί τμήμα της Ενότητας 22: Κατασκευή)

Παράρτημα **R: Αξιολόγηση λογισμικού** {σελ. 329}

B) Για τα προσυναρμολογημένα BS

Ομοίως με (A), πλην της αναφοράς στην 8.1 του [IEC 62619](#).

Γ) Για τα προσυναρμολογημένα ολοκληρωμένα BESS

Ομοίως με (B).

3,17 Λειτουργία προστατευτικών διατάξεων (operation of protective devices)

Ο **στόχος** είναι να επαληθευτεί (verified) η ορθή λειτουργία οποιασδήποτε προστατευτικής διάταξης / συστήματος / μανδάλωσης ασφαλείας (safety interlock).

Οι **ελάχιστες απαιτήσεις** για την επίτευξη του στόχου:

Οποιαδήποτε διάταξη προστασίας απέναντι σε σφάλματα επαληθεύεται ότι λειτουργεί για όσες φορές θεωρείται ότι χρειάζεται (a suitable number of times).

Οι αντίστοιχες **απαιτήσεις προτύπων**:

A) Για τις μονάδες συσσωρευτών

Από το πρότυπο [IEC 60950-1 \(2013\)](#)

- Παρ. [1.5: Εξαρτήματα](#) {σελ. 340}

Από το πρότυπο [UL 1973 \(2013\)](#)

- Παρ. **5.8** (2013)→ Παρ. **7.8** (2018): Προστατευτικό κύκλωμα και διατάξεις ελέγχου {σελ. 259}

Από το πρότυπο [IEC 62619 \(2017\)](#)

- Παρ. **8.2: BMS ή μονάδα διαχείρισης συσσωρευτών** {σελ. 301}

Από το πρότυπο [IEC 62040-1-1 \(2003\)](#)

- Παρ. **4.3: Εξαρτήματα** {σελ. 344}

B) Για τα προσυναρμολογημένα BS

Ομοίως με (A), όμως η αναφορά στην 8.2 του [IEC 62619](#) καλύπτει μόνο τις εμπεριεχόμενες μονάδες συσσωρευτών.

Γ) Για τα προσυναρμολογημένα ολοκληρωμένα BESS

Ομοίως με (B).

3,18 Κατάσταση μοναδικού σφάλματος (single fault situation)

Ο **στόχος** είναι η επαλήθευση ότι δεν θα υπάρξει κίνδυνος σε οποιαδήποτε συνθήκη «μοναδικού σφάλματος».

Οι **ελάχιστες απαιτήσεις** για την επίτευξη του στόχου:

Για οποιοδήποτε μοναδικό σφάλμα που δεν έχει περιγραφεί στις προηγούμενες ενότητες (**3,1** έως και **3,17**), ισχύουν οι απαιτήσεις των **3,1, 3,2, 3,3, 3,5, 3,16**.

Οι αντίστοιχες **απαιτήσεις προτύπων** είναι:

A) Για τις μονάδες συσσωρευτών

Από το πρότυπο [IEC 60950-1 \(2013\)](#)

- Καλύπτεται εν μέρει από την παρ. **4.3.8: Συσσωρευτές** {σελ. 342}

Από το πρότυπο [UL 1973 \(2013\)](#)

- Ενότητα **9** (2013)→[Εν. 11 \(2018\): Συνθήκες μοναδικού σφάλματος](#) {σελ. 264}

Από το πρότυπο [IEC 62619 \(2017\)](#)

- Παρ. **8.1** {σελ. 300} μέσω FTA και FMEA

Από το πρότυπο [IEC 62040-1-1 \(2003\)](#)

- Παρ. **8.3 (μη κανονική λειτουργία και συνθήκες σφάλματος)** {σελ. 346}

B) Για τα προσυναρμολογημένα BS

Ομοίως με (A), εκτός από το πρότυπο [IEC 60950-1 \(2013\)](#), όπου αντί της 4.3.8 ενδιαφέρει η [5.3: Μη κανονική λειτουργία και συνθήκες σφάλματος](#) {σελ. 343}

Γ) Για τα προσυναρμολογημένα ολοκληρωμένα BESS

Ομοίως με (B), και επιπλέον από το πρότυπο [IEC 60335-1 \(2017\):](#)

Ενότητα **19: Μη κανονική λειτουργία** {σελ. 315}

3,19 Κατάσταση πολλαπλού σφάλματος (multiple fault)

Ο **στόχος** είναι η επαλήθευση ότι δεν θα υπάρξει κίνδυνος σε οποιαδήποτε προβλέψιμη (foreseeable) συνθήκη πολλαπλού σφάλματος.

Ελάχιστες απαιτήσεις για την επίτευξη του στόχου:

Γενικά, στις δοκιμές ηλεκτρικού εξοπλισμού δεν περιλαμβάνονται δοκιμές πολλαπλών σφαλμάτων.

Όμως, ειδικά όσον αφορά το BMS, οι κρίσιμες λειτουργίες ασφαλείας πρέπει να ληφθούν υπόψη (addressed).

Αντίστοιχες **απαιτήσεις προτύπων**:

Από το πρότυπο [IEC 60335-1 \(2017\)](#):

Τα σφάλματα του BMS λαμβάνονται υπόψη με δοκιμές παρόμοιες με αυτές του Παραρτήματος [R](#) {σελ. 329}

Δεν υπάρχουν εξειδικευμένες απαιτήσεις, καλύπτονται από διάφορες παραγράφους των προτύπων [IEC 60950-1](#), [UL 1973](#), [IEC 62619](#), [IEC 62040-1-1](#).

Τέλος Κατηγορίας 3: Μη κανονική λειτουργία / Προστασία από αστοχίες

Κατηγορία 4: Αντίσταση σε θερμότητα, φωτιά, έκρηξη

Αποτροπή διάδοσης φωτιάς

4,1 Εξωτερική φωτιά

4,2 Φωτιά εντός περιβλήματος

Στόχος είναι:

[4,1] Ο περιορισμός (containment) των μερών που θα μπορούσαν να διαδώσουν φωτιά, σε περίπτωση εξωτερικής φωτιάς.

[4,2] Ο περιορισμός της φωτιάς εντός του περιβλήματος του εξοπλισμού, σύμφωνα με την ονομαστική αντοχή του περιοριστικού (containment rating).

Ελάχιστες απαιτήσεις για την επίτευξη του στόχου:

[4,1] Να μην υπάρξει έκρηξη, ή εκτόξευση βλημάτων / τηγμένων σωματιδίων σε ποσότητες που μπορούν να προκαλέσουν κίνδυνο.

[4,2] Η υπερθέρμανση εξαρτημάτων, ακροδεκτών, συνδέσεων, κυβελών να μην οδηγήσει σε περαιτέρω διάδοση της φωτιάς. Συμπεριλαμβάνονται δοκιμές σύρματος λάμψης (glow wire) / φλόγας βελόνας (needle flame).

(A) Μονάδες συσσωρευτών: Επιπλέον απαίτηση:

Στην περίπτωση που η κυψέλη αναφλεγεί (ignited) ή αστοχήσει έως το σημείο ανάφλεξης, να μην οδηγήσει σε διάδοση της φωτιάς πέρα από αυτή τη μονάδα.

Οι αντίστοιχες **απαιτήσεις προτύπων** είναι:

A) Για τις μονάδες συσσωρευτών

Από το πρότυπο [IEC 60950-1 \(2013\)](#)

- Παρ. 4.7 [4,1, 4,2]

Παρ. [4.7: Αντίσταση στη φωτιά](#) {σελ. 342}

Από το πρότυπο [UL 1973](#) (2013)

Ενότητα 7 [4,1, 4,2], Ενότητα 36 [4,1], Ενότητα 37 [4,1, 4,2]

Εν. 7 (2013) → Εν. [9](#) (2018): [Προσδιορισμός πιθανότητας κινδύνου φωτιάς](#) {σελ. 263}

Εν. 36 (2013) → Εν. [38](#) (2018): [Δοκιμή έκθεσης σε εξωτερική φωτιά](#) {σελ. 279}

Εν. 37 (2013) → Εν. [39](#) (2018): [Δοκιμή ανοχής σε αστοχία μίας κυψέλης](#) {σελ. 280}

Από το πρότυπο [IEC 62619](#) (2017)

Παρ. 7.2.4 [4,1], 7.3 [4,2], Παραρτήματα Α [4,1] και Β [4,1, 4,2].

Παρ. [7.2.4](#): [Δοκιμή θερμικής κατάχρησης σε κυψέλη ή ομάδα κυψελών](#) {σελ. 297}

Παρ. [7.3](#): [Μελέτη εσωτερικού βραχυκυκλώματος – αξιολόγηση σχεδίασης](#) {σελ. 299}

Παράρτημα Α (κανονιστικό): [Περιοχή λειτουργίας κυψελών για ασφαλή χρήση](#) {σελ. 304}

Παράρτημα Β (πληροφοριακό): [Διαδικασία δοκιμής διάδοσης](#) {σελ. 307}

Από το πρότυπο [IEC 62040-1-1](#) (2003)

- Παρ. 7.5 [4,1, 4,2]

Παρ. [7.5](#): [Αντίσταση στη φωτιά](#) {σελ. 345}

Από το πρότυπο [IEC 60335-1](#) (2017):

- Παρ. 30.2 [4,2]

Παρ. [30.2](#) {σελ. 325} (Τμήμα της Ενότητας 30: Αντίσταση στη θερμότητα και τη φωτιά)

Β) Για τα προσυναρμολογημένα BS

Ομοίως με (Α), εκτός από το πρότυπο [IEC 62619](#) που δεν καλύπτει την περίπτωση 4,2, και καλύπτει μόνο εν μέρει την περίπτωση 4,1 (όσον αφορά τις μονάδες συσσωρευτών).

Γ) Για τα προσυναρμολογημένα ολοκληρωμένα BESS

Ομοίως με (Β).

4,3 Αντίσταση στη θερμότητα

Στόχος είναι, το υλικό που συγκρατεί μέρη υπό τάση να μην παραμορφώνεται από τη θερμότητα τόσο ώστε να εκτεθούν μέρη υπό τάση, ή να μειωθούν οι αποστάσεις ερπυσμού και διακένου.

Ελάχιστες απαιτήσεις για την επίτευξη του στόχου:

Γενικά καλύπτεται από τις δοκιμές κανονικής/μη κανονικής λειτουργίας, και εξωτερικής/εσωτερικής φωτιάς. Δεν υπάρχουν επιπλέον ειδικά κριτήρια.

Απαιτήσεις προτύπων

Δεν υπάρχουν εξειδικευμένες απαιτήσεις, το ζήτημα καλύπτεται κατά περίπτωση από διάφορες παραγράφους.

Από το πρότυπο [IEC 60950-1](#) (2013)

Σε περίπτωση που απαιτείται, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως παράδειγμα ειδικής δοκιμής η παρ. 4.5.5 και το Παράρτημα Α.

Παρ. [4.5.5: Αντίσταση σε μη κανονική θερμότητα](#) {σελ. 342}

Παράρτημα [Α \(κανονιστικό\): Δοκιμές αντοχής στη θερμότητα και τη φωτιά](#) {σελ. 343}

Τέλος Κατηγορίας 4: Αντίσταση σε θερμότητα, φωτιά, έκρηξη

Κατηγορία 5: Κατασκευαστικές απαιτήσεις

5,1 Προστασία από μηχανική ζημιά

Στόχος είναι η προστασία του εξοπλισμού, ώστε να αποτραπεί μηχανική ζημιά στον εξοπλισμό ή κίνδυνος από την πρόσκρουση (impact).

Ελάχιστες απαιτήσεις για την επίτευξη του στόχου:

A) Για τις Μονάδες συσσωρευτών

Το περίβλημα της μονάδας συσσωρευτή έχει επαρκή μηχανική αντοχή για την αναμενόμενη τοποθεσία.

Δεν προξενείται ζημιά όταν υποβάλλεται σε δύναμη / συστροφή (twist) / πίεση.

Δεν προξενείται ζημιά όταν υποστεί πτώση (dropped) ή πρόσκρουση.

B) Για τα προσυναρμολογημένα BS

Ομοίως με (A).

Γ) Για τα προσυναρμολογημένα ολοκληρωμένα BESS

Ομοίως με (A) και (B).

Οι αντίστοιχες **απαιτήσεις προτύπων**:

A) Για τις Μονάδες συσσωρευτών

Από το πρότυπο [IEC 60950-1 \(2013\)](#)

- Παρ. [4.2: Μηχανική αντοχή](#) {σελ. 342}

Από το πρότυπο [UL 1973 \(2013\)](#)

- Ενότητες **27, 28**

Εν. **27** (2013) → Εν. [29 \(2018\): Δοκιμή πρόσκρουσης](#) {σελ. 274}

Εν. **28** (2013) → Εν. [30 \(2018\): Δοκιμή πρόσκρουσης πτώσης](#) {σελ. 275}

Από το πρότυπο [IEC 62619 \(2017\)](#)

- Παρ. [7.2.2: Δοκιμή πρόσκρουσης \(impact\) \(κυψέλη ή ομάδα κυψελών\)](#) {σελ. 294}

- Παρ. [8.1: Γενικές απαιτήσεις \(ασφάλειας συστήματος συσσωρευτών\)](#) {σελ. 300}

Από το πρότυπο [IEC 62040-1-1 \(2003\)](#)

- Παρ. [7.3 \(Μηχανική αντοχή\)](#) {σελ. 345}

B) Για τα προσυναρμολογημένα BS

Ομοίως με (A), αλλά το πρότυπο [IEC 62619](#) καλύπτει μόνο εν μέρει (όσον αφορά τις μονάδες συσσωρευτών).

Γ) Για τα προσυναρμολογημένα ολοκληρωμένα BESS
Ομοίως με (B).

5,2 Προστασία από μηχανικό κίνδυνο

Στόχος είναι η προστασία ατόμων και περιουσίας (property), από μηχανικό κίνδυνο λόγω της λειτουργίας του εξοπλισμού.

Ελάχιστες απαιτήσεις για την επίτευξη του στόχου:

A) Για τις Μονάδες συσσωρευτών

Η μονάδα σε κανονική λειτουργία δεν έχει ως αποτέλεσμα μη προστατευόμενα κινούμενα μέρη, που θα μπορούσαν να προκαλέσουν τραυματισμό.

B) Για τα προσυναρμολογημένα BS

Ομοίως με (A), αλλά όσον αφορά ολόκληρο τον εξοπλισμό.

Γ) Για τα προσυναρμολογημένα ολοκληρωμένα BESS

Ομοίως με (B).

Οι αντίστοιχες **απαιτήσεις προτύπων**:

A) Για τις Μονάδες συσσωρευτών

Από το πρότυπο [IEC 60950-1 \(2013\)](#)

- Παρ. **2.8.5, 4.2, 4.3** και διάφορες άλλες αναφορές στο κείμενο.

Παρ. [2.8.5: Κινούμενα μέρη](#) {σελ. 341}

Παρ. [4.2: Μηχανική αντοχή](#) {σελ. 342}

Παρ. [4.3: Σχεδιασμός και κατασκευή](#) {σελ. 342}

Από το πρότυπο [UL 1973 \(2013\)](#)

Ενότητες **28** (δοκιμή πτώσης), **29** (δοκιμή στερέωσης σε τοίχο)

Εν. **28** (2013)→Εν. **30** (2018): [Δοκιμή πρόσκρουσης πτώσης](#) {σελ. 275}

Εν. **29** (2013)→Εν. **31** (2018): [Δοκιμή χειρολαβής/διάταξης στερέωσης σε τοίχο](#) {σελ. 276}

Από το πρότυπο [IEC 62619 \(2017\)](#)

Παρ. [7.2.2: Δοκιμή πρόσκρουσης \(κυψέλη ή ομάδα κυψελών\)](#) {σελ. 294}

Παρ. [7.2.3: Δοκιμή πτώσης \(κυψέλη ή ομάδα κυψελών, και σύστημα συσσωρευτών\)](#) {σελ. 295}

Παρ. [8.1: Γενικές απαιτήσεις \(ασφάλειας συστήματος συσσωρευτών\)](#): {σελ. 300}

Από το πρότυπο [IEC 62040-1-1 \(2003\)](#)

- Παρ. [7.3 \(Μηχανική αντοχή\)](#) {σελ. 345}

B) Για τα προσυναρμολογημένα BS

Ομοίως με (A), αλλά το πρότυπο [IEC 62619](#) καλύπτει μόνο εν μέρει (όσον αφορά τις μονάδες συσσωρευτών).

Γ) Για τα προσυναρμολογημένα ολοκληρωμένα BESS

Ομοίως με (B).

5,3 Ευστάθεια (stability) [μηχανική]

Στόχος είναι ο εξοπλισμός να είναι (μηχανικά) ευσταθής, και ακόμη στην περίπτωση που βρίσκεται υπό καθορισμένη (defined) γωνία, δεν θα αναποδογυρίσει (tip over).

Ελάχιστες απαιτήσεις για την επίτευξη του στόχου:

A) Για τις Μονάδες συσσωρευτών

Δεν είναι εφαρμόσιμο.

B) Για τα προσυναρμολογημένα BS

Ο εξοπλισμός δεν αναποδογυρίζει (overturn).

Γ) Για τα προσυναρμολογημένα ολοκληρωμένα BESS

Ομοίως με (B).

Οι αντίστοιχες **απαιτήσεις προτύπων**:

A) Για τις Μονάδες συσσωρευτών

Δεν υπάρχουν.

B) Για τα προσυναρμολογημένα BS

Από το πρότυπο [IEC 60950-1 \(2013\)](#)

Παρ. [4.1: Ευστάθεια](#) {σελ. 342}

Από το πρότυπο [UL 1973](#) (2013)

Ενότητες **26** (δοκιμή στατικής δύναμης), **29** (δοκιμή στερέωσης σε τοίχο)

Εν. **26** (2013) → Εν. [28 \(2018\): Δοκιμή στατικής δύναμης](#) {σελ. 273}

Εν. **29** (2013) → Εν. [31 \(2018\): Δοκιμή χειρολαβής/διάταξης στερέωσης σε τοίχο](#) {σελ. 276}

Όμως αυτό είναι κυρίως απαίτηση της εγκατάστασης περισσότερο από απαίτηση του προϊόντος.

Από το πρότυπο [IEC 62040-1-1 \(2003\)](#)

- Παρ. [7.2 \(Ευστάθεια\)](#) {σελ. 345}

Γ) Για τα προσυναρμολογημένα ολοκληρωμένα BESS

Ομοίως με (B).

5,4 Στεγανότητα (weatherproof) / εισαγωγή νερού (moisture ingress) / υγρασία ατμόσφαιρας (humidity)

Στόχος είναι ο εξοπλισμός να έχει την κατάλληλη κατηγοριοποίηση (rating) στεγανότητας για την προβλεπόμενη χρήση, τοποθεσία και εισαγωγή νερού.

Ελάχιστες απαιτήσεις για την επίτευξη του στόχου:

A) Για τις Μονάδες συσσωρευτών

Δεν είναι εφαρμόσιμο.

B) Για τα προσυναρμολογημένα BS

Για εσωτερικό χώρο, κατηγορία IP2X.

Για εξωτερικό χώρο, προτιμάται κατηγορία IP54 στη γενική περίπτωση, και IP55 εφόσον βρίσκεται σε θέση που μπορεί να δεχθεί πίνακα νερού (water jet) (βλ. παρ. **4.3.3.1** του [AS/NZS 5033](#) [Installation and safety requirements for photovoltaic (PV) arrays])

Σημειώνεται ότι για το [AS/NZS 3000](#) [Electrical Installations] αρκεί η κατηγορία IP23.

Εάν απαιτείται, δοκιμή αλατούχου νέφους (salt mist) σύμφωνα με το [IEC 60068-2-52](#) [Environmental testing. Tests. Test Kb: Salt mist, cyclic (sodium chloride solution)]

Γ) Για τα προσυναρμολογημένα ολοκληρωμένα BESS

Ομοίως με (B).

Οι αντίστοιχες **απαιτήσεις προτύπων:**

A) Για τις Μονάδες συσσωρευτών

Δεν υπάρχουν.

B) Για τα προσυναρμολογημένα BS

- Από το πρότυπο [IEC 60950-1](#) (2013)

Καλύπτεται εν μέρει από τις παρ. **1.1.2, 2.10.1.2**, Παράρτημα **T**.

Αλλά μόνο ως καθοδήγηση, οι απαιτήσεις δεν είναι συγκεκριμένες.

Επίσης, οι παρ. **2.9.1, 2.9.2, 2.10.8.3, 2.10.10, 2.10.11**

Δεν υπάρχει δοκιμή αλατούχου νέφους.

Παρ. [1.1.2: Πρόσθετες απαιτήσεις](#) {σελ. 340}

Παρ. [2.9.1: Ιδιότητες μονωτικών υλικών](#) {σελ. 341}

Παρ. [2.9.2: Προετοιμασία υγρασίας](#) {σελ. 341}

Παρ. [2.10.1.2: Βαθμοί μόλυνσης](#) {σελ. 341}

Παρ. [2.10.8.3: Δοκιμή ηλεκτρικής αντοχής](#) {σελ. 342} [σε επικαλυμμένα τυπωμένα κυκλώματα και επικαλυμμένα εξαρτήματα]

Παρ. [2.10.10: Δοκιμή για περιβάλλον Βαθμού Μόλυνσης 1 και για μονωτική ουσία](#) {σελ. 342}

Παρ. [2.10.11: Δοκιμές για διατάξεις ημιαγωγών και για συνδέσεις γεμισμένες με συγκολλητική μονωτική ουσία](#) {σελ. 342}

Παράρτημα **T** (πληροφοριακό): [Καθοδήγηση για την προστασία ενάντια στην είσοδο νερού](#) {σελ. 343}

Από το πρότυπο [UL 1973](#) (2013)

Καλύπτεται εν μέρει από τις Ενότητες **34** (αλλά μόνο καθοδήγηση, όχι συγκεκριμένες απαιτήσεις) και **35** (δοκιμή αλατούχου νέφους). Δεν υπάρχει δοκιμή ατμοσφαιρικής υγρασίας.

Εν. **34** (2013) → [Εν. 36 \(2018\): Δοκιμή αντοχής στην υγρασία](#) {σελ. 277}

Εν. **35** (2013) → [Εν. 37 \(2018\): Δοκιμή αλατούχου νέφους](#) {σελ. 278}

Από το πρότυπο [IEC 62040-1-1](#) (2003)

Καλύπτεται εν μέρει από την παρ. **1.2** και το Παράρτημα **H** (αλλά μόνο καθοδήγηση, όχι συγκεκριμένες απαιτήσεις). Δεν υπάρχει δοκιμή αλατούχου νέφους.

Παρ. [1.2: Ειδικές εφαρμογές](#) {σελ. 344}

Παράρτημα **H** (πληροφοριακό): [Καθοδήγηση για την προστασία ενάντια στην είσοδο νερού και ξένων αντικειμένων](#) {σελ. 346}

Γ) Για τα προσυναρμολογημένα ολοκληρωμένα BESS

Ομοίως με (B).

5,5 Συμμόρφωση εξαρτημάτων

Στόχος είναι τα διάφορα εξαρτήματα να συμμορφώνονται (comply) με τις σχετικές απαιτήσεις ή πρότυπα ασφαλείας που τα αφορούν.

Ελάχιστες απαιτήσεις για την επίτευξη του στόχου:

Η δοκιμή (testing) ή η πιστοποίηση (certification) των εξαρτημάτων σύμφωνα με τα σχετικά πρότυπα: Διακόπτες (switches), ασφάλειες (fuses), θερμοστάτες (thermostats), διατάξεις υπερθέρμανσης (overtemperature), διατάξεις επικοινωνίας (comms).

Οι αντίστοιχες **απαιτήσεις προτύπων**:

A) Για τις Μονάδες συσσωρευτών

Από το πρότυπο [IEC 60950-1 \(2013\)](#)

- Παρ. [1.5: Εξαρτήματα](#) {σελ. 340}

Από το πρότυπο [UL 1973 \(2013\)](#)

- Παράρτημα A (2013)→ Παράρτημα [A \(2018\)](#) {σελ. 286}

Από το πρότυπο [IEC 62040-1-1 \(2003\)](#)

- Παρ. [4.3: Εξαρτήματα](#) {σελ. 344}

B) Για τα προσυναρμολογημένα BS

Ομοίως με (A)

Γ) Για τα προσυναρμολογημένα ολοκληρωμένα BESS

Ομοίως με (A) και (B).

Μέσα Ηλεκτρικής Σύνδεσης

5,6 Σύνδεση του εξοπλισμού με το ηλεκτρικό σύστημα

5,7 Εσωτερική καλωδίωση

Στόχος είναι:

[5,6] Οι ακροδέκτες, συνδετήρες κλπ. να επιτυγχάνουν ασφαλή σύνδεση με το σύστημα καλωδίωσης της εγκατάστασης, ή με τα υπόλοιπα τμήματα του εξοπλισμού προς τα οποία συνδέεται ένα τμήμα.

[5,7] Η εσωτερική καλωδίωση να είναι ασφαλής και προστατευμένη.

Οι **ελάχιστες απαιτήσεις** για την επίτευξη του στόχου:

A) Για τις Μονάδες Συσσωρευτών

[5,6] Τα μέσα σύνδεσης να συμμορφώνονται με ένα κατάλληλο πρότυπο όσον αφορά τις απαιτήσεις σύνδεσης με άλλα εξαρτήματα (εσωτερικές συνδέσεις του εξοπλισμού).

[5,7] Η εσωτερική καλωδίωση να έχει επαρκείς ονομαστικές τιμές ρεύματος, θερμοκρασίας, κατηγορίας μόνωσης και να προστατεύεται ή να δρομολογείται κατάλληλα ώστε να αποφεύγει αιχμηρές άκρες, κινούμενα μέρη κλπ.

B) Για τα προσυναρμολογημένα BS

[5,6] Τα μέσα σύνδεσης να συμμορφώνονται με ένα κατάλληλο πρότυπο όσον αφορά τις απαιτήσεις σύνδεσης με την εγκατάσταση.

[5,7] Ομοίως με (A).

Γ) Για τα προσυναρμολογημένα ολοκληρωμένα BESS

[5,6] Ομοίως με (B).

[5,7] Ομοίως με (A) και (B).

Οι αντίστοιχες **απαιτήσεις προτύπων:**

Από το πρότυπο [IEC 60950-1 \(2013\)](#)

- Ενότητα [3: Καλωδίωση, συνδέσεις και τροφοδοσία](#) {σελ. 342}

Από το πρότυπο [UL 1973 \(2013\)](#)

- Παρ. [5.4 \(2013\)](#) → Παρ. [7.4 \(2018\): Καλωδίωση και τερματικοί ακροδέκτες](#) {σελ. 254}

Από το πρότυπο [IEC 62619 \(2017\)](#)

- Παρ. [5.6: Συναρμολόγηση κυψελών, μονάδων ή συστοιχιών συσσωρευτών σε συστήματα συσσωρευτών](#) {σελ. 293}

- Παρ. [8.1: Γενικές απαιτήσεις \(ασφάλειας συστήματος συσσωρευτών\):](#) {σελ. 300}

Από το πρότυπο [IEC 62040-1-1 \(2003\)](#)

- [5,6] Εν. [6 \(Καλωδίωση, συνδέσεις και τροφοδοσία\)](#) {σελ. 345}

- [5,7] Παρ. [6.1: Γενικά](#) {σελ. 345}

B) Για τα προσυναρμολογημένα BS

Ομοίως με το (A), όμως ειδικά οι ανωτέρω προβλέψεις του [IEC 62619](#) καλύπτουν μόνο μερικώς τις απαιτήσεις, καθώς περιλαμβάνει μόνο τις περιεχόμενες μονάδες συσσωρευτών και όχι ολόκληρα τα προσυναρμολογημένα συστήματα.

Γ) Για τα προσυναρμολογημένα ολοκληρωμένα BESS

Ομοίως με (B).

Τέλος Κατηγορίας 5: Κατασκευαστικές απαιτήσεις

Κατηγορία 6: Σήμανση / Οδηγίες (Marking / Instructions)

6,1 Ταυτοποίηση (identification)

6,2 Ονομαστικές τιμές (rating) / πινακίδες (nameplates)

6,3 Πληροφορίες και οδηγίες εγκατάστασης, ενεργοποίησης και διασύνδεσης

6,4 Πληροφορίες λειτουργίας και συντήρησης

Στόχος είναι:

[6,1] Να μπορεί να ταυτοποιηθεί ο κατασκευαστής (manufacturer) / ο προμηθευτής (supplier) και τα τυχόν κρίσιμα εξαρτήματα (critical components).

[6,2] Να υπάρχουν επαρκείς λεπτομέρειες πάνω στον εξοπλισμό ή το εξάρτημα.

[6,3] Να υπάρχουν επαρκείς λεπτομέρειες ώστε να εξασφαλιστεί η σωστή εγκατάσταση / συναρμολόγηση (assembly) / ρύθμιση (set up) και ενεργοποίηση (commissioning) του εξοπλισμού.

[6,4] Να υπάρχουν λεπτομέρειες για την ασφαλή χρήση και συντήρηση.

Ελάχιστες απαιτήσεις για την επίτευξη του στόχου:

[6,1] Λεπτομέρειες σχετικά με τον κατασκευαστή, τον προμηθευτή, τη μάρκα (brand), το μοντέλο (model), να είναι ανεξίτηλα (indelibly) γραμμένες σε ορατή θέση μετά την εγκατάσταση.

Ειδικά για το (Α): Μονάδες συσσωρευτών: Οι παραπάνω πληροφορίες να είναι ορατές μετά από αφαίρεση των εξωτερικών καλυμμάτων.

[6,2] Να υπάρχουν επαρκείς πληροφορίες πάνω στην πινακίδα, ώστε να επιτρέπουν την ασφαλή εγκατάσταση. Ορισμένα θέματα που μπορεί να ληφθούν υπόψη:

Μάρκα, μοντέλο, τάση, χωρητικότητα ενέργειας, κατηγορία IP, κατηγορία προστασίας (I ή II ή III), δηλαδή γειωμένο ή με διπλή μόνωση.

[6,3] Να υπάρχουν επαρκείς πληροφορίες στις οδηγίες, όπως απαιτείται. Ορισμένα θέματα που μπορεί να ληφθούν υπόψη:

- Να επισημαίνονται τα τμήματα που δεν πρέπει να επηρεάζονται, ή που πρέπει να προστατεύονται, για να αποτραπεί κάποιος κίνδυνος, όσον αφορά αναμενόμενες εξωτερικές χημικές επιδράσεις.

- Να λαμβάνονται υπόψη οι οδηγίες χρήσης και εγκατάστασης, και να τηρούνται τα απαραίτητα διάκενα και αποστάσεις, που αφορούν άλλα τμήματα / διατάξεις / πηγές θέρμανσης κλπ.

- Να περιγράφεται ο απαραίτητος εξαερισμός.

[6,4] Να υπάρχουν επαρκείς πληροφορίες στις οδηγίες, όπως απαιτείται. Ορισμένα θέματα που μπορεί να περιλαμβάνονται::

- Επαρκή τοπικά σήματα προειδοποίησης (warning alarms), ειδικά σε σημεία όπου η αστοχία / αποδόμηση θα μπορούσε τελικά να οδηγήσει σε κίνδυνο ασφάλειας.

- Ειδοποίηση για το ποιο ζήτημα ασφάλειας οδήγησε τη διάταξη σε απενεργοποίηση ή μειωμένη απόδοση (reduced output).

- Οδηγίες για τη διατήρηση των διακένων και των αποστάσεων από άλλα υλικά,

- Οδηγίες για τη λειτουργία του εξαερισμού, εάν είναι απαραίτητο

- Οδηγίες για τυχόν απαιτήσεις καθαρισμού.

Οι αντίστοιχες **απαιτήσεις προτύπων** είναι:

Α) Για τις μονάδες συσσωρευτών

Από το πρότυπο [IEC 60950-1 \(2013\)](#)

- Παρ. **1.7 [6,2, 6,3, 6,4]** (καλύπτεται εν μέρει)

Παρ. [1.7: Σήμανση και οδηγίες](#) {σελ. 340}

Από το πρότυπο [UL 1973 \(2013\)](#)

- Παρ. **38.2 [6,1, 6,2]**, Παρ. **39.1 [6,3]**, **39.3 [6,4]**, **39.5 [6,4]**

Εν. **38 (2013)** → Εν. [41 \(2018\): Σημάνσεις](#) {σελ. 283}

Εν. **39 (2013)** → Εν. [42 \(2018\): Οδηγίες](#) {σελ. 285}

Από το πρότυπο [IEC 62040-1-1 \(2003\)](#)

- Παρ. **4.5 [6,1, 6,2]**, Παρ. **4.5.3 (οδηγίες ασφάλειας) [6,3, 6,4]**

Παρ. [4.5: Σήμανση και οδηγίες](#) {σελ. 344}

Παρ. [4.5.3: Οδηγίες ασφαλείας](#) {σελ. 344}

Από το πρότυπο [IEC 60335-1 \(2017\)](#):

Ενότητα [7: Σήμανση και Οδηγίες](#) {σελ. 309}

B) Για τα προσυναρμολογημένα BS

Ομοίως με (Α).

Η παρ. [1.7](#) του [IEC 60950-1 \(2013\)](#) καλύπτει εν μέρει και το [6,1]

Γ) Για τα προσυναρμολογημένα ολοκληρωμένα BESS

Ομοίως με (B).

Τέλος Κατηγορίας 6: Σήμανση / Οδηγίες

Κατηγορία 7: Διάφορες απαιτήσεις (miscellaneous requirements)

7,1 Ακτινοβολία (radiation)

Στόχος είναι να μην υπάρχει κίνδυνος από ακτινοβολία.

Ελάχιστες απαιτήσεις για την επίτευξη του στόχου:

Εάν είναι εφαρμόσιμο: Να μην υπάρχει κίνδυνος από ακτινοβολία.

Σημείωση: Είναι δυνατόν το προϊόν να συμμορφώνεται λόγω σχεδίασης, δηλαδή να μην περιέχει πηγή κινδύνου ακτινοβολίας.

Αντίστοιχες **απαιτήσεις προτύπων:**

A) Για τις Μονάδες συσσωρευτών

Από το πρότυπο [IEC 60950-1 \(2013\)](#)

- Παρ. [4.3.13: Ακτινοβολία](#) {σελ. 342}

B) Για τα προσυναρμολογημένα BS

Ομοίως με (Α).

Γ) Για τα προσυναρμολογημένα, ολοκληρωμένα BESS

Ομοίως με (Α) και (B).

7,2 Αντίσταση στη σκουριά (rusting)

Στόχος είναι η αποφυγή των κινδύνων λόγω σκουριάς.

Ελάχιστη απαίτηση:

Τα μεταλλικά μέρη να μην σκουριάσουν σε βαθμό που θα μπορούσε να προκαλέσει κίνδυνο.

Οι αντίστοιχες **απαιτήσεις προτύπων** είναι:

A) Για τις Μονάδες συσσωρευτών

Από το πρότυπο [IEC 60950-1 \(2013\)](#)

- Παρ. [2.6.5.6](#) (διάβρωση) και Παράρτημα **J**

Παρ. [2.6.5.6: Αντίσταση στη διάβρωση](#) {σελ. }

Παράρτημα J (κανονιστικό): Πίνακας ηλεκτροχημικών δυναμικών {σελ. 343}

Από το πρότυπο [UL 1973 \(2013\)](#)

- Παρ. 5.2: μέταλλο ανθεκτικό στη διάβρωση (erosion)

Παρ. [5.2 \(2013\)](#) → Παρ. [7.2 \(2018\): Αντίσταση μεταλλικών μερών στη διάβρωση](#) {σελ. 252}

B) Για τα προσυναρμολογημένα BS

Ομοίως με (A).

Γ) Για τα προσυναρμολογημένα, ολοκληρωμένα BESS

Ομοίως με (A) και (B).

Διαρροή (spillage)

7,3 Εσωτερική (internal)

7,4 Εξωτερική (external)

Ο **στόχος** είναι:

[7,3] Ο εξοπλισμός να προστατεύει από κινδύνους λόγω οποιασδήποτε διαρροής (spillage or leakage) υγρών από το εσωτερικό του εξοπλισμού.

[7,4] Ο εξοπλισμός να προστατεύεται από οποιαδήποτε προβλέψιμη διαρροή (spillage) υγρών πάνω στον εξοπλισμό.

Οι **ελάχιστες απαιτήσεις** για την επίτευξη του στόχου:

A) Για τις μονάδες συσσωρευτών

[7,3] Η εσωτερική διαρροή (spillage/leakage) ή ρήξη (rupture) δεν επηρεάζει την ηλεκτρική μόνωση, ή δεν δημιουργεί κίνδυνο.

[7,4] Δεν είναι εφαρμόσιμο.

B) Για τα προσυναρμολογημένα BS

[7,3] Εάν είναι εφαρμόσιμο: Ομοίως με (A).

[7,4] Εάν είναι εφαρμόσιμο: Η εξωτερική διαρροή δεν επηρεάζει την ηλεκτρική μόνωση, ή δεν δημιουργεί κίνδυνο.

Γ) Για τα προσυναρμολογημένα, ολοκληρωμένα BESS

Ομοίως με (B).

Οι αντίστοιχες **απαιτήσεις προτύπων**:

A) Για τις μονάδες συσσωρευτών

Από το πρότυπο [IEC 60950-1 \(2013\)](#)

[7,3] Καλύπτεται εν μέρει από την παρ. [4.3.8: Συσσωρευτές](#) {σελ. 342}

Από το πρότυπο [UL 1973 \(2013\)](#)

[7,3] Παρ. [5.10](#): συγκράτηση (containment) ηλεκτρολύτη

Παρ. [5.10](#) (2013) → Παρ. [7.10 \(2018\): Συγκράτηση ηλεκτρολύτη, και τμήματα που υπόκεινται σε πίεση](#) {σελ. 262}

B) Για τα προσυναρμολογημένα BS

Από το πρότυπο [IEC 60950-1 \(2013\)](#)

[7,3, 7,4] Παρ. [4.3.10](#)

Παρ. [4.3.10: Σκόνη, κονίες, υγρά και αέρια](#) {σελ. 342}

Γ) Για τα προσυναρμολογημένα, ολοκληρωμένα BESS

Ομοίως με (B).

Τέλος Κατηγορίας 7: Διάφορες Απαιτήσεις

3.4 Άλλες προβλέψεις του προτύπου UL 1973 (2018)

Υπάρχουν ορισμένες ενότητες και παράγραφοι του προτύπου [UL 1973 \(2018\)](#), στις οποίες δεν γίνεται άμεση αναφορά κατά την παράθεση των κινδύνων της παρ. 3.3, αλλά είναι χρήσιμες για την πληρέστερη κάλυψη του θέματος, καθώς σε αυτές γίνεται επαναλαμβανόμενη αναφορά από τις παραγράφους του προτύπου που έχουν ήδη παρουσιαστεί προηγουμένως. Οι ενότητες/παράγραφοι αυτές είναι οι ακόλουθες:

Παρ. [7.7: Ανάλυση ασφάλειας συστήματος](#) {σελ. 258}

Επίδοση: Ενότητα [8: Γενικά](#) {σελ. 263}

Παρ. [10.2](#) {σελ. 264} (Μέρος της Εν. 10: Σημαντικές παράμετροι (considerations) δοκιμών)

Πίνακας [12.1: Αποτελέσματα μη συμμόρφωσης στις δοκιμές](#) {σελ. 264}

Παρ. [12.2](#) {σελ. 265} (Μέρος της Εν. 12: Αποτελέσματα δοκιμών)

Εν. [13: Προσδιορισμός τοξικών εκπομπών](#) {σελ. 266}

Παράρτημα [F \(Πληροφοριακό\): Μέθοδοι Αστοχίας Κυψέλης](#) {σελ. 288}

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΤΥΠΑ ΧΩΡΟΥ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

4.1 Θέματα πυρασφάλειας και πυροπροστασίας

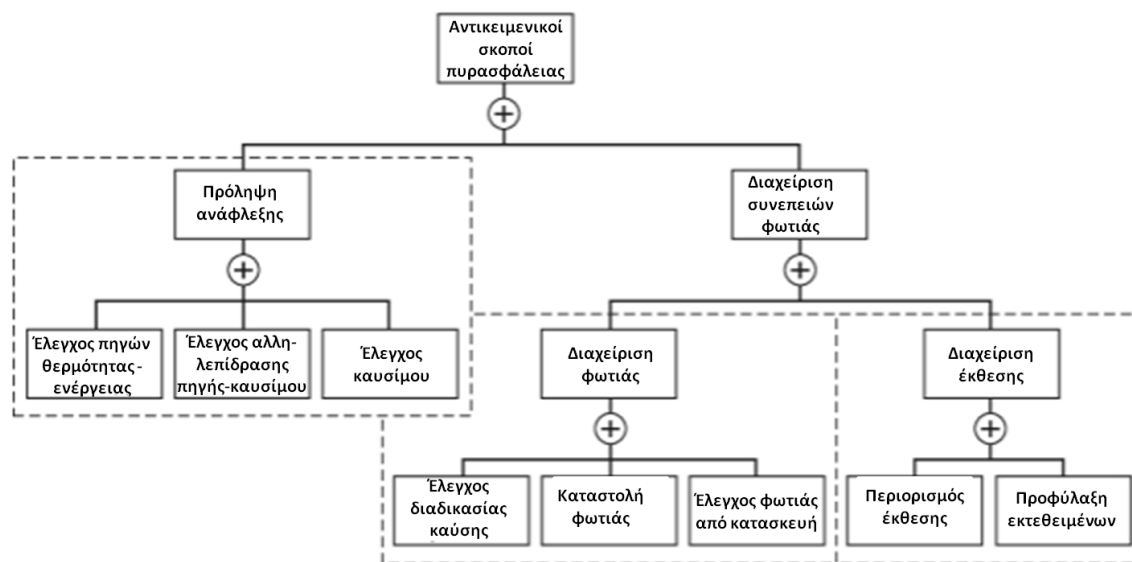
4.1.1 Γενικές κατευθυντήριες γραμμές για την εγκατάσταση

Οι εταιρείες που σχεδιάζουν να χρησιμοποιήσουν BESS πρέπει να μελετήσουν τις προκλήσεις πυροπροστασίας και να μειώσουν τους κινδύνους στο ελάχιστο δυνατό. [15] Εάν δεν μπορούν να ικανοποιηθούν οι απαιτήσεις ασφάλειας, η εγκατάσταση δεν πρέπει να προχωρήσει. Αυτό αφορά τόσο τη σχεδίαση του τελικού προϊόντος, όσο και την εγκατάσταση, συντήρηση, απόσυρση καθώς και τα διάφορα στάδια της τροφοδοτικής αλυσίδας. [17]

Πολλοί κατασκευαστές, αλλά και ηλεκτρικές εταιρείες, διενεργούν δοκιμές για τους τρόπους προστασίας των BESS και των κτιρίων όπου αυτά εγκαθίστανται. Όμως, σε πολλές περιπτώσεις τα αποτελέσματα των δοκιμών αυτών είναι εμπιστευτικά. Γίνονται προσπάθειες για να ενθαρρύνεται η δημοσιοποίηση των πληροφοριών αυτών. [15]

Το «δέντρο της πυρασφάλειας» και η εφαρμογή του στα BESS

Το πρότυπο [NFPA 550](#) [Guide to the Fire Safety Concepts Tree] είναι ένα χρήσιμος τρόπος να παρασταθούν εποπτικά οι αρχές της πυρασφάλειας (πρόληψη, ενεργητική και παθητική πυροπροστασία) μέσω δομής «δέντρου», η βασική δομή του οποίου φαίνεται στο Σχήμα 4.1.



Σχήμα 4.1. Οι πύλες (gates) ανώτερου επιπέδου του δέντρου εννοιών πυρασφάλειας, και επιλεγμένες πύλες κατώτερου επιπέδου. (Fig. 4.3 του [NFPA 550](#)).

Παραμένοντας στο ανώτερο επίπεδο, τα βασικά μέτρα που περιγράφονται παρακάτω μπορούν να ομαδοποιηθούν σε μέτρα πρόληψης (prevent fire ignition) και μέτρα πυροπροστασίας (manage fire impact) ως εξής: [50]



ESS από εγκεκριμένο κατάλογο
BMS και συμβατός εξοπλισμός
Ορθή εγκατάσταση
Εξαερισμός, όπου χρειάζεται

Πυράντοχα διαχωριστικά
Κατάσβεση και έλεγχος
Χωρική απόσταση και MAQ
Θέση στο κτίριο ή το χώρο
Σήμανση

Σχήμα 4.2. Οι πύλες ανώτερου επιπέδου του Σχ. 4.1, και αντίστοιχα λαμβανόμενα μέτρα [50].

Σχεδιασμός: Σαν σημείο έναρξης, είναι σκόπιμο να τεθούν τα ακόλουθα θέματα: [15]

- Κατασκευή του BESS. Παραδείγματα: συσσωρευτές σε ξεχωριστά δοχεία, φυσικός διαχωρισμός των συσσωρευτών, χρήση ξεχωριστών πυροδιαμερισμάτων, συστήματα πυροπροστασίας κ.ά.
- Δοκιμές πριν τεθεί σε λειτουργία.
- Πώς αντιδρούν οι συσσωρευτές της συγκεκριμένης τεχνολογίας στη φωτιά.
- Πώς μπορούν οι πυροσβέστες να γνωρίζουν ότι η φωτιά σε αυτόν τον τύπο πυροσβεστών έχει κατασβεστεί πλήρως.
- Πρόσκληση της Πυροσβεστικής στο χώρο για να δώσει μία εκτίμηση ή οδηγία.
- Επικινδυνότητα για τους διασώστες και για το κοινό από έκθεση σε τοξικές αναθυμιάσεις, ηλεκτροπληξία και άλλους κινδύνους σε περίπτωση φωτιάς ή άλλου ατυχήματος.
- Πιθανοί περιβαλλοντικοί κίνδυνοι από την αλληλεπίδραση των συστημάτων πυρόσβεσης με τους συσσωρευτές που αστόχησαν. [15]

Κατασκευή: Πρακτικά βήματα για την ελαχιστοποίηση της επικινδυνότητας κατά την κατασκευή ενός BESS: [15]

- Χρήση μη εύφλεκτων υλικών
- Έλεγχος του κατασκευαστή και του τόπου κατασκευής.
- Προσεκτική μεταφορά των συσσωρευτών. Είναι πολύ ευαίσθητοι, παρά τη φαινομενικά ανθεκτική κατασκευή τους (βλ. και παρ. 5.1.2)
- Διενέργεια εκτεταμένων δοκιμών για να προσδιοριστούν τυχόν αστοχίες.
- Επιβεβαίωση ότι περιλαμβάνουν ένα αποτελεσματικό σύστημα ελέγχου (BMS). [15]

Για υπαίθριες εγκαταστάσεις:

- Τοποθέτηση μακριά από κρίσιμα κτίρια ή εξοπλισμό.

- Όταν δεν είναι εφικτή η χωρική απομάκρυνση, να δημιουργείται διαχωρισμός όπως παθητικό σύστημα πυροφράγματος, ή ενεργητικό σύστημα πυροπροστασίας όπως καταιονιστήρες.
- Εγκατάσταση των συσσωρευτών σε ξεχωριστό δωμάτιο από τα συστήματα ελέγχου (BMS) και διακοπτικού εξοπλισμού. [15]

Για εγκαταστάσεις εσωτερικού χώρου:

- Το BESS πρέπει να είναι διαχωρισμένο από τις κρίσιμες υποδομές του κτιρίου.
- Οι συσσωρευτές και τα συστήματα BMS/διακοπτικού εξοπλισμού πρέπει να είναι σε ξεχωριστά δωμάτια, με πυράντοχα χωρίσματα (αντοχή φωτιάς 2 ωρών) για να αποκόψουν επαρκώς το δωμάτιο από τις περιβάλλουσες πηγές έκθεσης.
- Να προβλέπεται επαρκής διαχωρισμός ανάμεσα στις μονάδες συσσωρευτών.
- Να παρέχονται επαρκείς πυράντοχες πόρτες (>FR60, δηλαδή αντοχή διάρκειας πάνω από 60 λεπτά), που διατηρούνται κλειστές και διαθέτουν αυτόματο μηχανισμό κλεισίματος. Όταν χρησιμοποιούνται μονωμένα μεταλλικά πανέλα (insulated metal panels, IMPs), πρέπει να περιέχουν ένα πυρήνα από πετροβάμβακα (mineral wool), και να εγκαθίστανται σύμφωνα με τους όρους έγκρισής τους. Μόνο άφλεκτα IMPs επιτρέπεται να χρησιμοποιούνται.
- Να προβλέπεται ορθή διαχείριση των καλωδίων και άλλων αγωγών. Οι αγωγοί καλωδίων να σφραγίζονται επαρκώς ώστε να ικανοποιούν την αντοχή σε φωτιά του πυροδιαμερίσματος (δύο ώρες). Οι αγωγοί για τη θέρμανση, τον εξαερισμό και τον κλιματισμό πρέπει να έχουν πυράντοχα διαφράγματα (fire dampers), τα οποία να κλείνουν αυτόματα με την ενεργοποίηση του συναγερμού φωτιάς. Η πρόσβαση στο σύστημα για τη συντήρηση ή επισκευή των καλωδίων και αγωγών πρέπει να είναι ελεγχόμενη και κατόπιν αδείας. [15]

Θέση σε λειτουργία/ενεργοποίηση (commissioning):

- Οπτικός έλεγχος των συσσωρευτών κατά την εκφόρτωση.
- Επανάληψη εργοστασιακών δοκιμών.
- Επιβεβαίωση ότι οι εγκαταστάτες είναι επαρκώς εκπαιδευμένοι.
- Επιβεβαίωση για τον προγραμματισμό τακτικών επιθεωρήσεων και συντηρήσεων. [15]

Πυροπροστασία:

- Πρέπει να τοποθετούνται αυτόματα συστήματα πυρανίχνευσης, με ανιχνευτή καπνού έγκαιρης προειδοποίησης (early warning) ή πολύ έγκαιρης προειδοποίησης (very early warning), με χρήση συσκευών τύπου δειγματοληψίας αέρα (Aspirating Smoke Detectors, ASD), γνωστών με την εμπορική ονομασία VESDA (Very Early Smoke Detection Apparatus). Το σύστημα πρέπει να περιλαμβάνει συνεχή απομακρυσμένη παρακολούθηση.
- Όσον αφορά την ενεργητική πυροπροστασία (δηλ. συστήματα κατάσβεσης), οι δοκιμές και η έρευνα είναι σε αρχικά στάδια, και δεν υπάρχουν ευρέως διαθέσιμα δεδομένα δοκιμών που να αποδεικνύουν ότι κάποιος συγκεκριμένος τύπος ενεργητικής πυροπροστασίας μπορεί να προλάβει ή να ελέγξει τη θερμική φυγή. Επομένως, δεν υπάρχουν σαφείς οδηγίες για το είδος της απαιτούμενης πυροπροστασίας. Όμως, τα συστήματα αδρανών αερίων και αφρού δεν φαίνονται ικανά να θέσουν υπό έλεγχο τη θερμική φυγή, επομένως οι δυο κύριες επιλογές πιθανότατα θα είναι οι αυτόματοι καταιονιστήρες (sprinklers) και η τεχνητή ομίχλη νερού (water mist). [15]

4.1.2 Το πρότυπο NFPA 855: Standard for the Installation of Stationary Energy Storage Systems

Το αμερικανικό πρότυπο [NFPA 855](#), στην τρέχουσα έκδοση του 2020 [74], απαιτεί κάθε εγκατάσταση ESS να είναι χωρισμένη σε συστοιχίες έως 50 kWh η καθεμία, που να απέχουν μεταξύ τους και με τους τοίχους απόσταση 3 ft [91,44 mm]². Προβλέπει επίσης μια μέγιστη τιμή αποθηκευμένης ενέργειας σε κάθε χώρο, που εξαρτάται από την τεχνολογία αποθήκευσης. Για τους συσσωρευτές ιόντων λιθίου, η μέγιστη τιμή είναι 600 kWh [14].

Σύμφωνα με το [NFPA 855](#), οι εγκαταστάσεις ESS διακρίνονται σε υπαίθριες (outdoors) και εσωτερικού χώρου (indoors). Οι εγκαταστάσεις εσωτερικού χώρου διακρίνονται επιπλέον σε κτήρια αποκλειστικά για χρήση ESS, και σε κτήρια μικτής χρήσης. Εάν το κτίριο είναι μικτής χρήσης, τότε απαιτείται διαχωρισμός από τις άλλες χρήσεις του κτιρίου με πυροφραγμό αντοχής τουλάχιστον **2 ωρών**. Οι υπαίθριες εγκαταστάσεις διακρίνονται επίσης σε εγκαταστάσεις απομακρυσμένες (remote) και μη απομακρυσμένες (non-remote), ανάλογα με το αν η απόστασή τους από πηγές κινδύνου είναι μεγαλύτερη ή μικρότερη από 100 ft (30,48 m)³ [14].

Επίσης σύμφωνα με το με το [NFPA 855](#), τα συστήματα ESS απαιτείται να προστατεύονται από ένα σύστημα καταιονισμού που ικανοποιεί το [NFPA 13](#) [Standard for the Installation of Sprinkler Systems], με πυκνότητα καταιονισμού τουλάχιστον 0,3 gpm/ft²⁴ υπολογισμένη στο εμβαδόν του χώρου. Εάν ο χώρος είναι μικρότερος από 2500 ft² [232,2576 m²] τότε η πυκνότητα καταιονισμού θα υπολογιστεί με βάση το σταθερό εμβαδόν 2500 ft² [14] και επομένως η συνολική ροή του συστήματος καταιονισμού θα είναι 750 gpm [47,25 L/s]. Οι αριθμοί αυτοί προέκυψαν με βάση πρωτότυπο ερευνητικό έργο του Fire Protection Research Foundation (ίδρυμα που σχετίζεται με το NFPA) που βασίστηκε σε δοκιμές των UL και δημοσιεύτηκε τον Ιούνιο 2019 [14].

Η προετοιμασία για την αντιμετώπιση εκτάκτων περιστατικών είναι αναγκαία ήδη από το στάδιο σχεδιασμού μιας εγκατάστασης ESS. Χρειάζεται η ανάπτυξη σχεδίου αντιμετώπισης και αντίστοιχου προγράμματος εκπαίδευσης, πριν από την ενεργοποίηση της εγκατάστασης. Ιδιαίτερα σημαντική είναι η εκπαίδευση στο προσωπικό που εργάζεται στη συντήρηση και λειτουργία του κτηρίου, που προτείνεται να επαναλαμβάνεται σε ετήσια βάση. Επίσης, η τοπική Πυροσβεστική Υπηρεσία (εφόσον είναι δυνατόν, και άλλα κλιμάκια άμεσης επέμβασης π.χ. ΕΚΑΒ, Άμεση Δράση) πρέπει να είναι ενήμερη για την ύπαρξη και τις ιδιαιτερότητες της εγκατάστασης ώστε να μπορεί να αναγνωρίζει και να αντιμετωπίζει ταχύτερα τους σχετικούς κινδύνους [14].

² Η απόσταση 3 ft, για την ελληνική εφαρμογή μπορεί να στρογγυλοποιηθεί, είτε στο 1 m (διαφορά +9,4%), που είναι πρακτική και ευκολομνημόνευτη τιμή και προσθέτει ένα επιπλέον περιθώριο ασφάλειας, είτε στα 90 cm (διαφορά -1,6%) για να γίνεται καλύτερη εξοικονόμηση χώρου.

³ Η απόσταση 100 ft, για την ελληνική εφαρμογή μπορεί να στρογγυλοποιηθεί στα 30 m (διαφορά -1,6%) που είναι πρακτική και ευκολομνημόνευτη τιμή χωρίς αναμενόμενη βλάβη της ασφάλειας.

⁴ gpm = gallons per minute. Σε αυτή και παρόμοιες περιπτώσεις, προτείνουμε να χρησιμοποιούνται οι ακριβείς τιμές (στις μονάδες που δίνονται στο πρότυπο) για τους ενδιάμεσους υπολογισμούς, και να στρογγυλοποιείται μόνο το τελικό αποτέλεσμα, και μόνον εφόσον η στρογγυλοποίηση συνεισφέρει σε πρακτικότητα-ευχρησία.

Η NFPA παρέχει δωρεάν μέσω διαδικτύου μια ηλεκτρονική εφαρμογή [113] για αυτο-εκπαίδευση ομάδων διάσωσης, το οποίο ενημερώθηκε το 2019 και περιλαμβάνει στοιχεία για τα ESS, τους κινδύνους και τρόπους αντιμετώπισης [14]. Η εφαρμογή αυτή είναι περιορισμένης χρησιμότητας για την Ελλάδα, δεδομένου ότι είναι στην αγγλική γλώσσα και απηχεί την αμερικανική πραγματικότητα, σε κάθε περίπτωση όμως η ορθή χρήση της μπορεί να συνεισφέρει στην εκπαίδευση.

Μεταξύ άλλων η κατηγοριοποίηση των τύπων φωτιάς είναι διαφορετική στις ΗΠΑ (A,B,C,D,K) από ότι στην Ευρώπη (A,B,C,D,E,F), η τάση του δικτύου είναι διαφορετική (110 V 2Φ vs. 230 V 3Φ), ο χρωματικός κώδικας καλωδίων επίσης, και γενικά κάθε τεχνική πληροφορία πρέπει να ελεγχθεί αν ισχύει.

4.1.3 Ο κώδικας φωτιάς IFC

Ο **International Fire Code (IFC)** εκδίδεται από το International Code Council (ICC) [76], το οποίο, παρά το όνομά του, είναι σχεδόν αποκλειστικά αμερικανικός οργανισμός. [13] Ο IFC έχει υιοθετηθεί από αρκετές αμερικανικές πολιτείες και πόλεις (και λίγες εκτός ΗΠΑ) ως υποχρεωτικής εφαρμογής, έχοντας ισχύ νόμου στην επικράτειά τους. Άλλες πολιτείες/πόλεις εφαρμόζουν τον αντίστοιχο κώδικα **NFPA 1** [Fire Code] (βλ. παρ. 4.1.6). Ως προς τα συστήματα BESS, έγινε προσπάθεια συντονισμού μεταξύ των δύο φορέων με αποτέλεσμα οι τρέχουσες εκδόσεις του 2018 να περιλαμβάνουν όμοιες απαιτήσεις. Και οι δύο κώδικες παραπέμπουν στο **NFPA 855** και άλλα εξειδικευμένα πρότυπα για πιο ειδικά θέματα πρακτικής εφαρμογής. [50]

Η τρέχουσα έκδοση του **IFC** είναι του 2018 [76] και περιλαμβάνει στο **Κεφάλαιο 12: Ενεργειακά συστήματα**, μια ξεχωριστή ενότητα με τον τίτλο «Συστήματα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας» (Section **1206: Electrical Energy Storage Systems**). Η ενότητα διακρίνεται περαιτέρω σε συστήματα συσσωρευτών (παρ. 1206.2) και συστήματα πυκνωτών (παρ. 1206.3).

Τα συστήματα συσσωρευτών, πρέπει να ικανοποιούν τις απαιτήσεις του Κώδικα **IFC**, εάν ξεπερνούν τις τιμές που αναφέρονται στον Πίνακα 1206.2, ανάλογα με τον τύπο:

*Πίνακας 4.1: Ποσότητες κατωφλίου για συστήματα αποθήκευσης συσσωρευτών. Βασίζεται στον Πίνακα 1206.2 του **IFC2018**.*

Τεχνολογία συσσωρευτή	Κατώφλι Χωρητικότητας [kWh]	Κατώφλι Χωρητικότητας IFC2015 (για σύγκριση)
Συσσωρευτές ροής*	20	-
Μολύβδου-οξέος (όλοι οι τύποι)	70	50 gal ηλεκτρολύτη
Λιθίου (όλοι οι τύποι)	20	1000 lbs (μόνο Li-ion, LMP)
Νικελίου-καδμίου	70	50 gal ηλεκτρολύτη
Νατρίου (όλοι οι τύποι)	20	-
Άλλες τεχνολογίες συσσωρευτών	10	-
* Περιλαμβάνονται βαναδίου, ψευδαργύρου-βρωμίου, πολυσουλφιδίου-βρωμιδίου και άλλοι τύποι ρέοντος ηλεκτρολύτη.		

Η προηγούμενη έκδοση **IFC** του 2015 (αλλά και παλαιότερα, ήδη από το 1997), επέτρεπε τα συστήματα συσσωρευτών (τότε ήταν σχεδόν αποκλειστικά μολύβδου-οξέος) σε κτίρια μικτής χρήσης, επιβάλλοντας διαχωριστικά δείκτη πυραντίστασης 1 ή 2 ωρών. Υπήρχαν απαιτήσεις για έλεγχο διαρροής υγρών, εξαερισμό και ανίχνευση καπνού, χωρίς να περιορίζεται η ποσότητα ή η θέση στο κτήριο. Οι επιτρεπόμενες χρήσεις ήταν παροχής εφεδρικής ισχύος (backup), ισχύος ανάγκης (emergency) και αδιάλειπτης (uninterrupted) παροχής (UPS). [50]

Παρατήρηση: Η διάκριση μεταξύ συστημάτων εφεδρικής ισχύος και ισχύος ανάγκης είναι αρκετά λεπτή (βλ. παρακάτω κεφ. Ορισμοί του **IFC**). Πάντως στις περισσότερες περιπτώσεις υπάρχει αλληλοεπικάλυψη ή/και τα συστήματα αντιμετωπίζονται με ενιαίο τρόπο.

Για την έκδοση του 2018, προστέθηκαν νέες απαιτήσεις, και δεν υπάρχουν πλέον περιορισμοί στις επιτρεπόμενες χρήσεις, ώστε να ληφθεί υπόψη η σταδιακή εισαγωγή συστημάτων BESS:

σήμερα κυρίως ιόντων λιθίου αλλά με πρόβλεψη και για τους υπόλοιπους τύπους που αναμένεται να εισαχθούν αργότερα. Λόγω έλλειψης εμπειρίας από την εφαρμογή στην πράξη, δοκιμών και έρευνας, οι απαιτήσεις που τέθηκαν είναι μάλλον συντηρητικές. Όμως, είναι επιτρεπτή η υπέρβαση αυτών των απαιτήσεων, εάν διενεργηθεί ειδική μελέτη επικινδυνότητας (Hazard Risk Assessment, HRA) και δοκιμές φωτιάς και σφάλματος πλήρους κλίμακας. [50]

Γενικές προβλέψεις που περιλαμβάνονται στην έκδοση **IFC** του 2018 είναι:

- Άδειες εγκατάστασης και λειτουργίας
- Αντισεισμικός και δομικός σχεδιασμός σύμφωνα με τον αντίστοιχο Κώδικα (**IBC**)
- Προστασία από πρόσκρουση οχήματος
- Απαγόρευση της αποθήκευσης καύσιμων υλικών σε δωμάτια και χώρους συσσωρευτών
- Δοκιμές, συντήρηση και επισκευές σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή. [50]

Μελέτη επικινδυνότητας (HRA) θα διενεργείται στις ακόλουθες περιπτώσεις:

- Για τεχνολογίες συσσωρευτών που δεν καλύπτονται αναλυτικά από τον Κώδικα
- Για χώρους που συστεγάζουν συσσωρευτές διαφορετικών τεχνολογιών, με πιθανότητα δυσμενών αλληλεπιδράσεων μεταξύ τους.
- Ως βάση για υπέρβαση των απαιτήσεων Μέγιστης Επιτρεπτής Ποσότητας (MAQ). [50]

Η HRA θα μελετήσει τις συνέπειες των ακόλουθων τρόπων αστοχίας:

- Θερμική φυγή σε μία συστοιχία συσσωρευτών (battery array)
- Αστοχία του συστήματος διαχείρισης ενέργειας
- Αστοχία του συστήματος εξαερισμού
 - Υπερτάσεις στην κύρια παροχή ρεύματος (primary electric supply)
- Βραχυκύκλωμα στην πλευρά φορτίου των συσσωρευτών
- Αστοχία του συστήματος ανίχνευσης καπνού ή αερίου, και του συστήματος κατάσβεσης. [50]

Θέση των δωματίων συσσωρευτών σε κτίρια:

- **IFC 2015:** Δεν υπήρχαν περιορισμοί.
- **IFC 2018:** Το δάπεδο του δωματίου συσσωρευτών πρέπει να απέχει ύψος <75 ft [22,86 m] πάνω από το χαμηλότερο επίπεδο πρόσβασης πυροσβεστικού οχήματος (αυτό συνήθως έχει νόημα όταν το BESS εγκαθίσταται σε όροφο, οπότε πρέπει να βρίσκεται σε ύψος το πολύ 22,86 m πάνω από το έδαφος). Επίσης, πρέπει να βρίσκεται <9 ft [2,74 m] κάτω από το χαμηλότερο επίπεδο εξόδου (αυτό συνήθως έχει νόημα όταν το BESS εγκαθίσταται σε υπόγειο, οπότε πρέπει να βρίσκεται το πολύ ένα επίπεδο κάτω από το ισόγειο).

Εξαιρέση: Εγκαταστάσεις σε στέγες (ή ταράτσες) από μη καύσιμο υλικό, σε ύψος >75 ft [22,86 m], που δεν παρεμποδίζουν την κατάσβεση από την Πυροσβεστική, εφόσον εγκριθούν από την υπεύθυνη υπηρεσία έγκρισης. [50]

Πυράντοχα χωρίσματα:

- **IFC 2015:** Τα δωμάτια συσσωρευτών πρέπει να διαχωρίζονται από τους υπόλοιπους χώρους του κτιρίου σύμφωνα με τις σχετικές προβλέψεις (δείκτης αντίστασης 60 ή 120 min ανάλογα με τη χρήση του γειτονικού χώρου).
- **IFC 2018:** Εξακολουθούν να ισχύουν τα παραπάνω, και να επιτρέπονται τα BESS σε περιοχές παρεπόμενη/συμπληρωματικής χρήσης (incidental use) [50]

[Δεν δίνεται ορισμός του όρου incidental use, όμως φαίνεται ότι σημαίνει βοηθητική ή συμπληρωματική χρήση. Όχι απαραίτητα περιστασιακή. Βλ. παρακάτω.]

Νέες έννοιες που έχουν εισαχθεί είναι τα προ-συσκευασμένα (pre-packaged) και τα προ-κατασκευασμένα (pre-engineered) BESS. [50]

Συστοιχίες συσσωρευτών (Μέγεθος και Αποστάσεις)

- **IFC 2015:** Δεν υπήρχαν περιορισμοί στον τρόπο τοποθέτησης των συσσωρευτών στο δωμάτιο.
- **IFC 2018:** Συσσωρευτές, προ-συσκευασμένα και προ-κατασκευασμένα συστήματα πρέπει να είναι διαχωρισμένα σε συστοιχίες που δεν ξεπερνούν τα 50 kWh. Οι συστοιχίες πρέπει να απέχουν 3 ft [0,91 m] από άλλες συστοιχίες και από τους τοίχους στο δωμάτιο.

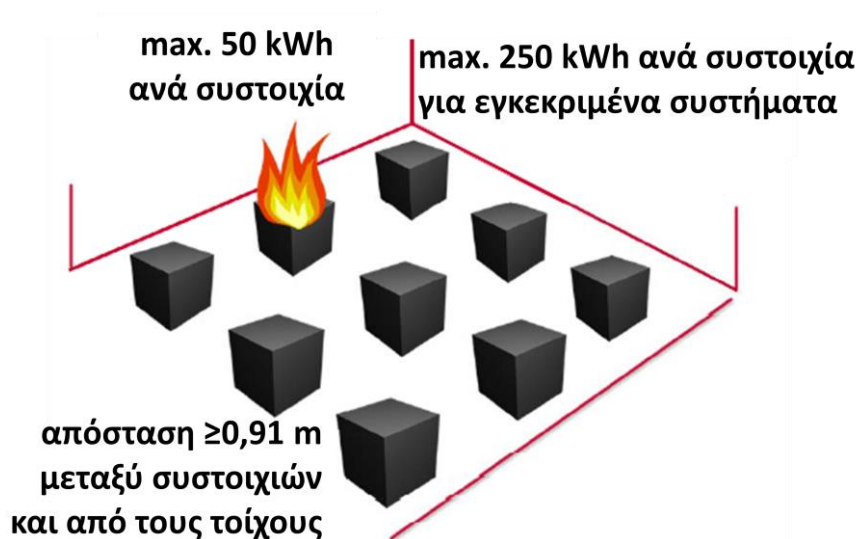
Συγκριτική παρατήρηση: Αυτή η απαίτηση υπάρχει και στο [NEPA 855](#).

Εξαιρέσεις:

Συσσωρευτές μολύβδου οξέος.

Συγκεκριμένα προ-συσκευασμένα και προ-κατασκευασμένα συστήματα που βρίσκονται σε εγκεκριμένο κατάλογο ([listed](#)) [βλ. **IFC** Ορισμοί παρακάτω] μπορεί να φτάνουν έως 250 kWh.

Άλλες χωροταξικές διατάξεις επιτρέπονται, εφόσον εγκριθούν από την αρμόδια αρχή, κατόπιν δοκιμών φωτιάς και αστοχίας πλήρους κλίμακας. [50]



Σχήμα 4.3. Οι βασικές απαιτήσεις των αμερικανικών κωδίκων πυρασφάλειας για BESS (πλην συσσωρευτών L-A). Εάν γίνουν δοκιμές μεγάλης κλίμακας φωτιάς και σφαλμάτων, μπορεί να εγκριθεί διαφορετική διάταξη από την αρμόδια Αρχή. [50].

Μέγιστες επιτρεπτές ποσότητες (Maximum Allowable Quantities, MAQs)

- **IFC 2015:** Δεν υπήρχαν περιορισμοί.
- **IFC 2018:** Υπάρχουν περιορισμοί για τις MAQ σε μια περιοχή συμπληρωματικής χρήσης ενός κτιρίου, βλ. πίνακα 1206.2.9.

Πίνακας 4.1: MAQ για συστήματα αποθήκευσης συσσωρευτών (Πίνακας 1206.2.9 του [IFC2018](#))

Τεχνολογία Συσσωρευτών	Μέγιστη επιτρεπτή ποσότητα [kWh]**
Συσσωρευτές ροής*	600
Μολύβδου-οξέος (όλοι οι τύποι)	Απεριόριστη
Λιθίου (όλοι οι τύποι)	600
Νικελίου-καδμίου	Απεριόριστη
Νατρίου (όλοι οι τύποι)	600
Άλλες τεχνολογίες συσσωρευτών	200
* Περιλαμβάνονται βαναδίου, ψευδαργύρου-βρωμίου, πολυσουλφιδίου-βρωμιδίου και άλλοι τύποι ρέοντος ηλεκτρολύτη.	
**Εάν η χωρητικότητα των συσσωρευτών δίνεται σε αμπερώρια (Ah), η χωρητικότητα σε kWh υπολογίζεται ως η ονομαστική τάση επί τον αριθμό Ah, διαιρεμένο με το 1000.	

Εάν οι ποσότητες ανά πυροδιαμέρισμα (ή ανά κτίριο, εφόσον δεν χωρίζεται σε πυροδιαμερίσματα) ξεπερνούν τις παραπάνω τιμές, τότε είτε ο χώρος πρέπει να ικανοποιεί τις απαιτήσεις χώρου αποθήκευσης υλικών υψηλής επικινδυνότητας, είτε να έχει ληφθεί ειδική άδεια από τις αρμόδιες αρχές βασισμένη σε δοκιμές πλήρους κλίμακας φωτιάς και αστοχίας. Ενδεικτικά, η MAQ των 600 kWh αντιστοιχεί περίπου σε 7 tn συσσωρευτών λιθίου. [50]

Τι θεωρείται αποδεκτή τεκμηρίωση για την αύξηση της ποσότητας συσσωρευτών σε σχέση με τη MAQ ή/και διαφορετική χωροθέτηση αποστάσεων:

- Αποτελέσματα μοντελοποίησης φωτιάς από έγκυρο (reputable) οίκο μελετών πυροπροστασίας (Fire Protection Engineering, FPE), υποστηριζόμενα από δοκιμές θερμιδομέτρου κώνου ή/και θερμιδομέτρου FM που δείχνει ότι δεν συμβαίνει ανάφλεξη (flashover). [Το θερμιδόμετρο FM αναπτύχθηκε από τον οίκο Factory Mutual, σήμερα FM Global [88]]
- Τα πιστοποιητικά εγγραφής της μονάδας στον εγκεκριμένο κατάλογο του [UL 9540](#) [Standard for Energy Storage Systems and Equipment] και αντίγραφο της σφραγίδας έγκρισης (listing mark) από το UL.
- Μια έκθεση δοκιμών από το Fire Protection Research Foundation (FPRF) [οργανισμός συγγενικός του NFPA], συνοδευόμενη από βίντεο που τεκμηριώνει πώς οι μονάδες που υφίστανται φωτιά από εξωτερική πηγή (σε υπαίθριο χώρο) δεν εκρήγνυνται ούτε εκλύουν σημαντικά ποσά ενέργειας.
- Μια έκθεση δοκιμών φωτιάς μεγάλης κλίμακας σύμφωνα με τα πρότυπα των οίκων FM ή UL, για μια φωτιά εσωτερικού χώρου σε μονάδες που απέχουν μεταξύ τους 6 in [15,24 cm], συνοδευόμενη από μια κατάλληλη έκθεση δοκιμών με καταιονιστήρες.
- Η ίδια έκθεση, για ένα μοντέλο ανταγωνιστικού κατασκευαστή με την ίδια χωρητικότητα μονάδας και διαστάσεις περιβλήματος. [50]

Υπαίθριες εγκαταστάσεις στον IFC 2018

- Οι εγκαταστάσεις σε υπαίθριους οικίσκους ή κοντέινερ (containers) όπου μπορεί να εισέλθει προσωπικό αντιμετωπίζονται σαν να ήταν στεγασμένοι χώροι.
- Εξαιρέση: Εφόσον τα κοντέινερ είναι από άκαυστο υλικό, οι συστοιχίες συσσωρευτών δεν απαιτείται να απέχουν 3 ft από τους τοίχους.

- Τα υπαίθρια συστήματα συσσωρευτών πρέπει να απέχουν τουλάχιστον 5 ft [1.52 m] από τα όρια του οικοπέδου, το δρόμο, τα κτίρια και άλλες πηγές κινδύνου. [50]

Συσσωρευτές και Εξοπλισμός στον IFC 2018

- Οι συσσωρευτές αποθήκευσης πρέπει να συμπεριλαμβάνονται στον κατάλογο των εγκεκριμένων (listed) κατά το πρότυπο [UL 1973](#).
- Τα προσσκευασμένα/προκατασκευασμένα συστήματα πρέπει να συμπεριλαμβάνονται στον κατάλογο των εγκεκριμένων κατά το πρότυπο [UL 9540](#).
- Τα συστήματα φόρτισης πρέπει να συμπεριλαμβάνονται σε εγκεκριμένο κατάλογο και να είναι συμβατά με τη χημεία του συσσωρευτή και με τις ρυθμίσεις φόρτισης του κατασκευαστή.
- Οι αντιστροφείς πρέπει να συμπεριλαμβάνονται σε εγκεκριμένο κατάλογο και να είναι συμβατοί για αλληλεπίδραση με το ηλεκτρικό δίκτυο, εάν το σύστημα λειτουργεί παράλληλα με αυτό.
- Οι εξαεριζόμενοι (vented) συσσωρευτές πρέπει να έχουν καλύμματα ασφαλείας με φλογοπαγίδα (flame-arresting safety caps). [50]

Συστήματα διαχείρισης συσσωρευτών (BMS) στον IFC 2018

- Πρέπει να υπάρχει BMS το οποίο να παρακολουθεί και να εξισορροπεί τις τιμές της τάσης, του ρεύματος και της θερμοκρασίας των κυψελών μέσα στα όρια του κατασκευαστή.
- Σε περίπτωση που ανιχνεύονται υψηλές θερμοκρασίες ή άλλες επικίνδυνες συνθήκες, το BMS θα στέλνει μήνυμα συναγερμού σε μια προκαθορισμένη τοποθεσία. Ίσως όμως αυτό δεν είναι αρκετό και θα έπρεπε να απενεργοποιείται ο εξοπλισμός και να ενημερώνεται άμεσα το προσωπικό με όλα τα δυνατά μέσα. [50]

Προστασία του δωματίου συσσωρευτών στον IFC 2018

- Αυτόματο σύστημα ανίχνευσης καπνού σύμφωνα με την Ενότητα 907.2 του IFC.
- Σήμανση πάνω ή κοντά στις πόρτες των δωματίων συσσωρευτών. Πρέπει να περιλαμβάνονται προειδοποιητικά σύμβολα για τους κινδύνους των συγκεκριμένων συσσωρευτών: Διαβρωτικά, αντιδρούν με το νερό, παρουσία αερίου H₂, συσσωρευτές ιόντων Li κ.ο.κ. [50]

Ειδικές προβλέψεις προστασίας συσσωρευτών στον IFC 2018

- Τα συστήματα που εκλύουν τοξικά ή πολύ τοξικά αέρια κατά τη φόρτιση, την εκφόρτιση και την κανονική λειτουργία πρέπει να συμμορφώνονται με το Κεφ. 60. (Highly Toxic and Toxic Materials).
- Απαιτείται εξαερισμός με απαγωγό αερίων (exhaust ventilation) για συστήματα που παράγουν εύφλεκτα αέρια κατά την κανονική λειτουργία.
- Απαιτείται σύστημα ελέγχου και εξουδετέρωσης διαρροών σε συστήματα με υγρούς ηλεκτρολύτες. [50]

Συστήματα κατάσβεσης

- **IFC 2015:** Δεν απαιτούνται.
- **IFC 2018:** Τα δωμάτια συσσωρευτών χρειάζονται σύστημα που να ικανοποιεί το πρότυπο [NFPA 13](#). Η ταξινόμηση γίνεται σύμφωνα με το Κεφ. 5 του [NFPA 13](#) (έκδοση 2016. Στη έκδοση 2019 αντίστοιχο είναι το Κεφ. 4). Εάν οι συσσωρευτές δεν περιλαμβάνονται στο

ανωτέρω κεφάλαιο, η έγκριση της μελέτης μπορεί να γίνει με βάση δοκιμή πλήρους κλίμακας. [50]

Αντικείμενα που αναμένεται να εξεταστούν σε μελλοντικές εκδόσεις του **IFC** είναι:

- Σενάρια εγκαταστάσεων (παραδείγματα:)
 - o Κτίριο μικτής χρήσης
 - o Εγκαταστάσεις οροφής
 - o Υπαίθριες εγκαταστάσεις κοντά σε κτίριο
 - o Υπαίθριες απομονωμένες εγκαταστάσεις
 - o Κτίριο αποκλειστικής χρήσης ESS
- Ενεργοποίηση [commissioning]/απενεργοποίηση [decommissioning]
- Δοκιμές διάδοσης φωτιάς
- Εξέταση της αποτελεσματικότητας των καταιονιστήρων
- Αναθεώρηση των ορίων μεγέθους, αποστάσεων, MAQ
- Χρήση μηχανισμών εκτόνωσης της πίεσης σε περίπτωση φωτιάς (deflagration venting)
- Αξιολόγηση επιδόσεων των BMS
- Καλύτερη κατηγοριοποίηση των συσσωρευτών [50]

Για γενικότερο συγκριτικό σχολιασμό των διαφόρων κωδίκων και κανονισμών, βλ. το τέλος της ενότητας 4.1.

Παρακάτω παρουσιάζονται και σχολιάζονται οι σχετικές ενότητες του Κεφ. 12 του **IFC 2018**.⁵

Κεφάλαιο 12: Ενεργειακά συστήματα

Σχετικά με αυτό το Κεφάλαιο: Το Κεφάλαιο 12 προστέθηκε για να αντιμετωπίσει τα τρέχοντα ενεργειακά συστήματα και δίνεται για εισαγωγή σε ένα μεγάλο εύρος συστημάτων παραγωγής και αποθήκευσης ενέργειας μέσα, πάνω και δίπλα σε κτίρια και εγκαταστάσεις (facilities). Η επέκταση τέτοιων συστημάτων σχετίζεται με την ανάγκη να αντιμετωπισθούν οι σημερινές ενεργειακές, περιβαλλοντικές και οικονομικές προκλήσεις. Η εξασφάλιση κατάλληλων κριτηρίων για την ασφάλεια τέτοιων συστημάτων είναι σημαντική για την προστασία του κοινού, των ενοίκων του κτιρίου και του προσωπικού διάσωσης. Συγκεκριμένα, το Κεφάλαιο αυτό έχει ως αντικείμενο τα συστήματα εφεδρικής ισχύος, ισχύος ανάγκης, ΦΒ συστήματα, συστήματα κυψελών καυσίμου, συστήματα αποθήκευσης ενέργειας με συσσωρευτές και με πυκνωτές.

Ενότητα 1201 Γενικά

1201.1 Πεδίο Εφαρμογής: Οι προβλέψεις αυτού του Κεφαλαίου εφαρμόζονται στην εγκατάσταση, τη λειτουργία και τη συντήρηση ενεργειακών συστημάτων που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ή την αποθήκευση ενέργειας. Δεν εφαρμόζεται σε εξοπλισμό που σχετίζεται με τις εγκαταστάσεις παραγωγής, ελέγχου, μετασχηματισμού, μεταφοράς ή διανομής ενέργειας που είναι υπό τον αποκλειστικό έλεγχο μιας ηλεκτρικής εταιρείας ή αρμόδιας αρχής.

1201.2 Ηλεκτρολογική καλωδίωση και εξοπλισμός: Η ηλεκτρική καλωδίωση και ο σχετικός εξοπλισμός που χρησιμοποιείται για τα ενεργειακά συστήματα θα εγκαθίσταται και θα συντηρείται σύμφωνα με τις προβλέψεις του παρόντος Κεφαλαίου, και του προτύπου **NFPA 70**.

⁵ Τα κείμενα που προέρχονται από Πρότυπα, Κανονισμούς κλπ., ή ελληνική απόδοση αυτών, επισημαίνονται με διαφορετική γραμματοσειρά. Προσθήκες και σχολιασμοί του συγγραφέα της εργασίας βρίσκονται είτε εντός του κειμένου μέσα σε αγκύλες [] είτε σε υποσημειώσεις όπως η παρούσα.

1201.3 Εγκατάσταση μικτού συστήματος: Όπου επιτραπεί τέτοια εγκατάσταση από την αρμόδια αρχή, η συνολική χωρητικότητα ενέργειας (σε kWh) μιας περιοχής φωτιάς δεν θα ξεπερνά τη μέγιστη ποσότητα που καθορίζεται για οποιοδήποτε από τα ενεργειακά συστήματα αυτού του Κεφαλαίου. Όπου απαιτείται από την αρμόδια αρχή, θα υποβληθεί και θα εγκριθεί μία ανάλυση μετριασμού του κινδύνου σύμφωνα με την ενότητα 104.7.2, ώστε να αξιολογηθεί οποιαδήποτε τυχόν αρνητική αλληλεπίδραση ανάμεσα στις διάφορες τεχνολογίες και συστήματα που χρησιμοποιούνται.

Ενότητα 1202: Ορισμοί⁶

Σύστημα σταθερών συσσωρευτών αποθήκευσης (Battery System, Stationary Storage): Ένα επαναφορτιζόμενο σύστημα αποθήκευσης ενέργειας (ESS) που αποτελείται από συσσωρευτές ηλεκτροχημικής αποθήκευσης, φορτιστές συσσωρευτών, διατάξεις ελέγχου και σχετιζόμενο ηλεκτρολογικό εξοπλισμό που σχεδιάζεται για να παρέχει ηλεκτρική ισχύ σε ένα κτίριο. Το σύστημα τυπικά χρησιμοποιείται για να παρέχει εφεδρική ισχύ ή ισχύ ανάγκης, πηγή αδιάλειπτης ισχύος [UPS], ψαλιδισμό (shedding) φορτίου, διαμοιρασμό (sharing) φορτίου, η παρόμοιες δυνατότητες.⁷

Σταθερός συσσωρευτής αποθήκευσης: Μία ομάδα ηλεκτροχημικών κυψελών που είναι συνδεδεμένες ώστε να παρέχουν μία ονομαστική τάση DC σε ένα κατάλληλα συνδεδεμένο ηλεκτρικό φορτίο, σχεδιασμένη για να λειτουργεί σε μια μόνιμη θέση.

Τύποι συσσωρευτών:

Συσσωρευτής ροής: Τύπος συσσωρευτή αποθήκευσης που περιλαμβάνει χημικά συστατικά που είναι διαλυμένα σε δύο διαφορετικά υγρά. Η ανταλλαγή ιόντων, που παρέχει τη ροή ηλεκτρικού ρεύματος, γίνεται μέσω της μεμβράνης ενώ και τα δύο υγρά κυκλοφορούν στο δικό τους χώρο.

Συσσωρευτής μολύβδου-οξέος: Συσσωρευτής αποθήκευσης που αποτελείται από ηλεκτρόδια μολύβδου που είναι βυθισμένα σε ηλεκτρολύτη θεικού οξέος.

Συσσωρευτής ιόντων λιθίου: Συσσωρευτής αποθήκευσης με ιόντα λιθίου που λειτουργούν ως φορείς φορτίου. Ο ηλεκτρολύτης είναι ένα πολυμερές μίγμα ανθρακικών αλάτων με ένα ανόργανο άλας και μπορεί να είναι σε μορφή υγρού ή γέλης (gel) πολυμερούς. Η κάθοδος τυπικά είναι λιθιωμένο οξειδίο μετάλλου και η άνοδος τυπικά αποτελείται από μορφές άνθρακα ή γραφίτη.

Συσσωρευτής νικελίου-καδμίου (Ni-Cd): Ένας αλκαλικός συσσωρευτής αποθήκευσης όπου το θετικό ενεργό υλικό είναι οξειδίο του νικελίου, το αρνητικό περιέχει κάδμιο και ο ηλεκτρολύτης είναι υδροξείδιο του καλίου.

Συσσωρευτής αποθήκευσης νατρίου-β (Na-beta battery, NBB): Συσσωρευτής αποθήκευσης, που χρησιμοποιεί μία μεμβράνη από στερεό ηλεκτρολύτη β-αλουμίνας που επιτρέπει την επιλεκτική μεταφορά ιόντων νατρίου ανάμεσα σε ένα θετικό ηλεκτρόδιο όπως αλογονίδιο μετάλλου και σε ένα αρνητικό ηλεκτρόδιο νατρίου.

Προ-κατασκευασμένο (preengineered) σταθερό σύστημα αποθήκευσης συσσωρευτή: Ένα ESS που αποτελείται από συσσωρευτές, σύστημα διαχείρισης συσσωρευτών (BMS), εξαρτήματα και μονάδες, που παράγεται σε ένα εργοστάσιο και σχεδιάζεται ώστε να αποτελέσει ένα ενιαίο πλήρες σύστημα όταν συναρμολογηθεί στο πεδίο εγκατάστασης.

⁶ Η ενότητα περιλαμβάνει ένα κατάλογο όρων και παραπέμπει στο Κεφάλαιο 2: Ορισμοί. Εδώ παρατίθενται μόνο όσοι ορισμοί αφορούν το αντικείμενο BESS, αλλά και επιπλέον ορισμοί από το Κεφ. 2 που θεωρούνται απαραίτητοι για την κατανόηση του κειμένου.

⁷ Αποτελεί εναλλακτικό όρο, αντί του BESS που χρησιμοποιείται από άλλους φορείς. Το BESS έχει υιοθετηθεί για γενική χρήση στην παρούσα εργασία.

Προ-συσκευασμένο σταθερό σύστημα αποθήκευσης συσσωρευτή: Ένα ESS που αποτελείται από συσσωρευτές, BMS, εξαρτήματα και μονάδες, που παράγεται και συναρμολογείται σε ένα εργοστάσιο και αποστέλλεται σαν ενιαία μονάδα για να εγκατασταθεί στο πεδίο.

Συστοιχία (array) σταθερών συσσωρευτών: Μία ομάδα ξεχωριστών συσσωρευτών αποθήκευσης στενά συνδεδεμένων μεταξύ τους, που έχουν στερεωθεί σε ράφια (racks) ή σε μονάδες (modules), ντουλάπες (cabinets) ή άλλα περιβλήματα (enclosures).

Κρίσιμο κύκλωμα: κύκλωμα που απαιτεί συνεχή λειτουργία για να εξασφαλίσει την ασφάλεια του κτιρίου και των ενοίκων του.

Σύστημα ισχύος ανάγκης (emergency): Μια πηγή αυτόματης ηλεκτρικής ισχύος απαιτούμενης τιμής και διάρκειας ώστε να λειτουργήσει απαιτούμενα συστήματα ασφάλειας της ζωής, συναγερμού φωτιάς, ανίχνευσης και εξαερισμού, στην περίπτωση αστοχίας της κύριας πηγής ισχύος. Απαιτούνται συστήματα ισχύος ανάγκης για ηλεκτρικά φορτία όπου η διακοπή της κύριας πηγής ισχύος θα μπορούσε να οδηγήσει σε απώλεια ανθρώπινης ζωής ή σοβαρούς τραυματισμούς.

Σύστημα εφεδρικής ισχύος (ή αναμονής, standby): Μια πηγή αυτόματης ηλεκτρικής ισχύος απαιτούμενης χωρητικότητας και διάρκειας, ώστε να λειτουργήσει απαραίτητα συστήματα του κτιρίου σχετικά με επικίνδυνα υλικά ή εξαερισμό, στην περίπτωση αστοχίας της πρωτεύουσας πηγής ισχύος. Απαιτούνται συστήματα εφεδρικής ισχύος για ηλεκτρικά φορτία όπου η διακοπή της κύριας πηγής ισχύος θα μπορούσε να οδηγήσει σε κινδύνους ή να εμποδίζει τις προσπάθειες διάσωσης ή κατάσβεσης.⁸

Σύστημα διαχείρισης ενέργειας (Energy Management System, EMS): Ένα ηλεκτρονικό σύστημα που προστατεύει τους σταθερούς συσσωρευτές αποθήκευσης από τη λειτουργία εκτός των παραμέτρων ασφαλούς λειτουργίας τους, και δημιουργεί ένα σήμα συναγερμού και ειδοποίησης για συνθήκες μη κανονικής λειτουργίας.⁹

Εγκεκριμένο: (Approved): Αποδεκτό από την αρμόδια αρχή έγκρισης

Βρίσκεται σε εγκεκριμένο κατάλογο (listed): Εξοπλισμός, υλικά, προϊόντα ή υπηρεσίες που περιλαμβάνονται σε κατάλογο που εκδίδεται από έναν οργανισμό (αποδεκτό από την αρμόδια αρχή έγκρισης, και ασχολούμενο με την αξιολόγηση προϊόντων ή υπηρεσιών), ο οποίος εκτελεί περιοδικές επιθεωρήσεις παραγωγής του εξοπλισμού ή των υλικών, ή περιοδική αξιολόγηση των υπηρεσιών. Η συμπερίληψη στον κατάλογο δηλώνει είτε ότι ο εξοπλισμός, το υλικό, το προϊόν ή η υπηρεσία ικανοποιεί τα καθορισμένα πρότυπα είτε ότι έχει δοκιμαστεί και είναι κατάλληλο για μια καθορισμένη χρήση.¹⁰

Αρμόδια αρχή έγκρισης (Fire Code Official): Ο επικεφαλής της τοπικής πυροσβεστικής υπηρεσίας, ή άλλη αρχή αρμόδια για την εφαρμογή του κώδικα, ή ένας εξουσιοδοτημένος εκπρόσωπός της.

Περιοχή φωτιάς (fire area): Η συνολική περιοχή του ορόφου που περικλείεται και περιορίζεται από πυράντοχους τοίχους, φράγματα φωτιάς, εξωτερικούς τοίχους ή οριζόντια πυράντοχα επίπεδα (horizontal assemblies). Περιοχές του κτιρίου που δεν περιβάλλονται από τοίχους θα περιλαμβάνονται

⁸ Η διάκριση μεταξύ συστημάτων εφεδρικής ισχύος και ισχύος ανάγκης είναι αρκετά λεπτή. Σε κάθε περίπτωση, τα συστήματα παρακάτω αντιμετωπίζονται με ενιαίο τρόπο στην ενότητα 1203.

⁹ Εναλλακτικός όρος του πιο συνηθισμένου BMS.

¹⁰ Στις περισσότερες περιπτώσεις, ο όρος είναι στην πράξη ισοδύναμος με το «πιστοποιημένο».

στην περιοχή φωτιάς, εάν περιλαμβάνονται στην οριζόντια προβολή του αμέσως υψηλότερου ορόφου, ή της οροφής.¹¹

Ομάδα H-2 (Group H-2): Κτίρια και κατασκευές που περιέχουν υλικά τα οποία προκαλούν κίνδυνο ανάφλεξης (deflagration) ή κίνδυνο από επιταχυνόμενη καύση, θα ταξινομούνται ως Ομάδα H-2.

Ομάδα H-4 (Group H-4): Κτίρια και κατασκευές που περιέχουν υλικά που αποτελούν κίνδυνο για την υγεία θα ταξινομούνται ως Ομάδα H-4. Περιλαμβάνονται, όχι περιοριστικά, τα ακόλουθα: διαβρωτικά, πολύ τοξικά και τοξικά υλικά.

Ενότητα 1203: Συστήματα ισχύος ανάγκης και εφεδρικής ισχύος¹²

Ενότητα 1204: Ηλιακά Φωτοβολταϊκά συστήματα ισχύος.¹²

Ενότητα 1205: Σταθερά συστήματα ισχύος με κυψέλες καυσίμου¹²

Ενότητα 1206: Συστήματα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας

1206.1: Πεδίο εφαρμογής. Οι προβλέψεις αυτής της ενότητας εφαρμόζονται σε ESS που σχεδιάζονται για να παρέχουν ηλεκτρική ισχύ σε ένα κτίριο ή μία εγκατάσταση (facility). Αυτά τα συστήματα χρησιμοποιούνται για να παρέχουν εφεδρική ισχύ ή ισχύ ανάγκης, αδιάλειπτη παροχή ισχύος (UPS) ψαλιδισμό φορτίου, διαμοιρασμό φορτίου ή παρόμοιες δυνατότητες.

1206.2: Συστήματα σταθερών συσσωρευτών αποθήκευσης: Τα συστήματα συσσωρευτών με τιμές χωρητικότητας που ξεπερνούν τις τιμές του πίνακα 1206.2 πρέπει να ικανοποιούν τις απαιτήσεις των παραγράφων 1206.2.1 έως 1206.2.12.6, όπου είναι εφαρμόσιμες.

Πίνακας 1206.2: Ποσότητες κατωφλίου για συστήματα αποθήκευσης συσσωρευτών.

Τεχνολογία συσσωρευτή	Κατώφλι Χωρητικότητας [kWh] ^a
Συσσωρευτές ροής ^b	20
Μολύβδου-οξέος (όλοι οι τύποι)	70
Λιθίου (όλοι οι τύποι)	20
Νικελίου-καδμίου	70
Νατρίου (όλοι οι τύποι) ^c	20
Άλλες τεχνολογίες συσσωρευτών	10

Σε μονάδες SI: 1 kWh = 3,6 MJ

^a Εάν η χωρητικότητα των συσσωρευτών δίνεται σε αμπερώρια (Ah), η χωρητικότητα σε kWh υπολογίζεται ως η ονομαστική τάση επί τον αριθμό Ah, διαιρεμένο με το 1000.

^b Περιλαμβάνονται βαναδίου, ψευδαργύρου-βρωμίου, πολυσουλφιδίου-βρωμιδίου και άλλοι τύποι ρέοντος ηλεκτρολύτη.

^c Για τεχνολογίες ιόντων Νατρίου: 70 kWh

1206.2.1: Άδειες. Άδειες θα εξασφαλίζονται για την εγκατάσταση και λειτουργία σταθερών συστημάτων αποθήκευσης συσσωρευτών, σύμφωνα με τη διαδικασία της ενότητας 105.7.2.

1206.2.2: Έγγραφα κατασκευής: Με την αίτηση άδειας, θα υποβάλλονται οι ακόλουθες πληροφορίες:

1. Τοποθεσία και κάτοψη του δωματίου όπου θα εγκατασταθεί το σύστημα.
2. Λεπτομερείς πληροφορίες για τα πυράντοχα υλικά και συστήματα που θα χρησιμοποιηθούν.
3. Ποσότητες και τύποι συσσωρευτών και συστημάτων συσσωρευτών.
4. Προδιαγραφές του κατασκευαστή, ονομαστικά μεγέθη και πιστοποιητικά για τους συσσωρευτές και τα συστήματα.

¹¹ Ο όρος παρουσιάζει ομοιότητες με τον όρο πυροδιαμέρισμα, όμως δεν ταυτίζεται μαζί του σε όλες τις περιπτώσεις και κυρίως στην εξωτερική πλευρά του κτιρίου: περιλαμβάνει και χώρους που είτε περικλείονται απλώς από εξωτερική τοιχοποιία, ή ακόμη και είναι ανοιχτοί.

¹² Δεν παρατίθενται αναλυτικά.

5. Λεπτομερείς πληροφορίες για τα συστήματα διαχείρισης ενέργειας.
6. Τοποθεσία και περιεχόμενο της σήμανσης.
7. Λεπτομερείς πληροφορίες για τα συστήματα κατάσβεσης, ανίχνευσης καπνού και εξαερισμού.
8. Διάταξη στήριξης σε ράφια, συμπεριλαμβανομένων των κριτηρίων σεισμικής προστασίας.

1206.2.3: Ανάλυση μετριασμού κινδύνου (Hazard Mitigation Analysis): Θα υποβληθεί μία ανάλυση τρόπων και αποτελεσμάτων αστοχίας (Failure Modes and Effects Analysis, FMEA), ή άλλη εγκεκριμένη ανάλυση μετριασμού κινδύνου, σε συμφωνία με την ενότητα **104.7.2**, σε οποιαδήποτε από τις ακόλουθες περιπτώσεις:

1. Οι χρησιμοποιούμενες τεχνολογίες συσσωρευτών δεν περιλαμβάνονται στον Πίνακα 1206.2.
2. Χρησιμοποιούνται πάνω από μία τεχνολογίες συσσωρευτών, σε ένα δωμάτιο ή στεγασμένο χώρο όπου υπάρχει δυνατότητα αρνητικής αλληλεπίδρασης ανάμεσα στις τεχνολογίες.
3. Όπου επιτρέπεται ως βάση για την αύξηση των ποσοτήτων σε σχέση με τις MAQ, σε συμφωνία με την ενότητα 1206.2.9.

1206.2.3.1: Συνθήκες αστοχίας. Η ανάλυση μετριασμού κινδύνου θα εξετάσει τις συνέπειες των ακόλουθων τρόπων αστοχίας, και όσων επιπλέον θεωρηθούν απαραίτητες από την αρμόδια αρχή έγκρισης. Θα εξεταστούν μόνο τρόποι μεμονωμένης αστοχίας.

1. Συνθήκη θερμικής φυγής σε ένα ράφι μονάδα ή συστοιχία συσσωρευτή.
2. Αστοχία οποιουδήποτε συστήματος BMS.
3. Αστοχία οποιουδήποτε απαιτούμενου συστήματος εξαερισμού.
4. Παλμοί υπέρτασης στην κύρια παροχή ηλεκτρικού ρεύματος.
5. Βραχυκυκλώματα στην πλευρά του φορτίου του συστήματος BESS.
6. Αστοχία του συστήματος ανίχνευσης καπνού, κατάσβεσης ή ανίχνευσης αερίων.
7. Αποτυχία εξουδετέρωσης των διαρροών ή του δευτερεύοντος συστήματος συγκράτησης.

1206.2.3.2: Έγκριση της ανάλυσης: Η αρμόδια αρχή εξουσιοδοτείται να εγκρίνει την ανάλυση μετριασμού του κινδύνου, εφόσον η ανάλυση αποδεικνύει όλα τα παρακάτω:

1. Οι φωτιές ή εκρήξεις θα περιοριστούν μέσα στα δωμάτια συσσωρευτών (χωρίς προσωπικό) για την ελάχιστη διάρκεια των πυράντοχων τοίχων, όπως καθορίζεται στον Πίνακα 509.1 του International Building Code ([IBC](#)).

Με βάση τον πίνακα αυτόν ισχύουν τα παρακάτω:

Κατηγορία	Χρήση	Απαιτούμενος Δείκτης πυραντίστασης (σε ώρες)
A	Συγκέντρωση κοινού (Assembly)	2
B	Γραφεία (Business)	1
E	Εκπαίδευση (Education)	2
F	Βιομηχανία (Factory)	1
H	Υψηλού κινδύνου (High-Hazard)	-
I	Φροντίδας υγείας (Institutional)	2
M	Εμπόριο (Mercantile)	1
R	Κατοικία (Residential)	2
S	Αποθήκευση (Storage)	1
U	Βοηθητικοί & διάφοροι χώροι (Utility & miscellaneous)	1

2. Οι φωτιές και εκρήξεις σε ντουλάπες συσσωρευτών σε χώρους εργασίας προσωπικού θα ανιχνεύονται εγκαίρως ώστε να μπορέσει το προσωπικό να εκκενώσει το χώρο με ασφάλεια.
3. Οι συγκεντρώσεις τοξικών και ιδιαίτερα τοξικών αερίων που απελευθερώνονται κατά τη διάρκεια της φωτιάς ή άλλων συνθηκών αστοχίας δεν θα ξεπερνούν τα όρια που θεωρούνται άμεσα επικίνδυνα για τη ζωή ή την υγεία (Immediately Dangerous to Life or Health, IDLH), μέσα στο κτίριο ή σε γειτονικές

οδεύσεις διαφυγής (egress routes), για το διάστημα που θεωρείται απαραίτητο για την εκκένωση αυτής της περιοχής.

4. Τα εύφλεκτα αέρια που εκλύονται από συσσωρευτές κατά τη διάρκεια της φόρτισης, της εκφόρτισης και της κανονικής λειτουργίας δεν θα ξεπερνούν το 25% του κατώτερου ορίου ανάφλεξης τους (Lower Flammability Limit, LFL).

5. Τα εύφλεκτα αέρια που εκλύονται από συσσωρευτές κατά τη φωτιά, την υπερφόρτιση και άλλες μη κανονικές συνθήκες δεν θα δημιουργούν κίνδυνο έκρηξης που μπορεί να τραυματίσει τους ενοίκους του χώρου ή τους διασώστες.

1206.2.3.3: Συμπληρωματικά μέτρα προστασίας. Η κατασκευή, ο εξοπλισμός και τα συστήματα που απαιτούνται ώστε το BESS να συμμορφώνεται με την ανάλυση μετριασμού κινδύνου, που περιλαμβάνουν αλλά δεν περιορίζονται σε όσα περιγράφονται στην ενότητα 1206.2 θα εγκαθίστανται, συντηρούνται, και δοκιμάζονται σύμφωνα με εθνικά αναγνωρισμένα πρότυπα και καθορισμένες παραμέτρους σχεδιασμού.

1206.2.4: Αντισεισμικός και δομικός σχεδιασμός: Τα συστήματα BESS θα συμμορφώνονται με τις απαιτήσεις αντισεισμικού σχεδιασμού του **Κεφαλαίου 16** του **IBC** και δεν θα υπερβαίνουν το όριο αντοχής φορτίου του ορόφου.

1206.2.5: Προστασία από πρόσκρουση οχήματος: Στις περιπτώσεις όπου τα BESS υπόκεινται σε πρόσκρουση από όχημα (συμπεριλαμβάνονται τα περνοφόρα), θα παρέχεται προστασία από πρόσκρουση οχήματος σύμφωνα με την **ενότητα 312**.

1206.2.6: Αποθήκευση καύσιμων υλικών: Καύσιμα (combustible) υλικά που δεν σχετίζονται με το BESS δεν θα αποθηκεύονται σε δωμάτια, ντουλάπες ή περιβλήματα συσσωρευτών. Καύσιμα υλικά σε χώρους εργασίας προσωπικού που καλύπτονται από την ενότητα **1206.2.8.5** δεν θα αποθηκεύονται σε αποστάσεις μικρότερες των 3 ft (915 mm) από ντουλάπες συσσωρευτών.

1206.2.7: Δοκιμή, συντήρηση και επισκευή. Οι συσσωρευτές αποθήκευσης και ο συσχετιζόμενος εξοπλισμός/σύστημα θα δοκιμάζονται και θα συντηρούνται σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή. Συσσωρευτές και εξαρτήματα που χρησιμοποιούνται για να αντικαταστήσουν υπάρχουσες μονάδες, θα είναι συμβατά με το φορτιστή, τα BMS, τους υπόλοιπους συσσωρευτές και τα υπόλοιπα συστήματα ασφάλειας. Εάν χρησιμοποιηθούν διαφορετικού τύπου συσσωρευτές αποθήκευσης στο BESS ή διαφορετικού τύπου ηλεκτρολύτες σε συστήματα συσσωρευτών ροής, το σύστημα θα αντιμετωπίζεται ως νέα εγκατάσταση και θα απαιτεί έγκριση από την αρμόδια αρχή πριν τεθεί σε λειτουργία.

1206.2.8: Θέση και κατασκευή: Τα δωμάτια και οι χώροι που περιέχουν BESS θα χωροθετούνται, θα σχεδιάζονται, και θα κατασκευάζονται σύμφωνα με όσα αναφέρονται στις ενότητες **1206.2.8.1** έως **1206.2.8.7.4**.

1206.2.8.1: Θέση: Τα συστήματα BESS δεν θα βρίσκονται σε περιοχές όπου το πάτωμα απέχει περισσότερο από 75 ft (22,86 m) προς τα πάνω, ως προς το χαμηλότερο επίπεδο πρόσβασης πυροσβεστικού οχήματος, ή όπου το πάτωμα απέχει περισσότερο από 30 ft (9,144 m) προς τα κάτω, ως προς το πάτωμα του χαμηλότερου επιπέδου εξόδου.

Εξαιρέσεις:

- 1: BESS συσσωρευτών μολύβδου-οξέος και νικελίου-καδμίου.
2. Εγκαταστάσεις σε άκαυστες οροφές κτιρίων που υπερβαίνουν τα 75 ft (22,86 m) ύψος, όπου δεν εμποδίζεται η κατάσβεση από την Πυροσβεστική, εφόσον εγκριθούν από την αρμόδια αρχή.

1206.2.8.2: Διαχωρισμός: Τα δωμάτια που περιέχουν BESS θα είναι διαχωρισμένα από άλλα τμήματα του κτιρίου, σύμφωνα με την ενότητα **509.1** του **IBC**¹³. Τα συστήματα συσσωρευτών επιτρέπεται να βρίσκονται στον ίδιο χώρο με τον εξοπλισμό που υποστηρίζουν.

1206.2.8.3: Συστοιχίες σταθερών συσσωρευτών: Οι συσσωρευτές αποθήκευσης, τα προ-συσκευασμένα BESS και τα προ-κατασκευασμένα BESS θα είναι διαχωρισμένα σε συστοιχίες με χωρητικότητα που δεν ξεπερνά τα 50 kWh (180 MJ) ή καθεμία. Κάθε συστοιχία θα απέχει όχι λιγότερο από 3 ft (914 mm) από τις υπόλοιπες και από τους τοίχους του δωματίου ή περιοχής αποθήκευσης. Η χωροθέτηση θα συμμορφώνεται με τις προβλέψεις του **Κεφαλαίου 10** [οδεύσεις διαφυγής (means of egress)].

Εξαιρέσεις:

- 1: BESS συσσωρευτών μολύβδου-οξέος και νικελίου-καδμίου.
2. Προ-κατασκευασμένα και προ-συσκευασμένα BESS που περιλαμβάνονται σε εγκεκριμένο κατάλογο (listed) δεν θα υπερβαίνουν τα 250 kWh (900 MJ) το καθένα.
3. Η αρμόδια αρχή μπορεί να εγκρίνει συστοιχίες συσσωρευτών που βρίσκονται σε εγκεκριμένο κατάλογο, προ-κατασκευασμένες και προ-συσκευασμένες, με μεγαλύτερη χωρητικότητα ή μικρότερη απόσταση μεταξύ τους, εάν υποβληθούν αποτελέσματα δοκιμών φωτιάς μεγάλης κλίμακας και συνθηκών αστοχίας, από ένα αποδεκτό εργαστήριο δοκιμών. Οι δοκιμές αυτές πρέπει να αποδεικνύουν ότι η φωτιά σε μία συστοιχία δεν θα επεκταθεί σε μια γειτονική συστοιχία, και θα περιοριστεί στο δωμάτιο για διάρκεια ίση με το δείκτη πυραντίστασης του διαχωριστικού, όπως προκύπτει από τον **Πίνακα 509** του **IBC**.¹³

1206.2.8.4. Χωριστά δωμάτια: Όπου οι συσσωρευτές αποθήκευσης εγκαθίστανται σε ξεχωριστό δωμάτιο στο οποίο έχει πρόσβαση μόνο εξουσιοδοτημένο προσωπικό, επιτρέπεται να εγκαθίστανται σε ένα ανοιχτό ράφι, για διευκόλυνση της συντήρησης.

1206.2.8.5: Χώροι εργασίας με προσωπικό (occupied work centers): Όπου οι συσσωρευτές αποθήκευσης εγκαθίστανται σε χώρο όπου εργάζεται προσωπικό, θα τοποθετούνται μέσα σε άκαυστη ντουλάπα ή άλλο περίβλημα, για παρεμπόδιση της πρόσβασης σε μη εξουσιοδοτημένο προσωπικό.

1206.2.8.5.1: Ντουλάπες: Όταν οι συσσωρευτές βρίσκονται μέσα σε ντουλάπες σε χώρο όπου εργάζεται προσωπικό, τα περιβλήματα της ντουλάπας θα βρίσκονται σε απόσταση 10 ft (3,048 m) από τον εξοπλισμό που υποστηρίζουν.¹⁴

1206.2.8.6: Σήμανση: Εγκεκριμένα σήματα θα βρίσκονται πάνω στις πόρτες ή κοντά στις εισόδους σε δωμάτια BESS και θα περιέχουν τις ακόλουθες ή ισοδύναμες πληροφορίες:

1. Το δωμάτιο περιέχει ενεργοποιημένα (energized) συστήματα συσσωρευτών.
2. Το δωμάτιο περιέχει ενεργοποιημένα ηλεκτρικά κυκλώματα.
3. Τα επιπρόσθετα σήματα που απαιτούνται στην Ενότητα 1206.2.12 ανάλογα με τους τύπους συσσωρευτών αποθήκευσης που περιέχονται στο δωμάτιο.

Εξαιρέση: Υπάρχοντα συστήματα BESS επιτρέπεται να εξακολουθήσουν να έχουν τη σήμανση που απαιτούνταν κατά το χρόνο εγκατάστασής τους.

1206.2.8.6.1: Ηλεκτρική αποσύνδεση: Όπου οι διακόπτες αποσύνδεσης του BESS δεν είναι ορατοί από τη θέση του κύριου διακόπτη αποσύνδεσης¹⁵, στη θέση αυτή θα εγκαθίστανται πινακίδες (placards) ή κατάλογοι (directories) που θα υποδεικνύουν τη θέση του διακόπτη αποσύνδεσης του BESS, σύμφωνα με το **NFPA 70**.

¹³ Βλ. και πίνακα στην ενότητα 1206.2.3.2.

¹⁴ Η συγκεκριμένη διατύπωση δεν είναι αρκετά σαφής.

¹⁵ Ίσως εννοεί του κτιρίου.

1206.2.8.2: Σήμανση ντουλάπας: Οι ντουλάπες συσσωρευτών αποθήκευσης που βρίσκονται σε χώρους εργασίας με προσωπικό θα έχουν εξωτερικά ετικέτες που θα δείχνουν τον κατασκευαστή, το μοντέλο, και τις ονομαστικές τιμές (ρεύματος και τάσης) του περιεχόμενου συστήματος. Θε υπάρχουν σήματα μέσα στη ντουλάπα που δείχνουν τους σχετικούς ηλεκτρικούς και χημικούς κινδύνους, σύμφωνα με την ενότητα **1206.2.12**.

1206.2.8.7: Υπαίθριες εγκαταστάσεις: Συστήματα BESS που εγκαθίστανται στο ύπαιθρο θα συμμορφώνονται με τις ενότητες **1206.2.8.7.1** έως **1206.2.8.7.4**, επιπλέον όλων των εφαρμόσιμων απαιτήσεων της ενότητας **1206.2**. Οι εγκαταστάσεις σε υπαίθριους οικίσκους (enclosures) ή containers όπου θα εισέρχεται προσωπικό για χειρισμό, δοκιμή, συντήρηση και άλλες λειτουργίες θα αντιμετωπίζονται όπως τα δωμάτια συσσωρευτών.

Εξαίρεση: Συστοιχίες συσσωρευτών σε containers είναι από άκαυστο υλικό δεν απαιτείται να απέχουν 3 ft (914 mm) από τους τοίχους του container.

1206.2.8.7.1: Διαχωρισμός: Τα συστήματα BESS που τοποθετούνται στο ύπαιθρο θα απέχουν τουλάχιστον 5 ft (1.524 m) από τα ακόλουθα:

1. Όρια του οικοπέδου
2. Δημόσιοι δρόμοι
3. Κτίρια
4. Αποθηκευμένα καύσιμα υλικά
5. Επικίνδυνα υλικά
6. Συσσωρευμένα υλικά (high-piled stock)
7. Άλλες πηγές κινδύνου (exposure hazards).

Εξαίρεση: Η αρμόδια αρχή μπορεί να εγκρίνει μικρότερες αποστάσεις, εάν υποβληθούν αποτελέσματα δοκιμών φωτιάς μεγάλης κλίμακας και συνθηκών αστοχίας, από ένα αποδεκτό εργαστήριο δοκιμών. Οι δοκιμές αυτές πρέπει να αποδεικνύουν ότι η φωτιά στο σύστημα δεν θα επιδράσει αρνητικά στην διαφυγή ατόμων από γειτονικά κτίρια, ή δεν θα επιδράσει αρνητικά σε γειτονικά αποθηκευμένα υλικά ή εγκαταστάσεις.

1206.2.8.7.2: Οδεύσεις διαφυγής (means of egress): Συστήματα BESS που εγκαθίστανται στο ύπαιθρο θα είναι απέχουν από οποιοδήποτε οδεύσεις διαφυγής όση απόσταση απαιτείται από την αρμόδια αρχή έγκρισης, ώστε να εξασφαλιστεί η ασφαλής διαφυγή υπό συνθήκες φωτιάς, και πάντως όχι μικρότερη από 10 ft (3,048 m).

Εξαίρεση: Η αρμόδια αρχή μπορεί να εγκρίνει μικρότερες αποστάσεις, εάν υποβληθούν αποτελέσματα δοκιμών φωτιάς μεγάλης κλίμακας και συνθηκών αστοχίας, από ένα αποδεκτό εργαστήριο δοκιμών. Οι δοκιμές αυτές πρέπει να αποδεικνύουν ότι η φωτιά στο σύστημα δεν θα επιδράσει αρνητικά τη διαφυγή των ατόμων.

1206.2.8.7.3: Ασφάλεια (security) υπαίθριων περιοχών: Υπαίθριες περιοχές όπου βρίσκονται BESS θα είναι ασφαλισμένα ενάντια σε είσοδο μη εξουσιοδοτημένων ατόμων και θα φυλάσσονται με έναν εγκεκριμένο τρόπο.

1206.2.8.7.4: Μονάδες όπου μπορεί να εισέλθει προσωπικό (walk-in units) Όπου το σύστημα BESS περιλαμβάνει μια εξωτερική περίφραξη (enclosure), στη μονάδα θα εισέρχεται κανείς μόνο για επιθεώρηση, συντήρηση και επισκευή των συσσωρευτών και ηλεκτρονικών, και ο χώρος δεν θα καταλαμβάνεται για άλλους σκοπούς.

1206.2.9: Μέγιστες Επιτρεπτές Ποσότητες (Maximum Allowable Quantities, MAQs): Μια περιοχή φωτιάς (fire area) όπου η συνολική χωρητικότητα των BESS υπερβαίνει τις MAQ που περιλαμβάνονται στον Πίνακα 1206.2.9 θα αντιμετωπίζεται ως κύρια χρήση υψηλού κινδύνου (Group H), και θα πρέπει να συμμορφώνεται με όλες τις εφαρμόσιμες προβλέψεις τόσο του IFC όσο και του IBC.

Εξαιρέση: Όπου εγκριθεί από την αρμόδια αρχή, περιοχές που περιέχουν συσσωρευτές σε μεγαλύτερες ποσότητες από τις MAQ μπορούν να θεωρηθούν περιοχές παρεπόμενης χρήσης (incidental use) και όχι κύριας χρήσης υψηλού κινδύνου. Η έγκριση πρέπει να βασιστεί σε μια ανάλυση μετριασμού κινδύνου σύμφωνα με την 1206.2.3, και σε αποτελέσματα δοκιμών φωτιάς μεγάλης κλίμακας και συνθηκών αστοχίας, από ένα αποδεκτό εργαστήριο δοκιμών..

1206.2.9.1: Μικτά συστήματα συσσωρευτών: Όπου περιέχονται συσσωρευτές διαφορετικών τεχνολογιών, η συνολική ποσότητα συσσωρευτών θα προσδιοριστεί ως το άθροισμα του ποσοστού κάθε τύπου συσσωρευτή, δηλαδή της ποσότητάς του ως προς τη μέγιστη ποσότητα συσσωρευτών αυτού του τύπου. Εάν το άθροισμα των ποσοστών υπερβαίνει το 100%, τότε η περιοχή θα θεωρείται χρήση υψηλού κινδύνου σύμφωνα με τον πίνακα 1206.2.9.

Πίνακας 1206.2.9

Τεχνολογία Συσσωρευτών	Μέγιστη επιτρεπτή ποσότητα MAQ [kWh] ^a	Κατηγορία χρήσης ¹⁶
Συσσωρευτές ροής ^b	600	Ομάδα H-2
Μολύβδου-οξέος (όλοι οι τύποι)	Απεριόριστη	N/A
Λιθίου (όλοι οι τύποι)	600	Ομάδα H-2
Νικελίου-καδμίου	Απεριόριστη	N/A
Νατρίου (όλοι οι τύποι)	600	Ομάδα H-2
Άλλες τεχνολογίες συσσωρευτών	200	Ομάδα H-2 ^c

Σε μονάδες SI: 1 kWh = 3,6 MJ

^a Εάν η χωρητικότητα των συσσωρευτών δίνεται σε αμπερώρια (Ah), η χωρητικότητα σε kWh υπολογίζεται ως η ονομαστική τάση επί τον αριθμό Ah, διαιρεμένο με το 1000.

^b Περιλαμβάνονται βαναδίου, ψευδαργύρου-βρωμίου, πολυσουλφιδίου-βρωμίδιου και άλλοι τύποι ρέοντος ηλεκτρολύτη

^c Μετατρέπεται σε ομάδα H-4 εάν η αρμόδια αρχή καθορίσει ότι η φωτιά ή η θερμική φυγή δεν είναι σημαντικός κίνδυνος για την τεχνολογία αυτή.

1206.2.10: Συσσωρευτές αποθήκευσης και εξοπλισμός: Ο σχεδιασμός και η εγκατάσταση των συσσωρευτών αποθήκευσης και του σχετικού εξοπλισμού θα συμμορφώνεται με τις ενότητες 1206.2.10.1 έως 1206.2.10.8.

1206.2.10.1: Εγκεκριμένοι Κατάλογοι (listings): Οι συσσωρευτές αποθήκευσης και τα συστήματα BESS θα συμμορφώνονται με τα ακόλουθα:

1. Οι συσσωρευτές αποθήκευσης θα βρίσκονται σε εγκεκριμένο κατάλογο σύμφωνα με το [UL 1973](#)
2. Τα προσυσκευασμένα και προκατασκευασμένα BESS θα βρίσκονται σε εγκεκριμένο κατάλογο σύμφωνα με το [UL 9540](#)

Εξαιρέση: Οι συσσωρευτές μολύβδου-οξέος δεν απαιτείται να βρίσκονται σε εγκεκριμένο κατάλογο.

1206.2.10.2: Προσυσκευασμένα και προκατασκευασμένα συστήματα: Θα εγκαθίστανται σύμφωνα με τις απαιτήσεις του εγκεκριμένου καταλόγου και τις οδηγίες του κατασκευαστή τους.

1206.2.10.3: Συστήματα διαχείρισης ενέργειας: Ένα εγκεκριμένο σύστημα διαχείρισης ενέργειας θα παρέχεται, για τεχνολογίες συσσωρευτών εκτός από μολύβδου-οξέος και νικελίου-καδμίου, για να παρακολουθεί και να εξισορροπεί τις τάσεις, τα ρεύματα και τις θερμοκρασίες των κυψελών, εντός του εύρους τιμών που δίνεται από τον κατασκευαστή. Το σύστημα θα στέλνει ένα σήμα κινδύνου σε μια εγκεκριμένη τοποθεσία, εάν ανιχνευθούν εν δυνάμει επικίνδυνες θερμοκρασίες ή άλλες συνθήκες όπως βραχυκύκλωμα, υπέρταση ή υπόταση.

¹⁶ Εφόσον υπερβεί την MAQ.

1206.2.10.4: Φορτιστές συσσωρευτών: Οι φορτιστές θα είναι συμβατοί με τη χημεία των συσσωρευτών και τις προδιαγραφές ονομαστικών τιμών και φόρτισης του κατασκευαστή. Οι φορτιστές θα βρίσκονται σε εγκεκριμένο κατάλογο και θα έχουν σήμανση σύμφωνα με το [UL 1564](#) [Standard for Industrial Battery Chargers], ή θα παρέχονται ως τμήμα εγκεκριμένου προκατασκευασμένου ή προσυσκευασμένου BESS.

1206.2.10.5: Αντιστροφείς (inverters): Οι αντιστροφείς θα βρίσκονται σε εγκεκριμένο κατάλογο και θα έχουν σήμανση σύμφωνα με το [UL 1741](#). Μόνο αντιστροφείς που είναι εγκεκριμένοι και επισημασμένοι για χρήση αλληλεπίδρασης με το δίκτυο, επιτρέπεται να λειτουργούν παράλληλα με το ηλεκτρικό δίκτυο για να παρέχουν ενέργεια στα κοινά φορτία.¹⁷

1206.2.10.6: Καλύμματα ασφαλείας (safety caps): Οι εξαεριζόμενοι (vented) συσσωρευτές θα διαθέτουν καλύμματα ασφαλείας με φλογοπαγίδες (flame arresting).

1206.2.10.7: Θερμική φυγή: Όπου απαιτείται από την ενότητα 1206.2.12, οι συσσωρευτές θα διαθέτουν μια εγκεκριμένη συσκευή ή άλλη αποδεκτή μέθοδο για να προλαμβάνουν, να ανιχνεύουν και να ελέγχουν τη θερμική φυγή.

1206.2.10.8: Τοξικά και πολύ τοξικά αέρια: Συστήματα BESS που μπορεί να εκλύουν τοξικά και πολύ τοξικά αέρια κατά τη διάρκεια της φόρτισης, της εκφόρτισης και της κανονικής λειτουργίας θα συμμορφώνονται με το **Κεφάλαιο 60** [Highly Toxic and Toxic Materials].

1206.2.11: Συστήματα πυρανίχνευσης και κατάσβεσης: Θα υπάρχουν συστήματα πυρανίχνευσης και κατάσβεσης σύμφωνα με τις ενότητες 1206.2.11.1 έως 1206.2.11.5.

1206.2.11.1: Συστήματα Κατάσβεσης: Δωμάτια που περιέχουν BESS θα διαθέτουν αυτόματο σύστημα καταιονισμού (automatic sprinkler system) σύμφωνα με την ενότητα **903.3.1.1**. Η ταξινόμηση για τις διάφορες τεχνολογίες συσσωρευτών αποθήκευσης θα είναι σύμφωνα με το **Κεφάλαιο 5** του [NFPA 13](#). Εάν ο τύπος των συσσωρευτών αποθήκευσης δεν περιλαμβάνεται στο Κεφάλαιο 5, τότε η αρμόδια αρχή μπορεί να εγκρίνει το σύστημα βασισμένη σε αποτελέσματα δοκιμών μεγάλης κλίμακας φωτιάς και συνθηκών αστοχίας από ένα εγκεκριμένο εργαστήριο.¹⁸

Εξαίρεση: Χώροι ή περιοχές που περιέχουν BESS χρησιμοποιούμενα αποκλειστικά για τηλεπικοινωνιακό εξοπλισμό, σύμφωνα με την ενότητα **903.2**.

1206.2.11.1: Εναλλακτικά συστήματα κατάσβεσης: Συστήματα συσσωρευτών που χρησιμοποιούν υλικά που αντιδρούν με το νερό θα προστατεύονται με ένα εγκεκριμένο εναλλακτικό σύστημα αυτόματης κατάσβεσης σύμφωνα με την ενότητα **904**. Το σύστημα θα είναι εγκεκριμένο για τον τύπο, τη χωροθέτηση και τις ποσότητες των συσσωρευτών αποθήκευσης στο δωμάτιο. Η αρμόδια αρχή επιτρέπεται να εγκρίνει το εναλλακτικό σύστημα βασισμένη σε δοκιμές φωτιάς μεγάλης κλίμακας και συνθηκών αστοχίας από ένα εγκεκριμένο εργαστήριο.

1206.2.11.2: Σύστημα ανίχνευσης καπνού. Ένα εγκεκριμένο σύστημα ανίχνευσης καπνού θα εγκαθίσταται σε δωμάτια που περιέχουν BESS, σε συμφωνία με την ενότητα **907.2**.

1206.2.11.3: Εξαερισμός (ventilation): Όπου απαιτείται από τις ενότητες 1206.2.3 ή 1206.2.12, ο εξαερισμός των δωματίων που περιέχουν BESS θα είναι σε συμφωνία με τον International Mechanical Code ([IMC](#)) και με ένα από τα ακόλουθα:

1. Το σύστημα εξαερισμού θα σχεδιάζεται ώστε να περιορίζει τη μέγιστη συγκέντρωση των εύφλεκτων αερίων στο 25% του κάτω ορίου αναφλεξιμότητας (LFL), ή για το υδρογόνο, στο 1% του συνολικού όγκου του δωματίου.

¹⁷ Για το σκοπό αυτό έχει εκδοθεί συμπληρωματικά στο [UL 1741](#) το Supplement SA: Grid Support Utility Interactive Inverters and Converters.

¹⁸ Αναφέρεται στο Κεφ. 5 της έκδοσης 2016 του [NFPA 13](#), ενώ στην πιο πρόσφατη έκδοση 2019 αντίστοιχο είναι το **Κεφ. 4**.

2. Θα παρέχεται συνεχής εξαερισμός σε ρυθμό τουλάχιστον 1 ft³/min (cfm) ανά ft² δωματίου (δηλαδή 0,00508 m³/(s·m²)), και τουλάχιστον 150 cfm (4 m³/min).¹⁹

Το σύστημα απαγωγής αέρα exhaust) θα είναι σχεδιασμένο ώστε να προκαλεί κίνηση του αέρα σε όλα τα τμήματα του δαπέδου, για αέρια με πυκνότητα ατμών μεγαλύτερη από του αέρα, και σε όλα τα τμήματα της οροφής, για αέρια με πυκνότητα ατμών μικρότερη του αέρα.

1206.2.11.3.1: Εξαερισμός ντουλάπας: Όπου υπάρχουν ντουλάπες, σε χώρους εργασίας, που περιέχουν συσσωρευτές οι οποίοι απαιτούνται (σύμφωνα με τις ενότητες 1206.2.3 ή 1206.2.12) να έχουν εξαερισμό, η ντουλάπα θα διαθέτει εξαερισμό σύμφωνα με την ενότητα 1206.2.11.3.

1206.2.11.3.2: Επιτήρηση (supervision): Τα απαιτούμενα μηχανικά συστήματα εξαερισμού για δωμάτια και ντουλάπες που περιέχουν συσσωρευτές θα επιτηρούνται από έναν εγκεκριμένο κεντρικό σταθμό, είτε ιδιόκτητο είτε σε απομακρυσμένη υπηρεσία, ή θα προκαλούν ένα ακουστικό και οπτικό σήμα σε μία εγκεκριμένη τοποθεσία στο χώρο εργασίας (on-site), στην οποία βρίσκεται πάντοτε προσωπικό.

1206.2.11.4: Σύστημα ανίχνευσης αερίων: Όπου απαιτείται από τις ενότητες 1206.2.3 ή 1206.2.12, δωμάτια που περιέχουν BESS θα προστατεύονται από ένα σύστημα ανίχνευσης αερίων που συμμορφώνεται με την ενότητα 916. Το σύστημα ανίχνευσης αερίων θα είναι σχεδιασμένο να ενεργοποιείται όταν το επίπεδο του εύφλεκτου αερίου ξεπεράσει το 25% του κάτω ορίου αναφλεξιμότητας (LFL), ή όταν το επίπεδο του τοξικού ή πολύ τοξικού αερίου υπερβεί το 50% του ορίου άμεσης επικινδυνότητας για τη ζωή ή την υγεία (IDLH).

1206.2.11.4.1: Ενεργοποίηση του συστήματος: Η ενεργοποίηση του συστήματος ανίχνευσης αερίων θα έχει ως αποτέλεσμα όλα τα παρακάτω:

1. Διακριτό ηχητικό και οπτικό σήμα συναγερμού στο δωμάτιο συσσωρευτών.
2. Μετάδοση σήματος συναγερμού σε μια εγκεκριμένη τοποθεσία.
3. Απενεργοποίηση (de-energizing) του φορτιστή συσσωρευτών.
4. Ενεργοποίηση του συστήματος μηχανικού εξαερισμού, όπου το σύστημα αυτό είναι αλληλοσυνδεδεμένο (interlocked) με το σύστημα ανίχνευσης αερίων.

Εξαιρέση: Συστήματα BESS μολύβδου-οξέος και νικελίου-καδμίου δεν απαιτείται να συμμορφώνονται με τα σημεία 1, 2, 3.

1206.2.11.5: Έλεγχος διαρροών (spill control) και εξουδετέρωση (neutralization): Όπου απαιτείται από την ενότητα 1206.2.12, θα παρέχονται εγκεκριμένες μέθοδοι για τον έλεγχο και την εξουδετέρωση διαρροών ηλεκτρολύτη ή άλλων επικινδυνων υλικών σε περιοχές με συσσωρευτές, ως εξής:

1. Για συσσωρευτές με ηλεκτρολύτη ελεύθερης ροής (free-flowing), η μέθοδος και τα υλικά θα είναι ικανά να εξουδετερώσουν τη διαρροή ολόκληρης της χωρητικότητας της μεγαλύτερης κυψέλης ή ομάδας (block), προς μια τιμή του pH μεταξύ 5 και 9.
2. Για συσσωρευτές με ακίνητο (immobilized) ηλεκτρολύτη, η μέθοδος και τα υλικά θα είναι ικανά να εξουδετερώσουν τη διαρροή του 3% της χωρητικότητας της μεγαλύτερης κυψέλης ή ομάδας (block), προς μια τιμή του pH μεταξύ 5 και 9.

1206.2.12: Ειδικές απαιτήσεις ανάλογα με τον τύπο συσσωρευτή: Αυτή η ενότητα περιλαμβάνει απαιτήσεις εφαρμόσιμες σε συγκεκριμένους τύπους συσσωρευτών. Συστήματα BESS με συσσωρευτές περισσότερων τύπων θα συμμορφώνονται με τις απαιτήσεις που αντιστοιχούν σε κάθε τύπο.

1206.2.12.1: Συσσωρευτές μολύβδου-οξέος: BESS με συσσωρευτές μολύβδου-οξέος θα συμμορφώνονται με τα ακόλουθα:

1. Εξαερισμός σύμφωνα με την ενότητα 1206.2.11.3.

¹⁹ Η τιμή 0,00508 είναι ακριβής, η τιμή 4 όχι. Ακριβής τιμή είναι 4,2475.

2. Έλεγχος και εξουδετέρωση διαρροής σύμφωνα με την ενότητα 1206.2.11.5.
3. Προστασία θερμικής φυγής για συσσωρευτές τύπου μολύβδου-οξέος ρυθμιζόμενης βαλβίδας (valve-regulated lead-acid, VRLA), σύμφωνα με την ενότητα 1206.2.10.7.
4. Η σήμανση στην ενότητα 1206.2.8.6 θα αναφέρει ότι το δωμάτιο περιέχει συσσωρευτές μολύβδου-οξέος.

1206.2.12.2: Συσσωρευτές νικελίου-καδμίου: BESS με συσσωρευτές νικελίου-καδμίου θα συμμορφώνονται με τα ακόλουθα:

1. Εξαερισμός σύμφωνα με την ενότητα 1206.2.11.3.
2. Έλεγχος και εξουδετέρωση διαρροής σύμφωνα με την ενότητα 1206.2.11.5.
3. Προστασία θερμικής φυγής για συσσωρευτές σφραγισμένου τύπου νικελίου-καδμίου ρυθμιζόμενης βαλβίδας, σύμφωνα με την ενότητα 1206.2.10.7.
4. Η σήμανση στην ενότητα 1206.2.8.6 θα αναφέρει ότι το δωμάτιο περιέχει συσσωρευτές νικελίου-καδμίου.

1206.2.12.3: Συσσωρευτές ιόντων λιθίου: Η σήμανση στην ενότητα 1206.2.8.6 θα αναφέρει τον τύπο των συσσωρευτών λιθίου που περιέχονται στο δωμάτιο.

1206.2.12.4: Συσσωρευτές νατρίου-βήτα: BESS με συσσωρευτές νατρίου-β θα συμμορφώνονται με τα ακόλουθα:

1. Εξαερισμός σύμφωνα με την ενότητα 1206.2.11.3.
2. Η σήμανση στην ενότητα 1206.2.8.6 θα αναφέρει τον τύπο των συσσωρευτών νατρίου που περιέχονται στο δωμάτιο, και θα περιλαμβάνει τη φράση «ΜΗΝ ΡΙΧΝΕΤΕ ΝΕΡΟ».

1206.2.12.5: Συσσωρευτές ροής: BESS με συσσωρευτές ροής θα συμμορφώνονται με τα ακόλουθα:

1. Εξαερισμός σύμφωνα με την ενότητα 1206.2.11.3.
2. Έλεγχος και εξουδετέρωση διαρροής σύμφωνα με την ενότητα 1206.2.11.5.
3. Η σήμανση στην ενότητα 1206.2.8.6 θα αναφέρει τον τύπο των συσσωρευτών ροής που περιέχονται στο δωμάτιο.

1206.2.12.6: Άλλες τεχνολογίες συσσωρευτών: BESS με συσσωρευτές διαφορετικής τεχνολογίας από αυτές που περιγράφονται στις ενότητες 1206.2.12.1 έως 1206.2.12.6 θα συμμορφώνονται με τα ακόλουθα:

1. Συστήματα ανίχνευσης αερίων που συμμορφώνονται με την ενότητα 916 θα παρέχονται σύμφωνα με την ενότητα 1206.2.11.4, όπου οι συσσωρευτές έχουν τη δυνατότητα να παράγουν τοξικά ή πολύ τοξικά αέρια στο δωμάτιο ή τη ντουλάπα αποθήκευσης, επιπλέον των επιτρεπτών ορίων έκθεσης (permissible exposure limits, PEL), κατά τη φόρτιση, εκφόρτιση και κανονική λειτουργία του συστήματος.
2. Μηχανικός εξαερισμός σύμφωνα με την ενότητα 1206.2.11.3.
3. Έλεγχος και εξουδετέρωση διαρροής σύμφωνα με την ενότητα 1206.2.11.5.
4. Επιπλέον της σήμανσης που απαιτείται στην ενότητα 1206.2.8.6, θα αναφέρεται ο τύπος των συσσωρευτών, θα περιγράφονται οι πιθανοί κίνδυνοι που συσχετίζονται με αυτόν τον τύπο, και θα αναφέρεται ότι το δωμάτιο περιέχει ενεργά ηλεκτρικά κυκλώματα.

1206.3: Συστήματα αποθήκευσης ενέργειας με πυκνωτές²⁰

²⁰ Δεν παρατίθεται αναλυτικά.

4.1.4 Ο κώδικας κατοικιών IRC

Ο [IRC](#) (International Residential Code) είναι μια ειδική έκδοση του ICC [76], η οποία εφαρμόζεται σε κτίρια κατοικίας μικρού μεγέθους, που στεγάζουν έως δύο οικογένειες (και συγκροτήματα αυτών). Η πιο πρόσφατη έκδοση [IRC 2018](#), περιλαμβάνει την ενότητα R327 [Σταθερά Συστήματα Συσσωρευτών Αποθήκευσης, Stationary Storage Battery Systems], η οποία θέτει τις απαιτήσεις για την εγκατάσταση συστημάτων αποθήκευσης από 1 kWh και άνω. (Σε σύγκριση, οι απαιτήσεις του [IFC](#) επιβάλλονται για συστήματα συσσωρευτών ιόντων λιθίου 20 kWh και άνω, βλ. **Πίνακα 1206.2 [IFC2018]**).

Οι βασικές προβλέψεις του [IRC](#) (εκδ. 2018) για τα οικιακά συστήματα BESS είναι σχετικά απλοποιημένες σε σχέση με του [IFC](#). Τα συστήματα συσσωρευτών πρέπει να συμπεριλαμβάνονται στον κατάλογο των εγκεκριμένων κατά το πρότυπο [UL 9540](#) και να εγκαθίστανται σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή. Δεν μπορούν να εγκαθίστανται μέσα σε κατοικήσιμο χώρο του σπιτιού/διαμερίσματος. Η ηλεκτρική εγκατάσταση είναι ίδια με αυτή των οικιακών Φ/Β συστημάτων. Απαιτείται εξαερισμός εάν η φόρτιση εκλύει αέριο υδρογόνο. Απαιτείται προστασία από πρόσκρουση οχήματος, όπου αυτό είναι εφαρμόσιμο. [50]

Μια σημαντική διαφορά σε σχέση με τις αυστηρότερες απαιτήσεις του [IFC](#) είναι ότι δεν απαιτείται αυτόματο σύστημα πυρόσβεσης, ούτε πυροδιαμερισματοποίηση. Η απαίτηση για σύστημα πυρανίχνευσης, παρόλο που δεν αναφέρεται εδώ, είναι ούτως ή άλλως υποχρεωτική για νέες κατοικίες σύμφωνα με άλλη ενότητα του [IRC](#).

Μία ιδιαίτερη εφαρμογή που προβλέπεται και από τον [IRC](#) είναι η αλλαγή χρήσης (repurposing) συστημάτων συσσωρευτών ηλεκτρικών οχημάτων (EV) που δεν έχουν πλέον επαρκή χωρητικότητα για την απαιτούμενη αυτονομία οδήγησης. Οι συσσωρευτές αυτοί αντικαθίστανται στα οχήματα, είναι όμως δυνατό να χρησιμοποιηθούν σε οικιακά συστήματα BESS. Τέτοια συστήματα από επαναχρησιμοποιημένους συσσωρευτές πρέπει να εγκαθίστανται μόνο στο ύπαιθρο ή σε ανεξάρτητους οικίσκους, σε απόσταση τουλάχιστον 5 ft (1,524 m) από εξωτερικούς τοίχους, τα όρια του οικοπέδου και δημόσιους δρόμους. [50] Για την ασφαλή εγκατάσταση αυτών των συστημάτων έχει εκδοθεί πολύ πρόσφατα (2018) το πρότυπο [UL 1974](#) [Standard for Evaluation for Repurposing Batteries]

Παρακάτω παρουσιάζονται και σχολιάζονται οι σχετικές ενότητες του [IRC 2018](#).

Ενότητα R327: Συστήματα σταθερών συσσωρευτών αποθήκευσης²¹

R327.1: Γενικά: Τα συστήματα BESS θα συμμορφώνονται με τις απαιτήσεις της παρούσας ενότητας.

R327.2: Κατάλογοι εξοπλισμού: Τα συστήματα BESS θα βρίσκονται σε εγκεκριμένο κατάλογο και θα έχουν σήμανση ως κατάλληλα για οικιακή χρήση σύμφωνα με το [UL 9540](#).

Εξαιρέσεις

1. Όπου εγκρίνονται, συστήματα συσσωρευτών από αλλαγή χρήσης που προέρχονται από ηλεκτρικά οχήματα, που δεν βρίσκονται σε εγκεκριμένο κατάλογο, επιτρέπεται να εγκαθίστανται στο ύπαιθρο ή σε ανεξάρτητους οικίσκους (sheds) που βρίσκονται τουλάχιστον 5 ft (1,524 m) από εξωτερικούς τοίχους, όρια οικοπέδων και δημόσιους δρόμους.

²¹ Ο ορισμός είναι ίδιος με αυτόν του IFC. Θα χρησιμοποιούμε τον ισοδύναμο όρο BESS.

2. Συστήματα συσσωρευτών που είναι ολοκληρωμένο (integral) τμήμα ενός ηλεκτρικού οχήματος επιτρέπονται, αρκεί η εγκατάσταση συμμορφώνεται με την ενότητα **625.48** του [NFPA 70](#).

3. Συστήματα συσσωρευτών λιγότερο από 1 kWh (3,6 MJ)

R327.3: Εγκατάσταση: Τα BESS θα εγκαθιστώνται σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή τους και τις προβλέψεις του προτύπου με βάση το οποίο εγκρίθηκαν (εάν είναι εφαρμόσιμο), και δεν θα εγκαθιστώνται σε κατοικήσιμο (habitable) χώρο μιας κατοικίας (dwelling unit).

R327.4: Ηλεκτρική εγκατάσταση: Τα BESS θα εγκαθιστώνται σύμφωνα με το [NFPA 70](#). Οι αντιστροφείς θα βρίσκονται σε εγκεκριμένο κατάλογο και θα έχουν σήμανση σύμφωνα με το [UL 1741](#), ή θα παρέχονται ως μέρος του συστήματος που είναι εγκεκριμένο σύμφωνα με το [UL 9540](#). Τα συστήματα που συνδέονται με το δίκτυο διανομής θα χρησιμοποιούν αντιστροφείς που είναι εγκεκριμένοι για αλληλεπίδραση με το δίκτυο.

R327.5: Εξαερισμός (ventilation). Εγκαταστάσεις εντός κτιρίου συστημάτων BESS που περιλαμβάνουν συσσωρευτές που παράγουν υδρογόνο ή άλλα εύφλεκτα αέρια κατά τη φόρτιση, θα έχουν εξαερισμό σύμφωνα με την ενότητα **M1307.4**

R327.6: Προστασία από πρόσκρουση: BESS που εγκαθιστώνται σε θέση τέτοια ώστε να είναι δυνατό να υποστούν ζημιά από όχημα, θα προστατεύονται από εγκεκριμένα φράγματα.

M1307.4: Συσκευές που παράγουν υδρογόνο, και λειτουργίες ανεφοδιασμού καυσίμων:²² Απαιτείται εξαερισμός σύμφωνα με τις ενότητες M1307.4.1, M1307.4.2 ή M1307.4.3 σε ιδιωτικά γκαράζ που περιέχουν συσκευές που παράγουν υδρογόνο, ή συστήματα ανεφοδιασμού καυσίμων. Για τους σκοπούς αυτής της ενότητας, δωμάτια ή χώροι που δεν είναι τμήμα του κατοικήσιμου χώρου μιας κατοικίας, και που επικοινωνούν άμεσα με ένα ιδιωτικό γκαράζ μέσω ανοιγμάτων, θα θεωρούνται τμήματα του ιδιωτικού γκαράζ.

M1307.4.1: Φυσικός εξαερισμός: Οι χώροι εντός κτιρίου που προορίζονται για παραγωγή υδρογόνου ή λειτουργίες ανεφοδιασμού καυσίμων, θα περιορίζονται σε μέγιστο εμβαδό 850 ft² (79 m²) και θα επικοινωνούν με το ύπαιθρο σύμφωνα με τις ενότητες M1307.4.1.1 και M1307.4.1.2. Η μέγιστη ονομαστική παραγωγή υδρογόνου δεν θα ξεπερνά τα 4 standard ft³/min (1,9 L/s) υδρογόνου για κάθε 250 ft² (23 m²) δαπέδου σε αυτούς τους χώρους. Η ελάχιστη διάσταση των ανοιγμάτων αέρα θα είναι 3 in (76 mm). Όπου χρησιμοποιούνται αγωγοί (ducts), θα είναι της ίδιας διατομής με το ελεύθερο εμβαδό των ανοιγμάτων στα οποία συνδέονται. Σε αυτούς τους χώρους, εξοπλισμός και συσκευές που έχουν πηγή ανάφλεξης θα είναι τοποθετημένες έτσι ώστε η πηγή ανάφλεξης θα απέχει περισσότερο από 12 in (305 mm) από το ταβάνι.

M1307.4.1.1: Δύο ανοίγματα: Δύο μόνιμα ανοίγματα θα κατασκευαστούν μέσα στο γκαράζ. Το άνω άνοιγμα θα είναι βρίσκεται εξ ολοκλήρου εντός 12 in (305 mm) από το ταβάνι του γκαράζ. Το κάτω άνοιγμα θα βρίσκεται εξ ολοκλήρου εντός 12 in (305 mm) από το δάπεδο του γκαράζ. Και τα δύο ανοίγματα θα είναι στον ίδιο εξωτερικό τοίχο. Τα ανοίγματα θα επικοινωνούν απευθείας με το ύπαιθρο και θα έχουν ελάχιστη ελεύθερη επιφάνεια 0,5 ft² ανά 1000 ft³ (1,7 m² ανά 1000 m³) όγκου γκαράζ.

M1307.4.1.2: Περσίδες (louvers) και σχάρες (grills): Κατά τον υπολογισμό της ελεύθερης επιφάνειας που απαιτείται από την ενότητα M1307.4.1.2, το απαιτούμενο μέγεθος ανοιγμάτων θα βασίζεται στην καθαρή ελεύθερη επιφάνεια κάθε ανοίγματος. Εάν είναι γνωστή η καθαρή ελεύθερη επιφάνεια λόγω του σχεδιασμού της περσίδας ή της σχάρας, αυτή η καθαρή επιφάνεια θα χρησιμοποιηθεί κατά τον υπολογισμό. Εάν δεν είναι γνωστός ο σχεδιασμός, θα υποτεθεί ότι οι ξύλινες περσίδες έχουν ελεύθερη

²² Η ενότητα M1307.4 του IRC δεν αναφέρεται ειδικά σε BESS, αλλά είναι πιο γενική.

επιφάνεια 25%, ενώ οι μεταλλικές περσίδες και σχάρες έχουν ελεύθερη επιφάνεια 75%. Οι περσίδες και σχάρες θα είναι στερεωμένες μόνιμα στην ανοιχτή θέση.

M1307.4.2: Μηχανικός εξαερισμός: Οι χώροι εντός κτιρίου που προορίζονται για παραγωγή υδρογόνου ή λειτουργίες ανεφοδιασμού καυσίμων, θα έχουν σύστημα μηχανικού εξαερισμού σύμφωνα με την ενότητα **502.16** του [IMC](#). Σε αυτές τις θέσεις, ο εξοπλισμός και οι συσκευές που έχουν πηγή ανάφλεξης θα είναι τοποθετημένες ώστε η πηγή ανάφλεξης είναι κάτω από τις εξόδους του μηχανικού εξαερισμού.

M1307.4.3: Ειδικά κατασκευασμένες (engineered) εγκαταστάσεις: Ως εναλλακτική των προβλέψεων των ενότητων **M1307.4.1** και **M1307.4.2**, η απαραίτητη παροχή αέρα για εξαερισμό και αραιώση (dilution) των εύφλεκτων αερίων θα εξασφαλίζεται με ένα εγκεκριμένο ειδικά κατασκευασμένο σύστημα.

4.1.5 Ο μηχανολογικός κώδικας IMC

Η παράγραφος του [IMC](#) στην οποία παραπέμπει ο [IRC](#) είναι η ακόλουθη:

Ενότητα 502.16: Γκαράζ/συνεργεία επισκευής για οχήματα με καύσιμο ελαφρύτερο του αέρα: Τα γκαράζ που χρησιμοποιούνται για μετατροπές και επισκευές οχημάτων που χρησιμοποιούν συμπιεσμένο φυσικό αέριο (CNG), υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG), υδρογόνο ή άλλο καύσιμο ελαφρύτερο του αέρα, θα διαθέτουν εγκεκριμένο σύστημα μηχανικού εξαερισμού. Το σύστημα αυτό θα συμμορφώνεται με την ενότητα **502.16.1** ή **502.16.2**, ανάλογα με την περίπτωση.

Στη συνέχεια της ενότητας περιγράφονται αναλυτικότερα οι περιπτώσεις για τα διάφορα είδη καυσίμων. Δεν αναφέρονται πουθενά συστήματα BESS. Όμως ο [IMC](#) έχει ξεχωριστές ενότητες για BESS, που είναι οι **502.4** και **502.5**, οι οποίες παρουσιάζονται και σχολιάζονται παρακάτω, έπειτα από τις γενικές προβλέψεις στην αρχή του Κεφαλαίου 5.

Κεφάλαιο 5: Συστήματα απαγωγής (exhaust systems)

Σχετικά με το Κεφάλαιο: Το Κεφ. 5 περιγράφει συστήματα απαγωγής, μεταξύ άλλων, για κουζίνες, εργαστήρια, διεργασίες (processes), γκαράζ, επικίνδυνα συστήματα, στεγνωτήρια ρούχων και συστήματα ελέγχου καπνού. Πολλές από τις προβλέψεις συνδέονται με αυτές του **IFC**. Τα συστήματα απαγωγής μετριάζουν τους κινδύνους υγείας και φωτιάς απομακρύνοντας και αραιώνοντας τους ρύπους (contaminants) στο εσωτερικό κτιρίων. Η θέση εξόδου (discharge) των συστημάτων απαγωγής επίσης είναι σημαντικό ζήτημα.

501.3: Έξοδος απαγωγής: Ο αέρας που απομακρύνεται από όλα τα συστήματα μηχανικής απαγωγής θα εξέρχεται στο ύπαιθρο σε σημείο όπου δεν θα προκαλεί δημόσια ενόχληση (public nuisance) και τουλάχιστον στις αποστάσεις που καθορίζονται στην ενότητα 501.3.1. Ο αέρας θα εξέρχεται σε μια θέση από όπου δεν θα μπορεί να εισέλθει άμεσα σε κάποιο σύστημα εξαερισμού. Ο αέρας δεν θα εξέρχεται σε σοφίτα, σε βοηθητικούς χώρους (πατάρια ή ρηγά υπόγεια) (crawl space), ούτε θα διοχετεύεται σε χώρους διέλευσης ανθρώπων (walkways).

501.3.1: Θέση εξόδων απαγωγής: Τα τερματικά σημεία των εξόδων απαγωγής και των αγωγών (ducts) που εξάγουν στο ύπαιθρο θα βρίσκονται στις ακόλουθες ελάχιστες αποστάσεις:

1. Για αγωγούς που μεταφέρουν εκρηκτικούς ή εύφλεκτους ατμούς, αναθυμιάσεις (fumes) ή σκόνες (dusts): 30 ft (9,144 m) από τα όρια του οικοπέδου, 10 ft (3,048 m) από λειτουργικά (operable) ανοίγματα κτιρίων, 6 ft (1,829 m) από εξωτερικούς τοίχους και οροφές, 30 ft (9,144 m) από καύσιμους τοίχους και λειτουργικά ανοίγματα κτιρίων που βρίσκονται στην κατεύθυνση εξόδου του αγωγού, 10 ft (3,048 m) πάνω από το επίπεδο του εξωτερικού χώρου (adjoining grade).
2. Για εξόδους που μεταφέρουν άλλα [αέρια] προϊόντα: 10 ft (3,048 m) από τα όρια του οικοπέδου, 3 ft (0,914 m) από εξωτερικούς τοίχους και οροφές, 10 ft (3,048 m) από λειτουργικά ανοίγματα κτιρίων, 10 ft (3,048 m) πάνω από το γειτονικό έδαφος.
3. Για όλες τις εξόδους αέρα περιβάλλοντος: 3 ft (0,914 m) από τα όρια του οικοπέδου, 3 ft (0,914 m) από λειτουργικά ανοίγματα κτιρίων για όλες τις χρήσεις εκτός της Ομάδας U [Βοηθητικοί & διάφοροι χώροι (Utility & miscellaneous)], και 10 ft (3,048 m) από εισόδους μηχανικού εξαερισμού. Αυτές οι εξοδοί απαγωγής δεν θα θεωρούνται επικίνδυνες (hazardous) ή επιβλαβείς (noxious).

4. Οι έξοδοι απαγωγής που εξυπηρετούν κατασκευές σε περιοχές με κίνδυνο πλημμύρας, θα εγκαθίστανται τουλάχιστον στο ύψος που απαιτείται από την ενότητα 1612 του [IBC](#) για βοηθητικά μέσα και εξοπλισμό (utilities and attendant equipment).²³

501.3.2: Προστασία ανοιγμάτων εξαγωγής: Τα ανοίγματα εξαγωγής που τερματίζουν στο ύπαιθρο θα προστατεύονται από (ανθεκτικά στη διάβρωση) πλέγματα (screens), περσίδες (louvers) ή σχάρες (grills). Τα ανοίγματα στα πλέγματα, περσίδες ή σχάρες θα είναι τουλάχιστον 1/4 in (6,4 mm) και το πολύ 1/2 in (12,7 mm). Τα ανοίγματα θα είναι προστατευμένα ως προς τις τοπικές καιρικές συνθήκες. [...] Ανοίγματα σε εξωτερικούς τοίχους θα ικανοποιούν τις αντίστοιχες προβλέψεις του [IBC](#).

501.5: Εξίσωση πίεσης (pressure equalization): Τα συστήματα μηχανικής απαγωγής θα έχουν κατάλληλη διάσταση ώστε να απομακρύνουν την ποσότητα του αέρα που απαιτείται από το παρόν Κεφάλαιο. Το σύστημα θα λειτουργεί όποτε απαιτείται να γίνει εξαγωγή αέρα. Όπου απαιτείται μηχανική απαγωγή αέρα σε χώρο με χρήση διάφορη της R-3 [γενικά χώροι κατοικίας για λιγότερα από 10 άτομα], και ανεξάρτητα διαμερίσματα (dwelling units) της ομάδας R-3 [γενικά χώροι κατοικίας για πολλά άτομα], ο χώρος θα διατηρεί ουδέτερη ή αρνητική πίεση. Αν παρέχεται μεγαλύτερη ποσότητα αέρα από ένα σύστημα μηχανικού αερισμού σε σχέση με αυτή που απομακρύνεται από το δωμάτιο, θα πρέπει να διατίθενται αρκετά μέσα για τη φυσική ή μηχανική απαγωγή του επιπλέον αέρα. Αν υπάρχει μόνο σύστημα μηχανικής απαγωγής αέρα από το δωμάτιο, ή αν απομακρύνεται μεγαλύτερη ποσότητα αέρα σε σχέση με αυτή που παρέχεται από το σύστημα αερισμού, θα παρέχεται επιπλέον αέρας (makeup air) για να αντισταθμίσει το έλλειμμα.

501.5: Αγωγοί (ducts): Όπου δεν προσδιορίζεται η κατασκευή των αγωγών στο παρόν κεφάλαιο, αυτή θα συμμορφώνεται με το **Κεφάλαιο 6**.

502.4: Συστήματα σταθερών συσσωρευτών αποθήκευσης: Τα συστήματα BESS, όταν απαιτείται από την ενότητα 1206.2.11.3 του [IFC](#), θα διαθέτουν εξαερισμό που συμμορφώνεται με το παρόν κεφάλαιο και είτε την ενότητα 502.4.1 είτε την 502.4.2.

Το σύστημα απαγωγής θα σχεδιάζεται ώστε να εξασφαλίζει κίνηση του αέρα σε όλα τα τμήματα του δαπέδου (για αέρια με πυκνότητα ατμών μεγαλύτερη από αυτή του αέρα), και σε όλα τα τμήματα της οροφής (για αέρια με πυκνότητα ατμών μικρότερη από αυτή του αέρα).

502.4.1: Όριο ευφλεκτότητας (flammability) στα δωμάτια: Το σύστημα εξαερισμού θα σχεδιάζεται ώστε να περιορίζει τη μέγιστη συγκέντρωση εύφλεκτου αερίου στο 25% του κάτω ορίου αναφλεξιμότητας (LFL) ή, για το υδρογόνο, να περιορίζει τη μέγιστη συγκέντρωση στο 1% του συνολικού όγκου του δωματίου.

502.4.2: Ρυθμός εξαερισμού στα δωμάτια: Θα παρέχεται συνεχής εξαερισμός σε ρυθμό τουλάχιστον 1 ft³/min (cfm) ανά ft² δωματίου (δηλαδή 0,00508 m³/(s·m²)), και τουλάχιστον 150 cfm (4,25 m³/min).²⁴

502.4.3: Επιτήρηση (supervision): Τα συστήματα μηχανικού εξαερισμού που απαιτούνται από την ενότητα 502.4 θα επιτηρούνται από έναν εγκεκριμένο κεντρικό σταθμό, είτε ιδιόκτητο είτε σε απομακρυσμένη υπηρεσία, ή θα προκαλούν ένα ακουστικό και οπτικό σήμα σε μία τοποθεσία στο χώρο εργασίας (on-site), στην οποία βρίσκεται πάντοτε προσωπικό.

502.5: Εξαερισμός συστημάτων συσσωρευτών σε ντουλάπες: BESS που εγκαθίστανται σε ντουλάπες, όπως προβλέπεται από την ενότητα 1206.2.11.3.1 του [IFC](#), θα διαθέτουν εξαερισμό σύμφωνα με την ενότητα 502.4.

²³ Η έξοδος εξαερισμού ενός δωματίου BESS θα πρέπει να ικανοποιεί τις απαιτήσεις της παρ.1, παρόλο που υπό κανονικές συνθήκες περιλαμβάνει μόνο ατμοσφαιρικό αέρα, και μόνο υπό ιδιαίτερες συνθήκες θα περιέχει (μικρή) ποσότητα εύφλεκτων ή τοξικών αερίων. Οι αποστάσεις της παρ.1 είναι επομένως μάλλον υπερεκτιμημένες και θα μπορούσαν ίσως να είναι μικρότερες εάν δεν είναι εφικτό να τηρηθούν, σε κάθε περίπτωση όμως πρέπει να τηρούνται τουλάχιστον οι αποστάσεις της παρ.3.

²⁴ Οι παραπάνω προβλέψεις ταυτίζονται με του IFC.

4.1.6 Ο αμερικανικός κώδικας φωτιάς NFPA 1 (The Fire Code)

Όπως αναφέρθηκε αρκετές πολιτείες/πόλεις των ΗΠΑ εφαρμόζουν τον κώδικα [NFPA 1](#) ως κανονισμό (νομική απαίτηση). Ως προς τα συστήματα BESS, έγινε προσπάθεια συντονισμού μεταξύ των δύο φορέων με αποτέλεσμα οι τρέχουσες εκδόσεις του 2018 να περιλαμβάνουν όμοιες απαιτήσεις. Και οι δύο κώδικες παραπέμπουν στο [NFPA 855](#) και άλλα εξειδικευμένα πρότυπα για πιο ειδικά θέματα πρακτικής εφαρμογής. [50]

Στον κώδικα [NFPA 1](#) το Κεφάλαιο 52 αφορά τα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας (BESS αλλά και συστήματα πυκνωτών). Παρακάτω παρουσιάζονται και σχολιάζονται οι προβλέψεις του Κεφαλαίου 52, πλην των ενοτήτων που αφορούν πυκνωτές, και επιπλέον ορισμοί από το Κεφάλαιο 2.

Αποσπάσματα από το [NFPA 1](#)

Κεφ. 2: Ορισμοί²⁵.

3.3.14.3: Περιοχή φωτιάς (fire area): Μια περιοχή ενός κτιρίου που διαχωρίζεται από το υπόλοιπο κτίριο με δόμηση (construction) που έχει δείκτη πυραντίστασης τουλάχιστον 1 h (60 min), και έχει όλα τα ανοίγματα επικοινωνίας κατάλληλα προστατευμένα μέσω διατάξεων (assembly) με δείκτη πυραντίστασης τουλάχιστον 1 h.

3.3.24.1: Συσσωρευτής ιόντων λιθίου: Συσσωρευτής αποθήκευσης που αποτελείται από ιόντα λιθίου ενσωματωμένα (imbedded) σε ένα υπόστρωμα γραφιτικού άνθρακα ή οξειδίου νικελίου-μετάλλου (nickel metal-oxide). Τα ιόντα λιθίου είναι οι φορείς φορτίου του συσσωρευτή.

3.3.24.2: Συσσωρευτής λιθίου μετάλλου-πολυμερούς (Lithium Metal Polymer): Συσσωρευτής αποθήκευσης που αποτελείται από μη-υδατικούς υγρούς ή πολυμερείς (polymerized) ηλεκτρολύτες, που παρέχουν ιοντική αγωγιμότητα ανάμεσα σε λιθιωμένο (lithiated) θετικό ενεργό υλικό, ηλεκτρικά διαχωρισμένο από μεταλλικό λίθιο ή λιθιωμένο αρνητικό ενεργό υλικό.

3.3.24.4*: Ρυθμιζόμενης βαλβίδας (Valve-Regulated, VRLA): Συσσωρευτής μολύβδου-οξέος αποτελούμενος από σφραγισμένες κυψέλες που έχουν βαλβίδα, η οποία ανοίγει για να εξαερώσει (vent) το συσσωρευτή, κάθε φορά που η εσωτερική πίεση του συσσωρευτή υπερβεί την εξωτερική πίεση του περιβάλλοντος κατά μία καθορισμένη τιμή.

***A.3.3.24.4:** Στους συσσωρευτές VRLA, ο υγρός ηλεκτρολύτης στις κυψέλες είναι ακινητοποιημένος σε ένα απορροφητικό στρώμα από ίνες υάλου (κυψέλες ή συσσωρευτές τύπου AGM, absorptive glass mat), ή με την προσθήκη ενός πηκτωματογόνου παράγοντα (gelling agent) (κυψέλες ή συσσωρευτές γέλης).²⁶

3.3.24.5*: Ανοιχτού τύπου (vented ή flooded): Συσσωρευτής μολύβδου-οξέος που αποτελείται από κυψέλες με ηλεκτρόδια βυθισμένα σε υγρό ηλεκτρολύτη.

***A.3.3.24.5:** Στους συσσωρευτές ανοιχτού τύπου προβλέπεται να μπορεί ο χρήστης να προσθέτει νερό στην κυψέλη. Είναι εφοδιασμένοι με μία οπή εξαερισμού με φλογοπαγίδα (flame-arresting vent), η οποία επιτρέπει τη διαφυγή αερίου υδρογόνου και οξυγόνου από την κυψέλη με ένα διάχυτο (diffused) τρόπο, έτσι ώστε ένας σπινθήρας (spark) ή άλλη πηγή ανάφλεξης έξω από την κυψέλη δεν μπορεί να αναφλέξει τα αέρια στο εσωτερικό της κυψέλης.

3.3.67: Διαμέρισμα (compartment)

²⁵ Παρουσιάζονται μόνον όσοι είναι διαφέρουν κάπως από αυτούς του [IFC](#), ή δεν υπάρχουν σε αυτό.

²⁶ Οι παράγραφοι με αστερίσκο και πλάγια γράμματα προέρχονται από το Παράρτημα Α (πληροφοριακό).

3.3.67.1*: **Πυροδιαμέρισμα (fire compartment):** Ένας χώρος εντός κτιρίου που περικλείεται από πυροφράγματα σε όλες τις πλευρές, συμπεριλαμβανομένου του δαπέδου και της οροφής.

***A.3.3.67.1:** Συμπληρωματικές παρατηρήσεις για τα πυροδιαμερίσματα περιλαμβάνονται στην ενότητα 8.2.2 του [NFPA 101](#) [Life Safety Code]

Εάν τα πυροδιαμερίσματα χρησιμοποιούν τους εξωτερικούς τοίχους ενός κτιρίου, δεν περιλαμβάνεται στον ορισμό η απαίτηση οι εξωτερικοί τοίχοι να έχουν συγκεκριμένο δείκτη πυραντίστασης, εκτός αν αυτό απαιτείται από άλλα πρότυπα. Παρομοίως, δεν περιλαμβάνεται στον ορισμό η απαίτηση οι εξωτερικές πόρτες ή παράθυρα να είναι προστατευμένα, εκτός αν αυτό απαιτείται από άλλη ενότητα του παρόντος κώδικα, του [NFPA 101](#) ή άλλα πρότυπα.²⁷

3.3.67.2*: **Διαμέρισμα καπνού (smoke compartment):** Ένας χώρος εντός κτιρίου που περικλείεται από φράγματα καπνού (smoke barriers) σε όλες τις πλευρές, συμπεριλαμβανομένου του δαπέδου και της οροφής.

***A.3.3.67.2:** Όπου υπάρχουν διαμερίσματα καπνού που χρησιμοποιούν τους εξωτερικούς τοίχους ή την οροφή ενός κτιρίου, δεν περιλαμβάνεται στον ορισμό η απαίτηση οι εξωτερικοί τοίχοι ή η οροφή να αντιστέκονται στη διάδοση του καπνού. Τα κριτήρια εφαρμογής των διαμερισμάτων καπνού, όπου απαιτούνται σε άλλο σημείο στο [NFPA 101](#), θα πρέπει να συμμορφώνονται με την ενότητα 8.5 του [NFPA 101](#).

3.3.161: **Παρεπόμενη (Incidental) χρήση ή αποθήκευση υγρών:** Χρήση ή αποθήκευση ως βοηθητική/δευτερεύουσα (subordinate) δραστηριότητα ως προς αυτή που καθορίζει την κύρια κατηγορία χρήσης (occupancy) ή χώρου (area).

3.3.181*: **Μέγιστη επιτρεπτή ποσότητα (MAQ):** Η ποσότητα επικίνδυνου υλικού που επιτρέπεται σε μία ελεγχόμενη περιοχή (control area).

***A.3.3.181:** Οι ποσότητες επιτρέπεται να υπερβαίνουν τις MAQ, όταν βρίσκονται σε περιοχές που συμμορφώνονται με τα επίπεδα προστασίας 1-5, σε συμφωνία με τον κώδικα κτιρίων.

Κεφάλαιο 52: Συστήματα αποθήκευσης ενέργειας (ESS)

52.1: Γενικά.

52.1.1: Τα ESS θα συμμορφώνονται με το Κεφάλαιο 52.

52.1.2: Άδειες (permits)

52.1.2.1: Οι άδειες, όπου απαιτούνται, θα συμμορφώνονται με την ενότητα 1.12 [Άδειες και Εγκρίσεις].

52.1.2.2: Πριν από την εγκατάσταση, τα σχέδια θα υποβάλλονται και θα εγκρίνονται από την αρμόδια αρχή (authority having jurisdiction, AHJ).

52.2*:

Συσσωρευτές μολύβδου-οξέος και νικελίου-καδμίου

***A.52.2:** Οι απαιτήσεις της ενότητας 52.2 αντικαθιστούν (supersede) όλες τις κατηγοριοποιήσεις (designations), άδειες και απαιτήσεις του Κεφ. 60 [Επικίνδυνα υλικά].

52.2.1: Γενικά: BESS με χωρητικότητα ηλεκτρολύτη >100 gal (378,5 L) σε κτίρια με καταιονιστήρες, ή >50 gal (189,3 L) σε κτίρια χωρίς καταιονιστήρες, με συσσωρευτές τύπου μολύβδου-οξέος ανοιχτού τύπου (flooded), νικελίου-καδμίου, και μολύβδου-οξέος ρυθμιζόμενης βαλβίδας (VRLA), που χρησιμοποιούνται για εφεδρική (standby) ισχύ της εγκατάστασης, ισχύ ανάγκης, ή αδιάλειπτη παροχή ισχύος (UPS), θα συμμορφώνονται με την ενότητα 52.2 και τον Πίνακα 52.2.1.

52.2.2: Χαρακτηριστικά ασφάλειας

52.2.2.1: Εξαερισμός ασφάλειας (safety venting): Οι συσσωρευτές θα διαθέτουν καλύμματα (caps) εξαερισμού ασφάλειας σύμφωνα με την 52.2.2.1.1 και την 52.2.2.1.2.

²⁷ Με βάση και την επεξήγηση αυτή, δεν είναι πλέον τόσο σαφές σε τι διαφέρει (για το [NFPA 1](#)) το «πυροδιαμέρισμα» (fire compartment) από την «περιοχή φωτιάς» (fire area).]

52.2.2.1.1: Συσσωρευτές μη ανασυνδυαζόμενοι (nonrecombinant): Εξαεριζόμενοι μολύβδου-οξέος και νικελίου-καδμίου, θα διαθέτουν καλύμματα εξαερισμού ασφάλειας.

52.2.2.1.2: Συσσωρευτές ανασυνδυαζόμενοι (recombinant): Συσσωρευτές τύπου VRLA θα διαθέτουν αυτο-σφραγιζόμενα ανοίγματα εξαερισμού ασφαλείας με φλογοπαγίδες (self-resealing flame-arresting safety vents).

52.2.2.2:Θερμική φυγή: Τα συστήματα με VRLA θα διαθέτουν μία διάταξη που βρίσκεται σε εγκεκριμένο κατάλογο, ή άλλη εγκεκριμένη μέθοδο, για να προλαμβάνει, να ανιχνεύει και να θέτει υπό έλεγχο τη θερμική φυγή.

52.2.2.3: Θέση και διαχωρισμός χρήσεων (occupancy separation)

52.2.2.3.1: Τα συστήματα συσσωρευτών επιτρέπεται να βρίσκονται στο ίδιο δωμάτιο με τον εξοπλισμό που υποστηρίζουν.

52.2.2.3.2: Τα συστήματα συσσωρευτών θα είναι τοποθετημένα σε μία άκαυστη, κλειδωμένη ντουλάπα ή άλλο περίβλημα, για να εμποδίζεται η πρόσβαση σε μη εξουσιοδοτημένο προσωπικό, εκτός εάν βρίσκονται σε ξεχωριστό δωμάτιο εξοπλισμού όπου έχει πρόσβαση μόνο εξουσιοδοτημένο προσωπικό.

52.2.2.3.3: Σε κτίρια εκτός από [όσα περιγράφονται στην ενότητα 52.2.2.3.4], τα συστήματα συσσωρευτών θα βρίσκονται σε δωμάτιο που διαχωρίζεται από τα υπόλοιπα τμήματα του κτιρίου με δείκτη θερμικής αντίστασης τουλάχιστον 1 h [60 min].

52.2.2.3.4: Σε κτίρια συγκέντρωσης κοινού (assembly), εκπαίδευσης, σωφρονισμού, υγειονομικής φροντίδας (νοσοκομειακής και εξωνοσοκομειακής), βρεφονηπιακής φροντίδας, κτίρια διαμονής και φροντίδας (π.χ. οικοτροφεία, γηροκομεία), και κτίρια κατοικίας, τα συστήματα συσσωρευτών θα βρίσκονται σε δωμάτιο που διαχωρίζεται από τα υπόλοιπα τμήματα του κτιρίου με δείκτη θερμικής αντίστασης τουλάχιστον 2 h [120 min].

Πίνακας 52.2.1: Απαιτήσεις για συσσωρευτές

Απαίτηση	Μη ανασυνδυαζόμενοι συσσωρευτές		Ανασυνδυαζόμενοι συσσωρευτές
	Μολύβδου-οξέος ανοιχτού τύπου	Νικελίου-καδμίου ανοιχτού τύπου	VRLA
Καλύμματα ασφαλείας	Εξαεριζόμενα καλύμματα	Εξαεριζόμενα καλύμματα	Αυτο-σφραγιζόμενα καλύμματα με φλογοπαγίδες
Διαχείριση θερμικής φυγής	Δεν απαιτείται	Δεν απαιτείται	Απαιτείται
Έλεγχος διαρροών	Απαιτείται	Απαιτείται	Δεν απαιτείται
Εξουδετέρωση	Απαιτείται	Απαιτείται	Απαιτείται
Εξαερισμός	Απαιτείται	Απαιτείται	Απαιτείται
Σήμανση	Απαιτείται	Απαιτείται	Απαιτείται
Αντισεισμικός έλεγχος	Απαιτείται	Απαιτείται	Απαιτείται
Πυρανίχνευση	Απαιτείται	Απαιτείται	Απαιτείται

52.2.2.4: Έλεγχος διαρροών.

52.2.2.4.1: Τα δωμάτια, κτίρια ή περιοχές που περιέχουν υγρό ηλεκτρολύτη ελεύθερης ροής (free-flowing) σε ξεχωριστό δοχείο με χωρητικότητα >55 gal (208 L), ή σε πολλαπλά δοχεία με συνολική χωρητικότητα >1000 gal (3785 L), θα διαθέτουν διάταξη ελέγχου διαρροών, για να εμποδίζει τη ροή των υγρών στις γειτονικές περιοχές.

52.2.2.4.2*: Θα παρέχεται μια εγκεκριμένη μέθοδος και υλικά για διαρροή ηλεκτρολύτη, που θα μπορεί να θέτει υπό έλεγχο τη διαρροή από το μεγαλύτερο δοχείο.

***A52.2.2.4.2:** Μέθοδοι που επιτυγχάνουν αυτή την προστασία μπορεί να περιλαμβάνουν, αλλά όχι περιοριστικά, τα ακόλουθα:

(1) Δάπεδα υγροστεγανά (*liquidtight*), με κλίση ή σε χαμηλότερο επίπεδο (*recessed*) σε εσωτερικούς χώρους, ή παρόμοιες κατασκευές σε υπαίθριους χώρους.

(2) Δάπεδα υγροστεγανά σε εσωτερικούς χώρους, ή παρόμοιες κατασκευές σε υπαίθριους χώρους, που διαθέτουν κατάλληλα υγροστεγανά κατώφλια (*sills*) ή αναχώματα (*dikes*).

(3) Δεξαμενές (*sumps*) και συστήματα συλλογής.

(4) Συστήματα συγκράτησης διαρροών (*spill containment*) όπως αυτά που περιγράφονται στην A.52.2.2.5.1.

52.2.2.4.3: Οι συσσωρευτές VRLA με ακινητοποιημένους (*immobilized*) ηλεκτρολύτες δεν απαιτούν έλεγχο διαρροής.

52.2.2.5: Εξουδετέρωση (*neutralization*)

52.2.2.5.1*: Θα παρέχεται μία εγκεκριμένη μέθοδος για εξουδετέρωση χυμένου ηλεκτρολύτη.

***A.52.2.2.5.1:** Μία μέθοδος για να προσδιοριστεί η συμμόρφωση με τις απαιτήσεις εξουδετέρωσης αυτής της υποενότητας βρίσκεται στο [UL Subject 2436](#) [*Outline of Investigation for Spill Containment for Stationary Lead Acid Battery Systems*]. Το [UL 2436](#) ερευνά τη στεγανότητα υγρών, το επίπεδο απορρόφησης ηλεκτρολύτη, την ικανότητα εξουδετέρωσης pH και την αντίσταση στη διάδοση φωτιάς, συστημάτων περιορισμού διαρροών.

52.2.2.5.2: Για συσσωρευτές VRLA, η μέθοδος θα είναι κατάλληλη να εξουδετερώσει διαρροή από το μεγαλύτερο συσσωρευτή, έως ένα pH μεταξύ 7,0 και 9,0.

52.2.2.6*: **Εξαερισμός:** Για συσσωρευτές ανοιχτού τύπου μολύβδου-οξέος και νικελίου-καδμίου, και συσσωρευτές VRLA, θα παρέχεται εξαερισμός για δωμάτια και ντουλάπες σύμφωνα με τον [ισχύοντα] μηχανολογικό κώδικα, και με ένα από τα παρακάτω:

(1) Το σύστημα εξαερισμού θα είναι σχεδιασμένο ώστε να περιορίζει τη μέγιστη συγκέντρωση υδρογόνου στο 1,0% του συνολικού όγκου του δωματίου, κατά το χειρότερο σενάριο της ταυτόχρονης υπερφόρτισης (“boost” charging) όλων των συσσωρευτών, σύμφωνα με εθνικά αναγνωρισμένα πρότυπα.

(2) Θα παρέχεται συνεχής εξαερισμός με ρυθμό τουλάχιστον 1 ft³/min/ft² (5,1 L/s/m²) του εμβαδού του δωματίου ή της ντουλάπας.²⁸

***A.52.2.2.6:** Πληροφορίες για εξαερισμό δωματίων συσσωρευτών μπορούν να βρεθούν στο [IEEE 1635/ASHRAE 21](#) [*Guide for the Ventilation and Thermal Management of Batteries for Stationary Applications*].

52.2.2.7: Περιβάλλον (*environment*): Το περιβάλλον των συσσωρευτών θα ελέγχεται ή θα παρακολουθείται ώστε να διατηρεί τη θερμοκρασία εντός του ασφαλούς εύρους λειτουργίας για τη συγκεκριμένη τεχνολογία συσσωρευτών που χρησιμοποιείται.

52.2.2.8: Σήμανση (*signs*)

52.2.2.8.1: Οι πόρτες ή προσβάσεις στα ακόλουθα θα διαθέτουν εγκεκριμένη σήμανση:

(1) Κτίρια συσσωρευτών αποθήκευσης

(2) Δωμάτια που περιέχουν BESS

(3) Άλλες περιοχές που περιέχουν BESS

52.2.2.8.2: Για δωμάτια που περιέχουν συσσωρευτές VRLA, η σήμανση που επιβάλλεται από την 52.2.2.8.1 θα αναφέρει τα ακόλουθα:

«Αυτό το δωμάτιο περιέχει

(1) Συστήματα σταθερών συσσωρευτών αποθήκευσης

(2) Ενεργά ηλεκτρικά κυκλώματα»

²⁸ Ίδια απαίτηση με [IFC](#) χωρίς την ελάχιστη τιμή 150 ft³/min.

52.2.2.8.3: Για δωμάτια που περιέχουν συσσωρευτές ανοιχτού τύπου, μολύβδου-οξέος ή νικελίου-καδμίου, η σήμανση που επιβάλλεται από την 52.2.2.8.1 θα αναφέρει τα ακόλουθα:

«Αυτό το δωμάτιο περιέχει

- (1) Συστήματα σταθερών συσσωρευτών αποθήκευσης
- (2) Ενεργά ηλεκτρικά κυκλώματα
- (3) Διαβρωτικό ηλεκτρολύτη συσσωρευτών»

52.2.2.8.4: Οι ντουλάπες συσσωρευτών θα διαθέτουν εξωτερικές ετικέτες που προσδιορίζουν τον κατασκευαστή, το μοντέλο και τα ονομαστικά ηλεκτρικά μεγέθη (electrical rating), δηλ. τάση και ρεύμα, του περιεχόμενου συστήματος συσσωρευτών.

52.2.2.8.5: Θα υπάρχουν σημάνσεις μέσα στις ντουλάπες συσσωρευτών που θα υποδεικνύουν τους σχετικούς ηλεκτρικούς, χημικούς κινδύνους και κινδύνους φωτιάς.

52.2.2.9: Αντισεισμική προστασία: Τα συστήματα συσσωρευτών θα είναι προστατευμένα από σεισμούς (seismically braced) σύμφωνα με τον [ισχύοντα] κώδικα κτιρίων.

52.2.2.10: Ανίχνευση καπνού: Θα υπάρχει εγκατεστημένο ένα εγκεκριμένο αυτόματο σύστημα ανίχνευσης καπνού σε δωμάτια που περιέχουν BESS, σύμφωνα με το [NFPA 72](#) [National Fire Alarm and Signaling Code]

52.2.2.10.1: Το απαιτούμενο αυτόματο σύστημα ανίχνευσης καπνού θα επιτηρείται από έναν εγκεκριμένο κεντρικό σταθμό, είτε ιδιόκτητο είτε σε απομακρυσμένη υπηρεσία, ή θα προκαλεί ένα τοπικό ακουστικό σήμα συναγερμού σε μία τοποθεσία στην οποία βρίσκεται πάντοτε προσωπικό.

52.2.2.10.2: Αυτόνομες τηλεπικοινωνιακές εγκαταστάσεις όπου υπό κανονικές συνθήκες δεν βρίσκεται προσωπικό, με μικτό εμβαδό δαπέδου <1500 ft² (140 m²) δεν απαιτείται να έχουν σύστημα ανίχνευσης όπως περιγράφεται στην 52.2.2.10.

52.3*: Άλλες τεχνολογίες συσσωρευτών

***A.52.3:** Οι απαιτήσεις της ενότητας 52.3 αντικαθιστούν (*supersede*) όλες τις κατηγοριοποιήσεις (*designations*), άδειες και απαιτήσεις του Κεφ. 60.

52.3.1: Γενικά: ESS με χωρητικότητα μεγαλύτερη από τις τιμές που καταγράφονται στον **Πίνακα 52.3.1**, θα συμμορφώνονται με την ενότητα 52.3 και, όπου χρησιμοποιούνται σαν νομικά απαιτούμενο σύστημα ισχύος ανάγκης ή εφεδρικής ισχύος, θα συμμορφώνονται επίσης με την **11.7.3** [Συστήματα ισχύος ανάγκης και νομικά απαιτούμενα συστήματα εφεδρικής ισχύος].

Πίνακας 52.3.1: Ποσότητες κατωφλίου ESS

Τύπος	Χωρητικότητα ^a
Συσσωρευτές λιθίου, όλοι οι τύποι	20 kWh (18 MJ)
Συσσωρευτές νατρίου, όλοι οι τύποι [πλην Na-ion]	20 kWh (18 MJ)
Συσσωρευτές ιόντων νατρίου	70 kWh (25,2 MJ)
Συσσωρευτές ροής ^b	20 kWh (18 MJ)
Άλλες τεχνολογίες συσσωρευτών	10 kWh (18 MJ)
Πυκνωτές	70 kWh (25,2 MJ)

Σημειώσεις:
^a Εάν η χωρητικότητα των συσσωρευτών και πυκνωτών δίνεται σε αμπερώρια (Ah), η χωρητικότητα σε kWh υπολογίζεται ως η ονομαστική τάση επί τον αριθμό Ah, διαιρεμένο με το 1000.
^b Περιλαμβάνει συσσωρευτές βαναδίου, ψευδαργύρου-βρωμίου, πολυσουλφιδίου-βρωμιδίου και άλλες τεχνολογίες ρέοντος ηλεκτρολύτη

52.3.2* Συστήματα σταθερών συσσωρευτών αποθήκευσης [BESS]

***A.52.3.2:** Αυτή η ενότητα καλύπτει σταθερά συστήματα συσσωρευτών που χρησιμοποιούνται τυπικά σε εγκαταστάσεις για εφεδρική ισχύ, ισχύ ανάγκης, UPS, ή εφαρμογές ψαλιδισμού/εξισορρόπησης φορτίου (*load shedding/load balancing applications*).

Συστήματα BESS που ξεπερνούν τις ποσότητες κατωφλίου που αναγράφονται στον Πίνακα 52.3.1 ενέχουν πιθανούς κινδύνους που είναι αρκετά σημαντικοί ώστε να απαιτούν συμμόρφωση με τις

απαιτήσεις του Κεφ.52. Δεν είναι στους σκοπούς του Κεφ.52 να ρυθμίσει εξοπλισμό με ενσωματωμένα συστήματα εφεδρικής ισχύος κάτω από αυτές τις ποσότητες κατωφλίου, όπως φώτα ανάγκης, μονάδες ελέγχου συναγερμού φωτιάς και άλλες αντίστοιχες εφαρμογές και εξοπλισμό.

52.3.2.1: Θέση και διαχωρισμός χρήσεων (occupancy separation): Τα BESS θα τοποθετούνται και θα κατασκευάζονται σύμφωνα με την παρούσα ενότητα.

52.3.2.1.1: Τα BESS θα είναι τοποθετημένα σε μία άκαυστη, κλειδωμένη ντουλάπα ή άλλο περίβλημα, για να εμποδίζεται η πρόσβαση σε με εξουσιοδοτημένο προσωπικό, εκτός εάν βρίσκονται σε ξεχωριστό δωμάτιο εξοπλισμού όπου έχει πρόσβαση μόνο εξουσιοδοτημένο προσωπικό.

52.3.2.1.2: Θέση

52.3.2.1.2.1: Τα BESS δεν θα βρίσκονται σε περιοχές όπου το πάτωμα απέχει περισσότερο από 75 ft (22,86 m) πάνω από το χαμηλότερο επίπεδο πρόσβασης πυροσβεστικού οχήματος, ή όπου το πάτωμα απέχει περισσότερο από 30 ft (9,144 m) κάτω από το πάτωμα του χαμηλότερου επιπέδου εξόδου, εκτός από τις περιπτώσεις όπου αυτό επιτρέπεται από την 52.3.2.1.2.

52.3.2.1.2.2: Εγκαταστάσεις σε οροφές (roofs) από μη καύσιμο υλικό, κτιρίων με ύψος >75 ft (22,86 m), που δεν παρεμποδίζουν την κατάσβεση από την Πυροσβεστική, εφόσον εγκριθούν από την αρμόδια αρχή.

52.3.2.1.3: Διαχωρισμός: Τα δωμάτια που περιέχουν BESS θα βρίσκονται σε κτίρια χρήσης υψηλού κινδύνου, ή θα διαχωρίζονται από τα υπόλοιπα τμήματα του κτιρίου όπως περιγράφεται στις 52.3.2.1.3.1 και 52.3.2.1.3.2. Τα BESS επιτρέπεται να βρίσκονται στο ίδιο δωμάτιο με τον εξοπλισμό που υποστηρίζουν.

52.3.2.1.3.1: Σε κτίρια εκτός από [όσα περιγράφονται στην ενότητα 52.3.2.1.3.2], τα συστήματα BESS θα βρίσκονται σε δωμάτιο που διαχωρίζεται από τα υπόλοιπα τμήματα του κτιρίου με δείκτη θερμικής αντίστασης τουλάχιστον 1 h [60 min].

52.3.2.1.3.2: Σε κτίρια συγκέντρωσης κοινού (assembly), εκπαίδευσης, σωφρονισμού, υγειονομικής φροντίδας (νοσοκομειακής και εξωνοσοκομειακής), βρεφονηπιακής φροντίδας, κτίρια διαμονής και φροντίδας (π.χ. οικοτροφεία, γηροκομεία), και κτίρια κατοικίας, τα συστήματα BESS θα βρίσκονται σε δωμάτιο που διαχωρίζεται από τα υπόλοιπα τμήματα του κτιρίου με δείκτη θερμικής αντίστασης τουλάχιστον 2 h [120 min].

52.3.2.1.4: Υπαίθριες εγκαταστάσεις: Επιπλέον όλων των υπόλοιπων εφαρμόσιμων απαιτήσεων της ενότητας 52.3, συστήματα BESS που βρίσκονται σε υπαίθριο χώρο θα συμμορφώνονται και με την παρούσα παράγραφο.

52.3.2.1.4.1: Εγκαταστάσεις σε υπαίθριους οικίσκους (enclosures) ή κοντέινερ, όπου βρίσκεται προσωπικό για χειρισμό (servicing), δοκιμή, συντήρηση και άλλες λειτουργίες θα αντιμετωπίζονται όπως τα δωμάτια BESS.

52.3.2.1.4.2: Συστοιχίες (arrays) συσσωρευτών σε κοντέινερ από άκαυστο υλικό δεν απαιτείται να βρίσκονται σε απόσταση 3 ft (0,914 m) από τους τοίχους.

52.3.2.1.4.3: BESS που βρίσκονται στο υπαίθριο θα απέχουν τουλάχιστον 5 ft (1,524 m) από τα ακόλουθα:

- (1) Όρια του οικοπέδου (lot lines)
- (2) Δημόσιους δρόμους (public ways)
- (3) Κτίρια
- (4) Αποθηκευμένα καύσιμα υλικά
- (5) Επικίνδυνα υλικά
- (6) Υλικά στοιβαγμένα σε σωρούς (high-piled stock)
- (7) Άλλες πηγές κινδύνου.

52.3.2.1.4.4: Η αρμόδια αρχή μπορεί να επιτρέψει μικρότερες αποστάσεις, εάν υποβληθούν αποτελέσματα δοκιμών φωτιάς μεγάλης κλίμακας και συνθηκών αστοχίας, από ένα αποδεκτό εργαστήριο δοκιμών. Οι δοκιμές αυτές πρέπει να αποδεικνύουν ότι η φωτιά στο σύστημα δεν θα επιδράσει αρνητικά στην διαφυγή ατόμων από γειτονικά κτίρια, ή δεν θα επιδράσει αρνητικά σε γειτονικά αποθηκευμένα υλικά ή εγκαταστάσεις.

52.3.2.1.4.5: Οδεύσεις διαφυγής (means of egress)

52.3.2.1.4.5.1: Συστήματα BESS που βρίσκονται στο ύπαιθρο θα απέχουν από οποιοσδήποτε οδεύσεις διαφυγής όση απόσταση απαιτείται από την αρμόδια αρχή για να εξασφαλιστεί η ασφαλής διαφυγή υπό συνθήκες φωτιάς, και σε καμία περίπτωση λιγότερο από 10 ft (3,048 m).

52.3.2.1.4.5.2: Η αρμόδια αρχή μπορεί να επιτρέψει μικρότερες αποστάσεις, εάν υποβληθούν αποτελέσματα δοκιμών φωτιάς μεγάλης κλίμακας και συνθηκών αστοχίας, από ένα αποδεκτό εργαστήριο δοκιμών. Οι δοκιμές αυτές πρέπει να αποδεικνύουν ότι η φωτιά στο σύστημα δεν θα επιδράσει αρνητικά στην διαφυγή ατόμων.

52.3.2.1.4.6: Ασφάλεια (security): Υπαίθριες περιοχές όπου βρίσκονται BESS θα εξασφαλίζονται ενάντια σε μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση με εγκεκριμένο τρόπο.

52.3.2.2: Μέγιστες επιτρεπτές ποσότητες (MAQ)

52.3.2.2.1: Οι περιοχές φωτιάς (fire areas) εντός κτιρίων που περιέχουν BESS που υπερβαίνουν τις MAQ του Πίνακα 52.3.2.2.1 θα συμμορφώνονται με όλες τις εφαρμοσίμες απαιτήσεις συνηθισμένου κινδύνου (ordinary-hazard) και υψηλού κινδύνου (high-hazard), όπως καθορίζονται στην ενότητα **6.2.2** [ταξινόμηση κινδύνου περιεχομένων] του **NFPA 101** και στον κώδικα κτιρίων.

Πίνακας 52.3.2.2.1

Τύπος	MAQ ^a	Κατηγορία κινδύνου
Συσσωρευτές λιθίου, όλοι οι τύποι	600 kWh	Υψηλού κινδύνου ^c
Συσσωρευτές νατρίου, όλοι οι τύποι	600 kWh	Υψηλού κινδύνου ^c
Συσσωρευτές ροής ^b	600 kWh	Υψηλού κινδύνου ^c
Άλλες τεχνολογίες συσσωρευτών	200 kWh	Υψηλού κινδύνου ^c

Σημειώσεις:
^a Εάν η χωρητικότητα των συσσωρευτών δίνεται σε αμπερώρια (Ah), η χωρητικότητα σε kWh υπολογίζεται ως η ονομαστική τάση επί τον αριθμό Ah, διαιρεμένο με το 1000.
^b Περιλαμβάνονται βαναδίου, ψευδαργύρου-βρωμίου, πολυσουλφιδίου-βρωμιδίου και άλλοι τύποι ρέοντος ηλεκτρολύτη
^c Μπορεί να επιτραπεί να θεωρείται συνηθισμένου κινδύνου, εάν εγκριθεί από την αρμόδια αρχή, με βάση: (1) ανάλυση μετριασμού κινδύνου σύμφωνα με την 52.3.2.4, και (2) δοκιμή φωτιάς μεγάλης κλίμακας και συνθηκών αστοχίας, από ένα εγκεκριμένο εργαστήριο δοκιμών, που να δείχνει ότι μια φωτιά στο σύστημα BESS περιορίζεται εντός του δωματίου για τη χρονική διάρκεια του δείκτη πυραντίστασης που απαιτείται από την 52.3.2.1.3.1 ή 52.3.2.1.3.2, ανάλογα με την περίπτωση.

52.3.2.2.2: Όπου εγκριθεί από την αρμόδια αρχή, περιοχές με συστήματα BESS που ξεπερνούν τις MAQ του Πίνακα 52.3.2.2.1 θα επιτρέπεται να θεωρούνται συνηθισμένου κινδύνου, με βάση ανάλυση μετριασμού κινδύνου σύμφωνα με την 52.3.2.4, και δοκιμή φωτιάς μεγάλης κλίμακας και συνθηκών αστοχίας, από ένα εγκεκριμένο εργαστήριο δοκιμών.

52.3.2.2.3: Σε περιοχές εντός κτιρίων που περιέχουν ένα συνδυασμό τεχνολογιών ενεργειακών συστημάτων, η συνολική ποσότητα θα προσδιοριστεί ως το άθροισμα του ποσοστού κάθε τύπου, δηλαδή της ποσότητάς του ως προς τη μέγιστη ποσότητα συσσωρευτών αυτού του τύπου. Εάν το άθροισμα των ποσοστών υπερβαίνει το 100%, τότε η περιοχή θα θεωρείται χρήσης υψηλού κινδύνου σύμφωνα με τον πίνακα 52.3.2.2.1.

52.3.2.3*: Συστοιχίες (arrays) συσσωρευτών.

***A.52.3.2.3:** Μια συστοιχία συσσωρευτών είναι μία διάταξη (arrangement) ξεχωριστών συσσωρευτών σε μικρή απόσταση μεταξύ τους, στερεωμένων σε ράφια (racks) ή σε μονάδες (modules), ντουλάπες συσσωρευτών ή άλλα περιβλήματα.

52.3.2.3.1: Οι συστοιχίες συσσωρευτών θα συμμορφώνονται με την 52.3.2.3.2 και την 52.3.2.3.3, εκτός αν επιτρέπεται διαφορετικά από την 52.3.2.3.4 ή την 52.3.2.3.5.

52.3.2.3.2: Οι συσσωρευτές αποθήκευσης, τα προ-συσκευασμένα BESS και τα προ-κατασκευασμένα BESS θα είναι διαχωρισμένα σε συστοιχίες με χωρητικότητα που δεν ξεπερνά τα 50 kWh (180 MJ) ή καθεμία.

52.3.2.3.3: Κάθε συστοιχία θα απέχει τουλάχιστον 3 ft (0,914 m) από τις υπόλοιπες και από τους τοίχους του δωματίου ή περιοχής αποθήκευσης. Η χωροθέτηση θα συμμορφώνεται με τις προβλέψεις οδεύσεων διαφυγής του [NFPA 101](#).

52.3.2.3.4: Προ-κατασκευασμένα και προ-συσκευασμένα BESS που περιλαμβάνονται σε εγκεκριμένο κατάλογο (listed) δεν θα υπερβαίνουν τα 250 kWh (900 MJ) το καθένα.

52.3.2.3.5: Η αρμόδια αρχή μπορεί να εγκρίνει συστοιχίες συσσωρευτών που βρίσκονται σε εγκεκριμένο κατάλογο, προ-κατασκευασμένες και προ-συσκευασμένες, με μεγαλύτερη χωρητικότητα ή μικρότερη απόσταση μεταξύ τους, εάν υποβληθούν αποτελέσματα δοκιμών φωτιάς μεγάλης κλίμακας και συνθηκών αστοχίας, από ένα αποδεκτό εργαστήριο δοκιμών. Οι δοκιμές αυτές πρέπει να αποδεικνύουν ότι η φωτιά σε μία συστοιχία δεν θα επεκταθεί σε μια γειτονική συστοιχία, και θα περιοριστεί στο δωμάτιο για διάρκεια ίση με το δείκτη πυραντίστασης του διαχωριστικού, που απαιτείται από την 52.3.2.1.3.

52.3.2.4: Ανάλυση μετριάσμου κινδύνου: Θα υποβληθεί στην αρμόδια αρχή μία ανάλυση τρόπων και αποτελεσμάτων αστοχίας (Failure Modes and Effects Analysis, FMEA), ή άλλη εγκεκριμένη ανάλυση μετριάσμου κινδύνου, όταν ισχύει οποιαδήποτε από τις ακόλουθες περιπτώσεις:

- (1) Τεχνολογίες συσσωρευτών που δεν αναγράφονται ρητά στον Πίνακα 52.3.1.
- (2) Χρησιμοποιούνται πάνω από μία τεχνολογίες συσσωρευτών, σε ένα δωμάτιο ή στεγασμένο χώρο όπου υπάρχει δυνατότητα αρνητικής αλληλεπίδρασης ανάμεσα στις τεχνολογίες.
- (3) Όπου επιτρέπεται ως βάση για την αύξηση των ποσοτήτων σε σχέση με τις MAQ του Πίνακα 52.3.2.2.1.

52.3.2.4.1: Η ανάλυση θα εξετάσει τις συνέπειες των ακόλουθων τρόπων αστοχίας, και όσων επιπλέον θεωρηθούν απαραίτητες από την αρμόδια αρχή. Θα εξεταστούν μόνο μεμονωμένες αστοχίες για κάθε τρόπο.

- (1) Συνθήκη θερμικής φυγής σε μία μονάδα ή συστοιχία.
- (2) Αστοχία ενός συστήματος BMS.
- (3) Αστοχία ενός απαιτούμενου συστήματος εξαερισμού.
- (4) Παλμοί υπέρτασης στην κύρια παροχή ηλεκτρικού ρεύματος.
- (5) Βραχυκυκλώματα στην πλευρά του φορτίου του συστήματος BESS.
- (6) Αστοχία του συστήματος ανίχνευσης καπνού, κατάσβεσης ή ανίχνευσης αερίων.

52.3.2.4.2: Η αρμόδια αρχή επιτρέπεται να εγκρίνει την ανάλυση μετριάσμου του κινδύνου, εφόσον οι συνέπειες της FMEA αποδεικνύουν τα παρακάτω:

- (1) Οι φωτιές ή εκρήξεις θα περιοριστούν μέσα στα δωμάτια BESS (χωρίς προσωπικό) για την ελάχιστη διάρκεια του δείκτη πυραντίστασης που καθορίζεται στις ενότητες 52.3.2.1.2.1 ή 52.3.2.1.2.2, ανάλογα με την περίπτωση.
- (2) Οι φωτιές και εκρήξεις σε ντουλάπες BESS σε χώρους εργασίας προσωπικού θα επιτρέπουν στο προσωπικό να εκκενώσει το χώρο με ασφάλεια.

(3) Τοξικά και ιδιαίτερα τοξικά αέρια που απελευθερώνονται κατά τη διάρκεια της φόρτισης, της εκφόρτισης και της κανονικής λειτουργίας, δεν θα ξεπερνούν τα επιτρεπτά όρια έκθεσης (PEL).

(4) Τοξικά και ιδιαίτερα τοξικά αέρια που απελευθερώνονται κατά τη διάρκεια της φωτιάς ή άλλων συνθηκών αστοχίας δεν θα ξεπερνούν τα όρια συγκέντρωσης που θεωρούνται άμεσα επικίνδυνα για τη ζωή ή την υγεία (Immediately Dangerous to Life or Health, IDLH), μέσα στο κτίριο ή σε γειτονικές οδούσεις διαφυγής (egress routes), για το διάστημα που θεωρείται απαραίτητο για την εκκένωση αυτής της περιοχής.

(5) Τα εύφλεκτα αέρια που εκλύονται από συσσωρευτές κατά τη διάρκεια της φόρτισης, της εκφόρτισης και της κανονικής λειτουργίας δεν θα ξεπερνούν το 25% του κάτω ορίου ανάφλεξης τους (LFL).

52.3.2.4.3: Η κατασκευή, ο εξοπλισμός και τα συστήματα που απαιτούνται ώστε το BESS να συμμορφώνεται με την ανάλυση μετριασμού κινδύνου θα εγκαθίστανται, συντηρούνται, και δοκιμάζονται σύμφωνα με εθνικά αναγνωρισμένα πρότυπα και καθορισμένες παραμέτρους σχεδιασμού.

52.3.2.5: Εγκεκριμένοι Κατάλογοι (listings): Οι συσσωρευτές αποθήκευσης θα βρίσκονται σε εγκεκριμένο κατάλογο σύμφωνα με το [UL 1973](#). Τα προσυσκευασμένα και προκατασκευασμένα BESS θα βρίσκονται σε εγκεκριμένο κατάλογο σύμφωνα με το [UL 9540](#).

52.3.2.5.1*: Προσυσκευασμένα και προκατασκευασμένα συστήματα: Θα εγκαθίστανται σύμφωνα με τις απαιτήσεις του εγκεκριμένου καταλόγου και τις οδηγίες του κατασκευαστή τους.

***A.52.3.2.5.1:** Ένα προσυσκευασμένο BESS έχει σχεδιαστεί και μελετηθεί ως μία ενιαία μονάδα, έχει συναρμολογηθεί σε εργοστάσιο και αποσταλεί στο χώρο εγκατάστασης. Ένα προ-κατασκευασμένο BESS έχει σχεδιαστεί και μελετηθεί ως μία ενιαία μονάδα, αλλά έχει αποσταλεί σε τμήματα (modular form) για να συναρμολογηθεί στο χώρο εγκατάστασης.

52.3.2.5.2: Περιβάλλον: Το περιβάλλον των συσσωρευτών αποθήκευσης θα ελέγχεται ώστε να διατηρεί θερμοκρασίες και συνθήκες εντός των προδιαγραφών του κατασκευαστή.

52.3.2.6: Εγκατάσταση

52.3.2.6.1: Σύστημα διαχείρισης ενέργειας (BMS): Ένα εγκεκριμένο σύστημα διαχείρισης ενέργειας θα παρέχεται, για να παρακολουθεί και να εξισορροπεί τις τάσεις, τα ρεύματα και τις θερμοκρασίες των κυψελών, εντός των προδιαγραφών του κατασκευαστή. Το σύστημα θα στέλνει ένα σήμα κινδύνου σε μια εγκεκριμένη τοποθεσία, εάν ανιχνευθούν εν δυνάμει επικίνδυνες θερμοκρασίες ή άλλες συνθήκες όπως βραχυκύκλωμα, υπέρταση (δηλ. υπερφόρτιση) ή υπόταση (δηλ. υπερεκφόρτιση).

52.3.2.6.2: Φορτιστές συσσωρευτών: Οι φορτιστές θα είναι συμβατοί με τις προδιαγραφές ονομαστικών τιμών και φόρτισης του κατασκευαστή. Οι φορτιστές θα βρίσκονται σε εγκεκριμένο κατάλογο και θα έχουν σήμανση σύμφωνα με το [UL 1564](#) ή θα παρέχονται ως τμήμα εγκεκριμένου προκατασκευασμένου ή προσυσκευασμένου BESS.

52.3.2.6.3: Προστασία από πρόσκρουση οχήματος: Θα παρέχεται στις περιπτώσεις όπου τα BESS υπόκεινται σε πρόσκρουση από όχημα.

52.3.2.6.4: Αποθήκευση καύσιμων υλικών

52.3.2.6.4.1: Καύσιμα (combustible) υλικά που δεν σχετίζονται με το BESS δεν θα αποθηκεύονται σε δωμάτια, ντουλάπες ή περιβλήματα συσσωρευτών.

52.3.2.6.4.2: Καύσιμα υλικά σε χώρους εργασίας προσωπικού θα συμμορφώνονται με την ενότητα 10.18 [Αποθήκευση καύσιμων υλικών] και δεν θα αποθηκεύονται σε αποστάσεις μικρότερες των 3 ft (915 mm) από ντουλάπες συσσωρευτών.

52.3.2.6.5: Σήμανση

52.3.2.6.5.1: Εγκεκριμένα σήματα θα βρίσκονται πάνω στις πόρτες ή σε εγκεκριμένα σημεία κοντά στις εισόδους σε δωμάτια BESS.

52.3.2.6.5.2: Οι σημάνσεις σε νέες εγκαταστάσεις θα απαιτούν τα ακόλουθα στοιχεία:

(1) Σήματα ταυτοποίησης κινδύνου σύμφωνα με το [NFPA 704](#) [Standard System for the Identification of the Hazards of Materials for Emergency Response].

(2) «Το δωμάτιο περιέχει ενεργοποιημένα (energized) συστήματα συσσωρευτών», ή ισοδύναμο.

(3) Ταυτοποίηση του τύπου ή τύπων συσσωρευτών.

(4) «ΜΟΝΟ ΕΞΟΥΣΙΟΔΟΤΗΜΕΝΟ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟ»

(5) Ειδικά σήματα ανάλογα με την τεχνολογία, εάν απαιτούνται από την 52.3.2.11.

52.3.2.6.5.3: Όπου οι διακόπτες αποσύνδεσης του BESS δεν είναι ορατοί από τη θέση του κύριου διακόπτη αποσύνδεσης²⁹, στη θέση αυτή θα εγκαθίστανται πινακίδες (placards) ή κατάλογοι (directories) που θα υποδεικνύουν τη θέση όλων των διακοπών αποσύνδεσης συσσωρευτών, σύμφωνα με το [NFPA 70](#).

52.3.2.6.5.4: Υπάρχοντα συστήματα BESS επιτρέπεται να εξακολουθήσουν να έχουν τη σήμανση που απαιτούνταν κατά το χρόνο εγκατάστασής τους.

52.3.2.6.5.5: Οι ντουλάπες συσσωρευτών θα έχουν εξωτερικές ετικέτες που θα ταυτοποιούν τον κατασκευαστή το μοντέλο και τα ονομαστικά ηλεκτρικά μεγέθη (electrical rating), δηλ. τάση και ρεύμα, του περιεχόμενου συστήματος συσσωρευτών.

52.3.2.6.5.7: Θα υπάρχουν σημάνσεις μέσα στις ντουλάπες συσσωρευτών που θα υποδεικνύουν τους σχετικούς ηλεκτρικούς, χημικούς κινδύνους και κινδύνους φωτιάς.

52.3.2.6.5.7: Πυροσβεστικά κέντρα εντολών (fire command centers) σε κτίρια που περιέχουν BESS θα περιέχουν σήμανση ή άμεσα διαθέσιμα έγγραφα που περιγράφουν τη θέση των BESS, τους τύπους συσσωρευτών, τις τάσεις λειτουργίας, και τη θέση των ηλεκτρικών διακοπών.

52.3.2.6.6: Αντισεισμική προστασία: Τα συστήματα συσσωρευτών θα είναι προστατευμένα από σεισμούς (seismically braced) σύμφωνα με τον [ισχύοντα] κώδικα κτιρίων.

52.3.2.6.7: Καλύμματα ασφαλείας: Οι εξαεριζόμενοι (vented) συσσωρευτές θα διαθέτουν καλύμματα ασφαλείας με φλογοπαγίδες.

52.3.2.6.8*: **Μικτά συστήματα συσσωρευτών:** Διαφορετικοί τύποι συσσωρευτών δεν θα εγκαθίστανται στο ίδιο δωμάτιο ή ντουλάπα, εάν είναι δυνατό να αλληλεπιδράσουν αρνητικά μεταξύ τους, όπως καθορίζεται από την αρμόδια αρχή.

***A.52.3.2.6.8:** Αυτή η ενότητα έχει ως σκοπό να αντιμετωπίσει ιδιαίτερες περιπτώσεις, όπου η εγκατάσταση διαφορετικών τύπων συσσωρευτών στο ίδιο δωμάτιο ή ντουλάπα θα μπορούσε να οδηγήσει σε μη αποδεκτή χημική, θερμική ή άλλη αλληλεπίδραση μεταξύ τους, ή όπου ο περιβάλλον χώρος δεν είναι εντός του εύρους των προδιαγραφών των κατασκευαστών. Η αρμόδια αρχή έχει τη δυνατότητα να απαιτήσει μία ανάλυση μετριασμού κινδύνου, σύμφωνη με την 52.3.2.4, για να προσδιοριστούν οι κίνδυνοι και οι δυνατές λύσεις για το μετριασμό τους.

52.3.2.7: Κατάσβεση και ανίχνευση.

52.3.2.7.1: Δωμάτια που περιέχουν BESS θα προστατεύονται από ένα αυτόματο σύστημα καταιονισμού (sprinkler), εγκατεστημένο σύμφωνα με την ενότητα 13.3 [Αυτόματα συστήματα καταιονισμού].

52.3.2.7.1.1: Οι κατηγορίες υλικών (commodity classifications) για τις συγκεκριμένες τεχνολογίες συσσωρευτών θα είναι σύμφωνα με το Κεφ.5 του [NFPA 13](#).³⁰

²⁹ Ίσως εννοεί του κτιρίου.

³⁰ Αναφέρεται στο Κεφ.5 της έκδοσης 2016 του [NFPA 13](#), ενώ στην πιο πρόσφατη έκδοση 2019 αντίστοιχο είναι το **Κεφ. 4**.

52.3.2.7.1.2: Εάν ο τύπος των συσσωρευτών αποθήκευσης δεν περιλαμβάνεται στο Κεφάλαιο 5 του [NFPA 13](#), τότε η αρμόδια αρχή μπορεί να εγκρίνει το σύστημα βασισμένη σε αποτελέσματα δοκιμών μεγάλης κλίμακας φωτιάς και συνθηκών αστοχίας από ένα εγκεκριμένο εργαστήριο.

52.3.2.7.2: Ανίχνευση καπνού: Θα υπάρχει εγκατεστημένο ένα εγκεκριμένο αυτόματο σύστημα ανίχνευση καπνού σε δωμάτια που περιέχουν BESS, σύμφωνα με το [NFPA 72](#) και θα επιτηρείται από έναν εγκεκριμένο κεντρικό σταθμό, είτε ιδιόκτητο είτε σε απομακρυσμένη υπηρεσία, ή θα προκαλεί ένα τοπικό ακουστικό σήμα συναγερμού σε μία τοποθεσία στην οποία βρίσκεται πάντοτε προσωπικό.

52.3.2.8*: Εξαερισμός: Όπου απαιτείται από την 52.3.2.11, θα παρέχεται εξαερισμός για δωμάτια και ντουλάπες σύμφωνα με τον [ισχύοντα] μηχανολογικό κώδικα, και με ένα από τα παρακάτω:

(1) Το σύστημα εξαερισμού θα είναι σχεδιασμένο ώστε να περιορίζει τη μέγιστη συγκέντρωση εύφλεκτου αερίου στο 25% του κάτω ορίου αναφλεξιμότητας (LFL), κατά το χειρότερο σενάριο της ταυτόχρονης υπερφόρτισης (“boost” charging) όλων των συσσωρευτών, σύμφωνα με εθνικά αναγνωρισμένα πρότυπα.

(2) Θα παρέχεται μηχανικός εξαερισμός με ρυθμό τουλάχιστον $1 \text{ ft}^3/\text{min}/\text{ft}^2$ ($5,1 \text{ L/s}/\text{m}^2$) του εμβαδού του δωματίου ή της ντουλάπας. Ο εξαερισμός θα είναι είτε συνεχής, είτε θα ενεργοποιείται από ένα σύστημα ανίχνευσης αερίων σύμφωνα με την 52.3.2.8.2.

***A.52.3.2.8:** Πληροφορίες για εξαερισμό δωματίων συσσωρευτών μπορούν να βρεθούν στο [IEEE 1635/ASHRAE 21](#).

52.3.2.8.1: Απαιτούμενα συστήματα μηχανικού εξαερισμού για δωμάτια και ντουλάπες που περιέχουν συσσωρευτές αποθήκευσης θα επιτηρούνται από έναν εγκεκριμένο κεντρικό σταθμό, είτε ιδιόκτητο είτε σε απομακρυσμένη υπηρεσία, ή θα προκαλούν ένα ακουστικό και οπτικό σήμα συναγερμού σε μία εγκεκριμένη τοποθεσία στο χώρο εργασίας (on-site) στην οποία βρίσκεται πάντοτε προσωπικό.

52.3.2.8.2: Όπου απαιτείται από την 52.3.2.8(2), τα δωμάτια που περιέχουν BESS θα προστατεύονται από ένα εγκεκριμένο σύστημα συνεχούς ανίχνευσης αερίων.

52.3.2.8.2.1: Το σύστημα ανίχνευσης αερίων θα ενεργοποιείται όταν το επίπεδο εύφλεκτων αερίων ξεπεράσει το 25% του LFL.

52.3.2.8.2.2: Ενεργοποίηση του συστήματος ανίχνευσης αερίων θα προκαλέσει ενεργοποίηση του συστήματος μηχανικού εξαερισμού, το οποίο θα συνεχίσει να λειτουργεί έως ότου η ανιχνευόμενη ποσότητα του εύφλεκτου αερίου είναι <25% του LFL.

52.3.2.8.2.3: Το σύστημα ανίχνευσης αερίων θα διαθέτει εφεδρική ισχύ τουλάχιστον 2 ωρών.

52.3.2.8.2.4: Αστοχία του συστήματος ανίχνευσης αερίων θα προκαλέσει σήμα σφάλματος (trouble signal) σε έναν εγκεκριμένο κεντρικό σταθμό, είτε ιδιόκτητο είτε σε απομακρυσμένη υπηρεσία, ή εφόσον εγκριθεί, σε μία τοποθεσία στο χώρο εργασίας (on-site), στην οποία βρίσκεται πάντοτε προσωπικό.

52.3.2.9*: Έλεγχος διαρροών και εξουδετέρωση: Όπου απαιτείται από την ενότητα 52.3.2.11, θα παρέχονται εγκεκριμένες μέθοδοι και υλικά για τον έλεγχο και την εξουδετέρωση διαρροών ηλεκτρολύτη ή άλλων επικίνδυνων υλικών σε δωμάτια με BESS, ως εξής:

(1) Για συσσωρευτές με ηλεκτρολύτη ελεύθερης ροής (free-flowing), η μέθοδος και τα υλικά θα είναι ικανά να εξουδετερώσουν τη διαρροή ολόκληρης της χωρητικότητας της μεγαλύτερης κυψέλης ή ομάδας (block), προς μια τιμή του pH μεταξύ 5 και 9.

(2) Για συσσωρευτές με ακινητοποιημένο (immobilized) ηλεκτρολύτη, η μέθοδος και τα υλικά θα είναι ικανά να εξουδετερώσουν τη διαρροή του 3% της χωρητικότητας της μεγαλύτερης κυψέλης ή ομάδας (block) στο δωμάτιο, προς μια τιμή του pH μεταξύ 5 και 9.

***A52.3.2.9:** Μέθοδοι που επιτυγχάνουν αυτή την προστασία μπορεί να περιλαμβάνουν, αλλά όχι περιοριστικά, τα ακόλουθα:

(1) Δάπεδα υγροστεγανά (*liquidtight*), με κλίση ή σε χαμηλότερο επίπεδο (*recessed*) σε εσωτερικούς χώρους, ή παρόμοιες κατασκευές σε υπαίθριους χώρους.

(2) Δάπεδα υγροστεγανά σε εσωτερικούς χώρους, ή παρόμοιες κατασκευές σε υπαίθριους χώρους, που διαθέτουν κατάλληλα υγροστεγανά κατώφλια (*sills*) ή αναχώματα (*dikes*).

(3) Δεξαμενές (*sumps*) και συστήματα συλλογής.

52.3.2.10: Θερμική φυγή: Όπου απαιτείται από την 52.3.2.11, θα παρέχεται μια διάταξη που βρίσκεται σε εγκεκριμένο κατάλογο, ή άλλη εγκεκριμένη μέθοδος, για να προλαμβάνει, να ανιχνεύει και να θέτει υπό έλεγχο τη θερμική φυγή.

52.3.2.11: Ειδικές απαιτήσεις ανάλογα με τον τύπο συσσωρευτή: Τα BESS θα συμμορφώνονται με τις ενότητες 52.3.2 έως 52.3.10, και με αυτή την ενότητα, ανάλογα με την περίπτωση.

52.3.2.11.1: Συσσωρευτές λιθίου: Συστήματα BESS που χρησιμοποιούν συσσωρευτές λιθίου θα διαθέτουν προστασία θερμικής φυγής, σύμφωνα με την 52.3.2.10.

52.3.2.11.2: Συσσωρευτές νατρίου: Συστήματα BESS που χρησιμοποιούν συσσωρευτές νατρίου θα συμμορφώνονται με τα ακόλουθα:

(1) Εξαερισμός σύμφωνα με την 52.3.2.8.

(2) Έλεγχος διαρροών και εξουδετέρωση σύμφωνα με την 52.3.2.9.

(3) Προστασία θερμικής φυγής σύμφωνα με την 52.3.2.10.

(4) Ανάλυση μετριασμού κινδύνου για συστήματα που χρησιμοποιούν συσσωρευτές νατρίου-θείου, ή άλλους τύπους συσσωρευτών θείου που λειτουργούν σε θερμοκρασίες υψηλότερες του περιβάλλοντος.

(5) Η σήμανση που απαιτείται από την 52.3.2.6.5 θα περιέχει, όπου είναι εφαρμόσιμο, τη φράση «Κίνδυνος αντίδρασης με το νερό – μην ρίχνετε νερό» (*Water reactive hazard – Apply no water*).

52.3.2.11.3: Συσσωρευτές ροής: Συστήματα BESS που χρησιμοποιούν συσσωρευτές ροής θα συμμορφώνονται με τα ακόλουθα:

(1) Εξαερισμός σύμφωνα με την 52.3.2.8.

(2) Έλεγχος διαρροών και εξουδετέρωση σύμφωνα με την 52.3.2.9.

52.3.2.11.4: Συσσωρευτές άλλων τύπων: Συστήματα BESS που χρησιμοποιούν συσσωρευτές διαφορετικούς από αυτούς που περιγράφονται στις 52.3.2.11.1 έως 52.3.2.11.3 θα συμμορφώνονται με τα ακόλουθα:

(1) Εξαερισμός σύμφωνα με την 52.3.2.8, όπου είναι δυνατόν να υπάρξουν εύφλεκτα, τοξικά ή ιδιαίτερα τοξικά αέρια κατά τη φόρτιση, την εκφόρτιση και την κανονική λειτουργία του συστήματος

(2) Έλεγχος διαρροών και εξουδετέρωση σύμφωνα με την 52.3.2.9, όπου περιέχονται ηλεκτρολύτες που θα μπορούσαν να διαρρεύσουν από τους συσσωρευτές.

(3) Προστασία θερμικής φυγής σύμφωνα με την 52.3.2.10.

(4) Η σήμανση που απαιτείται από την 52.3.2.6.5 θα περιγράφει τους δυνατούς επιπλέον κινδύνους που σχετίζονται με αυτούς τους συσσωρευτές.

52.3.2.12: Δοκιμές, συντήρηση και επισκευές.

52.3.2.12.1: Τα BESS και ο σχετικός με αυτά εξοπλισμός και συστήματα, θα δοκιμάζονται και θα συντηρούνται σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.

52.3.2.12.2: Οποιοδήποτε συσσωρευτές ή εξαρτήματα του συστήματος χρησιμοποιούνται για να αντικαταστήσουν υπάρχουσες μονάδες, θα είναι συμβατά με τον φορτιστή, το σύστημα BMS, τους υπόλοιπους συσσωρευτές και τα υπόλοιπα συστήματα ασφαλείας.

52.3.3: Συστήματα ESS με πυκνωτές³¹

³¹ Δεν παρατίθεται αναλυτικά.

4.1.7 Η ελληνική εφαρμογή και ο Κανονισμός Πυροπροστασίας Κτιρίων (ΠΔ41/2018)

Στην Ελλάδα, ο πιο πρόσφατος Κανονισμός Πυροπροστασίας Κτιρίων (ΚΠΚ) εκδόθηκε το 2018. [68] Ισχύει για νέα κτίρια ή τμήματα κτιρίων, καθώς και για σε ορισμένες περιπτώσεις παλαιών κτιρίων, των οποίων μεταβάλλεται η χρήση πλήρως ή μερικώς.

Στον ΚΠΚ δεν υπάρχει αναφορά σε συστήματα αποθήκευσης ενέργειας, ούτε σε συσσωρευτές (πέραν της χρήσης τους ως εφεδρικές πηγές ενέργειας π.χ. σε φωτεινές σημάσεις διαφυγής). Όμως υπάρχουν αρκετά σημεία στον ΚΠΚ που πρέπει να ληφθούν υπόψη.

Οι χρήσεις κτιρίων που εμπίπτουν στον ΚΠΚ είναι έντεκα, και παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα:

A	Κατοικία
B	Προσωρινή Διαμονή
Γ	Συνάθροιση Κοινού
Δ	Εκπαίδευση
Ε	Υγεία και Κοινωνική Πρόνοια
Z	Σωφρονισμός
Η	Εμπόριο
Θ	Γραφεία
I	Βιομηχανία – Βιοτεχνία
K	Αποθήκευση
Λ	Στάθμευση αυτοκινήτων και Πρατήρια υγρών καυσίμων

Οι χρήσεις μπορεί να αναφέρονται στο σύνολο ενός κτιρίου ή σε επιμέρους τμήματα αυτού. Οι διαφορετικές χρήσεις μπορεί να λειτουργούν ανεξάρτητα μεταξύ τους (διαχωρισμένες), να είναι εμπλεκόμενες (μη διαχωρισμένες), ή να αποτελούν συμπληρωματικές χρήσεις, απαραίτητες για τη λειτουργία της κύριας χρήσης του κτιρίου. Ανάλογα με την περίπτωση, οι προβλέψεις του ΚΠΚ για τις χρήσεις εφαρμόζονται με διαφορετικό τρόπο.

Σε κάθε περίπτωση, τα BESS καταναλωτών μπορεί να είναι διαχωρισμένη ή εμπλεκόμενη ή και συμπληρωματική χρήση οποιασδήποτε από τις κύριες χρήσεις Α...Λ, με έμφαση στις Α...Θ. Πρέπει να καθορίσουμε όμως σε ποια χρήση εμπίπτει ο ίδιος ο χώρος των συστημάτων BESS.

Η πιο συγγενική με το αντικείμενο χρήση είναι η **I: Βιομηχανία-Βιοτεχνία**. Περιλαμβάνει **«κτίρια ή τμήματα κτιρίων που στεγάζουν βιομηχανίες, βιοτεχνίες, εργαστήρια, παρασκευαστήρια στις οποίες παράγονται ή επεξεργάζονται διάφορα προϊόντα, καθώς και βιομηχανικές αποθήκες όπου είναι εγκατεστημένος ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός.** (Κεφ. Β, παρ.9.1, στο εξής παρ.Β.9.1). Στο Παράρτημα Α επεξηγεί περαιτέρω ότι περιλαμβάνονται όλες οι υπηρεσίες που περιλαμβάνουν Ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό, όπως μεταξύ άλλων: **«διυλιστήρια, σταθμοί παραγωγής ενέργειας, ξυλουργεία, καθαριστήρια, εργαστήρια ερευνών και εκπαίδευσης, αυτοτελή κέντρα μηχανογράφησης».** Μπορούμε να θεωρήσουμε λοιπόν ότι και οι χώροι με BESS, αφού εμπεριέχουν ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό εμπίπτουν σε αυτή τη χρήση (κύρια ή βοηθητική).

Παρατηρήσεις: Η χρήση **K: Αποθήκευση**, παρόλο που θα μπορούσε να περιλαμβάνει χώρους όπου φυλάσσονται συσσωρευτές, δεν λαμβάνει υπόψη ότι οι συσσωρευτές των BESS είναι εν χρήση, σε λειτουργία και διασυνδεδεμένοι. Σε κάθε περίπτωση, είναι μια εν μέρει συγγενική χρήση και θα ληφθεί υπόψη σε κάποιο βαθμό. Αξιοσημείωτη είναι και η χρήση **Λ: Στάθμευση αυτοκινήτων και πρατήρια υγρών καυσίμων**. Στην περιγραφή της περιλαμβάνονται **«κτίρια ή τμήματα κτιρίων που χρησιμοποιούνται για την εξυπηρέτηση οχημάτων όπως στάθμευση οχημάτων, πρατήρια παροχής καυσίμων και ενέργειας, πλυντήρια αυτοκινήτων κ.λπ.»**. (παρ. Β.11.1), και υπάρχει ειδική μνεία στην υποσημείωση του Παραρτήματος Α, ότι **«Στην Υ.Α. 3046/89 γίνεται αναφορά μόνο για πρατήρια υγρών καυσίμων, αλλά πλέον στην κατηγορία αυτή ανήκουν όλα τα πρατήρια παροχής καυσίμων και ενέργειας»**. Αυτή η διευκρίνιση εύκολα ερμηνεύεται ότι εμπεριέχει, πέρα από τα καύσιμα που δεν μπορούν να χαρακτηριστούν επακριβώς «υγρά» (φυσικό αέριο, υγραέριο, υδρογόνο), και τους σταθμούς φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων, αντικείμενο που εν μέρει σχετίζεται με τα BESS. Όμως, πουθενά σε ολόκληρο το υπόλοιπο κείμενο του Άρθρου Β.11 δεν υπάρχει κάποια εξειδίκευση του «και ενέργειας» ή αναφορά στην ηλεκτρική φόρτιση, ούτε ειδικές προβλέψεις πυροπροστασίας, και η περαιτέρω κατηγοριοποίηση της Λ σε υποκατηγορίες Λ1...Λ4 δεν φαίνεται να λαμβάνει υπόψη την παραπάνω παρατήρηση: Οι υποκατηγορίες Λ1...Λ3 αφορούν χώρους στάθμευσης οχημάτων (ισόγειους, υπέργειους πολυώροφους, υπόγειους αντίστοιχα) και η υποκατηγορία Λ4 περιλαμβάνει όλα τα υπόλοιπα, δηλαδή **«καταστήματα πρατηρίων υγρών καυσίμων, πλυντήρια-λιπαντήρια αυτοκινήτων, χώροι με αντλίες καυσίμων σε ιδιωτικές επιχειρήσεις και λοιπές συναφείς χρήσεις σε χώρους πρατηρίων»**. (Β.11.1). Επομένως η κατηγορία Λ μόνο βοηθητικά ή συμπληρωματικά μπορεί να ληφθεί υπόψη.

Υποκατηγορία: Η κατηγορία Βιομηχανία-Βιοτεχνία κατατάσσεται περαιτέρω σε υποκατηγορίες Ζ1, Ζ2, Ζ3 για χαμηλό, μέσο και υψηλό κίνδυνο εκδήλωσης πυρκαγιάς, αντίστοιχα. (Β.9.1). Η κατηγοριοποίηση προκύπτει με βάση **«το παράρτημα της ΚΥΑ 1589/104/2006, όπως εκάστοτε ισχύει»**. Στην ΚΥΑ 1589/104/2006, τόσο η «Κατασκευή συσσωρευτών» όσο και η «Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας» (δύο συγγενικά αντικείμενα) υπάγονται στην κατηγορία χαμηλού κινδύνου, και αυτό δεν μεταβλήθηκε σε καμία από τις πιο πρόσφατες αποφάσεις που την τροποποίησαν (πλέον πρόσφατη η ΚΥΑ 136860/1673/Φ15 [69]). **Επομένως θεωρούμε ότι τα συστήματα BESS (καταναλωτών και μη) υπάγονται στην κατηγορία Ζ1**. Παρ' όλα αυτά, παρακάτω παραθέτουμε και τις προβλέψεις του ΚΠΚ για κατηγορίες Ζ2, Ζ3 για συγκριτικούς λόγους.

Γενικές έννοιες ή προβλέψεις του ΚΠΚ με ενδιαφέρον για τα BESS καταναλωτών:

Από το Άρθρο Α.3: Ορισμοί

«Επικίνδυνος χώρος: Χώρος υψηλού βαθμού κινδύνου του κτιρίου, ή χώρος που λόγω της **υψηλής εγκατεστημένης ισχύος** έχει αυξημένο κίνδυνο πυρκαγιάς.

Χώροι βοηθητικής χρήσης: Χώροι οι οποίοι δεν προορίζονται για την εξυπηρέτηση της βασικής χρήσης του κτιρίου και την παραμονή των χρηστών του σε αυτούς, όπως είναι χώροι κυκλοφορίας, διάδρομοι, προθάλαμοι, κλιμακοστάσια, χώροι υγιεινής, μηχανοστάσια, αποθήκες, χώροι στάθμευσης αυτοκινήτων, κτίρια παραμονής ζώων.

Χώρος υψηλού βαθμού κινδύνου: Χώρος κτιρίου ή δομικού έργου, τα περιεχόμενα του οποίου παρουσιάζουν μεγάλη **αναφλεξιμότητα**, ταχύτητα επιφανειακής εξάπλωσης της φλόγας και έκλυση θερμότητας ή παράγουν πολλά **τοξικά καυσαέρια** ή έχουν **κίνδυνο έκρηξης**.»

Από το Άρθρο Α.5: Οδεύσεις διαφυγής

«5.2 [...] Απαγορεύεται η διέλευση των οδεύσεων διαφυγής από βοηθητικούς χώρους όπως χώρους υγιεινής, αποθήκευσης και **ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων**. Οι οδεύσεις διαφυγής δεν πρέπει να είναι σε άμεση γειτνίαση με **επικίνδυνους χώρους** της κατηγορίας Β (βλ. 6.7).»

Στον Πίνακα 3 υπολογίζεται ο θεωρητικός πληθυσμός ανά m² για κάθε χρήση. Όμως ειδικά για την Κατηγορία Ι και την υποκατηγορία «Βιομηχανία-Βιοτεχνία προοριζόμενη για συγκεκριμένη λειτουργία», λαμβάνεται υπόψη ο **«Προβλεπόμενος αριθμός χρηστών (εργαζόμενοι και πιθανοί επισκέπτες)»**. Στην περίπτωση συστημάτων BESS καταναλωτών, ο αριθμός αυτός αναμένεται να είναι πολύ χαμηλός (0-1 άτομα) σε συνθήκες λειτουργίας, και η μέγιστη τιμή του εξαρτάται από το αναγκαίο προσωπικό συντήρησης. Από άλλη παράγραφο (5.3.1) προκύπτει ότι ο θεωρητικός πληθυσμός κτιρίων ειδικής χρήσης **«σε κάθε περίπτωση δεν μπορεί να είναι μικρότερος της αναλογίας 1 άτομο / 30 τ.μ.»**, το οποίο είναι μία εύλογη τιμή που θα μπορούσε να εφαρμοστεί στα BESS. Συγκριτικά, μια αποθήκη εμπορίου έχει θεωρητική τιμή 1 άτομο/30τ.μ, ενώ ένας χώρος απλής αποθήκευσης 1 άτομο/50τ.μ.

Ο θεωρητικός πληθυσμός υπολογίζεται μεταξύ άλλων για τον υπολογισμό των οδεύσεων διαφυγής. Η μονάδα πλάτους της όδευσης διαφυγής ορίζεται στα 0,60 m, που για την κατηγορία Ι (όπως και για τις περισσότερες άλλες) αντιστοιχεί σε 100 άτομα για οριζόντια όδευση και 60 άτομα για κατακόρυφη. Επομένως, δεδομένου ότι ο θεωρητικός πληθυσμός ενός χώρου BESS αναμένεται να είναι σε κάθε περίπτωση πολύ χαμηλότερος από 60, η όδευση διαφυγής υπολογίζεται με βάση το ελάχιστο δυνατό πλάτος. Αυτό είναι στη γενική περίπτωση 0,70 m (παρ. Α.5.3.3), αλλά στην κατηγορία Ι είναι 1,00 m με τις πόρτες διαφυγής να έχουν ελάχιστο πλάτος 0,85 m (παρ. Β.9.2).

Από τον Πίνακα 5 (παρ. Α.5.3.4), προκύπτουν τα όρια μήκους της πραγματικής απροστάτευτης όδευσης ανά κατηγορία χρήσης κτιρίου, που για τη κατηγορία Ι, υποκατηγορία Ζ1 είναι 25 m προς μία κατεύθυνση, 45 m προς περισσότερες κατευθύνσεις και 15 m για τα αδιέξοδα. Το μήκος αυτό είναι δυνατόν να διπλασιαστεί στην περίπτωση εγκατάστασης αυτόματου συστήματος πυρόσβεσης με νερό (καταιονισμού ύδατος).

Από το Άρθρο Α.6 Δομική Πυροπροστασία

«Ο ελάχιστος δείκτης πυραντίστασης σε min για την υποκατηγορία Ζ1 των Ι, Κ δίνεται ανάλογα με το ύψος του ορόφου, από τον Πίνακα 7:

Στην περίπτωση εγκατάστασης αυτόματου συστήματος πυρόσβεσης με νερό (καταιονισμού ύδατος) στο πυροδιαμέρισμα επιτρέπεται ο δείκτης πυραντίστασης να μειώνεται κατά 60 λεπτά, σε καμία περίπτωση όμως δεν μπορεί να υπολείπεται των 60 λεπτών. (παρ. Α.6.2).»

Πίνακας 7

Κατηγ. / Υποκατηγ.	Υπόγειοι όροφοι		Υπέργειοι όροφοι			
	Υψους >10 m*	Υψους ≤10 m*	Έως 2 όροφοι & ≤5 m (ανώτ. στάθμη δαπέδου)	3 έως 6 όροφοι, ≤15 m*	7 έως 10 όροφοι, ≤27 m*	7 έως 10 όροφοι, ≤27 m*
I/Z1	120	90	60	90	120	
I/Z2	180	120	90	120	180	
I/Z3	240	180	90	180	240	
K/Z1	120	90	90	120	180	
K/Z2	240	180	120	180	240	
K/Z3	240		180	240		

* Αφορά στη στάθμη δαπέδου του κατώτατου ορόφου για τα υπόγεια, ή του ανώτατου ορόφου για τα υπέργεια, από τον όροφο εκκένωσης.

Συγκριτική Παρατήρηση: Ο δείκτης πυραντίστασης 2 ωρών (120 min) που προβλέπει το πρότυπο [NFPA 855](#) για τους χώρους στέγασης ESS υπερκαλύπτει την απαίτηση του **ΚΠΚ** για την κατηγορία I/Z1, σε κάθε περίπτωση, και για τις κατηγορίες Z2,Z3 πέραν ειδικών περιπτώσεων (υψηλά κτίρια ή βαθιά υπόγεια). Σε συνδυασμό μάλιστα με την υποχρεωτική πρόβλεψή του για σύστημα καταιονισμού, υπερκαλύπτει την απαίτηση του **ΚΠΚ** και για κατηγορίες υψηλότερου κινδύνου.

Πίνακας 9: Μέγιστο εμβαδόν πυροδιαμερισμάτων

Μέγιστο εμβαδόν πυροδιαμερισμάτων				
Κατηγ. / Υποκατ.	Μέγιστο εμβαδόν πυροδιαμερισμάτων (τ.μ.)			
	Υπόγεια	Μονώροφο κτίριο	Πολυώροφο κτίριο	Προσαύξηση λόγω εγκατάστασης αυτόματου συστήματος πυρόσβεσης με νερό (καταιονισμού ύδατος)
I/Z1	1000	10000	3000	2
I/Z2		5000	2000	
I/Z3		4000	1500	

Παρατηρούμε ότι οι μέγιστες επιτρεπτές τιμές για το εμβαδό πυροδιαμερισμάτων είναι σε κάθε περίπτωση πολύ μεγαλύτερες από αυτές που αναμένεται να έχει μία εγκατάσταση BESS.

Ο Πίνακας 10 ενδιαφέρει στην περίπτωση κτιρίου με διαχωρισμένες χρήσεις, όπου το ένα τμήμα έχει χρήση Z1 (όπως ο χώρος BESS). Σε εγκατάσταση που ικανοποιεί τις απαιτήσεις του [NFPA 1](#) ή [IFC](#), η απαιτούμενη τιμή πυραντίστασης είναι, ανάλογα με τη χρήση του γειτονικού τμήματος, 120 min για κτίρια κατοικίας, προσωρινής διαμονής, συγκέντρωσης κοινού, εκπαίδευσης, σωφρονισμού, υγείας και κοινωνικής πρόνοιας, και 60 min στις υπόλοιπες περιπτώσεις. Δεδομένου ότι είναι απαραίτητο το σύστημα καταιονισμού ύδατος, ισχύει η σημείωση 1 και επομένως οι απαιτούμενες τιμές του Πίνακα 10 μειώνονται κατά 60 min έως το ελάχιστο των 60 min. Επομένως σε κάθε περίπτωση ικανοποιείται η απαίτηση του ΚΠΚ σε κτίριο με διαχωρισμένες χρήσεις που το τμήμα BESS ικανοποιεί το [NFPA 1](#) ή το [IFC](#).

Πίνακας 10: Απαιτούμενος δείκτης πυραντίστασης μεταξύ διαφορετικών χρήσεων. Ελάχιστοι δείκτες πυραντίστασης (min) διαχωριστικών δομικών στοιχείων περίπτωση διαχωρισμένων χρήσεων.

Χρήση	Βιομηχ. (Z1,Z2)	Βιομηχ. (Z3)
Κατοικίες	120 [60] ¹	180
Προσωρινή Διαμονή	120 [60] ¹	180
Χώροι Συνάθροισης Κοινού	120 [60] ¹	180
Εκπαίδευση	180 [120] ¹	180
Υγεία & Κοινωνική Πρόνοια	120 [60] ¹	120
Σωφρονισμός	120 [60] ¹	120
Εμπόριο	120 [60] ¹	180
Γραφεία	120 [60] ¹	180
Βιομηχανία (Z1,Z2)	-	90
Βιομηχανία (Z3)	90 [60] ¹	-
Αποθήκευση (Z1,Z2)	60 [60] ¹	90
Αποθήκευση (Z3)	90 [60] ¹	60
Στάθμευση	90 [60] ¹	90

1. Στην περίπτωση εγκατάστασης αυτόματου συστήματος καταιονισμού ύδατος σε όλο το κτίριο οι ανωτέρω τιμές μειώνονται κατά 60min με ελάχιστο τα 60min.
2. Εφαρμόζονται οι δείκτες του πίνακα 7 στην περίπτωση που για κάποιες χρήσεις οι τιμές είναι μεγαλύτερες από τις ανωτέρω οριζόμενες.

«6.6.8 Απαιτήσεις απαγωγής καυσαερίων-θερμότητας. Επιβάλλεται η εγκατάσταση συστήματος απαγωγής καυσαερίων-θερμότητας σύμφωνα με τις κατά περίπτωση απαιτήσεις του [EN 12101](#) [Σειρά προτύπων με γενικό τίτλο Smoke and heat control systems], στις εξής περιπτώσεις: [...] δ. Επικίνδυνοι χώροι κατηγορίας Β (βλ. 6.7).

6.7 Επικίνδυνοι χώροι. Οι επικίνδυνοι χώροι πρέπει να αποτελούν αυτοτελές πυροδιαμέρισμα με πυράντοχο περίβλημα με δείκτη πυραντίστασης ίσο με τον απαιτούμενο για τα πυροδιαμερίσματα του κτιρίου και όχι μικρότερο των 60 λεπτών και δεν πρέπει να τοποθετούνται κάτω από ή σε άμεση γειτνίαση με τις τελικές εξόδους των κτιρίων. Στην περίπτωση επικίνδυνων χώρων θα πρέπει να υπάρχει ειδική μέριμνα για την αποφυγή διάδοσης του καπνικού μίγματος (κατάλληλος εξαερισμός, αυτοκλειώμενες πόρτες, φραγή αρμών κ.ά.).

Οι επικίνδυνοι χώροι διακρίνονται στις ακόλουθες δύο κατηγορίες από τις οποίες προκύπτουν τα απαιτούμενα μέσα ενεργητικής πυροπροστασίας τους.

I. Κατηγορία Α. [...]

- Ψυχοστάσια, Αντλιοστάσια, Μηχανοστάσια. [...]
- Χώροι Καυστήρων Θέρμανσης και/ ή λεβήτων με θερμική ισχύ ≤ 50 kW.
- Χώροι, που λόγω της φύσης των περιεχομένων τους παρουσιάζουν επικινδυνότητα και έχουν πυκνότητα πυροθερμικό φορτίο μικρότερη ή ίση των 2000 MJ/m².

II. Κατηγορία Β.

- Χώροι Καυστήρων θέρμανσης και λεβήτων θερμικής ισχύος >50 kW.
- Χώροι Μ/Σ (Μ/Τ και Υ/Τ), Η/Ζ, Ηλεκτροστάσια, χώροι φόρτισης ηλεκτροκίνητων οχημάτων. [...]
- Αποθήκες εύφλεκτων υλικών και αντικειμένων γενικά.
- Χώροι, που λόγω της φύσης των περιεχομένων τους παρουσιάζουν επικινδυνότητα και έχουν πυκνότητα πυροθερμικού φορτίου μεγαλύτερη των 2000 MJ/m².

Πίνακας 12: Πρόσθετοι επικίνδυνοι χώροι ανά χρήση κτιρίου.

Χρήση κτιρίου		Επικίν. χώροι κατ. Α	Επικ. χώροι κατ. Β
I	Βιομηχανία-Βιοτεχνία	Χώροι αποθήκευσης εύφλεκτων υλών	Γενικές απαιτήσεις
K	Αποθήκευση		
Λ	Στάθμευση και πρατήρια υγρών καυσίμων		

Στον Πίνακα 12 απεικονίζονται τυχόν πρόσθετοι επικίνδυνοι χώροι ειδικών χρήσεων κτιρίων, καθώς και η κατάταξή τους στην κατηγορία Α ή Β.

Σε κάθε περίπτωση, εφ' όσον κατά τον σχεδιασμό του κτιρίου διαπιστωθεί από τον αρμόδιο μελετητή μηχανικό ότι μεμονωμένοι χώροι, οι οποίοι δεν αναγράφονται ρητά στον παρόντα κανονισμό, ενδέχεται να παρουσιάσουν αυξημένο κίνδυνο έναρξης φωτιάς λόγω της φύσης των περιεχομένων τους ή της αυξημένης εγκατεστημένης ισχύος τους, αντιμετωπίζονται με τις διατάξεις που εφαρμόζονται για τους επικίνδυνους χώρους.»

Με βάση τα παραπάνω, μπορεί να συναχθεί ότι οι χώροι των BESS αποτελούν «επικίνδυνους χώρους» κατά την έννοια του ΚΠΚ, τουλάχιστον Κατηγορίας Α, και πρέπει να εξεταστεί εάν λόγω της συνολικής ισχύος τους ή της πυκνότητας ισχύος τους, ορισμένοι από αυτούς κατατάσσονται και στην Κατηγορία Β. Πάντως, δεν είναι σαφής η σημασία της φράσης «Γενικές Απαιτήσεις» του Πίνακα 12 ως προς τους επικίνδυνους χώρους Κατηγορίας Β. Μια δυνατή ερμηνεία είναι ότι στους επικίνδυνους χώρους κατηγορίας Β εφαρμόζονται οι γενικές απαιτήσεις της αντίστοιχης κατηγορίας (I, K ή Λ).

Συνέχεια παράθεσης σχετικών με το αντικείμενο ενοτήτων του ΚΠΚ και σχολιασμός τους

Από το Άρθρο Α.6: Δομική πυροπροστασία

«6.8. Απαιτήσεις Αντίδρασης στη φωτιά³²

Οι απαιτήσεις αντίδρασης στη φωτιά εφαρμόζονται στα δομικά προϊόντα (εσωτερικά τελειώματα, επικαλύψεις δαπέδων, θερμομονώσεις σωληνώσεων, ηλεκτρικά καλώδια) τα οποία είναι δυνατόν να εκτεθούν άμεσα σε φωτιά και αποσκοπούν στη μείωση του ρυθμού εξάπλωσης της φωτιάς και του ρυθμού παραγωγής καπνού και φλεγόμενων σωματιδίων ή σταγονιδίων (βλ. Παράρτημα Δ). [...]

Οι ελάχιστες απαιτήσεις αντίδρασης στη φωτιά για γραμμικά προϊόντα θερμομόνωσης σωληνώσεων είναι αντίστοιχες με εκείνες που ισχύουν για τα εσωτερικά τελειώματα των χώρων τους οποίους διατρέχουν».³³

Πίνακας 13: Ελάχιστες απαιτήσεις αντίδρασης στη φωτιά για εσωτερικά τελειώματα και δάπεδα ανά κατηγορία χρήσης κτιρίου.

Κατηγορία χρήσης κτιρίων	Τοίχοι και οροφές				Οικοδομικά διάκενα σε τοίχους και οροφές	Δάπεδα		
	Πυρ/μένες οδεύσεις διαφυγής – Επικίνδυνοι χώροι	Απροστάτευτες οδεύσεις διαφυγής	Γενικά			Πυρ/μένες οδεύσεις διαφυγής – Επικίνδυνοι χώροι	Απροστάτευτες οδεύσεις διαφυγής	
I	Z1-Z2	A2-s1,d1	C-s1,d1	Χώροι >10τ.μ.	Χώροι ≤10τ.μ.	C-s1,d0	B _{FL} -s2	C _{FL} -s2
				C-s1,d1	D-s1,d1			
	Z3		B-s1,d1	Χώροι >10τ.μ.	Χώροι ≤10τ.μ.		A _{FL} -s2	B _{FL} -s2
				B-s1,d1	C-s1,d1			

³² Εκ παραδρομής ο ΚΠΚ την αναφέρει ως 6.7.

³³ Στην περίπτωση αυτή το γράμμα της κατηγορίας π.χ. Α2, C συνοδεύεται από το δείκτη L.

Οι κλάσεις του Πίνακα 13 εξηγούνται στο **Παράρτημα Δ**. Έτσι, για παράδειγμα, σε χώρο με BESS (Z1, επικίνδυνος χώρος), αλλά και στις πυροπροστατευμένες οδεύσεις διαφυγής από αυτόν, οι τοίχοι και οροφές πρέπει να είναι κατηγορίας A2-s1,d1, δηλαδή της 2^{ης} αυστηρότερης κλάσης όσον αφορά τη συμβολή στην ανάφλεξη και την καύση, με μηδενική ή πολύ μικρή παραγωγή καπνού (s1) και μικρή παραγωγή φλεγόμενων σωματιδίων ή σταγονιδίων (d1). Η θερμομόνωση των διερχόμενων σωληνώσεων θα είναι A2L-s1,d1. Το δάπεδο του ίδιου χώρου πρέπει να είναι κατηγορίας B_{FL}-s2, δηλαδή τρίτης κλάσης ανάφλεξης/καύσης και μέτρια παραγωγή καπνού. Οι υπόλοιποι χώροι, καθώς και τα οικοδομικά διάκενα σε τοίχους και οροφές, έχουν χαμηλότερες απαιτήσεις.

Πίνακας 14: Ελάχιστες απαιτήσεις αντίδρασης στη φωτιά για ηλεκτρικά καλώδια ανά κατηγορία χρήσης κτιρίου.

Κατηγορία	Χρήση	Ευρωκλάσεις
I (Βιομηχ.-Βιοτεχ.)	Γενικά	D _{ca-s2,d2,a2}
	Πυροπροστατευμένες οδεύσεις διαφυγής	B2 _{ca-s1,d1,a1}

Δεδομένου ότι δεν υπάρχει ειδική αναφορά σε επικίνδυνους χώρους, τα καλώδια στο χώρο των BESS τα οποία είναι δυνατόν να εκτεθούν άμεσα σε φωτιά θα είναι τουλάχιστον κλάσης D_{ca-s2,d2,a2}, δηλαδή θα είναι 5^{ης} (από τις 7) κλάσης ανάφλεξης/καύσης, χωρίς περιορισμούς ως προς την παραγωγή καπνού (s₂), φλεγόμενων σωματιδίων/σταγονιδίων (d₂) και την οξύτητα (a₂). Τα καλώδια στις πυροπροστατευόμενες οδεύσεις διαφυγής θα είναι υψηλότερων απαιτήσεων σε όλα τα παραπάνω κριτήρια (B2_{ca-s1,d1,a1}).

«6.9. Μετάδοση της φωτιάς εκτός του κτιρίου - Απαιτήσεις εξωτερικών δομικών στοιχείων.

[...]

Η απόσταση [...] ανοιγμάτων σε εξωτερικές τοιχοποιίες, που ανήκουν σε διαφορετικά πυροδιαμερίσματα πρέπει να είναι τουλάχιστον 1,40 μ., εφόσον τα ανοίγματα δεν έχουν τον απαιτούμενο δείκτη πυραντίστασης. Η ίδια ελάχιστη απόσταση ισχύει και για την περίπτωση υπερκειμένων πυροδιαμερισμάτων, μεταξύ του ανώτερου σημείου του κάτω ανοίγματος και του κατώτερου σημείου του επάνω ανοίγματος, προσμετρούμενης και της προεξοχής που παρεμβάλλεται [...] και πάντοτε υπό την προϋπόθεση ότι τα ανοίγματα δεν έχουν τον απαιτούμενο δείκτη πυραντίστασης για το πυροδιαμέρισμα. Στην τελευταία περίπτωση ο τοίχος που παρεμβάλλεται, καθώς και η προεξοχή πρέπει να έχουν δείκτη πυραντίστασης τουλάχιστον ίσο με τον απαιτούμενο για το δάπεδο του πυροδιαμερίσματος.»

Από το Άρθρο Α.7: Μέσα ενεργητικής πυροπροστασίας.

«α) Εφ' όσον οι επιμέρους χρήσεις είναι διαχωρισμένες, [και] γ) Εφ' όσον οι εμπλεκόμενες χρήσεις διαχωρίζονται πυράντοχα και χρησιμοποιούν τις ίδιες κατακόρυφες πυροπροστατευμένες οδεύσεις διαφυγής, δηλαδή είναι τμήματα διαφορετικών ορόφων που εκκενώνονται μέσω των ίδιων πυροπροστατευμένων κατακόρυφων οδεύσεων διαφυγής, τότε εφαρμόζονται για κάθε μία τα μέσα πυροπροστασίας που την αφορούν, σε όλη την επιφάνεια που αυτή καταλαμβάνει.

β) Εφ' όσον οι εμπλεκόμενες χρήσεις χρησιμοποιούν τις ίδιες - κοινές απροστάτευτες οδεύσεις διαφυγής (οριζόντιες ή κατακόρυφες) είναι δηλαδή τμήματα του ίδιου ορόφου ή διαφορετικών ορόφων που επικοινωνούν κατακόρυφα με απροστάτευτο τρόπο, τότε λαμβάνονται στο σύνολο του

συγκεκριμένου ορόφου στην πρώτη περίπτωση ή του πυροδιαμερίσματος στη δεύτερη, τα δυσμενέστερα κατά περίπτωση μέσα πυροπροστασίας κάθε χρήσης. [...]

Το αυτόματο σύστημα ανίχνευσης εύφλεκτων αερίων πρέπει να ικανοποιεί τις απαιτήσεις των μερών του προτύπου [EN 60079-29](#) [σειρά προτύπων με γενικό τίτλο Explosive atmospheres. Gas detectors].

Οι αυτόνομοι ανιχνευτές καπνού ικανοποιούν τις απαιτήσεις του προτύπου [EN 14604](#) [Smoke alarm devices] όπως κάθε φορά ισχύει. [...]

Κατά τα λοιπά οι προδιαγραφές μελέτης, σχεδίασης και εγκατάστασης των ανωτέρω στοιχείων πυροπροστασίας πρέπει να είναι σύμφωνα με τα οριζόμενα στην υπ' αριθμ. 15/2014 (Β' 3149) Πυροσβεστική Διάταξη όπως κάθε φορά ισχύει. [...]

Επιβάλλεται η τοποθέτηση φορητών πυροσβεστήρων διοξειδίου του άνθρακα, κατασβεστικής ικανότητας τουλάχιστον 55B-C **στους χώρους ηλεκτρο-μηχανολογικών εγκαταστάσεων όπως μετασηματιστών μέσης ή υψηλής τάσης και λεβητοστασιών**, σε τέτοιες θέσεις ώστε κάθε σημείο των εν λόγω χώρων, να απέχει οριζοντίως μέχρι 15 μ. από κάθε τέτοιο πυροσβεστήρα. Σε κάθε περίπτωση ο ελάχιστος αριθμός πυροσβεστήρων διοξειδίου του άνθρακα σε αυτούς τους χώρους δεν θα είναι μικρότερος από δύο (2).³⁴

7.2.2. Αυτόματο σύστημα πυρανίχνευσης

Αυτόματο σύστημα πυρανίχνευσης εγκαθίσταται στους επικίνδυνους χώρους κατηγορίας Α. (βλ. 6.7) Όπου από τις ειδικές διατάξεις προβλέπεται η εγκατάσταση αυτόματου συστήματος πυρανίχνευσης, αυτό, πρέπει να καλύπτει όλους τους χώρους του κτιρίου.³⁵

Εφόσον από τις ειδικές διατάξεις επιβάλλεται η εγκατάσταση αυτόματου συστήματος πυρανίχνευσης σε όλο το κτίριο, η ενεργοποίησή του πρέπει να προκαλεί το άνοιγμα κουφώματος εξαερισμού εγκατεστημένου στον υψηλότερο όροφο του κτιρίου πλησίον κάθε κλιμακοστασίου, εφόσον αυτό επιβάλλεται. Η ενεργοποίηση του αυτόματου συστήματος πυρανίχνευσης πρέπει να ενεργοποιεί επιπροσθέτως το άνοιγμα διαφραγμάτων εξαερισμού.

7.2.3. Αυτόματο σύστημα πυρόσβεσης

Αυτόματο σύστημα πυρόσβεσης με νερό ή άλλο κατάλληλο κατασβεστικό μέσο επιβάλλεται:

- Στους επικίνδυνους χώρους κατηγορίας Β (βλ. 6.7). [..]

Στις περιπτώσεις κτιρίων που επιβάλλεται αυτόματο σύστημα πυρόσβεσης με νερό (καταιονισμού ύδατος), στους χώρους εκείνους όπου το νερό δεν ενδείκνυται ως κατασβεστικό μέσο δύναται να εγκαθίσταται αυτόματο σύστημα πυρόσβεσης άλλου κατασβεστικού υλικού.»

Στα συστήματα BESS που ακολουθούν το [NFPA 1](#) ή το [IFC](#), προβλέπεται αυτόματο σύστημα πυρανίχνευσης και αυτόματο σύστημα πυρόσβεσης (καταιονιστήρων) για όλους τους τύπους συσσωρευτών.

Στα συστήματα BESS που ακολουθούν το [IRC](#), δεν προβλέπεται αυτόματο σύστημα πυρόσβεσης. Το αυτόματο σύστημα πυρανίχνευσης δεν αναγράφεται στις ειδικές απαιτήσεις, επειδή θεωρείται δεδομένο για όλους τους χώρους κατοικίας (βλ. R314).

³⁴ Επομένως σε κάθε εγκατάσταση που περιέχει Μ/Σ ΧΤ/ΜΤ, επιβάλλονται πέραν όλων των άλλων και 2 φορητοί πυροσβεστήρες CO2 τουλάχιστον 55B-C.

³⁵ Αυτό βέβαια πρέπει να ερμηνευθεί σε συνδυασμό με την πρόβλεψη ότι τα μέτρα πυροπροστασίας που αφορούν κάθε χρήση εφαρμόζονται στην επιφάνεια που αυτή καταλαμβάνει.

Απαγορεύεται η χρήση πυρόσβεσης με νερό για συσσωρευτές νατρίου. Επομένως πρέπει να προσδιοριστεί ο τύπος του υλικού κατάσβεσης για τους συσσωρευτές αυτούς. Εφόσον δεν υπάρχει κατάλληλο υλικό, έχει προταθεί η ηλεκτρική απομόνωση και ο περιορισμός (containment) της φωτιάς έως ότου σβήσει από μόνη της.

«7.4. Ενδεικτικά προληπτικά μέτρα πυροπροστασίας

[...] Τα εν λόγω **μέτρα εξειδικεύονται** σε ορισμένες δραστηριότητες, σύμφωνα με τις προδιαγραφές των κατασκευαστών των συσκευών και τους ειδικούς κανονισμούς. [...]

7.4.1. Απαιτούμενες ενέργειες είναι οι εξής:³⁶

- Επιμελής συντήρηση και τακτική επιθεώρηση και έλεγχος των εγκαταστάσεων και συσκευών σύμφωνα με τους σχετικούς κανονισμούς και τις **προδιαγραφές του κατασκευαστή**.
- Τοποθέτηση **λεκάνης ασφαλείας** επαρκούς χωρητικότητας σε δεξαμενές υγρών καυσίμων **για συγκέντρωση τυχόν διαρροών** καυσίμων.
- **Τήρηση επαρκών αποστάσεων** συσκευών θέρμανσης από καυστά υλικά και κατά περίπτωση κατάλληλη στήριξή τους.
- **Σήμανση** επικίνδυνων υλικών και χώρων.
- Στους **υπαίθριους χώρους** που εμπίπτουν στον παρόντα Κανονισμό, απαιτείται η αποψύλωση των ξηρών χόρτων και η **απομάκρυνση** αυτών, καθώς και κάθε άλλου άχρηστου **καυστού ή εύφλεκτου υλικού**.
- Επαρκής **αερισμός (φυσικός ή τεχνητός)** των χώρων αποθήκευσης επαγγελματικών δραστηριοτήτων.
- Κατάλληλη **διευθέτηση του χώρου αποθήκευσης υλών που μπορούν να αναφλεγούν** και απομάκρυνση των εύφλεκτων και καυστών υλών από θέσεις όπου γίνεται χρήση γυμνής φλόγας, προκαλούνται σπινθήρες και γενικά από πηγές εκπομπής θερμότητας.
- Μόνιμη **ανάρτηση ευδιάκριτων πινακίδων, στους επικίνδυνους χώρους** αναφορικά με την απαγόρευση καπνίσματος σε άτομα που εισέρχονται σε αυτούς και **κατά περίπτωση προειδοποιητικών πινακίδων μη χρήσης νερού** σε περίπτωση εκδήλωσης πυρκαγιάς.
- Ανάρτηση **πινακίδων** σε εμφανή σημεία της επιχείρησης-εγκατάστασης, με οδηγίες πρόληψης πυρκαγιάς και τρόπους ενέργειας του προσωπικού σε περίπτωση έναρξης πυρκαγιάς.
- **Έλεγχος της καλής λειτουργίας** και κατάστασης των μέτρων και μέσων πυροπροστασίας καθώς και των κλειστών χώρων για τη **διασφάλιση απουσίας επικίνδυνης ατμόσφαιρας και σωστής εξαέρωσης** καθώς και απομάκρυνση εύφλεκτων και καυστών υλικών πριν την έναρξη εκτέλεσης θερμών εργασιών.
- Τήρηση των προβλεπόμενων, **πλάτους τουλάχιστον 0,80 μ. διόδων** μεταξύ των αποθηκευμένων υλικών αποθηκών ή βιομηχανιών καθώς και κύριου διαδρόμου πλάτους τουλάχιστον 1,10 μ. εντός της αποθήκης ή βιομηχανίας.
- Αποθήκευση των υλικών κατά τρόπο ώστε αυτά να **απέχουν από την οροφή** τουλάχιστον 0,50 μ.
- Αποθήκευση των υλικών σε **υπαίθριους χώρους** εμπορικών καταστημάτων που εμπίπτουν στον παρόντα Κανονισμό κατά τρόπο ώστε τα υλικά να **απέχουν τουλάχιστον τρία (3) μ.** από τα γειτνιάζοντα κτίρια.
- Δημιουργία προϋποθέσεων για **αποφυγή τυχαίας ανάμιξης υλικών** που μπορούν να προκαλέσουν εξώθερμη αντίδραση σε αποθήκες ή βιομηχανίες.»

³⁶ Αναφέρονται οι πιο σχετικές.

Τα παραπάνω γενικά μέτρα προληπτικής πυροπροστασίας είναι συμβατά με τις ειδικότερες απαιτήσεις των αμερικανικών κανονισμών για τους χώρους συστημάτων BESS. Μάλιστα, οι απαιτήσεις αυτές σε πολλά σημεία μπορούν να θεωρηθούν εξειδικεύσεις των παραπάνω γενικών μέτρων, όπως προβλέπεται στην παρ. 7.4 του ΚΠΚ.

«**7.4.2. Μη επιτρεπόμενες ενέργειες:**³⁷

- Κάπνισμα και χρήση γυμνής φλόγας στους επικίνδυνους χώρους καθώς και εναπόθεση εύφλεκτων υλικών σ' αυτούς.»

Από το Άρθρο Α.8: Πρότυπα - τεχνικές προδιαγραφές - πιστοποιητικά

«Τα ευρωπαϊκά πρότυπα εκδίδονται από την CEN/CENELEC, μέλος της οποίας είναι ο ΕΛΟΤ. Τα πρότυπα που αναφέρονται στον παρόντα κανονισμό αναφέρονται στα ευρωπαϊκά πρότυπα που έχουν μεταφερθεί στο εθνικό σύστημα τυποποίησης από τον ΕΛΟΤ. Τα πρότυπα αυτά ορίζονται από το ακρώνυμο ΕΛΟΤ **EN XXXXX**.

Για περιπτώσεις που δεν υφίστανται πρότυπα ΕΛΟΤ-EN θα ακολουθούνται τα διεθνή πρότυπα ISO/IEC. Σε περιπτώσεις που δεν καλύπτονται καθόλου ή εν μέρει από αυτά, επιτρέπεται η εφαρμογή εθνικών προτύπων άλλων χωρών, κατά προτίμηση χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης.»

Στην πράξη τα πρότυπα IEC 6XXXXX υιοθετούνται ως EN (και στη συνέχεια ως εθνικά από τις χώρες της ΕΕ) αλλά και από άλλες χώρες (ΗΠΑ, Αυστραλία κ.ά.). Εθνικά πρότυπα χωρών της ΕΕ που δεν είναι ευρωπαϊκά είναι πλέον λίγα και εξειδικευμένα. Τα αμερικανικά πρότυπα (NFPA, UL, ICC) σύμφωνα με την παραπάνω πρόβλεψη μπορούν να χρησιμοποιηθούν, εάν δεν υπάρχουν αντίστοιχα ευρωπαϊκά ή διεθνή. Αυτό συμβαδίζει με την ελληνική πρακτική, όπου είναι συχνό φαινόμενο οι προδιαγραφές εξοπλισμού (για παράδειγμα σε προκηρύξεις διαγωνισμών) να παραπέμπουν και σε αμερικανικά πρότυπα όπως της NFPA [67].

«Τα πρότυπα ΕΛΟΤ παθητικής πυροπροστασίας είναι εν γένει τα αναφερόμενα στα πρότυπα κατηγοριοποίησης των μερών του προτύπου ΕΛΟΤ [EN 13501](#) [σειρά προτύπων Fire classification of construction products and building element] καθώς και τα κατά περίπτωση μέρη του προτύπου ΕΛΟΤ [EN 12101](#) για συστήματα ελέγχου θερμότητας και καπνού, όπως τροποποιούνται και ισχύουν κάθε φορά.

Τα πρότυπα ΕΛΟΤ ενεργητικής πυροπροστασίας είναι τα αναφερόμενα στην 15/2014 Πυροσβεστική Διάταξη όπως τροποποιούνται και ισχύουν κάθε φορά.»

Από το Άρθρο Β.1: Κατοικία

«Ενδεικτικές συμπληρωματικές χρήσεις στην κατηγορία αυτή είναι μικρές αποθήκες, μικρά γραφεία κλπ.»³⁸

Στην πράξη, όπως έχουμε συζητήσει και αλλού, εδώ εντάσσονται τόσο τα μικρά συστήματα BESS σε μονοκατοικίες (που αντιστοιχούν στον αμερικανικό [IRC](#)), όσο και πιθανά μεγάλα συστήματα BESS σε υπόγεια ή ταράτσες πολυκατοικιών.

³⁷ Αναφέρονται οι πιο σχετικές.

³⁸ Είναι ενδεικτικές, επομένως θα μπορούσαν να υπάρχουν και άλλες συμπληρωματικές χρήσεις όπως BESS.

«Για τη συγκεκριμένη κατηγορία κτιρίων **δεν** εφαρμόζονται οι διατάξεις του εδαφίου iii της παρ. 4.2.2 του άρθρου 4 του Κεφαλαίου Α' περί εμπλεκόμενων χρήσεων.»

Η παράγραφος αυτή αναφέρει τα εξής:

«iii. Οι διαφορετικές χρήσεις δεν λειτουργούν ανεξάρτητα (εμπλεκόμενες χρήσεις)

Στην περίπτωση που σε ένα κτίριο πολλαπλών χρήσεων συνυπάρχουν περισσότερες της μίας χρήσης, οι οποίες εξυπηρετούνται από κοινά τμήματα του κτιρίου (όπως διαδρόμους και κλιμακοστάσια), τότε από άποψη πυροπροστασίας επιλέγονται και ακολουθούνται οι κατά περίπτωση αυστηρότερες απαιτήσεις της κάθε χρήσης, με την επιφύλαξη της παρ. 7.1 του άρθρου 7 του παρόντος Κεφαλαίου ως προς την επιβολή των μέσων ενεργητικής πυροπροστασίας.»

Αυτό σημαίνει ότι οι απαιτήσεις της χρήσης «Κατοικία» εξακολουθούν να τηρούνται στο χώρο αυτής της χρήσης, ακόμη και αν υπάρχει μια εμπλεκόμενη χρήση (BESS) με αυστηρότερες απαιτήσεις.

«**1.3** Στις περιπτώσεις κτιρίων πολλαπλών χρήσεων με κατοικία, εφόσον οι χρήσεις δεν είναι διαχωρισμένες θα πρέπει το τμήμα κοινής όδευσης (διάδρομος) που εξυπηρετεί την κατοικία μέχρι την έξοδο κινδύνου στο πυροπροστατευμένο κλιμακοστάσιο να είναι πυροπροστατευμένο με το δυσμενέστερο δείκτη πυραντίστασης των αντίστοιχων εμπλεκόμενων χρήσεων.

1.7.3. Πυρανίχνευση

Επιβάλλεται η εγκατάσταση αυτόματου συστήματος πυρανίχνευσης. Κατ' εξαίρεση σε κτίρια κατοικιών με 3 ή λιγότερους ορόφους κύριας χρήσης, αντί του αυτόματου συστήματος πυρανίχνευσης είναι αποδεκτή η τοποθέτηση αυτόνομων πυρανιχνευτών σύμφωνα με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή, που θα καλύπτουν κατ' ελάχιστον κάθε υπνοδωμάτιο και την κουζίνα.»

Επομένως για νέα κτίρια κατοικιών που ικανοποιούν αυτόν τον **ΚΠΚ**, το αυτόματο σύστημα πυρανίχνευσης επιβάλλεται ούτως ή άλλως και δεν θα περιορίζεται στο χώρο του BESS. Η απαίτηση για αυτόματο σύστημα πυρανίχνευσης στο χώρο του BESS ισχύει για νέα κτίρια 3 ή λιγότερων ορόφων, αφού στους υπόλοιπους είναι δυνατή η ύπαρξη μόνο αυτόνομων πυρανιχνευτών, και φυσικά σε παλαιότερα κτίρια κατοικίας που δεν έχουν πυρανιχνευτές.

Σημείωση: όταν υπάρχει αναφορά στους ορόφους του κτιρίου (εδώ 3) συμπεριλαμβάνεται τυχόν ισόγειο και υπόγειο, εφόσον κατοικούνται.

Από το άρθρο Β.2: Προσωρινή διαμονή

«2.1. Γενικά.

Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται όλες οι τουριστικές εγκαταστάσεις που χρησιμοποιούνται για να παρέχουν στους ενοίκους τους, χώρους κατάλληλους για ύπνο και σωματική υγιεινή και καθαριότητα και είναι δυναμικότητας τουλάχιστον 20 κλινών. Εγκαταστάσεις δυναμικότητας μικρότερης των 20 κλινών, εξετάζονται με τις προϋποθέσεις των κτιρίων με χρήση «Κατοικία».

Ενδεικτικές συμπληρωματικές χρήσεις στην κατηγορία αυτή είναι αποθήκες, γραφεία, χώρος πρωινού, αίθουσα εκδηλώσεων, εστιατόριο, χώρος αισθητικής, γυμναστήριο κ.λπ.³⁹.

2.5.3. Πυρανίχνευση

Αυτόματο σύστημα πυρανίχνευσης επιβάλλεται στις παρακάτω περιπτώσεις:

α. Σε κτίρια προσωρινής διαμονής με συνολικό δυναμικό τουλάχιστον 50 κλινών.

³⁹ Και εδώ θα μπορούσε να είναι BESS.

β. Σε κτίρια προσωρινής διαμονής με δύο (2) ή περισσότερους ορόφους κύριας χρήσης.

2.5.5. Αυτόματα συστήματα πυρόσβεσης

Αυτόματο σύστημα πυρόσβεσης με νερό (καταιονισμού ύδατος) επιβάλλεται στις παρακάτω περιπτώσεις:

α. Σε κτίρια προσωρινής διαμονής ύψους άνω των 23 μ.

β. Σε κτίρια προσωρινής διαμονής με τρεις (3) ή περισσότερους ορόφους κύριας χρήσης και δυναμικό τουλάχιστον τριακοσίων (300) κλινών.»

Αντίστοιχες προβλέψεις για συστήματα πυρανίχνευσης και πυρόσβεσης υπάρχουν και στα άρθρα Β.3.Συνάθροιση κοινού, Β.4.Εκπαίδευση, Β.5.Υγεία και Κοινωνική Πρόνοια, Β.6.Σωφρονισμος, Β.7.Εμπόριο, Β.8.Γραφεία. Θα αναφερθούν μόνο κάποια επιπλέον ιδιαίτερα σημεία που παρουσιάζουν ενδιαφέρον σε κάθε άρθρο.

Από το Άρθρο Β.4: Εκπαίδευση

«4.5. Προληπτικά μέτρα και απαιτούμενες ενέργειες.

Σε εργαστήρια όπου χρησιμοποιούνται εύφλεκτα υγρά και η συνολική ποσότητα αυτών είναι άνω των 50l, επιβάλλεται επιπροσθέτως η αποθήκευση των περιεκτών τους σε ερμάρια ελάχιστης πυραντίστασης – πυραντοχής 30 min, που ικανοποιούν το [EN 14470-1](#) [Fire safety storage cabinets. Safety storage cabinets for flammable liquid]. Εφόσον γίνεται χρήση αερίων υπό πίεση σε ποσότητες άνω των 220l επιβάλλεται επιπροσθέτως η αποθήκευση των δοχείων τους σε ερμάρια ελάχιστης πυραντίστασης - πυραντοχής 30 min, που ικανοποιούν το [EN 14470-2](#) [Safety cabinets for pressurised gas cylinders]»

Από το Άρθρο Β.5: Υγεία και κοινωνική πρόνοια

«5.2.2. Οριζόντιες έξοδοι [...] Απαγορεύεται οι νοσηλευτικές μονάδες και οι μονάδες διαμονής μη αυτοεξυπηρετούμενων ατόμων να επικοινωνούν δια μέσου οριζόντιας εξόδου με οποιονδήποτε από τους **επικίνδυνους χώρους**. [...]

5.2.4. Τελική έξοδος διαφυγής

Στα κτίρια ή τμήματα κτιρίων όπου νοσηλεύονται ή περιθάλπονται ψυχασθενείς ή άλλα άτομα με μειωμένη πνευματική ικανότητα, επιτρέπεται η ελεγχόμενη διαφυγή τους, με τις οδεύσεις διαφυγής να καταλήγουν σε περιφραγμένο υπαίθριο χώρο που πληροί τις ακόλουθες προϋποθέσεις: [...]

γ) Στον υπαίθριο χώρο αυτό **δεν φυλάσσονται εύφλεκτα υλικά**. [...]

5.3. Δομική πυροπροστασία.

[...] Οι χώροι εργαστηρίων στους οποίους δημιουργούνται εύφλεκτα αέρια πρέπει να είναι εξοπλισμένοι με απαγωγές εστίες (fume hoods) συνδεδεμένες απευθείας με σύστημα απόρριψης αέρα.

5.5.5. Κέντρο ελέγχου πυρκαγιάς.

Στα κτίρια κατηγορίας Ε3 [δηλ. Νοσοκομεία και συναφή] το κέντρο ελέγχου πυρκαγιάς (πίνακας αναγγελίας πυρκαγιάς) πρέπει να είναι εγκατεστημένο σε χώρο με παραμονή προσωπικού καθ' όλη τη διάρκεια του 24ωρου (όπως χώρος τηλεφωνικού κέντρου ή κατά προτίμηση, ιδιαίτερος χώρος στον οποίο είναι εγκατεστημένο και το κέντρο ελέγχου των εγκαταστάσεων).

Το κέντρο ελέγχου πυρκαγιάς ανάλογα με το μέγεθος του συγκροτήματος πρέπει να εξασφαλίζει τις ακόλουθες λειτουργίες:

Οπτική και ακουστική ένδειξη σήματος συναγερμού προερχομένου από συσκευή ανίχνευσης (αυτόματη ή χειροκίνητη).

Μετάδοση σημάτων συναγερμού προς όλες τις συσκευές συναγερμού ή προς ορισμένες εξ αυτών επιλεκτικά (αυτόματα ή χειροκίνητα).

Ομαδική κλήση της ομάδας πυροπροστασίας μέσω συστήματος αναζήτησης προσωπικού (εφόσον επιβάλλεται).

Δυνατότητα αυτόματης ειδοποίησης της Πυροσβεστικής Υπηρεσίας.

Δυνατότητα συνεργασίας με το κέντρο ελέγχου εγκαταστάσεων για τον χειρισμό αυτών, σύμφωνα με το σχέδιο επέμβασης.

Έλεγχο κατάστασης της εγκατάστασης (καλώδια, συσκευές κ.λπ.).

Περιστασιακούς ελέγχους σε συνδυασμό με το κέντρο ελέγχου εγκαταστάσεων για την ασφάλεια του κτιρίου σε περίπτωση πυρκαγιάς (π.χ. απελευθέρωση πόρτας από μηχανισμό συγκρατήσεως, διακοπή παροχής καυσίμου αερίου, έλεγχος εγκαταστάσεων αερισμού κ.λπ.)».⁴⁰

Από το Άρθρο Β.6: Σωφρονισμός

«**6.3. Δομική πυροπροστασία.**

Τμήματα κτιρίων με θαλάμους κρατουμένων πρέπει να αποτελούν ξεχωριστό πυροδιαμέρισμα στο οποίο **απαγορεύεται να στεγάζονται άλλες συμπληρωματικές χρήσεις** που εξυπηρετούν το κτίριο σωφρονισμού.

Επικίνδυνοι χώροι στους οποίους συμπεριλαμβάνονται οι κεντρικές αποθήκες, ο χώρος στάθμευσης αυτοκινήτων, το κεντρικό μαγειρείο, πρέπει να αποτελούν αυτοτελές πυροδιαμέρισμα με κατάλληλα ανοίγματα εξαερισμού.

Τα λεβητοστάσια και οι **θάλαμοι ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων** πρέπει να μην τοποθετούνται σε άμεση γειτονία με τις τελικές εξόδους.»

Άρθρο Β.9: Βιομηχανία-Βιοτεχνία

Το Άρθρο Β.9: Βιομηχανία-Βιοτεχνία παρουσιάζεται ολόκληρο. Ορισμένα σημεία του έχουν ήδη συζητηθεί παραπάνω. Τα συστήματα BESS αντιστοιχούν σε κατηγορία Ζ1. Προσοχή όμως διότι θεωρούνται επίσης επικίνδυνοι χώροι τύπου Α ή Β και άρα σε κάποια σημεία πιο αυξημένες απαιτήσεις σε σχέση με αυτές που αναγράφονται εδώ.

«9.1 Γενικά

Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται κτίρια ή τμήματα κτιρίων που στεγάζουν βιομηχανίες, βιοτεχνίες, εργαστήρια, παρασκευαστήρια στις οποίες παράγονται ή επεξεργάζονται διάφορα προϊόντα, καθώς και βιομηχανικές αποθήκες όπου είναι **εγκατεστημένος ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός**.

Οι βιομηχανίες και οι βιοτεχνίες κατατάσσονται σε τρεις (3) υποκατηγορίες, ανάλογα με την επικινδυνότητά τους σε σχέση με την εκδήλωση πυρκαγιάς, σύμφωνα με το Παράρτημα της κοινής υπουργικής απόφασης 1589/104/2006 (Β' 90), όπως εκάστοτε ισχύει:

Z1: χαμηλού βαθμού κινδύνου (Ο, Αα, Βα, Ca, D) ⁴¹

Z2: μέσου βαθμού κινδύνου (Αβ, Ββ, Cβ)

Z3: υψηλού βαθμού κινδύνου (Αγ, Βγ, Cγ)

⁴⁰ Αυτή είναι μια χρήσιμη λεπτομερής περιγραφή ενός Κέντρου Ελέγχου Πυρκαγιάς, ανεξαρτήτως χρήσης.

⁴¹ Εδώ περιλαμβάνονται τα BESS.

Ενδεικτικές συμπληρωματικές χρήσεις στην κατηγορία αυτή είναι μικρά γραφεία, μικρό κατάστημα, μικρή αποθήκη και μικρός χώρος συνάθροισης κοινού κ.λπ.

9.2. Σχεδιασμός οδεύσεων διαφυγής.

Το ελάχιστο πλάτος των οδεύσεων διαφυγής ορίζεται σε 1,00 μ., ενώ το ελάχιστο ελεύθερο πλάτος για τις πόρτες των οδεύσεων διαφυγής είναι 0,85 μ. και για τους χώρους υγιεινής 0,75 μ.

Επιπλέον των γενικών διατάξεων, ο αριθμός και το πλάτος των εξόδων κινδύνου ανά όροφο καθορίζονται στον παρακάτω πίνακα:

Αριθμός και πλάτος εξόδων κινδύνου ανά όροφο		
Θεωρητικός πληθυσμός	Ελάχιστος αριθμός εξόδων	Ελάχιστο πλάτος κάθε εξόδου
Έως 30	1*	0,90 μ.
31 – 150 άτομα	2	1,10 μ.
151 – 400 άτομα	2	1,40 μ.
401 – 700 άτομα	3	1,60 μ.
701 – 1000 άτομα	4	1,80 μ.
* Κατ' εξαίρεση σε υπόγειους χώρους κύριας χρήσης επιβάλλονται δύο (2) τουλάχιστον έξοδοι κινδύνου ελάχιστου πλάτους 0,90 μ.		

Για πληθυσμό μεγαλύτερο των 1.000 ατόμων προστίθεται μία έξοδος πλάτους 1,80 του μ. ανά 250 άτομα ή κλάσμα αυτών.⁴²

Κατακόρυφες σκάλες (ανεμόσκαλες) που εξυπηρετούν τη στάθμη των μηχανολογικών εγκαταστάσεων, επιτρέπεται να αποτελούν τμήματα των οδεύσεων διαφυγής, εφόσον δεν εξυπηρετούν περισσότερα από 3 άτομα.

9.3. Δομική πυροπροστασία.

Διάδρομοι με μήκος μεγαλύτερο από 40 μ., πρέπει να διακόπτονται με πυράντοχες πόρτες 30 λεπτών, αυτοκλειόμενες για την προστασία από τη μετάδοση της φωτιάς και του καπνού.

Ο μέγιστος όγκος πυροδιαμερίσματος δίνεται στον παρακάτω πίνακα:⁴³

Μέγιστος όγκος πυροδιαμερίσματος (σε μ ³)				
Κατηγορία βιομηχανικού κτιρίου	Μονώροφα	Πολυώροφα	Υπόγεια	Συντελεστής προσαύξησης λόγω εγκατάστασης αυτόματου συστήματος πυρόσβεσης με νερό (καταιονισμού ύδατος) (*)
Z1	60.000	18.000	8.000	2
Z2	30.000	12.000	5.000	2
Z3	24.000	9.000	4.000	2
* Συντελεστής αύξησης του όγκου σε περίπτωση που εγκαθίσταται αυτόματο σύστημα πυρόσβεσης με νερό (καταιονισμού ύδατος) στο πυροδιαμέρισμα.				

Κατ' εξαίρεση για την πυροδιαμερισματοποίηση των χώρων κύριας χρήσης βιομηχανιών - βιοτεχνιών κατηγορίας Z1 ή Z2 είναι δυνατόν για έως και το 25% της επιφάνειας εσωτερικών τοίχων ορίων πυροδιαμερισμάτων αντί σταθερών δομικών στοιχείων να γίνεται χρήση πυράντοχων ρολών ή πυροκουρτινών ισοδύναμης ακεραιότητας και θερμομονωτικής ικανότητας διασυνδεδεμένων με το σύστημα πυρανίχνευσης, που κλείνουν σε χρόνο μικρότερο του 1 min. Τα εν λόγω στοιχεία δεν πρέπει να επηρεάζουν το σχεδιασμό των οδεύσεων διαφυγής και πρέπει επιπροσθέτως να διαθέτουν εφεδρική πηγή ηλεκτρικής ισχύος.

9.4. Φωτισμός, σήμανση ασφαλείας και σχεδιαγράμματα διαφυγής.

Επιβάλλεται η εγκατάσταση φωτισμού ασφαλείας των οδεύσεων διαφυγής και των εξόδων κινδύνου.

⁴² Γενικά ο θεωρητικός πληθυσμός θα είναι πολύ κάτω των 30 ατόμων. Άρα έχουμε τον ελάχιστο αριθμό εξόδων, 1, πλάτους 0,90 μ. Η πρόβλεψη για 2 εξόδους κινδύνου στα υπόγεια δεν έχει εφαρμογή, εκτός από πολύ ειδικές περιπτώσεις που όντως μπορεί να πρόκειται για χώρους κύριας χρήσης.

⁴³ Τα επιτρεπόμενα πυροδιαμερίσματα είναι σαφώς μεγαλύτερα από το αναμενόμενο εμβαδό ενός χώρου BESS.

Φωτισμός ασφαλείας εγκαθίσταται υποχρεωτικά στις οδεύσεις μέχρι την τελική έξοδο κινδύνου, στις περιπτώσεις που η βιομηχανία - βιοτεχνία βρίσκεται σε όροφο.

Επιβάλλεται η σήμανση ασφαλείας των οδεύσεων διαφυγής, εξόδων κινδύνου και του πυροσβεστικού υλικού/εξοπλισμού.

Επιβάλλεται η ανάρτηση διαγραμμάτων διαφυγής στις βιομηχανίες με τρεις (3) ή περισσότερους ορόφους, καθώς και στις βιομηχανίες με συνολικό θεωρητικό πληθυσμό πάνω από 50 άτομα.

9.5. Μέσα ενεργητικής πυροπροστασίας.

9.5.1. Φορητοί πυροσβεστήρες ξηρής σκόνης ή βάσης νερού

Επιβάλλεται η τοποθέτηση ενός (1) πυροσβεστήρα ανά 250, 200 και 150 τ.μ. μικτής επιφάνειας σε βιομηχανίες - βιοτεχνίες κατηγορίας Z1, Z2 και Z3 αντίστοιχα.

9.5.2. Χειροκίνητο σύστημα συναγερμού

Χειροκίνητο σύστημα συναγερμού επιβάλλεται στις εξής περιπτώσεις:

α. Σε πολυώροφα κτίρια βιομηχανίας - βιοτεχνίας με εμβαδόν ορόφου άνω των 1.000 τ.μ.

β. Σε βιομηχανίες - βιοτεχνίες με συνολική στεγασμένη επιφάνεια άνω των 2.500 τ.μ.

Το σύστημα πρέπει να εκπέμπει σήμα σε χώρο που υπάρχει μονίμως άτομο υπηρεσίας.

9.5.3. Πυρανίχνευση

Αυτόματο σύστημα πυρανίχνευσης επιβάλλεται στις εξής περιπτώσεις:

α) σε όλες τις βιομηχανίες - βιοτεχνίες κατηγορίας Z3.

β) σε όλες τις βιομηχανίες - βιοτεχνίες κατηγορίας Z2 με συνολική στεγασμένη επιφάνεια άνω των 2.000 τ.μ.

9.5.4. Μόνιμο υδροδοτικό πυροσβεστικό - απλό υδροδοτικό πυροσβεστικό δίκτυο

Μόνιμο υδροδοτικό πυροσβεστικό δίκτυο επιβάλλεται στις παρακάτω περιπτώσεις:

α. Σε βιομηχανίες - βιοτεχνίες με συνολική επιφάνεια τουλάχιστον 2.500 τ.μ.

β. Σε βιομηχανίες - βιοτεχνίες κατηγορίας Z3 με συνολική στεγασμένη επιφάνεια τουλάχιστον 1.000 τ.μ.

γ. Σε πολυώροφα κτίρια βιομηχανιών - βιοτεχνιών που αναπτύσσονται σε περισσότερους των τριών (3) ορόφων και με εμβαδόν ενός τουλάχιστον ορόφου άνω των 1.000 τ.μ.

Βιομηχανίες - βιοτεχνίες που δεν υποχρεούνται στην εγκατάσταση μόνιμου υδροδοτικού πυροσβεστικού δικτύου υποχρεούνται στην εγκατάσταση απλού υδροδοτικού πυροσβεστικού δικτύου.⁴⁴

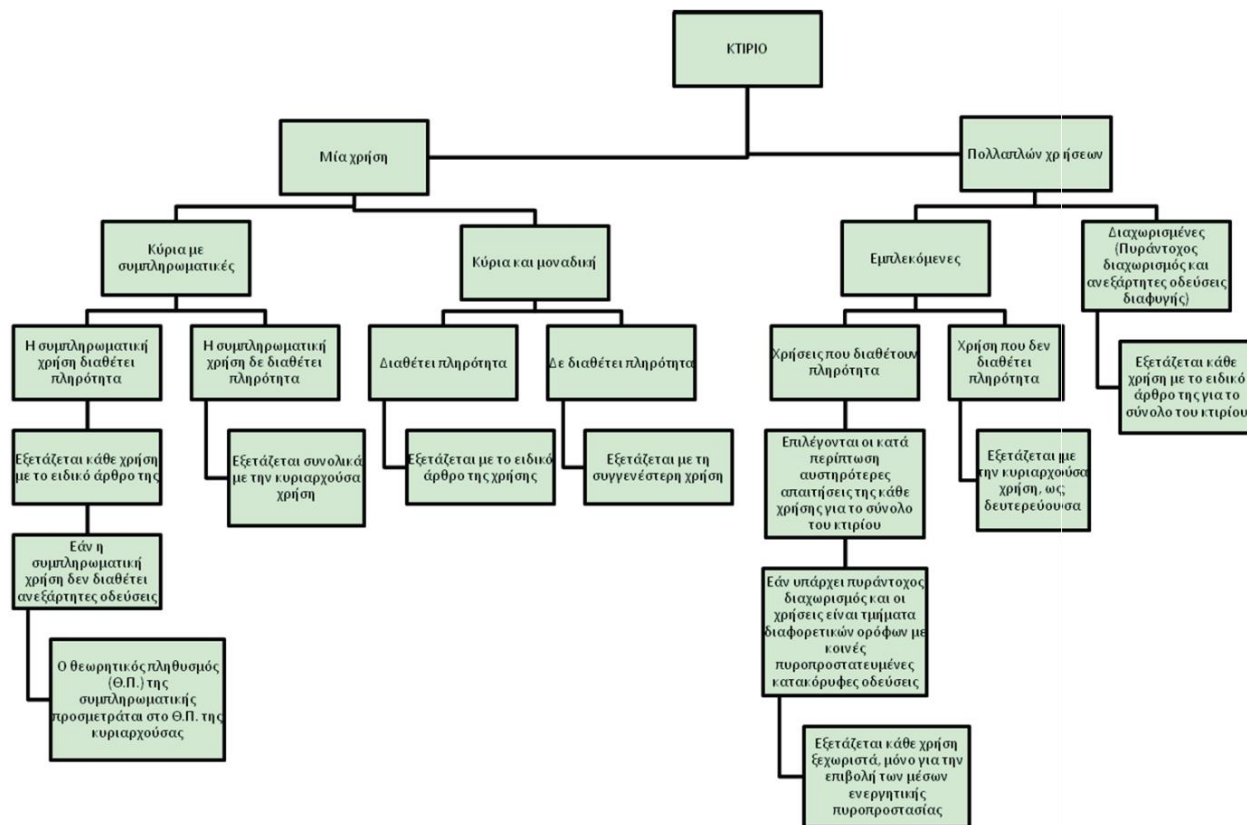
9.5.5. Αυτόματα συστήματα πυρόσβεσης

Αυτόματο σύστημα πυρόσβεσης με νερό ή άλλο κατάλληλο κατά περίπτωση κατασβεστικό υλικό απαιτείται σε όλες τις βιομηχανίες - βιοτεχνίες της κατηγορίας Z3 με συνολική επιφάνεια άνω των 2.000 τ.μ.»

Τέλος Άρθρου Β.9

⁴⁴ Και εδώ, το μόνιμο/απλό πυροσβεστικό δίκτυο θα εξαρτάται από τις απαιτήσεις του υπόλοιπου κτιρίου.

Παράρτημα Β: Τρόπος αντιμετώπισης από άποψη πυροπροστασίας κτιρίων με μία ή περισσότερες χρήσεις.



Αποσπάσματα από το Παράρτημα Γ: Πυραντίσταση – Δείκτες Πυραντίστασης

«Ο δείκτης πυραντίστασης ενός δομικού στοιχείου καθορίζεται μέσω εργαστηριακών δοκιμών πυραντίστασης σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ [EN 13501-2](#) [Fire classification of construction products and building elements. Classification using data from fire resistance tests, excluding ventilation services]. Ο δείκτης πυραντίστασης αντιστοιχεί στη χρονική διάρκεια κατά την οποία το δομικό στοιχείο, όταν υποβάλλεται σε μια προδιαγεγραμμένη θερμική και μηχανική φόρτιση, ικανοποιεί συγκεκριμένα κριτήρια θερμικής και μηχανικής συμπεριφοράς.

Τα σημαντικότερα κριτήρια αξιολόγησης, τα οποία χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό των αντίστοιχων δεικτών πυραντίστασης, παρατίθενται στον Πίνακα Γ.1. [...]

Αποσπάσματα από το Παράρτημα Δ: Αντίδραση στη Φωτιά – Σύστημα Ευρωπαϊκών Κλάσεων

«Ο περιορισμός της εξάπλωσης της φωτιάς στο εσωτερικό του κτιρίου ή και εντός του ίδιου πυροδιαμερίσματος επιδιώκεται με τη χρήση υλικών περιορισμένης αναφλεξιμότητας. Ο καθορισμός της προδιάθεσης ενός δομικού προϊόντος να συμβάλει στην ανάπτυξη και εξάπλωση της φωτιάς γίνεται μέσω του συστήματος ευρωπαϊκών κλάσεων (Euroclass), το οποίο επιτρέπει την ταξινόμηση των δομικών προϊόντων ως προς την «αντίδραση στη φωτιά» (reaction to fire) σύμφωνα με τον Κανονισμό [\(ΕΕ\) 2016/364](#) ⁴⁵.

⁴⁵ «Κανονισμός [...] για την ταξινόμηση των δομικών προϊόντων με βάση τις επιδόσεις αντίδρασης στη φωτιά, σύμφωνα με τον κανονισμό (ΕΕ) αριθ. 305/2011 [...]», όπου [\(ΕΕ\) 305/2011](#): «Κανονισμός [...] για τη θέσπιση εναρμονισμένων όρων εμπορίας προϊόντων του τομέα των δομικών κατασκευών [...]».

[...]

Η ταξινόμηση της επίδοσης ενός δομικού προϊόντος ως προς την αντίδραση στη φωτιά στο σύστημα των Ευρωπαϊκών κλάσεων γίνεται με χρήση τριών κριτηρίων:

1. «Συμβολή στην Ανάφλεξη και Καύση»

Τα δομικά προϊόντα κατατάσσονται σε 7 κύριες κατηγορίες, ανάλογα με το βαθμό που συμβάλλουν στην ανάφλεξη και εξάπλωση της φωτιάς, οι οποίες κατά φθίνουσα σειρά είναι οι ακόλουθες: A1, A2, B, C, D, E και F. Οι κλάσεις A1, A2 χαρακτηρίζουν τα υλικά με τη μικρότερη δυνατή συμβολή στην καύση, πρακτικά «άκαυστα» υλικά, ενώ η κλάση F καθορίζει τα υλικά που συμβάλλουν στην καύση σε μεγάλο βαθμό.

2. «Συμβολή στην Παραγωγή Καπνού»

Τα δομικά προϊόντα κατατάσσονται σε τρεις δευτερεύουσες κατηγορίες, ανάλογα με το βαθμό που συμβάλλουν στην παραγωγή καπνού:

s1: Μηδενική ή πολύ μικρή παραγωγή καπνού

s2: Μέτρια παραγωγή καπνού

s3: Σημαντική παραγωγή καπνού

3. «Συμβολή στην Παραγωγή Φλεγόμενων Σωματιδίων ή Σταγονιδίων»

Κατά την καύση μερικών δομικών προϊόντων, όπως ξύλο ή θερμοπλαστικά, είναι δυνατόν να δημιουργηθούν φλεγόμενα σωματίδια ή σταγονίδια, τα οποία ευνοούν την εξάπλωση της φωτιάς σε περιοχές μακριά από την αρχική εστία. Τα δομικά προϊόντα κατατάσσονται σε τρεις δευτερεύουσες κατηγορίες, ανάλογα με το βαθμό που συμβάλλουν στην παραγωγή φλεγόμενων σωματιδίων ή σταγονιδίων:

d0: Μηδενική παραγωγή φλεγόμενων σωματιδίων ή σταγονιδίων

d1: Μικρή παραγωγή φλεγόμενων σωματιδίων ή σταγονιδίων

d2: Σημαντική παραγωγή φλεγόμενων σωματιδίων ή σταγονιδίων

Η κατάταξη των δομικών προϊόντων στο σύστημα Ευρωπαϊκών κλάσεων γίνεται μέσω της απόδοσης ενός συνδυασμού συμβόλων, που παρέχουν πληροφορίες για τη συμπεριφορά του εξεταζόμενου προϊόντος» ως προς καθένα από τα παραπάνω κριτήρια, για τα υλικά των κατηγοριών A2 έως και D.

Εξαιρέσεις: Τα υλικά κατηγορίας A1 και F δεν συνοδεύονται από χαρακτηρισμό s, d γιατί θεωρούνται πλήρως άκαυστα και πλήρως φλεγόμενα αντίστοιχα. Τα υλικά κατηγορίας E διακρίνονται σε E και E-d2, αλλά θεωρείται δεδομένο ότι παράγουν καπνό, για το λόγο αυτό δεν εξετάζονται ως προς το κριτήριο s.

Για παράδειγμα, ένα υλικό που χαρακτηρίζεται ως A2-s1,d1 ικανοποιεί τη δεύτερη αυστηρότερη κλάση ως προς τη συμβολή στην ανάφλεξη και καύση (και πάλι πρακτικά άκαυστο), και επιπλέον παρουσιάζει «Μηδενική ή πολύ μικρή παραγωγή καπνού» (s1) και «Μικρή παραγωγή φλεγόμενων σωματιδίων ή σταγονιδίων» (d1).

Για τις επενδύσεις δαπέδου, το γράμμα που δείχνει την κύρια κατηγορία συνοδεύεται από το δείκτη FL, και εξετάζονται επιπλέον μόνο ως προς το κριτήριο παραγωγής καπνού (s). Για παράδειγμα, B_{FL}-s2, είναι υλικό επένδυσης δαπέδου τρίτης κλάσης όσον αφορά την ανάφλεξη και καύση, και με μέτρια παραγωγή καπνού.

Εξαιρέσεις: Οι επενδύσεις δαπέδου των ακραίων κατηγοριών A1_{FL}, E_{FL} και F_{FL} δεν συνοδεύονται από χαρακτηρισμό s.

«Υπάρχουν υλικά που κατατάσσονται απευθείας στις κλάσεις A1 και A1_{FL}, καθώς λόγω χαμηλού βαθμού αναφλεξιμότητας θεωρείται ότι έχουν μηδενική συμβολή στη φωτιά. Τα υλικά αυτά παρατίθενται στον Πίνακα Δ.4.»

Πίνακας Δ.4: Άκαυστα υλικά (A1, A1_{FL}) για τα οποία δεν απαιτούνται εργαστηριακές δοκιμές.

Διογκωμένη άργιλος	Χαλκός και κράματα χαλκού
Διογκωμένος περλίτης	Ψευδάργυρος και κράματα ψευδαργύρου
Διογκωμένος μαρμαρυγίας (βερμικουλίτης)	Αλουμίνιο και κράματα αλουμινίου
Πετροβάμβακας	Μόλυβδος
Αφρώδες γυαλί	Γύψος και επιχρίσματα από γύψο
Σκυρόδεμα	Κονιάματα, με ανόργανες συνδετικές ύλες
Αδρανή σκυροδέματος (ορυκτά αδρανή για βαρύ και ελαφρύ σκυρόδεμα, εξαιρουμένων των θερμομονωτικών)	Στοιχεία από άργιλο
Στοιχεία από αφρώδες σκυρόδεμα	Ασβεστοπυριτικά στοιχεία
Τσιμέντο	Φυσικοί λίθοι και προϊόντα σχιστόλιθου
Άσβεστος	Δομικά στοιχεία από γύψο
Σκωρία υψικάμινου / ιπτάμενη τέφρα	Μωσαϊκά
Ορυκτά αδρανή	Υαλοπίνακες
Σίδηρος, χάλυβας και ανοξείδωτος χάλυβας	Υαλοκεραμικά
	Κεραμικά

Το **Παράρτημα Δ** δεν περιγράφει αναλυτικά τις κλάσεις των **ηλεκτρικών καλωδίων** (που αναφέρονται στον Πίνακα 14). Γίνεται όμως αναφορά στο πρότυπο [EN 13501-6](#) [Fire classification of construction products and building elements. Classification using data from reaction to fire tests on power, control and communication]. Από αυτό προκύπτει ότι, πέραν της χρήσης του δείκτη ca, η ταξινόμηση των καλωδίων παρουσιάζει κάποιες διαφορές σε σχέση με όσα αναφέρθηκαν παραπάνω: Όσον αφορά το κύριο κριτήριο της συμβολής στην ανάφλεξη και την καύση ακολουθεί την κατηγοριοποίηση A_{ca}, B1_{ca}, B2_{ca}, C_{ca}, D_{ca}, E_{ca}. Επίσης στο κριτήριο της παραγωγής καπνού ακολουθεί την κατηγοριοποίηση s1, s1a, s1b, s2, s3. Η ταξινόμηση ως προς το κριτήριο φλεγόμενων σωματιδίων σταγονιδίων παραμένει ως έχει (d1, d2, d3). Τέλος, υπάρχει ένα επιπλέον κριτήριο της οξύτητας (acidity) των αερίων που προκαλούνται από την καύση, το οποίο ακολουθεί την ταξινόμηση a1, a2, a3. Επομένως η ταξινόμηση ενός καλωδίου έχει συνολικά τέσσερις παραμέτρους και είναι της μορφής (X_{ca-s,d,a}).

Διευκρινιστική Εγκύκλιος

Το 2019 το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας (ΥΠΕΝ) εξέδωσε την εγκύκλιο **Α.Π.ΥΠΕΝ/ΔΑΟΚΑ/42489/1824/10.5.2019**: Διευκρινίσεις για την εφαρμογή του “Κανονισμού Πυροπροστασίας Κτιρίων” [114], από την οποία παρουσιάζουμε τα παρακάτω χρήσιμα αποσπάσματα:

«Ο ορισμός «άκαυστο δομικό υλικό» ως μετάφραση του όρου «non-combustible» αναφέρεται σε δομικά υλικά με χαμηλό βαθμό αναφλεξιμότητας και πολύ μικρή συμβολή στη φωτιά, σύμφωνα με τα αναφερόμενα πρότυπα του παραρτήματος Δ του κανονισμού.

Επικίνδυνοι χώροι: Για να θεωρηθούν ως επικίνδυνοι οι χώροι που αναφέρονται στην κατηγορία A και B, θα πρέπει να πληρούν τις προϋποθέσεις των επικίνδυνων χώρων, όπως ορίζονται στο άρθρο 3 του κανονισμού, δηλαδή: α) να είναι χώροι υψηλού βαθμού κινδύνου τα περιεχόμενα των οποίων

παρουσιάζουν μεγάλη αναφλεξιμότητα, ταχύτητα επιφανειακής εξάπλωσης της φλόγας και έκλυσης θερμότητας ή παράγουν πολλά τοξικά καυσαέρια ή έχουν κίνδυνο έκρηξης, ή/και β) να είναι χώροι που λόγω υψηλής εγκατεστημένης ισχύος έχουν αυξημένο κίνδυνο έναρξης φωτιάς. Για παράδειγμα η αναφορά του κανονισμού σε μηχανοστάσια, λεβητοστάσια, κ.λπ. αφορά χώρους όπου συγκεντρώνεται κεντρικά μηχανολογικός εξοπλισμός για την εξυπηρέτηση του κτιρίου, συνεπώς δεν εμπίπτουν σε αυτήν την κατηγορία μεμονωμένες συσκευές οι οποίες βάσει ειδικών διατάξεων επιτρέπεται να είναι σε άμεση επικοινωνία με χώρους κύριας χρήσης των κτιρίων (π.χ. επιτοίχιοι λέβητες φυσικού αερίου, λέβητες με ισχύ κάτω των 25 kW, κ.λπ.).»

Επομένως, αφήνει ένα περιθώριο ερμηνείας ως προς το αν ένας χώρος που περιλαμβάνει μια μικρού μεγέθους ηλεκτρομηχανολογική εγκατάσταση π.χ. ένα μικρό BESS πρέπει να θεωρηθεί επικίνδυνος χώρος ή όχι. Αυτό είναι σημαντικό για τις εγκαταστάσεις BESS Li-ion κάτω των 1...20 kWh σε μονο-/διπλοκατοικίες, που σύμφωνα με τους αμερικανικούς κώδικες δεν χρειάζεται να ικανοποιούν τις απαιτήσεις του [IFC](#) ή [NFPA 1](#), αλλά τις απλοποιημένες απαιτήσεις του [IRC](#). Επίσης αφήνει ανοιχτό το ερώτημα εάν επιτρέπεται (μικρό ή πολύ μικρό) BESS εντός διαμερίσματος και υπό ποιες προϋποθέσεις.

Γενικές παρατηρήσεις από τη συγκριτική μελέτη του ΚΠΚ με τα NFPA 1, IFC, IRC.

Ο ΚΠΚ δεν έχει ειδική αναφορά για BESS. Επομένως ισχύουν οι γενικές προβλέψεις για χώρους κατηγορίας I/Z1 (βιομηχανία/βιοτεχνία, δραστηριότητα χαμηλού κινδύνου) και για επικίνδυνους χώρους κατηγορίας A ή B (ανάλογα με το μέγεθος). Εάν το BESS είναι πολύ μικρό, αφήνεται η δυνατότητα να μην θεωρηθεί επικίνδυνος χώρος.

Η λογική των [NFPA 1](#), [IFC](#), [IRC](#) δεν είναι ασύμβατη με τις αρχές και τις διατάξεις του ΚΠΚ, απλά οι κώδικες αυτοί πηγαίνουν ένα βήμα πιο πέρα και καθιστούν πιο συγκεκριμένες ορισμένες προβλέψεις που στον ΚΠΚ αφήνονται με περιθώριο ερμηνείας. Κυριότερο παράδειγμα είναι τι σημαίνει «μικρό» και «πολύ μικρό» BESS. Επίσης αναφέρουν συγκεκριμένες απαιτήσεις για τα τυπικά παραδείγματα BESS, και αφήνουν την ανάγκη συγκεκριμένης μελέτης επικινδυνότητας και εκτεταμένων δοκιμών μόνο για τις περιπτώσεις που ξεπερνούν τις γενικές προβλέψεις.

Έτσι, για συσσωρευτές Li-ion, τα συστήματα χωρητικότητας <1 kWh δεν έχουν συγκεκριμένες απαιτήσεις πυρασφάλειας. Τα συστήματα στο εύρος 1...20 kWh, εφόσον είναι σε μονο-/διπλοκατοικίες, πρέπει να συμμορφώνονται με τον [IRC](#). Τα συστήματα 20...600 kWh [γενικά από τιμή κατωφλίου έως και MAQ] πρέπει να συμμορφώνονται με τον [IFC](#) ή το [NFPA 1](#) και ο χώρος εξακολουθεί να θεωρείται ως χώρος παρεπόμενης χρήσης, δηλαδή συμπληρωματικής/βοηθητικής ως προς την κύρια χρήση του κτιρίου. **Η έννοια MAQ δεν σημαίνει ότι συστήματα μεγαλύτερα από 600 kWh απαγορεύονται.** Σημαίνει απλώς ότι χρειάζονται ειδική μελέτη επικινδυνότητας και στη γενική περίπτωση **θεωρούνται χώροι με κύρια χρήση την αποθήκευση επικίνδυνων υλικών**, για τους οποίους ισχύουν ειδικές απαιτήσεις.

Ανάλογα ισχύουν και για τις υπόλοιπες τεχνολογίες, με διαφορετικές τιμές για τις ποσότητες κατωφλίου και MAQ. Για τους συσσωρευτές L-A, που είναι παλαιότερη και πιο γνωστή τεχνολογία, τα όρια είναι 1...70 kWh για το [IRC](#), και 70 kWh...απεριόριστα για τους [NFPA 1](#) και [IFC](#). Για εναλλακτικές τεχνολογίες που δεν είναι ευρέως γνωστές και παρουσιάζουν μεγαλύτερη αβεβαιότητα κινδύνου, τα όρια είναι 1...10 kWh για το [IRC](#) και 10...200 kWh για τους [NFPA 1](#) και [IFC](#).

Δεν υπάρχει ρητή πρόβλεψη για το τι ισχύει για εγκαταστάσεις μικρότερης χωρητικότητας από την τιμή κατωφλίου των [NFPA 1](#) και [IFC](#), που όμως δεν βρίσκονται σε κτίρια που καλύπτει το [IRC](#). Για παράδειγμα, ένα σύστημα Li-ion 10 kWh σε βοηθητικό χώρο κτιρίου πολυκατοικίας, γραφείων κλπ. Επομένως αυτή η κατάσταση πρέπει να κρίνεται κατά περίπτωση. Μια εύλογη πρόταση είναι να ικανοποιούνται τουλάχιστον οι απαιτήσεις του [IRC](#) ή/και οι γενικές απαιτήσεις της κύριας χρήσης του κτιρίου, ανάλογα με το τι είναι εφαρμόσιμο.

Ένα σύστημα BESS που ικανοποιεί τις απαιτήσεις του [NFPA 1](#) ή του [IFC](#) (που γενικά ταυτίζονται μεταξύ τους), ικανοποιεί και τις απαιτήσεις του **ΚΠΚ** για I/Z1 και για επικίνδυνους χώρους.

Ένα σύστημα BESS που ικανοποιεί τις απαιτήσεις του [IRC](#), δεν ικανοποιεί όλες τις απαιτήσεις των επικίνδυνων χώρων του **ΚΠΚ**. Είναι όμως αρκετά μικρό ώστε να μην θεωρείται επικίνδυνος χώρος, παρά μόνο βοηθητικός χώρος κύριας χρήσης κατοικίας. Επομένως εφόσον ικανοποιεί τις απαιτήσεις του [IRC](#), τότε απλά πρέπει ο χώρος (όπως και το υπόλοιπο κτίριο) να ικανοποιεί και τις γενικές απαιτήσεις του **ΚΠΚ** για χώρους μονο-/διπλοκατοικίας.

4.2 Κώδικες και κανονισμοί ηλεκτρικών εγκαταστάσεων

4.2.1 Γενικά

Η ηλεκτρική ασφάλεια των συστημάτων BESS είναι σημαντική, και διακρίνεται σε δύο σκέλη: ασφάλεια του εξοπλισμού και ασφάλεια της εγκατάστασης. Η παρούσα ενότητα περιλαμβάνει τα σχετικά με την ασφάλεια της εγκατάστασης, καθώς η ασφάλεια του εξοπλισμού έχει συζητηθεί στο Κεφάλαιο 3 της παρούσας εργασίας.

Τα γενικά πρότυπα ηλεκτρικών εγκαταστάσεων πρέπει να ακολουθούνται σε κάθε περίπτωση. Έτσι, στην Ελλάδα το πρότυπο που ισχύει νομοθετικά⁴⁶ είναι το [ΕΛΟΤ HD 384](#) [Απαιτήσεις για ηλεκτρικές εγκαταστάσεις]. Πρόκειται για την υιοθέτηση από τον ΕΛΟΤ της σειράς ευρωπαϊκών εναρμονισμένων εγγράφων (harmonized documents) **HD 384**, το οποίο με τη σειρά του βασίστηκε στη διεθνή σειρά προτύπων [IEC 60364](#) (Low voltage electrical installations). Οι νεότερες εκδόσεις της ευρωπαϊκής σειράς εναρμονισμένων εγγράφων ονομάζονται επίσης **HD 60364 [71]**. Δεν πρόκειται να γίνει αναλυτική περιγραφή τους, καθώς υπάρχει εκτεταμένη (και ελληνική) βιβλιογραφία στον τομέα αυτό (ενδεικτικά αναφέρονται τα [3], [48], [64]), παρά μόνο στο βαθμό που αφορά το αντικείμενο των BESS.

Πολύ πρόσφατα (Ιούλιος 2020) εκδόθηκε από τον ΕΛΟΤ το νέο πρότυπο [ΕΛΟΤ 60364](#) [Απαιτήσεις για ηλεκτρικές εγκαταστάσεις], με την προοπτική να αντικαταστήσει το [HD 384](#). Όμως για να καταστεί υποχρεωτικής εφαρμογής στην Ελλάδα, πρέπει να υιοθετηθεί και από την Πολιτεία μέσω νομοθετικής ή άλλης σχετικής ρύθμισης.

Στις ΗΠΑ ένα σημαντικό έγγραφο είναι ο **National Electrical Code**, που αποτελεί το πρότυπο [NFPA 70](#) αλλά συχνά αναφέρεται απλώς ως **NEC**. Αποτελεί εθνικό πρότυπο έχοντας υιοθετηθεί από τον ANSI [77] και από τις 50 Πολιτείες των ΗΠΑ.⁴⁷ Το **NEC** δεν είναι καταρχήν ασύμβατο με τα διεθνή πρότυπα IEC, καθώς σύμφωνα με την παρ. 90.1(C), οι απαιτήσεις του κώδικα **NEC** αντιμετωπίζουν τις θεμελιώδεις αρχές της προστασίας ασφάλειας που περιέχονται στην Ενότητα 131 του [IEC 60364-1](#). Στην πράξη, δεν είναι πάντα εύκολο να προσδιοριστεί εάν ένα προϊόν που ικανοποιεί τις απαιτήσεις κάποιου προτύπου IEC θα είναι συμβατό για χρήση σε ένα σύστημα που έχει εγκατασταθεί σε συμφωνία με το **NEC**. [20]

Συσχετιζόμενα με το [NFPA 70 \(NEC\)](#) είναι το [NFPA 70B](#) (Recommended Practice for Electrical Equipment Maintenance) και το [NFPA 70E](#) (Standard for Electrical Safety in the Workplace). Άλλα αμερικανικά πρότυπα είναι τα National Electrical Installation Standards (**NEIS**) του οργανισμού National Electrical Contractors Association (**NECA**) [75], τα οποία όμως δεν αντικαθιστούν το **NEC** αλλά συμμορφώνονται με αυτό, απλά το εξειδικεύουν σε συγκεκριμένες περιπτώσεις δίνοντας πρακτικές οδηγίες εφαρμογής των απαιτήσεων.

Στην Αυστραλία και τη Νέα Ζηλανδία ισχύει το πρότυπο [AS/NZS 3000](#) (Electrical Installations), που είναι γνωστό ως “the Australian/New Zealand Wiring Rules”. Το πρότυπο αυτό επικαλείται σε ορισμένα σημεία ο αυστραλιανός Οδηγός [39] (βλ. Κεφ. 3), ο οποίος στα πρότυπα εξοπλισμού παραπέμπει σε διεθνή ή αμερικανικά πρότυπα (IEC, UL).

⁴⁶ Μέσω της Υ.Α. Φ.7.5/1816/88/2004 (ΦΕΚ Β`/470/05-03-2004) [116].

⁴⁷ Δεν υπάρχει δηλαδή στον τομέα των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων κάτι αντίστοιχο ανταγωνιστικό του [NFPA 70\(NEC\)](#), όπως στον τομέα της πυροπροστασίας υπάρχει ο [IFC](#) ανταγωνιστικός του [NFPA 1\(Fire Code\)](#).

Ο [NEC](#) περιλαμβάνει δύο άρθρα πάνω στο αντικείμενο των συσσωρευτών αποθήκευσης: Το **Άρθρο 480: Συσσωρευτές Αποθήκευσης**, που αποτελεί τμήμα του **Κεφαλαίου 4: Εξοπλισμός Γενικής Χρήσης**, και το **Άρθρο 706: Συστήματα Αποθήκευσης Ενέργειας (ESS)**, που αποτελεί τμήμα του **Κεφαλαίου 7: Ειδικές Συνθήκες**. Το Άρθρο 480 φαίνεται ότι είναι σχετικά παλιό και δεν έχει επικαιροποιηθεί ιδιαίτερα με την εισαγωγή νέων τύπων συσσωρευτών, σε αντίθεση με το Άρθρο 706 το οποίο είναι σχετικά νέο. Παρακάτω παρουσιάζονται και σχολιάζονται τα Άρθρα 480 και 706, ακολουθούμενα από επιλεγμένα άλλα τμήματα του Κώδικα στα οποία γίνεται παραπομπή από τα άρθρα αυτά.

4.2.2 Οι προβλέψεις του NEC για συσσωρευτές και συστήματα αποθήκευσης ενέργειας

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζεται και σχολιάζεται τα Άρθρο **480** και **706** του [NEC](#), τα οποία αναφέρονται σε συσσωρευτές και σε συστήματα αποθήκευσης ενέργειας, αντίστοιχα.

Άρθρο 480: Συσσωρευτές αποθήκευσης

480.1: Πεδίο εφαρμογής: Αυτό το άρθρο εφαρμόζεται σε όλες τις σταθερές εγκαταστάσεις συσσωρευτών αποθήκευσης.

Πληροφοριακή σημείωση: Γίνεται συχνή αναφορά στα ακόλουθα πρότυπα:

- (1) [IEEE 484](#) [*Recommended Practice for Installation Design and Installation of Vented Lead-Acid Batteries for Stationary Applications*]
- (2) [IEEE 485](#) [*Recommended Practice for Sizing Lead-Acid Batteries for Stationary Applications*]
- (3) [IEE 1145](#) [*Recommended Practice for the Installation and Maintenance of Nickel-Cadmium Batteries for Photovoltaic (PV) Systems*] ⁴⁸
- (4) [IEEE 1187](#) [*Recommended Practice for Installation Design and Installation of Valve-Regulated Lead-Acid Batteries for Stationary Applications*]
- (5) [IEEE 1375](#) [*Guide for the Protection of Stationary Battery Systems*]
- (6) [IEEE 1578](#) [*Recommended Practice for Stationary Battery Electrolyte Spill Containment and Management*]
- (7) [IEEE 1635/AHSRAE 21](#) [*Guide for the Ventilation and Thermal Management of Batteries for Stationary Applications*]
- (8) [UL 1973](#) [*Standard for Batteries for Use in Stationary, Vehicle Auxiliary Power and Light Electric Rail (LER) Applications*]
- (9) [UL Subject 2436](#) [*Outline of Investigation for Spill Containment for Stationary Lead Acid Battery Systems*]
- (10) [UL 1989](#) [*Standard for Standby Batteries*]
- (11) [UL Subject 1974](#) [*Standard for Evaluation for Repurposing Batteries*]

480.2: Ορισμοί: Οι παρακάτω ορισμοί ισχύουν μόνο εντός του παρόντος Άρθρου.

Κυψέλη (cell): Η βασική ηλεκτροχημική μονάδα, αποτελούμενη από μια άνοδο και μία κάθοδο, που χρησιμοποιείται για να δέχεται, να αποθηκεύει, και να παρέχει ηλεκτρική ενέργεια.

Περιέκτης (container): Δοχείο που περιέχει τις πλάκες, τον ηλεκτρολύτη και άλλα στοιχεία μίας μονάδας σε ένα συσσωρευτή.

Πληροφοριακή σημείωση: Ένας περιέκτης μπορεί να αντιστοιχεί σε μία κυψέλη ή σε πολλαπλές κυψέλες. Μερικές φορές αναφέρεται στην πράξη ως «γυάλινο δοχείο» (*jar*).

Ηλεκτρολύτης: Το μέσο που παρέχει το μηχανισμό μεταφοράς ιόντων ανάμεσα στο θετικό και το αρνητικό ηλεκτρόδιο της κυψέλης.

Σύνδεσμος (connector) κυψελών: Ηλεκτρικά αγώγιμος ζυγός (bar) ή καλώδιο που συνδέει γειτονικές κυψέλες.

Σύνδεσμος μεταξύ βαθμίδων (intertier): Ηλεκτρικός αγωγός που συνδέει δύο κυψέλες σε διαφορετικές βαθμίδες (tiers) ή διαφορετικά ράφια του ίδιου πλαισίου (rack).

Ονομαστική τάση (συσσωρευτή ή κυψέλης): Η τιμή που αποδίδεται σε μία κυψέλη ή συσσωρευτή ενός συγκεκριμένου τύπου και αποτελεί μια πρακτική ονομασία. Η τάση λειτουργίας της κυψέλης ή του συσσωρευτή μπορεί να βρίσκεται πάνω ή κάτω από αυτή την τιμή.

⁴⁸ Το πρότυπο αυτό έχει αποσυρθεί, χωρίς να φαίνεται αν έχει αντικατασταθεί από κάποιο άλλο με βάση την ιστοσελίδα της IEEE.

Πληροφοριακή σημείωση: Οι πιο συνηθισμένες ονομαστικές τάσεις κυψελών είναι 2 V για συστήματα μολύβδου-οξέος, 1,2 V για αλκαλικά συστήματα και 3,6...3,8 V για συστήματα ιόντων λιθίου. Οι ονομαστικές τάσεις μπορούν να ποικίλουν για διαφορετική χημεία κυψελών.

Σφραγισμένη κυψέλη ή συσσωρευτής: Κυψέλη ή συσσωρευτής για το οποίο δεν προβλέπεται η τακτική πρόσθεση νερού ή ηλεκτρολύτη ή η εξωτερική μέτρηση της πυκνότητας του ηλεκτρολύτη. Μπορεί να περιλαμβάνει διάταξη ανακούφισης πίεσης (pressure relief).

Συσσωρευτής αποθήκευσης (ή απλά συσσωρευτής): Επαναφορτιζόμενη κυψέλη ή ομάδα κυψελών συνδεδεμένων μεταξύ τους σε σειρά, παράλληλα ή σε συνδυασμό των παραπάνω, και είναι μολύβδου-οξέος, νικελίου-καδμίου ή άλλου ηλεκτροχημικού επαναφορτιζόμενου τύπου.⁴⁹

(Τερματικός) ακροδέκτης (terminal) : Το τμήμα της κυψέλης, του περιέκτη ή του συσσωρευτή όπου γίνεται η εξωτερική σύνδεση. Αποκαλείται επίσης post, pillar, pole, terminal post [και στα ελληνικά πόλος].

480.3: Εξοπλισμός: Οι συσσωρευτές αποθήκευσης και ο εξοπλισμός διαχείρισης συσσωρευτών θα βρίσκονται σε εγκεκριμένο κατάλογο (listed). Η απαίτηση αυτή δεν εφαρμόζεται σε συσσωρευτές μολύβδου-οξέος.

480.4: Τερματικά σημεία (terminations) συσσωρευτή και κυψέλης

(A) Πρόληψη διάβρωσης: Όπου συνδέονται ανόμοια μέταλλα, πρέπει να χρησιμοποιείται κατάλληλο υλικό σύνδεσης που δεν οξειδώνεται (antioxidant), εφόσον συστήνεται από τον κατασκευαστή του συσσωρευτή.

Πληροφοριακή σημείωση: Για καθοδήγηση όσον αφορά τα αποδεκτά υλικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί το εγχειρίδιο εγκατάστασης και οδηγιών του κατασκευαστή.

(B) Αγωγοί και συνδέσεις μεταξύ κυψελών και βαθμίδων: Εφόσον οι αγωγοί και συνδετήρες συναρμολογούνται στο πεδίο, θα έχουν τέτοια ικανότητα μεταφοράς ρεύματος (ampacity) λόγω εμβαδού διατομής, ώστε η αύξηση θερμοκρασίας υπό τις συνθήκες μέγιστου φορτίου και υπό τη μέγιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος δεν θα υπερβαίνει την θερμοκρασία ασφαλούς λειτουργίας της μόνωσης ή του υλικού στήριξης των αγωγών.

Πληροφοριακή σημείωση: Η διαστασιολόγηση (sizing) των αγωγών με βάση το κριτήριο πτώσης τάσης (αποτροπή πτώσης τάσης >3% του μέγιστου αναμενόμενου φορτίου, και μέγιστη πτώσης τάσης <5% στο πιο μακρινό σημείο σύνδεσης), δεν είναι πάντοτε κατάλληλη για όλες τις εφαρμογές συσσωρευτών. Το πρότυπο [IEEE 1375](#) παρέχει οδηγίες για προστασία υπερρέτασης (overcurrent) και σχετική διαστασιολόγηση καλωδίων.

(C) Ακροδέκτες συσσωρευτών: Οι ηλεκτρικές συνδέσεις στους συσσωρευτές, και το καλώδιο (ή τα καλώδια) μεταξύ κυψελών σε διαφορετικά επίπεδα ή πλαίσια, δεν θα προκαλούν μηχανική παραμόρφωση (strain) στους ακροδέκτες. Θα χρησιμοποιούνται ακροδέκτες σε σχήμα πλάκας (plate) όπου είναι πρακτικά εφικτό.

Πληροφοριακή σημείωση: Οι αγωγοί συχνά υφίσταται προ-διαμόρφωση (pre-form) για να εξαλείψουν τις μηχανικές τάσεις (stress) στους ακροδέκτες των συσσωρευτών. Η χρήση πολύκλωνων (fine stranded) αγωγών μπορεί επίσης να εξαλείψει τις μηχανικές τάσεις. Βλέπε και τις οδηγίες του κατασκευαστή.

(D) Προσβασιμότητα: Οι ακροδέκτες όλων των κυψελών ή των ομάδων κυψελών θα είναι άμεσα προσβάσιμοι για μετρήσεις μεγεθών (readings), επιθεώρηση και καθάρισμα, όπου απαιτείται από τη σχεδίαση του εξοπλισμού. Για συσσωρευτές με διαφανείς περιέκτες, η μία πλευρά θα είναι άμεσα προσβάσιμη για επιθεώρηση των εσωτερικών τμημάτων.

⁴⁹ Μάλλον πεπαλαιωμένος ορισμός, χωρίς να είναι λανθασμένος.

480.5: Καλωδίωση (wiring) και εξοπλισμός που τροφοδοτείται από συσσωρευτές: Η καλωδίωση και ο εξοπλισμός που τροφοδοτείται από συσσωρευτές θα ικανοποιούν τις εφαρμόσιμες απαιτήσεις του παρόντος Κώδικα που αφορούν τη συγκεκριμένη τάση λειτουργίας, εκτός από την περίπτωση όπου προβλέπεται κάτι διαφορετικό στην ενότητα 480.6.

480.6: Προστασία υπερέντασης για κινητήρες (prime movers): Δεν απαιτείται προστασία υπερέντασης για αγωγούς από ένα συσσωρευτή τάσης 60 V DC ή λιγότερο, που παρέχει ισχύ εκκίνησης, ανάφλεξης ή ελέγχου κινητήρων. Η ενότητα 300.3 δεν εφαρμόζεται σε αυτούς τους αγωγούς.

480.7: Μέθοδοι αποσύνδεσης (disconnecting) DC

(A) Μέσο (means) αποσύνδεσης: Θα παρέχεται μέσο αποσύνδεσης για όλους τους μη γειωμένους αγωγούς που εξέρχονται από ένα σταθερό σύστημα συσσωρευτών με τάση >60 V DC. Ένα μέσο αποσύνδεσης θα είναι άμεσα διαθέσιμο και τοποθετημένο σε σημείο ορατό από το σύστημα συσσωρευτών.

Πληροφοριακή σημείωση: Βλ. ενότητα 240.21(H) για πληροφορίες σχετικά με τη θέση της διάταξης υπερέντασης για αγωγούς συσσωρευτών.

(B) Αποσύνδεση έκτακτης ανάγκης (emergency): Για κατοικίες (dwelling) μίας και δύο οικογενειών, ένα μέσο αποσύνδεσης συστήματος συσσωρευτών (ή ένα σημείο απομακρυσμένου ελέγχου του μέσου αυτού) θα βρίσκεται σε μία άμεσα προσβάσιμη θέση εκτός του κτιρίου, για χρήση έκτακτης ανάγκης. Το σημείο αποσύνδεσης θα έχει τη σήμανση: «ΑΠΟΣΥΝΔΕΣΗ ΕΚΤΑΚΤΗΣ ΑΝΑΓΚΗΣ» (EMERGENCY DISCONNECT).

(C) Αποσύνδεση κυκλωμάτων συσσωρευτών σε σειρά: Τα κυκλώματα (circuits) συσσωρευτών που υπερβαίνουν την ονομαστική τάση 240 V dc (μεταξύ αγωγών ή μεταξύ αγωγού και γης) και υπόκεινται σε συντήρηση στο πεδίο, θα έχουν πρόβλεψη αποσύνδεσης των σε σειρά συνδεδεμένων στοιχείων σε μικρότερα τμήματα. Το κάθε τμήμα δεν θα υπερβαίνει τα 240 V dc (ονομαστική τιμή), για συντήρηση από εκπαιδευμένο (qualified) προσωπικό. Είναι επιτρεπτά μέσα αποσύνδεσης χωρίς τη δυνατότητα διακοπής φορτίου (non-load-break), με πείρους-παξιμάδια (bolted) ή τύπου βύσματος-πρίζας (plug-in).

(D) Απομακρυσμένη ενεργοποίηση (remote actuation): Όπου κάποιο μέσο αποσύνδεσης, που συμμορφώνεται με την παράγραφο (A), διαθέτει δυνατότητα ενεργοποίησης μέσω σημείου απομακρυσμένου ελέγχου, και το σημείο αυτό δεν βρίσκεται σε οπτική επαφή με το σύστημα συσσωρευτών, το μέσο αποσύνδεσης πρέπει να μπορεί να κλειδώνεται στην ανοιχτή θέση, σε συμφωνία με την ενότητα 110.25, και η θέση του σημείου ελέγχου θα σημειώνεται πάνω στο μέσο αποσύνδεσης.

(E) Ζυγός (busway): Όπου εγκαθίσταται σύστημα ζυγού, επιτρέπεται το μέσο αποσύνδεσης να είναι ενσωματωμένο στο ζυγό.

(F) Σήμανση (notification): Το σημείο αποσύνδεσης θα επισημαίνεται με ευανάγνωστο τρόπο στο πεδίο. Μια επιγραφή με τη σήμανση θα είναι τοποθετημένη σε εμφανή θέση κοντά στο συσσωρευτή, εάν δεν παρέχεται μέσο αποσύνδεσης. Η σήμανση θα είναι επαρκούς αντοχής στο χρόνο (durability) με δεδομένες τις περιβαλλοντικές συνθήκες του χώρου, και θα περιλαμβάνει τα ακόλουθα:

(1) Ονομαστική τάση συσσωρευτή

(2) Διαθέσιμο ρεύμα σφάλματος (available fault current) που μπορεί να εξέλθει από το σύστημα συσσωρευτών.

Πληροφοριακή σημείωση: Οι προμηθευτές (suppliers) εξοπλισμού συσσωρευτών μπορούν να δώσουν πληροφορίες για τις τιμές του διαθέσιμου ρεύματος σφάλματος για κάθε τύπο και μοντέλο συσσωρευτή.

(3) Μία πινακίδα με ηλεκτρικό τόξο (arc flash label), σύμφωνα με την αποδεκτή βιομηχανική πρακτική.

Πληροφοριακή σημείωση: Το πρότυπο [NFPA 70E](#) παρέχει καθοδήγηση για τον προσδιορισμό της σοβαρότητας πιθανής έκθεσης, το σχεδιασμό ασφαλών μεθόδων εργασίας, τις πινακίδες ηλεκτρικού τόξου και την επιλογή Μέσων Ατομικής Προστασίας (ΜΑΠ) (personal protective equipment, PPE).

(4) Την ημερομηνία που έγινε ο υπολογισμός⁵⁰

Εξαιρέση: Οι απαιτήσεις (2), (3) και (4) δεν ισχύουν για κατοικίες μίας και δύο οικογενειών.⁵¹

(G) Επισήμανση (identification) πηγών ισχύος: Τα συστήματα συσσωρευτών θα επισημαίνονται σύμφωνα με τις κατωτέρω παραγράφους (1) και (2):

(1) Εγκαταστάσεις (facilities) με υπηρεσίες συνδεδεμένες με το δίκτυο (utility services) και συστήματα συσσωρευτών: Θα εγκαθίστανται πινακίδες (plaques) ή κατάλογοι (directories) σε συμφωνία με τις ενότητες 705.10 και 712.10.

Εξαιρέση: Η απαίτηση δεν εφαρμόζεται σε περιπτώσεις που δεν απαιτείται μέσο αποσύνδεσης με βάση την παράγραφο (A).

(2) Εγκαταστάσεις με αυτόνομα (stand-alone) συστήματα: Θα εγκαθίσταται πινακίδα ή κατάλογος σε συμφωνία με την 705.10.

480.8: Μόνωση των συσσωρευτών: Οι συσσωρευτές με περιέκτη από ηλεκτρικά αγώγιμο υλικό θα έχουν ηλεκτρομονωτικό στήριγμα (insulating support) εάν υπάρχει διαφορά δυναμικού (τάση) μεταξύ του περιέκτη και της γης.

480.9: Συστήματα στήριξης συσσωρευτών: Για συσσωρευτές που περιλαμβάνουν διαβρωτικό ηλεκτρολύτη, η κατασκευή (structure) που στηρίζει το συσσωρευτή θα είναι ανθεκτική στην αλλοίωση (deterioration) λόγω διάβρωσης από τον ηλεκτρολύτη. Εφόσον οι κατασκευές είναι μεταλλικές, θα διαθέτουν μη αγώγιμα τμήματα στήριξης για τις κυψέλες, αλλιώς θα κατασκευάζονται με συνεχή μονωτικά υλικά. Η βαφή δεν μπορεί να θεωρηθεί από μόνη της μονωτικό υλικό.

480.10: Θέσεις συσσωρευτών: Οι θέσεις των συσσωρευτών θα συμμορφώνονται με τις παραγράφους (A) έως (G).

(A) Εξαερισμός: Ανάλογα με την τεχνολογία συσσωρευτών, θα υπάρχουν κατάλληλες προβλέψεις για επαρκή διάχυση (diffusion) και εξαερισμό (ventilation) των αερίων που προέρχονται από τους συσσωρευτές, εάν υπάρχουν, ώστε να αποτραπεί η συσσώρευση εκρηκτικού μίγματος.

Πληροφοριακή σημείωση Νο. 1: Βλ. Κεφ. 52 του [NFPA 1](#) για απαιτήσεις εξαερισμού των διαφόρων τεχνολογιών συσσωρευτών.

Πληροφοριακή σημείωση Νο. 2: Ορισμένες τεχνολογίες συσσωρευτών δεν απαιτούν εξαερισμό.

Πληροφοριακή σημείωση Νο. 3: Για περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τον εξαερισμό συστημάτων συσσωρευτών, βλ. [IEEE 1635/AHSRAE 21](#).

(B) Μέρη υπό τάση (live parts): Η προφύλαξη (guarding) από μέρη υπό τάση θα συμμορφώνεται με την ενότητα 110.27.

(C) Χώροι γύρω από τα συστήματα συσσωρευτών: Οι χώροι γύρω από τα συστήματα συσσωρευτών θα συμμορφώνονται με τις ενότητες 110.26⁵² και 110.34⁵³. Ο χώρος εργασίας θα υπολογίζεται από το άκρο της ντουλάπας (cabinet), πλαισίου (rack), ή δίσκου (tray) συσσωρευτών.

Για τα πλαίσια, θα υπάρχει απόσταση τουλάχιστον 25 mm ανάμεσα σε έναν περιέκτη κυψέλης και οποιοδήποτε τοίχο ή κατασκευή, στην πλευρά που δεν απαιτεί πρόσβαση για συντήρηση. Τα στηρίγματα (stands) των συσσωρευτών επιτρέπεται να έρχονται σε επαφή με γειτονικούς τοίχους ή

⁵⁰ του ρεύματος σφάλματος

⁵¹ Επομένως η σήμανση απαιτείται να περιλαμβάνει μόνο την ονομαστική τάση συσσωρευτή.

⁵² για <1000 V

⁵³ για >1000 V

κατασκευές, υπό την προϋπόθεση ότι το ράφι των συσσωρευτών είναι ελεύθερο στον αέρα (has free air space) κατά τουλάχιστον 90% του μήκους του.

Πληροφοριακή σημείωση: Συχνά απαιτείται επιπλέον χώρος, για τοποθέτηση εξοπλισμού ανύψωσης (hoisting), απομάκρυνση δίσκων (tray removal) ή περιορισμό διαρροών (spill containment).

(D) Συσσωρευτές με ακροδέκτες στην επάνω πλευρά (top terminal batteries): Όπου εγκαθίστανται συσσωρευτές, με ακροδέκτες στην επάνω πλευρά, σε βαθμιδωτά πλαίσια ή ράφια ντουλάπας, θα παρέχεται επαρκής χώρος εργασίας, σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή, ανάμεσα στο υψηλότερο σημείο της κυψέλης, και στη σειρά, το ράφι ή την οροφή που βρίσκεται από πάνω του.

Πληροφοριακή σημείωση: Το [IEEE 1187](#) παρέχει οδηγίες για την απαιτούμενη ελεύθερη απόσταση πάνω από συσσωρευτές τύπου VRLA, που χρησιμοποιούνται συχνά σε ντουλάπες συσσωρευτών.

(E) Έξοδος (Egress): Οι πόρτες εισόδου και εξόδου του προσωπικού από δωμάτια που χαρακτηρίζονται ως δωμάτια συσσωρευτών θα ανοίγουν προς την κατεύθυνση εξόδου και θα διαθέτουν μηχανισμό πανικού ή έξοδο φωτιάς, που θα πρέπει να βρίσκονται σε εγκεκριμένο κατάλογο.

(F) Σωληνώσεις (piping) σε δωμάτια συσσωρευτών: Δεν θα επιτρέπονται σωληνώσεις σε αποκλειστικής χρήσης (dedicated) δωμάτια συσσωρευτών.

(G) Φωτισμός: Θα υπάρχει φωτισμός στους χώρους εργασίας που περιέχουν συστήματα συσσωρευτών. Τα σημεία σύνδεσης φωτιστικών (lighting outlets) δεν θα ελέγχονται μόνο με αυτόματα μέσα. Δεν απαιτούνται πρόσθετα σημεία σύνδεσης φωτιστικών όπου ο χώρος εργασίας φωτίζεται από γειτονική (adjacent) πηγή φωτός. Η θέση των φωτιστικών σωμάτων (luminaires) θα είναι τέτοια ώστε:

(1) Να μην εκτίθεται το προσωπικό σε ενεργοποιημένα (energized) εξαρτήματα συσσωρευτών ενώ εκτελεί συντήρηση των φωτιστικών στο χώρο συσσωρευτών.

(2) Να μην προκαλείται κίνδυνος στο συσσωρευτή σε περίπτωση αστοχίας του φωτιστικού σώματος.

480.11: Σημεία εξαερισμού (Vents)

(A) Εξαεριζόμενες (vented) κυψέλες: Κάθε εξαεριζόμενη κυψέλη θα είναι εξοπλισμένη με φλογοπαγίδα (flame arrester).

Πληροφοριακή σημείωση: Η φλογοπαγίδα εμποδίζει την καταστροφή της κυψέλης λόγω ανάφλεξης αερίων εντός της κυψέλης από εξωτερικό σπινθήρα (spark) ή φλόγα.

(B) Σφραγισμένες κυψέλες: Όπου η κατασκευή του συσσωρευτή είναι τέτοια ώστε θα μπορούσε να συμβεί υπερβολική αύξηση πίεσης εντός της κυψέλης κατά τη λειτουργία, θα υπάρχει μία βαλβίδα εξαερισμού (pressure-release vent).

480.12 Διασυνδέσεις (interconnections) συσσωρευτών: Εύκαμπτα καλώδια, όπως ορίζονται στο άρθρο 400, σε μεγέθη 2/0 AWG⁵⁴ και μεγαλύτερα, θα επιτρέπονται μέσα στο περίβλημα (enclosure) των συσσωρευτών, από τους ακροδέκτες του συσσωρευτή έως ένα κοντινό κουτί σύνδεσης (junction box), όπου θα είναι συνδεδεμένα συνδέονται με μία εγκεκριμένη μέθοδο. Εύκαμπτα καλώδια θα επιτρέπονται επίσης μεταξύ συσσωρευτών και κυψελών εντός του περιβλήματος. Τα καλώδια αυτά θα βρίσκονται σε εγκεκριμένο κατάλογο και θα είναι επισημασμένα (identified) ως κατάλληλα για τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Εύκαμπτα, πολύκλινα καλώδια θα χρησιμοποιούνται με ακροδέκτες τύπου οπής (lugs), διατάξεις ή συνδετήρες (connectors) μόνο σε συμφωνία με την 110.14.

480.13: Ανίχνευση σφάλματος γης (ground-fault): Τα κυκλώματα συσσωρευτών που υπερβαίνουν την τάση 100 V μεταξύ αγωγών η ως προς γη θα επιτρέπεται να λειτουργούν με αγείωτους αγωγούς, εφόσον έχει εγκατασταθεί ένας ανιχνευτής σφάλματος γης και ένας ενδείκτης που παρακολουθεί τυχόν σφάλματα γης.

(Τέλος Άρθρου 480).

⁵⁴ American Wire Gauge, διάμετρος 9,266 mm, διατομή 67,4 mm²

Άρθρο 706: Συστήματα Αποθήκευσης Ενέργειας (Energy Storage Systems, ESS)

Μέρος Ι: Γενικά

706.1: Πεδίο Εφαρμογής: Το άρθρο αυτό εφαρμόζεται σε όλα τα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας (ESS) με χωρητικότητα μεγαλύτερη από 3,6 MJ (1 kWh), τα οποία μπορεί να είναι αυτόνομα (stand-alone) ή να αλληλεπιδρούν (interactive) με άλλες πηγές παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Τα συστήματα αυτά χρησιμεύουν κυρίως για να αποθηκεύουν και να παρέχουν ενέργεια κατά τις κανονικές συνθήκες λειτουργίας.

Πληροφοριακή σημείωση No.1: Για συσσωρευτές των οποίων η ονομαστική χωρητικότητα δίνεται σε Ah, η χωρητικότητα σε kWh ισούται με την ονομαστική τάση επί τη χωρητικότητα σε Ah, διαιρεμένη διά 1000.

Πληροφοριακή σημείωση No.2: Μπορεί να υπάρχει μία ελαφριά διάκριση ανάμεσα σε ένα συσσωρευτή που αποθηκεύει ενέργεια και σε ένα ESS. Ένας συσσωρευτής που αποθηκεύει ενέργεια δεν είναι απαραίτητα ένα ESS. Βλ. Άρθρο 480. Ένα ESS μπορεί να αποτελείται από συσσωρευτές που αποθηκεύουν ενέργεια. Βλ. Άρθρο 706.

Πληροφοριακή σημείωση No.3: Γίνεται συχνή αναφορά στα ακόλουθα πρότυπα για την εγκατάσταση ESS:

- (1) [NFPA 111](#) [Standard on Stored Electrical Energy Emergency and Standby Power Systems]
- (2) [NECA 416](#) [Recommended Practice for Installing Energy Storage Systems (ESS)]
- (3) [UL 810A](#) [Standard for Electrochemical Capacitors]
- (4) [UL 1973](#) [Standard for Batteries for Use in Stationary, Vehicle Auxiliary Power and Light Electric Rail (LER) Applications]
- (5) [UL 1989](#) [Standard for Standby Batteries]
- (6) [UL 9540](#) [Standard for Energy Storage Systems and Equipment]
- (7) [UL Subject 2436](#) [Outline of Investigation for Spill Containment for Stationary Lead Acid Battery Systems]

706.2: Ορισμοί: Οι ορισμοί σε αυτή την ενότητα ισχύουν μόνο στο παρόν Άρθρο.

Ελεγκτής εκτροπής φόρτισης (diversion charge controller): Εξοπλισμός που ρυθμίζει τη διεργασία φόρτισης του ESS, εκτρέποντας την ισχύ από την αποθήκευση ενέργειας προς φορτία DC ή AC ή προς ένα διασυνδεδεμένο δίκτυο (interconnected utility service).

Σύστημα αποθήκευσης ενέργειας (ESS): Μία ή περισσότερες διατάξεις (components) συνδεδεμένες (assembled) μεταξύ τους, ικανές να αποθηκεύουν ενέργεια και να παρέχουν ηλεκτρική ενέργεια στο κύκλωμα τοπικά (on the premises) ή σε ένα δίκτυο παραγωγής και διανομής ηλεκτρικής ισχύος.

Πληροφοριακή σημείωση No.1: Τα ESS μπορούν να περιλαμβάνουν, αλλά όχι περιοριστικά, συσσωρευτές, πυκνωτές και διατάξεις κινητικής ενέργειας (π.χ. περιστρεφόμενους σφονδύλους και συμπιεσμένο αέρα). Τα ESS μπορούν να περιλαμβάνουν αντιστροφείς ή μετατροπείς για την αλλαγή των επιπέδων τάσης ή την εναλλαγή μεταξύ συστήματος AC και DC.

Πληροφοριακή σημείωση No.2: Τα συστήματα αυτά διαφέρουν από άλλα συστήματα αποθήκευσης όπως η παροχή αδιάλειπτης ισχύος (UPS), η οποία είναι μια τροφοδοσία ισχύος που χρησιμοποιείται για να παρέχει ισχύ AC σε κάποιο φορτίο για περιορισμένο χρονικό διάστημα στην περίπτωση διακοπής ρεύματος (power failure).

Συσσωρευτής ροής (flow battery): Μία διάταξη αποθήκευσης ενέργειας παρόμοια με κυψέλη καυσίμου, που αποθηκεύει τα ενεργά υλικά της στη μορφή δύο ηλεκτρολυτών εξωτερικά της διεπιφάνειας (interface) του αντιδραστήρα (reactor). Όταν χρησιμοποιείται, οι ηλεκτρολύτες μεταφέρονται μεταξύ του αντιδραστήρα και δεξαμενών αποθήκευσης.

Πληροφοριακή σημείωση: Δύο εμπορικά διαθέσιμες τεχνολογίες συσσωρευτή ροής είναι ψευδαργύρου-βρωμίου και βαναδίου-οξειδοαναγωγής, και ορισμένες φορές αναφέρεται ως ESS αντλούμενου (rumpred) ηλεκτρολύτη.

Κύκλωμα εξόδου αντιστροφέα-χρήσης (Inverter utilization output circuit): Αγωγοί μεταξύ του αντιστροφέα, πολλαπλών λειτουργιών (multimode) ή αυτόνομου, και του εξοπλισμού χρήσης (utilization).

706.3: Εκπαιδευμένο προσωπικό: Η εγκατάσταση και η συντήρηση εξοπλισμού ESS και όλων των σχετικών καλωδιώσεων και διασυνδέσεων θα γίνεται μόνο από εκπαιδευμένα άτομα.

Πληροφοριακή σημείωση: Βλ. Άρθρο 100 για τον ορισμό του εκπαιδευμένου ατόμου.

706.4: Απαιτήσεις συστήματος: Κάθε ESS θα διαθέτει μία πινακίδα (nameplate) σαφώς ορατή μετά την εγκατάσταση, που θα περιέχει τα ακόλουθα:

(1) Όνομα ή σύμβολο κατασκευαστή, ή άλλη περιγραφική σήμανση με την οποία μπορεί να ταυτοποιηθεί ο οργανισμός που είναι υπεύθυνος για την προμήθεια του ESS.

(2) Ονομαστική συχνότητα.

(3) Αριθμός φάσεων, εάν είναι AC

(4) Ονομαστική ισχύς (kW ή kVA)

(5) Διαθέσιμο ρεύμα σφάλματος που εξέρχεται από το ESS στους ακροδέκτες εξόδου.

(6) Μέγιστο ρεύμα εξόδου και εισόδου του ESS στους ακροδέκτες εξόδου.

(7) Μέγιστη τάση εξόδου και εισόδου του ESS στους ακροδέκτες εξόδου.

(8) Ικανότητα αλληλεπίδρασης με το δίκτυο, εάν υπάρχει.

706.5: Εγκεκριμένος κατάλογος: Τα ESS θα βρίσκονται σε εγκεκριμένο κατάλογο.

706.6: Πολλαπλά συστήματα: Επιτρέπεται να είναι εγκατεστημένα πολλαπλά ESS σε ένα κτίριο ή κατασκευή.

706.7: Συντήρηση (maintenance): Τα ESS θα συντηρούνται ώστε να παραμένουν σε συνθήκες καλής (proper) και ασφαλούς λειτουργίας. Η απαιτούμενη συντήρηση θα είναι σύμφωνα με τις απαιτήσεις του κατασκευαστή και τα βιομηχανικά πρότυπα. Γραπτό ιστορικό (record) της συντήρησης του συστήματος θα διατηρείται και θα περιλαμβάνει ιστορικό των απαραίτητων επισκευών και αντικαταστάσεων για διατήρηση του συστήματος σε καλές και ασφαλείς συνθήκες λειτουργίας.

Πληροφοριακή σημείωση: Για πληροφορίες σχετικά με γενική συντήρηση ηλεκτρολογικού εξοπλισμού και για την ανάπτυξη αποτελεσματικού προγράμματος ηλεκτρικής προληπτικής συντήρησης (electrical preventive maintenance, EPM), βλ. το [NFPA 70B](#), ή το [ANSI/NETA ATS-2017](#) [Standard for Acceptance Testing Specifications for electrical power equipment and systems].

706.8: Συσσωρευτές αποθήκευσης: Οι συσσωρευτές αποθήκευσης που δεν σχετίζονται με ESS θα συμμορφώνονται με το Άρθρο 480.

706.9: Μέγιστη τάση: Η μέγιστη τάση ενός ESS θα είναι η ονομαστική τάση/εις εισόδου και εξόδου του ESS που υποδεικνύονται στην πινακίδα του ESS ή στον εγκεκριμένο κατάλογο.

Μέρος II: Μέσα αποσύνδεσης

706.15: Μέσα αποσύνδεσης

(A) Μέσα αποσύνδεσης ESS: Θα παρέχεται ένα μέσο αποσύνδεσης σε κάθε αγείωτο αγωγό που εξέρχεται από ένα ESS, και επιτρέπεται να είναι αναπόσπαστο (integral) τμήμα του εγκεκριμένου εξοπλισμού. Κάθε μέσο αποσύνδεσης θα συμμορφώνεται με όλα τα παρακάτω:

(1) Θα είναι άμεσα προσβάσιμο.

(2) Θα βρίσκεται σε σημείο ορατό από το ESS. Σε περίπτωση που είναι πρακτικά ανέφικτο να εγκατασταθεί σε σημείο ορατό από το ESS, θα εγκατασταθεί όσο πλησιέστερα είναι πρακτικά εφικτό,

και η θέση του θα σημειώνεται πάνω στο ESS ή ακριβώς δίπλα σε αυτό. Η σήμανση θα είναι επαρκούς αντοχής για να ανθίσταται στις τοπικές περιβαλλοντικές συνθήκες και δεν θα είναι χειρόγραφη.

(3) Θα μπορεί να κλειδωθεί στην ανοιχτή θέση, σε συμφωνία με την 110.25.

Για κατοικίες μίας και δύο οικογενειών, θα υπάρχει ένα μέσο αποσύνδεσης, ή ένα σημείο απομακρυσμένου ελέγχου (remote control) αυτού, σε μία άμεσα προσβάσιμη τοποθεσία εκτός του κτιρίου.

(B) Απομακρυσμένη ενεργοποίηση (remote actuation): Στις περιπτώσεις που χρησιμοποιούνται διατάξεις ελέγχου για ενεργοποιήσουν τα μέσα αποσύνδεσης ενός ESS, και δεν βρίσκονται σε σημείο ορατό από το σύστημα, η θέση των σημείων ελέγχου θα σημειώνεται πάνω στο μέσο αποσύνδεσης.

(C) Σήμανση (Notification and Marking): Κάθε μέσο αποσύνδεσης θα επιδεικνύει με απλό τρόπο (plainly) εάν είναι στην ανοικτή (ΕΚΤΟΣ, OFF) ή στην κλειστή (ΕΝΤΟΣ, ON) θέση, και θα έχει μόνιμα τη σήμανση «ΑΠΟΣΥΝΔΕΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ» (ENERGY STORAGE SYSTEMS DISCONNECT. Το μέσο αποσύνδεσης θα επισημαίνεται με ευανάγνωστο τρόπο στο πεδίο, και θα αναφέρει τα ακόλουθα:

(1) Ονομαστική τάση AC του ESS και μέγιστη DC τάση ESS

(2) Διαθέσιμο ρεύμα σφάλματος που μπορεί να εξέλθει από το ESS.

(3) Μία πινακίδα με ηλεκτρικό τόξο (arc flash label), σύμφωνα με την αποδεκτή βιομηχανική πρακτική.

(4) Την ημερομηνία που έγινε ο υπολογισμός [του ρεύματος σφάλματος]

Εξαίρεση: Οι απαιτήσεις (2), (3) και (4) δεν ισχύουν για κατοικίες μίας και δύο οικογενειών.

Πληροφοριακή σημείωση Νο.1: Οι βιομηχανικές πρακτικές σήμανσης εξοπλισμού περιγράφονται στο [NFPA 70E](#). Το πρότυπο αυτό παρέχει συγκεκριμένα κριτήρια για τις πινακίδες ηλεκτρικού τόξου, που παρέχουν ονομαστική τάση συστήματος, επίπεδα προσπίπτουσας (incident) ενέργειας, όρια τόξου (arc-flash boundaries), ελάχιστα απαραίτητα επίπεδα Μέσων Ατομικής Προστασίας (ΜΑΠ) κ.ο.κ.).

Πληροφοριακή σημείωση Νο.2: Οι προμηθευτές (suppliers) εξοπλισμού συσσωρευτών μπορούν να δώσουν πληροφορίες για τις τιμές του διαθέσιμου ρεύματος σφάλματος για κάθε τύπο και μοντέλο συσσωρευτή.

Για μέσα αποσύνδεσης ESS όπου οι τερματικοί ακροδέκτες γραμμής (line) και φορτίου (load) μπορεί να είναι ενεργοποιημένοι στην ανοικτή θέση, η διάταξη θα έχει την ακόλουθη ή ισοδύναμη σήμανση:

ΠΡΟΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗ (WARNING)

ΚΙΝΔΥΝΟΣ ΗΛΕΚΤΡΟΠΛΗΞΙΑΣ (ELECTRIC SHOCK HAZARD)

ΑΥΤΕΣ ΟΙ ΠΛΕΥΡΕΣ ΜΠΟΡΕΙ ΝΑ ΕΙΝΑΙ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΜΕΝΕΣ ΣΤΗΝ ΑΝΟΙΚΤΗ ΘΕΣΗ (SIDES MAY BE ENERGIZED IN THE OPEN POSITION)

Οι σημάνσεις θα συμμορφώνονται με την 110.21(B).

(D) Διαχωριστικά (partitions) μεταξύ τμημάτων (components): Στις περιπτώσεις όπου οι ακροδέκτες εισόδου ή εξόδου τμημάτων ESS διέρχονται μέσα από τοίχο, δάπεδο, ή οροφή, θα υπάρχει ένα άμεσα προσβάσιμο μέσο αποσύνδεσης μέσα στο οπτικό πεδίο του τμήματος ESS. Επιτρέπεται να χρησιμοποιούνται μέσα αποσύνδεσης τύπου ασφάλειας (fused) ή αυτόματου διακόπτη (circuit breaker).

706.16: Σύνδεση σε πηγές ενέργειας: Η σύνδεση ενός συστήματος ESS σε πηγές ενέργειας θα ικανοποιεί τις παρακάτω παραγράφους (A) έως και (F).

(A) Αποσύνδεση πηγής: Ένα σημείο αποσύνδεσης (disconnect) που έχει πολλαπλές πηγές ισχύος, θα αποσυνδέει όλες τις πηγές όταν είναι στη θέση ΕΚΤΟΣ (OFF).

(B) Επισημασμένος (identified) αλληλεπιδραστικός (interactive) εξοπλισμός: ESS που λειτουργούν παράλληλα με άλλες πηγές ΕΡ θα χρησιμοποιούν αντιστροφείς που βρίσκονται σε εγκεκριμένο κατάλογο ως αλληλεπιδραστικοί, και επισημαίνονται ανάλογα.

(C) Απώλεια ισχύος αλληλεπιδραστικού συστήματος: Στην περίπτωση απώλειας μιας πρωτεύουσας (primary) πηγής ισχύος, ένα ESS με αντιστροφία αλληλεπιδραστικό με το δίκτυο (utility-interactive) θα συμμορφώνεται με τις απαιτήσεις της 705.45.

(D) Μη εξισορροπημένες (unbalanced) διασυνδέσεις (interconnections): Μη εξισορροπημένες διασυνδέσεις EP μεταξύ ενός ESS και άλλων πηγών παραγωγής EP ηλεκτρικής ενέργειας θα συμμορφώνονται με τις απαιτήσεις της 705.45.

(E) Άλλες πηγές ενέργειας: Η σύνδεση ενός ESS σε άλλες πηγές ενέργειας θα συμμορφώνεται με την 705.12 και με τα Μέρη III και VI του Άρθρου 712.

(F) Αυτόνομη (stand-alone) λειτουργία: Στην περίπτωση όπου η έξοδος του ESS είναι ικανή να λειτουργήσει με αυτόνομο τρόπο, θα εφαρμόζονται οι απαιτήσεις της 710.15.

Μέρος III: Απαιτήσεις εγκατάστασης.

706.20: Γενικά

(A) Εξαερισμός (ventilation): Θα υπάρχουν προβλέψεις, κατάλληλες ανάλογα με την τεχνολογία ενεργειακής αποθήκευσης, για την επαρκή διάχυση (diffusion) και εξαερισμό οποιωνδήποτε αερίων μπορεί να εκλυθούν από τη διάταξη αποθήκευσης, για την αποτροπή συσσώρευσης εκρηκτικού μείγματος. Ο εξαερισμός ενός ESS επιτρέπεται να παρέχεται σε συμφωνία με τις συστάσεις του κατασκευαστή και την έγκριση (listing) του συστήματος.

Πληροφοριακή σημείωση No.1: Βλ. [NFPA 1](#), Κεφ. 52, για ανάγκες εξαερισμού σε συσσωρευτές συγκεκριμένης χημείας.

Πληροφοριακή σημείωση No.2: Ορισμένες τεχνολογίες αποθήκευσης δεν απαιτούν εξαερισμό.

Πληροφοριακή σημείωση No.3: Μια πηγή για σχεδιασμό εξαερισμού για συστήματα συσσωρευτών είναι το [IEEE 1635/ASHRAE 21](#).

Πληροφοριακή σημείωση No.4: Οι ανάγκες πυροπροστασίας λαμβάνονται υπόψη στο [NFPA 1](#).

(B) Κατοικίες (dwelling units): Ένα ESS για κατοικίες μίας και δύο οικογενειών δεν θα υπερβαίνει τα 100 V ΣΡ μεταξύ αγωγών, ή ως προς γη.

Εξαιρέση: Στις περιπτώσεις όπου δεν είναι διαθέσιμα μέρη υπό τάση κατά τη διάρκεια συνηθισμένης συντήρησης (routine maintenance) του ESS, θα επιτρέπεται μια μέγιστη τάση 600 V ΣΡ για το ESS.

(C) Χώροι γύρω από τα τμήματα του ESS.

(1) Γενικά: Οι χώροι εργασίας για το ESS θα συμμορφώνονται με τις ενότητες 110.26 και 110.34.

(2) Χώρος ανάμεσα στα τμήματα: Τα ESS επιτρέπεται να έχουν χώρο ανάμεσα στα τμήματά τους σε συμφωνία με τις οδηγίες του κατασκευαστή και την έγκριση.

Πληροφοριακή σημείωση: Ενδέχεται να απαιτείται επιπλέον χώρος, για να τοποθετηθεί εξοπλισμός ανύψωσης (hoisting), απομάκρυνση δίσκων (tray removal) ή περιορισμό διαρροών (spill containment)

706.21: Κατάλογος (directory) (Επισήμανση πηγών ισχύος): Τα ESS θα επισημαίνονται με σημάσεις (markings) ή πινακίδες (labels) σε συμφωνία με την 110.21(B).

(A) Εγκαταστάσεις (facilities) με υπηρεσίες συνδεδεμένες με το δίκτυο (utility services) και ESS: Θα εγκαθίστανται πινακίδες (plaques) ή κατάλογοι (directories) σε συμφωνία με τις ενότητες 705.10 και 712.10.

(B) Εγκαταστάσεις με αυτόνομα (stand-alone) συστήματα: Θα εγκαθίστανται πινακίδες ή κατάλογοι σε συμφωνία με την 710.10.

Μέρος IV: Απαιτήσεις κυκλώματος (circuit):

706.30: Διαστασιολόγηση (sizing) κυκλώματος και ρεύμα.

(A) Μέγιστο ονομαστικό (rated) ρεύμα ενός συγκεκριμένου κυκλώματος: Το μέγιστο ρεύμα για το συγκεκριμένο κύκλωμα θα υπολογίζεται σύμφωνα με τις παρακάτω παραγράφους (1) έως και (5).

(1) Ονομαστικό ρεύμα κυκλώματος πινακίδας χαρακτηριστικών (nameplate): Το ρεύμα του κυκλώματος θα είναι το ονομαστικό ρεύμα που αναγράφεται στην πινακίδα χαρακτηριστικών του ESS, ή στην έγκριση (listing) του συστήματος. Στην περίπτωση που το ESS έχει διαφορετικά κυκλώματα ή ονομαστικές τιμές εισόδου (φόρτισης) και εξόδου (εκφόρτισης), αυτά θα αναφέρονται (considered) ξεχωριστά. Στην περίπτωση όπου οι ίδιοι τερματικοί ακροδέκτες του ESS χρησιμοποιούνται για φόρτιση και εκφόρτιση, το ονομαστικό ρεύμα θα είναι η μεγαλύτερη από τις δύο τιμές.

(2) Ρεύμα κυκλώματος εξόδου αντιστροφέα: Το μέγιστο ρεύμα θα είναι η ονομαστική τιμή σταθερού (continuous) ρεύματος εξόδου του αντιστροφέα.

(3) Ρεύμα κυκλώματος εισόδου αντιστροφέα: Το μέγιστο ρεύμα θα είναι η ονομαστική τιμή σταθερού ρεύματος εισόδου του αντιστροφέα, όταν ο αντιστροφέας παράγει την ονομαστική τιμή ισχύος στην κατώτατη τάση εισόδου.

(4) Ρεύμα κυκλώματος χρησιμοποίησης (utilization) εξόδου αντιστροφέα: Το μέγιστο ρεύμα θα είναι η ονομαστική τιμή σταθερού ρεύματος εξόδου AC του αντιστροφέα, όταν ο αντιστροφέας παράγει την ονομαστική τιμή ισχύος.

(5) Ρεύμα εξόδου μετατροπέα DC-DC: Το μέγιστο ρεύμα θα είναι η ονομαστική τιμή σταθερού ρεύματος εξόδου του μετατροπέα DC-DC.

(B) Ικανότητα μεταφοράς ρεύματος (ampacity) αγωγών: Η ικανότητα μεταφοράς ρεύματος των αγωγών του τροφοδοτικού κυκλώματος (feeder circuit), από το ESS προς το σύστημα καλωδιώσεων που εξυπηρετεί τα φορτία του συστήματος, δεν θα είναι μεγαλύτερη από (1) την/ις ονομαστική/ές τιμή/ές πινακίδας χαρακτηριστικών, όπως καθορίζεται σύμφωνα με την 706.30(A)(1), [ή (2)]⁵⁵ την ονομαστική τιμή της/ων διάταξης/ων υπερέντασης του/των ESS.

(C) Ικανότητα μεταφοράς ρεύματος γειωμένου ή ουδέτερου αγωγού: Εάν η μονοφασική, 2 αγωγών (2-wire) έξοδος ενός ESS συνδέεται με τον γειωμένο ή ουδέτερο αγωγό, και με έναν μη γειωμένο αγωγό, ενός συστήματος 3 αγωγών ή συστήματος τριφασικού 4 αγωγών συνδεσμολογίας αστέρα (wye-connected), τότε το μέγιστο ρεύμα μη εξισορροπημένου ουδέτερου φορτίου (max unbalanced neutral load current) συν την ονομαστική τιμή εξόδου του/των ESS δεν θα υπερβαίνει την ικανότητα μεταφοράς ρεύματος του γειωμένου ή ουδέτερου αγωγού.

706.31: Προστασία υπερέντασης.

(A) Κυκλώματα και εξοπλισμός: Οι αγωγοί των κυκλωμάτων ESS θα προστατεύονται σύμφωνα με τις απαιτήσεις του Άρθρου 240. Οι διατάξεις προστασίας για τα κυκλώματα ESS θα συμμορφώνονται με τις απαιτήσεις των κατωτέρω παραγράφων (B) έως και (F). Τα κυκλώματα θα προστατεύονται στην πηγή (at the source) από υπερένταση.

(B) Ονομαστικές τιμές ρεύματος διάταξης υπερέντασης: Οι διατάξεις προστασίας υπερέντασης, όπου απαιτούνται, θα έχουν ονομαστικές τιμές (rated) σύμφωνες με το Άρθρο 240, και με την ονομαστική τιμή που παρέχεται στα συστήματα που τροφοδοτούν (servicing) το ESS, και θα είναι τουλάχιστον ίσες με το 125% των μέγιστων τιμών ρευμάτων που υπολογίζονται στην 706.30(A).

Εξαίρεση: Στην περίπτωση που το συνολικό σύστημα (assembly), συμπεριλαμβανομένων των διατάξεων προστασίας υπερέντασης, είναι εγκεκριμένο (listed) για λειτουργία στο 100% της ονομαστικής τιμής του, οι ονομαστικές τιμές των διατάξεων υπερέντασης θα επιτρέπεται να είναι τουλάχιστον όσο οι μέγιστες τιμές ρευμάτων που υπολογίζονται στην 706.30(B).

(C) Ονομαστική τιμή συνεχούς (direct) ρεύματος (DC): Οι διατάξεις προστασίας υπερέντασης, είτε ασφάλειες (fuses) είτε αυτόματοι διακόπτες (circuit breakers), που χρησιμοποιούνται σε οποιοδήποτε

⁵⁵ Ο Κώδικας αναφέρει (A)(2) αντί (2) αλλά λογικά είναι τυπογραφικό λάθος.

τμήμα ΣΡ ενός ESS θα βρίσκονται σε εγκεκριμένο κατάλογο για ΣΡ και θα έχουν τις κατάλληλες (appropriate) ονομαστικές τιμές τάσης, ρεύματος και διακοπής (interrupting) για την εφαρμογή.

(D) Περιορισμός (limiting) ρεύματος: Μία εγκεκριμένη (listed) και επισήμασμένη (labeled) διάταξη προστασίας υπερέντασης με περιορισμό ρεύματος θα εγκαθίσταται δίπλα (adjacent) στο ESS για κάθε κύκλωμα εξόδου ΣΡ.

Εξαίρεση: Στην περίπτωση όπου ένα εγκεκριμένο (listed) ESS περιέχει διάταξη προστασίας υπερέντασης με περιορισμό ρεύματος για τα κυκλώματα εξόδου ΣΡ, δεν θα απαιτούνται επιπλέον διατάξεις τέτοιου τύπου.

(E) Ασφάλειες: Θα παρέχονται μέσα για την αποσύνδεση τυχόν ασφαλειών που σχετίζονται με εξοπλισμό και τμήματα των ESS, όταν η ασφάλεια είναι ενεργοποιημένη (energized) και από τις δύο πλευρές, και είναι προσβάσιμη και από μη εκπαιδευμένα άτομα. Διακόπτες (switches), διατάξεις που τραβιούνται προς τα έξω (pullouts) ή άλλες παρόμοιες, με ονομαστικές τιμές κατάλληλες για την εφαρμογή, θα επιτρέπεται να χρησιμοποιούνται σαν μέσα αποσύνδεσης των ασφαλειών από όλες τις πηγές τροφοδοσίας.

(F) Θέση: Στην περίπτωση όπου κυκλώματα από τους τερματικούς ακροδέκτες εισόδου ή εξόδου τμημάτων αποθήκευσης ενέργειας (energy storage components) ενός ESS διέρχονται μέσα από τοίχο, δάπεδο ή οροφή, θα υπάρχει διάταξη προστασίας υπερέντασης στο άκρο του κυκλώματος προς το τμήμα αποθήκευσης ενέργειας.

706.33: Έλεγχος φόρτισης (charge control)

(A) Γενικά: Θα υπάρχουν προβλέψεις (provisions) για να ελέγχουν τη διαδικασία φόρτισης του ESS. Όλα τα ρυθμιζόμενα (adjustable) μέσα για τον έλεγχο της διαδικασίας φόρτισης θα είναι προσβάσιμα μόνο σε εκπαιδευμένα άτομα.

(B) Ελεγκτής εκτροπής φόρτισης (diversion charge controller)

(1) Μοναδικό (sole) μέσο ρύθμισης (regulation) φόρτισης: Ένα ESS που χρησιμοποιεί ελεγκτή εκτροπής φόρτισης ως το μόνο μέσο ρύθμισης της φόρτισης, θα είναι εξοπλισμένο και με ένα δεύτερο ανεξάρτητο μέσο αποτροπής της υπερφόρτισης της διάταξης αποθήκευσης.

(2) Κυκλώματα με ελεγκτή εκτροπής φόρτισης και με φορτίο εκτροπής (diversion load): Κυκλώματα που περιλαμβάνουν έναν ελεγκτή εκτροπής φόρτισης και ένα φορτίο εκτροπής θα συμμορφώνονται με τα παρακάτω:

(1) Η ονομαστική τιμή ρεύματος του φορτίου εκτροπής θα είναι μικρότερη ή ίση με την ονομαστική τιμή ρεύματος του ελεγκτή φορτίου εκτροπής φόρτισης (diversion load charge controller). Η ονομαστική τάση του φορτίου εκτροπής θα είναι μεγαλύτερη από τη μέγιστη τάση του ESS. Η ονομαστική ισχύς του φορτίου εκτροπής θα είναι τουλάχιστον ίση με το 150% της ονομαστικής ισχύος της πηγής φόρτισης.

(2) Η ικανότητα μεταφοράς ρεύματος και η ονομαστική τιμή διάταξης υπερέντασης για το κύκλωμα αυτό θα είναι τουλάχιστον 150% της ονομαστικής τιμής μέγιστου ρεύματος του ελεγκτή εκτροπής φορτίου.

(3) ESS που χρησιμοποιούν αλληλεπιδραστικούς αντιστροφείς: Συστήματα που χρησιμοποιούν αλληλεπιδραστικούς αντιστροφείς για να ελέγχουν την κατάσταση φόρτισης (state-of-charge) εκτρέποντας την πλεονάζουσα (excess) ισχύ σε ένα εναλλακτικό σύστημα παραγωγής και διανομής (distribution) ηλεκτρικής ισχύος, όπως ένα δίκτυο διανομής (utility), θα συμμορφώνονται με τις παρακάτω παραγράφους (a) και (b).

(a) Τα συστήματα αυτά δεν απαιτείται να συμμορφώνονται με την 706.33(B)(2).

(b) Τα συστήματα αυτά θα έχουν ένα δεύτερο, ανεξάρτητο μέσο ελέγχου της διαδικασίας φόρτισης του ESS, για να χρησιμοποιείται όταν το εναλλακτικό σύστημα δεν είναι διαθέσιμο, ή όταν ο κύριος (primary) ελεγκτής φόρτισης αστοχεί (fails) ή είναι απενεργοποιημένος (disabled).

(C) Ελεγκτές φόρτισης και μετατροπείς ΣΡ-ΣΡ: Στην περίπτωση όπου είναι εγκατεστημένοι ελεγκτές φόρτισης και άλλοι μετατροπείς ισχύος ΣΡ-ΣΡ που αυξάνουν ή μειώνουν το ρεύμα ή την τάση εξόδου, σε σχέση με το ρεύμα ή την τάση εισόδου, όλα τα παρακάτω θα εφαρμόζονται:

(1) Η ικανότητα μεταφορά ρεύματος των αγωγών στα κυκλώματα εξόδου θα βασίζεται στην ονομαστική τιμή του μέγιστου σταθερού ρεύματος εξόδου του ελεγκτή φόρτισης ή μετατροπέα, για το επιλεγμένο εύρος τάσης εξόδου.

(2) Η ονομαστική τάση των κυκλωμάτων εξόδου θα βασίζεται στη μέγιστη τάση εξόδου του ελεγκτή φόρτισης ή μετατροπέα, για το επιλεγμένο εύρος τάσης εξόδου.

Μέρος V: ESS Συσσωρευτών ροής

Το μέρος V εφαρμόζεται σε ESS που συμπεριλαμβάνουν ή που αποτελούνται από συσσωρευτές ροής.

Πληροφοριακή σημείωση: Λόγω των μοναδικών χαρακτηριστικών σχεδιασμού και της διαφοράς στη λειτουργία των συσσωρευτών ροής, σε σύγκριση με συσσωρευτές αποθήκευσης όπως μολύβδου-οξέος και ιόντων λιθίου, οι απαιτήσεις για συσσωρευτές ροής έχουν συμπεριληφθεί εδώ και όχι στο Άρθρο 480.

706.40: Γενικά: Όλες οι ηλεκτρικές συνδέσεις προς και από το σύστημα και τα τμήματα (components) του συστήματος θα είναι σε συμφωνία με τις εφαρμόσιμες προβλέψεις του Άρθρου 692. Το σύστημα και τα τμήματα του συστήματος θα ικανοποιούν επίσης τα Μέρη I, II και III του παρόντος Άρθρου. Εκτός αν ζητείται διαφορετικά από το παρόν Άρθρο, τα ESS συσσωρευτών ροής θα συμμορφώνονται με τις εφαρμόσιμες προβλέψεις του Άρθρου 692.

706.41: Ταξινόμηση ηλεκτρολύτη: Ο/οι ηλεκτρολύτης/ες που είναι αποδεκτός/οί για χρήση στους συσσωρευτές του ESS θα επισημαίνεται/ονται ως προς το όνομα και τη χημική σύσταση. Αυτή η επισήμανση θα παρέχεται με ευδιάκριτα σήματα δίπλα σε κάθε θέση του συστήματος όπου μπορεί να εισαχθεί ή να αφαιρεθεί ηλεκτρολύτης από το σύστημα.

706.42: Συγκράτηση (containment) ηλεκτρολύτη: Τα συστήματα συσσωρευτών ροής θα διαθέτουν μέσο συγκράτησης του ηλεκτρολύτη, για την αποτροπή διαρροής (spills) του ηλεκτρολύτη από το σύστημα. Θα παρέχεται σύστημα συναγερμού για να δίνει σήμα στην περίπτωση διαρροής (leak) ηλεκτρολύτη. Οι ηλεκτρικές καλωδιώσεις και συνδέσεις θα βρίσκονται και θα δρομολογούνται (routed) με τρόπο που μετριάζει (mitigate) την πιθανότητα έκθεσης σε ηλεκτρολύτες.

706.43: Έλεγχοι ροής: Θα παρέχονται έλεγχοι για να απενεργοποιούν (shut down) ασφαλώς το σύστημα στην περίπτωση έμφραξης (blockage) ηλεκτρολύτη.

706.44: Αντλίες και άλλος εξοπλισμός χειρισμού υγρών: Οι αντλίες και ο υπόλοιπος εξοπλισμός χειρισμού υγρών θα είναι καθορισμένος (rated/specified) ως κατάλληλος για έκθεση στους ηλεκτρολύτες.

Μέρος VI: Άλλες τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας

Το Μέρος VI εφαρμόζεται σε ESS που χρησιμοποιούν άλλες τεχνολογίες, με σκοπό την αποθήκευση ενέργειας, και τη χρήση της για παραγωγή χρήσιμης ηλεκτρικής ισχύος για την κάλυψη της σχετικής ζήτησης.

706.50: Γενικά: Όλες οι ηλεκτρικές συνδέσεις προς και από το σύστημα και τα τμήματά του θα είναι σε συμφωνία με τις εφαρμόσιμες προβλέψεις του παρόντος Κώδικα. Εκτός και αν αναφέρεται

διαφορετικά στο παρόν Άρθρο, άλλες τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας θα συμμορφώνονται με τις εφαρμόσιμες προβλέψεις του Μέρους III του Άρθρου 705.⁵⁶

4.2.3 Άλλες σχετικές προβλέψεις του NEC

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται και σχολιάζονται άλλα άρθρα/παράγραφοι του [NEC](#), στα οποία γίνεται αναφορά μέσα στο Άρθρο 480 ή/και 706 που παρουσιάστηκαν προηγουμένως.

Άρθρο 110: Απαιτήσεις για ηλεκτρικές εγκαταστάσεις

Μέρος I: Γενικά

110.14: Ηλεκτρικές συνδέσεις: Εξαιτίας των διαφορετικών χαρακτηριστικών ανόμοιων μετάλλων, διατάξεις όπως τερματικοί ακροδέκτες ή συνδετήρες καλωδίων (splicing connectors) και ακροδέκτες για κολλήσεις (soldering lugs) θα χαρακτηρίζονται με βάση το αγώγιμο υλικό τους και θα εγκαθίστανται και χρησιμοποιούνται σωστά. Οι αγωγοί από διαφορετικά μέταλλα δεν θα αναμιγνύονται (intermixed) σε ένα τερματικό ή συνδετικό ακροδέκτη, όπου υπάρχει επαφή μεταξύ διαφορετικών υλικών (όπως χαλκός και αλουμίνιο, ή αλουμίνιο και αλουμίνιο με μανδύα χαλκού (copper-clad)), παρά μόνο αν αυτό έχει προσδιοριστεί ως κατάλληλο για το σκοπό και τις συνθήκες χρήσης. Υλικά όπως κράματα συγκόλλησης (solder, «καλάι»), ενισχυτικά τήξης (fluxes), ανασταλτικοί παράγοντες (inhibitors) και άλλες χημικές ενώσεις (compounds), όπου χρησιμοποιούνται, θα είναι κατάλληλοι για τη χρήση και δεν θα επηρεάζουν αρνητικά τους αγωγούς, την εγκατάσταση ή τον εξοπλισμό.

Σύνδεσμοι και τερματικοί ακροδέκτες για αγωγούς με σύρματα λεπτότερα (more finely stranded) από Κλάσης B και C (σύμφωνα με το Κεφ. 9, Πίνακα 10) θα επισημαίνονται για τη συγκεκριμένη κλάση ή κλάσεις αγωγού.

(A) Τερματικοί ακροδέκτες: Η σύνδεση αγωγών σε τερματικούς ακροδέκτες θα εξασφαλίζει μια πολύ καλή (thoroughly good) ένωση χωρίς να βλάπτει τους αγωγούς, και θα γίνεται μέσω συνδέσμων πίεσης (pressure connectors), συμπεριλαμβανομένων τύπου βιδωτού (set screw), κόλλησης ακροδεκτών (solder lugs), ή συνδέσεις τύπου σύμπλεξης (splice) σε εύκαμπτους ακροδέκτες (leads). Η σύνδεση με στήριξη του σύρματος σε βίδες ή σε πείρους-παξιμάδια (studs and nuts) με γυρισμένες προς τα πάνω απολήξεις (upturned lugs) ή παρόμοιες μεθόδους επιτρέπεται για αγωγούς το πολύ 10 AWG⁵⁷.

Οι ακροδέκτες για περισσότερους του ενός αγωγούς και οι ακροδέκτες για σύνδεση αλουμινίου θα επισημαίνονται ως τέτοιοι.

(B) Συνδέσεις τύπου σύμπλεξης (splices): Οι αγωγοί θα συμπλέκονται (spliced) ή θα συνενώνονται (joined) με κατάλληλες για τη χρήση αυτή διατάξεις, ή με χαλκοσυγκόλληση (σκληρή ετερογενή συγκόλληση, brazing), αυτοσυγκόλληση (welding) ή μαλακή ετερογενή συγκόλληση (κασσιτεροκόλληση, soldering) με εύτηκτο μέταλλο ή κράμα. Οι συγκολλημένες συμπλέξεις πρώτα θα συμπλέκονται ή θα συνενώνονται έτσι ώστε να είναι μηχανικά και ηλεκτρικά σταθερές χωρίς συγκολλητικό κράμα, και μετά θα συγκολλούνται. Όλα τα σημεία σύνδεσης και οι ελεύθερες άκρες των αγωγών θα καλύπτονται με μόνωση ισοδύναμη με αυτή των αγωγών, ή με μια επισημασμένη μονωτική διάταξη.

⁵⁶ Εδώ ο κώδικας έχει λάθος, καθώς στο Άρθρο 705 δεν υπάρχει Μέρος III, σε αντίθεση με την προηγούμενη έκδοση (2017) του [NEC](#), όπου στο Άρθρο 705 υπήρχε Μέρος III: Γεννήτριες (Generators), επομένως η παραπομπή είχε νόημα. Στη νεότερη έκδοση αφαιρέθηκε το Μέρος III, αλλά όχι και η παραπομπή σε αυτό.

⁵⁷ 2,588 mm, 5,26 mm²

Οι σύνδεσμοι καλωδίων ή τα μέσα σύμπλεξης που εγκαθιστώνται σε αγωγούς για υπόγεια τοποθέτηση σε άμεση επαφή με το έδαφος (direct burial) θα βρίσκονται σε εγκεκριμένο κατάλογο για τη χρήση αυτή.

(C) Περιορισμοί θερμοκρασίας: Η ονομαστική θερμοκρασία που σχετίζεται με την ικανότητα μεταφοράς ρεύματος ενός αγωγού θα επιλέγεται και θα συντονίζεται (coordinated) έτσι ώστε να μην υπερβαίνει τη χαμηλότερη ονομαστική θερμοκρασία όλων των συνδεδεμένων τερματισμών (terminations), αγωγών ή διατάξεων. Αγωγοί με ονομαστικές θερμοκρασίες υψηλότερες από αυτές που καθορίζονται για τερματισμούς θα επιτρέπεται να χρησιμοποιούνται για προσαρμογή (adjustment) ή για διόρθωση της ικανότητας μεταφοράς ρεύματος, ή και τα δύο.

(1) Προβλέψεις (provisions) εξοπλισμού: Ο καθορισμός των προβλέψεων τερματισμών του εξοπλισμού θα βασίζεται στις παρακάτω παραγράφους (a) και (b). Εκτός εάν ο εξοπλισμός, είναι εγκεκριμένος και επισημασμένος διαφορετικά, οι ικανότητες μεταφοράς ρεύματος που χρησιμοποιούνται θα βασίζονται στον Πίνακα 310.16 όπως τροποποιείται κατάλληλα από την 310.12.

(a) Προβλέψεις τερματισμού εξοπλισμού για κυκλώματα ονομαστικής τιμής έως και 100 A, ή για αγωγούς από 14 AWG⁵⁸ έως 1 AWG⁵⁹, θα χρησιμοποιούνται μόνο για ένα από τα παρακάτω:

(1) Αγωγοί ονομαστικής θερμοκρασίας 60°C.

(2) Αγωγοί με μεγαλύτερη ονομαστική θερμοκρασία, αρκεί η ικανότητα μεταφοράς ρεύματος να καθορίζεται με βάση την ικανότητα μεταφοράς ρεύματος των αγωγών αυτών στους 60°C.

(3) Αγωγοί με μεγαλύτερη ονομαστική θερμοκρασία, εάν ο εξοπλισμός είναι εγκεκριμένος και επισημασμένος για χρήση με τέτοιους αγωγούς.

(4) Για κινητήρες με σήμανση γραμμάτων σχεδιασμού B, C ή D, επιτρέπεται να χρησιμοποιούνται αγωγοί με ονομαστική θερμοκρασία μόνωσης 75°C ή ανώτερη, αρκεί η ικανότητα μεταφοράς ρεύματος αυτών των αγωγών δεν ξεπερνά την τιμή που αντιστοιχεί στους 75°C.

(b) Προβλέψεις τερματισμού εξοπλισμού για κυκλώματα ονομαστικής τιμής >100 A, ή για αγωγούς μεγαλύτερους από 1 AWG¹⁴, θα χρησιμοποιούνται μόνο για ένα από τα παρακάτω:

(1) Αγωγοί με ονομαστική θερμοκρασία 75°C.

(2) Αγωγοί με μεγαλύτερη ονομαστική θερμοκρασία, αρκεί η ικανότητα μεταφοράς ρεύματος να μην ξεπερνά την τιμή που αντιστοιχεί στους 75°C, εκτός αν ο εξοπλισμός είναι εγκεκριμένος και επισημασμένος για χρήση με τέτοιους αγωγούς (οπότε μπορούν να χρησιμοποιηθούν έως την ονομαστική τιμή της ικανότητας μεταφοράς ρεύματος).

(2) Προβλέψεις ξεχωριστών συνδέσμων: Ξεχωριστά εγκατεστημένοι σύνδεσμοι πίεσης θα χρησιμοποιούνται με αγωγούς σε ικανότητες μεταφοράς ρεύματος που δεν ξεπερνούν την εγκεκριμένη και επισημασμένη ονομαστική θερμοκρασία του συνδέσμου.

Πληροφοριακή σημείωση: Σε σχέση με τις ανωτέρω παραγράφους (C)(1) και (C)(2), οι σημάνσεις ή εγκρίσεις του εξοπλισμού μπορεί να περιορίζουν περαιτέρω τη διαστασιολόγηση και τις ονομαστικές θερμοκρασίες των συνδεδεμένων αγωγών.

(D) Ροπή (torque) τερματικών συνδέσεων: Οι τιμές της ροπής σύσφιξης (tightening) για τις τερματικές συνδέσεις θα είναι όπως αναγράφονται στον εξοπλισμό ή στις οδηγίες εγκατάστασης του κατασκευαστή. Ένα εγκεκριμένο μέσο θα χρησιμοποιείται για να επιτύχει την καθορισμένη τιμή ροπής.

Πληροφοριακή σημείωση No.1: Παραδείγματα εγκεκριμένων μέσων επίτευξης της καθορισμένης ροπής περιλαμβάνουν εργαλεία ροπής (torque tools) ή διατάξεις όπως βίδες διάτμησης (shear bolts) ή τύπου απόσπασης (breakaway) με οπτικές ενδείξεις που δείχνουν ότι έχει εφαρμοστεί η ορθή ροπή.

⁵⁸ 1,628 mm, 2,08 mm²

⁵⁹ 7,348 mm, 42,4 mm²

Πληροφοριακή σημείωση Νο. 2: Ο κατασκευαστής του εξοπλισμού μπορεί να ερωτηθεί, εάν δεν παρέχονται αριθμητικές τιμές ροπής πάνω στον εξοπλισμό ή εάν δεν είναι διαθέσιμες οι οδηγίες εγκατάστασης. Το Πληροφοριακό Παράρτημα του προτύπου [UL 486A-486B](#) [Wire Connectors] δίνει τιμές ροπής για την περίπτωση απουσίας συστάσεων από τον κατασκευαστή.

Πληροφοριακή σημείωση Νο. 3: Συμπληρωματικές πληροφορίες για εφαρμογή ροπής σε συνδέσεις και τερματισμούς με σπειρώματα (threaded) μπορούν να βρεθούν στην ενότητα 8.11 του [NFPA 70B](#).

110.21(B): Σημάνσεις κινδύνου στο πεδίο: Όπου απαιτούνται πινακίδες ή ετικέτες προσοχής (caution), προειδοποίησης (warning) ή κινδύνου (danger) στον παρόντα Κώδικα, θα συμμορφώνονται με τις ακόλουθες απαιτήσεις:

(1) Θα προειδοποιούν για τους κινδύνους χρησιμοποιώντας αποτελεσματικές (effective) λέξεις, χρώματα, σύμβολα ή συνδυασμό αυτών.

Πληροφοριακή σημείωση: Το πρότυπο [ANSI Z535-4](#) [Product Safety Signs And Labels] παρέχει οδηγίες για κατάλληλα μεγέθη γραμμάτων, λέξεις, χρώματα, σύμβολα και απαιτήσεις θέσης για τις ετικέτες.

(2) Η ετικέτα θα είναι μόνιμα τοποθετημένη στον εξοπλισμό ή την καλωδίωση και δεν θα είναι χειρόγραφη.

Εξαιρέση: Τμήματα ετικετών ή τμημάτων που είναι μεταβλητά ή μπορεί να υπόκεινται σε αλλαγές, επιτρέπεται να είναι χειρόγραφα και πρέπει να είναι ευανάγνωστα.

(3) Οι ετικέτες θα είναι επαρκούς ανθεκτικότητας (durability) για να αντέχουν στο περιβάλλον όπου τοποθετούνται.

Πληροφοριακή σημείωση: Το πρότυπο [ANSI Z535-4](#) παρέχει οδηγίες για το σχεδιασμό και την ανθεκτικότητα σημάτων και ετικετών ασφαλείας για εφαρμογή σε ηλεκτρικό εξοπλισμό.

110.25: Μέσα αποσύνδεσης που κλειδώνονται (lockable): Εάν ένα μέσο αποσύνδεσης απαιτείται (από άλλο σημείο του Κώδικα) να κλειδώνεται, τότε θα μπορεί να κλειδωθεί στην ανοιχτή θέση. Οι διατάξεις (provisions) κλειδώματος θα παραμένουν στη θέση τους με ή χωρίς την κλειδαριά εγκατεστημένη.

Εξαιρέση: Οι διατάξεις κλειδώματος για μια ένωση με καλώδιο και βύσμα (cord-and-plug) δεν απαιτείται να παραμένουν στη θέση τους χωρίς την κλειδαριά εγκατεστημένη.

Μέρος II: 1000 V ονομαστική τάση, ή λιγότερο⁶⁰

110.26: Χώροι γύρω από τον ηλεκτρικό εξοπλισμό: Χώρος για πρόσβαση και εργασία θα παρέχεται και θα διατηρείται γύρω από κάθε ηλεκτρικό εξοπλισμό, για να επιτρέπει την άμεση και ασφαλή λειτουργία και συντήρηση αυτού του εξοπλισμού.

(A) Χώρος εργασίας: Ο χώρος εργασίας για εξοπλισμό που λειτουργεί σε 1000 V ή λιγότερο ονομαστική τάση ως προς γη, και είναι πιθανό να απαιτεί εξέταση, ρύθμιση, συντήρηση ή επισκευή ενώ είναι ενεργοποιημένος, θα ικανοποιεί τις διαστάσεις των παραγράφων (1), (2), (3) και (4), ή όπως απαιτείται ή επιτρέπεται σε άλλο σημείο του παρόντος Κώδικα.

Πληροφοριακή σημείωση: Το [NFPA 70E](#) παρέχει σχετικές οδηγίες, για θέματα όπως ο καθορισμός σοβαρότητας πιθανής έκθεσης, ο σχεδιασμός ασφαλών πρακτικών εργασιών (συμπεριλαμβανομένης της δημιουργίας ηλεκτρικά ασφαλών συνθηκών εργασίας), η σήμανση ηλεκτρικού τόξου, και η επιλογή ΜΑΠ.

(1) Βάθος (depth) χώρου εργασίας: Το βάθος του χώρου εργασίας στην κατεύθυνση των μερών υπό τάση θα είναι τουλάχιστον όσο δίνεται στον Πίνακα 110.26(A)(1), εκτός αν ικανοποιείται κάποια από τις κατωτέρω απαιτήσεις (a), (b) ή (c). Οι αποστάσεις θα μετρώνται από τα μέρη υπό τάση, εάν αυτά

⁶⁰ Χαμηλή Τάση

είναι εκτεθειμένα, ή από το άκρο ή το άνοιγμα του περιβλήματος, εφόσον αυτά περικλείονται από αυτό.

(a) Συστήματα με πρόσοψη εκτός τάσης (dead-front assemblies): Δεν απαιτείται χώρος εργασίας στην πίσω ή τις πλάγιες όψεις συστημάτων, όπως πίνακες διακοπών (switchboards), διακοπτικός εξοπλισμός (switchgear) ή κέντρα ελέγχου κινητήρων (motor control centers), όπου όλες οι συνδέσεις και όλα τα τμήματα που μπορούν να αλλαχθούν και να ρυθμιστούν (όπως ασφάλειες ή διακόπτες) είναι προσβάσιμα από άλλη θέση (και όχι από την πίσω ή τις πλάγιες πλευρές). Όπου απαιτείται πρόσβαση στην πίσω πλευρά για μη ηλεκτρικές εργασίες στο πίσω μέρος κλειστού (enclosed) εξοπλισμού, θα υπάρχει οριζόντιος χώρος εργασίας τουλάχιστον 762 mm.

(b) Χαμηλή τάση: Κατόπιν ειδικής άδειας, θα επιτρέπονται μικρότεροι χώροι εργασίας όπου όλα τα εκτεθειμένα μέρη υπό τάση λειτουργούν σε τάσης έως και 30 V rms, 42 V πλάτους (peak) ή 60 V ΣΡ.

(c) Υπάρχοντα κτίρια: Σε υπάρχοντα κτίρια όπου αντικαθίσταται ηλεκτρικός εξοπλισμός, θα επιτρέπονται οι αποστάσεις της Συνθήκης 2 ανάμεσα σε συστήματα με πρόσοψη εκτός τάσης (πίνακες διακοπών, διακοπτικός εξοπλισμός, ηλεκτρικοί πίνακες (panelboards) ή κέντρα ελέγχου κινητήρων) τοποθετημένα το ένα απέναντι από το άλλο, όπου οι συνθήκες συντήρησης και επιτήρησης επιβεβαιώνουν ότι έχουν υιοθετηθεί γραπτές οδηγίες, ώστε να αποτρέπεται το ταυτόχρονο άνοιγμα εξοπλισμού στις δύο πλευρές του διαδρόμου, και ότι η συντήρηση γίνεται από εκπαιδευμένα και εξουσιοδοτημένα άτομα.

Πίνακας 110.26(A)(1): Χώρος εργασίας σε ηλεκτρικό εξοπλισμό

Ονομαστική τάση ως προς γη	Ελάχιστη απόσταση		
	Συνθήκη 1	Συνθήκη 2	Συνθήκη 3
0...150 V	0,9 m	0,9 m	0,9 m
151...600 V	0,9 m	1,0 m	1,2 m
601...1000 V	0,9 m	1,2 m	1,5 m

Συνθήκη 1: Υπάρχουν εκτεθειμένα μέρη υπό τάση στη μία πλευρά του χώρου εργασίας, και δεν υπάρχουν μέρη υπό τάση ή γειωμένα μέρη στην άλλη πλευρά του χώρου εργασίας. Ή εκτεθειμένα μέρη υπό τάση και στις δύο πλευρές του χώρου εργασίας που προφυλάσσονται επαρκώς από μονωτικά υλικά.

Συνθήκη 2: Υπάρχουν εκτεθειμένα μέρη υπό τάση στη μία πλευρά του χώρου εργασίας, και γειωμένα μέρη στην άλλη πλευρά του χώρου εργασίας. Τοίχοι από σκυρόδεμα, τούβλα ή πλακάκια θεωρούνται γειωμένοι.

Συνθήκη 3: Υπάρχουν εκτεθειμένα μέρη υπό τάση και στις δύο πλευρές του χώρου εργασίας,

(2) Πλάτος (width) χώρου εργασίας: Το πλάτος του χώρου εργασίας μπροστά από τον ηλεκτρικό εξοπλισμό θα είναι είτε το πλάτος του εξοπλισμού είτε 762 mm, όποιο είναι μεγαλύτερο. Σε όλες τις περιπτώσεις, ο χώρος εργασίας θα επιτρέπει άνοιγμα τουλάχιστον κατά 90° για τις πόρτες του εξοπλισμού, ή τους στρεφόμενους πίνακες (hinged panels).

(3) Ύψος (height) χώρου εργασίας: Ο χώρος εργασίας θα πρέπει να είναι ελεύθερος (clear) και να εκτείνεται από το επίπεδο (grade), δάπεδο (floor) ή πλατφόρμα (platform) έως ένα ύψος είτε 2,0 m είτε το ύψος του εξοπλισμού, όποιο είναι μεγαλύτερο. Εντός των απαιτήσεων ύψους αυτής της ενότητας, άλλος εξοπλισμός ή υποστηρικτικές κατασκευές όπως πλάκες από σκυρόδεμα (concrete pads), που σχετίζονται με την ηλεκτρική εγκατάσταση και βρίσκονται πάνω ή κάτω από τον ηλεκτρικό εξοπλισμό, επιτρέπεται να προεξέχουν το πολύ 150 mm πέρα από την μπροστινή όψη του ηλεκτρικού εξοπλισμού.

Εξαίρεση Νο.1: Σε συστήματα συσσωρευτών που βρίσκονται σε ανοιχτά πλαίσια, η απόσταση από την πάνω πλευρά θα ικανοποιεί την 480.10(D).

Εξαίρεση Νο.2: Σε υπάρχουσες κατοικίες, ο εξοπλισμός σύνδεσης με το δίκτυο ή οι ηλεκτρικοί πίνακες που δεν υπερβαίνουν τα 200 A επιτρέπονται σε χώρους με ύψος λιγότερο από 2,0 m.

Εξαίρεση No.3: Μετρητές (meters) που εγκαθιστώνται σε υποδοχές μετρητών (meter sockets) επιτρέπεται να προεξέχουν από τον υπόλοιπο εξοπλισμό. Η υποδοχή του μετρητή πρέπει να ακολουθεί τους κανόνες αυτής της ενότητας.

(4) Περιορισμένη πρόσβαση: Όπου εξοπλισμός που λειτουργεί σε ονομαστική τάση έως και 1000 V ως προς γη, και είναι πιθανό να απαιτεί εξέταση, ρύθμιση, συντήρηση ή επισκευή ενώ είναι ενεργοποιημένος,, απαιτείται λόγω οδηγιών εγκατάστασης ή λειτουργίας να τοποθετείται σε μέρος με περιορισμένη πρόσβαση, θα ισχύουν όλα τα παρακάτω:

(1) Όπου ο εξοπλισμός εγκαθίσταται πάνω από μία ψευδοροφή (lay-in ceiling), θα υπάρχει άνοιγμα τουλάχιστον 559 mm×559 mm, ή σε χώρο που απαιτεί σκύψιμο (crawl space), θα υπάρχει ένα προσβάσιμο άνοιγμα τουλάχιστον 559 mm × 762 mm.

(2) Το πλάτος του χώρου εργασίας θα είναι το πλάτος του περιβλήματος του εξοπλισμού ή τουλάχιστον 762 mm, όποιο είναι μεγαλύτερο.

(3) Όλες οι πόρτες περιβλημάτων ή περιστρεφόμενοι πίνακες θα είναι δυνατό να ανοίγουν τουλάχιστον κατά 90°.

(4) Ο χώρος μπροστά από το περίβλημα θα συμμορφώνεται με τις απαιτήσεις βάθους του Πίνακα 110.26(A)(1). Το μέγιστο ύψος του χώρου εργασίας θα είναι το απαραίτητο ύψος για να εγκατασταθεί ο εξοπλισμός στον περιορισμένο χώρο. Επιτρέπεται να υπάρχει σε αυτό το χώρο ένα οριζόντιο δομικό τμήμα οροφής (ceiling structural member) ή πλαίσιο πρόσβασης (access panel).

(5) Διαχωρισμός από εξοπλισμό υψηλής τάσης: Όπου υπάρχουν διακόπτες, ασφάλειες (cutouts) ή άλλος εξοπλισμός που λειτουργεί σε ονομαστική τάση έως και 1000 V, σε κλειστό θάλαμο (vault), δωμάτιο ή περίβλημα όπου υπάρχουν εκτεθειμένα μέρη υπό τάση ή καλώδια (wiring) που λειτουργούν σε ονομαστική τάση >1000 V, ο εξοπλισμός της υψηλότερης τάσης θα διαχωρίζεται αποτελεσματικά από το χώρο που καταλαμβάνει ο εξοπλισμός της ΧΤ με κατάλληλο διαχωριστικό (partition), φράγμα (fence) ή προφυλακτήρα (screen).

(B) Ελεύθεροι χώροι (clear spaces): Οι χώροι εργασίας που απαιτούνται από αυτή την ενότητα δεν θα χρησιμοποιούνται για αποθήκευση. Όταν μέρη υπό τάση, που υπό κανονικές συνθήκες είναι κλεισμένα μέσα στο περίβλημα, εκτίθενται για επιθεώρηση ή συντήρηση, ο χώρος εργασίας, εφόσον είναι σε διάδρομο (passageway) ή γενικά σε ελεύθερο χώρο (open space), θα είναι κατάλληλα προφυλαγμένος.

(C) Είσοδος και έξοδος από το χώρο εργασίας.

(1) Ελάχιστος απαιτούμενος αριθμός: Θα υπάρχει τουλάχιστον μία είσοδος επαρκούς εμβαδού για πρόσβαση προς και έξοδο από το χώρο εργασίας γύρω από τον ηλεκτρικό εξοπλισμό.

(2) Εξοπλισμός μεγάλου μεγέθους: Για εξοπλισμό μεγάλου μεγέθους που περιλαμβάνει διατάξεις υπερέντασης, διακοπών, ή ελέγχου, θα υπάρχει μια είσοδος προς και έξοδος από τον απαιτούμενο χώρο εργασίας, όχι λιγότερο από 610 mm πλάτος και 2,0 m ύψος, σε κάθε άκρη (end) του χώρου εργασίας. Αυτή η απαίτηση θα εφαρμόζεται σε οποιαδήποτε από τις ακόλουθες καταστάσεις:

(1) Για εξοπλισμό με ονομαστική τιμή 1200 A και άνω, και πλάτους >1,8 m.

(2) Για μέσα διακοπής τροφοδοσίας (service disconnecting means) που εγκαθιστώνται σύμφωνα με την 230.71, όπου η συνδυασμένη ονομαστική τιμή ρεύματος είναι 1200 A και άνω, και πλάτους >1,8 m.

Ανοιχτές πόρτες εξοπλισμού δεν θα εμποδίζουν την είσοδο ή την έξοδο από το χώρο εργασίας.

Θα επιτρέπεται μία μοναδική είσοδος και έξοδος από τον απαιτούμενο χώρο εργασίας, εφόσον ικανοποιείται οποιαδήποτε από τις παρακάτω απαιτήσεις (a) ή (b).

(a) *Ανεμπόδιση έξοδος:* Εφόσον η τοποθεσία επιτρέπει μια συνεχή και ανεμπόδιση διαδρομή εξόδου, θα επιτρέπεται μία μοναδική είσοδος.

(b) *Επιπλέον χώρος εργασίας:* Εφόσον το βάθος του χώρου εργασίας είναι το διπλάσιο από αυτό που απαιτείται από την 110.26(A)(1), θα επιτρέπεται μία μοναδική είσοδος. Θα είναι τοποθετημένη

έτσι ώστε η απόσταση από τον εξοπλισμό έως το πλησιέστερο άκρο της εισόδου να είναι τουλάχιστον όσο η ελάχιστη ελεύθερη απόσταση που προσδιορίζεται στον Πίνακα 110.26(A)(1) για την αντίστοιχη τάση και συνθήκη.

(3) Θύρες προσωπικού: Όπου υπάρχει εξοπλισμός ονομαστικής τιμής 800 A και άνω, που περιέχει διατάξεις υπερέντασης, διακοπής ή ελέγχου, και υπάρχει θύρα/ες για την είσοδο και την έξοδο προσωπικού, σε απόσταση <7,6 m από την πλησιέστερη άκρη του χώρου εργασίας, η/οι θύρα/ες θα ανοίγουν προς την κατεύθυνση εξόδου και θα διαθέτουν μηχανισμό πανικού (panic hardware) ή έξοδο φωτιάς, που θα πρέπει να βρίσκονται σε εγκεκριμένο κατάλογο.

Πληροφοριακή σημείωση: Βλ. [UL 305](#) [Standard for Panic Hardware] για πληροφορίες σχετικά με το μηχανισμό πανικού και τις εξόδους φωτιάς, και το [UL 10C](#) [Standard for Positive Pressure Fire Tests of Door Assemblies] για τις εξόδους φωτιάς.

(D) Φωτισμός: Θα υπάρχει φωτισμός στους χώρους εργασίας που περιέχουν διακοπτικό εξοπλισμό, ηλεκτρικούς πίνακες, ή κέντρα ελέγχου κινητήρων εγκατεστημένο σε εσωτερικό χώρο. Δεν επιτρέπεται να ελέγχεται όλος ο φωτισμός εντός του χώρου εργασίας μόνο με αυτόματα μέσα. Δεν απαιτούνται πρόσθετα σημεία σύνδεσης φωτιστικών όπου ο χώρος εργασίας φωτίζεται από γειτονική (adjacent) πηγή φωτός, ή όπου επιτρέπεται από την 210.70(A)(1)Εξ.No.1 για ρευματολήπτες με διακόπτη (switched receptacles).

(E) Αποκλειστικής χρήσης (dedicated) χώρος εξοπλισμού: Όλοι οι πίνακες διακοπών, διακοπτικός εξοπλισμός, ηλεκτρικοί πίνακες και κέντρα ελέγχου κινητήρων θα βρίσκονται σε χώρο αποκλειστικής χρήσης και θα προστατεύονται από ζημιά (damage).

Εξαίρεση: Εξοπλισμός ελέγχου που λόγω της φύσης του ή λόγω άλλων απαιτήσεων του παρόντος Κώδικα πρέπει να βρίσκεται δίπλα ή σε οπτική απόσταση από τον εξοπλισμό που χειρίζεται, επιτρέπεται να βρίσκεται στον ίδιο χώρο.

(1) Εσωτερικός χώρος (indoor): Εγκαταστάσεις εσωτερικού χώρου θα συμμορφώνονται με τις παρακάτω απαιτήσεις (a) έως (d).

(a) Ηλεκτρικός χώρος αποκλειστικής χρήσης: Χώρος ίσος με το πλάτος και το βάθος του εξοπλισμού, και που εκτείνεται από το δάπεδο έως ύψος 1,8 m πάνω από τον εξοπλισμό ή έως την δομική οροφή (structural ceiling), όποιο είναι χαμηλότερο, θα είναι αποκλειστικής χρήσης του ηλεκτρικού εξοπλισμού. Δεν θα υπάρχουν σωληνώσεις, αεραγωγοί, διατάξεις προστασίας διαρροών, ή άλλος εξοπλισμός ξένος προς την ηλεκτρική εγκατάσταση σε αυτό το χώρο.

Εξαίρεση: Ψευδοροφές (suspended ceilings) με κινητά πλαίσια (removable panels) θα επιτρέπονται εντός του ύψους των 1,8 m.

(b) Ξένα συστήματα: Η περιοχή που βρίσκεται πάνω από το χώρο αποκλειστικής χρήσης της παρ. (a) θα επιτρέπεται να περιέχει ξένα συστήματα, εφόσον υπάρχει προστασία ώστε να αποτρέπεται η ζημιά στον ηλεκτρικό εξοπλισμό από συμπυκνώσεις, διαρροές ή θραύσεις των ξένων αυτών συστημάτων.

(c) Προστασία με καταιονιστήρες: Επιτρέπεται προστασία με καταιονιστήρες για το χώρο αποκλειστικής χρήσης, εφόσον οι σωληνώσεις συμμορφώνονται με αυτή την ενότητα.

(d) Ψευδοροφές: Χαμηλωμένες (dropped) οροφές, ψευδοροφές ή παρόμοιες κατασκευές που δεν προσθέτουν αντοχή στη δομή του κτιρίου δεν θεωρούνται δομικές οροφές.

(2) Υπαίθριος χώρος (outdoor): Οι υπαίθριες εγκαταστάσεις θα συμμορφώνονται με τις ακόλουθες απαιτήσεις (a) έως (c):

(a) Απαιτήσεις εγκατάστασης: Ο υπαίθριος ηλεκτρικός εξοπλισμός:

(1) Θα εγκαθίσταται σε επισημασμένα περιβλήματα (identified enclosures).

(2) Θα προστατεύεται ενάντια στην τυχαία επαφή από μη εξουσιοδοτημένο προσωπικό ή από κυκλοφορούντα οχήματα.

(3) Θα προστατεύεται από τυχαία διαρροή (spillage or leakage) από συστήματα σωληνώσεων.

(b) Χώρος εργασίας: Ο ελεύθερος χώρος εργασίας θα περιλαμβάνει τη ζώνη που περιγράφεται στην 110.26(A). Δεν θα βρίσκονται αρχιτεκτονικά μέλη (appurtenance) ή άλλος εξοπλισμός σε αυτή τη ζώνη.

(c) Χώρος αποκλειστικής χρήσης εξοπλισμού: Χώρος ίσος με το πλάτος και το βάθος του εξοπλισμού, και που εκτείνεται από το δάπεδο έως ύψος 1,8 m πάνω από τον εξοπλισμό θα είναι αποκλειστικής χρήσης του ηλεκτρικού εξοπλισμού. Δεν θα υπάρχουν σωληνώσεις ή άλλος εξοπλισμός ξένος προς την ηλεκτρική εγκατάσταση σε αυτό το χώρο.

Εξαιρέση: Δομικές προεξοχές (overhangs) ή επεκτάσεις της οροφής (roof extensions) επιτρέπεται να υπάρχουν σε αυτό το χώρο.

(F) Κλειδωμένα δωμάτια ή περιβλήματα ηλεκτρικού εξοπλισμού: Δωμάτια ηλεκτρικού εξοπλισμού ή περιβλήματα που στεγάζουν ηλεκτρικές συσκευές (apparatus) και ελέγχονται από κλειδαριά/ές θα θεωρούνται προσβάσιμα σε εκπαιδευμένα άτομα.

110.27: Προφύλαξη από μέρη υπό τάση.

(A) Προφύλαξη μερών υπό τάση από τυχαία επαφή: Εκτός αν απαιτείται ή επιτρέπεται διαφορετικά από άλλο σημείο του Κώδικα, τα μέρη υπό τάση εξοπλισμού που λειτουργεί μεταξύ 50 και 1000 V ονομαστικής τιμής, θα προφυλάσσονται από τυχαία επαφή με εγκεκριμένα περιβλήματα (enclosures) ή με οποιονδήποτε από τους παρακάτω τρόπους.

(1) Με τοποθέτηση σε δωμάτιο, κλειστό θάλαμο (vault) ή παρόμοια κλειστή κατασκευή που είναι προσβάσιμο μόνο σε εκπαιδευμένα (qualified) άτομα.

(2) Με μόνιμα, γερά (substantial) διαχωριστικά (partitions) ή προφυλακτήρες (screens) που διατάσσονται έτσι ώστε μόνο εκπαιδευμένα άτομα να έχουν πρόσβαση στο χώρο όπου είναι προσιτά τα μέρη υπό τάση. Τυχόν ανοίγματα σε αυτά τα διαχωριστικά ή προφυλακτήρες θα έχουν τέτοια διάσταση και θέση, ώστε να μην είναι πιθανό να έρθει ένα άτομο σε τυχαία επαφή με τα μέρη υπό τάση, ή να μετακινήσει αγωγίμα αντικείμενα ώστε να έρθουν σε επαφή με αυτά.

(3) Με τοποθέτηση σε μπαλκόνι, στοά (gallery) ή πλατφόρμα, σε τέτοιο ύψος και διάταξη ώστε να αποκλείει μη εκπαιδευμένα άτομα.

(4) Με ανύψωση πάνω από το έδαφος ή άλλη επιφάνεια εργασίας ως εξής:

a. Τουλάχιστον 2,5 m για 50...300 V μεταξύ μη γειωμένων αγωγών.

b. Τουλάχιστον 2,6 m για 301...600 V μεταξύ μη γειωμένων αγωγών.

c. Τουλάχιστον 2,62 m για 601...1000 V μεταξύ μη γειωμένων αγωγών.

(B) Πρόληψη φυσικής ζημιάς (physical damage): Σε θέσεις όπου ο ηλεκτρικός εξοπλισμός είναι πιθανό να εκτίθεται σε φυσική ζημιά, τα περιβλήματα και οι προφυλάξεις θα έχουν τέτοια διάταξη και αντοχή ώστε να αποτρέπουν τέτοια ζημιά.

(C) Σήματα προειδοποίησης: Οι είσοδοι στα δωμάτια και άλλες προφυλαγμένες τοποθεσίες που περιέχουν εκτεθειμένα μέρη υπό τάση θα επισημαίνονται με εμφανή (conspicuous) σήματα που απαγορεύουν σε μη εκπαιδευμένα άτομα να εισέρχονται. Τα σήματα θα ικανοποιούν τις απαιτήσεις του 110.21(B).

Πληροφοριακή σημείωση: Για κινητήρες βλ. 430.232. Για >1000 V, βλ. 110.34.

Μέρος II: Πάνω από 1000 V ονομαστική τάση

110.34: Χώρος εργασίας και προφύλαξη.

(A) Χώρος εργασίας: Εκτός από όσα απαιτούνται ή επιτρέπονται σε άλλο σημείο του Κώδικα, ο εξοπλισμός που είναι πιθανό να χρειάζεται εξέταση, ρύθμιση, συντήρηση ή επισκευή σε ενεργοποιημένη κατάσταση, θα έχει αρκετό ελεύθερο χώρο για εργασία στην κατεύθυνση της

πρόσβασης σε μέρη υπό τάση και θα είναι τουλάχιστον όσος προσδιορίζεται στον Πίνακα 110.34(A). Οι αποστάσεις θα μετρώνται από τα μέρη υπό τάση, εάν αυτά είναι εκτεθειμένα, ή από το άκρο ή το άνοιγμα του περιβλήματος, εφόσον αυτά περικλείονται από αυτό.

Εξαιρέση: Δεν απαιτείται χώρος εργασίας στο πίσω μέρος εξοπλισμού όπως διακοπτικός εξοπλισμός (switchgear) ή εξοπλισμός ελέγχου (control assemblies), όπου δεν υπάρχουν τμήματα που χρειάζονται αντικατάσταση ή επέμβαση (όπως ασφάλειες ή διακόπτες) στο πίσω μέρος και όλες οι συνδέσεις είναι προσβάσιμες από άλλες κατευθύνσεις. Εκεί που απαιτείται πρόσβαση στο πίσω μέρος για εργασία σε μη ηλεκτρικά τμήματα εξοπλισμού που βρίσκεται εντός περιβλήματος, θα υπάρχει χώρος εργασίας με οριζόντια απόσταση τουλάχιστον 762 mm.

Πίνακας 110.34(A): Ελάχιστος ελεύθερος χώρος εργασίας σε ηλεκτρικό εξοπλισμό

Ονομαστική τάση ως προς γη	Ελάχιστη απόσταση		
	Συνθήκη 1	Συνθήκη 2	Συνθήκη 3
1001...2500 V	0,9 m	1,2 m	1,5 m
2501...9000 V	1,2 m	1,5 m	1,8 m
9001...25000 V	1,5 m	1,8 m	2,8 m
25001 V...75 kV	1,8 m	2,5 m	3,0 m
>75 kV	2,5 m	3,0 m	3,7 m

Συνθήκη 1: Υπάρχουν εκτεθειμένα μέρη υπό τάση στη μία πλευρά του χώρου εργασίας, και δεν υπάρχουν μέρη υπό τάση ή γειωμένα μέρη στην άλλη πλευρά του χώρου εργασίας. Ή εκτεθειμένα μέρη υπό τάση και στις δύο πλευρές του χώρου εργασίας που προφυλάσσονται επαρκώς από μονωτικά υλικά.

Συνθήκη 2: Υπάρχουν εκτεθειμένα μέρη υπό τάση στη μία πλευρά του χώρου εργασίας, και γειωμένα μέρη στην άλλη πλευρά του χώρου εργασίας. Τοίχοι από σκυρόδεμα, τούβλα ή πλακάκια θεωρούνται γειωμένοι.

Συνθήκη 3: Υπάρχουν εκτεθειμένα μέρη υπό τάση και στις δύο πλευρές του χώρου εργασίας,

(B) Διαχωρισμός από εξοπλισμό Χαμηλής Τάσης: Όπου υπάρχουν διακόπτες, ασφάλειες (cutouts) ή άλλος εξοπλισμός που λειτουργεί σε ονομαστική τάση 1000 V ή λιγότερο, σε κλειστό θάλαμο (vault), δωμάτιο ή περίβλημα όπου υπάρχουν εκτεθειμένα μέρη υπό τάση ή καλώδια (wiring) που λειτουργούν σε ονομαστική τάση >1000 V, ο εξοπλισμός της υψηλότερης τάσης θα διαχωρίζεται αποτελεσματικά από το χώρο που καταλαμβάνει ο εξοπλισμός της ΧΤ με κατάλληλο διαχωριστικό (partition), φράγμα (fence) ή προφυλακτήρα (screen).

Εξαιρέση: Οι διακόπτες ή άλλος εξοπλισμός που λειτουργεί σε ονομαστική τάση 1000 V και κάτω, και εξυπηρετεί μόνο εξοπλισμό εντός του χώρου (θαλάμου, δωματίου ή περιβλήματος) υψηλότερης τάσης θα επιτρέπεται να εγκαθίσταται χωρίς διαχωριστικό, φράγμα ή προφυλακτήρα εάν είναι προσβάσιμος μόνο σε εκπαιδευμένο προσωπικό.

(C) Κλειδωμένα δωμάτια ή περιβλήματα: Η είσοδος σε όλα τα κτίρια, θαλάμους, δωμάτια ή περιβλήματα που περιέχουν εκτεθειμένα μέρη υπό τάση ή εκτεθειμένους αγωγούς που λειτουργούν σε ονομαστική τάση άνω των 1000 V θα διατηρείται κλειδωμένη, εκτός εάν επιβλέπεται συνεχώς από εκπαιδευμένο άτομο.

Θα υπάρχουν μόνιμα και εμφανή σήματα. Το σήμα κινδύνου θα ικανοποιεί τις απαιτήσεις της 110.21(B) και θα αναφέρει: «ΚΙΝΔΥΝΟΣ – ΥΨΗΛΗ ΤΑΣΗ – ΠΑΡΑΜΕΙΝΕΤΕ ΕΞΩ» (DANGER – HIGH VOLTAGE – KEEP OUT).

(D) Φωτισμός: Θα παρέχεται φωτισμός σε όλους τους χώρους εργασίας γύρω από ηλεκτρικό εξοπλισμό. Δεν επιτρέπεται ο έλεγχος μόνο με αυτόματα μέσα. Τα σημεία σύνδεσης φωτιστικών θα είναι τοποθετημένα έτσι ώστε τα άτομα που αλλάζουν λαμπτήρες ή επισκευάζουν το σύστημα φωτισμού δεν θα κινδυνεύουν από μέρη υπό τάση ή από άλλο εξοπλισμό.

Τα σημεία ελέγχου θα είναι τοποθετημένα έτσι ώστε να μην είναι πιθανό κάποιος να έρθει σε επαφή με οποιοδήποτε μέρος υπό τάση ή κινούμενο μέρος όταν χειρίζεται τους διακόπτες φωτισμού.

(Ε) Ανύψωση απροστάτευτων μερών υπό τάση: Μέρη υπό τάση που δεν είναι προφυλαγμένα θα βρίσκονται πάνω από το χώρο εργασίας, σε ύψος τουλάχιστον όσο απαιτείται από τον Πίνακα 110.34(Ε).

Πίνακας 110.34(Ε): Ανύψωση αφύλακτων μερών υπό τάση πάνω από το χώρο εργασίας.

Ονομαστική τάση μεταξύ φάσεων	Ανύψωση [m]
10001...7500 V	2,7
7501...35000 V	2,9
>35 kV	+9,5 mm/kV για κάθε kV άνω των 35

(F) Προστασία εξοπλισμού σύνδεσης με το δίκτυο (service equipment), διακοπτικού εξοπλισμού (switchgear) και εξοπλισμού βιομηχανικού ελέγχου (industrial control assemblies): Σωλήνες (pipes) ή αεραγωγοί (ducts) που δεν ανήκουν στην ηλεκτρική εγκατάσταση και απαιτούν περιοδική συντήρηση, ή των οποίων η δυσλειτουργία θα μπορούσε να θέσει σε κίνδυνο τη λειτουργία του ηλεκτρικού συστήματος, δεν θα βρίσκονται κοντά σε εξοπλισμό συντήρησης, διακοπτικό εξοπλισμό και εξοπλισμό βιομηχανικού ελέγχου. Θα παρέχεται προστασία όπου είναι απαραίτητο για να αποφευχθούν ζημιές από συμπυκνώσεις, διαρροές και θραύσεις αυτών των ξένων συστημάτων. Οι σωληνώσεις και άλλες εγκαταστάσεις δεν θεωρούνται ξένες εφόσον χρησιμεύουν για πυροπροστασία της ηλεκτρικής εγκατάστασης.

Άρθρο 240: Προστασία υπερέντασης

240.1: Πεδίο εφαρμογής: Τα μέρη I έως VII αυτού του άρθρου παρέχουν τις γενικές απαιτήσεις προστασίας υπερέντασης και διατάξεων προστασίας υπερέντασης για ονομαστικές τάσεις έως και 1000 V. Το μέρος VIII καλύπτει την προστασία υπερέντασης για τα τμήματα των βιομηχανικών εγκαταστάσεων που λειτουργούν σε ονομαστικές τάσεις έως και 1000 V. Το μέρος IX καλύπτει προστασία υπερέντασης ονομαστικής τάσης πάνω από 1000 V.

Πληροφοριακή σημείωση: Η προστασία υπερέντασης για αγωγούς και εξοπλισμό παρέχεται ώστε να ανοίγει το κύκλωμα εάν το ρεύμα φτάσει μια τιμή που θα προκαλέσει υπερβολική ή επικίνδυνη θερμοκρασία σε αγωγούς ή μόνωση αγωγών. Βλ. επίσης 110.9 για τις ονομαστικές τιμές διακοπής (interrupting ratings) και 110.10 για τις απαιτήσεις προστασίας από ρεύματα σφάλματος.

240.21: Θέση στο κύκλωμα: Η προστασία από υπερένταση θα παρέχεται σε κάθε αγείωτο αγωγό κυκλώματος και θα τοποθετείται στο σημείο όπου οι αγωγοί δέχονται την τροφοδοσία (supply) τους, εκτός από τις περιπτώσεις (A) έως (H). Οι αγωγοί που εμπίπτουν στις περιπτώσεις (A) έως (H) δεν θα τροφοδοτούν άλλο αγωγό παρά μόνο μέσω μιας διάταξης προστασίας υπερέντασης που συμμορφώνεται με τις απαιτήσεις του 240.1.

[...]

(H) Αγωγοί συσσωρευτών: Η προστασία υπερέντασης επιτρέπεται να εγκαθίσταται όσο είναι πρακτικά εφικτό κοντά στους τερματικούς ακροδέκτες των συσσωρευτών αποθήκευσης, σε μια θέση μη χαρακτηρισμένη ως επικίνδυνη (unclassified). Η εγκατάσταση της προστασίας υπερέντασης εντός μιας επικίνδυνης (hazardous) (χαρακτηρισμένης, classified) θέσης είναι επίσης επιτρεπτή.

Άρθρο. 300: Γενικές απαιτήσεις για μεθόδους και υλικά καλωδίωσης (wiring)⁶¹

300.3: Αγωγοί⁶¹

Άρθρο 400: Εύκαμπτα καλώδια (flexible cords and cables)⁶¹

Άρθρο 705: Διασυνδεδεμένες πηγές παραγωγής ηλεκτρικής ισχύος

705.10: Ταυτοποίηση πηγών ισχύος: Μια μόνιμη πινακίδα (plaque) ή κατάλογος (directory) θα εγκαθίσταται σε κάθε θέση εξοπλισμού σύνδεσης με το δίκτυο (service equipment), ή σε μία εγκεκριμένη άμεσα ορατή θέση. Η πινακίδα ή κατάλογος θα δείχνει τη θέση κάθε μέσου αποσύνδεσης πηγής ισχύος για το κτίριο ή την κατασκευή και θα βρίσκεται μαζί με άλλες πινακίδες ή καταλόγους για άλλες πηγές ισχύος στο πεδίο. Η πινακίδα ή ο κατάλογος θα επιγράφεται με τη φράση «ΠΡΟΣΟΧΗ: ΠΟΛΛΑΠΛΕΣ ΠΗΓΕΣ ΙΣΧΥΟΣ» (CAUTION: MULTIPLE SOURCES OF POWER). Εάν υπάρχουν αναρτημένα διαγράμματα, θα είναι σωστά προσανατολισμένα ως προς τη θέση του διαγράμματος. Η σήμανση θα συμμορφώνεται με την 110.21(B).

Εξαίρεση: Εγκαταστάσεις με πολλαπλές πηγές παραγωγής ισχύος που βρίσκονται στον ίδιο χώρο (co-located) επιτρέπεται να επισημαίνονται ως ομάδα. Η πινακίδα ή ο κατάλογος δεν απαιτείται να επισημαίνει κάθε πηγή ισχύος ξεχωριστά.

705.12: Συνδέσεις πηγών στην πλευρά του φορτίου (load-side source connections): Η έξοδος μιας διασυνδεδεμένης πηγής ηλεκτρικής ισχύος θα επιτρέπεται να βρίσκεται στην πλευρά φορτίου του μέσου αποσύνδεσης τροφοδοσίας (service disconnecting means) της/ων άλλης/ων πηγής/ών σε οποιοδήποτε εξοπλισμό διανομής στο χώρο (on the premises). Στην περίπτωση που εξοπλισμός διανομής (distribution) ή τροφοδοσίας (feeder) τροφοδοτείται ταυτόχρονα από μία κύρια πηγή ηλεκτρικής ενέργειας, και από μία ή περισσότερες άλλες πηγές ισχύος, και είναι ικανός να τροφοδοτήσει πολλαπλούς κλάδους (branches) κυκλωμάτων ή γραμμές τροφοδοσίας, ή και τα δύο, ο εξοπλισμός διασύνδεσης (interconnecting equipment) θα συμμορφώνεται με τις κατωτέρω παραγράφους (A) έως και (E). Στην περίπτωση που ένα σύστημα ελέγχου ισχύος (power control system, PCS) εγκαθίσταται σε συμφωνία με την 705.13, το σημείο ρύθμισης (setting) του ελεγκτή του PCS θα θεωρείται ότι είναι το ρεύμα κυκλώματος εξόδου της πηγής ισχύος στις κατωτέρω παραγράφους (A) έως και (E).

(A) Αποκλειστικής χρήσης (dedicated) υπερένταση και αποσύνδεση: Κάθε διασύνδεση μίας ή περισσότερων πηγών ισχύος που είναι εγκατεστημένες σε ένα σύστημα, θα γίνεται με ένα αποκλειστικής χρήσης αυτόματο διακόπτη ή τηκόμενο (fusible) μέσο αποσύνδεσης.

(B) Ονομαστική τιμή ρεύματος (ampere rating) ζυγού (bus) ή αγωγού: Το ρεύμα κυκλώματος εξόδου της πηγής ισχύος, πολλαπλασιασμένο επί 125%, θα χρησιμοποιείται για τους υπολογισμούς ικανότητας μεταφοράς ρεύματος στις κατωτέρω παραγράφους (1) έως και (3).

(1) Γραμμές τροφοδοσίας (feeders): Όταν η σύνδεση εξόδου της πηγής ισχύος γίνεται σε μια γραμμή τροφοδοσίας, η γραμμή αυτή θα έχει ικανότητα μεταφοράς ρεύματος μεγαλύτερη ή ίση με το 125% του ρεύματος κυκλώματος εξόδου της πηγής ισχύος. Στην περίπτωση όπου η σύνδεση εξόδου της πηγής ισχύος στη γραμμή τροφοδοσίας γίνεται σε άλλο σημείο, και όχι στον αντίθετο άκρο σε σχέση με την διάταξη προστασίας υπερέντασης της κύριας πηγής, το τμήμα της γραμμής τροφοδοσίας που βρίσκεται στην πλευρά φορτίου της σύνδεσης εξόδου της πηγής ισχύος θα προστατεύεται με ένα εκ των παρακάτω (a) ή (b):

⁶¹ Δεν παρατίθενται αναλυτικά.

(a) Η ικανότητα μεταφοράς ρεύματος της γραμμής τροφοδοσίας θα είναι τουλάχιστον ίση με το άθροισμα της διάταξης υπερέντασης της κύριας πηγής συν το 125% του ρεύματος κυκλώματος εξόδου της πηγής ισχύος.

(b) Μία διάταξη υπερέντασης στην πλευρά φορτίου του σημείου σύνδεσης πηγής ισχύος θα έχει ονομαστική τιμή το πολύ ίση με την ικανότητα μεταφοράς ρεύματος της γραμμής τροφοδοσίας.

(2) Λήψεις (taps): Στην περίπτωση που οι συνδέσεις εξόδου της πηγής ισχύος γίνονται σε γραμμές τροφοδοσίας, όλες οι λήψεις θα διαστασιολογούνται με βάση το άθροισμα του 125% του ρεύματος/ων κυκλώματος εξόδου όλων των πηγών ισχύος συν την ονομαστική τιμή της διάταξης υπερέντασης που προστατεύει τους αγωγούς της γραμμής τροφοδοσίας, για τη διαστασιολόγηση των αγωγών λήψεων, χρησιμοποιώντας τους υπολογισμούς της 240.21(B).

(3) Ζυγοί (busbars): Μία από τις παρακάτω μεθόδους (1) έως (6) θα χρησιμοποιείται για προσδιορίσει τις ονομαστικές τιμές των ζυγών:

(1) Το άθροισμα του 125% του ρεύματος κυκλώματος εξόδου της πηγής/ών ισχύος συν την ονομαστική τιμή της διάταξης υπερέντασης που προστατεύει το ζυγό, δεν θα υπερβαίνει την ονομαστική ικανότητα μεταφοράς ρεύματος του ζυγού.

Πληροφοριακή σημείωση: Αυτός ο γενικός κανόνας δεν υποθέτει κανένα περιορισμό στον αριθμό ή στη θέση των φορτίων ή πηγών που συνδέονται (applied) στους ζυγούς.

(2) Όπου δύο πηγές, η μία κύρια πηγή ισχύος και η δεύτερη μια άλλη πηγή ισχύος, βρίσκονται σε αντίθετα άκρα ενός ζυγού που περιέχει (contains) φορτία, το άθροισμα του 125% του ρεύματος κυκλώματος εξόδου της πηγής/ών ισχύος, συν την ονομαστική τιμή της διάταξης υπερφόρτισης που προστατεύει το ζυγό, δεν θα υπερβαίνει το 120% της ικανότητας μεταφοράς ρεύματος του ζυγού. Ο ζυγός θα είναι διαστασιολογημένος για τα συνδεδεμένα φορτία σύμφωνα με το Άρθρο 220. Μια μόνιμη πινακίδα προειδοποίησης θα είναι τοποθετημένη (applied) στον εξοπλισμό διανομής δίπλα στον διακόπτη οπίσθιας τροφοδοσίας (back-fed breaker) από την πηγή ισχύος, που θα έχει την ακόλουθη ή ισοδύναμη διατύπωση:

«ΠΡΟΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗ: ΣΥΝΔΕΣΗ ΕΞΟΔΟΥ ΠΗΓΗΣ ΙΣΧΥΟΣ – ΜΗΝ ΜΕΤΑΚΙΝΕΙΤΕ ΑΥΤΗ ΤΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΥΠΕΡΕΝΤΑΣΗΣ»

(WARNING: POWER SOURCE OUTPUT CONNECTION – DO NOT RELOCATE THIS OVERCURRENT DEVICE).

Το σήμα/τα ή η πινακίδα/ες προειδοποίησης θα συμμορφώνεται με την 110.21(B).

(3) Το άθροισμα των ονομαστικών τιμών ρεύματος (ampere ratings) όλων των διατάξεων υπερέντασης σε ηλεκτρικούς πίνακες (panelboards), διατάξεις φορτίου και τροφοδοσίας (supply), εξαιρούμενης της ονομαστικής τιμής της διάταξης υπερέντασης που προστατεύει το ζυγό, δεν θα υπερβαίνει την ονομαστική τιμή του ζυγού. Μόνιμες πινακίδες προειδοποίησης θα είναι τοποθετημένες στον εξοπλισμό διανομής, που θα αναγράφουν την ακόλουθη ή ισοδύναμη διατύπωση:

«ΠΡΟΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗ: ΑΥΤΟΣ Ο ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΤΡΟΦΟΔΟΤΕΙΤΑΙ ΑΠΟ ΠΟΛΛΑΠΛΕΣ ΠΗΓΕΣ. Η ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΤΙΜΗ ΟΛΩΝ ΤΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΥΠΕΡΕΝΤΑΣΗΣ ΕΞΑΙΡΟΥΜΕΝΗΣ ΤΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ ΥΠΕΡΕΝΤΑΣΗΣ ΤΗΣ ΚΥΡΙΑΣ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΔΕΝ ΘΑ ΥΠΕΡΒΑΙΝΕΙ ΤΗΝ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΤΟΥ ΖΥΓΟΥ». (WARNING: THIS EQUIPMENT FED BY MULTIPLE SOURCES. TOTAL RATING OF ALL OVERCURRENT DEVICES EXCLUDING MAIN SUPPLY OVERCURRENT DEVICE SHALL NOT EXCEED AMPACITY OF BUSBAR).

Το σήμα/τα ή η πινακίδα/ες προειδοποίησης θα συμμορφώνεται με την 110.21(B).

(4) Σύνδεση σε οποιοδήποτε άκρο ενός πίνακα τροφοδοτούμενου από το κέντρο (center-fed) σε κατοικίες (dwellings) θα επιτρέπεται, στην περίπτωση όπου το άθροισμα του 125% του ρεύματος κυκλώματος εξόδου της πηγής/ών ισχύος συν η ονομαστική τιμή της διάταξης υπερέντασης που προστατεύει το ζυγό δεν θα υπερβαίνει το 120% της ονομαστικής τιμής ρεύματος του ζυγού.

(5) Θα επιτρέπονται συνδέσεις σε διακοπτικό εξοπλισμό, πίνακες διακοπών και ηλεκτρικούς πίνακες, σε συνδεσμολογίες (configurations) διαφορετικές από αυτές που επιτρέπονται στις ανωτέρω παραγράφους (1) έως και (4), στην περίπτωση που σχεδιάζονται με επίβλεψη μηχανικού (engineering supervision) που περιλαμβάνει υπολογισμούς διαθέσιμου ρεύματος σφάλματος και φορτίου ζυγού.

(6) Θα επιτρέπονται συνδέσεις σε ζυγούς πινάκων που τροφοδοτούν ακροδέκτες τύπου οπής (lugs) συνδεδεμένους σε διερχόμενους (feed-through) αγωγούς. Οι διερχόμενοι αγωγοί θα διαστασιολογούνται σύμφωνα με την 705.12(B)(1). Στην περίπτωση που μία διάταξη υπερέντασης εγκαθίσταται στο άκρο τροφοδοσίας (supply end) των διερχόμενων αγωγών, ο ζυγός στον πίνακα που παρέχει την τροφοδοσία (supplying panelboard) θα επιτρέπεται να διαστασιολογείται σύμφωνα με τις ανωτέρω παραγράφους (1) έως και (3).

(C) Σήμανση: Εξοπλισμός που περιέχει διατάξεις υπερέντασης, σε κυκλώματα που τροφοδοτούν ισχύ σε ένα ζυγό ή αγωγό που τροφοδοτείται από πολλαπλές πηγές, θα έχει σήμανση που να υποδεικνύει την παρουσία όλων των πηγών.

(D) Καταλληλότητα για οπίσθια τροφοδοσία (backfeed): Μέσα αποσύνδεσης με (τηκόμενες) ασφάλειες (fused disconnects), εάν δεν έχουν διαφορετική σήμανση, θα θεωρούνται κατάλληλα για οπίσθια τροφοδοσία. Αυτόματοι διακόπτες που δεν έχουν σήμανση «γραμμή» (line) και «φορτίο» (load) θα θεωρούνται κατάλληλοι για οπίσθια τροφοδοσία. Αυτόματοι διακόπτες που έχουν σήμανση «γραμμή» (line) και «φορτίο» (load) θα θεωρούνται κατάλληλοι για οπίσθια τροφοδοσία ή ρεύμα αντίστροφης ροής (reverse current), εάν είναι ειδικά χαρακτηρισμένοι (specifically rated) ως τέτοιοι.

(E) Στερέωση (fastening): Αυτόματοι διακόπτες τύπου βύσματος-πρίζας (plug-in) που βρίσκονται σε εγκεκριμένο κατάλογο, τροφοδοτούμενοι οπίσθια από πηγές ηλεκτρικής ισχύος που είναι εγκεκριμένες και επισημασμένες ως αλληλεπιδραστικές, θα επιτρέπεται να παραλείπουν την επιπρόσθετη διάταξη στερέωσης (fastener) που απαιτείται κανονικά από την 408.36(D) για τέτοιες εφαρμογές.

705.45: Μη εξισορροπημένες (unbalanced) διασυνδέσεις (interconnections)

(A) Μονοφασικές (single phase): Μονοφασικές πηγές ισχύος σε αλληλεπιδραστικά συστήματα θα συνδέονται σε τριφασικά συστήματα ισχύος, για να περιορίσουν τις μη εξισορροπημένες τάσεις στο σημείο διασύνδεσης σε τιμή $\leq 3\%$.

Πληροφοριακή σημείωση: Για αλληλεπιδραστικές πηγές ισχύος, οι μη εξισορροπημένες τάσεις μπορούν να ελαχιστοποιηθούν με τις ίδιες μεθόδους που χρησιμοποιούνται για μονοφασικά φορτία σε τριφασικό σύστημα ισχύος. Βλ. [ANSI/C84.1](#) [American National Standard for Electric Power Systems and Equipment—Voltage Ratings (60 Hz)].

(B) Τριφασικές: Για τριφασικές πηγές ισχύος σε αλληλεπιδραστικά συστήματα, όλες οι φάσεις θα απενεργοποιούνται (de-energized) αυτόματα στην περίπτωση απώλειας τάσης, ή μη εξισορροπημένης τάσης, σε μία ή περισσότερες φάσεις, εκτός εάν το διασυνδεδεμένο σύστημα είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε η παραπάνω κατάσταση να μην έχει ως αποτέλεσμα σημαντικές (significant) μη εξισορροπημένες τάσεις.

Άρθρο 710: Αυτόνομα (stand-alone) συστήματα

710.1: Πεδίο εφαρμογής: Αυτό το Άρθρο καλύπτει συστήματα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που λειτουργούν σε συνθήκες νησίδας (island mode), και εγκαταστάσεις που δεν συνδέονται σε ηλεκτρικό δίκτυο παραγωγής και διανομής.

Πληροφοριακή σημείωση: Αυτά τα συστήματα είναι ικανά να λειτουργούν σε συνθήκες νησίδας, ανεξάρτητα από ένα ηλεκτρικό δίκτυο παραγωγής και διανομής, και περιλαμβάνουν αφενός απομονωμένα συστήματα μικρο-δικτύου, και αφετέρου συστήματα που αλληλεπιδρούν με άλλες πηγές

ισχύος. Τα αυτόνομα συστήματα συχνά συμπεριλαμβάνουν είτε μία πηγή ισχύος, είτε έναν αριθμό συμβατών και διασυνδεδεμένων μεταξύ τους πηγών ισχύος, όπως ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη [H/Z] (engine generators), ηλιακά ΦΒ, ανεμογεννήτριες, ESS ή συσσωρευτές.

710.6: Έγκριση (approval) εξοπλισμού: Όλος ο εξοπλισμός θα είναι εγκεκριμένος (approved) για την προοριζόμενη (intended) χρήση, σύμφωνα με ένα από τα παρακάτω:

(1) Να βρίσκεται σε εγκεκριμένο κατάλογο για την εφαρμογή.

(2) Να αξιολογηθεί (evaluated) για την εφαρμογή, και να τεθεί μία πινακίδα στο πεδίο (field label).

Πληροφοριακή σημείωση: Αντιστροφείς που επισημαίνονται ως «πολλαπλών λειτουργιών» (multimode) και «αυτόνομοι», είναι ειδικά προσδιορισμένοι και πιστοποιημένοι (certified) για χρήση σε αυτή την εφαρμογή. Οι αυτόνομοι αντιστροφείς λειτουργούν σε λειτουργία νησίδας. Οι αντιστροφείς πολλαπλών λειτουργιών λειτουργούν είτε σε λειτουργία νησίδας (παλαιότερα ονομαζόταν «αυτόνομη λειτουργία») είτε σε αλληλεπιδραστική λειτουργία, εάν έχουν εγκατασταθεί με την προαιρετική σύνδεση με το ηλεκτρικό δίκτυο (utility grid). Ένας αντιστροφέας πολλαπλών λειτουργιών θα λειτουργεί μόνο σε λειτουργία νησίδας, εάν δεν συνδεθεί ποτέ με το ηλεκτρικό δίκτυο. Οι αυτόνομοι αντιστροφείς δεν αξιολογούνται και δεν προορίζονται να συνδεθούν έτσι ώστε να εξάγουν (export) ισχύ παράλληλα με ένα ηλεκτρικό δίκτυο (electric utility).

710.10: Ταυτοποίηση πηγών ισχύος: Μια μόνιμη πινακίδα ή κατάλογος θα εγκαθίσταται σε ένα κτίριο που τροφοδοτείται από αυτόνομο σύστημα σε κάθε θέση εξοπλισμού εξυπηρέτησης (service equipment), ή σε μία εγκεκριμένη άμεσα ορατή θέση. Η πινακίδα ή κατάλογος θα δείχνει τη θέση κάθε μέσου αποσύνδεσης πηγής ισχύος για το κτίριο ή θα βρίσκεται μαζί με άλλες πινακίδες ή καταλόγους για άλλες πηγές ισχύος στο πεδίο. Στις περιπτώσεις όπου το κτίριο τροφοδοτείται από πολλαπλές πηγές, η πινακίδα ή ο κατάλογος θα επιγράφεται με τη φράση «ΠΡΟΣΟΧΗ: ΠΟΛΛΑΠΛΕΣ ΠΗΓΕΣ ΙΣΧΥΟΣ» (CAUTION: MULTIPLE SOURCES OF POWER). Η σήμανση θα συμμορφώνεται με την 110.21(B).

Εξαιρέση: Εγκαταστάσεις με πολλαπλές πηγές παραγωγής ισχύος που βρίσκονται στον ίδιο χώρο (co-located) επιτρέπεται να επισημαίνονται ως ομάδα. Η πινακίδα ή ο κατάλογος δεν απαιτείται να επισημαίνει κάθε πηγή ισχύος ξεχωριστά.

710.12: Ρεύμα κυκλώματος εισόδου αυτόνομου αντιστροφέα: Το μέγιστο ρεύμα θα είναι η ονομαστική τιμή σταθερού ρεύματος εισόδου στον αντιστροφέα, όταν ο αντιστροφέας παράγει την ονομαστική τιμή ισχύος με την ελάχιστη τάση εισόδου.

710.15: Γενικά: Τα συστήματα καλωδίωσης στο κτίριο/εγκατάσταση (premises) θα είναι επαρκή ώστε να ικανοποιούν τις απαιτήσεις του παρόντος Κώδικα, για παρόμοιες εγκαταστάσεις που τροφοδοτούνται από γραμμή τροφοδοσίας (feeder) ή υπηρεσία δικτύου (service). Η καλωδίωση στην πλευρά τροφοδοσίας του μέσου αποσύνδεσης του κτιρίου ή της κατασκευής θα συμμορφώνεται με τις απαιτήσεις του παρόντος Κώδικα, εκτός από τις τροποποιήσεις που περιγράφονται στις κατωτέρω παραγράφους (A) έως και (G).

(A) Έξοδος τροφοδοσίας (supply output): Η τροφοδοσία ισχύος (power supply) σε συστήματα καλωδίωσης κτιρίων/εγκαταστάσεων (premises) που τροφοδοτούνται (fed) από πηγές ισχύος αυτόνομες ή απομονωμένου (isolated) μικροδικτύου θα επιτρέπεται να έχει μικρότερη δυναμικότητα (capacity) από το υπολογιζόμενο φορτίο. Η δυναμικότητα του αθροίσματος όλων των πηγών της αυτόνομης τροφοδοσίας θα ισούται ή θα υπερβαίνει το φορτίο που δημιουργείται (posed) από το μεγαλύτερο τμήμα εξοπλισμού ξεχωριστής χρήσης (single utilization equipment) που είναι συνδεδεμένο στο σύστημα. Τα υπολογιζόμενα γενικά φορτία φωτισμού δεν θα θεωρούνται ένα ξεχωριστό φορτίο.

Πληροφοριακή σημείωση: Για φορτία γενικής χρήσης, η δυναμικότητα του συστήματος μπορεί να υπολογιστεί χρησιμοποιώντας το άθροισμα της δυναμικότητας των σταθερών (firm) πηγών, όπως

γεννήτριες και αντιστροφείς των ESS. Για ειδικά φορτία (*specialty loads*) που προορίζονται να τροφοδοτούνται (*powered*) απευθείας από μία μεταβλητή (*variable*) πηγή, η δυναμικότητα μπορεί να υπολογιστεί χρησιμοποιώντας το άθροισμα των μεταβλητών πηγών, όπως αντιστροφείς των ΦΒ και Α/Γ, ή την συνδυασμένη δυναμικότητα των σταθερών και μεταβλητών πηγών.

(B) Διαστασιολόγηση και προστασία: Οι αγωγοί του κυκλώματος μεταξύ μιας αυτόνομης πηγής και ενός μέσου αποσύνδεσης ενός κτιρίου ή κατασκευής θα διαστασιολογούνται με βάση το άθροισμα των ονομαστικών τιμών εξόδου της/των αυτόνομης/ων πηγής/ών. Για τριφασικές διασυνδέσεις, τα φορτία των φάσεων θα ελέγχονται (*controlled*) ή θα εξισορροπούνται (*balanced*) ώστε να είναι συμβατά με τις προδιαγραφές (*specifications*) του αθροίσματος των δυναμικότητων της τροφοδοσίας ισχύος.

(C) Απλή Παροχή 120 V (single 120Volt supply): Συστήματα αυτόνομα και απομονωμένου μικροδικτύου θα επιτρέπεται να τροφοδοτούν 120 V σε μονοφασικό, 3 αγωγών, εξοπλισμό εξυπηρέτησης (*service equipment*) ή πίνακες διανομής (*distribution panels*), εφόσον δεν υπάρχουν ρευματοδότες (*outlets*) 240 V και δεν υπάρχουν διακλαδιζόμενα κυκλώματα (*branch circuits*) πολλαπλών αγωγών (*multiwire*). Σε όλες τις εγκαταστάσεις, το άθροισμα των ονομαστικών τιμών των πηγών ισχύος θα είναι μικρότερο από την ονομαστική τιμή του ουδέτερου ζυγού στον εξοπλισμό εξυπηρέτησης. Αυτός ο εξοπλισμός θα επισημαίνεται με την ακόλουθη ή ισοδύναμη διατύπωση: «ΠΡΟΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗ: ΑΠΛΗ ΠΑΡΟΧΗ 120 V. ΜΗΝ ΣΥΝΔΕΕΤΕ ΔΙΑΚΛΑΔΙΖΟΜΕΝΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΑΓΩΓΩΝ!» (WARNING: SINGLE 120-VOLT SUPPLY. DO NOT CONNECT MULTIWIRED BRANCH CIRCUITS)

Οι προειδοποιητικές σημάνσεις ή πινακίδες θα συμμορφώνονται με την 110.21(B).

(D) Τριφασική παροχή (three-phase supply): Τα αυτόνομα συστήματα και συστήματα μικροδικτύου θα επιτρέπεται να τροφοδοτούν τριφασικά συστήματα τριών (3-wire) ή τεσσάρων αγωγών (4-wire).

(E) Απαιτήσεις συστήματος για αποθήκευση ενέργειας ή εφεδρική ισχύ: Δεν θα απαιτείται αποθήκευση ενέργειας ή παροχή εφεδρικής ισχύος.

(F) Αυτόματοι διακόπτες οπίσθιας τροφοδοσίας: Αυτόματοι διακόπτες οπίσθιας τροφοδοσίας τύπου βύσματος-πρίζας (*plug-in*), συνδεδεμένοι σε μία διασυνδεδεμένη τροφοδοσία, θα ασφαρίζονται (*secured*) σύμφωνα με την 408.36(D). Αυτόματοι διακόπτες των οποίων οι πλευρές επισημαίνονται για «γραμμή» και «φορτίο» δεν θα χρησιμοποιούνται για οπίσθια τροφοδοσία.

(G) Έλεγχος τάσης και συχνότητας: Η παροχή (*supply*), είτε αυτόνομη είτε απομονωμένου μικροδικτύου, θα ελέγχεται (*controlled*) ώστε η τάση και η συχνότητα να παραμένουν εντός των κατάλληλων ορίων για τα συνδεδεμένα φορτία.

Άρθρο 712: Μικροδίκτυα συνεχούς ρεύματος (Direct current microgrids)

712.2: Ορισμοί: Εφαρμόζονται μόνο μέσα στο παρόν Άρθρο.

Μικροδίκτυο ΣΡ: Ένα σύστημα διανομής ισχύος που αποτελείται από πάνω από μία διασυνδεδεμένες πηγές ισχύος συνεχούς ρεύματος (ΣΡ), που τροφοδοτούν μετατροπέα/είς (*converter(s)*) ΣΡ-ΣΡ, φορτίο/α ΣΡ ή/και φορτίο/α ΕΡ μέσω αντιστροφέα/ων (*inverter(s)*) ΣΡ-ΕΡ. Ένα μικροδίκτυο ΣΡ στην τυπική περίπτωση δεν συνδέεται άμεσα σε ένα κύριο δίκτυο διανομής ΕΡ, αλλά ορισμένα μικροδίκτυα ΣΡ διασυνδέονται μέσω ενός ή περισσότερων αμφίδρομων (*bidirectional*) μετατροπέων ΣΡ-ΕΡ ή αντιστροφέων ΣΡ-ΕΡ.

Πληροφοριακή σημείωση: Πηγές ισχύος ΣΡ περιλαμβάνουν μετατροπείς ΕΡ-ΣΡ (ανορθωτές, *rectifiers*), αμφίδρομους αντιστροφείς/μετατροπείς DC-AC, φωτοβολταϊκά (ΦΒ) συστήματα, ανεμογεννήτριες (Α/Γ), συστήματα αποθήκευσης ενέργειας (ESS) συμπεριλαμβανομένων συσσωρευτών, και κυψέλες καυσίμου.

712.10: Κατάλογος

(Α) Κατάλογος πηγών: Ένας μόνιμος κατάλογος που υποδεικνύει όλες τις πηγές ηλεκτρικής ισχύος ΣΡ που λειτουργούν για να τροφοδοτούν το μικροδίκτυο ΣΡ θα είναι εγκατεστημένος σε κάθε θέση πηγής ικανής να λειτουργήσει ως η κύρια (primary) πηγή ΣΡ.

(Β) Κατάλογος κτιρίου: Ένα κτίριο που τροφοδοτείται από μικροδίκτυο ΣΡ θα έχει μία μόνιμη πινακίδα ή κατάλογο εγκατεστημένο έξω από το κτίριο σε κάθε θέση εξοπλισμού σύνδεσης με το δίκτυο, ή σε μία εγκεκριμένη άμεσα ορατή θέση. Η πινακίδα ή ο κατάλογος θα υποδεικνύει τη θέση όλων των σημείων αποσύνδεσης πηγών ισχύος πάνω ή μέσα στο κτίριο, ή θα βρίσκεται μαζί με άλλες πινακίδες ή καταλόγους για άλλες πηγές στο χώρο.

Εξαιρέση: Πολλαπλές πηγές παραγωγής ισχύος που βρίσκονται σε ένα κοινό χώρο θα επιτρέπεται να επισημαίνονται ως ομάδα.

Μέρος III: Μέσα αποσύνδεσης

712.34: Μέσα αποσύνδεσης πηγής ΣΡ: Η έξοδος κάθε πηγής ΣΡ θα έχει ένα άμεσα προσβάσιμο μέσο αποσύνδεσης, που μπορεί να κλειδωθεί στην ανοιχτή θέση σύμφωνα με την 110.25, και βρίσκεται δίπλα στην πηγή.

712.35: Αποσύνδεση αγείωτων αγωγών: Σε συστήματα στερεής γείωσης (solidly grounded) δύο (2-wire) και τριών αγωγών (3-wire), το μέσο αποσύνδεσης θα ανοίγει ταυτόχρονα όλους τους αγείωτους αγωγούς. Σε συστήματα χωρίς γείωση (ungrounded), με γείωση μέσω αντίστασης (resistively grounded) και με γείωση αναφοράς (reference grounded), οι διατάξεις αυτές θα ανοίγουν όλους τους αγωγούς που φέρουν ρεύμα.

712.37: Διατάξεις κατευθυντικού (directional) ρεύματος: Τα μέσα αποσύνδεσης θα βρίσκονται σε εγκεκριμένο κατάλογο, θα είναι επισημασμένα για χρήση σε μία μοναδική κατεύθυνση ρεύματος, και θα χρησιμοποιούνται μόνο στην καθορισμένη κατεύθυνση ρεύματος.

Πληροφοριακή σημείωση: Παραδείγματα διατάξεων κατευθυντικού ρεύματος είναι αγωγοί μαγνητικής βαφής (magnetically quenched) και διακόπτες ημιαγωγών σε διατάξεις υπερέντασης.

Μέρος VI: Προστασία

712.70: Προστασία υπερέντασης: Ο εξοπλισμός και οι αγωγοί που συνδέονται σε πάνω από μία ηλεκτρικές πηγές θα έχουν διατάξεις προστασίας υπερέντασης που παρέχουν προστασία από όλες τις πηγές.

712.72: Ονομαστικές τιμές ρευμάτων διακοπής (interrupting) και βραχυκυκλώματος: Θα λαμβάνεται υπόψη η συνεισφορά διαθέσιμων ρευμάτων σφάλματος από όλες τις διασυνδεδεμένες πηγές ισχύος, για τις ονομαστικές τιμές ρεύματος διακοπής και βραχυκυκλώματος του εξοπλισμού στο/α σύστημα/τα μικροδικτύου ΣΡ. Οι διατάξεις προστασίας υπερέντασης και ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται μέσα σε ένα μικροδίκτυο ΣΡ θα έχουν ονομαστική τιμή διακοπής σε ονομαστική τάση κυκλώματος, ή ονομαστική τιμή ρεύματος βραχυκυκλώματος, επαρκή (sufficient) για το διαθέσιμο ρεύμα σφάλματος στους τερματικούς ακροδέκτες γραμμής (line terminals) του εξοπλισμού.

Κεφάλαιο 692: Κυψέλες καυσίμου (Fuel cells)⁶²

Μέρος I: Γενικά

⁶² Το Κεφάλαιο 706 στην ενότητα ESS Συσσωρευτών Ροής (και ειδικότερα στην 706.40) αναφέρεται γενικά στις «εφαρμόσιμες προβλέψεις του Άρθρου 692», χωρίς να κάνει αναφορά σε συγκεκριμένες παραγράφους ή ενότητες. Επομένως το Άθρο 692 ενδιαφέρει στο βαθμό που οι κυψέλες καυσίμου παρουσιάζουν ομοιότητες με τους συσσωρευτές ροής λόγω κοινών χαρακτηριστικών (κυρίως η παρουσία και η κυκλοφορία υγρών ηλεκτρολυτών).

692.1 Πεδίο εφαρμογής: Το παρόν άρθρο εφαρμόζεται στις εγκαταστάσεις συστημάτων κυψελών καυσίμου.

Πληροφοριακή σημείωση: Ορισμένα συστήματα κυψελών καυσίμου μπορεί να είναι αλληλεπιδραστικά με άλλες πηγές παραγωγής ηλεκτρικής ισχύος, ή να είναι αυτόνομα, ή και τα δύο. **Ορισμένα συστήματα κυψελών καυσίμου συνδέονται σε ESS όπως συσσωρευτές.** Τα συστήματα κυψελών καυσίμου μπορεί να έχουν εξόδους χρήσης είτε EP είτε SP είτε και τα δύο.

692.2 Ορισμοί: Οι ακόλουθοι ορισμοί εφαρμόζονται μόνο μέσα στο παρόν άρθρο.

Κύκλωμα εξόδου κυψέλης καυσίμου: Οι αγωγοί που χρησιμοποιούνται για να συνδέουν το σύστημα κυψέλης καυσίμου στο σημείο το οποίο τροφοδοτείται με ηλεκτρική ενέργεια από το σύστημα (its electrical point of delivery).

Πληροφοριακή σημείωση: Στην περίπτωση που υπάρχουν πολλαπλές μονάδες (units) συνδεδεμένες σε σειρά ή παράλληλα, ο όρος «κύκλωμα εξόδου» αναφέρεται επίσης στους αγωγούς που διασυνδέουν ηλεκτρικά τις κυψέλες καυσίμου μεταξύ τους.

692.4 Εγκατάσταση

(Α) Σύστημα κυψελών καυσίμου: Ένα σύστημα κυψελών καυσίμου θα επιτρέπεται να τροφοδοτεί ένα κτίριο ή άλλη κατασκευή, επιπλέον της εξυπηρέτησης από ένα ή περισσότερα άλλα συστήματα ηλεκτρικής τροφοδοσίας.

(Β) Επισήμανση πηγών ισχύος: Τα συστήματα κυψελών καυσίμου θα επισημαίνονται σύμφωνα με τις κατωτέρω παραγράφους (1) έως και (3).

(1) Διασυνδεδεμένα συστήματα EP: Θα εγκαθιστώνται πινακίδες ή κατάλογοι σε συμφωνία με την 705.10.

(2) Συστήματα μικροδικτύων SP: Θα εγκαθιστώνται πινακίδες ή κατάλογοι σε συμφωνία με την 712.10.

(3) Αυτόνομα συστήματα: Θα εγκαθιστώνται πινακίδες ή κατάλογοι σε συμφωνία με την 710.10.

(C) Εγκατάσταση συστήματος: Τα συστήματα κυψελών καυσίμου, συμπεριλαμβανομένων όλων των σχετικών καλωδιώσεων και διασυνδέσεων, θα εγκαθίστανται μόνο από εκπαιδευμένα άτομα.

692.6: Απαιτήση εγκεκριμένου καταλόγου: Το σύστημα κυψελών καυσίμου θα είναι εγκεκριμένο για την εφαρμογή σε συμφωνία με ένα από τα παρακάτω:

(1) Να βρίσκεται σε εγκεκριμένο κατάλογο για την εφαρμογή.

(2) Να αξιολογηθεί για την εφαρμογή και να τοποθετηθεί μία πινακίδα στο πεδίο.

Μέρος II: Απαιτήσεις κυκλώματος

692.8: Διαστασιολόγηση κυκλώματος και ρεύμα

(Α) Ονομαστικό ρεύμα κυκλώματος πινακίδας χαρακτηριστικών (nameplate): Το ονομαστικό ρεύμα της πινακίδας χαρακτηριστικών του κυκλώματος θα είναι το ονομαστικό ρεύμα που αναγράφεται στην πινακίδα χαρακτηριστικών της κυψέλης καυσίμου.

(Β) Ικανότητα μεταφορά ρεύματος αγωγών και ονομαστικές τιμές διατάξεων υπερέντασης: Η ικανότητα μεταφοράς ρεύματος των αγωγών του τροφοδοτικού κυκλώματος (feeder circuit), από το σύστημα κυψελών καυσίμου προς το σύστημα καλωδιώσεων του κτιρίου/εγκατάστασης, θα είναι τουλάχιστον ίση με το μεγαλύτερο εκ των: (1) το ονομαστικό ρεύμα κυκλώματος της πινακίδας/ων χαρακτηριστικών, (2) την ονομαστική τιμή της/ων διατάξεων/ων υπερέντασης του/των συστημάτων κυψελών καυσίμου.

(C) Ικανότητα μεταφοράς ρεύματος γειωμένου ή ουδέτερου αγωγού: Εάν μια αλληλεπιδραστική, μονοφασική, 2 αγωγών (2-wire) έξοδος ενός συστήματος κυψελών καυσίμου συνδέεται με τον γειωμένο ή ουδέτερο αγωγό, και με έναν μη γειωμένο αγωγό, ενός συστήματος 3 αγωγών ή συστήματος τριφασικού 4 αγωγών συνδεσμολογίας αστέρα (wye-connected), τότε το μέγιστο ρεύμα μη εξισορροπημένου ουδέτερου φορτίου (max unbalanced neutral load current) συν την ονομαστική τιμή

εξόδου του/των συστήματος/ων κυψελών καυσίμου δεν θα υπερβαίνει την ικανότητα μεταφοράς ρεύματος του γειωμένου ή ουδέτερου αγωγού.

692.9: Προστασία υπερέντασης

(Α) Κυκλώματα και εξοπλισμός: Εάν το σύστημα κυψελών καυσίμου διαθέτει προστασία υπερέντασης επαρκή για να προστατεύει τους αγωγούς του κυκλώματος που τροφοδοτούν το φορτίο, δεν απαιτούνται επιπλέον διατάξεις προστασίας υπερέντασης. Ο εξοπλισμός και οι αγωγοί που συνδέονται σε πάνω από μία ηλεκτρικές πηγές θα προστατεύονται.

(Β) Προσβασιμότητα: Οι διατάξεις υπερέντασης θα είναι άμεσα προσβάσιμες.

Μέρος III: Μέσα αποσύνδεσης

692.13: Όλοι οι αγωγοί: Θα παρέχονται μέσα ώστε να αποσυνδέονται όλοι οι ρευματοφόροι (current-carrying) αγωγοί μιας πηγής ισχύος συστήματος κυψελών καυσίμων από όλους τους άλλους αγωγούς σε ένα κτίριο ή άλλη κατασκευή.

692.17: Διακόπτης (switch) ή αυτόματος διακόπτης (circuit breaker): Τα μέσα αποσύνδεσης για αγείωτους αγωγούς θα αποτελούνται από άμεσα προσβάσιμους, χειροκίνητους (manually operable) διακόπτες ή αυτόματους διακόπτες.

Στην περίπτωση όπου όλοι οι τερματικοί ακροδέκτες του μέσου αποσύνδεσης μπορεί να είναι ενεργοποιημένοι στην ανοιχτή θέση, ένα σήμα προειδοποίησης θα είναι τοποθετημένο (mounted) πάνω ή δίπλα στο μέσο αποσύνδεσης. Το σήμα θα είναι ευανάγνωστο και θα έχει τις ακόλουθες ή ισοδύναμες φράσεις:

«ΚΙΝΔΥΝΟΣ» (DANGER), «ΚΙΝΔΥΝΟΣ ΗΛΕΚΤΡΟΠΛΗΘΙΑΣ» (ELECTRIC SHOCK HAZARD), «ΜΗΝ ΑΓΓΙΖΕΤΕ ΤΟΥΣ ΑΚΡΟΔΕΚΤΕΣ» (DO NOT TOUCH TERMINALS), «ΟΙ ΑΚΡΟΔΕΚΤΕΣ ΚΑΙ ΣΤΙΣ ΔΥΟ ΠΛΕΥΡΕΣ (ΓΡΑΜΜΗ ΚΑΙ ΦΟΡΤΙΟ) ΜΠΟΡΕΙ ΝΑ ΕΙΝΑΙ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΜΕΝΟΙ ΣΤΗΝ ΑΝΟΙΧΤΗ ΘΕΣΗ» (TERMINALS ON BOTH THE LINE AND LOAD SIDES MAY BE ENERGIZED IN THE OPEN POSITION).

Τα σήματα ή πινακίδες κινδύνου (danger) θα συμμορφώνονται με την 110.21(B).

Μέρος IV: Μέθοδοι καλωδίωσης

692.31: Συστήματα καλωδίωσης: Θα επιτρέπονται όλες οι μέθοδοι καλωδίωσης και καναλιών (raceway), που περιλαμβάνονται στο Κεφάλαιο 3 του παρόντος Κώδικα, και άλλα συστήματα και εξαρτήματα ειδικά προορισμένα και επισημασμένα για χρήση σε συστήματα κυψελών καυσίμου. Στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται διατάξεις καλωδίωσης με ενσωματωμένα περιβλήματα, θα δίνεται επαρκές μήκος καλωδίου ώστε να διευκολύνει την αντικατάσταση.

Μέρος V: Γείωση

692.41: Γείωση συστήματος

(Α) Συστήματα ΕΡ: Η γείωση συστημάτων ΕΡ θα είναι σε συμφωνία με την 250.20, και με την 250.30 για τα αυτόνομα συστήματα.

(Β) Συστήματα ΣΡ: Η γείωση συστημάτων ΣΡ θα είναι σε συμφωνία με την 250.160.

(C) Συστήματα με απαιτήσεις γείωσης ΕΡ και ΣΡ: Όταν τα συστήματα ισχύος κυψελών καυσίμου έχουν απαιτήσεις γείωσης τόσο ΕΡ όσο και ΣΡ, το σύστημα γείωσης ΣΡ θα είναι ενωμένο (bonded) με το σύστημα γείωσης ΕΡ. Ο αγωγός ένωσης θα είναι διαστασιολογημένος σύμφωνα με την 692.45. Ένα μοναδικό κοινό ηλεκτρόδιο γείωσης και ζυγός γείωσης μπορεί να χρησιμοποιείται και για τα δύο συστήματα, οπότε ο αγωγός του κοινού ηλεκτροδίου γείωσης θα διαστασιολογείται ώστε να ικανοποιεί τις απαιτήσεις τόσο της 250.66 (ΕΡ) όσο και της 250.166 (ΣΡ).

692.44: Αγωγός γείωσης εξοπλισμού: Θα εγκαθίσταται ένας ξεχωριστός αγωγός γείωσης εξοπλισμού.

692.45: Διαστάσεις αγωγού γείωσης εξοπλισμού: Ο αγωγός γείωσης εξοπλισμού θα διαστασιολογείται σύμφωνα με την 250.122.

692.47: Σύστημα ηλεκτροδίων γείωσης: Οποιοδήποτε βοηθητικό ηλεκτρόδιο/α που απαιτείται από τον κατασκευαστή, θα συνδέεται στον αγωγό γείωσης εξοπλισμού που προσδιορίζεται στην 250.118.

Μέρος VI: Σήμανση

692.53: Πηγές ισχύος με κυψέλες καυσίμου: Μια σήμανση που προσδιορίζει το σύστημα κυψελών καυσίμου, την τάση εξόδου, την ονομαστική τιμή ισχύος εξόδου, και την ονομαστική τιμή σταθερού ρεύματος εξόδου, θα βρίσκεται στο μέσο αποσύνδεσης της πηγής σε μία προσβάσιμη θέση στο πεδίο.

692.54: Αποκοπή καυσίμου (fuel shut-off): Η θέση της χειροκίνητης βαλβίδας αποκοπής καυσίμου θα επισημαίνεται (marked) στην τοποθεσία του κύριου μέσου αποσύνδεσης του κτιρίου ή των κυκλωμάτων που τροφοδοτούνται.

692.56: Αποθηκευμένη ενέργεια: Ένα σύστημα κυψελών καυσίμου που αποθηκεύει ενέργεια θα απαιτεί το ακόλουθο, ή ισοδύναμο, σήμα προειδοποίησης στην θέση του μέσου αποσύνδεσης της τροφοδοσίας (service) από το κτίριο/εγκατάσταση.

«ΠΡΟΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗ: ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΙΣΧΥΟΣ ΚΥΨΕΛΩΝ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΠΕΡΙΕΧΕΙ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ» (WARNING: FUEL CELL POWER SYSTEM CONTAINS ELECTRICAL ENERGY STORAGE DEVICES).

Τα σήματα ή οι πινακίδες προειδοποίησης θα συμμορφώνονται με την 110.21(B).

Μέρος VII: Σύνδεση με άλλα κυκλώματα

692.59: Διακόπτης μεταφοράς (transfer switch): Ένας διακόπτης μεταφοράς θα απαιτείται για συστήματα μη αλληλεπιδραστικά με το δίκτυο, που χρησιμοποιούν ως εφεδρική πηγή το δίκτυο (utility grid backup). Ο διακόπτης μεταφοράς θα διατηρεί απομόνωση ανάμεσα στο δίκτυο παραγωγής και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, και το σύστημα κυψελών καυσίμου. Ο διακόπτης μεταφοράς θα επιτρέπεται να βρίσκεται εξωτερικά ή εσωτερικά της μονάδας του συστήματος κυψελών καυσίμου. Στην περίπτωση που οι αγωγοί του ηλεκτρικού δικτύου (utility service conductors) συνδέονται με το διακόπτη μεταφοράς, αυτός θα συμμορφώνεται με το Άρθρο 230, Μέρος V.

692.60: Επισημασμένος (identified) αλληλεπιδραστικός εξοπλισμός: Μόνο συστήματα κυψελών καυσίμου που βρίσκονται σε εγκεκριμένο κατάλογο και έχουν σήμανση ότι είναι αλληλεπιδραστικά θα επιτρέπονται σε αλληλεπιδραστικά συστήματα.

692.61: Χαρακτηριστικές (characteristics) εξόδου: Οι χαρακτηριστικές εξόδου θα είναι σε συμφωνία με την 705.14.

692.62: Απώλεια ισχύος αλληλεπιδραστικού συστήματος: Το σύστημα κυψελών καυσίμου πρέπει να διαθέτει ένα μέσο που να ανιχνεύει πότε το δίκτυο παραγωγής και διανομής ενέργειας είναι απενεργοποιημένο (de-energized) και, κατά τη διάρκεια αυτής της συνθήκης, να μην τροφοδοτεί την πλευρά του δικτύου παραγωγής-διανομής πέρα από το σημείο κοινής σύνδεσης (point of common coupling). Το σύστημα κυψελών καυσίμου θα παραμένει σε αυτή την κατάσταση έως ότου αποκατασταθεί η τάση του δικτύου παραγωγής-διανομής.

Ένα σύστημα κυψελών καυσίμου που υπό κανονικές συνθήκες είναι αλληλεπιδραστικό, θα επιτρέπεται να λειτουργεί ως αυτόνομο σύστημα για να τροφοδοτεί φορτία που έχουν αποσυνδεθεί από τις πηγές του δικτύου παραγωγής/διανομής.

692.64: Μη εξισορροπημένες διασυνδέσεις: Οι μη εξισορροπημένες διασυνδέσεις θα είναι σε συμφωνία με την 705.45.

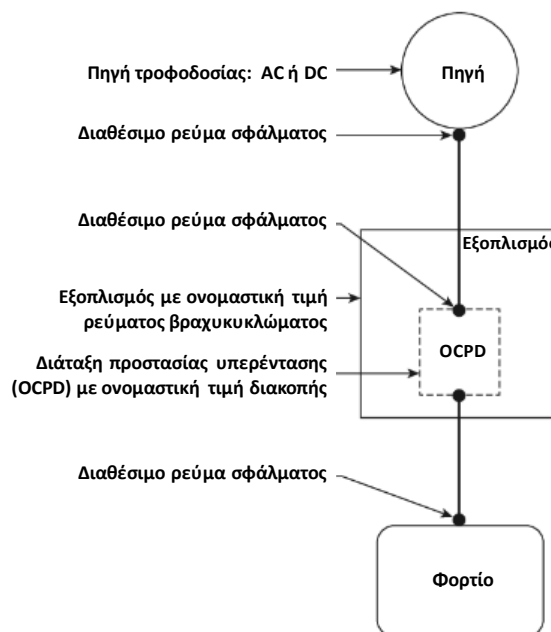
692.65: Σημείο σύνδεσης αλληλεπιδραστικό με το δίκτυο (utility-interactive): Το σημείο σύνδεσης θα είναι σε συμφωνία με την 705.12.

Άρθρο 100: Ορισμοί

Ρεύμα σφάλματος (fault current): Το ρεύμα που ρέει (delivered) σε ένα σημείο του συστήματος κατά τη διάρκεια συνθηκών βραχυκυκλώματος.

Διαθέσιμο (available) ρεύμα σφάλματος: Το μέγιστο ρεύμα που είναι δυνατόν να ρέει σε ένα σημείο του συστήματος κατά τη διάρκεια συνθηκών βραχυκυκλώματος.

Πληροφοριακή σημείωση: Βραχυκύκλωμα μπορεί να συμβεί κατά τη διάρκεια συνθηκών μη κανονικής λειτουργίας, όπως ένα σφάλμα μεταξύ αγωγών του κυκλώματος ή ένα σφάλμα γης. Βλ. Σχήμα Πληρ.Σημ. 100.1.



Σχήμα Πληροφοριακής Σημείωσης 100.1.

Εξοπλισμός σύνδεσης με το δίκτυο (service equipment): Ο απαραίτητος εξοπλισμός, αποτελούμενος από διακόπτη/ες, ή αποζεύκτη/ες και ασφάλεια/ες και τα βοηθητικά τους στοιχεία, που συνδέεται με την ηλεκτρική εταιρεία που εξυπηρετεί το χώρο (serving utility)⁶³ και σχεδιάζεται να αποτελεί το κύριο σημείο ελέγχου και αποσύνδεσης από την ηλεκτρική εταιρεία.⁶⁴

4.2.4 Η ελληνική εφαρμογή: τα πρότυπα ΕΛΟΤ HD 384 και ΕΛΟΤ 60364

Όπως αναφέρθηκε συνοπτικά στην παρ. 4.2.1, στην Ελλάδα σύμφωνα με Υπουργική Απόφαση του 2004 [116] έχει καθοριστεί η υποχρεωτική ισχύς του προτύπου [ΕΛΟΤ HD 384:2004](#) [Απαιτήσεις για ηλεκτρικές εγκαταστάσεις]. Νεότερες εκδόσεις τόσο της διεθνούς σειράς [IEC 60364](#) όσο και της αντίστοιχης ευρωπαϊκής σειράς [HD 60364](#), έχουν μεν ενσωματωθεί στο σύστημα της Ελληνικής Τυποποίησης του ΕΛΟΤ ως Ελληνικά Πρότυπα [115], παραμένουν όμως προαιρετικής εφαρμογής (και πάντοτε στο βαθμό που δεν αντιβαίνουν στις υποχρεωτικές διατάξεις). Πολύ πρόσφατα (Ιούλιος 2020) εκδόθηκε το νέο πρότυπο [ΕΛΟΤ 60364](#) [Απαιτήσεις

⁶³ δηλαδή το Δίκτυο Διανομής.

⁶⁴ Πρόκειται πιθανότατα για το αντιστοιχο αυτού που στην Ελλάδα ονομάζεται συνήθως «ρολόι της ΔΕΗ/του ΔΕΔΔΗΕ».

για ηλεκτρικές εγκαταστάσεις], με την προοπτική στο άμεσο μέλλον να αντικαταστήσει το [ΕΛΟΤ HD 384:2004](#) με νεότερη Υπουργική Απόφαση (ή άλλη νομοθετική ρύθμιση).

A. ΕΛΟΤ HD 384:2004

Δεδομένου ότι το [ΕΛΟΤ HD 384:2004](#), είναι προγενέστερο της εκτεταμένης ανάπτυξης και διάδοσης των συσσωρευτών λιθίου, δεν αναφέρει ειδικούς κινδύνους σχετικά με αυτούς (όπως τον κίνδυνο φωτιάς). Για παράδειγμα, η πλέον σχετική με τη φωτιά ενότητα:

Τμήμα 482: Προστασία από πυρκαγιά σε χώρους ειδικού κινδύνου

αναφέρεται:

«- [...] σε χώρους όπου υπάρχουν κίνδυνοι πυρκαγιάς οφειλόμενοι στη φύση των υλικών που υφίστανται κατεργασία ή αποθηκεύονται σ' αυτούς. Πρόκειται για χώρους παραγωγής, κατεργασίας ή αποθήκευσης εύφλεκτων υλικών λαμβανόμενης υπόψη και της συσσώρευσης σκόνης, όπως: αχυρώνες, ξυλουργεία, χαρτοποιεία, υφαντουργεία ή παρόμοιοι χώροι.

- [...] σε χώρους κατασκευασμένους κυρίως από εύφλεκτα υλικά.

- [...] σε χώρους με πολύτιμα ή αναντικατάστατα υλικά.»

Δηλαδή οι συσσωρευτές δεν υπάγονται μέσα στις τυπικές περιπτώσεις χώρων που θεωρούνται ειδικού κινδύνου για πιθανότητα φωτιάς.

Οι ενότητες στις οποίες γίνεται αναφορά σε συσσωρευτές είναι:

Κεφάλαιο 35 – Εφεδρικές Τροφοδοτήσεις / Τμήμα 351 Γενικά

Οι «συστοιχίες συσσωρευτών» είναι μία από τις τρεις εναλλακτικές δυνατότητες, ενώ οι άλλες δύο είναι τα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη (ανεξάρτητα από την κύρια τροφοδότηση), και η χωριστή τροφοδότηση από το δίκτυο διανομής (ουσιαστικά ανεξάρτητη από την κύρια τροφοδότηση).

Παρ. 411.1.2.3 (μέρος της παρ. 411.1.2 Πηγές SELV και PELV)

Μία από τις πιθανές πηγές πολύ χαμηλής τάσης ασφαλείας (Safety extra-low voltage, SELV) ή πολύ χαμηλής τάσης προστασίας (Protective extra-low voltage, PELV), είναι «Μια ηλεκτροχημική πηγή (π.χ. μια συστοιχία συσσωρευτών), εφόσον είναι ανεξάρτητη από ηλεκτρική τροφοδότηση, ή που έχει προστασία με ηλεκτρικό διαχωρισμό προς τα κυκλώματα υψηλότερης τάσης ή προς τα κυκλώματα FELV [Functional extra-low voltage, λειτουργική πολύ χαμηλή τάση].»

Σημειώνεται ότι μεταξύ άλλων απαιτήσεων, η ονομαστική τάση για πηγές SELV ή PELV ΣΡ μπορεί να φτάνει έως 120 V.

Τμήμα 551: Μονάδες ιδιοπαραγωγής χαμηλής τάσης

Πρόκειται για το τμήμα που είναι κάπως πιο σχετικό με το αντικείμενο της εργασίας. Όσον αφορά το είδος του συστήματος αναφέρεται:

«**551.1.1** [...] Καλύπτονται οι ακόλουθες περιπτώσεις:

- τροφοδότηση μιας εγκατάστασης που δεν έχει καμιά σύνδεση με ένα δημόσιο δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας,
- εναλλακτική τροφοδότηση μιας εγκατάστασης που είναι συνδεδεμένη με ένα δημόσιο δίκτυο,
- τροφοδότηση μιας εγκατάστασης σε παράλληλη σύνδεση με ένα δημόσιο δίκτυο,

- συνδυασμοί των παραπάνω.»

Ενώ όσον αφορά το είδος της πηγής:

«**551.1.2** Ως μονάδες ιδιοπαραγωγής νοούνται σε αυτό το τμήμα, όλες οι δυνατές πηγές ηλεκτρικής ενέργειας, όπως π.χ.:

- γεννήτριες [...]

- φωτοβολταϊκά κύτταρα

- **ηλεκτροχημικοί συσσωρευτές**

- συνδυασμοί των παραπάνω.»

Επομένως περιλαμβάνονται τόσο αυτόνομα όσο και συνδεδεμένα με το δίκτυο συστήματα. Το τελευταίο όμως αναφέρεται αποκλειστικά σε συστήματα όπου το τοπικό φορτίο μπορεί να τροφοδοτείται είτε από το δίκτυο είτε από την ιδιοπαραγωγή (είτε και από τα δύο παράλληλα), όχι όμως και σε συστήματα όπου το σύστημα ιδιοπαραγωγής επικοινωνεί άμεσα με το δίκτυο και το τροφοδοτεί με ενέργεια. Γενικότερα, αυτό το τμήμα περιλαμβάνει ένα μεγάλο εύρος συστημάτων, που τυπικά βασίζονται σε Η/Ζ ή/και ΑΠΕ (αποκλειστικά Φ/Β, οι όροι αιολικά ή ανεμογεννήτριες δεν αναφέρονται πουθενά), και των οποίων οι συσσωρευτές αποτελούν συνοδευτικό ή επικουρικό στοιχείο.

Το υπόλοιπο κείμενο του Τμήματος 551 περιέχει γενικές προβλέψεις για τους τρόπους μεταγωγής, τα ρεύματα βραχυκυκλώματος, την προστασία έναντι ηλεκτροπληξίας (έμμεσης και άμεσης), την προστασία έναντι υπερεντάσεων, και τα ειδικά μέτρα που απαιτούνται όταν το σύστημα λειτουργεί ως εναλλακτική πηγή τροφοδότησης ή όταν λειτουργεί παράλληλα με το σύστημα διανομής. Είναι όμως πολύ γενικό, και δεν γίνεται καθόλου αναφορά στις ειδικές ανάγκες των συσσωρευτών (ή και των υπολοίπων τύπων πηγής ηλεκτρικής ενέργειας που αναφέρονται παραπάνω), ούτε στο σύστημα ή τη διαδικασία φόρτισής τους.

Σε κάθε περίπτωση όμως, πρέπει να τηρούνται οι γενικές προβλέψεις που παρουσιάζονται παρακάτω. Όπως συμβαίνει και με τους αντίστοιχους Κανονισμούς πυρασφάλειας, οι προβλέψεις του ελληνικού προτύπου δεν είναι γενικά ασύμβατες με τα νεότερα διεθνή πρότυπα, κανονισμούς και οδηγούς εγκατάστασης συστημάτων συσσωρευτών που έχουν αναφερθεί έως τώρα, απλά οι τελευταίοι τις εξειδικεύουν και τις συμπληρώνουν με συγκεκριμένα ειδικά μέτρα, ιδιαίτερα σε θέματα όπου το ισχύον ελληνικό πρότυπο, λόγω και της ηλικίας του, είναι εμφανώς ξεπερασμένο.

551.2 Γενικές απαιτήσεις

551.2.1 Τα μέσα διέγερσης και τα μέσα μεταγωγής πρέπει να είναι κατάλληλα για την προβλεπόμενη χρήση της μονάδας ιδιοπαραγωγής. Η ασφάλεια και η ικανοποιητική λειτουργία των άλλων πηγών τροφοδότησης δεν πρέπει να παραβλάπτονται από την μονάδα ιδιοπαραγωγής.

Σημείωση: Για την περίπτωση παράλληλης λειτουργίας με ένα δημόσιο δίκτυο βλ. το άρθρο 551.7.

551.2.2 Σε όλα τα σημεία της εγκατάστασης, το αναμενόμενο ρεύμα βραχυκυκλώματος δεν πρέπει να υπερβαίνει την αντίστοιχη αντοχή των διατάξεων προστασίας ή άλλων υλικών, σε όλες τις δυνατές καταστάσεις λειτουργίας των πηγών τροφοδότησης. Για αυτό το λόγο πρέπει να υπολογίζονται τα ρεύματα βραχυκυκλώματος και τα ρεύματα σφάλματος προς γη για κάθε μια από τις δυνατές καταστάσεις τροφοδότησης.

551.2.3 Στην περίπτωση που μια μονάδα ιδιοπαραγωγής προορίζεται να τροφοδοτεί μια εγκατάσταση, η οποία δεν είναι συνδεδεμένη προς ένα δημόσιο δίκτυο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ή να τροφοδοτεί εναλλακτικά μια εγκατάσταση συνδεδεμένη προς ένα δημόσιο δίκτυο, η ισχύς και τα χαρακτηριστικά λειτουργίας της πρέπει να είναι τέτοια, ώστε να μην υφίσταται κίνδυνος πρόκλησης ατυχήματος ή βλάβης από τη σύνδεση ή από την αποσύνδεση οποιουδήποτε προβλεπόμενου φορτίου, εξαιτίας της απόκλισης της τάσης ή της συχνότητας έξω από την προβλεπόμενη περιοχή διακύμανσης αυτών των μεγεθών.

Αν χρειάζεται, πρέπει να προβλέπονται μέσα αυτόματης αποσύνδεσης τμημάτων της εγκατάστασης (απόρριψη φορτίων) αν προκύπτει υπέρβαση της ισχύος της μονάδας ιδιοπαραγωγής.

***Σημειώσεις:** 1. Για την αποφυγή ανωμαλιών όπως οι παραπάνω, θα πρέπει να δοθεί προσοχή στα μεγέθη των επί μέρους φορτίων ως ποσοστών της ισχύος της μονάδας ιδιοπαραγωγής, καθώς επίσης και στα ρεύματα εκκίνησης των κινητήρων.*

2. Θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ο συντελεστής ισχύος που έχει προδιαγραφεί για τις συσκευές προστασίας της εγκατάστασης

3. Η τοποθέτηση μιας μονάδας ιδιοπαραγωγής μέσα σε ένα υπάρχον κτίριο ή στην περιοχή μιας υπάρχουσας εγκατάστασης, πιθανόν να τροποποιήσει τις συνθήκες των εξωτερικών επιδράσεων που είχαν ληφθεί υπόψη κατά την αρχική κατασκευή της εγκατάστασης (π.χ. μπορεί να προκληθούν δονήσεις, ανύψωση της θερμοκρασίας, παραγωγή επιβλαβών αέριων, κλπ.). Συνεπώς, πρέπει στην περίπτωση αυτή να ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα.

551.3 Προστασία έναντι ηλεκτροπληξίας από άμεση ή έμμεση επαφή

551.3.1 Όταν ένα σύστημα SELV ή PELV είναι δυνατόν να τροφοδοτηθεί από περισσότερες της μιας πηγές, πρέπει για κάθε μια από αυτές να τηρούνται οι απαιτήσεις της παραγράφου 411.1.2. Όταν μια ή περισσότερες από τις πηγές είναι γειωμένη, θα πρέπει να τηρούνται οι απαιτήσεις των παραγράφων 411.1.3 και 411.1.5 για τα συστήματα PELV. Αν μια ή περισσότερες από τις πηγές δεν ικανοποιούν τις απαιτήσεις της παραγράφου 411.1.2, το σύστημα πρέπει να θεωρείται ως σύστημα FELV και τότε έχουν εφαρμογή τα οριζόμενα στο άρθρο 411.3.

551.3.2 Όταν είναι απαραίτητη η διατήρηση της τροφοδότησης ενός συστήματος πολύ χαμηλής τάσης στην περίπτωση απώλειας μιας ή περισσότερων πηγών τροφοδότησης, κάθε μια πηγή τροφοδότησης, ή κάθε συνδυασμός πηγών, που είναι δυνατόν να λειτουργεί ανεξάρτητα από τις άλλες πηγές, πρέπει να έχει τη δυνατότητα να τροφοδοτήσει το προβλεπόμενο φορτίο αυτού του συστήματος πολύ χαμηλής τάσης. Πρέπει να ληφθεί μέριμνα, ώστε η απώλεια της τροφοδότησης χαμηλής τάσης προς μια πηγή πολύ χαμηλής τάσης να μη συνεπάγεται κινδύνους ατυχήματος ή βλάβης υλικών.

551.4 Προστασία έναντι ηλεκτροπληξίας από έμμεση επαφή

551.4.1 Προστασία με αυτόματη διακοπή της τροφοδότησης

Η προστασία με αυτόματη διακοπή της τροφοδότησης πρέπει να πραγματοποιείται σύμφωνα με τα οριζόμενα στο άρθρο 413.1, με τις εξαιρέσεις που ισχύουν για ειδικές περιπτώσεις σύμφωνα με τις παραγράφους 551.4.2, 551.4.3 και 551.4.4.

551.4.2 Πρόσθετες απαιτήσεις για τις περιπτώσεις στις οποίες η μονάδα ιδιοπαραγωγής προορίζεται για την εναλλακτική τροφοδότηση μιας εγκατάστασης συνδεδεμένης σε ένα δημόσιο δίκτυο διανομής (εφεδρική μονάδα τροφοδότησης)

Όταν η μονάδα ιδιοπαραγωγής αποτελεί την εναλλακτική (εφεδρική) πηγή τροφοδότησης μιας εγκατάστασης που είναι συνδεδεμένη σε ένα δημόσιο δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, στο οποίο εφαρμόζεται το σύστημα σύνδεσης των γειώσεων TN, η προστασία έναντι ηλεκτροπληξίας από έμμεση επαφή δεν πρέπει να βασίζεται στη σύνδεση προς το γειωμένο ουδέτερο αγωγό αυτού του δικτύου. Πρέπει, συνεπώς, να προβλέπεται ένα κατάλληλο ηλεκτρόδιο γείωσης.

551.4.3 Πρόσθετες απαιτήσεις για εγκαταστάσεις που περιλαμβάνουν στατούς μετατροπείς

551.4.3.1 Όταν η προστασία έναντι ηλεκτροπληξίας από έμμεση επαφή στα τμήματα της εγκατάστασης που τροφοδοτούνται από το στατό αντιστροφέα (inverter) βασίζεται στο αυτόματο κλείσιμο του διακόπτη παράκαμψης (by pass) και η λειτουργία των διατάξεων προστασίας που υπάρχουν στην πλευρά τροφοδότησης αυτού του διακόπτη δεν πραγματοποιείται στο χρόνο που ορίζεται στο άρθρο 413.1, πρέπει να προβλέπεται πρόσθετη ισοδυναμική σύνδεση μεταξύ των ταυτόχρονα προσιτών εκτεθειμένων σύμφωνα με τα οριζόμενα στην παράγραφο 413.1.6.

Η αντίσταση των αγωγών ισοδυναμικής σύνδεσης μεταξύ των ταυτόχρονα προσιτών αγωγίμων μερών πρέπει να ικανοποιεί την ακόλουθη συνθήκη:

$$R \leq 50/I_a$$

όπου:

I_a το μέγιστο ρεύμα σφάλματος προς γη, το οποίο μπορεί να τροφοδοτηθεί μόνο από το στατό αντιστροφέα, για ένα χρονικό διάστημα μέχρι 5 s.

Σημείωση: Όταν προβλέπεται παράλληλη λειτουργία προς ένα δημόσιο δίκτυο, πρέπει επίσης να εφαρμόζονται τα οριζόμενα στο άρθρο 551.7.

551.4.3.2 Πρέπει να ληφθούν μέτρα ή πρέπει το υλικό να επιλεγεί έτσι, ώστε η σωστή λειτουργία των διατάξεων προστασίας να μην παραβιάζεται από τα συνεχή ρεύματα που παράγονται από το στατό αντιστροφέα ή από την παρουσία φίλτρων.

551.4.4 Πρόσθετες απαιτήσεις για την προστασία με αυτόματη διακοπή της τροφοδότησης όταν η εγκατάσταση και η μονάδα ιδιοπαραγωγής δεν είναι μόνιμες. [...] ⁶⁵

551.5 Προστασία έναντι υπερεντάσεων

551.5.1 Στις περιπτώσεις που προβλέπονται μέσα ανίχνευσης υπερεντάσεων της μονάδας ιδιοπαραγωγής, αυτά πρέπει να είναι τοποθετημένα, όσο είναι πρακτικά δυνατόν, πλησίον στους ακροδέκτες της γεννήτριας.

Σημείωση: Η συμμετοχή της μονάδας ιδιοπαραγωγής στο αναμενόμενο ρεύμα βραχυκυκλώματος μπορεί να εξαρτάται από το χρόνο και μπορεί να είναι πολύ μικρότερη από τη συμμετοχή ενός δημόσιου δικτύου διανομής.

551.5.2 Όταν η μονάδα ιδιοπαραγωγής προορίζεται να λειτουργεί παράλληλα με ένα δημόσιο δίκτυο διανομής, ή όταν δύο ή περισσότερες μονάδες ιδιοπαραγωγής μπορεί να λειτουργούν σε παράλληλη σύνδεση, πρέπει να περιορίζονται οι αρμονικές ρεύματος που κυκλοφορούν, ώστε να μην προκαλείται υπερθέρμανση των αγωγών.

Η κυκλοφορία αρμονικών ρεύματος μπορεί να περιορισθεί με ένα από τους ακόλουθους τρόπους:

- επιλογή μονάδων ιδιοπαραγωγής που έχουν τυλίγματα αντιστάθμισης
- πρόβλεψη κατάλληλης σύνθετης αντίστασης στη σύνδεση των ουδέτερων κόμβων των γεννητριών
- πρόβλεψη διακοπών που θα διακόπτουν τα κυκλώματα κυκλοφορίας των αρμονικών και οι οποίοι θα έχουν κατάλληλη αλληλομανδάλωση, που θα εξασφαλίζει σε κάθε στιγμή ότι δεν θα παρεμποδίζεται η προστασία έναντι ηλεκτροπληξίας από έμμεση επαφή
- πρόβλεψη συγκροτημάτων φίλτρων
- άλλοι κατάλληλοι τρόποι.

Σημείωση: Πρέπει να δοθεί προσοχή στη μέγιστη τάση η οποία είναι δυνατόν να αναπτυχθεί στα άκρα της σύνθετης αντίστασης που συνδέεται για τον περιορισμό της κυκλοφορίας αρμονικών.

⁶⁵ Δεν παρατίθεται αναλυτικά.

551.6 Πρόσθετες απαιτήσεις για τις εγκαταστάσεις τις συνδεδεμένες σε ένα δημόσιο δίκτυο διανομής στις οποίες η μονάδα ιδιοπαραγωγής αποτελεί την πηγή εναλλακτικής τροφοδότησης (εφεδρική μονάδα)

551.6.1 Πρέπει να λαμβάνονται μέτρα, που θα είναι σύμφωνα με όσα ορίζονται στο Κεφάλαιο 46 για την απομόνωση και με τα οποία θα εξασφαλίζεται ότι η μονάδα ιδιοπαραγωγής θα είναι αδύνατο να λειτουργεί σε παράλληλη σύνδεση με το δημόσιο δίκτυο διανομής. Κατάλληλα μέτρα για αυτό το σκοπό μπορεί να είναι:

- μια ηλεκτρική ή μηχανική ή ηλεκτρομηχανική αλληλομανδάλωση μεταξύ των μηχανισμών λειτουργίας ή των κυκλωμάτων ελέγχου της διάταξης μεταγωγής
- ένα σύστημα κλειδώματος με ένα μόνο μεταφερόμενο κλειδί
- ένας μεταγωγικός διακόπτης (διακόπτης διπλής ενέργειας) τριών θέσεων με διακοπή της μιας πλευράς πριν από τη σύνδεση της άλλης
- μια αυτόματη διάταξη μεταγωγής με κατάλληλη αλληλομανδάλωση
- κάθε άλλο μέσο, που θα παρέχει ισοδύναμο βαθμό ασφαλείας της λειτουργίας.

551.6.2 Στο σύστημα σύνδεσης των γειώσεων TN-S και όταν ο ουδέτερος αγωγός δεν απομονώνεται, αν προβλεφθεί η εγκατάσταση διάταξης προστασίας διαφορικού ρεύματος, αυτή η διάταξη πρέπει να τοποθετηθεί κατά τρόπο που να αποφεύγεται η λανθασμένη λειτουργία της εξαιτίας της παράλληλης σύνδεσης του ουδέτερου και της γης.

Σημείωση: Στο σύστημα σύνδεσης των γειώσεων TN μπορεί να είναι προτιμητέο να αποσυνδέεται ο ουδέτερος της εγκατάστασης από τον ουδέτερο του δημόσιου δικτύου διανομής, ώστε να αποφεύγονται διαταραχές όπως π.χ. από επαγόμενες υπερτάσεις που οφείλονται σε κεραυνούς.

551.7 Πρόσθετες απαιτήσεις για τις εγκαταστάσεις στις οποίες η μονάδα ιδιοπαραγωγής μπορεί να λειτουργεί παράλληλα με το δημόσιο δίκτυο διανομής

551.7.1 Κατά την επιλογή μιας μονάδας ιδιοπαραγωγής που προορίζεται να λειτουργεί παράλληλα με το δημόσιο δίκτυο διανομής, πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα, για την αποφυγή οποιωνδήποτε παρενοχλήσεων στο δίκτυο ή σε άλλες εγκαταστάσεις που τροφοδοτούνται από αυτό, αναφορικά με το συντελεστή ισχύος, τις μεταβολές της τάσης, τις αρμονικές παραμορφώσεις, την ανισοφόρτιση των φάσεων, τις εκκινήσεις, τα φαινόμενα διακύμανσης της τάσης και τα θέματα συγχρονισμού. Τα χαρακτηριστικά της μονάδας ιδιοπαραγωγής καθώς και ο τρόπος εγκατάστασής της πρέπει να ικανοποιούν πλήρως τις τυχόν ιδιαίτερες σχετικές απαιτήσεις του φορέα που είναι αρμόδιος για τη λειτουργία του δημόσιου δικτύου διανομής, οι οποίες ισχύουν είτε γενικά είτε ειδικά για τη συγκεκριμένη θέση της εγκατάστασης. Στην περίπτωση που απαιτείται συγχρονισμός, είναι προτιμότερη η χρησιμοποίηση αυτόματων συστημάτων συγχρονισμού που θα λαμβάνουν υπόψη τη συχνότητα, την τάση και τη φασική απόκλιση.

551.7.2 Πρέπει να προβλέπεται προστασία που θα προκαλεί την αποσύνδεση της μονάδας ιδιοπαραγωγής από το δημόσιο δίκτυο διανομής στην περίπτωση απώλειας της τροφοδότησης του τελευταίου ή στην περίπτωση που η τάση ή/και η συχνότητα στους ακροδέκτες της τροφοδότησης αποκτήσουν τιμές έξω από τα όρια που έχουν καθορισθεί για την κανονική λειτουργία.

Ο τύπος της προστασίας, η ευαισθησία της και ο χρόνος λειτουργίας της εξαρτώνται από την προστασία του δημόσιου δικτύου διανομής και για αυτό το λόγο πρέπει να έχουν εγκριθεί από το φορέα που είναι αρμόδιος για τη λειτουργία αυτού του δικτύου.

551.7.3 Πρέπει να προβλέπονται μέσα για την αποφυγή της σύνδεσης της μονάδας ιδιοπαραγωγής προς το δημόσιο δίκτυο διανομής, αν η τάση ή/και η συχνότητα του τελευταίου είναι έξω από τα όρια λειτουργίας της προστασίας που απαιτείται σύμφωνα με την παράγραφο 551.7.2.

551.7.4 Πρέπει να προβλέπονται μέσα που θα καθιστούν δυνατή την απομόνωση της μονάδας ιδιοπαραγωγής από το δημόσιο δίκτυο διανομής. Τα μέσα απομόνωσης πρέπει να είναι ανά πάσα στιγμή προσιτά στο φορέα που είναι αρμόδιος για τη λειτουργία του δημόσιου δικτύου διανομής.

551.7.5 Στις περιπτώσεις που η μονάδα ιδιοπαραγωγής μπορεί επίσης να λειτουργεί και ως μονάδα εναλλακτικής τροφοδότησης της εγκατάστασης πρέπει να τηρούνται επίσης και τα οριζόμενα στο άρθρο 551.6.

B. ΕΛΟΤ 60634:2020

Το νέο πρότυπο [ΕΛΟΤ 60364](#), που εκδόθηκε τον Ιούλιο του 2020⁶⁶ αναπτύχθηκε (σύμφωνα τον Εθνικό Πρόλογο που βρίσκεται στην αρχή του) προκειμένου να προσαρμόσει στα ελληνικά, επιλεγμένα έγγραφα εναρμόνισης της CENELEC, και να τα συνθέσει σε ενιαίο έγγραφο, ώστε αυτό να αποτελέσει συνέχεια και αντικατάσταση του [ΕΛΟΤ HD 384](#) για τις Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις στην Ελλάδα.

Από την κωδική ονομασία του, στην οποία απουσιάζει κάθε άλλο πρόθεμα πέραν του ΕΛΟΤ (π.χ. HD, EN, IEC), προκύπτει ότι η παραπάνω σύνθεση αποτελεί καθαρά εθνικό πρότυπο και όχι υιοθέτηση ενός (σχεδόν) αυτούσιου διεθνούς ή ευρωπαϊκού προτύπου, ή εναρμονισμένου εγγράφου (παρόλο που βασίζεται στην σειρά 60364 των IEC και των HD).

Στο πρότυπο έχουν συμπεριληφθεί ορισμένες ενότητες που αναφέρονται σε νέου τύπου εγκαταστάσεις με αυξανόμενη διάδοση. Για παράδειγμα, στο **Μέρος 7: Απαιτήσεις για ειδικές εγκαταστάσεις ή χώρους**, συμπεριλαμβάνονται μεταξύ άλλων:

Τμήμα 712: Φ/Β συστήματα (Φ/Β γεννήτρια)

Τμήμα 722: Τροφοδοσία για ηλεκτρικά οχήματα

Ενώ παρουσιάζουν ενδιαφέρον και τα τμήματα

Τμήμα 721: Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις σε τροχόσπιτα ρυμουλκούμενα ή αυτοκινούμενα

Τμήμα 729 Οδεύσεις συντήρησης ή λειτουργίας

Παρουσιάζονται ενδεικτικά αποσπάσματα από τα τμήματα αυτά.

«Τμήμα 712: Φ/Β συστήματα (Φ/Β γεννήτρια)

712.1 Αντικείμενο

Το παρόν Τμήμα εφαρμόζεται για την ηλεκτρική εγκατάσταση της φωτοβολταϊκής γεννήτριας που προορίζεται για την τροφοδοσία ολόκληρης ή μέρους εγκατάστασης και για την τροφοδοσία ηλεκτρικής ενέργειας στο δημόσιο δίκτυο ή στο τοπικό δίκτυο διανομής. [...]

Οι απαιτήσεις αυτού του Τμήματος εφαρμόζονται για:

- Φ/Β γεννήτριες για τροφοδοσία σε μια εγκατάσταση που δεν είναι συνδεδεμένη με ένα δημόσιο δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας.
- Φ/Β γεννήτριες για τροφοδοσία σε μια εγκατάσταση παράλληλα με ένα δημόσιο δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας.

⁶⁶ Παρόλο που στην επίσημη ιστοσελίδα του ΕΛΟΤ [73] το πρότυπο αναφέρεται ως διαθέσιμο για παραγγελία με την ημερομηνία έκδοσης 01.07.2020, η τελική εγκεκριμένη έκδοση δεν κατέστη δυνατό να αποκτηθεί έως και την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας. Επομένως, η συζήτηση και οι παραθέσεις αυτής της παραγράφου βασίζονται σε Σχέδιο της 29.06.2020.

- Φ/Β γεννήτριες για τροφοδοσία σε μια εγκατάσταση εναλλακτικά με ένα δημόσιο δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας.
- Κατάλληλος συνδυασμός των παραπάνω.
- Απαιτήσεις για Φ/Β γεννήτριες με μπαταρίες ή άλλες μεθόδους αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας είναι υπό εξέταση.»

Από την τελευταία πρόταση προκύπτει ότι το πρότυπο δεν καλύπτει συστήματα BESS σε συνδυασμό με Φ/Β, και παραπέμπει τη ρύθμιση του θέματος σε μελλοντική έκδοση ή τροποποίηση.

«Τμήμα 721: Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις σε τροχόσπιτα ρυμουλκούμενα και αυτοκινούμενα [...]

Παράρτημα 721.B: Εγκαταστάσεις πολύ χαμηλής τάσης d.c. [...]

B.721.313.1 Πηγές τροφοδοσίας

Η τροφοδοσία θα πρέπει να γίνεται από μία ή περισσότερες από τις ακόλουθες πηγές:

- α) Από την ηλεκτρική εγκατάσταση του έλκοντος οχήματος.
- β) Από μια βοηθητική μπαταρία προσαρμοσμένη στο τροχόσπιτο.
- γ) Από μια τάση συνεχούς ρεύματος χαμηλής τάσης μέσω μιας μονάδας μετασχηματιστή/ανορθωτή σύμφωνα με τα πρότυπα [IEC 60335-1](#) και [IEC 61558-2-6](#).
- δ) Από μια γεννήτρια συνεχούς ρεύματος που οδηγείται από οποιαδήποτε μορφή ενέργειας.
- ε) Από φωτοβολταϊκά (Φ/Β) συστήματα παροχής ισχύος ή παρόμοια.»

Παρόλο που αναφέρεται ειδικά σε εγκαταστάσεις τροχόσπιτων, αρκετές από τις προβλέψεις και οδηγίες του προτύπου για τη «βοηθητική μπαταρία» θα μπορούσαν να φανούν χρήσιμες και σε συστήματα BESS. Για παράδειγμα:

Από την παρ. **B.721.514.1**: η προειδοποιητική σήμανση, και οι οδηγίες για συντήρηση και επαναφόρτιση.

Η παρ. **B.721.55.2.203 (Βοηθητικές μπαταρίες)** ολόκληρη. Ενδεικτικά αναφέρεται η τοποθέτηση δοχείου συλλογής (λεκάνης) εάν ο ηλεκτρολύτης είναι υγρός, και η ανάγκη για εξαερισμό. Υπάρχουν όμως και προβλέψεις που δεν εφαρμόζονται, όπως η πρόβλεψη ότι «**η μπαταρία θα πρέπει να ασφαρίζεται για να αποτρέπεται η κίνησή της, για παράδειγμα όταν το τροχόσπιτο είναι σε κίνηση.**»

Η παρ. **B.721.55.2.104.2 (Ανανεώσιμες πηγές)** αναφέρει την αιολική και την ηλιακή ενέργεια και δηλώνει ότι «**πρέπει να εγκαθίστανται μόνο για τη φόρτιση των μπαταριών και [...] θα πρέπει να παράγουν μόνο εξαιρετικά χαμηλή τάση.**

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας πρέπει να λειτουργούν μόνο με μια διάταξη που εμποδίζει την υπερφόρτιση της (των) μπαταρίας(ων).»

Η παρ. **B.721.55.2.109 (Φορτιστής μπαταρίας)** ολόκληρη.

«Τμήμα 722: Τροφοδοσία για ηλεκτρικά οχήματα

722.1 Σκοπός

Οι απαιτήσεις του παρόντος Τμήματος εφαρμόζονται:

- Σε κυκλώματα που προορίζονται για την τροφοδοσία ενέργειας σε ηλεκτρικά οχήματα.
- Σε κυκλώματα που προορίζονται για την ανατροφοδοσία ηλεκτρικής ενέργειας από ηλεκτρικά οχήματα.

Σημείωση TE82: Η ανατροφοδοσία ηλεκτρικής ενέργειας από ηλεκτρικά οχήματα ρυθμίζεται από την ισχύουσα Εθνική Νομοθεσία.

[...]

Σημείωση 2: Το παρόν Τμήμα δεν καλύπτει την εκτίμηση του κινδύνου έκρηξης λόγω της πιθανής παραγωγής υδρογόνου ή άλλων εύφλεκτων αερίων κατά τη φάση επαναφόρτισης της μπαταρίας.

[...]

722.551.2.101

Όταν τα ηλεκτρικά οχήματα προορίζονται για την ανατροφοδοσία ενέργειας στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις, ισχύουν οι απαιτήσεις του [IEC 60364-8-2](#) [Low voltage electrical installations. Prosumer's low voltage electrical installations].

Σημείωση: Πρόσθετες απαιτήσεις για κυκλώματα που προορίζονται για την επιστροφή ηλεκτρικού ρεύματος από ηλεκτρικά οχήματα είναι υπό εξέταση.»

Επομένως η ενότητα αυτή σχετίζεται με το αντικείμενο της αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας σε συσσωρευτές, και συγκεκριμένα με τους συσσωρευτές των ηλεκτρικών οχημάτων σε λειτουργία V2H ή V2G (βλ. και παρ. 1.2.2.B), χωρίς όμως να αναφέρεται σε τυπικά (σταθερά) συστήματα BESS. Μερικές βασικές διαφορές είναι ότι οι συσσωρευτές δεν είναι σταθεροί αλλά βρίσκονται εντός του οχήματος και ότι η σύνδεση γίνεται πάντοτε μέσω κατάλληλου ρευματοδότη.

«Τμήμα 729 Οδεύσεις συντήρησης ή λειτουργίας

729.1 Σκοπός

Οι απαιτήσεις του παρόντος Τμήματος ισχύουν για τη βασική προστασία και άλλες λειτουργίες σε περιοχές περιορισμένης πρόσβασης με διατάξεις διανομής και ελέγχου, συμπεριλαμβανομένων των απαιτήσεων για οδεύσεις λειτουργίας ή συντήρησης.»

Οι προβλέψεις τους ανωτέρω Τμήματος είναι δυνατόν να ισχύουν κατά περίπτωση, σε συστήματα BESS που βρίσκονται μέσα σε περιοχές περιορισμένης πρόσβασης.

Γενικά, από την επισκόπηση της 1^{ης} έκδοσης (2020) του προτύπου [ΕΛΟΤ 60364](#), και ιδιαίτερα από την αναφορά στο τέλος της παρ. **712.1**, φαίνεται ότι το αντικείμενο των (σταθερών) BESS αφήνεται προς το παρόν ανοιχτό, με την προοπτική να συμπληρωθεί αργότερα.

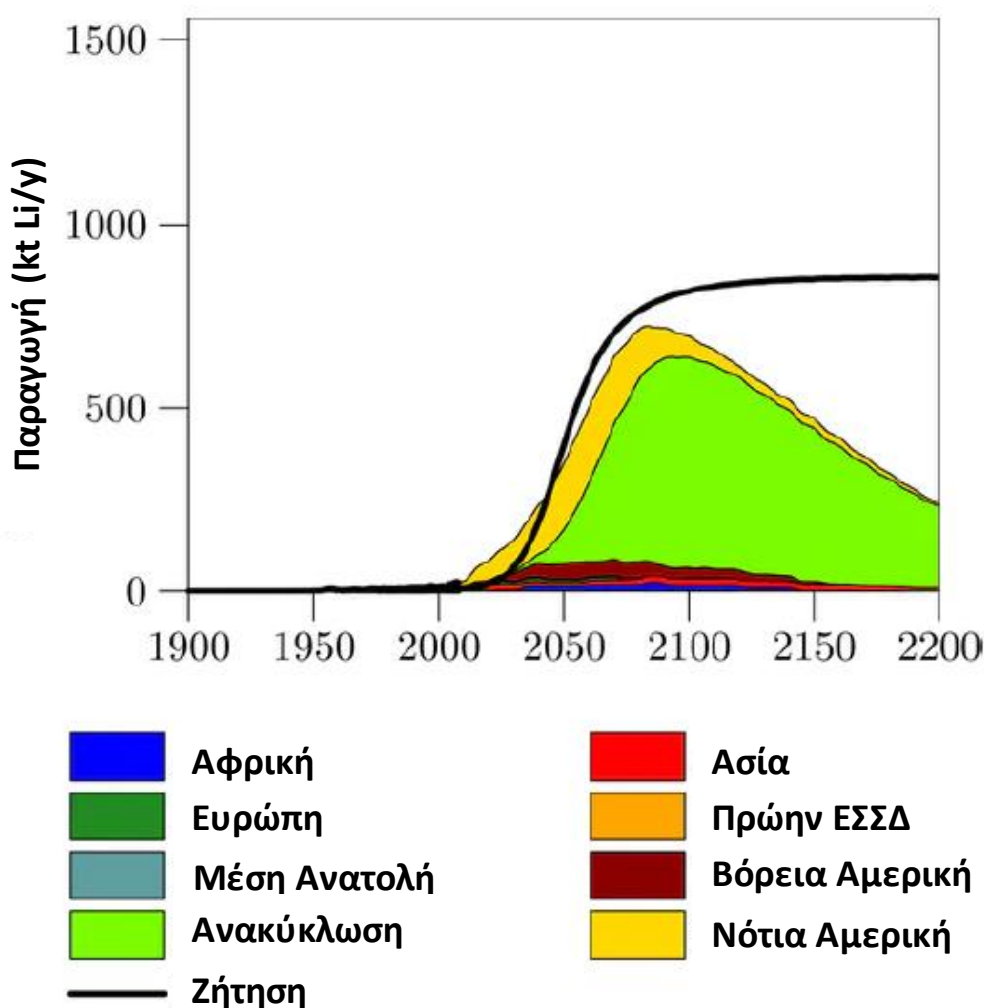
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ

5.1 Γενική παρουσίαση και σχολιασμός

5.1.1 Παραγωγή - Διαθεσιμότητα

Η αυξανόμενη ζήτηση για συσσωρευτές ιόντων λιθίου μπορεί να έχει σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Σύμφωνα με άρθρο του 2018, η ζήτηση για λίθιο αυξάνει με εκθετικό ρυθμό σήμερα, και η τιμή του διπλασιάστηκε μεταξύ του 2016 και του 2018. [108] Πιο συγκεκριμένα, η παγκόσμια ζήτηση σύμφωνα με άρθρο του 2016 ήταν τότε πάνω από 32000 τόνους ανά έτος, και αναμένεται να βρίσκεται μεταξύ 80000 και 230000 τόνων το 2030. Λόγω αυτής της αύξησης της ζήτησης, το λίθιο θεωρείται «κρίσιμο» ορυκτό για πολλές χώρες. [109] Ένας μεγάλος αριθμός έργων εξόρυξης λιθίου είναι σε εξέλιξη, και πολλά ακόμη βρίσκονται σε αναμονή ή προετοιμασία. [108]

Μια εκτίμηση της μακροπρόθεσμης αναμενόμενης ζήτησης για λίθιο, και της αναμενόμενης διαθεσιμότητάς του από διάφορες πηγές (συμπεριλαμβανομένης της ανακύκλωσης) παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.1.



Σχήμα 5.1: Εκτίμηση της μελλοντικής προσφοράς και ζήτησης λιθίου ανά ήπειρο. [109],[111]

Μεγάλο μέρος των παγκόσμιων αποθεμάτων λιθίου βρίσκεται στη Νότια Αμερική, και κυρίως σε ένα τρίγωνο μεταξύ Αργεντινής-Χιλής-Βολιβίας. Ένας κοινός και αποτελεσματικός τρόπος εξόρυξης του λιθίου χρησιμοποιεί γεωτρήσεις μέσω των οποίων εισάγονται στο υπέδαφος μεγάλες ποσότητες νερού, το οποίο μεταφέρει άλατα διαλυμένα στην επιφάνεια, σε ειδικές λεκάνες εξάτμισης (evaporation pools). Η εξάτμιση οδηγεί σε ένα μείγμα μαγγανίου, καλίου, βόρακα (borax, δηλαδή $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$) και αλάτων λιθίου, το οποίο φιλτράρεται και τοποθετείται σε δεύτερη λεκάνη εξάτμισης. Μετά από πολλούς κύκλους εξάτμισης και φιλτραρίσματος, δημιουργείται ανθρακικό άλας λιθίου σε επαρκή καθαρότητα ώστε να αξιοποιηθεί. Ένα από τα προβλήματα είναι η υψηλή κατανάλωση νερού, και μάλιστα σε περιοχές που ήδη υποφέρουν από λειψυδρία. Ένα άλλο πρόβλημα είναι η πιθανή διαρροή τοξικών ουσιών από τις λεκάνες εξάτμισης προς τον υδροφόρο ορίζοντα και η μόλυνση του οικοσυστήματος (πράγμα που έχει συμβεί στο Θιβέτ το 2016). Αυτές περιλαμβάνουν χημικά όπως το υδροχλωρικό οξύ, που χρησιμοποιούνται στην επεξεργασία του λιθίου, καθώς και απόβλητα που αφαιρούνται με το φιλτράρισμα σε κάθε στάδιο. [108]

Σε άλλες περιοχές του κόσμου όπως την Αυστραλία και τη Βόρεια Αμερική, το λίθιο εξορύσσεται από τα πετρώματα με πιο συμβατικές μεθόδους, αλλά και πάλι η απομόνωσή του σε χρήσιμη μορφή απαιτεί τη χρήση χημικών. Μετά από έρευνα στη Νεβάδα των ΗΠΑ έχει ανιχνευθεί επίδραση σε ψάρια έως και 150 μίλια (241 km) κατάντι του ποταμού από εγκατάσταση επεξεργασίας λιθίου. [108]

Το λίθιο όμως δεν είναι το πιο προβληματικό στοιχείο των σύγχρονων συσσωρευτών. Βρίσκεται στη φύση σε σχετικά επαρκείς ποσότητες. Επίσης, θεωρητικά θα μπορούσε να εξαχθεί από το θαλασσινό νερό στο μέλλον, αν και η αντίστοιχη διεργασία αναμένεται να είναι ενεργοβόρα (energy intensive). [108]

Σύμφωνα με το ίδιο άρθρο, δύο άλλα σημαντικά συστατικά, το κοβάλτιο και το νικέλιο, παρουσιάζουν μεγαλύτερο κίνδυνο να οδηγήσουν αφενός σε έλλειψη και αφετέρου σε μεγάλο περιβαλλοντικό κόστος. Αναφέρονται όμως στοιχεία μόνο για το κοβάλτιο, και συγκεκριμένα ότι βρίσκεται σε μεγάλες ποσότητες μόνο στην κεντρική Αφρική, και ιδιαίτερα στη ΛΔ Κογκό. Η τιμή του τετραπλασιάστηκε μέσα σε δύο χρόνια έως το 2018. Σε αντίθεση με τα περισσότερα μέταλλα, το μέταλλο του κοβαλτίου είναι τοξικό κατά την εξόρυξή του από το έδαφος. Λόγω της μεγάλης συγκέντρωσής του σε μία χώρα, και της σχετικά εύκολης εξόρυξής τους, μπορεί να δημιουργηθούν ισχυρά κίνητρα τόσο για ανεξέλεγκτη εξόρυξη, όσο και για χρήση μη ασφαλών μεθόδων εργασίας και μη ηθικών συμπεριφορών. [108]

5.1.2 Μεταφορά συσσωρευτών

Οι συσσωρευτές ιόντων λιθίου θεωρούνται επικίνδυνα υλικά κατά τη μεταφορά τους. Ανήκουν στην κατηγορία (class) 9, όσον αφορά τον Κανονισμό του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών (ΟΗΕ) σχετικά με τη μεταφορά επικίνδυνων αγαθών (United Nations: Recommendations on the Transport of Dangerous Goods, Model Regulations). Για την ασφαλή μεταφορά τους, οι συσσωρευτές ιόντων λιθίου πρέπει να ικανοποιούν τις απαιτήσεις της παραγράφου [38.3](#) του Εγχειριδίου Δοκιμών και Κριτηρίων (Manual of Tests and Criteria). Σύμφωνα με την

παράγραφο αυτή, οι συσσωρευτές ταξινομούνται σε κατηγορίες μεγέθους ανάλογα με τη μάζα τους, αλλά και με την ποσότητα λιθίου που περιέχουν. Υποβάλλονται στις εξής δοκιμές:

T1: Δοκιμή προσομοίωσης «ύψους» (altitude simulation test), δηλαδή αεροπορικής μεταφοράς

T2: Θερμική δοκιμή (thermal test)

T3: Δόνηση (vibration)

T4: Κρούση (shock)

T5: Εξωτερικό βραχυκύκλωμα (external short circuit)

T6: Πρόσκρουση / σύνθλιψη (impact / crush)

T7: Υπερφόρτιση (overcharge)

T8: Εξαναγκασμένη εκφόρτιση (forced discharge)

Οι ανωτέρω δοκιμές (με εξαίρεση την T1) είναι παρόμοιες με κάποιες από αυτές που περιγράφονται στο Κεφάλαιο 3. Ο σκοπός των δοκιμών αυτών όμως είναι να διασφαλιστεί η μεταφορά των συσσωρευτών με ασφαλή τρόπο, ώστε να αποφευχθούν οι σχετικοί κίνδυνοι (που αφορούν τις υποδομές, τα οχήματα, το προσωπικό, αλλά και τον περιβάλλοντα χώρο) και η διασπορά υλικού και ενέργειας στο περιβάλλον.

Επισημαίνεται επίσης ότι κατά τη μεταφορά τους οι συσσωρευτές είναι σε κατάσταση μη λειτουργίας.

5.1.3 Διαχείριση παλιών συσσωρευτών - Ανακύκλωση

Προκειμένου αφενός να μειωθεί η ζήτηση για εξόρυξη νέων ποσοτήτων λιθίου, και αφετέρου για ορθή διαχείριση των συσσωρευτών που ήδη υπάρχουν, υπάρχει σημαντική ανάγκη να ανακυκλώνονται οι συσσωρευτές λιθίου στο τέλος της ωφέλιμης ζωής τους. Η εμπειρία έχει δείξει ότι όταν οι συσσωρευτές είναι μικρού μεγέθους (συσσωρευτές μικρών ηλεκτρονικών συσκευών) και διασπείρονται σε πολύ μεγάλο αριθμό καταναλωτών, ανακυκλώνεται μόνο ένα μικρό ποσοστό τους. Για παράδειγμα, στην Αυστραλία το 2016 το ποσοστό αυτό ήταν μόλις 2% σύμφωνα με έρευνα του ερευνητικού οργανισμού CSIRO [110].

Αντίθετα, σε μεγάλες εγκαταστάσεις συσσωρευτών, είναι ευκολότερο να γίνει συνολική διαχείριση των συσσωρευτών: μεταφορά όλων σε εργοστάσιο ανακύκλωσης, η οποία οδηγεί σε ανάκτηση έως του 60% των υλικών [9]. Ένα τέτοιο σχέδιο συνολικής διαχείρισης-ανακύκλωσης έχει ανακοινωθεί από το Horsedale Power Reserve στη Νότια Αυστραλία, μια μεγάλη εγκατάσταση BESS που λειτουργεί από το 2017 (100 MW/129 MWh) και θα αυξήσει τη χωρητικότητά της κατά 50% (επιπλέον 50 MW/65,5 kWh) [11]. Επειδή όμως ακόμη και οι μεγάλες εγκαταστάσεις που ήδη λειτουργούν ξεκίνησαν τα τελευταία χρόνια, το κατά πόσον η πλήρης διαχείριση-ανακύκλωση θα εφαρμοστεί στην πράξη, θα φανεί όταν οι συσσωρευτές φτάσουν στο τέλος της ζωής τους, σε περίπου 15 έτη [9].

Αναμένουμε ότι στις εγκαταστάσεις καταναλωτών, που βρίσκονται στο ενδιάμεσο της κλίμακας, το ποσοστό των συσσωρευτών που θα ανακυκλωθεί πραγματικά θα είναι επίσης ενδιάμεσο σε σχέση με τα παραπάνω.

Εναλλακτικές μορφές συσσωρευτών με μεγαλύτερη βιωσιμότητα είναι σε ερευνητικό στάδιο, ενώ φυσικά άλλες τεχνολογίες EES (όπως μηχανικής αποθήκευσης) [9] αποφεύγουν εντελώς αυτό το πρόβλημα. Όμως αυτό είναι κάτι που αφορά το μέλλον, ενώ η άμεση ανάγκη είναι να εξασφαλιστεί η ορθή διαχείριση για τους συσσωρευτές που εγκαθίστανται σήμερα και θα εγκαθίσταται σε μεγαλύτερη κλίμακα τα αμέσως επόμενα χρόνια.

5.1.4 Επίδραση στο ενεργειακό ζήτημα

Μια συνήθης αντιμετώπιση του ενεργειακού ζητήματος είναι ο στόχος να δημιουργηθεί επαρκής προσφορά από ένα συνδυασμό ΑΠΕ-αποθήκευσης, ώστε να καλύπτεται κατά το μέγιστο δυνατό ποσοστό (ακόμη και πλήρως) η (αυξανόμενη) ενεργειακή ζήτηση του μέλλοντος, όπως αυτή προβλέπεται με βάση τα σημερινά δεδομένα και τάσεις.

Ο στόχος αυτός δεν θεωρείται ορθός από όσους θεωρούν ότι πέρα από την έμφαση σε ανανεώσιμες πηγές, για να καταστεί βιώσιμο το ενεργειακό σύστημα πρέπει να τεθεί παράλληλα και ο στόχος μείωσης της ζήτησης μέσω δραστηκής εξοικονόμησης ενέργειας [9]. (Βλ. και τα σχετικά σχόλια στο τέλος της παρ. 1.2.2). Επομένως η μονοσήμαντη θεώρηση των συσσωρευτών ως περιβαλλοντικά φιλικής λύσης, δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση στο γεγονός ότι η ενέργεια των συσσωρευτών προέρχεται από ΑΠΕ, μπορεί να έχει αρνητικές συνέπειες: αφενός συσκοτίζει τα ζητήματα περιβαλλοντικών επιπτώσεων των συσσωρευτών, αφετέρου μπορεί έμμεσα να ωθήσει σε υπερκατανάλωση ενέργειας. Εξάλλου, σε ένα πολύπλοκο ηλεκτρικό δίκτυο με ποικιλία πηγών και καταναλώσεων ηλεκτρικής ισχύος, δεν είναι εκ των προτέρων εξασφαλισμένο ότι η ενέργεια που αποθηκεύεται στους συσσωρευτές προέρχεται αποκλειστικά από ΑΠΕ. Οι συσσωρευτές θα μπορούσαν όντως να θεωρηθούν περιβαλλοντικά φιλικό στο βαθμό που θα αποτελέσουν τμήμα μιας συνολικής θεώρησης, στην οποία περιλαμβάνονται και σχέδια μείωσης της κατανάλωσης και εξοικονόμησης ενέργειας.

Πιο συγκεκριμένα, για μια ορθολογική εκτίμηση της επίδρασης των συστημάτων συσσωρευτών στο ενεργειακό ζήτημα, πρέπει να εκτιμηθούν οι παραγόμενες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (GHG) από την παραγωγή, τη χρήση, και την διαχείριση/ανακύκλωση των συστημάτων αυτών, και να συγκριθούν με τη μείωση εκπομπών που προκαλεί η χρήση τους, λόγω της αντίστοιχης μείωσης άλλων πιο ρυπογόνων πηγών παραγωγής ενέργειας (κυρίως ορυκτών καυσίμων). Για μια γενικότερη εκτίμηση της περιβαλλοντικής «φιλικότητας» των συστημάτων συσσωρευτών, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη και οι υπόλοιπες παράμετροι περιβαλλοντικών επιπτώσεων, που δεν μπορούν να μεταφραστούν άμεσα σε παραγωγή/μείωση GHG (όπως π.χ. η υποβάθμιση των υδάτινων πόρων). Όπως θα φανεί και στην επόμενη ενότητα, το αντικείμενο αυτό δεν έχει προτυποποιηθεί επαρκώς ώστε να υπάρχουν ευρέως αποδεκτές μέθοδοι. Σε κάθε περίπτωση πάντως, ο στόχος είναι η σταδιακή βελτίωση των μεθόδων περιβαλλοντικής διαχείρισης των συστημάτων συσσωρευτών, ώστε με τη σταδιακή διάδοσή τους να μην αυξηθούν ανάλογα και οι περιβαλλοντικές τους επιπτώσεις.

5.2 Περιβαλλοντική ανάλυση

Ο οδηγός συνιστώμενων πρακτικών [DNVGL-RP-0043](#) του DNV GL που παρουσιάστηκε στην παρ. 2.4.4 περιλαμβάνει μια αναλυτική καθοδήγηση για την περιβαλλοντική ανάλυση των συστημάτων αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας (Electrical Energy Storage, EES). Το κυρίως κείμενο περιγράφει σε γενικές γραμμές τα σημεία που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη, όμως μεγαλύτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι καθοδηγητικές σημειώσεις, οι οποίες περιλαμβάνουν συγκεκριμένες πληροφορίες για τις διάφορες κατηγορίες συστημάτων, μεταξύ των οποίων οι διαφορετικοί τύποι συσσωρευτών.

Παρακάτω παρουσιάζεται και ακολούθως σχολιάζεται η Ενότητα 8 του [DNVGL-RP-0043](#).

Ενότητα 8. Περιβαλλοντική ανάλυση

8.1 Γενικά

Η κατασκευή, λειτουργία και απόρριψη οποιασδήποτε διάταξης θα έχει περιβαλλοντικές συνέπειες, και επίσης θα επηρεαστεί από το περιβάλλον της. Αυτές οι συνέπειες μπορεί να σχετίζονται με την ασφάλεια, αλλά μπορεί επίσης να περιλαμβάνουν μακροπρόθεσμες επιδράσεις στην υγεία, ή διάφορες επιδράσεις στη ζωή και στα αντικείμενα γύρω της. Η επόμενη ενότητα περιγράφει πλευρές που σχετίζονται με το μεγάλο εύρος των τεχνολογιών EES και αξίζουν ιδιαίτερη προσοχή.

Όπως ορίζεται στην Ενότητα 2, υπάρχουν πέντε κύριες κατηγορίες ταξινόμησης των τεχνολογιών EES: μηχανικές, ηλεκτροχημικές, ηλεκτρικές, χημικές και θερμικές. Καθεμία από αυτές τις κατηγορίες θα έχει χαρακτηριστικά περιβαλλοντικά ζητήματα, που ισχύουν καταρχήν (nominally) για οποιοδήποτε σύστημα αυτής τις κατηγορίας.

Τα ακόλουθα έγγραφα αναφέρονται ως κανονιστικά σε αυτή την ενότητα και είναι απαραίτητα για την εφαρμογή της. Όπου αναφέρεται ημερομηνία, εφαρμόζεται η συγκεκριμένη έκδοση. Όπου δεν αναφέρεται ημερομηνία, εφαρμόζεται η πιο πρόσφατη έκδοση μαζί με τυχόν τροποποιήσεις.⁶⁷

- [ISO Guide 64](#), Guide for addressing environmental issues in product standards, 2^η έκδ. 2008.

- [IEC 62430](#), Environmentally conscious design (ECD) for electrical and electronic products, 1^η έκδ. 2009.

- [IEC 64545](#), Environmental Information on Electrical and Electronic Equipment, 1^η έκδ. 2008.

8.2 Επιδράσεις συστημάτων αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας στο περιβάλλον

Ο ιδιοκτήτης ενός συστήματος EES θα πρέπει να εκτελέσει μια μελέτη περιβαλλοντικής επίδρασης (environmental impact assessment), στην οποία θα πρέπει να ληφθούν υπόψη τουλάχιστον οι παράγοντες που καταγράφονται στις επόμενες ενότητες.

Καθοδηγητική σημείωση (Guidance note):

Η λειτουργία κάθε συστήματος EES οποιασδήποτε κατηγορίας θα έχει κάποιο βαθμό επίδρασης στο περιβάλλον του συστήματος. Οι ακόλουθες ενότητες περιγράφουν με λεπτομέρεια τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που θα πρέπει να μελετηθούν κατά την ανάπτυξη (deployment) και λειτουργία ενός συστήματος EES.

8.2.1 Ηλεκτρομαγνητικά (H/M) πεδία

⁶⁷ Σε κάθε περίπτωση, στο Παράρτημα [Α](#) της εργασίας παρατίθεται η πλέον πρόσφατη έκδοση.

Οι χειριστές (operators) και άλλα πρόσωπα που μπορεί να βρίσκονται κοντά σε ένα σύστημα EES θα πρέπει να ενημερώνονται για την πιθανότητα Η/Μ πεδίου και να είναι προσεκτικοί κατά τη χρήση μεταλλικών ή ηλεκτρικών συσκευών που μπορεί να επηρεάζονται ή να βλάπτονται.

Καθοδηγητική σημείωση:

Ένα Η/Μ πεδίο κάποιου βαθμού έντασης θα πρέπει να αναμένεται σε οποιοδήποτε σύστημα EES σημαντικής ονομαστικής ισχύος, καθώς τέτοιο πεδίο θα παράγεται από κάθε καλώδιο που χρησιμοποιείται για τη μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας. Επιπλέον, καθεμία από τις ανωτέρω κατηγορίες τεχνολογίας EES μπορεί να χρησιμοποιεί σύστημα ΣΡ για την αποθήκευση, και επομένως θα απαιτεί ηλεκτρονικά ισχύος (ή άλλα μέσα) για τη διεπαφή (interface) με το ευρύτερο δίκτυο ΕΡ.

Αρκετές από τις τεχνολογίες είναι ενδεχόμενο να προκαλέσουν σημαντικά ισχυρότερο Η/Μ πεδίο, εάν χρησιμοποιούν Η/Μ δυνάμεις για να εκτελέσουν ενεργειακές μετατροπές. Επομένως σε όλα τα συστήματα EES, και ιδιαίτερα σε όσα αναφέρονται παραπάνω, οι χειριστές και άλλα πρόσωπα που μπορεί να βρίσκονται κοντά θα πρέπει να ενημερώνονται για την πιθανότητα Η/Μ δυνάμεων και να είναι προσεκτικοί κατά τη χρήση μεταλλικών ή ηλεκτρικών συσκευών που μπορεί να επηρεάζονται ή να βλάπτονται.

8.2.2 Η/Μ συμβατότητα

Οι εφαρμοσίδες απαιτήσεις (τοπικές, εθνικές, του κώδικα δικτύου) που αφορούν την Η/Μ συμβατότητα (EMC) πρέπει να ελέγχονται και να ικανοποιούνται. Επιπρόσθετα, πρέπει να μελετηθούν στρατηγικές μετριασμού, ώστε να εγγυώνται την ορθή λειτουργία των συστημάτων επικοινωνίας ανεξάρτητα από συχνότητες μεταγωγής για μετατροπή ισχύος (power conversion switching frequencies) και δευτερογενείς συχνότητες μεταγωγής (secondary switching frequencies).

8.2.3 Εκπομπή βλαπτικών υλικών

Τα MSDS [material safety data sheets, δελτία δεδομένων ασφάλειας υλικού] και άλλες πληροφορίες ασφάλειας ή SDS [safety data sheets, δελτία δεδομένων ασφάλειας] θα πρέπει να ληφθούν υπόψη σε περίπτωση που από ένα σύστημα EES εκλύονται αέρια ή διαρρέουν υγρά. Τα δελτία αυτά θα περιέχουν τις ακόλουθες ειδικές πληροφορίες για οποιαδήποτε περιλαμβανόμενα υλικά:

- Τοξικότητα ή επικίνδυνες ιδιότητες
- Ευφλεκτότητα
- Κατάλληλα Μέσα Ατομικής Προστασίας (personal protective equipment)
- Διαδικασίες καθαρισμού (cleanup procedures)

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι σε συνθήκες αστοχίας, οι χημικές ουσίες μπορεί να αντιδρούν και να παράγουν νέα επικίνδυνα υλικά. Επομένως, συστήνεται να ερωτηθεί ο κατασκευαστής ως προς το ποια υλικά μπορεί να εκλυθούν σε τέτοιες συνθήκες. Συστήματα EES που έχουν τη δυνατότητα να παράγουν εύφλεκτους ή τοξικούς ατμούς (vapours) υπό συγκεκριμένες συνθήκες, θα πρέπει να διαθέτουν κατάλληλες ικανότητες ανίχνευσης αερίων ή/και σύστημα επαρκούς εξαερισμού σε λειτουργία. Συστήνεται να εγκατασταθούν τέτοιοι αισθητήρες αερίων τόσο εσωτερικά όσο και εξωτερικά του περιβλήματος του συστήματος, λαμβάνοντας υπόψη επίσης την πυκνότητα του μετρούμενου αερίου και αν ο αισθητήρας θα πρέπει να τοποθετηθεί ψηλά ή χαμηλά στο χώρο. Επαρκή μέτρα πρέπει να λαμβάνονται για EES που περιέχουν αέρια υπό πίεση, όπως υδρογόνο ή αέρα.

Συστήνεται επίσης να παρακολουθούνται τα συστήματα εξαερισμού ή ανεμιστήρων ανεξάρτητα, ώστε να εξασφαλίζεται καλύτερα η λειτουργικότητα και να ενημερώνεται το προσωπικό που εργάζεται στη γύρω περιοχή. Κατά την υλοποίηση αυτών των συστημάτων, ειδικά σε εσωτερικό χώρο ή εντός περιβλήματος, θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή ώστε ο εξαερισμός να κατευθύνεται προς τον

εξωτερικό αέρα και να υπάρχει σωστή διαλειτουργικότητα (interoperability) με τα υπάρχοντα συστήματα εξαερισμού ή HVAC (Heating Ventilation & Air Conditioning, θέρμανσης εξαερισμού και κλιματισμού), έτσι ώστε να μην γίνεται ακούσια ανακατεύθυνση των αερίων.

Όλα τα ανωτέρω μέτρα πρέπει να βασίζονται στην ανάλυση τρόπων και αποτελεσμάτων αστοχίας (FMEA) του συστήματος EES (βλ. Εν. 7).

Καθοδηγητική σημείωση:

Τα συστήματα EES έχουν αναπτυχθεί σε τέτοιο σημείο ώστε είναι πιθανόν να χρησιμοποιούνται πολύ ειδικά και ιδιαίτερα ανεπτυγμένα υλικά στην κατασκευή τους, ή ιδίως στον πυρήνα του φυσικού συστήματος που χρησιμοποιείται για την αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας. Στην περίπτωση αστοχίας, ή ακόμη και τακτικής συντήρησης, οποιαδήποτε από τα υλικά αυτά μπορεί να εκτεθούν στο περιβάλλον ή σε ανθρώπους που βρίσκονται γύρω. Τέτοια υλικά θα πρέπει να προσεγγίζονται με προσοχή, καθώς μπορεί να έχουν ένα μεγάλο εύρος ιδιοτήτων όπως διαβρωτικότητα, ευφλεκτότητα ή άλλες επικίνδυνες ιδιότητες. Υλικά πρωταρχικής σημασίας (prime concern) μπορούν να προσδιοριστούν για τα περισσότερα συστήματα, και περιγράφονται παρακάτω σε δύο κύριες κατηγορίες, αέρια και υγρά.

Αέρια συστατικά: Τεχνολογίες όπως συμπιεσμένου αέρα [CAES] ή υδρογόνου χρησιμοποιούν αέριο ως το μέσο της αποθήκευσης ενέργειας. Αν και ο αέρας είναι χημικά αβλαβής σε κατάλληλες συνθήκες περιβάλλοντος, όταν αποθηκεύεται σε υψηλές πιέσεις όπως στα συστήματα CAES μπορεί να αποτελέσει ένα σημαντικό κίνδυνο ασφάλειας. Αυτό μπορεί να έχει επιπτώσεις σε χειριστές ή τεχνικούς στην περιοχή, καθώς και να επηρεάσει άλλα γειτονικά συστήματα οδηγώντας σε δευτερογενείς κινδύνους. Το υδρογόνο αποθηκεύεται επίσης σε υψηλή πίεση, και επομένως θα πρέπει να λαμβάνονται οι ίδιες προφυλάξεις κατά τη χρήση του. Επιπλέον, το υδρογόνο είναι εξαιρετικά εύφλεκτο. Επομένως, η εγκατάσταση οποιουδήποτε EES που βασίζεται στο υδρογόνο σε κλειστό χώρο θα πρέπει να γίνεται μόνο με κατάλληλη ικανότητα εξαερισμού.

Τα ηλεκτροχημικά συστήματα μπορούν να έχουν επίσης τη δυνατότητα να παράγουν αέρια. Αυτό είναι μια γνωστή δραστηριότητα ορισμένων συσσωρευτών Li-ion, οι οποίοι μπορεί να εκλύουν ηλεκτρολύτη (τυπικά οργανικές ανθρακικές (carbonate) ενώσεις), καθώς και μονοξείδιο του άνθρακα [CO], διοξείδιο του άνθρακα [CO₂] και σε κάποιες περιπτώσεις υδρογόνο [H₂]. Οι συσσωρευτές μολύβδου-οξέος παράγουν οξυ-υδρογόνο (oxy-hydrogen) κατά την κανονική λειτουργία τους. Επομένως, καθένα από αυτά τα συστήματα έχει τη δυνατότητα να παράγει εύφλεκτους ατμούς, και η εγκατάσταση οποιουδήποτε από αυτά απαιτεί κατάλληλη ικανότητα παρακολούθησης αερίων ή κατ' ελάχιστον, σύστημα εξαερισμού σε λειτουργία.

Τέλος, ορισμένες τεχνολογίες που βασίζονται σε υγρά (όπως συσσωρευτές ροής οξειδοαναγωγής) χρησιμοποιούν ηλεκτρολύτες ή άλλα υγρά που μπορεί να εξατμίζονται (ναρογίζε) εάν απελευθερωθούν. Για παράδειγμα, στην περίπτωση συσσωρευτών βρωμιούχου ψευδαργύρου (Zinc-Bromide) η ένωση του ηλεκτρολύτη είναι σταθερή αλλά το περιεχόμενο στοιχείο βρώμιο είναι επικίνδυνο και διαβρωτικό και θα πρέπει να αποφεύγεται. Επομένως, σε περίπτωση διαρροής τα άτομα στο γειτονικό χώρο θα πρέπει να ενεργούν προσεκτικά και να υποθέτουν ότι κάθε υγρό που βρίσκεται εκεί μπορεί να δώσει βλαβερό αέριο. Όπως συμβαίνει και με τους συσσωρευτές μολύβδου-οξέος, μπορεί να παραχθεί οξυγόνο και υδρογόνο κατά την κανονική λειτουργία. Αυτό μπορεί να απαιτεί την απομάκρυνση του αερίου μίγματος από τη διεργασία.

Υγρά συστατικά: Αρκετές ομάδες τεχνολογιών EES χρησιμοποιούν υγρά, τα οποία μπορεί να διαρρεύσουν. Οι συσσωρευτές ροής οξειδοαναγωγής, όπως αναφέρεται στην 7.5.1.4, περιέχουν χημικά που μπορεί να είναι επικίνδυνα στην επαφή με το ανθρώπινο σώμα. Επιπλέον, οι τεχνολογίες θερμικής αποθήκευσης όπως τετηγμένου άλατος (molten salt) χρησιμοποιούν χημικές ενώσεις που μπορεί να

έχουν μεγάλο εύρος ιδιοτήτων. Τα MSDS ή SDS θα πρέπει να είναι διαθέσιμα για κάθε σύστημα και το προσωπικό που βρίσκεται κοντά θα πρέπει να είναι εξοικειωμένο με αυτά. Θα πρέπει να συμβουλευούνται τα MSDS ή SDS σε περίπτωση διαρροής για ειδικές πληροφορίες σχετικά με τοξικότητα ή επικίνδυνες ιδιότητες, και για πληροφορίες σχετικές με μέσα ατομικής προστασίας και διαδικασίες καθαρισμού.

8.2.4 Θερμότητα

Τα συστήματα EES θα πρέπει να είναι επαρκώς μονωμένα ώστε να περιορίζουν την περιβαλλοντική έκθεση στην τυχόν θερμότητα ή ψύξη (cold) που αποθηκεύουν ή δημιουργούν.

Ιδιαίτερα πρόσθετα μέτρα θα πρέπει να λαμβάνονται για ειδικούς τύπους EES που περιέχουν σημαντικά ποσά θερμότητας ή ψύξης, όπως συσσωρευτές NaS [νατρίου-θείου] ή συστήματα που περιέχουν υπεραγωγούς (superconductors).

Καθοδηγητική σημείωση:

Σε κάποιο βαθμό, θερμότητα παράγεται από οποιοδήποτε σύστημα ενεργειακής μετατροπής μέσω των αναπόφευκτων απωλειών ενέργειας. Επιπλέον, τα ηλεκτρονικά υψηλής ισχύος έχουν μεγάλη δυνατότητα παραγωγής θερμότητας και είναι εξαρτήματα υψηλής θερμοκρασίας (high temperature componentry). Επομένως, κάθε σύστημα EES θα μεταδίδει σε ένα βαθμό θερμότητα στο περιβάλλον του, και πρέπει να προσεγγίζεται με προσοχή ως προς την επαφή, όταν η θερμοκρασία του δεν είναι βέβαιη. Τα συστήματα θερμικής αποθήκευσης χρησιμοποιούν τη θερμότητα ως το μέσο αποθήκευσης, και επομένως παρουσιάζουν έναν πολύ συγκεκριμένο κίνδυνο υψηλής θερμοκρασίας. Επιπλέον, ορισμένες τεχνολογίες χρησιμοποιούν εξαιρετικά χαμηλές θερμοκρασίες για να ελαχιστοποιήσουν τις απώλειες, όπως τα υπεραγωγικά μαγνητικά πηνία (superconducting magnetic coils), και επομένως αντιπροσωπεύουν έναν εξίσου οξύ (roignant) κίνδυνο. Βέβαια, καθεμιά από αυτές τις τεχνολογίες απαιτεί σημαντική μόνωση για να απομονώσει τον πυρήνα (core) του συστήματος από τις συνθήκες του περιβάλλοντος.

8.2.5 Δόνηση (vibration)

Για μηχανικά συστήματα EES, θα πρέπει να ελεγχθεί η ικανότητα των κατασκευών που υποστηρίζουν και περιβάλλουν το σύστημα, να αντιμετωπίσουν τυχόν δονήσεις που προκαλούνται από αυτό. Εάν είναι απαραίτητο, πρέπει να ληφθούν μέτρα μετριασμού.

Καθοδηγητική σημείωση:

Συστήματα συσσωρευτών ροής οξειδοαναγωγής και συστήματα PHS [αντλησιοταμίευσης] που χρησιμοποιούν μηχανικά εξαρτήματα, θα παράγουν χαμηλά επίπεδα τοπικής δόνησης. Όμως, οι περιστρεφόμενοι σφόνδυλοι (flywheels), που λειτουργούν σε ταχύτητες χιλιάδων ή και δεκάδων χιλιάδων στροφών ανά λεπτό [rpm], έχουν την ικανότητα να παράγουν επικίνδυνα επίπεδα δόνησης. Φυσικά, η εξισορρόπηση του συστήματος ώστε να αποφεύγονται τέτοιες δονήσεις είναι σημείο-κλειδί για την ικανότητα και τη λειτουργία του συστήματος, αλλά όσον αφορά το χώρο εγκατάστασης, η προσοχή πρέπει να δίνεται στην ικανότητα της περιβάλλουσας ή υποστηρικτικής κατασκευής να αντιμετωπίσει πιθανές δονήσεις.

8.2.6 Χώρος εφαρμογής (application site)

Όταν εξετάζονται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις ενός συστήματος EES, θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η γύρω περιοχή, όπως για παράδειγμα:

- Εντός κατοικίας (home based)
- Οικιστική (residential) περιοχή

- Βιομηχανική περιοχή
- Απομακρυσμένες (remote) ή αγροτικές (rural) περιοχές.

Καθοδηγητική σημείωση:

Πέρα από τον τύπο της επίδρασης που μπορεί να έχει κάθε σύστημα EES στο περιβάλλον του, είναι σημαντικό επίσης να λαμβάνεται υπόψη η γύρω περιοχή στην οποία θα εγκατασταθεί το σύστημα. Τα παρακάτω επισημαίνουν τις διαφορετικές περιοχές, που μπορεί να έχουν ειδικές απαιτήσεις ως προς την εγκατάσταση ενός συστήματος EES.

Εγκαταστάσεις σε οικιστική περιοχή: Συστήματα EES που εγκαθίστανται κοντά σε κατοίκους, δηλαδή ανθρώπους, έχουν σημαντικά μεγαλύτερη πιθανότητα για ακούσια εξωτερική αλληλεπίδραση, και πολύ μεγαλύτερο κίνδυνο για την ανθρώπινη ζωή στην περίπτωση ατυχήματος. Όλοι οι παράγοντες εξωτερικής επίδρασης της λειτουργίας συστήματος EES στο περιβάλλον, που περιγράφονται στην παρ. 8.2, έχουν υψηλότερη πιθανότητα να οδηγήσουν σε αρνητικές συνέπειες. Επιπρόσθετα, στην περίπτωση οικιακών εγκαταστάσεων, ο χρήστης είναι πιθανόν μη εξοικειωμένος με την τεχνολογία. Επομένως, τα συστήματα αυτά θα πρέπει να διαθέτουν επιπλέον διασφαλίσεις (safeguards) για να περιορίσουν την πιθανότητα για επιβλαβείς (detrimental) συνθήκες λειτουργίας.

Εγκαταστάσεις σε βιομηχανική περιοχή: Συστήματα EES που εγκαθίστανται σε καθορισμένες (designated) βιομηχανικές περιοχές παρουσιάζουν πολύ χαμηλότερο κίνδυνο, αφού το προσωπικό που βρίσκεται στην περιοχή, καθώς επίσης οι τεχνικοί και οι χειριστές, είναι πιθανότερο να είναι εκπαιδευμένοι και τεχνικά εξοικειωμένοι με το σύστημα.

8.3 Επιδράσεις του περιβάλλοντος στη λειτουργία των συστημάτων EES

Οι παράγοντες στις επόμενες παραγράφους θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την αξιολόγηση (evaluation) της καταλληλότητας (suitability) μιας τοποθεσίας εγκατάστασης σε σχέση με τη χρησιμοποιούμενη τεχνολογία.

8.3.1 Νερό και υγρασία (water and moisture)

Η πιθανότητα υγρασίας σε μορφή σταγονιδίων νερού ή υδρατμών (moisture or humidity)⁶⁸ να εισχωρήσει (permeate) σε ένα σύστημα EES πρέπει να λαμβάνεται υπόψη σύμφωνα με τις συστάσεις του κατασκευαστή, κατ' ελάχιστον όταν αξιολογείται η τοποθεσία εγκατάστασης. Πρέπει να αποδοθεί (assigned) και να επαληθευτεί (verified) μια κατάλληλη κατηγορία IP [στεγανότητας] σύμφωνα με το [IEC 60529](#) [Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)]. Επιπλέον, σε περίπτωση που το σύστημα αναμένεται να λειτουργεί σε διαβρωτικό περιβάλλον όπως κοντά στη θάλασσα, ή κοντά σε εξοπλισμό που εκλύει διαβρωτικούς ατμούς, μπορεί να περιλαμβάνεται στις απαιτήσεις η επιτυχημένη ολοκλήρωση μιας δοκιμής αλατούχου νέφους [salt mist] στα εξωτερικά εξαρτήματα του συστήματος, σύμφωνα με το [ASTM B117](#) [Standard Practice for Operating Salt Spray (Fog) Apparatus] ή το [IEC 60068-2-11](#) [Environmental testing. Test methods. Tests. Test Ka. Salt mist].

Καθοδηγητική σημείωση:

Το νερό, και ιδίως το αλμυρό νερό λόγω της αυξημένης αγωγιμότητάς του, έχει τη δυνατότητα να βλάψει τα ηλεκτρικά εξαρτήματα, καθώς και τα υπόλοιπα στοιχεία του συστήματος. Ένας μεγάλος όγκος νερού πιθανότατα θα προκαλέσει βραχυκύκλωμα, αν και ο κύριος κίνδυνος είναι η βλάβη στο σύστημα και η ολική οικονομική απώλεια (total financial loss). Επιπλέον, οι υψηλές τιμές ατμοσφαιρικής υγρασίας μπορούν να επηρεάσουν την λειτουργία πολλών συστημάτων, και μπορεί να γίνεται επίσης σχετική αναφορά στην εγγύηση (warranty), ως προς την ικανότητα του συστήματος να

⁶⁸ Οι όροι moisture και humidity αποδίδονται στα ελληνικά με τον όρο υγρασία, όμως moisture είναι η παρουσία νερού σε υγρή μορφή (σταγονίδια), ενώ humidity σε αέρια μορφή (υδρατμοί, ή ατμοσφαιρική υγρασία).

επιτύχει την πλήρη διάρκεια ζωής του. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα για συστήματα με κινούμενα μέρη, στα οποία αυξάνει την πιθανότητα διάβρωσης. Επομένως, η πιθανότητα να εισχωρήσει υγρασία σε ένα σύστημα EES πρέπει να λαμβάνεται υπόψη σύμφωνα με τις συστάσεις του κατασκευαστή, κατ'ελάχιστον όταν αξιολογείται η τοποθεσία εγκατάστασης.

8.3.2 Θερμοκρασία

Οι προδιαγραφές και απαιτήσεις του κατασκευαστή θα πρέπει να ακολουθούνται προσεκτικά, όσον αφορά την ανοχή στη θερμοκρασία.

Βλ. τις παρ. 9.4.1 και 7.4.6, για συστάσεις σχετικές με τη θερμοκρασία όσον αφορά το μέγεθος (sizing) και την ασφάλεια του συστήματος αντίστοιχα.

Καθοδηγητική σημείωση:

Η θερμοκρασία είναι ένας από τους πιο καθοριστικούς (*dominating*) παράγοντες όσον αφορά τη λειτουργία και την ασφάλεια του συστήματος ηλεκτροχημικών συσσωρευτών, και θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη σε αρχικό στάδιο της υλοποίησης (*implementation*). Για τεχνολογίες συσσωρευτών *Li-ion*, οι υψηλές θερμοκρασίες έως τους 40°C περίπου θα επιταχύνουν τις ηλεκτροχημικές αντιδράσεις, με πιθανή επίδραση στη μακροζωία (*longevity*), και πάνω από αυτό το σημείο θα έχουν σημαντικές επιδράσεις στη μακροζωία του συστήματος. Πολλά συστήματα, όταν λειτουργούν πάνω από τους 50°C, θα μειώσουν δραματικά την αναμενόμενη διάρκεια ζωής, περιορίζοντάς την σε μερικές εκατοντάδες κύκλους. Επίσης, οι συσσωρευτές ροής οξειδοαναγωγής μπορούν να παράγουν υδρογόνο και να έχουν άλλες αρνητικές (*adverse*) συνέπειες, όταν λειτουργούν πάνω από τους 50°C. Επομένως, η λειτουργία των περισσότερων ηλεκτροχημικών συστημάτων αποθήκευσης υπό υψηλές θερμοκρασίες είναι σημαντικό πρόβλημα, το οποίο συνήθως αποφεύγεται με συστήματα ψύξης με υγρό (*liquid cooling systems*). Μεγάλες σταθερές (*stationary*) εφαρμογές μπορεί επίσης να υλοποιούν συστήματα ενεργητικής ψύξης με αέρα. Τα ηλεκτροχημικά συστήματα που δεν χρησιμοποιούν ενεργητική ψύξη θα έχουν συνήθως ειδικές απαιτήσεις, αναφερόμενες στην εγγύηση, που θα πρέπει να ακολουθούνται πολύ προσεκτικά, σε διαφορετική περίπτωση η εγγύηση θα είναι άκυρη (*void*).

Παρομοίως, και οι χαμηλές θερμοκρασίες αντιπροσωπεύουν πιθανό κίνδυνο. Ο σημαντικότερος κίνδυνος βρίσκεται κατά κύριο λόγο σε συστήματα *Li-ion*, όπου η φόρτιση σε συνθήκες ψύχους (κατά προσέγγιση χαμηλότερες από 0...10°C) μπορεί να προκαλέσει επιμετάλλωση του ηλεκτροδίου με λίθιο (*lithium plating*), με αποτέλεσμα σημαντική πιθανότητα πρόκλησης βραχυκυκλώματος και θερμικής φυγής. Επιπλέον, όταν εκφορτίζονται σε συνθήκες ψύχους, τα συστήματα ιόντων λιθίου έχουν επιδειξει σημαντικά χαμηλότερη χωρητικότητα διαθέσιμης ενέργειας (*available energy capacity*). Για το λόγο αυτό, πολλά ηλεκτροχημικά συστήματα περιέχουν εξοπλισμό (*hardware*) που διευκολύνει την αυτοθέρμανση (*self-heating*), ή τη θέρμανση από εξωτερική πηγή, σε ορισμένες περιπτώσεις χρησιμοποιώντας το ίδιο σύστημα υγρού όπως για την ψύξη.

Οι υπερ-πυκνωτές (*supercapacitors*) παρουσιάζουν σημαντικά χαμηλότερη ευαισθησία στη θερμοκρασία σε σχέση με τους συσσωρευτές ιόντων λιθίου, με θερμοκρασίες λειτουργίας πάνω από 65...70°C να είναι συνηθισμένες. Όταν η θερμοκρασία ξεπεράσει αυτές τις (σχετικά υψηλές) τιμές, η ονομαστική ισχύς μπορεί να μειωθεί (*de-rated*), ή το σύστημα να τεθεί εκτός (*off*), για την προστασία των πυκνωτών. Όσον αφορά τις χαμηλές θερμοκρασίες, οι υπερ-πυκνωτές μπορούν να λειτουργήσουν έως και τους -40°C σύμφωνα με τις προδιαγραφές κάποιων κατασκευαστών, ή και ακόμη χαμηλότερα. Οι ακριβείς θερμοκρασίες λειτουργίας ποικίλλουν ανά κατασκευαστή και πρέπει να είναι γνωστές πριν την ολοκλήρωση (*integration*) του συστήματος.

Τα συστήματα EES που χρησιμοποιούν θερμικές ή μηχανικές διεργασίες (*processes*) είναι επίσης θεωρητικά δυνατό να επηρεάζονται από μεταβολές της θερμοκρασίας. Αυτό όμως συνήθως θα έχει

μόνο μικρές αποκλίσεις στην απόδοση (efficiency) του συστήματος. Σε αυτές τις περιπτώσεις, συνιστάται να ακολουθούνται οι προδιαγραφές και οι απαιτήσεις του κατασκευαστή όσον αφορά τη θερμοκρασία.

8.3.3 Πίεση περιβάλλοντος (ambient pressure)

Συστήματα EES που περιέχουν αέρια θα πρέπει να αξιολογούνται για την επίδραση μεγάλου υψομέτρου, ή άλλων καταστάσεων όπου μπορούν να προκύψουν συνθήκες μη τυπικών (non-standard) ατμοσφαιρικών πιέσεων, κατ' ελάχιστον ως προς τις ακόλουθες απόψεις: ασφάλεια, λειτουργία, ψύξη (εάν είναι εφαρμόσιμο).

Καθοδηγητική σημείωση:

Το υψόμετρο (altitude) είναι μια πολύ άμεση απαίτηση συστημάτων αντλησιοταμίευσης, τα οποία βασίζονται σε διαφορές ύψους (elevation changes) ως την πηγή δυναμικής ενέργειας.

Επιπλέον, η χαμηλή πυκνότητα αέρα που προκύπτει σε υψηλό υψόμετρο μπορεί να έχει άμεσες συνέπειες σε διάφορες τεχνολογίες EES technologies. Αέρια συστήματα (όπως υδρογόνου ή συμπιεσμένου αέρα) που αποτελούνται από σημαντικά εξαρτήματα υπό πίεση, θα λειτουργούν σε συνθήκες χαμηλής εξωτερικής πίεσης, πράγμα που μπορεί να επηρεάσει την ασφάλεια ή τη λειτουργία του συστήματος. Επιπλέον, οι χαμηλές πυκνότητες αέρα θα επιδράσουν αρνητικά σε συστήματα ψύξης, εάν υπάρχουν. Για εγκαταστάσεις σε σημαντικό υψόμετρο, εάν δεν δίνονται προδιαγραφές από τον κατασκευαστή, συνιστάται να διερευνηθεί (enquire) και να εξασφαλιστεί η ασφαλής λειτουργία και η πλήρης δυναμικότητα (capability) του εν λόγω συστήματος.

8.3.4 Έκθεση στον εξωτερικό αέρα

Συστήματα EES που βρίσκονται εντός πλήρως κλειστού περιβλήματος έχουν σημαντικά χαμηλότερη πιθανότητα να υποστούν συνέπειες από απρόβλεπτους ρύπους (contaminants) στον αέρα. Τέτοιοι ρύποι μπορεί να περιλαμβάνουν διαβρωτικά υγρά και ατμούς, που μπορεί να επιταχύνουν τη διάβρωση, καθώς και να βλάψουν εξαρτήματα. Σε αυτούς συμπεριλαμβάνονται, αλλά όχι εξαντλητικά, αλατούχο νέφος, SO₂ [διοξειδίο του θείου], βιομηχανικές εκπομπές (industrial emissions), άμμος (sand) ή τέφρα (ash). Υψηλά επίπεδα σκόνης (dust) και βρωμιάς (dirt) μπορούν να φράξουν (clog) τα φίλτρα αέρος σε συστήματα που χρησιμοποιούν ψύξη με αέρα περιβάλλοντος.

Επιπρόσθετα, εγκαταστάσεις σε περιοχές με υψηλά επίπεδα ατμοσφαιρικής υγρασίας μπορεί να έχουν απρόβλεπτες συνέπειες λόγω σχηματισμού συμπύκνωσης (condensation) πάνω σε εξαρτήματα, με αποτέλεσμα να ενεργοποιηθούν (trip) τα κυκλώματα απομόνωσης (isolation circuitry).

Καθοδηγητική σημείωση:

Υψηλά επίπεδα αλάτος στον αέρα (airborne salt) θα έχουν σημαντικές επιδράσεις σε ένα σύστημα, και ιδιαίτερος στο βαθμό διάβρωσης αυτού. Αυτές οι συνθήκες αναφέρονται συνήθως σε εγκαταστάσεις στον ωκεανό ή κοντά στις ακτές, αλλά μπορεί επίσης να συμβούν και λόγω άλλων τοπικών παραγόντων. Συστήματα με σημαντική πιθανότητα έκθεσης σε αλατούχα νέφη θα πρέπει να βρίσκονται μέσα σε πλήρως κλειστό περίβλημα, ώστε να αποφευχθεί η επαφή στο μέγιστο δυνατό βαθμό.

8.3.5 Χλωρίδα (flora) και πανίδα (fauna)

Πρέπει να λαμβάνονται μέτρα ώστε να αποφεύγεται η διείσδυση (infiltration) τοπικής άγριας ζωής (wildlife) σε ένα σύστημα EES, καθώς και η ανάπτυξη φυτών μέσα στο σύστημα, ιδιαίτερα σε συστήματα χωρίς προγραμματισμένη συντήρηση και μεγάλο διάστημα αναμενόμενης διάρκειας λειτουργίας.

Καθοδηγητική σημείωση:

Έχουν ήδη καταγραφεί πολλές περιπτώσεις διείσδυσης άγριας ζωής σε συστήματα EES, μεταξύ άλλων φίδια, ποντίκια και έντομα. Αυτά και άλλα ζώα μπορούν να έχουν πρόσβαση μέσω αγωγών καλωδίων (cable conduit) και μπορεί να μασήσουν ή να αλλοιώσουν αγωγούς μετάδοσης επικοινωνιών και ισχύος. Πρέπει να λαμβάνονται μέτρα για την αποφυγή αυτού του τύπου της απρόβλεπτης επίδρασης, καθώς μπορεί να παρουσιάσει ζητήματα ασφάλειας, καθώς και να οδηγήσει σε πλήρως απρόβλεπτες αστοχίες και χρόνο εκτός λειτουργίας (downtime). Τα παραπάνω εφαρμόζονται σε κάθε τεχνολογία EES. Παρομοίως, η δυνατότητα φυτών να μεγαλώσουν στο εσωτερικό της εγκατάστασης πρέπει να αποφευχθεί, ιδιαίτερα σε συστήματα χωρίς προγραμματισμένη συντήρηση και μεγάλο διάστημα αναμενόμενης διάρκειας λειτουργίας.

8.3.6 Σεισμός ή δόνηση

Ένα μηχανικό σύστημα EES θα πρέπει να αντέξει εξωτερικές δονήσεις που μπορεί να υπάρξουν, συμπεριλαμβανομένων των σεισμών. Μετά από ένα σεισμό ή άλλα γεγονότα που προκάλεσαν σημαντικές ακούσιες δονήσεις στο σύστημα EES, πρέπει να διενεργούνται γενικοί έλεγχοι ασφάλειας (general safety checks) και να ερωτάται ο κατασκευαστής για προτεινόμενες ενέργειες. Σε τέτοιες περιπτώσεις, για μηχανικά συστήματα EES, θα πρέπει να διενεργείται επιπλέον έλεγχος και επιθεώρηση (inspection), για να εξασφαλιστεί ότι το υλικό (hardware) δεν έχει υποστεί ζημιές.

Καθοδηγητική σημείωση:

Δοκιμή δόνησης απαιτείται για κάθε σύστημα που μπορεί να μεταφερθεί με δημόσια μέσα (publicly). Αυτή η δοκιμή αναφέρεται (pertains) κυρίως στην ασφάλεια και την αστοχία, αν και υπερβολική δόνηση είναι πιθανόν να έχει επίσης βλαπτικές συνέπειες στα ηλεκτρονικά, στα κυκλώματα και σε όποια άλλα φυσικά εξαρτήματα. Επομένως, μετά από ένα σεισμό ή άλλα απρόβλεπτα γεγονότα που προκάλεσαν μεγάλη ακούσια δόνηση του συστήματος EES, πρέπει να διενεργούνται έλεγχοι ασφάλειας. Για κάθε σύστημα που χρησιμοποιεί μηχανικά εξαρτήματα όπως αντλίες (αντλησιοταμίευση, συσσωρευτές ροής οξειδοαναγωγής, σφόνδυλοι), θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή και να διενεργείται επιθεώρηση ώστε να εξασφαλιστεί ότι το υλικό δεν υπέστη ζημιές. Σε κάθε περίπτωση, συνιστάται να γίνεται συνεννόηση με τον κατασκευαστή ως προς τα προτεινόμενα βήματα για να επανέλθει (recover) το σύστημα από ένα σενάριο σοβαρής δόνησης όπως ένα σεισμό.

8.4 Τέλος ζωής (end of life, EOL), παροπλισμός (decommissioning) και ανακύκλωση

Για τον παροπλισμό, την απόρριψη (disposal) ή τις πιθανές διεργασίες ανακύκλωσης, πρέπει να ερωτηθεί ο κατασκευαστής του συστήματος για καθοδήγηση. Ο προμηθευτής (supplier) πρέπει να παρέχει ένα σχέδιο διαχείρισης τέλους ζωής (EOL treatment plan), που θα περιγράφει όλες τις δραστηριότητες τέλους ζωής για τα συστήματά του, ως μέρος της παράδοσης (delivery). Συστήνεται αυτή η διαδικασία να αναπτύσσεται, να τεκμηριώνεται (documented) και να χρηματοδοτείται (financed) κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης (deployment) του συστήματος, ώστε να αποφευχθεί η περίπτωση κάποιος πόρος (resource) να απομείνει παρατημένος (stranded), χωρίς υποστήριξη ή δέσμευση για παροπλισμό.

Οι κανονισμοί απόρριψης και ανακύκλωσης για ουσίες και εξαρτήματα σε ηλεκτροχημικά συστήματα EES πρέπει να ληφθούν υπόψη. Πολλά υλικά που βρίσκονται σε σύγχρονους συσσωρευτές ή συσσωρευτές ροής οξειδοαναγωγής είναι επικίνδυνα για το περιβάλλον (environmentally hazardous) και υπόκεινται σε ρυθμίσεις (regulated). Επομένως πρέπει να απορρίπτονται σύμφωνα με τις απαιτήσεις των τοπικών αρχών, όπως η Οδηγία [2006/66/EK](#) [Οδηγία (...) σχετικά με τις ηλεκτρικές στήλες και τους συσσωρευτές και τα απόβλητα ηλεκτρικών στηλών και συσσωρευτών (...)] του

Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, γνωστή και ως Οδηγία Συσσωρευτών (Batteries Directive).

Καθοδηγητική σημείωση:

Ένα σημαντικό ποσοστό συστημάτων EES που λειτουργούν σήμερα είναι συσσωρευτές μολύβδου-οξέος. Αυτοί οι συσσωρευτές μπορεί να είναι καταρχήν (nominally) πολύ βλαπτικοί για το περιβάλλον. Για παράδειγμα, το υψηλό περιεχόμενο μολύβδου και οξέων που χρησιμοποιείται στους συσσωρευτές τους κάνει περιβαλλοντικά επικίνδυνους, όταν δεν υπόκεινται σε σωστό χειρισμό. Όμως η βιομηχανία έχει αναπτυχθεί (κυρίως λόγω της πολιτικής (policy) που εφαρμόστηκε) με τέτοιο τρόπο ώστε οι ρυθμοί ανακύκλωσης να είναι εξαιρετικά υψηλοί. Οι συσσωρευτές επιστρέφονται στους πωλητές, οι οποίοι χρεώνουν ένα ποσοστό στην πώληση. Οι παλιές μονάδες συλλέγονται και αποστέλλονται σε κέντρα ανακύκλωσης, όπου το οξύ απομακρύνεται (drained) και ο συσσωρευτής κομματιάζεται ώστε να διαχωριστούν ο μολύβδος και το πλαστικό. Αφού υπάρχουν τόσο λίγα κύρια εξαρτήματα σε ένα συσσωρευτή μολύβδου-οξέος, η διεργασία είναι πολύ απλή (straight forward). Αυτό απέχει πολύ από την πραγματικότητα για τις περισσότερες άλλες διατάξεις EES, οι οποίες δεν έχουν ακόμη δει τόσο ευρεία διάδοση (widespread proliferation), συμπεριλαμβανομένων των ιόντων λιθίου.

Η πλειοψηφία των τεχνολογιών EES που συζητώνται στην παρ. 2.2 δεν έχουν ακόμη δει ρυθμούς υιοθέτησης, πόσο μάλλον ρυθμούς παροπλισμού, αρκετά υψηλούς ώστε να έχει γίνει επαρκής έρευνα για τις ευκαιρίες και τους περιορισμούς της ανακύκλωσης. Οι ηλεκτρολύτες σε συσσωρευτές ροής οξειδοαναγωγής, όπως ο βρωμιούχος ψευδάργυρος και τα διαλύματα βαναδίου, μπορούν τυπικά να επαναχρησιμοποιούνται, μερικές φορές για όλο το χρόνο ζωής του συσσωρευτή. Θα πρέπει να λαμβάνεται μεριμνά για να τακτοποιούνται και να απομακρύνονται όποιες επιμολύνσεις (contaminants) ή προσμίξεις (impurities) μπορεί να προκύψουν. Επιπλέον, το βανάδιο και ο ψευδάργυρος από αυτούς τους συσσωρευτές μπορεί να ανακυκλωθούν. Η πλειοψηφία των υπόλοιπων υλικών που χρησιμοποιούνται σε αυτά τα συστήματα, καθώς επίσης και στα ιόντων λιθίου, είναι παρόμοια με άλλες τεχνολογίες (κράματα χάλυβα και μαλακοί χάλυβες (mild steel), κράματα αλουμινίου, χαλκός, τιτάνιο, HPDE [πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας] κλπ.) και επομένως η πλειοψηφία των προκλήσεων αφορά την αποσυναρμολόγηση (disassembly), την καταστροφή (destruction), την ταξινόμηση (sorting) και την πιθανή επιμόλυνση (contamination). Επομένως, όσον αφορά τις διεργασίες παροπλισμού, απόρριψης ή πιθανής ανακύκλωσης, συστήνεται να λαμβάνεται υπόψη το σχέδιο διαχείρισης τέλους ζωής (βλ. παρ. 4.9 και 4.10) ή, εάν δεν είναι διαθέσιμο, να ερωτάται ο αρχικός κατασκευαστής του συστήματος. Συνιστάται επίσης οι εταιρείες αυτές να διενεργούν μελέτες για τη διαχείριση τέλους ζωής των συστημάτων τους.

Η Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος των ΗΠΑ (U.S. Environmental Protection Agency, EPA) δηλώνει ότι καμία δευτερογενής (επαναφορτιζόμενη) κυψέλη δεν μπορεί να απορρίπτεται νόμιμα σε χώρο υγειονομικής ταφής (landfill). Οι ηλεκτροχημικές κυψέλες ιόντων λιθίου και νικελίου ταξινομούνται ως τοξικές λόγω της παρουσίας μολύβδου, κοβαλτίου, χαλκού, νικελίου, χρωμίου, θορίου και αργύρου.

Για τους συσσωρευτές μολύβδου-οξέος, οι δραστηριότητες επαναχρησιμοποίησης (repurposing) και ανακύκλωσης είναι ένα καλά εδραιωμένο (well-established) και εξαιρετικά επιτυχημένο σύστημα. Δεν υπάρχουν πολιτικές αντιμετώπισης της ανακύκλωσης συσσωρευτών λιθίου και νικελίου με τον ίδιο τρόπο όπως στους συσσωρευτές μολύβδου-οξέος, και αυτό οφείλεται σε ορισμένες προκλήσεις. Αυτό ισχύει εν μέρει επειδή οι συσσωρευτές αυτοί είναι πολύ πιο σύνθετοι από μηχανική άποψη, και οι μονάδες είναι πολύ πιο περίπλοκες (sophisticated) σε σχέση με τις μολύβδου-οξέος. Επιπλέον, υπάρχει πολύ μεγαλύτερο εύρος υλικών σε κάθε συσσωρευτή, καθώς και ένα μεγάλο εύρος διαφορετικής χημείας μεταξύ συσσωρευτών. Το ίδιο το λίθιο είναι πολύ φθηνό, επομένως αν και η ανακύκλωσή του είναι εφικτή (feasible), επί του παρόντος δεν είναι οικονομική (economical). Αντίθετα, τα κύρια

συστατικά που ενδιαφέρουν είναι το νικέλιο και το κοβάλτιο (και ο χαλκός). Όμως, αυτά τα στοιχεία δεν τα περιέχουν όλοι οι συσσωρευτές ιόντων λιθίου σε επαρκείς ποσότητες. Ακολουθεί ένα παράδειγμα πολιτικών για απαιτήσεις διαχείρισης (treatment) και ανακύκλωσης, όπως περιγράφεται στην Ευρωπαϊκή Οδηγία για συσσωρευτές [2006/66/ΕΚ](#):

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ

1. Η διαχείριση θα περιλαμβάνει, κατ' ελάχιστο, την απομάκρυνση όλων των υγρών και των οξέων.
2. Η διαχείριση, και κάθε αποθήκευση, συμπεριλαμβανομένης της προσωρινής αποθήκευσης, σε εγκαταστάσεις διαχείρισης, θα γίνεται σε χώρους με αδιαπέρατες (impermeable) επιφάνειες και κατάλληλη κάλυψη για προστασία από τις καιρικές συνθήκες (weatherproof covering), ή μέσα σε κατάλληλα δοχεία (containers).

ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ

3. Οι διεργασίες ανακύκλωσης θα επιτυγχάνουν τις ακόλουθες ελάχιστες αποδόσεις ανακύκλωσης:
 - (a) Ανακύκλωση του 65% κατά μέσο βάρος για τους συσσωρευτές μολύβδου-οξέος, με το περιεχόμενο σε μόλυβδο να ανακυκλώνεται κατά το μέγιστο ποσοστό που είναι τεχνικά εφικτό, αποφεύγοντας το υπερβολικό κόστος.
 - (b) Ανακύκλωση του 75% κατά μέσο βάρος των συσσωρευτών νικελίου-καδμίου, με το περιεχόμενο σε κάδμιο να ανακυκλώνεται κατά το μέγιστο ποσοστό που είναι τεχνικά εφικτό, αποφεύγοντας το υπερβολικό κόστος.
 - (c) Ανακύκλωση του 50% κατά μέσο βάρος άλλων αποβλήτων συσσωρευτών.

8.5 Υπολογισμός εκπομπών αερίων θερμοκηπίου για συστήματα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας

Για αρχές και καθοδήγηση ως προς την ποσοτικοποίηση της μείωσης εκπομπών αερίων θερμοκηπίου (GHG, greenhouse gas) σε σύγκριση με κάποια γραμμή βάσης (baseline) (η οποία περιλαμβάνει την συνήθη κατάσταση, "business as usual"), για ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά συστήματα, γίνεται παραπομπή στο [IEC TR 62726](#), Guidance on quantifying greenhouse gas emission reductions from the baseline for electrical and electronic products and systems, 1^η έκδ. 2014.

Για ποσοτικοποίηση των εκπομπών GHG για μια εφαρμογή αποθήκευσης ενέργειας, θα πρέπει να επιλεγούν τα κατάλληλα όρια (case boundaries), (π.χ. το σύστημα EES, ή ο συνδυασμός παραγωγής ισχύος και αποθήκευσης, ή ο συνδυασμός του συστήματος LAES (Liquid Air Energy Storage, αποθήκευση ενέργειας υγροποιημένου αέρα) με την απορριπτόμενη ψύξη (waste cold) μιας εγκατάστασης LNG (Liquified Natural Gas, υγροποιημένου φυσικού αερίου)), καθώς αυτό θα έχει σημαντική επίδραση στο αποτέλεσμα.

Καθοδηγητική σημείωση:

Δεν υπάρχουν πρότυπα για την ποσοτικοποίηση της επίδρασης των συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας στις εκπομπές GHG. Πρέπει να αναπτυχθούν μέθοδοι για να ποσοτικοποιήσουν την επίδρασή τους στις μειώσεις εκπομπών GHG. Αυτές οι μέθοδοι πρέπει να λαμβάνουν υπόψη την πηγή της ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιείται για τη φόρτιση του συστήματος αποθήκευσης, και τη μορφή της παραγωγής που αντικαθίσταται από την αποθήκευση.

Η επίδραση ενός συστήματος EES στη μείωση των εκπομπών GHG καθορίζεται από την αύξηση της χρησιμοποιούμενης ενέργειας που οφείλεται στα εξής:

- Απαιτήσεις ενέργειας σχετικές με την κατασκευή, τη λειτουργία και τη συντήρηση της εγκατάστασης,
- Απόδοση μετατροπής (conversion efficiency) της αποθήκευσης ενέργειας (συμπεριλαμβανομένων των απωλειών μετάδοσης),
- Ποσοστό της παραγόμενης ενέργειας που απαιτεί αποθήκευση,

- Πρόσθετες εξωτερικές απαιτήσεις ενέργειας ανά μονάδα αποθηκευμένης ενέργειας (π.χ. το CAES απαιτεί μεταφορά και καύση φυσικού αερίου).

Αν και στο επίπεδο ενός συστήματος EES, η αύξηση στις εκπομπές GHG λόγω αποθήκευσης είναι σημαντική, οι συνολικές (cumulative) εκπομπές GHG από συστήματα αποθήκευσης που λειτουργούν σε συνδυασμό με τεχνολογίες χαμηλού άνθρακα (low-carbon) από ανανεώσιμες πηγές θα είναι σημαντικά χαμηλότερες σε σχέση με τις πηγές ισχύος ορυκτών καυσίμων (fossil fuel). Η χρήση της αποθήκευσης ίσως επίσης εξαλείψει (eliminate) τη διακοπτόμενη (intermittent) φύση των ανανεώσιμων πηγών, παρέχοντας υπηρεσίες δικτύου με δυνατότητα ενεργοποίησης κατά βούληση (dispatchable grid services). Σε πολλά συστήματα ισχύος, παρέχονται βοηθητικές (ancillary) υπηρεσίες από θερμικούς σταθμούς παραγωγής (thermal generators) που λειτουργούν σε σημείο μακριά από το βέλτιστο, και επομένως με σχετικά υψηλές εκπομπές GHG. Η αποθήκευση μπορεί να παρέχει παρόμοιες ή ανώτερες βοηθητικές υπηρεσίες, σε σύγκριση με τέτοιους θερμικούς σταθμούς, με χαμηλότερες εκπομπές GHG.

Συγολιασμός

Ο οδηγός αυτός περιβαλλοντικής ανάλυσης αφορά κυρίως την αλληλεπίδραση του συστήματος BESS με το λίγο έως πολύ άμεσο περιβάλλον του, και επομένως τα περισσότερα ζητήματα που απασχολούν την ανάλυση και μπορούν να ποσοτικοποιηθούν είναι παρόμοια με εκείνα που αφορούν την ασφάλεια. Για τα περιβαλλοντικά ζητήματα με την ευρύτερη έννοια, οι κανονισμοί και οι απαιτήσεις βρίσκονται σε αισθητά προγενέστερο στάδιο σε σχέση με τα θέματα ασφάλειας. Έτσι, για τη διαχείριση-ανακύκλωση των συσσωρευτών, υπάρχει πολύ πιο σαφής διαδικασία και απαιτήσεις για τους συσσωρευτές μολύβδου-οξέος, σε σχέση με τους συσσωρευτές λιθίου. Φαίνεται επίσης ότι η ανακύκλωση του λιθίου των συσσωρευτών δεν προκαλεί σήμερα έντονο ενδιαφέρον από τεχνο-οικονομική άποψη. Τέλος, η ποσοτικοποίηση της συνεισφοράς (θετικής και αρνητικής) ενός συστήματος EES στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου αποτελεί ένα ανοιχτό ζήτημα και δεν έχουν διαμορφωθεί πρότυπες και ευρέως αποδεκτές μέθοδοι αξιολόγησης. Επομένως η παραπάνω μεθοδολογία ανάλυσης μπορεί να θεωρηθεί ως ένας γενικός οδηγός που παρέχει χρήσιμη καθοδήγηση, του οποίου όμως οι προβλέψεις απαιτούν εξειδίκευση με την σύνταξη και υιοθέτηση σχετικών προτύπων και κανονισμών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ BESS ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΩΝ

6.1 Σε διεθνές επίπεδο

Γενικές παρατηρήσεις και σύνοψη τρέχουσας κατάστασης

Τα τελευταία χρόνια, έχει γίνει εκτεταμένη προσπάθεια για δημιουργία νέων προτύπων ή αναθεώρηση παλαιότερων στα θέματα των συσσωρευτών (κυρίως λιθίου) και συστημάτων BESS σε εγκαταστάσεις καταναλωτών.

Όσον αφορά τον εξοπλισμό, χρησιμοποιούνται είτε διεθνή πρότυπα (IEC) είτε εθνικά (π.χ. UL). Η συμμόρφωση με κάποιο ή κάποια από τα πρότυπα αυτά συνήθως θεωρείται επαρκές κριτήριο για να δείξει την αξιοπιστία του εξοπλισμού, τουλάχιστον όσον αφορά το αντικείμενο του προτύπου. Αυτό σε γενικές γραμμές είναι σωστό. Όμως απαιτείται πάντοτε προσοχή, ώστε να είναι σαφές τι ακριβώς καλύπτει κάθε φορά η συμμόρφωση με το πρότυπο. Τα διεθνή πρότυπα σε θέματα που άπτονται εθνικών νομοθεσιών και κανονισμών μπορεί να είναι αρκετά γενικά και να μην έχουν συγκεκριμένες προβλέψεις, ώστε να μπορούν να προσαρμοστούν στις τοπικές διαφορές. Σε περίπτωση επομένως που δεν υπάρχει σχετική εθνική νομοθεσία, τα πρότυπα δεν δίνουν σαφή πρόβλεψη. Τα εθνικά πρότυπα, από την άλλη, παραπέμπουν συχνά σε κανονισμούς και νομοθεσίες της χώρας για την οποία σχεδιάστηκαν.

Σε γενικές γραμμές τα πρότυπα δεν είναι πλήρη, αλλά παραπέμπουν σε άλλα όσον αφορά ειδικότερα στοιχεία. Τέτοια είναι για παράδειγμα τα εσωτερικά ή εξωτερικά εξαρτήματα ή υποσυστήματα, οι μέθοδοι δοκιμών, τα υλικά κατασκευής κλπ. Παρόλο που τα πρότυπα σχετικά με συσσωρευτές λιθίου ή με συστήματα BESS είναι νέα ή πρόσφατα αναθεωρημένα, γιατί το αντικείμενό τους είναι νέο και διαρκώς εξελισσόμενο, αυτά στα οποία παραπέμπουν είναι δυνατόν να είναι αρκετά πιο παλιά. Αυτό συμβαίνει επειδή τα θέματα αυτά βασίζονται σε ήδη ώριμες τεχνολογίες και μεθοδολογίες.

Όσον αφορά τις εγκαταστάσεις, από την παρ. 4.1 έχει φανεί ότι γίνεται συντονισμός μεταξύ διαφορετικών φορέων ώστε να υπάρχουν ομοιόμορφες απαιτήσεις. Εάν το σύστημα ακολουθεί τις απαιτήσεις αυτές, θεωρείται αποδεκτό. Επίσης φαίνεται ότι σε γενικές γραμμές οι απαιτήσεις είναι πιο αυστηρές για τεχνολογίες που είναι νέες ή λιγότερο μελετημένες όσον αφορά τους κινδύνους ή τους τρόπους αντιμετώπισής τους (π.χ. μικρότερο όριο μέγιστης επιτρεπτής ποσότητας όσον αφορά τη χωρητικότητα του BESS). Σε όλες τις περιπτώσεις, επιτρέπεται η υπέρβαση των ορίων ή η χρήση διαφορετικής τεχνικής λύσης σε σχέση με το γράμμα των απαιτήσεων, εναπόκειται όμως πλέον στον μελετητή/εγκαταστάτη/κατασκευαστή να αποδείξει την ασφάλεια του συστήματος με εξειδικευμένη μελέτη επικινδυνότητας σύμφωνα με τις γενικές αρχές ασφάλειας.

Σταδιακά, όπως συμβαίνει και σε άλλες τεχνολογίες, αναμένεται να αναθεωρούνται συνεχώς τα πρότυπα με βάση: (α) την εξέλιξη των τεχνολογιών, (β) νεότερα ερευνητικά δεδομένα σχετικά

με την ασφάλεια των διαφόρων τύπων συσσωρευτών και BESS, (γ) την εμπειρία από την εφαρμογή των τρεχόντων προτύπων, με στόχο:

- Να προσαρμοστούν οι απαιτήσεις των προτύπων ώστε να ανταποκρίνονται επακριβώς στους κινδύνους χωρίς να υπάρχει υποεκτίμηση/υπερεκτίμηση.
- Να ενσωματωθούν νέες τεχνολογίες, εάν έχουν φτάσει σε στάδιο εμπορικής διαθεσιμότητας.
- Να επεκταθούν τα όρια των συστημάτων που καλύπτονται από τα πρότυπα, ώστε να είναι λιγότερες οι περιπτώσεις που απαιτείται ειδική μελέτη.

Σχετικά με το ειδικότερο αντικείμενο της παρούσας εργασίας, δηλαδή τις εγκαταστάσεις καταναλωτών:

- Σε γενικές γραμμές ισχύουν και εδώ τα γενικά πρότυπα εξοπλισμού.
- Τελευταία έχουν προστεθεί ειδικές προβλέψεις των κωδίκων εγκαταστάσεων για BESS σε χώρους μη βιομηχανικούς, κυρίως στις ΗΠΑ.
- Έχουν αναπτυχθεί οδηγοί που εξηγούν τα βασικά στοιχεία των εγκαταστάσεων αποθήκευσης σε μη ειδικούς, συχνά σε συνδυασμό με εγκαταστάσεις οικιακών ΦΒ, σε χώρες όπως η Αυστραλία, οι ΗΠΑ, η Γερμανία.
- Αρκετοί κατασκευαστές προσφέρουν προϊόντα «ολοκληρωμένα», έτοιμα για χρήση μετά από εγκατάσταση από εξειδικευμένο προσωπικό, και με λίγη ή καθόλου ανάγκη επέμβασης από το χρήστη. Οι ανάγκες συντήρησης ποικίλλουν.
- Για τα προϊόντα αυτά μπορεί να εφαρμόζονται επιπλέον πρότυπα που ισχύουν για οικιακές συσκευές κλπ. όσον αφορά π.χ. την αδυναμία πρόσβασης του χρήστη/ενοίκου στο εσωτερικό της συσκευής.
- Σε μεγαλύτερες εγκαταστάσεις (κτίρια γραφείων), και σε υπαίθριους χώρους, ισχύουν προβλέψεις κατά περίπτωση, που εντάσσονται στους αντίστοιχους κώδικες και κανονισμούς.
- Και εδώ η τάση είναι να αναπτυχθεί πρότυπο ή πρότυπα για BESS καταναλωτών, που να παρέχει εποπτικά τις συνολικές απαιτήσεις για τη συγκεκριμένη κατηγορία, και να παραπέμπει σε επί μέρους πρότυπα για ανάλυση των διαφόρων τεχνικών ζητημάτων και απαιτήσεων. Τα πρότυπα στα οποία γίνεται η παραπομπή μπορεί να είναι τα ίδια με αυτά που αντιστοιχούν σε άλλους τύπους BESS (βιομηχανικών εγκαταστάσεων), ή και σε άλλους τύπους ηλεκτρολογικού εξοπλισμού γενικά.

Συνοπτικές προτάσεις

- Είναι σημαντικό να επικρατήσει σταδιακά ένα πρότυπο, με βάση το οποίο να μπορεί να πιστοποιηθεί συνολικά ένα ολοκληρωμένο σύστημα BESS καταναλωτών (στο εξής: συνολικό πρότυπο). Από τα αναπτυσσόμενα πρότυπα, πιο κοντά στο στόχο αυτό είναι το [UL 9540](#) [Standard for Energy Storage Systems and Equipment].
- Το συνολικό πρότυπο δεν είναι πρακτικό ή σκόπιμο να καλύπτει πλήρως και λεπτομερειακά όλο το σύστημα. Αρκεί να προβλέπει τα ξεχωριστά πρότυπα με τα οποία θα πιστοποιούνται τα επιμέρους υποσυστήματα και εξαρτήματα.
- Έτσι, η συστοιχία συσσωρευτών θα καλύπτεται και θα πιστοποιείται από ένα πρότυπο όπως το [UL 1973](#), ή το [IEC 62619:2017](#) ενώ ο αντιστροφέας από ένα άλλο πρότυπο όπως το [UL 1741](#).

- Τόσο το συνολικό πρότυπο όσο και αυτά των υποσυστημάτων θα παραπέμπουν σε άλλα υπάρχοντα πρότυπα για τα εξαρτήματα, καλώδια κλπ., καθώς και για τις δοκιμές (είτε του συστήματος είτε των υποσυστημάτων αυτού). Το ίδιο ισχύει και για γενικές απαιτήσεις όπως ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας. Η συνολική πιστοποίηση του συστήματος όμως θα αναφέρεται στο γενικό πρότυπο και θα προϋποθέτει, όπου χρειάζεται, τη συμμόρφωση με τα υπόλοιπα.
- Το συνολικό πρότυπο πρέπει να ενσωματώνει τις ειδικές απαιτήσεις λόγω του μη βιομηχανικού περιβάλλοντος και μη ειδικών χρηστών. Αυτό μπορεί να γίνει είτε αντλώντας στοιχεία από πρότυπα οικιακού εξοπλισμού όπως το [IEC 60335-1](#), είτε παραπέμποντας απευθείας σε αυτά. Τα επί μέρους πρότυπα δεν είναι σκόπιμο να ενσωματώνουν άμεσα τέτοιες απαιτήσεις, εάν τα υποσυστήματα στα οποία αναφέρονται (συσσωρευτές, αντιστροφείς) θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν και σε διαφορετικές π.χ. βιομηχανικές εφαρμογές.
- Πρότυπα με συγγενικό αλλά κατά βάση διαφορετικό αντικείμενο όπως UPS (βλ. [IEC 62040-1](#)) ή ηλεκτρονικά συστήματα πληροφορικής / επικοινωνιών (βλ. [IEC 62368-1](#)), τα οποία χρησιμοποιούνται σήμερα ως πηγές βοηθητικής ή συμπληρωματικής καθοδήγησης, σταδιακά θα πάψουν να παίζουν αυτό το ρόλο.
- Ως προς τις διαφορετικές τεχνολογίες συσσωρευτών, υπάρχουν δύο δυνατότητες:
 - Είτε το πρότυπο συσσωρευτών θα είναι γενικό και θα περιλαμβάνει απαιτήσεις για διαφορετικές τεχνολογίες συσσωρευτών, όπως συμβαίνει με το [UL 1973](#), με την προοπτική να ενσωματώνονται σταδιακά σε αυτό τεχνολογίες που θα εισαχθούν και θα αναπτυχθούν.
 - Είτε το συνολικό πρότυπο θα προβλέπει διαφορετικό πρότυπο για κάθε κατηγορία συσσωρευτών, όπως το [IEC 62619:2017](#) που είναι ειδικά για συσσωρευτές λιθίου. Αυτό όμως προϋποθέτει ότι οι απαιτήσεις του συνολικού συστήματος περιλαμβάνουν μνεία (και αντιμετώπιση) όλων των πιθανών κινδύνων που θα μπορούσαν να εμφανιστούν για τα διαφορετικούς τύπους συσσωρευτών.

6.2 Στην Ελλάδα

Η ελληνική πρακτική γενικά είναι να ακολουθούνται τα ευρωπαϊκά πρότυπα όσον αφορά τον εξοπλισμό. Επομένως, αναμένεται η Ελλάδα να υιοθετήσει σταδιακά τα πρότυπα που περιγράφονται στην προηγούμενη παράγραφο. Όσον αφορά τις εγκαταστάσεις, εφαρμόζονται οι εθνικοί Κανονισμοί, οι οποίοι σταδιακά εκσυγχρονίζονται. Βεβαίως όλες οι εγκαταστάσεις, αλλά και τα κτίρια στα οποία βρίσκονται αυτές, έχουν σημαντική διάρκεια ζωής, και κάθε προσπάθεια μετατροπής παλαιότερων εγκαταστάσεων και κτιρίων ώστε να συμμορφώνονται με νέες απαιτήσεις εμφανίζει τεχνικές δυσκολίες (κάποιες φορές ανυπέρβλητες) και σημαντικό κόστος. Για το λόγο αυτό υπάρχουν πάντοτε μεταβατικές διατάξεις και περίοδοι εφαρμογής. Στην Ελλάδα, σε πολλά κτίρια εξακολουθεί να ισχύει ο παλιός Κανονισμός Εσωτερικών Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων (ΚΕΗΕ) του 1955. Πρόκειται για όλες τις εγκαταστάσεις (εφόσον δεν έχουν γίνει έκτοτε προσθήκες και αλλαγές σε αυτές) που χρονολογούνται πριν από την έναρξη ισχύος του **ΕΛΟΤ HD 384** (2004), και για πολλές από τις εγκαταστάσεις από το επιπλέον μεταβατικό στάδιο 2 ετών (έως το Μάρτιο 2006). Ακόμη και αν το νέο πρότυπο **ΕΛΟΤ 60364** υιοθετηθεί άμεσα ως υποχρεωτικής εφαρμογής, αναμένεται ότι θα δοθεί αντίστοιχο μεταβατικό στάδιο για την πλήρη εφαρμογή του.

Στην πράξη, κάθε προσθήκη συστήματος BESS σε εγκατάσταση καταναλωτή, θεωρείται νέα εγκατάσταση ή προσθήκη/μεταβολή σε υπάρχουσα. Επομένως, ως προς την ηλεκτρική εγκατάσταση και με την εξαίρεση τυχόν (ίσως πολύ ολιγάριθμων σε αυτόνομα συστήματα) εγκαταστάσεων που χρονολογούνται πριν το 2006, όλες οι εγκαταστάσεις BESS πρέπει να ικανοποιούν το **ΕΛΟΤ HD 384**, τουλάχιστον έως ότου υιοθετηθεί και από την Πολιτεία το **ΕΛΟΤ 60364**. Αντίστοιχα, ως προς τα θέματα πυροπροστασίας οι νέες εγκαταστάσεις πρέπει να ικανοποιούν τον **ΚΠΚ** του 2018, ενώ τυχόν παλαιότερα συστήματα να ικανοποιούν τις διατάξεις που ίσχυαν κατά την εγκατάστασή τους.

Όπως έχει περιγραφεί στις παραγράφους 4.1.7 και 4.2.4, οι σχετικές αναφορές του **ΚΠΚ** (όσον αφορά την πυρασφάλεια) και του **ΕΛΟΤ HD 384** (όσον αφορά τις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις) είναι πολύ γενικές, ενώ το **ΕΛΟΤ 60364** (στην 1^η έκδοσή του) ρητά αφήνει ανοιχτό για μελλοντική ρύθμιση το θέμα των BESS. Βεβαίως η απαίτηση να τηρούνται οι γενικές αρχές της ασφάλειας υπάρχει, αν και απουσιάζει η λεπτομερής καθοδήγηση προκειμένου οι αρχές αυτές να ερμηνεύονται ορθά και ομοιόμορφα.

Παράλληλα, το ηλεκτρικό σύστημα μεταβάλλεται με ταχείς ρυθμούς, και η προοπτική της διεσπαρμένης αποθήκευσης (όπως και της διεσπαρμένης παραγωγής) είναι σημαντική για μια χώρα με τη γεωμορφολογία της Ελλάδας. Το ευρύ κοινό σταδιακά θα εκτίθεται όλο και περισσότερο σε εγκαταστάσεις αποθήκευσης, συχνά εντός του χώρου κατοικίας/εργασίας του και υπό την άμεση ευθύνη του, επομένως είναι σημαντικό να τεθούν εξαρχής σωστές βάσεις για την πρόληψη και την αντιμετώπιση των κινδύνων. Διαφορετικά υπάρχουν τα ενδεχόμενα είτε εφησυχασμού λόγω υποεκτίμησης, είτε δυσανάλογοι φόβου λόγω υπερεκτίμησης του κινδύνου. Μάλιστα, ιδιαίτερα στην περίπτωση πρόκλησης ατυχημάτων (ίσως σοβαρών), είναι πιθανή η ανάπτυξη δυσπιστίας και κοινωνικής αντίδρασης ως προς την τεχνολογία των συσσωρευτών και της αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας γενικότερα.

Για το σκοπό αυτό, συμπληρωματικά και ενισχυτικά προς τις υποχρεωτικές προβλέψεις, είναι σκόπιμο να υιοθετηθούν οι καλές πρακτικές από τους διεθνείς κανονισμούς και πρότυπα αλλά και από τους οδηγούς εγκατάστασης, τόσο ως προς τα μέτρα προστασίας όσο και ως προς την ενημέρωση και πληροφόρηση του κοινού, όπως αυτές που παρουσιάστηκαν στην παρούσα εργασία.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Σ. Παπαθανασίου, «Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας: Σημειώσεις Παραδόσεων», Εκδ. Ε.Μ.Π., 2014.
- [2] Μ.Π. Παπαδόπουλος, «Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές», Εκδ. Ε.Μ.Π., 1997.
- [3] Ν.Μ. Κιμουλάκης, «Κτιριακές Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις σύμφωνα με το ΕΛΟΤ HD 384», Παπασωτηρίου, 2006.
- [4] Δ.Ε. Παπαντώνης, «Μικρά Υδροηλεκτρικά Έργα», Τσότρας, 2016.
- [5] Κ. Βουρνάς, Β.Κ. Παπαδιάς, Κ. Ντελκής, «Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας: Έλεγχος και Ευστάθεια Συστήματος», Συμμετρία, 2011.
- [6] J. Harte, C. Holdren, R. Schneider, C. Shirley, «Τοξικά από το Α ως το Ω. Οδηγός για τα συνηθέστερα συναντούμενα τοξικά», Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Ε.Μ.Π., 2006.
- [7] Κ.Θ. Δέρβος, «Φωτοβολταϊκά Συστήματα: από τη Θεωρία στην Πράξη», Πανεπ. Εκδ. Ε.Μ.Π., 2013.
- [8] Stan Gibilisco, “Alternative Energy Demystified”, McGraw-Hill, 2007.
- [9] A. Rodriguez, “Remember The Giant Tesla Battery in Australia? It Just Marked Its First Year”, *The Conversation*, Dec. 2018. <https://www.sciencealert.com/remember-the-giant-tesla-battery-in-australia-it-just-marked-its-first-year> [last accessed 8/3/2020].
- [10] L. Turner, “Get the right energy storage: A battery buyers guide”, *ReNew*, No. 131, Mar. 2015. <https://renew.org.au/renew-magazine/buyers-guides/battery-guide/> [last acc. 8/3/2020]
- [11] Neoen, “Neoen and Tesla to deliver Australia’s most innovative battery with the expansion of Hornsdale Power Reserve in South Australia”, Media Release, Nov. 2019. <https://www.neoen.com/var/fichiers/20191119-neoen-mr-australia-hprx.pdf> [last acc. 8/3/2020]
- [12] M. Ryecroft, “Power support of MV Distribution systems using battery energy storage”, *EE Publishers*, Oct. 2017. <https://www.ee.co.za/article/power-support-mv-distribution-systems-using-battery-energy-storage.html> [last acc. 8/3/2020]
- [13] C. Park, “International Building Code: Not International at All”, *IFSEC Global*, Mar. 2013. <https://www.ifsecglobal.com/fire/international-fire-code-not-international-at-all/> [last acc. 8/3/2020]
- [14] B. O’Connor, “Safety With Energy Storage Systems”, *Facility Executive*, Aug. 2019. <https://facilityexecutive.com/2019/08/renewable-energy-safety-with-energy-storage-systems-ess/> [last acc. 8/3/2020]
- [15] P. Hesler, K.H. Travers, “Lithium-ion Battery Storage Systems – The risks and how to manage them”, *HazardEx*, Jul. 2019. <http://www.hazardexonthenet.net/article/171930/Lithium-ion-Battery-Energy-Storage-Systems-The-risks-and-how-to-manage-them.aspx#> [last acc. 8/3/2020]

- [16] C. Cone, “Battery Energy Storage Systems (BESS) – Worthwhile Investment?”, *Renewable Energy World*, Aug. 2018. <https://www.renewableenergyworld.com/2018/08/23/battery-energy-storage-systems-bess-worthwhile-investment/#gref> [last acc. 8/3/2020]
- [17] J. Deign, “The Safety Question Persists as Energy Storage Prepares for Huge Growth”, *Greentech Media News*, Jul. 2019. <https://www.greentechmedia.com/articles/read/the-safety-question-persists-for-energy-storage> [last acc. 8/3/2020]
- [18] J. Goodhand, “Large-scale electricity storage”, *DNV GL*. <https://www.dnvgl.com/services/large-scale-electricity-storage-7272> [last acc. 8/3/2020]
- [19] Nuvation Energy, “Island Grid Energy Storage”. <https://www.nuvationenergy.com/grid-storage-lifuka> [last acc. 8/3/2020]
- [20] L. Tennant, “How the IEC Relates to North America – Particularly IEC 60364”, *IAEI Magazine*, Jan. 2001. <https://iaeimagazine.org/magazine/features/how-the-iec-relates-to-north-america-particularly-iec-60364/> [last acc. 8/3/2020]
- [21] D. Clark, “Why can’t we quit fossil fuels?”, *The Guardian*, Apr. 2013. <https://www.theguardian.com/environment/2013/apr/17/why-cant-we-give-up-fossil-fuels> [last acc. 8/3/2020]
- [22] ADS-TEC, Energy Storage - Home & Small Business - Security concepts. <https://www.ads-tec.de/en/energy-storage/home-small-business/security-concept.html> [last acc. 8/3/2020]
- [23] Nuvation Energy, “High-Voltage Battery Management System”. <https://www.nuvationenergy.com/battery-management-systems/high-voltage-bms> [last acc. 8/3/2020].
- [24] Xelectrix Power, “The Power Box”. <https://www.xelectrix-power.com/en/the-power-box/> [last acc. 8/3/2020].
- [25] VP Solar, “Storage: high or low Voltage battery?”, Apr. 2019. <https://www.vpsolar.com/en/storage-high-low-voltage-battery/> [last acc. 8/3/2020].
- [26] Andritz Hydro, “Modern Hybrid Solution HyBaTec”, Sep. 2019. <https://www.andritz.com/resource/blob/315340/8ae7977f51587508bc53d7ad587cfdcf/hybate-c-en-data.pdf> [last acc. 8/3/2020].
- [27] B. Elzarei, “Energy Storage in the Network Codes”, Grid Connection ESC meeting, Brussels, Mar. 2018. https://docstore.entsoe.eu/Documents/Network%20codes%20documents/Implementation/stakeholder_committees/GSC/2018_03_08/3.%202018.03.08_EASE%20-%20Energy%20Storage%20in%20the%20GC%20NCs.pdf?Web=0 [last acc. 8/3/2020]
- [28] S. Griffith, “Energy Storage System (ESS) Guide for Compliance with Safety Codes and Standards”, NEMA, Feb. 2017. <https://slideplayer.com/slide/12109022/> [last acc. 8/3/2020]
- [29] S. Griffith, “Energy Storage Systems (ESS) Standards Activities”, NEMA, Feb. 2017. <https://slideplayer.com/slide/12328954/> [last acc. 8/3/2020]

- [30] J. Cain, “U.S. Codes & Standards for Energy Storage Systems”, Solar Energy Industries Association, Sep. 2016.
<https://www.seia.org/sites/default/files/JCain%20ESS%20Codes%20and%20Standards%20for%20SPI%20FINAL%202016Sep12.pdf> [last acc. 12/3/2020]
- [31] D. Conover, “Energy Storage System Safety Roadmap Codes and Standards Update”, Web meeting, Sep. 2017. <https://www.sandia.gov/energystoragesafety-ssl/wp-content/uploads/2017/09/ESS-Safety-Roadmap-CS-update-webinar-9-26-17-FINAL.pdf> [last acc. 8/3/2020]
- [32] “Underwriters Laboratories - Tracking battery safety right from the start”, *Battery & Energy Storage Technology (BEST) Magazine*, Summer 2016.
<https://www.ul.com/sites/g/files/qbfbp251/files/2019-05/BESTMag-Summer-2016.pdf> [last acc. 8/3/2020]
- [33] California Public Utilities Commission, “Safety Best Practices for the Installation of Energy Storage”. <https://www.cpuc.ca.gov/General.aspx?id=8353> [last acc. 8/3/2020]
- [34] MESA, Open Standards for Energy Storage. <http://mesastandards.org/> [last acc. 8/3/2020]
- [35] Queensland Workplace Health and Safety, “Installing battery energy storage systems (BESS)”, Sep. 2019. <https://www.worksafe.qld.gov.au/injury-prevention-safety/electricity/installing-battery-energy-storage-systems-bess> [last acc. 8/3/2020]
- [36] D. Borneo, “Battery Electrical Energy Storage (BESS) Commissioning Overview - A Safety Focus”, California Energy Commission Energy Storage Review, SAND2019-6575 PE, Jun. 2019. https://www.gosolarcalifornia.org/equipment/documents/2019-06-14_symposium/8_D_Borneo_Commissioning.pdf [last acc. 12/3/2020]
- [37] Clean Energy Council, “Guide to Installing a Household Battery Storage System”. <https://assets.cleanenergycouncil.org.au/documents/consumers/battery-storage-guide-for-consumers.pdf> [last acc. 12/3/2020].
- [38] Clean Energy Council, “Guide to Installing Solar for Households”. <https://assets.cleanenergycouncil.org.au/documents/consumers/solar-guide-for-consumers.pdf> [last acc. 12/3/2020]
- [39] “Best Practice Guide: Battery Storage Equipment – Electrical Safety Requirements”, Ver. 1.0, Jul. 2018 and Appendix “Battery Storage Equipment – Risk Matrix”. <https://batterysafetyguide.com.au/> [last acc. 12/3/2020]
- [40] Health and Safety Executive, “Using electric storage batteries safely”, INDG139(rev1) Jul. 2011. <https://www.hse.gov.uk/pubns/indg139.pdf> [last acc. 12/3/2020]
- [41] Environmental Health and Safety Office, “Lithium Ion Battery Safety Guidance”, MIT, Mar. 2017. https://ehs.mit.edu/wp-content/uploads/2019/09/Lithium_Battery_Safety_Guidance.pdf [last acc. 12/3/2020]

- [42] County of Santa Clara, Development Services Office, “Field Inspection Guidelines for interconnected residential battery storage systems”.
<http://www.cpuc.ca.gov/WorkArea/DownloadAsset.aspx?id=8470> [last acc. 12/3/2020]
- [43] U.S. Dept of Energy, Office of Electricity and Energy Reliability, “Energy Storage Safety Strategic Plan”, Dec. 2014.
<https://www.energy.gov/sites/prod/files/2014/12/f19/OE%20Safety%20Strategic%20Plan%20December%202014.pdf> [last acc. 12/3/2020]
- [44] P.C. Cole, D.R. Conover, “Energy Storage System Guide for Compliance with Safety Codes and Standards”, PNNL-SA-118870 / SAND2016-5977R. <https://www.sandia.gov/ess-ssl/publications/SAND2016-5977R.pdf> Jun. 2016. [last acc. 12/3/2020]
- [45] “ENTSO-E Position on Energy Storage and Storage Services”, Policy Paper, Oct. 2016.
https://docstore.entsoe.eu/Documents/Publications/Position%20papers%20and%20reports/entsoe_pp_storage_web.pdf <https://www.entsoe.eu/2016/10/21/energy-storage-and-storage-services/> [last acc. 9/2/2020]
- [46] D.K. Kim, S. Yoneoka, A.Z. Banatwala, Y.T. Kim, “Handbook on Battery Energy Storage System”, Asian Development Bank, Dec. 2018.
<https://dx.doi.org/10.22617/TCS189791-2>. [last acc. 12/3/2020]
- [47] IEC, “Electrical Energy Storage”, White Paper. IEC WP EES:2011-12(en).
<https://www.iec.ch/whitepaper/pdf/iecWP-energystorage-LR-en.pdf> [last acc. 12/3/2020]
- [48] R. Lovegrove, “Safety of Electrical Installations”, EUEW General Assembly – Brussels, Jun. 2008.
- [49] Santa Clara County Building Inspection Office, “Typical Residential Interconnected Storage Battery System Required Signage”,
<https://www.cpuc.ca.gov/WorkArea/DownloadAsset.aspx?id=8471> [last acc. 13/3/2020]
- [50] H. Hopper, “Energy Storage Systems – Fire Safety Concepts in the 2018 International Fire and Residential Codes”, ICC, Ann. Conf. Educ. Programs, Columbus OH, 2017.
<https://www.iccsafe.org/wp-content/uploads/Energy-Storage-Systems-Fire-Safety-Concepts-in-the-2018-IFC-and-IRC.pdf> [last acc. 13/3/2020]
- [51] G. Stapleton et al, “Batteries and Inverters”. YourHome – Australia’s guide to environmentally stable homes, 2013. <https://www.yourhome.gov.au/energy/batteries-and-inverters> [last acc. 13/3/2020]
- [52] Clean Energy Council, “Natural disasters and emergencies”.
<https://www.cleanenergycouncil.org.au/consumers/natural-disasters-and-emergencies> [last acc. 13/3/2020]
- [53] V. Badescu, “Dynamic model of a complex system including PV cells, electric battery, electrical motor and water pump”. *Energy*, Vol. 28, No. 12, pp. 1165-1181, Oct. 2003.
[https://doi.org/10.1016/S0360-5442\(03\)00115-4](https://doi.org/10.1016/S0360-5442(03)00115-4)

- [54] D. Manolakos, G. Papadakis, D. Papantonis, S. Kyritsis, “A stand-alone photovoltaic power system for remote villages using pumped water energy storage”. *Energy*, Vol. 29, No. 1, pp. 57-69, Jan. 2004. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2003.08.008>
- [55] T. Trainer, “Can the world run on renewable energy? A revised negative case”. *Humanomics*, Vol. 29, No. 2, pp. 88-104, May 2013. <https://doi.org/10.1108/08288661311319166>
- [56] O. Erdinc, “Economic impacts of small-scale own generating and storage units, and electric vehicles under different demand response strategies for smart households”. *Applied Energy*, Vol. 126, pp. 142-150, Aug. 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.04.010>
- [57] F. Geth, T. Brijs, J. Kathan, J. Driesen, R. Belmans, “An overview of large-scale stationary electricity storage plants in Europe: Current status and new developments”. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 52, pp. 1212-1227, Dec. 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2015.07.145>
- [58] C. Mateo, A. Rodriguez, P. Frias, J. Reneses, A. Sanchez, S. Banales, L. Del Rio, M. Zaldunbide, J. Gomez, “Analysis of the Impact of Battery Storage on Power Distribution Systems”. 23rd Int. Conf. on Electricity Distribution (CIRED), Lyon, 15-18 June 2015, Paper 0608.
- [59] B. Idlbi, J. von Appen, T. Kneiske, M. Braun, “Cost-Benefit Analysis of Battery Storage System for Voltage Compliance in Distribution Grids with High Distributed Generation”. *Energy Procedia*, Vol. 99, pp. 215-228, Nov. 2016. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2016.10.112>
- [60] X.H. Wu, X.S. Hu, S. Moura, X.F. Yin, V. Pickert, “Stochastic control of smart home energy management with plug-in electric vehicle battery energy storage and photovoltaic array”, *Journal of Power Sources*, Vol. 333, pp. 203-212, Nov. 2016. <http://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2016.09.157>
- [61] C.D. Ahrens, “Transition to Very High Share of Renewables in Germany”. *CSEE Journal of Power and Energy Systems*, Vol. 3, No. 1, pp. 17-25, Mar. 2017. <http://doi.org/10.17775/CSEEJPES.2017.0004>
- [62] C. Jankowiak, A. Zacharopoulos, C. Brandoni, P. Keatley, P. MacArtain, N. Hewitt, “The Role of Domestic Integrated Battery Energy Storage Systems for Electricity Network Performance Enhancement”, *Energies*, Vol. 12, No. 20, Paper 3954, Oct. 2019. <http://doi.org/10.3390/en12203954>
- [63] L.S. Xavier, W.C. S. Amorim, A.F. Cupertino, V.F. Mendes, W.C. do Boaventura, H.A. Pereira, “Power converters for battery energy storage systems connected to medium voltage systems: a comprehensive review”, *BMC Energy*, Vol. 1, Paper 7, 2019. <https://doi.org/10.1186/s42500-019-0006-5>
- [64] Α. Τσερεμέγκλη, «Ο ρόλος της τυποποίησης στη βελτίωση της ασφάλειας των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων», Ημερίδα TEE 15/11/2005. http://library.tee.gr/digital/m2098/m2098_tseremegli.pdf [last acc. 14/3/2020]

- [65] Z. Drakos, «Διατάξεις φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων», 2015.
<https://slideplayer.gr/slide/2764561/> [last acc. 14/3/2020]
- [66] Ν.Π. Πήττας, «Καινοτομική αυτόματη αιολική διάταξη αδιάκοπης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας», Ενέργεια: σημερινή εικόνα – Σχεδιασμός – Προοπτικές, ΤΕΕ, 8-10/03/2010, Αθήνα. http://library.tee.gr/digital/m2483/m2483_pittas.pdf [last acc. 14/3/2020].
- [67] ΗΔΙΚΑ Α.Ε., «Ανοικτός διεθνής διαγωνισμός με κριτήριο αξιολόγησης την πλέον συμφέρουσα από οικονομική άποψη προφορά για την ανάδειξη Αναδόχου που θα αναλάβει την υλοποίηση του έργου διαμόρφωσης χώρου φιλοξενίας προηγμένου υπολογιστικού εξοπλισμού υψηλής πυκνότητας – Παράρτημα Β' Ηλεκτρομηχανολογικά», Ιαν. 2015.
http://www.idika.gr/files/ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ_Β_ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΑ-ΤΕΛΙΚΟ.doc
[last acc. 14/3/2020].
- [68] Προεδρικό Διάταγμα (ΠΔ) 41/2018. «Κανονισμός Πυροπροστασίας Κτιρίων» Φύλλο Εφημερίδας Κυβέρνησης (ΦΕΚ) Α/80/7-5-2018.
- [69] Κοινή Υπουργική Απόφαση (ΚΥΑ) Α.Π. 136860/1673/Φ15/2018 “Μέτρα και μέσα πυροπροστασίας στις εγκαταστάσεις μεταποιητικών και συναφών δραστηριοτήτων”. ΦΕΚ 6210/Β/31-12-2018.
- [70] International Electrotechnical Commission (IEC) Webstore, <https://webstore.iec.ch/>
- [71] British Standards Institution (BSI) Shop, <https://shop.bsigroup.com/>
- [72] International Standardization Organization (ISO) Store, <https://www.iso.org/store.html>
- [73] Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης (ΕΛΟΤ), <https://sales.elot.gr/online/search/main.do>
- [74] National Fire Protection Association (NFPA) Codes and Standards,
<https://www.nfpa.org/Codes-and-Standards/All-Codes-and-Standards/List-of-Codes-and-Standards>
- [75] National Electrical Contractors Association (NECA) Store,
<https://www.necanet.org/store/>
- [76] International Code Council (ICC) Store, <https://shop.iccsafe.org/codes.html>
- [77] American National Standards Institute (ANSI) Webstore, <https://webstore.ansi.org/>
- [78] Standards Australia (SA), <https://www.standards.org.au/search-for-a-standard>
- [79] Standards New Zealand (SNZ), <https://shop.standards.govt.nz/catalog/ics/>
- [80] American Society of Mechanical Engineers (ASME), Codes and Standards,
<https://www.asme.org/codes-standards>
- [81] American Society of Testing and Materials (ASTM) International,
<https://www.astm.org/Standard/standards-and-publications.html>
- [82] Alliance for Telecommunications Industry Solution (ATIS) Docstore,
<https://www.atis.org/docstore/search.aspx> , <https://www.techstreet.com/atis/>
- [83] American Wind Energy Association (AWEA), <https://www.awea.org/resources/standards>

- [84] Canadian Standards Association (CSA) Group Store <https://store.csagroup.org/>
- [85] European Committee for Electrotechnical Standardisation (CENELEC), <https://www.cenelec.eu/standardsdevelopment/ourproducts/europeanstandards.html>
- [86] DNV GL Rules and Standards, <https://rules.dnvgl.com/servicedocuments/dnvgl/#!/industry>
- [87] Federal Communications Commission (FCC), Rules and Regulations, <https://www.fcc.gov/wireless/bureau-divisions/technologies-systems-and-innovation-division/rules-regulations-title-47>
- [88] FM Global Data Sheets, <https://www.fmglobal.com/research-and-resources/fm-global-data-sheets>
- [89] International Accreditation Service (IAS) Resources, <https://www.iasonline.org/resources/>
- [90] Innovation, Science and Economic Development Canada, Interference-Causing Equipment Standards (ICES), https://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/eng/h_sf06127.html
- [91] Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE) Standards Association (SA), <https://standards.ieee.org/standard/index.html>
- [92] Modular Energy Storage Architecture (MESA) Standards, <http://mesastandards.org/ mesa-standards/>
- [93] Telcordia Generic Requirements (GRs) <https://telecom-info.telcordia.com/site-cgi/ido/docs2.pl?ID=&page=home>
- [94] International Association of Plumbing and Mechanical Officials (IAPMO) Codes, <http://codes.iapmo.org/>
- [95] Underwriters Laboratories (UL) Standards Catalog, <https://standardscatalog.ul.com/>
- [96] Verband der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik (VDE) Standards, <https://www.vde-verlag.de/standards.html>
- [97] United Nations (UN) Shop, <https://shop.un.org/>
- [98] R. Chudgar, D. Gabaldon, “What You Need to Know About Energy Storage”, *Power Engineering*, Vol. 121, No. 4, Aug. 2017. <https://www.power-eng.com/2017/04/18/what-you-need-to-know-about-energy-storage/#gref> [Last acc. 21/3/2020].
- [99] A. Colthorpe, “BYD launches high voltage energy storage systems for residential and C&I in Europe”, *Energy Storage News*, Mar 2017. <https://www.energy-storage.news/news/byd-launches-high-voltage-energy-storage-systems-for-residential-and-ci-in> [Last acc. 26/3/2020].
- [100] EUR-Lex, Πρόσβαση στο Δίκαιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης, <https://eur-lex.europa.eu/homepage.html>
- [101] VDE - ETG Energy Storage Task Force: Energy storage in power supply systems with a high share of renewable energy sources Significance - state of the art - need for action,

- Report, Dec 2008. <https://shop.vde.com/en/vde-study-energy-storage-in-power-supply-systems-with-a-high-share-of-renewable-energy-sources-3> [paywall, last acc. 11/4/2020]
- [102] B. Espinar, D. Mayer: The role of energy storage for mini-grid stabilization, Report, IEA-PVPS T11-0X:2011, 2011. https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2020/01/rep11_02.pdf [last acc. 11/4/2020]
- [103] P. Lailler. WP ST1 – Lead Acid Systems Storage Technology Report. Investire-Network, 2003. <http://www.itpower.co.uk/investire/pdfs/leadacidrep.pdf> [Σύνδεσμος από πηγή του 2008, την 11/4/2020 δεν λειτουργεί πλέον].
- [104] C. Mikolajczak, M. Kahn, K. White, R.Th. Long, “Lithium-Ion Batteries Hazard and Use Assessment”, Springer, 2011. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4614-3486-3> [last acc. 13/4/2020]
- [105] J. Jiang, J.R. Dahn, “ARC studies of the thermal stability of three different cathode materials: LiCoO₂; Li[Ni_{0.1}Co_{0.8}Mn_{0.1}]O₂; and LiFePO₄, in LiPF₆ and LiBoB EC/DEC electrolytes”, *Electrochem. Comm.*, Vol. 6, No. 1, pp. 39-43, Jan. 2004. <https://doi.org/10.1016/j.elecom.2003.10.011>
- [106] M. Takahashi, S. Tobishima, K. Takei, Y. Sakurai, “Reaction behavior of LiFePO₄ as a cathode material for rechargeable lithium batteries”, *Solid State Ionics*, Vol. 148, No. 3-4, pp. 283-289, Jun. 2002. [https://doi.org/10.1016/S0167-2738\(02\)00064-4](https://doi.org/10.1016/S0167-2738(02)00064-4)
- [107] National Electrical Manufacturers Association (NEMA) Standards, <https://www.nema.org/Standards/pages/default.aspx>
- [108] A. Katwala, “The spiralling environmental cost of our lithium battery addiction”, *Wired*, Aug. 2018. <https://www.wired.co.uk/article/lithium-batteries-environment-impact> [last acc. 12/7/2020]
- [109] D. Giurko, B. McLellan, “Lithium: Australia needs to recycle and lease to be part of the boom”, *The Conversation*, Mar. 2016. <https://theconversation.com/lithium-australia-needs-to-recycle-and-lease-to-be-part-of-the-boom-54037> [last acc. 12/7/2020]
- [110] S. King, N.J. Boxall, A.I. Batt, “Lithium battery recycling in Australia”, CSIRO, Australia, 2018. <https://www.csiro.au/~media/EF/Files/Lithium-battery-recycling-in-Australia.PDF?la=en&hash=924B789725A3B3319BB40FDA20F416EB2FA4F320> [last acc. 14/7/2020]
- [111] S.H. Mohr, G.M. Mudd, D. Giurco, “Lithium Resources and Production: Critical Assessment and Global Projections”, *Minerals*, Vol. 2, No. 1, pp.65-84, 2012. <https://doi.org/10.3390/min2010065>
- [112] U.S. Department of Defense (DoD), Defense Standardization Program, Specifications and Standards. <https://www.dsp.dla.mil/Specs-Standards/>
- [113] National Fire Protection Association, Energy Storage and Solar Systems Safety Training Program, <https://www.nfpa.org/News-and-Research/Resources/Emergency-Responders/High-risk-hazards/Energy-Storage-Systems> [last acc. 19.7.2020]

- [114] Εγκύκλιος-1 (2019): Διευκρινίσεις για την εφαρμογή του Κανονισμού Πυροπροστασίας Κτιρίων (Α.Π.ΥΠΕΝ/ΔΑΟΚΑ/42489/1824/10.5.2019) [ΑΔΑ: ΩΒΤ34653Π8-ΨΜΤ](#)
- [115] ΕΛΟΤ, Προδιαγραφές Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων.
http://www.elot.gr/1146_ELL_HTML.aspx [last acc. 25.9.2020]
- [116] Υπουργική Απόφαση (ΥΑ) Φ.7.5/1816/88/2004 «Αντικατάσταση του Ισχύοντος Κανονισμού Εσωτερικών Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων (Κ.Ε.Η.Ε) με το Πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384 & άλλες σχετικές διατάξεις». ΦΕΚ 470Β/05-03-2004.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΣ ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΡΟΤΥΠΩΝ – ΚΑΝΟΝΙΣΜΩΝ

Συντομογραφίες που εμφανίζονται στον πίνακα:

- Dr.: Draft (σχέδιο)
π.: πολλαπλά (για σειρά προτύπων)
A: Amendment (τροποποίηση)
Cor.: Correction (διόρθωση)
R: Reaffirmed (επιβεβαίωση)
S.A: Supplement A (συμπλήρωμα Α)
U.D.: Under development (υπό ανάπτυξη)

Παρατηρήσεις:

Τα στοιχεία του καταλόγου (πρότυπα, κώδικες, κανονισμοί κ.ά.) παρατίθενται ταξινομημένα ως προς τον κύριο αριθμό τους με αύξουσα σειρά. Στοιχεία χωρίς αριθμό αλλά μόνο με αρκτικόλεξο παρατίθενται στο τέλος.

Με κόκκινο χρώμα εμφανίζονται πρότυπα που έχουν καταργηθεί ή αντικατασταθεί από άλλα.

Το «έτος έκδοσης» αναφέρεται στην πλέον πρόσφατη έκδοση.

Στη στήλη «Πηγή» γίνεται παραπομπή στον επίσημο ιστότοπο του Οργανισμού που εξέδωσε το στοιχείο, και όπου είναι δυνατόν στη σελίδα από την οποία μπορεί να αναζητηθεί αυτό.

Πρόθεμα	Πρότυπο	Έκδ	Έτος	Τίτλος	Εναλλακτικές ονομασίες	Αντικαταστάθηκε από	Πηγή
NFPA	1		2018	Fire code			[74]
NECA NEIS	1		2015	Standard for Good Workmanship in Electrical Construction			[75]
ASME	TES-1	Dr.	2017	Molten Salt Thermal Energy Storage Systems			[80]
NFPA	2		2020	Hydrogen Technologies Code			[74]
IEEE	C2		2017	National Electrical Safety Code® (NESC®)			[91]
ICES	003	6	2016	Information Technology Equipment (Including Digital Apparatus) — Limits and Methods of Measurement			[90]
FM Global	5-1		2012	Electrical Equipment in Hazardous (Classified) Locations			[88]
FM Global	5-10		2011	Protective Grounding for Electric Power Systems and Equipment			[88]
FM Global	5-19		2014	Switchgear and Circuit Breakers			[88]
FM Global	5-23		2017	Emergency and Standby Power Systems			[88]
FM Global	5-31		2020	FM Global Property Loss Prevention Data Sheet - Cables and Bus Bars			[88]
FM Global	5-33		2017	Electrical Energy Storage Systems			[88]
AWEA	9.1		2009	Small Wind Turbine Performance and Safety Standard.			[83]
UL	10C	3	2016	Standard for Positive Pressure Fire Tests of Door Assemblies			[95]
NFPA	11		2016	Standard for Low-, Medium-, and High-Expansion Foam			[74]
NFPA	13		2019	Standard for the Installation of Sprinkler Systems			[74]
NFPA	15		2017	Standard for Water Spray Fixed Systems for Fire Protection			[74]
NFPA	16		2019	Standard for the Installation of Foam-Water Sprinkler and Foam-Water Spray Systems			[74]
CA PUC	21			Tariff Rule 21 Interconnection	Electrical Rule 21		[33]
HD	21.11	S2	2001	UPS Part 1-2. General and Safety Requirements for UPS Used in Restricted Access Locations		EN 62040-1-2	[67]???
CSA	C22.1	24	2018	Canadian Electrical Code, Part I, Safety Standard for Electrical Installations			[84]
CSA	C22.2 No0.1	2	2019	General requirements for double-insulated equipment			[84]
CSA	C22.2 No0.8	4	2019	Safety functions incorporating electronic technology			[84]
CSA	C22.2 No0.15	4	2015	Adhesive labels			[84]
CSA/CAN	C22.2 No.0.17		2000	Evaluation of Properties of Polymeric Materials			[84]
CSA/CAN	C22.2 No.0.2	2	2016	Insulation Coordination			[84]
CSA/CAN	C22.2 No.14	13	2018	Industrial Control Equipment			[84]

Πρόθεμα	Πρότυπο	Έκδ	Έτος	Τίτλος	Εναλλακτικές ονομασίες	Αντικαταστάθηκε από	Πηγή
CSA/CAN	C22.2 No.49	15	2018	Flexible Cords and Cables	UL 62		[84]
CSA/CAN	C22.2 No.65	6	2018	Wire Connectors	UL 486A-B		[84]
CSA/CAN	C22.2 No.75	11	2017	Wires and Cables, Thermoplastic-Insulated	UL 83		[84]
CSA	C22.2 No94.2		2015	Enclosures for Electrical Equipment, Environmental Considerations	UL 50E		[84]
CSA	C22.2 No107.1	4	2016	Power conversion equipment [Previously: General Use Power Supplies]			[84]
CSA/CAN	C22.2 No.127	9	2018	Equipment and Lead Wires			[84]
CSA/CAN	C22.2 No.153	3	2014 (R19)	Electrical Quick-Connect Terminals	UL 310		[84]
CSA/CAN	C22.2 No.158	3	2010 (R19)	Terminal Blocks			[84]
CSA/CAN	C22.2 No.182.1	5	2017	Plugs, Receptacles and Cable Connectors, of the Pin and Sleeve Type	UL 1682		[84]
CSA/CAN	C22.2 No.182.3	2	2016	Special Use Attachment Plugs, Receptacles and Connectors			[84]
CSA/CAN	C22.2 No.235	2	2004 (R17)	Supplementary Protectors			[84]
CSA/CAN	C22.2 No.248.1	3	2011 (R16)	Fuses, Low Voltage – Part 1: General Requirements	UL 248-1		[84]
ASME	B31.3		2018	Process Piping			[80]
IEEE	C37.90.1		2012	Standard for Surge Withstand Capability (SWC) Tests for Relays and Relay Systems Associated with Electric Power Apparatus			[91]
UN TestSeries	38.3		2018	(Transport test for cells and battery modules)			[97]
DNVGL	RP-0043	2	2017	Safety, operation and performance of grid-connected energy storage systems	GRIDSTOR		[86]
UL	44	19	2018	Thermoset-Insulated Wires and Cables			[95]
FCC CFR	47-15-B			Telecommunications - Radio Frequency Devices - Unintentional Radiators			[87]
UL	50E	2	2015	Enclosures for Electrical Equipment, Environmental Considerations	CSA 22.2 No94.2		[95]
EC	53		2000	Directive on end-of life vehicles			[100]
NFPA	55		2020	Compressed Gases and Cryogenic Fluids Code			[74]
IEEE	C57.12.00		2015	Standard for General Requirements for Liquid-Immersed Distribution, Power, and Regulating Transformers			[91]
IEEE	C57.13		2016	Standard Requirements for Instrument Transformers			[91]
UL	62	20	2018	Flexible Cords and Cables	CSA/CAN C22.2 No.49		[95]

Πρόθεμα	Πρότυπο	Έκδ	Έτος	Τίτλος	Εναλλακτικές ονομασίες	Αντικαταστάθηκε από	Πηγή
IEEE	C62.22		2009	Guide for the Application of Metal-Oxide Surge Arresters for Alternating-Current Systems			[91]
Telcordia GR	63	5	2017	Network Equipment-Building System (NEBS) Requirements: Physical Protection	GR-63-CORE		[93]
ISO	64		2008 (R16)	Guide for addressing environmental issues in product standards			[72]
EC	66		2006	Directive [...] on batteries and accumulators and waste batteries and accumulators [...]	Batteries Directive		[100]
UL	66	2	2018	Fixture Wire			[95]
NFPA	70		2020	National Electrical Code®	NEC		[74]
NFPA	70B		2019	Recommended Practice for Electrical Equipment Maintenance			[74]
NFPA	70E		2018	Standard for Electrical Safety in the Workplace ®			[74]
NFPA	72		2019	National Fire Alarm and Signaling Code®			[74]
IEEE	80		2013 +C.15	Guide for Safety in AC Substation Grounding			[91]
UL	83	16	2017	Thermoplastic-Insulated Wires and Cables	CSA/CAN C22.2 No.75		[95]
ANSI	C84.1		2016	American National Standard for Electric Power Systems and Equipment—Voltage Ratings (60 Hz)			[77]
NECA NEIS	90		2015	Standard for Commissioning Building Electrical Systems			[75]
NFPA	91		2020	Standard for Exhaust Systems for Air Conveying of Vapors, Gases, Mists, and Particulate Solids			[74]
NFPA	92		2018	Standard for Smoke Control Systems			[74]
UL	94	6	2013	Standard for Tests for Flammability of Plastic Materials for Parts in Devices and Appliances			[95]
UL	96A	13	2016	Standard for Installation Requirements for Lightning Protection Systems			[95]
EC	98		2008	Directive on Waste [etc.]			[100]
IEEE	100		2013	Standards Dictionary: Glossary of Terms and Definitions			[91]
NECA NEIS	100		2013	Symbols for Electrical Construction Drawings			[75]
NFPA	101		2018	Life Safety Code ®			[74]
NEC	110			Requirements for electrical installations			[74]
NFPA	110		2019	Standard for Emergency and Standby Power Systems			[74]

Πρόθεμα	Πρότυπο	Έκδ	Έτος	Τίτλος	Εναλλακτικές ονομασίες	Αντικαταστάθηκε από	Πηγή
NFPA	111		2019	Standard on Stored Electrical Energy Emergency and Standby Power Systems			[74]
ASTM	B117		2019	Standard Practice for Operating Salt Spray (Fog) Apparatus			[81]
UL	157	2	1996	Standard for Gaskets and Seals			[95]
UL	248-1	3	2011	Low-Voltage Fuses - Part 1: General Requirements	CSA/CAN C22.2 No.248.1		[95]
UL	248	π.	π.	Low Voltage Fuses			[95]
NEMA	250		2018	Enclosures for Electrical Equipment (1,000 Volts Maximum)			[107]
UL	263	14	2011	Standard for Fire Tests of Building Construction and Materials			[95]
VDE	0298-4		2013	Application of cables and cords in power installations. Part 4: Recommended current-carrying capacity for sheathed and nonsheathed cables for fixed wirings in and around buildings and for flexible cables and cords			[96]
ANSI/PGMA	G300		2018	Safety and Performance of Portable Generators			[77]
UL	305	6	2012	Standard for Panic Hardware			[95]
EU	305		2011	Κανονισμός ... για τη θέσπιση εναρμονισμένων όρων εμπορίας προϊόντων του τομέα των δομικών κατασκευών ...			[100]
UL	310	9	2014	Electrical Quick-Connect Terminals			[95]
HD	323.2.3	S2	1987	Basic environmental testing procedures - Part 2: Tests - Test Ca: Damp heat, steady state		IEC 60068-2-78	[85]
IAS AC	354		2017	Accreditation Criteria for Field Evaluation of Unlisted Electrical Equipment			[89]
EU	364		2016	Regulation ... on the classification of the reaction to fire performance of construction products ...			[100]
HD	366	S1		Classification of Electrical and Electronic Equipment with Regard to Protection against Electric Shock	IEC 60536	EN 61140	[71] [70]
ΕΛΟΤ HD	384	2	2004	Απαιτήσεις για ηλεκτρικές εγκαταστάσεις			[73]
NFPA	400		2019	Hazardous Materials Code			[74]
NEC	408		2020	Switchboards, Switchgear, and Panelboards			[74]
NECA NEIS	416		2016	Recommended Practice for Installing Energy Storage Systems (ESS)			[75]
IEEE	450		2010	Recommended Practice for Maintenance, Testing, and Replacement of Vented Lead-Acid Batteries for Stationary Applications			[91]
CSA	Z462	4	2018	Workplace Electrical Safety			[84]

Πρόθεμα	Πρότυπο	Έκδ	Έτος	Τίτλος	Εναλλακτικές ονομασίες	Αντικαταστάθηκε από	Πηγή
NFPA	472		2018	Standard for Competence of Responders to Hazardous Materials/Weapons of Mass Destruction Incidents			[74]
NEC	480		2020	Storage batteries			[74]
IEEE	484		2019	Approved Draft Recommended Practice for Installation Design and Installation of Vented Lead-Acid Batteries for Stationary Applications			[91]
IEEE	485		2010	Recommended Practice for Sizing Lead-Acid Batteries for Stationary Applications			[91]
UL	486A-486B	3	2018	Wire Connectors			[95]
UL	489	13	2016	Molded-Case Circuit Breakers, Molded-Case Switches, and Circuit-Breaker Enclosures			[95]
UL	498	16	2017	Standard for Attachment Plugs and Receptacles			[95]
UL	499	14	2014	Standard for Electric Heating Appliances			[95]
UL	507	10	2017	Standard for Electric Fans			[95]
UL	508	18	2018	Standard for Industrial Control Equipment			[95]
UL	508A	3	2018	Standard for Industrial Control Panels			[95]
IEEE	519		2014	Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems			[91]
ANSI	Z535		2017	Safety Alerting Standards [6 individual standards]			[77]
ANSI	Z535-4		2011 (R17)	Product Safety Signs And Labels			[77]
IEC	536-2	1	1992	Part 2: Guidelines to Requirements for Protection Against Electric Shock	IEC 602536-2	IEC 61140	[70]
ASTM	D543		2020	Standard Practices for Evaluating the Resistance of Plastics to Chemical Reagents			[81]
NFPA	550		2017	Guide to the Fire Safety Concepts Tree			[74]
UL	583	10	2012	Standard for Electric-Battery-Powered Industrial Trucks			[95]
HD	588.1	S1	1990	High-voltage test techniques - Part 1: General definitions and test requirements		IEC 60060-1	[85]
HD	625.1	S1	1996	Insulation coordination for equipment within low-voltage systems - Part 1: Principles, requirements and tests		IEC 60664-1	[85]
NEC	690			Solar Photovoltaic Systems			[74]
IEEE	693		2018	Recommended Practice for Seismic Design of Substations			[91]
NECA NEIS	701		2013	Standard for Energy Management, Demand Response and Energy Solutions			[75]
NFPA	704		2017	Standard System for the Identification of the Hazards of Materials for Emergency Response			[74]

Πρόθεμα	Πρότυπο	Έκδ	Έτος	Τίτλος	Εναλλακτικές ονομασίες	Αντικαταστάθηκε από	Πηγή
NEC	705		2020	Interconnected Electric Power Production Sources			[74]
NEC	706		2020	Energy Storage Systems			[74]
NFPA	730		2020	Guide for Premises Security			[74]
NFPA	731		2020	Standard for the Installation of Premises Security Systems			[74]
UL	746A	6	2012	Standard for Polymeric Materials - Short Term Property Evaluations			[95]
UL	746B	5	2018	Standard for Polymeric Materials - Long Term Property Evaluations			[95]
UL	746C	7	2018	Standard for Polymeric Materials - Use in Electrical Equipment Evaluations			[95]
NFPA	750		2019	Standard on Water Mist Fire Protection Systems			[74]
NFPA	780		2020	Standard for the Installation of Lightning Protection Systems			[74]
NFPA	790		2018	Standard for Competency of Third-Party Field Evaluation Bodies			[74]
NFPA	791		2018	Recommended Practice and Procedures for Unlabeled Electrical Equipment Evaluation			[74]
UL	796	11	2016	Standard for Printed-Wiring Boards			[95]
UL	796F	3	2015	Standard for Flexible Materials Interconnect Constructions			[95]
UL	810A	1	2008	Standard for Electrochemical Capacitors			[95]
UL	840	3	2005	Standard for Insulation Coordination Including Clearances and Creepage Distances for Electrical Equipment			[95]
NFPA	850		2020	Recommended Practice for Fire Protection for Electric Generating Plants and High Voltage Direct Current Converter Stations			[74]
NFPA	851		2010	Recommended Practice for Fire Protection for Hydroelectric Generating Plants		NFPA 850	[74]
NFPA	853		2020	Standard for the Installation of Stationary Fuel Cell Power Systems			[74]
NFPA	855		2020	Standard for the Installation of Stationary Energy Storage Systems			[74]
UL	924	10	2016	Standard for Emergency Lighting and Power Equipment			[95]
IEEE	937	Dr.	2019	Approved Draft Recommended Practice for Installation and Maintenance of Lead-Acid Batteries for Photovoltaic (PV) Systems			[91]
UL	969	5	2017	Standard for Marking and Labeling Systems			[95]
IEEE	979		2012	Guide for Substation Fire Protection			[91]
UL	991	3	2004	Standard for Tests for Safety-Related Controls Employing Solid-State Devices			[95]
UL	1004-1	2	2012	Standard for Rotating Electrical Machines - General Requirements			[95]

Πρόθεμα	Πρότυπο	Έκδ	Έτος	Τίτλος	Εναλλακτικές ονομασίες	Αντικαταστάθηκε από	Πηγή
UL	1012	8	2010	Standard for Power Units Other Than Class 2			[95]
UL	1059	5	2019	Standard for Terminal Blocks			[95]
UL	1063	8	2017	Standard for Machine-Tool Wires and Cables			[95]
UL	1077	7	2015	Standard for Supplementary Protectors for Use in Electrical Equipment			[95]
IEEE	1145		1999	IEEE Recommended Practice for the Installation and Maintenance of Nickel-Cadmium Batteries for Photovoltaic (PV) Systems		(Withdrawn)	[91]
AS/NZS	1170.2		2011 (R16)	Structural design actions Wind actions			[78] [79]
IEEE	1184		2006	Guide for Batteries for Uninterruptible Power Supply Systems			[91]
IEEE	1187		2013	Recommended Practice for Installation Design and Installation of Valve-Regulated Lead-Acid Batteries for Stationary Applications			[91]
IEEE	1188		2005	Recommended Practice for Maintenance, Testing, and Replacement of Valve-Regulated Lead-Acid (VRLA) Batteries for Stationary Applications			[91]
IFC	1206	πρ.	2021	Energy Storage Systems (ESS)			[76]
UL	1236	8	2015	Standard for Battery Chargers for Charging Engine-Starter Batteries			[95]
AS	1319		1994 (R18)	Safety signs for the occupational environment			[78]
IEEE	1361		2014	Guide for Selecting, Charging, Testing, and Evaluating Lead-Acid Batteries Used in Stand-Alone Photovoltaic (PV) Systems			[91]
IEEE	1375		1998 (R03)	Guide for the Protection of Stationary Battery Systems			[91]
EU	1388		2016	Regulation establishing a Network Code on Demand Connection	ENTSO-E DDC		[100]
UL	1434	1	1998	Standard for Thermistor-type devices			[95]
IEEE	1491		2012	Guide for Selection and Use of Battery Monitoring Equipment in Stationary Applications			[91]
AS	1530.4		2014	Methods for fire tests on building materials, components and structures Fire-resistance tests for elements of construction			[78]
IEEE	1547		2018	Standard for Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems			[91]
IEEE	1547.1		2005	Standard Conformance Test Procedures for Equipment Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems			[91]
IEEE	1547.2		2008	Application Guide for IEEE Std 1547(TM), IEEE Standard for Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems			[91]
IEEE	1547.3		2007	Guide for Monitoring, Information Exchange, and Control of Distributed Resources Interconnected with Electric Power Systems			[91]

Πρόθεμα	Πρότυπο	Έκδ	Έτος	Τίτλος	Εναλλακτικές ονομασίες	Αντικαταστάθηκε από	Πηγή
IEEE	1547.4		2011	Guide for Design, Operation, and Integration of Distributed Resource Island Systems with Electric Power Systems			[91]
IEEE	1547.6		2011	Recommended Practice for Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems Distribution Secondary Networks			[91]
IEEE	1547.7		2013	Guide for Conducting Distribution Impact Studies for Distributed Resource Interconnection			[91]
IEEE	P1547.8	Dr.	?	Draft Recommended Practice for Establishing Methods and Procedures that Provide Supplemental Support for Implementation Strategies for Expanded Use of IEEE Standard 1547			[91]
UL	1564	4	2015	Standard for Industrial Battery Chargers			[95]
UL	1577	5	2014	Standard for Optical Isolators			[95]
IEEE	1578		2018	Recommended Practice for Stationary Battery Electrolyte Spill Containment and Management			[91]
NFPA	1620		2020	Standard for Pre-Incident Planning			[74]
IEEE	1625		2008	Standard for Rechargeable Batteries for Multi-Cell Mobile Computing Devices		? [withdrawn 2019]	[91]
MIL-STD	1629A		1980	Military Standard: Procedures for performing a Failure Mode, Effects, and Criticality Analysis			[112]
IEEE	1635		2018	Guide for the Ventilation and Thermal Management of Batteries for Stationary Applications	ASHRAE 21		[91]
UL	1642	5	2012	Standard for Lithium Batteries			[95]
IEEE	1657		2018	Recommended Practice for Personnel Qualifications for Installation and Maintenance of Stationary Batteries			[91]
IEEE	1660		2018	Guide for Application and Management of Stationary Batteries Used in Cycling Service			[91]
IEEE	1661		2019	Guide for Test and Evaluation of Lead-Acid Batteries Used in Photovoltaic (PV) Hybrid Power Systems			[91]
IEEE	1679		2010	Recommended Practice for the Characterization and Evaluation of Emerging Energy Storage Technologies in Stationary Applications			[91]
IEEE	1679.1		2017	Guide for the Characterization and Evaluation of Lithium-Based Batteries in Stationary Applications			[91]
IEEE	1679.2		2018	Guide for the Characterization and Evaluation of Sodium-Beta Batteries in Stationary Applications			[91]
IEEE	P1679.3	Dr.	2018	Draft Guide for the Characterization and Evaluation of Flow Batteries in Stationary Applications			[91]

Πρόθεμα	Πρότυπο	Έκδ	Έτος	Τίτλος	Εναλλακτικές ονομασίες	Αντικαταστάθηκε από	Πηγή
IEEE	P1679.4	Dr.	2019	Guide for the characterization and evaluation of alkaline batteries in stationary applications			[91]
UL	1682	5	2017	Plugs, Receptacles, and Cable Connectors of the Pin and Sleeve Type	CSA/CAN C22.2 No.182.1		[95]
IEEE	1725		2011	Standard for Rechargeable Batteries for Cellular Telephones			[91]
UL	1741	2	2016+ SA:16	Standard for Inverters, Converters, Controllers and Interconnection System Equipment for Use With Distributed Energy Resources			[95]
UL	1778	5	2014	Uninterruptible Power Systems			[95]
IEEE	1815		2012	Standard for Electric Power Systems Communications-Distributed Network Protocol (DNP3)			[91]
IEEE	1815.1		2015	Standard for Exchanging Information Between Networks Implementing IEC 61850 and IEEE Std 1815(TM) [Distributed Network Protocol (DNP3)]			[91]
EN	1838		2013	Lighting applications. Emergency lighting			[71]
UL	1973	2	2018	Standard for Batteries for Use in Stationary, Vehicle Auxiliary Power and Light Electric Rail (LER) Applications			[95]
UL	1974	1	2018	Standard for Evaluation for Repurposing Batteries			[95]
UL	1977	3	2016	Standard for Component Connectors for Use in Data, Signal, Control and Power Applications			[95]
UL	1989	5	2013	Standard for Standby Batteries			[95]
UL	1998	3	2013	Standard for Software in Programmable Components			[95]
NFPA	2001		2018	Standard on Clean Agent Fire Extinguishing Systems			[74]
UL	2021	4	2015	Standard for Fixed and Location-Dedicated Electric Room Heaters			[95]
IEEE	2030.2.1		2019	Guide for Design, Operation, and Maintenance of Battery Energy Storage Systems, both Stationary and Mobile, and Applications Integrated with Electric Power Systems			[91]
IEEE	2030.3		2016	Standard Test Procedures for Electric Energy Storage Equipment and Systems for Electric Power Systems Applications			[91]
UL	2054	2	2004	Standard for Household and Commercial Batteries			[95]
UL	2200	2	2012	Standard for Stationary Engine Generator Assemblies			[95]
UL	2271	2	2018	Standard for Batteries for Use In Light Electric Vehicle (LEV) Applications	ULC S2271		[95]
UL	2436	1	2006	Outline of Investigation for Spill Containment for Stationary Lead Acid Battery Systems			[95]
VDE-AR-E	2510-2		2015	Stationary electrical energy storage systems intended for connection to the low voltage grid			[96]

Πρόθεμα	Πρότυπο	Έκδ	Έτος	Τίτλος	Εναλλακτικές ονομασίες	Αντικαταστάθηκε από	Πηγή
VDE-AR-E	2510-50		2017	Stationary battery energy storage systems with lithium batteries. Safety Requirements			[96]
UL	2575	1	2011	Standard For Lithium Ion Battery Systems For Use In Electric Power Tool And Motor Operated, Heating And Lighting Appliances		UL 2595	[95]
UL	2580	2	2013	Batteries for Use In Electric Vehicles	ULC S2580 [όχι S8250]		[95]
UL	2595	2	2015	General Requirements for Battery-Powered Appliances			[95]
AS	2676.1	2	1992	Guide to the installation, maintenance, testing and replacement of secondary batteries in buildings - Vented cells			[78]
AS	2676.2	2	1992	Guide to the installation, maintenance, testing and replacement of secondary batteries in buildings Sealed cells			[78]
UL	2744		2011	Outline of Investigation for Safety of Products in Smart Environments		(Άγνωστο)	[95]
ASTM	D2863		2019	Standard Test Method for Measuring the Minimum Oxygen Concentration to Support Candle-Like Combustion of Plastics (Oxygen Index)			[81]
AS/NZS	3000		2018	Electrical installations (known as the Australian/New Zealand Wiring Rules)			[78] [79]
UL	3001	1	Αναμ.	Distributed Energy Generation and Storage Systems			[95]
AS	3011.1		2019	Electrical installations - Secondary batteries installed in buildings Vented cells			[78]
AS	3011.2		2019	Electrical installations - Secondary batteries installed in buildings Sealed cells			[78]
Telcordia GR	3020	2	2014	Nickel Cadmium Batteries in the Outside Plant	GR-3020-CORE		[93]
Telcordia GR	3150	3	2015	Generic Requirements for Secondary Non-Aqueous Lithium Batteries	GR-3150-CORE		[95]
EN ISO	3746		2010	Acoustics. Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure. Survey method using an enveloping measurement surface over a reflecting plane			[72] [71]
AS/NZS	3820		2009+ A1:11	Essential safety requirements for electrical equipment			[78] [79]
AS/NZS	4029.2		2000	Stationary batteries - Lead-acid Valve-regulated type			[78] [79]
AS	4086.2		1997	Secondary batteries for use with stand-alone power systems Installation and maintenance		AS/NZS 5139	[78]
Telcordia GR	4228	2	2013	Valve-Regulated Lead-Acid (VRLA) Battery String Certification Levels Based on Requirements for Safety and Performance	GR-4228-CORE		[93]
ASTM	D4490		1996 (R16)	Standard Practice for Measuring the Concentration of Toxic Gases or Vapors Using Detector Tubes			[81]

Πρόθεμα	Πρότυπο	Έκδ	Έτος	Τίτλος	Εναλλακτικές ονομασίες	Αντικαταστάθηκε από	Πηγή
AS/NZS	4509.1		2009 (R17)	Stand-alone power systems - Safety and installation			[78] [79]
ASTM	D4599		2014	Standard Practice for Measuring the Concentration of Toxic Gases or Vapors Using Length-of-Stain Dosimeters			[81]
AS/NZS	4763		2011	Safety of portable inverters			[78] [79]
AS/NZS	4777.1		2016	Grid connection of energy systems via inverters Installation requirements			[78] [79]
AS/NZS	4777.2		2015	Grid connection of energy systems via inverters Inverter requirements			[78] [79]
ISO	4892-4		2013	Plastics. Methods of exposure to laboratory light sources. Open-flame carbon-arc lamps			[72]
NFPA	5000		2018	Building Construction and Safety Code®			[74]
AS/NZS	5033		2014+ A2:18	Installation and safety requirements for photovoltaic (PV) arrays			[78] [79]
AS/NZS	5139		2019	Electrical installations - Safety of battery systems for use with power conversion equipment			[78] [79]
ASTM	D5306		1992 (R18)	Standard Test Method for Linear Flame Propagation Rate of Lubricating Oils and Hydraulic Fluids			[81]
AS/NZS	5603		2009 (R17)	Stand-alone inverters - performance requirements			[78] [79]
BS	5750-1		1987	Quality systems. Specification for design/development, production, installation and servicing	EN 29001, ISO 9001:1987	EN ISO 9001	[71]
BS	5750-2		1987	Quality systems. Specification for production and installation	EN 29002, ISO 9002:1987	EN ISO 9002	[71]
UL	6140		2009	Outline of Investigation for Wind Turbine Generating Systems			[95]
UL	6141	1	2016	Standard for Wind Turbines Permitting Entry of Personnel			[95]
UL	6142	1	2012	Small Wind Turbine Systems			[95]
ISO	6469-1	3	2019	Electrically propelled road vehicles. Safety specifications. Rechargeable energy storage system (RESS)			[72]
ISO	6469-2	3	2018	Electrically propelled road vehicles. Safety specifications. Vehicle operational safety			[72]
ISO	6469-3	3	2018	Electrically propelled road vehicles. Safety specifications. Electrical safety			[72]
ISO	6469-4	1	2015	Electrically propelled road vehicles. Safety specifications. Post crash electrical safety			[72]

Πρόθεμα	Πρότυπο	Έκδ	Έτος	Τίτλος	Εναλλακτικές ονομασίες	Αντικαταστάθηκε από	Πηγή
ISO	7000	6	2019	Graphical symbols for use on equipment — Registered symbols			[72]
EN ISO	9000	4	2015	Quality management systems. Fundamentals and vocabulary	ISO 9000		[72] [71]
EN ISO	9001	5	2015	Quality management systems. Requirements	ISO 9001		[72] [71]
EN ISO	9004	4	2018	Quality management. Quality of an organization. Guidance to achieve sustained success	ISO 9004		[72] [71]
UL	9540	2	2020	Standard for Energy Storage Systems and Equipment	CAN/ANSI/UL 9540 (2016)		[95]
UL	9540A	4	2019	Test Method for Evaluating Thermal Runaway Fire Propagation in Battery Energy Storage Systems			[95]
UL	9741	1	2014	Outline of Investigation for Bidirectional Electric Vehicle (EV) Charging System Equipment			[95]
ISO	9772	3	2012	Cellular plastics. Determination of horizontal burning characteristics of small specimens subjected to a small flame			[72]
ISO	9773	2	1998+ A1:03	Plastics —Determination of burning behaviour of thin flexible vertical specimens in contact with a small-flame ignition source (+ A1: Specimens)			[72]
EN	12101-1		2001+ A1:06	Smoke and heat control systems. Specification for smoke barriers			[71]
EN	12101-2		2017	Smoke and heat control systems. Natural smoke and heat exhaust ventilators			[71]
EN	12101-3		2015	Smoke and heat control systems. Specification for powered smoke and heat control ventilators (Fans)			[71]
EN	12101-6		2005	Smoke and heat control systems. Specification for pressure differential systems. Kits			[71]
EN	12101-7		2011	Smoke and heat control systems. Smoke duct sections			[71]
EN	12101-8		2011	Smoke and heat control systems. Smoke control dampers			[71]
EN	12101-10		2005	Smoke and heat control systems. Power supplies			[71]
ISO	12405-1	1	2011	Electrically propelled road vehicles. Test specification for lithium-ion traction battery packs and systems. High-power applications		ISO 12405-4	[72]
ISO	12405-2	1	2012	Electrically propelled road vehicles. Test specification for lithium-ion traction battery packs and systems. High-energy applications		ISO 12405-4	[72]
ISO	12405-3	1	2014	Electrically propelled road vehicles. Test specification for lithium-ion traction battery packs and systems. Safety performance requirements		ISO 6469-1	[72]
ISO	12405-4	1	2018	Electrically propelled road vehicles. Test specification for lithium-ion traction battery packs and systems. Performance testing			[72]

Πρόθεμα	Πρότυπο	Έκδ	Έτος	Τίτλος	Εναλλακτικές ονομασίες	Αντικαταστάθηκε από	Πηγή
EN	12825		2001	Raised access floors			[71]
EN	13501-1		2018	Fire classification of construction products and building elements. Classification using data from reaction to fire tests			[71]
EN	13501-2		2016	Fire classification of construction products and building elements. Classification using data from fire resistance tests, excluding ventilation services			[71]
EN	13501-6		2018	Fire classification of construction products and building elements. Classification using data from reaction to fire tests on power, control and communication cables			[71]
EN	14604		2005	Smoke alarm devices			
EN	14770-1		2004	Fire safety storage cabinets. Safety storage cabinets for flammable liquid			[71]
EN	14770-2		2006	Fire safety storage cabinets. Safety cabinets for pressurised gas cylinders			[71]
ISO/TR	15916		2015	Basic considerations for the safety of hydrogen systems			[72]
EN ISO	19011	3	2018	Guidelines for auditing management systems	ISO 19011		[72] [71]
ISO	26262		2016	Series Kit Road vehicles. Functional safety			[72]
EN	29000-3		1994	Quality Management and Quality Assurance Standards - Part 3: Guidelines for the Application of ISO 9001 to the Development, Supply and Maintenance of Software		ISO 9003, ISO/IEC/IEEE 90003	[71]
EN	50081-1		1992	Electromagnetic compatibility. Generic emission standard. Residential, commercial and light industry		EN 61000-6-3	[71]
EN	50081-2		1994	Electromagnetic compatibility. Generic emission standard. Industrial environment		EN 61000-6-4	[71]
EN	50082-1		1998	Electromagnetic compatibility. Generic immunity standard. Residential, commercial and light industry		EN 61000-6-1	[71]
EN	50082-2		1995	Electromagnetic compatibility. Generic immunity standard. Industrial environment		EN 61000-6-2	[71]
ΕΛΟΤ EN	50110.01	2	2004	Λειτουργία ηλεκτρικών εγκαταστάσεων	EN 50110-1	EN 50110-1:2013	[73]
ΕΛΟΤ EN	50110.01	3	2013	Λειτουργία ηλεκτρικών εγκαταστάσεων - Μέρος 1: Γενικές απαιτήσεις	EN 50110-1		[73]
ΕΛΟΤ EN	50110.02	2	2010	Λειτουργία ηλεκτρικών εγκαταστάσεων - Μέρος 2: Εθνικά παραρτήματα	EN 50110-2		[73]
EN	50178		1997	Electronic equipment for use in power installations		EN 62477-1 (μερικώς)	[71]

Πρόθεμα	Πρότυπο	Έκδ	Έτος	Τίτλος	Εναλλακτικές ονομασίες	Αντικαταστάθηκε από	Πηγή
EN	50272-2		2001	Safety requirements for secondary batteries and battery installations. Stationary batteries		EN IEC 62485-2	[71]
EN	50272-3		2003	Safety requirements for secondary batteries and battery installations. Traction batteries		EN 62485-3	[71]
EN	50276	Dr.	1997	Gaseous Emissions Produced by Traction Batteries - Ventilation and General Safety Requirements for Closed Charging Areas		EN 50272-3	[71]
EN	50561-1		2013	Power line communication apparatus used in low-voltage installations. Radio disturbance characteristics. Limits and methods of measurement. Apparatus for in-home use			[71]
CWA	50611		2013	Flow batteries. Guidance on the specification, installation and operation	CENELEC W.A. 50611		[85]
EN	55016-2-1		2014+ +A1:17	Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods. Methods of measurement of disturbances and immunity. Conducted disturbance measurements			[71]
EN	55016-2-3		2017+ A1:19	Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods. Methods of measurement of disturbances and immunity. Radiated disturbance measurements			[71]
EN	55022		2011	Information technology equipment. Radio disturbance characteristics. Limits and methods of measurement		EN 50561-1, EN 55032	[71]
EN	55024		2010+ A1:15	Information technology equipment. Immunity characteristics. Limits and methods of measurement	CISPR 24	EN 55035	[71]
EN	55032		2015	Electromagnetic compatibility of multimedia equipment. Emission Requirements	CISPR 32		[71]
EN	55035		2017	Electromagnetic compatibility of multimedia equipment. Immunity requirements			[71]
ES	59009		2000	Inspection and testing of electrical installations in domestic properties			
EN	60060-1		2010	High-voltage test techniques. General definitions and test requirements	IEC 60060-1		[71] [70]
IEC	60068-2-3		1969	Basic environmental testing procedures - Part 2-3: Tests - Test Ca: Damp heat, steady state		IEC 60068-2-78	[70]
EN IEC	60068-2-5		2018	Environmental testing - Tests - Test S: Simulated solar radiation at ground level and guidance for solar radiation testing and weathering	IEC 60068-2-5, EN 60068-2-5		[71] [70]
EN	60068-2-6		2008	Environmental testing. Tests. Test Fc. Vibration (sinusoidal)	IEC 60068-2-6		[71] [70]
EN	60068-2-11	3	1999	Environmental testing. Tests. Test Ka. Salt mist	IEC 60068-2-11(1981)		[71] [70]

Πρόθεμα	Πρότυπο	Έκδ	Έτος	Τίτλος	Εναλλακτικές ονομασίες	Αντικαταστάθηκε από	Πηγή
EN	60068-2-31		2008	Environmental testing. Tests. Test Ec. Rough handling shocks, primarily for equipment-type specimens	IEC 60068-2-31		[71] [70]
EN IEC	60068-2-52		2018	Environmental testing. Tests. Test Kb: Salt mist, cyclic (sodium chloride solution)	IEC 60068-2-52, EN 60068-2-52		[71] [70]
EN	60068-2-78		2013	Environmental testing. Tests. Test Cab: Damp heat, steady state	IEC 60068-2-78		[71] [70]
EN IEC	60071-1		2019	Insulation co-ordination. Definitions, principles and rules	IEC 60071-1, EN 60071-1, IEC 71-1		[71] [70]
EN IEC	60071-2		2018	Insulation co-ordination. Application guidelines	IEC 60071-2, EN 60071-2, IEC 71-2		[71] [70]
IEC TR	60071-4		2004	Insulation co-ordination. Computational guide to insulation co-ordination and modelling of electrical networks	PD IEC/TR 60071-4		[70]
EN	60071-5		2015	Insulation co-ordination. Procedures for high-voltage direct current (HVDC) converter stations	IEC 60071-5		[71] [70]
EN	60079-10		2003	Electrical apparatus for explosive gas atmospheres. Classification of hazardous areas	IEC 60079-10	IEC 60068-2-78	[71] [70]
EN	60079-10-1		2015	Explosive atmospheres. Classification of areas. Explosive gas atmospheres	IEC 60079-10-1		[71] [70]
EN	60079-29-1		2016	Explosive atmospheres. Gas detectors. Performance requirements of detectors for flammable gases	IEC 60079-29-1 (+ A1:2020)		[71] [70]
EN	60127	π.	π.	Miniature fuses	IEC 60127		[71] [70]
EN	60252-1	2.1	2011+ A1:13	AC motor capacitors. General. Performance, testing and rating. Safety requirements. Guidance for installation and operation	IEC 60252-1		[71] [70]
EN	60255-1		2010	Measuring relays and protection equipment. Common requirements	IEC 60255-1		[71] [70]
EN	60255-1-00		1997	Electrical relays. All-or-nothing electrical relays	IEC 60255-1-00, IEC 255-1-00	IEC 61810-1	[71] [70]
EN	60269-1		2007+ A2:14	Low-voltage fuses. General requirements	IEC 60269-1		[71] [70]
EN	60335-1		2012+ A13:17	Household and similar electrical appliances. Safety. General requirements	IEC 60335-1		[71] [70]
EN	60335-2	π.	π.	Household and similar electrical appliances. Safety. Particular requirements for...	IEC 60335-1		[71] [70]

Πρόθεμα	Πρότυπο	Έκδ	Έτος	Τίτλος	Εναλλακτικές ονομασίες	Αντικαταστάθηκε από	Πηγή
EN	60352-1		1998	Solderless connections. Wrapped connections. General requirements, test methods and practical guidance	IEC 60352-1		[71] [70]
EN	60352-2		2006+ A1:13	Solderless connections. Crimped connections. General requirements, test methods and practical guidance	IEC 60352-2		[71] [70]
IEC	60364-1	5	2005	Part 1. Fundamental principles, assessment of general characteristics, definitions	18/30382440 DC (draft for Ed.6), EN 60364-1		[70] [71]
IEC	60364-6		2016	Low voltage electrical installations. Verification	ELOT HD 60364-6		[70] [73]
IEC	60364	π.	π.	Low voltage electrical installations	IEC 364		[70]
IEC	60364-8-2	1	2018	Low voltage electrical installations. Prosumer's low voltage electrical installations	EN 60364-8-2 (dr.)		[70] [71]
ΕΛΟΤ	60364	1	2020	Απαιτήσεις για ηλεκτρικές εγκαταστάσεις			[73]
EN	60384-14	4.1	2013+ A1:16	Fixed capacitors for use in electronic equipment. Sectional specification. Fixed capacitors for electromagnetic interference suppression and connection to the supply mains	IEC 60384-14		[71] [70]
IEC	60417	1	2002	Graphical symbols for use on equipment - 12-month subscription to regularly updated online database comprising all graphical symbols published in IEC 60417 [Online updated regularly]	PD		[70]
EN	60529		1992+ A2:13	Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)	IEC 60529		[71] [70]
EN	60601-1		2006+ A12:14	Medical electrical equipment. General requirements for basic safety and essential performance	IEC 60601-1, UL 60601-1		[71] [70]
EN	60622	3	2003	Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes. Sealed nickel-cadmium prismatic rechargeable single cells	IEC 60622		[71] [70]
EN	60623	5	2017	Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes - Vented nickel-cadmium prismatic rechargeable single cells	IEC 60623		[71] [70]
EN	60664-1		2007	Insulation coordination for equipment within low-voltage systems. Principles, requirements and tests	IEC 60664-1, VDE 0110-1(?)		[71] [70]
EN	60695-2-11	2	2014	Fire hazard testing. Glowing/hot-wire based test methods. Glow-wire flammability test method for end-products (GWEPT)	IEC 60695-2-11		[71] [70]
EN	60695-2-12	2	2010+ A1:14	Fire hazard testing. Glowing/hot-wire based test methods. Glow-wire flammability index (GWFI) test method for materials	IEC 60695-2-12		[71] [70]
EN	60695-2-13	2	2010+ A1:14	Fire hazard testing. Glowing/hot-wire based test methods. Glow-wire ignition temperature (GWIT) test method for materials	IEC 60695-2-13		[71] [70]

Πρόθεμα	Πρότυπο	Έκδ	Έτος	Τίτλος	Εναλλακτικές ονομασίες	Αντικαταστάθηκε από	Πηγή
EN	60695-11-10		2013	Fire hazard testing. Test flames. 50 W horizontal and vertical flame test methods	IEC 60695-11-10, VDE 0471-11-10(?)		[71] [70]
EN	60695-11-20		2015	Fire hazard testing. Test flames. 500 W flame test methods	IEC 60695-11-10, VDE 0471-11-20(?)		[71] [70]
EN IEC	60721-3-1		2018	Classification of environmental conditions. Classification of groups of environmental parameters and their severities. Storage	IEC 60721-3-1, EN 60721-3-1		[71] [70]
EN IEC	60721-3-2		2018	Classification of environmental conditions. Classification of groups of environmental parameters and their severities. Transportation and Handling	IEC 60721-3-2, EN 60721-3-2		[71] [70]
EN IEC	60721-3-3		2019	Classification of environmental conditions. Classification of groups of environmental parameters and their severities. Stationary use at weatherprotected locations	IEC 60721-3-3, EN 60721-3-3		[71] [70]
EN IEC	60721-3-4		2019	Classification of environmental conditions. Classification of groups of environmental parameters and their severities. Stationary use at non-weatherprotected locations	IEC 60721-3-4, EN 60721-3-4		[71] [70]
IEC	60730	π.	π.	Automatic electrical controls	EN 60730, EN IEC 60730		[71] [70]
EN	60730-1		2016+ A1:19	Automatic electrical controls. General requirements	IEC 60730-1:2013+		[71] [70]
EN	60738-1	3.1	2006+ A1:09	Thermistors. Directly heated positive temperature coefficient. Generic specification	IEC 60738-1		[71] [70]
EN	60742		1996	Isolating transformers and safety isolating transformers. Requirements		IEC 61558-1, IEC 61558-2-1,2,4...9,17	[71] [70]
EN	60755		2017	General safety requirements for residual current operated protective devices	IEC 60755, IEC 755		[71] [70]
EN IEC	60812	3	2018	Failure modes and effects analysis (FMEA and FMECA)	IEC 60812, EN 60812		[71] [70]
EN	60896-11	1	2002	Stationary lead-acid batteries - Part 11: Vented types - General requirements and methods of tests	IEC 60896-11		[71] [70]
EN	60896-21	1	2004	Stationary lead-acid batteries - Part 21: Valve regulated types - Methods of test	IEC 60896-21		[71] [70]
EN	60896-22	1	2004	Stationary lead-acid batteries - Part 22: Valve regulated types - Requirements	IEC 60896-22		[71] [70]
IEC	60898-2		2016	Electrical accessories - Circuit-breakers for overcurrent protection for household and similar installations - Part 2: Circuit-breakers for AC and DC	EN 60898-2:2006		[71] [70]

Πρόθεμα	Πρότυπο	Έκδ	Έτος	Τίτλος	Εναλλακτικές ονομασίες	Αντικαταστάθηκε από	Πηγή
				operation			
EN	60947-3		2009+ A2:15	Low-voltage switchgear and controlgear. Switches, disconnectors, switch-disconnectors and fuse-combination units	IEC 60947-3		[71] [70]
EN IEC	60947-4-1	4	2019	Low-Voltage Switchgear and Controlgear – Part 4-1A: Contactors and Motor-Starters – Electromechanical Contactors and Motor-Starters	IEC 60947-4-1		[71] [70]
EN IEC	60947-5-2	4	2020	Low-Voltage Switchgear and Controlgear – Part 5-2: Control Circuit Devices and Switching Elements – Proximity Switches	IEC 60947-5-2		[71] [70]
EN	60950-1		2006+ A2:13	Information technology equipment. Safety. General requirements	IEC 60950 [UL, CAN/CSA]	EN 62368-1	[71] [70]
IEC TR	61000-3-7		2008	Electromagnetic compatibility (EMC). Limits. Assessment of emission limits for the connection of fluctuating installations to MV, HV and EHV power systems	PD IEC/TR 61000-3-7		[70]
IEC TR	61000-4-1		2016	Electromagnetic compatibility (EMC). Testing and measurement techniques. Overview of the IEC 61000-4 series	EN 61000-4-1		[70] [71]
EN	61000-4-2		2009	Electromagnetic compatibility (EMC). Testing and measurement techniques. Electrostatic discharge immunity test	IEC 61000-4-2		[71] [70]
EN	61000-4-3		2006+ A2:10	Electromagnetic compatibility (EMC). Testing and measurement techniques. Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test	IEC 61000-4-3		[71] [70]
EN	61000-4-4		2012	Electromagnetic compatibility (EMC). Testing and measurement techniques. Electrical fast transient/burst immunity test	IEC 61000-4-4		[71] [70]
EN	61000-4-5		2014+ A2:17	Electromagnetic compatibility (EMC). Testing and measurement techniques. Surge immunity test	IEC 61000-4-5		[71] [70]
EN	61000-4-6		2014	Electromagnetic compatibility (EMC). Testing and measurement techniques. Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields	IEC 61000-4-6		[71] [70]
EN	61000-4-8		2010	Electromagnetic compatibility (EMC). Testing and measurement techniques. Power frequency magnetic field immunity test	IEC 61000-4-8		[71] [70]
EN	61000-4-11		2004+ A1:17	Electromagnetic compatibility (EMC). Testing and measurement techniques. Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests	IEC 61000-4-11		[71] [70]
EN	61000-4-13		2002+ A2:16	Electromagnetic compatibility (EMC). Testing and measurement techniques. Harmonics and interharmonics including mains signalling at a.c. power port, low frequency immunity tests	IEC 61000-4-13		[71] [70]
EN	61000-4-34		2007+ A1:09	Electromagnetic compatibility (EMC). Testing and measurement techniques. Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests for equipment with mains current more than 16 A per phase	IEC 61000-4-34		[71] [70]
EN IEC	61000-6-1		2019	Electromagnetic compatibility (EMC). Generic standards. Immunity standard for residential, commercial and light-industrial environments	IEC 61000-6-1, EN 61000-6-1		[71] [70]

Πρόθεμα	Πρότυπο	Έκδ	Έτος	Τίτλος	Εναλλακτικές ονομασίες	Αντικαταστάθηκε από	Πηγή
EN IEC	61000-6-2		2019	Electromagnetic compatibility (EMC). Generic standards. Immunity standard for industrial environments	IEC 61000-6-2, EN 61000-6-2		[71] [70]
EN	61000-6-3		2007+ A1:11	Electromagnetic compatibility (EMC). Generic standards. Emission standard for residential, commercial and light-industrial environments	IEC 61000-6-3		[71] [70]
EN IEC	61000-6-4		2019	Electromagnetic compatibility (EMC). Generic standards. Emission standard for industrial environments	IEC 61000-6-4, EN 61000-6-4		[71] [70]
EN	61010-1		2010+ A1:19	Safety requirements for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use. General requirements	IEC 61010-1		[71] [70]
EN	61025	2	2007	Fault tree analysis (FTA)	IEC 61025		[71] [70]
EN (IEC)	61058	Π	π.	Switches for appliances	IEC 61058		[71] [70]
EN	61082-1		2015	Preparation of documents used in electrotechnology. Rules	IEC 61082-1		[71] [70]
IEC	61131-2	4	2017	Industrial-process measurement and control - Programmable Controllers – Part 2: Equipment Requirements and Tests	EN 61131-2 (2007)		[71] [70]
EN	61136-1		1998	Semiconductor power convertors. Adjustable speed electric drive systems. General requirements. Rating specifications, particularly for d.c. motor drives		IEC TR 61800-6	[71] [70]
EN	61140		2016	Protection against electric shock. Common aspects for installation and equipment	IEC 61140, IEC 1140		[71] [70]
EN	61427		2005	Secondary cells and batteries for photovoltaic energy systems (PVES). General requirements and methods of test	IEC 61427	EN 61427-1, EN 61427-2	[71] [70]
EN	61427-1		2013	Secondary cells and batteries for renewable energy storage - General requirements and methods of test - Part 1: Photovoltaic off-grid application	IEC 61427-1		[71] [70]
EN	61427-2	1	2015	Secondary cells and batteries for renewable energy storage - General requirements and methods of test - Part 2: On-grid applications	IEC 61427-2		[71] [70]
EN	61434	1	1997	Secondary cells and batteries containing alkaline or non-acidic electrolytes. Guide to the designation of current in alkaline secondary cell and battery standards	IEC 61434		[71] [70]
IEC TR	61438	1	1996	Possible safety and health hazards in the use of alkaline secondary cells and batteries - Guide to equipment manufacturers and users			[70]
EN	61472		2013	Live working. Minimum approach distances for a.c systems in the voltage range 72,5 kV to 800 kV. A method of calculation	IEC 61472		[71] [70]
IEC	61508-CMV	2	2010	Functional safety of electrical/electronic/ programmable electronic safety-related systems (Comment.Version, Parts 1-7)			[70]

Πρόθεμα	Πρότυπο	Έκδ	Έτος	Τίτλος	Εναλλακτικές ονομασίες	Αντικαταστάθηκε από	Πηγή
EN	61508-1	2	2010	Functional safety of electrical/electronic/ programmable electronic safety-related systems. General requirements	IEC 61508-1		[71] [70]
EN	61508-3	2	2010	Functional safety of electrical/electronic/ programmable electronic safety-related systems. Software requirements	IEC 61508-3		[71] [70]
EN	61508-7	2	2010	Functional safety of electrical/electronic/ programmable electronic safety-related systems. Overview of techniques and measures	IEC 61508-7		[71] [70]
EN IEC	61558-1		2019	Safety of transformers, reactors, power supply units and combinations thereof. General requirements and tests	IEC 61558-1, EN 61558-1		[71] [70]
EN	61558-2-1		2007	Safety of power transformers, power supplies, reactors and similar products. Particular requirements and tests for separating transformers and power supplies incorporating separating transformers for general applications	IEC 61558-2-1		[71] [70]
EN	61558-2-6	2	2009	Safety of transformers, reactors, power supply units and similar products for supply voltages up to 1100 V. Particular requirements and tests for safety isolating transformers and power supply units incorporating safety isolating transformers	IEC 61558-2-6		[71] [70]
EN IEC	61800-3		2018	Adjustable speed electrical power drive systems. EMC requirements and specific test methods	IEC 61800-3, EN 61800-3		[71] [70]
IEC TR	61800-6		2003	Adjustable speed electrical power drive systems -. Part 6: Guide for determination of types of load duty and corresponding current rating	PD CLC/TR 61800-6		[70]
EN	61810-1		2015	Electromechanical elementary relays. General and safety requirements	IEC 61810-1		[71] [70]
EN	61850-7-420		2009	Communication networks and systems for power utility automation - Part 7-420: Basic communication structure - Distributed energy resources logical nodes	IEC 61850-7-420		[71] [70]
EN IEC	61851-1		2019	Electric vehicle conductive charging system. General requirements	IEC 61851-1:2017		[71] [70]
EN	61851-21		2002	Electric vehicle conductive charging system. Electric vehicle requirements for conductive connection to an a.c./d.c. supply	IEC 61851-21	IEC 61851-21-1	[71] [70]
EN	61851-21-1	1	2017	Electric vehicle conductive charging system. Electric vehicle on-board charger EMC requirements for conductive connection to an AC/DC supply	IEC 61851-21-1		[71] [70]
IEC	61851-22-2	1	2018	Electric vehicle conductive charging system. Electric vehicle requirements for conductive connection to an AC/DC supply - EMC requirements for off board electric vehicle charging systems	16/30269922 DC		[70]
EN	61851-22		2002	Electric vehicle conductive charging system. A.C. electric vehicle charging station	IEC 61851-22		[71] [70]
EN	61851-23	1	2014	Electric vehicle conductive charging system. DC electric vehicle charging station	IEC 61851-23		[71] [70]

Πρόθεμα	Πρότυπο	Έκδ	Έτος	Τίτλος	Εναλλακτικές ονομασίες	Αντικαταστάθηκε από	Πηγή
EN	61851-24	1	2014	Electric vehicle conductive charging system. Digital communication between a d.c. EV charging station and an electric vehicle for control of d.c. charging	IEC 61851-24		[71] [70]
EN	61951-1	4	2017	Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes. Secondary sealed cells and batteries for portable applications. Nickel-Cadmium	IEC 61951-1		[71] [70]
EN	61951-2	4	2017	Secondary cells and batteries containing alkaline or other non acid electrolytes. Secondary sealed cells and batteries for portable applications. Nickel-metal hydride	IEC 61951-2		[71] [70]
EN	61960		2011	Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes. Secondary lithium cells and batteries for portable applications	IEC 61960	EN 61960-3	[71] [70]
EN	61960-3		2017	Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes. Secondary lithium cells and batteries for portable applications. Prismatic and cylindrical lithium secondary cells, and batteries made from them	IEC 61960-3		[71] [70]
IEC	61960-4 PRV		2020	Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes - Secondary lithium cells and batteries for portable applications - Part 4: Coin secondary lithium cells, and batteries made from them [Pre-Release Version]			[70]
EN IEC	62040-1		2019	Uninterruptible power systems (UPS). Safety requirements	IEC 62040-1, EN 62040-1		[71] [70]
EN	62040-1-1		2003 (R16)	Uninterruptible power systems (UPS). General and safety requirements for UPS used in operator access areas	IEC 62040-1-1, AS 62040-1-1	EN IEC 62040-1	[71] [70]
EN	62040-1-2		2003	Uninterruptible power systems (UPS). General and safety requirements for UPS used in restricted access locations	IEC 62040-1-2	EN IEC 62040-1	[71] [70]
EN	62109-1		2010	Safety of power converters for use in photovoltaic power systems. General requirements	IEC 62109-1		[71] [70]
EN	62109-2		2011	Safety of power converters for use in photovoltaic power systems. Particular requirements for inverters	IEC 62109-2, UL 62109-2		[71] [70]
EN	62133		2013	Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes. Safety requirements for portable sealed secondary cells, and for batteries made from them, for use in portable applications	IEC 62133	EN 62133-1, EN 62123-2	[71] [70]
EN	62133-1		2017	Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes. Safety requirements for portable sealed secondary cells, and for batteries made from them, for use in portable applications. Nickel systems	IEC 62133-1		[71] [70]
EN	62133-2		2017	Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes. Safety requirements for portable sealed secondary cells, and for	IEC 62133-2		[71] [70]

Πρόθεμα	Πρότυπο	Έκδ	Έτος	Τίτλος	Εναλλακτικές ονομασίες	Αντικαταστάθηκε από	Πηγή
				batteries made from them, for use in portable applications. Lithium systems			
EN	61296-1	3	2014	Plugs, socket-outlets, vehicle connectors and vehicle inlets - Conductive charging of electric vehicles - Part 1: General requirements	IEC 61296-1		[71] [70]
IEC TS	62257-9-1	2	2016	Recommendations for renewable energy and hybrid systems for rural electrification. Integrated systems. Micropower systems	PD IEC TS 62257-9-1		[70]
IEC TS	62257-9-2	2	2016	Recommendations for renewable energy and hybrid systems for rural electrification. Integrated systems. Microgrids	PD IEC TS 62257-9-2		[70]
IEC TS	62257-9-5	4	2018	Recommendations for renewable energy and hybrid systems for rural electrification. Integrated systems. Laboratory evaluation of stand-alone renewable energy products for rural electrification	PD IEC TS 62257-9-5		[70]
EN	62259	1	2004	Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes. Nickel-cadmium prismatic secondary single cells with partial gas recombination	IEC 62259		[71] [70]
EN	62368-1		2014+ A11:17	Audio/video, information and communication technology equipment. Safety requirements	IEC 62368-1		[71] [70]
EN IEC	62430	2	2019	Environmentally conscious design (ECD). Principles, requirements and guidance	IEC 62430, EN 62430		[71] [70]
EN	62477-1		2012+ A1:17	Safety requirements for power electronic converter systems and equipment. General	IEC 62477-1		[71] [70]
EN IEC	62477-2		2018	Safety requirements for power electronic converter systems and equipment. Power electronic converters from 1 000 V AC or 1 500 V DC up to 36 kV AC or 54 kV DC	IEC 62477-2		[71] [70]
EN IEC	62485-1	1	2018	Safety requirements for secondary batteries and battery installations. General safety information	IEC 62485-1		[71] [70]
EN IEC	62485-2	1	2018	Safety requirements for secondary batteries and battery installations. Stationary batteries	IEC 62485-2		[71] [70]
EN	62485-3	2	2014	Safety requirements for secondary batteries and battery installations. Traction batteries	IEC 62485-3		[71] [70]
EN IEC	62485-4	1	2018	Safety requirements for secondary batteries and battery installations. Valve-regulated lead-acid batteries for use in portable appliances	IEC 62485-4		[71] [70]
EN	62485-5	Dr.	2018	Safety requirements for secondary batteries and battery installations. Safe operation of stationary lithium-ion batteries	IEC 62485-5, 18/30381790 DC, VDE 0510-485-5		[71] [70]
DD IEC/PAS	62545	1	2008	Environmental information on electrical and electronic equipment (EIEEE)	IEC/PAS 62545		[71]
EN	62619	1	2017	Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes. Safety requirements for secondary lithium cells and batteries, for use in industrial applications	(AS) IEC 62619		[71] [70]

Πρόθεμα	Πρότυπο	Έκδ	Έτος	Τίτλος	Εναλλακτικές ονομασίες	Αντικαταστάθηκε από	Πηγή
EN	62620	1	2014	Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes. Secondary lithium cells and batteries for use in industrial applications	IEC 62620		[71] [70]
EN	62660-3	1	2016	Secondary lithium-ion cells for the propulsion of electric road vehicles - Part 3: Safety requirements	IEC 62660-4		[71] [70]
IEC TR	62660-4	1	2017	Secondary lithium-ion cells for the propulsion of electric road vehicles - Part 4: Candidate alternative test methods for the internal short circuit test of IEC 62660-3	PD IEC/TR 62660-4		[71] [70]
IEC TR	62726	1	2014	Guidance on quantifying greenhouse gas emission reductions from the baseline for electrical and electronic products and systems	PD IEC/TR 62726		[71] [70]
EN	62765	1	2014	Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes. Sealed nickel-metal hydride prismatic rechargeable single cells	IEC 62675		[71] [70]
IEC	62897		U. D.	Stationary Energy Storage Systems with Lithium Batteries - Safety Requirements			[70]
IEC TR	62914	1	2014	Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes - Experimental procedure for the forced internal short-circuit test of IEC 62133:2012	PD IEC TR 62914		[70]
EN	62932-1	Dr.	2017	Flow battery systems for stationary applications Part 1: General Aspects, Terminology and Definitions	IEC 21/900/CD, VDE 0510-932-1, 16/30332632 DC		[71] [70]
EN	62932-2-1	Dr.	2016	Flow battery systems for stationary applications Part 2-1: Performance general requirements & methods of test	IEC 21/869/CD, VDE 0510-932-2-1,		[71] [70]
EN	62932-2-2	Dr.	2017	Flow battery systems for stationary applications. Part 2-2. Safety requirements	IEC 21/901/CD, VDE 0510-932-2-2, 16/30332627 DC		[71] [70]
EN IEC	62933-1	1	2018	Electrical Energy Storage (EES) systems. Terminology [Vocabulary]			[71] [70]
EN IEC	62933-2-1	1	2018	Electrical energy storage (EES) systems. Unit parameters and testing methods. General specification	IEC TC 120 PNW 120-31		[71] [70]
IEC TS	62933-3-1	1	2018	Electrical energy storage (EES) systems. Planning and performance assessment of electrical energy storage systems - General specification			[70]
IEC TS	62933-4-1	1	2017	Electrical energy storage (EES) systems. Guidance on environmental issues. General specification	PD IEC/TS 62933-4-1		[70]
IEC TS	62933-5-1	1	2017	Electrical energy storage (EES) systems. Safety considerations for grid-integrated EES systems. General specification			[70]

Πρόθεμα	Πρότυπο	Έκδ	Έτος	Τίτλος	Εναλλακτικές ονομασίες	Αντικαταστάθηκε από	Πηγή
IEC	62933-5-2 PRV	FDr.	2020	Electrical energy storage (EES) systems - Part 5-2: Safety requirements for grid integrated EES systems - Electrochemical based systems	18/30383682 DC		[70]
IEC	62934	Dr.	2018	Unit parameters and testing methods of electrical energy storage (EES) system - Part 1: General specification	18/30355508 DC, IEC 120/54/CD	EN IEC 62933-2-1 (?)	[71] [70]
IEC	62935			EES Installation Standard		IEC TS 62933-3-1 (?)	[70]
IEC	62936			Environmental Issues of EES Systems		IEC TS 62933-4-1 (?)	[70]
IEC	62937			Safety considerations for the installation of grid-integrated EES systems		IEC TS 62933-5-1 (?)	[70]
ISO/IEC/IEEE	90003		2018	Software engineering. Guidelines for the application of ISO 9001:2015 to computer software	ISO/IEC 90003, ISO 9003(?)		[72] [70] [91]
EN	129000		1993	Harmonized system of quality assessment for electronic components. Generic specification. Fixed RF wound inductors			[71]
ATIS	0600003		2018	Battery Enclosure and Rooms/Areas			[82]
ATIS	0600330		2018	Valve-Regulated Lead-Acid Batteries Used in the Telecommunications Environment			[82]
(ICC)	IBC		2018	International Building Code			[76]
(ICC)	IFC		2018	International Fire Code			[76]
(ICC)	IMC		2018	International Mechanical Code			[76]
(ICC)	IRC		2018	International Residential Code for One and Two Family Dwellings			[76]
(ICC)	IPC		2018	International Plumbing Code			[76]
(ICC)	IWUIC		2018	International Wildland-Urban Interface Code			[76]
IAPMO	UMC		2018	Uniform Mechanical Code			[94]
IAPMO	UPC		2018	Uniform Plumbing Code			[94]
IAPMO	USHGC		2018	Uniform Solar Hydronics and Geothermal Code			[94]
NECA	NEIS			National Electrical Installation Standards			[75]
MESA	ESS	Dr	2018	Energy Storage Systems			[92]
MESA	Device	Dr4	2016	Sunspec Energy Storage Specification	SunSpec Alliance Specification – Energy Storage Models		[92]

Πρόθεμα	Πρότυπο	Έκδ	Έτος	Τίτλος	Εναλλακτικές ονομασίες	Αντικαταστάθηκε από	Πηγή
MESA	PCS	Dr2	2017	Standard communication interface for power conversion systems participating in the Modular Energy Storage Architecture			[92]
(ICC)	IEBC		2018	International Existing Building Code			[76]
ANSI/NETA	ATS-2017		2017	Standard for Acceptance Testing Specifications for electrical power equipment and systems			[77]
ASME	BPVC		2019	Boiler and Pressure Vessel Code			[80]

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΚΑΙ ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΠΡΟΒΛΕΨΕΩΝ ΠΡΟΤΥΠΩΝ – ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑ ΣΤΟ ΚΕΦ. 3

Στις παραγράφους Β.1, Β.2 και Β.3 του παρόντος Παραρτήματος παρουσιάζονται και σχολιάζονται εκείνες οι προβλέψεις των προτύπων [UL 1973](#), [IEC 62619](#) και [IEC 60335-1](#) στις οποίες γίνεται αναφορά στην αναλυτική εξέταση των κινδύνων εξοπλισμού του Κεφαλαίου 3. Στην αρχή κάθε ενότητας ή παραγράφου προτύπου δηλώνονται οι κίνδυνοι στους οποίους αντιστοιχεί με βάση την κωδικοποίηση της παρ. 3.3 της εργασίας.

B.1 Προβλέψεις του UL 1973 (2018)

UL 1973: Πρότυπο συσσωρευτών για χρήση σε εφαρμογές σταθερές, βοηθητική ισχύ οχημάτων και ελαφρύ ηλεκτρικό σιδηρόδρομο (Standard for Batteries for Use in Stationary, Vehicle Auxiliary Power and Light Electric Rail (LER) Applications).

Η Ενότητα 6 περιλαμβάνει χρήσιμους ορισμούς (παρ. 3.2 {σελ. 55} της εργασίας).

6 Γλωσσάριο

6.1 Συσσωρευτής (battery): Γενικός όρος είτε για μια ξεχωριστή κυψέλη είτε για μια ομάδα κυψελών συνδεδεμένων σε σειρά ή/και παράλληλα.

6.2: Συστοιχία συσσωρευτών (battery pack): Συσσωρευτές έτοιμοι για χρήση, που περιέχονται σε προστατευτικό περίβλημα (enclosure), που μπορεί να περιέχουν (ή όχι) προστατευτικές συσκευές, συστήματα ψύξης και κυκλώματα παρακολούθησης (monitoring). Αν και οι συσσωρευτές είναι η κύρια διάταξη αποθήκευσης ενέργειας στη συσκευασία, αυτή μπορεί να περιέχει ηλεκτροχημικούς συσσωρευτές σε ένα τύπο υβριδικής συσκευασίας.

6.4: Ονομαστική χωρητικότητα (rated capacity): Η συνολική ποσότητα Ah που μπορούν να ληφθούν από έναν πλήρως φορτισμένο συσσωρευτή με ένα συγκεκριμένο ρυθμό εκφόρτισης έως μια συγκεκριμένη τάση τέλους εκφόρτισης (End-of-discharge-voltage, EODV) σε μια συγκεκριμένη θερμοκρασία, όπως δηλώνεται από τον κατασκευαστή.

6.5 Αλληλουχία (cascading): Η φυγή (runway) αστοχίας (failure) ή θερμικής διάδοσης (thermal propagation) ενός συστήματος ή μονάδας (module) συσσωρευτών, όταν:

α) Μία κυψέλη παθαίνει καταστροφική αστοχία και αυτή η κυψέλη προκαλεί την αστοχία και γειτονικών κυψελών, ή/και

β) Συνεχής θερμική διάδοση καταστροφικών αστοχιών κυψελών έως ότου τμήμα του συστήματος ή ολόκληρο το σύστημα καίγεται ή εκλύει υπερβολικές ποσότητες επικίνδυνων αερίων ή διαρροή επικίνδυνων υγρών.

6.6: Κέλυφος (casing): Το δοχείο (container) που περικλείει άμεσα και περιορίζει τα περιεχόμενα μιας κυψέλης ή ηλεκτροχημικού πυκνωτή.

6.7: Κυψέλη (cell): Η βασική λειτουργική ηλεκτροχημική μονάδα που περιέχει μια διάταξη (assembly) από ηλεκτρόδια, ηλεκτρολύτη, διαχωριστικά (separators), δοχείο και ακροδέκτες (terminals). Είναι πηγή ηλεκτρικής ενέργειας με άμεση μετατροπή χημικής ενέργειας.

6.8: Ομάδα (block): Μία ή περισσότερες κυψέλες συνδεδεμένες παράλληλα.⁶⁹

⁶⁹ Μπορεί να αποδοθεί και ως «μονάδα», όμως ως «μονάδα» έχουμε αποδώσει και τον όρο module, βλ. παρακάτω 6.34. Στην πράξη οι έννοιες block και module χρησιμοποιούνται κατά περίπτωση, χωρίς γενικά αποδεκτή έννοια. Σε άλλα πρότυπα ως block αναφέρεται μια ομάδα συσσωρευτών σε σειρά. Στο υπόλοιπο κείμενο δεν ακρούμαστε στη

6.9: Φόρτιση: Η εφαρμογή ηλεκτρικού ρεύματος στους ακροδέκτες του συσσωρευτή ή του πυκνωτή, η οποία έχει ως αποτέλεσμα μια αντίδραση Faraday εντός του συσσωρευτή, που οδηγεί σε αποθήκευση ηλεκτροχημικής ενέργειας (ή στην περίπτωση του πυκνωτή, σε αποθήκευση ηλεκτρικού φορτίου χωρίς να λαμβάνει χώρα χημική αντίδραση).

6.12: Καύσιμη συγκέντρωση ατμών: Συγκέντρωση ατμών στον αέρα >25% του κάτω ορίου αναφλεξιμότητας (LFL) του εύφλεκτου ατμού, ή μια συγκέντρωση που μπορεί να αναφλεγεί σύμφωνα με την παρ. 7.1.

6.13: DUT: Διάταξη υπό δοκιμή (Device under test)

6.14: Σύστημα συσσωρευτών: Αποτελείται από μια συστοιχία (pack) και εξωτερικά συστήματα ελέγχου και κυκλώματα όπως συστήματα ψύξης, διακόπτες (disconnects) ή διατάξεις προστασίας εξωτερικά της συστοιχίας.

6.16: Περίβλημα (enclosure): Το προστατευτικό εξωτερικό κάλυμμα της συστοιχίας ή του συστήματος συσσωρευτών που παρέχει μηχανική προστασία στα περιεχόμενα της συστοιχίας/συστήματος.

6.17: Τάση τέλους εκφόρτισης (End-of-discharge voltage, EODV) (κυψέλης): Η τάση, υπό φορτίο, της κυψέλης στο τέλος της εκφόρτισης. Η EODV μπορεί να προσδιορίζεται από τον κατασκευαστή, όπως στην περίπτωση εκφόρτισης που τερματίζεται σε ορισμένη τάση (voltage-terminated discharge), τυπική περίπτωση σε χημεία ιόντων λιθίου.

6.18: Έκρηξη: Μια βίαιη έκλυση ενέργειας που προκαλεί βλήματα (projectiles) ή κύμα πίεσης από τη DUT και έχει ως αποτέλεσμα τα περιεχόμενα της DUT να πετάνονται βίαια προς τα έξω από διάρρηξη της επένδυσης ή του περιβλήματος.

6.19: Φωτιά: Η συντηρούμενη καύση των περιεχομένων της DUT, όπως αποδεικνύεται από φλόγα, θερμότητα, και απανθράκωση (charring) ή άλλη ζημιά των υλικών.

6.20: Συσσωρευτής ρέοντος (flowing) ηλεκτρολύτη: Ένας επαναφορτιζόμενος συσσωρευτής που αποθηκεύει τα ενεργά υλικά του στη μορφή υγρών υδατικών διαλυμάτων ηλεκτρολυτών, εξωτερικά του συσσωρευτή. Οι ηλεκτρολύτες, που χρησιμεύουν ως φορείς ενέργειας, αντλούνται μέσα από δύο μισές κυψέλες που διαχωρίζονται από ένα ιονοπερατό διαχωριστικό (separator), που επιτρέπει το πέρασμα των ιόντων κατά τη φόρτιση και την εκφόρτιση. Η φόρτιση και η εκφόρτιση έχει ως αποτέλεσμα μια χημική αντίδραση αναγωγής στον ένα ηλεκτρολύτη και οξειδωσης στον άλλο. Τα ιόντα επιλεκτικά διαπερνούν τη μεμβράνη του διαχωριστικού για να ολοκληρώσουν την αντίδραση οξειδοαναγωγής. Όταν είναι σε χρήση, οι ηλεκτρολύτες αντλούνται συνεχώς σε ένα κύκλωμα ανάμεσα στον αντιδραστήρα (reactor) και στις δεξαμενές αποθήκευσης. Δύο εμπορικά διαθέσιμες τεχνολογίες συσσωρευτών ρέοντος ηλεκτρολύτη, η τεχνολογία ψευδαργύρου-βρωμίου (zinc-bromine) και βαναδίου οξειδοαναγωγής (vanadium redox) περιγράφονται παρακάτω.

α) Ψευδαργύρου-βρωμίου: Έχει ψευδάργυρο στο αρνητικό ηλεκτρόδιο και βρωμιούχο άλας (bromide) στο θετικό ηλεκτρόδιο, με ένα υδατικό διάλυμα βρωμιούχο ψευδαργύρου και άλλες ενώσεις που περιέχονται σε δύο διαφορετικές δεξαμενές. Κατά τη φόρτιση, η ενέργεια αποθηκεύεται ως μεταλλικός ψευδάργυρος μέσα στην κυψέλη και πολυβρωμιούχες ενώσεις (polybromides). Κατά την εκφόρτιση, ο ψευδάργυρος οξειδώνεται σε οξείδιο του ψευδαργύρου και το βρώμιο ανάγεται σε βρωμιούχο άλας.

β) Βαναδίου οξειδοαναγωγής: Περιέχει άλατα βαναδίου με διάφορους βαθμούς οξειδωσης σε ηλεκτρολύτη θεικού οξέος, ή μείγματος θεικού και υδροχλωρικού οξέος. Η φόρτιση και η εκφόρτιση του συσσωρευτή μεταβάλλει το βαθμό οξειδωσης του βαναδίου στα διαλύματα ηλεκτρολυτών.

6.22: Πλήρως εκφορτισμένο: Ένα σύστημα, συστοιχία, μονάδα (module) ή κυψέλη συσσωρευτή, που έχει εκφορτιστεί έως την EODV, όπως καθορίζεται από τον κατασκευαστή του.

διάκριση παραθέτουμε τον αγγλικό όρο (block ή module) σε παρένθεση, και επεξηγούμε κατά το δυνατόν την έννοιά του.

6.23: Επικίνδυνη (hazardous) τάση:

- Στις ΗΠΑ, επικίνδυνη θεωρείται ημιτονοειδής τάση >42,4 V_r ή συνεχής τάση >60 V_{dc}.
 - Στον Καναδά (σύμφωνα με τους κανονισμούς [C22.1](#)⁷⁰ και **CAN/CSA-22.2 No.0⁷¹**), επικίνδυνη θεωρείται η εναλλασσόμενη τάση >30 V_{rms} / 42,4 V_{ac peak}, ή η συνεχής τάση > 42,4 V_{dc}.
- Οι συσσωρευτές και τα συστήματα συσσωρευτών που προορίζονται για εξοπλισμό που θα αξιολογηθεί σύμφωνα με καναδικά πρότυπα όπως **CAN/CSA-22.2 No. 60950-1** ή **CAN/CSA-22.2 No. 62368-1**, πρέπει να ικανοποιούν τα όρια επικίνδυνης τάσης που ορίζουν αυτά τα πρότυπα.⁷²

6.24: Επίπεδα μόνωσης (insulation levels): Τα ακόλουθα είναι επίπεδα ηλεκτρικής μόνωσης:

- α) Βασική (basic) μόνωση: Μόνωση που παρέχει βασική προστασία απέναντι στην ηλεκτροπληξία (electric shock).
- β) Διπλή (double) μόνωση: Μόνωση που περιλαμβάνει τόσο βασική μόνωση όσο και συμπληρωματική μόνωση.
- γ) Λειτουργική (functional) μόνωση: Μόνωση που είναι απαραίτητη μόνο για την ορθή λειτουργία του εξοπλισμού. Η λειτουργική μόνωση εξ ορισμού δεν προστατεύει από ηλεκτροπληξία. Είναι δυνατόν όμως να μειώνει την πιθανότητα ανάφλεξης και φωτιάς.
- δ) Ενισχυμένη (reinforced) μόνωση: ενιαίο (single) σύστημα μόνωσης που παρέχει βαθμό προστασίας έναντι ηλεκτροπληξίας ισοδύναμο με διπλή μόνωση, υπό τις συνθήκες που καθορίζονται στο παρόν πρότυπο. Ο όρος «σύστημα μόνωσης» δεν σημαίνει ότι η μόνωση πρέπει να είναι ένα ομοιογενές τμήμα υλικού. Μπορεί να αποτελείται από περισσότερα στρώματα που δεν μπορούν να ελεγχθούν ξεχωριστά ως βασική και συμπληρωματική μόνωση.
- ε) Συμπληρωματική (supplementary) μόνωση: ανεξάρτητη μόνωση που εφαρμόζεται επιπλέον της βασικής μόνωσης, για να μειώσει τον κίνδυνο ηλεκτροπληξίας σε περίπτωση μίας αστοχίας στη βασική μόνωση.

6.26. Ελαφρύς ηλεκτρικός σιδηρόδρομος (Light Electric Rail, LER): Ένα επιβατικό προασιακό (commuter) τρένο που λαμβάνει όλη την ενέργεια κίνησης από ηλεκτρισμό.⁷³

6.27. Κύκλωμα περιορισμένης ισχύος: Ένα κύκλωμα που τροφοδοτείται από πηγή ισχύος που ικανοποιεί τα όρια SELV και του οποίου η ισχύς και το ρεύμα περιορίζονται επιπλέον σύμφωνα με τη δοκιμή πηγής περιορισμένης ισχύος (Limited Power Source Test) του [UL 2054](#)⁷⁴. Μια πηγή περιορισμένης ισχύος είναι ισοδύναμη με ένα κύκλωμα Κλάσης 2 σύμφωνα με το άρθρο 725 του [NFPA 70](#)⁷⁵, ή την ενότητα 16 του [C22.1](#). Μια παρόμοια έννοια είναι ο όρος «περιορισμένη ενέργεια χαμηλής τάσης» (low voltage limited energy, LVLE) όπως ορίζεται στην ενότητα 16 του [UL 583](#)⁷⁶ ή [ULC/ORD-C583](#)⁷⁷.

6.28: Κυψέλη ιόντων λιθίου: Μία επαναφορτιζόμενη κυψέλη όπου η ηλεκτρική ενέργεια προέρχεται από αντιδράσεις εισαγωγής/εξαγωγής (insertion/extraction) ιόντων λιθίου ανάμεσα στην άνοδο και την κάθοδο. Η κυψέλη ιόντων λιθίου έχει έναν ηλεκτρολύτη που τυπικά αποτελείται από ένα άλας λιθίου και ένα οργανικό διαλύτη σε μορφή υγρή ή γέλης (gel) ή στερεά, και έχει ως κέλυφος (casing) είτε σκληρό μέταλλο είτε εύκαμπτο σάκο (pouch) από πολυμερές.

⁷⁰ Canadian Electrical Code, Part I Safety Standard for Electrical Installations.

⁷¹ Ίσως [CSA 22.2 No.0,1](#), General requirements for double-insulated equipment.

⁷² Πρόκειται για τα διεθνή πρότυπα [IEC 60950-1](#) και [IEC 62368-1](#) που αναφέρθηκαν παραπάνω, τα οποία έχουν υιοθετηθεί μεταξύ άλλων ως ευρωπαϊκά πρότυπα EN. Το πρότυπο [IEC 60950-1](#) έχει αποσυρθεί και αντικαταστασθεί από το [IEC 62368-1](#).

⁷³ Αμερικανικής προέλευσης όρος, που περιλαμβάνει διάφορα συστήματα παρόμοια με το Τραμ της Αθήνας.

⁷⁴ Standard for Household and Commercial Batteries.

⁷⁵ National Electrical Code®, NEC.

⁷⁶ Standard for Electric-Battery-Powered Industrial Trucks.

⁷⁷ Η καναδική έκδοση του προηγούμενου.

6.29: [Κύρια] πηγή ισχύος (mains supply) (AC): Ένα σύστημα, εξωτερικό προς τον εξοπλισμό, για να παρέχει ισχύ σε εξοπλισμό εναλλασσόμενου ρεύματος. Παραδείγματα AC πηγής ισχύος είναι οι δημόσιες ή ιδιωτικές ηλεκτρικές εταιρείες και ισοδύναμες πηγές όπως γεννήτριες που κινούνται από μηχανές⁷⁸ και πηγές αδιάλειπτης ισχύος (UPS).

6.31: Υγροσκοπικό υλικό: Υλικό που έχει ισχυρή τάση (affinity) να προσελκύει υγρασία, απορροφά την υγρασία μέσα στη μοριακή δομή του αν εκτεθεί σε αέρα περιβάλλοντος, και η εσωτερική υγρασία δεν μπορεί να αφαιρεθεί με μόνη την επίδραση θερμού αέρα. Παραδείγματα: νάιλον (nylon), ABS⁷⁹, ακρυλικό, πολυουρεθάνη, πολυκαρβονικό (polycarbonate), PET⁸⁰ και PBT⁸¹.

6.32: Μη υγροσκοπικό υλικό: Υλικό που δεν έχει τάση για υγρασία, και η όποια υγρασία απορροφάται πάνω στην επιφάνεια. Η τυπική πηγή υγρασίας είναι η συμπύκνωση (condensation) και η υγρασία απομακρύνεται εύκολα με επαρκές ρεύμα θερμού αέρα πάνω από το υλικό. Παραδείγματα: πολυαιθυλένιο, πολυπροπυλένιο, πολυστυρένιο, PVC⁸².

6.33: Μέγιστη τάση λειτουργίας (max. working voltage): Η υψηλότερη τάση στον οποία βρίσκεται ή μπορεί να βρεθεί η υπό εξέταση μόνωση ή εξάρτημα όταν ο εξοπλισμός λειτουργεί σε συνθήκες κανονικής χρήσης.

6.34: Μονάδα (module): Ένα υποσύνολο (subassembly) αποτελούμενο από μία ομάδα κυψελών (ή ηλεκτροχημικών πυκνωτών), συνδεδεμένων σε σειρά ή/και παράλληλα (οπότε αναφέρεται και ως block), με ή χωρίς προστατευτικές διατάξεις και κυκλώματα παρακολούθησης. Μία μονάδα είναι μέρος ενός συστήματος συσσωρευτών. Βλ. Fig. 1.2.⁸³

6.35: Ενιαίος (monobloc) συσσωρευτής: Συσσωρευτής που ο σχεδιασμός του περιλαμβάνει ένα κοινό δοχείο πίεσης, μια μοναδική διάταξη εξαερισμού (venting assembly) και κοινά εξαρτήματα (hardware).

6.37: Κυψέλη νικελίου: Ένας γενικός όρος για μια επαναφορτιζόμενη κυψέλη νικελίου-καδμίου ή νικελίου-μεταλλικού υδριδίου (NiMH), που έχει θετικό ηλεκτρόδιο υδροξειδίου του νικελίου και αρνητικό ηλεκτρόδιο είτε μεταλλικού καδμίου, είτε μεταλλικού υδριδίου, και που έχει έναν υγρό βασικό ηλεκτρολύτη (π.χ. KOH).

6.38: Κανονικό εύρος λειτουργίας: Το εύρος τάσης, ρεύματος και θερμοκρασίας εντός του οποίου μία κυψέλη (ή ηλεκτροχημικός πυκνωτής) μπορεί να φορτίζεται και να εκφορτίζεται με ασφάλεια επανειλημμένα σε όλη την αναμενόμενη διάρκεια ζωής της. Ο κατασκευαστής προσδιορίζει αυτές τις τιμές, οι οποίες κατόπιν χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση ασφάλειας της διάταξης και μπορεί να μεταβάλλονται όσο αυτή γερνάει.

6.39: Ενεργητικές διατάξεις προστασίας (active protective devices): Διατάξεις που προστατεύουν από επικίνδυνες συνθήκες, οι οποίες απαιτούν ηλεκτρική ενέργεια για να λειτουργήσουν. Παράδειγμα: σύστημα διαχείρισης συσσωρευτή (BMS).

6.40: Παθητικές διατάξεις προστασίας (passive protective devices): Διατάξεις που προστατεύουν από επικίνδυνες συνθήκες, οι οποίες δεν απαιτούν ηλεκτρική ενέργεια για να λειτουργήσουν. Παράδειγμα: ασφάλεια (fuse).

6.41: Θέση περιορισμένης πρόσβασης (restricted access location): Θέση όπου η πρόσβαση στο ESS περιορίζεται σε εκπαιδευμένο προσωπικό συντήρησης, ή άλλα πρόσωπα εκπαιδευμένα να

⁷⁸ Πιθανότατα αναφέρεται σε Ηλεκτροπαραγωγή Ζεύγη H/Z.

⁷⁹ acrylonitrile-butadiene-styrene

⁸⁰ polyethylene terephthalate

⁸¹ polybutylene terephthalate

⁸² πολυβινυλοχλωρίδιο

⁸³ *Σχήμα 1.9* της παρούσας εργασίας. Ως «μονάδα» έχουμε αποδώσει και τον όρο module, βλ. παραπάνω 6.8. Στην πράξη οι έννοιες block και module χρησιμοποιούνται κατά περίπτωση, χωρίς γενικά αποδεκτή έννοια. Στο υπόλοιπο κείμενο παραθέτουμε τον αγγλικό όρο (block ή module) σε παρένθεση, και σε περίπτωση που είναι αναγκαία η διάκριση, χρησιμοποιούμε κάποιο διευκρινιστικό όρο όπως «μονάδα παράλληλων συσσωρευτών».

καταλαβαίνουν τους περιορισμούς του συστήματος όπως η πρόσβαση σε επικίνδυνα εξαρτήματα και οι προφυλάξεις που πρέπει να λαμβάνονται γύρω από τον εξοπλισμό. Οι θέσεις αυτές θα ασφαλιζονται με κλειδαριά ή άλλο μέσο που ελέγχεται από άτομο/-α υπεύθυνο/-α για τη θέση.

6.42: Θερμοκρασία δωματίου (room ambient): Θεωρείται $25 \pm 5^\circ\text{C}$.

6.43: Ρήξη (rupture): Μηχανική αστοχία του περιβλήματος/κελύφους της DUT, από εσωτερικά ή εξωτερικά αίτια. Οδηγεί σε διαρροή (spillage) ή/και έκθεση των εσωτερικών περιεχομένων της DUT, αλλά όχι σε βλήματα και βίαιη έκλυση θερμότητας, όπως συμβαίνει σε μια έκρηξη.

6.44: Κύκλωμα ασφαλείας πολύ χαμηλής τάσης (Safety Extra Low Voltage circuit, SELV): Κύκλωμα που εμφανίζει τιμές τάσης που δεν ξεπερνούν τις τιμές του Πίνακα 6.1 και είναι ασφαλείς στο άγγιγμα τόσο σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας, όσο και μετά από μία αστοχία. Η πολύ χαμηλή τάση (Extra Low Voltage, ELV) είναι ισοδύναμη με την SELV μόνο σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας και όχι μετά από μία αστοχία.

Πίνακας 6.1: Όρια τάσης SELV.

Όρια τάσης	
Κανονική λειτουργία	Μία αστοχία
Τάση ανοιχτού κυκλώματος με γενικά ημιτονοειδές σχήμα 42,4 V peak, 30 V rms, ή συνεχής τάση 60 V dc	Τάση ανοιχτού κυκλώματος με γενικά ημιτονοειδές σχήμα 42,4 V peak, 30 V rms, ή συνεχής τάση 60 V dc, με αιχμές (excursions) έως 71 V peak ή 120 V dc για διαστήματα έως 200 ms
Στον Καναδά, βλ. παρ. 6.23.	

6.45: Κυψέλες νατρίου-β (sodium-beta) υψηλής θερμοκρασίας: Κυψέλες που χρησιμοποιούν μεταλλικό νάτριο και στερεό ηλεκτρολύτη από κεραμική β-αλουμίνα ($\beta\text{-Al}_2\text{O}_3$) και λειτουργούν σε υψηλές θερμοκρασίες. Δύο εμπορικές τεχνολογίες αυτής της ομάδας:

α) Κυψέλη νατρίου-χλωριούχου νικελίου (Na-NiCl): Επαναφορτιζόμενη κυψέλη που έχει νάτριο ως αρνητικό ηλεκτρόδιο, θετικό ηλεκτρόδιο που μπορεί να αποτελείται από νικέλιο, χλωριούχο νικέλιο ή χλωριούχο νάτριο, και στερεό ηλεκτρολύτη κεραμικής β-αλουμίνας. Η κανονική λειτουργία της κυψέλης είναι στο εύρος $270\text{...}350^\circ\text{C}$, όπου τα ενεργά υλικά είναι σε κατάσταση τήγματος και εξασφαλίζεται η ιοντική αγωγιμότητα.

β) Κυψέλη νατρίου/θείου (Na/S): [Όπως η προηγούμενη αλλά] το θετικό ηλεκτρόδιο που αποτελείται από θείο. Η κανονική λειτουργία της είναι στο εύρος $310\text{...}370^\circ\text{C}$, [για τους ίδιους λόγους όπως παραπάνω.]

6.46 Κατάσταση φόρτισης (State of Charge, SOC): Η διαθέσιμη χωρητικότητα ενός συστήματος, συστοιχίας, μονάδας ή κυψέλης, εκφρασμένη ως ποσοστό της ονομαστικής.

6.47: Θερμική φυγή (thermal runaway): Το φαινόμενο όταν μια ηλεκτροχημική κυψέλη αυξάνει τη θερμοκρασία της μέσω αυτο-θέρμανσης με ανεξέλεγκτο τρόπο. Η θερμική φυγή προχωράει όταν η παραγωγή θερμότητας από την κυψέλη είναι ταχύτερη από τη δυνατότητα απαγωγής (dissipate) της. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε φωτιά, έκρηξη και έκλυση αερίων (gassing).

6.48: Έκλυση τοξικών ατμών (toxic vapor release): Έκλυση ατμών σε συγκέντρωση που υπερβαίνει το επιτρεπτό όριο έκθεσης (permissible exposure limit) χρονοσταθμισμένης μέσης τιμής (time-weighted average, TWA) οκτώωρου της Occupational Safety and Health Administration (OSHA, Διοίκηση Υγείας και Ασφάλειας στην Εργασία)⁸⁴. Αντιστοιχεί στα επιτρεπτά όρια έκθεσης 10 ώρες/μέρα, 40 ώρες/εβδομάδα του National Institute of Safety and Health (NIOSH, Εθνικό Ινστιτούτο Ασφάλειας και Υγείας)⁸⁴.

⁸⁴ Κρατική υπηρεσία των ΗΠΑ.

Στον Καναδά, τα όρια μπορεί να μεταβάλλονται για διαφορετικές υπηρεσίες.⁸⁵

6.49: Εξαερισμός (venting): Συνθήκη κατά την οποία ο ηλεκτρολύτης της κυψέλης ή και ο διαλύτης του συσσωρευτή/πυκνωτή εκπέμπεται με μορφή ατμού, καπνού ή αεροζόλ από μια καθορισμένη οπή αερισμού (vent) ή διαμέσου ενός άκρου στεγανοποίησης (sealing edge).

Κατασκευή

7. Γενικά

7.1 Μη μεταλλικά υλικά

Η παρ. 7.1.3 αναφέρεται στον κίνδυνο [1,6](#) {σελ. 58}

7.1.3 Τα πολυμερή υλικά που χρησιμοποιούνται ως περιβλήματα και μόνωση θα είναι κατάλληλα για τις αναμενόμενες (anticipated) θερμοκρασίες που συναντώνται στην προοριζόμενη εφαρμογή. Τα περιβλήματα συστοιχίας (rack) θα έχουν Σχετικό Θερμικό Δείκτη (Relative Thermal Index, RTI) με επίδραση (impact) κατάλληλη για τις θερμοκρασίες που συναντώνται στην εφαρμογή, και τουλάχιστον ίσο με 80°C, όπως προσδιορίζεται σύμφωνα με το [UL 746B](#)⁸⁶.

Η παρ. 7.1.5 αναφέρεται στον κίνδυνο [1,6](#) {σελ. 58}

7.1.5 Πολυμερή υλικά που χρησιμοποιούνται για άμεση στήριξη μερών υπό τάση, εκτός από τα κυκλώματα που θεωρούνται μη επικίνδυνα (δηλ. κυκλώματα περιορισμένης ισχύος) θα συμμορφώνονται με τις απαιτήσεις μόνωσης του [UL 746C](#)⁸⁷

Εξαίρεση: Μονωτικά υλικά που ικανοποιούν τα κριτήρια που περιγράφονται στην παρ. 4.7.3.3 «Υλικά για εξαρτήματα (components) και τμήματα (parts) έξω από περιβλήματα φωτιάς (fire enclosures)» ή στην παρ. 4.7.3.4 «Υλικά για εξαρτήματα και τμήματα έξω από περιβλήματα φωτιάς» του [IEC 60950-1](#) θεωρούνται αποδεκτά.]

Η παρ. 7.2 αναφέρεται στον κίνδυνο [7,2](#) {σελ. 88}

7.2 Αντίσταση μεταλλικών μερών στη διάβρωση (corrosion)

7.2.1 Τα μεταλλικά περιβλήματα συστοιχιών θα είναι ανθεκτικά στη διάβρωση. Μια κατάλληλη διαδικασία επιμετάλλωσης (plating) ή επικάλυψης (coating) μπορεί να επιτύχει την αντίσταση στη διάβρωση. Επιπλέον καθοδήγηση (guidance) σχετικά με μεθόδους επίτευξης προστασίας από διάβρωση μπορεί να βρεθεί στο [UL 50E/C22.2 No.94.2](#)

7.2.2 Αγώγιμα μέρη που εφάπτονται μεταξύ τους σε ακροδέκτες και συνδέσεις δεν θα υπόκεινται σε διάβρωση λόγω ηλεκτροχημικής δράσης (electrochemical action). Οι συνδυασμοί που βρίσκονται πάνω από τη γραμμή στον Πίνακα D.1 του παραρτήματος D θα αποφεύγονται.

Η παράγραφος 7.3 αναφέρεται στους κινδύνους [1,1](#), [1,2](#) και [1,3](#) {σελ. 55}, [1,7](#) {σελ. 59}, [1,15](#) {σελ. 65}

7.3 Περιβλήματα

7.3.1. Το περίβλημα ενός συστήματος συσσωρευτών θα έχει την αντοχή (strength) και ακαμψία (rigidity) που απαιτείται για να αντιστέκεται στις πιθανές φυσικές καταχρήσεις (physical abuses) στις οποίες θα εκτεθεί κατά τη διάρκεια της προοριζόμενης χρήσης του, για να μειώσει την πιθανότητα φωτιάς ή τραυματισμού ατόμων. Η συμμόρφωση καθορίζεται από τις δοκιμές του παρόντος προτύπου.

⁸⁵ Επομένως οι δοκιμές που γίνονται για την πιστοποίηση εξοπλισμού σύμφωνα με αυτό το πρότυπο, πρέπει να αναφέρον με ποια όρια συμμορφώνεται αυτός.

⁸⁶ Standard for Polymeric Materials - Long Term Property Evaluations.

⁸⁷ Standard for Polymeric Materials - Use in Electrical Equipment Evaluations.

7.3.2. Για να ανοιχτεί το περίβλημα θα απαιτείται κατ' ελάχιστον ένα εργαλείο που παρέχει μηχανικό όφελος (mechanical advantage), όπως πένσα (pliers), κατσαβίδι (screwdriver), σιδηροπρίονο (hacksaw) ή παρόμοιο.

7.3.3. Τα ανοίγματα στο περίβλημα θα είναι σχεδιασμένα ώστε να αποτρέπουν την ακούσια (inadvertent) πρόσβαση σε επικίνδυνα μέρη. Η συμμόρφωση καθορίζεται από τις «δοκιμές προστασίας ενάντια της πρόσβασης σε επικίνδυνα μέρη που δίνεται από το πρώτο χαρακτηριστικό νούμερο, της παρ. 12 του [IEC 60529](#)⁸⁸» για ελάχιστη τιμή **IP2X** ή **IPXXB**, και από τον Πίνακα 65 (Πίνακας επιλογής περιβλημάτων για μη επικίνδυνες τοποθεσίες (nonhazardous locations) του [C22.1](#). (Η αξιολόγηση με βάση την παρ. του [IEC 60529](#) συνίσταται στη χρήση του αρθρωτού ανιχνευτή (articulate probe) τύπου IEC με δύναμη 10 N±10%).

Εξαιρέση: Για συστήματα συσσωρευτών που προορίζονται μόνο για χρήση σε θέσεις περιορισμένης πρόσβασης κατά την παρ. 6.41, τα επικίνδυνα μέρη είναι δυνατόν να αγγίζονται με τον αρθρωτό ανιχνευτή, αλλά θα είναι τοποθετημένα ή προφυλαγμένα έτσι ώστε να αποτρέπεται η ακούσια επαφή από συντηρητές ή άλλο εκπαιδευμένο προσωπικό. Ένας τέτοιος εξοπλισμός θα παρέχεται με οδηγίες εγκατάστασης σύμφωνα με την 42.3 και θα έχει σήμανση σύμφωνα με την 41.13.⁸⁹

7.3.4 Θα υπάρχουν ανοίγματα στο περίβλημα, κατασκευασμένα ώστε να αποτρέψουν τη συσσώρευση εύφλεκτων αερίων που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε επικίνδυνες συνθήκες συγκεντρώσεων αερίου υδρογόνου >25% του LFL (ισοδ. με 1%κ.ό. συγκέντρωση στον αέρα) λόγω ηλεκτρόλυσης ηλεκτρολυτών υδατικής βάσης, για τις τεχνολογίες συσσωρευτών (και ηλεκτροχημικών πυκνωτών) όπου αυτό είναι εφαρμόσιμο, όπως οι συσσωρευτές μολύβδου-οξέος και νικελίου, εξαεριζόμενοι ή ρυθμιζόμενης βαλβίδας. Τα ανοίγματα εξαερισμού θα έχουν ένα ελάχιστο εμβαδό:

$$A = 0,005 \cdot N \cdot C_5$$

όπου A (cm²) το συνολικό εμβαδό διατομής των απαιτούμενων οπών εξαερισμού, N ο αριθμός των κυψελών στο συσσωρευτή και C₅ (Ah) η χωρητικότητα του συσσωρευτή σε ρυθμό εκφόρτισης 5 h.⁹⁰

Εξαιρέση: Το εμβαδό των ανοιγμάτων εξαερισμού μπορεί να μειωθεί εάν μπορεί να επιδειχθεί (demonstrated) ότι ο εξαερισμός εντός του συσσωρευτή είναι επαρκής ώστε να αποτρέψει τη συσσώρευση υδρογόνου >25% του LFL

7.3.5 Συστοιχίες (racks) που προορίζονται για εγκατάσταση σε σημείο όπου μπορεί να εκτίθενται σε υγρασία (moisture), είτε λόγω βροχής, είτε πρόπτωσης νερού (splashing water) είτε βύθισης (immersion), θα αξιολογούνται για την προβλεπόμενη (intended) αντίστασή τους στην είσοδο (ingress) υγρασίας, σύμφωνα με το [IEC 60529](#), ή όπως περιγράφεται στο Άρθρο 110 του [NFPA 70](#) ή στην Ενότητα 2 του [C22.1](#) για ονομασία (designation) τύπου περιβλήματος, και με το [UL 50E/C22.2 No.94.2](#)⁹¹, ή το [NEMA 250](#)⁹². Βλ. επίσης Ενότητα 36 του παρόντος προτύπου.

⁸⁸ Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)

⁸⁹ Επομένως το γεγονός ότι κάποιο μοντέλο εξοπλισμού διαθέτει πιστοποιητικό ότι συμμορφώνεται με το πρότυπο [UL 1973](#) (ή κατά την αμερικανική ορολογία βρίσκεται σε εγκεκριμένο κατάλογο μοντέλων που καλύπτουν το πρότυπο αυτό) δεν σημαίνει ότι καλύπτει απαραίτητα τις προϋποθέσεις για εγκατάσταση σε «μη επικίνδυνος» χώρο π.χ. κατοικίας ή παρόμοιο.

⁹⁰ Η ανωτέρω πρόβλεψη συνδέεται περισσότερο με την προστασία φωτιάς παρά με την ηλεκτρική προστασία. Όμως δείχνει πώς δεν είναι δυνατόν να υπάρξει πλήρης διαχωρισμός των κινδύνων, και μάλιστα σε κάποιες περιπτώσεις η μείωση ενός κινδύνου μπορεί να συνεπάγεται αύξηση ενός άλλου. Έτσι, τα ανοίγματα πρέπει να ικανοποιούν ταυτόχρονα δύο απαιτήσεις: να είναι αρκετά μεγάλα (συνολικό εμβαδό >A) ώστε να μειώνουν τη συγκέντρωση υδρογόνου, και αρκετά μικρά ώστε να ικανοποιούν την απαίτηση του IP2X (ή IPXXB). Συνήθως τέτοιες απαιτήσεις ικανοποιούνται αυξάνοντας τον αριθμό των ανοιγμάτων, και διατηρώντας το εμβαδό του καθενός μικρό.

⁹¹ Enclosures for Electrical Equipment, Environmental Considerations.

⁹² Enclosures for Electrical Equipment (1,000 Volts Maximum)

Η παρ. 7.4 αναφέρεται στους κινδύνους [5.6](#) και [5.7](#) {σελ. 85}

7.4 Καλωδίωση (wiring) και τερματικοί ακροδέκτες (terminals)

7.4.1 Γενικά

7.4.1.1 Η καλωδίωση θα είναι μονωμένη και αποδεκτή για το σκοπό αυτό, λαμβάνοντας υπόψη τη θερμοκρασία, την τάση και τις συνθήκες λειτουργίας στις οποίες είναι πιθανό να βρεθεί μέσα στον εξοπλισμό.

7.4.1.2 Μία σύμπλεξη (splice) ή σύνδεση (connection) καλωδίων θα είναι μηχανικά ασφαλής (secure) και θα παρέχει ηλεκτρική επαφή χωρίς παραμόρφωση (strain) των συνδέσεων και των ακροδεκτών. Τα καλώδια θα ασφαλιζονται και θα δρομολογούνται μακριά από αιχμηρές άκρες (sharp edges) ή μέρη που προεξέχουν (exceed) από τη μόνωση. Τα ανοίγματα των διαμερισμάτων (compartments) μέσα από τα οποία δρομολογούνται τα μονωμένα καλώδια θα είναι ομαλά (smooth) και στρογγυλευμένα (well-rounded), ή θα διαθέτουν προστατευτικούς μονωτικούς δακτυλίους (bushings) ή ροδέλες (grommet) για να αποτρέπουν την τριβή (abrasion). Οι συνδέσεις καλωδίων μεταξύ διαφόρων τμημάτων μονάδας/συστοιχίας συσσωρευτών και βοηθητικών διατάξεων (accessories) θα δρομολογούνται και θα ασφαλιζονται ώστε να αποτρέπουν τη δυνατότητα δημιουργίας συνθηκών βραχυκυκλώματος.

7.4.1.3 Ένα μη μονωμένο μέρος υπό τάση, συμπεριλαμβανομένων των ακροδεκτών, θα ασφαρίζεται στην επιφάνεια στήριξής του με μέθοδο διαφορετική από τη δύναμη τριβής (friction) μεταξύ επιφανειών, έτσι ώστε να αποτρέπεται η στροφή (turning), η στατική μετατόπιση (shifting in position), ή η δημιουργία βραχυκυκλώματος.

7.4.1.4 Ένας εξωτερικός ακροδέκτης συσσωρευτή θα είναι σχεδιασμένος ώστε να αποτρέπει το ακούσιο (inadvertent) βραχυκύκλωμα. Ένας εξωτερικός ακροδέκτης θα είναι σχεδιασμένος ώστε να αποτρέπει την ακούσια εσφαλμένη ευθυγράμμιση (misalignment) ή αποσύνδεση, όταν είναι εγκατεστημένος στην εφαρμογή τελικής χρήσης (end use).

7.4.1.5 Εξωτερικά, μη αποσπώμενα (non-detachable) καλώδια (cords) και εύκαμπτοι ακροδέκτες (leads), που είναι προσβάσιμα στην εγκατάσταση τελικής χρήσης, θα διαθέτουν διάταξη ανακούφισης παραμόρφωσης (strain relief), η οποία αποτρέπει την παραμόρφωση εσωτερικών αγωγών υπό συνθήκες έλξης (pull) και επανατοποθέτησης με ώση (push-back). Η συμμόρφωση καθορίζεται από τις δοκιμές των 24.4 και 24.5.

7.4.1.6 Τα βύσματα (plugs) και οι ρευματολήπτες (receptacles, πρίζες) θα έχουν ονομαστικές τιμές που ανταποκρίνονται στην προοριζόμενη τάση, ρεύμα, θερμοκρασία, και αν είναι εφαρμόσιμο, για αποσύνδεση υπό συνθήκες φορτίου.

7.4.1.7 Τα καλώδια (cables) του συστήματος συσσωρευτών θα έχουν ονομαστικές τιμές που ανταποκρίνονται στην αναμενόμενη χρήση, συμπεριλαμβανομένων της τάσης, του ρεύματος, της θερμοκρασίας και του περιβάλλοντος. Εξωτερικά καλώδια για κυκλώματα επικίνδυνης τάσης θα έχουν μανδύα (jacket), για να αποτρέπουν τη φθορά (wear) των εσωτερικών αγωγών, και θα έχουν μόνωση κατάλληλης κατηγορίας για τις προοριζόμενες εφαρμογές.

7.4.1.8 Σε βύσματα και υποδοχές (sockets) πολλαπλής διαδρομής (multiway), και οπουδήποτε αλλού είναι δυνατόν να συμβεί βραχυκύκλωμα, θα υπάρχουν μέσα για να αποτρέπουν την επαφή μεταξύ μερών, σε κυκλώματα SELV ή μέρη με επικίνδυνη τάση, λόγω χαλάρωσης ενός ακροδέκτη ή θραύσης ενός σύρματος σε τερματικό σημείο (termination). Η συμμόρφωση ελέγχεται με επιθεώρηση (inspection), με μέτρηση και αν είναι απαραίτητο, με την ακόλουθη δοκιμή: Μία δύναμη 10 N εφαρμόζεται στον αγωγό, κοντά στο σημείο τερματισμού του. Ο αγωγός δεν θα σπάσει ή δεν θα περιστραφεί (pivot) στον ακροδέκτη του σε τέτοιο βαθμό ώστε να μειωθούν τα διαστήματα κάτω από τις τιμές που ορίζονται στην 7.5.

7.4.1.9 Τα διαμερίσματα καλωδίωσης (wiring compartments) και τα τερματικά καλωδίωσης (wiring terminals) που παρέχονται για σύνδεση του συστήματος συσσωρευτών στα εξωτερικά κυκλώματα θα κατασκευάζονται όπως περιγράφεται παρακάτω:

a) Ένα διαμέρισμα καλωδίωσης στο πεδίο (field), στο οποίο θα γίνονται οι συνδέσεις της τροφοδοσίας, θα βρίσκεται σε τέτοια θέση ώστε οι συνδέσεις να είναι προσβάσιμες για επιθεώρηση αφού η εγκατάσταση έχει εγκατασταθεί όπως προορίζεται.

b) Ένα άνοιγμα (knockout) σε περίβλημα από φύλλο μετάλλου (sheet-metal) θα ασφαλιστεί και θα είναι αφαιρούμενο (removable) χωρίς αδικαιολόγητη (undue) παραμόρφωση (deformation) του περιβλήματος. Το άνοιγμα θα περιβάλλεται από μια επίπεδη επιφάνεια, ώστε να δεχτεί (accommodate) την τοποθέτηση (seating) ενός σωλήνα με δακτύλιο (conduit bushing) ή παξιμάδι στερέωσης (locknut) κατάλληλου μεγέθους.

c) Ένα κουτί εξόδου (outlet box), τερματικό κουτί (terminal box) ή διαμέρισμα καλωδίων, στο οποίο γίνονται συνδέσεις στο πεδίο, θα είναι απαλλαγμένο από οποιεσδήποτε αιχμηρές άκρες, στις οποίες συμπεριλαμβάνονται σπειρώματα από βίδες (screw threads), γρέζια (burr), πτερύγια (fin) ή παρόμοια κινούμενα μέρη, που μπορεί να φθείρουν (abrade) την μόνωση ενός αγωγού ή άλλως να βλάψουν τα καλώδια.

d) Ένας τερματικός ή εύκαμπτος ακροδέκτης που συνδέεται στο πεδίο θα έχει ονομαστική τιμή για σύνδεση αγωγού ή αγωγών με ονομαστική ικανότητα μεταφοράς ρεύματος (ampacity) τουλάχιστον ίση με το 125% της ονομαστικής τιμής της μονάδας.

e) Η απόσταση ανάμεσα στο άκρο του σημείου σύνδεσης ενός καλωδίου που εγκαθίσταται στο πεδίο, και στο τοίχωμα (wall) του περιβλήματος προς το οποίο κατευθύνεται (directed) το καλώδιο, θα είναι σύμφωνη με τον Πίνακα 312.6(A) ή (B) του [NFPA 70](#).

7.4.2 Σφαιρίδια (beads) και κεραμικοί μονωτήρες

7.4.2.1 Για σφαιρίδια και παρόμοιους κεραμικούς μονωτήρες πάνω σε αγωγούς θα ισχύουν τα παρακάτω:

a) Θα είναι στερεωμένα (fixed) ή στηριγμένα (supported) με τρόπο ώστε να μην μπορούν να αλλάξουν θέση ώστε να προκληθεί κίνδυνος.

b) Δεν θα βρίσκονται πάνω σε αιχμηρές άκρες ή αιχμηρές γωνίες.

7.4.2.2. Εάν βρίσκονται σφαιρίδια εντός εύκαμπτων (flexible) μεταλλικών σωλήνων (conduits), θα περιέχονται μέσα σε ένα μονωτικό μανδύα (sleeve), εκτός εάν ο σωλήνας είναι εγκατεστημένος (mounted) ή ασφαλισμένος (secured) με τέτοιο τρόπο ώστε η κίνηση κατά την κανονική λειτουργία να μην προκαλέσει κίνδυνο. Η συμμόρφωση ελέγχεται με επιθεώρηση και, αν είναι απαραίτητο, με την ακόλουθη δοκιμή: Μια δύναμη 10 N εφαρμόζεται στους μονωτήρες ή στο σωλήνα. Η επακόλουθη μετακίνηση, εάν υπάρξει, δεν θα δημιουργήσει κίνδυνο κατά την έννοια του παρόντος προτύπου.

Η παρ. 7.5 αναφέρεται στους κινδύνους [1,9](#) και [1,10](#) {σελ. 61}

7.5 Διαστήματα (spacings) και διαχωρισμός κυκλωμάτων (separation of circuits)

7.5.1 Ηλεκτρικά κυκλώματα αντίθετης πολικότητας μέσα στη συστοιχία θα διαθέτουν αξιόπιστη (reliable) φυσικά διαστήματα (spacing) για να αποτρέψουν ακούσια βραχυκυκλώματα (δηλ. ηλεκτρικά διαστήματα σε τυπωμένα κυκλώματα (printed wiring boards), φυσική ασφάλιση (securing) μη μονωμένων αγωγών (leads) και τμημάτων κλπ.). Θα χρησιμοποιείται μόνωση κατάλληλη για τις προβλεπόμενες θερμοκρασίες και μέγιστες τάσεις, στις περιπτώσεις όπου δεν μπορεί να ελεγχθούν τα διαστήματα με αξιόπιστο φυσικό διαχωρισμό (physical separation).

7.5.2 Τα ηλεκτρικά διαστήματα στα κυκλώματα θα βασίζονται στον απαιτούμενο βαθμό (grade) μόνωσης, όπως περιγράφεται στην ενότητα «Βαθμός Μόνωσης»⁹³ του [IEC 60950-1](#), και θα συμμορφώνεται με τις απαιτήσεις ερπυσμού και διακένου της ενότητας «Διάκενα, Αποστάσεις Ερπυσμού και Αποστάσεις μέσω Μόνωσης»⁹⁴ του [IEC 60950-1](#), λαμβάνοντας υπόψη τον κατάλληλο βαθμό μόλυνσης (pollution) του προοριζόμενου περιβάλλοντος (βλ. την ενότητα «Βαθμοί Μόλυνσης»⁹⁵ του [IEC 60950-1](#)).

Εξαιρέση No.1: Εναλλακτικά στις ανωτέρω απαιτήσεις διαστημάτων, μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι αντίστοιχες απαιτήσεις του [UL 840](#) [Standard for Insulation Coordination Including Clearances and Creepage Distances for Electrical Equipment]. Για τον καθορισμό των διακένων, μια πηγή DC όπως ένας συσσωρευτής δεν έχει κατηγορία υπέρτασης (overvoltage category) όπως περιγράφεται στην ενότητα Τμήματα (components) του [UL 840](#), εκτός εάν φορτίζεται μέσω ενός ανορθωτή (rectifier) συνδεδεμένου στην κύρια παροχή AC ισχύος. Τότε η κατηγορία υπέρτασης θα είναι η ίδια με αυτή που απαιτείται για τον ανορθωτή, εκτός εάν ο ανορθωτής χρησιμοποιεί γαλβανική απομόνωση, οπότε η κατηγορία υπέρτασης μπορεί να μειωθεί στο αμέσως κατώτερο επίπεδο. Ο προβλεπόμενος βαθμός μόνωσης καθορίζεται από το σχεδιασμό και την εφαρμογή του συστήματος ESS ή του μελετώμενου υποσυστήματος.

Εξαιρέση No. 2: Αντί για τις απαιτήσεις διακένου της ενότητας «Διάκενα, Αποστάσεις Ερπυσμού και Αποστάσεις μέσω Μόνωσης»⁹⁴ του [IEC 60950-1](#), μπορεί να χρησιμοποιηθεί η εναλλακτική μέθοδος που περιγράφεται στο Παράρτημα G του ίδιου προτύπου.

Εξαιρέση No.3: Εναλλακτικά προς τις παραπάνω απαιτήσεις διαστημάτων, μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι απαιτήσεις του Πίνακα 7.1. Κατά τη χρήση αυτού του πίνακα, οι μέγιστες τάσεις λειτουργίας (working voltages) των κυκλωμάτων μπορούν να προσδιοριστούν μέσω της δοκιμής της Ενότητας 21. Βλ. σημείωση του Πίνακα 7.1 για την τροποποίηση των διαστημάτων στις περιπτώσεις που απαιτείται διπλή (double) ή ενισχυμένη reinforced) μόνωση.

Πίνακας 7.1: Ηλεκτρικά διαστήματα

Ονομαστικές τιμές κυκλωμάτων	Ελάχιστα διαστήματα ^a	
	Μεταξύ (α) μερών αντίθετης πολικότητας, (β) μερών υπό τάση και μη ρευματοφόρων μερών, και (γ) μεταξύ συνδέσεων υπό τάση και γειωμένων συνδέσεων	
	Μέσω του αέρα	Πάνω από επιφάνεια
V	mm	mm
30...50 ^b	1,6	1,6
51...150	3,2	6,4
151...300	6,4	9,5
301...600	9,5	12,7
661...1000	19,1	19,1
1001...1500	21,6	30,5

^a Τα διαστήματα σε αυτόν τον πίνακα είναι κατάλληλα μεταξύ μερών υπό τάση και αγωγικών, μη ρευματοφόρων μερών που διαχωρίζονται μόνο από βασική μόνωση, ή μεταξύ αγωγικών μη ρευματοφόρων μερών με βασική μόνωση και προσβάσιμων μερών που διαχωρίζονται από συμπληρωματική μόνωση. Για τα διαστήματα μεταξύ μερών με επικίνδυνη τάση και προσβάσιμων μερών που απαιτούν διπλή ή ενισχυμένη μόνωση, οι τιμές του πίνακα πρέπει να διπλασιαστούν. Βλ. παρ. 7.6 για τα απαιτούμενα επίπεδα μόνωσης.

^b Τα διαστήματα σε αυτές τις τιμές τάσης μπορούν να μειωθούν σε σχέση με τις τιμές του πίνακα, εάν μπορεί να προσδιοριστεί μέσω δοκιμών ή ανάλυσης ότι δεν υπάρχει κίνδυνος.

⁹³ Πρόκειται για την παρ. 2.9.3.

⁹⁴ Πρόκειται για την παρ. 2.10.

⁹⁵ Πρόκειται για τη παρ. 2.10.1.2.

7.5.3 Οι αγωγοί κυκλωμάτων που λειτουργούν σε διαφορετικές τιμές δυναμικού (potentials) θα διαχωρίζονται με αξιόπιστο τρόπο μεταξύ τους, εκτός εάν ο καθένας από αυτούς διαθέτει μόνωση αποδεκτή για τη μέγιστη από τις παραπάνω τιμές δυναμικού.

7.5.4 Ένας μονωμένος αγωγός θα συγκρατείται (retained) με αξιόπιστο τρόπο ώστε να μην μπορεί να έρθει σε επαφή με ένα μη μονωμένο μέρος υπό τάση ενός κυκλώματος που λειτουργεί σε διαφορετικό δυναμικό. Μερικά παραδείγματα περιλαμβάνουν σύσφιξη (clamping) ή δρομολόγηση (routing) αγωγών, χρήση διαχωριστικών φραγμάτων (barriers) ή μονωτικού υλικού ή άλλων μέσων που παρέχουν μόνιμο διαχωρισμό των μερών.

7.5.5. Δεν υπάρχουν απαιτήσεις ελαχίστων διαστημάτων για μέρη όπου το μονωτικό υλικό (compound) γεμίζει τελείως το κέλυφος ενός υποσυστήματος (subassembly), εάν η απόσταση εντός της μόνωσης, για τάσεις μεγαλύτερες από SELV, είναι τουλάχιστον 0,4 mm για συμπληρωματική ή ενισχυμένη μόνωση, και έχει γίνει πετυχημένη δοκιμή διηλεκτρικής αντοχής (Dielectric Voltage Withstand Test). Δεν υπάρχει απαίτηση ελάχιστου πάχους μόνωσης για μόνωση κυκλωμάτων με τάση επιπέδου χαμηλότερου ή ίσου του SELV, για βασική ή λειτουργική μόνωση. Ορισμένα παραδείγματα περιλαμβάνουν κάλυψη (potting), ενθυλάκωση (encapsulation) και εμποτισμό σε κενό (vacuum impregnation).

Η παρ. 7.6 αναφέρεται στους κινδύνους [1,12](#) {σελ. 62}, [1,13](#) {σελ. 63}

7.6 Επίπεδα μόνωσης, προστατευτική γείωση (grounding) και συγκόλληση (bonding)

7.6.1 Κυκλώματα επικίνδυνης τάσης θα είναι απομονωμένα από προσβάσιμα αγωγίμα μέρη και κυκλώματα, όπως περιγράφεται στην 7.6.2, με έναν από τους ακόλουθους τρόπους:

- a) Βασική μόνωση, και ένα σύστημα προστατευτικής γείωσης για προστασία στην περίπτωση αστοχίας στην βασική μόνωση,
- b) Ένα σύστημα διπλής ή ενισχυμένης μόνωσης,
- c) Ένα συνδυασμό των (a) και (b).

7.6.2 Κυκλώματα ασφαλείας πολύ χαμηλής τάσης (SELV), όπως ορίζονται στην 6.44, που είναι απομονωμένα από προσβάσιμα μεταλλικά μέρη μόνο μέσω λειτουργικής μόνωσης (functional insulation), θα θεωρούνται προσβάσιμα.

7.6.3 Το Άρθρο 250, Ενότητα VIII του [NFPA 70](#) και η Ενότητα 10 του [C22.1](#) περιγράφουν τις απαιτήσεις γείωσης των συστημάτων DC, συμπεριλαμβανομένου του ποιοι τύποι κυκλωμάτων και συστημάτων DC πρέπει να γειώνονται. Οι συσσωρευτές που βασίζονται σε προστατευτική γείωση θα συμμορφώνονται με τις ακόλουθες παραγράφους 7.6.4 έως και 7.6.9.

7.6.4 Προσβάσιμα μη ρευματοφόρα μεταλλικά μέρη ενός συστήματος συσσωρευτών με κυκλώματα επικίνδυνης τάσης, που θα μπορούσαν να βρεθούν υπό τάση στην περίπτωση μιας αστοχίας μόνωσης, θα συγκολλούνται (bonded) στον τερματικό ακροδέκτη γείωσης του εξοπλισμού.

7.6.5 Τα μέρη του συστήματος προστατευτικής γείωσης θα ασφαρίζονται (secured) με αξιόπιστο τρόπο σύμφωνα με την 7.4.1.2 και θα έχουν καλή επαφή μεταξύ των μετάλλων. Όλα τα σημεία σύνδεσης θα ασφαρίζονται κατά της τυχαίας χαλάρωσης και θα εξασφαλίζουν πολύ καλή ηλεκτρική σύνδεση. Η αντίσταση μεταξύ του προστατευτικού αγωγίμου τερματικού ακροδέκτη της 7.6.8 και των προσβάσιμων μη ρευματοφόρων μερών που περιγράφονται στην 7.6.2 δεν θα υπερβαίνει τα 0,1 Ω.

7.6.6 Σχετικά με όσα αναφέρονται στην 7.6.5, όταν συνδέονται αγωγίμα μέρη που απαιτούν συγκόλληση, θα απομακρύνονται βαφές (paints) ή επιστρώματα (coatings) από τις περιοχές επαφής, ή θα χρησιμοποιούνται ροδέλες σύσφιξης (lock washers) που τρυπούν τη βαφή (rain-piercing) σε συνδυασμό με πείρους (bolts) ή βίδες (screws), ώστε να παρέχουν καλή επαφή μεταξύ των μετάλλων. Στεγανοποιητικά σπειρωμάτων (thread-locking sealants), εποξικές ενώσεις (epoxies), κόλλες (glues) ή

άλλα παρόμοια υλικά, ή μόνο κράματα συγκόλλησης (solder), δεν θα χρησιμοποιούνται ως μέσα ασφάλισης, καθώς δεν θεωρούνται αξιόπιστα. Επιπροσθέτως, πριτσίνια (rivets), αρθρώσεις (μεντεσέδες, hinges) (εκτός από τους μεντεσέδες [μεγάλου μήκους] μεταξύ μετάλλων, τύπου πιάνου (riano type)), και τμήματα που μπορεί να αφαιρεθούν κατά τη συντήρηση, δεν μπορεί να αποτελούν μέρη σύνδεσης για την εξασφάλιση της συνέχειας του προστατευτικού συστήματος γείωσης και συγκόλλησης.

7.6.7 Σχετικά με όσα αναφέρονται στην 7.6.5, οι μέθοδοι ασφάλισης που θεωρούνται αξιόπιστες και εξασφαλίζουν καλή επαφή μεταξύ μετάλλων μπορεί να περιλαμβάνουν τα ακόλουθα:

- a) Μπλοκ (ή κιβώτιο) ακροδεκτών (terminal blocks)
- b) Συνδετήρες πίεσης (pressure connectors), ακροδέκτες γείωσης τύπου οπής (grounding lugs) και παρόμοιοι συνδετήρες γείωσης και συγκόλλησης εξοπλισμού.
- c) Εξώθερμες διαδικασίες αυτοσυγκόλλησης (welding)
- d) Συνδετήρες τύπου βίδας μηχανής (machine screw-type fasteners) που εμπλέκουν (engage) τουλάχιστον δύο σπείρες (threads) ή ασφαρίζονται με παξιμάδι (nut).
- e) Βίδες μηχανής αυτοκοχλιούμενες (thread-forming), που εμπλέκουν τουλάχιστον δύο σπείρες μέσα στο περίβλημα.

7.6.8 Ο κύριος τερματικός ακροδέκτης γείωσης του προστατευτικού συστήματος γείωσης θα επισημαίνεται με ένα από τα παρακάτω:

- a) Μία πράσινη, όχι άμεσα αφαιρέσιμη τερματική βίδα με εξαγωγική κεφαλή.
- b) Ένα πράσινο, εξαγωνικό, όχι άμεσα αφαιρέσιμο τερματικό παξιμάδι (nut).
- c) Ένα πράσινο συνδετήρα σύρματος πίεσης (pressure wire connector).
- d) Τη λέξη «ΓΕΙΩΣΗ» (GROUND) ή τα γράμματα “G” ή “GR” ή το σύμβολο γείωσης (No. 5019 ⁹⁶ του [IEC 60417⁹⁷](#)), ή διαφορετικά επισημασμένο με ένα διακριτό πράσινο χρώμα.

7.6.9 Οι αγωγοί στους οποίους βασίζεται το προστατευτικό σύστημα γείωσης και συγκόλλησης, θα διαστασιολογούνται ώστε να χειρίζονται (handle) τα ρεύματα σφάλματος για τα οποία προορίζονται. Εάν είναι μονωμένοι, η μόνωση θα είναι πράσινου χρώματος, ή με πράσινες και κίτρινες ρίγες. Οι αγωγοί γείωσης θα διαστασιολογούνται σύμφωνα με το Άρθρο 250.122 του [NFPA 70](#) ή τον Κανόνα (Rule) 10-810 του [C22.1](#).

Η παρ. 7.7 παρουσιάζεται για την κατανόηση άλλων προβλέψεων του προτύπου (βλ. και παρ. 3.4 {σελ. 90} της εργασίας)

Ειδικότερα, στην παρ. 7.7 παραπέμπουν οι παρ. [7.8.1.2](#), [11.1](#)

7.7 Ανάλυση ασφάλειας συστήματος

7.7.1 Μια ανάλυση δυνατών κινδύνων (analysis of potential hazards), που θα συμπεριλαμβάνει ανάλυση τρόπων και αποτελεσμάτων αστοχίας (Failure Modes and Effects Analysis, FMEA), θα πραγματοποιηθεί για τη DUT, ώστε να εξασφαλιστεί ότι τα γεγονότα που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε επικίνδυνη κατάσταση έχουν επισημανθεί και έχουν αντιμετωπιστεί μέσω του σχεδιασμού ή με άλλους τρόπους.

7.7.2 Έγγραφα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως οδηγοί (guidance) για την ανάλυση ασφάλειας περιλαμβάνουν:

- a) [IEC 60812](#) ⁹⁸

⁹⁶ Πρόκειται για το σύμβολο γείωσης προστασίας:



⁹⁷ Graphical symbols for use on equipment.

- b) [IEC 61025](#)⁹⁹
- c) [MIL-STD-1629A](#)¹⁰⁰ και
- d) [IEC 61058](#)¹⁰¹, όλα τα μέρη.

7.7.3 Η ανάλυση της 7.7.1 χρησιμοποιείται για να επισημάνει προβλεπόμενα σφάλματα στο σύστημα, τα οποία θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε επικίνδυνη κατάσταση, και τους τύπους και επίπεδα προστασίας που παρέχονται για να μετριάσουν τα προβλεπόμενα σφάλματα. Η ανάλυση θα θεωρήσει συνθήκες μοναδικού σφάλματος στο κύκλωμα/σύστημα (scheme) προστασίας, σαν τμήμα των αναμενόμενων σφαλμάτων, ή/και θα επισημάνει το επίπεδο ακεραιότητας (integrity) ασφάλειας, ή παρόμοια ταξινόμηση ασφάλειας.

7.7.4 Όταν διενεργείται η ανάλυση της 7.7.1, το σύστημα δεν θα βασίζεται σε ενεργητικές προστατευτικές διατάξεις για κρίσιμη αφάλεια, εκτός αν αυτές συμμορφώνονται με τα ακόλουθα (a)-(c). Βλ. 6.39 και 6.40 για τους ορισμούς των ενεργητικών και παθητικών προστατευτικών διατάξεων.

- a) Διαθέτουν μία πλεονασματική (redundant) παθητική προστατευτική διάταξη, ή
- b) Διαθέτουν πλεονασματική ενεργητική προστασία που παραμένει λειτουργική και ενεργοποιημένη μετά την απώλεια ισχύος / την αστοχία της ενεργητικής προστασίας πρώτου επιπέδου, ή
- c) Έχει προσδιοριστεί ότι αστοχούν με ασφάλεια (fail safe) κατά την απώλεια ισχύος του ενεργού κυκλώματος, ή
- d) Ικανοποιούν το καθορισμένο επίπεδο ακεραιότητας ασφάλειας σύμφωνα με το [IEC 61508](#) ή παρόμοια ταξινόμηση ασφάλειας.

7.7.5 Οι διατάξεις στις οποίες βασίζεται το σύστημα για κρίσιμη ασφάλεια, όπως περιγράφονται στην 7.7.4, θα δοκιμάζονται ως προς τη λειτουργικότητά τους σύμφωνα με κατάλληλες απαιτήσεις λειτουργικής ασφάλειας, εκτός εάν έχουν ήδη αξιολογηθεί μέσω άλλων δοκιμών αυτού του προτύπου.

7.7.6 Η ανάλυση ασφάλειας συστήματος, για εκείνα τα συστήματα συσσωρευτών που προσδιορίζονται ως ενεργοποιημένα, συμβατά ή αλληλεπιδραστικά με το έξυπνο δίκτυο, όπως ορίζονται στην 1.1 του [UL 2744](#), θα περιλαμβάνει ανάλυση της επίδρασης στην ασφάλεια σαν αποτέλεσμα της ενσωμάτωσης του συστήματος συσσωρευτών σε έξυπνο περιβάλλον.

Η παρ. 7.8 αναφέρεται στους κινδύνους [2.1](#) {σελ. 66}, [2.2](#) {σελ. 67}, [2.3](#), [2.4](#), [2.5](#) και [2.6](#) {σελ. 68}, [3.15](#) {σελ. 76}, [3.17](#) {σελ. 77}

7.8 Προστατευτικό κύκλωμα και διατάξεις ελέγχου

7.8.1 Γενικά

7.8.1.1 Τα συστήματα συσσωρευτών θα προστατεύονται απέναντι στην υπερφόρτιση και την υπερεκφόρτιση, που προκαλούνται από την προβλεπόμενη χρήση και τις συνθήκες κατάχρησης (abuse conditions). Οι τελευταίες περιλαμβάνουν σφάλματα εξαρτημάτων στα συστήματα ελέγχου, συνθήκες βραχυκυκλώματος και παλμούς υπέρτασης (power surges), όπως εφαρμόζονται στην προβλεπόμενη εφαρμογή και εγκατάσταση του συστήματος συσσωρευτών, που καθορίζεται από τον κατασκευαστή. Εφόσον εναπόκειται στο σύστημα διαχείρισης συσσωρευτή (BMS) να διατηρεί τις κυψέλες εντός του εύρους ασφαλούς λειτουργίας τους, τότε αυτό θα διατηρεί τις κυψέλες μέσα στο καθορισμένο εύρος τάσης (αποτρέποντας την υπερφόρτιση και υπερεκφόρτιση της τάσης κυψέλης) και μέσα στο καθορισμένο εύρος θερμοκρασίας, παρέχοντας προστασία από υπερθέρμανση και από λειτουργία χαμηλής θερμοκρασίας. Επιπροσθέτως, θα διατηρεί τους συσσωρευτές εντός του καθορισμένου

⁹⁸ Failure modes and effects analysis (FMEA and FMECA).

⁹⁹ Fault tree analysis.

¹⁰⁰ Military Standard: Procedures for performing a Failure Mode, Effects, and Criticality Analysis.

¹⁰¹ Σειρά προτύπων με τίτλο Switches for appliances.

εύρους ρεύματος, αποτρέποντας τη φόρτιση με πολύ υψηλή τιμή ρεύματος (over charge current) και την ταχεία εκφόρτιση (high rate discharge) που υπερβαίνει τις προδιαγραφές της κυψέλης. Όταν εξετάζονται (reviewing) τα κυκλώματα ασφάλειας για να προσδιοριστεί ότι τηρούνται τα όρια του εύρους λειτουργίας των κυψελών, θα λαμβάνονται υπόψη στην αξιολόγηση οι ανοχές (tolerances) του προστατευτικού κυκλώματος/ εξαρτήματος. Εξαρτήματα όπως ασφάλειες, αυτόματοι διακόπτες ή άλλες διατάξεις που θεωρούνται απαραίτητα για την ασφαλή λειτουργία του συστήματος συσσωρευτών, τα οποία απαιτείται να υπάρχουν στην εγκατάσταση του τελικού χρήστη, θα επισημαίνονται στις οδηγίες εγκατάστασης.

7.8.1.2 Εάν υπερβαίνονται τα καθορισμένα όρια λειτουργίας, το προστατευτικό κύκλωμα θα περιορίζει ή θα διακόπτει (shut down) τη φόρτιση ή την εκφόρτιση, ώστε να αποφεύγονται οι μεταβάσεις (excursions) πέρα από αυτά τα όρια λειτουργίας με αποτέλεσμα να δημιουργηθεί ανασφαλής κατάσταση ή το σύστημα συσσωρευτών να πάθει βλάβη. Εάν υπερβαίνονται τα όρια ασφαλείας, όπως περιγράφονται στην [7.7](#), το προστατευτικό κύκλωμα θα διακόπτει (shut down) τη φόρτιση ή την εκφόρτιση, ώστε να αποφεύγονται οι μεταβάσεις πέρα από τα όρια ασφαλείας. Η συμμόρφωση καθορίζεται μέσω της μελέτης (review) των δεδομένων (data) της συστοιχίας και της κυψέλης, ή ηλεκτροχημικού πυκνωτή, και μέσω των δοκιμών του παρόντος προτύπου.

Ειδικότερα η παράγραφος 7.8.1.3 αναφέρεται και στους κινδύνους [1.4](#) {σελ. 57}, [1.5](#) {σελ. 57}, [3.16](#) {σελ. 77}

7.8.1.3 Κυκλώματα στερεάς κατάστασης και διατάξεις ελέγχου με λογισμικό (software controls), εφόσον ο εξοπλισμός βασίζεται σε αυτά ως την κύρια προστασία ασφάλειας, θα αξιολογούνται σύμφωνα με το [UL 991](#)¹⁰² ή το [C22.2 No.0.8](#)¹⁰³, το [UL 1998](#)¹⁰⁴, το [IEC 60730-1](#), ή τη σειρά [IEC 61508](#), όπως είναι εφαρμόσιμα ανάλογα με το σχεδιασμό και την πολυπλοκότητα των διατάξεων ελέγχου. Το απαιτούμενο επίπεδο αυστηρότητας (severity), επίπεδο επίδοσης (performance) ή η κλάση (class) της λειτουργίας ελέγχου (control function) θα καθορίζεται από τον κατασκευαστή και τους ελέγχους που σχεδιάζονται σύμφωνα με ένα από τα παραπάνω πρότυπα λειτουργικής (functional) ασφάλειας.

***Εξαιρέση:** Τα κυκλώματα στερεάς κατάστασης και το λογισμικό δεν απαιτείται να συμμορφώνονται, εάν μπορεί να επιδειχθεί ότι ο εξοπλισμός δεν βασίζεται σε αυτά ως την κύρια προστασία ασφάλειας.*

Ειδικότερα η παράγραφος 7.8.1.4 αναφέρεται και στους κινδύνους [1.4](#) {σελ. 57}, [1.5](#) {σελ. 57}

7.8.1.4 Συστήματα συσσωρευτών με κυκλώματα επικίνδυνης τάσης, που περιλαμβάνουν εξόδους τουλάχιστον 50 V, θα διαθέτουν είτε μία χειροκίνητη διάταξη αποσύνδεσης, είτε οδηγίες ώστε μια τέτοια διάταξη πρέπει να τοποθετηθεί κατά την εγκατάσταση του συστήματος. Η διάταξη αποσύνδεσης θα βρίσκεται όσο το δυνατόν πιο κοντά στους τερματικούς ακροδέκτες του συστήματος συσσωρευτών, και θα έχει ονομαστικές τιμές (rated) κατάλληλες για την εφαρμογή, συμπεριλαμβανομένης της αποσύνδεσης υπό φορτίο (disconnect under load), εάν είναι εφαρμόσιμο. Η διάταξη αποσύνδεσης θα αποσυνδέει και τους δύο πόλους του κυκλώματος. Η χειροκίνητη διάταξη αποσύνδεσης δεν θα απαιτεί τη χρήση ειδικού εργαλείου ή εξοπλισμού για τη λειτουργία της.

7.8.2 Εφαρμογές έξυπνου δικτύου (smart grid)

7.8.2.1 Εκείνα τα συστήματα συσσωρευτών που επισημαίνονται ως ενεργοποιημένα (enabled), συμβατά (compatible) ή αλληλεπιδραστικά (interactive) με έξυπνο δίκτυο, όπως περιγράφονται στην

¹⁰² Standard for Tests for Safety-Related Controls Employing Solid-State Devices.

¹⁰³ Safety functions incorporating electronic technology.

¹⁰⁴ Standard for Software in Programmable Components.

1.1 του [UL 2744](#)¹⁰⁵ θα αξιολογούνται για την λειτουργική τους ασφάλεια, λαμβάνοντας υπόψη τα περιβαλλοντικά κριτήρια που μπορεί να επηρεάζουν το σύστημα επικοινωνίας έξυπνου δικτύου, εάν υπάρχει επίδραση (impact) στην ασφάλεια του συστήματος συσσωρευτών.

Η παρ. 7.9 αναφέρεται στους κινδύνους [2.1](#) {σελ. 66}, [2.3](#) και [2.4](#) {σελ. 68}

7.9 Σύστημα ψύξης (cooling) / θερμικής διαχείρισης (thermal management)

7.9.1 Συστήματα συσσωρευτών τα οποία βασίζονται σε ενσωματωμένα συστήματα θερμικής διαχείρισης για να αποτρέψουν την υπερθέρμανση, θα σχεδιάζονται ώστε να απενεργοποιούνται (shutdown) σε περίπτωση αστοχίας του συστήματος θερμικής διαχείρισης, εκτός εάν μπορεί να επιδειχθεί ότι η αστοχία του συστήματος θερμικής διαχείρισης δεν οδηγεί σε επικίνδυνη κατάσταση. Η συμμόρφωση καθορίζεται από τη Δοκιμή Αστοχίας του Συστήματος Ψύξης/Θερμικής Σταθερότητας της Ενότητας 22.

7.9.2 Σωληνώσεις (piping), λάστιχα (hosing) και αγωγοί (tubing), που χρησιμοποιούνται για να περιέχουν υγρά, θα είναι ανθεκτικά στη χημική αποδόμηση από τα υγρά που περιέχουν, καθώς και από άλλα υγρά με τα οποία είναι ευλόγως πιθανό (reasonably likely) να έρθουν σε επαφή κατά τη διάρκεια της προβλεπόμενης ζωής του εξοπλισμού. Θα αποτελούνται από υλικά με την αντοχή και τα χαρακτηριστικά που είναι απαραίτητα για να ανθίστανται στις αναμενόμενες μηχανικές και περιβαλλοντικές καταπονήσεις (stresses). Η συμμόρφωση καθορίζεται όπως περιγράφεται στην 7.10.1.

7.9.3 Σε σχέση με όσα αναφέρονται στην 7.9.2, σωληνώσεις που περιέχουν υγρά σε συμφωνία με το πεδίο εφαρμογής του [ASME B31.3](#)¹⁰⁶ θα συμμορφώνονται με τις εφαρμόσιμες απαιτήσεις εκείνου του Κώδικα. Ο [ASME B31.3](#) εφαρμόζεται σε σωληνώσεις που περιέχουν τοξικά (toxic) ρευστά (fluids), εύφλεκτα (flammable) ρευστά, ρευστά που βλάπτουν (damaging) ανθρώπινους ιστούς (human tissue), και μη επικίνδυνα ρευστά σε πιέσεις >105 kPa ή θερμοκρασίες <-29°C ή >186°C.

7.9.4 Σωληνώσεις, λάστιχα και αγωγοί που περιέχουν υγρά, θα δρομολογούνται και θα ασφαρίζονται ώστε να αποτρέπουν διαρροή που θα μπορούσε να οδηγήσει σε κίνδυνο φωτιάς, έκρηξης ή ηλεκτροπληξίας.

7.9.5 Ανεμιστήρες (fans) ή (blowers) που χρησιμοποιούνται για συστήματα ψύξης αέρα θα συμμορφώνονται με τις εφαρμόσιμες απαιτήσεις του [UL 507](#)¹⁰⁷.

Εξαιρέση: Ανεμιστήρες που περιέχονται σε κυκλώματα DC SELV ή ELV δεν απαιτείται να αξιολογούνται, εάν έχει δειχθεί ότι συμμορφώνονται με τη δοκιμή της 24.1.

7.9.6 Συστήματα συσσωρευτών που βασίζονται σε ενσωματωμένες θερμαντικές συσκευές (heaters) για να διατηρήσουν τις θερμοκρασίες λειτουργίας, θα είναι σχεδιασμένα να απενεργοποιούνται σε περίπτωση αστοχίας των θερμαντικών συσκευών, εκτός εάν μπορεί να επιδειχθεί, μέσω ανάλυσης αστοχίας (fault analysis) και εφόσον είναι απαραίτητο δοκιμής μη κανονικής (abnormal) λειτουργίας, ότι η αστοχία της θερμαντικής συσκευής δεν οδηγεί σε επικίνδυνη κατάσταση.

7.9.7 Διατάξεις ελέγχου θερμοκρασίας, για θερμαντικές συσκευές που χρησιμοποιούνται για να διατηρήσουν τη θερμοκρασία λειτουργίας εντός ορίων κατά τη διάρκεια περιβαλλοντικών συνθηκών ψύχους, θα τοποθετούνται με τέτοιο τρόπο ώστε να παρακολουθούν (monitor) τη θερμοκρασία του συστήματος με ελάχιστη επιρροή από το εξωτερικό περιβάλλον. Για παράδειγμα, διατάξεις ελέγχου ή ρύθμισης (regulators) θερμοκρασίας θα πρέπει κανονικά να τοποθετούνται μακριά από εξωτερικά σημεία εξαερισμού (outside vents).

¹⁰⁵ Outline of Investigation for Safety of Products in Smart Environments, 2011. Πρότυπο ανενεργό (inactive), δεν εμφανίζεται πλέον στον επίσημο ιστότοπο [95].

¹⁰⁶ Process Piping.

¹⁰⁷ Standard for Electric Fans.

Η παρ. 7.10 αναφέρεται στους κινδύνους [1.8](#) {σελ. 60}, [7.3](#) {σελ. 89}

7.10 Συγκράτηση (containment) ηλεκτρολύτη, και τμήματα (parts) που υπόκεινται σε πίεση

7.10.1 Τμήματα που περιέχουν ηλεκτρολύτη, όπως σωληνώσεις (piping), λάστιχα (hosing) και αγωγοί (tubing), θα είναι ανθεκτικά στη χημική αποδόμηση (degradation) από τον ηλεκτρολύτη. Τμήματα που περιέχουν ηλεκτρολύτη θα αποτελούνται από υλικά με την αντοχή και τα χαρακτηριστικά που είναι απαραίτητα για να ανθίστανται στις αναμενόμενες μηχανικές και περιβαλλοντικές καταπονήσεις (stresses). Η συμμόρφωση προσδιορίζεται με μελέτη (review) των δελτίων δεδομένων υλικού (material datasheets) και όπου θεωρείται απαραίτητο, με μία δοκιμή βύθισης (immersion) (χρησιμοποιώντας τον ηλεκτρολύτη ως υγρό δοκιμής), σύμφωνα είτε με τη Δοκιμή Μεταβολής Όγκου μετά τη Βύθιση από το [UL 157](#)¹⁰⁸ για ελαστομερή (elastomeric) υλικά, είτε τη Δοκιμή Αντίστασης Πολυμερών Υλικών σε Χημικά Αντιδραστήρια του [UL 746A](#)¹⁰⁹ για υλικά διάφορα των ελαστομερών (η οποία είναι η ίδια με τη Μέθοδο Δοκιμής Ι του [ASTM D543](#)¹¹⁰), ανάλογα με το ποια είναι εφαρμόσιμη στο υπό δοκιμή υλικό και τμήμα. Τα τμήματα από ελαστομερή που έρχονται σε επαφή με τον ηλεκτρολύτη θα υποστούν τη δοκιμή μεταβολής όγκου και απώλειας μάζας (extraction), μετά από βύθιση 70 h στον ηλεκτρολύτη σύμφωνα με το [UL 157](#). Η μεταβολή όγκου θα είναι από -1% έως +25%, και η απώλεια (μεταβολή μάζας) δεν θα ξεπερνά το 10%. Τα τμήματα από πλαστικό μη ελαστομερές που έρχονται σε επαφή με τον ηλεκτρολύτη θα υποστούν βύθιση για 168 h¹¹¹ σε θερμοκρασία δωματίου, και στη συνέχεια έλεγχο για μεταβολή όγκου και μάζας σύμφωνα με τη Διαδικασία (procedure) Ι του [ASTM D543](#). Η μεταβολή του όγκου δεν θα ξεπερνά το 2% σε σχέση με τον αρχικό, και η μεταβολή της μάζας δεν θα ξεπεράσει το +25% και το -10% της αρχικής τιμής της.

Εξαίρεση Νο.1: Βλ. Παράρτημα C για τις απαιτήσεις υλικών των συστημάτων ρέοντος ηλεκτρολύτη.

Εξαίρεση Νο.2: Δεν εφαρμόζεται σε κελύφη (casings) και υλικά ξεχωριστών κυψελών ή πυκνωτών, που έχουν αξιολογηθεί για τις κατάλληλες απαιτήσεις τμημάτων σύμφωνα με την 7.11.

7.10.2 Σωληνώσεις, λάστιχα και αγωγοί που περιέχουν ηλεκτρολύτες θα δρομολογούνται (routed) και θα ασφαρίζονται (secured) ώστε να αποτρέψουν διαρροή, που θα μπορούσε να οδηγήσει σε κίνδυνο φωτιάς, έκρηξης ή ηλεκτροπληξίας.

7.10.3 Τμήματα υπό πίεση θα είναι αποδεκτά για τη μέγιστη προβλεπόμενη πίεση, όπως καθορίζεται από τις δοκιμές της Ενότητας 33.

Εξαίρεση: Βλ. Παράρτημα C για τις απαιτήσεις υλικών των συστημάτων ρέοντος ηλεκτρολύτη.

7.10.4 Οι βαλβίδες ανακούφισης (relief valves) ή μέλη που μπορούν να διαρραγούν (rupture members), στα οποία βασίζεται η αντιμετώπιση συνθηκών υπερπίεσης σε ένα σύστημα συσσωρευτών, θα λειτουργούν σύμφωνα με τις προδιαγραφές τους για την έναρξη αποσυμπίεσης (discharge) (δηλ. την πίεση κατά την οποία η βαλβίδα ανακούφισης ή η μεμβράνη ρήξης ξεκινά να λειτουργεί μειώνοντας την πίεση). Η συμμόρφωση καθορίζεται από τις δοκιμές της Ενότητας 34. Αυτή η απαίτηση δεν εφαρμόζεται σε βαλβίδες ανακούφισης ή μέλη ρήξης που είναι ενσωματωμένα σε μία κυψέλη ή ένα μονοκόμματο (monobloc) συσσωρευτή, όπως ένας συσσωρευτής VRLA.

Εξαίρεση: Βαλβίδες ανακούφισης και μέλη ρήξης που είναι σφραγισμένες (stamped) με το σύμβολο έγκρισης (approval mark) του ASME¹¹² για τη συγκεκριμένη διάταξη, σύμφωνα με τον Boiler and Pressure Vessel Code [[ASME BPVC](#)], δεν απαιτείται να υποστούν τις δοκιμές της Ενότητας 34.

¹⁰⁸ Standard for Gaskets and Seals.

¹⁰⁹ Standard for Polymeric Materials - Short Term Property Evaluations.

¹¹⁰ Standard Practices for Evaluating the Resistance of Plastics to Chemical Reagents.

¹¹¹ 7 ημέρες.

¹¹² American Society of Mechanical Engineers.

7.10.5 Μια διάταξη ανακούφισης πίεσης θα έχει το άνοιγμα αποσυμπίεσης τοποθετημένο και προσανατολισμένο έτσι, ώστε η λειτουργία της διάταξης δεν θα εναποθέσει υγρασία σε γυμνά μέρη υπό τάση ή σε μόνωση ή σε εξαρτήματα που θα μπορούσαν να επηρεαστούν επιβλαβώς (detrimentally) από την αποσυμπίεση. Θα έχει ονομαστική τιμή έναρξης αποσυμπίεσης επαρκή για να ανακουφίσει την πίεση.

7.10.6 Η θύρα πλήρωσης (fill port) του περιέκτη (containment) ηλεκτρολύτη ενός μονοκόμματος συστήματος θα είναι σχεδιασμένη ώστε να αποτρέπει την υπερπλήρωση (overfill) και τη διαρροή (spillage) κατά την πλήρωση με ηλεκτρολύτη.

7.10.7 Οι συσσωρευτές ροής θα διαθέτουν ένα μέσο ελέγχου διαρροής (spill control), όπως ένα σύστημα περιορισμού διαρροών (spill containment system). Ο περιορισμός διαρροών θα είναι επαρκής για να χειριστεί διαρροές ηλεκτρολυτών για το μέγεθος του συστήματος. Βλ. Συστήματα Περιορισμού Διαρροών (Ενότητα C6) για τους τρόπους καθορισμού της συμμόρφωσης.

Επίδοση (performance)

Οι παρ. 8.1, 8.3 και 8.5 παρουσιάζονται για την κατανόηση άλλων προβλέψεων του προτύπου (βλ. και παρ. 3.4 {σελ. 90} της εργασίας)

Ειδικότερα, στην παρ. 8.1 παραπέμπουν οι παρ. [17.1](#), [28.2](#), [29.2](#), [37.2](#)

8. Γενικά

8.1 Εάν δεν καθορίζεται διαφορετικά, η διάταξη υπό δοκιμή (DUT) θα είναι σε μέγιστη λειτουργική κατάσταση φόρτισης (Maximum Operational State of Charge, MOSOC), σύμφωνα με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή, για τη διενέργεια των δοκιμών αυτού του προτύπου. Μετά τη φόρτιση και πριν από τη δοκιμή, τα δείγματα θα αφήνονται να ηρεμήσουν (rest) για μια μέγιστη περίοδο 8 h σε συνθήκες δωματίου (room ambient).

Στην παρ. 8.3 παραπέμπουν οι παρ. [18.2](#), [30.2](#)

8.3 Όλες οι δοκιμές, εκτός εάν καθορίζεται διαφορετικά, διεξάγονται σε θερμοκρασία δωματίου $25\pm 5^{\circ}\text{C}$. Οι δοκιμές θα διεξάγονται με την DUT να έχει θερμανθεί σε θερμοκρασίες κανονικής λειτουργίας, εκτός εάν ορίζεται διαφορετικά στη δοκιμή. Για τις δοκιμές εκείνες που απαιτούν η DUT να έχει φτάσει σε θερμική ισορροπία, η θερμική ισορροπία θεωρείται ότι έχει επιτευχθεί όταν, μετά από τρεις διαδοχικές μετρήσεις θερμοκρασίας που ελήφθησαν σε διαστήματα ίσα με το 10% της έως τότε διάρκειας της δοκιμής, αλλά όχι μικρότερα από 15 min, η ανιχνευόμενη μεταβολή της θερμοκρασίας δεν είναι μεγαλύτερη από 2°C .

Στην παρ. 8.5 παραπέμπουν οι παρ. [10.2](#), [15.3](#), [17.4](#), [18.4](#), [28.2](#), [29.3](#), [30.5](#), [32.3](#), [36.2](#), [37.4](#)

8.5 Εάν δεν ορίζεται διαφορετικά στις επί μέρους μεθόδους δοκιμών, οι δοκιμές θα ακολουθούνται από ένα χρόνο παρατήρησης 1 h πριν από το τέλος (concluding) της δοκιμής, και οι θερμοκρασίες θα παρακολουθούνται σύμφωνα με την [10.2](#).

Η Ενότητα 9 αναφέρεται στους κινδύνους [4.1](#) και [4.2](#) {σελ. 79}

9. Προσδιορισμός πιθανότητας κινδύνου φωτιάς

9.1 Πέρα από ορατά ίχνη φωτιάς, για να αξιολογηθούν τα αποτελέσματα των δοκιμών ως επιτυχημένα ή όχι, πρέπει να υπολογιστεί η συγκέντρωση εύφλεκτων ατμών κατά τις δοκιμές, εάν υπάρχει τέτοιο ενδεχόμενο ανάλογα με την τεχνολογία και το σχεδιασμό του συστήματος συσσωρευτών. Η ανίχνευση ενδεχόμενων συγκεντρώσεων εύφλεκτων ατμών κατά τις δοκιμές πρέπει να γίνει με ανιχνευτή αερίων με όριο ανίχνευσης 25% του κατώτερου ορίου αναφλεξιμότητας (LFL) των εκλυόμενων αερίων. Απαιτούνται τουλάχιστον δύο θέσεις δειγματοληψίας όπου αναμένεται να προκύψουν συγκεντρώσεις αερίων, όπως ανοίγματα ή αγωγοί εξαερισμού.

Εξαιρέση: Ως εναλλακτική μέθοδος προς τον ανιχνευτή αερίου, τα αποτελέσματα δοκιμών φωτιάς μπορεί να αξιολογηθούν με χρήση τουλάχιστον δύο συνεχών πηγών σπινθηρισμού. Οι συνεχείς πηγές σπινθηρισμού πρέπει να παρέχουν τουλάχιστον 2 σπινθήρες/sec, με αρκετή ενέργεια ώστε να αναφλέξουν φυσικό αέριο, και θα τοποθετηθούν σε θέσεις όπου αναμένεται να προκύψουν συγκεντρώσεις αερίων, όπως ανοίγματα ή αγωγοί εξαερισμού.

9.2. Κατά τη διάρκεια αυτών των δοκιμών πρέπει να ληφθούν ιδιαίτερες προφυλάξεις, καθώς υπάρχει η πιθανότητα να συμβεί ανάφλεξη στο δωμάτιο ή θάλαμο δοκιμών.

Η παρ. 10.2 παρουσιάζεται για την κατανόηση άλλων προβλέψεων του προτύπου (βλ. και παρ. 3.4 {σελ. 90} της εργασίας)

Ειδικότερα, στην παρ. 10.2 παραπέμπουν οι παρ. 8.5, 15.3

10.2 Ως επιπλέον προφύλαξη, η θερμοκρασία πάνω στις επιφάνειες της DUT θα παρακολουθείται κατά τη διάρκεια των δοκιμών σύμφωνα με την 8.5. Όλο το προσωπικό που εμπλέκεται με τις δοκιμές ή με τα συστήματα συσσωρευτών θα εκπαιδευτεί έτσι ώστε να μην πλησιάζει ποτέ τη DUT έως ότου οι θερμοκρασίες πέσουν και βρίσκονται σε ασφαλή επίπεδα.

Η Ενότητα 11 αναφέρεται στον κίνδυνο 3.18 {σελ. 78}

11. Συνθήκες μοναδικού σφάλματος

11.1 Όπου υπάρχει ειδική αναφορά σε συνθήκη μοναδικού σφάλματος στις διάφορες μεθόδους δοκιμής, το μοναδικό σφάλμα θα αποτελείται από μία μοναδική αστοχία (failure), δηλαδή ανοιχτοκύκλωμα (open), βραχυκύκλωμα (short) ή άλλος τρόπος (means) αστοχίας, οποιουδήποτε εξαρτήματος (component) στο σύστημα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας. Η αστοχία αυτή αναγνωρίστηκε (identified) κατά την ανάλυση ασφάλειας συστήματος (system safety analysis) της παρ. 7.7 ότι θα μπορούσε να συμβεί και να επηρεάσει τα αποτελέσματα της δοκιμής.

Ο Πίνακας 12.1 παρουσιάζεται για την κατανόηση άλλων προβλέψεων του προτύπου (βλ. και παρ. 3.4 {σελ. 90} της εργασίας)

Ειδικότερα, στον Πίν. 12.1 παραπέμπουν οι παρ. 12.2, 13.1, 15.3, 17.6, 18.6, 28.5, 29.6, 30.8, 36.5, 37.6, 38.9

Πίνακας 12.1: Αποτελέσματα μη συμμόρφωσης στις δοκιμές

Δοκιμές ^a	Αποτελέσματα μη συμμόρφωσης
Υπερφόρτιση	E, F, C, V, S, L, R, P
Βραχυκύκλωμα	E, F, C, V, S, L, R, P
Προστασία υπερεκφόρτισης	E, F, C, V, S, L, R, P
Έλεγχος θερμοκρασίας και ορίων λειτουργίας	E, F, C, V, S, L, R, P
Μη ισορροπημένη φόρτιση	E, F, C, V, S, L, R, P
Αστοχία συστήματος ψύξης / θερμικής σταθερότητας	E, F, C, V, S, L, R, P
Δόνηση (εφαρμογές κίνησης, LER)	E, F, C, V, S, L, R, P
Κρούση (εφαρμογές κίνησης, LER)	E, F, C, V, S, L, R, P
Σύνθλιψη (εφαρμογές κίνησης, LER)	E, F, C, V
Στατική δύναμη	E, F, C, V, S, L, R, P
Πρόσκρουση	E, F, C, V, S, L, R, P
Πρόσκρουση από πτώση	E, F, C, S, L, R
Θερμικός κύκλος (εφαρμογές κίνησης, LER)	E, F, C, V, S, L, R, P
Αντίσταση στην υγρασία	E, F, C, V, S, L, R, P
Αλατούχο νέφος	E, F, C, V, S, L, R, P
Έκθεση σε εξωτερική φωτιά	E
Ανοχή σχεδιασμού στην αστοχία μοναδικής κυψέλης ^b	E, F
Υπόμνημα αποτελεσμάτων μη συμμόρφωσης	
E – έκρηξη	

<p>F – φωτιά</p> <p>C – συγκεντρώσεις εύφλεκτων ατμών</p> <p>V – έκλυση τοξικών ατμών^d (μέσα σε κτίριο, ή στο διαμέρισμα επιβατών του LER)</p> <p>S – κίνδυνος ηλεκτροπληξίας (διηλεκτρική διάσπαση)</p> <p>L – διαρροή (εξωτερικά του περιβλήματος της DUT)</p> <p>R – ρήξη (του περιβλήματος της DUT, εκθέτοντας επικίνδυνα μέρη όπως καθορίζεται στην 7.3.3)</p> <p>P – απώλεια διατάξεων ελέγχου προστασίας^d</p>
<p>^a Για τις δοκιμές που εξετάζουν ένα συγκεκριμένο τμήμα της DUT, όπως η τάση καλουπιού, η συνέχεια, η διηλεκτρική αντοχή στην τάση, οι μετρήσεις τάσης λειτουργίας, η στήριξη σε τοίχο, η διαφυγή πίεσης, η αρχή εκφόρτισης, και για τις δοκιμές της Ενότητας 24 πάνω στα ηλεκτρικά εξαρτήματα: απαιτείται να εφαρμόζονται μόνο τα κριτήρια συμμόρφωσης που αναφέρονται στις μεθόδους δοκιμής. Βλ. επίσης τις ξεχωριστές δοκιμές για επιπλέον λεπτομέρειες στα κριτήρια αποτελεσμάτων.</p> <p>^b Κατά τη διάρκεια της δοκιμής ανοχής σχεδιασμού σε αστοχία μοναδικής κυψέλης, μια εσωτερική φωτιά δεν θα επεκταθεί έξω από το περίβλημα της DUT.</p> <p>^c Η έκλυση τοξικών ατμών είναι κίνδυνος εάν υπάρχει δυνατότητα να εκτεθούν άνθρωποι σε αυτή. Η έκλυση τοξικών ατμών ορίζεται στην 6.48 για όλες τις δοκιμές, με την εξαίρεση της δοκιμής σύνθλιψης. Στην περίπτωση δοκιμής σύνθλιψης για εφαρμογή LER, η έκλυση τοξικών ατμών θεωρείται ότι συνέβη εάν εκλυθούν ατμοί σε συγκέντρωση που υπερβαίνει το Επίπεδο 2 των Οδηγιών Σχεδιασμού Άμεσης Δράσης (Emergency Response Planning Guidelines, ERPG). Το επίπεδο ERPG-2 ορίζει ως: «Η μέγιστη συγκέντρωση στον αέρα, κάτω από την οποία πιστεύεται ότι σχεδόν όλοι οι άνθρωποι θα μπορούσαν να εκτεθούν για διάστημα έως 1 h, χωρίς να παρουσιάσουν ή να αναπτύξουν μη αναστρέψιμες ή άλλες σοβαρές βλάβες υγείας, ή συμπτώματα που θα μπορούσαν να εμποδίσουν την ικανότητα του ατόμου να λάβει προστατευτικά μέτρα». Βλ. Ενότητα 13.</p> <p>^d Απώλεια διατάξεων ελέγχου προστασίας: Αποτυχία των λογισμικών ή/και ηλεκτρονικών ελέγχων, διακριτών διατάξεων ελέγχων ή άλλων ενσωματωμένων εξαρτημάτων ηλεκτρικής προστασίας, στα οποία βασίζεται το σύστημα για την ασφάλεια, και τα οποία παραμένουν στο κύκλωμα κατά τη διάρκεια της δοκιμής, να λειτουργήσουν όπως προβλέπεται.</p>

Η παρ. 12.2 παρουσιάζεται για την κατανόηση άλλων προβλέψεων του προτύπου (βλ. και παρ. 3.4 {σελ. 90} της εργασίας)

Ειδικότερα, στην παρ. 12.2 παραπέμπουν οι παρ. [15.5](#), [17.4](#)

12.2 Για τις ακόλουθες δοκιμές, εάν η DUT εξακολουθεί να είναι λειτουργική (operational) μετά τη δοκιμή (εάν μπορεί να αντικατασταθεί μια ασφάλεια από το χρήστη, ή αν μια διάταξη όπως ένας προσβάσιμος αυτόματος διακόπτης μπορεί να επαναφερθεί (reset)), θα υποστεί τουλάχιστον έναν κύκλο φόρτισης/εκφόρτισης σύμφωνα με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή. Δεν θα παρουσιαστούν αποτελέσματα μη συμμόρφωσης, όπως περιγράφονται στον Πίνακα [12.1](#), κατά τη διάρκεια του κύκλου φόρτισης/εκφόρτισης μιας DUT που είναι ακόμη λειτουργική.

- a) Υπερφόρτιση
- b) Βραχυκύκλωμα
- c) Προστασία υπερεκφόρτισης
- d) Μη ισορροπημένη φόρτιση
- e) Αστοχία του συστήματος ψύξης/θερμικής σταθερότητας
- f) Δόνηση
- g) Κρούση
- h) Πρόσκρουση, ή πρόσκρουση από πτώση
- i) Στατική δύναμη
- j) Θερμικός κύκλος
- k) Αλατούχο νέφος
- l) Αντίσταση στην υγρασία

Η Ενότητα 13 παρουσιάζεται για την κατανόηση άλλων προβλέψεων του προτύπου (βλ. και παρ. 3.4 {σελ. 90} της εργασίας)

Ειδικότερα, στην Εν. 13 παραπέμπουν οι παρ. [15.4](#), [17.3](#), [28.3](#), [29.4](#), [36.3](#), [37.4](#)

13 Προσδιορισμός τοξικών εκπομπών (Determination of toxic emissions)

13.1 Για τα συστήματα εκείνα όπου ο εξαερισμός από κυψέλες ή πυκνωτές θα μπορούσε να οδηγήσει στην εκπομπή τοξικών αερίων, όπως καθορίζεται από ανάλυση των εκλυόμενων ουσιών (outgassed substances), η συγκέντρωση των τοξικών αερίων κατά τη διάρκεια των καταστροφικών δοκιμών του Πίνακα [12.1](#) θα παρακολουθείται με μία από τις μεθόδους δειγματοληψίας που αναφέρονται παρακάτω, και όπως περιγράφεται στην 13.2. Η ανάλυση των εκλυόμενων ουσιών μπορεί να γίνει με χημική ανάλυση ή/και με μελέτη των δελτίων δεδομένων ασφάλειας υλικού (Material Safety Data Sheets, MSDS). Εάν μπορεί να προσδιοριστεί, μέσω εξέτασης των κυψελών μετά τη δοκιμή, ότι δεν εκλύθηκαν αέρια λόγω της δοκιμής, τότε το σύστημα συμμορφώνεται με αυτά τα κριτήρια.

a) [ASTM D4490](#)¹¹³.

b) [ASTM D4599](#)¹¹⁴

c) Οδηγίες αξιολόγησης μεθόδων δειγματοληψίας αέρα με χρήση φασματοσκοπικής ανάλυσης (Evaluation Guidelines for Air Sampling Methods Utilizing Spectroscopic Analysis) της OSHA¹¹⁵.

d) Εγχειρίδιο αναλυτικών μεθόδων (Manual of Analytic Methods) του NIOSH¹¹⁶.

13.2 Για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης των τοξικών εκπομπών, η δοκιμή θα διεξάγεται σε ένα κλειστό θάλαμο δοκιμών, γνωστού όγκου, αρκετά μεγάλο ώστε να χωρέσει την DUT. Τα αποτελέσματα που λαμβάνονται από συνεχή δειγματοληψία των εκπομπών κατά τη διάρκεια της δοκιμής, θα πολλαπλασιαστούν με κατάλληλο συντελεστή (scaled) ώστε να εκτιμηθεί η αναμενόμενη έκθεση και συγκέντρωση των τοξικών υλικών, εντός είτε του διαμερίσματος επιβατών του LER είτε του μικρότερου προβλεπόμενου δωματίου στο οποίο μπορεί να εγκατασταθεί το σύστημα. Για μονάδες όπου μπορεί να εισέλθει προσωπικό (walk-in units), η συνεχής παρακολούθηση θα διεξάγεται επίσης στο εσωτερικό του περιβλήματος του συστήματος. Τα αποτελέσματα, για σταθερές εφαρμογές, θα υποστούν περαιτέρω επεξεργασία (scaled) ώστε να λάβουν υπόψη ένα ρυθμό εξαερισμού (ventilation rate) 0,5 ACH (Air Changes per Hour, ανανεώσεις αέρα ανά ώρα). Η τιμή 0,5 ACH αντιπροσωπεύει την επιτρεπτή ονομαστική τιμή χαμηλού αερισμού για την κατασκευή.

Εξαιρέση: Σταθερά συστήματα που προορίζονται μόνο για χρήση σε υπαίθριο χώρο, και δεν είναι μονάδες όπου μπορεί να εισέλθει κάποιος, εξαιρούνται (exempted) από αυτή την παρακολούθηση. Τα σταθερά συστήματα και τα συστήματα για εφαρμογές LER επίσης εξαιρούνται από αυτές τις απαιτήσεις, εάν διαθέτουν σύστημα, εξαερισμού ή άλλο, σχεδιασμένο ώστε να αποτρέπει την έκθεση σε εκλυόμενα τοξικά ατμών και να διοχετεύει τους ατμούς σε μία ασφαλή τοποθεσία.

Η Ενότητα 15 αναφέρεται στους κινδύνους [3.2](#) και [3.3](#) {σελ. 70}

15 Δοκιμή υπερφόρτισης (overcharge)

15.1 Ο σκοπός αυτής της δοκιμής είναι να αξιολογήσει την ικανότητα ενός συστήματος συσσωρευτών να ανθίσταται σε συνθήκη υπερφόρτισης.

15.2 Μια πλήρως εκφορτισμένη DUT (δηλ. εκφορτισμένη έως την EODV που προσδιορίζεται από τον κατασκευαστή) θα υποστεί μία υπερφόρτιση, ως αποτέλεσμα συνθήκης μοναδικής αστοχίας (single fault condition) στο κύκλωμα προστασίας/ελέγχου φόρτισης του συστήματος που θα μπορούσε να

¹¹³ Standard Practice for Measuring the Concentration of Toxic Gases or Vapors Using Detector Tubes.

¹¹⁴ Standard Practice for Measuring the Concentration of Toxic Gases or Vapors Using Length-of-Stain Dosimeters.

¹¹⁵ Occupational Safety and Health Administration, Διοίκηση Ασφάλειας και Υγείας στην Εργασία (HΠΑ).

¹¹⁶ National Institute of Safety and Health, Εθνικό Ινστιτούτο Ασφάλειας και Υγείας (HΠΑ).

οδηγήσει σε συνθήκη υπερφόρτισης. Βλ. Ενότητα 11 για περιγραφή συνθήκης μοναδικής αστοχίας. Οι συνθήκες μοναδικής αστοχίας μπορούν να εφαρμοστούν τόσο σε παθητικές (passive) όσο και σε ενεργητικές (active) διατάξεις προστασίας. Ο εξοπλισμός παροχής δοκιμής που θα χρησιμοποιηθεί για να φορτίσει την DUT θα είναι επαρκής για να προκαλέσει υπερφόρτιση της DUT έως τουλάχιστον 110% της μέγιστης προσδιορισμένης τάσης φόρτισης. Ο ρυθμός φόρτισης θα είναι ο μέγιστος ρυθμός φόρτισης που προσδιορίζεται από τον κατασκευαστή.

***Εξαίρεση Νο.1:** Η δοκιμή υπερφόρτισης μπορεί να γίνει σε ένα υποσύστημα αντί για το πλήρες σύστημα συσσωρευτών, εάν προσδιοριστεί ότι είναι αντιπροσωπευτικό του πλήρους συστήματος.*

***Εξαίρεση Νο.2:** Εξαρτήματα σε κυκλώματα που αξιολογούνται για την αξιοπιστία τους (δηλ. αξιολογούνται για κριτήρια λειτουργικής ασφάλειας θεωρώντας συνθήκες μοναδικής αστοχίας σύμφωνα με την 7.8.1.3) δεν απαιτείται να υποστούν συνθήκες μοναδικής αστοχίας).*

15.3 Η δοκιμή θα συνεχιστεί έως ότου συμβούν τελικά (ultimate) αποτελέσματα, και θα ακολουθήσει μία περίοδος παρατήρησης σύμφωνα με την [8.5](#).

Τελικά αποτελέσματα θεωρείται ότι έχουν συμβεί όταν συμβεί ένα από τα ακόλουθα:

a) Η φόρτιση του δείγματος τερματίζεται (terminated) από το κύκλωμα προστασίας, είτε οφείλεται σε διατάξεις ελέγχου τάσης ή θερμοκρασίας, είτε εάν η DUT φτάσει το 110% του ορίου μέγιστης προσδιορισμένης τάσης φόρτισης. Η υπέρβαση του προσδιορισμένου ορίου φόρτισης του κατασκευαστή θεωρείται μη αποδεκτό αποτέλεσμα. Η DUT παρακολουθείται (monitored) σύμφωνα με την [8.5](#) και την [10.2](#).

b) Συμβαίνει αστοχία του συστήματος συσσωρευτών, όπως αποδεικνύεται από έκρηξη, φωτιά ή άλλα αναγνωρίσιμα (identifiable) μη αποδεκτά αποτελέσματα σύμφωνα με τον Πίνακα [12.1](#).

15.4 Κατά τη διάρκεια της δοκιμής, θα χρησιμοποιούνται μέθοδοι ανίχνευσης όπως περιγράφονται στην Ενότητα 9, για να ανιχνεύσουν την παρουσία συγκεντρώσεων εύφλεκτων ατμών, εάν θεωρηθεί απαραίτητο. Εάν απαιτείται, με βάση το σχεδιασμό ή την εγκατάσταση του συστήματος, ο εξαερισμός των τοξικών εκλύσεων (toxic releases) θα παρακολουθείται συνεχώς κατά τη διάρκεια της δοκιμής σύμφωνα με την Ενότητα [13](#).

15.5 Εάν η DUT είναι λειτουργική μετά τη δοκιμή υπερφόρτισης, θα υποβληθεί σε ένα κύκλο εκφόρτισης και φόρτισης σύμφωνα με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή. Βλ. [12.2](#) για λεπτομέρειες σχετικά με τις διατάξεις που μπορούν να επαναφέρονται (resettable) από το χρήστη. Στη συνέχεια διενεργείται μια περίοδος παρατήρησης σύμφωνα με την [8.5](#).

15.6 Στο τέλος της περιόδου παρατήρησης, τα δείγματα θα υποστούν μια δοκιμή «όπως παραλήφθηκε» (as received) για την τάση διηλεκτρικής αντοχής σύμφωνα με την Ενότητα 20. Η DUT θα εξεταστεί για σημάδια ρήξης και ενδείξεις διαρροής.

15.7 Τα ακόλουθα (a)...(h), εάν συμβούν σαν αποτέλεσμα της δοκιμής υπερφόρτισης, θεωρούνται αποτελέσματα μη συμμόρφωσης. Για περισσότερες πληροφορίες σχετικά με αποτελέσματα μη συμμόρφωσης, βλ. Πίνακα [12.1](#).

a) E – έκρηξη

b) F – φωτιά

c) C – συγκεντρώσεις εύφλεκτων ατμών

d) V – έκλυση τοξικών ατμών

e) S – κίνδυνος ηλεκτροπληξίας (διηλεκτρική διάσπαση)

f) L – διαρροή (εξωτερικά του περιβλήματος της DUT)

g) R – ρήξη (του περιβλήματος της DUT, εκθέτοντας επικίνδυνα μέρη όπως καθορίζεται στην 7.3.3)

h) P – απώλεια διατάξεων ελέγχου προστασίας (loss of protection controls)

Η Ενότητα 17 αναφέρεται στους κινδύνους [3.4](#) {σελ. 70}, [3.14](#) {σελ. 75}

17 Δοκιμή προστασίας υπερεκφόρτισης

17.1 Αυτή η δοκιμή θα διενεργηθεί σε ένα πλήρως φορτισμένο δείγμα (MOSOC σύμφωνα με την [8.1](#)) για να καθοριστεί η ικανότητα της DUT να ανθίσταται σε συνθήκη υπερεκφόρτισης, και διενεργείται με συνδεδεμένα όλα τα κυκλώματα (circuitry) προστασίας εκφόρτισης, τόσο για θερμοκρασία όσο και για ελάχιστη τάση, ώστε να αποτρέψει ανεπανόρθωτη (irreparable) βλάβη στις κυψέλες. Κατά τη διάρκεια της δοκιμής, οι ενεργητικές διατάξεις προστασίας θα υποβληθούν σε συνθήκες μοναδικής αστοχίας, εκτός εάν το προστατευτικό κύκλωμα έχει δοκιμαστεί για λειτουργικότητα σε συμφωνία με την 7.8.1.3.

***Εξαιρέση:** Η δοκιμή προστασίας υπερεκφόρτισης μπορεί να γίνει σε ένα υποσύστημα αντί για το πλήρες σύστημα συσσωρευτών, εάν προσδιοριστεί ότι είναι αντιπροσωπευτικό του πλήρους συστήματος.*

17.2 Η DUT θα υποστεί συνεχές ρεύμα/ισχύ εκφόρτισης, που θα εκφορτίσει ένα συσσωρευτή με το μέγιστο (προσδιορισμένο από τον κατασκευαστή) ρυθμό εκφόρτισης). Η δοκιμή θα συνεχιστεί έως ότου οποιοδήποτε από τα ακόλουθα συμβεί πρώτο: ενεργοποιηθεί η παθητική διάταξη/εις προστασίας, ή ενεργοποιηθεί η προστασία ελάχιστης τάσης κυψέλης/μέγιστης θερμοκρασίας, ή η DUT έχει εκφορτιστεί για επιπλέον 30 min αφού φτάσει το προσδιορισμένο όριο κανονικής εκφόρτισης.

17.3 Κατά τη διάρκεια της δοκιμής, θα χρησιμοποιείται μια μέθοδος ανίχνευσης όπως περιγράφεται στην Ενότητα 9, για να ανιχνεύσει την παρουσία συγκεντρώσεων εύφλεκτων ατμών, εάν θεωρηθεί απαραίτητο. Εάν απαιτείται, με βάση το σχεδιασμό ή την εγκατάσταση του συστήματος, ο εξαερισμός των τοξικών εκλύσεων θα παρακολουθείται συνεχώς κατά τη δοκιμή, σύμφωνα με την Ενότητα [13](#).

17.4 Εάν η DUT είναι λειτουργική μετά τη δοκιμή προστασίας υπερεκφόρτισης, θα υποβληθεί σε ένα κύκλο φόρτισης και εκφόρτισης σύμφωνα με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή. Βλ. [12.2](#) για λεπτομέρειες σχετικά με τις διατάξεις που μπορούν να επαναφέρονται (resettable) από το χρήστη. Στη συνέχεια διενεργείται μια περίοδος παρατήρησης σύμφωνα με την [8.5](#).

17.5 Στο τέλος της περιόδου παρατήρησης, τα δείγματα θα υποστούν μια δοκιμή «όπως παραλήφθηκε» (as received) για την τάση διηλεκτρικής αντοχής σύμφωνα με την Ενότητα 20. Η DUT θα εξεταστεί για σημάδια ρήξης και ενδείξεις διαρροής.

17.6 Τα ακόλουθα (a)...(h), εάν συμβούν σαν αποτέλεσμα της δοκιμής προστασίας υπερεκφόρτισης, θεωρούνται αποτελέσματα μη συμμόρφωσης. Για περισσότερες πληροφορίες σχετικά με αποτελέσματα μη συμμόρφωσης, βλ. Πίνακα [12.1](#).

a) E – έκρηξη

b) F – φωτιά

c) C – συγκεντρώσεις εύφλεκτων ατμών

d) V – έκλυση τοξικών ατμών

e) S – κίνδυνος ηλεκτροπληξίας (διηλεκτρική διάσπαση)

f) L – διαρροή (εξωτερικά του περιβλήματος της DUT)

g) R – ρήξη (του περιβλήματος της DUT, εκθέτοντας επικίνδυνα μέρη όπως καθορίζεται στην 7.3.3)

h) P – απώλεια διατάξεων ελέγχου προστασίας

Η Ενότητα 18 αναφέρεται στον κίνδυνο [3.1](#) {σελ. 69}

18 Δοκιμή ελέγχου θερμοκρασίας και ορίων λειτουργίας

18.1 Αυτή η δοκιμή πραγματοποιείται για να προσδιορίσει εάν οι κυψέλες/μονάδες της DUT διατηρούνται (ή όχι) εντός των καθορισμένων ορίων λειτουργίας τους (συμπεριλαμβανομένης της τάσης και του ρεύματος στην καθορισμένη θερμοκρασία), κατά τη διάρκεια συνθηκών μέγιστης φόρτισης και εκφόρτισης. Κατά τη διάρκεια αυτής της δοκιμής, θα προσδιοριστεί επίσης εάν τα κρίσιμα εξαρτήματα ασφαλείας που είναι ευαίσθητα στη θερμοκρασία διατηρούνται (ή όχι) εντός των

ονομαστικών τιμών θερμοκρασίας τους, με βάση τις προδιαγραφές μέγιστης θερμοκρασίας λειτουργίας της DUT, καθώς και εάν οι θερμοκρασίες στις προσβάσιμες επιφάνειες δεν ξεπερνούν τα ασφαλή όρια.

Εξαιρέση: Η δοκιμή μπορεί να γίνει σε ένα υποσύστημα αντί για το πλήρες σύστημα συσσωρευτών, εάν προσδιοριστεί ότι είναι αντιπροσωπευτικό του πλήρους συστήματος.

18.2 Μία πλήρως εκφορτισμένη DUT (δηλαδή εκφορτισμένη έως την EODV) θα προετοιμαστεί (conditioned) μέσα σε ένα θάλαμο (chamber) που ρυθμίζεται στη θερμοκρασία άνω ορίου φόρτισης σύμφωνα με τις προδιαγραφές της DUT. Αφού σταθεροποιηθεί σε αυτή τη θερμοκρασία (βλ. 8.3), η DUT θα συνδεθεί σε είσοδο κυκλώματος φόρτισης αντιπροσωπευτικού των προβλεπόμενων μέγιστων παραμέτρων φόρτισης. Η DUT τότε θα υποβληθεί σε κανονική μέγιστη φόρτιση, ενώ παρακολουθούνται οι τάσεις και τα ρεύματα στις μονάδες, έως ότου φτάσει τη συνθήκη πλήρους φόρτισης όπως προσδιορίζεται από τον κατασκευαστή. Θα παρακολουθούνται οι θερμοκρασίες σε τμήματα που είναι ευαίσθητα στη θερμοκρασία, συμπεριλαμβανομένων των κυψελών.

Εξαιρέση No.1: Εάν η DUT δεν είναι δυνατόν να δοκιμαστεί εντός θαλάμου, μπορεί να δοκιμαστεί σε θερμοκρασία περιβάλλοντος $25\pm 5^{\circ}\text{C}$. Εάν δοκιμαστεί σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, τότε κατά τη διάρκεια της δοκιμής, για τη μετρούμενη θερμοκρασία T θα ισχύει:

$$T \leq T_{max} - (T_{ma} - T_{amb})$$

όπου:

T η θερμοκρασία του δοθέντος τμήματος που μετράται κατά τη διάρκεια της δοκιμής

T_{max} η μέγιστη θερμοκρασία που έχει προσδιοριστεί ως αποδεκτή για συμμόρφωση με τη δοκιμή

T_{amb} η θερμοκρασία περιβάλλοντος κατά τη διάρκεια της δοκιμής

T_{ma} είτε η μέγιστη αποδεκτή από τον κατασκευαστή θερμοκρασία περιβάλλοντος, είτε η 25°C , όποια είναι μεγαλύτερη.

Εξαιρέση No.2: Εάν ο σχεδιασμός της DUT και οι διατάξεις ελέγχου της έχουν ως αποτέλεσμα οι χειρότερες συνθήκες κανονικής λειτουργίας φόρτισης να είναι αυτές της θερμοκρασίας περιβάλλοντος (π.χ. λόγω θερμοστατών (thermostats) ή άλλων διατάξεων ελέγχου που χαμηλώνουν τα επίπεδα φόρτισης σε υψηλές θερμοκρασίες), τότε η δοκιμή θα πραγματοποιηθεί στη θερμοκρασία περιβάλλοντος των $25\pm 5^{\circ}\text{C}$. Οι θερμοκρασίες στα τμήματα που είναι ευαίσθητα στη θερμοκρασία, δεν θα υπερβαίνουν την T_{max} .

18.3 Ενώ η διάταξη είναι ακόμη στο θάλαμο προετοιμασίας, η θερμοκρασία του θαλάμου θα ρυθμιστεί στη θερμοκρασία άνω ορίου εκφόρτισης σύμφωνα με τις προδιαγραφές της DUT, εάν αυτή είναι διαφορετική από τη θερμοκρασία φόρτισης. Έπειτα η πλήρως φορτισμένη DUT (MOSOC σύμφωνα με την 6.1¹¹⁷) θα εκφορτιστεί σύμφωνα με το μέγιστο ρυθμό εκφόρτισης, έως τη συνθήκη τέλους εκφόρτισης (και τα δύο προσδιορίζονται από τον κατασκευαστή), ενώ παρακολουθούνται οι τάσεις και τα ρεύματα στις μονάδες. Θα παρακολουθούνται οι θερμοκρασίες σε κρίσιμα για την ασφάλεια εξαρτήματα που είναι ευαίσθητα στη θερμοκρασία, συμπεριλαμβανομένων των κυψελών, καθώς και οι θερμοκρασίες στις προσβάσιμες επιφάνειες.

Εξαιρέση No.1.¹¹⁸

Εξαιρέση No.2: Εάν ο σχεδιασμός της DUT και οι διατάξεις ελέγχου της έχουν ως αποτέλεσμα οι χειρότερες συνθήκες κανονικής λειτουργίας εκφόρτισης να είναι αυτές της θερμοκρασίας περιβάλλοντος (π.χ. λόγω θερμοστατών (thermostats) ή άλλων διατάξεων ελέγχου που χαμηλώνουν το ρυθμό εκφόρτισης σε υψηλές θερμοκρασίες), τότε η δοκιμή θα πραγματοποιηθεί στη θερμοκρασία

¹¹⁷ Το σωστό είναι 8.1.

¹¹⁸ Όμοια με την Εξαιρέση No.1 της 18.2.

περιβάλλοντος των $25\pm 5^{\circ}\text{C}$. Οι θερμοκρασίες στα τμήματα που είναι ευαίσθητα στη θερμοκρασία, δεν θα υπερβαίνουν την T_{max} .

18.4 Έπειτα οι κύκλοι φόρτισης και εκφόρτισης επαναλαμβάνονται, για τουλάχιστον δύο πλήρεις κύκλους φόρτισης και εκφόρτισης.¹¹⁹ Έπειτα η DUT υποβάλλεται σε μία περίοδο παρατήρησης (observation period) σύμφωνα με την [8.5](#).

18.5 Στο τέλος (conclusion) της περιόδου παρατήρησης, τα δείγματα θα υποστούν μια δοκιμή «όπως παραλήφθηκε» (as received) για την τάση διηλεκτρικής αντοχής σύμφωνα με την Ενότητα **20**. Η DUT θα εξεταστεί για σημάδια ρήξης και ενδείξεις διαρροής.

18.6 Τα καθορισμένα από τον κατασκευαστή όρια λειτουργίας για τις κυψέλες/μονάδες (τάση, ρεύμα στις προσδιορισμένες θερμοκρασίες) δεν θα ξεπεραστούν κατά τους κύκλους φόρτισης και εκφόρτισης. Οι μετρούμενες θερμοκρασίες στα εξαρτήματα δεν θα ξεπερνούν τις προδιαγραφές τους. Οι μετρούμενες θερμοκρασίες στις προσβάσιμες επιφάνειες δεν θα ξεπερνούν τα επιτρεπόμενα όρια. Βλ. Πίνακες 18.1 και 18.2 για τα όρια θερμοκρασίας. Επιπλέον, τα ακόλουθα (a)...(e), εάν συμβούν σαν αποτέλεσμα της δοκιμής θερμοκρασίας, θεωρούνται αποτελέσματα μη συμμόρφωσης. Για περισσότερες πληροφορίες σχετικά με αποτελέσματα μη συμμόρφωσης, βλ. Πίνακα [12.1](#).

- a) E – έκρηξη
- b) F – φωτιά
- c) S – κίνδυνος ηλεκτροπληξίας (διηλεκτρική διάσπαση)
- d) L – διαρροή (εξωτερικά του περιβλήματος της DUT)
- e) R – ρήξη (του περιβλήματος της DUT, εκθέτοντας επικίνδυνα μέρη όπως καθορίζεται στην 7.3.3)

Πίνακας 18.1: Όρια θερμοκρασίας - εξαρτήματα

Μέρος	T_{max} [$^{\circ}\text{C}$]
Μόνωση από συνθετικό ελαστικό (synthetic rubber) ή PVC <ul style="list-style-type: none"> - Χωρίς σήμανση (marking) θερμοκρασίας - Με σήμανση θερμοκρασίας 	75 Ίση με τη σήμανση θερμοκρασίας
Εξαρτήματα, μόνωση και θερμοπλαστικά υλικά	a
Κέλυφος κυψέλης	b
<p>^a Οι θερμοκρασίες που μετρώνται σε εξαρτήματα και υλικά δεν θα υπερβαίνουν τη μέγιστη ονομαστική θερμοκρασία για αυτό το εξάρτημα ή υλικό, συμπεριλαμβανομένων των εσωτερικών κυψελών (internal cells). ^b Η θερμοκρασία του κελύφους κυψέλης δεν θα υπερβαίνει τη συνιστώμενη (recommended) μέγιστη θερμοκρασία του κατασκευαστή.</p>	

Ειδικότερα ο Πίνακας 18.2 αναφέρεται και στον κίνδυνο [3.10](#) {σελ. 73}

Πίνακας 18.2: Όρια θερμοκρασίας - επιφάνειες

Προσβάσιμη επιφάνεια	T_{max} [$^{\circ}\text{C}$]	
	Μέταλλο	Πλαστικό (plastic) ^a
Προσβάσιμα μέρη τα οποία κρατάει (held) συνεχώς (continuously) ο χρήστης κατά την κανονική χρήση	55	75
Προσβάσιμες επιφάνειες τις οποίες κρατάει ή ακουμπάει (touched) ο χρήστης μόνο για σύντομα χρονικά διαστήματα	60	85
Προσβάσιμες επιφάνειες που είναι δυνατόν να ακουμπήσει ο χρήστης	70	95
<p>^a Θερμοκρασίες που μετρούνται σε προσβάσιμες επιφάνειες περιβλημάτων από πλαστικό δεν θα υπερβαίνουν την ονομαστική θερμοκρασία των υλικών.</p>		

¹¹⁹ Δεν είναι σαφές εάν συμπεριλαμβάνεται ο πρώτος κύκλος φόρτισης (18.2) και εκφόρτισης (18.3).

Η Ενότητα 20 αναφέρεται στους κινδύνους [3.5](#) {σελ. 71}, [3.14](#) {σελ. 75}

20 Δοκιμή τάσης διηλεκτρικής αντοχής (dielectric voltage withstand test)

20.1 Αυτή η δοκιμή είναι μια αξιολόγηση των ηλεκτρικών διαστημάτων και της μόνωσης σε κυκλώματα επικίνδυνων τάσεων εντός του συστήματος συσσωρευτών.

20.2 Κυκλώματα που υπερβαίνουν τα 42,4 V κορυφής (peak) ή τα 60 V ΣΡ θα υποβάλλονται σε μία δοκιμή ηλεκτρικής αντοχής (electric strength) σε συμφωνία με την παρ. 5.2 του [IEC 60950-1](#).

Στον Καναδά, τα όρια ΣΡ είναι 42,4 V, όπως ορίζεται στο **CSA 22.2 No.0**¹²⁰

Εξαιρέση: Ημιαγωγοί ή παρόμοια ηλεκτρονικά εξαρτήματα επιρρεπή (liable) σε ζημιά κατά τη την εφαρμογή της τάσης δοκιμής μπορούν να παρακαμφθούν (bypassed) ή να αποσυνδεθούν.

20.3 Η τάση δοκιμής θα εφαρμοστεί μεταξύ των κυκλωμάτων επικίνδυνης τάσης της DUT και μη ρευματοφόρων αγώγιμων μερών που μπορεί να είναι προσβάσιμα.

20.4 Η τάση δοκιμής θα εφαρμοστεί επίσης μεταξύ του κυκλώματος φόρτισης επικίνδυνης τάσης και του περιβλήματος / προσβάσιμων μη ρευματοφόρων αγώγιμων μερών της DUT.

20.5 Εάν τα προσβάσιμα μέρη της DUT καλύπτονται με μονωτικό υλικό που μπορεί να έρθει υπό τάση στην περίπτωση αστοχίας μόνωσης, τότε οι τάσεις δοκιμής εφαρμόζονται μεταξύ καθενός από τα μέρη υπό τάση και μεταλλικού φύλλου (foil) που είναι σε επαφή με τα προσβάσιμα μέρη.

20.6 Οι τάσεις δοκιμής θα εφαρμοστούν για τουλάχιστον 1 min, με τις κυψέλες/μονάδες αποσυνδεδεμένες ώστε να αποφευχθεί η φόρτιση κατά τη διάρκεια εφαρμογής της τάσης. Τεχνολογίες που απαιτείται να βρίσκονται σε υψηλή θερμοκρασία λειτουργίας για να είναι ενεργές, όπως νατρίου-βήτα, θα είναι σε θερμή κατάσταση (hot state) πριν από την αποσύνδεση και την εφαρμογή του δυναμικού δοκιμής.

20.7 Δεν θα υπάρχουν ενδείξεις διηλεκτρικής διάσπασης (breakdown) (διάσπαση της μόνωσης με αποτέλεσμα βραχυκύκλωμα μέσω της μόνωσης, ή τόξο πάνω από τα ηλεκτρικά διαστήματα), όπως αποδεικνύεται με κατάλληλο σήμα (signal) από τον εξοπλισμό δοκιμής διηλεκτρικής αντοχής, σαν αποτέλεσμα της εφαρμοσμένης τάσης δοκιμής. Εκκένωση τύπου κορώνας (corona discharge), ή μία στιγμιαία εκκένωση (momentary discharge), δεν θεωρούνται διηλεκτρική διάσπαση (δηλαδή διάσπαση της μόνωσης).

20.8 Εάν το σύστημα συσσωρευτών περιέχει υγρασκοπικά υλικά που μπορεί να επηρεάσουν τα διαστήματα, η δοκιμή επαναλαμβάνεται με την DUT (ή με το υποσύστημα της DUT που περιέχει τα υγρασκοπικά υλικά) να έχει υποστεί προετοιμασία υγρασίας (humidity conditioning) σύμφωνα με την παρ. 2.9.2 του [IEC 60950-1](#). Το αποτέλεσμα αυτής της δοκιμής πρέπει να είναι ότι δεν θα συμβεί διηλεκτρική διάσπαση, όπως περιγράφεται στην 20.7.

Η Ενότητα 21 αναφέρεται στον κίνδυνο [1,12](#) {σελ. 62}

21 Δοκιμή συνέχειας (continuity test)

21.1 Αυτή η δοκιμή αξιολογεί την συνέχεια του προστατευτικού συστήματος γείωσης και συγκόλλησης του συστήματος συσσωρευτών, που προορίζεται να παρέχει μία ηλεκτρικά αγώγιμη διαδρομή (path) από το σημείο ενός σφάλματος γείωσης σε ένα σύστημα συσσωρευτών ή τα αντιπροσωπευτικά μέρη (parts) ή τμήματά του (components), μέσω αγωγών κανονικά μη ρευματοφόρων, εξοπλισμού, ή της γης, προς την πηγή ηλεκτρικής παροχής (supply).

21.2 Μια εναλλακτική μέθοδος δοκιμής που περιγράφεται στην 21.7 μπορεί να χρησιμοποιηθεί, εάν η κατασκευή (construction) του προστατευτικού συστήματος γείωσης και συγκόλλησης τηρεί (adheres) τις μεθόδους κατασκευής που περιγράφονται στις 7.6.5...7.6.7. Εάν τα μέσα σύνδεσης είναι

¹²⁰ Δεν υπάρχει, ίσως εννοεί το [CSA 22.2 No.0.1](#).

διαφορετικά από αυτά που περιγράφονται στις 7.6.6 και 7.6.7, τότε η μέθοδος ρεύματος σφάλματος που περιγράφεται στις 21.3...21.6 είναι η προκαθορισμένη (default) μέθοδος για την αξιολόγηση της καταλληλότητας του προστατευτικού συστήματος γείωσης.

21.3 Το σύστημα γείωσης ενός συσσωρευτή θα έχει αντίσταση που δεν υπερβαίνει τα 0,1 Ω μεταξύ οποιωνδήποτε σημείων του συστήματος που μετρώνται σύμφωνα με τη δοκιμή συνέχειας των 21.4 και 21.5.

21.4 Η πτώση τάσης (voltage drop) σε ένα προστατευτικό σύστημα γείωσης μετράται μετά την εφαρμογή ενός ρεύματος δοκιμής ίσο με το 200% της ονομαστικής τιμής της διάταξης προστασίας υπερέντασης, για ένα χρονικό διάστημα ίσο με αυτό που αντιστοιχεί στο 200% σύμφωνα με τη χαρακτηριστική χρόνου-ρεύματος (time-current characteristic) της διάταξης προστασίας υπερέντασης. Εάν δεν δίνεται το χρονικό διάστημα που αντιστοιχεί στο 200%, θα χρησιμοποιηθεί ένα σημείο της χαρακτηριστικής κατά το δυνατόν πιο κοντά σε αυτό. Η διάταξη προστασίας υπερέντασης περιορίζει το ρεύμα σφάλματος στο προστατευτικό σύστημα γείωσης, και είτε βρίσκεται μέσα στο σύστημα συσσωρευτών, είτε προσδιορίζεται στις οδηγίες εγκατάστασης και τοποθετείται εξωτερικά του συστήματος. Η παροχή που χρησιμοποιείται για να δώσει το ρεύμα δοκιμής θα έχει τάση άνευ φορτίου (no load voltage) που δεν υπερβαίνει τα 60 V DC.

21.5 Η μέτρηση πτώσης τάσης γίνεται μεταξύ δύο οποιωνδήποτε αγωγίμων μερών του συστήματος γείωσης.

21.6 Η αντίσταση θα υπολογιστεί από τη μετρούμενη πτώση τάσης και το ρεύμα. Η υπολογισμένη αντίσταση θα είναι μικρότερη ή ίση των 0,1 Ω.

21.7 Για τον έλεγχο της συνέχειας των συνδέσεων συγκόλλησης, η αντίσταση μπορεί να μετρηθεί μεταξύ δύο σημείων στις συνδέσεις συγκόλλησης χρησιμοποιώντας ένα μιλι-ωμόμετρο (milli-ohmmeter). Η μετρούμενη αντίσταση μεταξύ δύο οποιωνδήποτε συνδέσεων συγκόλλησης θα είναι μικρότερη ή ίση των 0,1 Ω.

Η Ενότητα 23 αναφέρεται στον κίνδυνο [3,14](#) {σελ. 75}

23. Μετρήσεις τάσης λειτουργίας (working voltage)

23.1 Αυτή η δοκιμή μετράει την τάση λειτουργίας ενός συστήματος συσσωρευτών.

23.2 Μετράται η τάση λειτουργίας μεταξύ μερών υπό τάση αντίθετης πολικότητας, μεταλλικών μερών υπό τάση (live) και χωρίς τάση (dead), μερών υπό τάση και μεταλλικού περιβλήματος, και συνδέσεων υπό τάση και γης, υπό κανονικές συνθήκες τόσο φόρτισης όσο και εκφόρτισης, όπως προσδιορίζονται από τον κατασκευαστή.

23.3 Τα μεταλλικά μέρη χωρίς τάση και το μεταλλικό περίβλημα θα θεωρούνται ότι συνδέονται στον αρνητικό ακροδέκτη του συστήματος για τους σκοπούς της δοκιμής.

23.4 Οι τιμές που λαμβάνονται κατά τις μετρήσεις που περιγράφονται στην 23.2 θα χρησιμοποιηθούν για να επιβεβαιώσουν τα κριτήρια ηλεκτρικών διαστημάτων σύμφωνα με την 7.5.

Η παρ. 24.3 αναφέρεται στον κίνδυνο [1,14](#) {σελ. 64}

24.3 Ρεύμα διαρροής (leakage current)

Για ξεχωριστές διατάξεις ελέγχου, ή άλλα βοηθητικά στοιχεία (accessories) του συστήματος, που συνδέονται με καλώδιο (cord) και τροφοδοτούνται μέσω κυκλωμάτων από την κύρια πηγής τροφοδοσίας EP (ac mains), οι διατάξεις ελέγχου θα συμμορφώνονται με τη Δοκιμή ρεύματος επαφής

και ρεύματος προστατευτικού αγωγού, της ενότητας “Ρεύμα επαφής και ρεύμα προστατευτικού αγωγού” (touch current and protective conductor current section)¹²¹ του [IEC 60950-1 \(2013\)](#).

Η Ενότητα 25 αναφέρεται στον κίνδυνο [1,7](#) {σελ. 59}

25 Δοκιμή δόνησης (εφαρμογές κίνησης (motive) ελαφρών ηλεκτρικών σιδηροδρόμων (LER))¹²²

25.1 Ο σκοπός αυτής της δοκιμής είναι να προσδιορίσει την αντίσταση του συστήματος συσσωρευτή στις δονήσεις που αναμένεται να υπάρχουν σε εγκαταστάσεις κίνησης LER. Εφαρμόζεται μόνο σε συστήματα που προορίζονται να εγκατασταθούν σε αυτή την εφαρμογή. [...]

Η Ενότητα 26 αναφέρεται στον κίνδυνο [1,7](#) {σελ. 59}

26 Δοκιμή κρούσης (εφαρμογές κίνησης LER)¹²²

26.1 Ο σκοπός αυτής της δοκιμής είναι να προσδιορίσει την αντίσταση του συστήματος συσσωρευτή στις κρούσεις που αναμένεται να υπάρχουν σε εγκαταστάσεις κίνησης LER. Εφαρμόζεται μόνο σε συστήματα που προορίζονται να εγκατασταθούν σε αυτή την εφαρμογή. [...]

Η Ενότητα 27 αναφέρεται στον κίνδυνο [1,7](#) {σελ. 59}

27 Δοκιμή σύνθλιψης (εφαρμογές κίνησης LER)¹²²

27.1 Αυτή η δοκιμή εκτελείται σε πλήρως φορτισμένο σύστημα συσσωρευτών που προορίζεται για εφαρμογές κίνησης LER, για να προσδιορίσει την ικανότητά του να αντιστέκεται σε σύνθλιψη που θα μπορούσε να συμβεί κατά τη διάρκεια ατυχήματος, και εφαρμόζεται μόνο σε συστήματα που προορίζονται να εγκατασταθούν σε αυτή την εφαρμογή. [...]

Η Ενότητα 28 αναφέρεται στους κινδύνους [1,7](#) {σελ. 59}, [5,3](#) {σελ. 83}

28 Δοκιμή στατικής δύναμης

28.1 Ο σκοπός αυτής της δοκιμής είναι να προσδιορίσει εάν το περίβλημα έχει επαρκή αντοχή (strength) για να ανθίσταται (withstand) με ασφάλεια σε μια στατική δύναμη που μπορεί να εφαρμοστεί πάνω του.

28.2 Το περίβλημα μιας πλήρως φορτισμένης διάταξης υπό δοκιμή (DUT) (maximum operational state of charge, MOSOC όπως περιγράφεται στην [8.1](#)) θα υποστεί σταθερή δύναμη 250 N±10 N για χρονικό διάστημα 5 s, η οποία εφαρμόζεται κατά σειρά στην πάνω όψη (top), την κάτω (bottom) και τις πλευρικές όψεις του περιβλήματος, μέσω ενός κατάλληλου εργαλείου δοκιμών που παρέχει επαφή με κυκλική επίπεδη επιφάνεια διαμέτρου 30 mm. Όμως, η δοκιμή δεν εφαρμόζεται στην κάτω όψη ενός περιβλήματος που έχει μάζα >18 kg. Εάν η DUT εξακολουθεί να είναι λειτουργική στο τέλος της εφαρμογής της στατικής δύναμης, θα υποστεί ένα κύκλο εκφόρτισης και φόρτισης, σύμφωνα με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή. Έπειτα διενεργείται (conducted) μία περίοδος παρατήρησης (observation period) σύμφωνα με την [8.5](#).

28.3 Εάν θεωρηθεί απαραίτητο (δηλ. λόγω σχεδιασμού του συστήματος και πρόβλεψης εξαερισμού (venting) των κυψελών), μία από τις μεθόδους ανίχνευσης που περιγράφονται στην Ενότητα 9 θα χρησιμοποιηθεί για να ανιχνεύσει την παρουσία συγκεντρώσεων εύφλεκτου ατμού. Εάν απαιτείται με

¹²¹ Πρόκειται για την παρ. 5.1.

¹²² Σύμφωνα με την πιο πρόσφατη έκδοση του προτύπου, οι δοκιμές των Εν. 25, 26, 27 είναι απαραίτητες μόνο για συστήματα συσσωρευτών που προορίζονται για LER. Επομένως είναι απαραίτητες ώστε ένα σύστημα να «βρίσκεται σε εγκεκριμένο κατάλογο» για εφαρμογές LER σύμφωνα με το πρότυπο [UL 1973\(2018\)](#), όχι όμως και για να βρίσκεται στον αντίστοιχο εγκεκριμένο κατάλογο, σύμφωνα με το ίδιο πρότυπο, για εφαρμογές οικιακών/βιομηχανικών (αλλά πάντως σταθερών) BESS. Για το λόγο αυτό το κείμενο των δοκιμών δεν παρατίθεται.

βάση το σχεδιασμό ή την εγκατάσταση του συστήματος, ο εξαερισμός τοξικών εκλυόμενων αερίων θα παρακολουθείται (monitored) συνεχώς κατά τη διάρκεια της δοκιμής σύμφωνα με την Ενότητα 13.

28.4 Μετά την περίοδο παρατήρησης, η DUT θα υποστεί μια δοκιμή «όπως παραλήφθηκε» (as received) για την τάση διηλεκτρικής αντοχής σύμφωνα με την Ενότητα 20. Η DUT θα εξεταστεί για σημάδια ρήξης (rupture) και ενδείξεις διαρροής.

28.5 Τα ακόλουθα (a)...(h), εάν συμβούν σαν αποτέλεσμα της δοκιμής στατικής δύναμης, θεωρούνται αποτελέσματα μη συμμόρφωσης. Για περισσότερες πληροφορίες σχετικά με αποτελέσματα μη συμμόρφωσης, βλ. Πίνακα 12.1.

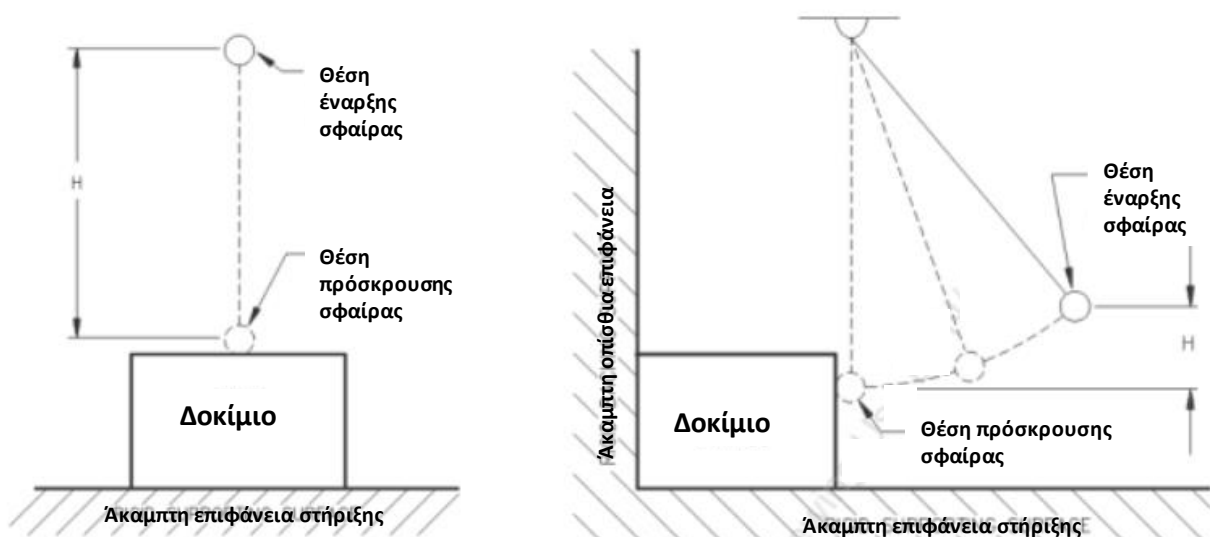
- a) E – έκρηξη
- b) F – φωτιά
- c) C – συγκεντρώσεις εύφλεκτων ατμών
- d) V – έκλυση τοξικών ατμών
- e) S – κίνδυνος ηλεκτροπληξίας (διηλεκτρική διάσπαση, breakdown)
- f) L – διαρροή (εξωτερικά του περιβλήματος της DUT)
- g) R – ρήξη (του περιβλήματος της DUT, εκθέτοντας επικίνδυνα μέρη όπως καθορίζεται στην 7.3.3)
- h) P – απώλεια διατάξεων ελέγχου προστασίας (protection controls)

Η Ενότητα 29 αναφέρεται στους κινδύνους 1.7 {σελ. 59}, 5.1 {σελ. 81}

29 Δοκιμή πρόσκρουσης

29.1 Ο σκοπός αυτής της δοκιμής είναι να αξιολογήσει τη μηχανική ακεραιότητα (integrity) του περιβλήματος και την ικανότητά του να παρέχει μηχανική προστασία στα περιεχόμενα του συστήματος συσσωρευτών.

29.2 Το περίβλημα μιας πλήρως φορτισμένης διάταξης υπό δοκιμή (DUT) (MOSOC όπως περιγράφεται στην 8.1) θα υποστεί τουλάχιστον τρεις προσκρούσεις ενέργειας 6,8 J πάνω σε οποιαδήποτε επιφάνεια μπορεί να εκτεθεί σε χτυπήματα κατά την προοριζόμενη χρήση. Η πρόσκρουση θα δημιουργηθεί ρίχνοντας μία σφαίρα από χάλυβα, διαμέτρου 50,8 mm και βάρους 535 g, από ένα ύψος $H = 1,29$ m. Για άλλες όψεις εκτός από την πάνω όψη περιβλήματος, η χαλύβδινη σφαίρα θα αναρτάται από ένα κορδόνι (cord) και θα αιωρείται σαν εκκρεμές, πέφτοντας από το κατακόρυφο ύψος του 1,29 m, με το προϊόν που δοκιμάζεται να είναι εφάπτεται σε ένα κατακόρυφο τοίχο. Βλ. σχήμα 29.1. Ένα διαφορετικό δείγμα μπορεί να χρησιμοποιείται για κάθε κρούση.



Σχήμα 29.1: Η δοκιμή πρόσκρουσης

- Το H στο σχήμα δηλώνει την κατακόρυφη απόσταση που πρέπει να διανύσει η σφαίρα για να δώσει την επιθυμητή πρόσκρουση, 1,29 m.
- Για τη δοκιμή σφαίρας-εκκρεμούς, η σφαίρα θα έρθει σε επαφή με το δείγμα όταν το κορδόνι (string) είναι στην κατακόρυφη θέση, όπως φαίνεται.
- Η DUT θα είναι τοποθετημένη σε δάπεδο από σκυρόδεμα (concrete). Μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια ισοδύναμη μη επανατακτική (non-resilient) επιφάνεια στήριξης.
- Η οπίσθια επιφάνεια (backing surface) θα αποτελείται από κόντρα πλακέ (plywood) 19 mm, πάνω σε άκαμπτη επιφάνεια από σκυρόδεμα.

29.3 Εάν η DUT εξακολουθεί να είναι λειτουργική μετά τις προσκρούσεις, θα υποστεί ένα κύκλο εκφόρτισης και φόρτισης, σύμφωνα με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή. Έπειτα διενεργείται μία περίοδος παρατήρησης σύμφωνα με την [8.5](#).

29.4 Κατά της διάρκεια της δοκιμής, μία από τις μεθόδους ανίχνευσης που περιγράφονται στην Ενότητα 9 θα χρησιμοποιηθεί για να ανιχνεύσει την παρουσία συγκεντρώσεων εύφλεκτου ατμού. Εάν απαιτείται με βάση το σχεδιασμό ή την εγκατάσταση του συστήματος, ο εξαερισμός τοξικών εκλυόμενων αερίων θα παρακολουθείται συνεχώς κατά τη διάρκεια της δοκιμής σύμφωνα με την Ενότητα [13](#).

29.5 Μετά την περίοδο παρατήρησης, η DUT θα υποστεί μια δοκιμή «όπως παραλήφθηκε» για την τάση διηλεκτρικής αντοχής σύμφωνα με την Ενότητα 20. Η DUT θα εξεταστεί για σημάδια ρήξης (rupture) και ενδείξεις διαρροής.

29.6 Τα ακόλουθα (a)...(h), εάν συμβούν σαν αποτέλεσμα της δοκιμής πρόσκρουσης, θεωρούνται αποτελέσματα μη συμμόρφωσης. Για περισσότερες πληροφορίες σχετικά με αποτελέσματα μη συμμόρφωσης, βλ. Πίνακα [12.1](#).

- a) E – έκρηξη
- b) F – φωτιά
- c) C – συγκεντρώσεις εύφλεκτων ατμών
- d) V – έκλυση τοξικών ατμών
- e) S – κίνδυνος ηλεκτροπληξίας (διηλεκτρική διάσπαση)
- f) L – διαρροή (εξωτερικά του περιβλήματος της DUT)
- g) R – ρήξη (του περιβλήματος της DUT, εκθέτοντας επικίνδυνα μέρη όπως καθορίζεται στην 7.3.3)
- h) P – απώλεια διατάξεων ελέγχου προστασίας

Η Ενότητα 30 αναφέρεται στους κινδύνους [1.7](#) {σελ. 59}, [5.1](#) {σελ. 81}, [5.2](#) {σελ. 82}

30 Δοκιμή πρόσκρουσης πτώσης

30.1 Μονάδες που προορίζονται για εγκατάσταση στο πεδίο με στήριξη πάνω σε ράφι (rack mount) ή παρόμοιο εξοπλισμό, υπόκεινται σε μια δοκιμή πρόσκρουσης πτώσης για να προσδιοριστεί ότι δεν υπάρχει κίνδυνος σαν αποτέλεσμα ακούσιας πτώσης κατά τη διάρκεια της εγκατάστασης ή της αφαίρεσης.

30.2 Αφού ισορροπήσει σε θερμοκρασία δωματίου σύμφωνα με την [8.3](#), μια πλήρως φορτισμένη μονάδα / συστοιχία θα ριχθεί από ένα ελάχιστο ύψος: 100 cm για προϊόντα που ζυγίζουν ≤7 kg, 10 cm για προϊόντα >7 kg και ≤100 kg, και 2,5 cm για προϊόντα >100 kg, ώστε να πέσει σε μία επιφάνεια από σκυρόδεμα ή μέταλλο, στην θέση (position) που είναι πιο πιθανό να προκαλέσει αρνητικές επιπτώσεις, και με τον τρόπο που είναι αντιπροσωπευτικότερος αυτού που θα μπορούσε να συμβεί κατά την επισκευή, και του χειρισμού/αφαίρεσης του συστήματος συσσωρευτών κατά την εγκατάσταση και της συντήρησης. Ο προσανατολισμός της πτώσης θα καθοριστεί από το προσωπικό δοκιμής μετά από

ανάλυση των οδηγιών εγκατάστασης και συντήρησης. Εάν χρησιμοποιείται μεταλλική επιφάνεια, θα πρέπει να διαθέτει κάποιο μέσο μόνωσης, όπως μονωτικό στρώμα (insulating film), που θα εμποδίσει ακούσιο βραχυκύκλωμα με την επιφάνεια χωρίς να επηρεάσει τα αποτελέσματα της δοκιμής.

30.3 Το δείγμα θα πέσει τουλάχιστον μία φορά. Όμως, εάν πραγματοποιηθεί μόνο μία δοκιμή πτώσης, δεν θα είναι επίπεδη πτώση (flat drop). Εάν πραγματοποιηθεί μια επίπεδη πτώση, θα πραγματοποιηθεί τουλάχιστον άλλη μία πτώση που δεν θα είναι επίπεδη.

30.4 Εάν η επιφάνεια είναι από σκυρόδεμα θα έχει πάχος τουλάχιστον 76 mm, και σε κάθε περίπτωση η επιφάνεια θα έχει αρκετά μεγάλο εμβαδό ώστε να καλύπτει ολόκληρη την DUT.

30.5 Εάν η DUT εξακολουθεί να είναι λειτουργική μετά την πτώση, θα υποστεί ένα κύκλο εκφόρτισης και φόρτισης, σύμφωνα με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή. Έπειτα διενεργείται μία περίοδος παρατήρησης σύμφωνα με την [8.5](#).

30.6 Μετά την περίοδο παρατήρησης, η DUT θα υποστεί μια δοκιμή «όπως παραλήφθηκε» (as received) για την τάση διηλεκτρικής αντοχής σύμφωνα με την Ενότητα 20. Η DUT θα εξεταστεί για σημάδια ρήξης (rupture) και ενδείξεις διαρροής.

30.7 Μία πηγή ανάφλεξης ή ανίχνευση αερίων όπως περιγράφεται στην Ενότητα 9 θα χρησιμοποιηθεί για να ανιχνεύσει την παρουσία συγκεντρώσεων εύφλεκτου ατμού στο δείγμα αμέσως μετά την πτώση, και θα επαναληφθεί στην περίπτωση αύξησης θερμοκρασίας.

30.8 Τα ακόλουθα (a)...(f), εάν συμβούν σαν αποτέλεσμα της δοκιμής πρόσκρουσης πτώσης, θεωρούνται αποτελέσματα μη συμμόρφωσης. Για περισσότερες πληροφορίες σχετικά με αποτελέσματα μη συμμόρφωσης, βλ. Πίνακα [12.1](#).

a) E – έκρηξη

b) F – φωτιά

c) C – συγκεντρώσεις εύφλεκτων ατμών

d) S – κίνδυνος ηλεκτροπληξίας (διηλεκτρική διάσπαση)

e) L – διαρροή (εξωτερικά του περιβλήματος της DUT)

f) R – ρήξη (του περιβλήματος της DUT, εκθέτοντας επικίνδυνα μέρη όπως καθορίζεται στην 7.3.3)

Η Ενότητα 31 αναφέρεται στους κινδύνους [1,7](#) {σελ. 59}, [5,2](#) {σελ. 82}, [5,3](#) {σελ. 83}

31 Δοκιμή χειρολαβής/διάταξης στερέωσης σε τοίχο (wall mount fixture/handle test)

31.1 Μια διάταξη (apparatus) για στήριξη σε τοίχο ενός συστήματος συσσωρευτών, ή χειρολαβή/ές (handle(s)) που προορίζονται για το χειρισμό (handling) μιας εγκατεστημένης μονάδας/συστοιχίας στο πεδίο ή σε ράφι, θα έχουν επαρκή αντοχή για να υποστηρίζουν το σύστημα συσσωρευτών ή να επιτρέπουν τη μεταφορά (carrying) της μονάδας/συστοιχίας. Η συμμόρφωση θα προσδιορίζεται από την ακόλουθη δοκιμή.

31.2 Η διάταξη στήριξης στον τοίχο και το σύστημα συσσωρευτών θα εγκατασταθούν σύμφωνα με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή. Μία επιπλέον δύναμη ίση με 3× το βάρος του συστήματος συσσωρευτών θα εφαρμοστεί στο κέντρο της διάταξης στήριξης με κατεύθυνση προς τα κάτω. Η δύναμη θα διατηρηθεί για 1 min. Για μονάδες/συσσωρευτές με χειρολαβή/ές μεταφοράς, η DUT θα υποστηρίζεται (supported) από τη χειρολαβή και μία επιπλέον δύναμη ίση με 3× το βάρος της DUT θα εφαρμοστεί με κατεύθυνση προς τα κάτω. Εάν υπάρχουν πάνω από μία χειρολαβές, το πρόσθετο βάρος θα κατανεμηθεί μεταξύ τους.

31.3 Σαν αποτέλεσμα της εφαρμοζόμενης δύναμης, δεν θα υπάρξει ζημιά στη διάταξη στήριξης και στα μέσα ασφάλισης (securement), κατά τη δοκιμή της στήριξης στον τοίχο. Σαν αποτέλεσμα της εφαρμοζόμενης δύναμης, δεν θα υπάρξει ζημιά στις χειρολαβές ή στα μέσα στήριξης/ασφάλισης των χειρολαβών της DUT.

Η Ενότητα 32 αναφέρεται στον κίνδυνο [1.7](#) {σελ. 59}

32 Δοκιμή τάσης καλουπιού (mold stress)

32.1 Ο σκοπός αυτής της δοκιμής είναι να προσδιοριστεί εάν ένα περίβλημα κατασκευασμένο από χυτό (molded) πολυμερές υλικό μπορεί να ανθίσταται σε μία δοκιμή επιταχυνόμενης γήρανσης (accelerated ageing) χωρίς να διακυβεύεται (compromising) η ασφάλεια του περιβλήματος.

32.2 Ένα ολόκληρο (complete), πλήρως εκφορτισμένο δείγμα (εκφορτισμένο έως την EODV που προσδιορίζεται από τον κατασκευαστή) θα τοποθετηθεί σε έναν φούρνο πλήρως εξαναγκασμένης κυκλοφορίας αέρα (full-draft circulating-air oven), που διατηρείται σε ομοίμορφη θερμοκρασία τουλάχιστον 10°C πάνω από τη μέγιστη θερμοκρασία του περιβλήματος (όπως μετρήθηκε κατά τη δοκιμή ελέγχου θερμοκρασίας και ορίων λειτουργίας στην Ενότητα 18), και $\geq 70^{\circ}\text{C}$. Το δείγμα θα παραμείνει στο φούρνο για 7 h.

32.3 Μετά την απομάκρυνση από το φούρνο, θα ακολουθήσει μία περίοδος παρατήρησης της DUT σύμφωνα με την [8.5](#). Μετά την περίοδο παρατήρησης, το δείγμα θα υποστεί μια δοκιμή «όπως παραλήφθηκε» για την τάση διηλεκτρικής αντοχής σύμφωνα με την Ενότητα 20. Η DUT θα εξεταστεί για σημάδια ρήξης (rupture) και ενδείξεις διαρροής.

32.4 Σαν αποτέλεσμα της προετοιμασίας (conditioning)¹²³, το δείγμα δεν θα παρουσιάζει καθόλου ενδείξεις (evidence) μηχανικής ζημιάς, όπως ρωγμές (cracking) του περιβλήματος που εκθέτουν επικίνδυνα μέρη, ή μειώνουν τις ηλεκτρικά διαστήματα (spacings) ή διαρροή ηλεκτρολύτη από το περίβλημα.

Η Ενότητα 36 αναφέρεται στον κίνδυνο [5.4](#) {σελ. 83}

36. Δοκιμή αντοχής στην υγρασία (resistance to moisture test)

36.1 Ο σκοπός αυτής της δοκιμής είναι να προσδιορίσει (determine) ότι το σύστημα συσσωρευτών μπορεί να ανθίσταται με ασφάλεια στην έκθεση σε υγρασία (exposure to moisture) που προβλέπεται κατά την τελική χρήση (end use).

36.2 Η DUT, τοποθετημένη με τον προσανατολισμό κανονικής λειτουργίας της, θα υποστεί μια δοκιμή αντοχής στην υγρασία με βάση την IP κατηγορία της, σε συμφωνία με το [IEC 60529](#). Το σύστημα συσσωρευτών, για αυτή τη δοκιμή, θα είναι εγκατεστημένο και συνδεδεμένο όπως προβλέπεται στην εφαρμογή τελικής χρήσης. Για συσσωρευτές που τοποθετούνται σε θέση όπου μπορεί να υπόκεινται σε συνθήκες πλημμύρας, η κατηγορία IP θα πρέπει να καλύπτει κατ' ελάχιστον τη βύθιση (immersion). Εάν η DUT είναι λειτουργική μετά την προετοιμασία (conditioning), θα υποστεί έναν κύκλο εκφόρτισης και φόρτισης σύμφωνα με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή. Ακολουθεί μία περίοδος παρατήρησης σύμφωνα με την [8.5](#).

Εξαίρεση No.1: Περιβλήματα με κατηγοριοποίηση τύπου περιβλήματος (Enclosure Type Ratings) όπως καθορίζεται στο Άρθρο 110 του [NFPA 70](#) ή στην Ενότητα 2 του [C22.1](#) θα υποστούν την περιβαλλοντική δοκιμή που περιγράφεται στο [UL 50E/C22.2 No.94.2](#), αντί για αυτή του Κώδικα IP.

Εξαίρεση No.2: Η δοκιμή μπορεί να διενεργηθεί σε ένα υποσύστημα, εάν αυτό είναι αντιπροσωπευτικό του συστήματος αποθήκευσης ενέργειας.

36.3 Κατά τη διάρκεια της δοκιμής, θα χρησιμοποιηθεί μία από τις μεθόδους ανίχνευσης που περιγράφονται στην Ενότητα 9, για να ανιχνεύσει την παρουσία συγκεντρώσεων εύφλεκτων ατμών, εάν αναμένεται (anticipated) εξαερισμός των κυψελών. Εάν απαιτείται, με βάση το σχεδιασμό ή την εγκατάσταση του συστήματος, ο εξαερισμός των τοξικών εκλύσεων (toxic releases) θα παρακολουθείται συνεχώς κατά τη διάρκεια της δοκιμής σύμφωνα με την Ενότητα [13](#).

¹²³ Δηλαδή παραμονής στις ανωτέρω συνθήκες.

36.4 Στο τέλος της περιόδου παρατήρησης, τα δείγματα θα υποστούν μια δοκιμή «όπως παραλήφθηκε» (as received) για την τάση διηλεκτρικής αντοχής σύμφωνα με την Ενότητα 20. Η DUT θα εξεταστεί για σημάδια ρήξης και ενδείξεις διαρροής.

36.5 Τα ακόλουθα (a)...(h), εάν συμβούν σαν αποτέλεσμα της δοκιμής έκθεσης σε υγρασία, θεωρούνται αποτελέσματα μη συμμόρφωσης. Για περισσότερες πληροφορίες σχετικά με αποτελέσματα μη συμμόρφωσης, βλ. Πίνακα [12.1](#).

a) E – έκρηξη

b) F – φωτιά

c) C – συγκεντρώσεις εύφλεκτων ατμών

d) V – έκλυση τοξικών ατμών

e) S – κίνδυνος ηλεκτροπληξίας (διηλεκτρική διάσπαση)

f) L – διαρροή (εξωτερικά του περιβλήματος της DUT)

g) R – ρήξη (του περιβλήματος της DUT, εκθέτοντας επικίνδυνα μέρη όπως καθορίζεται στην 7.3.3)

h) P – απώλεια διατάξεων ελέγχου προστασίας (loss of protection controls)

Η Ενότητα 37 αναφέρεται στον κίνδυνο [5.4](#) {σελ. 83}

37. Δοκιμή αλατούχου νέφους (salt fog test)

37.1 Αυτή η δοκιμή προσδιορίζει την ικανότητα του συστήματος αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας να ανθίσταται με ασφάλεια στην αναμενόμενη έκθεση σε συνθήκες αλατούχου νέφους, λόγω χρήσης κοντά σε θαλάσσια περιβάλλοντα (marine environments), και θα έχει εφαρμογή σε εκείνα τα σταθερά συστήματα που εγκαθιστώνται κοντά σε θάλασσα, των οποίων τα εσωτερικά τμήματα είναι δυνατόν να εκτεθούν σε αλλοίωση (deterioration) λόγω αλατούχου νέφους, μέσω ανοιγμάτων στο περίβλημα. Αυτή η δοκιμή δεν εφαρμόζεται σε συστήματα που δεν προορίζονται να εγκαθιστώνται κοντά σε θαλάσσια περιβάλλοντα, όπως φαίνεται από τις οδηγίες εγκατάστασης, ή των οποίων το περίβλημα είναι σχεδιασμένο να αποτρέπει είσοδο υγρασίας, με προστασία έναντι διάβρωσης (π.χ. **UL/NEMA 4X**)¹²⁴

37.2 Ένα πλήρως φορτισμένο σύστημα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας (MOSOC σύμφωνα με την [8.1](#)) θα υποστεί τη δοκιμή σύμφωνα με τη μέθοδο του [IEC 60068-2-52](#), με επίπεδο αυστηρότητας (severity level) 1 ή 2, ανάλογα με την εφαρμογή και την τοποθεσία εγκατάστασης.

Εξαιρέση: Ένα δείγμα σε επίπεδο υποσυστήματος, που θα ήταν αντιπροσωπευτικό του συστήματος συσσωρευτών, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αυτή τη δοκιμή.

37.3 Εάν η DUT είναι λειτουργική μετά την προετοιμασία (conditioning), θα υποστεί έναν κύκλο εκφόρτισης και φόρτισης σύμφωνα με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή.

37.4 Κατά τη διάρκεια της δοκιμής, θα χρησιμοποιηθεί μία από τις μεθόδους ανίχνευσης που περιγράφονται στην Ενότητα 9, για να ανιχνεύσει την παρουσία συγκεντρώσεων εύφλεκτων ατμών, εάν αναμένεται (anticipated) εξαερισμός των κυψελών. Εάν απαιτείται, με βάση το σχεδιασμό ή την εγκατάσταση του συστήματος, ο εξαερισμός των τοξικών εκλύσεων (toxic releases) θα παρακολουθείται συνεχώς κατά τη διάρκεια της δοκιμής σύμφωνα με την Ενότητα [13](#). Ακολουθεί μία περίοδος παρατήρησης σύμφωνα με την [8.5](#).

37.5 Στο τέλος της περιόδου παρατήρησης, τα δείγματα θα υποστούν μια δοκιμή «όπως παραλήφθηκε» (as received) για την τάση διηλεκτρικής αντοχής σύμφωνα με την Ενότητα 20. Η DUT θα εξεταστεί για σημάδια ρήξης και ενδείξεις διαρροής.

¹²⁴ Σύμφωνα με το [NEMA 250](#)

37.6 Τα ακόλουθα (a)...(h), εάν συμβούν σαν αποτέλεσμα της δοκιμής έκθεσης σε αλατούχο νέφος, θεωρούνται αποτελέσματα μη συμμόρφωσης. Για περισσότερες πληροφορίες σχετικά με αποτελέσματα μη συμμόρφωσης, βλ. Πίνακα [12.1](#).

a) E – έκρηξη

b) F – φωτιά

c) C – συγκεντρώσεις εύφλεκτων ατμών

d) V – έκλυση τοξικών ατμών

e) S – κίνδυνος ηλεκτροπληξίας (διηλεκτρική διάσπαση)

f) L – διαρροή (εξωτερικά του περιβλήματος της DUT)

g) R – ρήξη (του περιβλήματος της DUT, εκθέτοντας επικίνδυνα μέρη όπως καθορίζεται στην 7.3.3)

h) P – απώλεια διατάξεων ελέγχου προστασίας (loss of protection controls)

Η Ενότητα 38 αναφέρεται στον κίνδυνο [4.1](#) {σελ. 79}

38. Δοκιμή έκθεσης σε εξωτερική φωτιά

38.1. Σκοπός αυτής της δοκιμής είναι να εξακριβώσει ότι ένα σύστημα συσσωρευτών δεν θα εκραγεί, όπως αποδεικνύεται από θραύσματα που σπάνε τον κλωβό δοκιμών, σαν αποτέλεσμα έκθεσης σε φωτιά υγρών υδρογονανθράκων (hydrocarbon pool fire) ή δασική πυρκαγιά (brush fire).

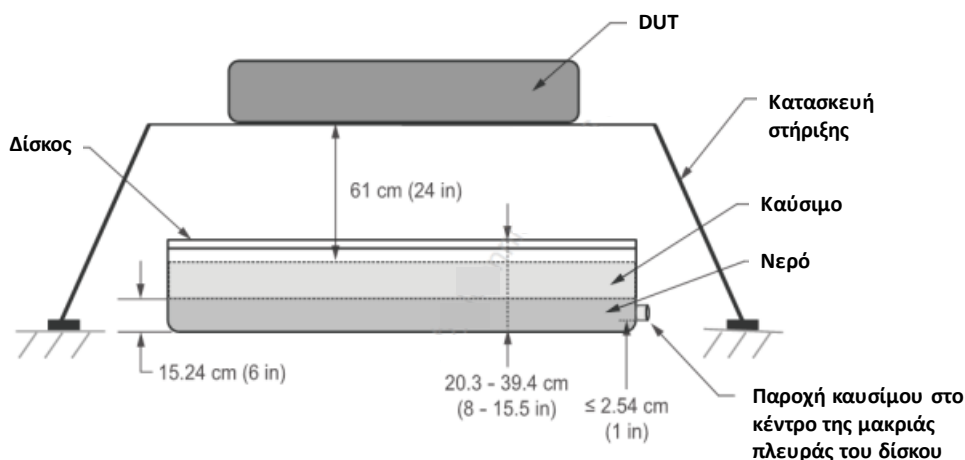
Εξαίρεση 1: Αντί για τη δοκιμή που περιγράφεται στην παρ.38.2 μπορεί να διενεργηθεί η αντίστοιχη δοκιμή του [UL 2580](#)¹²⁵.

Εξαίρεση 2: Η δοκιμή μπορεί να διενεργηθεί σε μια αντιπροσωπευτικό τμήμα και όχι στο πλήρες σύστημα συσσωρευτών, εάν καθοριστεί ότι μπορούν να ληφθούν ισοδύναμα αποτελέσματα.

Εξαίρεση 3: Εάν οι κυψέλες που χρησιμοποιούνται ικανοποιούν τη δοκιμή βλήματος (projectile) του [UL 1642](#)¹²⁶ ή του [UL 2054](#), τότε το σύστημα απαλλάσσεται από αυτή τη δοκιμή.

Εξαίρεση 4: Η δοκιμή δεν εφαρμόζεται σε συστήματα που προορίζονται μόνο για υπαίθρια χρήση και τοποθετούνται σε μη αναφλέξιμη επιφάνεια όπως τσιμέντο που εκτείνεται τουλάχιστον 91,4 cm (3 ft) πέρα από την περίμετρο του συστήματος συσσωρευτών.

38.2. Μια πλήρως φορτισμένη διάταξη υπό δοκιμή [Device Under Test, DUT] υπόκειται σε φωτιά υγρών υδρογονανθράκων για 20 min. Το καύσιμο θα είναι επτάνιο ή παρόμοιο καύσιμο υδρογονάνθρακα.



Σχήμα 38.1: Διάταξη δοκιμής έκθεσης σε εξωτερική φωτιά

¹²⁵ Batteries for Use In Electric Vehicles.

¹²⁶ Standard for Lithium Batteries.

38.3. Ο δίσκος («ταψί», pan) που περιέχει τη φωτιά θα είναι κατασκευασμένος από χάλυβα επαρκούς πάχους ώστε να αποτρέπεται η στρέβλωση κατά τη διάρκεια της 20λεπτης δοκιμής. Το άνω χείλος θα έχει μια χαλύβδινη γωνία συγκολλημένη γύρω του, ή άλλη παρόμοια ενίσχυση ώστε να αποτρέπεται η στρέβλωση κατά τη δοκιμή. Ο δίσκος θα είναι τοποθετημένος κάτω από την επιφάνεια στήριξης της DUT, με μια ονομαστική απόσταση 61 cm (2 ft) πάνω από την επιφάνεια του καυσίμου υδρογονάνθρακα, και το ύψος του θα είναι 20,3...39,4 cm (8...15,5 in) για να χωρέσει την απαιτούμενη ποσότητα νερού και του καυσίμου. Η παροχή καυσίμου θα γίνεται από ένα εξάρτημα με σπείρωμα (threaded fitting) στο κέντρο της μακριάς πλευράς του δίσκου, και που θα απέχει το πολύ 2,54 cm (1 in) από τον πυθμένα. Το ονομαστικό ύψος του νερού στο δίσκο θα είναι 15,24 cm (6 in) πριν την προσθήκη του καυσίμου, για να προστατευθεί ο δίσκος και για να παραμείνει η φλόγα συνεχής κατά τη διάρκεια της δοκιμής. Το καύσιμο θα προστίθεται όσο χρειάζεται για να ικανοποιηθεί η συνολική διάρκεια της δοκιμής.

38.4. Θα πρέπει να εξασφαλιστεί ένας κατάλληλος τρόπος να κατασβεστεί η φωτιά στο δίσκο μέσα σε 15 s, ή να απομακρυνθεί ο συσσωρευτής από τη φωτιά. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί είτε καλύπτοντας το δίσκο, είτε απομακρύνοντας τη DUT από τη θέση της πάνω από το δίσκο, είτε απομακρύνοντας το δίσκο, καθώς η κατάσβεση της φωτιάς μπορεί να είναι δύσκολη και δεν πρέπει να υποτιμάται.

38.5 Η DUT θα είναι τοποθετημένη στο κέντρο πάνω από τη φωτιά, πλήρως στηριγμένη. Η διάταξη στήριξης της DUT θα είναι επαρκώς ισχυρή ώστε να αντέχει το βάρος της DUT για τη διάρκεια της δοκιμής χωρίς να επιτρέπει στη DUT να γείρει ή να αναποδογυρίσει. Ο δίσκος θα είναι αρκετά μεγάλος ώστε να καλύπτει τις διαστάσεις της DUT. Η διάταξη δοκιμής φαίνεται στο Σχήμα 38.1.

38.6 Κατά τη διάρκεια της δοκιμής, η θερμοκρασία των κυψελών (cells) ή μονάδων (modules) θα καταγράφεται για πληροφοριακούς λόγους.

38.7 Μετά το πέρας των 20 min, η DUT υποβάλλεται σε κατάσβεση με μάνικα (hose), σύμφωνα με τις οδηγίες της Δοκιμής με Μάνικα του [UL 263](#)¹²⁷ ώστε να προσομοιωθεί η αντίδραση της Πυροσβεστικής στην οποία μπορεί να εκτεθεί το σύστημα σε περίπτωση φωτιάς.

38.8 Για να διαγνωσθεί εάν προέκυψε κίνδυνος έκρηξης, η διάταξη δοκιμής με τη DUT και το δίσκο θα είναι στο κέντρο ενός εσωτερικού κύκλου που θα σημαίνεται στο πάτωμα με μπογιά ή ανάλογο υλικό. Η γραμμή του κύκλου θα έχει πάχος το πολύ 12 mm (0,47 in) και ο εσωτερικός κύκλος θα απέχει το πολύ 1 m (3,3 ft) από την εξωτερική πλευρά της μακρύτερης πλευράς της DUT. Η DUT, η διάταξη δοκιμής και ο εσωτερικός κύκλος θα περικλείονται από έναν εξωτερικό κύκλο, ο οποίος θα αποτελείται από προστατευτικό τοίχο-φράγμα από άκαυστο υλικό όπως τούβλα ή τσιμέντο και με πάχος επαρκές ώστε να αντέχει τυχόν βλήματα που θα προκληθούν κατά τη δοκιμή. Ο εξωτερικός κύκλος θα απέχει τουλάχιστον 1,5 m (4,95 ft) από τον εσωτερικό.

38.9. Σαν αποτέλεσμα της δοκιμής, δεν πρέπει να υπάρξει έκρηξη της DUT που να προκαλέσει εκτόξευση βλημάτων έξω από τον εσωτερικό κύκλο που περιγράφεται στην παράγραφο 38.8. Βλ. και Πίνακα [12.1](#).

Η Ενότητα 39 αναφέρεται στους κινδύνους [4,1](#) και [4,2](#) {σελ. 79}

39. Δοκιμή ανοχής σε αστοχία μίας κυψέλης

39.1 Γενικά

39.1.1 Έχουν συμβεί ατυχήματα, με διάφορες τεχνολογίες συσσωρευτών, που αποδόθηκαν σε αστοχία μίας κυψέλης η οποία οδήγησε σε επικίνδυνο περιστατικό. Οι αστοχίες κυψέλης σε αυτά τα ατυχήματα

¹²⁷ Standard for Fire Tests of Building Construction and Materials.

ήταν αποτέλεσμα είτε κατασκευαστικού σφάλματος είτε ανεπαρκούς σχεδιασμού κυψέλης ή συσσωρευτή, είτε συνδυασμού των παραπάνω. Επειδή υπάρχει η πιθανότητα να αστοχήσει μία κυψέλη, το σύστημα συσσωρευτή πρέπει να είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε η αστοχία μίας κυψέλης να μην διαδοθεί στο βαθμό που να προκληθεί φωτιά έξω από τη DUT ή έκρηξη.

39.1.2. Ο μηχανισμός της αστοχίας κυψέλης που θα χρησιμοποιηθεί για τη δοκιμή θα αντικατοπτρίζει αυτό που είναι γνωστό ή αναμενόμενο για τη συγκεκριμένη τεχνολογία. Εάν δεν μπορεί να αναπαραχθεί ακριβώς ο μηχανισμός αστοχίας, για τη διεξαγωγή της δοκιμής θα χρησιμοποιηθεί μια προσομοίωση του τι μπορεί να συμβεί στην πράξη μέσω μιας εξωτερικής διέγερσης όπως θέρμανση ή μηχανική καταπόνηση. Παραδείγματα μεθόδων για να προσομοιωθεί η αστοχία μίας κυψέλης παρουσιάζονται στο Παράρτημα [F](#). Είναι δυνατό να απαιτηθούν πολλαπλές δοκιμές και πολλαπλοί τρόποι αστοχίας ως μέρος της ανάλυσης για να προσδιοριστεί η τελική μεθοδολογία της δοκιμής.

39.2 Ανοχή σχεδιασμού στην αστοχία μίας κυψέλης (ιόντων λιθίου)

39.2.1. Ένα σύστημα συσσωρευτή ιόντων λιθίου θα σχεδιάζεται έτσι ώστε να αντέχει την αστοχία μίας κυψέλης, και την επακόλουθη θερμική φυγή της κυψέλης αυτής. Με τους συσσωρευτές ιόντων λιθίου, αυτό που οδηγεί σε επικίνδυνα περιστατικά είναι συχνά η διάδοση στις γειτονικές κυψέλες, λόγω της θέρμανσης της κυψέλης που αστόχησε αρχικά. Η DUT (δηλαδή συστοιχία (pack) ή μονάδα (module) συσσωρευτή) πρέπει να σχεδιάζεται ώστε να εμποδίζει την αστοχία και θερμική φυγή μίας κυψέλης να διαδοθεί στο βαθμό που να προκαλέσει φωτιά έξω από τη DUT ή/και έκρηξη.

39.2.2. Διάφορες μέθοδοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να προκαλέσουν αστοχία θερμικής φυγής μίας κυψέλης. Για παράδειγμα, η θερμική φυγή μπορεί να επιτευχθεί με χρήση πηγών θέρμανσης, διείδυση καρβίων, υπερφόρτιση κλπ. Η υπηρεσία δοκιμών είναι υπεύθυνο να επιλέξει και να επιδείξει μια κατάλληλη μέθοδο για πρόκληση θερμικής φυγής. Συστήνεται να εξετάζεται μια υποψήφια μέθοδος, χρησιμοποιώντας πρώτα ένα μικρό υποσύνολο των κυψελών, για να εξεταστεί η αστοχία της κυψέλης και η επίδραση στις γειτονικές. Κατά την προσπάθεια να προσδιοριστεί η κατάλληλη μέθοδος αστοχίας, θα πρέπει να μετρώνται οι θερμοκρασίες στα περιβλήματα των κυψελών και οι διαφορές δυναμικού, για πληροφοριακούς λόγους. Βλ. Παράρτημα [F](#) για καθοδήγηση σε διάφορες μεθόδους πρόκλησης αστοχίας κυψέλης. Η επιλεγμένη μέθοδος θα πρέπει να συμφωνηθεί από την υπηρεσία δοκιμών.

39.2.3 Πρέπει να τεκμηριώνονται οι λεπτομέρειες της μεθόδου που μπορεί να επηρεάσουν τα αποτελέσματα των δοκιμών. Π.χ. εάν η κυψέλη θερμαίνεται για να επιτευχθεί η αστοχία: ο τύπος της διάταξης θέρμανσης και οι διαστάσεις του, η θέση και ο τρόπος που τοποθετείται η διάταξη πάνω στην κυψέλη, η μέγιστη τιμή και ο ρυθμός αύξησης της θερμοκρασίας, η χρονική διάρκεια έως την αντίδραση, οι θερμοκρασίες και η τάση στην κυψέλη, η κατάσταση φόρτισης κατά την έναρξη της θέρμανσης κλπ. Το δοκίμιο θα είναι αντιπροσωπευτικό του πραγματικού συσσωρευτή και οποιεσδήποτε τροποποιήσεις δεν θα επηρεάζουν σημαντικά τα αποτελέσματα. Για παράδειγμα, εάν πρόκειται να γίνει υπερφόρτιση, η θερμοαγωγήμο διαδρομή ανάμεσα στα διαφορετικά τμήματα (tabs) δεν πρέπει να παρεμποδίζεται, καθώς αυτό μπορεί να μειώσει τη σοβαρότητα της δοκιμής.

39.2.4. Αφού προσδιοριστεί μία κατάλληλη μέθοδος πρόκλησης αστοχίας κυψέλης, η πλήρως φορτισμένη DUT (μέγιστη λειτουργική κατάσταση φόρτισης, maximum operational state of charge – MOSOC) θα υποβληθεί στη δοκιμή ανοχής αστοχίας μίας κυψέλης. Η δοκιμή αυτή συνίσταται στην πρόκληση σφάλματος σε μία κυψέλη εντός της DUT, έως ότου προκύψει αστοχία που οδηγεί σε θερμική φυγή (όπως ορίζεται στην παρ.6.47), και στον προσδιορισμό εάν η αστοχία αυτή οδηγεί σε σημαντικό εξωτερικό κίνδυνο, ή εάν η αστοχία δεν προκαλεί την αστοχία των γειτονικών κελιών. Εάν προκληθεί επέκταση αστοχίας με μορφή αλληλουχίας (cascading), αυτή δεν θα επεκταθεί πέραν της DUT. Για να επιλεγεί το ποια συγκεκριμένη κυψέλη θα αστοχήσει, θα διενεργηθεί ανάλυση του

σχεδιασμού της DUT, ώστε να προσδιοριστεί ποια είναι η θέση της κυψέλης με τη μεγαλύτερη πιθανότητα να προκαλέσει εξωτερικό κίνδυνο, λαμβάνοντας υπόψη την απόσταση μεταξύ των κυψελών και την παρουσία υλικών που μπορεί να προκαλέσουν διάδοση. Εάν αυτό μπορεί να επηρεάσει τα αποτελέσματα, το δείγμα θα είναι στη μέγιστη καθορισμένη θερμοκρασία κατά τη φόρτιση και λειτουργία (με κάποια ανοχή, όση απαιτείται για να μετακινηθεί το δείγμα έξω από το θάλαμο κατά τη δοκιμή, αλλά εντός εύρους 5°C ή 9°F). Αφού επιτευχθεί η θερμική φυγή, ο εξωτερικός μηχανισμός που την προκάλεσε διακόπτεται και η DUT υποβάλλεται σε μια περίοδο παρατήρησης διάρκειας 24 h.

***Εξαίρεση Νο.1:** Η δοκιμή μπορεί να επαναληφθεί σε άλλο δείγμα χρησιμοποιώντας μια κυψέλη σε διαφορετική θέση, εάν δεν είναι σαφές ποια θέση αντιπροσωπεύει το χειρότερο σενάριο. Η θέση της κυψέλης που αστοχεί θα τεκμηριώνεται για κάθε δοκιμή.*

***Εξαίρεση Νο.2:** Η δοκιμή μπορεί να διενεργηθεί σε μια αντιπροσωπευτικό υποσύνολο (subassembly) αποτελούμενο από μία ή περισσότερες μονάδες, και αντιπροσωπευτικό περιβάλλον υλικό, εάν μπορεί να επιδειχθεί ότι δεν υπάρχει διάδοση πέραν του υποσυνόλου. Όταν η δοκιμή διενεργείται σε επίπεδο μονάδας ή υποσυνόλου, πρέπει να ληφθεί υπόψη η ευαισθησία στην καύση των εξαρτημάτων που περιβάλλουν τη μονάδα στην ολοκληρωμένη διάταξη. Οι θερμοκρασίες στις εξωτερικές επιφάνειες της DUT και τις επιφάνειες των τμημάτων που είναι σε επαφή ή κοντά στη DUT στην ολοκληρωμένη διάταξη θα παρακολουθούνται, ώστε να προσδιοριστεί εάν η υπερβολική θερμοκρασία σε αυτά τα γειτονικά τμήματα θα μπορούσε να οδηγήσει σε διάδοση σε ολόκληρο το σύστημα συσσωρευτή. Εάν υπάρχουν υπερβολικές θερμοκρασίες στις επιφάνειες, που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε διάδοση, η δοκιμή θα επαναληφθεί με όλα τα γειτονικά τμήματα τοποθετημένα στη θέση που θα είχαν σε ένα πλήρες σύστημα συσσωρευτή.*

39.2.5. Οι θερμοκρασίες της κυψέλης που αστοχεί και των κυψελών που την περιβάλλουν θα παρακολουθούνται και θα αναφέρονται, για πληροφοριακούς σκοπούς.

39.2.6 Το αποτέλεσμα της δοκιμής 39.2 είναι ότι δεν θα πρέπει να υπάρχει μετάδοση φωτιάς από τη DUT ή έκρηξη της DUT.

39.3 Ανοχή σχεδιασμού στην αστοχία μίας κυψέλης (άλλες τεχνολογίες)

39.3.1 Συστήματα άλλης τεχνολογίας όπως μεταλλικού λιθίου, νατρίου-θείου, νατρίου-χλωριούχου νικελίου, και μολύβδου-οξέος, όπου μπορεί να μην υπάρχουν επαρκή δεδομένα για την ανοχή τους σε γεγονότα αστοχίας μίας κυψέλης, θα υποβάλλονται σε δοκιμή αστοχίας μίας κυψέλης όπως περιγράφεται στην 39.2, με τις παρακάτω διαφοροποιήσεις: Ο μηχανισμός αστοχίας για τις τεχνολογίες αυτές μπορεί να είναι διαφορετικός, και η αστοχία κυψέλης μπορεί να οδηγήσει ή όχι σε θερμική φυγή. Παρόμοια με την τεχνολογία ιόντων λιθίου, η επιλογή του τρόπου αστοχίας κυψέλης πρέπει να είναι αντιπροσωπευτική αυτού που μπορεί να συμβεί στην πράξη για τη συγκεκριμένη τεχνολογία. Ο επιλεγμένος μηχανισμός αστοχίας θα λάβει υπόψη αστοχίες λόγω πιθανών κατασκευαστικών σφαλμάτων για την τεχνολογία αυτή, τα οποία δεν θα αποκαλύπτονταν κατά την ξεχωριστή δοκιμή της κάθε κυψέλης.

39.3.2. Όπως για την τεχνολογία ιόντων λιθίου, έτσι και για τις υπόλοιπες τεχνολογίες συστήνεται να εξεταστεί πρώτα η μέθοδος δοκιμής χρησιμοποιώντας ένα μικρό υποσύνολο κυψελών, ώστε να μελετηθεί η αστοχία κυψέλης και η επίδρασή της στις γειτονικές κυψέλες. Πρέπει να καταγράφονται οι θερμοκρασίες στα καλύμματα των κυψελών και οι διαφορές δυναμικού για πληροφοριακούς σκοπούς. Βλ. Παράρτημα [E](#) για καθοδήγηση πάνω σε διάφορες μεθόδους πρόκλησης αστοχίας κυψέλης. Η μέθοδος που θα επιλεγεί θα συμφωνηθεί από την υπηρεσία δοκιμών.

39.3.3. Αφού έχει καθοριστεί μια κατάλληλη μέθοδος αστοχίας, αντιπροσωπευτική της χειρότερης περίπτωσης, η DUT θα υποβληθεί σε εσωτερική αστοχία κυψέλης που συμβαίνει στην θέση που

θεωρείται η πιο ευαίσθητη για την πιθανότητα διάδοσης. Η DUT θα είναι σε κατάσταση που αντιπροσωπεύει τις παραμέτρους λειτουργίας στη χειρότερη στιγμή που θα μπορούσε να συμβεί αυτή η αστοχία. Για παράδειγμα, η DUT θα είναι στην ονομαστική θερμοκρασία λειτουργίας της. Κατά τη διάρκεια της δοκιμής, θα μετρώνται οι θερμοκρασίες σε κρίσιμες θέσεις όπως γειτονικές κυψέλες για να καταγραφεί η αύξηση της θερμοκρασίας λόγω της εσωτερικής αστοχίας. Εάν δεν προκληθεί θερμική φυγή ως αποτέλεσμα της αστοχίας μιας κυψέλης, η δοκιμή σταματά όταν η θερμοκρασία της DUT σταθεροποιηθεί ή φτάσει τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος χώρου, και η DUT υποβάλλεται σε περίοδο παρατήρησης διάρκειας 24 h. Εάν προκληθεί θερμική φυγή, ο μηχανισμός που χρησιμοποιήθηκε για να προκαλέσει την αστοχία διακόπτεται ή σταματά και η DUT υποβάλλεται σε περίοδο παρατήρησης διάρκειας 24 h.

***Εξαιρέση No.1:** Η δοκιμή μπορεί να επαναληφθεί σε άλλο δείγμα χρησιμοποιώντας μια κυψέλη σε διαφορετική θέση, εάν δεν είναι σαφές ποια θέση αντιπροσωπεύει το χειρότερο σενάριο. Η θέση της κυψέλης που αστοχεί θα τεκμηριώνεται για κάθε δοκιμή.*

***Εξαιρέση No.2:** Η δοκιμή μπορεί να διενεργηθεί σε ένα αντιπροσωπευτικό υποσύνολο (subassembly) αποτελούμενο από μία ή περισσότερες μονάδες, και αντιπροσωπευτικό περιβάλλον υλικό, εάν μπορεί να επιδειχθεί ότι δεν υπάρχει διάδοση πέραν του υποσυνόλου. Όταν η δοκιμή διενεργείται σε επίπεδο μονάδας ή υποσυνόλου, πρέπει να ληφθεί υπόψη η ευαισθησία στην καύση των εξαρτημάτων που περιβάλλουν τη μονάδα στην ολοκληρωμένη διάταξη.*

39.3.4 Το αποτέλεσμα της δοκιμής 39.3 είναι ότι δεν θα πρέπει να υπάρχει μετάδοση φωτιάς από τη DUT ή έκρηξη της DUT.

ΣΗΜΑΝΣΕΙΣ (Markings)

Η Ενότητα 41, και ειδικά η παρ. 41.2 αναφέρεται στους κινδύνους [6.1](#) και [6.2](#) {σελ. 86}

41. Γενικά

***Συμβουλευτική σημείωση:** Στον Καναδά υπάρχουν δύο επίσημες γλώσσες. Επομένως είναι απαραίτητο να υπάρχουν οι οδηγίες και σημάσεις ΠΡΟΣΟΧΗΣ (CAUTION), ΠΡΟΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗΣ (WARNING) και ΚΙΝΔΥΝΟΥ (DANGER) και στα Αγγλικά και στα Γαλλικά. Το Παράρτημα G παραθέτει αποδεκτές γαλλικές μεταφράσεις των οδηγιών και σημάτων που καθορίζονται στο παρόν πρότυπο. Όταν ένα προϊόν δεν προορίζεται να χρησιμοποιηθεί στον Καναδά, οι οδηγίες και σημάσεις μπορούν να παρέχονται μόνο στα Αγγλικά.*

41.1 Οι απαιτούμενες σημάσεις θα είναι μόνιμες. Παραδείγματα μόνιμων σημάτων είναι η σφράγιση με μελάνι (ink stamping), η εγχάραξη (engraving) και οι κολλημένες ετικέτες (adhesive labels), εφόσον αυτές συμμορφώνονται με το [UL 969](#) ή με το [CSA C22.2 No0.15](#) όσον αφορά τις επιφάνειες και τις συνθήκες χρήσης. Οι σημάσεις που απαιτούνται από το παρόν πρότυπο, συμπεριλαμβανομένων των σημάτων της πινακίδας (nameplate) σύμφωνα με την 41.2 και οποιεσδήποτε προειδοποιητικές (cautionary) ετικέτες, θα είναι ευανάγνωστες (legible), θα έχουν χρώμα κειμένου που θα κάνει αντίθεση (contrast) με το χρώμα υποβάθρου, και θα είναι ορατές κατά την εγκατάσταση του συστήματος συσσωρευτών.

41.2 Οι συσσωρευτές θα σημαίνονται με τον κατασκευαστή (όνομα, εμπορική επωνυμία (trade name), εμπορικό σήμα (trademark) ή άλλη περιγραφική σήμανση που μπορεί να ταυτοποιήσει τον οργανισμό που είναι υπεύθυνος για το προϊόν), τον αριθμό τμήματος (part number) ή αριθμό μοντέλου (model number), και τις ονομαστικές τιμές των ηλεκτρικών μεγεθών (σε V DC και χωρητικότητα σε Ah ή Wh) και τη χημεία του συσσωρευτή. Οι τερματικοί ακροδέκτες του συστήματος συσσωρευτών θα σημαίνονται ώστε να φαίνεται αν είναι θετικοί (+) ή αρνητικοί (-). Ο συσσωρευτής θα σημαίνεται επίσης με την IP κατηγορία του.

41.3 Τα συστήματα συσσωρευτών θα σημαίνονται με το μέγιστο ρεύμα βραχυκυκλώματος και τη χρονική διάρκεια (που αντιστοιχεί στο μέγιστο ρεύμα βραχυκύκλωσης) στους ακροδέκτες εξόδου του συστήματος.

41.4. Τα συστήματα συσσωρευτών θα σημαίνονται επίσης με την ημερομηνία κατασκευής, η οποία μπορεί να είναι σε μορφή κωδικού ο οποίος δεν επαναλαμβάνεται εντός 20 ετών.

41.5 Ένα σύστημα συσσωρευτών που προορίζεται να χρησιμοποιηθεί μόνο με συγκεκριμένους φορτιστές θα σημαίνεται με την ακόλουθη ή ισοδύναμη φράση: «Χρησιμοποιείτε μόνον τον (...) φορτιστή».

41.6 Ένα σύστημα συσσωρευτών που έχει αξιολογηθεί για προστασία έναντι εισόδου υγρασίας σύμφωνα με την 7.3.5, θα έχει σήμανση με τον κατάλληλο κωδικό IP.

41.7 Τα συστήματα θα διαθέτουν μία προειδοποιητική (cautionary) σήμανση που θα υποδεικνύει να διαβάσει ο χρήστης όλες τις οδηγίες πριν την εγκατάσταση, τη λειτουργία και τη συντήρηση του συστήματος. Αυτή η σήμανση μπορεί να είναι στη μορφή συμβόλων, όπως το σύμβολο 434 «προσοχή» του [ISO 7000](#)¹²⁸ (θαυμαστικό εντός τριγώνου), ακολουθούμενο από το σύμβολο 790 «διαβάστε το εγχειρίδιο οδηγιών» τού ίδιου προτύπου (ανοιχτό βιβλίο).¹²⁹ Εάν χρησιμοποιούνται σύμβολα, η σημασία τους θα εξηγείται στο εγχειρίδιο οδηγιών (instruction manual).

41.8 Τα συστήματα που πρέπει να λειτουργούν σε ένα συγκεκριμένο προσανατολισμό για ασφαλή λειτουργία, θα διαθέτουν σήμανση που δείχνει το σωστό προσανατολισμό.

41.9 Τα συστήματα θα διαθέτουν προειδοποιητική σήμανση που δείχνει κίνδυνο ηλεκτροπληξίας (risk of electrocution) κοντά στους ακροδέκτες συσσωρευτών με επικίνδυνη τάση.

41.10 Συστήματα με αντικαταστάσιμες (replaceable) τηκόμενες ασφάλειες (fuses) θα σημαίνονται με την ονομαστική τιμή και τον τύπο της ασφάλειας. Η σήμανση θα βρίσκεται κοντά στην ασφαλειοθήκη (fuseholder).

41.11 Διαχωριζόμενα (separable) βοηθητικά στοιχεία (accessories) και διατάξεις ελέγχου που προορίζονται για σύνδεση με την κύρια τροφοδοσία ρεύματος (mains supply) θα διαθέτουν σήμανση που θα περιλαμβάνει το όνομα του κατασκευαστή, τον αριθμό τμήματος (part number) του στοιχείου και τις ονομαστικές τιμές των ηλεκτρικών μεγεθών όσον αφορά την τάση, τη συχνότητα, τη φάση (εάν είναι εφαρμόσιμο) και το ρεύμα ή την ισχύ.

41.12. Ένας τερματικός ακροδέκτης γείωσης (ground terminal) θα έχει σήμανση όπως περιγράφεται στην 7.6.8.

41.13 Επιπλέον προειδοποιητικές σημάνσεις για συστήματα συσσωρευτών που τοποθετούνται σε θέσεις περιορισμένης πρόσβασης, όπως προειδοποιήσεις σχετικά με επικίνδυνα ή κινούμενα μέρη, θερμές επιφάνειες κλπ., ώστε να εφιστούν την προσοχή (alert) του προσωπικού συντήρησης ή άλλου εκπαιδευμένου προσωπικού, και να αποτρέπουν τους κινδύνους, θα βρίσκονται σε σημεία όπου θα είναι ορατά από τα άτομα που έχουν πρόσβαση στη θέση αυτή.

¹²⁸ Graphical symbols for use on equipment — Registered symbols.



¹²⁹

Οι δύο παραλλαγές του συμβόλου «προσοχή» (αριστερά: 434A., μέση: 434B) και το σύμβολο «βλ. εγχειρίδιο οδηγιών» (δεξιά: 790) σύμφωνα με το [ISO 7000 \(2019\)](#).

ΟΔΗΓΙΕΣ (instructions)

Η Ενότητα 42 αναφέρεται στους κίνδυνους [6.3](#), [6.4](#) {σελ. 86}

42. Γενικά

Ειδικότερα η παρ. 42.1 αναφέρεται στον κίνδυνο [6.3](#) {σελ. 86}

42.1 Τα τμήματα (components) ενός συστήματος συσσωρευτών θα διαθέτουν ένα πλήρες σύνολο (set) οδηγιών για ορθή εγκατάσταση και χρήση σε ένα σύστημα συσσωρευτών. Αυτές οι οδηγίες θα περιλαμβάνουν τις προδιαγραφές της κανονικής λειτουργίας (normal operating specifications).

42.2 Τα συστήματα θα διαθέτουν πλήρεις οδηγίες για την εγκατάσταση στην εφαρμογή τελικής χρήσης. Οι οδηγίες εγκατάστασης θα περιλαμβάνουν τα ακόλουθα στοιχεία, καθώς και οποιαδήποτε άλλα είναι απαραίτητα για την ασφαλή και σωστή εγκατάσταση του συστήματος και των βοηθητικών στοιχείων του στην προοριζόμενη τελική χρήση:

- a) Μονωμένα εργαλεία, μονωτικά γάντια, μέσα ατομικής προστασίας (personal protective equipment), προστατευτική ενδυμασία και άλλα απαραίτητα μέτρα για την ασφαλή εγκατάσταση του συστήματος.
- b) Τις απαραίτητες απαιτήσεις περιβλήματος (housing) για προστασία έναντι εισόδου υγρασίας και ξένων σωμάτων (debris), ή πρόσβασης ατόμων.
- c) Απαιτήσεις εξαερισμού για την αποτροπή της συσσώρευσης υδρογόνου >25% του LFL.
- d) Προστατευτικά εξαρτήματα και διατάξεις που απαιτούνται στην εγκατάσταση τελικής χρήσης, όπως ασφάλειες (fuses), αυτόματους διακόπτες (circuit breakers), καλώδια (wiring) και άλλες διατάξεις όπως διατάξεις αποσύνδεσης (disconnect devices), σύμφωνα με το [NFPA 70](#) ή το [C22.1](#). Βλ.7.8.1.4.
- e) Ηλεκτρολογικά σχέδια (circuit diagrams) και οδηγίες για ορθή σύνδεση του συστήματος και οποιωνδήποτε βοηθητικών συσκευών (ancillary devices) όπως χωριστοί ελεγκτές, διατάξεις παρακολούθησης (monitoring) κλπ.
- f) Προειδοποιήσεις και οδηγίες σχετικά με τον ηλεκτρολύτη των συσσωρευτών.
- g) Οδηγίες σχετικά με οποιοσδήποτε δοκιμές και ελέγχους ενεργοποίησης (commissioning tests and checks) που είναι απαραίτητα πριν το σύστημα τεθεί σε λειτουργία.
- h) Πίνακας ή κατάλογος κλπ. με τα χρησιμοποιούμενα σύμβολα και τη σημασία τους.
- i) Τις απαραίτητες πληροφορίες για την ολοκλήρωση μιας ανάλυσης τόξου (arc flash) / έκρηξης (blast), στις οποίες συμπεριλαμβάνονται κατ' ελάχιστο: το ρεύμα σφάλματος μηδενικής αντίστασης (bolted fault current, IBF), το μισό ρεύμα σφάλματος μηδενικής αντίστασης (1/2 IBF), ο χρόνος ανοίγματος (clearing time) της προστατευτικής διάταξης, και η ικανότητα διακοπής ρεύματος (current interrupt capability) της προστατευτικής διάταξης, εφόσον τα παραπάνω είναι εφαρμόσιμα στο σύστημα.
- j) Εάν είναι εφαρμόσιμο, ο κατασκευαστής θα παρέχει πληροφορίες για θέματα σχεδιασμού όσον αφορά τις ελάχιστες και μέγιστες διατάξεις (configurations) του συστήματος, όπως τον αριθμό των μονάδων που μπορούν να εγκαθιστώνται σε σειρά, τη μέγιστη αντίσταση και τη μέγιστη επαγωγή (inductance), ώστε η ενέργεια τόξου (arc flash incident energy) να μην ξεπεράσει τα όρια που αντιστοιχούν στα ΜΑΠ κατηγορίας 4 σύμφωνα με το [NFPA 70E](#)¹³⁰ ή το [CSA Z462](#).¹³¹

Ειδικότερα η παρ. 42.3 αναφέρεται στον κίνδυνο [6.4](#) {σελ. 86}

42.3 Συστήματα συσσωρευτών που προορίζονται να εγκατασταθούν σε θέση περιορισμένης πρόσβασης σύμφωνα με την 6.41 θα έχουν οδηγίες εγκατάστασης που θα το υποδεικνύουν, με τις οδηγίες να περιλαμβάνουν στοιχεία σχετικά με το είδος της απαιτούμενης θέσης, τους περιορισμούς του, τη σήμανση (signage) και άλλες πληροφορίες που πρέπει να δίνονται.

¹³⁰ Standard for Electrical Safety in the Workplace.

¹³¹ Workplace Electrical Safety.

42.4 Ένα σύστημα θα διαθέτει οδηγίες για την ορθή χρήση, που συμπεριλαμβάνουν τη φόρτιση και εκφόρτιση, την αποθήκευση, την ανακύκλωση και την απόρριψη (disposal). Αυτές οι οδηγίες θα περιλαμβάνουν όρια θερμοκρασίας, όρια φόρτισης και εκφόρτισης, καθώς και οδηγίες σχετικά με την χρήση οποιωνδήποτε διατάξεων ελέγχου ή παρακολούθησης.

Ειδικότερα η παρ. 42.5 αναφέρεται στον κίνδυνο [6.4](#) {σελ. 86}

42.5 Ένα σύστημα θα περιλαμβάνει τις ακόλουθες ή ισοδύναμες φράσεις:

- a) Μία προειδοποιητική λέξη, όπως «ΚΙΝΔΥΝΟΣ», «ΠΡΟΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗ» ή «ΠΡΟΣΟΧΗ».
- b) Μια σύντομη περιγραφή των πιθανών κινδύνων.
- c) Ένα κατάλογο ενεργειών που πρέπει να γίνουν για την αποφυγή πιθανών κινδύνων κατά την απόρριψη του συστήματος όπως να μην υποστεί σύνθλιψη (crush), να μην αποσυναρμολογηθεί (disassemble), να μην ριχθεί στη φωτιά, ή παρόμοιες ενέργειες.

42.6 Το σύστημα θα διαθέτει ένα εγχειρίδιο συντήρησης (maintenance), που περιλαμβάνει πρόγραμμα (schedule) συντηρήσεων του συστήματος και των βοηθητικών στοιχείων, στο οποίο συμπεριλαμβάνεται ο έλεγχος της καλωδίωσης και των συνδέσεων κλπ. Το εγχειρίδιο συντήρησης θα περιέχει απαραίτητες προφυλάξεις ασφαλείας όσον αφορά το χειρισμό (handling) ή τη διενέργεια (conducting) συντήρησης στο σύστημα και στις συνδέσεις του και τα βοηθητικά του στοιχεία.

Το Παράρτημα Α αναφέρεται στον κίνδυνο [5.5](#) {σελ. 85}

Παράρτημα Α

A1 Πρότυπα για εξαρτήματα

A1.1 Τα πρότυπα του CSA Group [84] και των UL [95] που καταγράφονται παρακάτω χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση των εξαρτημάτων και των χαρακτηριστικών (features) των προϊόντων που καλύπτονται από αυτό το πρότυπο. Τα εξαρτήματα θα συμμορφώνονται με όλα τα εφαρμόσιμα πρότυπα των CSA Group και UL. Αυτά τα πρότυπα θα θεωρείται ότι αναφέρονται στην πλέον πρόσφατη έκδοση και σε όλες τις αναθεωρήσεις (revisions) που έχουν εκδοθεί για αυτή την έκδοση.

Πρότυπα του CSA Group

C22.2 No.0.15	Adhesive Labels
C22.2 No.0.17	Evaluation of Properties of Polymeric Materials
C22.2 No.0.2	Insulation Coordination
C22.2 No.14	Industrial Control Equipment
C22.2 No.49	Flexible Cords and Cables
C22.2 No.65	Wire Connectors
C22.2 No.75	Wires and Cables, Thermoplastic-Insulated
C22.2 No.94.2	Enclosures for Electrical Equipment, Environmental Considerations
C22.2 No.127	Equipment and Lead Wires
C22.2 No.153	Electrical Quick-Connect Terminals
C22.2 No.158	Terminal Blocks
C22.2 No.182.1	Plugs, Receptacles and Cable Connectors, of the Pin and Sleeve Type
C22.2 No.182.3	Special Use Attachment Plugs, Receptacles and Connectors
C22.2 No.235	Supplementary Protectors
C22.2 No.248.1	Fuses, Low Voltage – Part 1: General Requirements
IEC 60947-4-1¹³²	Low-Voltage Switchgear and Controlgear – Part 4-1A: Contactors and Motor-Starters – Electromechanical Contactors and Motor-Starters

¹³² Τα ανωτέρω πρότυπα IEC έχουν υιοθετηθεί ως καναδικά πρότυπα CAN/CSA με διαφορετικό πρόθεμα αντί του IEC: [CAN/CSA C22.2 No.60947-4-1](#), [CAN/CSA C22.2 No.60950-1](#), [CAN/CSI E61131](#).

IEC 60950-1¹³²	Information Technology Equipment Safety – Part 1: General Requirements
IEC 61131-2¹³²	Programmable Controllers – Part 2: Equipment Requirements and Tests

Πρότυπα UL

UL 44	Thermoset-insulated Wires and Cables
UL 50E	Enclosures for Electrical Equipment, Environmental Considerations
UL 62	Flexible Cords and Cables
UL 66	Fixture Wire
UL 83	Wires and Cables, Thermoplastic Insulated
UL 94	Tests for Flammability of Plastic Materials for Parts in Devices and Appliances
UL 157	Gaskets and Seals
UL 248-1	Low Voltage Fuses – Part 1: General Requirements
UL 248	[όλα τα εφαρμόσιμα Μέρη]
UL 310	Terminals, Electrical Quick-Connect
UL 486A,B	Wire Connectors
UL 498	Attachment Plugs and Receptacles
UL 499	Electric Heating Appliances
UL 507	Electric Fans
UL 508	Industrial Control Equipment
UL 508A	Industrial Control Panels
UL 746A	Polymeric Materials – Short Term Property Evaluations
UL 746B	Polymeric Materials – Long Term Property Evaluations
UL 746C	Polymeric Materials – Use in Electrical Equipment Evaluations
UL 796	Printed-Wiring Boards
UL 796F	Flexible Materials Interconnect Constructions
UL 840	Insulation Coordination Including Clearances and Creepage Distances for Electrical Equipment
UL 991	Tests for Safety-Related Controls Employing Solid-State Devices
UL 969	Marking and Labeling Systems
UL 1004-1	Rotating Electrical Machines – General Requirements
UL 1012	Power Units Other Than Class 2
UL 1059	Terminal Blocks
UL 1063	Wires and Cables, Machine-Tool
UL 1077	Supplementary Protectors for Use in Electrical Equipment
UL 1434	Thermistor-Type Devices
UL 1577	Optical Isolators
UL 1642	Lithium Batteries
UL 1682	Plugs, Receptacles and Cable Connectors, of the Pin and Sleeve Type
UL 1741	Inverters, Converters, Controllers and Interconnections System Equipment for Use With Distributed Energy Resources
UL 1977	Connectors for Use in Data Signal and Power
UL 1998	Software in Programmable Components
UL 2054	Household and Commercial Batteries
UL 2580	Batteries for Use in Electric Vehicles
IEC 60730-1¹³³	Automatic Electrical Controls for Household and Similar Use – Part 1: General Requirements
IEC 60947-4-1¹³³	Low-Voltage Switchgear and Controlgear – Part 4-1: Contactors and Motor-Starters – Electromechanical Contactors and Motor-Starters
IEC 60947-5-2¹³³	Low-Voltage Switchgear and Controlgear – Part 5-2: Control Circuit Devices and Switching Elements – Proximity Switches
IEC 60950-1¹³³	Information Technology Equipment Safety – Part 1: General Requirements
IEC 61131-2¹³³	Programmable Controllers – Part 2: Equipment Requirements and Tests

¹³³ Τα ανωτέρω πρότυπα IEC έχουν υιοθετηθεί ως πρότυπα UL με το πρόθεμα UL αντί του IEC, π.χ. [UL 60950-1](#)

Το Παράρτημα F παρουσιάζεται για την κατανόηση άλλων προβλέψεων του προτύπου (βλ. και παρ. 3.4 {σελ. 90} της εργασίας)

Ειδικότερα, στο Παράρτημα F παραπέμπουν οι παρ. [39.1.2](#), [39.2.2](#), [39.3.2](#)

Παράρτημα F (Πληροφοριακό): Μέθοδοι Αστοχίας Κυψέλης

F1 Γενικά

F1.1 Αυτό το Παράρτημα παρέχει ορισμένες συνιστώμενες μεθόδους για την προσομοίωση αστοχίας κυψέλης για τη δοκιμή ανοχής σχεδιασμού σε αστοχία μοναδικής κυψέλης της Ενότητας 39. Οι παρακάτω μέθοδοι αντιπροσωπεύουν ορισμένες γνωστές μεθόδους που χρησιμοποιούνται για τέτοιες δοκιμές και θεωρούνται αντιπροσωπευτικές, ανάλογα με την τεχνολογία και το σχεδιασμό των συσσωρευτών, αλλά δεν προορίζονται να αποτελέσουν εξαντλητικό κατάλογο των μεθόδων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν.

F1.2 Τεχνικές πιθανής αστοχίας κυψέλης, αντιπροσωπευτικές του τι συμβαίνει στο πεδίο, είναι προτιμότερες για τη δοκιμή (π.χ. μόλυνση (contamination), ελαττώματα ή βλάβη (compromise) του διαχωριστικού λόγω εσωτερικών ή εξωτερικών συνθηκών σφάλματος κλπ), καθώς αυτό θα ήταν η πλησιέστερη προσέγγιση αυτού που θα μπορούσε να συμβεί σε μία κυψέλη ώστε αυτή να αστοχήσει. Όμως, κυψέλες με εσωτερικά ελαττώματα απαιτούν τη χρήση ειδικά κατασκευασμένων κυψελών με γνωστές αδυναμίες, και τέτοιες κυψέλες μπορεί να μην είναι πάντοτε διαθέσιμες για δοκιμή. Εναλλακτικά, οι επιδράσεις μιας αστοχίας κυψέλης μπορούν να προσομοιωθούν σε ένα ρεαλιστικό βαθμό μέσω εξωτερικών καταπονήσεων (stresses), π.χ. μέσω θέρμανσης, με τρόπο αντιπροσωπευτικό του τυπικού αποτελέσματος της αστοχίας.

F1.3 Οι ακόλουθες μέθοδοι μπορεί να χρησιμοποιηθούν για να αναπαράγουν ή να προσομοιώσουν πιθανές αστοχίες κυψέλης, εξαρτώμενες από την τεχνολογία, που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε θερμική φυγή και/ή διάδοση σε μια εφαρμογή τελικού χρήστη. Η επιλεγμένη μέθοδος δοκιμής θα πρέπει να βασίζεται σε πιθανούς μηχανισμούς σφάλματος λόγω κατασκευαστικών ελαττωμάτων, ή κρυμμένων (latent) ελαττωμάτων, που εισάγονται σε μία κυψέλη σαν αποτέλεσμα καταπονήσεων από το σύστημα συσσωρευτών, που μπορεί να οδηγήσουν σε ένα συμβάν διάδοσης για την εξεταζόμενη τεχνολογία. Συνιστάται αυτές οι μέθοδοι αστοχίας να εφαρμόζονται σε χαμηλό επίπεδο (μικρός αριθμός κυψελών, ή υπο-μονάδα), ώστε να προσδιοριστεί η αντίδραση των περιβαλλουσών κυψελών στην εσωτερική αστοχία της κυψέλης.

F1.4 Για την αξιολόγηση αυτή, όλες οι κυψέλες θα είναι σε πλήρως φορτισμένη κατάσταση (>95% της MOSOC) και, εάν είναι απαραίτητο για τη συγκεκριμένη τεχνολογία, θα έχουν θερμοκρασία ενεργού κατάστασης.

F1.5 Κατά τη διάρκεια της δοκιμής, οι θερμοκρασίες στην εξωτερική επιφάνεια ή περίβλημα της κυψέλης που αστοχεί θα παρακολουθούνται. Η τάση ανοιχτού κυκλώματος της κυψέλης που αστοχεί θα παρακολουθείται επίσης. Ο χρόνος από την αρχή της εφαρμογής του μηχανισμού αστοχίας στην κυψέλη, έως την ορατή έναρξη της αστοχίας, θα καταγράφεται. Τα παρατηρούμενα αποτελέσματα των αστοχιών κυψέλης και η επίδραση στις γειτονικές κυψέλες, θα καταγράφονται επίσης, και ίσως είναι χρήσιμη η βιντεοσκόπηση. Οι λεπτομέρειες της μεθοδολογίας δοκιμής θα τεκμηριώνονται, συμπεριλαμβάνοντας όλες τις παραμέτρους που επηρεάζουν τα αποτελέσματα της δοκιμής.

F2 Αναπαραγωγή εσωτερικών αστοχιών κυψέλης μέσω εσωτερικών ελαττωμάτων

F2.1 Αγωγή μολύνση μίας κυψέλης

F2.1.1 Αυτή η μέθοδος αναπαράγει μια αστοχία μοναδικής κυψέλης μέσω της εισαγωγής αγωγίμης μόλυνσης, που συνδέει την κάθοδο και την άνοδο δημιουργώντας βραχυκύκλωμα. Η μέθοδος απαιτεί μία ειδικά κατασκευασμένη κυψέλη με ένα γνωστό ελάττωμα, για να χρησιμοποιηθεί ως η κυψέλη που

αστοχεί. Οι υπόλοιπες κυψέλες στο υποσύνολο δοκιμής πρέπει να είναι αντιπροσωπευτικές της παραγωγής.

F2.1.2 Η αστοχία στην κυψέλη θα πρέπει να ενεργοποιηθεί (π.χ. με θέρμανση ή άλλα μέσα) και τα αποτελέσματα της αστοχίας θα πρέπει να καταγραφούν/τεκμηριωθούν. Οι θερμοκρασίες και οι τάσεις θα πρέπει να μετρηθούν και να τεκμηριωθούν, όπως περιγράφεται παραπάνω.

F2.2 Ελάττωμα διαχωριστικού μίας κυψέλης

F2.2.1 Αυτή η μέθοδος αναπαράγει ελαττώματα όπως οπές ή σχισίματα στο διαχωριστικό που συνδέει την κάθοδο και την άνοδο μιας κυψέλης, δημιουργώντας εσωτερικό βραχυκύκλωμα. Και αυτή η μέθοδος απαιτεί τη χρήση μίας ειδικά κατασκευασμένης κυψέλης με ένα γνωστό ελάττωμα. Οι υπόλοιπες κυψέλες στη DUT πρέπει να είναι αντιπροσωπευτικές της παραγωγής. Το ελάττωμα στην κυψέλη με το ελαττωματικό διαχωριστικό θα ενεργοποιηθεί με τα απαραίτητα μέσα, που μπορεί να περιλαμβάνουν κύκλο φόρτισης/εκφόρτισης για προσδιοριστούν οι επιδράσεις του ελαττώματος στην αστοχήσασα και στις περιβάλλουσες κυψέλες. Η δοκιμή συνεχίζεται έως ότου η αστοχία της ελαττωματικής κυψέλης ενεργοποιηθεί με κάποιο τρόπο, και προκύψουν τελικά αποτελέσματα.

F2.3 Εφαρμογή εσωτερικής διάταξης θέρμανσης

F2.3.1 Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιεί μια ειδική κυψέλη που κατασκευάστηκε με ένα εσωτερικό στοιχείο θέρμανσης εγκατεστημένο μέσα στην κυψέλη, για να δημιουργήσει μια αστοχία κυψέλης μέσω θέρμανσης των περιεχομένων της. Η μέθοδος απαιτεί τη χρήση ειδικά κατασκευασμένης κυψέλης που περιλαμβάνει εσωτερικό θερμαντικό σύρμα. Οι υπόλοιπες κυψέλες στο υποσύνολο δοκιμής θα πρέπει να είναι αντιπροσωπευτικές της παραγωγής. Η εσωτερική διάταξη θέρμανσης μέσα στην κυψέλη που θα αστοχήσει ενεργοποιείται μέσα σε ένα χρονικό πλαίσιο, και καταγράφεται η καμπύλη αύξησης της θερμοκρασίας (heating ramp). Η καμπύλη αυτή πρέπει να είναι αντιπροσωπευτική αυτού που μπορεί να συμβεί κατά την αστοχία της κυψέλης στο πεδίο. Αφού η κυψέλη αστοχήσει, η διάταξη θέρμανσης τίθεται εκτός λειτουργίας και τα αποτελέσματα της αστοχίας της κυψέλης παρατηρούνται και τεκμηριώνονται.

F3 Αναπαραγωγή εσωτερικών αστοχιών κυψέλης μέσω εφαρμογής εξωτερικών καταπονήσεων

F3.1 Εφαρμογή εξωτερικής διάταξης θέρμανσης

F3.1.1 Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιεί μια εξωτερική θερμαντική διάταξη λεπτού στρώματος (thin film heater), η οποία εφαρμόζεται πάνω σε ένα τμήμα της κυψέλης που θα αστοχήσει, για να δημιουργήσει την αστοχία. Η μέθοδος είναι κατάλληλη για να αντιπροσωπεύει την ταχεία ανεξέλεγκτη θέρμανση που μπορεί να συμβεί όταν αστοχήσει μία κυψέλη λόγω εσωτερικού σφάλματος.

F3.1.2 Η θερμαντική διάταξη λεπτού στρώματος θα πρέπει να εφαρμόζεται στην κυψέλη που θα αστοχήσει, σε μια θέση που δεν επηρεάζει άμεσα τις υπόλοιπες κυψέλες στο υποσύνολο δοκιμής. Οι άλλες κυψέλες θα πρέπει να επηρεάζονται μόνο από τις τοπικές επιδράσεις και την αγωγιμότητα (ηλεκτρική και θερμική) μέσω των επιφανειών (tabs) της κυψέλης που αστόχησε, και όχι μέσω της διάταξης θέρμανσης.

F3.1.3 Η διάταξη θέρμανσης θα πρέπει να έχει επαρκή ενέργεια, και η καμπύλη αύξησης θερμοκρασίας να έχει επαρκή ταχύτητα, ώστε να αναπαράγει αυτό που συμβαίνει όταν αστοχεί μια κυψέλη. Αφού η θερμαινόμενη κυψέλη αστοχήσει, η διάταξη θέρμανσης πρέπει να τεθεί εκτός λειτουργίας και παρατηρούνται τα αποτελέσματα της αστοχίας κυψέλης.

F3.2 Εξωτερική εσοχή (indentation) χωρίς διείσδυση (penetration) στο κέλυφος/στην επιφάνεια

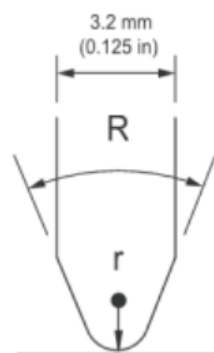
F3.2.1 Αυτή η μέθοδος προκαλεί αστοχία κυψέλης μέσω της δημιουργίας μιας εσοχής στο κέλυφος της κυψέλης με ένα αμβλύ (blunt) μηχανισμό δημιουργίας εσοχής, ώστε να οδηγήσει σε αστοχία της κυψέλης χωρίς να τρυπήσει (puncture) το κέλυφος. Αυτή η μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο

εάν είναι δυνατόν να υπάρξει πρόσβαση στην κυψέλη που θα ενεργοποιήσει (trigger) την αστοχία κατά τη δοκιμή αντοχής σχεδιασμού αστοχίας κυψέλης της Ενότητας 39, και η μέθοδος πρόσβασης στην κυψέλη δεν επηρεάζει τα αποτελέσματα της δοκιμής.

F3.2.2 Ο εξοπλισμός πρέσας (press equipment) που θα χρησιμοποιηθεί για αυτή τη δοκιμή θα πρέπει να είναι κινούμενος από βηματικό κινητήρα (stepper-motor-powered), με σύστημα ελέγχου/παρακολούθησης και ενσωματωμένο θάλαμο προετοιμασίας (conditioning chamber) με τις ακόλουθες ιδιότητες (attributes):

- Το σύστημα ελέγχου θα πρέπει να στέλνει σήμα στην πρέσα κάθε 100 ms.
- Ελάχιστη ικανότητα φορτίου της πρέσας 1500 N ή ανώτερη, όση είναι απαραίτητη για να εφαρμόσει επαρκή δύναμη στο δείγμα κατά τη δοκιμή.
- Η συχνότητα δειγματοληψίας για τη μέτρηση δύναμης φορτίου: 1 s^{-1} ή συχνότερα.
- Ταχύτητα της πρέσας: $0,1 \pm 0,01 \text{ mm/s}$
- Η συχνότητα δειγματοληψίας για τη μέτρηση τάσης ανοιχτοκύκλωσης (OCV): 1 s^{-1} ή συχνότερα.
- Όριο θορύβου στη μέτρηση OCV: 5 mV ή λιγότερο.

F3.2.3 Για τη δοκιμή, η κυψέλη που θα αστοχήσει υποβάλλεται σε δύναμη από μια αμβλεία μύτη (tip) ενός διεισδυτή (indenter) στο κέντρο της κυψέλης. Για κυλινδρικές κυψέλες η δύναμη θα πρέπει να εφαρμόζεται στο κέντρο του μήκους της κυψέλης. Για πρισματικές κυψέλες, η δύναμη θα πρέπει να εφαρμόζεται στο κέντρο της επίπεδης όψης (flat face) της κυψέλης. Ο διεισδυτής αποτελείται από ένα ανιχνευτή (probe) από χάλυβα με καρβίδιο του βολφραμίου (tungsten carbide steel)¹³⁴, με συνιστώμενη σκληρότητα ίση με χάλυβα SKD-11 ή ανώτερη, και με στρογγυλεμένη μύτη ώστε να μην προκαλέσει διείσδυση στο κέλυφος της κυψέλης.¹³⁵ Η διάμετρος του καρφιού (nail) είναι 3,2 mm και η διάσταση της μύτης μπορεί να μεταβάλλεται όσο χρειάζεται ανάλογα με τον παράγοντα μορφής (form factor) της κυψέλης σύμφωνα με το Σχήμα F.1. Κατά τη διάρκεια της δοκιμής, η θερμοκρασία κελύφους της κυψέλης, η δύναμη που εφαρμόζεται στην κυψέλη, η μετακίνηση (displacement) του ανιχνευτή και η τάση ανοιχτού κυκλώματος (OCV) της κυψέλης παρακολουθούνται συνεχώς με συχνότητα δειγματοληψίας 100 μετρήσεις/s.¹³⁶ Οι παρακολουθούμενες τιμές της θερμοκρασίας, μείωσης (drop) τάσης OCV, δύναμης και μετατόπισης θα πρέπει να περιλαμβάνονται στην τεκμηρίωση των αποτελεσμάτων δοκιμής.



Σχήμα F.1: Διαστάσεις μύτης ανιχνευτή, όπου: $R = 45^\circ$, $r = 0,9 \dots 1,2 \text{ mm}$. Η διάσταση r μπορεί να αυξηθεί έως τα 1,2 mm ώστε να αποτρέψει τη διάτρηση του κελύφους, αν και η μικρότερη τιμή των 0,9 mm είναι προτιμότερη ώστε να διατηρήσει το μέγεθος του εσωτερικού βραχυκυκλώματος όσο το δυνατόν μικρότερο.

¹³⁴ Δεν είναι σαφές τι εννοεί εδώ το πρότυπο, καθώς το καρβίδιο του βολφραμίου δεν είναι χάλυβας.

¹³⁵ SKD 11 είναι ιαπωνικός (JIS) κωδικός για χάλυβα εργαλείων (tool steel) που αντιστοιχεί στην ευρωπαϊκή κατηγορία με κωδικό 1.2379 και ονομασία X153CrMoV12.

¹³⁶ Αυτή η απαίτηση δεν είναι συμβατή με τις απαιτήσεις της παρ. F3.2.2 c, e.

Εξαιρέση: Για κυψέλες που κατασκευάζονται με πολλαπλές στοιβές (stacks) ή σκόπιμα κενά (gaps) στα στρώματα ηλεκτροδίων, η θέση του διεισδυτή θα πρέπει να προσαρμόζεται ώστε να βρίσκεται στο κέντρο μίας στοιβάδας.

F3.2.4 Η ταχύτητα δημιουργίας εσοχής στην επιφάνεια/στο κέλυφος της κυψέλης θα πρέπει να είναι 0,1 mm/s. Η τάση της κυψέλης που αστοχεί θα πρέπει να παρακολουθείται και η δημιουργία εσοχής θα πρέπει να σταματήσει όταν υπάρξει μείωση της τάσης κατά 500 mV, που είναι ενδεικτική (indicative) βραχυκυκλώματος μέσα από ένα περιορισμένο αριθμό στρωμάτων ηλεκτροδίων.

F3.2.5 Αφού συμβεί η μείωση τάσης, η δημιουργία εσοχής διακόπτεται και παρατηρούνται τα αποτελέσματα της αστοχίας κυψέλης.

F3.3 Διείσδυση καρφίου (nail penetration) μέσα στο κέλυφος της κυψέλης

F3.3.1 Αυτή η μέθοδος προκαλεί αστοχία κυψέλης μέσω διάτρησης της κυψέλης με ένα αιχμηρό (sharp) καρφί που μετακινείται επιβραδυνόμενα (slowing) μέσα από πολλαπλά στρώματα ηλεκτροδίων της κυψέλης, ώστε να προκαλέσει βραχυκύκλωμα. Αυτή η μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο εάν είναι δυνατόν να υπάρξει πρόσβαση στην εσωτερική επιφάνεια της κυψέλης κατά τη δοκιμή αντοχής σχεδιασμού αστοχίας κυψέλης της Ενότητας 39, και η μέθοδος πρόσβασης στην κυψέλη δεν επηρεάζει τα αποτελέσματα της δοκιμής. Για περισσότερες λεπτομέρειες για τη μεθοδολογία διείσδυσης με καρφί, βλ. [IEC TR 62660-4](#).¹³⁷

F3.3.2 Ο εξοπλισμός πρέσας που χρησιμοποιείται στη δοκιμή περιγράφεται στην F3.2.2. Κατά τη διάρκεια της δοκιμής, η θερμοκρασία κελύφους της κυψέλης, η δύναμη που εφαρμόζεται στην κυψέλη, η μετακίνηση (displacement) του ανιχνευτή και η τάση ανοιχτού κυκλώματος (OCV) της κυψέλης παρακολουθούνται συνεχώς με συχνότητα δειγματοληψίας 100 μετρήσεις/s.¹³⁸ Οι παρακολουθούμενες τιμές της θερμοκρασίας, μείωσης (drop) τάσης OCV, δύναμης και μετατόπισης θα πρέπει να περιλαμβάνονται στην τεκμηρίωση των αποτελεσμάτων δοκιμής.

F3.3.3 Το καρφί που χρησιμοποιείται για αυτή τη δοκιμή θα πρέπει να έχει τέτοιο πάχος ώστε να περιορίζει την επηρεαζόμενη περιοχή της κυψέλης. Το συνιστώμενο πάχος του διεισδυτή θα πρέπει να είναι μεταξύ 1...3 mm. Το χρησιμοποιούμενο υλικό θα πρέπει να έχει επαρκή αντοχή ώστε να αποτρέπει τη θραύση ή τη βλάβη του διεισδυτή κατά τη διάρκεια της δοκιμής, και να είναι αρκετά αιχμηρό ώστε να μπορεί να τρυπήσει το κέλυφος της κυψέλης. Για μερικές μεθόδους δοκιμής, απαιτείται αγώγιμο μεταλλικό καρφί για να προκαλέσει το βραχυκύκλωμα. Άλλες μέθοδοι ζητούν το μεταλλικό καρφί να διαθέτει μόνωση, ή να χρησιμοποιηθεί κεραμικό καρφί, ώστε το ρεύμα να μην μπορεί να περάσει μέσα από το καρφί και να επηρεάσει έτσι τα αποτελέσματα. Ανεξάρτητα από το ποιο υλικό θα χρησιμοποιηθεί για το καρφί, αυτό θα πρέπει να τεκμηριωθεί στα αποτελέσματα της δοκιμής.

F3.3.4 Η ταχύτητα δημιουργίας εσοχής από το καρφί θα πρέπει να είναι 0,1 mm/s. Η τάση της κυψέλης που αστοχεί θα πρέπει να παρακολουθείται και η κίνηση του καρφίου θα πρέπει να σταματήσει όταν υπάρξει μείωση της τάσης κατά 500 mV, ή όταν το καρφί έχει διέλθει μέσα από περίπου το ήμισυ της κυψέλης, όποιο συμβεί νωρίτερα. Τότε η διείσδυση από το καρφί διακόπτεται και παρατηρούνται τα αποτελέσματα της αστοχίας κυψέλης.

F3.4 Βραχυκύκλωμα μοναδικής κυψέλης

F3.4.1 Αυτή η μέθοδος προσομοιώνει την αστοχία μίας κυψέλης μέσω ενός εξωτερικού βραχυκυκλώματος πολύ χαμηλής αντίστασης. Αυτή η μέθοδος δεν συνιστάται για κατασκευές κυψελών που περιέχουν εσωτερικές διατάξεις προστασίας όπως PTC [διατάξεις θετικού συντελεστή

¹³⁷ Secondary lithium-ion cells for the propulsion of electric road vehicles - Candidate alternative test methods for the internal short circuit test of [IEC 62660-3](#)

¹³⁸ Και πάλι η απαίτηση δεν είναι συμβατή με τις απαιτήσεις της παρ. F3.2.2 c, e.

θερμοκρασίας, positive temperature coefficient) ή ασφάλειες (fuses), καθώς σε αυτές τις περιπτώσεις ίσως δεν είναι δυνατόν να προκληθεί αστοχία κυψέλης.

F3.4.2 Η αστοχία κυψέλης πρέπει να ξεκινήσει με την εφαρμογή ενός βραχυκυκλώματος πολύ χαμηλής αντίστασης στους τερματικούς ακροδέκτες της κυψέλης. Η συνολική αντίσταση του βραχυκυκλώματος όπως φαίνεται από τους ακροδέκτες της κυψέλης θα πρέπει να είναι όσο χαμηλότερη είναι πρακτικά εφικτό (practicable). Η εξωτερική αντίσταση πρέπει να διατηρηθεί έως ότου προκληθούν τελικά αποτελέσματα. Η εξωτερική αντίσταση θα πρέπει να είναι όσο πιο κοντά (close) γίνεται¹³⁹ στην εσωτερική αντίσταση των κυψελών. Η επιλεγμένη εξωτερική αντίσταση θα πρέπει να συμφωνηθεί ανάμεσα στην υπηρεσία δοκιμών και τον κατασκευαστή.

F3.5 Υπερφόρτιση μοναδικής κυψέλης

F3.5.1 Αυτή η μέθοδος προκαλεί αστοχία κυψέλης μέσω υπερφόρτισης της κυψέλης πέρα από τις προδιαγραφές της. Αυτή η μέθοδος δεν συνιστάται για κατασκευές κυψελών που περιέχουν εσωτερικές διατάξεις προστασίας όπως PTC ή ασφάλειες, καθώς σε αυτές τις περιπτώσεις ίσως δεν είναι δυνατόν να προκληθεί αστοχία κυψέλης. Αυτή η μέθοδος μπορεί να μην είναι χρήσιμη για κυψέλες τύπου σάκου, επειδή η υπερφόρτιση μπορεί να οδηγήσει σε υπερβολική διόγκωση, και αυτό μπορεί να επηρεάσει την ικανότητα δημιουργίας αστοχίας στην κυψέλη.

F3.5.2 Η αστοχία θα πρέπει να ξεκινήσει μέσω συνεχιζόμενης φόρτισης της πλήρως φορτισμένης κυψέλης έως ότου προκληθούν τελικά αποτελέσματα. Η τροφοδοσία (supply) που χρησιμοποιείται για να φορτίσει την κυψέλη θα πρέπει να μπορεί να οδηγήσει την τάση κυψέλης έως το επίπεδο που θα ξεκινήσει η αστοχία (π.χ. 6 V DC για Li-ion). Η φόρτιση θα πρέπει να ξεκινήσει από τη μέγιστη τάση φόρτισης, να αυξηθεί κατά 1 V και να διατηρηθεί για 1 min, πριν αυξήσει την τάση στην κυψέλη έως ότου προκληθούν τελικά αποτελέσματα. Ο ρυθμός φόρτισης θα πρέπει να είναι το 110% του μέγιστου προδιαγραφόμενου ρυθμού. Στο σημείο των τελικών αποτελεσμάτων, η φόρτιση μπορεί να σταματήσει. Η τάση και το ρεύμα δοκιμής θα πρέπει να καταγραφούν και να παραδοθούν μαζί με τα αποτελέσματα της δοκιμής.

¹³⁹ Δεν είναι σαφές αν το “close” (κοντά) αφορά εγγύτητα ως προς τη θέση στο χώρο ή ως προς την τιμή της αντίστασης.

B.2 Προβλέψεις του IEC 62619 (2017)

IEC 62619: Δευτερογενείς κυψέλες και συσσωρευτές που περιέχουν αλκαλικούς ή άλλους μη όξινους ηλεκτρολύτες. Απαιτήσεις ασφάλειας για δευτερογενείς κυψέλες και συσσωρευτές λιθίου, για χρήση σε βιομηχανικές εφαρμογές (Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes. Safety requirements for secondary lithium cells and batteries, for use in industrial applications).

Η παρ. 5.2 αναφέρεται στους κινδύνους [1,7](#) {σελ. 59}, [1,9](#) και [1,10](#) {σελ. 61}, [1,13](#) {σελ. 63}, [1,15](#) {σελ. 65}

5.2 Μόνωση και καλωδίωση (wiring)

Η καλωδίωση και η μόνωσή της θα είναι επαρκείς ώστε να ανθίστανται στις μέγιστες προβλεπόμενες απαιτήσεις τάσης, ρεύματος, θερμοκρασίας, υψομέτρου και υγρασίας. Η σχεδίαση της καλωδίωσης θα είναι τέτοια ώστε να διατηρούνται επαρκείς αποστάσεις διακένου (clearances) και ερπυσμού (creepage) μεταξύ των αγωγών. Η μηχανική ακεραιότητα του συνολικού συστήματος συσσωρευτών (κυψέλη/μονάδα/BMS) και οι συνδέσεις τους θα είναι επαρκείς ώστε να ανταποκρίνονται σε συνθήκες εύλογα προβλέψιμης κατάχρησης (reasonably foreseeable misuse).

Η παράγραφος 5.6 αναφέρεται στους κινδύνους [1,1](#), [1,2](#) και [1,3](#) {σελ. 55}, [1,5](#) {σελ. 57}, [1,8](#) {σελ. 60}, [5,6](#) και [5,7](#) {σελ. 85}

5.6 Συναρμολόγηση κυψελών, μονάδων (modules) ή συστοιχιών (packs) συσσωρευτών σε συστήματα συσσωρευτών

5.6.1 Γενικά

Η συναρμολόγηση των κυψελών, μονάδων ή συστοιχιών συσσωρευτών ώστε να αποτελέσουν το σύστημα συσσωρευτών θα σέβεται τους ακόλουθους κανόνες, ώστε να υποστηρίξει επαρκή μετρίασμό των κινδύνων στο σύστημα συσσωρευτών:

- Κάθε σύστημα συσσωρευτών θα έχει ανεξάρτητη μέθοδο/ους ελέγχου και προστασίας.
- Ο κατασκευαστής των κυψελών θα παρέχει συστάσεις για τα όρια του ρεύματος, της τάσης και της θερμοκρασίας, έτσι ώστε ο κατασκευαστής/σχεδιαστής του συστήματος συσσωρευτών να μπορεί να εξασφαλίσει ορθή σχεδίαση και συναρμολόγηση.
- Συσσωρευτές που είναι σχεδιασμένοι για επιλεκτική εκφόρτιση ενός κλάσματος (portion) των συνδεδεμένων σε σειρά κυψελών τους, θα ενσωματώνουν ξεχωριστό κύκλωμα (circuitry) ώστε να αποτρέψει την αναστροφή (reversal) κυψέλης λόγω ανομοιόμορφης εκφόρτισης.
- Προστατευτικά εξαρτήματα κυκλώματος (protective circuit components) θα πρέπει να προστίθενται όπου χρειάζεται (as appropriate), να δίνεται προσοχή στην εφαρμογή τελικού χρήστη (end-device application).

5.6.2 Σχεδίαση συστήματος συσσωρευτών

Η λειτουργία ελέγχου τάσης της σχεδίασης του συστήματος συσσωρευτών θα εξασφαλίζει ότι η τάση κάθε κυψέλης ή ομάδας (block) κυψελών δεν θα υπερβαίνει το άνω όριο της τάσης φόρτισης που καθορίζεται από την κατασκευαστή των κυψελών, εκτός από την περίπτωση όπου οι διατάξεις της σταθερής (stationary) ή κινούμενης (motive) εφαρμογής παρέχουν μια ισοδύναμη λειτουργία ελέγχου της τάσης.

Τα ακόλουθα θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στο επίπεδο συστήματος συσσωρευτών, και από τον κατασκευαστή των συσσωρευτών:

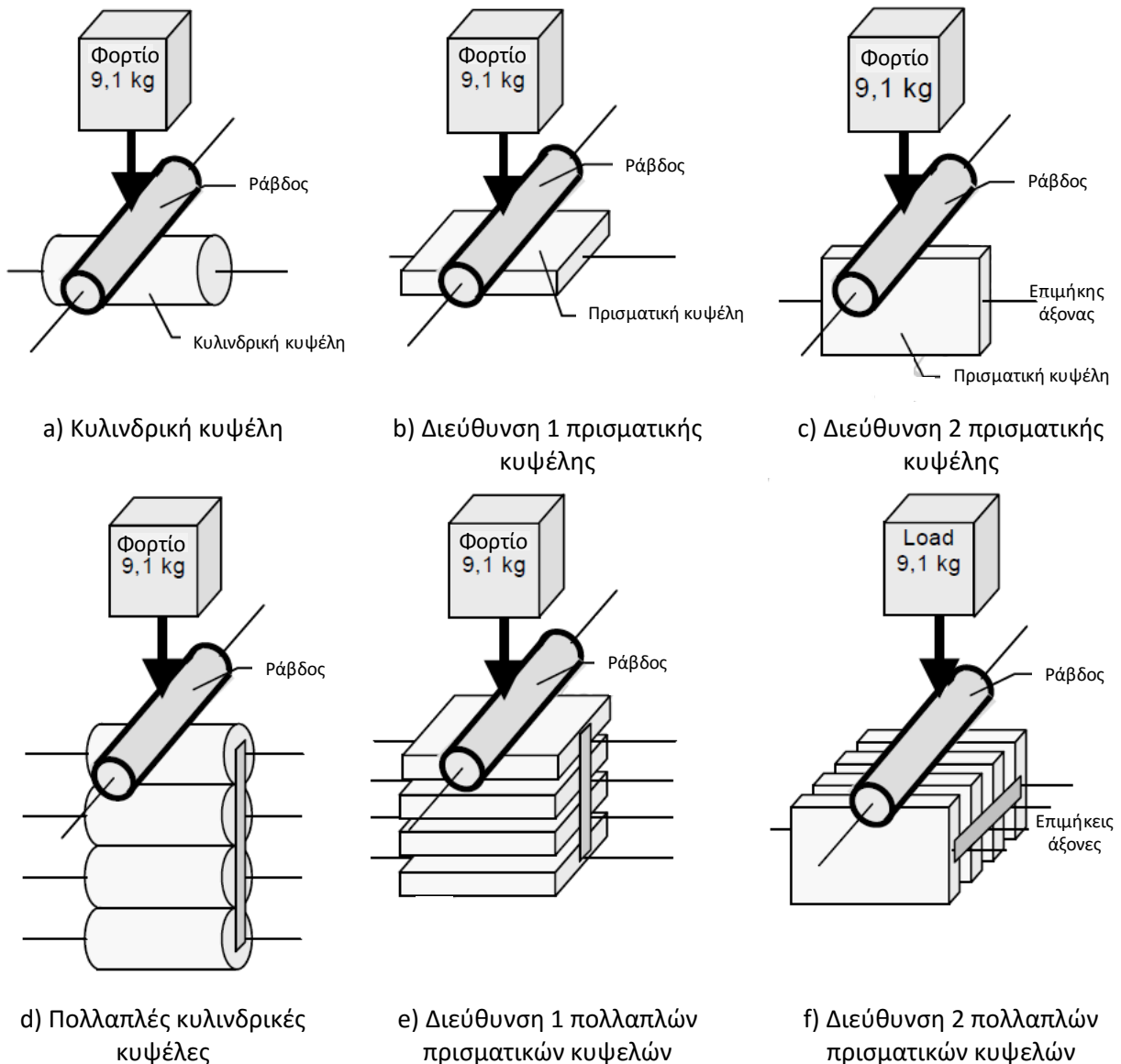
Για το σύστημα συσσωρευτών που έχει πολλαπλές μονές κυψέλες, μονάδες (modules) ή συστοιχίες, συνδεδεμένες σε σειρά, συνιστάται οι τάσεις οποιασδήποτε από τις μονές κυψέλες ή ομάδες (blocks) κυψελών να μην υπερβαίνουν το άνω όριο της τάσης φόρτισης, που προδιαγράφεται από τον κατασκευαστή, παρακολουθώντας την τάση κάθε ξεχωριστής κυψέλης ή ομάδας κυψελών.

Η παρ. 7.2.2 αναφέρεται στους κινδύνους [5.1](#) {σελ. 81}, [5.2](#) {σελ. 82}

7.2.2 Δοκιμή πρόσκρουσης (impact) (κυψέλη ή ομάδα κυψελών)

a) Απαιτήσεις

Μια πρόσκρουση πάνω στην κυψέλη, όπως περιγράφεται παρακάτω, δεν θα προκαλέσει φωτιά ή έκρηξη.



Σχήμα 1: Διάταξη της δοκιμής πρόσκρουσης

b) Δοκιμή

Η κυψέλη, ή η ομάδα κυψελών, θα εκφορτιστεί υπό σταθερό ρεύμα $0,2 \cdot I_c$ [A] έως την κατάσταση φόρτισης (SOC, state of charge) 50%.

Η κυψέλη, ή η ομάδα κυψελών, τοποθετείται πάνω σε ένα επίπεδο δάπεδο από σκυρόδεμα (concrete) ή μέταλλο. Μια ράβδος (bar) από ανοξείδωτο χάλυβα τύπου 316 με διάμετρο $15,8 \pm 0,1$ mm και μήκος τουλάχιστον 60 mm, ή ίσο με τη μεγαλύτερη διάσταση της κυψέλης, όποιο είναι μεγαλύτερο,

τοποθετείται πάνω στο κέντρο της κυψέλης ή ομάδας κυψελών. Μία άκαμπτη (rigid) μάζα 9,1 kg ρίχνεται από ύψος 610±25 mm πάνω στη ράβδο που βρίσκεται πάνω στο δείγμα.

Μία κυλινδρική ή πρισματική κυψέλη πρέπει να υποστεί την πρόσκρουση με τον επιμήκη (longitudinal) άξονά της παράλληλο προς το δάπεδο και κάθετο προς τον επιμήκη άξονα της καμπύλης επιφάνειας διαμέτρου 15,8 mm που είναι τοποθετημένη στο κέντρο του δείγματος. Μια πρισματική κυψέλη πρέπει επίσης να περιστραφεί 90° γύρω από τον επιμήκη άξονά της, έτσι ώστε τόσο η φαρδιά όσο και η στενή πλευρά της να υποστούν την πρόσκρουση. Κάθε δείγμα πρέπει να υποστεί μόνο μία πρόσκρουση, και για διαφορετικές προσκρούσεις πρέπει να χρησιμοποιηθούν διαφορετικά δείγματα (βλ. Σχήμα 1).

Σημείωση: Στην περίπτωση μεταλλικού δαπέδου, η περίπτωση εξωτερικού βραχυκυκλώματος της κυψέλης ή του συσσωρευτή με το δάπεδο θα πρέπει να αποφεύγεται με τα κατάλληλα μέσα.

c) Κριτήρια αποδοχής

Όχι φωτιά, όχι έκρηξη.

Σημείωση: Η κυψέλη, ή η ομάδα κυψελών, μπορεί να υποστηρίζεται από κάποιο υλικό που δεν επηρεάζει τη δοκιμή, ώστε να διατηρεί τη θέση της.

Η παρ. 7.2.3 αναφέρεται στον κίνδυνο 5.2 {σελ. 82}

7.2.3 Δοκιμή πτώσης (drop test) (κυψέλη ή ομάδα κυψελών, και σύστημα συσσωρευτών)

7.2.3.1 Γενικά

Η δοκιμή πτώσης διεξάγεται σε μία κυψέλη ή ομάδα κυψελών, και σε ένα σύστημα συσσωρευτών. Η μέθοδος και το ύψος της πτώσης καθορίζονται από το βάρος της μονάδας υπό δοκιμή (test unit), όπως δείχνεται στον Πίνακα 2.

Πίνακας 2: Μέθοδος και συνθήκες δοκιμής πτώσης

Μάζα μονάδας υπό δοκιμή	Μέθοδος δοκιμής	Ύψος πτώσης
< 7 kg	πτώση ολόκληρου δείγματος	100,0 cm
από 7 kg, έως < 20 kg	πτώση ολόκληρου δείγματος	10,0 cm
από 20 kg έως < 50 kg	πτώση ακμής και γωνίας	10,0 cm
από 50 kg έως < 100 kg	πτώση ακμής και γωνίας	5,0 cm
από 100 kg και άνω	πτώση ακμής και γωνίας	2,5 cm

Σημείωση: Εάν το σύστημα συσσωρευτών διαιρείται σε μικρότερες μονάδες (units), η μία μονάδα μπορεί να υποστεί δοκιμή ως αντιπροσωπευτική του συστήματος. Ο κατασκευαστής μπορεί να προσθέσει στη μονάδα δοκιμής λειτουργίες που υπάρχουν στο τελικό σύστημα. Ο κατασκευαστής δηλώνει με σαφήνεια τη μονάδα δοκιμής.

7.2.3.2 Δοκιμή πτώσης ολόκληρου δείγματος (whole drop test) (κυψέλη ή ομάδα κυψελών, και σύστημα συσσωρευτών)

Αυτή η δοκιμή εφαρμόζεται όταν η μάζα της μονάδας υπό δοκιμή είναι μικρότερη από 20 kg.

a) Απαιτήσεις

Η πτώση της μονάδας υπό δοκιμή δεν θα προκαλέσει φωτιά ή έκρηξη.

b) Δοκιμή

Κάθε πλήρως φορτισμένη μονάδα υπό δοκιμή ρίχνεται 3 φορές από το ύψος που φαίνεται στον Πίνακα 2 πάνω σε ένα επίπεδο δάπεδο από σκυρόδεμα ή μέταλλο.

Στην περίπτωση που η μάζα της μονάδας υπό δοκιμή είναι μικρότερη από 7 kg, η μονάδα ρίχνεται ώστε να υποστεί προσκρούσεις με τυχαίους προσανατολισμούς. Στην περίπτωση που η μάζα είναι τουλάχιστον 7 kg, αλλά μικρότερη από 20 kg, η μονάδα ρίχνεται με την κάτω όψη προς τα κάτω (bottom down). Η κάτω όψη (bottom surface) προσδιορίζεται από τον κατασκευαστή.

Μετά τη δοκιμή, οι μονάδες που δοκιμάστηκαν αφήνονται να ηρεμήσουν (put on rest) για τουλάχιστον 1 h, και έπειτα θα γίνει οπτική επιθεώρηση.

Σημείωση: Στην περίπτωση μεταλλικού δαπέδου, η περίπτωση εξωτερικού βραχυκυκλώματος της κυψέλης ή του συσσωρευτή με το δάπεδο θα πρέπει να αποφεύγεται με τα κατάλληλα μέσα.

c) Κριτήρια αποδοχής

Όχι φωτιά, όχι έκρηξη.

7.2.3.3 Δοκιμή πτώσης ακμής και γωνίας (edge and corner drop test) (κυψέλη ή ομάδα κυψελών, και σύστημα συσσωρευτών)

Αυτή η δοκιμή εφαρμόζεται όταν η μάζα της μονάδας υπό δοκιμή είναι τουλάχιστον 20 kg.

a) Απαιτήσεις

Η πτώση της μονάδας υπό δοκιμή δεν θα προκαλέσει φωτιά ή έκρηξη.

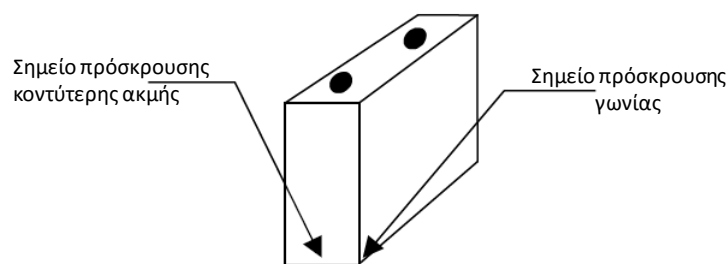
b) Δοκιμή

Κάθε πλήρως φορτισμένη μονάδα υπό δοκιμή ρίχνεται 2 φορές από το ύψος που φαίνεται στον Πίνακα 2 πάνω σε ένα επίπεδο δάπεδο από σκυρόδεμα ή μέταλλο. Οι συνθήκες πτώσης θα εξασφαλίσουν, μέσω διευθετήσεων (arrangements) όπως φαίνονται στα Σχήματα 2, 3 και 4, αναπαραγωγίσιμα (reproducible) σημεία πρόσκρουσης για την πτώση με πρόσκρουση στην κοντύτερη ακμή (shortest edge) και στη γωνία. Οι δύο προσκρούσεις, ανά τύπο πρόσκρουσης, θα γίνουν στην ίδια γωνία και στην ίδια κοντύτερη ακμή. Για τις πτώσεις στη γωνία και στην ακμή, η μονάδα δοκιμής θα είναι προσανατολισμένη έτσι, ώστε μία ευθεία γραμμή μεταξύ αυτής της γωνίας/ακμής και του γεωμετρικού κέντρου της μονάδας να είναι περίπου κάθετη προς την επιφάνεια πρόσκρουσης.

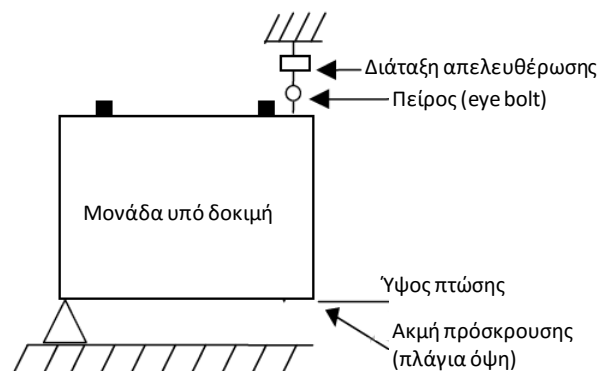
Σημείωση:¹⁴⁰

c) Κριτήρια αποδοχής

Όχι φωτιά, όχι έκρηξη.

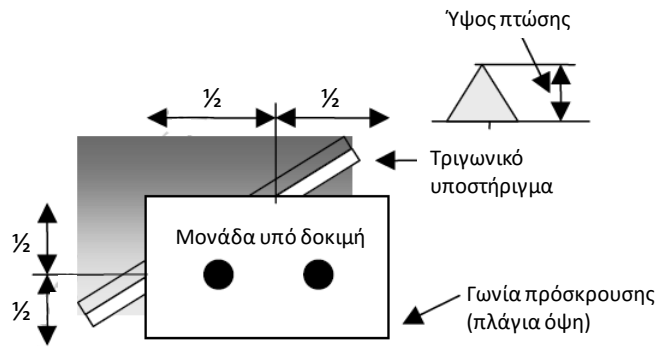


Σχήμα 2: Θέση πρόσκρουσης.



Σχήμα 3: Διάταξη για τη δοκιμή πτώσης κοντύτερης ακμής.

¹⁴⁰ Όμοια με της παρ. 7.2.3.2.



Μικρότερες μονάδες μπορεί να ριχθούν από θέση όπου συγκρατούνται με το χέρι. Εάν χρησιμοποιείται διάταξη ανύψωσης-απελευθέρωσης (lifting-release device), αυτή δεν θα πρέπει, κατά την απελευθέρωση, να ασκήσει περιστροφικές ή πλευρικές (sideward) δυνάμεις στη μονάδα.

Σχήμα 4: Διάταξη για τη δοκιμή πτώσης γωνίας.

Η παρ. 7.2.4 αναφέρεται στους κινδύνους [2,1](#) {σελ. 66}, [2,4](#) {σελ. 68}, [3,1](#) {σελ. 69}, [3,10](#) {σελ. 73}, [4,1](#) {σελ. 79}

7.2.4 Δοκιμή θερμικής κατάχρησης (thermal abuse) σε κυψέλη ή ομάδα κυψελών

a) Απαιτήσεις:

Μια έκθεση σε υψηλή θερμοκρασία δεν θα προκαλέσει φωτιά ή έκρηξη.

b) Δοκιμή:

Κάθε πλήρως φορτισμένη κυψέλη, σταθεροποιημένη σε θερμοκρασία περιβάλλοντος $25 \pm 5^\circ\text{C}$, τοποθετείται σε φούρνο συναγωγής αέρα μέσω βαρύτητας ή εξαναγκασμένης κυκλοφορίας (gravity or circulating air-convection oven).

Η θερμοκρασία του φούρνου αυξάνει με ρυθμό $5 \pm 2^\circ\text{C}/\text{min}$ έως την τιμή $85 \pm 5^\circ\text{C}$.

Η κυψέλη παραμένει σε αυτή τη θερμοκρασία για 3 h πριν διακοπεί η δοκιμή.

c) Κριτήρια αποδοχής:

Όχι φωτιά, όχι έκρηξη.

Η παρ. 7.2.5 αναφέρεται στους κινδύνους [2,6](#) {σελ. 68}, [3,2](#) και [3,3](#) {σελ. 70}, [3,5](#) {σελ. 71}, [3,14](#) {σελ. 75}

7.2.5 Δοκιμή υπερφόρτισης (κυψέλη ή ομάδα κυψελών)

Αυτή η δοκιμή θα εκτελείται μόνο για εκείνα τα συστήματα συσσωρευτών που διαθέτουν μία μοναδική διάταξη ελέγχου ή προστασίας για τον έλεγχο της τάσης φόρτισης. Για εκείνα τα συστήματα που διαθέτουν δύο ή περισσότερες ανεξάρτητες διατάξεις ελέγχου ή προστασίας για τον έλεγχο της τάσης φόρτισης, αυτή η δοκιμή μπορεί να παραληφθεί.

Σημείωση: Ένα παράδειγμα δύο ή περισσότερων ανεξάρτητων διατάξεων ελέγχου ή προστασίας είναι το ακόλουθο:

- Μία διάταξη μέτρησης που παρακολουθεί την τάση κάθε κυψέλης στο σύστημα, με μία λειτουργία που ελέγχει το ρεύμα φόρτισης, ώστε να εμποδίσει τη μέγιστη από τις τάσεις των κυψελών να υπερβεί το άνω όριο τάσης φόρτισης, και επιπλέον

- Ένα διαγνωστικό σύστημα παρακολούθησης, που ανιχνεύει την αστοχία της διάταξης που παρακολουθεί τις τάσεις των κυψελών και ενεργεί (functions) ώστε να τερματίσει (terminate) τη φόρτιση. Για παράδειγμα, ένα διαγνωστικό σύστημα μπορεί να υλοποιηθεί συγκρίνοντας τη συνολική τάση του συσσωρευτή που μετριέται άμεσα, με την τάση που υπολογίζεται ως το άθροισμα των ξεχωριστών τάσεων κυψέλης.

a) Απαιτήσεις

Η φόρτιση για περιόδους μεγαλύτερες από αυτές που προδιαγράφονται από τον κατασκευαστή δεν θα προκαλέσει φωτιά ή έκρηξη.

b) Δοκιμή

Η δοκιμή θα εκτελεστεί σε θερμοκρασία περιβάλλοντος $25\pm 5^{\circ}\text{C}$. Κάθε κυψέλη υπό δοκιμή θα εκφορτιστεί υπό σταθερό ρεύμα $0,2\cdot I_t$ [A], έως μια τελική τιμή τάσης που καθορίζεται από τον κατασκευαστή. Οι κυψέλες-δείγματα (sample cells) τότε θα φορτιστούν υπό ένα σταθερό ρεύμα ίσο με το μέγιστο προδιαγεγραμμένο ρεύμα φόρτισης του συστήματος, έως ότου η τάση φτάσει τη μέγιστη τιμή τάσης που είναι δυνατή, υπό τη συνθήκη ότι η αρχική διάταξη ελέγχου φόρτισης δεν λειτουργεί. Τότε, η φόρτιση τερματίζεται. Η τάση και η θερμοκρασία θα παρακολουθούνται κατά τη διάρκεια της δοκιμής.

Η δοκιμή θα συνεχιστεί έως ότου η επιφανειακή θερμοκρασία κυψέλης φτάσει σε συνθήκες μόνιμης κατάστασης ($<10^{\circ}\text{C}$ μεταβολή μέσα σε 30 min), ή επιστρέψει σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.

c) Κριτήρια αποδοχής

Όχι φωτιά, όχι έκρηξη.

Η παρ. 7.2.6 αναφέρεται στους κινδύνους [2,5](#) {σελ. 68}, [3,4](#) {σελ. 70}

7.2.6 Δοκιμή εξαναγκασμένης εκφόρτισης (κυψέλη ή ομάδα κυψελών)

a) Απαιτήσεις

Μία κυψέλη σε μία εφαρμογή πολλαπλών κυψελών θα αντέξει μία εξαναγκασμένη εκφόρτιση (forced discharge) χωρίς να προκαλέσει φωτιά ή έκρηξη.

b) Δοκιμή

Μία εκφορτισμένη κυψέλη υπόκειται σε εξαναγκασμένη εκφόρτιση υπό σταθερό ρεύμα $1,0\cdot I_t$ [A] για μία περίοδο δοκιμής 90 min. Στο τέλος της περιόδου δοκιμής εκτελείται μία οπτική επιθεώρηση (visual inspection).

Εάν η τάση κατά την εκφόρτιση φτάσει την κατωτέρω υποδεικνυόμενη τάση-στόχο (target voltage) πριν από το τέλος της περιόδου δοκιμής, η τάση θα διατηρηθεί ίση με την τάση-στόχο, μειώνοντας το ρεύμα για το υπόλοιπο της περιόδου δοκιμής. Η τάση-στόχος προσδιορίζεται ως εξής:

i) Εάν το σύστημα συσσωρευτών διαθέτει δύο ή περισσότερες ανεξάρτητες διατάξεις προστασίας ή ελέγχου για τον έλεγχο της τάσης εκφόρτισης, ή εάν το σύστημα έχει μόνο μία κυψέλη ή ομάδα κυψελών:

Τάση-στόχος = - (άνω όριο τάσης φόρτισης κυψέλης)

ii) Εάν το σύστημα συσσωρευτών διαθέτει το πολύ μία διάταξη προστασίας ή ελέγχου για τον έλεγχο της τάσης εκφόρτισης:

Τάση-στόχος = - (άνω όριο τάσης φόρτισης κυψέλης) $\times(n-1)$

όπου n ο αριθμός των κυψελών που συνδέονται σε σειρά στο σύστημα συσσωρευτών.

Εάν το μέγιστο ρεύμα εκφόρτισης της κυψέλης I_m είναι μικρότερο από $1,0\cdot I_t$ [A], εκτελέστε μία αντίστροφη φόρτιση (reverse charge) υπό αυτό το ρεύμα, για την περίοδο δοκιμής t που υποδεικνύεται παρακάτω:

$$t = (I_t/I_m)\times 90 \text{ min}$$

Σημείωση:¹⁴¹

c) Κριτήρια αποδοχής:

Όχι φωτιά, όχι έκρηξη.

¹⁴¹ Όμοια με της παρ. 7.2.5.

Η παρ. 7.3 αναφέρεται στον κίνδυνο [4.2](#) {σελ. 79}

7.3 Μελέτη εσωτερικού βραχυκυκλώματος – αξιολόγηση σχεδίασης

7.3.1 Γενικά

Ο σκοπός της δοκιμής είναι να προσδιορίσει ότι ένα εσωτερικό βραχυκύκλωμα μέσα σε μία κυψέλη δεν θα οδηγήσει σε φωτιά σε ολόκληρο το σύστημα συσσωρευτών, ή σε φωτιά που θα διαδοθεί εκτός του συστήματος. Αυτό θα επιδειχθεί είτε στο επίπεδο της κυψέλης σύμφωνα με την 7.3.2 (δοκιμή εσωτερικού βραχυκυκλώματος), είτε στο επίπεδο του συστήματος συσσωρευτών, σύμφωνα με την 7.3.3 (δοκιμή διάδοσης).

7.3.2 Δοκιμή εσωτερικού βραχυκυκλώματος (κυψέλη)

a) Απαιτήση

Μια δοκιμή εξαναγκασμένου βραχυκυκλώματος για κυλινδρικές και πρισματικές κυψέλες δεν θα προκαλέσει φωτιά. Οι κατασκευαστές κυψελών θα διατηρούν αρχείο (keep a record) για να συμμορφώνονται με τις απαιτήσεις. Αξιολόγηση νέου σχεδιασμού θα γίνεται από τον κατασκευαστή της κυψέλης, αφού γίνει η δοκιμή από τον κατασκευαστή ή από τρίτο οίκο δοκιμής (third party test house).

b) Δοκιμή

Ανατρέξτε στην παρ. 8.3.9 του [IEC 62133:2012](#)¹⁴² για τη μέθοδο δοκιμής, εκτός από τη θερμοκρασία δοκιμής. Όλες οι δοκιμές διεξάγονται σε θερμοκρασία περιβάλλοντος 25±5°C.

Η διαδικασία προετοιμασίας του δείγματος μπορεί να μεταβληθεί σε σχέση με αυτή που περιγράφεται στο [IEC 62133:2012](#), πριν εκτελεστεί η τελική διαδικασία συμπίεσης (pressing process) με την αντίστοιχη διαδικασία φόρτισης σύμφωνα με την 8.3.9 του [IEC 62133:2012](#). Για παράδειγμα:

- Το σωματίδιο νικελίου (nickel particle) μπορεί να εισαχθεί μέσα σε ένα εκφορτισμένο στοιχείο ηλεκτροδίου (discharged nickel element) και στη συνέχεια να φορτιστεί, ή
- Το σωματίδιο νικελίου μπορεί να εισαχθεί μέσα στο στοιχείο ηλεκτροδίου πριν την πλήρωση με ηλεκτρολύτη, και στη συνέχεια μπορεί να συναρμολογηθεί, να πληρωθεί με ηλεκτρολύτη και να φορτιστεί. Σε αυτές τις κατασκευές (assemblies), μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένας σάκος από πολυαιθυλένιο ή/και από έλασμα αλουμινίου (laminated aluminum) αντί για το μεταλλικό περίβλημα της πραγματικής κυψέλης.

Στην περίπτωση πρισματικής κυψέλης με στοιχείο ηλεκτροδίου είτε τύπου στοίβας (stacking type) είτε πτυσσόμενου τύπου (folding type), το σωματίδιο νικελίου θα πρέπει να εισαχθεί στο κέντρο του τελικού ζεύγους θετικού και αρνητικού ηλεκτροδίου (end positive and negative electrode pair), και η μέγιστη πίεση συμπίεσης (pressing pressure) θα είναι 400 N.

Για να κριθεί ότι συνέβη εσωτερικό βραχυκύκλωμα μεταξύ του θετικού και του αρνητικού ηλεκτροδίου ή του υποστρώματος (substrate), είναι αποδεκτό να χρησιμοποιηθεί πτώση τάσης λιγότερο από 50 mV, εάν χρησιμοποιείται βολτόμετρο αρκετά υψηλής ακρίβειας ώστε να ανιχνεύσει αυτή την πτώση τάσης, και η πραγματική θέση του βραχυκυκλώματος μπορεί να επιβεβαιωθεί με μια επιθεώρηση του δείγματος για εσωτερικό βραχυκύκλωμα μετά τη δοκιμή.

Η εφαρμοζόμενη πίεση και η συμπεριφορά ως προς την τάση θα καταγραφούν, και η εμφάνιση της θέσης του βραχυκυκλώματος θα καταγραφεί με φωτογράφιση ή άλλο μέσο.

c) Κριτήρια αποδοχής

Όχι φωτιά, όχι έκρηξη.

¹⁴² Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes. Safety requirements for portable sealed secondary cells, and for batteries made from them, for use in portable applications. Το πρότυπο αυτό όμως έχει αντικατασταθεί από σειρά προτύπων με δύο μέρη, το [IEC 62133-1:2017](#) για συστήματα νικελίου και το [IEC 62133-2:2017](#) για συστήματα λιθίου.

7.3.3 Δοκιμή διάδοσης (σύστημα συσσωρευτών)

a) Απαίτηση

Αυτή η δοκιμή αξιολογεί την ικανότητα ενός συστήματος συσσωρευτών να αντέξει ένα γεγονός θερμικής φυγής μοναδικής κυψέλης, έτσι ώστε η θερμική φυγή να μην οδηγήσει σε φωτιά στο σύστημα.

b) Δοκιμή

Το σύστημα συσσωρευτών φορτίζεται πλήρως και στη συνέχεια αφήνεται έως ότου οι κυψέλες σταθεροποιηθούν σε θερμοκρασία περιβάλλοντος $25\pm 5^{\circ}\text{C}$. Μία κυψέλη στο σύστημα θερμαίνεται έως ότου εισέλθει σε θερμική φυγή, για παράδειγμα, χρησιμοποιώντας θέρμανση μέσω αντίστασης (resistive heating), ή μέσω μεταφοράς θερμότητας με αγωγή από μία εξωτερική πηγή θερμότητας. Η μέθοδος που χρησιμοποιείται για την πρόκληση θερμικής φυγής σε μια κυψέλη πρέπει να περιγραφεί και να τεκμηριωθεί στην αναφορά δοκιμών. Αφού ξεκινήσει η θερμική φυγή στην κυψέλη, το θερμαντικό σώμα τίθεται εκτός (turned off) και το σύστημα συσσωρευτών παρατηρείται για 1 h.

Επιτρέπονται και άλλες μέθοδοι πρόκλησης θερμικής φυγής, εκτός από τα παραδείγματα που περιγράφονται παραπάνω. Βλ. Παράρτημα Β.

c) Κριτήρια αποδοχής

Δεν προκαλείται φωτιά εξωτερικά του συστήματος, ή δεν υπάρχει ρήξη του περιβλήματος του συσσωρευτή.

Εάν το σύστημα συσσωρευτών δεν έχει εξωτερικό κάλυμμα (outer covering), ο κατασκευαστής θα καθορίσει την περιοχή που αφορά η προστασία από φωτιά.

Σημείωση: Φωτιά που προκαλείται από την πρώτη κυψέλη είναι αποδεκτή, επειδή η πρώτη θερμική φυγή γίνεται σκόπιμα ως ενεργοποίηση (trigger) για λόγους δοκιμής.

Η Ενότητα 8 αναφέρεται στον κίνδυνο [3,15](#) {σελ. 76}

8. Ασφάλεια συστήματος συσσωρευτών (λαμβάνοντας υπόψη τη λειτουργική ασφάλεια)

Ειδικότερα η παράγραφος 8.1 αναφέρεται και στους κινδύνους [1,1](#), [1,2](#) και [1,3](#) {σελ. 55}, [1,5](#) {σελ. 57}, [1,8](#) {σελ. 60}, [2,1](#) {σελ. 66}, [2,3](#) και [2,4](#) {σελ. 68}, [3,1](#) {σελ. 69}, [3,10](#) {σελ. 73}, [3,15](#) {σελ. 76}, [3,16](#) {σελ. 77}, [3,18](#) {σελ. 78}, [5,1](#) {σελ. 81}, [5,2](#) {σελ. 82}, [5,6](#) και [5,7](#) {σελ. 85}

8.1 Γενικές απαιτήσεις

Η εξάρτηση (reliance) από ηλεκτρικά, ηλεκτρονικά και λογισμικά συστήματα και διατάξεις ελέγχου για την κρίσιμη ασφάλεια θα υπόκειται σε ανάλυση λειτουργικής ασφάλειας.

Το [IEC 61508](#) (όλα τα μέρη), το Παράρτημα Η του [IEC 60730-1:2013](#) ή άλλο πρότυπο λειτουργικής ασφάλειας κατάλληλο για την εφαρμογή μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως αναφορές.

Μια μελέτη καθορισμού και μετριάσμου επικινδυνότητας των διεργασιών (process hazard risk assessment and mitigation), για το σύστημα συσσωρευτών, θα γίνεται από τους κατασκευαστές του συστήματος (π.χ. ανάλυση δέντρου σφάλματος FTA, ανάλυση τρόπων και αποτελεσμάτων αστοχίας FMEA).

Σημείωση: Καθοδήγηση για μεθόδους ανάλυσης ασφάλειας όπως FMEA και FTA μπορεί να βρεθεί σε έγγραφα όπως το [IEC 60812](#), το [IEC 61025](#) κλπ.

Η διαδικασία είναι η εξής:

a) Ανάλυση κινδύνων (hazard analysis)

b) Μελέτη επικινδυνότητας (risk assessment)

c) Επίπεδο ακεραιότητας ασφάλειας (safety integrity level) – στόχος

Παραδείγματα κινδύνων ή επικινδυνότητας είναι τα ακόλουθα: ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα (electromagnetic compatibility, EMC), ηλεκτροπληξία, βύθιση στο νερό, εξωτερικό βραχυκύκλωμα,

εσωτερικό βραχυκύκλωμα, υπερφόρτιση, υπερθέρμανση, πτώση, σύνθλιψη, υπερεκφόρτιση, εκφόρτιση με υπερένταση, φόρτιση μετά από υπερεκφόρτιση, διαρροή ηλεκτρολύτη, ανάφλεξη εκπεμπόμενων αερίων, φωτιά, σεισμός, σεισμικό θαλάσσιο κύμα κλπ.

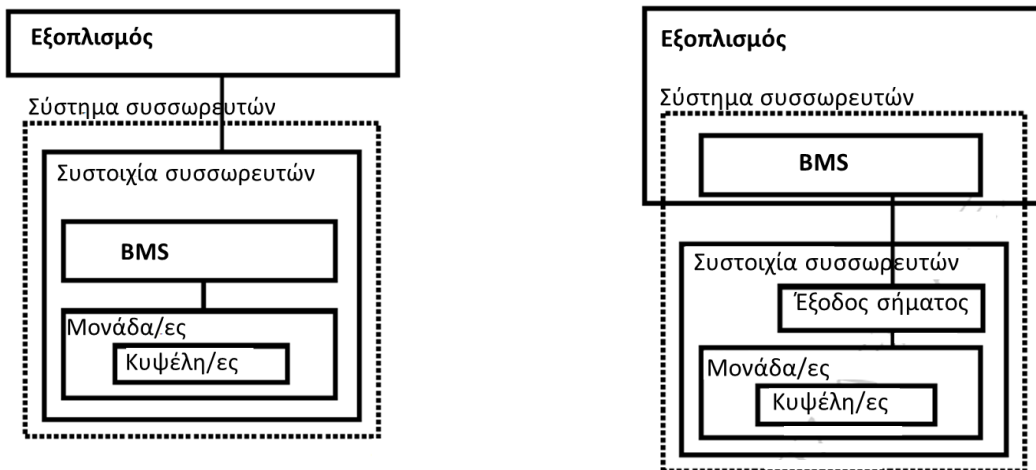
Ειδικότερα η παρ. 8.2 αναφέρεται και στους κινδύνους [2,1](#) {σελ. 66}, [2,3](#), [2,4](#), [2,5](#) και [2,6](#) {σελ. 68}, [3,1](#) {σελ. 69}, [3,17](#) {σελ. 77}

8.2 Σύστημα διαχείρισης συσσωρευτών (BMS) ή μονάδα διαχείρισης συσσωρευτών

8.2.1 Απαιτήσεις για το BMS

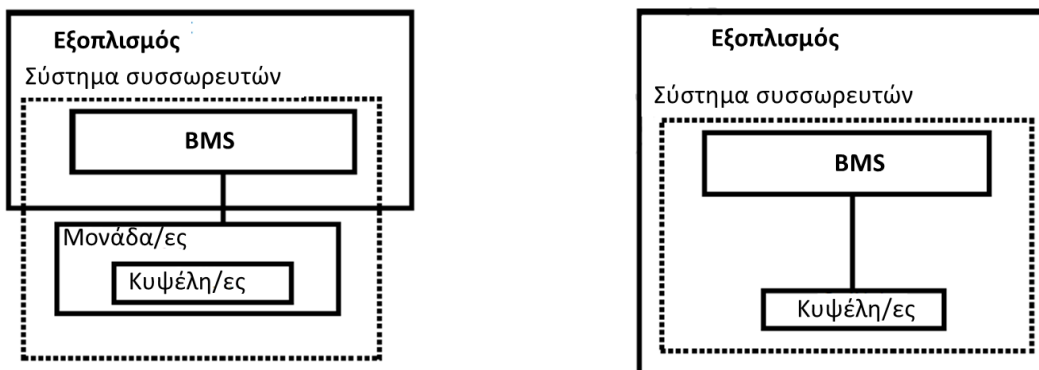
Το BMS αξιολογεί την κατάσταση (condition) των κυψελών και συσσωρευτών, και διατηρεί τις κυψέλες και τους συσσωρευτές εντός της προδιαγραφόμενης περιοχής λειτουργίας τους. Το BMS θα σχεδιάζεται σύμφωνα με το στόχο επιπέδου ακεραιότητας ασφάλειας (SIL) που ορίζεται στην παρ. 8.1(c). Παράγοντες-κλειδιά για την περιοχή λειτουργίας κυψέλης είναι η τάση, η θερμοκρασία και το ρεύμα (βλ. Σχήμα Α.1).

Για την αξιολόγηση της διάταξης ελέγχου φόρτισης που επηρεάζει την ασφάλεια, οι κατασκευαστές συστημάτων συσσωρευτών θα εκτελούν τις δοκιμές που αναφέρονται στις παρ. 8.2.2 έως 8.2.4.



α) Όλες οι λειτουργίες του BMS είναι μέσα στη συστοιχία συσσωρευτών.

β) Οι λειτουργίες του BMS μοιράζονται ανάμεσα στη συστοιχία συσσωρευτών και στην πλευρά του εξοπλισμού.



γ) Συνδυασμός εξοπλισμού με BMS και μονάδα/ες

δ) Ο εξοπλισμός περιλαμβάνει όλες τις λειτουργίες του BMS και την κυψέλη/ες.

Σχήμα 5: Παραδείγματα θέσης του BMS και τρόπων διάταξης συστημάτων συσσωρευτών.

Για τις δοκιμές αυτές, το σύστημα συσσωρευτών περιλαμβάνει επίσης τη λειτουργία BMS στην πλευρά της εφαρμογής, εάν αυτό είναι εφαρμόσιμο στο σχεδιασμό.

Σημείωση 1: Η λειτουργία του BMS μπορεί να ανατεθεί στη συστοιχία συσσωρευτών ή στον εξοπλισμό που χρησιμοποιεί το συσσωρευτή. Βλ. Σχήμα 5.

Σημείωση 2: Το BMS μπορεί να διαιρεθεί και να βρίσκεται εν μέρει στη συστοιχία συσσωρευτών και εν μέρει στον εξοπλισμό που χρησιμοποιεί το συσσωρευτή. Βλ. Σχήμα 5.

Σημείωση 3: Το BMS αναφέρεται μερικές φορές ως BMU (μονάδα διαχείρισης συσσωρευτή, battery management unit).

Ειδικότερα η παρ. 8.2.2 αναφέρεται και στους κινδύνους [2,2](#) {σελ. 67}, [3,14](#) {σελ. 75}

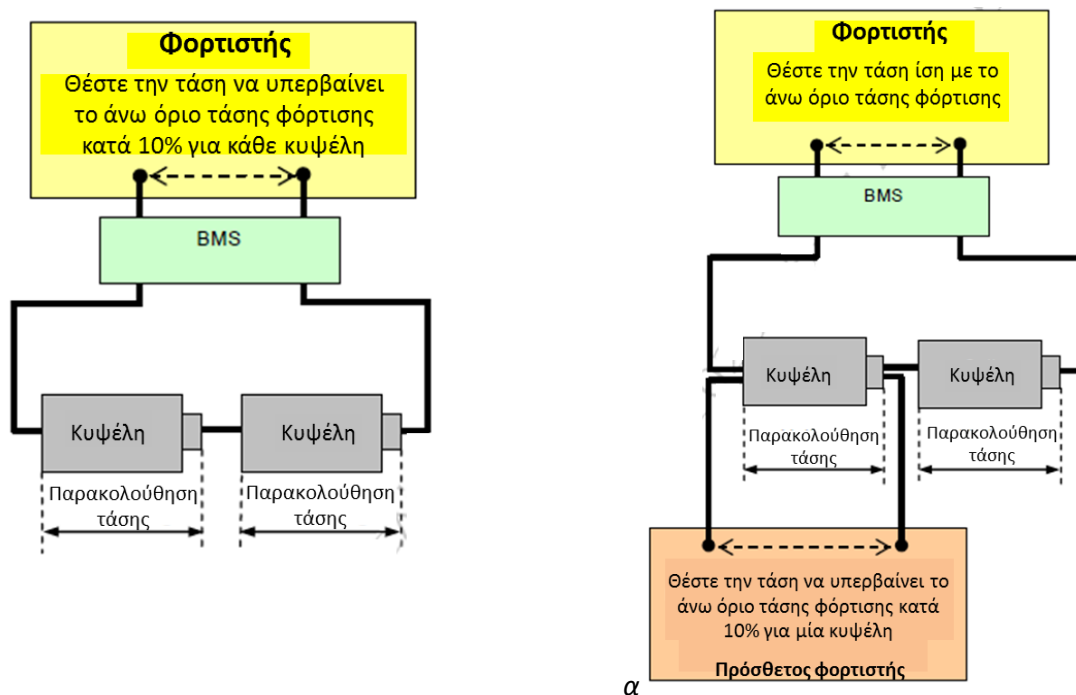
8.2.2 Έλεγχος τάσης κατά την υπερφόρτιση (σύστημα συσσωρευτών)

α) Απαιτήση

Το BMS θα ελέγχει την τάση φόρτισης ώστε να διατηρείται κάτω από το άνω όριο τάσης φόρτισης των κυψελών.

β) Δοκιμή

Η δοκιμή θα εκτελεστεί σε θερμοκρασία περιβάλλοντος $25\pm 5^{\circ}\text{C}$ και υπό κανονικές συνθήκες λειτουργίας, με το σύστημα ψύξης (εάν υπάρχει) να λειτουργεί (οι κύριες επαφές (main contactors) είναι κλειστές, με το σύστημα συσσωρευτών να ελέγχεται από το BMS). Κάθε σύστημα συσσωρευτών υπό δοκιμή θα εκφορτιστεί υπό σταθερό ρεύμα $0,2 \cdot I_c$ (A), έως μια τελική τιμή τάσης που καθορίζεται από τον κατασκευαστή. Οι συσσωρευτές-δείγματα (sample batteries) τότε θα φορτιστούν υπό το μέγιστο ρεύμα του συνιστώμενου φορτιστή, με τη ρύθμιση της τάσης (set voltage) να υπερβαίνει το άνω όριο τάσης φόρτισης κατά 10% για κάθε κυψέλη μέσα στο συσσωρευτή.



α) Η υπερβάλλουσα τάση εφαρμόζεται σε ένα πλήρες σύστημα συσσωρευτών

β) Η υπερβάλλουσα τάση εφαρμόζεται μόνο σε ένα τμήμα (όπως μία κυψέλη) ενός συστήματος συσσωρευτών

Σχήμα 6: Παράδειγμα διάταξης του κυκλώματος για έλεγχο τάσης υπερφόρτισης.

Η υπερβάλλουσα τάση μπορεί να εφαρμοστεί με έναν επιπρόσθετο φορτιστή, εάν είναι δύσκολο να γίνει με τον αρχικό φορτιστή. Επίσης, η υπερβάλλουσα τάση μπορεί να εφαρμοστεί μόνο σε τμήμα του συστήματος, όπως η κυψέλη/ες μέσα στο σύστημα συσσωρευτών, εάν είναι δύσκολο να γίνει σε ολόκληρο το σύστημα. Βλ. Σχήμα 6.

Η δοκιμή θα συνεχιστεί έως ότου το BMS διακόψει τη φόρτιση, πράγμα που πρέπει να συμβεί πριν η τάση φτάσει στο 110% του άνω ορίου τάσης φόρτισης. Η λήψη δεδομένων/παρακολούθηση (data acquisition/monitoring) θα συνεχιστεί για επιπλέον 1 h αφού διακοπεί η φόρτιση. Όλες οι λειτουργίες (functions) του συστήματος συσσωρευτών θα είναι πλήρως λειτουργικές (operational) και σύμφωνες με τη σχεδιάσή τους, κατά τη διάρκεια της δοκιμής.

c) Κριτήρια αποδοχής

Όχι φωτιά, όχι έκρηξη.

Το BMS θα διακόψει το ρεύμα υπερφόρτισης με αυτόματη αποκοπή (disconnect) των κύριων επαφών, για να προστατεύσει το σύστημα συσσωρευτών από περαιτέρω σχετικές σοβαρές επιπτώσεις (against further related severe effects).

Ειδικότερα η παρ. 8.2.3 αναφέρεται και στους κινδύνους [3.2](#) και [3.3](#) {σελ. 70}, [3.5](#) {σελ. 71} 8.2.3 Έλεγχος ρεύματος κατά την υπερφόρτιση (σύστημα συσσωρευτών)

a) Απαίτηση

Σε περίπτωση που το ρεύμα εισόδου στις κυψέλες και τους συσσωρευτές υπερβεί το μέγιστο ρεύμα φόρτισης των κυψελών, το BMS θα διακόψει τη φόρτιση για να προστατεύσει το σύστημα συσσωρευτών από κινδύνους που σχετίζονται με ρεύματα φόρτισης που υπερβαίνουν το προδιαγεγραμμένο μέγιστο ρεύμα φόρτισης των κυψελών.

Σημείωση: Εάν η μέγιστη ικανότητα ρεύματος φόρτισης του συστήματος είναι χαμηλότερη από το μέγιστο ρεύμα φόρτισης του συσσωρευτή, αυτή η δοκιμή μπορεί να παραληφθεί (waived).

b) Δοκιμή

Η δοκιμή θα εκτελεστεί σε θερμοκρασία περιβάλλοντος $25\pm 5^{\circ}\text{C}$ και υπό κανονικές συνθήκες λειτουργίας, με το σύστημα ψύξης (εάν υπάρχει) να λειτουργεί (οι κύριες επαφές (main contactors) είναι κλειστές, με το σύστημα συσσωρευτών να ελέγχεται από το BMS). Κάθε σύστημα συσσωρευτών υπό δοκιμή θα εκφορτιστεί υπό σταθερό ρεύμα $0,2\cdot I_t$ [A], έως μια τελική τιμή τάσης που καθορίζεται από τον κατασκευαστή. Οι συσσωρευτές-δείγματα (sample batteries) τότε θα φορτιστούν υπό ένα ρεύμα που υπερβαίνει το μέγιστο ρεύμα φόρτισης κατά 20%. Η λήψη δεδομένων/παρακολούθηση (data acquisition/monitoring) θα συνεχιστεί για επιπλέον 1 h αφού διακοπεί η φόρτιση. Όλες οι λειτουργίες (functions) του συστήματος συσσωρευτών θα είναι πλήρως λειτουργικές (operational) και σύμφωνες με τη σχεδιάσή τους, κατά τη διάρκεια της δοκιμής.

c) Κριτήρια αποδοχής

Το BMS θα ανιχνεύσει το ρεύμα υπερφόρτισης και θα ελέγξει τη φόρτιση ώστε να γίνει με ρεύμα κάτω από το μέγιστο ρεύμα φόρτισης, για να προστατεύσει το σύστημα συσσωρευτών από περαιτέρω σχετικές σοβαρές επιπτώσεις.

Όχι φωτιά, όχι έκρηξη.

8.2.4 Έλεγχος υπερθέρμανσης (σύστημα συσσωρευτών)

a) Απαίτηση

Το BMS θα διακόψει τη φόρτιση όταν η θερμοκρασία των κυψελών ή/και του συσσωρευτή υπερβεί το άνω όριο που καθορίζεται από τον κατασκευαστή των κυψελών.

b) Δοκιμή

Η δοκιμή θα εκτελεστεί σε μια αρχική θερμοκρασία περιβάλλοντος $25\pm 5^{\circ}\text{C}$ και υπό κανονικές συνθήκες λειτουργίας (οι κύριες επαφές (main contactors) είναι κλειστές, με το σύστημα συσσωρευτών να ελέγχεται από το BMS), με την εξαίρεση ότι το σύστημα ψύξης (εάν υπάρχει) θα είναι αποσυνδεδεμένο. Κάθε σύστημα συσσωρευτών υπό δοκιμή θα εκφορτιστεί υπό σταθερό ρεύμα $0,2\cdot I_t$

(A), έως μια τελική τιμή τάσης που καθορίζεται από τον κατασκευαστή. Οι συσσωρευτές-δείγματα (sample batteries) τότε θα φορτιστούν υπό το συνιστώμενο ρεύμα έως μία κατάσταση φόρτισης (state of charge) 50%. Η θερμοκρασία του συστήματος συσσωρευτών θα αυξηθεί έως 5°C πάνω από τη μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας. Η φόρτιση θα συνεχιστεί υπό την αυξημένη θερμοκρασία, έως ότου το BMS τερματίσει τη φόρτιση. Η λήψη δεδομένων/παρακολούθηση (data acquisition/monitoring) θα συνεχιστεί για επιπλέον 1 h αφού σταματήσει η διαδικασία (sequence) (π.χ. το BMS διακόψει τη φόρτιση).

c) Κριτήρια αποδοχής

Το BMS θα ανιχνεύσει τη θερμοκρασία υπερθέρμανσης και θα τερματίσει τη φόρτιση, για να προστατεύσει το σύστημα συσσωρευτών από περαιτέρω σχετικές σοβαρές επιπτώσεις. Όλες οι λειτουργίες (functions) του συστήματος συσσωρευτών θα είναι πλήρως λειτουργικές (operational) και σύμφωνες με τη σχεδιάσή τους, κατά τη διάρκεια της δοκιμής.

Όχι φωτιά, όχι έκρηξη.

Το Παράρτημα Α αναφέρεται στους κινδύνους [2,1](#) {σελ. 66}, [2,2](#) {σελ. 67}, [2,3](#), [2,4](#), [2,5](#) και [2,6](#) {σελ. 68}, [3,1](#) {σελ. 69}, [3,4](#) {σελ. 70}, [3,10](#) {σελ. 73}, [3,14](#) {σελ. 75}, [3,15](#) {σελ. 76}, [4,1](#) {σελ. 79}

Παράρτημα Α (κανονιστικό)

Περιοχή λειτουργίας (operating region) κυψελών για ασφαλή χρήση

A.1 Γενικά

Αυτό το Παράρτημα εξηγεί πώς να καθοριστεί η περιοχή λειτουργίας της κυψέλης, ώστε να εξασφαλιστεί η ασφαλής χρήση της. Η περιοχή λειτουργίας καθορίζεται από τις συνθήκες φόρτισης, όπως το άνω όριο της τάσης φόρτισης και της θερμοκρασίας κυψέλης, που διασφαλίζουν την ασφάλεια των κυψελών.

Οι κατασκευαστές κυψελών θα πρέπει να συμπεριλάβουν (stipulate) τις πληροφορίες σχετικά με την περιοχή λειτουργίας μέσα στις προδιαγραφές της κυψέλης, τις σχετικές με προφυλάξεις ασφάλειας, που απευθύνονται προς τους πελάτες τους, όπως είναι οι κατασκευαστές συστοιχιών και συστημάτων συσσωρευτών. Μια κατάλληλη διάταξη και λειτουργία προστασίας θα πρέπει να περιλαμβάνεται επίσης στο σύστημα ελέγχου συσσωρευτών, για την περίπτωση πιθανής αστοχίας του ελέγχου φόρτισης.

Τα όρια της περιοχής λειτουργίας προδιαγράφονται ως προς την ελάχιστη ασφάλεια, και είναι διαφορετικά από την τάση και το ρεύμα φόρτισης που βελτιστοποιούν την επίδοση (performance) της κυψέλης, όπως τον κύκλο ζωής (cycle life).

A.2 Συνθήκες φόρτισης για ασφαλή χρήση

Για να εξασφαλιστεί η ασφαλής χρήση των κυψελών, οι κατασκευαστές κυψελών θα πρέπει να ορίζουν (set) το άνω όριο τάσης και θερμοκρασίας κυψέλης που εφαρμόζεται κατά τη φόρτιση. Η κυψέλη θα πρέπει να φορτίζεται εντός ενός προκαθορισμένου εύρους (range) θερμοκρασιών (τυπικό (standard) εύρος θερμοκρασιών), με την τάση να μην υπερβαίνει το άνω όριό της. Ο κατασκευαστής της κυψέλης μπορεί επίσης να ορίσει ένα εύρος θερμοκρασιών υψηλότερων ή χαμηλότερων από το τυπικό εύρος, αρκεί να λαμβάνονται μέτρα ασφαλείας, όπως μειωμένη τάση φόρτισης. Η περιοχή λειτουργίας σημαίνει το εύρος τάσης και θερμοκρασίας όπου η κυψέλη μπορεί να χρησιμοποιηθεί με ασφάλεια. Μπορεί επίσης να οριστεί το μέγιστο ρεύμα φόρτισης για την περιοχή λειτουργίας.

Η ίδια περιοχή λειτουργίας μπορεί να εφαρμόζεται σε μία πρόσφατα ανεπτυγμένη (newly developed) κυψέλη, εάν έχει το ίδιο υλικό ηλεκτροδίου, πάχος, σχεδιασμό και διαχωριστικό (separator) όπως η

αρχική κυψέλη, και λιγότερο από το 120% της ονομαστικής χωρητικότητας της αρχικής κυψέλης. Η νέα κυψέλη μπορεί να θεωρηθεί κυψέλη της ίδιας σειράς προϊόντων (product series).

A.3 Μελέτη (consideration) της τάσης φόρτισης

Η τάση φόρτισης εφαρμόζεται στις κυψέλες ώστε να προωθήσει τη χημική αντίδραση κατά τη φόρτιση. Όμως, εάν η τάση φόρτισης είναι πολύ υψηλή, συμβαίνουν υπερβολικές χημικές αντιδράσεις, ή παράπλευρες αντιδράσεις (side reactions), και η κυψέλη γίνεται θερμικά ασταθής. Κατά συνέπεια, είναι ιδιαίτερα σημαντικό η τάση φόρτισης να μην υπερβαίνει ποτέ την τιμή που προδιαγράφεται από τον κατασκευαστή της κυψέλης (δηλαδή το άνω όριο της τάσης φόρτισης). Όταν μία κυψέλη φορτίζεται σε υψηλότερη τάση από το άνω όριο, περίσσεια λιθίου απο-παρεμβάλλεται (deintercalated) από το ενεργό υλικό του θετικού ηλεκτροδίου, και η κρυσταλλική δομή του τείνει να καταρρεύσει. Σε αυτές τις συνθήκες, όταν συμβεί ένα εσωτερικό βραχυκύκλωμα, η θερμική φυγή μπορεί να συμβεί ευκολότερα από όταν οι κυψέλες φορτίζονται εντός της προκαθορισμένης περιοχής λειτουργίας. Κατά συνέπεια, οι κυψέλες δεν πρέπει να φορτίζονται ποτέ σε τάση υψηλότερη από το άνω όριο.

Το άνω όριο τάσης φόρτισης θα πρέπει να ορίζεται από τον κατασκευαστή της κυψέλης με βάση δοκιμές επαλήθευσης (verification tests), που δείχνουν τα αποτελέσματα π.χ. ως εξής:

- Αποτελέσματα δοκιμών που επιβεβαιώνουν τη σταθερότητα της κρυσταλλικής δομής του θετικού υλικού.
- Αποτελέσματα δοκιμών που επιβεβαιώνουν την αποδοχή (acceptance) των ιόντων λιθίου μέσα στο ενεργό υλικό αρνητικού ηλεκτροδίου, όταν η κυψέλη φορτίζεται υπό την τάση άνω ορίου φόρτισης.
- Αποτελέσματα δοκιμών που επιβεβαιώνουν ότι οι κυψέλες που φορτίζονται στο άνω όριο τάσης υποβλήθηκαν στη δοκιμή ασφάλειας της Ενότητας 6 στο άνω όριο του τυπικού εύρους θερμοκρασιών, και τα κριτήρια αποδοχής κάθε δοκιμής ικανοποιούνται.

A.4 Μελέτη της θερμοκρασίας

Η φόρτιση προκαλεί μια χημική αντίδραση και επηρεάζεται από τη θερμοκρασία. Η ποσότητα παράπλευρων αντιδράσεων ή η κατάσταση (condition) των προϊόντων αντίδρασης κατά τη φόρτιση εξαρτάται από τη θερμοκρασία. Η φόρτιση στο εύρος χαμηλής ή υψηλής θερμοκρασίας θεωρείται ότι προκαλεί περισσότερες παράπλευρες αντιδράσεις, και είναι πιο σοβαρή (severe) από την άποψη της ασφάλειας, παρά μέσα στο τυπικό εύρος θερμοκρασίας, όπου η τάση άνω ορίου φόρτισης μπορεί να εφαρμοστεί με ασφάλεια. Κατά συνέπεια, η τάση ή/και το ρεύμα φόρτισης θα πρέπει να είναι μειωμένα σε σχέση με τα άνω όριά τους, τόσο στο εύρος χαμηλής όσο και στο εύρος υψηλής θερμοκρασίας.

A.5 Εύρος υψηλής θερμοκρασίας (high temperature range)

Όταν μία κυψέλη φορτίζεται σε θερμοκρασία υψηλότερη από το τυπικό εύρος θερμοκρασιών, η επίδοση ασφάλειας της κυψέλης τείνει να μειώνεται, λόγω μειωμένης σταθερότητας της κρυσταλλικής δομής. Επίσης, στο εύρος υψηλής θερμοκρασίας, η θερμική φυγή τείνει να συμβαίνει για σχετικά μικρές μεταβολές της θερμοκρασίας.

Σαν αποτέλεσμα, η φόρτιση των κυψελών στο εύρος υψηλής θερμοκρασίας πρέπει να ελέγχεται ως εξής:

- Όταν η θερμοκρασία επιφάνειας της κυψέλης είναι εντός του εύρους υψηλής θερμοκρασίας που προδιαγράφεται από τον κατασκευαστή της, εφαρμόζονται ειδικές συνθήκες φόρτισης, όπως χαμηλότερη τάση και ρεύμα φόρτισης.
- Όταν η θερμοκρασία επιφάνειας της κυψέλης είναι υψηλότερη από το άνω όριο του εύρους υψηλής θερμοκρασίας, η κυψέλη δεν πρέπει να φορτίζεται ποτέ, υπό καμία τιμή ρεύματος.

Ειδικότερα η παρ. A.6 αναφέρεται και στον κίνδυνο [2.3](#) {σελ. 68}

A.6 Εύρος χαμηλής θερμοκρασίας (low temperature range)

Όταν μία κυψέλη φορτίζεται εντός του εύρους χαμηλής θερμοκρασίας, ο ρυθμός μεταφοράς μάζας (mass transfer rate) μειώνεται, και ο ρυθμός εισαγωγής (insertion rate) ιόντων λιθίου μέσα στο αρνητικό υλικό είναι χαμηλός. Κατά συνέπεια, είναι εύκολο να εναποτεθεί μεταλλικό λίθιο πάνω στην επιφάνεια του άνθρακα. Στις συνθήκες αυτές, η κυψέλη γίνεται θερμικά ασταθής και επιρρεπής (liable) σε υπερθέρμανση και πρόκληση θερμικής φυγής. Επίσης, στο εύρος χαμηλής θερμοκρασίας, η αποδοχή των ιόντων λιθίου εξαρτάται πολύ από τη θερμοκρασία. Σε ένα σύστημα συσσωρευτών λιθίου που αποτελείται από πολλαπλές κυψέλες σε σύνδεση σειράς, η δυνατότητα αποδοχής (acceptability) κάθε κυψέλης διαφέρει ανάλογα με τη θερμοκρασία της, πράγμα που μειώνει την ασφάλεια του συστήματος.

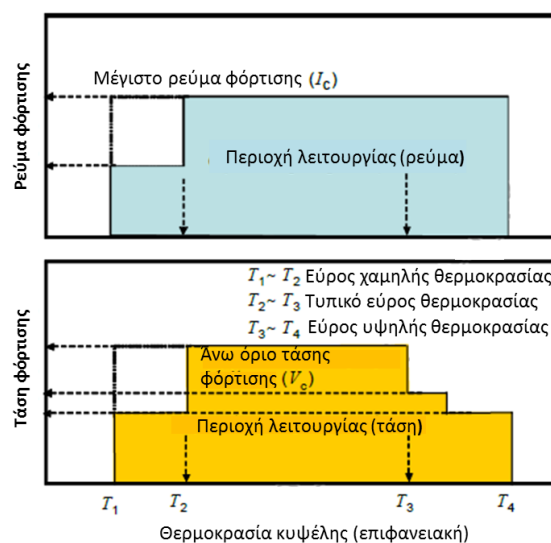
Σαν αποτέλεσμα, η φόρτιση των κυψελών στο εύρος χαμηλής θερμοκρασίας πρέπει να ελέγχεται ως εξής:

- Όταν η θερμοκρασία επιφάνειας της κυψέλης είναι εντός του εύρους χαμηλής θερμοκρασίας που προδιαγράφεται από τον κατασκευαστή της, εφαρμόζονται ειδικές συνθήκες φόρτισης, όπως χαμηλότερη τάση και ρεύμα φόρτισης.
- Όταν η θερμοκρασία επιφάνειας της κυψέλης είναι χαμηλότερη από το κάτω όριο του εύρους χαμηλής θερμοκρασίας, η κυψέλη δεν πρέπει να φορτίζεται ποτέ, υπό καμία τιμή ρεύματος.

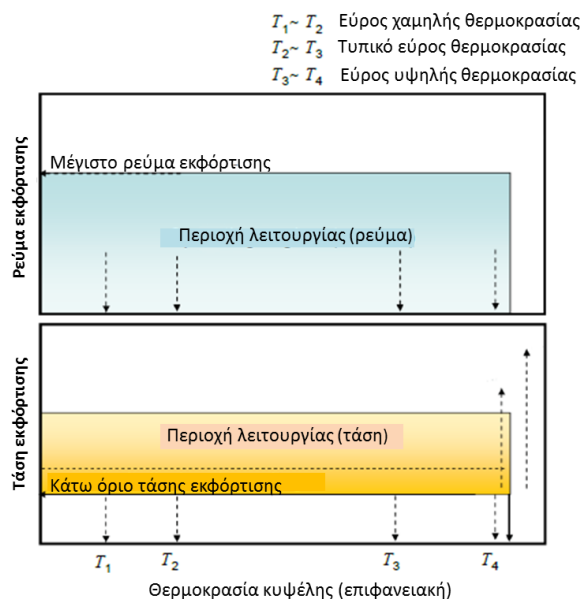
A.7 Συνθήκες εκφόρτισης για ασφαλή χρήση

Οι κύριες παράμετροι για την εξασφάλιση της ασφάλειας κατά τη διάρκεια της εκφόρτισης είναι η τάση, το ρεύμα και η θερμοκρασία. Η τάση θα πρέπει να είναι πάντα μεγαλύτερη από το κάτω όριο τάσης εκφόρτισης για την κυψέλη. Το ρεύμα δεν πρέπει ποτέ να ξεπεράσει το μέγιστο ρεύμα που ορίζεται από τον κατασκευαστή της κυψέλης. Η θερμοκρασία θα πρέπει να βρίσκεται πάντα μέσα στα όρια θερμοκρασίας (κάτω και άνω όρια). Η τάση της κυψέλης θα πρέπει να ελέγχεται ώστε να διατηρείται πάνω από το κάτω όριό της, με σκοπό να αποφευχθεί μια απρόβλεπτη κρίσιμη αστοχία. Επιπρόσθετα, από τον κατασκευαστή καθορίζεται μια τάση αποκοπής (cut off voltage), μεγαλύτερη από το κάτω όριο εκφόρτισης, για να διατηρήσει ένα επαρκές περιθώριο (proper margin) για την περιοχή λειτουργίας της κυψέλης, και να βελτιστοποιήσει την επίδοση της κυψέλης.

A.8 Παράδειγμα περιοχής λειτουργίας



Σχήμα A.1: Παράδειγμα περιοχής λειτουργίας για τη φόρτιση τυπικών κυψελών ιόντων λιθίου.



Σχήμα Α.2: Παράδειγμα περιοχής λειτουργίας για την εκφόρτιση τυπικών κυψελών ιόντων λιθίου.

Το Σχήμα Α.1 απεικονίζει ένα τυπικό παράδειγμα περιοχής λειτουργίας για τη φόρτιση. Στο εύρος θερμοκρασίας υψηλότερης ή χαμηλότερης από το τυπικό εύρος θερμοκρασίας, είναι επιτρεπτή η φόρτιση αλλά υπό την προϋπόθεση ότι χρησιμοποιείται χαμηλότερη τάση ή/και ρεύμα. Η περιοχή λειτουργίας μπορεί να προσδιοριστεί με μορφή βήματος (step shape), όπως δείχνεται στο Σχήμα Α.1, ή με διαγώνιες γραμμές. Το Σχήμα Α.2 απεικονίζει ένα παράδειγμα περιοχής λειτουργίας για την εκφόρτιση.

Το Παράρτημα Β αναφέρεται στους κινδύνους [4.1](#) και [4.2](#) {σελ. 79}

Παράρτημα Β (πληροφοριακό)

Διαδικασία δοκιμής διάδοσης (procedure of propagation test) (βλ. 7.3.3)

Β.1 Γενικά

Η μέθοδος για την ανάπτυξη θερμικής φυγής κυψέλης μπορεί να επιλεγεί ανάμεσα στις υποψήφιες μεθόδους που παρουσιάζονται στην παρ. Β.3 παρακάτω. Η οντότητα που εκτελεί τη δοκιμή (testing entity) θα πρέπει να έρθει σε επαφή με τον κατασκευαστή της κυψέλης ή τους συσσωρευτή, για να αποκτήσει (get) μια λεπτομερή διαδικασία για τη θερμική φυγή της κυψέλης.

Β.2 Συνθήκες δοκιμής

- 1) Ο συσσωρευτής είναι πλήρως φορτισμένος σύμφωνα με τις συνθήκες που συνιστώνται από τον κατασκευαστή.
- 2) Μία κυψέλη-στόχος (target cell) προορίζεται να εξαναγκαστεί σε θερμική φυγή, για την ενεργοποίηση της δοκιμής. Όταν ο συσσωρευτής περιέχει τρεις ή περισσότερες κυψέλες, οι ακραίες κυψέλες (end cells) στη διάταξη του συσσωρευτή δεν μπορούν να επιλεγούν ως κυψέλη-στόχος, δηλαδή η κυψέλη-στόχος πρέπει να έχει τουλάχιστον δύο άλλες γειτονικές κυψέλες.
- 3) Αυτή η δοκιμή μπορεί να εκτελεστεί με ειδικά προετοιμασμένο δείγμα, το οποίο μπορεί να διαθέτει μια διάταξη θέρμανσης (heater) ή μια σπή για διείδυση καρφίου, για την ευκολία της δοκιμής. Όμως το ειδικό χαρακτηριστικό (special feature) που παρέχεται για ευκολία δοκιμής δεν θα πρέπει να επηρεάζει την διάχυση θερμότητας (heat diffusion) του συσσωρευτή.

Β.3 Μέθοδοι εκκίνησης της θερμικής φυγής μπορεί να περιλαμβάνουν

- 1) Θέρμανση

Η κυψέλη-στόχος θα θερμανθεί με τις ακόλουθες μεθόδους. Κάθε μέθοδος θα πρέπει να θερμαίνει μόνο την κυψέλη-στόχο. Η πηγή θερμότητας θα πρέπει να τεθεί εκτός όταν η κυψέλη-στόχος έχει εξαναγκαστεί να εισέλθει σε θερμική φυγή.

- Θέρμανση μέσω θερμαντικού στοιχείου (heater)
- Θέρμανση μέσω πηγής φλόγας (burner)
- Θέρμανση μέσω λέιζερ (laser)
- Θέρμανση μέσω επαγωγικού στοιχείου (inductive heating)

2) Υπερφόρτιση

Μια κυψέλη υπερφορτίζεται υπό τις συνθήκες που συνιστώνται από τον κατασκευαστή, έως ότου η κυψέλη-στόχος εξαναγκάζεται να εισέλθει σε θερμική φυγή. Οποιοσδήποτε άλλες κυψέλες στο συσσωρευτή δεν πρέπει να υπερφορτιστούν. Εάν η κυψέλη είναι σχεδιασμένη να έχει διάταξη αποκοπής ρεύματος (CID, current interrupting device), μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια κυψέλη της οποίας το CID έχει μεταβληθεί ώστε να είναι μη λειτουργικό.

3) Διείσδυση καρφίου στην κυψέλη

Σε μία κυψέλη διεισδύει ένα καρφί, ώστε να προκαλέσει βραχυκύκλωμα μεταξύ του θετικού και του αρνητικού ηλεκτροδίου. Το καρφί μπορεί να έχει θερμανθεί πριν τη δοκιμή.

4) Συνδυασμός των ανωτέρω μεθόδων

5) Άλλη μέθοδος/οι, που θεωρείται κατάλληλη, με βάση θεωρία και υποστηρικτικά δεδομένα (supporting data).

B.3 Προβλέψεις του IEC 60335-1(2012+A3:2017)

IEC 60335-1: Οικιακές και παρόμοιες ηλεκτρικές συσκευές. Ασφάλεια. Γενικές απαιτήσεις (Household and similar electrical appliances. Safety. General requirements)

Η παρ. 3.2.6 αναφέρεται στον κίνδυνο [1,5](#) {σελ. 57}

3.2.6 Σύνδεση τύπου Z (type Z attachment)

Μέθοδος σύνδεσης του καλωδίου τροφοδοσίας (supply cord), έτσι ώστε να μην μπορεί να αντικατασταθεί χωρίς να σπάσει ή να καταστραφεί η συσκευή (appliance).

Η Ενότητα 7 αναφέρεται στους κινδύνους [6,1](#), [6,2](#), [6,3](#) και [6,4](#) {σελ. 86}

7 Σήμανση και Οδηγίες¹⁴³

7.1 Οι συσκευές θα έχουν σήμανση με:

- Την ονομαστική τάση, ή το ονομαστικό εύρος τάσεων, σε V.
- Το σύμβολο για τη φύση (nature) της τροφοδοσίας, εκτός εάν αναφέρεται η ονομαστική συχνότητα
- Την ονομαστική ισχύ εισόδου σε W ή το ονομαστικό ρεύμα σε A
- Το όνομα, εμπορικό σήμα (trademark) ή σήμα ταυτοποίησης (identification mark) του κατασκευαστή ή του υπεύθυνου πωλητή (responsible vendor)
- Την αναφορά στο μοντέλο ή τύπο (model or type reference)
- Το σύμβολο [IEC 60417-5172](#) (2003-02), μόνο για συσκευές κατηγορίας (class) II.
- Τον αριθμό IP σύμφωνα με το βαθμό προστασίας απέναντι σε είσοδο νερού, εκτός από IPX0.
- Το σύμβολο [IEC 60417-5180](#) (2003-02), για συσκευές κατηγορίας III. Αυτή η σήμανση δεν είναι απαραίτητη για συσκευές που λειτουργούν μόνο με συσσωρευτές (πρωτογενείς, ή δευτερογενείς που επαναφορτίζονται εξωτερικά της συσκευής).

Σημείωση 1: Το πρώτο ψηφίο του αριθμού IP δεν χρειάζεται να βρίσκεται στη σήμανση της συσκευής.

Σημείωση 2: Επιπλέον σημάνσεις επιτρέπονται, αρκεί να μην οδηγούν σε παρεξήγηση (misunderstanding).

Σημείωση 3: Εάν τα εξαρτήματα (components) έχουν ξεχωριστή σήμανση, η σήμανση της συσκευής και αυτή των εξαρτημάτων πρέπει να είναι τέτοιες ώστε να μην υπάρχει αμφιβολία για το ποια είναι η σήμανση της ίδιας της συσκευής.

Σημείωση 4: Εάν η συσκευή έχει σήμανση για την ονομαστική πίεση, αυτή μπορεί να δίνεται και σε μονάδες bar, αλλά μόνο εάν συνοδεύει την τιμή σε Pa και τοποθετείται σε αγκύλες (brackets).

Το περίβλημα (enclosure) ηλεκτρικών βαλβίδων νερού (electrically operated water valves) που ενσωματώνονται σε εξωτερικά συστήματα με λάστιχο (hose-sets) για σύνδεση μιας συσκευής με την κύρια παροχή νερού (water mains) θα έχει σήμανση με το σύμβολο [IEC 60417-5036](#) (2002-10), εάν η τάση λειτουργίας τους (working voltage) υπερβαίνει την εξαιρετικά χαμηλή τάση (extra low voltage).

7.2 Σταθερές (stationary) συσκευές για πολλαπλή τροφοδοσία θα έχουν σήμανση με την ουσία (substance) της ακόλουθης φράσης:

«Προειδοποίηση: Πριν από την πρόσβαση σε τερματικούς ακροδέκτες, όλα τα κυκλώματα τροφοδοσίας πρέπει να είναι αποσυνδεδεμένα» (“Warning: Before obtaining access to terminals, all supply circuits must be disconnected”).

Η προειδοποίηση αυτή πρέπει να τοποθετείται κοντά (vicinity) στο κάλυμμα (cover) των τερματικών ακροδεκτών.

¹⁴³ Σε όλη την ενότητα, η συμμόρφωση ελέγχεται με επιθεώρηση, εκτός από όπου αναφέρεται διαφορετικά.

7.3 Συσκευές που έχουν ένα εύρος ονομαστικών τιμών και μπορούν να λειτουργήσουν χωρίς ρύθμιση (adjustment) μέσα σε ολόκληρο το εύρος, θα περιλαμβάνουν στη σήμανση το κάτω και το άνω όριο του εύρους διαχωρισμένα από μία παύλα (hyphen) [-].

Σημείωση 1: Παράδειγμα: 115-230 V: Η συσκευή είναι κατάλληλη για οποιαδήποτε τιμή μέσα στο εύρος (ένα σίδερο μαλλιών (curling iron) με θερμαντικό στοιχείο PTC ή μια συσκευή που ενσωματώνει ένα τροφοδοτικό με διακόπτη εισόδου (input switch mode power supply)).

Συσκευές που έχουν διαφορετικές ονομαστικές τιμές και πρέπει να ρυθμιστούν για να χρησιμοποιηθούν σε μια συγκεκριμένη ονομαστική τιμή από το χρήστη ή τον εγκαταστάτη, θα περιλαμβάνουν στη σήμανση τις διαφορετικές τιμές, διαχωρισμένες από μία «κάθετο» (λοξή γραμμή, oblique stroke) [/]

Σημείωση 2: Παράδειγμα: 115/230 V: Η συσκευή είναι κατάλληλη μόνο για τις σημειωμένες τιμές (μία ξυριστική μηχανή (shaver) με διακόπτη επιλογής (selector switch)).

Σημείωση 3: Αυτή η απαίτηση εφαρμόζεται και σε συσκευές με πρόβλεψη (provision) για σύνδεση τόσο σε μονοφασική όσο και πολυφασική τροφοδοσία.

Παράδειγμα: 230 V/400 V: Η συσκευή είναι κατάλληλη μόνο για τις υποδεικνυόμενες τιμές, όπου τα 230 V αντιστοιχούν σε μονοφασική και τα 400 V σε τριφασική λειτουργία (ένα πλυντήριο πιάτων (dishwasher) με τερματικούς ακροδέκτες και για τις δύο τροφοδοσίες).







7.4 Εάν η συσκευή μπορεί να ρυθμιστεί για διαφορετικές ονομαστικές τάσεις, η τιμή στην οποία είναι ρυθμισμένη η συσκευή θα είναι σαφώς ευδιάκριτη (clearly discernible). Εάν δεν απαιτούνται συχνές μεταβολές στη ρύθμιση της τάσης, η απαίτηση αυτή θεωρείται ότι ικανοποιείται, εφόσον η ονομαστική τάση στην οποία πρέπει να ρυθμιστεί η συσκευή μπορεί να προσδιοριστεί από ένα διάγραμμα καλωδίωσης (wiring diagram) στερεωμένο (fixed) στη συσκευή.










Σημείωση: Το διάγραμμα καλωδίωσης μπορεί να βρίσκεται στο εσωτερικό ενός καλύμματος που πρέπει να αφαιρεθεί για να συνδεθούν οι αγωγοί τροφοδοσίας. Δεν μπορεί να βρίσκεται σε μια ετικέτα (label) συνδεδεμένη χαλαρά (loosely attached) στη συσκευή.

7.5 Για συσκευές με σήμανση για πάνω από μία ονομαστικές τάσης, ή για ένα ή περισσότερα εύρη ονομαστικών τάσεων, η ονομαστική ισχύς εισόδου ή το ονομαστικό ρεύμα για καθεμία από αυτές τις τάσεις ή τα εύρη πρέπει να αναφέρεται στη σήμανση. Όμως, εάν η διαφορά ανάμεσα στα όρια ενός εύρους ονομαστικών τάσεων δεν ξεπερνά το 10% της αριθμητικής μέσης τιμής (arithmetic mean value) του εύρους, η σήμανση για την ονομαστική ισχύ εισόδου, ή το ονομαστικό ρεύμα, μπορεί να αντιστοιχεί (related) στην αριθμητική μέση τιμή του εύρους.

Το άνω και το κάτω όριο της ονομαστικής ισχύος εισόδου ή του ονομαστικού ρεύματος θα υπάρχουν στη σήμανση της συσκευής, έτσι ώστε η σχέση ανάμεσα στην είσοδο και στην τάση να είναι σαφής.

7.6 Όταν χρησιμοποιούνται σύμβολα, θα είναι ως εξής:

	Σύμβολο IEC 60417-5031 (2002-10)	Συνεχές ρεύμα (direct current)
	Σύμβολο IEC 60417-5032 (2002-10)	Εναλλασσόμενο ρεύμα (alternating current)
	Σύμβολο IEC 60417-5032-1 (2002-10)	Τριφασικό εναλλασσόμενο ρεύμα (three-phase alternating current)
	Σύμβολο IEC 60417-5032-2 (2002-10)	Τριφασικό εναλλασσόμενο ρεύμα με ουδέτερο (with neutral)
	Σύμβολο IEC 60417-5016 (2002-10)	Σύνδεση μέσω ασφάλειας τήξης (fuse-link)
<u>Σημείωση 1:</u> το ονομαστικό ρεύμα της ασφάλειας μπορεί να επισημαίνεται σε συνδυασμό με αυτό το σύμβολο		
		Σύνδεση μέσω μικροασφάλειας τήξης με χρονοκαυστήρηση (time-lag miniature fuses-link), όπου X το σύμβολο της χαρακτηριστικής χρόνου/ρεύματος (time/current characteristic) όπως

		δίνεται στο IEC 60127
	Σύμβολο IEC 60417-5019 (2006-08)	Γείωση προστασίας (protective earth)
	Σύμβολο IEC 60417-5018 (2006-10)	Γείωση λειτουργίας (functional earthing)
	Σύμβολο IEC 60417-5172 (2003-02)	Εξοπλισμός κατηγορίας (class) II
	Σύμβολο IEC 60417-5012 (2002-10)	Λαμπτήρας (lamp)
<i>Σημείωση 2: η ονομαστική ισχύς του λαμπτήρα μπορεί να επισημαίνεται σε συνδυασμό με αυτό το σύμβολο</i>		
	Σύμβολο ISO 7000-0434 (2004-01)	Προσοχή (caution)
	Σύμβολο ISO 7000-0790 (2004-01)	Διαβάστε το εγχειρίδιο χρήστη (read operator's manual)
	Σύμβολο IEC 60417-5021 (2002-10)	Ισοδυναμικότητα (equipotentiality)
	Σύμβολο IEC 60417-5036 (2002-10)	Επικίνδυνη τάση (dangerous voltage)
	Σύμβολο IEC 60417-5180 (2003-02)	Συσκευή κατηγορίας (class) III

Το σύμβολο για τη φύση της τροφοδοσίας θα είναι τοποθετημένο δίπλα στην ονομαστική τάση.

Το σύμβολο για συσκευές κατηγορίας II θα είναι τοποθετημένο ώστε να γίνεται προφανές ότι πρόκειται για τμήμα των τεχνικών πληροφοριών (technical information) και να είναι απίθανο (unlikely) να γίνει σύγχυση με οποιοδήποτε άλλο σημάδι.

Οι μονάδες φυσικών ποσοτήτων (physical quantities) και τα σύμβολά τους θα είναι αυτά του διεθνούς προτυποποιημένου συστήματος (international standardized system).

Σημείωση 3: Επιπλέον σύμβολα επιτρέπονται, αρκεί να μην οδηγούν σε παρεξήγηση.

Σημείωση 4: Μπορούν να χρησιμοποιηθούν σύμβολα που περιλαμβάνονται στα [IEC 60417](#) και [ISO 7000](#).

7.7 Συσκευές που θα συνδεθούν σε πάνω από δύο αγωγούς τροφοδοσίας, και συσκευές για πολλαπλή τροφοδοσία (multiple supply), θα έχουν ένα διάγραμμα σύνδεσης (connection diagram) στερεωμένο πάνω τους, εκτός εάν ο σωστός τρόπος σύνδεσης είναι προφανής.

Σημείωση 1: Ο σωστός τρόπος σύνδεσης για πολυφασικές (multi-phase) συσκευές θεωρείται προφανής, εάν οι τερματικοί ακροδέκτες των αγωγών τροφοδοσίας υποδεικνύονται από βέλη που δείχνουν προς τους ακροδέκτες αυτούς.

Σημείωση 2: Η σήμανση με λέξεις είναι ένα αποδεκτό μέσο υπόδειξης του σωστού τρόπου σύνδεσης.

Σημείωση 3: Το διάγραμμα σύνδεσης μπορεί να είναι το ίδιο με το διάγραμμα καλωδίωσης που αναφέρεται στην 7.4.

7.8 [...] ¹⁴⁴

7.9 Εκτός αν είναι προφανώς μη απαραίτητο, οι διακόπτες (switches) που μπορεί να οδηγήσουν σε κίνδυνο (hazard) με το χειρισμό τους (when operated), θα έχουν σήμανση ή τοποθέτηση ώστε να δείχνουν καθαρά ποιο μέρος της συσκευής ελέγχουν. Οι ενδείξεις (indications) που χρησιμοποιούνται

¹⁴⁴ Αναφέρεται αποκλειστικά σε συσκευές πλην αυτών που έχουν σύνδεση τύπου Z (τα BESS καταναλωτών έχουν σύνδεση τύπου Z, όπως έχει αναφερθεί σε άλλο σημείο).

για αυτό το σκοπό θα είναι, όπου είναι πρακτικά εφικτό (practicable), κατανοητές (comprehensible) χωρίς τη γνώση γλωσσών ή εθνικών προτύπων.

7.10 Οι διαφορετικές θέσεις διακοπών σε σταθερές συσκευές, και οι διαφορετικές θέσεις διατάξεων ελέγχου (controls) σε όλες τις συσκευές, θα υποδεικνύονται από αριθμούς (ή ψηφία, figures), γράμματα, ή άλλα οπτικά μέσα (visual means). Αυτή η απαίτηση εφαρμόζεται και σε διακόπτες που είναι τμήμα μιας διάταξης ελέγχου.

Εάν χρησιμοποιούνται αριθμοί για να υποδείξουν τις διαφορετικές θέσεις, τότε η θέση «εκτός» (off) θα υποδεικνύεται από τον αριθμό μηδέν (0) και η θέση για μια ανώτερη τιμή π.χ. εξόδου, εισόδου, ταχύτητας ή επιπέδου ψύξης (cooling effect), θα υποδεικνύεται από ένα μεγαλύτερο αριθμό.

Ο αριθμός (ψηφίο) 0 δεν θα χρησιμοποιείται για οποιαδήποτε άλλη ένδειξη παρά μόνο εάν είναι τοποθετημένο και συσχετισμένο μαζί με άλλα ψηφία, ώστε να μην οδηγεί σε σύγχυση σχετικά με την ένδειξη της θέσης «εκτός».

Σημείωση: Για παράδειγμα, το ψηφίο 0 μπορεί να χρησιμοποιείται σε ένα ψηφιακό πληκτρολόγιο προγραμματισμού (digital programming keyboard).

7.11 Διατάξεις ελέγχου που προορίζονται να ρυθμίζονται κατά την εγκατάσταση ή κατά την κανονική λειτουργία, θα διαθέτουν μία ένδειξη για την κατεύθυνση της ρύθμισης (direction of adjustment).

Σημείωση: Μια ένδειξη με συν (+) και πλην (-) θεωρείται επαρκής.

7.12 Οδηγίες χρήσης θα παρέχονται με τη συσκευή, ώστε η συσκευή να μπορεί να χρησιμοποιηθεί με ασφάλεια.

Σημείωση: Οι οδηγίες μπορεί να αναγράφονται (marked) πάνω στη συσκευή, εφόσον είναι ορατές κατά την κανονική χρήση.

Εάν είναι απαραίτητο να λαμβάνονται προφυλάξεις (precautions) κατά τη συντήρηση από το χρήστη (user maintenance), θα δίνονται κατάλληλες λεπτομέρειες.

Οι οδηγίες θα περιλαμβάνουν την ουσία των παρακάτω:

Αυτή η συσκευή δεν προορίζεται να χρησιμοποιείται από άτομα (συμπεριλαμβανομένων παιδιών) με μειωμένες σωματικές (physical), αισθητήριες (sensory) ή πνευματικές (mental) ικανότητες (capabilities), ή με έλλειψη εμπειρίας και γνώσης, εκτός εάν τους παρέχεται επίβλεψη (supervision) ή εκμάθηση (instruction) για τη χρήση της συσκευής από ένα άτομο υπεύθυνο για την ασφάλειά τους.

Τα παιδιά θα πρέπει να επιβλέπονται ώστε να εξασφαλίζεται ότι δεν παίζουν με τη συσκευή.

Οι οδηγίες για συσκευές που έχουν ένα μέρος κατασκευής κατηγορίας III που τροφοδοτείται από αποσπώμενο τροφοδοτικό (detachable power supply) θα δηλώνουν ότι η συσκευή πρέπει να χρησιμοποιείται μόνο με το τροφοδοτικό που παρέχεται με αυτή.

Οι οδηγίες για συσκευές κατηγορίας III θα δηλώνουν ότι πρέπει να τροφοδοτείται μόνο με εξαιρετικά χαμηλή τάση ασφαλείας (safety extra low voltage) που αντιστοιχεί με τη σήμανση πάνω στη συσκευή. Αυτή η οδηγία δεν είναι απαραίτητη για συσκευές τροφοδοτούμενες από συσσωρευτές, εάν ο συσσωρευτής είναι πρωτογενής, ή δευτερογενής που φορτίζεται εκτός της συσκευής.

7.12.1 Εάν είναι απαραίτητο να λαμβάνονται προφυλάξεις κατά την εγκατάσταση της συσκευής, θα δίνονται κατάλληλες λεπτομέρειες.

Εάν η συσκευή προορίζεται να συνδέεται μόνιμα με την κύρια τροφοδοσία νερού και όχι μέσω ενός συστήματος με λάστιχο (hose-set), αυτό πρέπει να δηλώνεται.

7.12.2 Εάν μια σταθερή συσκευή δεν εξοπλίζεται (fitted) με καλώδιο τροφοδοσίας (supply cord) και βύσμα (plug) ή με άλλο τρόπο αποσύνδεσης από την κύρια τροφοδοσία που να έχει διαχωρισμό επαφής (contact separation) σε όλους τους πόλους (poles), ώστε να παρέχει πλήρη αποσύνδεση σε συνθήκες υπέρτασης (overvoltage) κατηγορίας (category) III, οι οδηγίες θα δηλώνουν ότι πρέπει να

ενσωματωθούν μέσα αποσύνδεσης στη σταθερή καλωδίωση (fixed wiring), σε συμφωνία με τους κανονισμούς καλωδίωσης (wiring rules).

7.12.3 Εάν η μόνωση της σταθερής καλωδίωσης που τροφοδοτεί μια συσκευή για μόνιμη σύνδεση με την κύρια τροφοδοσία μπορεί να έρθει σε επαφή με μέρη που έχουν αύξηση θερμοκρασίας (temperature rise) που υπερβαίνει τους 50 K κατά τη δοκιμή της Ενότητας 11, οι οδηγίες θα δηλώνουν ότι η μόνωση αυτή πρέπει να προστατεύεται, για παράδειγμα, με μονωτικό μανδύα (insulating sleeving) με κατάλληλη ονομαστική θερμοκρασία.

7.12.4 Οι οδηγίες για εντοιχιζόμενες (built-in) συσκευές θα περιλαμβάνουν πληροφορίες σχετικά με τα παρακάτω:

- Διαστάσεις του χώρου που θα διατίθεται για τη συσκευή
- Διαστάσεις και θέση των μέσων στήριξης (supporting) και στερέωσης (fixing) της συσκευής μέσα σε αυτό το χώρο
- Ελάχιστες διαστάσεις ανάμεσα στα διάφορα μέρη της συσκευής και της περιβάλλουσας κατασκευής (surrounding structure)
- Ελάχιστες διαστάσεις ανοιγμάτων εξαερισμού (ventilation openings) και σωστή διάταξη (arrangement) τους
- Σύνδεση της συσκευής με την κύρια τροφοδοσία, και διασύνδεση τυχόν ξεχωριστών τμημάτων
- Ανάγκη να επιτρέπεται η αποσύνδεση της συσκευής από την τροφοδοσία μετά την εγκατάσταση, εκτός εάν η συσκευή ενσωματώνει ένα διακόπτη που συμμορφώνεται με την 24.3. Η αποσύνδεση μπορεί να επιτευχθεί διατηρώντας το βύσμα (plug) προσβάσιμο, ή ενσωματώνοντας ένα διακόπτη στη σταθερή καλωδίωση, σε συμφωνία με τους κανονισμούς καλωδίωσης.

7.12.5 [...] ¹⁴⁵

Για συσκευές με σύνδεση τύπου Z, οι οδηγίες θα πρέπει να περιλαμβάνουν την ουσία της ακόλουθης φράσης:

«Το καλώδιο τροφοδοσίας δεν μπορεί να αντικατασταθεί. Εάν το καλώδιο υποστεί ζημιά (damaged), η συσκευή πρέπει να αχρηστευθεί (scrapped)».

7.12.6 Εάν απαιτείται μια μη αυτό-επαναφερόμενη θερμική διάταξη αποκοπής (non-self-resetting thermal cut-out) για τη συμμόρφωση με το παρόν πρότυπο, τότε οι οδηγίες για συσκευές που ενσωματώνουν μία τέτοια διάταξη, η οποία επαναφέρεται με αποσύνδεση από την κύρια τροφοδοσία, θα περιλαμβάνουν την ουσία του παρακάτω κειμένου:

«ΠΡΟΣΟΧΗ (CAUTION): Για την αποφυγή κινδύνου λόγω ακούσιας (inadvertent) επαναφοράς της θερμικής διάταξης αποκοπής, αυτή η συσκευή δεν πρέπει να τροφοδοτείται μέσω μιας εξωτερικής διάταξης διακόπτη (external switching device), όπως ένας χρονοδιακόπτης (timer), ή να συνδέεται σε κύκλωμα που τίθεται «εντός» και «εκτός» σε τακτική βάση από την εταιρεία του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας (utility).

7.12.7 Οι οδηγίες για στερεωμένες συσκευές (fixed appliances) πρέπει να δηλώνουν τον τρόπο στερέωσης και στήριξης της συσκευής. Η μέθοδος στερέωσης δεν πρέπει να εξαρτάται από τη χρήση κόλλας (adhesives), καθώς δεν θεωρείται αξιόπιστο μέσο στερέωσης.

7.12.8 Οι οδηγίες για συσκευές που συνδέονται στην κύρια παροχή νερού θα δηλώνουν:

- Τη μέγιστη πίεση εισόδου (inlet) νερού, σε Pa
- Την ελάχιστη πίεση εισόδου νερού, σε Pa, εάν είναι απαραίτητο για την ορθή λειτουργία της συσκευής.

¹⁴⁵ Αφορά μόνο το τμήμα που αναφέρεται σε συσκευές με σύνδεση τύπου Z, όπως πρέπει να είναι τα BESS καταναλωτών.

Οι οδηγίες για συσκευές που συνδέονται με την κύρια παροχή νερού με αποσπώμενο σύστημα με λάστιχο, θα δηλώνουν ότι πρέπει να χρησιμοποιηθούν τα νέα λάστιχα που παρέχονται με τη συσκευή, και να μην επαναχρησιμοποιηθούν παλιά λάστιχα.

7.13 Οι οδηγίες και άλλα κείμενα που απαιτούνται από αυτό το πρότυπο θα είναι γραμμένες σε μια επίσημη γλώσσα της χώρας όπου πρόκειται να πωληθεί η συσκευή.

7.14 Οι σημάνσεις που απαιτούνται από αυτό το πρότυπο θα είναι ευανάγνωστες (clearly legible) και ανθεκτικές (durable).

Η συμμόρφωση ελέγχεται με επιθεώρηση, και με τρίψιμο της σήμανσης με το χέρι για 15 s με ύφασμα (cloth) εμποτισμένο (soaked) σε νερό, και έπειτα για άλλα 15 s με ύφασμα εμποτισμένο σε απόσταγμα πετρελαίου (petroleum spirit). Το απόσταγμα πετρελαίου που θα χρησιμοποιηθεί για τη δοκιμή είναι αλειφατικός διαλύτης εξανίου (aliphatic solvent hexane).

Μετά από όλες τις δοκιμές σε αυτό το πρότυπο, η σήμανση θα είναι ευανάγνωστη. Δεν θα είναι δυνατό να αφαιρεθούν εύκολα οι πλάκες (plates) σήμανσης, ούτε θα εμφανίζουν συστροφή (curling).

Σημείωση: Κατά την αξιολόγηση της ανθεκτικότητας της σήμανσης, θα λαμβάνεται υπόψη η επίδραση της κανονικής χρήσης. Για παράδειγμα η σήμανση με μπογιά (paint) ή σμάλτο (enamel), με την εξαίρεση του υαλώδους (vitreous) σμάλτου, σε δοχεία που είναι πιθανόν να καθαρίζονται συχνά, δεν θεωρείται ανθεκτική.

7.15 Οι σημάνσεις που περιγράφονται στις 7.1 έως και 7.5 θα βρίσκονται πάνω σε ένα κύριο μέρος της συσκευής.

Οι σημάνσεις πάνω στη συσκευή θα είναι ευδιάκριτες (clearly discernible) από το εξωτερικό της συσκευής, αλλά εάν είναι απαραίτητο, μετά την αφαίρεση ενός καλύμματος. Για φορητές (portable) συσκευές, θα είναι δυνατή η αφαίρεση ή το άνοιγμα αυτού του καλύμματος χωρίς τη βοήθεια εργαλείου (tool).

Για σταθερές συσκευές, τουλάχιστον το όνομα ή εμπορικό σύμβολο ή σύμβολο ταυτοποίησης του κατασκευαστή ή του υπεύθυνου πωλητή, και η αναφορά στο μοντέλο ή τύπο, θα είναι ορατά όταν η συσκευή είναι εγκατεστημένη όπως για κανονική χρήση. Αυτές οι σημάνσεις μπορεί να είναι κάτω από ένα αποσπώμενο κάλυμμα. Άλλες σημάνσεις μπορεί να είναι κάτω από κάλυμμα μόνο εάν είναι κοντά στους τερματικούς ακροδέκτες. Για στερεωμένες συσκευές, αυτή η απαίτηση εφαρμόζεται αφού η συσκευή έχει εγκατασταθεί σύμφωνα με τις οδηγίες που παρέχονται με αυτή.

Οδηγίες για διακόπτες και διατάξεις ελέγχου θα βρίσκονται πάνω ή κοντά σε αυτά τα εξαρτήματα. Δεν θα βρίσκονται πάνω σε μέρη που μπορούν να τοποθετηθούν ή να επανατοποθετηθούν με τέτοιο τρόπο ώστε η σήμανση να είναι παραπλανητική (misleading).

7.16 Εάν η συμμόρφωση με το πρότυπο εξαρτάται από τη λειτουργία μίας αντικαταστάσιμης (replaceable) θερμικής ή τηκόμενης διάταξης [ασφάλειας] (link), ο αριθμός αναφοράς (reference number) ή άλλο στοιχείο ταυτοποίησης της διάταξης θα πρέπει να σημειώνεται σε τέτοια θέση, ώστε να είναι καθαρά ορατός όταν η συσκευή έχει αποσυναρμολογηθεί (dismantled) στο βαθμό που χρειάζεται για την αντικατάσταση.

Σημείωση: Η σήμανση πάνω στη διάταξη επιτρέπεται, αρκεί να εξακολουθεί να είναι ευανάγνωστη μετά τη λειτουργία της διάταξης.

Αυτή η απαίτηση δεν εφαρμόζεται σε διατάξεις που μπορούν να αντικατασταθούν μόνο μαζί με ένα μέρος της συσκευής.

Η Ενότητα 19 αναφέρεται στον κίνδυνο [3.18](#) {σελ. 78}

19 Μη κανονική λειτουργία (abnormal operation)

19.1 Οι συσκευές θα κατασκευάζονται έτσι ώστε, σαν αποτέλεσμα μη κανονικής ή απρόσεκτης (careless) λειτουργίας, η επικινδυνότητα (risk) φωτιάς, ή μηχανικής ζημιάς που να βλάπτει (impairing) την ασφάλεια ή την προστασία από ηλεκτροπληξία, να προλαμβάνεται (obviated) όσο είναι πρακτικά εφικτό.

Τα ηλεκτρονικά κυκλώματα θα σχεδιάζονται και θα εφαρμόζονται έτσι ώστε μία συνθήκη σφάλματος (fault condition) να μην καθιστά (render) τη συσκευή ανασφαλή (unsafe) αναφορικά με ηλεκτροπληξία, κίνδυνο φωτιάς, μηχανικό κίνδυνο ή επικίνδυνη δυσλειτουργία (dangerous malfunction).

Οι συσκευές που ενσωματώνουν θερμαντικά στοιχεία (heating elements) υποβάλλονται στις δοκιμές των 19.2 και 19.3. Επιπλέον, εάν τέτοιες συσκευές έχουν διάταξη ελέγχου που περιορίζει τη θερμοκρασία κατά τη δοκιμή της Ενότητας 11, υποβάλλονται στις δοκιμές της 19.4 και, όπου είναι εφαρμόσιμο, στη δοκιμή της 19.5. Συσκευές που ενσωματώνουν θερμαντικά στοιχεία τύπου PTC υποβάλλονται επίσης στη δοκιμή της 19.6.

Συσκευές που ενσωματώνουν κινητήρες υπόκεινται στις δοκιμές της 19.7 έως 19.10, όπως είναι εφαρμόσιμες.

Συσκευές που ενσωματώνουν ηλεκτρονικά κυκλώματα υποβάλλονται επίσης στις δοκιμές της 19.11 και 19.12, όπως είναι εφαρμόσιμες.

Συσκευές που ενσωματώνουν επαφείς (contactors) ή ηλεκτρονόμους (relays) υποβάλλονται στη δοκιμή της 19.14.

Συσκευές που ενσωματώνουν διακόπτες επιλογής τάσης (voltage selection switches) υποβάλλονται στη δοκιμή της 19.15.

Εάν δεν αναφέρεται διαφορετικά, οι δοκιμές συνεχίζονται έως ότου ενεργοποιηθεί μια μη αυτοεπαναφερόμενη θερμική διάταξη αποκοπής, ή αποκατασταθούν σταθερές συνθήκες (steady conditions are established). Εάν ένα θερμαντικό στοιχείο, ή ένα σκόπιμα ασθενές μέρος (intentionally weak part) ανοιχτοκυκλωθεί μόνιμα, η αντίστοιχη δοκιμή επαναλαμβάνεται σε ένα δεύτερο δείγμα. Αυτή η δεύτερη δοκιμή θα τερματισθεί με τον ίδιο τρόπο, εκτός εάν ολοκληρωθεί άλλως ικανοποιητικά (otherwise satisfactorily completed).

Σημείωση: Τηκόμενες ασφάλειες, θερμικές διατάξεις αποκοπής, διατάξεις προστασίας υπερέντασης, ή παρόμοιες διατάξεις ενσωματωμένες στη συσκευή, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να παρέχουν την απαραίτητη προστασία. Η προστατευτική διάταξη στην σταθερή καλωδίωση δεν παρέχει την απαραίτητη προστασία.

Εάν δεν αναφέρεται διαφορετικά, προσομοιώνεται (simulated) μόνο μία μη κανονική (abnormal) συνθήκη σε κάθε χρονική στιγμή (at any one time)

Εάν πάνω από μία δοκιμές είναι εφαρμόσιμες στην ίδια συσκευή, αυτές οι δοκιμές εκτελούνται διαδοχικά (consecutively), αφού η συσκευή έχει έρθει σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.

Για συνδυασμένες συσκευές (combined appliances), οι δοκιμές εκτελούνται με τους κινητήρες και τα θερμαντικά στοιχεία να δουλεύουν ταυτόχρονα όπως σε κανονική λειτουργία, και οι αντίστοιχες δοκιμές εκτελούνται μία κάθε φορά σε κάθε κινητήρα και θερμαντικό στοιχείο.

Όταν δηλώνεται ότι μια διάταξη ελέγχου βραχυκυκλώνεται, μπορεί αντί για αυτό να καθίσταται ανενεργή (inoperative).

Εάν δεν αναφέρεται διαφορετικά, η συμμόρφωση με τις δοκιμές αυτής της Ενότητας ελέγχεται όπως περιγράφεται στην 19.13.

19.2 Συσκευές με θερμαντικά στοιχεία δοκιμάζονται σύμφωνα με τις συνθήκες που περιγράφονται στην Ενότητα 11, αλλά με περιορισμένη απαγωγή θερμότητας (restricted heat dissipation). Η τάση

τροφοδοσίας, που καθορίζεται πριν τη δοκιμή, είναι αυτή που απαιτείται για να δώσει ισχύ εισόδου ίση με το 85% της ονομαστικής ισχύος εισόδου υπό κανονικές συνθήκες λειτουργίας, όταν η ισχύς εισόδου έχει σταθεροποιηθεί. Η τάση αυτή διατηρείται σταθερή σε όλη τη διάρκεια της δοκιμής.

***Σημείωση:** Διατάξεις ελέγχου που λειτουργούν κατά τη δοκιμή της Ενότητας 11, επιτρέπεται να λειτουργούν.*

19.3 Η δοκιμή της 19.2 επαναλαμβάνεται αλλά με τάση τροφοδοσίας, που καθορίζεται πριν από τη δοκιμή, αυτή που απαιτείται για να δώσει ισχύ εισόδου ίση με το 124% της ονομαστικής ισχύος εισόδου υπό κανονικές συνθήκες λειτουργίας, όταν η ισχύς εισόδου έχει σταθεροποιηθεί. Η τάση αυτή διατηρείται σταθερή σε όλη τη διάρκεια της δοκιμής.

Σημείωση:¹⁴⁶

19.4 Η συσκευή δοκιμάζεται υπό τις συνθήκες της Ενότητας 11, αλλά οποιαδήποτε διάταξη ελέγχου που περιορίζει τη θερμοκρασία κατά τη δοκιμή, βραχυκυκλώνεται.

Εάν η διάταξη ενσωματώνει πάνω από μία διατάξεις ελέγχου, αυτές βραχυκυκλώνονται με τη σειρά (in turn).

19.5 Η δοκιμή της 19.4 επαναλαμβάνεται στις συσκευές κατηγορίας OI και συσκευές κατηγορίας I που ενσωματώνουν σωληνωτά (tubular) θερμαντικά στοιχεία ενδεδυμένα (sheathed) ή ένθετα (embedded). Όμως, οι διατάξεις ελέγχου δεν βραχυκυκλώνονται, αλλά η μία άκρη του θερμαντικού στοιχείου συνδέεται με την επένδυσή του (sheath).

Η δοκιμή επαναλαμβάνεται με την πολικότητα της τροφοδοσίας της συσκευής αντεστραμμένη και με την άλλη άκρη του θερμαντικού στοιχείου συνδεδεμένη με την επένδυση.

Η δοκιμή δεν εκτελείται σε συσκευές που προορίζονται για μόνιμη σύνδεση με σταθερή καλωδίωση, και σε συσκευές όπου συμβαίνει αποσύνδεση όλων των πόλων (all pole disconnection) κατά τη δοκιμή της 19.4.

Συσκευές με ουδέτερο δοκιμάζονται με τον ουδέτερο συνδεδεμένο στην επένδυση.

***Σημείωση:** Για ένθετα θερμαντικά στοιχεία, επένδυση θεωρείται το μεταλλικό περίβλημα (enclosure).*

19.6 Συσκευές με θερμαντικά στοιχεία PTC τροφοδοτούνται με την ονομαστική τάση έως ότου αποκατασταθούν σταθερές συνθήκες όσον αφορά την ισχύ εισόδου και τη θερμοκρασία.

Η τάση λειτουργίας (working voltage) του στοιχείου PTC αυξάνεται κατά 5% και η συσκευή λειτουργεί έως ότου αποκατασταθούν πάλι σταθερές συνθήκες. Η τάση έπειτα αυξάνει με παρόμοια βήματα έως ότου φτάσει το 150% της τάσης λειτουργίας, ή έως ότου το στοιχείο PTC διαρραγεί (ruptured), όποιο συμβεί πρώτο.

19.7 Η συσκευή λειτουργεί υπό συνθήκες ακινητοποίησης (stalled) ως εξής:

- Είτε κλειδώνοντας (locking) το δρομέα (rotor), σε συσκευές για τις οποίες η ροπή (torque) του κλειδωμένου δρομέα είναι μικρότερη από τη ροπή πλήρους φορτίου (full load)
- Είτε κλειδώνοντας κινούμενα μέρη (moving parts) άλλων συσκευών.

Εάν η συσκευή έχει πάνω από έναν κινητήρες, η δοκιμή εκτελείται σε κάθε κινητήρα ξεχωριστά.

Συσκευές που ενσωματώνουν κινητήρες και έχουν πυκνωτές στο κύκλωμα ενός βοηθητικού τυλίγματος (auxiliary winding), λειτουργούν με το δρομέα κλειδωμένο, και έναν πυκνωτή ανοιχτοκυκλωμένο κάθε φορά. Η δοκιμή επαναλαμβάνεται με έναν πυκνωτή βραχυκυκλωμένο κάθε φορά, εκτός αν είναι κατηγορίας (class) P2 του [IEC 60252-1](#).¹⁴⁷

***Σημείωση 1:** Αυτή η δοκιμή εκτελείται με το δρομέα κλειδωμένο επειδή ορισμένοι κινητήρες μπορούν έτσι (thus) να αρχίσουν να οδηγούν σε μη συνεπή (inconsistent) αποτελέσματα.*

¹⁴⁶ Όμοια με της 19.2.

¹⁴⁷ AC motor capacitors. General. Performance, testing and rating. Safety requirements. Guidance for installation and operation.

Για καθεμία από τις δοκιμές, συσκευές που διαθέτουν χρονοδιακόπτη ή διάταξη προγραμματισμού (programmer), τροφοδοτούνται με την ονομαστική τάση για μια περίοδο ίση με το μέγιστο χρόνο που επιτρέπεται από το χρονοδιακόπτη ή τη διάταξη προγραμματισμού.

Οι άλλες συσκευές τροφοδοτούνται με την ονομαστική τάση για περίοδο:

- 30 s, για:

Συσκευές χειρός

Συσκευές όπου ο διακόπτης πρέπει να διατηρείται πατημένος με το χέρι ή το πόδι

Συσκευές που τροφοδοτούνται συνεχώς με το χέρι

- 5 min, για άλλες συσκευές που λειτουργούν υπό παρακολούθηση

- Έως ότου αποκατασταθούν σταθερές συνθήκες, για άλλες συσκευές

Σημείωση: Οι συσκευές που δοκιμάζονται για 5 min υποδεικνύονται στο σχετικό Μέρος 2¹⁴⁸

Κατά τη διάρκεια της δοκιμής, η θερμοκρασία των τυλιγμάτων δεν θα υπερβεί τις αντίστοιχες τιμές του Πίνακα 8.

Πίνακας 8: Μέγιστη θερμοκρασία τυλιγμάτων

Τύπος συσκευής	Θερμοκρασία [°C]							
	Κατηγ. 105 (A)	Κατηγ. 120 (E)	Κατηγ. 130 (B)	Κατηγ. 155 (F)	Κατηγ. 180 (H)	Κατηγ. 200 (N)	Κατηγ. 220 (R)	Κατηγ. 250
Συσκευές πλην αυτών που λειτουργούν έως την αποκατάσταση σταθερών συνθηκών	200	215	225	240	260	280	300	330
Συσκευές που λειτουργούν έως την αποκατάσταση σταθερών συνθηκών								
- Εάν προστατεύονται από σύνθετη αντίσταση	150	165	175	190	210	230	250	280
- Εάν προστατεύονται από προστατευτική συσκευή								
- Κατά την 1 ^η ώρα, μέγιστη τιμή	200	215	225	240	260	280	300	330
- Μετά την 1 ^η ώρα, μέγιστη τιμή	175	190	200	215	235	255	275	305
- Μετά την 1 ^η ώρα, αριθμητική μέση τιμή	150	165	175	190	210	230	250	280

19.8 Μία φάση συσκευών που ενσωματώνουν πολυφασικούς κινητήρες αποσυνδέεται. Η συσκευή τότε λειτουργεί υπό κανονική λειτουργία και τροφοδοτείται υπό ονομαστική τάση για την περίοδο που περιγράφεται στην 19.7.

19.9 Μια δοκιμή λειτουργίας σε υπερφόρτωση (running overload test) διενεργείται σε συσκευές που ενσωματώνουν κινητήρες που προορίζονται να ελέγχονται από απόσταση (remotely) ή αυτόματα ή ενδέχεται (liable) να λειτουργούν συνεχώς.

Συσκευές που λειτουργούν με κινητήρα (motor-operated), και συνδυασμένες συσκευές για τις οποίες εφαρμόζεται η παρ. 30.2.3 και οι οποίες χρησιμοποιούν προστατευτικές διατάξεις υπερφόρτωσης (overload) που βασίζονται σε ηλεκτρονικά κυκλώματα για να προστατεύουν τα τυλίγματα του κινητήρα, εκτός από αυτά που ανιχνεύουν (sense) άμεσα τη θερμοκρασία, επίσης υποβάλλονται στη δοκιμή λειτουργίας σε υπερφόρτωση.

Η συσκευή είναι σε κανονική λειτουργία και τροφοδοτείται με ονομαστική τάση έως ότου αποκατασταθούν σταθερές συνθήκες. Τότε το φορτίο μεγαλώνει έτσι ώστε το ρεύμα στα τυλίγματα να

¹⁴⁸ Αναφέρεται στη σειρά προτύπων [IEC 60335-2](#)

αυξηθεί κατά 10% και η συσκευή λειτουργεί ξανά έως ότου αποκατασταθούν σταθερές συνθήκες, με την τάση τροφοδοσίας να παραμένει στην αρχική τιμή της. Το φορτίο αυξάνει ξανά και η δοκιμή επαναλαμβάνεται έως ότου λειτουργήσει η προστατευτική συσκευή ή ο κινητήρας ακινητοποιηθεί (stalls).

Κατά τη διάρκεια της δοκιμής, οι θερμοκρασίες τυλιγματος δεν πρέπει να υπερβούν τους:

- 140°C, για μόνωση τυλιγμάτων κατηγορίας 105 (A)
- 155°C, για μόνωση τυλιγμάτων κατηγορίας 120 (E)
- 165°C, για μόνωση τυλιγμάτων κατηγορίας 130 (B)
- 180°C, για μόνωση τυλιγμάτων κατηγορίας 155 (F)
- 200°C, για μόνωση τυλιγμάτων κατηγορίας 180 (H)
- 220°C, για μόνωση τυλιγμάτων κατηγορίας 200 (N)
- 240°C, για μόνωση τυλιγμάτων κατηγορίας 220 (R)
- 270°C, για μόνωση τυλιγμάτων κατηγορίας 250

Σημείωση: Εάν το φορτίο δεν μπορεί να αυξηθεί με τα κατάλληλα βήματα, ο κινητήρας μπορεί να αφαιρεθεί από τη συσκευή και να δοκιμαστεί ξεχωριστά.

19.10 Συσκευές που ενσωματώνουν κινητήρες σειράς (series motors) λειτουργούν με το κατώτατο δυνατό φορτίο και τροφοδοτούνται με το 130% της ονομαστικής τάσης για 1 min.

Κατά τη διάρκεια της δοκιμής, δεν θα εκτοξευτούν (ejected) τμήματα από τη συσκευή.

19.11 Ηλεκτρονικά κυκλώματα δοκιμάζονται με αξιολόγηση των συνθηκών σφάλματος που περιγράφονται στην 19.11.2 για όλα τα κυκλώματα ή μέρη κυκλωμάτων, εκτός εάν συμμορφώνονται με τις συνθήκες που περιγράφονται στην 19.11.1.

Σημείωση 1: Γενικά, η εξέταση της συσκευής και του διαγράμματος κυκλωμάτων (circuit diagram) θα αποκαλύψει τις συνθήκες σφάλματος που πρέπει να προσομοιωθούν, έτσι ώστε η δοκιμή μπορεί να περιοριστεί στις περιπτώσεις εκείνες που αναμένεται να δώσουν τα πιο δυσμενή (unfavourable) αποτελέσματα.

Συσκευές που ενσωματώνουν ηλεκτρονικό κύκλωμα που βασίζεται σε ένα προγραμματιζόμενο εξάρτημα για να λειτουργήσει σωστά, υποβάλλονται στη δοκιμή της 19.11.4.8, εκτός εάν η επανεκκίνηση σε οποιοδήποτε σημείο του κύκλου λειτουργίας (operating cycle) μετά τη διακοπή λόγω βύθισης τάσης δεν θα οδηγήσει σε κίνδυνο (hazard). Η δοκιμή εκτελείται μετά την απομάκρυνση όλων των συσσωρευτών και άλλων εξαρτημάτων που προορίζονται να διατηρήσουν (maintain) την τάση τροφοδοσίας του προγραμματιζόμενου εξαρτήματος κατά τη διάρκεια βυθίσεων (dips), διακοπών (interruptions) και διακυμάνσεων (variations) της κύριας τάσης τροφοδοσίας.

Συσκευές που έχουν διάταξη με θέση «εκτός» που επιτυγχάνεται με ηλεκτρονική αποσύνδεση, ή διάταξη που μπορεί να θέσει τη συσκευή σε αναμονή (stand-by mode), υποβάλλονται στις δοκιμές της 19.11.4.

Σημείωση 2: Για πληροφορίες γενικής καθοδήγησης (guidance) σχετικά με την ακολουθία (sequence) των δοκιμών για την αξιολόγηση ηλεκτρονικών κυκλωμάτων, πρέπει να γίνει αναφορά στο Παράρτημα Q. Πρέπει να διευκρινιστεί ότι στα πρότυπα της σειράς Μέρους 2 μπορεί να προσδιορίζονται πρόσθετες ή εναλλακτικές δοκιμές μη κανονικής λειτουργίας. Αυτές οι δοκιμές δεν περιλαμβάνονται στο διάγραμμα ροής. Για ορθή εφαρμογή αυτού του προτύπου, το κανονιστικό (normative) κείμενο έχει προτεραιότητα (precedence) σε σχέση με την καθοδήγηση που δίνεται στο Παράρτημα Q.

Εάν η ασφάλεια της συσκευής υπό οποιαδήποτε από τις συνθήκες σφάλματος εξαρτάται από τη λειτουργία μιας μικροασφάλειας τήξης (miniature fuse-link) που συμμορφώνεται με το [IEC 60127](#) [Miniature fuses], τότε εκτελείται η δοκιμή της 19.12.

Κατά τη διάρκεια και μετά από κάθε δοκιμή, η θερμοκρασία των τυλιγμάτων δεν θα υπερβαίνει τις τιμές του Πίνακα 8. Όμως, αυτά τα όρια δεν εφαρμόζονται στους ασφαλείς έναντι βλάβης (fail-safe) μετασχηματιστές (Μ/Σ) που συμμορφώνονται με την 15.5 του [IEC 61558-1](#) [Safety of transformers, reactors, power supply units and combinations thereof. General requirements and tests]. Η συσκευή θα συμμορφώνεται με τις συνθήκες της 19.13. Τυχόν ρεύμα που ρέει μέσα από σύνθετη αντίσταση προστασίας (protective impedance) δεν θα υπερβαίνει τα όρια που καθορίζονται στην 8.1.4.

Σημείωση: Εάν δεν είναι απαραίτητο να αντικατασταθούν εξαρτήματα μετά από οποιαδήποτε δοκιμή, η δοκιμή ηλεκτρικής αντοχής (electric strength) που απαιτείται από την 19.13 αρκεί να διενεργηθεί μόνο μετά την τελική δοκιμή στο ηλεκτρονικό κύκλωμα.

Εάν ένας αγωγός τυπωμένου κυκλώματος ανοιχτοκυκλωθεί, η συσκευή θεωρείται ότι άντεξε (withstood) στη συγκεκριμένη δοκιμή, αρκεί να ισχύουν οι ακόλουθες δύο προϋποθέσεις:

- Το υλικό βάσης του τυπωμένου κυκλώματος αντέχει τη δοκιμή του Παραρτήματος Ε.
- Εάν ο αγωγός έχει χαλαρώσει (loosened), δεν μειώνει τα διάκενα ή τις αποστάσεις ερπυσμού ανάμεσα σε μέρη υπό τάση και προσβάσιμα μεταλλικά μέρη κάτω από τις τιμές που περιγράφονται στην Ενότητα 29.

19.11.1 Οι συνθήκες σφάλματος (α) έως και (γ) που περιγράφονται στην 19.11.2 δεν εφαρμόζονται στα κυκλώματα ή μέρη κυκλωμάτων, όταν ισχύουν και οι δύο ακόλουθες προϋποθέσεις:

- Το ηλεκτρονικό κύκλωμα είναι κύκλωμα χαμηλής ισχύος (low-power circuit), όπως περιγράφεται παρακάτω.
- Η προστασία έναντι ηλεκτροπληξίας, κινδύνου φωτιάς, μηχανικού κινδύνου ή επικίνδυνης δυσλειτουργίας άλλων μερών της συσκευής δεν βασίζεται στην ορθή λειτουργία του ηλεκτρονικού κυκλώματος.

Ένα παράδειγμα κυκλώματος χαμηλής ισχύος εικονίζεται στο Σχήμα 6 και καθορίζεται ως εξής:

Η συσκευή τροφοδοτείται με την ονομαστική τάση, και μια μεταβλητή αντίσταση, ρυθμισμένη στη μέγιστη τιμή της, συνδέεται μεταξύ του σημείου υπό εξέταση (point to be investigated) και τον αντίθετο πόλο της πηγής τροφοδοσίας (supply source). Η αντίσταση τότε μειώνεται έως ότου η ισχύς που καταναλώνεται στην αντίσταση φτάνει μια μέγιστη τιμή. Τα πιο κοντινά σημεία στην πηγή τροφοδοσίας, στα οποία η μέγιστη τιμή στην αντίσταση δεν υπερβαίνει τα 15 W στο τέλος της διάρκειας 5 s ονομάζονται σημεία χαμηλής ισχύος (low power points). Το τμήμα του κυκλώματος που είναι μακρύτερα από την πηγή τροφοδοσίας σε σχέση με ένα σημείο χαμηλής ισχύος θεωρείται κύκλωμα χαμηλής ισχύος.

Σημείωση 1: Οι μετρήσεις θα πρέπει να γίνονται μόνο από έναν πόλο της πηγής τροφοδοσίας, κατά προτίμηση αυτόν που δίνει τα λιγότερα σημεία χαμηλής ισχύος.

Σημείωση 2: Κατά τον καθορισμό των σημείων χαμηλής ισχύος, συστήνεται να ξεκινήσει κανείς με σημεία που είναι πιο κοντά στην πηγή τροφοδοσίας.

Σημείωση 3: Η ισχύς που καταναλώνεται από τη μεταβλητή αντίσταση θα πρέπει να μετράται με ένα βατόμετρο (wattmeter).

19.11.2 Οι ακόλουθες συνθήκες σφάλματος μελετώνται (considered) και εάν είναι απαραίτητο, εφαρμόζονται μία κάθε φορά, λαμβάνοντας υπόψη επακόλουθες (consequential) αστοχίες:

- Βραχυκύκλωμα λειτουργικής μόνωσης (functional insulation), εάν τα διάκενα ή οι αποστάσεις ερπυσμού έχουν τιμές μικρότερες από αυτές της Ενότητας 29.
- Ανοιχτοκύκλωμα στους τερματικούς ακροδέκτες οποιουδήποτε εξαρτήματος.
- Βραχυκύκλωμα πυκνωτών, εκτός εάν συμμορφώνονται με το [IEC 60384-14](#) [Fixed capacitors for use in electronic equipment. Sectional specification. Fixed capacitors for electromagnetic interference suppression and connection to the supply mains].

d) Βραχυκύκλωμα οποιωνδήποτε δύο τερματικών ακροδεκτών σε ένα ηλεκτρονικό εξάρτημα, εκτός από ολοκληρωμένο κύκλωμα. Αυτή η συνθήκη σφάλματος δεν εφαρμόζεται μεταξύ των δύο κυκλωμάτων ενός οπτικού συζεύκτη (optocoupler).

e) Αστοχία των τριόδων EP (triac, triode for AC, γνωστοί και ως διακόπτες δίπλευρης τριόδου) σε λειτουργία διόδου (diode mode).

f) Αστοχία μικροεπεξεργαστών (microprocessors) και ολοκληρωμένων κυκλωμάτων, εκτός από εξαρτήματα όπως θυρίστορ (thyristor) και τριόδοι EP. Όλα τα δυνατά σήματα εξόδου λαμβάνονται υπόψη, για σφάλματα που συμβαίνουν εντός του εξαρτήματος. Εάν μπορεί να δειχθεί ότι ένα συγκεκριμένο σήμα εξόδου είναι απίθανο να συμβεί, τότε το σχετικό σφάλμα δεν λαμβάνεται υπόψη.

g) Αστοχία ηλεκτρονικής διάταξης διακοπής ισχύος (electronic power switching device), σε κατάσταση μερικώς-εντός (partial turn-on mode), με απώλεια ελέγχου της πύλης (βάσης) (loss of gate (base) control).

Σημείωση 1: Αυτή η κατάσταση μπορεί να προσομοιωθεί αποσυνδέοντας τον ακροδέκτη πύλης (βάσης) της ηλεκτρονικής διάταξης διακοπής ισχύος, και συνδέοντας ένα εξωτερικό ρυθμιζόμενο τροφοδοτικό μεταξύ του ακροδέκτη πύλης (βάσης) και του ακροδέκτη πηγής (εκπομπού) (source (emitter)) της διάταξης. Το τροφοδοτικό τότε ρυθμίζεται έτσι ώστε να επιτύχει ένα ρεύμα που δεν βλάπτει την ηλεκτρονική διάταξη, αλλά δίνει τις πιο επιβαρυντικές (oneros) συνθήκες δοκιμής.

Σημείωση 2: Παραδείγματα ηλεκτρονικών διατάξεων διακοπής ισχύος είναι τα τρανζίστορ επίδρασης πεδίου (FET και MOSFET) και τα διπολικά τρανζίστορ (συμπεριλαμβανομένων των IGBT).

Η συνθήκη σφάλματος (f) εφαρμόζεται σε ενθυλακωμένα (encapsulated) και παρόμοια εξαρτήματα, εάν το κύκλωμα δεν μπορεί να εξεταστεί (assessed) με άλλες μεθόδους.

Οι αντιστάσεις θετικού θερμοκρασιακού συντελεστή (PTC) δεν βραχυκυκλώνονται, εάν χρησιμοποιούνται εντός των προδιαγραφών του κατασκευαστή. Όμως, τα θερμίστορ (thermistors) PTC-S βραχυκυκλώνονται, εκτός εάν συμμορφώνονται με το [IEC 60738-1](#).¹⁴⁹

Επιπρόσθετα, κάθε κύκλωμα χαμηλής ισχύος βραχυκυκλώνεται συνδέοντας το σημείο χαμηλής ισχύος στον πόλο της πηγής τροφοδοσίας από τον οποίο έγιναν οι μετρήσεις.

Για προσομοίωση των συνθηκών σφάλματος, η συσκευή λειτουργεί υπό τις συνθήκες που περιγράφονται στην Ενότητα 11, αλλά τροφοδοτείται με την ονομαστική τάση.

Όταν προσομοιώνεται οποιαδήποτε από τις συνθήκες σφάλματος, η διάρκεια της δοκιμής είναι:

- Όπως περιγράφεται στην 11.7, αλλά μόνο για έναν κύκλο λειτουργίας και μόνο εάν το σφάλμα δεν μπορεί να αναγνωριστεί από το χρήστη, για παράδειγμα, αλλαγή θερμοκρασίας.

- Όπως περιγράφεται στην 19.7, εάν το σφάλμα μπορεί να αναγνωριστεί από το χρήστη, για παράδειγμα όταν ο κινητήρας μιας κουζίνομηχανής (kitchen machine) σταματήσει.

- Έως ότου αποκατασταθούν σταθερές συνθήκες, για κυκλώματα συνδεδεμένα συνεχώς στην κύρια τροφοδοσία, π.χ. κυκλώματα αναμονής (stand-by circuits).

Σε κάθε περίπτωση, η δοκιμή τελειώνει εάν συμβεί μη αυτο-επαναφερόμενη διακοπή τροφοδοσίας εντός της συσκευής.

19.11.3 Εάν η συσκευή ενσωματώνει προστατευτικό ηλεκτρονικό κύκλωμα που λειτουργεί για να εξασφαλίσει τη συμμόρφωση με την Ενότητα 19, η σχετική δοκιμή επαναλαμβάνεται με προσομοιωμένο ένα μοναδικό σφάλμα, όπως υποδεικνύεται στις παρ. (α) έως (g) της 19.11.2.

Σημείωση: Τα κριτήρια συμμόρφωσης που εφαρμόζονται σε αυτές τις δοκιμές είναι αυτά που περιγράφονται λεπτομερώς στην παρ. 19.13.

¹⁴⁹ Thermistors. Directly heated positive temperature coefficient. Generic specification.

Ειδικότερα η παρ. 19.11.4 αναφέρεται και στον κίνδυνο [3.13](#) {σελ. 74}

19.11.4 Συσκευές (appliances) που έχουν μια διάταξη (device) με θέση ΕΚΤΟΣ (off) που επιτυγχάνεται με ηλεκτρονική αποσύνδεση, ή μια διάταξη που μπορεί να τεθεί σε θέση αναμονής (standby mode), υποβάλλονται στις δοκιμές των 19.11.4.1-7.

Συσκευές που ενσωματώνουν ένα προστατευτικό ηλεκτρονικό κύκλωμα υποβάλλονται στις δοκιμές των 19.11.4.1-7. Οι δοκιμές διενεργούνται αφού το προστατευτικό ηλεκτρονικό κύκλωμα έχει λειτουργήσει κατά τις σχετικές δοκιμές της Ενότητας 19, εκτός από την 19.2, 19.6 και 19.11.3. Όμως, συσκευές που λειτουργούν για 30 s ή 5 min κατά τη δοκιμή της 19.7 δεν υπόκεινται σε δοκιμές για ηλεκτρομαγνητικά φαινόμενα.

Οι δοκιμές εκτελούνται με τις προστατευτικές διατάξεις υπέρτασης (surge protective devices) αποσυνδεδεμένες, εκτός εάν ενσωματώνουν διάκενα σπινθήρων (spark gaps).

Σημείωση 1: Εάν η συσκευή έχει διάφορους τρόπους λειτουργίας (modes of operation), οι δοκιμές εκτελούνται με τη συσκευή να λειτουργεί σε κάθε τρόπο, εάν είναι απαραίτητο.

Σημείωση 2: Συσκευές που ενσωματώνουν ηλεκτρονικές διατάξεις ελέγχου που συμμορφώνονται με τη σειρά [IEC 60730](#) δεν απαλλάσσονται από τις δοκιμές.

19.11.4.1 Η συσκευή υποβάλλεται σε ηλεκτροστατικές εκφορτίσεις (electrostatic discharges) σύμφωνα με το [IEC 61000-4-2](#), με εφαρμογή του επιπέδου δοκιμής (test level) 4. Δέκα (10) εκφορτίσεις με θετική πολικότητα (polarity) και δέκα εκφορτίσεις με αρνητική πολικότητα εφαρμόζονται σε κάθε προεπιλεγμένο (preselected) σημείο.

19.11.4.2 Η συσκευή υποβάλλεται σε ακτινοβολούμενα πεδία (radiated fields) σύμφωνα με το [IEC 61000-4-3](#) με εφαρμογή του επιπέδου δοκιμής (test level) 3.

Τα εύρη συχνοτήτων της δοκιμής θα είναι 80 MHz έως 1000 MHz και 1,4 GHz έως 2,0 GHz.

Σημείωση: Ο χρόνος παραμονής (dwell time) για κάθε συχνότητα πρέπει να είναι επαρκής για να παρατηρηθεί πιθανή δυσλειτουργία (malfunction) του ηλεκτρονικού κυκλώματος προστασίας.

19.11.4.3 Η συσκευή υποβάλλεται σε ταχείς μεταβατικούς παλμούς (bursts), σύμφωνα με το [IEC 61000-4-4](#). Εφαρμόζεται το επίπεδο δοκιμής 3 με ρυθμό επανάληψης (repetition rate) 5 kHz για γραμμές σημάτων και ελέγχου (signal and control lines). Εφαρμόζεται το επίπεδο δοκιμής 4 με ρυθμό επανάληψης 5 kHz για γραμμές τροφοδοσίας ισχύος (power supply lines). Οι παλμοί εφαρμόζονται για 2 min με θετική πολικότητα και για 2 min με αρνητική πολικότητα.

19.11.4.4 Οι τερματικοί ακροδέκτες τροφοδοσίας ισχύος της συσκευής υποβάλλονται σε παλμούς υπέρτασης (voltage surges) σύμφωνα με το [IEC 61000-4-5](#), με εφαρμογή 5 θετικών παλμών (impulses) και 5 αρνητικών παλμών στα επιλεγμένα σημεία. Εφαρμόζεται το επίπεδο προστασίας 3 για τον τρόπο σύζευξης γραμμή-προς-γραμμή (line-to-line coupling mode), χρησιμοποιώντας μια γεννήτρια με σύνθετη αντίσταση πηγής (source impedance) 2 Ω. Εφαρμόζεται το επίπεδο προστασίας 4 για τον τρόπο σύζευξης γραμμή-προς-γη (line-to-earth coupling mode), χρησιμοποιώντας μία γεννήτρια με σύνθετη αντίσταση πηγής 12 Ω.

Γειωμένα θερμαντικά στοιχεία σε συσκευές Κλάσης I (Class I) αποσυνδέονται κατά τη διάρκεια της δοκιμής αυτής.

Σημείωση: Εάν ένα σύστημα ανάδρασης εξαρτάται από εισόδους που σχετίζονται με ένα αποσυνδεδεμένο θερμαντικό στοιχείο, μπορεί να χρειάζεται ένα τεχνητό δίκτυο (artificial network).

Για συσκευές με διατάξεις προστασίας υπερτάσεων (surge arresters) που ενσωματώνουν διάκενα σπινθήρων, η δοκιμή επαναλαμβάνεται υπό τάση που είναι το 95% της τάσης ηλεκτρικού τόξου (flashover).

19.11.4.5 Η συσκευή υποβάλλεται σε εγχεόμενα ρεύματα (injected currents) σύμφωνα με το [IEC 61000-4-6](#). Εφαρμόζεται το επίπεδο ασφάλειας 4. Κατά τη διάρκεια της δοκιμής, όλες οι συχνότητες μεταξύ 0,15 MHz έως 80 MHz καλύπτονται (are covered).

*Σημείωση:*¹⁵⁰

19.11.4.6 Για συσκευές που έχουν ονομαστικό ρεύμα που δεν υπερβαίνει τα 16 A, η συσκευή υποβάλλεται στις βυθίσεις (dips) και διακοπές (interruptions) τάσης Κλάσης 3 σύμφωνα με το [IEC 61000-4-11](#). Οι τιμές που προσδιορίζονται στους Πίνακες 1 και 2 του [IEC 61000-4-11](#) εφαρμόζονται όταν η τάση τροφοδοσίας διέρχεται από το μηδέν.

Για συσκευές που έχουν ονομαστικό ρεύμα που υπερβαίνει τα 16 A, η συσκευή υποβάλλεται στις βυθίσεις (dips) και διακοπές (interruptions) τάσης Κλάσης 3 σύμφωνα με το [IEC 61000-4-34](#). Οι τιμές που προσδιορίζονται στους Πίνακες 1 και 2 του [IEC 61000-4-34](#) εφαρμόζονται όταν η τάση τροφοδοσίας διέρχεται από το μηδέν.

19.11.4.7 Η συσκευή υποβάλλεται σε σήματα τύπου κύριας τροφοδοσίας (mains signals) σύμφωνα με το [IEC 61000-4-13](#), Πίνακα 11, με επίπεδο δοκιμής κλάσης 2, χρησιμοποιώντας τα βήματα συχνότητας σύμφωνα με τον Πίνακα 10.

19.11.4.8 Η συσκευή τροφοδοτείται με την ονομαστική τάση και βρίσκεται σε κανονική λειτουργία. Μετά από περίπου 60 s, η τάση τροφοδοσίας μειώνεται έως ένα επίπεδο όπου είτε η συσκευή σταματά να ανταποκρίνεται στις ενέργειες (inputs) του χρήστη, είτε μέρη (parts) που ελέγχονται από το προγραμματιζόμενο τμήμα (programmable component) σταματούν να λειτουργούν (όποιο από τα δύο συμβεί πρώτο). Αυτή η τιμή τάσης τροφοδοσίας καταγράφεται. Η συσκευή τροφοδοτείται με την ονομαστική τάση και βρίσκεται σε κανονική λειτουργία. Στη συνέχεια η τάση μειώνεται σε μια τιμή περίπου 10% μικρότερη από την ανωτέρω καταγεγραμμένη τιμή. Διατηρείται σε αυτή την τιμή για περίπου 60 s και μετά αυξάνει στην ονομαστική τιμή. Ο ρυθμός μείωσης και αύξησης της τάσης τροφοδοσίας πρέπει να είναι περίπου 10 V/s.

Η συσκευή πρέπει είτε να συνεχίσει να λειτουργεί κανονικά από το ίδιο σημείο του κύκλου λειτουργίας της όπου συνέβη η μείωση της τάσης, είτε να απαιτείται μια επανεκκίνηση με χειροκίνητο τρόπο.

19.12 Εάν η ασφάλεια της συσκευής εξαρτάται από τη λειτουργία μιας μικροασφάλειας τήξης που συμμορφώνεται με το [IEC 60127](#) κατά τη διάρκεια οποιασδήποτε από τις συνθήκες σφάλματος που περιγράφονται στην 19.11.2, η δοκιμή επαναλαμβάνεται, αλλά με την ασφάλεια να έχει αντικατασταθεί από ένα αμπερόμετρο (ammeter). Εάν το μετρούμενο ρεύμα:

- δεν υπερβαίνει το 210% του ονομαστικού ρεύματος της ασφάλειας, τότε το κύκλωμα δεν θεωρείται ότι προστατεύεται επαρκώς, και η δοκιμή εκτελείται με την ασφάλεια βραχυκυκλωμένη.
- είναι τουλάχιστον 275% του ονομαστικού ρεύματος της ασφάλειας, τότε το κύκλωμα θεωρείται επαρκώς προστατευμένο.
- είναι μεταξύ του 210% και του 275% του ονομαστικού ρεύματος της ασφάλειας, τότε η ασφάλεια βραχυκυκλώνεται και η δοκιμή εκτελείται:
 - για την αντίστοιχη περίοδο ή για 30 min, όποιο είναι συντομότερο, για ασφάλειες ταχείας δράσης (quick-acting)
 - για την αντίστοιχη περίοδο ή για 2 min, όποιο είναι συντομότερο, για ασφάλειες χρονοκαθυστέρησης (time lag).

Σημείωση 1: Σε περίπτωση αμφιβολίας, η μέγιστη αντίσταση της ασφάλειας πρέπει να ληφθεί υπόψη όταν υπολογίζεται το ρεύμα.

¹⁵⁰ Όμοια με της παρ. 19.11.4.2.

Σημείωση 2: Η επαλήθευση (verification) για το αν η ασφάλεια ενεργεί ως προστατευτική διάταξη βασίζεται στις χαρακτηριστικές τήξης (fusing characteristics) του [IEC 60127](#), το οποίο δίνει επίσης τις απαραίτητες πληροφορίες για τον υπολογισμό της μέγιστης αντίστασης της ασφάλειας.

Σημείωση 3: Άλλες ασφάλειες θεωρούνται σκόπιμα ασθενή μέρη σε συμφωνία με την 19.1.

19.13 Κατά τη διάρκεια των δοκιμών, οι συσκευές δεν θα εκπέμπουν (emit) φλόγες, λιωμένο (molten) μέταλλο, ή δηλητηριώδη (poisonous) ή αναφλέξιμα (ignitable) αέρια σε επικίνδυνες ποσότητες (hazardous amounts), και οι αυξήσεις θερμοκρασίας δεν θα υπερβαίνουν τις τιμές του Πίνακα 9.

Μετά τις δοκιμές, και όταν η θερμοκρασία της συσκευής έχει κατέβει έως περίπου την θερμοκρασία δωματίου, η συμμόρφωση με την Ενότητα 8 δεν θα έχει μειωθεί (impaired), και η συσκευή θα συμμορφώνεται με την 20.2, εάν μπορεί ακόμη να λειτουργήσει.

Πίνακας 9: Μέγιστη αύξηση μη κανονικής θερμοκρασίας

Μέρος	Αύξηση θερμοκρασίας [K]
Ξύλινα υποστηρίγματα, τοίχοι, οροφή (ceiling) και δάπεδο της γωνίας δοκιμής (test corner) και ξύλινα ντουλάπια (cabinets) ^a	150
Μόνωση του καλωδίου τροφοδοσίας χωρίς σήμανση θερμοκρασίας (T marking), ή με σήμανση έως 75°C ^a	150
Μόνωση του καλωδίου τροφοδοσίας με σήμανση (T marking) >75°C ^a	T+75
Συμπληρωματική μόνωση και ενισχυμένη μόνωση, εκτός από θερμοπλαστικά υλικά ^b	150% της σχετικής τιμής του Πίνακα 3

^a Για συσκευές που λειτουργούν με κινητήρα, αυτές οι αυξήσεις θερμοκρασίας δεν προσδιορίζονται.
^b Δεν υπάρχει συγκεκριμένο όριο για τη συμπληρωματική (supplementary) μόνωση και την ενισχυμένη (reinforced) μόνωση από θερμοπλαστικό (thermoplastic) υλικό. Όμως, η αύξηση της θερμοκρασίας πρέπει να προσδιοριστεί, έτσι ώστε να μπορεί να διενεργηθεί η δοκιμή της 30.1.

Όταν η θερμοκρασία της μόνωσης, πλην αυτής των συσκευών κατηγορίας III, ή κατασκευών κατηγορίας II (class II constructions) που δεν περιέχουν μέρη υπό τάση (live parts), έχει κατέβει έως περίπου τη θερμοκρασία δωματίου, θα ανθίσταται (withstand) στη δοκιμή ηλεκτρικής αντοχής της 16.3, με την τάση δοκιμής όμως να είναι αυτή που προσδιορίζεται στον Πίνακα 4.

Η κατεργασία υγρασίας (humidity treatment) της 15.3 δεν εφαρμόζεται πριν από αυτή τη δοκιμή ηλεκτρικής αντοχής.

Για συσκευές που είναι βυθισμένες (immersed) ή γεμίζονται (filled) με αγωγίμο υγρό κατά την κανονική χρήση, η συσκευή βυθίζεται σε ή γεμίζεται με νερό για 24 h, πριν εκτελεστεί η δοκιμή ηλεκτρικής αντοχής.

Μετά τη λειτουργία ή τη διακοπή μιας διάταξης ελέγχου, τα διάκενα και οι αποστάσεις ερπυσμού διαμέσου της λειτουργικής μόνωσης θα αντέξουν τη δοκιμή ηλεκτρικής αντοχής της 16.3, με την τάση δοκιμής όμως να είναι διπλάσια της τάσης λειτουργίας.

Η συσκευή δεν θα υποστεί (undergo) επικίνδυνη δυσλειτουργία, και δεν θα υπάρξει αστοχία των προστατευτικών ηλεκτρονικών κυκλωμάτων εάν η συσκευή είναι ακόμη λειτουργική (operable).

Συσκευές που δοκιμάζονται με έναν ηλεκτρονικό διακόπτη στη θέση «εκτός», ή σε κατάσταση αναμονής, θα ικανοποιούν ένα από τα παρακάτω:

- Δεν θα ξεκινήσουν να λειτουργούν, ή
- Εάν ξεκινήσουν να λειτουργούν, δεν θα καταλήξουν σε επικίνδυνη δυσλειτουργία κατά τη διάρκεια ή μετά τις δοκιμές της 19.11.4.

Σημείωση: Ακούσια (unintended) λειτουργία που μπορεί να βλάψει την ασφάλεια, μπορεί να προκύψει από απρόσεκτη (careless) χρήση της συσκευής, όπως:

- Αποθήκευση (storage) μικρών συσκευών ενώ είναι συνδεδεμένες στην τροφοδοσία

- Τοποθέτηση εύφλεκτου (*flammable*) υλικού πάνω σε επιφάνεια εργασίας (*working surface*) θερμαντικών συσκευών

- Τοποθέτηση αντικειμένων σε περιοχές κοντά σε συσκευές με κινητήρες, οι οποίες δεν αναμένεται να ξεκινήσουν.

Σε μια συσκευή που έχει καλύμματα (*lids*) ή πόρτες που ελέγχονται από μία ή περισσότερες αλληλομανδαλώσεις (*interlocks*), μία από τις μανδαλώσεις μπορεί να απελευθερωθεί (*released*), εφόσον ισχύουν και οι δύο ακόλουθες προϋποθέσεις:

- Το κάλυμμα ή η πόρτα δεν μετακινείται αυτόματα σε ανοιχτή θέση όταν απελευθερώνεται η μανδάλωση, και

- Η συσκευή δεν θα επανεκκινήσει (*restart*) μετά τον κύκλο στον οποίο απελευθερώθηκε η μανδάλωση.

19.14 Οι συσκευές λειτουργούν υπό τις συνθήκες της Ενότητας 11. Τυχόν επαφές από επαφέα ή ηλεκτρονόμο, που λειτουργούν υπό τις συνθήκες της Ενότητας 11 βραχυκυκλώνονται.

Εάν χρησιμοποιείται επαφέας ή ηλεκτρονόμος με πάνω από μία επαφές, όλες οι επαφές βραχυκυκλώνονται ταυτόχρονα.

Τυχόν επαφέας ή ηλεκτρονόμος που λειτουργεί μόνο για να εξασφαλίζει ότι η συσκευή είναι ενεργοποιημένη (*energized*) κατά την κανονική χρήση, και όχι για άλλο λόγο, δεν βραχυκυκλώνεται.

Εάν λειτουργεί πάνω από ένας ηλεκτρονόμος ή επαφέας στην Ενότητα 11, κάθε τέτοιος ηλεκτρονόμος ή επαφέας βραχυκυκλώνεται με τη σειρά του.

Σημείωση: Εάν η συσκευή έχει πολλαπλούς τρόπους (*modes*) λειτουργίας, οι δοκιμές εκτελούνται με τη συσκευή να λειτουργεί σε κάθε τρόπο, εάν είναι απαραίτητο.

19.15 Για συσκευές που ενσωματώνουν διακόπτη επιλογής τάσης κύριας τροφοδοσίας (*mains voltage selector switch*), αυτός ο διακόπτης ρυθμίζεται στη θέση ελάχιστης ονομαστικής τάσης, και εφαρμόζεται η μέγιστη τιμή ονομαστικής τάσης.

Η παρ. 22.46 αναφέρεται στον κίνδυνο [3,16](#) {σελ. 77}

22.46 Εάν χρησιμοποιούνται προγραμματιζόμενα προστατευτικά ηλεκτρονικά κυκλώματα για να εξασφαλίσουν τη συμμόρφωση με αυτό το πρότυπο, το λογισμικό θα περιέχει μέτρα για τον έλεγχο των συνθηκών σφάλματος/λάθους (*fault/error conditions*) που καθορίζονται στον Πίνακα R.1.

Λογισμικό που περιέχει μέτρα για τον έλεγχο των συνθηκών σφάλματος/λάθους που καθορίζονται στον Πίνακα R.2 πρέπει να προσδιοριστεί στα τμήματα 2 για ιδιαίτερες κατασκευές (*parts 2 for particular constructions*) ή για να αντιμετωπίσει ειδικούς κινδύνους (*specific hazards*), εάν είναι απαραίτητο.

Οι απαιτήσεις αυτές δεν είναι εφαρμόσιμες σε λογισμικό που χρησιμοποιείται για λειτουργικούς λόγους, ή για συμμόρφωση με την Ενότητα 11.

Η συμμόρφωση ελέγχεται αξιολογώντας (*evaluating*) το λογισμικό σύμφωνα με τις σχετικές απαιτήσεις του Παραρτήματος R.

Εάν το λογισμικό τροποποιηθεί, η αξιολόγηση και οι σχετικές δοκιμές επαναλαμβάνονται, εάν η τροποποίηση επηρεάζει τα αποτελέσματα της δοκιμής που περιλαμβάνει προστατευτικά ηλεκτρονικά κυκλώματα.

Σημείωση: Μέτρα που χρησιμοποιούνται ώστε το λογισμικό να ελέγχει τις συνθήκες σφάλματος/λάθους που καθορίζονται στον Πίνακα R.2 είναι ενδογενώς (*inherently*) αποδεκτά για μέτρα που χρησιμοποιούνται ώστε το λογισμικό να ελέγχει τις συνθήκες σφάλματος/λάθους που καθορίζονται στον Πίνακα R.1.

Ενότητα 30: Αντίσταση στη θερμότητα και τη φωτιά

Η παρ. 30.2 αναφέρεται στον κίνδυνο [4.2](#) {σελ. 79}

30.2 Τμήματα από μη μεταλλικό υλικό θα είναι ανθεκτικά στην ανάφλεξη (ignition) και τη διασπορά (spread) της φωτιάς.

Η απαίτηση δεν αφορά τμήματα μάζας που δεν υπερβαίνει τα 0,5 g, τα οποία θεωρούνται ασήμαντα (insignificant), υπό τον όρο η συνολική (cumulative) επίδραση των ασήμαντων τμημάτων που βρίσκονται έως 3 mm το ένα από το άλλο να είναι απίθανο (unlikely) να διαδώσει φλόγες που προέρχονται από το εσωτερικό της συσκευής, με διάδοση από το ένα ασήμαντο τμήμα στο άλλο.

Η απαίτηση επίσης δεν αφορά διακοσμητικά στοιχεία (decorative trims), κουμπιά (knobs) και άλλα τμήματα που είναι απίθανο να αναφλεγούν ή να διαδώσουν φλόγες που προέρχονται από το εσωτερικό της συσκευής.

Η συμμόρφωση ελέγχεται από τη δοκιμή της 30.2.1. Επιπλέον:

- Για συσκευές υπό παρακολούθηση (attended), εφαρμόζεται η 30.2.2

- Για συσκευές χωρίς παρακολούθηση (unattended), εφαρμόζεται η 30.2.3.

Συσκευές με απομακρυσμένη λειτουργία θεωρούνται συσκευές που λειτουργούν χωρίς παρακολούθηση, και κατά συνέπεια υποβάλλονται στη δοκιμή της 30.2.3.

Για το υλικό βάσης των εκτυπωμένων κυκλωμάτων (printed circuit boards), η συμμόρφωση ελέγχεται με τη δοκιμή της 30.2.4.

Οι δοκιμές εκτελούνται σε τμήματα του μη μεταλλικού υλικού που έχουν αφαιρεθεί από τη συσκευή. Όταν διενεργείται η δοκιμή σύρματος λάμπης (glow-wire), τα μέρη τοποθετούνται στον ίδιο προσανατολισμό που θα είχαν σε κανονική χρήση.

Σημείωση: Για μέρη που έχουν αφαιρεθεί, η πρόθεση (intention) είναι να εφαρμόζεται η παρ. 4c του [IEC 60695-2-11](#)¹⁵¹, που καθορίζει «αφαιρέστε το τμήμα υπό δοκιμή στην ολόκληρά του και δοκιμάστε το ξεχωριστά».

Αυτές οι δοκιμές δεν εκτελούνται στη μόνωση των καλωδίων.

Σημείωση 2: Η επιλογή και η ακολουθία των δοκιμών για αντίσταση στη φωτιά δείχνεται στα Σχήματα 0.2 έως 0.4.

30.2.1 Τμήματα μη μεταλλικού υλικού υποβάλλονται στη δοκιμή λάμπης σύρματος του [IEC 60695-2-11](#), η οποία διενεργείται στους 550°C. Όμως, η δοκιμή δεν εκτελείται σε τμήματα από υλικό ταξινομημένο (classified) με δείκτη ευφλεκτότητας λάμπης σύρματος (glow-wire flammability index, GWFI) τουλάχιστον 550°C σύμφωνα με το [IEC 60695-2-12](#).¹⁵²

Εάν δεν είναι διαθέσιμος ο δείκτης GWFI για δείγμα πάχους που να απέχει έως $\pm 0,1$ mm από το πάχος του σχετικού τμήματος (within $\pm 0,1$ mm of the relevant part), τότε το δείγμα δοκιμής θα έχει πάχος ίσο με την πλησιέστερη προτιμώμενη τιμή του [IEC 60695-2-12](#) που δεν ξεπερνά το πάχος του σχετικού τμήματος.

Σημείωση: Οι προτιμώμενες τιμές στο [IEC 60695-2-12](#) είναι 0,4 \pm 0,05 mm, 0,75 \pm 0,1 mm, 1,5 \pm 0,1 mm, 3,0 \pm 0,2 mm και 6,0 \pm 0,4 mm.

Επιπλέον, η δοκιμή λάμπης σύρματος δεν εκτελείται σε τμήματα από υλικό ταξινομημένο τουλάχιστον ως HB40 σύμφωνα με το [IEC 60695-11-10](#),¹⁵³ αρκεί το δείγμα που χρησιμοποιήθηκε για την ταξινόμηση να μην ήταν παχύτερο από το σχετικό τμήμα της συσκευής.

¹⁵¹ Fire hazard testing. Glowing/hot-wire based test methods. Glow-wire flammability test method for end-products (GWEPT).

¹⁵² Glow-wire flammability index (GWFI) test method for materials.

¹⁵³ Fire hazard testing. Test flames. 50 W horizontal and vertical flame test methods.

Τμήματα για τα οποία δεν είναι δυνατόν να εκτελεστεί η δοκιμή λάμψης σύρματος, όπως αυτά που κατασκευάζονται από μαλακό (soft) ή αφρώδες (foamy) υλικό, θα ικανοποιούν τις απαιτήσεις που καθορίζονται στο [ISO 9772](#)¹⁵⁴ για υλικά ταξινομημένα ως HBF, αρκεί το δείγμα που χρησιμοποιήθηκε για την ταξινόμηση να μην ήταν παχύτερο από το σχετικό τμήμα της συσκευής.

30.2.2 Για συσκευές που λειτουργούν υπό παρακολούθηση, τμήματα μη μεταλλικού υλικού που υποστηρίζουν συνδέσεις που φέρουν ρεύμα, και τμήματα μη μεταλλικού υλικού σε απόσταση ≤ 3 mm από τέτοιες συνδέσεις, υποβάλλονται στη δοκιμή λάμψης σύρματος του [IEC 60695-2-11](#).

Σημείωση 1: Επαφές σε εξαρτήματα, όπως επαφές διακοπών, θεωρούνται συνδέσεις.

Σημείωση 2: Το άκρο (tip) του σύρματος λάμψης θα πρέπει να εφαρμοστεί στο τμήμα κοντά στην περιοχή της σύνδεσης.

Σημείωση 3: Ορισμένες εφαρμογές του όρου «απόσταση ≤ 3 mm» παρουσιάζονται στο Σχήμα O.5.

Η αυστηρότητα (severity) της δοκιμής είναι:

750°C για συνδέσεις που μεταφέρουν ρεύμα $> 0,5$ A σε συνθήκες κανονικής λειτουργίας

650°C για άλλες συνδέσεις.

Όπου ένα μη μεταλλικό υλικό είναι σε απόσταση ≤ 3 mm από μια σύνδεση που μεταφέρει ρεύμα, αλλά είναι προφυλαγμένο (shielded) από τη σύνδεση λόγω ενός άλλου υλικού, η δοκιμή λάμψης σύρματος διενεργείται με την αντίστοιχη αυστηρότητα, με το άκρο του σύρματος να εφαρμόζεται στο παρεμβαλλόμενο (interposed) προστατευτικό (shielding) υλικό, με το προφυλαγμένο υλικό στη θέση του, και όχι απευθείας πάνω στο προφυλαγμένο υλικό.

Όμως, η δοκιμή λάμψης ρεύματος του [IEC 60695-2-11](#) δεν εφαρμόζεται σε τμήματα από υλικό ταξινομημένο με δείκτη GWFI (σύμφωνα με το [IEC 60695-2-12](#)) τουλάχιστον ίσο με

750°C για συνδέσεις που μεταφέρουν ρεύμα $> 0,5$ A σε συνθήκες κανονικής λειτουργίας

650°C για άλλες συνδέσεις.

Επίσης, η δοκιμή λάμψης σύρματος του [IEC 60695-2-11](#) δεν εφαρμόζεται σε μικρά μέρη (small parts).

Αυτά τα μέρη θα ικανοποιούν κάποιο από τα ακόλουθα:

- Θα αποτελούνται (comprise) από υλικό με δείκτη GWFI τουλάχιστον 750°C, ή 650°C, ανάλογα με την περίπτωση, ή
- Θα συμμορφώνονται με τη δοκιμή βελόνας-φλόγας (needle-flame test, NFT) του Παραρτήματος E, ή
- Θα αποτελούνται από υλικό ταξινομημένο ως V-0 ή V-1 σύμφωνα με το [IEC 60695-11-10](#), υπό την προϋπόθεση ότι το δείγμα δοκιμής που χρησιμοποιήθηκε για την ταξινόμηση δεν ήταν παχύτερο από το σχετικό τμήμα της συσκευής.

Εάν δεν είναι διαθέσιμος ο δείκτης GWFI για δείγμα πάχους που να απέχει έως $\pm 0,1$ mm από το πάχος του σχετικού τμήματος (within $\pm 0,1$ mm of the relevant part), τότε το δείγμα δοκιμής θα έχει πάχος ίσο με την πλησιέστερη προτιμώμενη τιμή του [IEC 60695-2-12](#) που δεν ξεπερνά το πάχος του σχετικού τμήματος.

Σημείωση: [Όμοια με της παρ. 30.2.1]

Η δοκιμή σύρματος-λάμψης δεν είναι εφαρμόσιμη σε:

- Συσκευές χειρός (hand-held)
- Συσκευές με διακόπτη που πρέπει να είναι συνεχώς πατημένος με το χέρι ή το πόδι
- Συσκευές που τροφοδοτούνται (loaded) συνεχώς με το χέρι
- Μέρη που υποστηρίζουν αυτοσυγκολλημένες (welded) συνδέσεις, και μέρη σε απόσταση ≤ 3 mm από τέτοιες συνδέσεις.

¹⁵⁴ Cellular plastics. Determination of horizontal burning characteristics of small specimens subjected to a small flame.

- Μέρη που υποστηρίζουν συνδέσεις σε κυκλώματα χαμηλής ισχύος που περιγράφονται στην 19.11.1, και μέρη σε απόσταση ≤ 3 mm από τέτοιες συνδέσεις.
- Συνδέσεις με κολλήσεις (soldered) σε τυπωμένα κυκλώματα, και μέρη σε απόσταση ≤ 3 mm από τέτοιες συνδέσεις.
- Συνδέσεις μικρών εξαρτημάτων (small components) πάνω σε τυπωμένα κυκλώματα, όπως δίοδοι (diodes), τρανζίστορ (transistors), αντιστάτες (resistors), επαγωγείς (inductors), ολοκληρωμένα κυκλώματα (integrated circuits) και πυκνωτές (capacitors), που δεν συνδέονται απευθείας στην κύρια τροφοδοσία (supply mains), και μέρη σε απόσταση ≤ 3 mm από τέτοιες συνδέσεις.

30.2.3 Συσκευές που λειτουργούν χωρίς παρακολούθηση δοκιμάζονται σύμφωνα με τις 30.2.3.1 και 30.2.3.2. Όμως οι δοκιμές δεν εφαρμόζονται σε:

- Μέρη που υποστηρίζουν αυτοσυγκολλημένες (welded) συνδέσεις, και μέρη σε απόσταση ≤ 3 mm από τέτοιες συνδέσεις.
- Μέρη που υποστηρίζουν συνδέσεις σε κυκλώματα χαμηλής ισχύος που περιγράφονται στην 19.11.1, και μέρη σε απόσταση ≤ 3 mm από τέτοιες συνδέσεις.
- Συνδέσεις με κολλήσεις (soldered) σε τυπωμένα κυκλώματα, και μέρη σε απόσταση ≤ 3 mm από τέτοιες συνδέσεις.
- Συνδέσεις μικρών εξαρτημάτων (small components) πάνω σε τυπωμένα κυκλώματα, όπως δίοδοι (diodes), τρανζίστορ (transistors), αντιστάτες (resistors), επαγωγείς (inductors), ολοκληρωμένα κυκλώματα (integrated circuits) και πυκνωτές (capacitors), που δεν συνδέονται απευθείας στην κύρια τροφοδοσία (supply mains), και μέρη σε απόσταση ≤ 3 mm από τέτοιες συνδέσεις.

30.2.3.1 Μέρη από μη μεταλλικό υλικό που υποστηρίζουν συνδέσεις που μεταφέρουν ρεύμα που υπερβαίνει τα 0,2 A σε συνθήκες κανονικής λειτουργίας, και μέρη μη μεταλλικού υλικού, εκτός από μικρά μέρη, σε απόσταση ≤ 3 mm από τέτοιες συνδέσεις, υποβάλλονται στη δοκιμή σύρματος-λάμπης του [IEC 60695-2-11](#) με σοβαρότητα δοκιμής 850°C.

Σημείωση 1: Επαφές σε εξαρτήματα, όπως επαφές διακοπών, θεωρούνται συνδέσεις.

Σημείωση 2: Το άκρο (tip) του σύρματος λάμπης θα πρέπει να εφαρμοστεί στο τμήμα κοντά στην περιοχή της σύνδεσης.

Σημείωση 3: Ορισμένες εφαρμογές του όρου «απόσταση ≤ 3 mm» παρουσιάζονται στο Σχήμα 0.5.

Όπου ένα μη μεταλλικό υλικό είναι σε απόσταση ≤ 3 mm από μια σύνδεση που μεταφέρει ρεύμα, αλλά είναι προφυλαγμένο (shielded) από τη σύνδεση λόγω ενός άλλου υλικού, η δοκιμή λάμπης σύρματος διενεργείται με την αντίστοιχη αυστηρότητα, με το άκρο του σύρματος να εφαρμόζεται στο παρεμβαλλόμενο (interposed) προστατευτικό (shielding) υλικό, με το προφυλαγμένο υλικό στη θέση του, και όχι απευθείας πάνω στο προφυλαγμένο υλικό.

Όμως, η δοκιμή λάμπης ρεύματος του [IEC 60695-2-11](#) δεν εφαρμόζεται σε τμήματα από υλικό ταξινομημένο με δείκτη GWFI (σύμφωνα με το [IEC 60695-2-12](#)) τουλάχιστον ίσο με 850°C.

Εάν δεν είναι διαθέσιμος ο δείκτης GWFI για δείγμα πάχους που να απέχει έως $\pm 0,1$ mm από το πάχος του σχετικού τμήματος, τότε το δείγμα δοκιμής θα έχει πάχος ίσο με την πλησιέστερη προτιμώμενη τιμή του [IEC 60695-2-12](#) που δεν ξεπερνά το πάχος του σχετικού τμήματος.

30.2.3.2 Μέρη από μη μεταλλικό υλικό που υποστηρίζουν συνδέσεις και μέρη μη μεταλλικού υλικού σε απόσταση ≤ 3 mm από τέτοιες συνδέσεις υποβάλλονται στη δοκιμή σύρματος-λάμπης του [IEC 60695-2-11](#) με σοβαρότητα δοκιμής

750°C για συνδέσεις που μεταφέρουν ρεύμα $> 0,2$ A σε συνθήκες κανονικής λειτουργίας

650°C για άλλες συνδέσεις.

Όμως, η δοκιμή λάμπης-σύρματος με αυστηρότητα 750 ή 650°C, ανάλογα με την περίπτωση, δεν εφαρμόζεται σε μέρη από υλικό που ικανοποιεί τουλάχιστον μία από τις παρακάτω ταξινομήσεις:

- Θερμοκρασία ανάφλεξης λάμπης σύρματος (glow wire ignition temperature, GWIT) σύμφωνα με το [IEC 60695-2-13](#) [Glow-wire ignition temperature (GWIT) test method for materials] τουλάχιστον ίση με 775°C για συνδέσεις που μεταφέρουν ρεύμα που υπερβαίνει τα 0,2 A σε συνθήκες κανονικής λειτουργίας

675°C για άλλες συνδέσεις

- Δείκτη GWFI σύμφωνα με το [IEC 60695-2-12](#) τουλάχιστον ίσο με

750°C για συνδέσεις που μεταφέρουν ρεύμα που υπερβαίνει τα 0,2 A σε συνθήκες κανονικής λειτουργίας

650°C για άλλες συνδέσεις

Εάν δεν είναι διαθέσιμη η θερμοκρασία GWIT για δείγμα πάχους που να απέχει έως $\pm 0,1$ mm από το πάχος του σχετικού τμήματος, τότε το δείγμα δοκιμής θα έχει πάχος ίσο με την πλησιέστερη προτιμώμενη τιμή του [IEC 60695-2-13](#) που δεν ξεπερνά το πάχος του σχετικού τμήματος.

Σημείωση: Οι προτιμώμενες τιμές στο [IEC 60695-2-13](#) είναι $0,4 \pm 0,05$ mm, $0,75 \pm 0,1$ mm, $1,5 \pm 0,1$ mm, $3,0 \pm 0,2$ mm και $6,0 \pm 0,4$ mm.

Επίσης, η δοκιμή λάμπης σύρματος του [IEC 60695-2-11](#) με αυστηρότητα 750 ή 650°C, ανάλογα με την περίπτωση δεν εφαρμόζεται σε μικρά μέρη. Αυτά τα μέρη θα ικανοποιούν κάποιο από τα ακόλουθα:

- Θα αποτελούνται από υλικό με θερμοκρασία GWIT τουλάχιστον 775°C, ή 675°C, ανάλογα με την περίπτωση, ή

- Θα αποτελούνται από υλικό με δείκτη GWFI τουλάχιστον 750°C, ή 650°C, ανάλογα με την περίπτωση, ή

- Θα συμμορφώνονται με τη δοκιμή βελόνας-φλόγας (needle-flame test, NFT) του Παραρτήματος E, ή

- Θα αποτελούνται από υλικό ταξινομημένο ως V-0 ή V-1 σύμφωνα με το [IEC 60695-11-10](#), υπό την προϋπόθεση ότι το δείγμα δοκιμής που χρησιμοποιήθηκε για την ταξινόμηση δεν ήταν παχύτερο από το σχετικό τμήμα της συσκευής.

Μια επακόλουθη (consequential) δοκιμή βελόνας-φλόγας (NFT) σύμφωνα με το Παράρτημα E, εφαρμόζεται σε μη μεταλλικά μέρη που προεξέχουν (encroach) μέσα στην περιβάλλουσα (envelope) ενός κατακόρυφου κυλίνδρου με διάμετρο 20 mm και ύψος 50 mm, που βρίσκεται πάνω από το κέντρο της ζώνης σύνδεσης και πάνω από τα μη μεταλλικά μέρη που υποστηρίζουν συνδέσεις που μεταφέρουν ρεύμα (και μη μεταλλικά μέρη σε απόσταση ≤ 3 mm από τέτοιες συνδέσεις), εάν τα μέρη αυτά:

- Άντεξαν (withstood) τη δοκιμή λάμπης σύρματος [IEC 60695-2-11](#) (με αυστηρότητα 750 ή 650°C, ανάλογα με την περίπτωση), αλλά κατά τη διάρκεια της δοκιμής παράγουν φλόγα που παραμένει (persists) για διάστημα > 2 s, ή

- Αποτελούνται από υλικό με δείκτη GWFI τουλάχιστον 750 ή 650°C, ανάλογα με την περίπτωση, ή

- Είναι μικρά μέρη αποτελούμενα από υλικό με δείκτη GWFI τουλάχιστον 750 ή 650°C, ανάλογα με την περίπτωση, ή

- Είναι μικρά μέρη στα οποία εφαρμόστηκε η δοκιμή NFT του Παραρτήματος E, ή

- Είναι μικρά μέρη από υλικό που ταξινομήθηκε ως V-0 ή V-1.

Σημείωση: Ένα παράδειγμα τοποθέτησης του κατακόρυφου κυλίνδρου φαίνεται στο Σχήμα 12.

Όμως, η επακόλουθη δοκιμή NFT δεν εφαρμόζεται σε μη μεταλλικά μέρη, συμπεριλαμβανομένων μικρών μερών, εντός του κυλίνδρου, για τα οποία ισχύει κάτι από τα παρακάτω:

- Έχουν θερμοκρασία GWIT τουλάχιστον 775 ή 675°C, ανάλογα με την περίπτωση

- Αποτελούνται από υλικό που ταξινομήθηκε ως V-0 ή V-1, αρκεί το δείγμα που χρησιμοποιήθηκε για την ταξινόμηση να μην ήταν παχύτερο από το σχετικό μέρος της συσκευής

- Προφυλάσσονται (shielded) από ένα φράγμα φλόγας (flame barrier) που ικανοποιεί τη δοκιμή NFT του Παραρτήματος Ε ή που αποτελείται από υλικό ταξινομημένο ως V-0 ή V-1, αρκεί το δείγμα που χρησιμοποιήθηκε για την ταξινόμηση να μην ήταν παχύτερο από το σχετικό μέρος της συσκευής.

30.2.4 Το υλικό βάσης (base material) τυπωμένων κυκλωμάτων υποβάλλεται σε δοκιμή NFT σύμφωνα με το Παράρτημα Ε. Η φλόγα εφαρμόζεται στην ακμή (edge) του κυκλώματος η οποία έχει ελάχιστη επίδραση απαγωγής θερμότητας (heat sink effect) όταν το κύκλωμα είναι τοποθετημένο όπως σε κανονική λειτουργία.

Σημείωση: Η δοκιμή μπορεί να εκτελεστεί σε τυπωμένο κύκλωμα με εγκατεστημένα (mounted) εξαρτήματα. Όμως, η ανάφλεξη ενός εξαρτήματος αγνοείται.

Η δοκιμή NFT του Παραρτήματος Ε δεν εκτελείται:

- Σε τυπωμένα κυκλώματα χαμηλής ισχύος όπως περιγράφονται στην 19.11.1

- Σε τυπωμένα κυκλώματα που βρίσκονται σε:

Μεταλλικό περίβλημα που περιορίζει (confines) φλόγες ή καιόμενα σταγονίδια (burning droplets)

Συσκευές χειρός

Συσκευές με διακόπτη που πρέπει να διατηρείται πατημένος με το χέρι ή το πόδι

Συσκευές που τροφοδοτούνται συνεχώς με το χέρι.

- Σε υλικό βάσης που είναι ταξινομημένο ως V-0 σύμφωνα με το [IEC 60695-11-10](#), ή ως VTM-0 σύμφωνα με το [ISO 9773¹⁵⁵](#), αρκεί το δείγμα που χρησιμοποιήθηκε για την ταξινόμηση να μην ήταν παχύτερο από το τυπωμένο κύκλωμα.

Το Παράρτημα R αναφέρεται στους κινδύνους [3,16](#) {σελ. 77} και [3,19](#) {σελ. 78}

Παράρτημα R (κανονιστικό)

Αξιολόγηση λογισμικού

Προγραμματιζόμενα ηλεκτρονικά κυκλώματα που απαιτούν λογισμικό που ενσωματώνει μέτρα ελέγχου των συνθηκών σφάλματος/λάθους που καθορίζονται στους Πίνακες R.1 ή R.2 θα επικυρώνονται (validated) σύμφωνα με τις απαιτήσεις του παρόντος Παραρτήματος.

Σημείωση: Οι Πίνακες R.1 και R.2 βασίζονται στον Πίνακα H.11.12.7 του [IEC 60730-1](#) ο οποίος, για τους σκοπούς του παρόντος Παραρτήματος, διαιρείται σε δύο πίνακες: τον Πίνακα R.1 για γενικές συνθήκες σφάλματος/λάθους, και τον Πίνακα R.2 για ειδικές συνθήκες σφάλματος/λάθους.

R.1 Προγραμματιζόμενα ηλεκτρονικά κυκλώματα που χρησιμοποιούν λογισμικό

Προγραμματιζόμενα ηλεκτρονικά κυκλώματα που απαιτούν λογισμικό που να ενσωματώνει μέτρα ελέγχου των συνθηκών σφάλματος/λάθους που καθορίζονται στους Πίνακες R.1 ή R.2 θα κατασκευάζονται έτσι ώστε το λογισμικό να μην εμποδίζει (impair) τη συμμόρφωση με τις απαιτήσεις του παρόντος προτύπου.

Η συμμόρφωση ελέγχεται με τις επιθεωρήσεις και δοκιμές, σύμφωνα με τις απαιτήσεις αυτού του παραρτήματος, και με εξέταση της τεκμηρίωσης (documentation) όπως απαιτείται από αυτό το παράρτημα.

R.2 Απαιτήσεις για την αρχιτεκτονική

R.2.1 Γενικά

Προγραμματιζόμενα ηλεκτρονικά κυκλώματα που απαιτούν λογισμικό που να ενσωματώνει μέτρα ελέγχου των συνθηκών σφάλματος/λάθους που καθορίζονται στους Πίνακες R.1 ή R.2 θα

¹⁵⁵ Plastics — Determination of burning behaviour of thin flexible vertical specimens in contact with a small-flame ignition source.

χρησιμοποιούν μέτρα ελέγχου και αποφυγής σφαλμάτων/λαθών σχετικών με λογισμικό σε δεδομένα και τμήματα (segments) λογισμικού σχετικά με την ασφάλεια.

Η συμμόρφωση ελέγχεται με τις επιθεωρήσεις και δοκιμές των R.2.2 και R.2.3.

R.2.1.1 Προγραμματιζόμενα ηλεκτρονικά κυκλώματα που απαιτούν λογισμικό που να ενσωματώνει μέτρα ελέγχου των συνθηκών σφάλματος/λάθους που καθορίζονται στον Πίνακα R.2 θα έχουν μία από τις ακόλουθες δομές:

- Μοναδικό δίαυλο (channel) με περιοδική αυτο-δοκιμή και παρατήρηση (βλ. [IEC 60730-1](#), H.2.16.7)
- Διπλό δίαυλο (ομογενή) με σύγκριση (βλ. [IEC 60730-1](#), H.2.16.3)
- Διπλό δίαυλο (διαφοροποιημένο, diverse) με σύγκριση (βλ. [IEC 60730-1](#), H.2.16.2)

Σημείωση 1: Η σύγκριση ανάμεσα σε δομές διπλών διαύλων μπορεί να εκτελεστεί με:

- χρήση συγκριτή (comparator) (βλ. [IEC 60730-1](#), H.2.18.3), ή
- αμοιβαία (reciprocal) σύγκριση (βλ. [IEC 60730-1](#), H.2.18.15)

Προγραμματιζόμενα ηλεκτρονικά κυκλώματα που απαιτούν λογισμικό που να ενσωματώνει μέτρα ελέγχου των συνθηκών σφάλματος/λάθους που καθορίζονται στον Πίνακα R.1 θα έχουν μία από τις ακόλουθες δομές:

- Μοναδικό δίαυλο με λειτουργική (functional) δοκιμή (βλ. [IEC 60730-1](#), H.2.16.5)
- Μοναδικό δίαυλο με περιοδική αυτο-δοκιμή (βλ. [IEC 60730-1](#), H.2.16.6)
- Διπλό δίαυλο χωρίς σύγκριση (βλ. [IEC 60730-1](#), H.2.16.1)

Σημείωση 2: Δομές λογισμικού που ενσωματώνουν μέτρα ελέγχου συνθηκών σφάλματος/λάθους που καθορίζονται στον Πίνακα R.2 είναι επίσης αποδεκτά για προγραμματιζόμενα λογικά κυκλώματα με λειτουργίες που απαιτούν μέτρα ελέγχου συνθηκών σφάλματος/λάθους που καθορίζονται στον Πίνακα R.1.

Η συμμόρφωση ελέγχεται με τις επιθεωρήσεις και δοκιμές της αρχιτεκτονικής λογισμικού στην R.3.2.2.

R.2.2. Μέτρα ελέγχου των αστοχιών/σφαλμάτων

R.2.2.1 Όταν υπάρχει πλεονάζουσα (redundant) μνήμη με σύγκριση, σε δύο περιοχές του ίδιου εξαρτήματος, τα δεδομένα στη μία περιοχή θα αποθηκεύονται με διαφορετική μορφή (format) από τα δεδομένα στην άλλη περιοχή (διαφοροποίηση (diversity) λογισμικού, [IEC 60730-1](#) παρ. H.2.8.19).

Η συμμόρφωση ελέγχεται με επιθεώρηση του κώδικα-πηγής (source code).

R.2.2.2 Προγραμματιζόμενα ηλεκτρονικά κυκλώματα με λειτουργίες που απαιτούν λογισμικό που να ενσωματώνει μέτρα ελέγχου των συνθηκών σφάλματος/λάθους που καθορίζονται στον Πίνακα R.2 και που χρησιμοποιούν δομές διπλού διαύλου με σύγκριση, θα έχουν επιπλέον μέσα ανίχνευσης αστοχίας/σφάλματος (όπως περιοδικές δοκιμές λειτουργίας, περιοδικές αυτο-δοκιμές ή ανεξάρτητη παρακολούθηση), για τυχόν σφάλματα/λάθη που δεν ανιχνεύονται από τη σύγκριση.

Η συμμόρφωση ελέγχεται με επιθεώρηση του κώδικα-πηγής.

R.2.2.3 Για προγραμματιζόμενα ηλεκτρονικά κυκλώματα με λειτουργίες που απαιτούν λογισμικό που να ενσωματώνει μέτρα ελέγχου των συνθηκών αστοχίας/σφάλματος που καθορίζονται στον Πίνακα R.1 ή R.2, θα υπάρχουν μέσα αναγνώρισης και ελέγχου των λαθών κατά τις μεταδόσεις (transmissions) προς εξωτερικές, σχετικές με την ασφάλεια, διαδρομές δεδομένων (data paths). Τέτοια μέσα θα λαμβάνουν υπόψη λάθη στα δεδομένα, στη διευθυνσιοδότηση (addressing), το χρονισμό μετάδοσης (transmission timing) και την ακολουθία του πρωτοκόλλου (sequence of protocol).

Η συμμόρφωση ελέγχεται με επιθεώρηση του κώδικα-πηγής.

R.2.2.4 Για προγραμματιζόμενα ηλεκτρονικά κυκλώματα με λειτουργίες που απαιτούν λογισμικό που να ενσωματώνει μέτρα ελέγχου των συνθηκών σφάλματος/λάθους που καθορίζονται στον Πίνακα R.1 ή R.2, τα προγραμματιζόμενα ηλεκτρονικά κυκλώματα θα ενσωματώνουν μέτρα αντιμετώπισης των

σφαλμάτων/λαθών σε σχετικά με την ασφάλεια τμήματα (segments) και δεδομένα που παρουσιάζονται στον Πίνακα R.1 ή R.2, όπως χρειάζεται (as appropriate).

Η συμμόρφωση ελέγχεται με επιθεώρηση του κώδικα-πηγής.

R.2.2.5 Για προγραμματιζόμενα ηλεκτρονικά κυκλώματα με λειτουργίες που απαιτούν λογισμικό που να ενσωματώνει μέτρα ελέγχου των συνθηκών σφάλματος/λάθους που καθορίζονται στον Πίνακα R.1 ή R.2, η ανίχνευση ενός σφάλματος/λάθους θα συμβεί πριν εμποδισθεί η συμμόρφωση με την Εν. 19.

Η συμμόρφωση ελέγχεται με επιθεώρηση και δοκιμή του κώδικα-πηγής.

Σημείωση: Η απώλεια της ικανότητας διπλού διαύλου θεωρείται λάθος, σε προγραμματιζόμενο ηλεκτρονικό κύκλωμα που χρησιμοποιεί δομή διπλού διαύλου απαιτούμενη για λογισμικό που ελέγχει συνθήκες αστοχίας/σφάλματος του Πίνακα R.2.

R.2.2.6 Θα γίνεται αναφορά (referenced) στο λογισμικό στα σχετικά (relevant) μέρη της ακολουθίας λειτουργίας (operating sequence) και τις σχετιζόμενες λειτουργίες υλικού (associated hardware functions).

Η συμμόρφωση ελέγχεται με επιθεώρηση του κώδικα-πηγής.

R.2.2.7 Όπου χρησιμοποιούνται ετικέτες (labels) για θέσεις μνήμης (memory locations), οι ετικέτες αυτές θα είναι μοναδικές (unique).

Η συμμόρφωση ελέγχεται με επιθεώρηση του κώδικα-πηγής.

R.2.2.8 Το λογισμικό θα προστατεύεται από μεταβολές από το χρήστη στα σχετικά με την ασφάλεια τμήματα και δεδομένα.

Η συμμόρφωση ελέγχεται με επιθεώρηση του κώδικα-πηγής.

R.2.2.9 Το λογισμικό, και το σχετικό με την ασφάλεια υλικό (hardware) υπό τον έλεγχό του, θα εκκινείται (initialized) και θα τερματίζεται, πριν εμποδιστεί η συμμόρφωση με την Ενότητα 19.

Η συμμόρφωση ελέγχεται με επιθεώρηση του κώδικα-πηγής.

Πίνακας R.1^e Γενικές συνθήκες σφάλματος/λάθους

Εξάρτημα (component) ^a	Σφάλμα/λάθος	Αποδεκτά μέτρα (acceptable measures) ^{b,c 156}
1. Κεντρική μονάδα επεξεργασίας (CPU)		
1.1 Καταχωρητές (registers)	Κόλλησε (stuck at)	Λειτουργική δοκιμή, ή περιοδική αυτο-δοκιμή, χρησιμοποιώντας: - δοκιμή στατικής μνήμης, - ή - προστασία λέξης με πλεονασμό μοναδικού (δυναδικού) ψηφίου (single bit redundancy)
1.2 Κενό (void)		
1.3 Μετρητής προγράμματος (program counter)	Κόλλησε	Λειτουργική δοκιμή, ή περιοδική αυτο-δοκιμή, ή ανεξάρτητη παρακολούθηση χρονικού παραθύρου (time-slot), ή λογική παρακολούθηση της ακολουθίας προγράμματος
2. Χειρισμός & εκτέλεση διακοπών (Interrupt handling & execution)	Όχι διακοπές, ή πολύ συχνές διακοπές	Λειτουργική δοκιμή, ή παρακολούθηση χρονικού παραθύρου
3. Ρολόι (clock)	Λάθος συχνότητα (για ρολόγια συγχρονισμένα με χαλαζία (quartz): μόνο αρμονικές/υποαρμονικές)	Παρακολούθηση συχνότητας, ή παρακολούθηση χρονικού παραθύρου
4. Μνήμη		
4.1 Μη μεταβλητή (invariable) μνήμη	Όλα τα σφάλματα μοναδικού ψηφίου (single	Περιοδικός τροποποιημένος (modified) έλεγχος αθροίσματος (checksum), ή πολλαπλός έλεγχος

¹⁵⁶ Οι ορισμοί των μέτρων βρίσκονται στο Παράρτημα Η του [IEC 60730-1](#).

	bit faults)	αθροίσματος, ή προστασία λέξης με πλεονασμό μοναδικού ψηφίου
4.2 Μεταβλητή μνήμη	Σφάλμα ΣΡ (DC fault)	Περιοδική δοκιμή στατικής μνήμης, ή προστασία λέξης με πλεονασμό μοναδικού ψηφίου
4.3 Διευθυνσιοδότηση (addressing) (αφορά μεταβλητή και μη μεταβλητή μνήμη)	Κόλληση	Προστασία λέξης με πλεονασμό μοναδικού ψηφίου, συμπεριλαμβανομένης της διεύθυνσης
5. Εσωτερική διαδρομή δεδομένων (internal data path)	Κόλληση	Προστασία λέξης με πλεονασμό μοναδικού ψηφίου,
5.1 Κενό		
5.2 Διευθυνσιοδότηση	Λάθος διεύθυνση	Προστασία λέξης με πλεονασμό μοναδικού ψηφίου, συμπεριλαμβανομένης της διεύθυνσης
6. Εξωτερική επικοινωνία (external communication)	Απόσταση Χάμινγκ (Hamming distance) 3	Προστασία λέξης με πλεονασμό πολλαπλού ψηφίου (multibit), ή κυκλικός έλεγχος πλεονασμού (cyclical redundancy check, CRC)-μοναδικής λέξης, ή πλεονασμός μεταφοράς (transfer), ή δοκιμή πρωτοκόλλου
6.1 Κενό		
6.2 Κενό		
6.3 Χρονισμός (timing)	Λάθος χρονικό σημείο (wrong point in time) Λάθος ακολουθία	Παρακολούθηση χρονικού παραθύρου, ή προγραμματισμένη μετάδοση (scheduled transmission) Παρακολούθηση χρονικού παραθύρου και λογική παρακολούθηση, ή σύγκριση πλεονασματικών διαύλων επικοινωνίας με είτε: - αμοιβαία σύγκριση, ή - ανεξάρτητο υλικό συγκριτή (independent hardware comparator) Λογική παρακολούθηση, ή παρακολούθηση χρονικού παραθύρου, ή προγραμματισμένη μετάδοση
7. Περιφέρεια εισόδου/εξόδου (input/output periphery)	Συνθήκες σφάλματος που περιγράφονται στην 19.11.2	Έλεγχος αληθοφάνειας (plausibility check)
7.1 Κενό		
7.2 Αναλογική είσοδος/έξοδος (I/O)		
7.2.1 Μετατροπέας (converter) Αναλογικού σε Ψηφιακό (A/D) και Ψηφιακού σε Αναλογικό (D/A)	Συνθήκες σφάλματος που περιγράφονται στην 19.11.2	Έλεγχος αληθοφάνειας
7.2.2 Αναλογικός πολυπλέκτης (multiplexer)	Λάθος διευθυνσιοδότηση	Περιοδική αυτο-δοκιμή
8. Κενό		
9. Τσιπ κατά παραγγελία (custom chip) ^d π.χ. ολοκληρωμένο κύκλωμα ειδικό για την εφαρμογή (application-specific integrated circuit, ASIC), γενικό κύκλωμα λογικής πυλών (generic array logic, GAL) πίνακας πυλών (gate array)	Οποιαδήποτε έξοδος που βρίσκεται εκτός της στατικής και δυναμικής λειτουργικής προδιαγραφής	Περιοδική αυτο-δοκιμή
<i>Σημείωση: Ένα μοντέλο σφάλματος που «κόλλησε» αντιπροσωπεύει ένα ανοιχτοκύκλωμα ή ένα μη μεταβαλλόμενο επίπεδο σήματος (non-varying signal level). Ένα μοντέλο σφάλματος ΣΡ είναι ένα μοντέλο που «κόλλησε», με ενσωματωμένα βραχυκύκλωματα ανάμεσα στις γραμμές των σημάτων (signal lines).</i>		

^a Για εκτίμηση (assessment) σφάλματος/λάθους, ορισμένα εξαρτήματα διαιρούνται στις υπολειτουργίες τους.

^b Για κάθε υπολειτουργία στον πίνακα, το μέτρο του Πίνακα R.2 θα καλύψει το σφάλμα/λάθος λογισμικού.

^c Όπου δίνεται πάνω από ένα μέτρο για μια υπολειτουργία, αυτά είναι εναλλακτικά (alternatives)

^d Πρέπει να διαιρεθεί, όπως απαιτείται, από τον κατασκευαστή σε υπολειτουργίες.

^e Ο Πίνακας R.1 εφαρμόζεται σύμφωνα με τις απαιτήσεις των παρ. R.1 έως και R.2.2.9.

Πίνακας R.2 ^e – Ειδικές (specific) συνθήκες σφάλματος/λάθους

Εξάρτημα ^a	Σφάλμα/λάθος	Αποδεκτά μέτρα ^{b,c 157}
1. Κεντρική μονάδα επεξεργασίας (CPU)		
1.1 Καταχωρητές	Σφάλμα ΣΡ	Σύγκριση πλεονασματικών CPU είτε: - με αμοιβαία σύγκριση, ή - με ανεξάρτητο υλικό συγκριτή, ή εσωτερική ανίχνευση λάθους, ή πλεονασματική μνήμη με σύγκριση ή περιοδικές αυτο-δοκιμές χρησιμοποιώντας είτε: - δοκιμή μνήμης walkpat, ή - δοκιμή Abraham, ή - διαφανή δοκιμή GALPAT ή προστασία λέξης με πλεονασμό πολλαπλού ψηφίου, ή δοκιμή στατικής μνήμης και προστασία λέξης με πλεονασμό μοναδικού ψηφίου
1.2 Αποκωδικοποίηση και εκτέλεση οδηγιών (instruction decoding and execution)	Λάθος αποκωδικοποίηση και εκτέλεση	Σύγκριση πλεονασματικών CPUs με είτε: - αμοιβαία σύγκριση, ή - ανεξάρτητο υλικό συγκριτή ή εσωτερική ανίχνευση λάθους ή περιοδική αυτο-δοκιμή με δοκιμή κατηγορίας ισοδυναμίας (equivalence class test)
1.3 Μετρητής προγράμματος	Σφάλμα ΣΡ	Περιοδική αυτο-δοκιμή και παρακολούθηση χρησιμοποιώντας είτε: - ανεξάρτητη παρακολούθηση (χρονικού παραθύρου και λογική), ή - εσωτερική ανίχνευση σφάλματος ή σύγκριση πλεονασματικών λειτουργικών διαύλων με είτε: - αμοιβαία σύγκριση, ή - ανεξάρτητο υλικό συγκριτή
1.4 Διευθυνσιοδότηση	Σφάλμα ΣΡ	Σύγκριση πλεονασματικών CPUs με είτε: - αμοιβαία σύγκριση, ή - ανεξάρτητο υλικό συγκριτή ή εσωτερική ανίχνευση λάθους ή περιοδική αυτο-δοκιμή με είτε: - δοκιμαστικό σχέδιο (testing pattern) των γραμμών διεύθυνσης, ή - πλεονασμό πλήρους διαύλου (full bus) - ισοτιμία πολλαπλού διαύλου (multi bus parity) συμπεριλαμβανομένης της διεύθυνσης
1.5 Αποκωδικοποίηση οδηγιών διαδρομής δεδομένων	Σφάλμα ΣΡ και εκτέλεση	Σύγκριση πλεονασματικών CPUs με είτε: - αμοιβαία σύγκριση, ή - ανεξάρτητο υλικό συγκριτή, ή

¹⁵⁷ Οι ορισμοί των μέτρων βρίσκονται στο Παράρτημα Η του [IEC 60730-1](#).

		<ul style="list-style-type: none"> - εσωτερική ανίχνευση λάθους, ή -περιοδική αυτο-δοκιμή με δοκιμαστικό σχέδιο, ή -πλεονασμό δεδομένων, ή - ισοτιμία διαύλου πολλαπλού ψηφίου (multi-bit bus parity)
2. Χειρισμός και εκτέλεση διακοπών	Όχι διακοπές, ή πολύ συχνές διακοπές, σχετιζόμενες με διαφορετικές πηγές	<p>Σύγκριση πλεονασματικών λειτουργικών διαύλων (channels) με είτε:</p> <ul style="list-style-type: none"> - αμοιβαία σύγκριση, ή - ανεξάρτητο υλικό συγκριτή, ή - ανεξάρτητη παρακολούθηση (χρονικού παραθύρου και λογική)
3. Ρολόι	Λάθος συχνότητα (για ρολόγια συγχρονισμένα με χαλαζία: μόνο αρμονικές/υποαρμονικές)	<p>Παρακολούθηση συχνότητας, ή παρακολούθηση χρονικού παραθύρου, ή σύγκριση πλεονασματικών λειτουργικών διαύλων με είτε:</p> <ul style="list-style-type: none"> - αμοιβαία σύγκριση, ή - ανεξάρτητο υλικό συγκριτή,
4. Μνήμη		
4.1 Μη μεταβλητή μνήμη	99,6% κάλυψη (coverage) όλων των λαθών πληροφορίας (information errors)	<p>Σύγκριση πλεονασματικών CPUs με είτε:</p> <ul style="list-style-type: none"> - αμοιβαία σύγκριση, ή - ανεξάρτητο υλικό συγκριτή, ή πλεονασματική μνήμη με σύγκριση, ή περιοδικό κυκλικό έλεγχο πλεονασμού, είτε: - μονής λέξης, ή - διπλής λέξης ή προστασία λέξης με πλεονασμό πολλαπλού ψηφίου
4.2 Μεταβλητή μνήμη	Σφάλμα ΣΡ, και δυναμικές διασυνδέσεις (dynamic cross links)	<p>Σύγκριση πλεονασματικών CPUs είτε:</p> <ul style="list-style-type: none"> - με αμοιβαία σύγκριση, ή - με ανεξάρτητο υλικό συγκριτή, ή πλεονασματική μνήμη με σύγκριση, ή περιοδικές αυτο-δοκιμές χρησιμοποιώντας είτε: - δοκιμή μνήμης walkpat, ή - δοκιμή Abraham, ή - διαφανή δοκιμή GALPAT ή προστασία λέξης με πλεονασμό πολλαπλού ψηφίου
4.3 Διευθυνσιοδότηση (αφορά μεταβλητή και μη μεταβλητή μνήμη)	Σφάλμα ΣΡ	<p>Σύγκριση πλεονασματικών CPUs είτε:</p> <ul style="list-style-type: none"> - με αμοιβαία σύγκριση, ή - με ανεξάρτητο υλικό συγκριτή, ή πλεονασμός πλήρους διαύλου δοκιμαστικό σχέδιο, ή περιοδικός κυκλικός έλεγχος πλεονασμού, είτε: - μονής λέξης, ή - διπλής λέξης ή προστασία λέξης με πλεονασμό πολλαπλού ψηφίου, συμπεριλαμβανομένης της διεύθυνσης
5. Εσωτερική διαδρομή δεδομένων		
5.1 Δεδομένα	Σφάλμα ΣΡ	<p>Σύγκριση πλεονασματικών CPUs είτε:</p> <ul style="list-style-type: none"> - με αμοιβαία σύγκριση, ή - με ανεξάρτητο υλικό συγκριτή, ή προστασία λέξης με πλεονασμό πολλαπλού ψηφίου, συμπεριλαμβανομένης της διεύθυνσης, ή πλεονασμός δεδομένων, ή δοκιμαστικό σχέδιο, ή δοκιμή πρωτοκόλλου

5.2 Διευθυνοδοσία	Λάθος διεύθυνση και πολλαπλή διευθυνοδοσία	Σύγκριση πλεονασματικών CPUs είτε: - με αμοιβαία σύγκριση, ή - με ανεξάρτητο υλικό συγκριτή, ή προστασία λέξης με πλεονασμό πολλαπλού ψηφίου, συμπεριλαμβανομένης της διεύθυνσης, ή πλεονασμός πλήρους διαύλου, ή δοκιμαστικό σχέδιο συμπεριλαμβανομένης της διεύθυνσης
6. Εξωτερική επικοινωνία		
6.1 Δεδομένα	Απόσταση Hamming 4	Έλεγχος κυκλικού πλεονασμού – διπλής λέξης, ή πλεονασμός δεδομένων, ή σύγκριση πλεονασματικών λειτουργικών διαύλων με είτε: - αμοιβαία σύγκριση, ή - ανεξάρτητο υλικό συγκριτή
6.2 Διευθυνοδοσία	Λάθος διεύθυνση Λάθος και πολλαπλή διευθυνοδοσία	Προστασία λέξης με πλεονασμό πολλαπλού ψηφίου, συμπεριλαμβανομένης της διεύθυνσης, ή κυκλικός έλεγχος πλεονασμού μονής λέξης συμπεριλαμβανομένης της διεύθυνσης, ή πλεονασμός μεταφοράς, ή δοκιμή πρωτοκόλλου Κυκλικός έλεγχος πλεονασμού διπλής λέξης, ή πλεονασμός πλήρους διαύλου για δεδομένα και διεύθυνση, ή σύγκριση πλεονασματικών διαύλων επικοινωνίας είτε: - με αμοιβαία σύγκριση, ή - με ανεξάρτητο υλικό συγκριτή
6.3 Χρονισμός	Λάθος χρονικό σημείο	Παρακολούθηση χρονικού παραθύρου, ή προγραμματισμένη μετάδοση
7. Περιφέρεια εισόδου/εξόδου		
7.1 Ψηφιακή είσοδος/έξοδος	Συνθήκες σφάλματος που περιγράφονται στην 19.11.2	Σύγκριση πλεονασματικών CPUs είτε: - με αμοιβαία σύγκριση, ή - με ανεξάρτητο υλικό συγκριτή, ή σύγκριση εισόδου, ή πολλαπλές παράλληλες έξοδοι, ή επαλήθευση (verification) εξόδου, ή δοκιμαστικό σχέδιο, ή ασφάλεια κώδικα (code safety)
7.2 Αναλογική είσοδος/έξοδος		
7.2.1 Μετατροπέας A/D και D/A	Συνθήκες σφάλματος που περιγράφονται στην 19.11.2	Σύγκριση πλεονασματικών CPUs είτε: - με αμοιβαία σύγκριση, ή - με ανεξάρτητο υλικό συγκριτή, ή σύγκριση εισόδου, ή πολλαπλές παράλληλες έξοδοι, ή επιβεβαίωση εξόδου, ή δοκιμαστικό σχέδιο
7.2.2 Αναλογικός πολυπλέκτης	Λάθος διευθυνοδοσία	Σύγκριση πλεονασματικών CPUs είτε: - με αμοιβαία σύγκριση, ή - με ανεξάρτητο υλικό συγκριτή, ή σύγκριση εισόδου, ή δοκιμαστικό σχέδιο
8. Διατάξεις παρακολούθησης και συγκριτές (monitoring devices and comparators)	Οποιαδήποτε έξοδος που βρίσκεται εκτός της στατικής και δυναμικής λειτουργικής προδιαγραφής	Παρακολούθηση υπό δοκιμή (tested monitoring), ή πλεονασματική παρακολούθηση και σύγκριση, ή μέσο αναγνώρισης λάθους (error recognizing means)
9. Chip κατά παραγγελία^d π.χ. ASIC, GAL, πίνακας πυλών	Οποιαδήποτε έξοδος που βρίσκεται εκτός της στατικής και δυναμικής	Περιοδική αυτο-δοκιμή και παρακολούθηση, ή διπλός δίαυλος (διαφοροποιημένος) με σύγκριση, ή μέσο αναγνώρισης λάθους

	λειτουργικής προδιαγραφής	
<i>Σημείωση:</i> Ένα μοντέλο σφάλματος ΣΡ είναι ένα μοντέλο που «κόλλησε», με ενσωματωμένα βραχυκυκλώματα ανάμεσα στις γραμμές των σημάτων.		
^a Για εκτίμηση σφάλματος/λάθους, ορισμένα εξαρτήματα διαίρονται στις υπολειτουργίες τους. ^b Για κάθε υπολειτουργία στον πίνακα, το μέτρο λογισμικού θα καλύψει το σφάλμα/λάθος λογισμικού του Πίνακα R.1. ^c Όπου δίνεται πάνω από ένα μέτρο για μια υπολειτουργία, αυτά είναι εναλλακτικά ^d Πρέπει να διαιρεθεί, όπως απαιτείται, από τον κατασκευαστή σε υπολειτουργίες. ^e Ο Πίνακας R.2 εφαρμόζεται σύμφωνα με τις απαιτήσεις των παρ. R.1 έως και R.2.2.9, μόνο εφόσον απαιτείται από ένα Μέρος 2 [δηλ. Πρότυπο της σειράς IEC 60335-2]		

R.3 Μέτρα αποφυγής λαθών

R.3.1 Γενικά

Για προγραμματιζόμενα ηλεκτρονικά κυκλώματα με λειτουργίες που απαιτούν λογισμικό, το οποίο ενσωματώνει μέτρα ελέγχου των συνθηκών σφάλματος/λάθους που περιγράφονται στον Πίνακα R.1 ή R.2, θα εφαρμόζονται τα ακόλουθα μέτρα για την αποφυγή συστηματικών σφαλμάτων στο λογισμικό. Λογισμικό που ενσωματώνει μέτρα για τον έλεγχο των συνθηκών σφάλματος/λάθους του Πίνακα R.2 είναι ενδογενώς αποδεκτό για λογισμικό απαιτούμενο για τον έλεγχο των συνθηκών σφάλματος/λάθους του Πίνακα R.1.

Σημείωση: Το περιεχόμενο αυτών των απαιτήσεων προέρχεται από το [IEC 61508-3](#) και έχει προσαρμοστεί στις απαιτήσεις του παρόντος προτύπου.

R.3.2 Προδιαγραφή (specification)

R.3.2.1 Απαιτήσεις ασφάλειας λογισμικού

Η προδιαγραφή των απαιτήσεων ασφάλειας λογισμικού θα περιλαμβάνει:

- Μια περιγραφή κάθε λειτουργίας (function), σχετιζόμενης με την ασφάλεια, που πρέπει να υλοποιηθεί (implemented), συμπεριλαμβανομένου του χρόνου απόκρισης (response time):
 - Λειτουργίες σχετιζόμενες με την εφαρμογή, συμπεριλαμβανομένων των σχετικών σφαλμάτων λογισμικού που πρέπει να ελέγχονται (controlled).
 - Λειτουργίες σχετιζόμενες με την ανίχνευση, αναγγελία (annunciation) και διαχείριση (management) σφαλμάτων λογισμικού ή υλικού (hardware).
- Μια περιγραφή των διεπαφών (interfaces) μεταξύ λογισμικού και υλικού.
- Μια περιγραφή των διεπαφών μεταξύ λειτουργιών σχετιζόμενων και μη σχετιζόμενων με την ασφάλεια.
- Μια περιγραφή τυχόν μεταγλωττιστή (compiler) που χρησιμοποιείται για να δημιουργήσει (generate) τον αντικειμενικό κώδικα (object code) [γλώσσα μηχανής] από τον πηγαίο κώδικα (source code), συμπεριλαμβάνοντας λεπτομέρειες τυχόν μεταβλητών ρυθμίσεων μεταγλωττιστή (compiler switch settings) όπως επιλογές λειτουργίας βιβλιοθήκης (library function options), μοντέλο μνήμης, βελτιστοποίηση, λεπτομέρειες μνήμης SDRAM, ρυθμός ρολογιού (clock rate) και λεπτομέρειες σχετικά με το chip.
- Μια περιγραφή τυχόν προγράμματος σύνδεσης (linker) που χρησιμοποιείται για να συνδέσει (link) τον αντικειμενικό κώδικα με εκτελέσιμες ρουτίνες βιβλιοθήκης (executable library routines).

Η συμμόρφωση ελέγχεται με επιθεώρηση της τεκμηρίωσης, και όπως περιγράφεται στην R.3.2.2.2.

Σημείωση: Παραδείγματα ορισμένων τεχνικών/μέτρων για την ικανοποίηση αυτών των απαιτήσεων μπορούν να βρεθούν στον Πίνακα R.3.

Πίνακας R.3: Ημι-τυπικές (semi-formal) μέθοδοι

Τεχνικές / Μέτρα	Πληροφοριακές αναφορές
Ημι-τυπικές μέθοδοι Λογικά/λειτουργικά σχηματικά διαγράμματα (block diagrams) Διαγράμματα ακολουθίας (sequence diagrams) Μηχανή πεπερασμένων καταστάσεων (finite state machine) / διαγράμματα μετάβασης καταστάσεων (state transition diagrams) Πίνακες απόφασης / αλήθειας (decision / truth tables)	 IEC 61508-7 , B.2.3.2 IEC 61508-7 , C.6.1

R.3.2.2 Αρχιτεκτονική λογισμικού (software architecture)

R.3.2.2.1 Η προδιαγραφή της αρχιτεκτονικής λογισμικού θα περιλαμβάνει τις ακόλουθες πλευρές:

- Τεχνικές και μέτρα ελέγχου σφαλμάτων/λαθών λογισμικού (βλ. R.2.2)
- Αλληλεπιδράσεις (interactions) μεταξύ υλικού και λογισμικού
- Διαμέριση (partitioning) σε μονάδες (modules) και κατανομή (allocation) τους στις καθορισμένες λειτουργίες ασφάλειας (safety functions)
- Ιεραρχία (hierarchy) και δομή κλήσης (call structure) των μονάδων (ροή ελέγχου, control flow)
- Χειρισμός διακοπών
- Ροή δεδομένων και περιορισμούς (restrictions) στην πρόσβαση (access) σε δεδομένα
- Αρχιτεκτονική και αποθήκευση (storage) δεδομένων
- Χρονοεξαρτήσεις (time-based dependencies) ακολουθιών και δεδομένων.

Η συμμόρφωση ελέγχεται με επιθεώρηση της τεκμηρίωσης, και όπως περιγράφεται στην R.3.2.2.2.

Σημείωση: Παραδείγματα ορισμένων τεχνικών/μέτρων για την ικανοποίηση αυτών των απαιτήσεων μπορούν να βρεθούν στον Πίνακα R.4.

Πίνακας R.4: Προδιαγραφή αρχιτεκτονικής λογισμικού

Τεχνικές / Μέτρα	Πληροφοριακές αναφορές
Ανίχνευση και διάγνωση σφαλμάτων	IEC 61508-7 , C.3.1
Ημι-τυπικές μέθοδοι: <ul style="list-style-type: none"> - Λογικά / λειτουργικά σχηματικά διαγράμματα - Διαγράμματα ακολουθίας - Μηχανές πεπερασμένων καταστάσεων / διαγράμματα μετάβασης καταστάσεων - Διαγράμματα ροής δεδομένων 	 IEC 61508-7 , B.2.3.2 IEC 61508-7 , C.2.2

R.3.2.2.2 Η προδιαγραφή της αρχιτεκτονικής θα επικυρωθεί (validated) σε σύγκριση (against) με την προδιαγραφή των απαιτήσεων ασφάλειας λογισμικού, με στατική ανάλυση (static analysis).

Σημείωση: Παραδείγματα μεθόδων στατικής ανάλυσης είναι:

- Ανάλυση ροής ελέγχου ([IEC 61508-7](#), C.5.9)
- Ανάλυση ροής δεδομένων ([IEC 61508-7](#), C.5.10)
- Δοκιμαστικά περάσματα (walk-throughs) / ανασκοπήσεις σχεδίασης (design reviews) ([IEC 61508-7](#), C.5.16)

R.3.2.3 Σχεδίαση και κωδικοποίηση μονάδων (module design and coding)

R.3.2.3.1 Με βάση τη σχεδίαση της αρχιτεκτονικής, το λογισμικό θα διαιρεθεί (refined) με κατάλληλο τρόπο σε μονάδες. Ο σχεδιασμός και η κωδικοποίηση των μονάδων λογισμικού θα υλοποιηθεί με τρόπο που να ανάγεται (traceable) στην αρχιτεκτονική και τις απαιτήσεις του λογισμικού.

Η συμμόρφωση ελέγχεται με την R.3.2.3.3 και με επιθεώρηση της τεκμηρίωσης.

Σημείωση 1: Η χρήση εργαλείων σχεδίασης με τη βοήθεια υπολογιστή (computer aided design tools) είναι αποδεκτή.

Σημείωση 2: Ο αμυντικός προγραμματισμός (*defensive programming*) ([IEC 61508-7](#), C.2.5) συνιστάται (π.χ. έλεγχοι εύρους (*range checks*), έλεγχος για διαίρεση με το 0, έλεγχοι αληθοφάνειας).

Σημείωση 3: Η σχεδίαση της μονάδας θα προσδιορίζει:

- λειτουργία/ες
- διεπαφές με άλλες μονάδες
- δεδομένα

Σημείωση 4: Παραδείγματα ορισμένων τεχνικών / μέτρων για την ικανοποίηση αυτών των απαιτήσεων βρίσκονται στον Πίνακα R.5.

Πίνακας R.5: Προδιαγραφή σχεδίασης μονάδας

Τεχνικές / Μέτρα	Πληροφοριακές αναφορές
Περιορισμένο μέγεθος (limited size) μονάδων λογισμικού	IEC 61508-7 , C.2.9
Κρύψιμο (hiding) / ενθυλάκωση (encapsulation) πληροφορίας	IEC 61508-7 , C.2.8
Ένα σημείο εισόδου / ένα σημείο εξόδου σε υπορουτίνες και συναρτήσεις	IEC 61508-7 , C.2.9
Πλήρως ορισμένη (fully defined) διεπαφή	IEC 61508-7 , C.2.9
Ημι-τυπικές μέθοδοι: <ul style="list-style-type: none"> - Λογικά / λειτουργικά σχηματικά διαγράμματα - Διαγράμματα ακολουθίας - Μηχανές πεπερασμένων καταστάσεων / διαγράμματα μετάβασης καταστάσεων - Διαγράμματα ροής δεδομένων 	IEC 61508-7 , B.2.3.2 IEC 61508-7 , C.2.2

R.3.2.3.2 Ο κώδικας λογισμικού θα είναι δομημένος (structured).

Η συμμόρφωση ελέγχεται με την R.3.2.3.3 και με επιθεώρηση της τεκμηρίωσης.

Σημείωση 1: Η δομική πολυπλοκότητα (*structural complexity*) μπορεί να ελαχιστοποιηθεί εφαρμόζοντας τις ακόλουθες αρχές:

- Να κρατηθεί μικρός ο αριθμός των πιθανών διαδρομών διαμέσου μιας μονάδας λογισμικού, και η σχέση μεταξύ των παραμέτρων εισόδου και εξόδου όσο πιο απλή γίνεται.
- Να αποφευχθούν οι περίπλοκες διακλαδώσεις (*complicated branching*), και ιδιαίτερα, να αποφεύγονται τα άλματα εκτέλεσης χωρίς όρους (*unconditional jumps*) (*GOTO*) σε γλώσσες υψηλότερου επιπέδου (*higher level languages*).
- Όπου είναι εφικτό, να συσχετιστούν (*relate*) οι περιορισμοί βρόχων (*loop constraints*) και οι διακλαδώσεις, με τις παραμέτρους εισόδου.
- Να αποφευχθεί η χρήση πολύπλοκων υπολογισμών ως βάση για τις αποφάσεις διακλάδωσης και βρόχων.

Σημείωση 2: Παραδείγματα ορισμένων τεχνικών / μέτρων για την ικανοποίηση αυτών των απαιτήσεων βρίσκονται στον Πίνακα R.6.

Πίνακας R.6: Προδιαγραφή σχεδίασης μονάδας

Τεχνικές / Μέτρα	Πληροφοριακές αναφορές
Χρήση προτύπου κωδικοποίησης (<i>coding standard</i>) (Βλ. Σημείωση)	IEC 61508-7 , C.2.6.2
Όχι χρήση δυναμικών αντικειμένων (<i>objects</i>) και μεταβλητών (<i>variables</i>) (Βλ. Σημείωση)	IEC 61508-7 , C.2.6.3
Περιορισμένη (<i>limited</i>) χρήση διακοπών	IEC 61508-7 , C.2.6.5
Περιορισμένη χρήση δεικτών (<i>pointers</i>)	IEC 61508-7 , C.2.6.6
Περιορισμένη χρήση αναδρομής (<i>recursion</i>)	IEC 61508-7 , C.2.6.7
Όχι άλματα εκτέλεσης χωρίς όρους σε γλώσσες υψηλότερου επιπέδου	IEC 61508-7 , C.2.6.2
<u>Σημείωση:</u> Δυναμικά αντικείμενα και/ή μεταβλητές επιτρέπονται, εάν χρησιμοποιείται μεταγλωττιστής ο οποίος εξασφαλίζει ότι θα κατανεμηθεί (<i>allocated</i>) επαρκής μνήμη για όλα τα δυναμικά αντικείμενα και/ή μεταβλητές πριν από την εκτέλεση (<i>runtime</i>), ή ο οποίος εισάγει (<i>inserts</i>) ελέγχους εκτέλεσης (<i>runtime checks</i>) για τη σωστή κατανομή μνήμης κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης (<i>online</i>).	

R.3.2.3.3 Ο κώδικας λογισμικού (coded software) θα επικυρωθεί, σε σύγκριση με την προδιαγραφή μονάδας, με στατική ανάλυση. Η προδιαγραφή μονάδας θα επικυρωθεί, σε σύγκριση με την προδιαγραφή αρχιτεκτονικής, με στατική ανάλυση.

R.3.3.3 Επικύρωση λογισμικού

Το λογισμικό θα επικυρωθεί αναφορικά προς τις απαιτήσεις της προδιαγραφής απαιτήσεων ασφάλειας λογισμικού.

Σημείωση 1: Η επικύρωση είναι επιβεβαίωση (confirmation), με εξέταση (examination) και παροχή αντικειμενικών αποδεικτικών στοιχείων (provision of objective evidence), ότι ικανοποιούνται οι ιδιαίτερες απαιτήσεις για μια συγκεκριμένη προοριζόμενη χρήση. Επομένως, για παράδειγμα, η επικύρωση λογισμικού σημαίνει επιβεβαίωση, με εξέταση και παροχή αντικειμενικών αποδεικτικών στοιχείων, ότι το λογισμικό ικανοποιεί την προδιαγραφή απαιτήσεων ασφάλειας λογισμικού.

Η συμμόρφωση ελέγχεται με προσομοίωση:

- σημάτων εισόδου που είναι παρόντα σε κανονική λειτουργία
- αναμενόμενων συμβάντων (anticipated occurrences)
- ανεπιθύμητων (undesired) συνθηκών που απαιτούν δράση (action) από το σύστημα.

Δοκιμαστικές περιπτώσεις (test cases), δοκιμαστικά δεδομένα και αποτελέσματα δοκιμών θα αναφερθούν (reported).

Σημείωση 2: Παραδείγματα ορισμένων τεχνικών / μέτρων για την ικανοποίηση αυτών των απαιτήσεων βρίσκονται στον Πίνακα R.7.

Πίνακας R.7: Επικύρωση ασφάλειας λογισμικού

Τεχνικές / Μέτρα	Πληροφοριακές αναφορές
Λειτουργική (functional) δοκιμή, και δοκιμή μαύρου κουτιού (black box)	IEC 61508-7 , B.5.1, B.5.2
- Ανάλυση οριακής τιμής (boundary value analysis)	IEC 61508-7 , C.5.4
- Προσομοίωση διεργασίας (process simulation)	IEC 61508-7 , C.5.18
Προσομοίωση, μοντελοποίηση:	
- Μηχανές πεπερασμένων καταστάσεων	IEC 61508-7 , B.2.3.2
- Μοντελοποίηση επίδοσης	IEC 61508-7 , C.5.20

Σημείωση 3: Η δοκιμή θα πρέπει να είναι η κύρια μέθοδος επικύρωσης για το λογισμικό. Η μοντελοποίηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να συμπληρώσει (supplement) τις δραστηριότητες επικύρωσης.

B.4 Πίνακας αντιστοίχισης IEC 60950-1 και IEC 62368-1

Στην ενότητα αυτή παρατίθενται κατ' αύξουσα σειρά οι ενότητες/παράγραφοι του προτύπου [IEC 60950-1](#) στις οποίες γίνεται αναφορά στο Κεφάλαιο 3, και αντιστοιχίζονται με τις ενότητες/παραγράφους αντίστοιχου αντικειμένου του προτύπου [IEC 62368-1](#), όπου αυτό είναι εφικτό. Στην πρώτη στήλη καταγράφονται οι αντίστοιχοι κίνδυνοι σύμφωνα με την κωδικοποίηση της παρ. 3.3 της εργασίας.

Κίνδυνος	IEC 60950-1 (Information technology equipment. Safety. General requirements)			IEC 62368-1 (Audio/video, information and communication technology equipment. Safety requirements)		
	Section	Title	Τίτλος	Section	Title	Τίτλος
	0	Principles of safety	Αρχές ασφάλειας	0	Principles of this product safety standard	Αρχές αυτού του προτύπου ασφαλείας προϊόντων
1.8	0.2.7	Chemical hazards	Χημικοί κίνδυνοι	0.8 / 7	Injury caused by hazardous substances / Injury caused by hazardous substances	Τραυματισμός που προκαλείται από επικίνδυνες ουσίες / Τραυματισμός που προκαλείται από επικίνδυνες ουσίες
	1.1	Scope	Πεδίο εφαρμογής	1	Scope	Πεδίο εφαρμογής
5.4	1.1.2	Additional requirements	Πρόσθετες απαιτήσεις			
	1.4	General conditions for tests	Γενικές συνθήκες δοκιμών		Normal operating conditions tests, abnormal operating conditions tests and single fault condition tests	Δοκιμές σε συνθήκες κανονικής λειτουργίας, δοκιμές σε συνθήκες μη κανονικής λειτουργίας και δοκιμές σε συνθήκες μοναδικού σφάλματος
3.5	1.4.5	Supply voltage for tests	Τάση τροφοδοσίας για δοκιμές	B.2.3	Supply voltage	Τάση τροφοδοσίας
3.1	1.4.14	Simulated faults and abnormal conditions	Προσομοιωμένα σφάλματα και συνθήκες μη κανονικής λειτουργίας		Simulated abnormal operating conditions / Simulated single fault conditions	Συνθήκες προσομοιωμένης μη κανονικής λειτουργίας / Συνθήκες προσομοιωμένου μοναδικού σφάλματος
3.17 , 5.5	1.5	Components	Εξαρτήματα	4.1.2	Use of components	Χρήση εξαρτημάτων
6.1 , 6.2 , 6.3 , 6.4	1.7	Markings and instructions	Σημάνσεις και οδηγίες		Markings and instructions / Equipment markings instructions and instructional safeguards	Σημάνσεις και οδηγίες / Σημάνσεις εξοπλισμού οδηγίες και ενημερωτικές διασφαλίσεις
1.1 , 1.2 , 1.3	2.1	Protection from electric shock and energy hazards	Προστασία από ηλεκτροπληξία και κινδύνους ενέργειας		Electrically caused injury	Τραυματισμός που προκαλείται από ηλεκτρισμό
1.1 , 1.2 , 1.3	2.1.2	Protection in service access areas	Προστασία σε περιοχές πρόσβασης για συντήρηση		Accessibility to electrical energy sources and safeguards	Προσβασιμότητα σε πηγές ηλεκτρικής ενέργειας και διασφαλίσεις
1.15	2.2	SELV circuits	Κυκλώματα SELV	5.2.2	Electrical energy source ES1	Όρια για πηγές ηλεκτρικής ενέργειας

Κίνδυνος	IEC 60950-1 (Information technology equipment. Safety. General requirements)			IEC 62368-1 (Audio/video, information and communication technology equipment. Safety requirements)		
					and ES2 limits	κατηγοριών ES1 και ES2
	2.4	Limited current circuits	Κυκλώματα περιορισμένου ρεύματος	5.2.2	Electrical energy source ES1 and ES2 limits	Όρια για πηγές ηλεκτρικής ενέργειας κατηγοριών ES1 και ES2
1.15	2.4.1	General requirements	Γενικές απαιτήσεις			
1.15	2.4.3	Connection of limited current circuits to other circuits	Σύνδεση κυκλωμάτων περιορισμένου ρεύματος σε άλλα κυκλώματα			
1.12	2.6	Provisions for earthing and bonding	Προβλέψεις για γείωση και συγκόλληση	5.6	Protective conductor	Προστατευτικός αγωγός
	2.6.5	Integrity of protective earthing	Ακεραιότητα προστατευτικής γείωσης	5.6.3	Requirements for protective earthing conductors	Απαιτήσεις για αγωγούς προστατευτικής γείωσης
1.8. 7.2	2.6.5.6	Corrosion resistance	Αντίσταση στη διάβρωση	5.6.5.2	Corrosion	Διάβρωση
1.4. 1.5	2.8	Safety interlocks	Αλληλομανδαλώσεις ασφαλείας	K [norm.]	Safety interlocks	Αλληλομανδαλώσεις ασφαλείας
5.2	2.8.5	Moving parts	Κινούμενα μέρη	K.6	Mechanically operated safety interlocks	Αλληλομανδαλώσεις ασφαλείας που λειτουργούν με μηχανικό τρόπο
	2.9	Electrical insulation	Ηλεκτρική μόνωση	5.4	Insulation materials and requirements	Υλικά και απαιτήσεις μόνωσης
5.4	2.9.1	Properties of insulating materials	Ιδιότητες μονωτικών υλικών	5.4.1.2	Properties of insulating materials	Ιδιότητες μονωτικών υλικών
5.4	2.9.2	Humidity conditioning	Προετοιμασία υγρασίας	5.4.8	Humidity conditioning	Προετοιμασία υγρασίας
1.13. 1.15	2.9.3	Grade of insulation	Βαθμός μόνωσης	3.3.5	Insulation	Μόνωση
1.13. 1.15	2.9.4	Separation from hazardous voltages	Διαχωρισμός από επικίνδυνες τάσεις			
1.9	2.10	Clearance, creepage distances and distances through insulation	Διάκενα, αποστάσεις ερπυσμού και αποστάσεις διαμέσου μόνωσης	5.4.2 / 5.4.3 / 5.4.4	Clearances / Creepage distances / Solid insulation	Διάκενα / Αποστάσεις ερπυσμού / Στερεή μόνωση
	2.10.1	General	Γενικά			
5.4	2.10.1.2	Pollution degrees	Βαθμοί μόλυνσης	5.4.1.5	Pollution degrees	Βαθμοί μόλυνσης
	2.10.2	Determination of working voltage	Προσδιορισμός τάσης λειτουργίας	5.4.1.8	Determination of working voltage	Προσδιορισμός τάσης λειτουργίας
3.14	2.10.3	Clearances	Αποστάσεις διακένου	5.4.2	Clearances	Αποστάσεις διακένου
1.10	2.10.5	Solid insulation	Στερεή μόνωση	5.4.4	Solid insulation	Στερεή μόνωση

Κίνδυνος	IEC 60950-1 (Information technology equipment. Safety. General requirements)			IEC 62368-1 (Audio/video, information and communication technology equipment. Safety requirements)		
	2.10.8	<i>Tests on coated printed boards and coated components</i>	<i>Δοκιμές σε επικαλυμμένα τυπωμένα κυκλώματα και επικαλυμμένα εξαρτήματα</i>	G.13 / G.14	<i>Printed boards / Coatings on component terminals</i>	<i>Τυπωμένα κυκλώματα / Επικαλύψεις σε τερματικούς ακροδέκτες εξαρτημάτων</i>
5.4	2.10.8.3	Electric strength test	Δοκιμή ηλεκτρικής αντοχής	G.13.6	Tests on coated printed boards	Δοκιμές σε επικαλυμμένα τυπωμένα κυκλώματα
5.4	2.10.10	Test for pollution Degree 1 environment and for insulating compound	Δοκιμή για περιβάλλον μόλυνσης Βαθμού 1 και για μονωτική ουσία	5.4.1.5.2	Test for pollution degree 1 environment and for insulating compound	Δοκιμή για περιβάλλον μόλυνσης βαθμού 1 και για μια μονωτική ουσία
5.4	2.10.11	Tests for semiconductor devices and for cemented joints	Δοκιμές για διατάξεις ημιαγωγών και για και για συνδέσεις γεμισμένες με συγκολλητική μονωτική ουσία	5.4.7	Tests for semiconductor components and cemented joints	Δοκιμές για εξαρτήματα ημιαγωγών και για και για συνδέσεις γεμισμένες με συγκολλητική μονωτική ουσία
5.6 , 5.7	3	Wiring connections and supply	Συνδέσεις καλωδίωσης και τροφοδοσία	6.5	Internal and external wiring	Εσωτερική και εξωτερική καλωδίωση
1.4	3.4	Disconnection from the mains supply	Αποσύνδεση από την κύρια τροφοδοσία	L [norm.]	Disconnect devices	Διατάξεις αποσύνδεσης
	4	<i>Physical requirements</i>	<i>Φυσικές απαιτήσεις</i>			
5.3	4.1	Stability	Ευστάθεια	8.6	Stability of equipment	Ευστάθεια εξοπλισμού
1.7 , 5.1 , 5.2	4.2	Mechanical strength	Μηχανική αντοχή	T [norm.]	Mechanical strength tests	Δοκιμές μηχανικής αντοχής
5.2	4.3	Design and construction	Σχεδιασμός και κατασκευή	4.1.3	Equipment design and construction	Σχεδιασμός και κατασκευή εξοπλισμού
1.8 , 2.2 , 3.18 , 7.3	4.3.8	Batteries	Συσσωρευτές	M [norm.]	Equipment containing batteries and their protection circuits	Εξοπλισμός που περιέχει συσσωρευτές και κυκλώματα προστασίας τους
7.3 , 7.4	4.3.10	Dust, powders, liquids and gases	Σκόνη, κόνιες, υγρά και αέρια			
7.1	4.3.13	Radiation	Ακτινοβολία	10	Radiation	Ακτινοβολία
2.1 , 3.10	4.5	Thermal requirements	Θερμικές απαιτήσεις	9	Thermal burn injury	Τραυματισμός από θερμικό έγκαυμα
4.3	4.5.5	Resistance to abnormal heat	Αντίσταση στη μη κανονική θερμότητα	S [norm]	Tests for resistance to heat and fire	Δοκιμές αντοχής στη θερμότητα και τη φωτιά
4.1 , 4.2	4.7	Resistance to fire	Αντίσταση στη φωτιά	6 / S [norm]	Electrically caused fire / Tests for resistance to heat and fire	Φωτιά που προκαλείται από ηλεκτρισμό / Δοκιμές αντοχής στη θερμότητα και τη φωτιά
	4.7.3	<i>Materials</i>	<i>Υλικά</i>			

Κίνδυνος	IEC 60950-1 (Information technology equipment. Safety. General requirements)			IEC 62368-1 (Audio/video, information and communication technology equipment. Safety requirements)		
	4.7.3.3	Materials for components and other parts outside fire enclosures	Υλικά για εξαρτήματα και άλλα μέρη έξω από περιβλήματα φωτιάς	6.3 / 6.3.1	Safegurards against fire under normal operating conditions and abnormal operating conditions / Requirements	Διασφαλίσεις ενάντια στη φωτιά υπό κανονικές και μη κανονικές συνθήκες λειτουργίας / Απαιτήσεις
	4.7.3.4	Materials for components and other parts inside fire enclosures	Υλικά για εξαρτήματα και άλλα μέρη εντός περιβλημάτων φωτιάς	6.4.8	Fire enclosures and fire barriers	Περιβλήματα φωτιάς και φράγματα φωτιάς
	5	<i>Electrical requirements and simulated abnormal conditions</i>	<i>Ηλεκτρικές απαιτήσεις και προσομοιωμένες συνθήκες μη κανονικής λειτουργίας</i>			
1.1 , 1.2 , 1.3 , 1.14	5.1	Touch current and protective conductor current	Ρεύμα επαφής και ρεύμα προστατευτικού αγωγού	5.7	Prospective touch voltage, touch current and protective conductor current	Αναμενόμενη τάση επαφής, ρεύμα επαφής και ρεύμα προστατευτικού αγωγού
1.6	5.2	Electric strength	Ηλεκτρική αντοχή	5.4.9	Electric strength test	Δοκιμή ηλεκτρικής αντοχής
3.1 , 3.10 , 3.15 , 3.18	5.3	Abnormal operating and fault conditions	Μη κανονική λειτουργία και συνθήκες σφάλματος	B [norm]	Normal operating conditions tests, abnormal operating conditions tests and single fault condition tests	Δοκιμές σε συνθήκες κανονικής λειτουργίας, δοκιμές σε συνθήκες μη κανονικής λειτουργίας και δοκιμές σε συνθήκες μοναδικού σφάλματος
4.3	A [norm]	Tests for resistance to heat and fire	Δοκιμές για αντίσταση σε θερμότητα και φωτιά	S [norm]	Tests for resistance to heat and fire	Δοκιμές αντοχής στη θερμότητα και τη φωτιά
3.14	G [norm]	Alternative method for determining minimum clearances	Εναλλακτική μέθοδος για προσδιορισμό ελάχιστων αποστάσεων διακένου	O [norm]	Measurement of creepage distances and clearances	Μέτρηση αποστάσεων ερπυσμού και διακένου
7.2	J [norm]	Table of electrochemical potentials	Πίνακας ηλεκτροχημικών δυναμικών	N [norm]	Electrochemical potentials	Ηλεκτροχημικά δυναμικά
3.14	N [norm]	Impulse test generators	Γεννήτριες παλμών δοκιμής	D.1	Impulse test generators	Γεννήτριες παλμών δοκιμής
5.4	T [inf]	Guidance on protection against ingress of water	Καθοδήγηση για την προστασία ενάντια στην είσοδο νερού			

B.5 Πίνακας αντιστοίχισης IEC 62040-1-1 και IEC 62040-1

Στην ενότητα αυτή παρατίθενται κατ' αύξουσα σειρά οι ενότητες/παράγραφοι του προτύπου [IEC 62040-1-1](#) στις οποίες γίνεται αναφορά στο Κεφάλαιο 3, και αντιστοιχίζονται με τις ενότητες/παραγράφους αντίστοιχου αντικειμένου του προτύπου [IEC 62040-1](#), όπου αυτό είναι εφικτό.¹⁵⁸ Στην πρώτη στήλη καταγράφονται οι αντίστοιχοι κίνδυνοι σύμφωνα με την κωδικοποίηση της παρ. 3.3 της εργασίας.

Κίνδυνος	IEC 62040-1-1 (Uninterruptible power systems (UPS). General and safety requirements for UPS used in operator access areas)			IEC-62040-1 (Uninterruptible power systems (UPS). Safety requirements)		
	Section	Title	Τίτλος	Section	Title	Τίτλος
	1	<i>Scope and specific applications</i>	<i>Πεδίο εφαρμογής και ειδικές εφαρμογές</i>	1	<i>Scope</i>	<i>Πεδίο εφαρμογής</i>
3.14 , 5.4	1.2	Specific applications	Ειδικές εφαρμογές	1	Scope	Πεδίο εφαρμογής
	4	<i>General conditions for tests</i>	<i>Γενικές συνθήκες για δοκιμές</i>			
3.17 , 5.5	4.3	Components	Εξαρτήματα			
6.1 , 6.2	4.5	Marking and instructions	Σήμανση και οδηγίες	6	Information and marking requirements	Απαιτήσεις πληροφόρησης και σήμανσης
6.3 , 6.4	4.5.3	Safety instructions	Οδηγίες ασφάλειας	6.5.101.2	Information in instruction manual(s)	Πληροφορίες σε εγχειρίδιο/α οδηγιών
1.8	4.5.20	Battery	Συσσωρευτής	6.5.101	Battery information on maintenance	Πληροφορίες για συντήρηση συσσωρευτών
	5	<i>Fundamental design requirements</i>	<i>Βασικές απαιτήσεις σχεδιασμού</i>			
1.1 , 1.2 , 1.3 , 1.5	5.1	Protection against electric shock and energy hazards	Προστασία ενάντια στην ηλεκτροπληξία και στους κινδύνους ενέργειας	4.4 / 4.5	Protection against energy shock / Protection against electrical energy hazards	Προστασία ενάντια στην ηλεκτροπληξία / Προστασία ενάντια σε κινδύνους ηλεκτρικής ενέργειας
1.2	5.1.1	Operator access	Πρόσβαση χειριστή	4.5.2	Service access areas	Περιοχές πρόσβασης για συντήρηση

¹⁵⁸ Το πρότυπο [IEC 62040-1](#) δεν είναι απλώς μία ενοποίηση των προτύπων [IEC 62040-1-1](#) (UPS σε προσβάσιμους χώρους) και [IEC 62040-1-2](#) (UPS σε μη προσβάσιμους χώρους) σε ενιαίο έγγραφο. Το [IEC 62040-1-1](#) αποτελεί ένα εξειδικευμένο πρότυπο που χρησιμοποιεί ως έγγραφο αναφοράς (Reference Document, RD) το γενικότερο πρότυπο [IEC 60950-1](#) (Information technology equipment. Safety. General requirements). Συγκεκριμένα, η πλειοψηφία των παραγράφων του [IEC 62040-1-1](#) παραπέμπει σε αντίστοιχες παραγράφους του [IEC 60950-1](#), προσθέτοντας όπου απαιτείται τροποποιήσεις και προσθήκες. Αντίστοιχα, το πρότυπο [IEC 62040-1](#) χρησιμοποιεί άλλο πρότυπο ως έγγραφο αναφοράς, το [IEC 62477-1:2012](#) (Safety requirements for power electronic converter systems and equipment. General). Η αντιστοίχιση στον πίνακα αυτό έγινε μόνο σε όσα σημεία ήταν δυνατό, καθώς σε πολλές παραγράφους δεν υπάρχει απευθείας αντίστοιχη παράγραφος του [IEC 62040-1](#) επειδή το σχετικό θέμα καλύπτεται πλήρως από το έγγραφο αναφοράς.

Κίνδυνο	IEC 62040-1-1 (Uninterruptible power systems (UPS). General and safety requirements for UPS used in operator access areas)			IEC-62040-1 (Uninterruptible power systems (UPS). Safety requirements)		
1.15	5.2	Insulation	Μόνωση	4.102.4	Case insulation	Μόνωση περιβλήματος
1.12	5.4	Provisions for protective earthing	Προβλέψεις για προστατευτική γείωση			
1.13	5.4.1	Protective earthing	Προστατευτική γείωση			
1.4	5.5	AC and d.c. power isolation	Απομόνωση ισχύος ΣΡ και ΕΡ	4.8.102 / 4.101	Backfeed protection / UPS isolation and disconnect devices	Προστασία από ανατροφοδότηση / Διατάξεις απομόνωσης και αποσύνδεσης του UPS
	5.6	<i>Overcurrent and earth fault protection</i>	<i>Υπερένταση και προστασία σφάλματος γης</i>	4.102.8.1	Overcurrent and earth fault protection	Υπερένταση και προστασία σφάλματος γης
3.2	5.6.2	Battery circuit protection	Προστασία κυκλώματος συσσωρευτή	4.102.8	Battery circuit protection	Προστασία κυκλώματος συσσωρευτή
	5.7	<i>Protection of personnel - safety interlocks</i>	<i>Προστασία προσωπικού - αλληλομανδαλώσεις ασφαλείας</i>			
1.1 1.3 1.5	5.7.2	Service person protection	Προστασία προσώπου που εκτελεί συντήρηση			
1.9 1.10	5.8	Clearances, creepage distances and distances through insulation	Διάκενα, αποστάσεις ερπυσμού και αποστάσεις διαμέσου μόνωσης			
5.6	6	Wiring, connections and supply	Καλωδίωση, συνδέσεις και τροφοδοσία			
5.7	6.1	General	Γενικά			
	7	<i>Physical requirements</i>	<i>Φυσικές απαιτήσεις</i>			
5.3	7.2	Stability	Ευστάθεια			
1.7 5.1 5.2	7.3	Mechanical strength	Μηχανική αντοχή			
4.1 4.2	7.5	Resistance to fire	Αντίσταση στη φωτιά	4.6	Protection against fire and thermal hazards	Προστασία ενάντια στη φωτιά και στους θερμικούς κινδύνους
	7.6	<i>Battery location</i>	<i>Θέση συσσωρευτή</i>			
2.2 3.3 3.5	7.6.8	Charging voltages	Τάσεις φόρτισης			
2.1	7.7	Temperature rises	Αυξήσεις θερμοκρασίας			

Κίνδυνος	IEC 62040-1-1 (Uninterruptible power systems (UPS). General and safety requirements for UPS used in operator access areas)			IEC-62040-1 (Uninterruptible power systems (UPS). Safety requirements)		
	8	<i>Electrical requirements and simulated abnormal conditions</i>	<i>Ηλεκτρικές απαιτήσεις και προσομοιωμένες συνθήκες μη κανονικής λειτουργίας</i>			
	8.1	<i>General</i>	<i>Γενικά</i>			
1.14	8.1.1	Earth leakage current	Ρεύμα διαρροής γης			
1.6	8.2	Electric strength	Ηλεκτρική αντοχή			
3.1. 3.103. 18	8.3	Abnormal operating and fault conditions	Μη κανονική λειτουργία και συνθήκες σφάλματος	5.2.4	Abnormal operation and simulated fault tests	Μη κανονική λειτουργία και δοκιμές προσομοιωμένων σφαλμάτων
3.15	8.3.1	Simulation of faults	Προσομοίωση σφαλμάτων			
5.4	H [inf]	Guidance on protection against ingress of water and foreign objects	Καθοδήγηση για προστασία ενάντια στην είσοδο νερού και ξένων αντικειμένων			
	N [norm]	<i>Ventilation of battery compartments</i>	<i>Εξαερισμός διαμερισμάτων συσσωρευτών</i>	CC. [norm]	<i>Ventilation of lead-acid battery compartments</i>	<i>Εξαερισμός διαμερισμάτων συσσωρευτών μολυβδου-οξέος</i>
2.2. 3.3	N.4	Overcharge test	Δοκιμή υπερφόρτισης	CC.4	Overcharge conditions	Συνθήκες υπερφόρτισης