



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
«Παραγωγή και Διαχείριση Ενέργειας»

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

*«Τεχνικές απαιτήσεις για τη σύνδεση συσκευών
φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων σε ηλεκτρικές
εγκαταστάσεις»*

Του Μεταπτυχιακού Φοιτητή

Ευάγγελου Τασιούλη

Επιβλέπων

Σταύρος Παπαθανασίου, Καθηγητής ΕΜΠ

Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών



ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

*«Τεχνικές απαιτήσεις για τη σύνδεση συσκευών
φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων σε ηλεκτρικές
εγκαταστάσεις»*

Του Μεταπτυχιακού Φοιτητή

Ευάγγελου Τασιούλη

Επιβλέπων

Σταύρος Παπαθανασίου, Καθηγητής ΕΜΠ

Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την2019

.....

Στ. Παπαθανασίου
Καθηγητής ΕΜΠ

.....

Σ. Καρέλλας
Καθηγητής ΕΜΠ

.....

Αν. Αντωνόπουλος
Επικ. Καθηγητής ΕΜΠ

.....

Ευάγγελος Τασιούλης

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός & Τεχνολογίας Υπολογιστών

Copyright © Ευάγγελος Τασιούλης, 2019

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 στη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα.

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

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστώ θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή, κ. Σταύρο Παπαθανασίου, για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον αντικείμενο. Μέσα από την εξαιρετική συνεργασία μας καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της μεταπτυχιακής εργασίας, αποκόμισα γνώσεις, εμπειρία και τρόπους αντιμετώπισης των δυσκολιών που πάντα θα με ακολουθούν.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ και στην οικογένειά μου, για την αμέτρητη υποστήριξη που μου παρείχε έμπρακτα σε όλο το διάστημα των σπουδών μου.

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: «Τεχνικές απαιτήσεις για τη σύνδεση συσκευών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων σε ηλεκτρικές εγκαταστάσεις»

ΦΟΙΤΗΤΗΣ: Ευάγγελος Τασιούλης

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: Σταύρος Παπαθανασίου, Καθηγητής ΕΜΠ

ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ ΕΤΟΣ: 2018-19

Σύνοψη

Αντικείμενο της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας αποτελεί η καταγραφή και παρουσίαση των τεχνικών απαιτήσεων που πρέπει να πληρούνται για τη σύνδεση συσκευών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων σε νέες ή υφιστάμενες ηλεκτρικές εγκαταστάσεις στην Ελλάδα. Αρχικά καταγράφονται οι τεχνικές απαιτήσεις της ενσύρματης φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων (AC και DC), που αφορούν την καλωδίωση της συσκευής φόρτισης, την τροφοδοσία της από το δίκτυο, τον εξοπλισμό, το σύστημα γείωσης, τις διατάξεις προστασίας, τον έλεγχο και την επικοινωνία μεταξύ αυτής και του ηλεκτρικού οχήματος, σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα. Στη συνέχεια μελετάται η πρακτική χωρών του εξωτερικού στις οποίες αναπτύσσονται υποδομές επαναφόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων και καταγράφονται οι τεχνικές απαιτήσεις που εφαρμόζονται στις χώρες αυτές. Μέσα από τη μελέτη του συλλεγμένου υλικού κατανοούνται οι βασικές αρχές και απαιτήσεις που πρέπει να τηρούνται ανεξαρτήτως χώρας, άλλα και ο τρόπος με τον οποίο αυτές αφομοιώνονται και συνάδουν με τους τοπικούς κανονισμούς περί ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων. Κατόπιν, η εργασία προβαίνει στην εξαγωγή και παρουσίαση των τεχνικών απαιτήσεων που πρέπει να πληροί μια υποδομή φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων στην Ελλάδα, όπου γίνεται διάκριση σε τέσσερις κατηγορίες σύνδεσης, με βάση την μέθοδο φόρτισης και το είδος της ηλεκτρικής εγκατάστασης. Παρουσιάζονται οι τεχνικές απαιτήσεις που αφορούν, μεταξύ άλλων, τα χαρακτηριστικά των συσκευών φόρτισης, ενώ επίσης περιγράφονται το είδος, το πλήθος και η θέση των διατάξεων προστασίας (μικροαυτόματοι διακόπτες, ΔΔΡ κλπ) και προτείνονται διάφοροι τρόποι σύνδεσης της συσκευής φόρτισης στο δίκτυο. Επιπροσθέτως, δίνονται ορισμένα ενδεικτικά παραδείγματα σύνδεσης διαφόρων συσκευών φόρτισης σε διάφορα είδη ηλεκτρικών εγκαταστάσεων, μαζί με τα αντίστοιχα ηλεκτρικά μονογραμμικά διαγράμματα της εγκατάστασης. Τέλος, προτείνονται δράσεις για τον εμπλουτισμό, σε τεχνικό επίπεδο, του υφιστάμενου κανονιστικού πλαισίου για τις υποδομές φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων στην Ελλάδα και εξάγονται χρήσιμα συμπεράσματα.

Περίληψη

Το αντικείμενο της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας επικεντρώνεται στην καταγραφή και παρουσίαση των τεχνικών απαιτήσεων που πρέπει να πληρούνται για τη σύνδεση συσκευών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων σε ηλεκτρικές εγκαταστάσεις. Η εργασία ξεκινά από την καταγραφή των τεχνικών απαιτήσεων ενσύρματης φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων σε διεθνές επίπεδο, προχωρά στη μελέτη της πρακτικής άλλων χωρών και καταλήγει στην εξαγωγή πρότασης για εφαρμογή στην Ελλάδα, όπου ακόμα υπάρχουν ελλείψεις στο κανονιστικό πλαίσιο περί υποδομών φόρτισης.

Αναλυτικότερα, αρχικά καταγράφονται οι τεχνικές απαιτήσεις της ενσύρματης φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων, όπως καθορίζονται από το διεθνές πρότυπο IEC 61851. Αναλύονται οι κυριότερες απαιτήσεις που αφορούν την AC και DC φόρτιση αντίστοιχα, και ειδικότερα αυτές που αφορούν την καλωδίωση της συσκευής φόρτισης, την τροφοδοσία της από το δίκτυο, το σύστημα γείωσης, τις διατάξεις προστασίας, τον έλεγχο και την επικοινωνία μεταξύ αυτής και του ηλεκτρικού οχήματος. Επιπλέον, παρουσιάζονται τα απαιτούμενα τεχνικά χαρακτηριστικά του εξοπλισμού (πχ ρευματοδότες, βύσματα, ακροσύνδεσμοι κλπ) που διαθέτει μια συσκευή φόρτισης, όπως αυτά καθορίζονται από το διεθνές πρότυπο IEC 62196. Παράλληλα, καταγράφονται οι ειδικές τεχνικές απαιτήσεις που πρέπει να πληροί μια ηλεκτρική εγκατάσταση για να υποδέχεται μια συσκευή φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων, όπως αυτές αποτυπώνονται στο διεθνές πρότυπο IEC 60364-7-722.

Στη συνέχεια, μελετάται η πρακτική που ακολουθείται από χώρες στις οποίες αναπτύσσονται υποδομές ηλεκτροκίνησης, όσον αφορά το κομμάτι των τεχνικών απαιτήσεων που πρέπει να πληρούνται, τόσο σε επίπεδο ηλεκτρικής εγκατάστασης όσο και κατά τη σύνδεση συσκευών φόρτισης οχημάτων στο δίκτυο διανομής. Έγινε προσπάθεια για τη μελέτη όσο το δυνατόν μεγαλύτερου και αντιπροσωπευτικότερου δείγματος, με το τελικό δείγμα να αποτελείται από περίπου 15 χώρες, η πλειοψηφία των οποίων είναι ευρωπαϊκές. Το υλικό συλλέχθηκε από επίσημους κρατικούς φορείς που είναι άμεσα εμπλεκόμενοι με τη διαμόρφωση θεσμικού πλαισίου για την ηλεκτροκίνηση, όπως διαχειριστές/λειτουργοί δικτύων διανομής, υπουργεία σχετικά με την ενέργεια ή τις μεταφορές και κρατικά ιδρύματα/ινστιτούτα που διατυπώνουν επίσημες οδηγίες. Κατά τη μελέτη συλλέχθηκε επίσης υλικό από ιδιωτικές εταιρίες που δραστηριοποιούνται στο χώρο της ενέργειας και της κατασκευής ηλεκτρολογικού υλικού, καθώς και τεχνικά φυλλάδια από κατασκευαστές συσκευών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων.

Κατόπιν της μελέτης όλου του συλλεγμένου υλικού και της καταγραφής των σημαντικότερων τμημάτων αυτού, η εργασία προβαίνει στην παρουσίαση των τεχνικών απαιτήσεων που θα πρέπει να πληροί μια ηλεκτρική εγκατάσταση στην Ελλάδα, ώστε να υποδέχεται μια ή περισσότερες συσκευές φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων.

Στην Ελλάδα η ηλεκτροκίνηση βρίσκεται σε πολύ πρώιμο στάδιο, οι υφιστάμενες υποδομές φόρτισης είναι ελάχιστες και αποτελούν κυρίως πιλοτικές εφαρμογές, ενώ το υφιστάμενο ρυθμιστικό πλαίσιο είναι ελλιπές. Οι προτεινόμενες τεχνικές απαιτήσεις αποτελούν προϊόν συνδυασμού της μελέτης των καθορισμένων από τα διεθνή πρότυπα απαιτήσεων για τη φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων, από τη διεθνή πρακτική αλλά και από τους ελληνικούς κανονισμούς περί ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων, όπως καθορίζονται από το ελληνικό πρότυπο ΕΛΟΤ HD384.

Ειδικότερα, κατά την εξαγωγή των τεχνικών απαιτήσεων γίνεται η διάκριση των εξής περιπτώσεων, σύμφωνα και με την κατηγοριοποίηση των μεθόδων φόρτισης κατά το IEC 61851:

- Σύνδεση συσκευών φόρτισης Μεθόδου 2 (Mode 2),
- Σύνδεση συσκευών φόρτισης Μεθόδου 3 (Mode 3) σε οικιακή ηλεκτρική εγκατάσταση,
- Σύνδεση συσκευών φόρτισης Μεθόδου 3 (Mode 3) σε εμπορική ηλεκτρική εγκατάσταση ή στο δημόσιο δίκτυο διανομής,
- Σύνδεση συσκευών φόρτισης Μεθόδου 4 (Mode 4).

Για κάθε μια από τις παραπάνω περιπτώσεις καταγράφονται οι απαιτήσεις που αφορούν τα τεχνικά χαρακτηριστικά των συσκευών φόρτισης (ονομαστική ισχύς, εξοπλισμός κλπ.), περιγράφονται το είδος, το πλήθος και η θέση των διατάξεων προστασίας (όπως μικροαυτόματοι διακόπτες, διακόπτες διαφορικού ρεύματος κλπ.) και προτείνονται διάφοροι τρόποι σύνδεσης της συσκευής φόρτισης στο δίκτυο σύμφωνα και με το είδος της εγκατάστασης, λαμβάνοντας υπόψη και άλλους τεχνικούς περιορισμούς. Επιπλέον, παρουσιάζονται απαιτήσεις που πρέπει να πληρούνται εν γένει για παραπάνω από μία (ή και για όλες) από τις τέσσερις ανωτέρω περιπτώσεις, όπως εκείνες που αφορούν μετρητικές διατάξεις, συστήματα γείωσης, τον έλεγχο των συσκευών φόρτισης κλπ.

Επιπροσθέτως, παρουσιάζονται ορισμένα ενδεικτικά παραδείγματα σύνδεσης διαφόρων συσκευών φόρτισης σε διάφορα είδη ηλεκτρικών εγκαταστάσεων, ώστε να γίνει κατανοητή η μεθοδολογία που πρέπει να ακολουθείται σε αντίστοιχες περιπτώσεις. Σε κάθε παράδειγμα τίθενται τα χαρακτηριστικά μιας συσκευής φόρτισης και της ηλεκτρικής εγκατάστασης στην οποία πρόκειται να συνδεθεί, στη συνέχεια περιγράφεται το πώς επιλέγονται ο τρόπος σύνδεσης και οι διατάξεις προστασίας του κυκλώματος τροφοδότησης της συσκευής φόρτισης, ενώ στο τέλος απεικονίζεται ένα ενδεικτικό ηλεκτρικό μονογραμμικό διάγραμμα που περιλαμβάνει όλα τα παραπάνω.

Τέλος, προτείνονται δράσεις για τον εμπλουτισμό, σε τεχνικό επίπεδο, του ελλιπούς υφιστάμενου πλαισίου για τις υποδομές φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων στην Ελλάδα και εξάγονται χρήσιμα συμπεράσματα.

POST-GRADUATE THESIS: «**Technical requirements for the connection of electric vehicle charging stations to electrical installations**»

STUDENT: **Evangelos Tasioulis**

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

ACADEMIC YEAR: **2018-19**

Abstract

The objective of the present thesis is the recording and presentation of the technical requirements for the connection of electric vehicle charging devices to new or existing electrical installations in Greece. At first, the technical requirements for electric vehicle conductive charging systems (both AC and DC) are noted and especially those regarding the wiring, supply and equipment of charging devices as well as the earthing systems, the protection devices, the control and communication between charging devices and electric vehicles, according to international standards. Moreover, related experience from other countries with developing electric vehicle charging infrastructure is studied and recorded. Also, the basic principles and requirements that must nevertheless be met are pointed down and the way those comply with local regulations regarding electrical installations is comprehended. After that, this thesis extracts and presents the technical requirements that must be met for a charging infrastructure in Greece. Four different connection cases are distinguished, depending on the charging mode and the type of the electrical installation. Requirements regarding characteristics of charging equipment and protection devices are presented inter alia and acceptable connection methods are proposed. Furthermore, indicative examples of connecting charging stations to an electrical installation are given, along with the corresponding single-line electrical diagrams. At last, suggestions for the enrichment of the existing regulatory framework regarding charging infrastructure in Greece are proposed and conclusions are drawn.

Summary

The objective of the current thesis focuses on the recording and the presentation of technical requirements for the connection of electric vehicle charging devices to electrical installations. The thesis starts with the recording of technical requirements for electric vehicle conductive charging systems in international level, continues with the study of other countries' experience and ends up with suggestions for implementation in Greece, where the corresponding regulatory framework is severely lacking.

At first, technical requirements for electric vehicle conductive charging systems, as specified in IEC 61851, are pointed down. The major requirements regarding AC and DC charging are analyzed. In more detail, requirements regarding the wiring, the supply and the equipment of charging devices are recorded, as well as those regarding earthing systems, protection devices, control and communication between charging devices and electric vehicles. Moreover, specifications of charging equipment, such as socket-outlets, plugs, vehicle inlets and connectors, are presented, as specified in IEC 62196. Furthermore, special technical requirements for the connection of charging devices to electrical installations are pointed down, as specified in IEC 60364-7-722.

Subsequently, experience from countries with developed electric vehicle charging infrastructure is studied and recorded, as far as technical requirements for the connection of charging stations to electrical installations or to the electricity distribution network are concerned. Fifteen countries were sampled, most of which are European. The material was obtained from official state agencies that are involved in the configuration of regulatory framework for electromobility, such as electricity distribution network operators, ministries of energy or transport and state institutions, as well as companies manufacturing electrical equipment and charging devices.

After the study of the collected material and the recording of its major parts, the thesis continues with the presentation of the technical requirements that must be met by an electrical installation in Greece, in order to supply one or more electric vehicle charging stations.

Electromobility is still in an early stage in Greece. Existing charging infrastructures are few and are basically pilot applications. The existing regulatory framework is also incomplete. The suggested technical requirements are inspired by international experience and also comply both with international standards regarding electric vehicle conductive charging systems and regulations for electrical installations in Greece, as specified in ELOT HD384 standard.

More specifically, the following four different connection cases are distinguished, depending on the charging modes specified in IEC 61851 and the types of electrical installations:

- Connection of Mode 2 charging devices,
- Connection of Mode 3 charging devices to dwelling electrical installations,
- Connection of Mode 3 charging devices to commercial electrical installations or directly to the electricity distribution network,
- Connection of Mode 4 charging devices.

For each one of these four cases, requirements regarding specifications of charging devices, such as nominal power and equipment, are pointed down, the type, amount and position of protection devices (MCBs, RCDs) are described and acceptable connection methods are proposed, taking into account the type of installation and other technical limitations. Moreover, requirements that must be met in more than one of the above cases are presented, such as those regarding electricity measuring and billing, earthing systems, control of charging devices etc.

Additionally, a number of indicative examples that describe the connection of different charging devices to various electrical installations are presented, in order for the methodology for the connection of charging devices to be comprehended. In each example, the specifications of both the charging device and the electrical installation are stated, the methodology for choosing the best acceptable connection method is described and a single-line electrical diagram of the electrical installation is illustrated.

At last, suggestions for the enrichment of the existing regulatory framework regarding charging infrastructure in Greece are proposed and conclusions are drawn.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΓΛΩΣΣΑΡΙ	15
ΑΡΤΙΚΟΛΕΞΑ	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ^ο	19
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	19
1.1. Εισαγωγή στην ηλεκτροκίνηση	19
1.2. Ηλεκτρικά οχήματα	21
1.2.1. Αμιγώς ηλεκτρικά οχήματα	22
1.2.2. Plug-in υβριδικά οχήματα	23
1.3. Ηλεκτροκίνηση στην Ελλάδα.....	26
1.3.1. Σκοπός μεταπτυχιακής εργασίας	27
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο	29
ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΑΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ	29
2.1. Μέθοδοι φόρτισης	29
2.1.1. Μέθοδος 1.....	29
2.1.2. Μέθοδος 2.....	30
2.1.3. Μέθοδος 3.....	31
2.1.4. Μέθοδος 4.....	32
2.1.5. Ανασκόπηση και σύγκριση μεθόδων φόρτισης.....	32
2.2. Καλωδίωση συσκευής φόρτισης	33
2.2.1. Καλωδίωση εισόδου – εξόδου	34
2.2.2. Αγωγός προστασίας	36
2.2.3. Αγωγός ελέγχου	37
2.2.4. Αγωγός εγγύτητας.....	38
2.3. Εξοπλισμός και εξαρτήματα	39
2.3.1. Γενικές απαιτήσεις εξοπλισμού	40
2.3.2. Υποδοχές και ακροσύνδεσμοι	41
2.3.3. Καλώδιο φόρτισης	44
2.3.4. Διάταξη ενδοασφάλισης.....	45
2.3.5. Βαθμός Προστασίας IP	46
2.4. Επικοινωνία συσκευής - οχήματος.....	47
2.4.1. Τεχνική PWM.....	48

2.4.2. Πρωτόκολλο LIN.....	50
2.5. Διατάξεις προστασίας	52
2.5.1. Προστασία έναντι υπερέντασης.....	52
2.5.2. Προστασία έναντι σφαλμάτων διαρροής προς τη γη.....	53
2.5.3. Ανίχνευση συνιστώσας συνεχούς ρεύματος διαρροής μεγαλύτερου των 6 mA	54
2.5.4. Προστασία έναντι υπέρτασης.....	57
2.5.5. Προστασία έναντι πυρκαγιάς.....	57
2.5.6. Απομακρυσμένος έλεγχος συσκευών προστασίας	57
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ^ο	59
ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ DC ΦΟΡΤΙΣΗΣ	59
3.1. Συστήματα DC φόρτισης	59
3.1.1. Μέθοδος 4.....	59
3.1.2. Σύστημα CHAdeMO.....	60
3.1.3. Σύστημα CCS	63
3.1.4. Απαιτήσεις εξοπλισμού.....	66
3.1.5. Έλεγχος ισχύος εξόδου.....	68
3.2. Καλωδίωση συσκευής φόρτισης	69
3.2.1. Καλωδίωση εισόδου – εξόδου.....	69
3.2.2. Γείωση και αγωγός προστασίας.....	70
3.2.3. Κυκλώματα ελέγχου - επικοινωνίας και εγγύτητας.....	72
3.3. Διατάξεις προστασίας	73
3.3.1. Προστασία έναντι υπερέντασης.....	73
3.3.2. Προστασία έναντι υπέρτασης.....	74
3.3.3. Προστασία έναντι σφαλμάτων διαρροής προς τη γη.....	74
3.4. Ψηφιακή επικοινωνία.....	78
3.4.1. Μοντέλο OSI	78
3.4.2. Υλοποίηση στο σύστημα CHAdeMO.....	81
3.4.3. Υλοποίηση στο σύστημα CCS.....	83
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ^ο	87
ΣΥΝΔΕΣΗ ΣΥΣΚΕΥΩΝ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ	87
4.1. Απαιτήσεις ηλεκτρικής εγκατάστασης	87
4.1.1. Δημιουργία νέου αποκλειστικού κυκλώματος	87
4.1.2. Τροποποίηση εγκατάστασης και επαύξηση παροχής	88

4.1.3. Μετρητική διάταξη	89
4.1.4. Σύστημα γείωσης εγκατάστασης	90
4.1.5. Επιλογή ΔΔΡ και επιλεκτικότητα	94
4.2. Επικοινωνία συσκευής φόρτισης με κεντρικό σύστημα διαχείρισης	97
4.2.1. Ταυτοποίηση στοιχείων πελάτη.....	98
4.2.2. Ανταλλαγή στοιχείων συναλλαγής φόρτισης.....	99
4.2.3. Ενημέρωση firmware συσκευής φόρτισης.....	99
4.2.4. Αρίθμηση σημείων φόρτισης.....	100
4.2.5. Προφίλ και λειτουργίες έξυπνης φόρτισης.....	100
4.2.6. Λειτουργίες που ξεκινούν από την συσκευή φόρτισης.....	102
4.2.7. Λειτουργίες που ξεκινούν από το ΚΣΔ.....	103
4.3. Λοιπές τεχνικές απαιτήσεις – διεθνής πρακτική	104
4.3.1. Έλεγχος συσκευών φόρτισης από το δίκτυο διανομής.....	104
4.3.2. Επιτρεπόμενες μέθοδοι AC φόρτισης.....	106
4.3.3. Πλήθος φάσεων και ασυμμετρία	107
4.3.4. Μετατροπή συστήματος γείωσης.....	107
4.3.5. Εξασθένιση τηλεπικοινωνιακού σήματος	110
4.3.6. Χρήση πρωτοκόλλων OSCP και OCPI.....	112
4.3.7. Εγκατάσταση κοντά σε επικίνδυνα μέρη	112
4.3.8. Έγχυση ενέργειας από το όχημα στο δίκτυο (V2G)	114
4.3.9. Ενδεικτικά μονογραμμικά διαγράμματα	115
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5°	125
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	125
5.1. Εισαγωγή.....	125
5.1.1. Διάκριση περιπτώσεων ανά μέθοδο φόρτισης.....	125
5.2. Σύνδεση συσκευών φόρτισης Μεθόδου 2.....	126
5.2.1. Στοιχεία συσκευής φόρτισης	127
5.2.2. Ρευματοδότης – ηλεκτρική εγκατάσταση	127
5.2.3. Σύνδεση στο δίκτυο.....	128
5.3. Σύνδεση συσκευών φόρτισης Μεθόδου 3 σε οικιακές ηλεκτρικές εγκαταστάσεις	131
5.3.1. Στοιχεία συσκευής φόρτισης	132
5.3.2. Διατάξεις προστασίας.....	133
5.3.3. Σύνδεση στο δίκτυο.....	135

5.4. Σύνδεση συσκευών φόρτισης Μεθόδου 3 σε εμπορικές ηλεκτρικές εγκαταστάσεις ή στο δημόσιο δίκτυο διανομής.....	137
5.4.1. Στοιχεία συσκευής φόρτισης	138
5.4.2. Διατάξεις προστασίας.....	138
5.4.3. Σύνδεση στο δίκτυο.....	139
5.5. Σύνδεση συσκευών φόρτισης Μεθόδου 4.....	142
5.5.1. Στοιχεία συσκευής φόρτισης	142
5.5.2. Διατάξεις προστασίας.....	144
5.5.3. Σύνδεση στο δίκτυο.....	146
5.6. Άλλες απαιτήσεις υποδομών φόρτισης	148
5.6.1. Μέτρηση καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας.....	148
5.6.2. Γείωση συσκευής φόρτισης.....	149
5.6.3. Επικοινωνία συσκευής φόρτισης	150
5.6.4. Αναγνώριση και χρέωση χρήστη	152
5.6.5. Εγκατάσταση σε δημοσίως προσβάσιμη θέση	152
5.7. Παραδείγματα σύνδεσης συσκευών φόρτισης σε νέες ή υφιστάμενες ηλεκτρικές εγκαταστάσεις	153
5.7.1. Παράδειγμα 1.....	153
5.7.2. Παράδειγμα 2.....	154
5.7.3. Παράδειγμα 3.....	155
5.7.4. Παράδειγμα 4.....	156
5.7.5. Παράδειγμα 5.....	157
5.7.6. Παράδειγμα 6.....	160
5.7.7. Παράδειγμα 7.....	161
5.8. Ρυθμιστικό πλαίσιο στην Ελλάδα.....	162
5.8.1. Υφιστάμενο ρυθμιστικό πλαίσιο	162
5.8.2. Πρόταση για εμπλουτισμό ρυθμιστικού πλαισίου.....	165
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6°	169
ΕΠΙΛΟΓΟΣ.....	169
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	171

ΓΛΩΣΣΑΡΙ

αγωγός εγγύτητας	proximity pilot (PP)
αγωγός ελέγχου	control pilot
αγωγός προστασίας	protective earth (PE)
ακροσύνδεσμος	vehicle connector
αναγνώριση εγγύτητας	proximity detection
ανάγνωση ικανότητας φόρτισης	current coding
βύσμα	plug
διαφορικό ρεύμα	residual current
δοκιμή μόνωσης	insulation test
ενδοασφάλιση	interlock
επαφή	contact / contactor
επέκταση καλωδίου	cord extension
ηλεκτρικό όχημα	electric vehicle
καλώδιο φόρτισης	charging cable / cable assembly
κανονική εκκίνηση	normal startup
κανονικός τερματισμός	normal shutdown
Κατάσταση X	State X
κύκλος λειτουργίας	duty cycle
κύκλωμα ελέγχου και επικοινωνίας	control pilot circuit
μέθοδος φόρτισης	charging mode
μηχανισμός μηχανικής μανδάλωσης	latching device
ουδέτερος αγωγός	neutral (N)
Περίπτωση X	Case X
πρόγραμμα φόρτισης	charging schedule
προφίλ φόρτισης	charging profile
προφόρτιση	pre-charging
ρευματοδότης	socket-outlet
σημείο φόρτισης	charging point
σταθμός φόρτισης	charging station
συναλλαγή φόρτισης	transaction
συσκευή φόρτισης	electric vehicle supply equipment (EVSE)
συσσωρευτής	battery
τερματισμός έκτακτης ανάγκης	emergency shutdown
υποδοχή οχήματος	vehicle inlet
φορτιστής	charger

ΑΡΤΙΚΟΛΕΞΑ

AC	Alternating Current
CAN	Controller Area Network
CCS	Combined Charging System
CP	Control Pilot
CPU	Central Processing Unit
DC	Direct Current
EV	Electric Vehicle
EVSE	Electric Vehicle Supply Equipment
GPRS	Global Packet Radio Service
G-PWM	Generator - PWM
GSM	Global System for Mobile communications
IC-CPD	In-Cable Control and Protective Device
ID	Identification Number
IEC	International Electrotechnical Commission
IMD	Insulation Monitoring Device
ISO	International Organization for Standarization
IT	Isolated Terra (σύστημα γείωσης)
LIN	Local Interconnect Network
LX	Live X (αγωγός φάσης)
MCB	Miniature Current Breaker
N	Neutral
OCPI	Open Charge Point Interface
OCPP	Open Charge Point Protocol
OSCP	Open Smart Charging Protocol
OSI	Open System Interconnection
PE	Protective Earth
PELV	Protected Extra Low Voltage
PEN	Protective Earth Neutral
PLC	Power Line Communication
PP	Proximity Pilot
PWM	Pulse Width Modulation
RCD	Residual Current Device
RDC-DD	Residual Direct Current Detection Device
RFID	Radio Frequency Identification
SAE	Society of Automotive Engineers
SELV	Safety Extra Low Voltage
SLAC	Signal Level Attenuation Characterization
SPD	Surge Protection Device
TN	Terra Neutral (σύστημα γείωσης)
TRE	Tonfrequenzrundsteuerempfänger

ΤΤ	Terra Terra (σύστημα γείωσης)
V2G	Vehicle To Grid
ΔΔΡ	Διακόπτης Διαφορικού Ρεύματος
ΔΕΔΔΗΕ	Διαχειριστής Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας
Η/Ν	Ηλεκτρονόμος
ΚΣΔ	Κεντρικό Σύστημα Διαχείρισης
ΚΥΑ	Κοινή Υπουργική Απόφαση
ΦΕΚ	Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως
ΧΤ	Χαμηλή Τάση

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Εισαγωγή στην ηλεκτροκίνηση

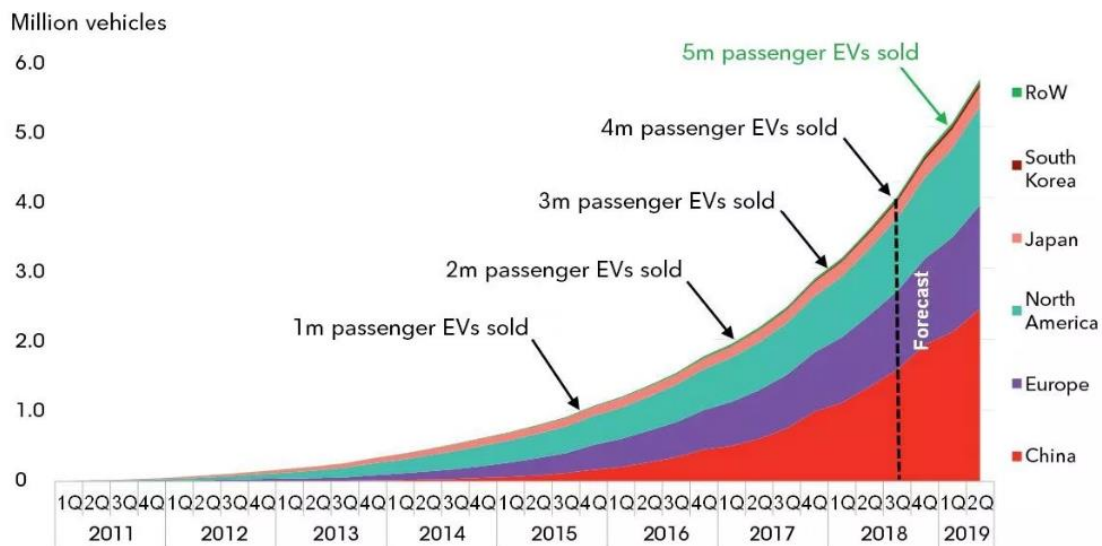
Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται διεθνώς η τάση για απεξαρτητοποίηση από τα συμβατικά ορυκτά καύσιμα στον τομέα των μεταφορών και η στροφή προς εναλλακτικά καύσιμα, όπως η ηλεκτρική ενέργεια και το υδρογόνο. Ταυτόχρονα, η ηλεκτροκίνηση ωριμάζει συνεχώς ως τεχνολογία, με τις εταιρίες κατασκευής αυτοκινήτων να διαθέτουν περισσότερα και πιο εξελιγμένα υβριδικά και αμιγώς ηλεκτρικά μοντέλα στην αγορά και το σύνολο των αναπτυγμένων χωρών να αναπτύσσουν εκτεταμένες υποδομές φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων για την εξυπηρέτηση του ταχέως αναπτυσσόμενου στόλου.

Η απαρχή της ηλεκτροκίνησης τοποθετείται στα μέσα του 19^{ου} αιώνα, όταν κατασκευάστηκε ο πρώτος – άτεχνος μεν – αλλά λειτουργικός ηλεκτρικός κινητήρας για την πρόωση ενός μικρού αυτοκινήτου. Τα πρώτα ηλεκτρικά αυτοκίνητα μαζικής παραγωγής εμφανίστηκαν στην Αμερική στις αρχές του 20^{ου} αιώνα. Λόγω των προβλημάτων που παρουσίαζαν οι συσσωρευτές αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας εκείνη την εποχή, τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα δεν έγιναν ποτέ δημοφιλή και επισκιάστηκαν από τα συμβατικά, σε αντίθεση με τα ηλεκτρικά τρένα που γνώρισαν μεγάλη άνθιση λόγω του χαμηλότερου κόστους και των μεγαλύτερων ταχυτήτων που επιτύγχαναν. Υπήρχαν αρκετοί παράγοντες που δυσχέραιναν την ανάπτυξη των ηλεκτρικών αυτοκινήτων, με την κακή κατάσταση του οδικού δικτύου και τον σκληρό ανταγωνισμό των μηχανών εσωτερικής καύσης να είναι δύο από τους κυριότερους.

Παρ' όλα αυτά τις τελευταίες δεκαετίες, το περιβαλλοντικό αντίκτυπο των υποδομών μεταφοράς που βασίζονται σε προϊόντα πετρελαίου, σε συνδυασμό με τον κίνδυνο εξάντλησης των κοιτασμάτων φυσικού πετρελαίου, οδήγησαν στην ανανέωση του παγκόσμιου ενδιαφέροντος προς μια υποδομή μεταφορών βασισμένων στην ηλεκτροκίνηση. Αυτό συνέβη διότι η πρωτογενής ενέργεια που αξιοποιούν τα ηλεκτρικά οχήματα μπορεί να προέρχεται από μια ευρεία γκάμα πηγών, συμπεριλαμβανομένων των ορυκτών καυσίμων, της πυρηνικής ενέργειας, των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) καθώς και συνδυασμούς αυτών. Το περιβαλλοντικό αποτύπωμα και οι εκπομπές αέριων ρύπων των ηλεκτρικών οχημάτων εξαρτώνται από το καύσιμο και την τεχνολογία που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας που τα τροφοδοτεί. Η ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να αποθηκεύεται εντός του οχήματος σε χημικούς συσσωρευτές (batteries), σφονδύλους (flywheels) ή υπεραγωγούς (superconductors). Σε αντίθεση με τα ηλεκτρικά οχήματα, τα συμβατικά οχήματα με κινητήρες εσωτερικής καύσης λαμβάνουν την πρωτογενή ενέργεια αποκλειστικά από μη ανανεώσιμα καύσιμα [1].

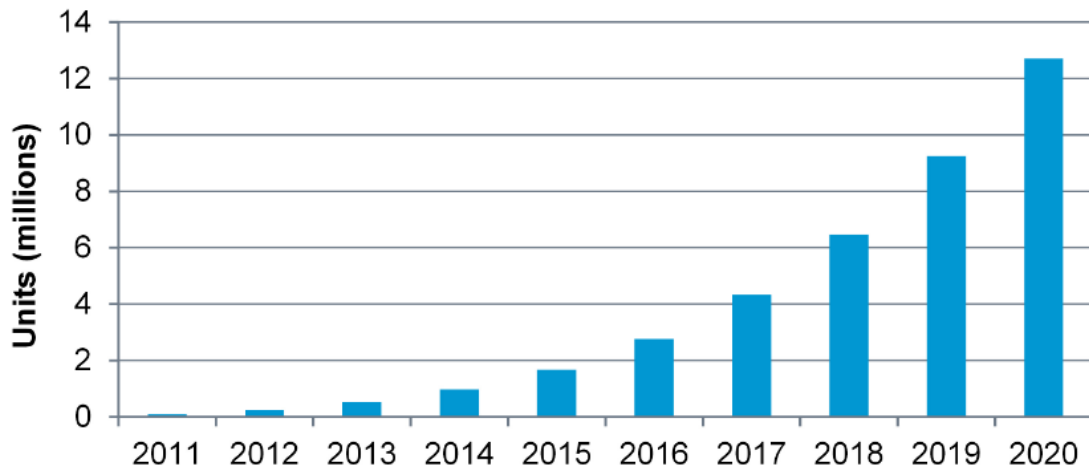
Ήδη την τελευταία δεκαετία παρατηρείται ραγδαία αύξηση των πωλήσεων ηλεκτρικών οχημάτων παγκοσμίως. Όπως φαίνεται και από το Σχήμα 1.1, ενώ χρειάστηκαν 60 μήνες για την πώληση ενός εκατομμυρίου ηλεκτρικών οχημάτων συνολικά, γεγονός που συνέβη στα τέλη του

2015, έχει καταγραφεί η πώληση συνολικά τεσσάρων εκατομμυρίων ηλεκτρικών οχημάτων στα μέσα του 2018, ενώ προβλέπεται οι πωλήσεις να αυξηθούν κατά ένα εκατομμύριο περισσότερα εντός έξι μηνών. Η χώρα με τα περισσότερα ηλεκτρικά οχήματα είναι η Κίνα και ακολουθούν η Ευρώπη, η Βόρεια Αμερική, η Ιαπωνία και η Νότια Κορέα. Οι αυτοκινητοβιομηχανίες έχουν στρέψει την έρευνά τους στην κατασκευή ηλεκτρικών αυτοκινήτων και, σε συνδυασμό με την πτώση της τιμής των μπαταριών, έχουν αρχίσει να διαμορφώνουν ένα νέο τοπίο στον τομέα των επιβατικών μεταφορών.



Σχήμα 1.1: Αθροιστικές πωλήσεις ηλεκτρικών επιβατικών οχημάτων ανά τον κόσμο [2]

Αντίστοιχη αυξητική τάση καταγράφει και ο αριθμός των υποδομών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων ανά τον κόσμο, δηλαδή των υποδομών που χρησιμοποιούνται για την μεταφορά και αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας από το ηλεκτρικό δίκτυο στους συσσωρευτές των οχημάτων, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 1.2. Για το 2019 προβλέπεται ότι θα βρίσκονται εγκατεστημένα περίπου εννέα εκατομμύρια σημεία φόρτισης παγκοσμίως, ενώ το 2015 υπήρχαν λιγότερα από δύο εκατομμύρια. Τα κράτη επενδύουν στην ηλεκτροκίνηση, εγκαθιστώντας δημόσιους σταθμούς φόρτισης και ταυτόχρονα δίνοντας κίνητρα στους πολίτες για την αγορά ηλεκτρικών οχημάτων, επιδιώκοντας έτσι τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στους αστικούς ιστούς και την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών.



Σχήμα 1.2: Αριθμός εγκατεστημένων σημείων φόρτισης παγκοσμίως [3]

Η ευρεία χρήση ηλεκτρικών επιβατικών οχημάτων συνδέεται άρρηκτα με την ύπαρξη ενός ανεπτυγμένου συστήματος υποδομών φόρτισης, όπου τα ηλεκτρικά οχήματα θα μπορούν να επαναφορτίζονται με ηλεκτρική ενέργεια τους συσσωρευτές τους όταν αυτοί αδειάζουν. Οι υποδομές φόρτισης είναι πολύ σημαντικές, ακόμη περισσότερο και σε σχέση με τις υποδομές αντλιών υγρού καυσίμου, καθώς τα ηλεκτρικά οχήματα έχουν μικρότερη αυτονομία σε σχέση με τα συμβατικά. Η ανάπτυξη των υποδομών αυτών πρέπει να γίνεται τόσο σε ιδιωτικό επίπεδο, με την εγκατάσταση σημείων φόρτισης σε οικίες και ιδιωτικούς χώρους στάθμευσης, όσο και σε δημόσιο επίπεδο, με την εγκατάσταση συσκευών ταχείας φόρτισης σε υπαίθριους χώρους και κατά μήκος των αυτοκινητόδρομων. Είναι σημαντικό να δίνεται η δυνατότητα στους χρήστες των ηλεκτρικών οχημάτων να τα φορτίζουν με ευκολία, άνεση χρόνου και με όσο το δυνατόν λιγότερους τεχνικούς περιορισμούς.

1.2. Ηλεκτρικά οχήματα

Ηλεκτρικό όχημα (electric vehicle) είναι το όχημα που χρησιμοποιεί ένα ή περισσότερους ηλεκτρικούς κινητήρες για την πρόωση. Μπορεί να τροφοδοτείται είτε από ένα εξωτερικό σύστημα παροχής ηλεκτρικής ενέργειας, είτε από ένα σύστημα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας εντός του οχήματος, είτε από μια ηλεκτρική γεννήτρια που μετατρέπει τη χημική ενέργεια ενός οποιοδήποτε καυσίμου σε ηλεκτρική ενέργεια. Ηλεκτρικά οχήματα είναι μεταξύ άλλων οχήματα που κινούνται σε δρόμο ή σιδηρόδρομο, υποβρύχια, ηλεκτρικά αεροπλάνα και διαστημόπλοια [1].

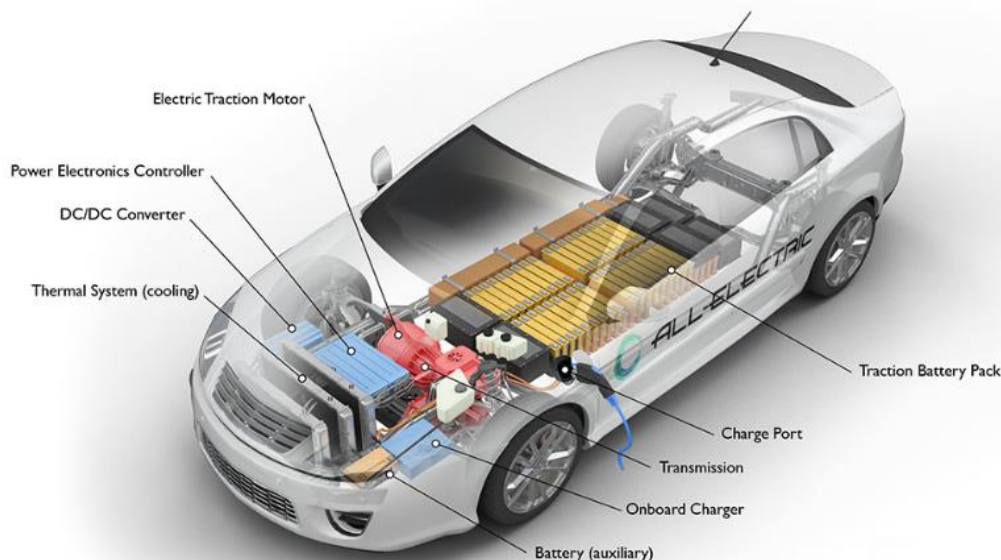
Όσον αφορά τα ηλεκτρικά οχήματα εδάφους που κινούνται σε δρόμο, διακρίνονται σε δύο κατηγορίες: τα αμιγώς ηλεκτρικά οχήματα και τα plug-in υβριδικά οχήματα.

1.2.1. Αμιγώς ηλεκτρικά οχήματα

Τα αμιγώς ηλεκτρικά οχήματα (plug-in electric vehicles) διαθέτουν συστοιχία συσσωρευτών που αποθηκεύει την ηλεκτρική ενέργεια που τροφοδοτεί τον κινητήρα. Οι συσσωρευτές φορτίζονται όταν το όχημα συνδέεται σε μια πηγή ηλεκτρικής ενέργειας, όπως σε ρευματοδότη ή συσκευή φόρτισης. Τα αμιγώς ηλεκτρικά οχήματα δεν έχουν εκπομπές προϊόντων καύσης και για το λόγο αυτό δεν διαθέτουν εξάτμιση.

Τα σημερινά αμιγώς ηλεκτρικά οχήματα έχουν εν γένει μικρότερη αυτονομία σε σχέση με τα συμβατικά οχήματα. Η απόδοση και η αυτονομία αυτών των οχημάτων εξαρτάται από τις συνθήκες οδήγησης, όπως ακραίες συνθήκες περιβάλλοντος, ταχύτητα οδήγησης, επιτάχυνση, βάρος κλπ.

Οι σημαντικότερες συνιστώσες ενός αμιγώς ηλεκτρικού οχήματος διακρίνονται στο Σχήμα 1.3.



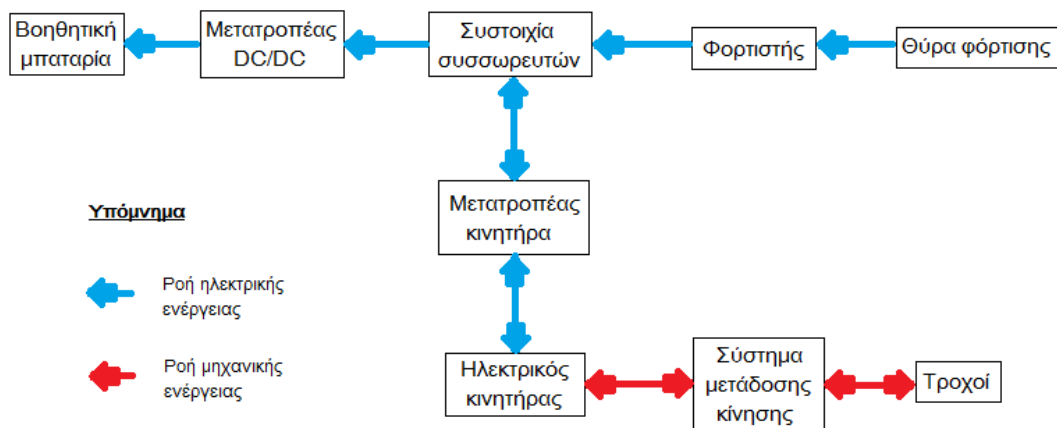
Σχήμα 1.3: Συνιστώσες αμιγώς ηλεκτρικού οχήματος [4]

Αναλυτικότερα:

- Συστοιχία συσσωρευτών ή εν συντομία συσσωρευτής (Traction battery pack): Το σύστημα που αποθηκεύει ηλεκτρική ενέργεια για την τροφοδοσία του ηλεκτρικού κινητήρα.
- Ηλεκτρικός κινητήρας (Electric Traction Motor): Ο κινητήρας που δίνει πρόωση στους τροχούς. Τροφοδοτείται από τον συσσωρευτή. Μπορεί να διαθέτει δυνατότητα αναγεννητικής πέδησης, δηλαδή παραγωγής ενέργειας για την φόρτιση του συσσωρευτή κατά το φρενάρισμα των τροχών.
- Μετατροπέας κινητήρα (Power Electronics Controller): Η μονάδα που ελέγχει τη ροή ηλεκτρικής ενέργειας από και προς τον συσσωρευτή, την ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα και την ροπή που αυτός παράγει.

- Μετατροπέας DC/DC (DC/DC Converter): Η συσκευή που μετατρέπει την DC ισχύ του συσσωρευτή σε DC ισχύ χαμηλότερης τάσης που χρειάζονται επιμέρους βοηθητικά στοιχεία και η βοηθητική μπαταρία.
- Σύστημα ψύξης (Thermal system – cooling): Το σύστημα που διατηρεί τη θερμοκρασία του κινητήρα, του φορτιστή και άλλων στοιχείων εντός ενός λειτουργικού εύρους.
- Θύρα φόρτισης (Charge Port): Η θύρα που επιτρέπει τη σύνδεση του οχήματος με μια εξωτερική πηγή ηλεκτρικής ενέργειας για την φόρτιση του συσσωρευτή.
- Σύστημα μετάδοσης κίνησης (Transmission): Το σύστημα που μεταφέρει την μηχανική ισχύ εξόδου του ηλεκτρικού κινητήρα στους τροχούς.
- Φορτιστής επί του οχήματος (On-board charger): Ο μετατροπέας που δέχεται την εισερχόμενη AC ισχύ από την θύρα φόρτισης και τη μετατρέπει σε DC ισχύ για την φόρτιση του συσσωρευτή. Καταγράφει τα χαρακτηριστικά του συσσωρευτή όπως την τάση, την ένταση ρεύματος, τη θερμοκρασία και τη στάθμη φόρτισης, όσο αυτός φορτίζεται.
- Βοηθητική μπαταρία (Auxiliary battery): Παρέχει ηλεκτρική ενέργεια σε συσκευές και εξαρτήματα εντός του οχήματος.

Η σύνδεση των επιμέρους συνιστωσών του αμιγώς ηλεκτρικού οχήματος διακρίνονται στο block διάγραμμα του Σχήματος 1.4.



Σχήμα 1.4: Μπλοκ διάγραμμα συνιστωσών αμιγώς ηλεκτρικού οχήματος

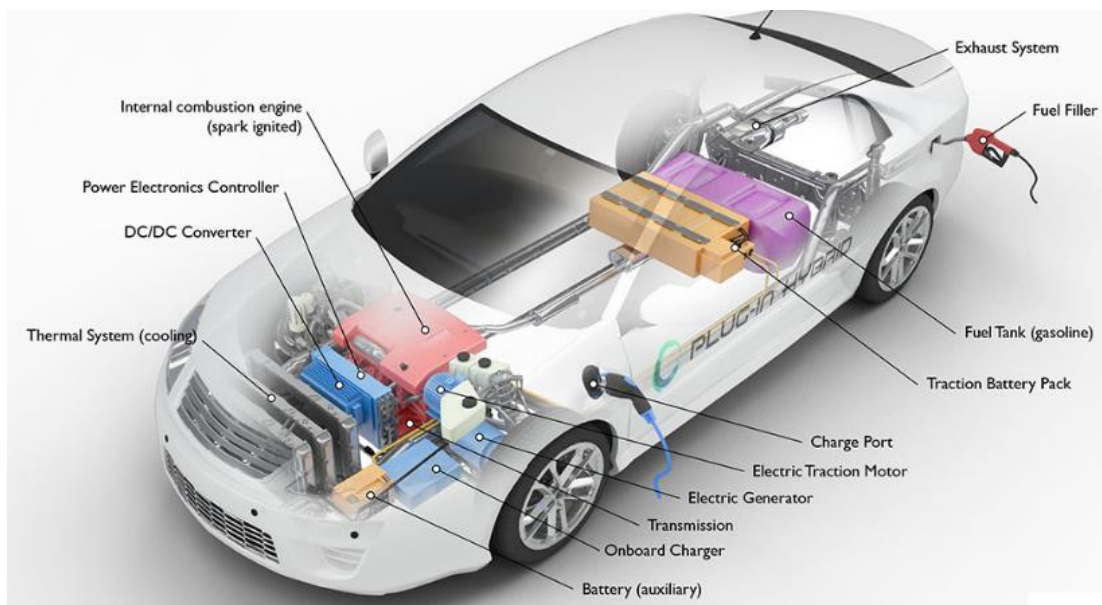
1.2.2. Plug-in υβριδικά οχήματα

Τα plug-in υβριδικά οχήματα (plug-in hybrid vehicles) αποτελούν υποκατηγορία των υβριδικών οχημάτων, δηλαδή οχημάτων με δύο κινητήρες, έναν ηλεκτρικό και έναν εσωτερικής καύσης. Χρησιμοποιούν μια συστοιχία συσσωρευτών για την τροφοδοσία του ηλεκτρικού κινητήρα και άλλο καύσιμο, όπως βενζίνη ή πετρέλαιο Diesel, για την τροφοδοσία της μηχανής εσωτερικής καύσης (ΜΕΚ). Σε αντίθεση με τα υπόλοιπα υβριδικά, τα plug-in υβριδικά οχήματα έχουν τη

δυνατότητα σύνδεσης με το ηλεκτρικό δίκτυο, μέσω μιας συσκευής φόρτισης, για την απευθείας φόρτιση των συσσωρευτών του, χωρίς τη χρησιμοποίηση καυσίμου.

Κατά την οδήγηση σε αστική ζώνη, η πλειοψηφία της ισχύος που καταναλώνει το όχημα προέρχεται από τον συσσωρευτή, ενώ η ΜΕΚ τροφοδοτεί το όχημα συνήθως όταν η στάθμη φόρτισης του συσσωρευτή τείνει να μηδενιστεί, σε περίπτωση μεγάλης επιτάχυνσης ή όταν απαιτείται έντονος κλιματισμός εντός της καμπίνας. Ο συσσωρευτής των plug-in υβριδικών οχημάτων είναι συνήθως μικρότερος από τον αντίστοιχο των αμιγώς ηλεκτρικών οχημάτων, έχοντας συνεπώς μικρότερη «ηλεκτρική» αυτονομία, και φορτίζεται όταν συνδέεται σε πηγή ηλεκτρικής ενέργειας με τρόπο παρόμοιο με αυτό των αμιγώς ηλεκτρικών οχημάτων.

Οι σημαντικότερες συνιστώσες ενός plug-in υβριδικού οχήματος διακρίνονται στο Σχήμα 1.5.



Σχήμα 1.5: Συνιστώσες plug-in υβριδικού οχήματος [4]

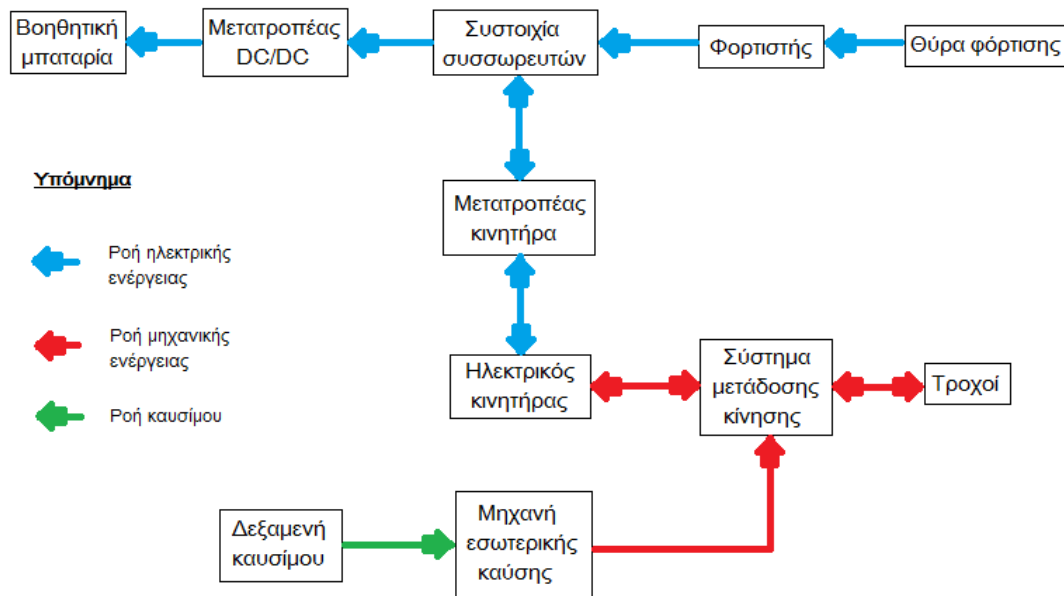
Αναλυτικότερα:

- Συστοιχία συσσωρευτών ή εν συντομία συσσωρευτής (Traction battery pack): Το σύστημα που αποθηκεύει ηλεκτρική ενέργεια για την τροφοδοσία του ηλεκτρικού κινητήρα.
- Ηλεκτρικός κινητήρας (Electric Traction Motor): Ο κινητήρας που δίνει πρόωση στους τροχούς. Τροφοδοτείται από τον συσσωρευτή. Μπορεί να διαθέτει δυνατότητα αναγεννητικής πέδησης, δηλαδή παραγωγής ενέργειας για την φόρτιση του συσσωρευτή κατά το φρενάρισμα των τροχών.
- Μηχανή εσωτερικής καύσης με μπουζί (Internal Combustion Engine – spark ignited): Μηχανή που παράγει μηχανική ισχύ χρησιμοποιώντας καύσιμο (βενζίνη), το οποίο

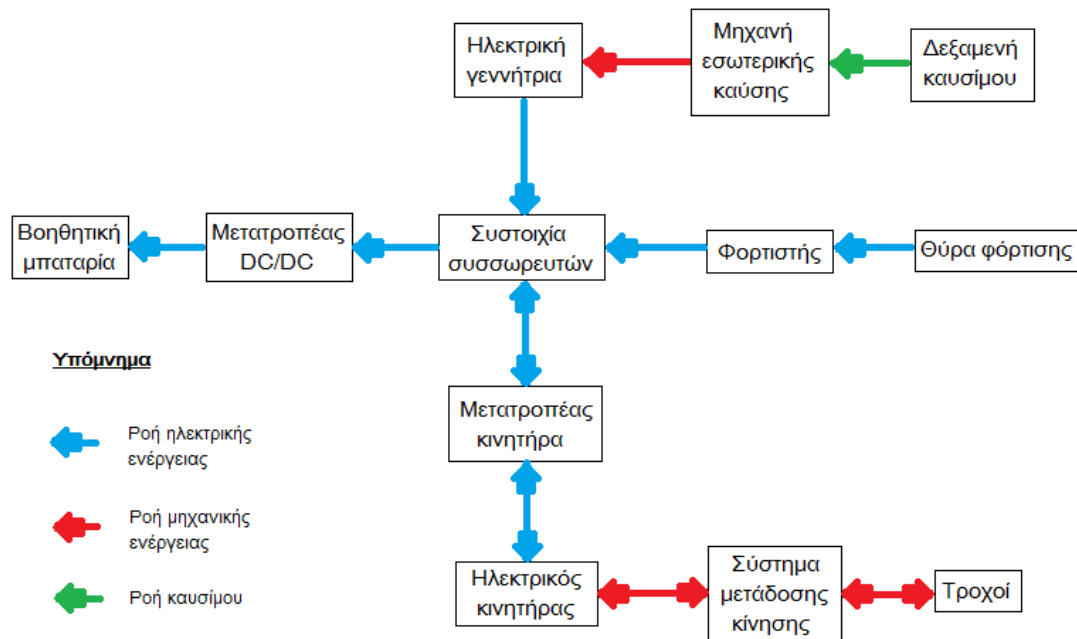
εισέρχεται εντός του θαλάμου καύσης, αναμειγνύεται με αέρα και στη συνέχεια αναφλέγεται με τη βοήθεια του σπινθήρα από το μπουζί.

- Ηλεκτρική γεννήτρια (Electric Generator): Μηχανή που παράγει ηλεκτρική ενέργεια από την αναγεννητική πέδηση. Η ενέργεια αποθηκεύεται στον συσσωρευτή. Η λειτουργία αυτή μπορεί να γίνεται και από τον ηλεκτρικό κινητήρα.
- Μετατροπέας κινητήρα (Power Electronics Controller): Η μονάδα που ελέγχει τη ροή ηλεκτρικής ενέργειας απ και προς τον συσσωρευτή, την ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα και την ροπή που αυτός παράγει.
- Μετατροπέας DC/DC (DC/DC Converter): Η συσκευή που μετατρέπει την DC ισχύ του συσσωρευτή σε DC ισχύ χαμηλότερης τάσης που χρειάζονται επιμέρους βοηθητικά στοιχεία και η βοηθητική μπαταρία.
- Σύστημα ψύξης (Thermal system – cooling): Το σύστημα που διατηρεί τη θερμοκρασία του κινητήρα, του φορτιστή και άλλων στοιχείων εντός ενός λειτουργικού εύρους.
- Θύρα φόρτισης (Charge Port): Η θύρα που επιτρέπει τη σύνδεση του οχήματος με μια εξωτερική πηγή ηλεκτρικής ενέργειας για την φόρτιση του συσσωρευτή.
- Σύστημα μετάδοσης κίνησης (Transmission): Το σύστημα που μεταφέρει την μηχανική ισχύ εξόδου του ηλεκτρικού κινητήρα ή της ΜΕΚ στους τροχούς.
- Φορτιστής επί του οχήματος (On-board charger): Ο μετατροπέας που δέχεται την εισερχόμενη AC ισχύ από την θύρα φόρτισης και τη μετατρέπει σε DC ισχύ για την φόρτιση του συσσωρευτή. Καταγράφει τα χαρακτηριστικά του συσσωρευτή όπως την τάση, την ένταση ρεύματος, τη θερμοκρασία και τη στάθμη φόρτισης, όσο αυτός φορτίζεται.
- Βοηθητική μπαταρία (Auxiliary battery): Παρέχει ηλεκτρική ενέργεια σε συσκευές και εξαρτήματα εντός του οχήματος. Χρησιμοποιείται και για την εκκίνηση του οχήματος.
- Δεξαμενή καυσίμου (Fuel Tank): Δεξαμενή που αποθηκεύεται το υγρό καύσιμο, συνήθως βενζίνη.
- Εξάτμιση (Exhaust system): Σύστημα που αποβάλλει τα εκπεμπόμενα κατά την καύση αέρια από τη ΜΕΚ στο περιβάλλον.

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι με τους οποίους συνδυάζεται η ισχύς του ηλεκτρικού κινητήρα και της ΜΕΚ. Οι δύο κύριες μέθοδοι είναι η παράλληλη λειτουργία και η λειτουργία σε σειρά. Τα plug-in υβριδικά οχήματα χρησιμοποιούν σύστημα μετάδοσης κίνησης που επιτρέπει την λειτουργία σε μία από τις δύο αυτές μεθόδους, εναλλάσσοντάς τες ανάλογα με το προφίλ οδήγησης. Κατά την παράλληλη λειτουργία, ο ηλεκτρικός κινητήρας και η ΜΕΚ συνδέονται με τους τροχούς μέσω μηχανικής ζεύξης, ενώ και οι δύο μηχανές προωθούν άμεσα τους τροχούς. Κατά την λειτουργία σε σειρά, μόνο ο ηλεκτρικός κινητήρας χρησιμοποιείται για την πρόωση των τροχών, ενώ η ΜΕΚ χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιώντας το ορυκτό καύσιμο. Στα Σχήματα 1.6 – 1.7 διακρίνονται τα block διαγράμματα της παράλληλης λειτουργίας και της λειτουργίας σε σειρά αντίστοιχα.



Σχήμα 1.6: Μπλοκ διάγραμμα συνιστωσών plug-in υβριδικού οχήματος με παράλληλη λειτουργία



Σχήμα 1.7: Μπλοκ διάγραμμα συνιστωσών plug-in υβριδικού οχήματος με λειτουργία σε σειρά

1.3. Ηλεκτροκίνηση στην Ελλάδα

Αυτή τη στιγμή, η ηλεκτροκίνηση σε επίπεδο επιβατικών μεταφορών στην Ελλάδα είναι σε πολύ πρώιμο στάδιο. Τα ηλεκτρικά επιβατικά οχήματα που κινούνται είναι λιγοστά (περίπου 550), όπως ελάχιστα είναι και τα διαθέσιμα σημεία φόρτισης ανά την επικράτεια (περίπου 50) [5]. Η πλειοψηφία των εγκατεστημένων συσκευών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων βρίσκονται σε

συγκεκριμένους χώρους στην Αθήνα και η εγκατάστασή τους αποτελεί επί τω πλείστον πρωτοβουλία ιδιωτικών επιχειρήσεων που επιδιώκουν να δραστηριοποιηθούν στον τομέα της ηλεκτροκίνησης στο προσεχές μέλλον. Από θεσμικής πλευράς, δεν υπάρχει κάποιο κατοχυρωμένο πλαίσιο για την λειτουργία της αγοράς ηλεκτροκίνησης, ενώ οι τεχνικές προδιαγραφές για την σύνδεση συσκευών φόρτισης στο ηλεκτρικό δίκτυο που έχουν θεσπιστεί καλύπτουν ένα μικρό φάσμα των διαθέσιμων μεθόδων φόρτισης. Το ήδη υπάρχον νομοθετικό πλαίσιο [6] [7] [8] [9] που σχετίζεται με την ηλεκτροκίνηση είναι ελλιπές, αφού αφορά ουσιαστικά περισσότερο την εναρμόνιση σχετικών ευρωπαϊκών οδηγιών στο ελληνικό Δίκαιο και επικεντρώνεται αποκλειστικά στα δημοσίως προσβάσιμα σημεία επαναφόρτισης.

Παρ' όλα αυτά, την τελευταία διετία έχει εμφανιστεί η τάση για την ανάπτυξη της ηλεκτροκίνησης στην Ελλάδα. Ήδη η Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ) έχει θέσει προς δημόσια διαβούλευση σχέδιο [10] για το ρυθμιστικό πλαίσιο εγκατάστασης και λειτουργίας υποδομών επαναφόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων στην Ελλάδα, ενώ πρόσφατα εξέδωσε γνωμοδότηση [11] που αφορά τους όρους και τη λειτουργία των Φορέων Εκμετάλλευσης Υποδομών Επαναφόρτισης Ηλεκτροκίνητων Οχημάτων (ΦΕΥΦΗΟ). Επιπλέον, ο Διαχειριστής Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΔΕΔΔΗΕ) έχει εκδώσει ένα τεύχος [12] τεχνικών προδιαγραφών για δημόσιους σταθμούς φόρτισης, έχει εντάξει στο τελευταίο Σχέδιο Ανάπτυξης Δικτύου (ΣΑΔ) 2019-2023 [13] την ανάπτυξη υποδομών φόρτισης δημόσιας χρήσης για ηλεκτρικά οχήματα και ως διαχειριστής του δικτύου διανομής προτίθεται να λειτουργήσει αυτές ακολουθώντας το μοντέλο DSO [14], μέχρι τη μετάβαση σε ένα μοντέλο απελευθερωμένης αγοράς.

1.3.1. Σκοπός μεταπτυχιακής εργασίας

Όλες οι παραπάνω ενέργειες δείχνουν ότι τείνει να διαμορφωθεί ένα νέο τοπίο στον τομέα των μεταφορών για την Ελλάδα. Προς αυτή την κατεύθυνση στρέφεται και η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία. Σκοπός της είναι η καταγραφή και έκδοση των τεχνικών απαιτήσεων που πρέπει να πληρούνται για την ανάπτυξη υποδομών επαναφόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων και τη σύνδεση συσκευών φόρτισης στο δημόσιο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας της Ελλάδας. Αρχικά αναλύονται οι τεχνικές προδιαγραφές των μεθόδων φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων, με βάση τα ισχύοντα διεθνή πρότυπα και κανονισμούς. Η ανάλυση επικεντρώνεται μονάχα στην αγωγή φόρτιση και όχι στην ασύρματη, θεωρώντας πως η πρώτη είναι μια πιο ώριμη τεχνολογία τη δεδομένη χρονική περίοδο σε σύγκριση με τη δεύτερη. Βάση δίνεται κυρίως, μεταξύ άλλων, στην καλωδίωση της συσκευής φόρτισης, στην περιγραφή του χρησιμοποιούμενου εξοπλισμού και των χαρακτηριστικών του, καθώς και στην επικοινωνία μεταξύ συσκευής φόρτισης και ηλεκτρικού οχήματος. Στη συνέχεια περιγράφονται οι βασικές απαιτήσεις της σύνδεσης των συσκευών φόρτισης στο δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας και της επικοινωνίας αυτών με ένα κεντρικό σύστημα διαχείρισης των υποδομών φόρτισης. Τέλος, αποτυπώνονται οι τεχνικές απαιτήσεις που πρέπει να ισχύουν για μια υποδομή φόρτισης στην Ελλάδα, βασιζόμενη στα παραπάνω και σε εναρμόνιση με το ισχύον θεσμικό πλαίσιο και τους κανονισμούς περί ηλεκτρικών εγκαταστάσεων που ισχύουν στην Ελλάδα.

Κατά την εκπόνηση της παρούσας εργασίας καταγράφηκε η διεθνής πρακτική παρόμοιων εφαρμογών και αναζητήθηκε υλικό αντίστοιχων τεχνικών προδιαγραφών που εφαρμόζουν άλλα κράτη, με τη μεγαλύτερη έμφαση να δίνεται σε ευρωπαϊκά κράτη, λόγω των κοινών χαρακτηριστικών που διαθέτουν με την Ελλάδα. Η μελέτη του παραπάνω υλικού συντελεί στην κατανόηση των βασικών αρχών και απαιτήσεων που πρέπει να τηρούνται ανεξαρτήτως χώρας, αλλά και ο τρόπος με τον οποίο αυτές αφομοιώνονται και συνάδουν με τους τοπικούς κανονισμούς περί ηλεκτρικών εγκαταστάσεων ανά χώρα. Αυτή είναι και η βασική μεθοδολογία που χρησιμοποιείται στην παρούσα εργασία για την έκδοση των ανωτέρω τεχνικών προδιαγραφών για την περίπτωση της Ελλάδας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

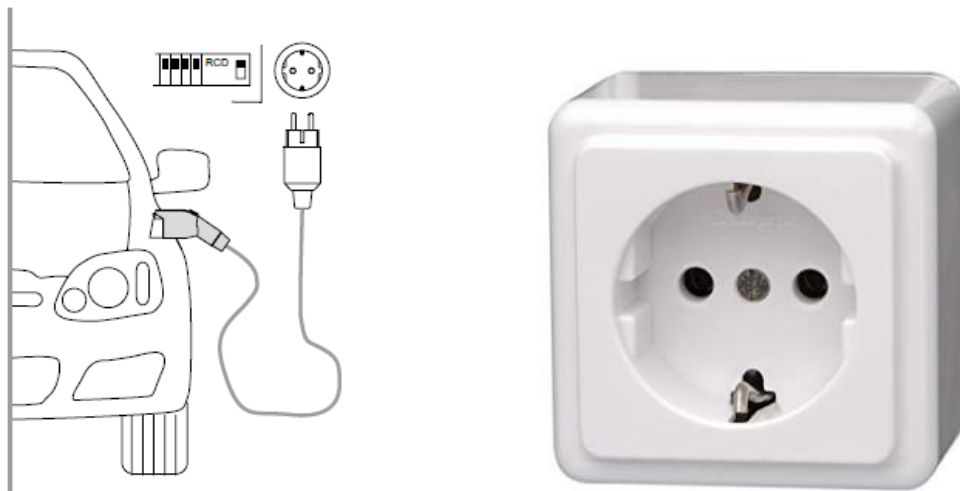
ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΑC ΦΟΡΤΙΣΗΣ

2.1. Μέθοδοι φόρτισης

Σύμφωνα με το πρότυπο IEC 61851, η διαδικασία φόρτισης ενός ηλεκτρικού οχήματος, δηλαδή η μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας από μια ηλεκτρική εγκατάσταση ή από το ηλεκτρικό δίκτυο στον συσσωρευτή του οχήματος, διακρίνεται με βάση τα χαρακτηριστικά της σε τέσσερις κατηγορίες, τις λεγόμενες μεθόδους φόρτισης (charging modes). Οι τέσσερις μέθοδοι φόρτισης αναλύονται στις επόμενες παραγράφους. Στο Κεφάλαιο 2 περιγράφονται η λειτουργία και οι τεχνικές απαιτήσεις της AC φόρτισης, δηλαδή της τροφοδότησης του ηλεκτρικού οχήματος με εναλλασσόμενο ρεύμα (AC), ενώ η αντίστοιχη διαδικασία ακολουθείται για τη DC φόρτιση στο Κεφάλαιο 3.

2.1.1. Μέθοδος 1

Κατά τη Μέθοδο 1, το ηλεκτρικό όχημα φορτίζεται από το AC ηλεκτρικό δίκτυο χαμηλής τάσης μέσω κοινού ρευματοδότη (socket-outlet), χρησιμοποιώντας καλώδιο με βύσμα που δεν περιέχουν ειδική διάταξη επικοινωνίας ή ελέγχου. Το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα φόρτισης ορίζεται στα 16 A [15]. Στο Σχήμα 2.1 απεικονίζεται η τυπική διάταξη φόρτισης ενός ηλεκτρικού οχήματος με τη Μέθοδο 1 και η όψη ενός κοινού ρευματοδότη schuko.



Σχήματα 2.1α και 2.1β: Διάταξη φόρτισης Μεθόδου 1 (αριστερά) [16] και ρευματοδότης schuko (δεξιά)

Η Μέθοδος 1 είναι η πιο απλή μέθοδος φόρτισης και επιτρέπει στον χρήστη την φόρτιση του ηλεκτρικού του οχήματος, αξιοποιώντας απλά ένα κοινό ρευματοδότη και το καλώδιο φόρτισης που συνήθως παρέχεται μαζί με το όχημα. Παρ' όλα αυτά, η συγκεκριμένη μέθοδος χαρακτηρίζεται από την έλλειψη εγγυημένης παρουσίας διατάξεων προστασίας από υπερένταση

και διαρροή προς τη γη, καθώς και από την απουσία συστήματος ελέγχου της φόρτισης. Για την ασφαλή φόρτιση του οχήματος θα πρέπει να είναι ήδη εγκατεστημένες οι εν λόγω διατάξεις προστασίας στο κύκλωμα της ηλεκτρικής εγκατάστασης, κάτι το οποίο δεν είναι εφικτό ή εγγυημένο σε όλες τις περιπτώσεις. Για αυτούς τους λόγους η Μέθοδος 1 θεωρείται η λιγότερο ενδεδειγμένη μέθοδος φόρτισης και κατά συνέπεια είναι απαγορευμένη σε αρκετές χώρες παγκοσμίως.

2.1.2. Μέθοδος 2

Κατά τη Μέθοδο 2, το ηλεκτρικό όχημα φορτίζεται από το AC ηλεκτρικό δίκτυο χαμηλής τάσης μέσω κοινού ρευματοδότη, χρησιμοποιώντας κατάλληλη συσκευή φόρτισης με καλώδιο και βύσμα, η οποία εμπεριέχει αγωγό ελέγχου (control pilot – βλέπε παράγραφο 2.2.3) και διάταξη προστασίας από ηλεκτροπληξία. Το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα φόρτισης ορίζεται στα 32 A [15]. Στο Σχήμα 2.2α απεικονίζεται η τυπική διάταξη φόρτισης ενός ηλεκτρικού οχήματος με τη Μέθοδο 2.

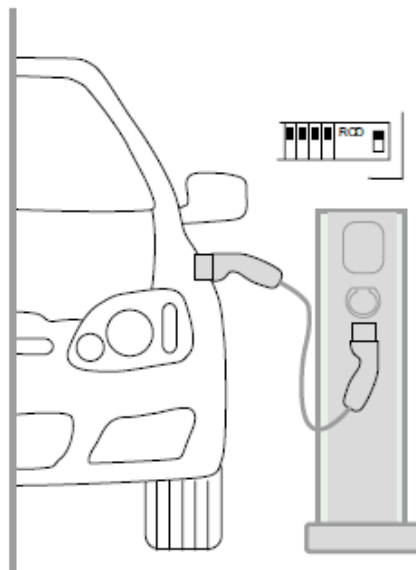


Σχήματα 2.2α και 2.2β: Διάταξη φόρτισης Μεθόδου 2 [16] (αριστερά) και συσκευή IC-CPD (δεξιά) [17]

Η συσκευή φόρτισης της Μεθόδου 2 (In-Cable Control and Protective Device – IC-CPD), η οποία απεικονίζεται στο Σχήμα 2.2β, είναι αποσπώμενη και συνδέεται αφενός στην υποδοχή του ηλεκτρικού οχήματος, αφετέρου σε κοινό ρευματοδότη της ηλεκτρικής εγκατάστασης. Η χρήση της εν λόγω συσκευής παρέχει στο χρήστη τόσο την απαραίτητη προστασία έναντι ηλεκτροπληξίας, όσο και κατάλληλο σύστημα επικοινωνίας μεταξύ της συσκευής και του οχήματος, με αποτέλεσμα την ελεγχόμενη φόρτιση αυτού. Σε αντίθεση με την Μέθοδο 1, δεν απαιτείται να είναι ήδη εγκατεστημένες οι απαραίτητες διατάξεις προστασίας στην ηλεκτρική εγκατάσταση για την ασφαλή φόρτιση του οχήματος. Η συγκεκριμένη μέθοδος φόρτισης χαρακτηρίζεται από αργούς χρόνους φόρτισης και συνίσταται για τη φόρτιση οχημάτων σε ιδιωτικούς χώρους, όπως σε οικιακές εγκαταστάσεις.

2.1.3. Μέθοδος 3

Κατά τη Μέθοδο 3, το ηλεκτρικό όχημα φορτίζεται από το AC ηλεκτρικό δίκτυο χαμηλής τάσης μέσω συσκευής φόρτισης μόνιμα συνδεδεμένης στο δίκτυο, η οποία διαθέτει ενσωματωμένο κύκλωμα ελέγχου που εκτείνεται από τη συσκευή μέχρι το όχημα [15]. Το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα φόρτισης είναι 70 A για μονοφασική φόρτιση και 63 A για τριφασική φόρτιση, αν και στην πράξη οι περισσότερες συσκευές φόρτισης έχουν ονομαστικό ρεύμα μέχρι 16 A και 32 A για μονοφασική και τριφασική φόρτιση αντίστοιχα. Στο Σχήμα 2.3 απεικονίζεται η τυπική διάταξη φόρτισης ενός ηλεκτρικού οχήματος με τη Μέθοδο 3.



Σχήμα 2.3: Διάταξη φόρτισης Μεθόδου 3 [16]

Η Μέθοδος 3 συνίσταται για τη φόρτιση οχημάτων τόσο σε ιδιωτικούς, όσο και σε δημόσιους χώρους. Επιπλέον, με τη Μέθοδο 3 επιτρέπεται η ταυτόχρονη φόρτιση δύο ηλεκτρικών οχημάτων από την ίδια συσκευή φόρτισης. Λόγω του μεγάλου ρεύματος φόρτισης είναι δυνατή η ταχύτερη φόρτιση οχημάτων, σε σύγκριση με τις προηγούμενες μεθόδους. Η συσκευή φόρτισης μπορεί να περιέχει τις κατάλληλες διατάξεις προστασίας από υπερφόρτιση και ηλεκτροπληξία, καθώς και σύστημα ελέγχου και επικοινωνίας μεταξύ του μετατροπέα του οχήματος και της συσκευής. Οι συσκευές φόρτισης Μεθόδου 3 μπορούν να είναι επιτοίχιες (wallbox) ή επιδαπέδιες, όπως φαίνονται στο Σχήμα 2.4.



Σχήμα 2.4: Επιτοίχια (αριστερά) [18] και επιδαπέδια (δεξιά) [19] συσκευή φόρτισης Μεθόδου 3

2.1.4. Μέθοδος 4

Κατά τη Μέθοδο 4, το ηλεκτρικό όχημα τροφοδοτείται με συνεχές ρεύμα (DC) από συσκευή φόρτισης μόνιμα συνδεδεμένης σε AC ή DC ηλεκτρικό δίκτυο. Η περιγραφή και οι τεχνικές απαιτήσεις της DC φόρτισης αναλύονται εκτενώς στο Κεφάλαιο 3.

2.1.5. Ανασκόπηση και σύγκριση μεθόδων φόρτισης

Στις προηγούμενες παραγράφους παρουσιάστηκαν τα βασικά χαρακτηριστικά των τεσσάρων μεθόδων φόρτισης κατά το IEC 61851. Η συγκεκριμένη προτυποποίηση των μεθόδων φόρτισης είναι η πιο διαδεδομένη, με τις περισσότερες χώρες στον κόσμο να την ακολουθούν. Στον αντίποδα, χώρες που δεν ακολουθούν τη συγκεκριμένη προτυποποίηση, όπως οι ΗΠΑ, ακολουθούν άλλες προτυποποιήσεις, όπως αυτή κατά το SAE J1772. Το συγκεκριμένο πρότυπο, εκτός από διαφορετικές μεθόδους φόρτισης καθορίζει και τη χρήση διαφορετικών υποδοχών και ακροσυνδέσμων. Στην παρούσα έκθεση παρουσιάζονται τα στοιχεία που είναι σύμφωνα με το IEC 61851 και τα αντίστοιχα πρότυπα, τα οποία ακολουθεί η πλειονότητα των ευρωπαϊκών χωρών.

Παράλληλα, στις παραπάνω μεθόδους φόρτισης δεν συγκαταλέγεται κάποια μέθοδος ασύρματης φόρτισης (inductive charging) ηλεκτρικών οχημάτων. Η παρούσα έκθεση αφορά αποκλειστικά την ενσύρματη/αγώγιμη φόρτιση (conductive charging), καθώς αποτελεί μια δοκιμασμένη και ευρέως διαδεδομένη τεχνολογία που ωριμάζει ολοένα και περισσότερο.

Όπως γίνεται αντιληπτό από τα παραπάνω, για την φόρτιση των συσσωρευτών των ηλεκτρικών οχημάτων χρησιμοποιείται ένα σύνολο ειδικού εξοπλισμού, αναφερόμενου ως *συσκευή φόρτισης*. Ως συσκευή φόρτισης (Electric Vehicle Supply Equipment – EVSE) ορίζεται ο εξοπλισμός ή συνδυασμός τμημάτων του εξοπλισμού, ο οποίος εκτελεί συγκεκριμένες λειτουργίες για την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας, προερχόμενης από μια κτηριακή ηλεκτρική εγκατάσταση ή από το δημόσιο ηλεκτρικό δίκτυο, σε ένα ηλεκτρικό όχημα, με στόχο την φόρτιση των συσσωρευτών του [15]. Εφόσον το καλώδιο φόρτισης δεν είναι μόνιμα συνδεδεμένο στο όχημα, τότε αποτελεί τμήμα της συσκευής φόρτισης. Ως *σταθμός φόρτισης* (charging station) νοείται το στατό μέρος μιας συσκευής φόρτισης, το οποίο συνδέεται με το ηλεκτρικό δίκτυο [15]. Δεδομένου ότι το σύνολο του εξοπλισμού που προορίζεται για τη φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων περιλαμβάνει εκτός των επιμέρους διατάξεων, συσκευών και κυκλωμάτων και το σταθμό φόρτισης, στο υπόλοιπο της παρούσας εργασίας χρησιμοποιείται ο όρος «συσκευή φόρτισης» για την περιγραφή του εν λόγω εξοπλισμού.

Στον Πίνακα 2.1 παρουσιάζονται συνοπτικά τα βασικά χαρακτηριστικά των τεσσάρων μεθόδων φόρτισης. Για τον υπολογισμό της μέγιστης ισχύος θεωρείται σύνδεση της συσκευής φόρτισης σε δίκτυο XT 230/400 V, ενώ οι τιμές αυτές αφορούν τη φόρτιση ενός και όχι περισσότερων οχημάτων ταυτόχρονα.

	Μέγιστη Ισχύς	Μέγιστο Ρεύμα	Ενσωματωμένες διατάξεις προστασίας & ελέγχου	Χρόνος φόρτισης	Χρήση σε εγκατάσταση
Μέθοδος 1	3,7 kW (1Φ) 11 kW (3Φ)	16 A	Όχι	Αργός	Οικιακή
Μέθοδος 2	7,4 kW (1Φ) 22 kW (3Φ)	32 A	Ναι	Μέτριος	Οικιακή
Μέθοδος 3	16 kW (1Φ) 43,6 kW (3Φ)	70 A (1Φ) 63 A (3Φ)	Ναι	Μέτριος	Οικιακή, Εμπορική, Δημόσια
Μέθοδος 4	-	-	Ναι	Ταχύς	Εμπορική, Δημόσια

Πίνακας 2.1. Ανασκόπηση μεθόδων φόρτισης

Οι Μέθοδοι 1, 2 και 3 αφορούν AC φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων, ενώ η Μέθοδος 4 αφορά DC φόρτιση. Οι τεχνικές απαιτήσεις που περιγράφονται στο Κεφάλαιο 2 καλύπτουν πλήρως την AC φόρτιση. Στο Κεφάλαιο 3, όπου παρουσιάζονται η λειτουργία και οι τεχνικές απαιτήσεις της DC φόρτισης, θα αναφέρεται ανά παράγραφο εάν ισχύουν οι ίδιες απαιτήσεις με την AC φόρτιση ή εάν αυτές διαφοροποιούνται, καθώς και με ποιον τρόπο.

2.2. Καλωδίωση συσκευής φόρτισης

Στις επόμενες παραγράφους περιγράφονται οι βασικές απαιτήσεις που πρέπει να τηρούνται για την καλωδίωση μιας συσκευής φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων, τόσο στην είσοδο όσο και στην έξοδο αυτής. Επιπλέον, παρουσιάζονται τα βασικά χαρακτηριστικά των βοηθητικών

κυκλωμάτων ελέγχου για την επικοινωνία μεταξύ συσκευής και οχήματος και τον έλεγχο της φόρτισης .

2.2.1. Καλωδίωση εισόδου – εξόδου

Στην είσοδό της, η συσκευή φόρτισης συνδέεται με την ηλεκτρική εγκατάσταση ή το δίκτυο διανομής μέσω του παροχικού καλωδίου. Οι συσκευές AC φόρτισης συνδέονται σε AC ηλεκτρικό δίκτυο χαμηλής τάσης. Το παροχικό καλώδιο περιέχει τους αγωγούς φάσης (ένα για μονοφασική τροφοδοσία ή τρεις για τριφασική τροφοδοσία), τον ουδέτερο (Neutral – N) και τον αγωγό προστασίας (Protective Earth – PE), όπως απεικονίζεται και στο Σχήμα 2.4. Εδώ υπάγεται και η περίπτωση όπου η συσκευή φόρτισης συνδέεται σε κοινό ρευματοδότη, όπως κατά τη Μέθοδο 2, με την υποχρέωση ότι αυτός φέρει εκτός των ενεργών αγωγών και επαφή αγωγού προστασίας (πχ. πρίζα Schuko). Ως ενεργοί αγωγοί θεωρούνται οι αγωγοί του κυκλώματος ισχύος στους οποίους ρέει ρεύμα κατά τη φυσιολογική λειτουργία, δηλαδή όχι κατά τη διάρκεια σφάλματος, και στην προκειμένη περίπτωση αυτοί είναι οι φάσεις και ο ουδέτερος. Για την παρούσα μελέτη ως παροχικό καλώδιο ορίζεται το καλώδιο που τροφοδοτεί τη συσκευή φόρτισης και όχι το καλώδιο που τροφοδοτεί το σύνολο της ηλεκτρικής εγκατάστασης.



Σχήμα 2.4: Μονοφασικό (αριστερά) και τριφασικό (δεξιά) καλώδιο. Με μπλε χρώμα διακρίνεται ο ουδέτερος αγωγός, με κίτρινο και πράσινο χρώμα ο αγωγός προστασίας. Οι υπόλοιποι αγωγοί αντιστοιχούν στις φάσεις.

Η διατομή των αγωγών του παροχικού καλωδίου εξαρτάται από την ονομαστική ισχύ της συσκευής φόρτισης, μέγεθος που σχετίζεται με το μέγιστο ρεύμα που ρέει μέσω των αγωγών, το είδος της εγκατάστασης και τους κανονισμούς περί ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων ανά χώρα. Στην αγορά υπάρχουν αγωγοί με τυποποιημένες διατομές και εγκαθίστανται με βάση την ικανότητα φόρτισης. Για την Ελλάδα, ο υπολογισμός της διατομής των αγωγών γίνεται σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ HD384 [20].

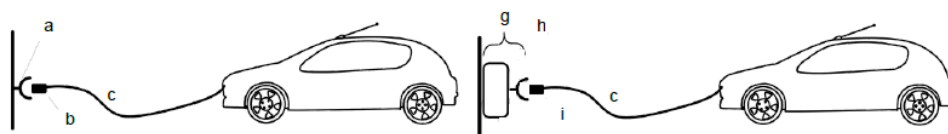
Στην έξοδό της, η συσκευή φόρτισης συνδέεται με το ηλεκτρικό όχημα μέσω του καλωδίου φόρτισης. Οι αγωγοί που φέρει το καλώδιο φόρτισης ποικίλουν ανάλογα με το είδος της φόρτισης, τη μέθοδο φόρτισης και τον τύπο του ακροσυνδέσμου του καλωδίου. Σε κάθε περίπτωση, το καλώδιο φόρτισης φέρει τους ενεργούς αγωγούς (ουδέτερο και μία ή τρεις φάσεις για μονοφασική ή τριφασική φόρτιση αντίστοιχα), τον αγωγό προστασίας και έναν ή περισσότερους βοηθητικούς αγωγούς. Οι τελευταίοι απουσιάζουν από το κύκλωμα φόρτισης κατά τη Μέθοδο 1 και αυτό αποτελεί έναν από τους πολλούς λόγους για τους οποίους η μέθοδος αυτή δεν συνιστάται. Ούτως ή άλλως, στη Μέθοδο 1 δεν υφίσταται συσκευή φόρτισης και το καλώδιο του ηλεκτρικού οχήματος συνδέεται κατευθείαν στον ρευματοδότη της ηλεκτρικής εγκατάστασης.

Ανάλογα με το είδος του καλωδίου, διακρίνονται οι εξής τρεις περιπτώσεις (Cases) [15]:

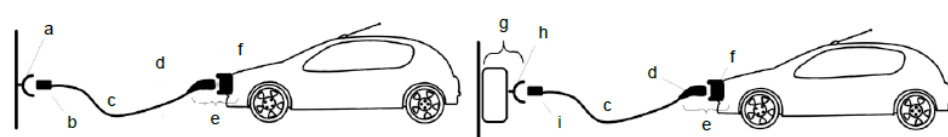
1. Περίπτωση Α (Case A): Σύνδεση του ηλεκτρικού οχήματος στο ηλεκτρικό δίκτυο μέσω βύσματος και καλωδίου μόνιμα συνδεδεμένου στο όχημα. Το καλώδιο θεωρείται τμήμα του οχήματος.
2. Περίπτωση Β (Case B): Σύνδεση του ηλεκτρικού οχήματος στο ηλεκτρικό δίκτυο μέσω αποσπώμενου - και από τις δύο πλευρές - καλωδίου. Το καλώδιο δεν θεωρείται τμήμα του οχήματος ούτε του σταθμού φόρτισης.
3. Περίπτωση Γ (Case C): Σύνδεση του ηλεκτρικού οχήματος στο ηλεκτρικό δίκτυο μέσω καλωδίου και ακροσυνδέσμου μόνιμα συνδεδεμένου στον σταθμό φόρτισης. Το καλώδιο θεωρείται τμήμα του σταθμού φόρτισης.

Στο Σχήμα 2.5 απεικονίζονται σχηματικά οι τρεις παραπάνω Περιπτώσεις. Τα επιμέρους μέρη της διάταξης περιγράφονται αναλυτικά στην ενότητα 2.3.

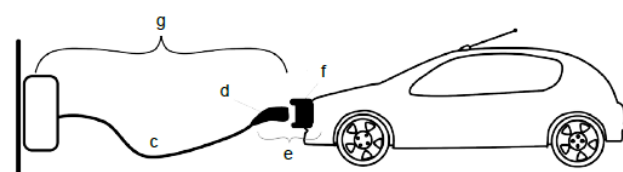
Περίπτωση Α



Περίπτωση Β



Περίπτωση Γ



Υπόμνημα

- (a) Ρευματοδότης
- (b) Βύσμα
- (c) Καλώδιο φόρτισης
- (d) Ακροσύνδεσμος
- (e) Ζεύγος υποδοχής και ακροσύνδεσμου
- (f) Υποδοχή επί του οχήματος
- (g) Σταθμός φόρτισης
- (h) Ρευματοδότης για ηλεκτρικό όχημα
- (i) Βύσμα για ηλεκτρικό όχημα

Σχήμα 2.5: Σχηματική απεικόνιση των Περιπτώσεων Α, Β και Γ [15]

2.2.2. Αγωγός προστασίας

Η ύπαρξη γειωμένου αγωγού προστασίας στο κύκλωμα AC φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων είναι επιτακτική. Δεδομένης της σημαντικότητας που χαρακτηρίζει την ασφαλή τροφοδοσία ενός οχήματος με ηλεκτρική ενέργεια και συνεπώς την συνεχή και αξιόπιστη προστασία όλων των χρηστών έναντι ηλεκτροπληξίας, κρίνεται επιβεβλημένη η επίτευξη επιθυμητής τιμής αντίστασης γείωσης, μέσω του καταλληλότερου συστήματος γείωσης. Η τιμή της αντίστασης γείωσης πρέπει να είναι τέτοια, ώστε να διασφαλίζεται η προστασία του χρήστη από σφάλματα έμμεσης επαφής. Για AC συστήματα τροφοδότησης, ισχύει η σχέση [21]:

$$R_A * I_\alpha \leq 50 V \quad (2.1)$$

Όπου R_A η αντίσταση γείωσης και I_α το μέγιστο ρεύμα σφάλματος, που ισούται με το μέγιστο ρεύμα ενεργοποίησης του διακόπτη διαφορικού ρεύματος (ΔΔΡ – βλέπε παράγραφο 2.5.2). Η τιμή των 50 V αντιστοιχεί στην μέγιστη επιτρεπόμενη τάση επαφής για δίκτυα AC (120 V για DC δίκτυα) και παριστάνει την ελάχιστη τάση που μπορεί να προκαλέσει πρόβλημα υγείας στον άνθρωπο, σε περίπτωση που αυτός εκτεθεί σε αυτή. Η Ανίσωση 2.1 υποδεικνύει ότι η τάση επαφής, δηλαδή η πτώση τάσης που σχηματίζει το ρεύμα που ρέει μέσω του αγωγίμου δρόμου κατά μήκος του αγωγού προστασίας και των ηλεκτροδίων γείωσης, δεν πρέπει να υπερβαίνει την αναγραφόμενη τιμή, διότι αντίθετα υπάρχει κίνδυνος πρόκλησης ζημιάς στον χρήστη της εγκατάστασης. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι για ονομαστική έντασης ρεύματος ενεργοποίησης του ΔΔΡ 30 mA, η μέγιστη αντίσταση γείωσης είναι 1667 Ω, ενώ για ένταση 300 mA, η αντίστοιχη τιμή είναι 167 Ω [22]. Αυτό αναδεικνύει τη σημασία ύπαρξης γειωμένου αγωγού προστασίας και μάλιστα με κατάλληλη τιμή αντίστασης γείωσης σε κάθε εγκατάσταση φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων.

Ο γειωμένος αγωγός προστασίας εισέρχεται εντός της συσκευής φόρτισης μέσω του παροχικού καλωδίου και συνδέεται στον ζυγό γείωσης εντός αυτής, από όπου και αναχωρούν αγωγοί προς διάφορα κυκλώματα και εκτεθειμένα μεταλλικά μέρη της συσκευής. Επιπλέον, ο αγωγός προστασίας εκτείνεται μέχρι το ηλεκτρικό όχημα μέσω του καλωδίου φόρτισης, όπου και συνδέεται με το σασί του οχήματος και με άλλα κυκλώματα και διατάξεις εντός αυτού. Σε όλες τις ελεγχόμενες μεθόδους φόρτισης (2, 3 και 4) επιβάλλεται η συνεχής παρακολούθηση της ηλεκτρικής συνέχειας του αγωγού προστασίας από τη συσκευή φόρτισης. Η συσκευή φόρτισης πρέπει να αποσυνδέει την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας από το όχημα σε περίπτωση που:

- Διαπιστωθεί ρήξη της ηλεκτρικής συνέχειας του αγωγού προστασίας (πχ. σφάλμα στο κύκλωμα ελέγχου) εντός 100 ms.
- Εντοπιστεί αδυναμία επιβεβαίωσης της ηλεκτρικής συνέχειας του αγωγού προστασίας (πχ σε βραχυκύκλωμα PE-CP) εντός 3 s. [15]

Επιπλέον, ο αγωγός προστασίας λειτουργεί ως «ουδέτερος» αγωγός για το κύκλωμα ελέγχου και επικοινωνίας μεταξύ της συσκευής φόρτισης και του οχήματος (control pilot circuit). Βέβαια, πρέπει να διασφαλίζεται ότι τα σήματα που ρέουν μέσα από τον αγωγό προστασίας δεν επηρεάζουν την ασφαλή λειτουργία άλλων διατάξεων της συσκευής φόρτισης, όπως του ΔΔΡ.

2.2.3. Αγωγός ελέγχου

Στις ελεγχόμενες μεθόδους φόρτισης, η επικοινωνία μεταξύ της συσκευής φόρτισης και του ηλεκτρικού οχήματος επιτυγχάνεται με το κύκλωμα ελέγχου και επικοινωνίας (control pilot circuit). Η επικοινωνία γίνεται με τη μετάδοση σημάτων μέσω του αγωγού ελέγχου (control pilot - CP) και του αγωγού προστασίας. Η πλήρης λειτουργία του κυκλώματος ελέγχου και επικοινωνίας περιγράφεται στην παράγραφο 2.4.1.

Ο αγωγός ελέγχου της συσκευής φόρτισης συνδέεται μέσω ειδικού ακροδέκτη του ακροσυνδέσμου του καλωδίου φόρτισης με τον αντίστοιχο ακροδέκτη της υποδοχής στην πλευρά του ηλεκτρικού οχήματος. Μερικοί τύποι ακροσυνδέσμων διαθέτουν περισσότερους από έναν αγωγούς ελέγχου, σε κάθε περίπτωση όμως είναι αναγκαία η ύπαρξη ενός αγωγού ελέγχου στο καλώδιο φόρτισης και του αντίστοιχου κυκλώματος στην πλευρά της συσκευής φόρτισης, ώστε η φόρτιση των συσσωρευτών να γίνεται ελεγχόμενα, όπως προβλέπεται στις Μεθόδους 2, 3 και 4.

Η συσκευή φόρτισης πρέπει πάντα να είναι σε θέση να αντιλαμβάνεται εάν το ηλεκτρικό όχημα έχει συνδεθεί σωστά με αυτή. Η ορθή σύνδεση γίνεται αντιληπτή μέσω της παρακολούθησης της συνέχειας του αγωγού ελέγχου. Η λειτουργία αυτή είναι επιτακτική για όλες τις ελεγχόμενες μεθόδους φόρτισης.

Οι ενεργοί αγωγοί του ρευματοδότη ή του ακροσυνδέσμου της συσκευής φόρτισης δεν θα πρέπει να βρίσκονται υπό τάση εφόσον δεν έχει διαπιστωθεί η ορθή λειτουργία του κυκλώματος ελέγχου και επικοινωνίας και κατ' επέκταση η σωστή σύνδεση μεταξύ της συσκευής φόρτισης και του οχήματος. Αυτό γίνεται αντιληπτό μέσω των Καταστάσεων που επιτρέπουν την τροφοδότηση του οχήματος, σύμφωνα με την παράγραφο 2.4.1. Η παρουσία τέτοιων Καταστάσεων δεν σηματοδοτεί αυτόματα ότι μεταφέρεται ενέργεια από τη συσκευή φόρτισης προς το όχημα, καθώς κάτι τέτοιο μπορεί να υπόκειται και σε άλλους εξωγενείς παράγοντες, όπως ένα σύστημα διαχείρισης ενέργειας. Επιπλέον, εάν ένα ηλεκτρικό όχημα χρειάζεται αερισμό, η συσκευή φόρτισης θα ενεργοποιήσει το σύστημα τροφοδότησης μόνο εφόσον παρέχεται ο απαιτούμενος αερισμός από την γενική εγκατάσταση. Η συσκευή φόρτισης μπορεί προαιρετικά να ανταλλάσει πληροφορίες με το σύστημα διαχείρισης της εγκατάστασης, όταν πρόκειται για εσωτερική εγκατάσταση, σχετικά με το αίτημα για παρουσία αερισμού.

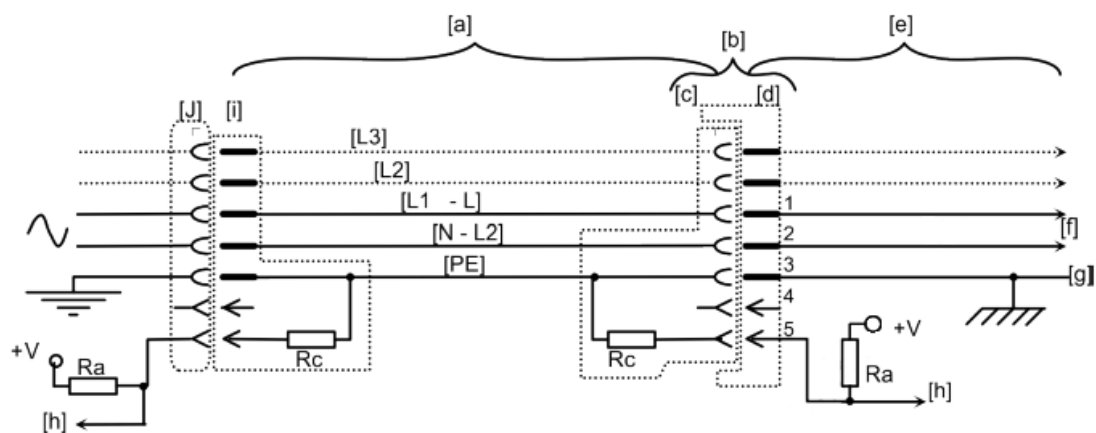
Εάν το σήμα μέσω του αγωγού ελέγχου διακοπεί, θα πρέπει να αποσυνδέεται η παροχή ηλεκτρικής ενέργειας στο όχημα, όπως και στην περίπτωση διακοπής της συνέχειας του αγωγού προστασίας. Εάν η κατάσταση του σήματος ελέγχου δεν επιτρέπει την τροφοδότηση, η

τροφοδότηση θα διακοπεί αλλά το κύκλωμα ελέγχου και επικοινωνίας θα παραμείνει σε λειτουργία.

2.2.4. Αγωγός εγγύτητας

Όπως και ο αγωγός ελέγχου, ο αγωγός εγγύτητας (proximity pilot – PP) είναι ένας αγωγός εντός του καλωδίου φόρτισης, που συνδέει τα αντίστοιχα κυκλώματα εγγύτητας στην πλευρά της συσκευής φόρτισης και του ηλεκτρικού οχήματος. Το κύκλωμα εγγύτητας παριστάνεται σχηματικά στο Σχήμα 2.6 [15].

Το κύκλωμα εγγύτητας εκτελεί δύο λειτουργίες. Η πρώτη και βασική λειτουργία σχετίζεται με την αναγνώριση της εγγύτητας ενός ηλεκτρικού οχήματος (proximity detection). Με άλλα λόγια, ο αγωγός εγγύτητας ουσιαστικά αποτελεί ένα μέσο με βάση το οποίο αναγνωρίζεται εάν ο ακροσύνδεσμος του καλωδίου φόρτισης έχει συνδεθεί στην αντίστοιχη υποδοχή του οχήματος, καθώς και εάν το βύσμα του καλωδίου έχει συνδεθεί στο ρευματοδότη του σταθμού φόρτισης (για τις Περιπτώσεις Α και Β, όπου το καλώδιο δεν είναι μόνιμα συνδεδεμένο στο σταθμό φόρτισης). Η κατάσταση σύνδεσης αναγνωρίζεται από το κύκλωμα εγγύτητας στην πλευρά της συσκευής φόρτισης. Η τροφοδοσία του ηλεκτρικού οχήματος εκκινεί μόνο εφόσον έχει διαπιστωθεί ότι υπάρχει σωστή σύνδεση μεταξύ της συσκευής φόρτισης και του οχήματος.



Υπόμνημα

a	Καλώδιο φόρτισης	g	Σύνδεση στο σασί του οχήματος
b	Σημείο σύνδεσης οχήματος	h	Προς κύκλωμα αναγνώρισης εγγύτητας
c	Ακροσύνδεσμος καλωδίου	j	Ρευματοδότης συσκευής φόρτισης
d	Υποδοχέας οχήματος	i	Βύσμα καλωδίου
e	Κύκλωμα οχήματος		
f	Τροφοδοσία οχήματος		

Σχήμα 2.6: Κύκλωμα εγγύτητας

Η δεύτερη λειτουργία του κυκλώματος εγγύτητας αφορά την ανάγνωση της ικανότητας φόρτισης του καλωδίου φόρτισης (current coding). Ο αγωγός εγγύτητας συνδέεται εντός του

καλωδίου με τον αγωγό προστασίας μέσω της αντίστασης R_c , όπως φαίνεται και στο Σχήμα 2.6. Η αντίσταση αυτή λαμβάνει εκ κατασκευής της μια τυποποιημένη τιμή, η οποία υποδηλώνει το μέγιστο ρεύμα που μπορεί να διαρρεύσει μέσω του καλωδίου φόρτισης. Η τιμή της αντίστασης μετράται από το κύκλωμα εγγύτητας της συσκευής φόρτισης, με στόχο τον περιορισμό του ρεύματος φόρτισης κάτω από το όριο φόρτισης του καλωδίου. Εάν διαπιστωθεί ότι η μέτρηση της αντίστασης δίνει τιμή εκτός ορίων, με βάση τις τιμές που διακρίνονται στον Πίνακα 2.2, τότε η συσκευή φόρτισης διακόπτει την τροφοδοσία ρεύματος προς το ηλεκτρικό όχημα [15].

Ικανότητα φόρτισης καλωδίου (A)	Ονομαστική τιμή της αντίστασης R_c (ανοχή $\pm 3\%$) (Ω)	Ελάχιστες ωμικές απώλειες αντιστάσεων R_a , R_c (W)	Εύρος αποδεκτών τιμών για τη μέτρηση της αντίστασης R_c από τη συσκευή φόρτισης (Ω)
	Κατάσταση σφάλματος ή αποσύνδεση βύσματος		> 4500
13	1500	0,5	1100 – 2460
20	680	0,5	400 – 936
32	220	1	164 – 308
63 (3Φ) / 70 (1Φ)	100	1	80 – 140
	Κατάσταση σφάλματος		< 60

Πίνακας 2.2: Αναγνώριση ικανότητας φόρτισης καλωδίου

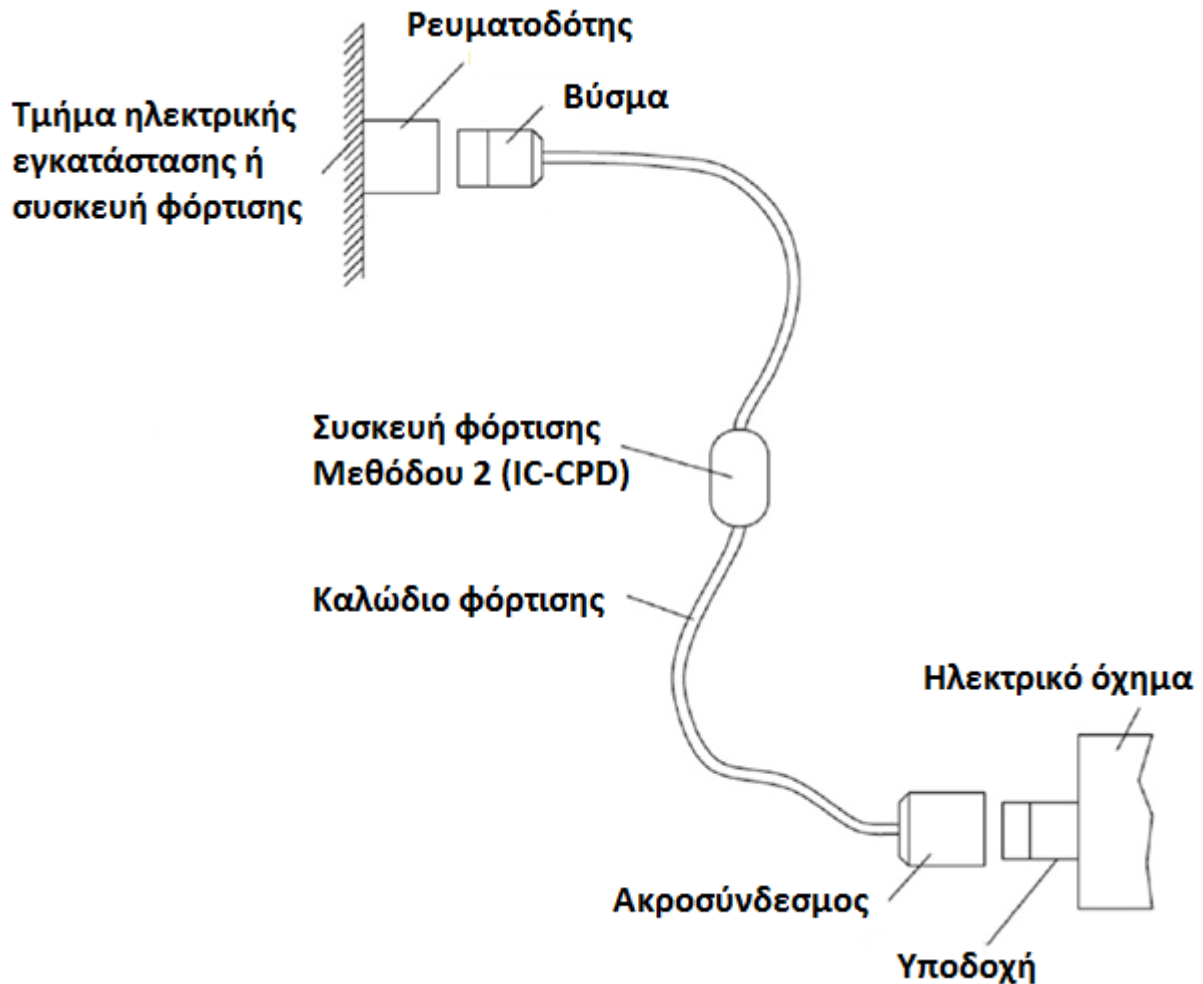
2.3. Εξοπλισμός και εξαρτήματα

Όπως επισημάνθηκε και παραπάνω, με τον όρο συσκευή φόρτισης νοείται όλος ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται για τη φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων από ένα ηλεκτρικό δίκτυο. Ο εν λόγω εξοπλισμός αποτελείται από τα εξής βασικά εξαρτήματα (accessories):

- Σταθμός φόρτισης (charging station): Το στατό μέρος της συσκευής φόρτισης. Στερεώνεται στο έδαφος ή σε τοίχο κτηρίου και συνδέεται με το ηλεκτρικό δίκτυο.
- Καλώδιο φόρτισης (cable assembly): Το μέσο που επιτρέπει τη σύνδεση μεταξύ συσκευής φόρτισης και ηλεκτρικού οχήματος. Μπορεί είτε να είναι μόνιμα συνδεδεμένο σε μια από τις δύο πλευρές, είτε αποσπώμενο. Αποτελείται από ένα εύκαμπτο καλώδιο, τον ακροσύνδεσμο ή/και βύσμα, ανάλογα με τον τρόπο σύνδεσης.
- Βύσμα (plug): Τμήμα του καλωδίου φόρτισης που συνδέεται σε ένα ρευματοδότη. Μπορεί να περιέχει μηχανικά, ηλεκτρικά ή ηλεκτρονικά μέρη και κυκλώματα που εκτελούν λειτουργίες ελέγχου.
- Ρευματοδότης (socket-outlet): Τμήμα της ηλεκτρικής εγκατάστασης ή της συσκευής φόρτισης. Στο ρευματοδότη συνδέεται το βύσμα του καλωδίου φόρτισης.
- Ακροσύνδεσμος (vehicle connector): Τμήμα του καλωδίου φόρτισης που συνδέεται στην υποδοχή του ηλεκτρικού οχήματος.

- Υποδοχή (vehicle inlet): Ενσωματωμένη στο ηλεκτρικό όχημα, εκεί συνδέεται ο ακροσύνδεσμος του καλωδίου φόρτισης.

Στο Σχήμα 2.7 διακρίνονται οι θέσεις των επιμέρους εξαρτημάτων του εξοπλισμού σε μια τυπική διάταξη φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων.



Σχήμα 2.7: Θέσεις εξαρτημάτων εξοπλισμού φόρτισης

Στις επόμενες παραγράφους περιγράφονται οι ελάχιστες απαιτήσεις που πρέπει να πληρούν τα παραπάνω εξαρτήματα ξεχωριστά και κατά τη συνεργασία μεταξύ τους.

2.3.1. Γενικές απαιτήσεις εξοπλισμού

Τα εξαρτήματα πρέπει να είναι σχεδιασμένα και κατασκευασμένα με τέτοιο τρόπο ώστε να διασφαλίζεται η αξιόπιστη λειτουργία αυτών κάτω από κανονικές συνθήκες και να ελαχιστοποιείται η πιθανότητα κινδύνου για το χρήστη και τον περιβάλλοντα χώρο. Η συμμόρφωση του εξοπλισμού ελέγχεται με την διακεκριμένη πλήρωση όλων των σχετικών απαιτήσεων και δοκιμών. Τα εξαρτήματα πρέπει να έχουν επιτύχει σε όλες τις απαραίτητες

δοκιμές για να μπορούν να χρησιμοποιηθούν, ενώ δεν απαιτείται η επανάληψη της δοκιμής κάποιου εξαρτήματος εφόσον αυτή δεν είναι ισχυρότερη από την τελευταία επιτυχημένη.

Κάθε εξάρτημα χαρακτηρίζεται από μια ονομαστική τάση και ένταση ρεύματος λειτουργίας. Για το κύκλωμα ισχύος, η μέγιστη τάση και ένταση λειτουργίας για τα οποία σχεδιάζεται ο εξοπλισμός των συσκευών φόρτισης είναι 480 V AC και 63 A. Τα βοηθητικά κυκλώματα λειτουργούν σε πολύ χαμηλή τάση (SELV - 30 V) και η μέγιστη ένταση, σε αυτά που χρησιμοποιούν οι συσκευές AC φόρτισης, είναι 2 A. Δεν επιτρέπεται η σύνδεση δύο εξαρτημάτων με διαφορετικές ονομαστικές τιμές.

Κατά τη σύνδεση δύο εξαρτημάτων, θα πρέπει να ακολουθείται η εξής διαδοχή για τη σύνδεση επαφών ακροδεκτών:

1. Επαφές αγωγού προστασίας
2. Επαφές ουδέτερου αγωγού
3. Επαφές αγωγού/ών φάσης
4. Επαφές αγωγού ελέγχου

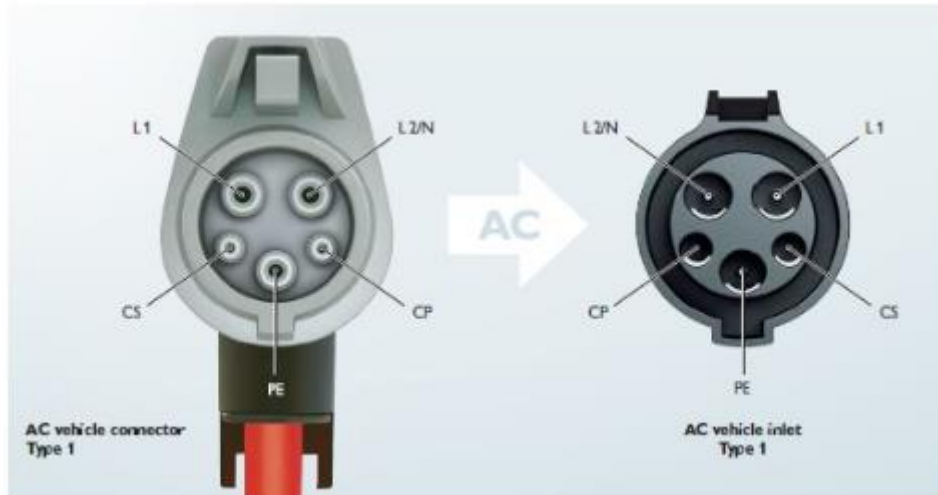
Εάν υπάρχει κύκλωμα εγγύτητας ή διακόπτης, οι επαφές τους συνδέονται μετά τη σύνδεση των επαφών του αγωγού προστασίας και πριν ή ταυτόχρονα με τις επαφές του αγωγού ελέγχου. Η σύνδεση των επαφών του ουδέτερου πρέπει να γίνεται πριν ή ταυτόχρονα με τη σύνδεση των επαφών των αγωγών φάσης. Κατά την αποσύνδεση δύο εξαρτημάτων, η παραπάνω διαδοχή αντιστρέφεται.

Επιπλέον, δεν επιτρέπεται η χρήση προσαρμογέα (adaptor) για τη σύνδεση ενός ακροσυνδέσμου σε μια μη συμβατή υποδοχή οχήματος. Η χρήση προσαρμογέα μπορεί να γίνει μόνο μεταξύ ρευματοδότη της συσκευής φόρτισης και βύσματος καλωδίου φόρτισης και εφόσον είναι εγκεκριμένος από τον κατασκευαστή της συσκευής φόρτισης ή του οχήματος και υπόκειται στους εθνικούς κανονισμούς, εάν υπάρχουν. Κάθε εγκεκριμένος προσαρμογέας πρέπει να αναγράφει τα ειδικά χαρακτηριστικά του και την χρήση για την οποία προορίζεται, ενώ ταυτόχρονα οφείλει να μην επιτρέπει τη μετάβαση από μια μέθοδο φόρτισης σε κάποια άλλη.

2.3.2. Υποδοχές και ακροσύνδεσμοι

Για να επιτυγχάνεται συμβατότητα μεταξύ όλων των συσκευών φόρτισης και των ηλεκτρικών οχημάτων, η IEC έχει προχωρήσει σε τυποποίηση των υποδοχών και ακροσυνδέσμων για την AC και DC φόρτιση των οχημάτων. Τα δημοφιλέστερα τυποποιημένα ζεύγη ακροσυνδέσμων και υποδοχών που προορίζονται για AC φόρτιση, όπως περιγράφονται στα πρότυπα IEC 62196, είναι τα ζεύγη τύπου 1 και τύπου 2. Για κάθε τύπο ακροσυνδέσμου υπάρχει και η αντίστοιχη υποδοχή επί του ηλεκτρικού οχήματος, ώστε να επιτυγχάνεται η συμβατότητα της σύνδεσης μεταξύ της συσκευής φόρτισης και του οχήματος.

Ο ακροσύνδεσμος τύπου 1 (type 1 connector) σχεδιάστηκε αρχικά από την California Air Resources Brand το 2001 και έχει πλέον καθιερωθεί ως ο επικρατέστερος ακροσύνδεσμος σε βόρεια Αμερική και Ιαπωνία. Ονομάζεται αλλιώς και ακροσύνδεσμος J1772, λόγω του ομώνυμου προτύπου στο οποίο περιγράφηκαν για πρώτη φορά τα χαρακτηριστικά του. Διαθέτει 5 ακροδέκτες: L1 (φάση), L2/N (δεύτερη φάση/ουδέτερος), CP (control pilot), PP (proximity pilot) και PE (αγωγός προστασίας).



Σχήμα 2.8: Ακροσύνδεσμος και υποδοχή τύπου 1 [23]

Ο ακροσύνδεσμος τύπου 1 είναι κυκλικός, ενώ η αντίστοιχη υποδοχή φέρει κατάλληλη εγκοπή για την έκκεντρη τοποθέτηση του ακροσυνδέσμου. Ο ακροσύνδεσμος διαθέτει επίσης μηχανικό μανδαλωτή, ώστε να διατηρείται σφηνωμένος μετά την είσοδό του στην υποδοχή του οχήματος. Το κύκλωμα εγγύτητας δεν εκτελεί τη λειτουργία ανάγνωσης της ικανότητας φόρτισης του καλωδίου. Ο συγκεκριμένος τύπος υποστηρίζει μονάχα μονοφασική φόρτιση. Το ρεύμα ονομαστικής λειτουργίας περιορίζεται στα 32 A [24], ενώ σε εφαρμογές στις ΗΠΑ, οι οποίες περιγράφονται στο πρότυπο SAE J1772, το ρεύμα μπορεί να φτάσει μέχρι και 80 A [25].

Ο ακροσύνδεσμος τύπου 2 σχεδιάστηκε στη Γερμανία το 2009 και έχει πλέον καθιερωθεί ως ο επίσημος ακροσύνδεσμος στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Ονομάζεται αλλιώς και ακροσύνδεσμος Mennekes, λόγω της εταιρείας που το σχεδίασε πρώτη. Διαθέτει 7 ακροδέκτες: L1 (φάση), L2 (φάση), L3 (φάση), N (ουδέτερος), CP (control pilot), PP (proximity pilot) και PE (αγωγός προστασίας).



Σχήμα 2.9: Ακροσύνδεσμος και υποδοχή τύπου 2 [23]

Ο ακροσύνδεσμος τύπου 2 είναι κυκλικός με πεπλατυσμένη τη μια πλευρά για την έκκεντρη τοποθέτησή του. Όταν εισέρχεται εντός της υποδοχής, ο ακροσύνδεσμος παραμένει σφηνωμένος χάρη σε μηχανισμό μανδάλωσης που βρίσκεται στην υποδοχή. Ο ίδιος μηχανισμός χρησιμοποιείται για την μανδάλωση του καλωδίου στην πλευρά του σταθμού φόρτισης, μεταξύ του βύσματος και του ρευματοδότη. Το κύκλωμα εγγύτητας εκτελεί τη λειτουργία ανάγνωσης της ικανότητας φόρτισης του καλωδίου, ταυτόχρονα με τη λειτουργία αναγνώρισης εγγύτητας [25]. Ο συγκεκριμένος τύπος υποστηρίζει μονοφασική και τριφασική φόρτιση. Το ρεύμα ονομαστικής λειτουργίας περιορίζεται στα 63 A, ενώ επιτρέπεται η διέλευση ρεύματος μέχρι 70 A σε εφαρμογές μονοφασικής φόρτισης [24].

Εκτός των ακροσυνδέσμων τύπου 1 και 2, υπάρχει ένας ακόμη τυποποιημένος ακροσύνδεσμος, ο ακροσύνδεσμος τύπου 3, του οποίου τα τεχνικά χαρακτηριστικά περιγράφονται πλήρως στο πρότυπο IEC 62196. Σχεδιάστηκε το 2010 από την ένωση EV Plug Alliance, της οποίας υπήρξαν μέλη μεταξύ άλλων οι εταιρίες Scame, Schneider Electric και Legrand. Ονομάζεται αλλιώς και ακροσύνδεσμος Scame. Διαθέτει έως 7 ακροδέκτες, όπως ακριβώς και ο ακροσύνδεσμος τύπου 2 [26].



Σχήμα 2.10: Ακροσύνδεσμοι τύπου 3 για μονοφασική χωρίς CP (αριστερά) και τριφασική φόρτιση (δεξιά)

Ο ακροσύνδεσμος τύπου 3 είναι ωσειδής με πεπλατυσμένη τη μία πλευρά για την έκκεντρη τοποθέτησή του. Όταν εισέρχεται εντός της υποδοχής, ο ακροσύνδεσμος παραμένει σφηνωμένος χάρη σε μηχανισμό μανδάλωσης που βρίσκεται στην υποδοχή. Ο ίδιος μηχανισμός χρησιμοποιείται για την μανδάλωση του καλωδίου στην πλευρά του σταθμού φόρτισης, μεταξύ του βύσματος και του ρευματοδότη. Το κύκλωμα εγγύτητας εκτελεί τη λειτουργία ανάγνωσης της ικανότητας φόρτισης του καλωδίου, ταυτόχρονα με τη λειτουργία αναγνώρισης εγγύτητας [25], ενώ το κύκλωμα ελέγχου και επικοινωνίας μπορεί να μην υποστηρίζεται. Ο συγκεκριμένος τύπος υποστηρίζει μονοφασική και τριφασική φόρτιση. Το ρεύμα ονομαστικής λειτουργίας εξαρτάται από τη φόρτιση και την παρουσία αγωγού ελέγχου. Με άλλα λόγια το μέγιστο ρεύμα λειτουργίας είναι:

- 16 A για μονοφασική φόρτιση χωρίς αγωγό ελέγχου (CP)
- 32 A για μονοφασική φόρτιση με αγωγό ελέγχου
- 63 A για τριφασική φόρτιση

Η χρήση του ακροσυνδέσμου τύπου 3 δεν είναι διαδεδομένη, καθώς επισκιάζεται από τον ακροσύνδεσμο τύπου 2, με τον οποίο διαθέτουν παρόμοια χαρακτηριστικά.

2.3.3. Καλώδιο φόρτισης

Το ηλεκτρικό όχημα συνδέεται με τη συσκευή φόρτισης ή με την κτηριακή ηλεκτρική εγκατάσταση μέσω του καλωδίου φόρτισης. Το καλώδιο φόρτισης πρέπει να είναι κατάλληλο για την εκάστοτε εφαρμογή, καθώς και να μην επιτρέπει τη μετάβαση από μια μέθοδο φόρτισης σε κάποια άλλη.

Για την Περίπτωση Γ (Case C), όπου το καλώδιο φόρτισης είναι μόνιμα συνδεδεμένο στον σταθμό φόρτισης, η μέγιστη τάση και ένταση λειτουργίας του καλωδίου πρέπει να ταυτίζονται με τα αντίστοιχα μεγέθη της συσκευής φόρτισης. Για την Περίπτωση Β, όπου το μέγιστο ρεύμα του καλωδίου φόρτισης προσδιορίζεται μέσω της λειτουργίας ανάγνωσης της ικανότητας φόρτισης από το κύκλωμα εγγύτητας, θα πρέπει η τιμή της εκάστοτε αντίστασης R_c να λαμβάνεται σύμφωνα με τον Πίνακα 2.2 της παραγράφου 2.2.4.

Επιπλέον, δεν επιτρέπεται η επέκταση του ήδη υφιστάμενου εξοπλισμού, όπως για παράδειγμα με χρήση καλωδίου με βύσμα και φορητό ρευματοδότη ή ακροσύνδεσμο (cord extension set - «μπαλαντέζα»), ούτε η σύνδεση ενός ή τμήματος ακροδεκτών ενός βύσματος ή ακροσυνδέσμου με τον αντίστοιχο ενός ρευματοδότη ή υποδοχής χωρίς την σύνδεση των υπολοίπων ακροδεκτών.

Το καλώδιο φόρτισης μπορεί να αποτελείται από ένα ή περισσότερα καλώδια εντός εύκαμπτου σωλήνα. Το καλώδιο μπορεί να διαθέτει μεταλλική θωράκιση, στην οποία να συνδέεται ο

γειωμένος αγωγός προστασίας. Η μόνωση του καλωδίου πρέπει να είναι ανθεκτική στη φθορά και να διατηρεί την ευκαμψία του σε ολόκληρο το εύρος των επιτρεπόμενων θερμοκρασιών που χαρακτηρίζουν τη συσκευή φόρτισης. Η κατασκευή του καλωδίου και των υπόλοιπων εξαρτημάτων πρέπει να διασφαλίζει ότι το καλώδιο δεν μπορεί να ακουμπήσει εκτεθειμένα ή εσωτερικά μεταλλικά μέρη, όπως βίδες, όταν αυτά είναι ηλεκτρικά συνδεδεμένα με εκτεθειμένα μεταλλικά μέρη, εκτός και αν τα εκτεθειμένα μεταλλικά μέρη συνδέονται με τον γειωμένο αγωγό προστασίας.

Το μέγιστο μήκος του καλωδίου προσδιορίζεται από τους κανονισμούς περί ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων ανά χώρα. Στις ΗΠΑ και στην Ελβετία, το μέγιστο μήκος καλωδίου για συσκευές χωρίς σύστημα διαχείρισης καλωδίου είναι 7,5 και 5 μέτρα αντίστοιχα. Η ύπαρξη συστήματος διαχείρισης καλωδίου επιτρέπει την εγκατάσταση καλωδίων με μεγαλύτερο μήκος.

Οι συσκευές φόρτισης με καλώδιο μόνιμα συνδεδεμένο σε αυτές (Περίπτωση Γ) πρέπει να διαθέτουν χώρο αποθήκευσης του καλωδίου και κράτησης του ακροσυνδέσμου, σε ύψος μεταξύ 0,5 και 1,5 μέτρων από το έδαφος, όταν είναι ανενεργές. Θα πρέπει να διασφαλίζεται η αποτροπή υπερθέρμανσης των καλωδίων κατά την αποθήκευσή τους [15].

Τέλος, οι ειδικές απαιτήσεις για τα καλώδια φόρτισης με ενσωματωμένη συσκευή ελέγχου προστασίας (IC-CPD) που χρησιμοποιούνται κατά τη Μέθοδο 2 περιγράφονται αναλυτικά στο πρότυπο IEC 62752. Κατά τη σύνδεση συσκευών IC-CPD προβλέπεται η τοποθέτηση ενός επιτοίχιου “καλαθιού” ή άλλης παρόμοιας διάταξης κάτω από τον ρευματοδότη, ώστε να υποστηρίζει το βάρος της συσκευής IC-CPD. Με αυτό τον τρόπο η συσκευή IC-CPD δεν κρέμεται από το βύσμα που είναι συνδεδεμένο στο ρευματοδότη και έτσι αποφεύγεται η μηχανική καταπόνηση του καλωδίου φόρτισης [27].

2.3.4. Διάταξη ενδοασφάλισης

Η διάταξη ενδοασφάλισης (interlock) είναι μια διάταξη που αποτρέπει τους ενεργούς αγωγούς ενός ρευματοδότη ή ακροσυνδέσμου από το να βρεθούν υπό τάση πριν συνδεθούν σωστά με το βύσμα ή υποδοχή αντίστοιχα. Επιπλέον, αποτρέπει το τράβηγμα του βύσματος ή ακροσυνδέσμου όσο οι ενεργοί αγωγοί βρίσκονται υπό τάση και αποσυνδέει τους ενεργούς αγωγούς από την τροφοδοσία πριν το τράβηγμα και το διαχωρισμό. Αν η διάταξη ενδοασφάλισης περιέχει μηχανισμό μηχανικής μανδάλωσης (latching device), τότε η ενδοασφάλιση γίνεται μηχανικά (mechanical interlock), ενώ σε αντίθεση περίπτωση γίνεται ηλεκτρικά (electrical interlock). Τα εξαρτήματα διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, σε αυτά που διαθέτουν διάταξη ενδοασφάλισης και σε αυτά που δεν διαθέτουν.

Τα ζεύγη βύσματος – ρευματοδότη και ακροσυνδέσμου – υποδοχής πρέπει να κατασκευάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε τα πρώτα να μην μπορούν να τραβηχτούν έξω από τα τελευταία όσο οι ενεργοί αγωγοί από την πλευρά του δικτύου βρίσκονται υπό τάση, ενώ οι επαφές των αγωγών από την πλευρά του δικτύου δεν πρέπει να βρεθούν υπό τάση εφόσον δεν έχει επιτευχθεί ομαλή

σύνδεση των ζευγών. Οι επαφές των ενεργών αγωγών δεν πρέπει να συνδέονται ή να αποσυνδέονται υπό φορτίο. Η διάταξη ενδοασφάλισης φροντίζει ώστε όλα τα παραπάνω να λαμβάνουν χώρα υπό κανονικές συνθήκες.

Τα εξαρτήματα με διάταξη ηλεκτρικής ενδοασφάλισης πρέπει να κατασκευάζονται με τέτοιο τρόπο, ώστε το χρονικό διάστημα μεταξύ του ανοίγματος των επαφών των ηλεκτρονικών διακοπών και του ανοίγματος των επαφών των κύριων ακροδεκτών να είναι αρκετό για να εξασφαλίζεται ότι οι μηχανικοί διακόπτες διακόπτουν το ρεύμα προτού οι επαφές του βύσματος αποσυνδεθούν από τις επαφές του ρευματοδότη. Επιπλέον, κατά το κλείσιμο των επαφών, θα πρέπει οι επαφές των ηλεκτρονικών διακοπών να κλείσουν ταυτόχρονα ή μετά το κλείσιμο των επαφών των κυρίων ακροδεκτών.

Κατά τους τύπους ακροσυνδέσεων 2 και 3 είναι επιτακτική η ύπαρξη μηχανισμού μηχανικής μανδάλωσης για την αποτροπή ανεπιθύμητης ή αθέμιτης αποσύνδεσης. Η συσκευή φόρτισης πρέπει να αντιλαμβάνεται ότι η ενδοασφάλιση εκτελείται ορθά.

2.3.5. Βαθμός Προστασίας IP

Κάθε τμήμα ενός εξοπλισμού, ηλεκτρολογικού ή μηχανολογικού, χαρακτηρίζεται από ένα βαθμό προστασίας, το λεγόμενο IP (International Protection). Ο βαθμός IP δηλώνει το πόσο προστατευμένο είναι το εν λόγω τμήμα του εξοπλισμού έναντι διείσδυσης άλλων σωμάτων, όπως μέρη του ανθρώπινου σώματος, αντικείμενα, σκόνη, σταγονίδια υγρού κλπ. Ο βαθμός IP είναι της μορφής IPXX, όπου το πρώτο ψηφίο παριστάνει το επίπεδο προστασίας που παρέχεται ενάντια στην είσοδο ξένων αντικειμένων και την ασφάλεια του προσωπικού, ενώ το δεύτερο ψηφίο αντιστοιχεί στην προστασία που παρέχεται από την εισχώρηση νερού που μπορεί να προκαλέσει βλάβη ή δυσλειτουργία του εξοπλισμού. Στον Πίνακα διακρίνονται οι πληροφορίες που αναπαρίστανται με κάθε ψηφίο.

	1 ^ο ΨΗΦΙΟ		2 ^ο ΨΗΦΙΟ
	Προστασία από την επαφή με το ανθρώπινο σώμα	Προστασία από την διείσδυση ξένων σωμάτων	Προστασία από την διείσδυση νερού
0	Καμία προστασία	Καμία προστασία	Καμία προστασία
1	Αποκλείεται η επαφή με το σώμα αλλά μπορούν να εισέρθουν τα δάχτυλα	Δεν εισέρχονται αντικείμενα διαμέτρου άνω των 50 mm	Δεν εισέρχονται σταγόνες που πέφτουν κατακόρυφα
2	Αποκλείεται η επαφή με το δάκτυλο	Δεν εισέρχονται αντικείμενα διαμέτρου άνω των 12 mm	Δεν εισέρχονται σταγόνες που πέφτουν με κλίση 15° ως προς την κατακόρυφο
3	Αποκλείεται η επαφή μέσω εργαλείων άνω των 2,5 mm	Δεν εισέρχονται αντικείμενα διαμέτρου άνω των 2,5 mm	Δεν εισέρχονται σταγόνες που πέφτουν με κλίση 60° ως προς την κατακόρυφο
4	Αποκλείεται η επαφή μέσω εργαλείων άνω	Δεν εισέρχονται αντικείμενα διαμέτρου	Δεν εισέρχονται υγρό που ψεκάζεται από όλες τις κατευθύνσεις

	του 1 mm	άνω του 1 mm	
5	Αποκλείεται παντελώς η επαφή	Δεν εισέρχεται σκόνη ώστε να κατακάθεται στο εσωτερικό	Δεν εισέρχονται νερό που πέφτει υπό μορφή δέσμης από όλες τις κατευθύνσεις
6	Αποκλείεται παντελώς η επαφή	Δεν εισέρχεται καθόλου σκόνη	Δεν εισέρχεται νερό από παροδική πλημμύρα
7	-	-	Δεν εισέρχεται νερό σε παροδικό εμβατισμό υπό δοσμένη πίεση και χρόνο
8	-	-	Δεν εισέρχεται νερό σε μόνιμο εμβατισμό υπό δοσμένη πίεση

Πίνακας 2.3: Ορισμός βαθμού προστασίας IP [28]

Όσον αφορά τον εξοπλισμό που χρησιμοποιείται για την φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων, οι ελάχιστοι βαθμοί προστασίας που πρέπει να διαθέτουν οι συσκευές φόρτισης και ο επιμέρους εξοπλισμός τους, ανάλογα με τη χρήση για την οποία προορίζονται, αποτυπώνονται στον Πίνακα 2.4, σύμφωνα με το πρότυπο IEC 61851-1:2017.

Περιγραφή εξοπλισμού	Βαθμός προστασίας (IP)	
	Εσωτερική χρήση	Εξωτερική χρήση
Εξωτερικό κάλυμμα συσκευής φόρτισης	IP41	IP44
Ακροσύνδεσμος κατά τη ζεύξη του εντός της υποδοχής του οχήματος	IP21	IP44
Βύσμα καλωδίου φόρτισης κατά τη ζεύξη του σε ρευματοδότη	IP21	IP44
Ελεύθερος ακροσύνδεσμος για την Περίπτωση Γ	IP21	IP24
Ελεύθερος ακροσύνδεσμος για την Περίπτωση Β	IP24	IP24
Ρευματοδότης χωρίς συνδεδεμένο βύσμα	-	IP24

Πίνακας 2.4 : Βαθμοί προστασίας εξοπλισμού συσκευών φόρτισης [15]

Επιπλέον, οι συσκευές φόρτισης πρέπει να είναι επιπέδου ρύπανσης 2 ή 3 όταν προορίζονται για εσωτερική ή εξωτερική χρήση αντίστοιχα.

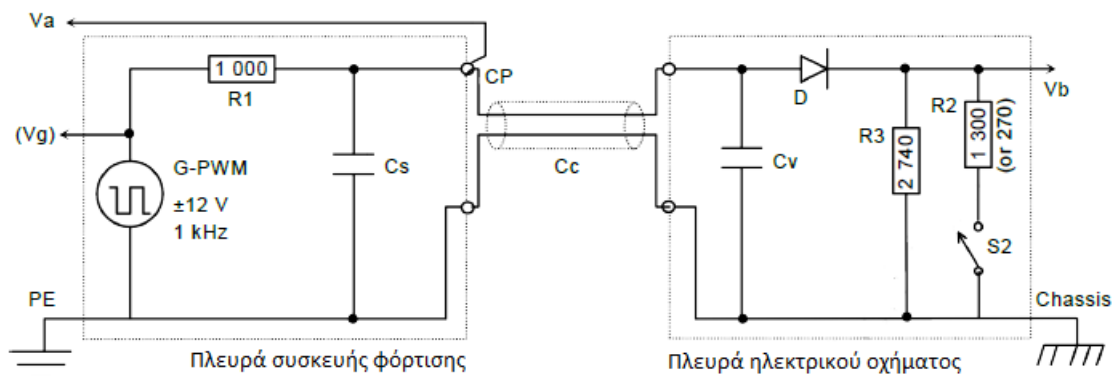
2.4. Επικοινωνία συσκευής - οχήματος

Οι συσκευές φόρτισης που εφαρμόζουν τις μεθόδους φόρτισης 2 και 3 χρησιμοποιούν το κύκλωμα ελέγχου και επικοινωνίας για την επικοινωνία μεταξύ αυτών και των μετατροπέων που βρίσκονται εντός του ηλεκτρικού οχήματος. Κατά την AC φόρτιση η επικοινωνία μεταξύ συσκευής φόρτισης και οχήματος γίνεται κατ' ελάχιστο σε χαμηλό επίπεδο, με βάση την τεχνική

PWM που περιγράφεται παρακάτω. Η ψηφιακή επικοινωνία κατά την AC φόρτιση είναι προαιρετική.

2.4.1. Τεχνική PWM

Η επικοινωνία χαμηλού επιπέδου μεταξύ συσκευής φόρτισης και ηλεκτρικού οχήματος υλοποιείται με βάση την τεχνική διαμόρφωσης εύρους παλμών (pulse width modulation – PWM) Στο Σχήμα 2.11 παριστάνεται σχηματικά η τυπική μορφή του κυκλώματος ελέγχου και επικοινωνίας με χρήση της τεχνικής PWM.



Υπόμνημα

G-PWM	Γεννήτρια σήματος PWM	Vb	Μέτρηση τάσης, κύκλου λειτουργίας και συχνότητας στο όχημα
Va	Τάση του αγωγού ελέγχου στην έξοδο της συσκευής	CP	Ακροδέκτης αγωγού ελέγχου
Vg	Τάση εξόδου της γεννήτριας σήματος PWM	Chassis	Σύνδεση στο σασί του οχήματος
R1,Cs	Παθητικά στοιχεία συσκευής φόρτισης		
R2,R3,Cv,D	Παθητικά στοιχεία ηλεκτρικού οχήματος		

Σχήμα 2.11: Κύκλωμα ελέγχου και επικοινωνίας – τεχνική PWM

Όπως διακρίνεται και στο παραπάνω σχήμα, η συσκευή φόρτισης διαθέτει μια γεννήτρια παραγωγής σημάτων (G-PWM), η οποία ρυθμίζει το πλάτος και το εύρος των παλμών. Οι παλμοί δημιουργούν ένα σήμα το οποίο οδεύει μέσω του αγωγού ελέγχου από τη συσκευή φόρτισης προς το όχημα. Ο κύκλος λειτουργίας (duty cycle) του σήματος, ο οποίος ρυθμίζεται από την γεννήτρια σήματος της συσκευής φόρτισης, καθορίζει το μέγιστο ρεύμα που δύναται να ζητήσει ο μετατροπέας του οχήματος για την φόρτιση του συσσωρευτή του, λαμβάνοντας υπόψη τους περιορισμούς που θέτουν η μέθοδος φόρτισης και η ικανότητα φόρτισης του καλωδίου. Η τιμή που μεταδίδεται μέσω του κύκλου λειτουργίας μπορεί να μεταβληθεί εντός ενός εύρους τιμών, χωρίς να παραβιάζεται το όριο του μέγιστου επιτρεπόμενου ρεύματος.

Η συσκευή φόρτισης μπορεί να ανοίξει το κύκλωμα ισχύος μέσω διακόπτη σε περίπτωση που το όχημα τραβά ρεύμα μεγαλύτερο από αυτό που υποδεικνύει ο κύκλος λειτουργίας του σήματος

PWM. Σε αυτή την περίπτωση, ο μέγιστος επιτρεπόμενος χρόνος αντίδρασης ορίζεται στα 5 δευτερόλεπτα από την έναρξη της κατάστασης που επέβαλλε την αλλαγή του κύκλου λειτουργίας, ενώ το μέγιστο επιτρεπόμενο σφάλμα μέτρησης του κύκλου λειτουργίας από τον μετατροπέα του οχήματος ορίζεται στα 15% [15].

Η τάση V_a , δηλαδή η τάση του ακροδέκτη του αγωγού ελέγχου, μεταβάλλεται καθώς συνδέονται ή αποσυνδέονται τα παθητικά στοιχεία του κυκλώματος από την πλευρά του οχήματος. Με αυτό τον τρόπο το όχημα αντιδρά στα σήματα που διαχειρίζεται η συσκευή φόρτισης. Ανάλογα με το πλάτος της τάσης διακρίνονται έξι καταστάσεις λειτουργίας, οι οποίες περιγράφονται στον Πίνακα 2.5.

Ονομαστική τιμή τάσης V_a (V)	Κατάσταση	Σύνδεση συσκευής - οχήματος	Διακόπτης S2	Ετοιμότητα οχήματος για τροφοδοσία	Ετοιμότητα συσκευής για τροφοδότηση	Παρατηρήσεις
12	A	Όχι	-	Όχι	Όχι	Δεν υπάρχει σύνδεση συσκευής - οχήματος
9	B	Ναι	Ανοικτός	Όχι	Αδιάφορο	Το όχημα συνδέεται στη συσκευή αλλά δεν είναι έτοιμο για φόρτιση
6	C	Ναι	Κλειστός	Ναι	Αδιάφορο	Το όχημα είναι έτοιμο για φόρτιση. Δεν απαιτείται αερισμός
3	D	Ναι	Κλειστός	Ναι	Αδιάφορο	Το όχημα είναι έτοιμο για φόρτιση. Απαιτείται αερισμός
0	E	-	-	-	Όχι	Σφάλμα 1
-12	F	-	-	-	Όχι	Σφάλμα 2

Πίνακας 2.5: Καταστάσεις συστήματος ελέγχου

Με βάση τον Πίνακα 2.5, προκύπτει η εξής λογική ακολουθία καταστάσεων: Όταν ο ακροσύνδεσμος του καλωδίου της συσκευής φόρτισης συνδέεται στην υποδοχή του οχήματος, το σύστημα μεταβαίνει από την Κατάσταση A στην Κατάσταση B. Όταν το όχημα είναι έτοιμο να τροφοδοτηθεί με ηλεκτρική ισχύ, τότε κλείνει ο διακόπτης S2 και το σύστημα μεταβαίνει από την Κατάσταση B σε μία από τις Καταστάσεις C και D, ανάλογα με την ανάγκη ύπαρξης αερισμού για την ασφαλή φόρτιση του οχήματος. Οι τιμές των παθητικών στοιχείων και οι χρόνοι ανόδου και καθόδου των παλμών καθορίζονται στο πρότυπο IEC 61851-1 [15]. Όσον αφορά τις Καταστάσεις E και F, το Σφάλμα 1 σχετίζεται με καταστάσεις απρόσμενου σφάλματος, όπως αδυναμία τροφοδότησης της συσκευής φόρτισης από το ηλεκτρικό δίκτυο (πχ. σε black-out) ή βραχυκύκλωμα μεταξύ του αγωγού ελέγχου και του αγωγού προστασίας, ενώ το Σφάλμα 2 δημιουργείται σκόπιμα από τη συσκευή φόρτισης για να σηματοδοτήσει μια κατάσταση βλάβης, όπως για παράδειγμα όταν προκύπτει ανάγκη επιδιόρθωσης ή συντήρησης της συσκευής. Στο σημείο αυτό τονίζεται ότι οι πραγματικές τιμές μέτρησης της τάσης V_a μπορούν να έχουν απόκλιση ± 1 V από την αναγραφόμενη ονομαστική, καθώς πρέπει να υπάρχει

ανοχή στο θόρυβο και σε παρασιτικές χωρητικότητες του κυκλώματος κατά τη μέτρηση του πλάτους του σήματος.

Μερικά ηλεκτρικά οχήματα, συνήθως παλαιότερης έκδοσης, χρησιμοποιούν απλοποιημένο κύκλωμα ελέγχου και επικοινωνίας (simplified control pilot circuit), από το οποίο απουσιάζει ο κλάδος της αντίστασης R2 και του διακόπτη S2. Τα οχήματα αυτά δεν μπορούν να δημιουργήσουν την Κατάσταση Β. Σε αυτή την περίπτωση, η λειτουργία της συσκευής φόρτισης παραμένει η ίδια σε σχέση με αυτή του κανονικού κυκλώματος ελέγχου και επικοινωνίας, ενώ το όχημα μπορεί να μετρήσει κανονικά τον κύκλο λειτουργίας που διαμορφώνει η συσκευή. Ένα όχημα με απλοποιημένο κύκλωμα ελέγχου και επικοινωνίας οφείλει να περιορίζεται σε μονοφασική φόρτιση με μέγιστο ρεύμα μέχρι 10 A. Το απλοποιημένο κύκλωμα δεν ενδείκνυται για χρήση σε ηλεκτρικά οχήματα νέας τεχνολογίας, ενώ σε μερικές χώρες όπως οι ΗΠΑ και η Ελβετία η χρήση του είναι απαγορευμένη.

Στον Πίνακα 2.6 αναλύεται ο τρόπος που καθορίζεται το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα φόρτισης με βάση τον κύκλο λειτουργίας των σημάτων PWM.

Μέγιστο ρεύμα I_{av}	Ονομαστικός κύκλος λειτουργίας D_N	Περιγραφή
$I_{av}=0$ A	$D_N = 0\%$	Συνεχή -12 V, μη διαθέσιμη συσκευή φόρτισης, Κατάσταση F
	$D_N = 100\%$	Μη διαθέσιμο ρεύμα
Το μέγιστο ρεύμα καθορίζεται από ψηφιακή επικοινωνία.	$D_N = 5\%$	Απαιτείται ψηφιακή επικοινωνία μεταξύ συσκευής και οχήματος για την έναρξη της τροφοδότησης. Εάν δεν μπορεί να επιτευχθεί, τότε η συσκευή φόρτισης: <ul style="list-style-type: none"> • Παραμένει σε $D_N = 5\%$ ή • Αλλάζει σε $D_N = 100\%$ για τουλ. 3 s ή • Αλλάζει σε $D_N = 100\%$ για τουλ. 3 s και στη συνέχεια $10\% \leq D_N \leq 96\%$
6 A $\leq I_{av} \leq 51$ A	$D_N = I_{av}/0,6$	$10\% \leq D_N \leq 85\%$
51 A $\leq I_{av} \leq 80$ A	$D_N = (I_{av}/2,5 + 64)$	$85\% \leq D_N \leq 96\%$

Πίνακας 2.6: Εύρη κύκλων λειτουργίας του σήματος PWM και καθορισμός μέγιστου ρεύματος

Στην παρούσα παράγραφο έγινε προσπάθεια για μια συνοπτική παρουσίαση των βασικών αρχών λειτουργίας του συστήματος επικοινωνίας με χρήση της τεχνικής PWM, όπως υλοποιείται στις συσκευές AC φόρτισης. Εκτενής και λεπτομερής αναφορά στην λειτουργία του εν λόγω συστήματος και στα τεχνικά χαρακτηριστικά του γίνεται στο Παράρτημα Α (Annex A) του προτύπου IEC 61851-1 [15].

2.4.2. Πρωτόκολλο LIN

Η ελάχιστη απαίτηση για την επικοινωνία μεταξύ συσκευών AC φόρτισης και ηλεκτρικών οχημάτων καλύπτεται με την εφαρμογή της τεχνικής PWM, όπως περιγράφεται παραπάνω. Παρ' όλα αυτά, πολλές συσκευές και οχήματα υποστηρίζουν και το πρωτόκολλο LIN (Local

Interconnect Network), το οποίο υλοποιείται μέσω του ίδιου κυκλώματος ελέγχου και επικοινωνίας (control pilot circuit). Αυτό κάνει εύκολη την ενσωμάτωσή του σε συσκευές φόρτισης και οχήματα που εφαρμόζουν ήδη την τεχνική PWM.

Το πρωτόκολλο LIN είναι ένα ψηφιακό σύστημα επικοινωνίας που επιτρέπει την αμφίδρομη επικοινωνία μεταξύ της συσκευής φόρτισης και του ηλεκτρικού οχήματος. Η ψηφιακή επικοινωνία μεταξύ των δύο πλευρών είναι απαραίτητη προϋπόθεση σε εφαρμογές έξυπνης φόρτισης. Ενδεικτικά αναφέρονται τα εξής χαρακτηριστικά του πρωτοκόλλου LIN:

- Αμφίδρομη ψηφιακή επικοινωνία και τοπικός έλεγχος μεταξύ συσκευής φόρτισης και ηλεκτρικού οχήματος.
- Ξεχωριστός έλεγχος των ορίων φόρτισης για μονοφασική και τριφασική φόρτιση, καθώς και έλεγχος ασύμμετρης φόρτισης.
- Το ηλεκτρικό όχημα μπορεί να υποδειξεί την τιμή του επιθυμητού ρεύματος που θέλει να τραβήξει, επιτρέποντας έτσι καλύτερο συντονισμό στα συστήματα διαχείρισης ενέργειας.
- Καλύτερα σχεδιασμένη διαχείριση αναμονής (sleep mode).
- Χαμηλότερο κόστος, μικρότερη πολυπλοκότητα, υψηλότερη αξιοπιστία.
- Βασική ονομαστική ταχύτητα επικοινωνίας: 20 kbit/s.
- Η συσκευή φόρτισης και το ηλεκτρικό όχημα μπορούν να ανταλλάξουν πληροφορίες διαγνωστικού περιεχομένου.

Οι συσκευές φόρτισης μπορούν να είναι σχεδιασμένες με τέτοιο τρόπο, ώστε να υλοποιούν τόσο την τεχνική PWM, όσο και το πρωτόκολλο LIN, μέσω του ίδιου κυκλώματος ελέγχου και επικοινωνίας. Κατά συνέπεια, είναι δυνατή η συνδεσιμότητα οχημάτων που υλοποιούν τουλάχιστον ένα από τα δύο συστήματα επικοινωνίας. Η συσκευή φόρτισης πρέπει να είναι σε θέση να αναγνωρίζει ποιο από τα δύο χρησιμοποιεί το συνδεδεμένο ηλεκτρικό όχημα και να προσαρμόσει αναλόγως τη λειτουργία της. Το πρωτόκολλο LIN δεν υποστηρίζει την εφαρμογή σε απλοποιημένο κύκλωμα ελέγχου και επικοινωνίας από την πλευρά του οχήματος, επομένως σε μια τέτοια περίπτωση η συσκευή φόρτισης επιχειρεί την επικοινωνία μέσω της τεχνικής PWM. Εάν ανιχνευθεί η Κατάσταση Β, τότε η συσκευή επιχειρεί την επικοινωνία μέσω LIN και την εγκαθιδρύει, εφόσον το όχημα ανταποκριθεί καταλλήλως. Σε αντίθετη περίπτωση, επιχειρεί την επικοινωνία μέσω PWM. Εάν το όχημα δεν ανταποκρίνεται ούτε σε σήματα PWM, τότε η συσκευή εναλλάσσει τα σήματα αποστολής μεταξύ LIN και PWM μέχρι την ανταπόκριση του οχήματος σε κάποιο από αυτά. Φυσικά για όλο το χρονικό αυτό διάστημα δεν υπάρχει τροφοδότηση ηλεκτρικής ενέργειας από τη συσκευή προς τους συσσωρευτές του οχήματος.

Εκτενής και λεπτομερής αναφορά στην λειτουργία του συστήματος που υλοποιεί το πρωτόκολλο LIN και στα τεχνικά χαρακτηριστικά του γίνεται στο Παράρτημα D (Annex D) του προτύπου IEC 61851-1 [15].

2.5. Διατάξεις προστασίας

Στις επόμενες παραγράφους παρουσιάζονται οι απαιτήσεις που πρέπει να πληρούνται όσον αφορά την προστασία του συστήματος φόρτισης έναντι υπερέντασης και υπέρτασης, καθώς και για την προστασία των χρηστών έναντι ηλεκτροπληξίας. Η προστασία έναντι των παραπάνω επιτυγχάνεται με την εγκατάσταση ειδικών συσκευών ή διατάξεων προστασίας σε κατάλληλο σημείο του κυκλώματος, που αυτό μπορεί να βρίσκεται είτε εντός του σταθμού φόρτισης είτε στο τμήμα του κυκλώματος της σταθερής ηλεκτρικής εγκατάστασης από την οποία τροφοδοτείται η συσκευή φόρτισης.

Μια συσκευή φόρτισης μπορεί να διαθέτει ένα ή παραπάνω σημεία σύνδεσης (connecting points), όπου σε κάθε ένα μπορεί να συνδεθεί ένα ηλεκτρικό όχημα. Για κάθε μια διάταξη προστασίας καθορίζεται εάν απαιτείται ξεχωριστή προστασία κάθε σημείου σύνδεσης ή κοινή προστασία για όλα τα σημεία σύνδεσης.

2.5.1. Προστασία έναντι υπερέντασης

Η υπερένταση σε μία γραμμή ενός κυκλώματος διακρίνεται σε υπερφόρτιση, όταν εμφανίζεται χωρίς να υπάρχει σφάλμα μόνωσης, και σε βραχυκύκλωμα, όταν εμφανίζεται στην περίπτωση σφάλματος μόνωσης με αμελητέα σύνθετη αντίσταση, μεταξύ ενεργών αγωγών οι οποίοι υπό κανονικές συνθήκες λειτουργίας έχουν μια διαφορά δυναμικού [20]. Για την προστασία έναντι υπερέντασης απαιτείται η εγκατάσταση μιας διάταξης που προστατεύει τόσο από υπερφόρτιση όσο και από βραχυκύκλωμα. Η διάταξη μπορεί να αποτελείται είτε από μια συσκευή που εξασφαλίζει ταυτόχρονη προστασία από υπερφορτίσεις και βραχυκυκλώματα είτε από συνδυασμό συσκευών που εξασφαλίζουν μεμονωμένη προστασία. Οι συσκευές προστασίας πρέπει να είναι σύμφωνες με τα πρότυπα IEC 60947-2, IEC 60947-6-2 ή IEC 61009-1 ή IEC 60898 ή IEC 60269.

Σε χώρες όπως οι ΗΠΑ, η Ιαπωνία και ο Καναδάς, οι διατάξεις προστασίας από υπερένταση υπόκεινται στους αντίστοιχους τοπικούς κανονισμούς. Στην Ελλάδα, για την ταυτόχρονη προστασία έναντι υπερφορτίσεων και βραχυκυκλωμάτων σε ηλεκτρικές εγκαταστάσεις χρησιμοποιούνται κυρίως μικροαυτόματοι διακόπτες. Ο ΔΕΔΔΗΕ επιβάλλει τη χρήση μικροαυτόματων καμπύλης C, επιπέδου ρύπανσης 3, σε σταθμούς φόρτισης που λειτουργούν με τη Μέθοδο 3 [12].

Οι συσκευές προστασίας μπορούν να βρίσκονται είτε εντός της συσκευής φόρτισης, είτε στο τμήμα του κυκλώματος της ηλεκτρολογικής εγκατάστασης, πχ σε πίνακα διανομής, είτε και στα δύο. Εάν η συσκευή φόρτισης διαθέτει παραπάνω του ενός σημεία σύνδεσης που συνδέονται σε κοινή παροχή εντός της συσκευής φόρτισης και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ταυτόχρονα, τότε θα πρέπει το κάθε ένα να διαθέτει ξεχωριστή διάταξη προστασίας από υπερένταση. Εάν τα σημεία σύνδεσης δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν ταυτόχρονα, τότε είναι δυνατή η

εγκατάσταση μιας κοινής διάταξης προστασίας [15]. Εφόσον υπάρχουν δύο διατάξεις προστασίας σε σειρά, θα πρέπει να υπάρχει επιλεκτική συνεργασία μεταξύ αυτών.

2.5.2. Προστασία έναντι σφαλμάτων διαρροής προς τη γη

Σύμφωνα με το πρότυπο IEC 60364-4-41, τα μέτρα που πρέπει να παίρνει μια ηλεκτρική εγκατάσταση για την προστασία από σφάλματα διαρροής προς τη γη που μπορούν να προκαλέσουν ηλεκτροπληξία στους χρήστες είναι τα εξής:

- Αυτόματη αποσύνδεση της τροφοδοσίας
- Διπλή ή ενισχυμένη μόνωση
- Ηλεκτρική απομόνωση για την τροφοδοσία ενός αντικειμένου
- Πολύ χαμηλή τάση λειτουργίας (SELV-PELV)

Στην περίπτωση των συσκευών φόρτισης, η ηλεκτρική απομόνωση επιτυγχάνεται όταν υπάρχει ξεχωριστό ηλεκτρικά απομονωμένο κύκλωμα για κάθε όχημα που συνδέεται, μέσω μετασχηματιστή απομόνωσης. Η πολύ χαμηλή τάση λειτουργίας χρησιμοποιείται στα βοηθητικά κυκλώματα του συστήματος φόρτισης, όπως στο κύκλωμα ελέγχου & επικοινωνίας και το κύκλωμα εγγύτητας.

Η αυτόματη αποσύνδεση της τροφοδοσίας επιτυγχάνεται με τη χρήση διακοπών διαφορικού ρεύματος (residual current devices–RCD) ή εν συντομία ΔΔΡ. Κάθε σημείο σύνδεσης μιας συσκευής φόρτισης πρέπει να προστατεύεται από ξεχωριστό ΔΔΡ, εφόσον προβλέπεται ταυτόχρονη χρήση αυτών. Μια συσκευή φόρτισης που περιέχει ΔΔΡ και δεν χρησιμοποιεί ηλεκτρική απομόνωση πρέπει να πληροί τα εξής:

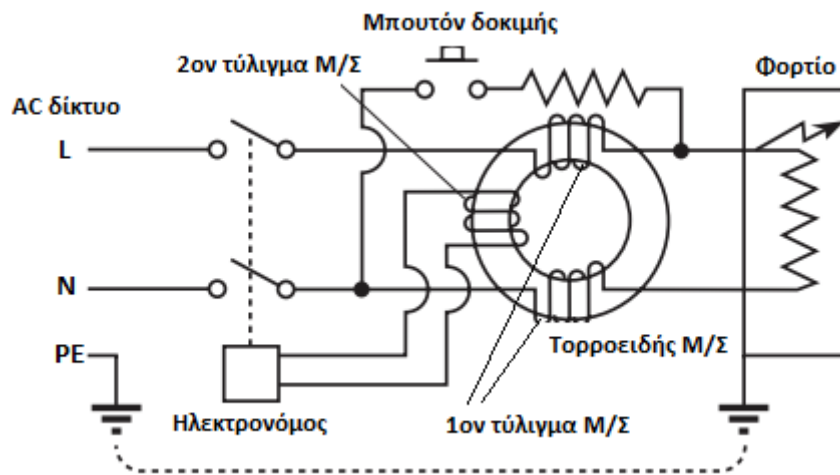
- Κάθε σημείο σύνδεσης πρέπει να προστατεύεται από ΔΔΡ με ονομαστικό ρεύμα ενεργοποίησης που δεν υπερβαίνει τα 30 mA.
- Ο ΔΔΡ πρέπει να είναι τουλάχιστον τύπου A.
- Ο ΔΔΡ πρέπει να αποσυνδέουν όλους τους ενεργούς αγωγούς.

Σε περίπτωση όπου η συσκευή φόρτισης είναι εξοπλισμένη με ρευματοδότη ή ακροσύνδεσμο για AC φόρτιση, θα πρέπει να ληφθούν προστατευτικά μέτρα ενάντια σε DC ρεύματα διαρροής. Τα μέτρα αυτά είναι τα εξής:

- ΔΔΡ τύπου B ή
- ΔΔΡ τύπου A σε συνεργασία με ειδική διάταξη που εξασφαλίζει την αποσύνδεση της τροφοδοσίας σε περίπτωση που εντοπιστεί συνεχές ρεύμα διαρροής (direct fault current) μεγαλύτερο των 6 mA.

Οι παραπάνω απαιτήσεις ορίζονται στο πρότυπο IEC 61851-1 [15]. Η αρχή λειτουργίας των ΔΔΡ τύπου A στηρίζεται στην σύνδεση των ενεργών αγωγών (φάσεις και ουδέτερος) του

κυκλώματος στο πρωτεύον τύλιγμα ενός τοροειδή μετασχηματιστή, ενώ το δευτερεύον τύλιγμα αυτού συνδέεται ηλεκτρικά με έναν ηλεκτρονόμο, οι επαφές του οποίου βρίσκονται στο κύκλωμα ισχύος, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.12. Υπό κανονική λειτουργία, το αλγεβρικό άθροισμα των ρευμάτων μεταξύ των ενεργών αγωγών είναι μηδέν, αυτοί παράγουν ίσες και αντίθετες μαγνητικές ροές στον πυρήνα του μετασχηματιστή και ως αποτέλεσμα δεν επάγεται ρεύμα στο δευτερεύον τύλιγμα. Αντίθετα, σε περίπτωση σφάλματος όπου ηλεκτρικό ρεύμα ρέει μέσω του αγωγού προστασίας, το αλγεβρικό άθροισμα των ρευμάτων των ενεργών αγωγών είναι μη μηδενικό, παράγεται μαγνητική ροή στον πυρήνα του μετασχηματιστή και επάγεται ρεύμα στο δευτερεύον τύλιγμα, το οποίο ενεργοποιεί τον ηλεκτρονόμο, με συνέπεια να ανοίξουν οι επαφές του κυκλώματος ισχύος και να αποσυνδεθεί το φορτίο από την τροφοδοσία. Κάθε ΔΔΡ χαρακτηρίζεται από ένα ονομαστικό ρεύμα ενεργοποίησης, που ισούται με το διαφορικό ρεύμα που ρέει διαμέσου του αγωγού προστασίας.



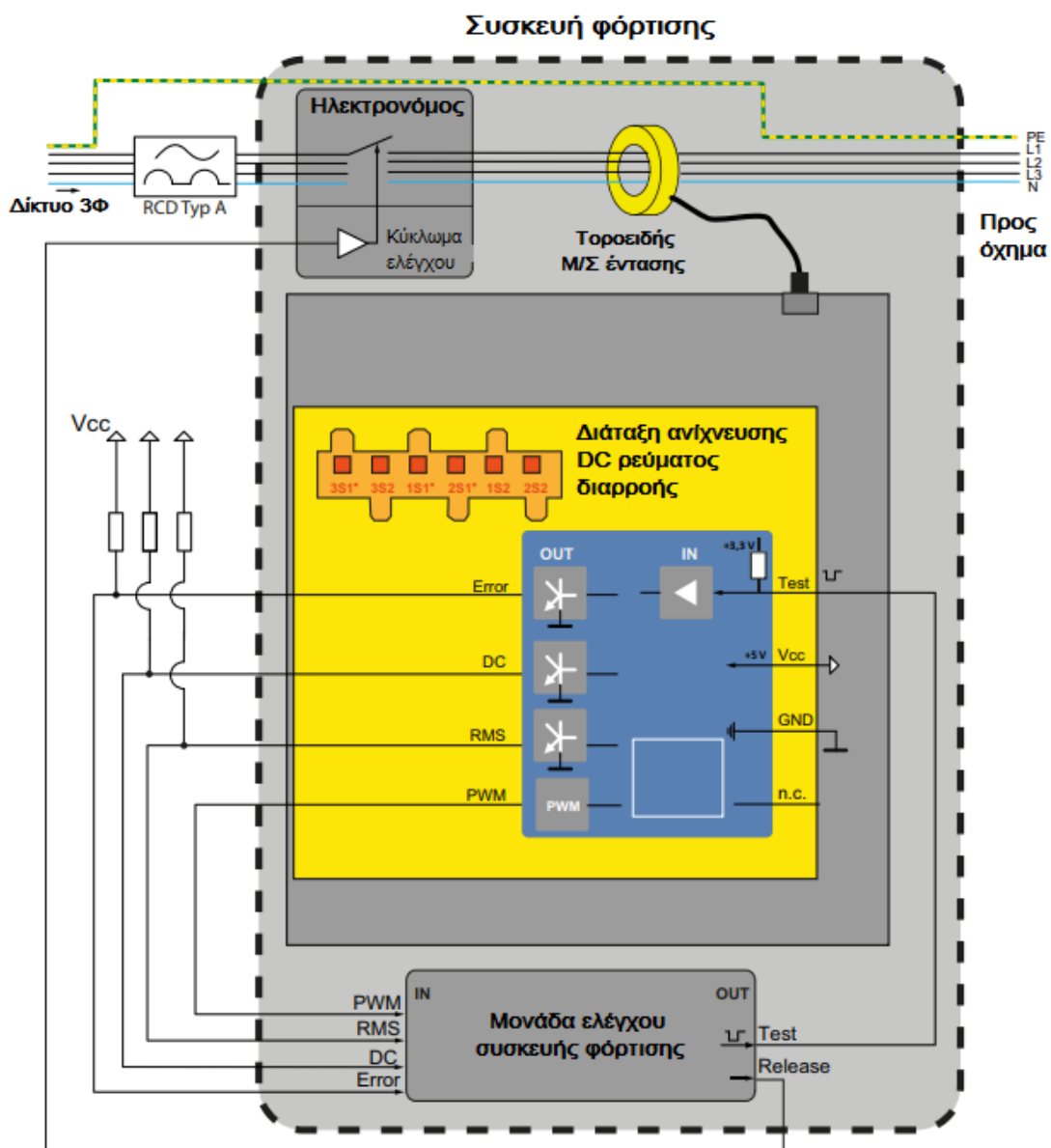
Σχήμα 2.12: Σχηματική απεικόνιση εσωτερικού κυκλώματος ΔΔΡ [29]

Οι ΔΔΡ συνδέονται μόνο σε τμήμα δικτύου AC. Μπορούν να εγκατασταθούν είτε εντός της συσκευής φόρτισης είτε στο τμήμα της κτηριακής ηλεκτρικής εγκατάστασης, είτε και στα δύο. Για τη Μέθοδο 1, επιβάλλεται η εγκατάστασή τους σε κάποιο τμήμα της κτηριακής ηλεκτρικής εγκατάστασης, καθώς δεν χρησιμοποιείται συσκευή φόρτισης. Οι συσκευές φόρτισης της Μεθόδου 2 συνήθως διαθέτουν ενσωματωμένες συσκευές προστασίας έναντι ηλεκτροπληξίας. Εφόσον υπάρχουν δύο διατάξεις προστασίας σε σειρά, θα πρέπει να υπάρχει επιλεκτική συνεργασία μεταξύ αυτών, όπως αναλύεται στην παράγραφο 4.1.5. Επιπροσθέτως, οι ΔΔΡ πρέπει να είναι ανθεκτικοί σε μεταβατικές υπερτάσεις.

2.5.3. Ανίχνευση συνιστώσας συνεχούς ρεύματος διαρροής μεγαλύτερου των 6 mA

Μια διάταξη ανίχνευσης DC ρεύματος διαρροής αποτελείται από ένα τοροειδή μετασχηματιστή μέτρησης έντασης, μέσα από τον οποίο περνούν οι ενεργοί αγωγοί του κυκλώματος (ο αγωγός προστασίας δεν πρέπει να περνά μέσα από τον τόρο), και από έναν ψηφιακό επεξεργαστή, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.13. Η αρχή λειτουργίας είναι παρόμοια με αυτή του ΔΔΡ τύπου A: η

διάταξη υπολογίζει το διαφορικό ρεύμα διαρροής μετρώντας το αλγεβρικό άθροισμα των εντάσεων των ενεργών αγωγών, μέσω της μαγνητικής ροής που επάγεται στον τοροειδή μετασχηματιστή. Κατά την ανίχνευση ρεύματος διαρροής μεγαλύτερο από το ονομαστικό, (όπως 6 mA DC), ο επεξεργαστής της διάταξης παράγει ένα σήμα υψηλής στάθμης (π.χ. 5 V). Το σήμα αυτό στέλνεται στη μονάδα ελέγχου της συσκευής φόρτισης, η οποία με τη σειρά της ενεργοποιεί, μέσω του κυκλώματος ελέγχου, τον ηλεκτρονόμο του κυκλώματος ισχύος και έτσι η έξοδος της συσκευής φόρτισης αποσυνδέεται από την τροφοδοσία. Εναλλακτικά, η εν λόγω διάταξη μπορεί να στείλει το σήμα ανίχνευσης DC συνιστώσας σε κάποια άλλη μονάδα αποσύνδεσης, όπως σε ΔΔΡ ή ηλεκτρονόμο. Οι διατάξεις ανίχνευσης DC ρεύματος διαρροής πρέπει να συμμορφώνονται με το πρότυπο IEC 62955.



Σχήμα 2.13: Διάταξη ανίχνευσης DC ρεύματος διαρροής εντός συσκευής φόρτισης [30]

Η λογική πίσω από την εγκατάσταση της ειδικής διάταξης για την αποσύνδεση της τροφοδοσίας σε περίπτωση DC ρεύματος διαρροής μεγαλύτερου των 6 mA έγκειται στο γεγονός ότι τα ρεύματα αυτά μπορούν να επηρεάσουν αρνητικά την ακέραιη λειτουργία των ΔΔΡ τύπου Α. Όταν υπάρχει DC συνιστώσα μεγαλύτερη από 6 mA στο εναλλασσόμενο ρεύμα που ρέει εντός του ΔΔΡ τύπου Α, τότε αυτή οδηγεί τον πυρήνα του τοροειδή μετασχηματιστή στον κόρο με αποτέλεσμα να αλλοιώσει τα μαγνητικά χαρακτηριστικά του. Ως συνέπεια αυτού, ο ΔΔΡ δεν είναι πλέον σε θέση να αντιληφθεί διαφορικά ρεύματα μεγαλύτερα του ονομαστικού ρεύματος ενεργοποίησης, γεγονός που σηματοδοτεί την αναξιόπιστη λειτουργία του. Τα DC ρεύματα διαρροής παράγονται μεταξύ άλλων από μετατροπείς ισχύος, όπου στην προκειμένη εφαρμογή ένας τέτοιος βρίσκεται εντός του ηλεκτρικού οχήματος και ρυθμίζει την τάση και το ρεύμα φόρτισης των συσσωρευτών.

Για το λόγο αυτό, επιβάλλεται η εγκατάσταση της εν λόγω ειδικής διάταξης όταν εγκαθίσταται ΔΔΡ τύπου Α. Αυτό δεν συμβαίνει με τον ΔΔΡ τύπου Β, του οποίου η ορθή λειτουργία εξασφαλίζεται παρά την παρουσία DC συνιστωσών. Η χρήση του ΔΔΡ τύπου Β ενδείκνυται σε εφαρμογές όπου υπάρχουν ανορθωτές ή μετατροπείς μεταβλητής συχνότητας, καθώς μπορεί να εγκατασταθεί σε κυκλώματα με διαφορικά ρεύματα διαφόρων κυματομορφών, όπως υψίσυγχα εναλλασσόμενα ρεύματα, εναλλασσόμενα ρεύματα με DC συνιστώσα, παλμικά ανορθωμένα ρεύματα κλπ. Το ρεύμα ενεργοποίησης του ΔΔΡ τύπου Β εξαρτάται από την κυματομορφή του ρεύματος και σε κάθε περίπτωση είναι τέτοιο, ώστε να παρέχει προστασία έναντι ηλεκτροπληξίας στο χρήστη της ηλεκτρικής εγκατάστασης. Συνεπώς, η χρήση της ειδικής διάταξης για την αποσύνδεση της τροφοδοσίας σε περίπτωση DC ρεύματος διαρροής μεγαλύτερου των 6 mA δεν συνάδει με ΔΔΡ τύπου Β.

Όπως γίνεται αντιληπτό, το συνεχές ρεύμα των 6 mA δεν είναι άμεσα επικίνδυνο για τον άνθρωπο αλλά έμμεσα, καθώς πλήττει την ακέραια λειτουργία των ΔΔΡ τύπου Α. Οι ΔΔΡ τύπου Β δεν ενεργοποιούνται με συνεχή διαφορικά ρεύματα λίγο μεγαλύτερα των 6 mA αλλά έχουν μεγαλύτερη ανοχή, με βάση το όριο επικινδυνότητας του συνισταμένου διαφορικού ρεύματος για τον άνθρωπο. Για παράδειγμα, ένας ΔΔΡ τύπου Β με ονομαστικό ρεύμα 30 mA μπορεί να ενεργοποιηθεί μέχρι και στα 60 mA όταν εφαρμόζεται διαφορικό συνεχές ρεύμα χωρίς κυμάτωση, καθώς το συνεχές ρεύμα είναι λιγότερο επικίνδυνο για τον άνθρωπο από ότι το εναλλασσόμενο [22]. Αυτό οφείλεται να λαμβάνεται υπόψη από τους εγκαταστάτες προτού επιλέξουν τον τύπο του ΔΔΡ για την προστασία της εγκατάστασης φόρτισης έναντι ηλεκτροπληξίας, καθώς με την επιλογή ΔΔΡ τύπου Β έναντι της ετέρας λύσης αποφεύγονται πολλές ανεπιθύμητες αποσυνδέσεις που οφείλονται σε σταθερά συνεχή ρεύματα διαρροής από τον μετατροπέα του οχήματος προς τη γη.

Ορισμένες κατασκευαστικές εταιρείες ηλεκτρολογικού υλικού, διακρίνοντας τις δυσκολίες που εμπεριέχει ο συνδυασμός δύο συσκευών για ολοκληρωμένη προστασία έναντι ηλεκτροπληξίας στα συστήματα φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων, προχώρησαν στην τυποποίηση ενός νέου ΔΔΡ, τον ΔΔΡ τύπου EV [31] [32]. Ο ΔΔΡ τύπου EV ουσιαστικά αποτελεί ένα ΔΔΡ τύπου Α με ενσωματωμένη λειτουργία αποσύνδεσης της τροφοδοσίας κατά τον εντοπισμό συνεχούς

διαφορικού ρεύματος μεγαλύτερου των 6 mA. Ο ΔΔΡ τύπου EV είναι απόλυτα ισοδύναμος με τον συνδυασμό ενός ΔΔΡ τύπου A και της αντίστοιχης διάταξης ανίχνευσης και αποσύνδεσης που περιγράφηκε παραπάνω και πληροί τις απαιτήσεις που ορίζονται από τα διεθνή πρότυπα. Λόγω του μικρότερου όγκου του, της ανταγωνιστικής τιμής του και όντας υλικό ράγας που μπορεί να συνδέεται απευθείας σε πίνακες διανομής, η χρήση του ΔΔΡ τύπου EV ενδείκνυται σε ορισμένες εφαρμογές συστημάτων φόρτισης έναντι του συνδυασμού ΔΔΡ τύπου A – διάταξης ανίχνευσης και αποσύνδεσης.

2.5.4. Προστασία έναντι υπέρτασης

Δεν είναι απαραίτητη η εγκατάσταση ειδικής συσκευής ή διάταξης για την προστασία της συσκευής φόρτισης έναντι υπερτάσεων, σε αντίθεση με τους κινδύνους υπερέντασης και ηλεκτροπληξίας. Κατά τις δοκιμές, η συσκευή φόρτισης υποβάλλεται μεταξύ άλλων και σε δοκιμή ανοχής σε υπέρταση από εναλλασσόμενη τάση και σε κρουστική υπέρταση (1,2 μs/50 μs), σύμφωνα με το πρότυπο IEC 61851, οπότε δεν απαιτείται επιπρόσθετη προστατευτική διάταξη για κίνδυνο υπερτάσεων.

Παρ' όλα αυτά, λόγω της μεγάλης επικινδυνότητας που εμπεριέχουν τα σφάλματα από πτώσεις κεραυνών ή άλλες πηγές υπερτάσεων μεγάλης κλίμακας, πολλοί κατασκευαστές σταθμών φόρτισης προτείνουν την χρήση συσκευών προστασίας έναντι υπερτάσεων (surge protection devices – SPD ή surge arrestors) για την προστασία του εξοπλισμού και ιδίως των ευαίσθητων τμημάτων, όπως τα ηλεκτρονικά κυκλώματα, από τέτοιου είδους σφάλματα. Στις συσκευές SPD συνδέονται οι φάσεις και ο αγωγός προστασίας του κυκλώματος που τροφοδοτεί την συσκευή φόρτισης.

Επομένως, δεν επιβάλλεται αλλά ενδείκνυται η χρήση συσκευών SPD για την προστασία της συσκευής φόρτισης έναντι υπερτάσεων.

2.5.5. Προστασία έναντι πυρκαγιάς

Για την προστασία του κυκλώματος που προορίζεται για την φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων έναντι πυρκαγιάς ισχύουν οι κανόνες που αφορούν το σύνολο των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων, δηλαδή δεν υπάρχει ειδική απαίτηση για την φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων. Η συνήθης πρακτική που εφαρμόζεται σε ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις για την προστασία έναντι πυρκαγιάς αφορά την σωστή διαστασιολόγηση των γραμμών και κατάλληλη επιλογή των ασφαλειών για την προστασία έναντι υπερφόρτισης, την τοποθέτηση ΔΔΡ με ρεύμα ενεργοποίησης έως 300 mA, καθώς και τη λήψη άλλων προστατευτικών μέτρων.

2.5.6. Απομακρυσμένος έλεγχος συσκευών προστασίας

Με βάση το πρότυπο IEC 61851 προβλέπεται ο απομακρυσμένος έλεγχος των συσκευών προστασίας, εφόσον και εκείνες το επιτρέπουν. Στις περιπτώσεις όπου μια συσκευή προστασίας

πρόκειται να κλείσει τις επαφές της μετά από ενεργοποίηση, είτε αυτόματα είτε με απομακρυσμένη εντολή, πρέπει ο ρευματοδότης να μην είναι συνδεδεμένος με κάποιο βύσμα. Ο έλεγχος αυτού γίνεται από τη συσκευή φόρτισης. Επιπλέον, η συσκευή φόρτισης μπορεί να κλείσει τις επαφές του κυκλώματος για να εξασφαλίσει γαλβανική σύνδεση μεταξύ της συσκευής προστασίας και του ρευματοδότη μετά από αυτόματη ή κατόπιν απομακρυσμένης εντολής επανεκκίνηση. Στο σημείο αυτό τονίζεται ότι το αυτόματο ή κατόπιν απομακρυσμένης εντολής επανακλείσιμο των επαφών μιας συσκευής προστασίας δεν επιτρέπεται σε συσκευές φόρτισης Περίπτωσης Γ (με μη αποσπώμενο καλώδιο φόρτισης στην πλευρά της συσκευής, βλέπε παράγραφο 2.2.1), ενώ σε ορισμένες ευρωπαϊκές χώρες όπως η Δανία και η Ελβετία το αυτόματο επανακλείσιμο δεν επιτρέπεται εν γένει.

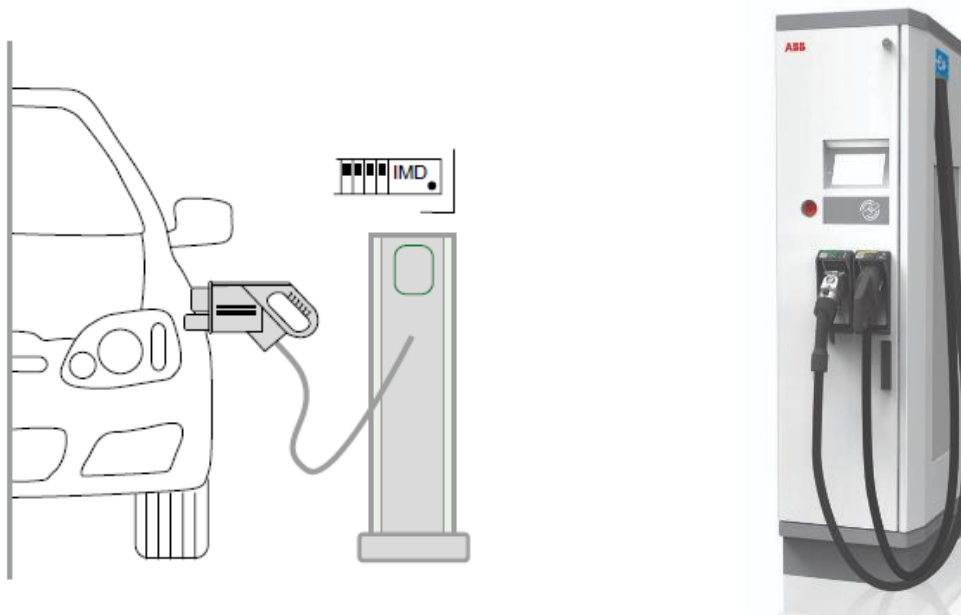
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ DC ΦΟΡΤΙΣΗΣ

3.1. Συστήματα DC φόρτισης

Στο Κεφάλαιο 3 περιγράφονται η λειτουργία και οι τεχνικές απαιτήσεις που πρέπει να πληρούνται κατά τη DC φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων, δηλαδή κατά την τροφοδότηση του ηλεκτρικού οχήματος με συνεχές ρεύμα (DC). Το Κεφάλαιο 3 διατηρεί κατά κύριο λόγο την μορφοποίηση και το περιεχόμενο του Κεφαλαίου 2, αλλά δηλώνεται για κάθε συνιστώσα που εξετάζεται εάν οι τεχνικές απαιτήσεις που αφορούν την AC φόρτιση παραμένουν ή διαφοροποιούνται κατά τη DC φόρτιση. Επιπλέον, παρουσιάζονται και αναλύονται οι απαιτήσεις και προδιαγραφές που εντοπίζονται μόνο κατά τη DC φόρτιση, σύμφωνα με το πρότυπο IEC 61851-23 [33].

3.1.1. Μέθοδος 4

Η DC φόρτιση υλοποιείται μόνο με τη μέθοδο φόρτισης 4, κατά την προτυποποίηση που ακολουθεί το πρότυπο IEC 61851-1. Κατά τη Μέθοδο 4, το ηλεκτρικό όχημα φορτίζεται από το AC ή DC ηλεκτρικό δίκτυο μέσω συσκευής φόρτισης μόνιμα συνδεδεμένης στο δίκτυο, η οποία διαθέτει ενσωματωμένο κύκλωμα ελέγχου που εκτείνεται από τη συσκευή μέχρι το όχημα [15]. Η Μέθοδος 4 επιτρέπει την διέλευση DC ρεύματος μεγάλης ισχύος από τη συσκευή φόρτισης προς το συσσωρευτή του οχήματος, παρακάμπτοντας τον μετατροπέα του οχήματος. Στο Σχήμα 3.1 απεικονίζεται η τυπική διάταξη φόρτισης ενός ηλεκτρικού οχήματος με τη Μέθοδο 4.



Σχήματα 3.1α και 3.1β: Διάταξη φόρτισης (αριστερά) [16] και συσκευή φόρτισης (δεξιά) [34] Μεθόδου 4

Σε αντίθεση με τις προηγούμενες μεθόδους AC φόρτισης, ο μετατροπέας που ελέγχει το ρεύμα φόρτισης της Μεθόδου 4 βρίσκεται εντός της συσκευής φόρτισης (off-board charger) και όχι εντός του οχήματος. Ο μετατροπέας εντός του οχήματος (on-board charger) παρακάμπτεται, με αποτέλεσμα να είναι δυνατή η φόρτιση του συσσωρευτή του οχήματος με συνεχές ρεύμα (DC) μεγαλύτερης ισχύος, κάνοντας έτσι την φόρτιση κατά αυτό τον τρόπο ταχύτερη. Μια συσκευή φόρτισης που ακολουθεί τη Μέθοδο 4, όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 3.1β, περιέχει τις κατάλληλες διατάξεις προστασίας από υπερφόρτιση και σφαλμάτων διαρροής προς τη γη, καθώς και σύστημα ελέγχου και επικοινωνίας μεταξύ του οχήματος και της συσκευής φόρτισης. Η Μέθοδος 4 συνίσταται για την ταχεία φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων και κυρίως εντοπίζεται σε δημόσιες ή εμπορικές εφαρμογές.

Οι συσκευές DC φόρτισης, δηλαδή οι συσκευές που ακολουθούν την Μέθοδο 4, τροφοδοτούν το όχημα με ελεγχόμενο συνεχές ρεύμα ή ελεγχόμενη συνεχή τάση, ανάλογα με το αίτημα του οχήματος. Ο ελεγκτής εντός του οχήματος καθορίζει τις παραμέτρους φόρτισης, ενώ ο μετατροπέας της συσκευής DC φόρτισης διαμορφώνει το επιθυμητό ρεύμα ή τάση στην έξοδο αυτής.

Ως σύστημα DC φόρτισης (DC EV charging system) νοείται το σύστημα που αποτελείται από τον DC φορτιστή, δηλαδή τον μετατροπέα ισχύος που βρίσκεται εντός της συσκευής φόρτισης, το καλώδιο φόρτισης και τον εξοπλισμό εντός του ηλεκτρικού οχήματος που συμμετέχει σε όλες τις λειτουργίες κατά τη διαδικασία φόρτισης, συμπεριλαμβανομένης και της ψηφιακής επικοινωνίας για τον έλεγχο της φόρτισης. Παρακάτω περιγράφονται τα χαρακτηριστικά των δύο δημοφιλέστερων συστημάτων DC φόρτισης παγκοσμίως.

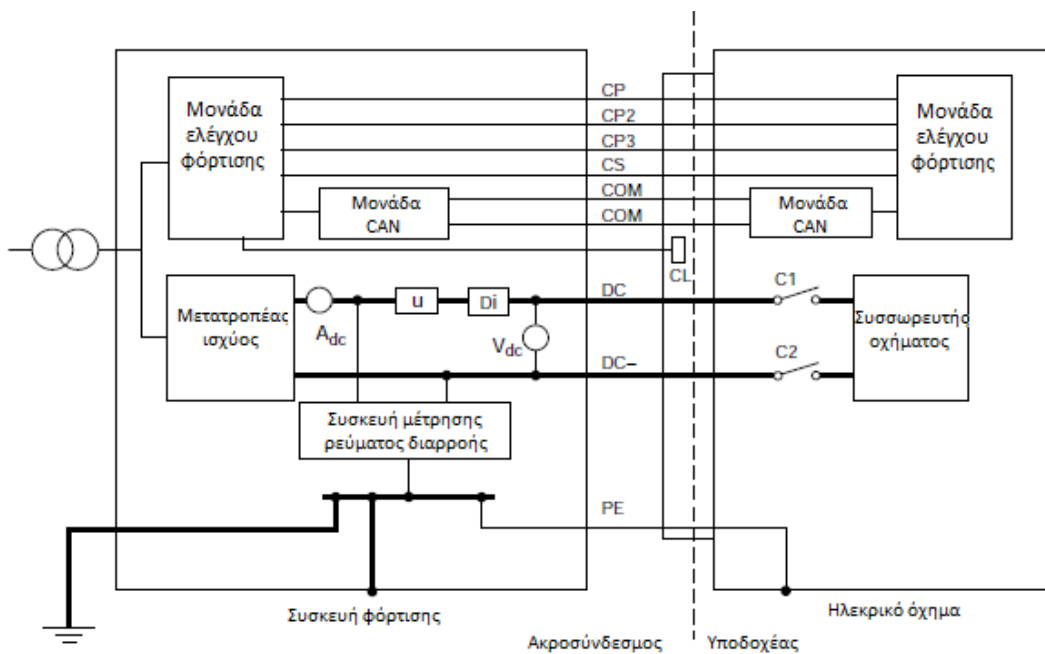
3.1.2. Σύστημα CHAdeMO

Το σύστημα CHAdeMO αποτελεί ίσως το πιο διαδεδομένο σύστημα DC φόρτισης σε όλο τον κόσμο. Σχεδιάστηκε από την ομώνυμη ιαπωνική οργάνωση για την ταχεία φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων και χρησιμοποιείται κατά κόρον στην Ιαπωνία αλλά και σε άλλες χώρες με πολλά ιαπωνικά οχήματα σε κυκλοφορία. Οι συσκευές φόρτισης που εφαρμόζουν το εν λόγω σύστημα DC φόρτισης είναι εξοπλισμένες με τον ομώνυμο ακροσύνδεσμο, ο οποίος απεικονίζεται στο Σχήμα 3.2.



Σχήμα 3.2: Ακροσύνδεσμος και υποδοχή CHAdeMO [35]

Ο ακροσύνδεσμος CHAdeMO διαθέτει 10 ακροδέκτες: τους δύο DC ενεργούς αγωγούς (+/-), τον αγωγό προστασίας (PE), τρεις αγωγούς ελέγχου (CP, CP2, CP3), δύο αγωγούς επικοινωνίας (COM1, COM2), έναν αγωγό εφάμιλλο του αγωγού εγγύτητας (CS) και έναν αγωγό για την παρακολούθηση της μανδάλωσης του ακροσυνδέσμου (CL). Τα ηλεκτρικά οχήματα που είναι συμβατά με το σύστημα CHAdeMO διαθέτουν επίσης την αντίστοιχη υποδοχή για τη σύνδεση των ακροσυνδέσμων. Στο Σχήμα 3.3 απεικονίζεται σχηματικά το διάγραμμα του συστήματος CHAdeMO που διαμορφώνεται μετά τη σύνδεση μιας συσκευής φόρτισης και ενός ηλεκτρικού οχήματος μέσω του καλωδίου φόρτισης. Η ονομαστική τάση λειτουργίας του συστήματος περιορίζεται στα 500 V DC, ενώ η ψηφιακή επικοινωνία υλοποιείται με τη χρήση του πρωτοκόλλου CAN (βλέπε παράγραφο 3.4.2).



Σχήμα 3.3: Σχηματικό διάγραμμα συστήματος CHAdeMO

Η συσκευή φόρτισης λαμβάνει ισχύ από το AC δίκτυο (δημόσιο ή ηλεκτρική εγκατάσταση) και παράγει συνεχές ρεύμα (DC) κατάλληλης έντασης με χρήση του μετατροπέα ισχύος. Το συνεχές ρεύμα φορτίζει απευθείας τον συσσωρευτή του ηλεκτρικού οχήματος μέσω του κυκλώματος ισχύος (αγωγοί DC+ και DC-). Οι αγωγοί CP και CP2 υποδεικνύουν την έναρξη και την παύση της φόρτισης, ενώ ο αγωγός CP3 επιβεβαιώνει ότι το όχημα είναι έτοιμο για τροφοδοσία. Η λειτουργία του αγωγού CS μοιάζει με την αντίστοιχη του αγωγού εγγύτητας PP στα κυκλώματα ελέγχου και επικοινωνίας των AC συσκευών, καθώς υποδεικνύει το αν συνδέθηκε ο ακροσύνδεσμος του καλωδίου φόρτισης στην υποδοχή επί του οχήματος. Οι αγωγοί COM1 και COM2 αποτελούν το ζευγάρι του δίαυλου ψηφιακής επικοινωνίας μεταξύ της συσκευής φόρτισης και του οχήματος. Ο αγωγός PE αποτελεί τον γειωμένο αγωγό προστασίας, στον οποίο συνδέονται όλα τα εκτεθειμένα αγωγίμα μέρη της εγκατάστασης. Τέλος, ο αγωγός CL σχετίζεται με την μανδάλωση του ακροσυνδέσμου στην υποδοχή του οχήματος.

Η επικοινωνία μεταξύ της συσκευής φόρτισης και του ηλεκτρικού οχήματος διεξάγεται μέσω των αγωγών ελέγχου CP, CP2 και CP3, του αγωγού CS και των αγωγών COM1 και COM2 του κυκλώματος ψηφιακής επικοινωνίας. Οι αγωγοί CP και CP2 μεταδίδουν σήματα που αφορούν την ετοιμότητα για φόρτιση ή το τέλος της φόρτισης από τη συσκευή προς το όχημα. Ο αγωγός CP3 χρησιμοποιείται για να μεταδώσει οδηγίες για την εκκίνηση ή το τέλος της φόρτισης από το όχημα προς τη συσκευή. Αριθμητικές παράμετροι, όπως το ρεύμα εξόδου της συσκευής ή η μέγιστη τάση στα άκρα του συσσωρευτή, ανταλλάσσονται μέσω των αγωγών COM1 και COM2.

Παρακάτω περιγράφεται συνοπτικά η διαδικασία φόρτισης που λαμβάνει χώρα υπό κανονικές συνθήκες. Αρχικά το ηλεκτρικό όχημα συνδέεται στη συσκευή φόρτισης, η συσκευή το αντιλαμβάνεται και στέλνει σήμα αφύπνισης στη μονάδα ελέγχου φόρτισης του οχήματος. Το όχημα δέχεται το σήμα και ανταποκρίνεται, με αποτέλεσμα να επιτευχθεί η εγκαθίδρυση της ψηφιακής επικοινωνίας μεταξύ συσκευής και οχήματος, όπου ανταλλάσσονται πληροφορίες που αφορούν ρυθμιστικές παραμέτρους της φόρτισης. Αφού εγκριθεί η άδεια για φόρτιση, ο ακροσύνδεσμος κλειδώνει και στη συνέχεια η συσκευή εκτελεί δοκιμή μόνωσης (insulation test) στους ενεργούς αγωγούς του κυκλώματος ισχύος. Όταν όλα είναι έτοιμα, η συσκευή δίνει εντολή για εκκίνηση της φόρτισης, το όχημα κλείνει τις επαφές του κυκλώματος ισχύος και η φόρτιση ξεκινά. Καθ' όλη τη διάρκεια της φόρτισης οι δύο πλευρές ανταλλάσσουν συνεχώς πληροφορίες, όπως το επιθυμητό ρεύμα φόρτισης ή τη μέγιστη τάση μεταξύ των ενεργών αγωγών. Όταν ο συσσωρευτής φορτιστεί πλήρως ή εάν το επιθυμήσει ο χρήστης, το όχημα στέλνει εντολή για παύση τροφοδοσίας και η συσκευή μηδενίζει το ρεύμα εξόδου. Εφόσον το όχημα σιγουρευτεί ότι το ρεύμα είναι μικρότερο από 5 A, ανοίγει τις επαφές του κυκλώματος ισχύος, ενώ η συσκευή ξεκλειδώνει τον ακροσύνδεσμο εφόσον η τάση είναι μικρότερη από 10 V. Μετά από το ξεκλείδωμα, η συσκευή στέλνει σήμα για τερματισμό της ψηφιακής επικοινωνίας, ο οποίος υλοποιείται και από τις δύο πλευρές. Έτσι τερματίζει και η διαδικασία φόρτισης. Επισημαίνεται ότι σε περίπτωση σφάλματος κατά τη διάρκεια της φόρτισης, τότε οποιαδήποτε πλευρά μπορεί να ζητήσει τον τερματισμό της φόρτισης και ακολουθείται η ίδια διαδικασία με τον τερματισμό υπό φυσιολογικές συνθήκες, ενώ αν εντοπιστεί σφάλμα πριν την

εκκίνηση της τροφοδοσίας, η φόρτιση δεν εκκινεί και η συσκευή φόρτισης μπαίνει στη διαδικασία ξεκλειδώματος του ακροσυνδέσμου.

Ο ακροσύνδεσμος πρέπει να διαθέτει μέσο μηχανικής μανδάλωσης, ηλεκτρικής ενδοασφάλισης και παρακολούθησης αυτών. Σε περίπτωση αδυναμίας της μηχανικής μανδάλωσης ή της ηλεκτρικής ενδοασφάλισης, η συσκευή φόρτισης δεν πρέπει να επιτρέπει την τροφοδοσία του οχήματος. Εάν η αδυναμία εντοπίζεται κατά την φόρτιση του οχήματος, τότε θα πρέπει να μειωθεί το ρεύμα σε λιγότερα από 5 A εντός 2 δευτερολέπτων και στη συνέχεια να ανοίξει ο διακόπτης του κυκλώματος ισχύος, ώστε να παύσει η τροφοδοσία. Επιπλέον, ο ακροσύνδεσμος δεν πρέπει να ξεκλειδώνει όταν οι ενεργοί αγωγοί βρίσκονται υπό τάση επικίνδυνη για τον χρήστη της εγκατάστασης. Για να ξεκλειδώσει ο μηχανισμός μανδάλωσης, θα πρέπει η τάση να είναι μικρότερη από 10 V.

Τέλος, σημειώνεται ότι το ρεύμα εισροής (inrush current) δεν πρέπει να ξεπερνά τα 20 A, ενώ σε περίπτωση απόρριψης φορτίου, η στιγμιαία τάση εξόδου της συσκευής φόρτισης δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 600 V [33].

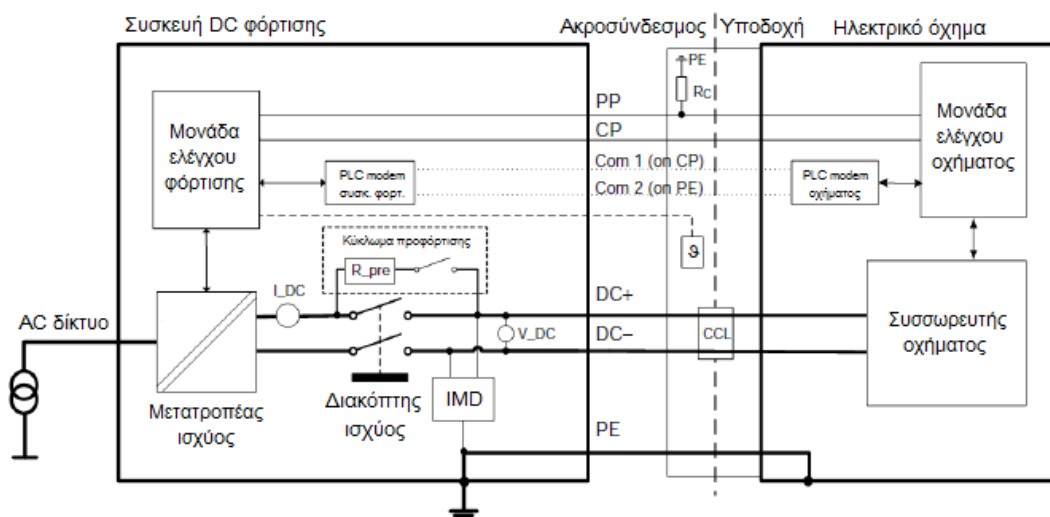
3.1.3. Σύστημα CCS

Το ενιαίο σύστημα φόρτισης (Combined Charging System – CCS) αποτελεί ένα σύστημα για την φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων με συνεχές ρεύμα (DC). Το σύστημα CCS έγκεται στη χρήση των ακροσυνδέσμων Combo 1 και Combo 2, οι οποίοι αποτελούν προεκτάσεις των ακροσυνδέσμων τύπου 1 και τύπου 2 αντίστοιχα, με δύο επιπλέον ακροδέκτες (+/-) που επιτρέπουν τη διέλευση συνεχούς ρεύματος για την ταχεία DC φόρτιση των οχημάτων. Στα πρότυπα IEC 61851 και IEC 62196 τα δύο αυτά υποσυστήματα αναφέρονται ως Configuration EE και FF αντίστοιχα. Στο Σχήμα 3.4 απεικονίζονται οι ακροσύνδεσμοι και οι υποδοχές Combo 1 και Combo 2 που είναι συμβατοί με το σύστημα CCS.



Σχήμα 3.4: Ακροσύνδεσμοι και υποδοχές Combo 1 & Combo 2 [36]

Το ενιαίο σύστημα φόρτισης επιτρέπει την δυνατότητα AC και DC φόρτισης από τις συσκευές φόρτισης προς το ηλεκτρικό όχημα, το οποίο μπορεί πλέον να διαθέτει μία κοινή υποδοχή τύπου Combo. Για παράδειγμα, εάν ένα ηλεκτρικό όχημα διαθέτει υποδοχή τύπου Combo 2, τότε δύναται να λάβει είτε AC φόρτιση μέσω του ακροσυνδέσμου τύπου 2, είτε DC φόρτιση μέσω του ακροσυνδέσμου Combo 2. Η ονομαστική τάση λειτουργίας περιορίζεται στα 500 V DC για τους ακροσυνδέσμους Combo 1 και 1000 V DC για τους Combo 2, ενώ το ονομαστικό ρεύμα στα 200 A. Η χρήση των ακροσυνδέσμων και υποδοχών Combo 1 συνυφαίνεται με τους αντίστοιχους τύπου 1, οι οποίοι είναι διαδεδωμένοι στις ΗΠΑ και σε άλλες χώρες εκτός Ευρώπης, ενώ αντίθετα οι ακροσύνδεσμοι Combo 2 είναι ευρέως διαδεδωμένοι στην Ευρώπη και μάλιστα έχει θεσπιστεί πως ως όλοι οι δημόσιοι σταθμοί φόρτισης πρέπει να είναι εξοπλισμένοι με τους εν λόγω ακροσυνδέσμους [25]. Στο Σχήμα 3.5 απεικονίζεται σχηματικά το διάγραμμα του συστήματος CCS που διαμορφώνεται μετά τη σύνδεση μιας συσκευής φόρτισης και ενός ηλεκτρικού οχήματος μέσω του καλωδίου φόρτισης.



Σχήμα 3.5: Σχηματικό διάγραμμα συστήματος CCS

Η διαδικασία τροφοδότησης ενέργειας στο ηλεκτρικό όχημα εκκινεί και ελέγχεται μέσω μηνυμάτων που διακινούνται με χρήση της μεθόδου επικοινωνίας PLC (Power Line Communication). Το κύκλωμα που αναλαμβάνει τον έλεγχο της φόρτισης και την επικοινωνία μεταξύ των δύο πλευρών και οι Καταστάσεις του συστήματος είναι ίδια με τα αντίστοιχα που περιγράφονται στην παράγραφο 2.4.1. Τα κυριότερα στάδια της διαδικασίας φόρτισης είναι τα εξής:

1. Κανονική εκκίνηση (Normal startup): Ο ακροσύνδεσμος συνδέεται στο όχημα και το σύστημα μεταβαίνει στην Κατάσταση B. Η επικοινωνία υψηλού επιπέδου και η

ανταλλαγή παραμέτρων φόρτισης μεταξύ των δύο πλευρών ξεκινούν. Η συσκευή φόρτισης ελέγχει αν η τάση εξόδου υπερβαίνει τα 60 V DC και σε αυτή την περίπτωση τερματίζει τη διαδικασία φόρτισης. Το όχημα φροντίζει να στέλνει μεταξύ άλλων τις μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές για το ρεύμα και την τάση φόρτισης.

Στη συνέχεια, ο ακροσύνδεσμος κλειδώνει εντός της υποδοχής επί του οχήματος και ελέγχεται η συμβατότητα μεταξύ των δύο πλευρών. Εάν η συμβατότητα εγκριθεί, το όχημα κλείνει το διακόπτη S2 (Σχήμα 2.14) και το σύστημα μεταβαίνει στην Κατάσταση C ή D (ανάλογα με την αναγκαιότητα αερισμού). Το όχημα ζητά τον έλεγχο του καλωδίου και της μόνωσης, κάτι που αναλαμβάνει η συσκευή φόρτισης, η οποία ενημερώνει το όχημα καθ' όλη τη διάρκεια της φόρτισης.

Έπειτα ξεκινά η φάση της προφόρτισης, όπου το όχημα στέλνει το αντίστοιχο αίτημα που περιέχει το επιθυμητό ρεύμα και τάση φόρτισης. Η συσκευή φόρτισης ενεργοποιεί την έξοδο, προσαρμόζει την τάση στην επιθυμητή τιμή και περιορίζει το ρεύμα στα 2 A. Η απόκλιση μεταξύ επιθυμητής και πραγματικής τιμής πρέπει να είναι εντός ορίων, κατόπιν σχετικού ελέγχου. Εφόσον αυτός είναι θετικός, το όχημα κλείνει την συσκευή αποσύνδεσης και στέλνει αίτημα για κανονική φόρτιση. Η συσκευή φόρτισης ανταποκρίνεται, απενεργοποιεί την λειτουργία προφόρτισης, επαναπροσαρμόζει την τάση και το ρεύμα στις επιθυμητές από το όχημα τιμές και ξεκινά να τροφοδοτεί το όχημα.

2. Κανονικός τερματισμός (Normal shutdown): Το όχημα μειώνει το επιθυμητό ρεύμα φόρτισης για την ολοκλήρωση της διαδικασίας. Η συσκευή φόρτισης ανταποκρίνεται εντός αποδεκτού χρονικού διαστήματος και μειώνει το ρεύμα εξόδου σε λιγότερο από 1 A προτού απενεργοποιήσει την έξοδο. Έπειτα, το όχημα στέλνει μήνυμα για απενεργοποίηση της εξόδου και μπορεί να ανοίξει την συσκευή αποσύνδεσης, εφόσον το ρεύμα είναι μικρότερο από 1 A. Η συσκευή φόρτισης απενεργοποιεί την έξοδο και ανοίγει τις επαφές του κυκλώματος ισχύος, ενώ εκφορτίζει τις εσωτερικές χωρητικότητες στο δευτερεύον κύκλωμα.

Στη συνέχεια, η συσκευή δηλώνει μη διαθέσιμη για φόρτιση, ενώ το σύστημα μεταβαίνει στην Κατάσταση B αφού ελεγχθεί ότι η έξοδος είναι απενεργοποιημένη. Εφόσον η τάση εξόδου είναι κάτω από 60 V, το όχημα ξεκλειδώνει τον ακροσύνδεσμο και στέλνει αίτημα για τερματισμό φόρτισης, όπου και τερματίζει η ψηφιακή επικοινωνία μεταξύ των δύο πλευρών. Η μετάβαση στην Κατάσταση A γίνεται με την αποσύνδεση του ακροσυνδέσμου από την υποδοχή.

3. Τερματισμός έκτακτης ανάγκης (Emergency shutdown): Ο τερματισμός έκτακτης ανάγκης μπορεί να οφείλεται είτε σε σφάλμα από την πλευρά του δικτύου, είτε από υπαιτιότητα του ηλεκτρικού οχήματος. Η πρώτη περίπτωση γίνεται αντιληπτή όταν το πλάτος του σήματος μέσω του αγωγού ελέγχου (control pilot) μηδενίζεται και η συσκευή

φόρτισης οφείλει να μειώσει το ρεύμα εξόδου σε λιγότερα από 5 A εντός ενός δευτερολέπτου με ρυθμό μεταβολής τουλάχιστον 200 A/s. Το όχημα αντιδρά άμεσα, ανοίγει το διακόπτη S2 (Σχήμα 2.14) και θέτει το επιθυμητό ρεύμα φόρτισης σε μηδέν. Οι επαφές του κυκλώματος ισχύος από την πλευρά του οχήματος μπορούν να ανοίξουν χωρίς απαραίτητα να έχει μηδενιστεί το ρεύμα εξόδου. Το όχημα θέτει το ίδιο ως μη διαθέσιμο και, όταν η τάση εξόδου είναι κάτω από 60 V, ξεκλειδώνει τον ακροσύνδεσμο.

Αντίθετα, όταν το όχημα επιθυμεί άμεσα τον τερματισμό της διαδικασίας φόρτισης, ανοίγει το διακόπτη S2 και το σύστημα μεταβαίνει από την Κατάσταση C (ή D) στην Κατάσταση B. Η διαδικασία που ακολουθείται είναι παρόμοια με την παραπάνω περιγραφή.

Η προφόρτιση (pre-charging) του οχήματος συναντάται στο σύστημα CCS πριν την έναρξη της κανονικής φόρτισης. Σε αυτή τη φάση ελέγχεται η τάση εξόδου, όμως η τιμή του ρεύματος εξόδου περιορίζεται. Η φάση της προφόρτισης έχει ως στόχο τη μείωση του ρεύματος εισροής (inrush current) που εμφανίζεται κατά το κλείσιμο των επαφών στο κύκλωμα ισχύος. Το κύκλωμα προφόρτισης, το οποίο αποτελείται από ένα κλάδο παράλληλα με τον διακόπτη ισχύος της συσκευής φόρτισης, ενεργοποιείται κατόπιν σχετικής εντολής της μονάδας ελέγχου φόρτισης.

Επιπλέον, η συσκευή φόρτισης μπορεί να υποστηρίζει λειτουργία αναμονής (standby mode) για την ελαχιστοποίηση της ενεργειακής της κατανάλωσης. Η λειτουργία αναμονής μπορεί να ενεργοποιηθεί εάν έχει περάσει χρονικό διάστημα μεγαλύτερο των δύο λεπτών από τη στιγμή που το σύστημα εισήλθε στην Κατάσταση B και δεν έχει μεταβεί στην Κατάσταση C ή D. Σε αυτή την περίπτωση, η συσκευή φόρτισης πρέπει να έχει τη δυνατότητα αφύπνισης, με την συνέχιση εκπομπής σήματος με κύκλο λειτουργίας (duty cycle) 100% όσο παραμένει στην Κατάσταση B, μέχρις ότου το όχημα κλείσει το διακόπτη S2 και το σύστημα μεταβεί στην Κατάσταση C ή D.

Τέλος, θα πρέπει να τηρείται παρακολούθηση της θερμοκρασίας για τυχόν αποτροπή υπερθέρμανσης του ακροσυνδέσμου, ενώ σε οποιαδήποτε περίπτωση απόρριψης φορτίου, η μεταβατική υπέρταση δεν πρέπει να υπερβεί το 110% της μέγιστης επιτρεπόμενης τάσης που θέτει το όχημα. Ο μέγιστος ρυθμός μεταβολής της τάσης σε περίπτωση απόρριψης φορτίου δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 250 V/ms [33].

3.1.4. Απαιτήσεις εξοπλισμού

Οι προδιαγραφές που ισχύουν για τις συσκευές AC φόρτισης, όσον αφορά τα εξαρτήματα και τον εξοπλισμό που είναι απαραίτητα για την φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων, διατηρούνται εν γένει και στις συσκευές DC φόρτισης. Παρακάτω τονίζονται μερικές διαφοροποιήσεις που παρατηρούνται ανάμεσα στα δύο είδη φορτίσεων, σύμφωνα με τα πρότυπα IEC 62196 και εφόσον προηγήθηκε παραπάνω η περιγραφή των δύο διαφορετικών συστημάτων DC φόρτισης.

Αρχικά, κατά τη Μέθοδο 4 είναι επιτρεπτή μόνο η Περίπτωση Γ (βλέπε παράγραφο 2.2.1), όπου το καλώδιο φόρτισης είναι μόνιμα συνδεδεμένο στο σταθμό φόρτισης. Με άλλα λόγια δεν επιτρέπεται η χρήση αποσπώμενου από το σταθμό καλωδίου φόρτισης. Επιπλέον, υπενθυμίζεται ότι δεν επιτρέπεται η επέκταση του καλωδίου φόρτισης με χρήση «μπαλαντζέας», ούτε η χρήση προσαρμογέων για την σύνδεση ενός ηλεκτρικού οχήματος σε μια συσκευή φόρτισης που χρησιμοποιεί διαφορετικό σύστημα DC φόρτισης. Σε περίπτωση που τα ονομαστικά μεγέθη μεταξύ του ακροσυνδέσμου και της υποδοχής επί του οχήματος διαφέρουν, θα πρέπει το σύστημα DC φόρτισης να λειτουργεί με βάση τα ελάχιστα όρια.

Σε όλα τα συστήματα DC φόρτισης, κατά τη σύνδεση του ακροσυνδέσμου εντός της υποδοχής, θα πρέπει να ακολουθείται η εξής διαδοχή για τη σύνδεση επαφών ακροδεκτών:

1. Επαφές αγωγού προστασίας
2. Επαφές DC ενεργών αγωγών
3. Επαφές αγωγού εγγύτητας ή αντίστοιχου αγωγού
4. Επαφές αγωγών ελέγχου

Οι επαφές του κυκλώματος εγγύτητας πρέπει να συνδέονται πριν ή ταυτόχρονα με τις επαφές του αγωγού ελέγχου. Κατά την αποσύνδεση δύο εξαρτημάτων, η παραπάνω διαδοχή αντιστρέφεται.

Επιπλέον, οι σταθμοί φόρτισης που εφαρμόζουν το σύστημα CHAdeMO πρέπει να είναι εξοπλισμένοι με μετασχηματιστή απομόνωσης (isolation transformer) για την γαλβανική απομόνωση του κυκλώματος εξόδου, το οποίο εκτείνεται μέχρι το όχημα, από το κύκλωμα εισόδου. Η δημιουργία συστήματος απομόνωσης είναι επιτακτική στο σύστημα CHAdeMO. Αντίθετα, το σύστημα CCS δεν προϋποθέτει αναγκαία την ύπαρξη συστήματος απομόνωσης και κατ' επέκταση δεν επιβάλλεται η χρήση μετασχηματιστή απομόνωσης σε συμβατές με το εν λόγω σύστημα συσκευές φόρτισης. Βέβαια, οι συσκευές φόρτισης συστήματος CCS πρέπει να σχεδιάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε το κύκλωμα εξόδου τους να λειτουργεί ως σύστημα IT, το οποίο επιτυγχάνεται είτε με χρήση μετασχηματιστή απομόνωσης είτε με κατάλληλο σχεδιασμό των ηλεκτρονικών στοιχείων του DC φορτιστή [37].

Όσον αφορά την διάταξη ενδοασφάλισης, είναι απαραίτητη η ύπαρξη διάταξης μηχανικής μανδάλωσης (μηχανική ενδοασφάλιση) για να αποτρέπει την ανεπιθύμητη ή αθέμιτη αποσύνδεση του ακροσυνδέσμου από την υποδοχή επί του οχήματος. Η συσκευή φόρτισης δεν θα πρέπει να επιτρέπει την τροφοδότηση του οχήματος όσο ο ακροσύνδεσμος δεν είναι κλειδωμένος εντός της υποδοχής. Ο ακροσύνδεσμος πρέπει να κλειδώνει εντός της υποδοχής όσο η τάση είναι μεγαλύτερη από 60 V DC και αντίστοιχα να ξεκλειδώνει όταν η τάση είναι μικρότερη από 60 V DC. Αντίθετα, δεν πρέπει να κλειδώνει αν ανιχνευθεί επικίνδυνη τιμή τάσης κατά τη διάρκεια της φόρτισης, συμπεριλαμβανομένου και του τερματισμού της φόρτισης. Η διάταξη θα πρέπει να ενημερώνει τις δύο πλευρές ότι ο ακροσύνδεσμος είναι ορθά

κλειδωμένος εντός της υποδοχής, ενώ παράλληλα συνίσταται η ύπαρξη μέσου ασφαλούς αποσύνδεσης για την περίπτωση δυσλειτουργίας του συστήματος φόρτισης [33].

Τέλος, η συσκευή φόρτισης πρέπει να διαθέτει κατάλληλη διάταξη που να επιτρέπει στο χρήστη την άμεση διακοπή της διαδικασίας φόρτισης, όπως χειροκίνητο διακόπτη.

3.1.5. Έλεγχος ισχύος εξόδου

Οι συσκευές DC φόρτισης χαρακτηρίζονται από μια ονομαστική ισχύ εξόδου, ανάλογα με τις δυνατότητες του DC φορτιστή και του υπόλοιπου εξοπλισμού. Η ισχύς αυτή θα πρέπει να τροφοδοτείται προς το όχημα εφόσον η τάση και το ρεύμα εξόδου βρίσκονται εντός του επιτρεπόμενου εύρους που θέτει η συσκευή φόρτισης εκ κατασκευής, για θερμοκρασία περιβάλλοντος από -5°C έως 40°C και υψόμετρο έως 1000 m. Εάν επικρατούν διαφορετικές συνθήκες περιβάλλοντος, είναι δυνατή η τροφοδότηση του οχήματος με μέγιστη ισχύ μικρότερη από την ονομαστική.

Υπάρχουν δύο τεχνικές ελέγχου με τις οποίες οι συσκευές DC φόρτισης μπορούν να ελέγξουν την ισχύ εξόδου:

- Τεχνική ελέγχου του ρεύματος εξόδου
- Τεχνική ελέγχου της τάσης εξόδου

Οι συσκευές DC φόρτισης πρέπει να ελέγχουν μια παράμετρο εκ των τάσης και έντασης ρεύματος εξόδου, εφαρμόζοντας την αντίστοιχη τεχνική ελέγχου. Οι συσκευές φόρτισης του συστήματος CHAdeMO χρησιμοποιούν μόνο την τεχνική ελέγχου του ρεύματος φόρτισης, με το όχημα ως “master” και τον DC φορτιστή ως “slave”. Στον Πίνακα 3.1 εμφανίζονται οι απαιτήσεις για την απόκριση της συσκευής φόρτισης στις εντολές του οχήματος για το επιθυμητό ρεύμα φόρτισης.

Αντικείμενο	Σύμβολο	Κατάσταση	Προδιαγραφή		
			Ελάχιστη	Μέγιστη	Μονάδα μέτρησης
Ακρίβεια εξόδου	I_{dev}	Αίτημα για ένταση φόρτισης έως 50 A	$I - 2,5 A$	$I + 2,5 A$	A
		Αίτημα για ένταση φόρτισης από 50 A έως 120 A	$I \times 95\%$	$I \times 105\%$	
Καθυστέρηση ελέγχου ως προς την εντολή του οχήματος	T_d			1	s
Ταχύτητα απόκρισης εξόδου	ΔI_{out1}	Κατά τη διάρκεια φόρτισης	20	-	A/s
Ταχύτητα μείωσης ρεύματος	ΔI_{out2}	Κανονικός τερματισμός	100	200	
		Τερματισμός έκτακτης ανάγκης	200*	-	

εξόδου					
* Σε περίπτωση αποσύνδεσης ενός εκ των αγωγών ελέγχου CP, CP2 ή CP3 κατά τη διάρκεια της φόρτισης, απαιτείται ταχύτερος τερματισμός του ρεύματος εξόδου, μέσω τερματισμού έκτακτης ανάγκης					

Πίνακας 3.1: Προδιαγραφές απόκρισης συστήματος CHAdeMO στις εντολές για έλεγχο ρεύματος φόρτισης

Το σύστημα CCS επιτρέπει και τις δύο τεχνικές ελέγχου. Κατά τη λειτουργία της τεχνικής ελέγχου του ρεύματος εξόδου, το μέγιστο επιτρεπόμενο σφάλμα μεταξύ της πραγματικής μέσης τιμής της έντασης του συνεχούς ρεύματος φόρτισης και της επιθυμητής από το όχημα τιμής είναι:

- ± 150 mA όταν το επιθυμητό ρεύμα έχει ένταση μέχρι 5 A.
- $\pm 1,5$ A όταν το επιθυμητό ρεύμα έχει ένταση μεταξύ 5 A και 50 A.
- ± 3 % του μέγιστου επιτρεπόμενου ρεύματος του DC φορτιστή όταν το επιθυμητό ρεύμα έχει ένταση μεγαλύτερη από 50 A.

Η μέγιστη διαφορά μεταξύ της θετικής και αρνητικής αιχμής της έντασης ρεύματος σε πλήρη κλίμακα δεν πρέπει να ξεπερνά τα 1,5 A, 6 A και 9 A για εντάσεις που βρίσκονται στα εύρη συχνοτήτων [0,10), [10, 5.000), [5.000, 150.000) Hz αντίστοιχα.

Κατά τη λειτουργία της τεχνικής ελέγχου της τάσης εξόδου, η μέγιστη απόκλιση της τάσης κατά τη διάρκεια της προφόρτισης και της φόρτισης δεν πρέπει να υπερβαίνει το 5% επί της επιθυμητής από το όχημα τάσης. Σε μόνιμη κατάσταση, η τάση εξόδου δεν πρέπει να ξεπερνά την ονομαστική τάση της συσκευής φόρτισης κατά ποσοστό μεγαλύτερο του 2%. Η μέγιστη ταχεία διακύμανση και ο μέγιστος ρυθμός μεταβολής της τάσης υπό κανονικές συνθήκες λειτουργίας δεν πρέπει να υπερβαίνουν τα ± 5 V και 20 V/ms αντίστοιχα [33].

3.2. Καλωδίωση συσκευής φόρτισης

Στις επόμενες παραγράφους περιγράφονται οι βασικές απαιτήσεις που πρέπει να τηρούνται για την καλωδίωση μιας συσκευής φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων, τόσο στην είσοδο όσο και στην έξοδο αυτής. Ταυτόχρονα με τις απαιτήσεις καλωδίωσης παρουσιάζονται και άλλες απαιτήσεις και προδιαγραφές που αφορούν συναφείς λειτουργίες που εκτελούν τα συστήματα DC φόρτισης.

3.2.1. Καλωδίωση εισόδου – εξόδου

Οι προδιαγραφές που ισχύουν για τις συσκευές AC φόρτισης, όσον αφορά την καλωδίωση εισόδου και εξόδου, διατηρούνται εν γένει και στις συσκευές DC φόρτισης. Αυτές μπορούν να συνδεθούν τόσο σε AC ηλεκτρικό δίκτυο χαμηλής τάσης όσο και σε DC ηλεκτρικό δίκτυο, αν και η συνήθης πρακτική ορίζει τα πρώτα ως τα δημοφιλέστερα. Το παροχικό καλώδιο αποτελείται από τους αγωγούς φάσης, τον ουδέτερο και τον αγωγό προστασίας, ενώ το πλήθος

και το είδος των αγωγών εντός του καλωδίου φόρτισης στην έξοδο της συσκευής εξαρτώνται από το σύστημα φόρτισης, αν και περιλαμβάνονται σίγουρα οι DC ενεργοί αγωγοί (+/-), ο αγωγός προστασίας PE και τουλάχιστον ένας αγωγός ελέγχου CP. Επιπλέον, οι συσκευές DC φόρτισης μπορούν να συνδέονται στο ηλεκτρικό δίκτυο μέσω ρευματοδότη. Κατά τη σύνδεση αυτών σε AC ηλεκτρικό δίκτυο, οι DC φορτιστές αναλαμβάνουν μεταξύ άλλων την ανόρθωση του ρεύματος τροφοδότησης και την μετατροπή του από εναλλασσόμενο σε συνεχές. Για σύνδεση σε DC ηλεκτρικό δίκτυο, το παροχικό καλώδιο περιέχει τους δύο ενεργούς αγωγούς (+/-) και τον αγωγό προστασίας.

Ειδικά στις συσκευές DC φόρτισης, το κύκλωμα εισόδου διακρίνεται ως πρωτεύον κύκλωμα και το κύκλωμα εξόδου ως δευτερεύον κύκλωμα. Αυτό συμβαίνει διότι συνήθως παρεμβάλλεται μεταξύ του δικτύου τροφοδοσίας και της εξόδου ένας μετασχηματιστής απομόνωσης. Η παρουσία του μετασχηματιστή λαμβάνει χώρα κυρίως για λόγους επιπρόσθετης ασφάλειας για το σύστημα. Οι κανονισμοί δεν θέτουν υποχρεωτική την παρουσία μετασχηματιστή και την δημιουργία συστήματος απομόνωσης γενικώς για όλα τα συστήματα DC φόρτισης, αν και αυτό ορίζει η συνήθης πρακτική.

Η συσκευή DC φόρτισης τροφοδοτεί το συσσωρευτή του οχήματος με συνεχή τάση και συνεχές ρεύμα, όπως διαμορφώνονται από την τεχνική ελέγχου που εφαρμόζεται. Η συσκευή πρέπει να ρυθμίζει την τάση ή το ρεύμα, όχι ταυτόχρονα, αλλά όπως ζητείται από το όχημα κατά τη διάρκεια της φόρτισης. Το όχημα μπορεί να μεταβάλλει την επιθυμητή τιμή που αφορά την τάση ή το ρεύμα, ακόμα και κατά τη διάρκεια της φόρτισης. Η συσκευή πρέπει να παρακολουθεί συνεχώς το ρεύμα και την τάση στην έξοδο και να φροντίζει ώστε αυτά να μην υπερβαίνουν τις αντίστοιχα μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές. Η ακρίβεια της μέτρησης καθορίζεται ξεχωριστά για κάθε σύστημα DC φόρτισης, σύμφωνα με τον Πίνακα 3.2 [33].

Σύστημα DC φόρτισης	Ακρίβεια μέτρησης τάσης	Ακρίβεια μέτρησης έντασης ρεύματος
CHAdeMO	$\pm 5 \text{ V}$	$\pm (1,5 \% \text{ του πραγματικού ρεύματος} + 1 \text{ A})$
CCS	$\pm 10 \text{ V}$	$\pm 1,5 \% \text{ (αλλά όχι μεγαλύτερη από } \pm 0,5 \text{ A)}$

Πίνακας 3.2: Προδιαγραφές για την ακρίβεια μέτρησης τάσης και ρεύματος ανά σύστημα DC φόρτισης

3.2.2. Γείωση και αγωγός προστασίας

Σε όλα τα συστήματα DC φόρτισης το δευτερεύον κύκλωμα, δηλαδή το κύκλωμα στην έξοδο της συσκευής, πρέπει να σχεδιάζεται ως σύστημα IT. Αυτό επιτυγχάνεται είτε με τη χρήση μετασχηματιστή απομόνωσης είτε με κατάλληλο σχεδιασμό των διακοπτικών στοιχείων του μετατροπέα ισχύος [37].

Ο αγωγός προστασίας εκτείνεται από το πρωτεύον κύκλωμα έως το όχημα αλλά δεν συνδέεται σε καμία περίπτωση με κάποιο DC ενεργό αγωγό (+/-). Στον αγωγό προστασίας συνδέονται όλα τα εκτεθειμένα αγωγίμα μέρη της συσκευής φόρτισης και του ηλεκτρικού οχήματος, όπως το

εξωτερικό κάλυμμα του σταθμού και το σασί του οχήματος, καθώς και άλλα βοηθητικά ηλεκτρονικά κυκλώματα. Στον κλάδο του αγωγού προστασίας δεν πρέπει να παρεμβάλλεται διακόπτης. Η συσκευή φόρτισης πρέπει να παρακολουθεί τη συνέχεια του αγωγού προστασίας από το σταθμό φόρτισης μέχρι το όχημα και, για ονομαστική τάση ίση και μεγαλύτερη των 60 V DC, θα πρέπει να προβαίνει σε τερματισμό έκτακτης ανάγκης (emergency shutdown – βλέπε 3.1.3) εντός 10 δευτερολέπτων σε περίπτωση που αντιληφθεί την απώλεια συνέχειας του αγωγού προστασίας. Εναλλακτικά μπορεί να προβαίνει σε αυτόματη διακοπή της τροφοδοσίας. Σε DC συστήματα με απομόνωση ο αγωγός προστασίας δεν επιβάλλεται αλλά συνίσταται να είναι γειωμένος, ενώ σε DC συστήματα χωρίς απομόνωση ο αγωγός προστασίας πρέπει να είναι γειωμένος, όπως και στα σημεία AC φόρτισης.

Η διατομή του αγωγού προστασίας υπολογίζεται με βάση τους κανονισμούς περί ηλεκτρικών εγκαταστάσεων ανά χώρα, συνυπολογίζοντας όμως τον παράγοντα του ρεύματος επαφής. Κατά την διαδικασία δοκιμών στο σταθμό φόρτισης πραγματοποιείται ο υπολογισμός του ρεύματος επαφής, δηλαδή του ρεύματος που ρέει μεταξύ των ενεργών αγωγών του δικτύου και των εκτεθειμένων αγωγίμων μερών του σταθμού φόρτισης. Για τον υπολογισμό του ρεύματος επαφής αρκεί ο υπολογισμός της τάσης $U_{επ}$ μεταξύ ενός γειωμένου αγωγού και κάθε εκτεθειμένου αγωγίμου ή αγείωτου μέρους του σταθμού φόρτισης. Για εκτεθειμένα μη αγωγίμα μέρη, η δοκιμή πραγματοποιείται τυλίγοντας τα μέρη αυτά με αλουμινόχαρτο. Το ρεύμα επαφής $I_{επ}$ υπολογίζεται από τη σχέση:

$$I_{επ} = \frac{U_{επ}}{500} \quad (3.1)$$

Αν το ρεύμα επαφής $I_{επ}$ υπερβαίνει τα 3,5 mA r.m.s., θα πρέπει να πραγματοποιηθεί μία από τις παρακάτω συνθήκες:

- Αύξηση της διατομής του αγωγού προστασίας σε τουλάχιστον 10 mm² Cu ή 16 mm² Al καθ' όλο το μήκος του.
- Στα τμήματα που ο αγωγός προστασίας έχει διατομή μικρότερη από 10 mm² Cu ή 16 mm² Al, θα πρέπει να παρέχεται και δεύτερος παράλληλος αγωγός προστασίας τουλάχιστον ίσης διατομής, ώστε η συνολική διατομή των αγωγών προστασίας να είναι τουλάχιστον 10 mm² Cu ή 16 mm² Al. Αυτό μπορεί να απαιτεί την ύπαρξη ειδικής διάταξης εντός του σταθμού φόρτισης για την όδευση του δεύτερου αγωγού προστασίας.
- Λειτουργία αυτόματης αποσύνδεσης της τροφοδοσίας σε περίπτωση απώλειας της συνέχειας του αγωγού προστασίας.

Επιπλέον, θα πρέπει να τοποθετηθεί ένα σύμβολο προσοχής, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.6, στο εξωτερικό του σταθμού φόρτισης και σε σημείο εμφανές προς το χρήστη [33].



Σχήμα 3.6: Σύμβολο προσοχής

3.2.3. Κυκλώματα ελέγχου - επικοινωνίας και εγγύτητας

Η ύπαρξη κυκλώματος ελέγχου είναι υποχρεωτική κατά τη Μέθοδο 4. Οι συσκευές φόρτισης διαθέτουν ειδικό κύκλωμα ελέγχου (control pilot circuit), το οποίο εκτείνεται μέσω του/των αγωγού/ών ελέγχου μέχρι το ηλεκτρικό όχημα. Το πλήθος και η λειτουργία των αγωγών ελέγχου εξαρτάται από το σύστημα φόρτισης. Επιπλέον, το κάθε σύστημα φόρτισης καθορίζει εάν η ψηφιακή επικοινωνία μεταξύ της συσκευής φόρτισης και του ηλεκτρικού οχήματος πραγματοποιείται μέσω του κυκλώματος ελέγχου ή από ξεχωριστό κύκλωμα επικοινωνίας.

Σε όλα τα συστήματα φόρτισης ισχύει η απαίτηση ότι κατά τον εντοπισμό ενός σφάλματος στο κύκλωμα ελέγχου από την πλευρά της συσκευής φόρτισης, όπως βραχυκύκλωμα ή διαρροή ρεύματος προς τη γη ή σφάλμα στην CPU ή υπερθέρμανση, η συσκευή φόρτισης πρέπει να τερματίζει την τροφοδότηση του οχήματος και να αποσυνδέει το κύκλωμα ελέγχου από την τροφοδοσία. Επιπλέον, πρέπει να αποσυνδέεται ο αγωγός στον οποίο εντοπίστηκε το σφάλμα από την τροφοδοσία. Αντίθετα, σε περίπτωση ανίχνευσης σφάλματος προς τη γη, βραχυκυκλώματος ή υπερέντασης στο κύκλωμα ισχύος στην έξοδο της συσκευής φόρτισης, το κύκλωμα ισχύος πρέπει να αποσυνδεθεί από την τροφοδοσία, αλλά η τροφοδοσία του κυκλώματος ελέγχου και επικοινωνίας δεν πρέπει να διακοπεί, εκτός κι αν το σφάλμα οφείλεται σε απώλεια τροφοδοσίας από το AC δίκτυο.

Στο σύστημα CHAdeMO, σε περίπτωση αποσύνδεσης ενός αγωγού ελέγχου κατά την φόρτιση, η συσκευή οφείλει να μειώσει την ένταση του ρεύματος εξόδου σε 5 A κατά μέγιστο, εντός 30 ms. Ο εντοπισμός της αποσύνδεσης μπορεί να γίνει με τη χρήση ενός εκ των τριών αγωγών ελέγχου, ανάλογα τις οδηγίες του κατασκευαστή της συσκευής.

Παράλληλα με τις υποχρεωτικές λειτουργίες, το κύκλωμα ελέγχου μπορεί προαιρετικά να εκτελεί τις ακόλουθες λειτουργίες [33]:

- Καθορισμός των απαιτήσεων για τον αερισμό του χώρου φόρτισης
- Ανίχνευση και τροποποίηση του μέγιστου ρεύματος εξόδου της συσκευής φόρτισης σε πραγματικό χρόνο

- Ρύθμιση του ρεύματος φόρτισης
- Αφύπνιση της συσκευής φόρτισης από το ηλεκτρικό όχημα
- Μέσα που υποδεικνύουν στο χρήστη την κατάσταση κλειδώματος του ακροσυνδέσμου εντός της υποδοχής επί του οχήματος

Όσον αφορά τους αγωγούς εγγύτητας (PP), το κύκλωμα εγγύτητας παραμένει σε όλα τα συστήματα DC φόρτισης. Τα κυκλώματα εγγύτητας εκτελούν πάντα τη λειτουργία ανάγνωσης εγγύτητας του οχήματος. Στο σημείο αυτό τονίζεται ότι κατά τη Μέθοδο 4 είναι επιτρεπτή μόνο η Περίπτωση Γ, όπου το καλώδιο φόρτισης είναι μόνιμα συνδεδεμένο στο σταθμό φόρτισης, οπότε λόγω κατασκευής η συσκευή φόρτισης γνωρίζει την ικανότητα φόρτισης του καλωδίου και δεν είναι απαραίτητη η τυποποίηση αυτής μέσω της αντίστασης R_c (βλέπε παράγραφο 2.2.4).

3.3. Διατάξεις προστασίας

Στις επόμενες παραγράφους παρουσιάζονται οι απαιτήσεις που πρέπει να πληρούνται όσον αφορά την προστασία των συστημάτων DC φόρτισης έναντι υπερέντασης, υπέρτασης και σφαλμάτων διαρροής προς τη γη.

Καθώς οι συσκευές DC φόρτισης διαθέτουν καλώδιο φόρτισης μόνιμα συνδεδεμένο στο σταθμό (Περίπτωση Γ), δεν επιτρέπεται το αυτόματο ή το απομακρυσμένο επανακλείσιμο των επαφών των συσκευών προστασίας.

3.3.1. Προστασία έναντι υπερέντασης

Για την προστασία του εξοπλισμού έναντι υπερέντασης θα πρέπει να τοποθετούνται οι κατάλληλες προστατευτικές διατάξεις τόσο στο κύκλωμα εισόδου όσο και στο κύκλωμα εξόδου της συσκευής φόρτισης. Για το κύκλωμα εισόδου (πρωτεύον κύκλωμα), το οποίο συνδέεται σε AC δίκτυο, ισχύουν όσα αναγράφονται στην παράγραφο 2.5.1. Η διαστασιολόγηση των συσκευών προστασίας που συνδέονται στους ενεργούς αγωγούς του κυκλώματος εισόδου εξαρτάται από το ονομαστική ισχύ του DC φορτιστή.

Όσον αφορά το κύκλωμα εξόδου, το σύστημα CHAdeMO απαιτεί την ύπαρξη συσκευών προστασίας έναντι υπερέντασης, όπως ασφάλειες περιορισμού ρεύματος (current-limiting fuse), για την προστασία του συσσωρευτή του οχήματος από ρεύματα βραχυκύκλωσης που μπορούν να προκληθούν από ακούσια ανάστροφη σύνδεση του καλωδίου φόρτισης, όπως πχ. κατά την περίπτωση όπου συνδεθεί ο ακροδέκτης DC+ του καλωδίου φόρτισης στον ακροδέκτη DC- του οχήματος. Οι εν λόγω συσκευές προστασίας πρέπει να έχουν ονομαστικό ρεύμα μέχρι 250 A και να είναι ταχείας απόζευξης (quick-break). Η παραπάνω προδιαγραφή δεν απαιτείται σε συστήματα CCS. Εάν χρησιμοποιούνται περισσότεροι από ένας παράλληλοι αγωγοί στο κύκλωμα ισχύος, θα πρέπει η συσκευή φόρτισης να φροντίζει ότι κανένας από τους αγωγούς φόρτισης δεν υπερφορτίζεται [33].

3.3.2. Προστασία έναντι υπέρτασης

Όπως συμβαίνει και στις συσκευές AC φόρτισης, οι συσκευές DC φόρτισης συνίστανται να διαθέτουν συσκευές SPD (surge protection device) για την προστασία του ευαίσθητου εξοπλισμού από επικίνδυνες υπερτάσεις που μπορούν να οφείλονται σε σφάλματα όπως πτώσεις κεραυνών, αν και εκ κατασκευής η συσκευή φόρτισης υποβάλλεται μεταξύ άλλων και σε δοκιμή ανοχής σε υπέρταση από εναλλασσόμενη τάση και κρουστική υπέρταση (1,2 μ s/50 μ s). Οι συσκευές SPD μπορούν να συνδεθούν είτε στο πρωτεύον είτε στο δευτερεύον είτε και στα δύο κυκλώματα [38].

Βέβαια, λόγω του γεγονότος ότι οι συσκευές DC φόρτισης παρακολουθούν την τάση και το ρεύμα εξόδου, τα ίδια τα συστήματα DC φόρτισης φροντίζουν μέσω κατάλληλων λειτουργιών να αποτρέπουν κινδύνους που μπορούν να προέρχονται από φαινόμενα υπέρτασης σε κάποιο σημείο του κυκλώματος εξόδου. Για την προστασία του συσσωρευτή του οχήματος έναντι υπέρτασης, οι συσκευές φόρτισης που υλοποιούν το σύστημα CHAdeMO μειώνουν το ρεύμα εξόδου σε λιγότερα από 5 A εντός 3 δευτερολέπτων, εάν παρατηρηθεί υπέρβαση της πραγματικής τάσης εξόδου από την αντίστοιχη μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή που θέτει το όχημα, ενώ οι συσκευές φόρτισης που υλοποιούν το σύστημα CCS προβαίνουν απευθείας σε τερματισμό έκτακτης ανάγκης (emergency shutdown) εντός 400 ms. Σε περίπτωση σφάλματος από την πλευρά του οχήματος, η αποσύνδεση από το AC δίκτυο δεν είναι απαραίτητη.

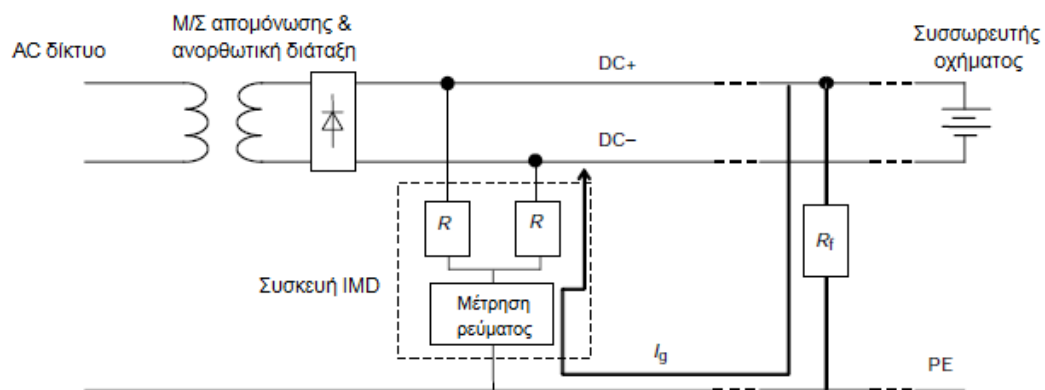
Επιπλέον, για συσκευές φόρτισης ονομαστικής τάσης έως και 500 V, δεν πρέπει να παρατηρείται τάση μεγαλύτερη των 550 V μεταξύ των DC+ και PE ή DC- και PE για περισσότερα από 5 δευτερόλεπτα ενώ για συσκευές φόρτισης ονομαστικής τάσης από 500 V έως και 1000 V, δεν πρέπει να παρατηρείται τάση μεγαλύτερη του 110% της ονομαστικής τάσης μεταξύ των DC+ και PE ή DC- και PE για περισσότερα από 5 δευτερόλεπτα. Η συσκευή φόρτισης πρέπει να τερματίζει την τροφοδότηση και να αποσυνδέει το κύκλωμα ισχύος από την τροφοδοσία εντός 5 δευτερολέπτων για την απομάκρυνση της πηγής υπέρτασης. Η ίδια διαδικασία ακολουθείται και στην περίπτωση εκκαθάρισης του πρώτου σφάλματος προς τη γη σε σημείο στην απομονωμένη – ως προς την είσοδο – έξοδο της συσκευής φόρτισης.

3.3.3. Προστασία έναντι σφαλμάτων διαρροής προς τη γη

Η προστασία έναντι σφαλμάτων διαρροής προς τη γη, τα οποία μπορούν να προκαλέσουν ηλεκτροπληξία στους χρήστες της εγκατάστασης, διαφοροποιείται ανάλογα με το σύστημα γείωσης που εφαρμόζει το κάθε κύκλωμα της συσκευής φόρτισης. Όσον αφορά το κύκλωμα εισόδου, εφόσον η συσκευή φόρτισης συνδέεται σε AC δίκτυο με σύστημα γείωσης TT ή TN-S, θα πρέπει να είναι συμβατή με διακόπτη διαφορικού ρεύματος – ΔΔΡ (residual current device – RCD) τύπου A ονομαστικού ρεύματος ενεργοποίησης 30 mA. Αυτό ισχύει όταν είτε υπάρχει μετασχηματιστής απομόνωσης εντός του σταθμού φόρτισης είτε υπάρχουν DC ρεύματα διαρροής στο κύκλωμα εισόδου μικρότερα από 6 mA. Εάν δεν πληρούνται οι δύο παραπάνω

συνθήκες, θα πρέπει να επιλεγθεί ΔΔΡ τύπου Β ίδιου ονομαστικού ρεύματος ενεργοποίησης. Ο ΔΔΡ μπορεί να τοποθετηθεί είτε εντός της συσκευής φόρτισης είτε στο τμήμα της κτηριακής ηλεκτρικής εγκατάστασης, πρέπει να αποσυνδέει όλους τους ενεργούς αγωγούς του κυκλώματος και να είναι ανθεκτικός σε μεταβατικές υπερτάσεις. Η λειτουργία του ΔΔΡ προσφέρει επιπρόσθετη ασφάλεια για τυχόν σφάλματα που θα προκληθούν στο κύκλωμα εισόδου της συσκευής φόρτισης, ενώ παράλληλα αποτελεί ένα μέτρο για προστασία έναντι πυρκαγιάς.

Όσον αφορά το κύκλωμα εξόδου, για την ανίχνευση σφαλμάτων διαρροής σε συστήματα IT χρησιμοποιείται συσκευή παρακολούθησης της μόνωσης (Insulation Monitoring Device - IMD). Η συσκευή IMD αποτελείται από δύο παράλληλες αντιστάσεις, στις οποίες συνδέονται οι δύο DC ενεργοί αγωγοί, σε σειρά με μια διάταξη μέτρησης ρεύματος. Συνδέεται μεταξύ του κυκλώματος ισχύος στην έξοδο της συσκευής φόρτισης και του αγωγού προστασίας και ανιχνεύει ρεύματα διαρροής προς τη γη που οφείλονται από σφάλματα στη μόνωση των εξαρτημάτων. Η συσκευή IMD εγκαθίσταται εντός του σταθμού φόρτισης. Στο Σχήμα 3.7 απεικονίζεται σχηματικά η διάταξη σύνδεσης της συσκευής IMD.



Υπόμνημα

- R_f Αντίσταση μόνωσης μεταξύ DC+/DC- και του αγωγού προστασίας (κατά το 1ο σφάλμα)
- R Αντίσταση γείωσης για τον περιορισμό και την μέτρηση του ρεύματος διαρροής
- I_g Ρεύμα διαρροής κατά το 1ο σφάλμα

Σχήμα 3.7: Διάταξη σύνδεσης συσκευής IMD

Η συσκευή IMD υπολογίζει την αντίσταση μόνωσης μεταξύ ενός ενεργού αγωγού και του αγωγού προστασίας, μετρώντας το ρεύμα που ρέει στον κλάδο εντός αυτής. Σε περίπτωση που συμβεί σφάλμα στην μόνωση μεταξύ των αγωγών, το κύκλωμα κλείνει μέσω της αντίστασης R_f και του αγωγού προστασίας, δημιουργώντας το ρεύμα I_g που μετράει η συσκευή IMD. Όταν το ρεύμα I_h , το οποίο υπολογίζεται από τη σχέση 3.2, ξεπεράσει μια οριακή τιμή, η οποία τίθεται με κριτήριο την επικινδυνότητα του ρεύματος διαρροής για τον άνθρωπο, η συσκευή IMD στέλνει σήμα ανίχνευσης του πρώτου σφάλματος στη μονάδα ελέγχου της συσκευής φόρτισης. Η αντίσταση μόνωσης R_f υπολογίζεται από τη σχέση 3.3.

$$I_h = V_{DC} * \frac{R + R_f}{R * R_f} \quad (3.2)$$

$$I_g = \frac{V_{DC}}{R + 2R_f} \quad (3.3)$$

Όπου:

- V_{DC} η πολική τάση μεταξύ των δύο DC ενεργών αγωγών
- R η αντίσταση γείωσης εντός της συσκευής IMD
- R_f η αντίσταση μόνωσης μεταξύ DC+/DC- και PE
- I_g το μετρούμενο ρεύμα διαρροής

Το σύστημα CHAdeMO έχει σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο, ώστε να προβαίνει σε αυτόματο τερματισμό κατά την ανίχνευση του πρώτου σφάλματος. Με τον όρο «πρώτο σφάλμα» νοείται το σφάλμα μεταξύ ενός DC ενεργού αγωγού με τον αγωγό προστασίας (PE) όσο δεν υπάρχει σφάλμα μεταξύ του έτερου ενεργού αγωγού και του PE. Αντίστοιχα, το δεύτερο σφάλμα σηματοδοτεί ότι υπάρχουν ταυτόχρονα σφάλματα μεταξύ των δύο ενεργών αγωγών και του PE, επομένως οι δύο ενεργοί αγωγοί βραχυκυκλώνονται. Γενικά, κατά την ανίχνευση του πρώτου σφάλματος δεν πλήττεται άμεσα η ακέραιη λειτουργία του συστήματος και αυτό μπορεί να συνεχίσει να λειτουργεί ομαλά, παρ' όλα αυτά χάνεται η δικλείδα ασφαλείας και το σύστημα είναι εκτεθειμένο στην εμφάνιση ενός δευτέρου σφάλματος που θα πλήξει άμεσα τη λειτουργία του. Το σύστημα CHAdeMO δεν επιτρέπει τη λειτουργία της συσκευής φόρτισης όσο υπάρχει σφάλμα διαρροής και τερματίζει τη λειτουργία της. Όταν εντοπίζεται το πρώτο σφάλμα διαρροής κατά τη διάρκεια της φόρτισης, η συσκευή πρέπει να μειώσει το ρεύμα εξόδου σε λιγότερα από 5 A. Η πολική τάση μεταξύ των δύο ενεργών αγωγών DC δεν πρέπει να ξεπερνά τα 60 V. Η αυτόματη αποσύνδεση πρέπει να λάβει χώρα εντός 5 δευτερολέπτων από τον εντοπισμό του σφάλματος. Ο μέγιστος χρόνος ανίχνευσης του πρώτου σφάλματος πρέπει να είναι μικρότερος από 1 δευτερόλεπτο, ενώ για συνεχή παρακολούθηση της μόνωσης ο ελάχιστος χρόνος απόκρισης είναι 0,2 δευτερόλεπτα.

Παράλληλα με την ανίχνευση του σφάλματος διαρροής, η συσκευή IMD παρακολουθεί την αντίσταση μόνωσης και ελέγχει αν η τιμή της είναι εντός ορίων. Η συσκευή φόρτισης εκτελεί δοκιμή μόνωσης (insulation test) πριν την έναρξη κάθε διαδικασίας φόρτισης. Ως κατώτατο όριο της αντίστασης μόνωσης, ανηγμένης ως προς την ονομαστική τάση της συσκευής φόρτισης, τίθεται η τιμή 100 Ω/V. Η φόρτιση γίνεται επιτρεπτή μόνο εφόσον η αντίσταση μόνωσης βρίσκεται εντός ορίων και η συσκευή φόρτισης ενημερώνει το όχημα μέσω του κυκλώματος ψηφιακής επικοινωνίας.

Στο σύστημα CHAdeMO, η δοκιμή μόνωσης δεν πραγματοποιείται προτού δοθεί σχετική άδεια στη συσκευή φόρτισης από το όχημα μέσω του αγωγού ελέγχου CP3, ενώ οι σχετικές παράμετροι διακινούνται μέσω ψηφιακής επικοινωνίας. Πριν τη δοκιμή μόνωσης, η συσκευή

φόρτισης πρέπει να ενημερώσει το όχημα μέσω ψηφιακής επικοινωνίας ότι ο ακροσύνδεσμος είναι κλειδωμένος εντός της υποδοχής επί του οχήματος.

Η δοκιμή μόνωσης πραγματοποιείται κατά την κοινή διαδικασία, με τις εξής προϋποθέσεις:

1. Πριν τη δοκιμή, η συσκευή φόρτισης μετράει την τάση εξόδου και επιβεβαιώνει ότι οι επαφές του κυκλώματος ισχύος από την πλευρά του οχήματος είναι ανοιχτές. Η μετρούμενη τάση εξόδου δεν θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 10 V. Αν είναι, τότε η διαδικασία φόρτισης τερματίζει.
2. Εφαρμόζεται η μέγιστη επιτρεπόμενη τάση εξόδου της συσκευής φόρτισης.
3. Μετά τη δοκιμή, επιβεβαιώνεται ότι η τάση εξόδου είναι μικρότερη από 20 V. Μόνο σε αυτή την περίπτωση η συσκευή φόρτισης ενημερώνει το όχημα ότι η δοκιμή έχει πραγματοποιηθεί.

Κατά τη διάρκεια της δοκιμής μόνωσης γίνεται παρακολούθηση για τυχόν σφάλματα διαρροής.

Στο σύστημα CCS, η συσκευή φόρτισης πρέπει να παρακολουθεί τη μόνωση μεταξύ των αγωγών καθ' όλη τη διάρκεια της διαδικασίας φόρτισης και να ενημερώνει το όχημα περιοδικά ανάλογα με την εκάστοτε παρούσα κατάσταση του συστήματος. Πριν από κάθε κύκλο τροφοδοσίας πρέπει να υλοποιούνται οι παρακάτω δοκιμές, κατά τη διάρκεια των οποίων τα τάση εξόδου δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 500 V:

1. Δοκιμή ορθής λειτουργίας της παρακολούθησης της μόνωσης εντός της συσκευής φόρτισης, η οποία υλοποιείται εφαρμόζοντας μια αντίσταση μεταξύ ενός DC ενεργού αγωγού και του αγωγού προστασίας. Η δοκιμή αυτή μπορεί να λάβει χώρα είτε αμέσως πριν την διαδικασία κανονικής εκκίνησης, με τον ακροσύνδεσμο συνδεδεμένο στην υποδοχή επί του οχήματος, είτε σε τακτά χρονικά διαστήματα μικρότερα της μίας ώρας.
2. Έλεγχος της μόνωσης του συστήματος με τη χρήση συσκευής IMD, είτε με συνδεδεμένο ακροσύνδεσμο (το σύστημα περιλαμβάνει σταθμό φόρτισης, καλώδιο, ακροσύνδεσμο, υποδοχή και κύκλωμα εντός οχήματος), είτε με μη συνδεδεμένο ακροσύνδεσμο (περιλαμβάνει σταθμό φόρτισης, καλώδιο και ακροσύνδεσμο).

Οι καταστάσεις μόνωσης του συστήματος είναι οι εξής:

- Κατάσταση “Invalid”: Δεν έχει πραγματοποιηθεί δοκιμή ορθής λειτουργίας. Δεν επιτρέπεται η φόρτιση.
- Κατάσταση “Valid”: Τίθεται μετά από επιτυχημένη δοκιμή ορθής λειτουργίας. Μετά τον τερματισμό της μεταφοράς ενέργειας η συσκευή φόρτισης επιστρέφει σε Κατάσταση “Invalid”.
- Κατάσταση “Warning”: Εάν η πραγματική συνολική αντίσταση μόνωσης μεταξύ ενός DC ενεργού αγωγού και του αγωγού προστασίας πέσει κάτω από την τιμή που προκύπτει από το γινόμενο της ονομαστικής τάσης εξόδου επί 500 Ω/V, χωρίς αρνητική ανοχή στη

μέτρηση, η συσκευή φόρτισης στέλνει προειδοποιητικό μήνυμα και εισάγεται στην εν λόγω Κατάσταση.

- **Κατάσταση Σφάλματος:** Εάν η δοκιμή ορθής λειτουργίας αποτύχει ή η πραγματική συνολική αντίσταση μόνωσης μεταξύ ενός DC ενεργού αγωγού και του αγωγού προστασίας πέσει κάτω από την τιμή που προκύπτει από το γινόμενο της ονομαστικής τάσης εξόδου επί 100 Ω/V, χωρίς αρνητική ανοχή στη μέτρηση, η συσκευή φόρτισης πρέπει να εκπέμψει οπτική ή/και ηχητική ένδειξη προς το χρήστη και ταυτόχρονα να τερματίσει τη διαδικασία φόρτισης. Κατά τη διάρκεια της φόρτισης η συσκευή οφείλει να ανιχνεύσει το σφάλμα και να εισέλθει στην Κατάσταση “Invalid” εντός 2 λεπτών.

Εάν εμφανιστεί η Κατάσταση “Warning” ή η Κατάσταση Σφάλματος εν μέσω της φόρτισης, η συσκευή φόρτισης πρέπει να πραγματοποιήσει δοκιμή ορθής λειτουργίας αφού αποσυνδεθεί ο ακροσύνδεσμος από την υποδοχή. Αν η δοκιμή είναι επιτυχημένη, η συσκευή φόρτισης μεταβαίνει στην Κατάσταση “Valid”, ενώ σε αντίθετη περίπτωση παραμένει στην Κατάσταση “Invalid” και παραμένει έτσι μέχρι να επισκευαστεί [33].

3.4. Ψηφιακή επικοινωνία

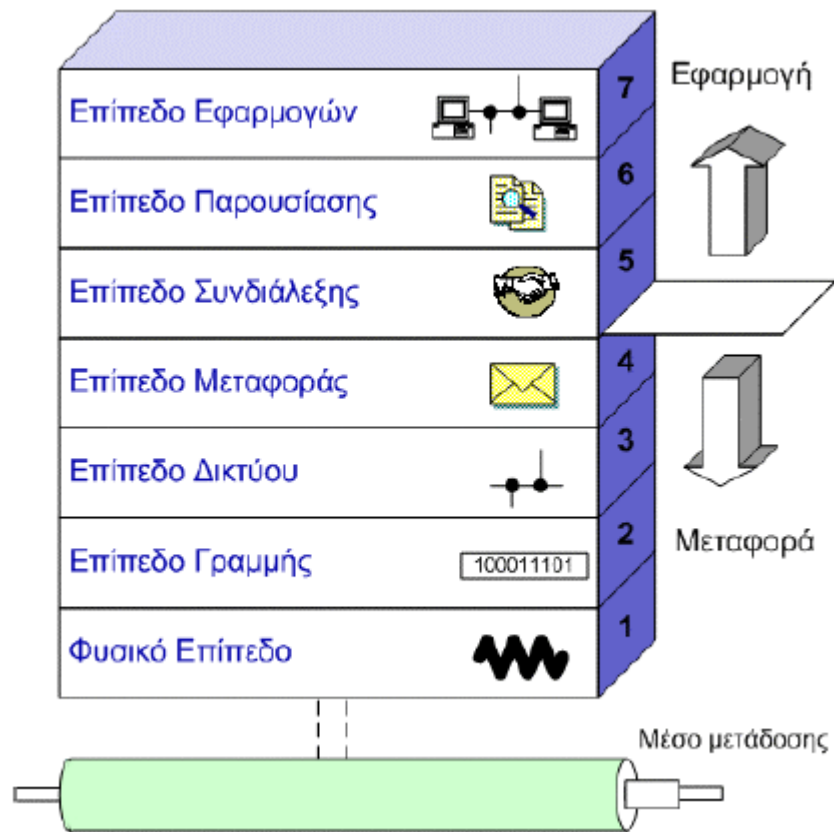
Ο έλεγχος της φόρτισης και η ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ της συσκευής DC φόρτισης και του ηλεκτρικού οχήματος επιτυγχάνεται μέσω επικοινωνίας χαμηλού και υψηλού επιπέδου. Κατά την επικοινωνία χαμηλού επιπέδου ή βασική επικοινωνία, η οποία υλοποιείται μέσω της ανταλλαγής σημάτων διαμέσου των αγωγών ελέγχου (control pilots), διακινούνται οι βασικές πληροφορίες που είναι απαραίτητες για την διαδικασία φόρτισης, όπως η εκκίνηση και ο τερματισμός φόρτισης (κανονικός ή έκτακτης ανάγκης). Επιπρόσθετα με την βασική επικοινωνία, οι συσκευές DC φόρτισης πρέπει να διαθέτουν μέσα ψηφιακής επικοινωνίας για την ανταλλαγή παραμέτρων ελέγχου της φόρτισης μεταξύ αυτών και των ηλεκτρικών οχημάτων, όπως τις μέγιστες τιμές τάσης και έντασης ρεύματος φόρτισης. Η ανταλλαγή παραμέτρων υλοποιείται μέσω του πρωτοκόλλου επικοινωνίας υψηλού επιπέδου.

Η διαδικασία που ακολουθείται κατά την εκκίνηση και τον τερματισμό της φόρτισης για κάθε σύστημα DC φόρτισης και το κύκλωμα ελέγχου που σχετίζεται με την επικοινωνία χαμηλού επιπέδου μεταξύ της συσκευής φόρτισης και του ηλεκτρικού οχήματος αναλύονται στις παραγράφους 3.1.2, 3.1.3 και 3.2.3 και αντίστοιχα. Η επικοινωνία υψηλού επιπέδου μεταξύ των δύο πλευρών υλοποιείται με τα εξής πρωτόκολλα επικοινωνίας:

- Πρωτόκολλο CAN για το σύστημα CHAdeMO
- Πρωτόκολλο PLC για το σύστημα CCS

3.4.1. Μοντέλο OSI

Τα περισσότερα επικοινωνιακά δίκτυα ακολουθούν ένα σύστημα ανάπτυξης πολλών βαθμίδων. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται η διαλειτουργικότητα μεταξύ προϊόντων δημιουργημένων από διαφορετικούς κατασκευαστές. Η αρχιτεκτονική δικτύου πολλών βαθμίδων, που χρησιμοποιείται ως αναφορά στην ανάπτυξη οποιουδήποτε δικτύου και αποτελεί πρότυπο ISO, ονομάζεται μοντέλο αναφοράς Ανοιχτής Διασύνδεσης Συστημάτων (Open System Interconnection – OSI). Τα επτά επίπεδα από τα οποία αποτελείται το μοντέλο OSI φαίνονται στο Σχήμα 3.8.



Σχήμα 3.8: Ιεραρχική Δομή επιπέδων του μοντέλου OSI

Κατά την αποστολή ενός συνόλου δεδομένων από έναν κόμβο του δικτύου σε ένα άλλο, η διαδικασία περνάει από όλα τα επίπεδα του μοντέλου OSI. Ο πομπός διαμορφώνει το πακέτο δεδομένων σαρώνοντας τα επίπεδα από πάνω προς τα κάτω, ενώ η αντίθετη φορά ακολουθείται κατά την αποδιαμόρφωση του πακέτου από τον δέκτη μετά τη λήψη του. Παρακάτω περιγράφεται η λειτουργία που επιτελεί κάθε επίπεδο του μοντέλου OSI, από κάτω προς τα πάνω [39].

1. Το επίπεδο 1 ή φυσικό επίπεδο (physical layer) είναι υπεύθυνο για την μετάδοση των ψηφιακών δεδομένων από τον κόμβο του αποστολέα προς τους άλλους κόμβους του δικτύου μέσω του φυσικού μέσου μετάδοσης. Τα δεδομένα μεταδίδονται μέσω τύπου

σημάτων που υποστηρίζει το φυσικό μέσο μετάδοσης, όπως ηλεκτρική τάση, ραδιοφωνικό σήμα ή παλμοί ορατού ή υπέρυθρου φωτός.

2. Το επίπεδο 2 ή επίπεδο γραμμής/σύνδεσης δεδομένων (data link layer) ελέγχει για σφάλματα στην φυσική μετάδοση δεδομένων και συσκευάζει τα bits σε «πλαίσια» δεδομένων. Επιπλέον, το επίπεδο 2 διαχειρίζεται τις φυσικές διευθύνσεις και ελέγχει την πρόσβαση διάφορων συσκευών στο φυσικό μέσο.
3. Το επίπεδο 3 ή επίπεδο δικτύου (network layer) προσθέτει την έννοια της δρομολόγησης. Όταν τα δεδομένα φτάσουν στο επίπεδο 3, οι διευθύνσεις αποστολέα και παραλήπτη που περιέχει κάθε πλαίσιο δεδομένων ελέγχονται ώστε να γίνει αντιληπτό εάν έφτασαν σωστά στον προορισμό τους.
4. Το επίπεδο 4 ή επίπεδο μεταφοράς (transport layer) μεταφέρει τα δεδομένα από κόμβο σε κόμβο του δικτύου. Τα διάφορα πρωτόκολλα μεταφοράς μπορούν να υποστηρίξουν προαιρετικά και άλλες λειτουργίες, όπως ανάκτηση σφάλματος, έλεγχος ροής και υποστήριξη για επαναμετάδοση.
5. Το επίπεδο 5 ή επίπεδο συνδιάλεξης (session layer) διαχειρίζεται την διαδοχή και τη ροή γεγονότων που εκκινούν και τερματίζουν οι κόμβοι του δικτύου.
6. Το επίπεδο 6 ή επίπεδο παρουσίασης (presentation layer) χειρίζεται τη διαδικασία σύνταξης του μηνύματος δεδομένων, όπως μετατροπές στο format των πακέτων και κρυπτογράφηση/αποκρυπτογράφηση.
7. Το επίπεδο 7 ή επίπεδο εφαρμογής (application layer) παρέχει υπηρεσίες δικτύου στις εφαρμογές των τελικών χρηστών. Οι υπηρεσίες δικτύου είναι συνήθως πρωτόκολλα που χρησιμοποιούν δεδομένα του χρήστη.

Η ψηφιακή επικοινωνία στα συστήματα DC φόρτισης ακολουθεί το μοντέλο OSI. Κάθε σύστημα DC φόρτισης υλοποιεί το κάθε ένα από τα παραπάνω επίπεδα με διαφορετικό τρόπο, χρησιμοποιώντας το κατάλληλο πρωτόκολλο. Στον Πίνακα 3.3 αναγράφεται ο τρόπος υλοποίησης των επιπέδων του μοντέλου OSI για τα συστήματα CHAdeMO και CCS.

Επίπεδο OSI	Περιγραφή	Υλοποίηση CHAdeMO	Υλοποίηση CCS
Εφαρμογή	Πρόσβαση εφαρμογών στο δίκτυο	CAN	Μηνύματα επιπέδου εφαρμογής
Παρουσίαση	Αναπαράσταση δεδομένων και κρυπτογράφηση	-	XML, EXI
Συνδιάλεξη	Έλεγχος διαλόγου μεταξύ δύο κόμβων		V2GTP
Μεταφορά	Αξιοπιστία επικοινωνίας από άκρο σε άκρο		TCP, UDP
Δίκτυο	Καθορισμός διαδρομών και διευθύνσεων των κόμβων		IPv6
Γραμμή / Σύνδεση δεδομένων	Φυσική διευθυνσιοδότηση	CAN	HomePlug Green PHY (PLC)
Φυσικό	Δυαδική μετάδοση σήματος μέσω του φυσικού μέσου		

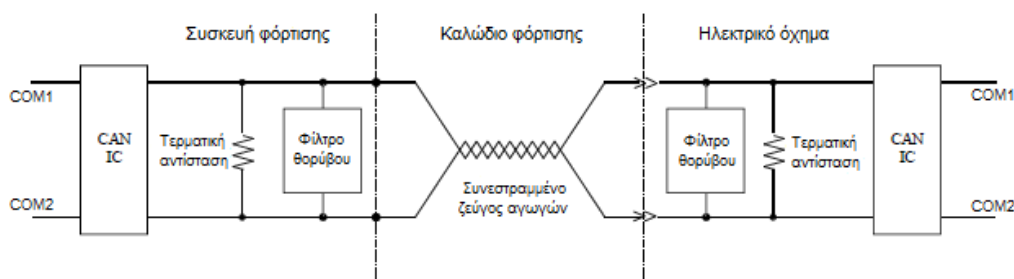
Πίνακας 3.3: Πρωτόκολλα υλοποίησης των επιπέδων του μοντέλου OSI ανά σύστημα φόρτισης

3.4.2. Υλοποίηση στο σύστημα CHAdeMO

Η ψηφιακή επικοινωνία μεταξύ μιας συσκευής φόρτισης και ενός ηλεκτρικού οχήματος που είναι συμβατά με το σύστημα CHAdeMO επιτυγχάνεται με τη χρήση του πρωτοκόλλου CAN. Το CAN (Controller Area Network) είναι ένα σειριακό δίκτυο, το οποίο συναντάται μέσα σε ενσωματωμένα συστήματα και προσφέρει γρήγορη επικοινωνία, για απαιτήσεις πραγματικού χρόνου, μεταξύ μικροελεγκτών. Η ανάπτυξή του ξεκίνησε το 1983 από τη γερμανική εταιρεία BOSCH με αρχικό σκοπό τη χρήση του σε εφαρμογές αυτοκίνησης. Τα πλεονεκτήματα όμως που παρουσιάζει έχουν διευρύνει το πεδίο εφαρμογών του, το οποίο πλέον περιλαμβάνει μεταξύ άλλων βιομηχανικές, αεροναυπηγικές, διαστημικές αλλά και οικιακές εφαρμογές.

Το πρωτόκολλο CAN υλοποιεί τα δύο πρώτα επίπεδα, δηλαδή το φυσικό επίπεδο (physical layer) και το επίπεδο γραμμής ή επίπεδο σύνδεσης δεδομένων (data link layer), καθώς και το τελευταίο επίπεδο (επίπεδο εφαρμογών – application layer). Τα υπόλοιπα επίπεδα παρακάμπτονται με σκοπό να σωθούν πόροι μνήμης, οδηγώντας έτσι σε καλύτερη απόδοση.

Για τις εφαρμογές φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων, το φυσικό επίπεδο υλοποιείται από το κύκλωμα CAN, το οποίο είναι ξεχωριστό από το κύκλωμα ελέγχου και επικοινωνίας (control pilot circuit) που αφορά την βασική επικοινωνία μεταξύ συσκευής φόρτισης και οχήματος. Το κύκλωμα CAN αποτελείται από το δίαυλο CAN, ο οποίος ουσιαστικά αποτελεί ένα συνεστραμμένο ζεύγος αγωγών (COM1 και COM2) μέσω των οποίων γίνεται η μεταφορά δεδομένων, τις μονάδες ελέγχου CAN (CAN IC) που αποτελούν τους κόμβους του δικτύου, φίλτρα για την απαλοιφή του θορύβου σε κάθε πλευρά του δικτύου και τερματικές αντιστάσεις για την απορρόφηση των ηλεκτρικών ανακλάσεων. Η ταχύτητα μετάδοσης των δεδομένων εντός του διαύλου είναι 500 kbps και κάθε κύκλος δεδομένων εκτελείται σε 100 ms με μέγιστη απόκλιση $\pm 10\%$. Το κύκλωμα CAN απεικονίζεται σχηματικά στο Σχήμα 3.9.



Σχήμα 3.9: Σχηματική απεικόνιση κυκλώματος CAN

Η κύρια λειτουργία του επιπέδου σύνδεσης δεδομένων του πρωτοκόλλου CAN έγκειται στην παροχή αξιόπιστης μετάδοσης δεδομένων μεταξύ των κόμβων του δικτύου, στον καθορισμό της μορφής του πλαισίου δεδομένων και στην τήρηση κανόνων κωδικοποίησης αυτού. Επιπλέον, το

επίπεδο αυτό σχετίζεται με την ενσωμάτωση πληροφοριών σχετικά τους κόμβους του δικτύου στα πλαίσια δεδομένων, τον καθορισμό των δεδομένων, την θέσπιση κανόνων προτεραιότητας μετάδοσης στο δίαυλο κλπ.

Στο επίπεδο εφαρμογής προσδιορίζονται τα δεδομένα που μεταδίδονται και οι τιμές των παραμέτρων. Οι παράμετροι που διακινούνται μέσω του διαύλου CAN πριν, κατά τη διάρκεια και μετά το πέρας της διαδικασίας φόρτισης μπορεί να είναι είτε αριθμητικές τιμές είτε σημαίες (flags) που υποδεικνύουν εάν συμβαίνουν διάφορα γεγονότα. Οι πληροφορίες αποστέλλονται αμφίδρομα, δηλαδή και οι δύο πλευρές λειτουργούν εν δυνάμει ως πομποί και δέκτες, ανάλογα με το είδος του μηνύματος που αποστέλλεται. Το ηλεκτρικό όχημα καθορίζει κυρίως βασικές παραμέτρους που αφορούν τα χαρακτηριστικά του συσσωρευτή του και αιτείται τις επιθυμητές τιμές τάσης και ρεύματος φόρτισης με βάση τα χαρακτηριστικά αυτά, ενώ η συσκευή φόρτισης διαμορφώνει την ισχύ εξόδου μέσω του DC φορτιστή και ενημερώνει το όχημα για τις μετρούμενες τιμές τάσης και ρεύματος. Και οι δύο πλευρές ενημερώνουν την απέναντι σχετικά με σφάλματα που μπορεί να εντοπίσουν. Οι κυριότερες παράμετροι που διακινούνται μεταξύ της συσκευής φόρτισης και του ηλεκτρικού οχήματος, που αμφότερα κάνουν χρήση του συστήματος CHAdeMO, μέσω της ψηφιακής τους επικοινωνίας περιγράφονται αναλυτικά στον Πίνακα 3.4 [40].

Παράμετρος	Περιγραφή	Από	Προς	Ρυθμός ανανέωσης	Μον. Μέτρ.
Μέγιστη τάση συσσωρευτή οχήματος	Η μέγιστη τάση στους ακροδέκτες του συσσωρευτή, στην οποία η ΣΦ τερματίζει τη φόρτιση για την προστασία του συσσωρευτή	HO	ΣΦ	100 ms	V
Ονομαστική χωρητικότητα συσσωρευτή	Ονομαστική χωρητικότητα συσσωρευτή	HO	ΣΦ	100 ms	kWh
Μέγιστος χρόνος φόρτισης	Μέγιστος χρόνος φόρτισης που επιτρέπει το HO, τίθεται κάθε 10 s	HO	ΣΦ	100 ms	s
Εκτιμώμενος χρόνος ολοκλήρωσης φόρτισης	Εκτιμώμενος χρόνος ολοκλήρωσης φόρτισης που υπολογίζεται από το HO	HO	ΣΦ	100 ms	min
Αριθμός Πρωτοκόλλου	Έκδοση λογισμικού του πρωτοκόλλου ελέγχου που είναι συμβατό το HO	HO	ΣΦ	100 ms	100 ms
Αίτημα για ένταση ρεύματος φόρτισης	Τιμή της έντασης του ρεύματος φόρτισης που επιθυμεί το HO κατά τη φόρτιση	HO	ΣΦ	100 ms	V
Ποσοστό πλήρωσης	Ποσοστό πλήρωσης του συσσωρευτή	HO	ΣΦ	100 ms	%
Κατάσταση οχήματος	Σημαία που υποδεικνύει την ετοιμότητα του οχήματος για φόρτιση	HO	ΣΦ	-	-
Δυσλειτουργία στο σύστημα φόρτισης (HO)	Σημαία που υποδεικνύει ότι εμφανίστηκε δυσλειτουργία σε κάποιο σημείο του συστήματος και εντοπίστηκε από το HO	HO	ΣΦ	100 ms	-
Αίτημα για κανονικό τερματισμό πριν τη φόρτιση	Σημαία που υποδεικνύει εάν το όχημα έχει αποστείλει αίτημα για κανονικό τερματισμό φόρτισης.	HO	ΣΦ	100 ms	
Σφάλμα απόκλισης ρεύματος φόρτισης	Σημαία που υποδεικνύει εάν το ρεύμα εξόδου έχει μεγάλη απόκλιση από την επιθυμητή από το HO αντίστοιχη τιμή	HO	ΣΦ	-	-

Σφάλμα απόκλισης τάσης φόρτισης	Σημαία που υποδεικνύει εάν η τάση εξόδου που μετράει η ΣΦ αποκλίνει από την τάση στους ακροδέκτες του συσσωρευτή	ΗΟ	ΣΦ	-	-
Υψηλή θερμοκρασία συσσωρευτή	Σημαία που υποδεικνύει εάν η θερμοκρασία του συσσωρευτή ξεπερνάει το αντίστοιχο όριο	ΗΟ	ΣΦ	-	-
Διαθέσιμη τάση εξόδου	Μέγιστη τιμή τάσης εξόδου στους ακροδέκτες του ακροσυνδέσμου	ΣΦ	ΗΟ	100 ms	V
Διαθέσιμο ρεύμα εξόδου	Μέγιστη τιμή ρεύματος εξόδου της ΣΦ	ΣΦ	ΗΟ	100 ms	A
Τάση εξόδου	Τάση στην έξοδο της ΣΦ	ΣΦ	ΗΟ	100 ms	V
Ρεύμα εξόδου	Ρεύμα στην έξοδο της ΣΦ	ΣΦ	ΗΟ	100 ms	A
Κατάσταση σταθμού	Σημαία που υποδεικνύει την κατάσταση της ΣΦ	ΣΦ	ΗΟ	100 ms	-
Κλείδωμα ακροσυνδέσμου	Σημαία που υποδεικνύει εάν ο ακροσύνδεσμος είναι κλειδωμένος εντός της υποδοχής επί του ΗΟ	ΣΦ	ΗΟ	100 ms	-
Ασυμβατότητα συσσωρευτή	Σημαία που υποδεικνύει εάν υπάρχει συμβατότητα μεταξύ του συσσωρευτή του ΗΟ και της τάσης εξόδου της ΣΦ	ΣΦ	ΗΟ	100 ms	-
Δυσλειτουργία στο σύστημα φόρτισης (ΣΦ)	Σημαία που υποδεικνύει εάν υπάρχει πρόβλημα με το ΗΟ, πχ λανθασμένη σύνδεση	ΣΦ	ΗΟ	100 ms	-
Έλεγχος τερματισμού φόρτισης	Σημαία που υποδεικνύει εάν η ΣΦ προβαίνει σε τερματισμό φόρτισης	ΣΦ	ΗΟ	100 ms	-
* ΗΟ: Ηλεκτρικό Όχημα * ΣΦ: Συσκευή Φόρτισης					

Πίνακας 3.4: Παράμετροι ψηφιακής επικοινωνίας συστήματος CHAdeMO

3.4.3. Υλοποίηση στο σύστημα CCS

Η ψηφιακή επικοινωνία στο σύστημα CCS υλοποιείται με τη χρήση διαφορετικών πρωτοκόλλων ξεχωριστά για κάθε επίπεδο του μοντέλου OSI, όπως αναγράφονται στον Πίνακα 3.3. Κάθε πρωτόκολλο που υλοποιεί ένα επίπεδο OSI συνεργάζεται άμεσα και ανταλλάσει δεδομένα με το επόμενο και προηγούμενο επίπεδο, εκτελώντας τις κατάλληλες διεργασίες.

Το φυσικό επίπεδο υλοποιείται μέσω του ήδη υπάρχοντος κυκλώματος ελέγχου και επικοινωνίας (control pilot circuit), το οποίο χρησιμοποιείται και για την βασική επικοινωνία. Τα δεδομένα μεταδίδονται μέσω των αγωγών CP και PE με βάση την τεχνολογία PLC (power line communication), με αποτέλεσμα να μην απαιτείται νέα ειδική καλωδίωση που θα αναλαμβάνει το ρόλο του φυσικού μέσου μετάδοσης των δεδομένων. Η βασική επικοινωνία δεν διαταράσσεται, απαιτείται όμως κατά την κανονική λειτουργία φόρτισης ο κύκλος λειτουργίας (duty cycle) του σήματος που παράγει η γεννήτρια PWM να τίθεται στο 5%, όπως ορίζει ο Πίνακας 2.3. Επιπλέον, απαιτείται η ύπαρξη δύο μονάδων PLC (PLC modules), ένα εντός της συσκευής φόρτισης και ένα εντός του ηλεκτρικού οχήματος, για την διαμόρφωση και αποδιαμόρφωση των διακινούμενων μηνυμάτων.

Το επίπεδο σύνδεσης δεδομένων υλοποιείται με τη χρήση της τεχνολογίας HomePlug Green PHY. Η εν λόγω τεχνολογία εμπεριέχει το πρωτόκολλο SLAC (Signal Level Attenuation

Characterization), κατά το οποίο μια συσκευή φόρτισης μπορεί να μετρήσει την εξασθένηση της στάθμης ενός σήματος μεταξύ δύο μονάδων PLC ενός δικτύου. Με τον τρόπο αυτό μπορεί να αποφευχθούν τυχόν παρεμβολές (crosstalk) στην επικοινωνία μεταξύ συσκευής φόρτισης και οχήματος που μπορούν να προκληθούν από τη σύνδεση ενός άλλου οχήματος σε κοντινό σημείο φόρτισης. Το πρωτόκολλο SLAC διασφαλίζει ότι η συσκευή φόρτισης επικοινωνεί με το ηλεκτρικό όχημα που συνδέεται συμβατικά με αυτή και όχι με κάποιο άλλο γειτονικό όχημα [41].

Για τα υπόλοιπα επίπεδα του μοντέλου OSI ισχύουν τα εξής:

- Το επίπεδο δικτύου υλοποιείται από το πρωτόκολλο IPv6 (Internet Protocol v6). Το εν λόγω πρωτόκολλο βασίζεται σε πακέτα δεδομένων και είναι το πρώτο πρωτόκολλο μετάδοσης δεδομένων που η λειτουργία του είναι ανεξάρτητη του φυσικού μέσου μετάδοσης.
- Το επίπεδο μεταφοράς υλοποιείται από τα πρωτόκολλα TCP (Transmission Control Protocol) και UDP (User Datagram Protocol). Το πρωτόκολλο TCP επιτρέπει στους κόμβους του δικτύου να εγκαθιδρύσουν μια αξιόπιστη σύνδεση μεταξύ τους, ενώ ταυτόχρονα παρέχει έλεγχο της ροής και της συμφόρησης δεδομένων. Το πρωτόκολλο UDP δεν παρέχει την ίδια αξιοπιστία όπως το TCP, όμως είναι γρηγορότερο και αποτελεσματικότερο σε εφαρμογές που απαιτούν μεγαλύτερη χρονική ευαισθησία.
- Το επίπεδο συνδιάλεξης υλοποιείται από το πρωτόκολλο V2GTP (Vehicle to Grid Transfer Protocol). Το V2GTP είναι ένα συμπαγές πρωτόκολλο επικοινωνίας για την μετάδοση μηνυμάτων μεταξύ συσκευής φόρτισης και οχήματος, αλλά μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί και από άλλες παρεμφερείς μονάδες. Βασίζεται στα πρωτόκολλα TCP και UDP.
- Για την περιγραφή του πακέτου μηνυμάτων το επίπεδο παρουσίασης χρησιμοποιεί την ευρέως διαδεδομένη αναπαράσταση δεδομένων XML, η οποία επιτρέπει απλοποιημένη πιστοποίηση εγκυρότητας των ανταλλασσόμενων μηνυμάτων. Επιπλέον, η μορφή EXI επιτρέπει τη χρήση και επεξεργασία μηνυμάτων βασισμένων σε XML σε δυαδικό επίπεδο, αυξάνοντας έτσι την ταχύτητα επεξεργασίας και μειώνοντας τους δεσμευμένους πόρους μνήμης.

Τέλος, στο επίπεδο εφαρμογής προσδιορίζονται τα δεδομένα που μεταδίδονται και οι τιμές των παραμέτρων. Και οι δύο πλευρές λειτουργούν εν δυνάμει ως πομποί και δέκτες, ανάλογα με το είδος του μηνύματος που αποστέλλεται, ενώ η πληροφορία που πρόκειται να μεταδοθεί αναπαρίσταται με την τιμή που δίνεται στην εκάστοτε παράμετρο. Το ηλεκτρικό όχημα καθορίζει κυρίως βασικές παραμέτρους που αφορούν τα χαρακτηριστικά του συσσωρευτή του και αιτείται τις επιθυμητές τιμές τάσης και ρεύματος φόρτισης με βάση τα χαρακτηριστικά αυτά, ενώ η συσκευή φόρτισης διαμορφώνει την ισχύ εξόδου μέσω του DC φορτιστή και ενημερώνει το όχημα για τις μετρούμενες τιμές τάσης και ρεύματος. Και οι δύο πλευρές ενημερώνουν την απέναντι σχετικά με σφάλματα που μπορεί να εντοπίσουν. Οι ελάχιστες παράμετροι που διακινούνται μεταξύ της συσκευής φόρτισης και του ηλεκτρικού οχήματος, που αμφότερα

κάνουν χρήση του συστήματος CCS, μέσω της ψηφιακής τους επικοινωνίας περιγράφονται αναλυτικά στον Πίνακα 3.5 [40].

No	Παράμετρος	Περιγραφή	Από	Προς
a-1	Αίτημα έντασης σε σύστημα ελέγχου ρεύματος φόρτισης	Το ΗΟ ορίζει την επιθυμητή τιμή της έντασης ρεύματος φόρτισης	ΗΟ	ΣΦ
a-2	Αίτημα τάσης σε σύστημα ελέγχου τάσης φόρτισης	Το ΗΟ ορίζει την επιθυμητή τιμή της τάσης φόρτισης	ΗΟ	ΣΦ
a-3	Μέγιστη ονομαστική τάση της ΣΦ	Μέγιστη ονομαστική τάση της ΣΦ	ΣΦ	ΗΟ
a-4	Μέγιστο ονομαστικό ρεύμα της ΣΦ	Μέγιστο ονομαστικό ρεύμα της ΣΦ	ΣΦ	ΗΟ
b-1	Πρωτόκολλο επικοινωνίας	Ανταλλαγή εκδόσεων λογισμικού του πρωτοκόλλου ελέγχου με τα οποία είναι συμβατές οι δύο πλευρές	Αμφίδρομη	
b-2	Μέγιστο όριο τάσης ΗΟ	Το ΗΟ ορίζει την μέγιστη τάση στους ακροδέκτες του συσσωρευτή για την προστασία του	ΗΟ	ΣΦ
b-3	Ελάχιστο όριο ρεύματος (μόνο σε σύστημα ελέγχου τάσης)	Ελάχιστο όριο ρεύματος ΗΟ	ΗΟ	ΣΦ
c	Αποτέλεσμα δοκιμής μόνωσης	Αποτέλεσμα δοκιμής μόνωσης πριν τη φόρτιση. Αν η δοκιμή αποτύχει, στέλνεται σήμα για απαγόρευση φόρτισης	ΣΦ	ΗΟ
d	Δοκιμή βραχυκυκλώματος πριν τη φόρτιση	Αποτέλεσμα δοκιμής βραχυκυκλώματος πριν τη φόρτιση	ΣΦ	ΗΟ
e	Τερματισμός φόρτισης από το χρήστη	Πληροφορίες σχετικά με τον τερματισμό φόρτισης από το χρήστη της ΣΦ	ΣΦ	ΗΟ
f	Διαθέσιμο ρεύμα φορτίου ΣΦ (προαιρετικό)	Πληροφορίες σχετικά με το διαθέσιμο ρεύμα φορτίου ΣΦ σε πραγματικό χρόνο για συστήματα διαχείρισης φορτίου	ΣΦ	ΗΟ
g	Απώλεια ψηφιακής επικοινωνίας	Εντοπισμός απώλειας ψηφιακής επικοινωνίας. Θεωρείται απώλεια επικοινωνίας όταν ο δέκτης δεν λάβει το μήνυμα μετά από το προκαθορισμένο χρονικό διάστημα.	Αμφίδρομη	
h-1	Επιβεβαίωση μηδενικού ρεύματος	Ειδοποίηση για επιβεβαίωση μηδενικού ρεύματος εξόδου για το ξεκλείδωμα του ακροσυνδέσμου	ΣΦ	ΗΟ
h-2	Ανίχνευση συγκόλλησης ακροδεκτών	Πληροφορίες σχετικά με τη διαδικασία ανίχνευσης συγκόλλησης ακροδεκτών ακροσυνδέσμου – υποδοχής.	ΣΦ	ΗΟ
* ΗΟ: Ηλεκτρικό Όχημα				
* ΣΦ: Συσκευή Φόρτισης				

Πίνακας 3.5: Παράμετροι ψηφιακής επικοινωνίας συστήματος CCS

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

ΣΥΝΔΕΣΗ ΣΥΣΚΕΥΩΝ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ

4.1. Απαιτήσεις ηλεκτρικής εγκατάστασης

Στο Κεφάλαιο 4 αποτυπώνονται οι τεχνικές απαιτήσεις και τα χαρακτηριστικά που πρέπει να πληροί μια ηλεκτρική εγκατάσταση για την σύνδεση συσκευών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων, όπως καθορίζονται από τα διεθνή πρότυπα και κανονισμούς. Επιπλέον, καταγράφεται η πρακτική άλλων χωρών με ανεπτυγμένες υποδομές φόρτισης, με βάση το εκάστοτε ρυθμιστικό πλαίσιο και τις κατευθυντήριες τεχνικές οδηγίες κάθε χώρας.

Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζονται και αναλύονται, σε τεχνικό επίπεδο, οι αναγκαίες τροποποιήσεις που θα πρέπει να λάβουν χώρα σε μια ηλεκτρική εγκατάσταση για τη σύνδεση μίας ή πολλαπλών συσκευών φόρτισης.

4.1.1. Δημιουργία νέου αποκλειστικού κυκλώματος

Κάθε ηλεκτρική εγκατάσταση πρέπει να τροποποιείται κατάλληλα, ώστε να μπορεί να υποδεχθεί μια συσκευή φόρτισης, χωρίς να παρεμποδίζεται η λειτουργία του υπόλοιπου τμήματος αυτής και ταυτόχρονα να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις φόρτισης που αναλύθηκαν στα Κεφάλαια 2 και 3. Το σημαντικότερο στοιχείο που αφορά την εγκατάσταση ενός σημείου φόρτισης σε νέα ή υφιστάμενη ηλεκτρική εγκατάσταση, είτε πρόκειται για κοινό ρευματοδότη που προορίζεται αποκλειστικά για φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων είτε για σταθμό φόρτισης Μεθόδου 3 ή 4 (επιδαπέδιο ή επιτοίχιο – wallbox), είναι πως αυτό πρέπει να τροφοδοτείται από αποκλειστικό ηλεκτρικό κύκλωμα [42].

Το κύκλωμα που τροφοδοτεί ένα σημείο φόρτισης πρέπει να διαθέτει τις δικές του διατάξεις προστασίας, όπως μικροαυτόματους διακόπτες (MCBs) και διακόπτες διαφορικού ρεύματος (ΔΔΡ/RCDs), σε σχέση με τα κυκλώματα που τροφοδοτούν τα υπόλοιπα φορτία. Αυτές μπορεί να βρίσκονται είτε εντός της συσκευής φόρτισης είτε εντός του πίνακα διανομής της εγκατάστασης. Προαιρετικά μπορούν επίσης να εγκατασταθούν συσκευές SPD για την προστασία του ηλεκτρονικού εξοπλισμού έναντι υπέρτασης. Εάν η συσκευή φόρτισης δεν περιέχει όλες τις παραπάνω διατάξεις προστασίας και εφόσον δεν υπάρχει χώρος για την τοποθέτηση αυτών στον υφιστάμενο πίνακα διανομής, θα χρειαστεί να τοποθετηθούν εντός νέου υποπίνακα, ο οποίος θα τροφοδοτείται από τον κεντρικό πίνακα.

Το πλήθος και η διατομή των αγωγών της γραμμής που τροφοδοτεί μια συσκευή φόρτισης εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά αυτής. Εάν αυτή πρόκειται να είναι IC-CPD (συσκευή φόρτισης Μεθόδου 2) ή ο χρήστης επιθυμεί φόρτιση κατά τη Μέθοδο 1, τότε η γραμμή θα πρέπει να τροφοδοτεί ρευματοδότη μέσω αγωγών διατομής κατάλληλης για ονομαστικό ρεύμα

μέχρι 32 A. Σε περίπτωση που ο χρήστης επιθυμεί την εγκατάσταση ενός wallbox ή άλλης στατής συσκευής φόρτισης που λειτουργεί κατά τη Μέθοδο 3 ή 4 και η οποία διαθέτει ένα σημείο φόρτισης, η ονομαστική ισχύς και το πλήθος των φάσεων της συσκευής καθορίζουν το πλήθος και τη διατομή των αγωγών του νέου κυκλώματος. Για συσκευή φόρτισης με περισσότερα του ενός σημεία φόρτισης που μπορούν να λειτουργούν ταυτόχρονα, η διαστασιολόγηση του κυκλώματος που την τροφοδοτεί μπορεί να εξαρτάται και από άλλους παράγοντες, όπως η δυνατότητα διαχείρισης της ισχύος φόρτισης. Επιπλέον, κατά τον υπολογισμό της διατομής των αγωγών της νέας γραμμής θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και η πτώση τάσης της γραμμής, η οποία θα πρέπει να βρίσκεται πάντα εντός των αποδεκτών ορίων (4% για την Ελλάδα) [21]. Σε κάθε περίπτωση, θα πρέπει να ισχύουν οι εγχώριοι κανονισμοί περί ηλεκτρικών εγκαταστάσεων.

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, το αποκλειστικό ηλεκτρικό κύκλωμα που τροφοδοτεί το σημείο φόρτισης πρέπει να περιέχει τις δικές του διατάξεις προστασίας έναντι υπερέντασης και ηλεκτροπληξίας. Αυτές μπορεί να βρίσκονται είτε εντός της συσκευής φόρτισης είτε εντός του οικιακού πίνακα διανομής. Εάν η συσκευή φόρτισης δεν περιέχει τις εν λόγω διατάξεις προστασίας και εφόσον δεν υπάρχει χώρος για την τοποθέτηση αυτών στον υφιστάμενο πίνακα διανομής, θα πρέπει να εγκατασταθεί νέος υποπίνακας. Προτείνεται οι διατάξεις προστασίας να τοποθετούνται εντός πίνακα διανομής κοντά στο σημείο διακλάδωσης της γραμμής που τροφοδοτεί το σημείο φόρτισης από το υπόλοιπο οικιακό κύκλωμα, ώστε να προστατεύεται ολόκληρο το τμήμα αυτής.

4.1.2. Τροποποίηση εγκατάστασης και επαύξηση παροχής

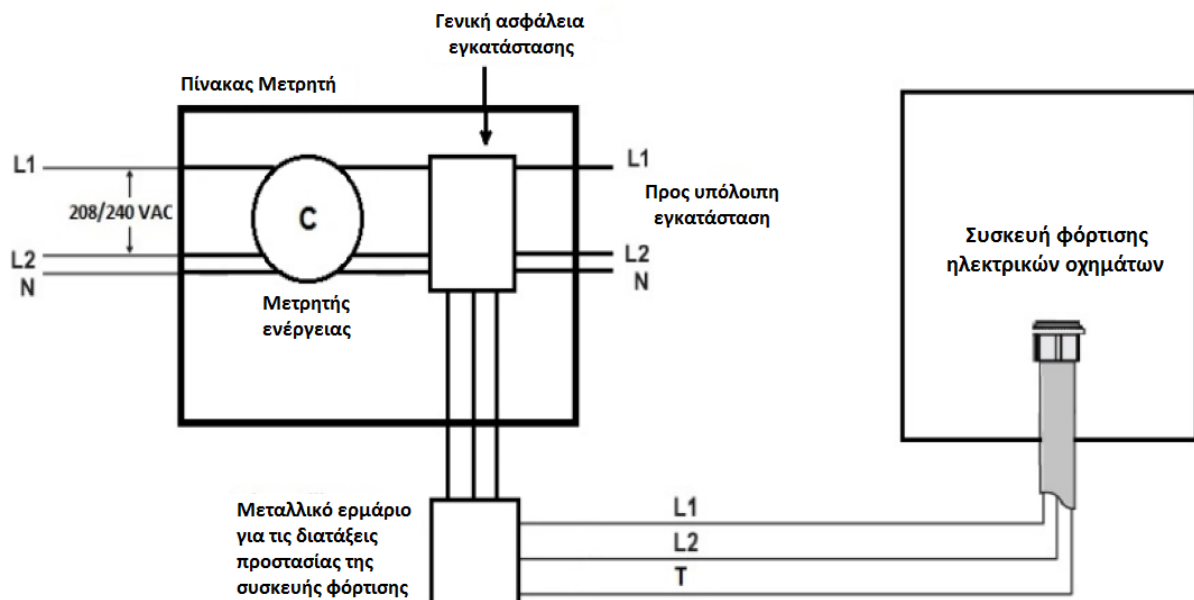
Ένα ακόμη στοιχείο που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τη σύνδεση συσκευών φόρτισης σε υφιστάμενη ηλεκτρική εγκατάσταση είναι το κατά πόσο μπορεί η συμφωνημένη ισχύς της υφιστάμενης παροχής να καλύψει το επιπλέον φορτίο που οφείλεται στην φόρτιση του ηλεκτρικού οχήματος. Για τον υπολογισμό του συνολικού φορτίου της εγκατάστασης που πρέπει να καλύπτει η παροχή θα πρέπει να ληφθεί υπόψη η ονομαστική ισχύς της συσκευής φόρτισης με συντελεστή φορτίου (demand factor) ίσο με μονάδα, εφόσον δεν υπάρχει κάποιο σύστημα διαχείρισης της ισχύος της συσκευής φόρτισης, και να προστεθεί στα υπόλοιπα φορτία αυτής [42].

Εάν η υφιστάμενη παροχή δεν επαρκεί, θα χρειαστεί η αναβάθμιση σε τυποποιημένη παροχή μεγαλύτερης συμφωνημένης ισχύος, ενώ μπορεί να κριθεί αναγκαία η επιλογή τριφασικής παροχής έναντι μονοφασικής. Αυτό έχει αυτόματα ως αποτέλεσμα την τροποποίηση της ηλεκτρικής εγκατάστασης, με αντικατάσταση της γενικής ασφάλειας και της διατομής των αγωγών του καλωδίου παροχής, στοιχεία τα οποία έχουν τυποποιημένες τιμές ανάλογα με το είδος της παροχής και της συμφωνημένης ισχύος της εγκατάστασης.

4.1.3. Μετρητική διάταξη

Για την μέτρηση της ενέργειας που καταναλώνεται κατά την φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων σε υφιστάμενη ηλεκτρική εγκατάσταση μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο υφιστάμενος μετρητής, εφόσον δεν έχουν λάβει χώρα μετατροπές που επηρεάζουν την ορθή λειτουργία του (πχ. μετατροπή της μονοφασικής οικιακής παροχής σε τριφασική). Σε αντίθετη περίπτωση, αυτός αντικαθίσταται από άλλο μετρητή που πληροί τις αντίστοιχες προδιαγραφές. Το σημείο διακλάδωσης της νέας γραμμής που τροφοδοτεί το σημείο φόρτισης από το υπόλοιπο κύκλωμα πρέπει να είναι κατάντη του μετρητή ενέργειας.

Σε περιπτώσεις σύνδεσης συσκευών φόρτισης σε οικιακό δίκτυο που βρίσκεται σε πολυκατοικία, όπου το κουτί διακλάδωσης και ο οικιακός μετρητής βρίσκονται στο επίπεδο του εδάφους ενώ η υπόλοιπη οικιακή ηλεκτρική εγκατάσταση βρίσκεται σε κάποιον όροφο της πολυκατοικίας, τότε το ηλεκτρικό κύκλωμα μπορεί να διαφέρει για πρακτικούς λόγους. Το σημείο διακλάδωσης του κυκλώματος που τροφοδοτεί τη συσκευή φόρτισης από το υπόλοιπο κύκλωμα μπορεί να βρίσκεται αμέσως μετά τον οικιακό μετρητή, εντός του πίνακα μετρητή, όπως διακρίνεται στο Σχήμα 4.1 και εφαρμόζεται στην Κολομβία. Επιπλέον, εάν κρίνεται σκόπιμη για διάφορους λόγους η εγκατάσταση νέου μετρητή ενέργειας για την καταγραφή της καταναλισκόμενης ενέργειας από το κύκλωμα που τροφοδοτεί τη συσκευή φόρτισης, μπορεί αυτός να τοποθετείται εντός του υφιστάμενου πίνακα μετρητών. Εάν δεν υπάρχει χώρος, μπορεί να εγκατασταθεί σε νέο ερμάριο, όμορο του υφιστάμενου πίνακα μετρητή, όπου θα υπάρχει χώρος και για τις απαραίτητες προστατευτικές διατάξεις του νέου κυκλώματος.



Σχήμα 4.1: Σύνδεση συσκευής φόρτισης στον πίνακα μετρητή της ηλεκτρικής εγκατάστασης [43]

Σε αρκετές ευρωπαϊκές χώρες τίθενται οι βάσεις για την έξυπνη μέτρηση (smart metering) των καταναλώσεων και προς αυτή την κατεύθυνση τείνουν να εντάξουν τη μέτρηση ενέργειας που

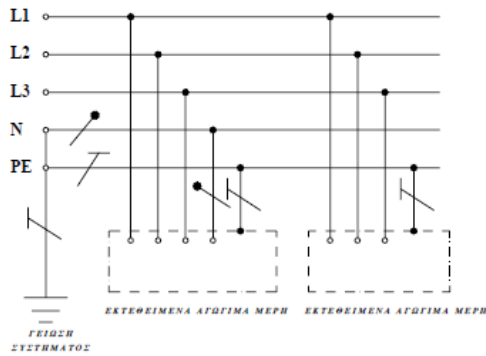
τροφοδοτείται για την φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων. Ήδη στην Ολλανδία η χρήση έξυπνων μετρητών σε οποιαδήποτε εφαρμογή φόρτισης οχημάτων είναι επιτακτική, σύμφωνα με το Διάταγμα περί Εναλλακτικών Καυσίμων [44]. Στη Γερμανία απαιτείται έξυπνος μετρητής με τηλεπικοινωνιακή σύνδεση σε εφαρμογές συσκευών φόρτισης ισχύος 12 kVA και άνω, καθώς και σε εφαρμογές με παρακολούθηση της καμπύλης φορτίου [45]. Το τηλεπικοινωνιακό μέσο ζεύξης (modem) τοποθετείται εντός του κιβωτίου μετρητή, ενώ εάν το τηλεπικοινωνιακό σήμα είναι τέτοιο που δημιουργεί προβλήματα στην μετάδοση δεδομένων, τοποθετείται επιπρόσθετη κεραία για την ενίσχυση του σήματος. Σε περίπτωση που χρησιμοποιηθεί νέος μετρητής για το κύκλωμα που προορίζεται για την τροφοδοσία της συσκευής φόρτισης, το σημείο διακλάδωσης του νέου κυκλώματος από το κύκλωμα που τροφοδοτεί τις οικιακές καταναλώσεις μπορεί να βρίσκεται ανάντη του υφιστάμενου μετρητή, ώστε κάθε κύκλωμα να διαθέτει το δικό του μετρητή ενέργειας.

4.1.4. Σύστημα γείωσης εγκατάστασης

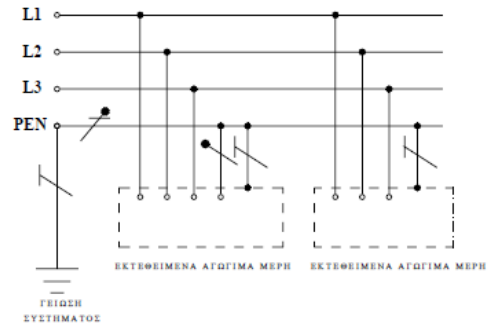
Παρακάτω περιγράφονται τα συστήματα σύνδεσης των γειώσεων που χρησιμοποιούνται στα τριφασικά και μονοφασικά συστήματα τροφοδότησης, σύμφωνα με τον ΕΛΟΤ HD384 [20]:

- **Σύστημα TN:** Ο ουδέτερος είναι άμεσα (δηλ. χωρίς ηθελημένη αντίσταση) γειωμένος, ενώ τα εκτεθειμένα αγωγίμα μέρη της εγκατάστασης συνδέονται με τον ουδέτερο (ή με το γειωμένο σημείο) μέσω αγωγών προστασίας. Διακρίνονται τρεις ειδικότερες μορφές συνδεσμολογίας, ανάλογα με τη σχέση του ουδετέρου και του αγωγού προστασίας, ως εξής:
 - Σύστημα TN-S, στο οποίο ο ουδέτερος και ο αγωγός προστασίας είναι χωριστοί σε ολόκληρο το σύστημα.
 - Σύστημα TN-C-S, στο οποίο οι λειτουργίες του ουδετέρου και αγωγού προστασίας συνδυάζονται σε ένα μόνο αγωγό σε ένα μέρος του συστήματος.
 - Σύστημα TN-C, στο οποίο οι λειτουργίες του ουδετέρου και αγωγού προστασίας συνδυάζονται σε ένα μόνο αγωγό σε ολόκληρο το σύστημα.
- **Σύστημα TT:** Ο ουδέτερος είναι άμεσα συνδεδεμένος προς τη γη, ενώ τα εκτεθειμένα αγωγίμα μέρη της εγκατάστασης συνδέονται με ηλεκτρόδια γείωσης ηλεκτρικά ανεξάρτητα από τη γείωση του συστήματος τροφοδότησης.
- **Σύστημα IT:** Όλα τα ενεργά μέρη είναι μονωμένα προς τη γη ή ένα σημείο συνδέεται προς τη γη μέσω μιας σύνθετης αντίστασης μεγάλης τιμής, ενώ τα εκτεθειμένα αγωγίμα μέρη της εγκατάστασης είναι γειωμένα. Αν γειώνεται ένα σημείο του συστήματος τροφοδότησης, αυτό μπορεί να είναι ο ουδέτερος, μια φάση ή ένας τεχνητός ουδέτερος. Ο ουδέτερος μπορεί να διανέμεται ή όχι.

Τα συστήματα σύνδεσης των παραπάνω γειώσεων παριστάνονται σχηματικά στα Σχήματα 4.2-4.4.

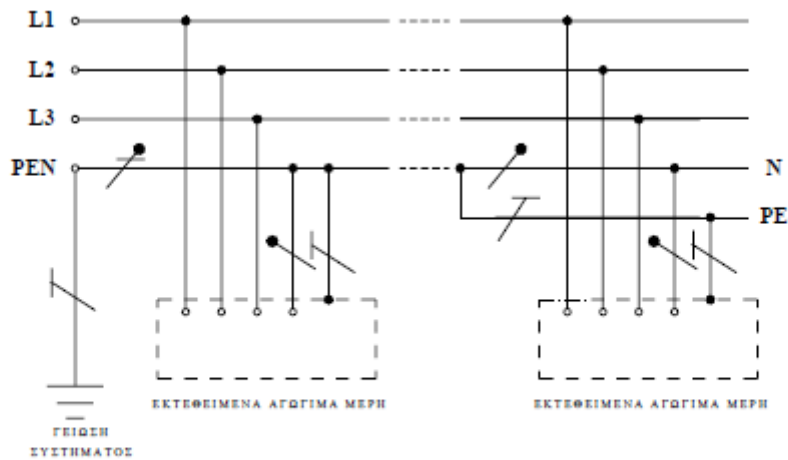


Χωριστοί ουδέτερος και αγωγός προστασίας σε όλο το σύστημα



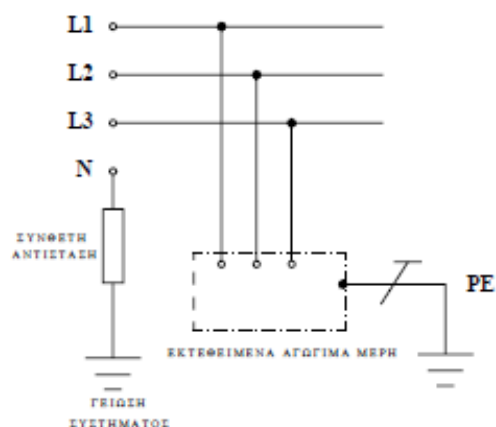
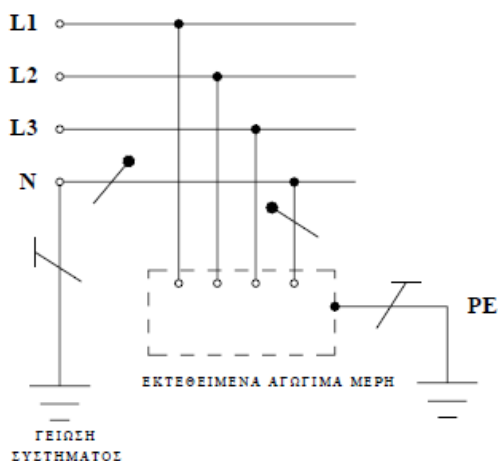
Οι λειτουργίες ουδέτερου και προστασίας συνδυάζονται σε ένα μόνο αγωγό σε ολόκληρο το σύστημα

Σχήμα 4.2: Σύστημα γείωσης TN-S (αριστερά) και TN-C (δεξιά)



Οι λειτουργίες ουδέτερου και προστασίας συνδυάζονται σε ένα μόνο αγωγό σε ένα μέρος του συστήματος

Σχήμα 4.3: Σύστημα γείωσης TN-C-S

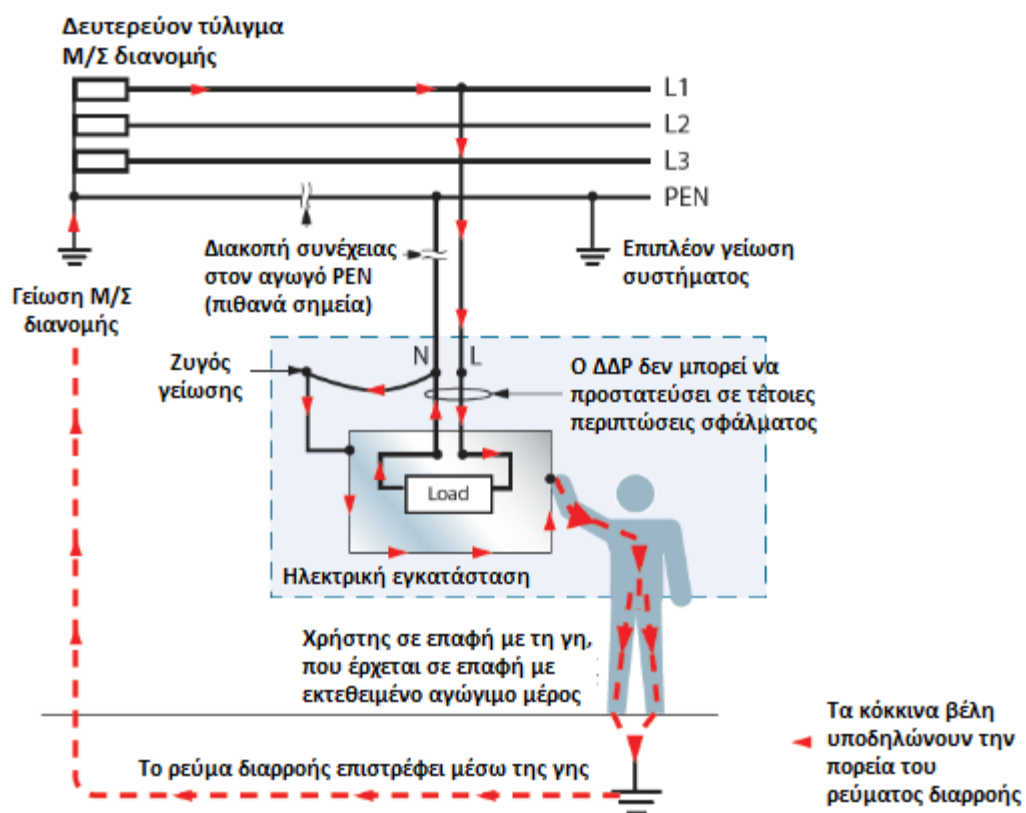


Σχήμα.4.4: Σύστημα γείωσης TT (αριστερά) και IT (δεξιά)

Οι συσκευές φόρτισης πρέπει να γειώνονται, είτε μέσω του συστήματος γείωσης της ηλεκτρικής εγκατάστασης στην οποία συνδέονται είτε μέσω ανεξάρτητου συστήματος γείωσης. Αυτό ισχύει

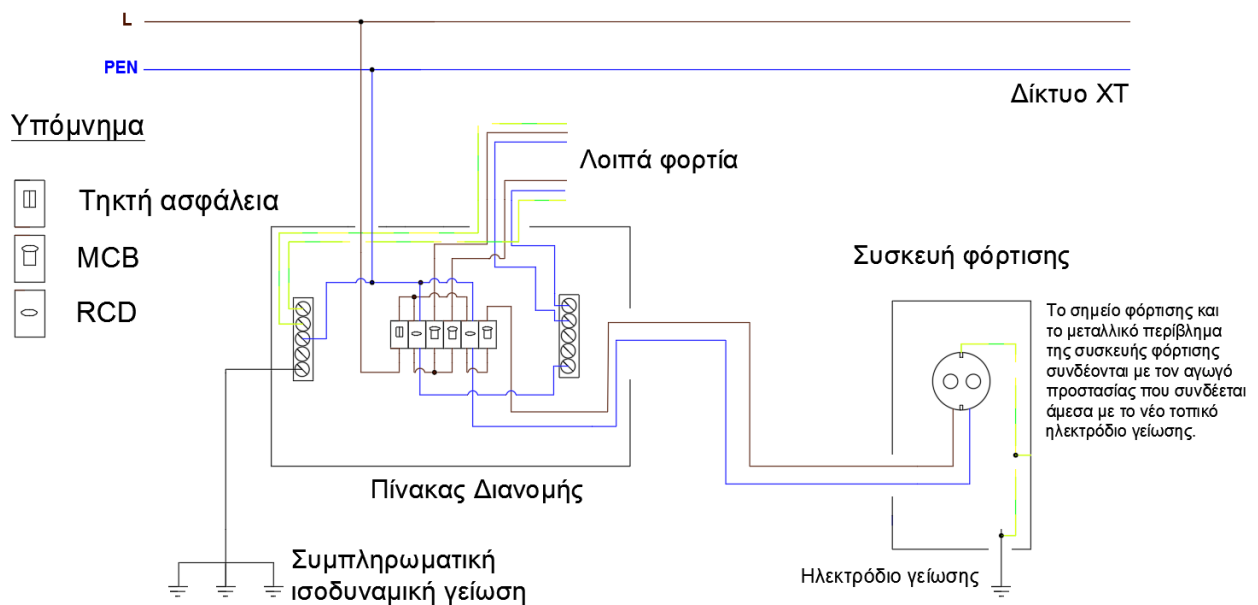
διότι το καλώδιο φόρτισης που εκτείνεται από τη συσκευή φόρτισης μέχρι το ηλεκτρικό όχημα πρέπει να διανέμει ανεξάρτητο γειωμένο αγωγό προστασίας (πλην των περιπτώσεων όπου το σημείο φόρτισης είναι ηλεκτρικώς απομονωμένο από το δίκτυο) [15], ενώ ακόμα γείωση απαιτείται για τη σύνδεση των εκτεθειμένων αγωγίμων μερών της συσκευής φόρτισης και για εσωτερικά βοηθητικά κυκλώματα, όπως το κύκλωμα ελέγχου και επικοινωνίας (control pilot circuit).

Τα καταλληλότερα συστήματα γείωσης για υποδομές φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων είναι τα συστήματα TT και TN-S. Στο κύκλωμα που τροφοδοτεί κάθε σημείο φόρτισης θα πρέπει να διανέμεται ξεχωριστά ο αγωγός προστασίας, δηλαδή δεν επιτρέπεται η χρήση κοινού αγωγού PEN [42]. Δεν ενδείκνυται η σύνδεση συσκευών φόρτισης σε σύστημα TN-C-S χωρίς γείωση στο άκρο του καταναλωτή, διότι ενδεχόμενη διακοπή της συνέχειας του αγωγού PEN σε κάποιο σημείο του δικτύου μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση του δυναμικού σε όλα τα σημεία και τα εκτεθειμένα μεταλλικά μέρη της συσκευής φόρτισης ή και του ηλεκτρικού οχήματος, τα οποία συνδέονται άμεσα ή έμμεσα με τον αγωγό PEN, όπως φαίνεται και από το Σχήμα 4.5.. Σε μία τέτοια περίπτωση μπορεί να προκληθεί ηλεκτροπληξία στον χρήστη της εγκατάστασης κατά την ταυτόχρονη επαφή του με εκτεθειμένο αγωγίμο μέρος της συσκευής και τη γη, χωρίς να υπάρχει διαρροή ρεύματος στο κύκλωμα, με αποτέλεσμα ο ΔΔΡ να μην μπορεί να αποσυνδέσει το κύκλωμα από την τροφοδοσία.



Σχήμα 4.5: Κίνδυνος ηλεκτροπληξίας σε περίπτωση διακοπής της συνέχειας του αγωγού PEN [46]

Για τις περιπτώσεις όπου μια συσκευή φόρτισης πρόκειται να συνδεθεί σε μια ηλεκτρική εγκατάσταση με μη επιτρεπόμενο σύστημα γείωσης, είναι δυνατή η μετατροπή του συστήματος γείωσης τοπικά. Για παράδειγμα, μετατροπή του συστήματος γείωσης μπορεί να γίνει σε περίπτωση συστήματος TN-C ή TN-C-S χωρίς γείωση στο άκρο του καταναλωτή ή συστήματος TN όπου σημειώνεται ανεπιθύμητα υψηλή τιμή αντίστασης γείωσης. Σε αυτές τις περιπτώσεις είναι αναγκαία η μετατροπή του συστήματος γείωσης σε TT τοπικά, με εγκατάσταση νέου ηλεκτροδίου γείωσης που εγκαθίσταται πλησίον της θέσης της συσκευής φόρτισης. Απαγορεύεται σε τέτοιες περιπτώσεις η βραχυκύκλωση του αγωγού προστασίας που φέρει το παροχικό καλώδιο με τον ουδέτερο αγωγό ή οποιοδήποτε άλλο μέρος της συσκευής φόρτισης, ενώ θα μπορούσε να μην διανέμεται καν ο αγωγός προστασίας εντός του παροχικού καλωδίου. Στο Σχήμα 4.6 απεικονίζεται το πολυγραμμικό διάγραμμα που υποδεικνύει την ορθή συνδεσμολογία σύνδεσης μιας συσκευής φόρτισης σε υφιστάμενο πίνακα διανομής, με μετατροπή του συστήματος γείωσης από TN-C-S σε TT τοπικά.



Σχήμα.4.6: Μετατροπή του συστήματος γείωσης TN-C-S σε TT τοπικά

Η χρήση συστήματος γείωσης IT σε AC ηλεκτρικά δίκτυα δεν είναι εν γένει δημοφιλής, ωστόσο δυνατικά μπορεί να συνδεθεί μια συσκευή φόρτισης σε σύστημα IT εφόσον διανέμεται ο ουδέτερος αγωγός. Σε αυτή την περίπτωση, καθώς και όπου αλλού δημιουργείται σύστημα IT για την προστασία του σημείου φόρτισης (π.χ. με χρήση μετασχηματιστή απομόνωσης), απαιτούνται συσκευές IMD για την παρακολούθηση της μόνωσης και την αποσύνδεση του κυκλώματος κατά την ανίχνευση αντίστασης μόνωσης μικρότερης των 100 Ω/V στο κύκλωμα φόρτισης. [42]

Πρέπει να ισχύει σε κάθε περίπτωση ότι η τιμή της αντίστασης γείωσης και ο τρόπος που αυτή επιτυγχάνεται (π.χ. θεμελιακή γείωση, ηλεκτρόδιο γείωσης κλπ.) είναι τέτοια ώστε να διασφαλίζεται ότι η τάση επαφής δεν ξεπερνάει τα 50V, όπως αναλύεται στην παράγραφο 2.2.2.

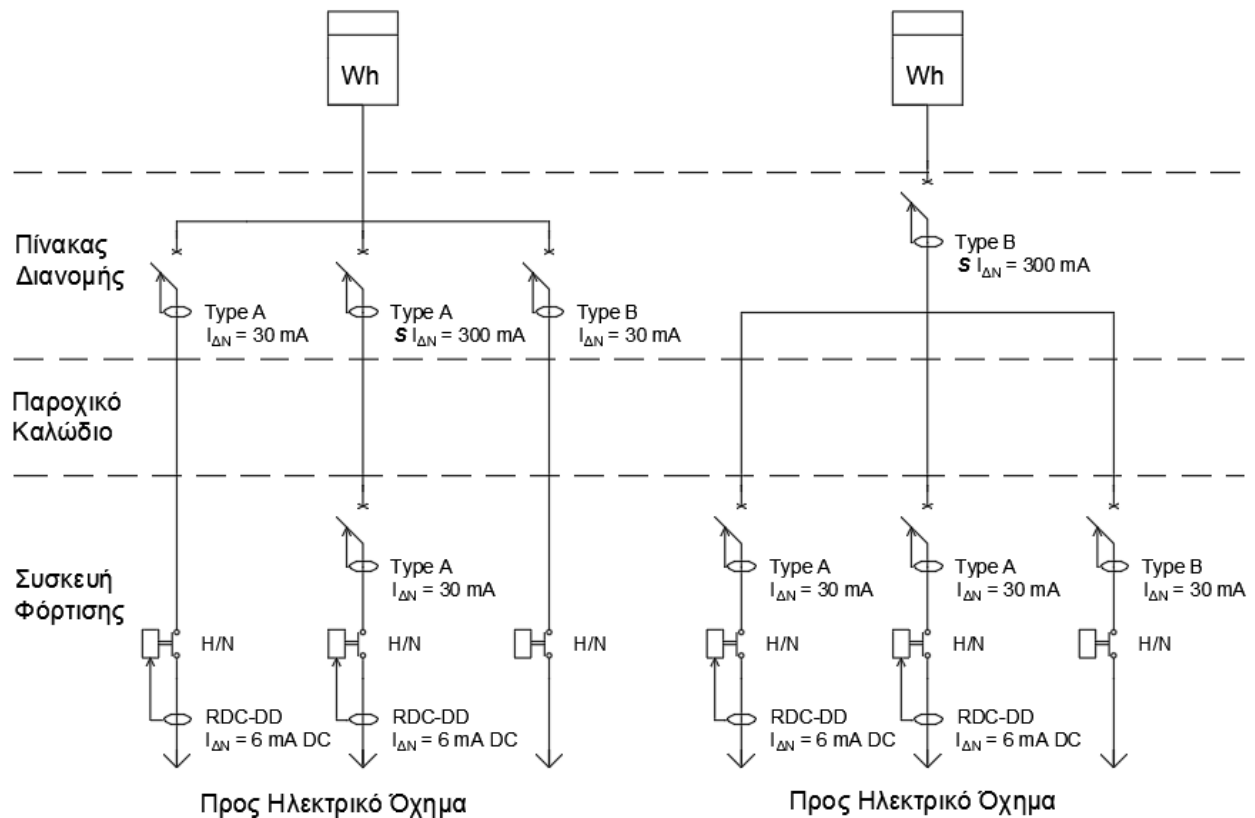
4.1.5. Επιλογή ΔΔΡ και επιλεκτικότητα

Για την προστασία των χρηστών από σφάλματα διαρροής που μπορούν να προκαλέσουν ηλεκτροπληξία ή πυρκαγιά, κάθε κύκλωμα που τροφοδοτεί ένα σημείο φόρτισης πρέπει να διαθέτει διακόπτη διαφορικού ρεύματος (ΔΔΡ). Όπως αναλύεται και στην παράγραφο 2.5.2, για κυκλώματα AC φόρτισης ο ΔΔΡ πρέπει να έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- Ονομαστικό ρεύμα ενεργοποίησης που δεν υπερβαίνει τα 30 mA.
- Να είναι τύπου B ή τύπου A σε συνεργασία με ειδική διάταξη που εξασφαλίζει την αποσύνδεση της τροφοδοσίας σε περίπτωση που εντοπιστεί συνεχές ρεύμα διαρροής (direct fault current) μεγαλύτερο των 6 mA.
- Πρέπει να αποσυνδέει όλους τους ενεργούς αγωγούς.

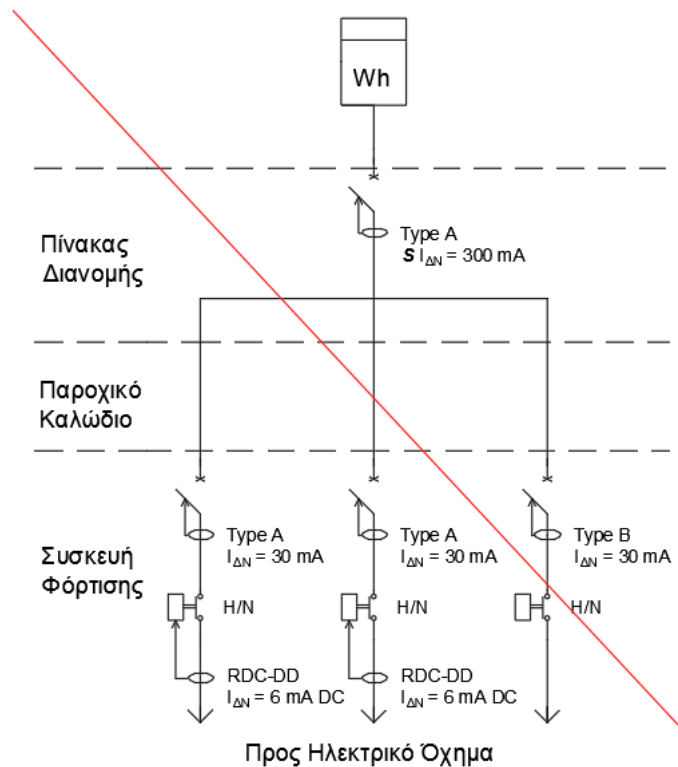
Ο ΔΔΡ τοποθετείται εντός της συσκευής φόρτισης ή εντός πίνακα διανομής. Είναι δυνατή η σύνδεση μιας συσκευής φόρτισης, η οποία διαθέτει ενσωματωμένο ΔΔΡ, σε κύκλωμα που προστατεύεται ήδη από έτερο ΔΔΡ, εφόσον πληρούνται οι προϋποθέσεις της επιλεκτικότητας και της συμβατότητας τύπων των ΔΔΡ.

Σε περίπτωση όπου συνδέονται σε σειρά δύο ΔΔΡ, τότε θα πρέπει να ισχύει η επιλεκτικότητα (selectivity): ο ΔΔΡ από την πλευρά του δικτύου (upstream RCD) πρέπει να έχει τέτοια χαρακτηριστικά, ώστε να μην ενεργοποιείται πριν από τον ΔΔΡ από την πλευρά του φορτίου (downstream RCD). Η λογική αυτού του εγχειρήματος έγκειται στο γεγονός ότι σε περίπτωση σφάλματος είναι επιθυμητή η απομόνωση όσο το δυνατόν μικρότερου τμήματος του κυκλώματος σε μια ηλεκτρική εγκατάσταση. Με άλλα λόγια, κρίνεται επιθυμητή η απομόνωση του κλάδου κατάντη του ΔΔΡ από την πλευρά του φορτίου, χωρίς να απομονώνονται από το κύκλωμα οι υπόλοιποι κλάδοι που προστατεύει συνολικά ο ΔΔΡ από την πλευρά του δικτύου. Η επιλεκτικότητα των ΔΔΡ επιτυγχάνεται με την εισαγωγή χρονοκαθυστέρησης ή την επιλογή μεγαλύτερου ονομαστικού ρεύματος ενεργοποίησης, πχ 300 mA, στον ΔΔΡ από την πλευρά του δικτύου. Η επιλογή και τοποθέτηση των ΔΔΡ στο κύκλωμα της ηλεκτρικής εγκατάστασης πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο, ώστε να προστατεύονται όλοι οι κλάδοι από κίνδυνο ηλεκτροπληξίας. Παράδειγμα ορθών συνδεσμολογιών ΔΔΡ φαίνεται στο Σχήμα 4.7.



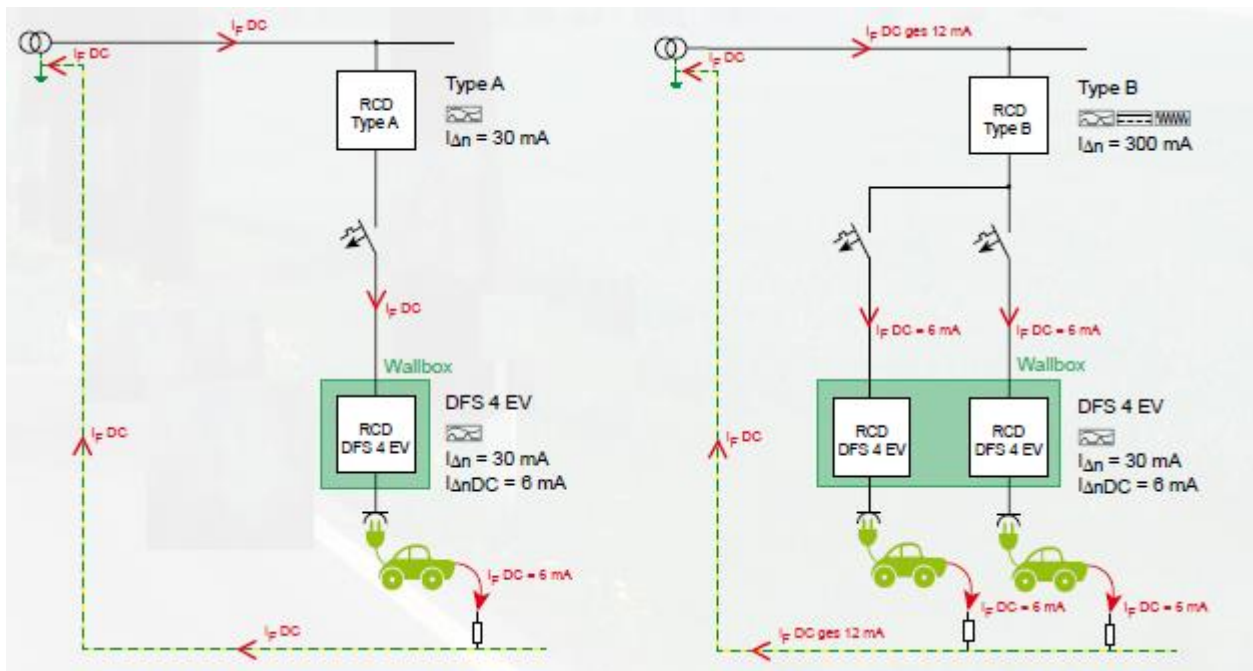
Σχήμα 4.7: Ορθές συνδεσμολογίες ΔΔΡ με βάση την επιλεκτικότητα

Επιπλέον, υπάρχουν περιορισμοί στον τρόπο σύνδεσης πολλαπλών ΔΔΡ στο κύκλωμα της ηλεκτρικής εγκατάστασης, που σχετίζονται με τον τύπο τους. Για παράδειγμα, δεν επιτρέπεται η τοποθέτηση ενός ΔΔΡ τύπου Α ανάντη ΔΔΡ τύπου Β. Εφόσον ένας ΔΔΡ τύπου Β επιλεγεί από την πλευρά του φορτίου για την προστασία έναντι ηλεκτροπληξίας στο κύκλωμα που συνδέεται μια συσκευή φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων ή κάποιο άλλο φορτίο που παράγει συνιστώσα συνεχούς ρεύματος, θα πρέπει να μην συνδέεται σε γραμμή ή κλάδο που προστατεύεται ήδη από ΔΔΡ τύπου Α. Αυτό συμβαίνει λόγω της αρνητικής επίδρασης των συνιστωσών συνεχούς ρεύματος στην αξιόπιστη λειτουργία των ΔΔΡ τύπου Α, όπως αναλύθηκε στην παράγραφο 2.5.2, ενώ όσον αφορά τους ΔΔΡ τύπου EV μια τέτοια περίπτωση θα οδηγούσε σε ανεπιθύμητες ενεργοποιήσεις των ηλεκτρονόμων χωρίς να υπάρχει κίνδυνος ηλεκτροπληξίας. Συνεπώς, θα πρέπει να διασφαλίζεται ότι ένας ΔΔΡ τύπου Β συνδέεται παράλληλα και όχι κατάντη ενός ΔΔΡ τύπου Α, όπως στο Σχήμα 4.7. Παράδειγμα συνδεσμολογίας ΔΔΡ, ορθής ως προς την επιλεκτικότητα αλλά λανθασμένης ως προς την συμβατότητα τύπου, φαίνεται στο Σχήμα 4.8.



Σχήμα 4.8: Λανθασμένη συνδεσμολογία ΔΔΡ ως προς τη συμβατότητα τύπων ΔΔΡ [22]

Το αντίστροφο δεν ισχύει. Ένας ΔΔΡ τύπου A μπορεί να συνδεθεί κατάντη ενός ΔΔΡ τύπου B. Φυσικά για την ομαλή λειτουργία του κυκλώματος θα πρέπει ο ΔΔΡ από την πλευρά του δικτύου να διαθέτει χαρακτηριστικά επιλεκτικότητας, όπως περιγράφηκαν παραπάνω. Επίσης, επιτρέπεται εν γένει η σύνδεση δύο ΔΔΡ τύπου A σε σειρά, ανεξαρτήτου πλευράς. Εξαιρείται η περίπτωση όπου συνδέεται ένας ΔΔΡ τύπου A από την πλευρά του δικτύου και δύο ΔΔΡ τύπου A από την πλευρά του φορτίου, όπως για παράδειγμα κατά την σύνδεση μιας συσκευής φόρτισης με δύο σημεία φόρτισης, για την παράλληλη φόρτιση δύο οχημάτων. Ο ΔΔΡ από την πλευρά του δικτύου θα εκτεθεί σε DC συνιστώσα ρεύματος διαρροής ίση με το άθροισμα των DC συνιστωσών των επιμέρους κλάδων, δηλαδή μέχρι και 12 mA DC, τιμή η οποία είναι ανεπίτρεπτη για την διασφάλιση της αξιόπιστης λειτουργίας του ΔΔΡ τύπου A. Για το λόγο αυτό εφόσον κρίνεται αναγκαία η τοποθέτηση ΔΔΡ σε τμήμα του κυκλώματος προς την πλευρά του δικτύου, ο οποίος βρίσκεται ανάντη του τμήματος που τροφοδοτεί τη συσκευή φόρτισης, θα πρέπει να είναι τύπου B. Παραδείγματα ορθών συνδεσμολογιών διακρίνονται στο Σχήμα 4.9. Υπενθυμίζεται ότι ο ΔΔΡ τύπου EV είναι απολύτως ισοδύναμος με ΔΔΡ τύπου A σε συνεργασία με τη διάταξη RDC-DD για ανίχνευση συνιστώσας συνεχούς ρεύματος διαρροής μεγαλύτερου των 6 mA DC.



Σχήμα 4.9: Ορθές συνδεσμολογίες για ΔΔΡ τύπου EV [31]

4.2. Επικοινωνία συσκευής φόρτισης με κεντρικό σύστημα διαχείρισης

Σε πολλές χώρες στις οποίες αναπτύσσεται η ηλεκτροκίνηση ολοένα και περισσότερο, κάθε συσκευή φόρτισης που προορίζεται για εμπορική ή δημόσια χρήση έχει τη δυνατότητα να επικοινωνεί με ένα κεντρικό σύστημα διαχείρισης (ΚΣΔ). Το πιο διαδεδομένο πρωτόκολλο επικοινωνίας μεταξύ των συσκευών φόρτισης και των ΚΣΔ είναι το πρωτόκολλο OCPP (Open Charge Point Protocol). Το πρωτόκολλο OCPP σχεδιάστηκε αρχικά από τον ολλανδικό φορέα ηλεκτροκίνησης E-Laad και ουσιαστικά αποτελεί ένα ανοιχτό πρωτόκολλο που επιτρέπει την επικοινωνία μεταξύ συσκευών φόρτισης και ΚΣΔ διαφορετικών προμηθευτών [47]. Όντας ανοιχτό πρωτόκολλο, το OCPP παρέχει τις εξής δυνατότητες [48]:

- Ευκολία στη δημιουργία συστημάτων διαχείρισης μεγάλης κλίμακας που διαχειρίζονται σταθμούς από ένα εύρος προμηθευτών, οδηγώντας έτσι σε μειωμένα κόστη ανάπτυξης εφαρμογών και αυξανόμενα οφέλη λόγω της διαλειτουργικότητας,
- Ευελιξία, από την πλευρά των πελατών, στην επιλογή του προμηθευτή, με αποτέλεσμα οι τιμές φόρτισης να παραμένουν ανταγωνιστικές.

Η πιο πρόσφατη έκδοση του πρωτοκόλλου OCPP είναι η έκδοση v2.0, η οποία έγινε διαθέσιμη τον Απρίλιο του 2018. Βέβαια, παγκοσμίως χρησιμοποιείται ακόμη η έκδοση v1.6, η οποία βρίσκει εφαρμογή σε περισσότερες από 40.000 υποδομές φόρτισης σε 49 χώρες [49]. Οι κεντρικοί άξονες πάνω στους οποίους στρέφεται η επικοινωνία μεταξύ μιας συσκευής φόρτισης και ενός ΚΣΔ είναι οι εξής:

1. Η συσκευή φόρτισης ζητά από το ΚΣΔ ταυτοποίηση των στοιχείων του πελάτη.

2. Οι δύο πλευρές ανταλλάσσουν στοιχεία που σχετίζονται με τη συναλλαγή φόρτισης.
3. Το ΚΣΔ ζητά από τη συσκευή φόρτισης να ενημερώσει το firmware της.

Το πρωτόκολλο OCPP υλοποιείται από οποιαδήποτε τεχνολογία υποστηρίζει τη σύνδεση TCP/IP.

4.2.1. Ταυτοποίηση στοιχείων πελάτη

Όταν ένα σημείο φόρτισης πρόκειται να φορτίσει ένα ηλεκτρικό όχημα, είναι αναγκαίο να ταυτοποιεί τον χρήστη προτού εκκινήσει η διαδικασία φόρτισης. Κάθε χρήστης οφείλει να διαθέτει μια προσωποποιημένη κάρτα RFID, ενώ η ταυτοποίηση γίνεται μέσω της αντίστοιχης διεπαφής ανάγνωσης που υπάρχει πάνω στον σταθμό φόρτισης. Εάν ο χρήστης είναι εγκεκριμένος, το σημείο φόρτισης ενημερώνει το ΚΣΔ ώστε να εκκινήσει η φόρτιση. Παρόμοια διαδικασία λαμβάνει χώρα όταν ο χρήστης επιθυμεί να αποσυνδέσει το όχημα από το σημείο φόρτισης, όπου το τελευταίο επιβεβαιώνει ότι ο πρώτος είναι και αυτός που ξεκίνησε τη φόρτιση και τελικώς ενημερώνει το ΚΣΔ ότι η διαδικασία φόρτισης τερματίστηκε.

Η ταυτοποίηση του χρήστη μπορεί να γίνει είτε online, δηλαδή εφόσον υπάρχει ενεργός διάυλος επικοινωνίας μεταξύ σημείου φόρτισης και ΚΣΔ, είτε offline, σε περίπτωση ρήξης της επικοινωνίας ή μη διαθεσιμότητας του ΚΣΔ. Το σημείο φόρτισης οφείλει να λειτουργεί και στις δύο περιπτώσεις. Στο λογισμικό της συσκευής φόρτισης αποθηκεύεται μια τοπική λίστα που περιέχει τους εγκεκριμένους χρήστες, η οποία ενημερώνεται ανά τακτά χρονικά διαστήματα όταν η συσκευή φόρτισης είναι online. Η λίστα περιέχει τα στοιχεία ενός πλήθους χρηστών καθώς και την κατάσταση στην οποία βρίσκονται (πχ. εγκεκριμένος, αποκλεισμένος, άκυρος ή κατόπιν λήξης), ενώ πρέπει να διατηρείται παρά τυχόν προβλήματα στην τροφοδοσία της συσκευής, όπως επανεκκίνηση ή black-out.

Τα στοιχεία του πελάτη, τα οποία λαμβάνονται από την ανάγνωση της προσωποποιημένης RFID καρτας, αποθηκεύονται ως δεδομένα στον καταχωρητή IdToken, ο οποίος αναπαρίσταται από 8 έως 14 δεκαεξαδικούς ψηφιακούς χαρακτήρες. Επιπλέον, το ΚΣΔ μπορεί να θεωρεί ένα σύνολο πελατών με διαφορετικά ID (Identification Number) ως ενιαίο γκρουπ με ένα κοινό ID, στον καταχωρητή Parent IdTag, επιτρέποντας έτσι σε οποιονδήποτε πελάτη ενός συνόλου να εκκινήσει μια συναλλαγή και σε οποιονδήποτε πελάτη του ιδίου συνόλου να την τερματίσει. Η δυνατότητα αυτή σχεδιάστηκε για να υποστηρίζει οικογένειες και επιχειρήσεις με πολλαπλούς χρήστες και οχήματα.

Για κάθε σημείο φόρτισης υπάρχει η δυνατότητα κράτησης (reservation) από κάποιο πελάτη. Με τη λειτουργία αυτή το ΚΣΔ στέλνει αίτημα κράτησης σε ένα σημείο φόρτισης, ώστε αυτό να μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο από το πελάτη που ζήτησε την κράτηση. Η διάρκεια της κράτησης είναι πεπερασμένη. Κατά την ανάγνωση των στοιχείων του πελάτη που επιθυμεί να εκκινήσει μια συναλλαγή φόρτισης με το εν λόγω σημείο φόρτισης, γίνεται ταυτοποίηση των στοιχείων του με αυτά του πελάτη που ζήτησε την κράτηση και η συναλλαγή φόρτισης ξεκινά μόνο εάν τα δύο ID ταυτοποιούνται. Το σημείο φόρτισης μπορεί να απορρίψει το αίτημα

κράτησης εάν στο προβλεπόμενο χρονικό διάστημα της κράτησης θα βρίσκεται ήδη υπό χρήση από άλλο πελάτη ή εάν βρίσκεται σε κατάσταση σφάλματος ή εν γένει μη διαθεσιμότητας [48].

4.2.2. Ανταλλαγή στοιχείων συναλλαγής φόρτισης

Το σημείο φόρτισης ενημερώνει το ΚΣΔ για το αν τροφοδοτεί ενέργεια προς ένα ηλεκτρικό όχημα και την κατάσταση στην οποία βρίσκεται η φόρτιση. Μία συναλλαγή φόρτισης εκκινεί όταν ισχύουν όλες οι απαραίτητες προϋποθέσεις για την έναρξη της φόρτισης του ηλεκτρικού οχήματος, όπως η ταυτοποίηση του χρήστη και η είσοδος του ακροσυνδέσμου εντός της υποδοχής επί του οχήματος, και τερματίζει τη στιγμή που αυτές πάψουν να ισχύουν. Μία συναλλαγή φόρτισης μπορεί να αποτελείται από πολλαπλές περιόδους μεταφοράς ενέργειας. Ως περίοδος μεταφοράς ενέργειας ορίζεται η χρονική περίοδος κατά τη διάρκεια της οποίας υπάρχει μεταφορά ενέργειας μεταξύ της συσκευής φόρτισης και του ηλεκτρικού οχήματος. Ο διαχωρισμός μεταξύ δύο περιόδων μεταφοράς ενέργειας γίνεται με βάση μία από τις παρακάτω συνθήκες:

- Η συσκευή φόρτισης ζητά αναβολή της μεταφοράς ενέργειας καθώς δεν τροφοδοτεί ενέργεια προς το όχημα.
- Το ηλεκτρικό όχημα ζητά αναβολή της μεταφοράς ενέργειας ενώ παραμένει ηλεκτρικά συνδεδεμένο με τη συσκευή φόρτισης.
- Το ηλεκτρικό όχημα ζητά αναβολή της μεταφοράς ενέργειας ενώ δεν είναι ηλεκτρικά συνδεδεμένο με τη συσκευή φόρτισης.

Το σημείο φόρτισης πρέπει να στέλνει τα μηνύματα που αφορούν την συναλλαγή φόρτισης προς το ΚΣΔ με χρονολογική σειρά, όσο το δυνατόν συντομότερα γίνεται. Τα μηνύματα αυτά σχετίζονται με αιτήματα για έναρξη και τερματισμό μιας συναλλαγής φόρτισης, καθώς και με μέτρηση ενέργειας για δεδομένα χρονικά διαστήματα. Όταν το σημείο φόρτισης είναι offline, κατακρατεί τα μηνύματα με τη σειρά που θα τα έστειλε προς το ΚΣΔ εάν ήταν online. Σε περίπτωση όπου υπάρχουν κατακρατημένα μηνύματα που αφορούν τη συναλλαγή φόρτισης και προκύψει κάποιο νέο μήνυμα διαφορετικού περιεχομένου, όπως μήνυμα σφάλματος ή ταυτοποίησης, τότε η σειρά παρακάμπτεται και δίνεται προτεραιότητα στο νέο μήνυμα. Το ΚΣΔ πρέπει να αναγνωρίζει εάν το μήνυμα που λαμβάνει είναι επί του παρόντος ή έχει προέλθει από καθυστέρηση και πρέπει να το επεξεργαστεί με τον ίδιο τρόπο σε κάθε περίπτωση [48].

4.2.3. Ενημέρωση firmware συσκευής φόρτισης

Όταν μια συσκευή φόρτισης πρέπει να ενημερώσει το firmware της, το ΚΣΔ την ενημερώνει για την χρονική στιγμή που μπορεί αυτή να ξεκινήσει να κατεβάζει (download) το νέο firmware. Η συσκευή φόρτισης αποδέχεται το αίτημα και προβαίνει στο κατέβασμα του νέου firmware, ενώ πρέπει να ειδοποιεί το ΚΣΔ μετά από κάθε βήμα όσο το κατεβάζει και το εγκαθιστά. Μετά το τέλος της εγκατάστασης η συσκευή φόρτισης προβαίνει σε επανεκκίνηση ενημερώνοντας καταλλήλως το ΚΣΔ, το οποίο ανταποκρίνεται στέλνοντας πίσω την παρούσα ώρα και

κατάσταση της συσκευής φόρτισης και φροντίζει ώστε οι δύο πλευρές να παραμένουν συγχρονισμένες.

4.2.4. Αρίθμηση σημείων φόρτισης

Για να μπορεί το ΚΣΔ να απευθύνεται αποκλειστικά σε κάθε ένα σημείο φόρτισης μιας συσκευής φόρτισης, στο οποίο αντιστοιχεί και ένας ακροσύνδεσμος, τα ID (Identification Number) των σημείων κάθε συσκευής φόρτισης πρέπει να ακολουθούν τον παρακάτω τρόπο αρίθμησης:

- Το ID του πρώτου σημείου φόρτισης πρέπει να είναι 1.
- Επιπλέον σημεία φόρτισης πρέπει να αριθμούνται με τη σειρά (πχ. 2,3,4 κλπ), δηλαδή να μην παρακάμπτεται κάποιος αριθμός.
- Το σύνολο των ID των σημείων φόρτισης δεν πρέπει να υπερβαίνει το πλήθος των σημείων φόρτισης μιας συσκευής φόρτισης.
- Ο αριθμός 0 δεν δίνεται σε κάποιο ID σημείου φόρτισης και χρησιμοποιείται για να απευθύνεται το ΚΣΔ στο σύνολο των σημείων μιας συσκευής φόρτισης.

4.2.5. Προφίλ και λειτουργίες έξυπνης φόρτισης

Μέσα από την επικοινωνία της συσκευής φόρτισης με το ΚΣΔ παρέχεται η δυνατότητα έξυπνης φόρτισης (Smart Charging), δίνοντας έτσι την ευκαιρία στο ΚΣΔ να επηρεάσει την ισχύ και το ρεύμα φόρτισης σε κάποιο ηλεκτρικό όχημα ή την συνολική κατανάλωση μιας συσκευής φόρτισης, βασιζόμενη στον τρόπο σύνδεσης αυτού στο δίκτυο, στην διαθεσιμότητα ενέργειας που μπορεί να τροφοδοτηθεί από το δίκτυο και από την καλωδίωση της ηλεκτρικής εγκατάστασης. Η ρύθμιση της ισχύος ή του ρεύματος φόρτισης βασίζεται στα όρια μεταφοράς ενέργειας για δεδομένες χρονικές στιγμές. Τα όρια αυτά διαμορφώνουν το προφίλ φόρτισης (charging profile) που ακολουθείται.

Κάθε προφίλ φόρτισης αποτελείται από ένα χρονολογικό πρόγραμμα φόρτισης, που ουσιαστικά είναι μια λίστα με τη μέγιστη επιτρεπόμενη ισχύ φόρτισης αντιστοιχισμένη με συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα, καθώς και τιμές που αφορούν την συνολική χρονική περίοδο και την χρονική στιγμή ανανέωσης του προγράμματος. Ανάλογα με το σκοπό που επιτελούν, υπάρχουν τρία διαφορετικά είδη προφίλ φόρτισης:

- Τα προφίλ μέγιστης ισχύος φόρτισης ανά συσκευή φόρτισης (*ChargePointMaxProfile*), τα οποία περιορίζουν την ισχύ ή το ρεύμα φόρτισης που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για όλα τα σημεία φόρτισης μιας συσκευής φόρτισης αθροιστικά.
- Τα προεπιλεγμένα προφίλ φόρτισης (*TxDefaultProfile*), όπου χρησιμοποιούνται προεπιλεγμένα προγράμματα φόρτισης για κάθε ένα σημείο φόρτισης μιας συσκευής φόρτισης.

- Τα υπόλοιπα προφίλ φόρτισης (*TxProfile*), τα οποία αντικαθιστούν το προεπιλεγμένο προφίλ φόρτισης σε κάποιο σημείο φόρτισης μόνο για τη διάρκεια της παρούσας συναλλαγής φόρτισης. Αυτού του είδους προφίλ διαγράφονται μετά το πέρας της συναλλαγής φόρτισης και η συσκευή φόρτισης ζητά από το ΚΣΔ ένα νέο προφίλ φόρτισης πριν την έναρξη μιας νέας συναλλαγής φόρτισης. Εάν πρόκειται να εκκινήσει μια νέα συναλλαγή σε κάποιο σημείο φόρτισης χωρίς να έχει τεθεί κάποιο προφίλ, τότε αυτόματα εισάγεται κάποιο προεπιλεγμένο προφίλ φόρτισης.

Επιτρέπεται ο συνδυασμός διαφόρων προφίλ φόρτισης του ιδίου σκοπού για τη δημιουργία πιο σύνθετων προγραμμάτων. Για παράδειγμα, μπορεί τα προεπιλεγμένα προφίλ φόρτισης μιας εργάσιμης ημέρας να θέτουν μέγιστη ισχύ φόρτισης από τις 23:00 μέχρι τις 06:00, ενώ τα αντίστοιχα Σαββάτου ή Κυριακής να θέτουν μέγιστη ισχύ φόρτισης για όλο το εικοσιτετράωρο. Το συνολικό πρόγραμμα φόρτισης διαμορφώνεται με το συνδυασμό προφίλ φόρτισης διαφορετικού είδους. Σε περίπτωση επικάλυψης μιας χρονικής περιόδου από τουλάχιστον δύο διαφορετικά προφίλ φόρτισης, λαμβάνεται ως τελική τιμή κάθε παραμέτρου η ελάχιστη τιμή που θέτουν τα διαφορετικά προφίλ φόρτισης για το εκάστοτε χρονικό διάστημα. Επιπλέον, η συνολική ισχύς φόρτισης όλων των σημείων φόρτισης σε κάθε χρονικό διάστημα δεν μπορεί να υπερβαίνει την τιμή που θέτει το προφίλ μέγιστης ισχύος φόρτισης.

Η επιλογή ενός προφίλ φόρτισης ή ενός συνδυασμού που προκύπτει από αυτά γίνεται με βάση τη λειτουργία έξυπνης φόρτισης που κρίνεται σκόπιμη να υλοποιηθεί. Μπορούν να υπάρξουν πολλά είδη λειτουργιών έξυπνης φόρτισης, όμως τα ακόλουθα τρία τυπικότερα είδη περιγράφουν καλύτερα τις δυνατότητες που προσφέρει η έξυπνη φόρτιση:

1. Εξισορρόπηση φορτίου (Load Balancing): Η λειτουργία αυτή σχετίζεται με την εξισορρόπηση του τοπικού φορτίου εντός της συσκευής φόρτισης, καθώς αυτή ελέγχει το πρόγραμμα φόρτισης ανά σημείο φόρτισης. Η συσκευή φόρτισης ρυθμίζεται με ένα σταθερό όριο, όπως το μέγιστο ρεύμα που μπορεί να τραβήξει από το ηλεκτρικό δίκτυο. Η διανομή ισχύος μεταξύ των σημείων φόρτισης μιας συσκευής φόρτισης μπορεί να επηρεαστεί και από τη δυνατότητα ελάχιστης φόρτισης κάθε σημείου.
2. Κεντρική έξυπνη φόρτιση (Central Smart Charging): Με αυτή τη λειτουργία οι περιορισμοί που τίθενται στο προφίλ φόρτισης, ανά συναλλαγή, καθορίζονται από το ΚΣΔ. Το ΚΣΔ χρησιμοποιεί τα προφίλ φόρτισης για να παραμείνει εντός των ορίων που τίθενται από κάποιον εξωτερικό παράγοντα, όπως ο διαχειριστής του δικτύου διανομής. Το ΚΣΔ ελέγχει άμεσα τα όρια που τίθενται για κάθε σημείο φόρτισης.
3. Τοπική έξυπνη φόρτιση (Local Smart Charging): Σε αυτή τη λειτουργία τα όρια κάθε σημείου φόρτισης ελέγχονται από έναν τοπικό ελεγκτή και όχι από το ΚΣΔ. Χρησιμοποιείται όταν χρειάζεται περιορισμός της ισχύος που ζητά ένα σύνολο συσκευών φόρτισης που συνήθως είναι τοποθετημένες η μία κοντά στην άλλη, όπως σε ένα χώρο στάθμευσης, ιδίως όταν η συνολική ονομαστική ισχύς των συσκευών αυτών υπερβαίνει την ισχύ της παροχής από το ηλεκτρικό δίκτυο. Ο τοπικός ελεγκτής μπορεί να αποτελεί είτε μια ξεχωριστή μονάδα είτε να υλοποιείται από μια συσκευή φόρτισης που

λειτουργεί ως “master” (και οι υπόλοιπες συσκευές του συνόλου ως “slave”). Ο τοπικός ελεγκτής λαμβάνει το επιθυμητό προφίλ φόρτισης από το ΚΣΔ και με τη σειρά του θέτει τα απαραίτητα όρια σε κάθε συσκευή φόρτισης που βρίσκεται στο σύνολό του.

Μπορούν να υπάρξουν και άλλες λειτουργίες έξυπνης φόρτισης, οι οποίες μπορούν να προκύψουν από συνδυασμούς των τριών παραπάνω λειτουργιών. Οι πολλαπλοί συνδυασμοί προσδίδουν πολλές επιλογές έξυπνης φόρτισης που μπορούν να αξιοποιηθούν σε αρκετές εφαρμογές. Λόγω των πιθανών περιορισμών και διαφορών στις δυνατότητες κάθε συσκευής φόρτισης, το ΚΣΔ οφείλει να γνωρίζει τις δυνατότητες καθεμιάς ξεχωριστά. Κάθε συσκευή φόρτισης που υποστηρίζει τη δυνατότητα έξυπνης φόρτισης πρέπει να στέλνει στο ΚΣΔ τα απαραίτητα στοιχεία, όπως τον αριθμό των φάσεων, τη μέγιστη και ελάχιστη ικανότητα φόρτισης, το μέγιστο αριθμό προφίλ φόρτισης που μπορεί να εγκαταστήσει και το μέγιστο αριθμό περιόδων που μπορεί να περιέχει ένα πρόγραμμα φόρτισης [48].

4.2.6. Λειτουργίες που ξεκινούν από την συσκευή φόρτισης

Στον Πίνακα 4.1 αναγράφονται και περιγράφονται συνοπτικά οι λειτουργίες που ξεκινούν ως αίτημα από την πλευρά της συσκευής φόρτισης. Για κάθε αίτημα που λαμβάνει το ΚΣΔ θα πρέπει να ανταποκρίνεται καταλλήλως στέλνοντας το αντίστοιχο μήνυμα προς την συσκευή φόρτισης.

A/A	Λειτουργία	Περιγραφή
1	<i>Authorize</i>	Η ΣΦ ζητά από το ΚΣΔ την ταυτοποίηση των στοιχείων του πελάτη πριν την εκκίνηση ή κατά την διακοπή μιας συναλλαγής φόρτισης. Η συναλλαγή ξεκινά μόνο εάν εγκριθεί η ταυτοποίηση.
2	<i>Boot Notification</i>	Η ΣΦ ειδοποιεί το ΚΣΔ μετά από ενεργοποίηση ή επανεκκίνηση. Το ΚΣΔ ανταποκρίνεται λέγοντας στην ΣΦ εάν είναι δεκτή ή όχι.
3	<i>Data Transfer</i>	Η ΣΦ προβαίνει σε αποστολή δεδομένων και στοιχείων για λειτουργία που δεν υποστηρίζεται από το OCPP ή σε κάποιου άλλου είδους μήνυμα.
4	<i>Diagnostics Status Notification</i>	Η ΣΦ ενημερώνει το ΚΣΔ για την κατάσταση του συστήματος διάγνωσης σφαλμάτων.
5	<i>Firmware Status Notification</i>	Η ΣΦ ενημερώνει το ΚΣΔ σχετικά με τη διαδικασία ενημέρωσης του firmware.
6	<i>Heartbeat</i>	Η ΣΦ στέλνει ανά τακτά χρονικά διαστήματα το παρόν σήμα για να ενημερώσει το ΚΣΔ ότι παραμένει συνδεδεμένη και ενεργή. Το σήμα αυτό χρησιμοποιείται και για τον συγχρονισμό του εσωτερικού ρολογιού της ΣΦ με αυτό του ΚΣΔ.
7	<i>Meter Values</i>	Η ΣΦ μπορεί να προχωρήσει σε δειγματοληψία του μετρητή ενέργειας ή άλλων αισθητήρων και να στείλει τα δεδομένα στο ΚΣΔ ως επιπλέον στοιχεία για την μέτρηση της καταναλωθείσας ενέργειας.
8	<i>Start Transaction</i>	Η ΣΦ ενημερώνει το ΚΣΔ για την έναρξη μιας συναλλαγής φόρτισης. Εάν η συναλλαγή αυτή τερματίζει μια κράτηση, πρέπει η πληροφορία αυτή να εμπεριέχεται στο μήνυμα.
9	<i>Status Notification</i>	Η ΣΦ ενημερώνει το ΚΣΔ σχετικά με μια αλλαγή στην κατάσταση αυτής ή μετά από κάποιο σφάλμα εντός αυτής. Το αίτημα αυτό αποστέλλεται επίσης όταν η ΣΦ επανασυνδέεται, εφόσον πριν ήταν offline.

10	<i>Stop Transaction</i>	Η ΣΦ ειδοποιεί το ΚΣΔ μετά τον τερματισμό μιας συναλλαγής φόρτισης. Το αίτημα πρέπει να περιέχει και το λόγο τερματισμού, πχ εάν αυτός έγινε φυσιολογικά ή όχι.
----	-------------------------	---

Πίνακας 4.1: Λειτουργίες OCPP που εκκινεί η συσκευή φόρτισης

4.2.7. Λειτουργίες που ξεκινούν από το ΚΣΔ

Στον Πίνακα 4.2 αναγράφονται και περιγράφονται συνοπτικά οι λειτουργίες που ξεκινούν ως αίτημα από την πλευρά του ΚΣΔ. Για κάθε αίτημα που λαμβάνει η συσκευή φόρτισης θα πρέπει να ανταποκρίνεται καταλλήλως στέλνοντας το αντίστοιχο μήνυμα προς το ΚΣΔ.

A/A	Λειτουργία	Περιγραφή
1	<i>Cancel Reservation</i>	Το ΚΣΔ ενημερώνει τη ΣΦ να ακυρώσει την κράτηση για κάποιο συγκεκριμένο πελάτη και να επιστρέψει σε κατάσταση διαθεσιμότητας.
2	<i>Change Availability</i>	Το ΚΣΔ ειδοποιεί τη ΣΦ να αλλάξει την κατάσταση ενός σημείου φόρτισης σε διαθέσιμο ή μη διαθέσιμο. Σε περίπτωση που το σημείο φόρτισης πραγματοποιεί κάποια συναλλαγή την ώρα άφιξης του μηνύματος, αποδέχεται το αίτημα και προβαίνει σε αλλαγή κατάστασης μετά το τέλος της συναλλαγής.
3	<i>Change Configuration</i>	Το ΚΣΔ ζητά από τη ΣΦ να αλλάξει την τιμή μιας ρυθμιστικής παραμέτρου. Το μήνυμα περιέχει το είδος της παραμέτρου και την νέα τιμή. Η ΣΦ μπορεί να απαιτήσει διαδικασία επανεκκίνησης για την αλλαγή της ζητούμενης παραμέτρου.
4	<i>Clear Cache</i>	Το ΚΣΔ ζητά από τη ΣΦ να σβήσει το περιεχόμενο της μνήμης που περιέχει τη λίστα ταυτοποίησης χρηστών.
5	<i>Clear Charging Profile</i>	Το ΚΣΔ ζητά από τη ΣΦ να σβήσει μέρος ή το σύνολο των προφίλ φόρτισης που είχαν σταλεί σε αυτή.
6	<i>Data Transfer</i>	Το ΚΣΔ προβαίνει σε αποστολή δεδομένων και στοιχείων για λειτουργία που δεν υποστηρίζεται από το OCPP ή σε κάποιου άλλου είδους μήνυμα.
7	<i>Get Composite Schedule</i>	Το ΚΣΔ ζητά από τη ΣΦ να αναφέρει το μεικτό πρόγραμμα φόρτισης που διαθέτει, λαμβάνοντας υπόψη όλα τα ενεργά προγράμματα και τα όρια ισχύος για κάθε σημείο φόρτισης της ΣΦ.
8	<i>Get Configuration</i>	Το ΚΣΔ ζητά από τη ΣΦ να αποστείλει την τιμή μιας ή περισσοτέρων ρυθμιστικών παραμέτρων.
9	<i>Get Diagnostics</i>	Το ΚΣΔ ζητά από τη ΣΦ να αποστείλει πληροφορίες σχετικά με το σύστημα διάγνωσης σφαλμάτων.
10	<i>Get Local List Version</i>	Το ΚΣΔ ζητά από τη ΣΦ την έκδοση της αποθηκευμένης λίστας ταυτοποίησης χρηστών για να ενημερώνεται σωστά η παρούσα κατάσταση.
11	<i>Remote Start Transaction</i>	Το ΚΣΔ ζητά από τη ΣΦ να εκκινήσει μια συναλλαγή φόρτισης. Συνήθως χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις απομακρυσμένης βοήθειας πελατών ή κατά τον έλεγχο της ορθής λειτουργίας της ΣΦ.
12	<i>Remote Stop Transaction</i>	Το ΚΣΔ ζητά από τη ΣΦ να τερματίσει μια συναλλαγή φόρτισης. Συνήθως χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις απομακρυσμένης βοήθειας πελατών ή κατά τον έλεγχο της ορθής λειτουργίας της ΣΦ.
13	<i>Reserve Now</i>	Το ΚΣΔ ενημερώνει τη ΣΦ να κάνει κράτηση σε ένα σημείο φόρτισης για ένα συγκεκριμένο πελάτη.
14	<i>Reset</i>	Το ΚΣΔ ζητά από τη ΣΦ να προβεί σε επανεκκίνηση (hard ή soft reset). Η ΣΦ προβαίνει σε τερματισμό της τυχούσας τρέχουσας

		συναλλαγής φόρτισης και μετά προχωρά σε επανεκκίνηση.
15	<i>Send Local List</i>	Το ΚΣΔ αποστέλλει τη λίστα ταυτοποίησης χρηστών, η οποία αποθηκεύεται στη ΣΦ. Η λίστα μπορεί να είναι είτε πλήρης είτε να περιέχει απλά τις μεταβολές σε σχέση με την υφιστάμενη.
16	<i>Set Charging Profile</i>	Το ΚΣΔ αποστέλλει το προφίλ φόρτισης που θα ακολουθήσει η ΣΦ, είτε κατά την έναρξη μιας συναλλαγής φόρτισης, είτε κατά τη διάρκεια αυτής για την αλλαγή του προφίλ, είτε σε ανύποπτο χρόνο όταν η ΣΦ είναι διαθέσιμη προκειμένου να θέσει το προεπιλεγμένο προφίλ.
17	<i>Trigger Message</i>	Το ΚΣΔ αποστέλλει αίτημα στην ΣΦ να αποστείλει αυτή με τη σειρά της ένα συγκεκριμένο μήνυμα ή ένα αίτημα που ξεκινά από αυτή (παράγραφος 4.2.6).
18	<i>Unlock Connector</i>	Το ΚΣΔ ζητά από τη ΣΦ να ξεκλειδώσει ένα συγκεκριμένο ακροσύνδεσμο. Το αίτημα αυτό δεν πρέπει να αποστέλλεται με στόχο τον απομακρυσμένο τερματισμό μιας τρέχουσας συναλλαγής φόρτισης.
19	<i>Update Firmware</i>	Το ΚΣΔ ενημερώνει τη ΣΦ ότι πρέπει να προβεί σε αναβάθμιση firmware. Το μήνυμα περιέχει την ημερομηνία και ώρα που μπορεί η ΣΦ να κατεβάσει την νέα έκδοση του firmware που πρόκειται να εγκαταστήσει.

Πίνακας 4.2: Λειτουργίες OCPP που εκκινεί το ΚΣΔ

4.3. Λοιπές τεχνικές απαιτήσεις – διεθνής πρακτική

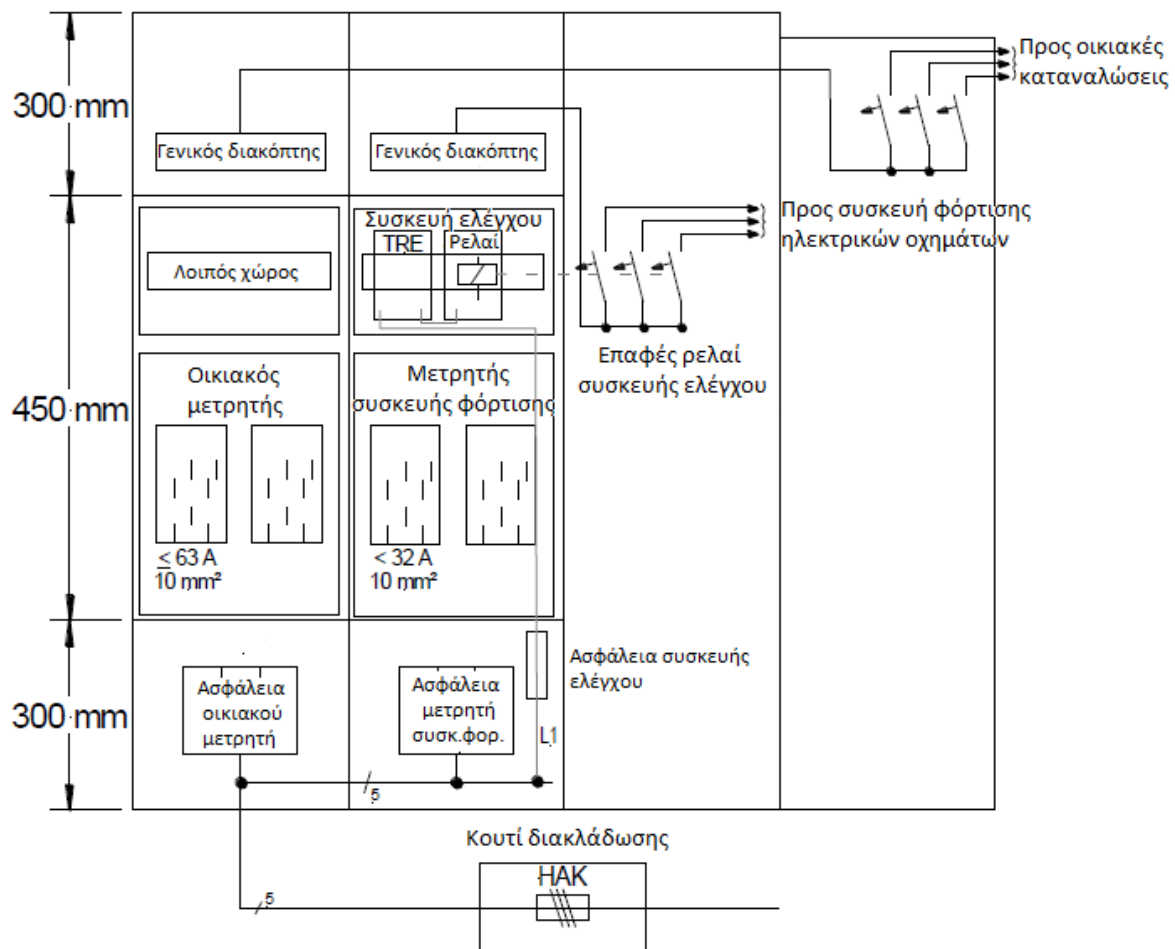
Κατά την εκπόνηση της παρούσας εργασίας αναζητήθηκε υλικό που αφορά τις τεχνικές απαιτήσεις και το θεσμικό πλαίσιο που εφαρμόζεται σε χώρες, στις οποίες η ηλεκτροκίνηση έχει αρχίσει να αναπτύσσεται. Πιο συγκεκριμένα, η αναζήτηση στράφηκε κυρίως σε ευρωπαϊκές χώρες αλλά και χώρες εκτός Ευρώπης, κοινό στοιχείο των οποίων είναι η εφαρμογή της τυποποίησης κατά IEC. Παρατηρήθηκε ότι καθολικά τηρούνται οι ελάχιστες τεχνικές απαιτήσεις που περιγράφονται στα πρότυπα IEC 61851 και IEC 62196, με ταυτόχρονη όμως εφαρμογή των τοπικών κανονισμών περί ηλεκτρικών εγκαταστάσεων ανά χώρα. Συνεπώς, κάθε χώρα έχει τις δικές της τεχνικές προδιαγραφές όσον αφορά την σύνδεση συσκευών φόρτισης στο δημόσιο ηλεκτρικό δίκτυο και οι οποίες δεν είναι ποτέ απόλυτα ίδιες με τις αντίστοιχες κάποιας άλλης χώρας. Αυτό συμβαίνει διότι κάθε χώρα έχει τα δικά της χαρακτηριστικά και τους δικούς της κανονισμούς περί ηλεκτρικών εγκαταστάσεων και πάνω σε αυτούς προσαρμόζει τις τεχνικές προδιαγραφές που αφορούν τις συσκευές φόρτισης.

Στις επόμενες παραγράφους καταγράφονται οι προδιαγραφές και τεχνικές απαιτήσεις που εφαρμόζονται σε χώρες του εξωτερικού και παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Το υλικό συλλέχθηκε από επίσημους κρατικούς φορείς που είναι άμεσα εμπλεκόμενοι με τη διαμόρφωση θεσμικού πλαισίου για την ηλεκτροκίνηση, όπως διαχειριστές/λειτουργοί δικτύων διανομής, υπουργεία σχετικά με την ενέργεια ή τις μεταφορές και κρατικά ιδρύματα/ινστιτούτα που διατυπώνουν επίσημες οδηγίες.

4.3.1. Έλεγχος συσκευών φόρτισης από το δίκτυο διανομής

Στη Γερμανία, για να μπορέσει ο διαχειριστής του δικτύου διανομής να εκπληρώσει όλες τις απαιτήσεις των πελατών για τη σύνδεση εγκαταστάσεων φόρτισης μεγάλης ισχύος στο δίκτυο χαμηλής τάσης (ΧΤ), είναι πιθανό να χρειάζεται να ελέγχει προσωρινά την ισχύ φόρτισης και να θέτει περιορισμό ισχύος, ανάλογα με την κατάσταση του δικτύου. Η δυνατότητα ελέγχου των συσκευών που συνδέονται στο δίκτυο ΧΤ, στα πλαίσια της ηλεκτροκίνησης, καθορίζεται στην παράγραφο 14a του EnWG (Πράξη νομοθετικού περιεχομένου για την ενέργεια). Οι συσκευές φόρτισης που υπάγονται στο παραπάνω άρθρο πρέπει να διαθέτουν αποκλειστικό μετρητή καθώς και κατάλληλη διάταξη ελέγχου και ρύθμισης.

Για την σύνδεση σταθμών φόρτισης άνω των 12 kVA στο δίκτυο διανομής απαιτείται έγκριση από τον διαχειριστή. Ο διαχειριστής εγκρίνει τη σύνδεση σταθμών φόρτισης άνω των 12 kVA για σύνδεση στην ΧΤ και ανεξαρτήτου ισχύος για σύνδεση στη μέση τάση (ΜΤ) εφόσον, μεταξύ άλλων, διαπιστώνεται ότι η μετρητική διάταξη έχει ρυθμιστεί με αποκλειστική υποδοχή μετρητή και είναι σχεδιασμένη για την εγκατάσταση συσκευής ελέγχου και ρύθμισης. Ομοίως πρέπει να εγκατασταθούν οι απαραίτητες διατάξεις ελέγχου και ρύθμισης (συσκευή ελέγχου με δυνατότητα τηλεπικοινωνιακού χειρισμού - TRE, επαφές κλπ.). Η χωροταξία του διαμερίσματος της μετρητικής διάταξης διακρίνεται στο Σχήμα 4.10.



Σχήμα 4.10: Διαμέρισμα μετρητών με δυνατότητα εγκατάστασης συσκευής ελέγχου και ρύθμισης

Ο έλεγχος ασκείται ως εξής: Η λειτουργία του σταθμού φόρτισης ρυθμίζεται μέσω της συσκευής ελέγχου, η οποία δέχεται σήμα από το διαχειριστή τηλεπικοινωνιακά και επιτρέπει τον έλεγχο στα ακόλουθα επίπεδα:

- Επίπεδο ισχύος 100%,
- Επίπεδο ισχύος X%, που αντιστοιχεί σε 11 kVA,
- Επίπεδο ισχύος 0%.

Για παράδειγμα, για ένα σταθμό φόρτισης 22 kVA: (100% - 50% (11 kVA) – 0%).

Ο διαχειριστής διατηρεί το δικαίωμα να αλλάζει επίπεδο ελέγχου στο πλαίσιο των τεχνικών της δυνατότητας. Εφόσον πληρούνται όλες οι προδιαγραφές που αναφέρονται στην παράγραφο 14α του EnWG, ο διαχειριστής παρέχει στον καταναλωτή έκπτωση στη χρέωση χρήσης δικτύου [45].

4.3.2. Επιτρεπόμενες μέθοδοι AC φόρτισης

Στις περισσότερες χώρες που οι μέθοδοι φόρτισης ακολουθούν την τυποποίηση κατά IEC, είναι επιτρεπτές οι Μέθοδοι 2 και 3. Η Μέθοδος 1 θεωρείται μη ενδεδειγμένη, καθώς αφενός δεν υποστηρίζει έλεγχο της φόρτισης και αφετέρου δεν εγγυάται την ασφάλεια των χρηστών σε σφάλματα που μπορούν να προκαλέσουν ηλεκτροπληξία.

Στη Γερμανία [45] και στην Ολλανδία [44] επιτρέπεται μόνο η Μέθοδος 3 για AC φόρτιση. Αυτό συμβαίνει διότι οι Διαχειριστές απαιτούν την ύπαρξη συσκευών φόρτισης μόνιμα συνδεδεμένων στο ηλεκτρικό δίκτυο, δηλαδή συσκευές τύπου wallbox ή στηλών φόρτισης. Οι τεχνικές προδιαγραφές που ισχύουν στις δύο αυτές χώρες αποκλείουν την χρήση συσκευών IC-CPD, οι οποίες είναι φορητές συσκευές που λειτουργούν με βάση τη Μέθοδο 2 και συνδέονται σε κοινό ρευματοδότη.

Αντίθετα σε άλλες χώρες, όπως στη Δανία [50], στη Νορβηγία [51], στην Ισπανία [52] αλλά και σε χώρες εκτός Ευρώπης, όπως στη Νέα Ζηλανδία [53], την Κολομβία [43], το Χονγκ Κόνγκ [27] και τη Σρι Λάνκα [54], επιτρέπεται η Μέθοδος 2 και η χρήση συσκευών IC-CPD. Οι κοινοί ρευματοδότες πρέπει να τροφοδοτούνται από αποκλειστικό ακτινικό κύκλωμα και να προστατεύονται από μικροαυτόματο ή ασφάλεια υπερέντασης και από ΔΔΡ με βάση τους τοπικούς κανονισμούς περί ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων. Ειδικότερα, για την επιλογή του τύπου ΔΔΡ που προστατεύει τους ρευματοδότες που προορίζονται για τη σύνδεση της συσκευής IC-CPD υπάρχει διαφωνία, με το Χόνγκ Κόνγκ και τη Σρι Λάνκα να επιτρέπουν ΔΔΡ τύπου A, ενώ η Νορβηγία και η Νέα Ζηλανδία επιτρέπουν μόνο ΔΔΡ τύπου B.

4.3.3. Πλήθος φάσεων και ασυμμετρία

Στη Γερμανία [45] [55] [56], οι Διαχειριστές των δικτύων διανομής ορίζουν πως οι συσκευές φόρτισης με ονομαστική ισχύ άνω των 4,6 kVA πρέπει να είναι τριφασικές και το φορτίο να μοιράζεται συμμετρικά στις τρεις φάσεις. Επιπλέον, για σύνδεση συσκευών φόρτισης στο δίκτυο ΜΤ η μέγιστη επιτρεπόμενη ασυμμετρία φάσεων στο σημείο σύνδεσης δεν πρέπει να υπερβαίνει το 0,7%.

Στην Ισπανία [52], οι συσκευές φόρτισης μπορούν να είναι μονοφασικές για ονομαστική ισχύ μέχρι 9,2 kW. Επιπλέον, όταν μονοφασικές συσκευές φόρτισης πρόκειται να συνδεθούν σε τριφασικό δίκτυο, θα πρέπει να διανέμονται στις τρεις φάσεις με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτυγχάνεται η μέγιστη συμμετρία μεταξύ των φάσεων. Ο μέγιστος αριθμός συσκευών φόρτισης που μπορούν να συνδεθούν σε ένα τριφασικό δίκτυο υπολογίζεται θεωρώντας ότι οι μονοφασικές συσκευές φόρτισης έχουν ονομαστική ισχύ 3,68 kW. Ο αριθμός αυτός μπορεί να μειωθεί ή να αυξηθεί εφόσον μπορεί να δικαιολογηθεί επαρκώς η ύπαρξη συσκευής φόρτισης με μεγαλύτερη ή μικρότερη ονομαστική ισχύ από 3,68 kW αντίστοιχα.

Στη Δανία [50], ο χρήστης θα πρέπει να ενημερώσει το διαχειριστή του δικτύου διανομής για τη σύνδεση μιας νέας συσκευής φόρτισης στο ηλεκτρικό δίκτυο εάν η ονομαστική ισχύς αυτής υπερβαίνει το 1 kVA ή 2 kVA για μονοφασική και τριφασική σύνδεση αντίστοιχα. Αυτό συμβαίνει διότι ο διαχειριστής δεν μπορεί να εγγυηθεί την προβλεπόμενη ποιότητα ισχύος εάν το φορτίο υπερβαίνει τις παραπάνω τιμές.

4.3.4. Μετατροπή συστήματος γείωσης

Στο Ηνωμένο Βασίλειο χρησιμοποιείται σε μεγάλο βαθμό το σύστημα TN-C-S ως σύστημα γείωσης του ηλεκτρικού δικτύου. Το σύστημα αυτό αποκαλείται και ως PME (protective multiple earthing), λόγω της σύνδεσης του κοινού αγωγού PEN με τη γη μέσω της συντομότερης δυνατής διαδρομής, τόσο στην πηγή όσο και στις εγκαταστάσεις των καταναλωτών [57]. Από την πλευρά των καταναλωτών, η γείωση γίνεται συνήθως μέσω συμπληρωματικής ισοδυναμικής σύνδεσης, όπου ο ζυγός γείωσης συνδέεται με τη γη μέσω των μεταλλικών σωληνώσεων και άλλων μεταλλικών αγωγίμων μερών του κτηρίου. Δεν είναι απαραίτητη η χρήση θεμελιακής γείωσης στις εγκαταστάσεις των καταναλωτών.

Αν και το σύστημα PME θεωρείται αρκετά αξιόπιστη μέθοδος γείωσης σε ηλεκτρικές εγκαταστάσεις, απαιτούνται ειδικές προφυλάξεις. Πιο συγκεκριμένα, σε περίπτωση που υπάρξει ρήξη της συνέχειας του κοινού αγωγού PEN στο δίκτυο διανομής, συμβαίνουν τα εξής:

- Όλα τα αγωγή μέρη της εγκατάστασης που συνδέονται στον αγωγό προστασίας μπορεί να βρεθούν υπό τάση επικίνδυνη για τον άνθρωπο, πολύ μεγαλύτερη σε σχέση με το δυναμικό της γης.

- Το κύκλωμα τροφοδότησης των φορτίων μπορεί να κλείσει μέσω των αγωγών προστασίας της εγκατάστασης, κάτι που μπορεί να προκαλέσει υπερθέρμανση των αγωγών.

Τα παραπάνω προβλήματα δεν επιλύονται με τη χρήση ΔΔΡ. Επιπλέον, οι αγωγοί προστασίας πρέπει να έχουν κατάλληλη διατομή, ώστε να μπορούν να υποδεχθούν τα ρεύματα φορτίου στις περιπτώσεις σφάλματος του αγωγού PEN. Η διατομή αυτών εξαρτάται από τη διατομή του αγωγού PEN, με την ελάχιστη επιτρεπόμενη διατομή να τίθεται στα 10 mm².

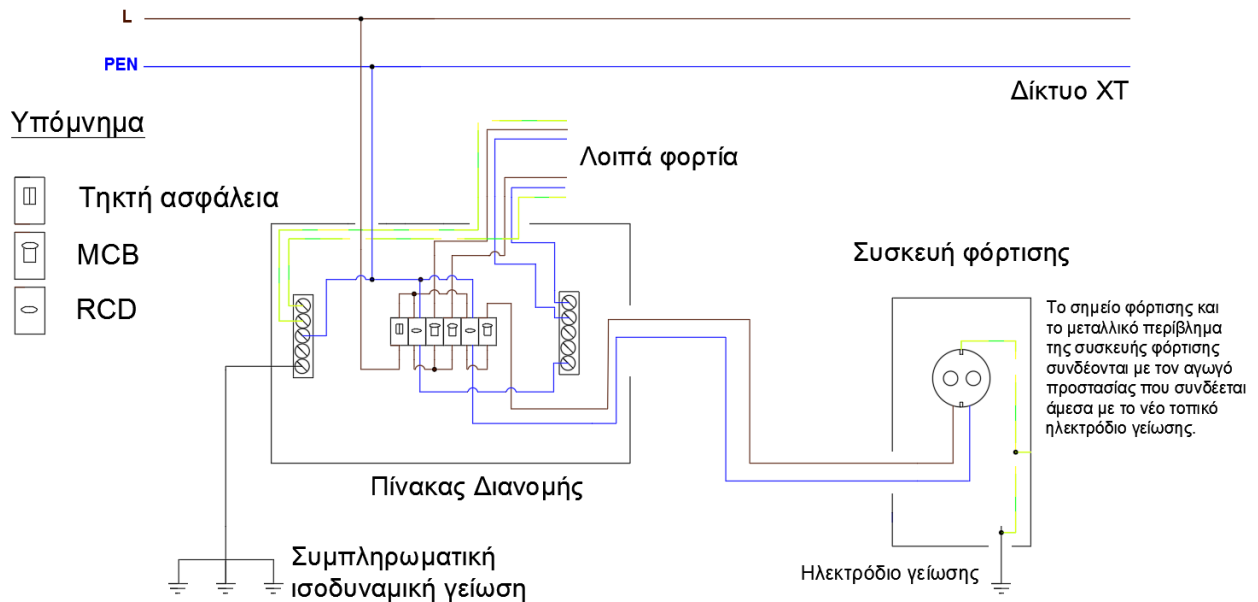
Για όλους τους παραπάνω λόγους, δεν επιτρέπεται η χρήση συστήματος γείωσης TN-C-S για την τροφοδοσία σημείων φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων, εάν δεν πληρείται μία από τις παρακάτω απαιτήσεις [58]:

1. Εάν ο ισοδυναμικός ζυγός γείωσης της εγκατάστασης συνδέεται με τη γη μέσω ηλεκτροδίου γείωσης της εγκατάστασης (θεμελιακή γείωση ή παρόμοιος τρόπος γείωσης), θα πρέπει να διασφαλίζεται ότι, σε περίπτωση σφάλματος στον αγωγό PEN σε κάποιο σημείο του δικτύου διανομής, η τάση μεταξύ του ισοδυναμικού ζυγού γείωσης της εγκατάστασης και της γης (τάση επαφής) δεν ξεπερνά τα 70 V.
2. Εάν το σύστημα τροφοδοσίας του σημείου φόρτισης είναι τριφασικό και τροφοδοτεί εκτός αυτού και άλλα λοιπά φορτία, θα πρέπει να διασφαλίζεται ότι, σε περίπτωση σφάλματος στον αγωγό PEN σε κάποιο σημείο του δικτύου διανομής, η τάση μεταξύ του ισοδυναμικού ζυγού γείωσης της εγκατάστασης και της γης (τάση επαφής) δεν ξεπερνά τα 70 V.
3. Η προστασία έναντι ηλεκτροπληξίας παρέχεται με τη χρήση ειδικής συσκευής, η οποία αποσυνδέει το σημείο φόρτισης από τους ενεργούς αγωγούς της τροφοδοσίας και τον αγωγό προστασίας εντός 5 δευτερολέπτων από την στιγμή υπέρβασης της τάσης μεταξύ του ισοδυναμικού ζυγού γείωσης της εγκατάστασης και της γης (τάση επαφής) κατά 70 V. Η συσκευή δεν πρέπει να ενεργοποιείται εάν η τάση υπερβεί τα 70 V για λιγότερο από 5 δευτερόλεπτα και πρέπει να παρέχει απομόνωση. Το επανακλείσιμο ή η επανεκκίνηση της ειδικής αυτής συσκευής πρέπει να γίνεται μόνο χειροκίνητα. Ισοδύναμη λειτουργικότητα μπορεί να υφίσταται εντός του εξοπλισμού φόρτισης.

Στις περισσότερες περιπτώσεις, οι παραπάνω απαιτήσεις δεν είναι εύκολο να ικανοποιηθούν. Τα περισσότερα δίκτυα τροφοδότησης οικιακών καταναλώσεων στο Ηνωμένο Βασίλειο είναι μονοφασικά, ενώ η θεμελιακή γείωση στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις των καταναλωτών χρησιμοποιείται σπάνια. Επιπλέον, η ειδική συσκευή που περιγράφεται στην 3^η απαίτηση δεν είναι διαθέσιμη κατά το χρόνο έκδοσης της παρούσας εργασίας. Συνεπώς, οι εναλλακτικές μέθοδοι που εφαρμόζονται για την διασφάλιση της προστασίας των χρηστών υποδομών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων έναντι ηλεκτροπληξίας είναι οι εξής:

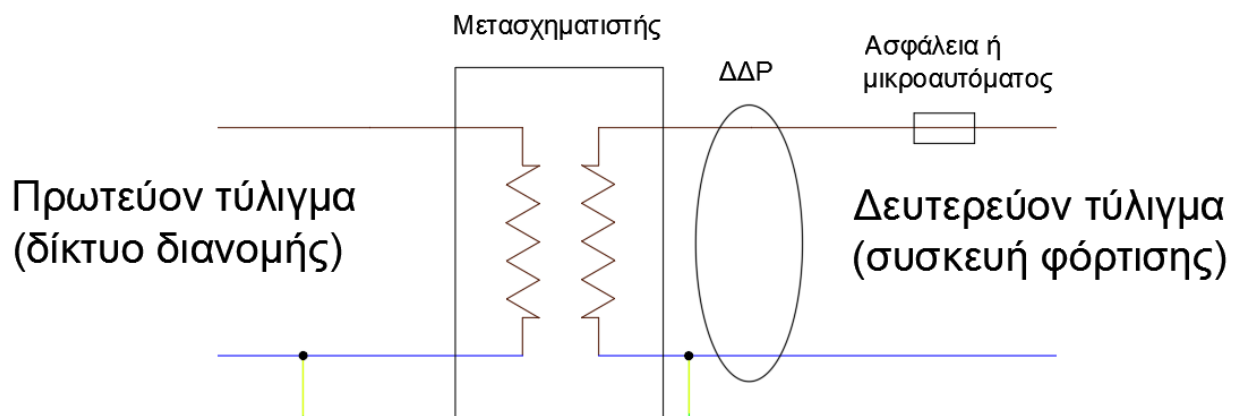
1. Μετατροπή του συστήματος γείωσης σε TT, είτε τοπικά (μόνο για το σημείο φόρτισης) είτε σε ολόκληρη την ηλεκτρική εγκατάσταση, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.5. Αυτό

επιτυγχάνεται με την εγκατάσταση νέου ηλεκτροδίου γείωσης τοπικά, σύμφωνα με τους ισχύοντες κανονισμούς. Η αντίσταση γείωσης δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 200 Ω. Επιπλέον, θα πρέπει να τοποθετηθεί πινακίδα που να ειδοποιεί το προσωπικό για την μετατροπή του συστήματος γείωσης σε TT και να τους επισημαίνει να μην συνδέσουν σε καμία περίπτωση τον αγωγό προστασίας του ηλεκτροδίου γείωσης στον αγωγό PEN.



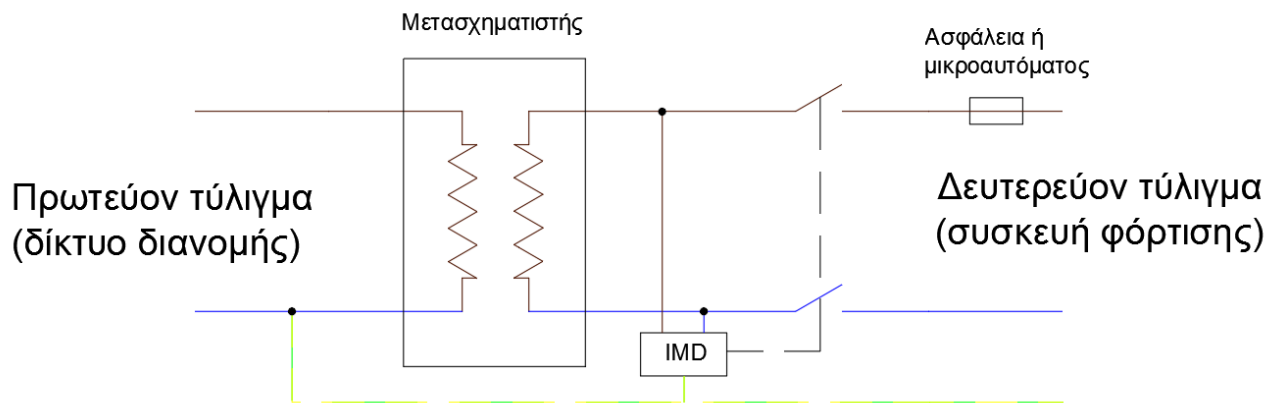
Σχήμα 4.11: Μετατροπή του συστήματος γείωσης από TN-C-S σε TT τοπικά

2. Χρήση μετασχηματιστή για τον ηλεκτρικό διαχωρισμό του αγωγού προστασίας από την πλευρά της συσκευής φόρτισης με αυτόν από την πλευρά του δικτύου διανομής. Έτσι αποφεύγονται τα προβλήματα ρήξης συνέχειας του αγωγού PEN στο δίκτυο διανομής. Στο δευτερεύον τύλιγμα του μετασχηματιστή πρέπει να συνδεθεί διάταξη προστασίας έναντι υπερέντασης και ΔΔΡ.



Σχήμα 4.12: Χρήση μετασχηματιστή για τον διαχωρισμό αγωγού προστασίας

3. Χρήση μετασχηματιστή για την ηλεκτρική απομόνωση του κυκλώματος ισχύος. Οι ενεργοί αγωγοί του δευτερεύοντος τυλίγματος δεν πρέπει να συνδεθούν σε κανένα σημείο με τον αγωγό προστασίας. Ο αγωγός προστασίας συνεχίζει να εκτείνεται από την πλευρά του δικτύου προς τη συσκευή φόρτισης, χωρίς να διακόπτεται η συνέχειά του. Απαιτείται η χρήση συσκευής IMD από την πλευρά της συσκευής φόρτισης για την αποσύνδεση της τροφοδοσίας στο πρώτο σφάλμα διαρροής (βλέπε παράγραφο 3.3.3). Η μέθοδος αυτή αποτελεί ξεχωριστή περίπτωση από την παραπάνω μέθοδο και δεν πρέπει να συγχέεται.



Σχήμα 4.13: Χρήση μετασχηματιστή απομόνωσης με συσκευή IMD

Οι τρεις παραπάνω μέθοδοι αποτελούν ουσιαστικά την μετατροπή του συστήματος γείωσης TN-C-S σε σύστημα TT, TN-S και IT αντίστοιχα.

4.3.5. Εξασθένιση τηλεπικοινωνιακού σήματος

Στην Ολλανδία [44], χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της καταναλισκόμενης ενέργειας από συσκευές φόρτισης έξυπνοι μετρητές με δυνατότητα τηλεμέτρησης. Η τηλεμέτρηση γίνεται ασύρματα, μέσω τηλεπικοινωνιακού δικτύου (GSM/GPRS). Ωστόσο, το περίβλημα των σταθμών φόρτισης δυσχεραίνει πολύ την ασύρματη επικοινωνία των μετρητών που τοποθετούνται εντός αυτού. Για να εξασφαλιστεί η δυνατότητα επικοινωνίας με τον έξυπνο μετρητή, θα πρέπει η συσκευή φόρτισης να διέπεται από ορισμένες προδιαγραφές. Η εξασθένιση του τηλεπικοινωνιακού σήματος (damping) που προκαλείται από τη συσκευή φόρτισης πρέπει να είναι αρκετά χαμηλή, εκτός κι αν είναι δυνατή η τοποθέτηση εξωτερικής κεραίας. Κατά την πιστοποίηση, ο κατασκευαστής πρέπει να επιδεικνύει ότι τουλάχιστον ένας από τους δύο παρακάτω τρόπους αντιμετώπισης είναι εφικτός, ώστε να διασφαλιστεί η απομακρυσμένη προσβασιμότητα στους έξυπνους μετρητές.

Ο πρώτος τρόπος συνιστά ότι ο κατασκευαστής της συσκευής φόρτισης λαμβάνει μέτρα για τη μείωση της εξασθένισης του τηλεπικοινωνιακού σήματος που προκαλεί το περίβλημα αυτής. Για μια συσκευή φόρτισης της οποίας η εξασθένιση σήματος είναι αρκετά χαμηλή (μέχρι 8 dB), θα

πρέπει να υπάρχει κενό μεταξύ του μετρητή και του περιβλήματος της συσκευής, ενώ θα πρέπει να εξασφαλίζεται ότι οι αγωγοί του παροχικού καλωδίου δεν εμποδίζουν τους ακροδέκτες και τα καλώδια μέτρησης, καθώς και πως δεν υπάρχει κίνδυνος βραχυκύκλωσης του ακροδέκτη μέτρησης με το περίβλημα της συσκευής.

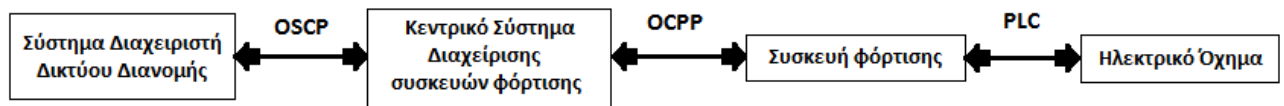
Ο δεύτερος τρόπος συνιστά στο ότι ο κατασκευαστής της συσκευής φόρτισης τη σχεδιάζει με τέτοιο τρόπο ώστε αυτή να υποδέχεται την τοποθέτηση εξωτερικής κεραίας, ιδιοκτησίας ή εκ μέρους του διαχειριστή του δικτύου διανομής. Για τις συσκευές φόρτισης όπου είναι δυνατή η τοποθέτηση εξωτερικής κεραίας, ισχύουν οι παρακάτω απαιτήσεις:

1. Η κεραία τοποθετείται στο εξωτερικό της συσκευής φόρτισης, επάνω σε ασφάλινη και γειωμένη πλάκα. Η πλάκα λειτουργεί ως βάση για την κεραία και οφείλει να έχει ελάχιστες διαστάσεις (30 x 30)cm. Το σημείο τοποθέτησης της κεραίας επάνω στην πλάκα βάσης πρέπει να είναι επίπεδο και να έχει διάμετρο 17cm. Αυτό επιτρέπει στην κεραία να τοποθετείται καθαρά και υδατοστεγώς στην πλάκα βάσης. Επιπλέον, ο χώρος που τοποθετείται η κεραία είναι στιβαρός ώστε οι εξωτερικές δυνάμεις που ασκούνται σε αυτή να μην βλάπτουν την συσκευή φόρτισης.
2. Η πλάκα βάσης έχει πάχος μέχρι 45mm. Στο κέντρο του επιπέδου σημείου που θα τοποθετηθεί η εξωτερική κεραία, υπάρχει οπή διαμέσου της συσκευής φόρτισης με διάμετρο 19mm. Η οπή αυτή είναι εκ βάσεως επικαλυμμένη. Η επικάλυψη πρέπει να μπορεί να αφαιρεθεί τη στιγμή που εγκαθίσταται η κεραία, χωρίς να προκληθεί περαιτέρω βλάβη στη συσκευή φόρτισης. Το σημείο τοποθέτησης της κεραίας είναι προσβάσιμο από το εσωτερικό της συσκευής, ώστε να μπορεί ο τεχνικός να εγκαταστήσει αποτελεσματικά την κεραία χρησιμοποιώντας κοινά εργαλεία.
3. Κατά την τοποθέτηση της κεραίας και τη σύνδεση αυτής με τον μετρητή, ο τεχνικός πρέπει να οδεύσει το καλώδιο διαμέσου της οπής. Η όδευση πρέπει να είναι διαθέσιμη για αυτό το σκοπό. Συνίσταται η όδευση να υποδεικνύεται από τον κατασκευαστή, λαμβάνοντας υπόψη και την ευαισθησία των καλωδιώσεων και των βυσμάτων. Επιπλέον, πρέπει να είναι δυνατή η αντικατάσταση της κεραίας, της καλωδίωσης και των βυσμάτων σε μεταγενέστερη χρονική στιγμή. Για το λόγο αυτό πρέπει να λαμβάνονται υπόψη βύσματα και υποδοχές κατάλληλης διαμόρφωσης και ομοαξονικά καλώδια που δεν κάμπτονται εύκολα.
4. Η εγκατάσταση και σύνδεση της εξωτερικής κεραίας πρέπει να είναι ασφαλής. Η εγκατεστημένη κεραία δεν πρέπει να προκαλεί προβλήματα στους χρήστες, στο περιβάλλον και στη συσκευή φόρτισης.
5. Αν η συσκευή φόρτισης είναι εξοπλισμένη με ειδικό κάλυμμα για την εξωτερική κεραία, τότε αυτό δεν πρέπει να προκαλεί εξασθένηση σήματος μεγαλύτερη των 8dB. Για να εγκαταστήσει την κεραία ο τεχνικός, πρέπει να μπορεί να αφαιρεί το κάλυμμα και στη συνέχεια να το επανατοποθετεί. Επιπλέον, πρέπει να υπάρχει χώρος για την κεραία, με πάχος 40mm, κάτω από το κάλυμμα, με τις ίδιες προδιαγραφές με την υπόλοιπη εγκατάσταση.

4.3.6. Χρήση πρωτοκόλλων OSCP και OCPI

Στην Ολλανδία [59], εκτός από το πρωτόκολλο OCPP που διέπει την επικοινωνία μεταξύ μιας δημόσιας συσκευής φόρτισης και ενός κεντρικού συστήματος διαχείρισης (ΚΣΔ), χρησιμοποιούνται και δύο άλλα πρωτόκολλα με αντίστοιχα χαρακτηριστικά και αρχές λειτουργίας αλλά διαφορετικό σκοπό.

Το πρωτόκολλο OSCP (Open Smart Charging Protocol) διέπει την επικοινωνία μεταξύ του διαχειριστή του δικτύου διανομής και του ΚΣΔ και θέτει τις βάσεις για την έξυπνη φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων ως τμήμα της έξυπνης διαχείρισης των φορτίων του δικτύου. Η βασική λειτουργία του πρωτοκόλλου OSCP είναι η μετάδοση πληροφοριών που σχετίζονται με τη χωρητικότητα του δικτύου διανομής από τον διαχειριστή προς το ΚΣΔ της συσκευής φόρτισης. Το πρωτόκολλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να μεταφέρει στο ΚΣΔ μια εικοσιτετράωρη πρόβλεψη της τοπικής διαθέσιμης χωρητικότητας ισχύος. Το ΚΣΔ μπορεί να προσαρμόσει τα προφίλ φόρτισης που αποστέλλει στις συσκευές φόρτισης με βάση τα όρια της διαθέσιμης χωρητικότητας ισχύος του δικτύου διανομής [60].



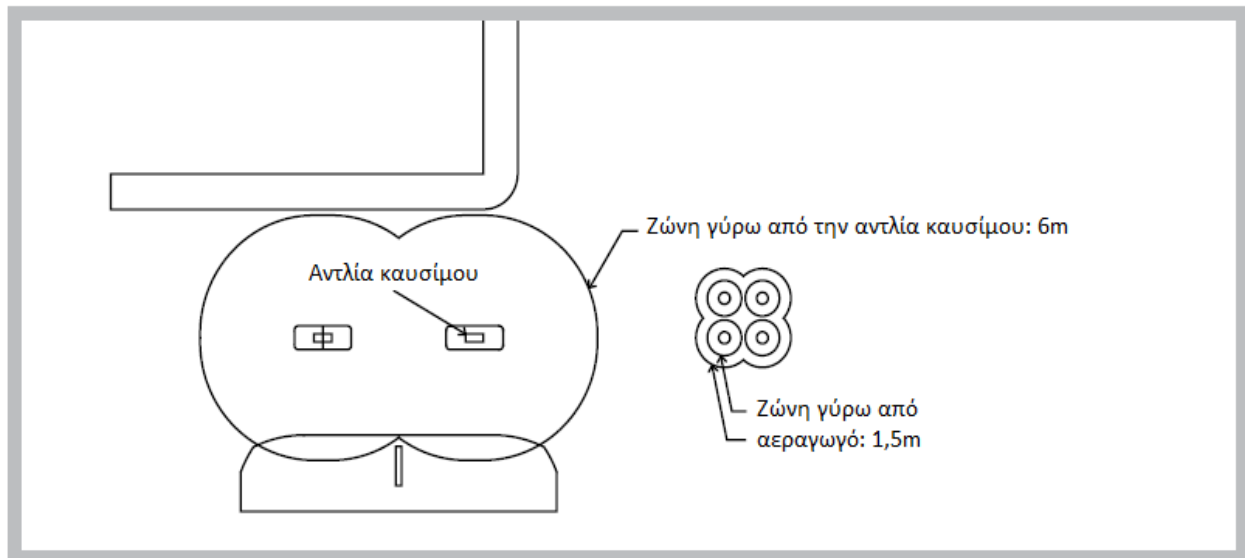
Σχήμα 4.14: Απεικόνιση των διαφόρων συστημάτων και των πρωτοκόλλων επικοινωνίας

Το λογισμικό OCPI (Open Charge Point Interface) αποτελεί μια εφαρμογή που βελτιώνει την μετάδοση πληροφοριών μεταξύ των παρόχων υπηρεσίας και των λειτουργών των σταθμών φόρτισης. Η εφαρμογή αυτή ενημερώνει άμεσα τους πελάτες-οδηγούς, σε πραγματικό χρόνο, για την κατάσταση (διαθεσιμότητα και τοποθεσία) των σημείων φόρτισης και τους δίνει μια εικόνα για τους τρόπους και το κόστος της φόρτισης του ηλεκτρικού τους οχήματος. Λόγω του OCPI βελτιώνεται η πρόσβαση στα σημεία φόρτισης και η επικοινωνία μεταξύ των εμπλεκόμενων πλευρών. Το λογισμικό OCPI είναι ανοιχτό και ανεξάρτητο, με αποτέλεσμα να μειώνεται το κόστος και η πολυπλοκότητα της εφαρμογής.

4.3.7. Εγκατάσταση κοντά σε επικίνδυνα μέρη

Η εγκατάσταση σταθμών φόρτισης σε πρατήρια καυσίμων και σε εμπορικά γκαράζ απαιτεί τη λήψη ειδικών προφυλάξεων, σύμφωνα με το εγχειρίδιο κανονισμών του Κεμπέκ Καναδά [61]. Το εν λόγω εγχειρίδιο ορίζει ως επικίνδυνη ζώνη την περιοχή γύρω από αντλίες καυσίμου και αεραγωγούς και ταυτόχρονα προτείνει την εγκατάσταση σταθμών φόρτισης εκτός των επικίνδυνων αυτών ζωνών. Οι ζώνες αυτές καθορίζονται με βάση την ευφλεκτότητα και τον κίνδυνο ανάπτυξης φλόγας σε περιοχή που είναι πιο πυκνή σε εύφλεκτο αέριο. Ειδικότερα, οι αεραγωγοί μπορούν να αποτελέσουν συνεχή πηγή εκρηκτικών αερίων και παρουσιάζουν κίνδυνο διάδοσης σε υπόγειες δεξαμενές, γεγονός που αυξάνει τον κίνδυνο. Από την άλλη, οι

αντλίες καυσίμου είναι μια σπάνια πηγή εκρηκτικών αερίων αλλά η ζώνη κινδύνου είναι μεγαλύτερη λόγω του κινδύνου διαρροών. Οι επικίνδυνες ζώνες ορίζονται ως κύκλοι με κέντρο την υποψήφια πηγή εκρηκτικών αερίων με ακτίνα 1,5 m και 6 m για αεραγωγούς και αντλίες καυσίμου αντίστοιχα, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 4.15. Εάν η εγκατάσταση συσκευών φόρτισης εντός της επικίνδυνης ζώνης δεν μπορεί να αποφευχθεί, η συσκευή φόρτισης θα πρέπει να είναι σχεδιασμένη ώστε να προστατεύεται από τυχόν εκρήξεις τέτοιου είδους και να φέρει την αντίστοιχη σήμανση.



Σχήμα 4.15: Επικίνδυνες ζώνες εγκατάστασης συσκευών φόρτισης γύρω από αντλίες καυσίμου και αεραγωγούς

Επιπλέον, οι σταθμοί φόρτισης πρέπει να είναι τουλάχιστον 3 m μακριά από οποιονδήποτε αεραγωγό ή εξάτμιση, από την οποία βγαίνει εύφλεκτο αέριο. Ωστόσο, εάν το εύφλεκτο αέριο είναι φυσικό αέριο (μεθάνιο), η απόσταση μπορεί να μειωθεί μέχρι και το 1 m. Οι αποστάσεις αυτές ισχύουν για οποιοδήποτε σημείο της συσκευής φόρτισης, συμπεριλαμβανομένου του καλωδίου φόρτισης και του σημείου σύνδεσης με το ηλεκτρικό όχημα.

Επιπρόσθετα, στο Ηνωμένο Βασίλειο για τους σταθμούς φόρτισης που εγκαθίστανται σε πρατήρια καυσίμων ισχύουν οι εξής απαιτήσεις [58]:

- Ο σταθμός φόρτισης, το καλώδιο φόρτισης και το παροχικό καλώδιο πρέπει να βρίσκονται πάντα εκτός των επικίνδυνων ζωνών.
- Εάν ο σταθμός φόρτισης συνδέεται στην παροχή της υπόλοιπης ηλεκτρικής εγκατάστασης, για τον υπολογισμό της συνολικής ισχύος της παροχής λαμβάνεται υπόψη η συνολική ισχύς των σημείων φόρτισης με συντελεστή φορτίου ίσο με τη μονάδα.
- Η γείωση του σταθμού φόρτισης πρέπει να συνδέεται στο σύστημα γείωσης της υπόλοιπης ηλεκτρικής εγκατάστασης. Το σύστημα γείωσης της εγκατάστασης πρέπει να είναι TT.

- Ο σταθμός φόρτισης πρέπει να διαθέτει καλώδιο φόρτισης μόνιμα συνδεδεμένο σε αυτόν (Περίπτωση Γ, βλέπε 2.2.1).
- Ανεξάρτητα του μέσου που παρέχει τροφοδοσία στον σταθμό φόρτισης, η παροχή του σταθμού πρέπει να είναι αλληλένδετη με το σύστημα ελέγχου της υπόλοιπης ηλεκτρικής εγκατάστασης με τέτοιο τρόπο ώστε, όταν διακόπτεται η τροφοδοσία της υπόλοιπης εγκατάστασης (φυσιολογική διακοπή ή έκτακτης ανάγκης), να διακόπτεται και η τροφοδοσία του σταθμού φόρτισης. Αυτό πρέπει να συμβαίνει ακόμα και εάν ο σταθμός φόρτισης τροφοδοτείται από ξεχωριστή παροχή. Σε αυτή την περίπτωση η ζεύξη των δύο συστημάτων επικοινωνίας πρέπει να γίνεται μέσω οπτικής ίνας αντί χάλκινου αγωγού.

4.3.8. Έγχυση ενέργειας από το όχημα στο δίκτυο (V2G)

Η τεχνολογία V2G (Vehicle-to-Grid) περιγράφει ένα σύστημα όπου τα ηλεκτρικά οχήματα επικοινωνούν με το ηλεκτρικό δίκτυο για να παρέχουν υπηρεσίες “demand response” ή για να επιστρέψουν ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο. Αποτελεί προϊόν των έξυπνων δικτύων (smart grids), όπου παρακολουθείται και ελέγχεται η παραγωγή, μεταφορά, διανομή και κατανάλωση ισχύος σε πραγματικό χρόνο. Με βάση αυτή την τεχνολογία, οι συσσωρευτές των ηλεκτρικών οχημάτων που συνδέονται στο ηλεκτρικό δίκτυο κατά την φόρτιση τους μπορούν να συνδράμουν ενεργά στην έξυπνη διαχείριση των ηλεκτρικών δικτύων, εκτελώντας μεταξύ άλλων τις εξής λειτουργίες:

- Έγχυση ενέργειας στο ηλεκτρικό δίκτυο για την κάλυψη της ζήτησης,
- Αποθήκευση ενέργειας προερχόμενη από ΑΠΕ, όπου η παραγωγή τους είναι μεταβαλλόμενη,
- Αποθήκευση ενέργειας κατά περιόδους όπου η τιμή της είναι χαμηλή και έγχυση αυτής στο δίκτυο όταν η τιμή της είναι υψηλότερη,
- Επικουρικές υπηρεσίες, όπως ρύθμιση τάσης και συχνότητας,
- Δυνατότητα δράσης ως εφεδρική τροφοδοσία σε έκτακτες καταστάσεις, όπως black-out, για την τροφοδότηση κρίσιμων φορτίων (πχ φωτισμός) μιας εγκατάστασης.

Γενικά, η τεχνολογία V2G είναι πολλά υποσχόμενη, ιδίως λόγω της αύξησης της τάσης προς την ηλεκτροκίνηση και ταυτόχρονα με την μετατροπή των παραδοσιακών ηλεκτρικών συστημάτων σε έξυπνα δίκτυα. Μπορεί να βρει εφαρμογή σε πολλών ειδών ηλεκτρικά δίκτυα, από αυτόνομα συστήματα όπου η τιμή της ενέργειας είναι σχετικά υψηλή μέχρι και σε συστήματα μεγάλου μεγέθους για την άσκηση επικουρικών υπηρεσιών. Παρ’ όλα αυτά, τη δεδομένη χρονική στιγμή πρόκειται για μια ανώριμη τεχνολογία που δεν είναι ευρέως διαδεδομένη. Στις περισσότερες χώρες υπάρχει μόνο είτε σε ερευνητικό επίπεδο είτε εφαρμόζεται πιλοτικά, σε μικρής κλίμακας συστήματα. Αυτό συμβαίνει διότι δεν είναι σε μεγάλο βαθμό ανεπτυγμένες οι υποδομές για την έξυπνη φόρτιση (smart charging) αλλά και για τα έξυπνα δίκτυα εν γένει.

Όσον αφορά την προτυποποίηση, δεν υπάρχει μέχρι στιγμής κάποιο διεθνές πρότυπο που να ορίζει σαφώς τις τεχνικές απαιτήσεις που πρέπει να διέπουν τις συσκευές φόρτισης και τις

ηλεκτρικές εγκαταστάσεις που υποστηρίζουν τη δυνατότητα έγχυσης ενέργειας από το ηλεκτρικό όχημα προς το δίκτυο. Ωστόσο, στο πρότυπο IEC 15118, το οποίο ορίζει τις προδιαγραφές της ψηφιακής επικοινωνίας μεταξύ μιας συσκευής φόρτισης και ενός ηλεκτρικού οχήματος, τίθενται οι βάσεις για την υλοποίηση της τεχνολογίας V2G σε επίπεδο επικοινωνίας των δύο πλευρών.

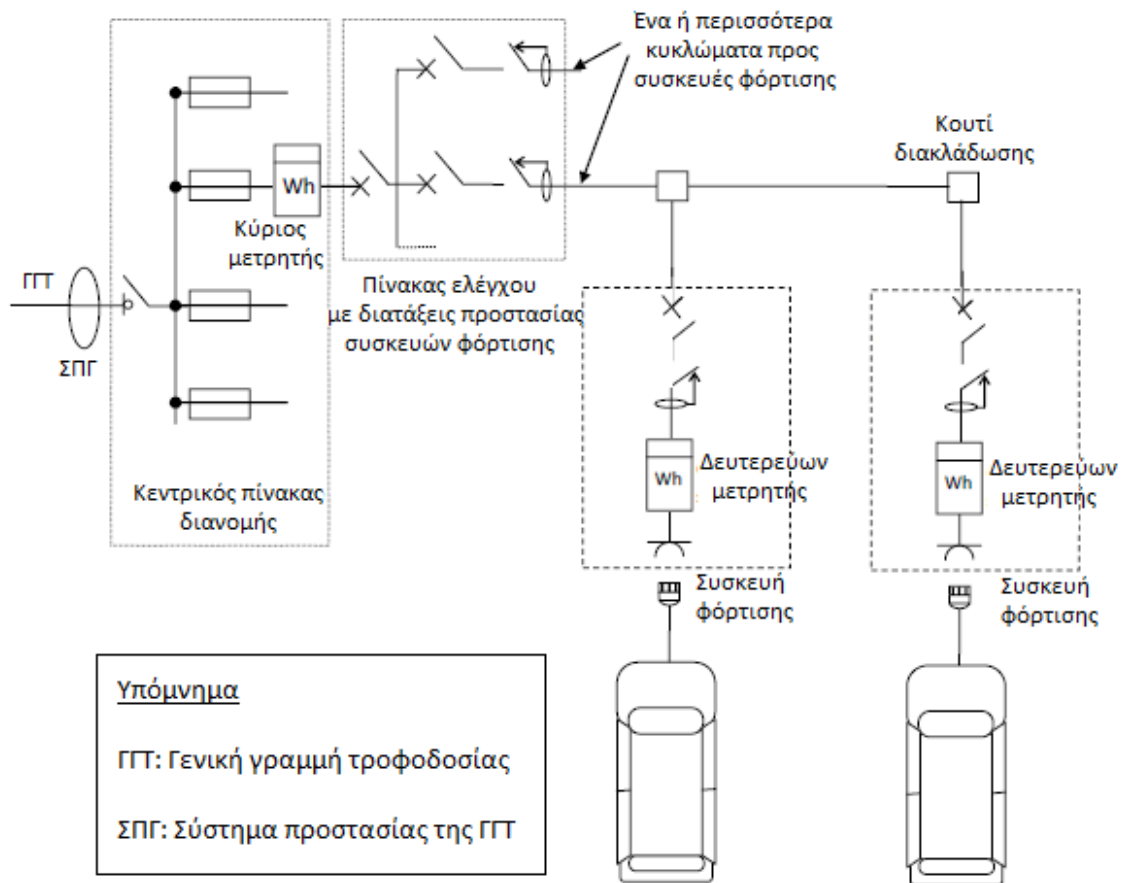
Από την πλευρά επίσημων κρατικών φορέων στον τομέα της ηλεκτροκίνησης, είναι λίγες οι χώρες που κάνουν λόγο για την τεχνολογία V2G σε επίπεδο τεχνικών προδιαγραφών. Στη Γερμανία [45], οι τεχνικές προδιαγραφές ενός διαχειριστή δικτύου διανομής αναφέρουν ότι προβλέπεται η επανατροφοδότηση ηλεκτρικής ενέργειας από το όχημα προς το δίκτυο, με την προϋπόθεση ότι η συσκευή φόρτισης έχει δηλωθεί ως μονάδα διεσπαρμένης παραγωγής και συμμορφώνεται με τις αντίστοιχες τεχνικές απαιτήσεις. Στην Ολλανδία [59], η υποδομή για την υποστήριξη της τεχνολογίας V2G προβλέπεται να αναπτυχθεί στο μέλλον, ενώ γίνεται ξεκάθαρο ότι ο μετρητής ενέργειας, ο οποίος συνδέεται στο κύκλωμα που τροφοδοτεί τη συσκευή φόρτισης, θα πρέπει να μπορεί να καταγράφει εκτός της καταναλισκόμενης ενέργειας και την ενέργεια που εγχέεται στο δίκτυο.

4.3.9. Ενδεικτικά μονογραμμικά διαγράμματα

Στην παράγραφο αυτή απεικονίζονται μονογραμμικά διαγράμματα ηλεκτρικής εγκατάστασης, όπως αποτυπώνονται στον ισπανικό κώδικα με τις τεχνικές προδιαγραφές των υποδομών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων [52]. Σε αυτά διακρίνονται πιθανοί αποδεκτοί τρόποι σύνδεσης συσκευών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων σε διάφορες υφιστάμενες ηλεκτρικές εγκαταστάσεις, όπως οικιακά δίκτυα, πολυκατοικίες, εμπορικοί χώροι κλπ. Διακρίνονται διάφορες περιπτώσεις για να καλύψουν πολλές πιθανές εκδοχές πραγματικών εφαρμογών, όπως η ύπαρξη διαθέσιμου χώρου για εγκατάσταση νέου μετρητή ενέργειας στον υφιστάμενο πίνακα, η δυνατότητα επέκτασης ή τροποποίησης του υφιστάμενου πίνακα διανομής κλπ.

Σχήμα 1a: Δημόσια ηλεκτρική εγκατάσταση με κύριο μετρητή ενέργειας στην αρχή της εγκατάστασης και δευτερεύοντες μετρητές σε κάθε συσκευή φόρτισης.

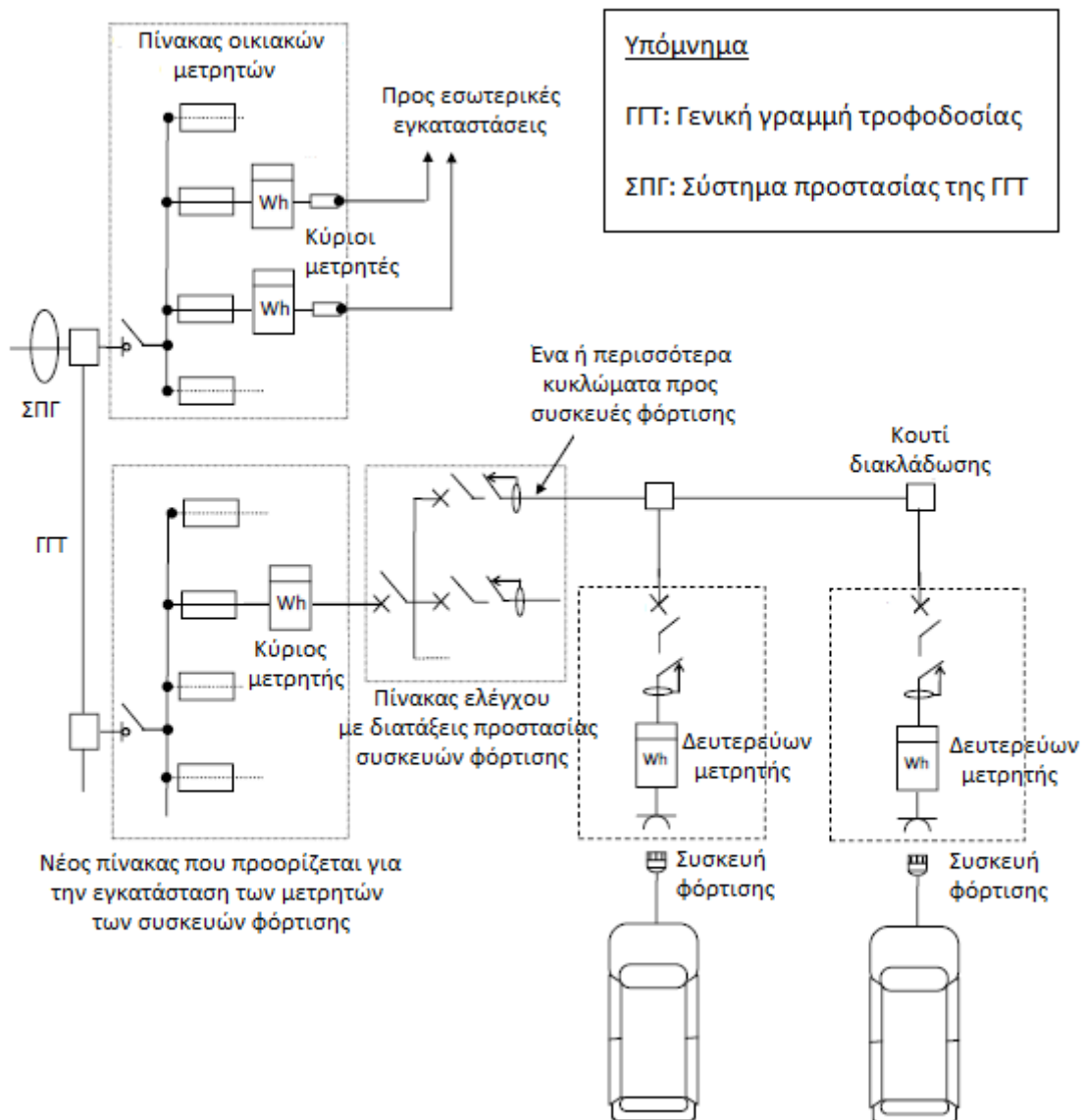
Αυτή η διάταξη προορίζεται για νέες εμπορικές εγκαταστάσεις, όπου η παροχή θα τροφοδοτεί διάφορα σημεία φόρτισης. Κάθε σημείο φόρτισης μπορεί να διαθέτει προαιρετικά αποκλειστικό δευτερεύοντα μετρητή.



Σχήμα 4.16: Σχήμα 1α από ρυθμιστικό πλαίσιο Ισπανίας [52]

Σχήμα 1b: Δημόσια ηλεκτρική εγκατάσταση με κύριο μετρητή ενέργειας στην αρχή της εγκατάστασης και δευτερεύοντες μετρητές σε κάθε συσκευή φόρτισης (με νέο ξεχωριστό πίνακα για τους μετρητές των συσκευών φόρτισης).

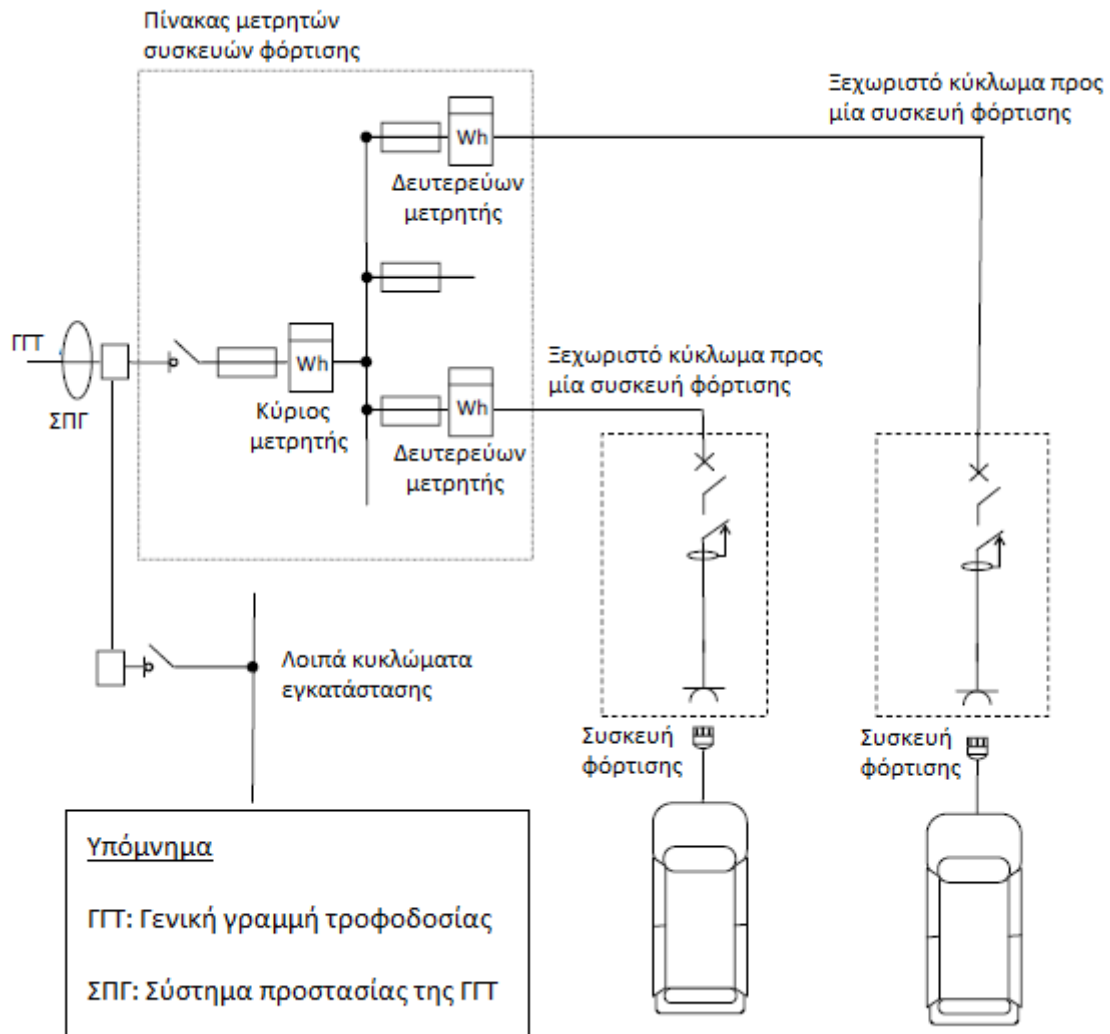
Όμοιο με το Σχήμα 1a, όμως οι προδιαγραφές επιτρέπουν την τοποθέτηση νέου πίνακα μετρητών εφόσον δεν υπάρχει χώρος στον υφιστάμενο.



Σχήμα 4.17: Σχήμα 1b από ρυθμιστικό πλαίσιο Ισπανίας [52]

Σχήμα 1c: Δημόσια ηλεκτρική εγκατάσταση με κύριο μετρητή ενέργειας και αποκλειστικό δευτερεύοντα μετρητή για κάθε μία συσκευή φόρτισης.

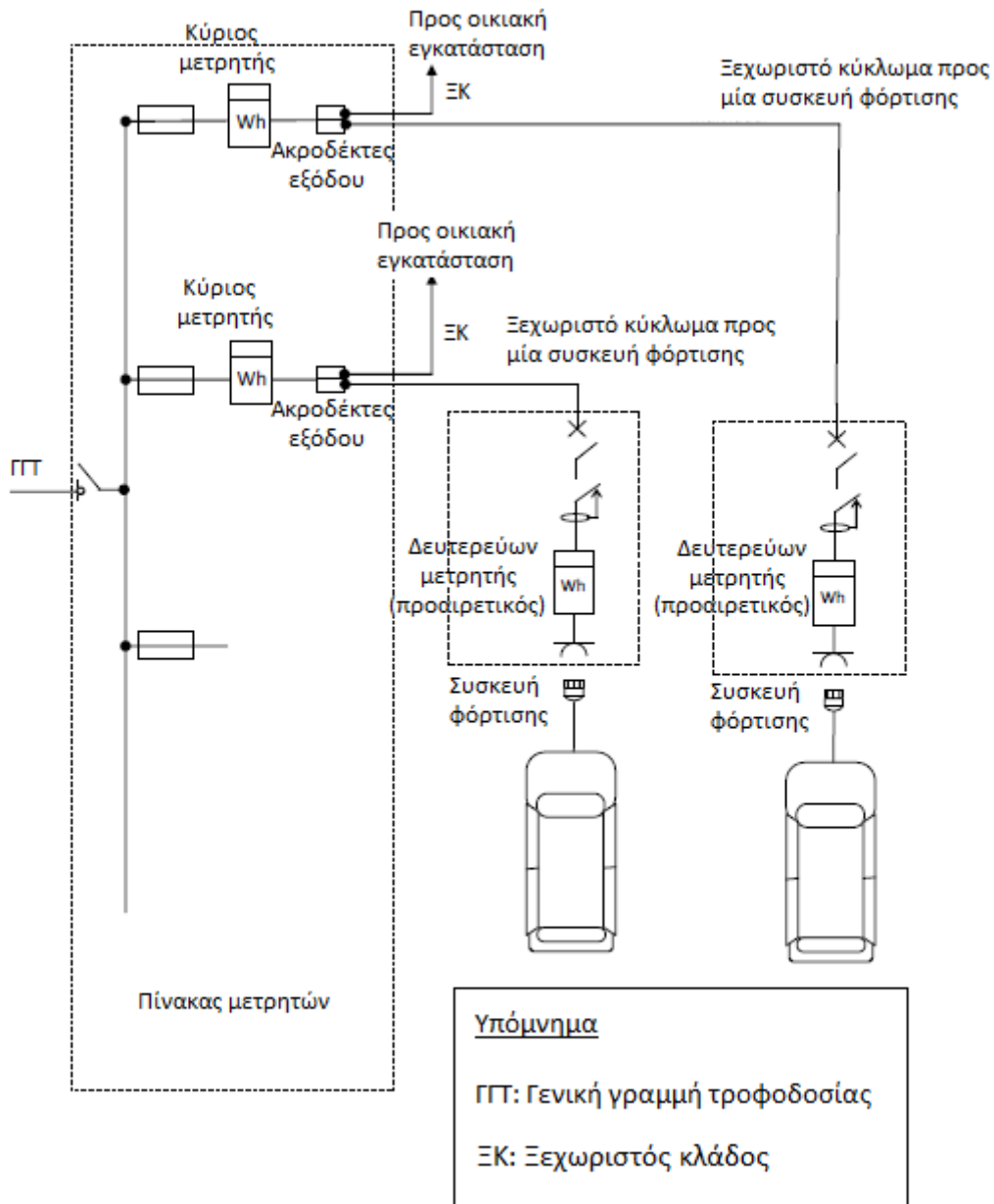
Όμοιο με το Σχήμα 1a, αλλά με κεντρικό πίνακα μετρητή μόνο για τις συσκευές φόρτισης. Ενδείκνυται για χώρους στάθμευσης και φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων.



Σχήμα 4.18: Σχήμα 1c από ρυθμιστικό πλαίσιο Ισπανίας [52]

Σχήμα 2a: Μεμονωμένη εγκατάσταση με κοινό κύριο μετρητή για τις οικιακές καταναλώσεις και τη συσκευή φόρτισης.

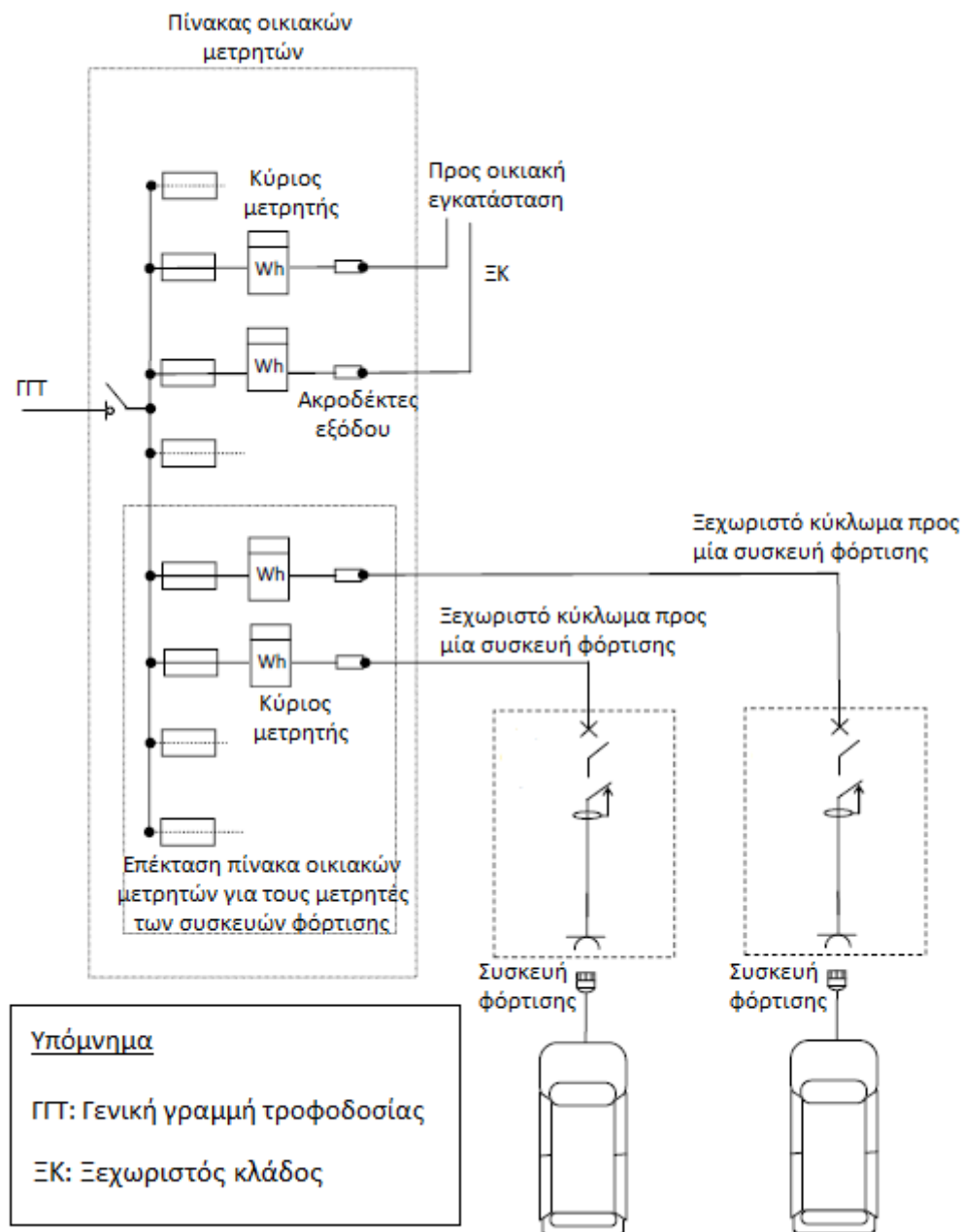
Ενδείκνυται σε κοινοτικούς χώρους στάθμευσης πλησίον σε μονοκατοικίες ή σε πολυκατοικίες. Επιτρέπει την σύνδεση της συσκευής φόρτισης στον υφιστάμενο μετρητή που συνδέεται η οικιακή παροχή.



Σχήμα 4.19: Σχήμα 2a από ρυθμιστικό πλαίσιο Ισπανίας [52]

Σχήμα 3α: Μεμονωμένη εγκατάσταση με κύριο μετρητή για κάθε μία συσκευή φόρτισης (οι μετρητές των συσκευών φόρτισης εγκαθίστανται εντός κοινού πίνακα με τους οικιακούς μετρητές).

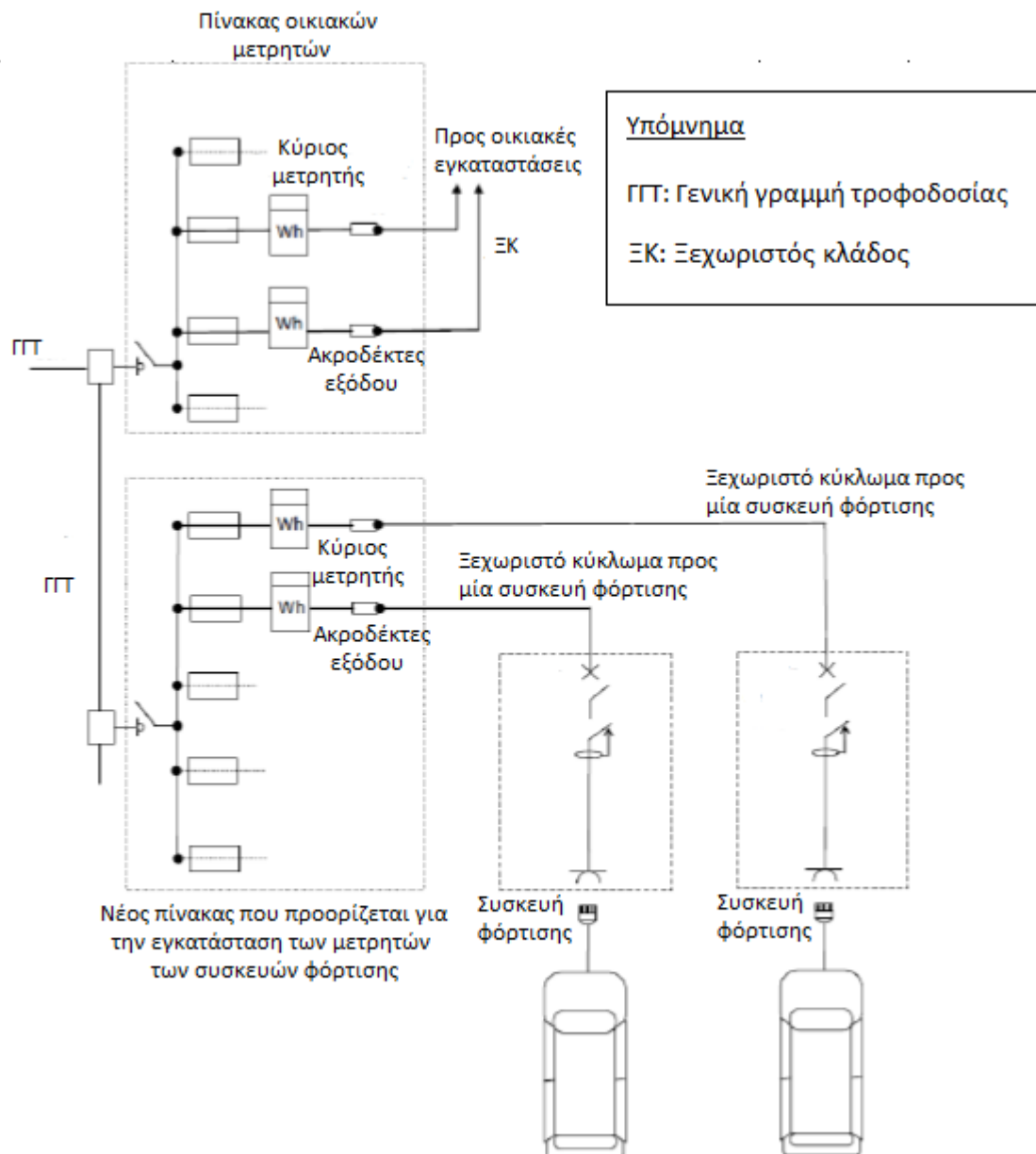
Αυτή η διάταξη επιτρέπει τη δημιουργία νέας αποκλειστικής παροχής για την τροφοδότηση των συσκευών φόρτισης. Στην συγκεκριμένη περίπτωση, με χρήση του υφιστάμενου πίνακα μετρητών.



Σχήμα 4.20: Σχήμα 3α από ρυθμιστικό πλαίσιο Ισπανίας [52]

Σχήμα 3b: Μεμονωμένη εγκατάσταση με κύριο μετρητή για κάθε μία συσκευή φόρτισης (οι μετρητές των συσκευών φόρτισης εγκαθίστανται εντός νέου κοινού πίνακα).

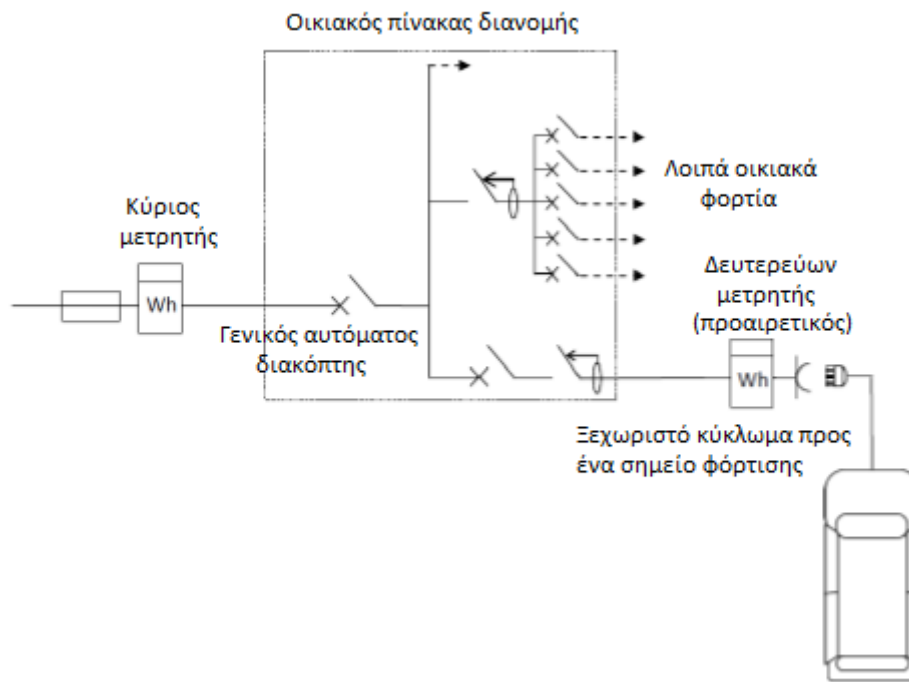
Όμοιο με το Σχήμα 3a, όμως οι προδιαγραφές επιτρέπουν τη δημιουργία νέας παροχής με τη δημιουργία νέου πίνακα μετρητών, μόνο για τους μετρητές των συσκευών φόρτισης.



Σχήμα 4.21: Σχήμα 3b από ρυθμιστικό πλαίσιο Ισπανίας [52]

Σχήμα 4a: Οικιακή εγκατάσταση (μονοκατοικία) με νέο αποκλειστικό κύκλωμα που τροφοδοτεί το σημείο φόρτισης ηλεκτρικού οχήματος.

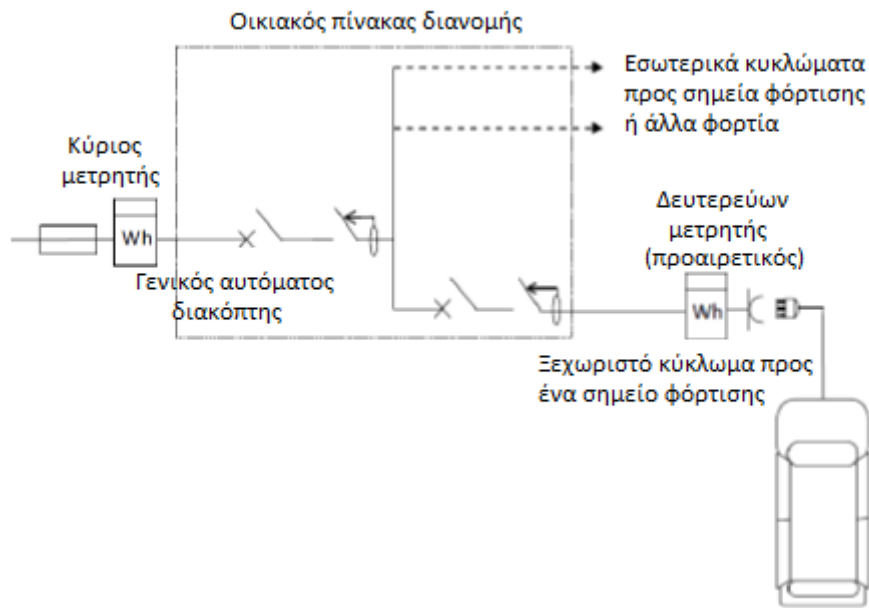
Η παρούσα διάταξη ενδείκνυται για μονοκατοικίες. Οι προστασίες του νέου κυκλώματος τοποθετούνται εντός του οικιακού πίνακα διανομής.



Σχήμα 4.22: Σχήμα 4a από ρυθμιστικό πλαίσιο Ισπανίας [52]

Σχήμα 4b: Εγκατάσταση με ένα ή παραπάνω αποκλειστικά κυκλώματα προς σημεία φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων.

Η παρούσα διάταξη ενδείκνυται για όλες τις υπόλοιπες περιπτώσεις εγκαταστάσεων, όπου υπάρχει ήδη πίνακας διανομής (όπως εταιρίες, εργοστάσια κλπ).



Σχήμα 4.23: Σχήμα 4b από ρυθμιστικό πλαίσιο Ισπανίας [52]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

5.1. Εισαγωγή

Σκοπός της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας αποτελεί η παρουσίαση των τεχνικών απαιτήσεων που πρέπει να πληροί μια ηλεκτρική εγκατάσταση στην Ελλάδα, ώστε να αποτελεί υποδομή φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων. Στα προηγούμενα κεφάλαια αναλύθηκαν οι απαιτήσεις της αγωγίμης φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων, τόσο με εναλλασσόμενο (AC) όσο και με συνεχές (DC) ρεύμα, όπως ορίζονται από τα διεθνή πρότυπα και κανονισμούς και ιδίως από τους κύκλους προτύπων IEC 61851, IEC 62196 και IEC 60364-7-722. Έπειτα καταγράφηκε η διεθνής πρακτική που ακολουθείται σε χώρες που έχουν ήδη αναπτύξει και εγκαταστήσει μεγάλο αριθμό υποδομών φόρτισης. Μέσα από αυτή τη διαδικασία έγινε κατανοητό το γεγονός ότι κάθε χώρα υιοθετεί τις διεθνώς ορισμένες τεχνικές απαιτήσεις της φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων και τις εναρμονίζει με τους δικούς της κανονισμούς περί ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων. Για αυτό και παρατηρούνται διαφορές μεταξύ των προδιαγραφών από χώρα σε χώρα, όπως τίθενται από τα εκάστοτε ρυθμιστικά πλαίσια, χωρίς όμως να παραβιάζονται οι απαιτήσεις που τίθενται από τα διεθνή πρότυπα.

Κατόπιν της μελέτης όλων των ανωτέρω αλλά και του ως έχει διαμορφωμένου κανονιστικού πλαισίου στην Ελλάδα, παρουσιάζονται στο Κεφάλαιο 5 οι τεχνικές απαιτήσεις που πρέπει να πληρούνται για τη σύνδεση μιας ή περισσότερων συσκευών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων σε μια ελληνική ηλεκτρική εγκατάσταση, νέα ή υφιστάμενη. Οι προδιαγραφές βρίσκονται σε πλήρη εναρμόνιση τόσο με το νομοθετικό πλαίσιο (ΦΕΚ, ΚΥΑ κλπ) που ισχύει μέχρι την συγγραφή της παρούσας εργασίας, όσο και με το ελληνικό πρότυπο ΕΛΟΤ HD384, που ορίζει τους κανονισμούς περί ηλεκτρικών εγκαταστάσεων στην Ελλάδα.

5.1.1. Διάκριση περιπτώσεων ανά μέθοδο φόρτισης

Για την έκδοση των τεχνικών απαιτήσεων που πρέπει να πληρούνται σε μια υποδομή φόρτισης, κρίθηκε σκόπιμη η διάκριση των εξής περιπτώσεων με βάση τη μέθοδο φόρτισης, όπως ορίζει το πρότυπο IEC 61851-1. Η διάκριση αυτή γίνεται καθότι οι συσκευές φόρτισης ίδιας μεθόδου φόρτισης παρουσιάζουν κοινά χαρακτηριστικά και συνεπώς είναι πιο εύκολη αφενός η εξαγωγή κοινών τεχνικών απαιτήσεων, αφετέρου η τήρηση μεθοδολογίας για τον τρόπο σύνδεσης στο δίκτυο. Πιο συγκεκριμένα, διακρίνονται οι εξής περιπτώσεις:

- Σύνδεση συσκευών φόρτισης Μεθόδου 2 (Mode 2)
- Σύνδεση συσκευών φόρτισης Μεθόδου 3 (Mode 3) σε οικιακές εγκαταστάσεις
- Σύνδεση συσκευών φόρτισης Μεθόδου 3 (Mode 3) σε εμπορικές εγκαταστάσεις ή στο δημόσιο δίκτυο διανομής

- Σύνδεση συσκευών φόρτισης Μεθόδου 4 (Mode 4)

Όπως αναλύθηκε στα προηγούμενα κεφάλαια, για τη σύνδεση σε οικιακή ηλεκτρική εγκατάσταση προορίζονται συσκευές φόρτισης που λειτουργούν σύμφωνα με τις Μεθόδους φόρτισης 2 και 3, ενώ για τη σύνδεση σε δημόσια ή εμπορική ηλεκτρική εγκατάσταση προορίζονται συσκευές φόρτισης που λειτουργούν σύμφωνα με τις Μεθόδους φόρτισης 3 και 4. Λόγω του γεγονότος ότι η Μέθοδος 3 ενδείκνυται τόσο για χρήση σε ιδιωτικές, όσο και σε δημοσίως προσβάσιμες υποδομές φόρτισης, θα πρέπει να υπάρχει διάκριση μεταξύ των δύο αυτών περιπτώσεων, λόγω του γεγονότος ότι είναι μεγάλο το πλήθος των απαιτήσεων που διαφοροποιείται ανάμεσα σε αυτές τις δύο περιπτώσεις.

Η φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων κατά τη Μέθοδο 1, η οποία είναι η λιγότερο ενδεδειγμένη μέθοδος φόρτισης, βρίσκει εφαρμογή μόνο σε οικιακά ηλεκτρικά δίκτυα κατά τη διεθνή πρακτική. Παρ' όλα αυτά, για την Ελλάδα, η χρήση της πρέπει να θεωρείται απαγορευτική σε όλα τα είδη των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων. Ο λόγος έγκειται στην έλλειψη επαρκούς προστασίας έναντι σφαλμάτων διαρροής που μπορούν να προκαλέσουν ηλεκτροπληξία στον χρήστη της υποδομής φόρτισης. Σε όλες τις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις στην Ελλάδα, οι κοινοί ρευματοδότες schuko πρέπει προστατεύονται από ΔΔΡ, ο οποίος στην πλειονότητα των περιπτώσεων είναι τύπου AC. Σύμφωνα με το πρότυπο IEC 61851-1, ο ΔΔΡ που προστατεύει το σημείο φόρτισης πρέπει να είναι τουλάχιστον τύπου A, σε συνδυασμό με διάταξη αποσύνδεσης του κυκλώματος κατά την ανίχνευση συνιστώσας συνεχούς ρεύματος διαρροής μεγαλύτερου των 6 mA DC. Συνεπώς, ο ΔΔΡ τύπου AC που προστατεύει το ρευματοδότη, στον οποίο συνδέεται το καλώδιο φόρτισης που τροφοδοτεί το ηλεκτρικό όχημα, δεν είναι επαρκής και για το λόγο αυτό δεν θα πρέπει να επιτρέπεται η φόρτιση οχημάτων με τη Μέθοδο 1. Φυσικά, στο παραπάνω επιχείρημα πρέπει να προστεθεί το γεγονός ότι δεν είναι πάντα διασφαλισμένη η ύπαρξη ΔΔΡ στον πίνακα διανομής κάθε ηλεκτρικής εγκατάστασης, ακόμη κι αν αυτό επιβάλλεται από τους κανονισμούς. Η ύπαρξη κατάλληλου ΔΔΡ στο κύκλωμα που τροφοδοτεί το ηλεκτρικό όχημα είναι ζωτικής σημασίας, καθώς θα πρέπει να διασφαλίζεται σε κάθε περίπτωση ότι ο χρήστης της υποδομής φόρτισης είναι ασφαλής σε κίνδυνο ηλεκτροπληξίας.

5.2. Σύνδεση συσκευών φόρτισης Μεθόδου 2

Η φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων με τη Μέθοδο 2 γίνεται με τη χρήση συσκευών φόρτισης IC-CPD (In Cable – Control and Protective Device), σύμφωνα με το πρότυπο IEC 61851-1, το οποίο περιγράφει εν γένει τις προδιαγραφές για την ενσύρματη φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων. Κάθε συσκευή φόρτισης IC-CPD πρέπει να συμμορφώνεται με το πρότυπο IEC 62752:2016, που αφορά αποκλειστικά τις προδιαγραφές και τη λειτουργία συσκευών IC-CPD. Οι συσκευές φόρτισης πρέπει να διαθέτουν πιστοποίηση για τη συμμόρφωσή τους στα εν λόγω πρότυπα και να έχουν περάσει με επιτυχία όλες τις δοκιμές και τους ελέγχους που αναγράφονται σε αυτά.

Όπως αναλύεται και παρακάτω, η σύνδεση της συσκευής φόρτισης IC-CPD στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται μέσω κοινού μονοφασικού ρευματοδότη schuko. Η λογική πίσω από τη χρήση των συσκευών IC-CPD είναι η εύκολη φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων σε ηλεκτρικές εγκαταστάσεις που δεν διαθέτουν σταθμούς φόρτισης (επιτοίχιων ή επιδαπέδιων). Για το λόγο αυτό, ενδείκνυται η αξιοποίηση κοινών ρευματοδοτών για τη σύνδεση των συσκευών IC-CPD. Στην Ελλάδα, κοινό ρευματοδότη στην πλειοψηφία των ιδιωτικών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων αποτελεί ο μονοφασικός ρευματοδότης schuko, 16A, 250V. Ο εν λόγω ρευματοδότης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη σύνδεση μιας συσκευής φόρτισης, καθώς εκτός από τους ενεργούς αγωγούς διανέμει και τον αγωγό προστασίας, ο οποίος είναι απαραίτητος σε οποιαδήποτε διάταξη AC φόρτισης, σύμφωνα με το πρότυπο IEC 61851-1.

5.2.1. Στοιχεία συσκευής φόρτισης

Κάθε συσκευή φόρτισης IC-CPD πρέπει να διαθέτει καλώδιο με ρευματολήπτη schuko για τη σύνδεση στο ηλεκτρικό δίκτυο, καθώς πρέπει να έχει τη δυνατότητα σύνδεσης σε κοινό ρευματοδότη προς την πλευρά του δικτύου, και καλώδιο φόρτισης με ακροσύνδεσμο (vehicle connector) προδιαγραφών IEC 62196-2, για τη σύνδεση με το ηλεκτρικό όχημα. Το εν λόγω πρότυπο περιγράφει τρεις εγκεκριμένους τύπους ακροσυνδέσμων (Type 1, 2 και 3), καθώς και τα μηχανικά χαρακτηριστικά (υλικό, διαστάσεις κλπ) και ηλεκτρικά χαρακτηριστικά τους (μέγιστη επιτρεπόμενη φόρτιση, συνδεσμολογία αγωγών κλπ).

Επιπλέον, η συσκευή φόρτισης IC-CPD πρέπει να έχει κατά μέγιστο ονομαστική ισχύ ίση με 3,7 kVA. Η εν λόγω απαίτηση προκύπτει από την επιλογή της διατομής των αγωγών που τροφοδοτούν το σημείο φόρτισης και του ονομαστικού ρεύματος της διάταξης προστασίας της γραμμής έναντι υπερέντασης. Για ονομαστικό ρεύμα 16A και τάση 230V, ηλεκτρικά χαρακτηριστικά που διαθέτουν οι συνήθεις ρευματοδότες schuko που βρίσκονται σε ελληνικές ηλεκτρικές εγκαταστάσεις, η ονομαστική ισχύς της συσκευής φόρτισης περιορίζεται σε 3680 VA. Αν και το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα για τη Μέθοδο 2 είναι 32 A, σύμφωνα με το πρότυπο IEC 61851-1, το τελικό μέγιστο ρεύμα φόρτισης πρέπει να περιορίζεται στα 16 A λόγω των περιορισμών που θέτει η φύση της ηλεκτρικής εγκατάστασης που τροφοδοτεί τον ρευματοδότη schuko, στον οποίο συνδέεται η συσκευή IC-CPD.

5.2.2. Ρευματοδότης – ηλεκτρική εγκατάσταση

Η σύνδεση της συσκευής φόρτισης IC-CPD στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται μέσω μονοφασικού ρευματοδότη schuko, 16A, 250V. Προς διευκόλυνση των χρηστών, ο ρευματοδότης μπορεί να βρίσκεται σε απόσταση από 0,75m έως και 1,2m από το έδαφος, όπως εφαρμόζεται σε χώρες όπως το Ην. Βασίλειο [58], το Χονγκ Κονγκ [27] και η Ν. Ζηλανδία [53]. Επιπλέον, επιτρέπεται η σύνδεση συσκευών φόρτισης IC-CPD σε ρευματοδότες schuko που είναι εγκατεστημένοι εντός σταθμών φόρτισης Μεθόδου 3, εφόσον πληρούνται τόσο οι υπό ανάλυση προδιαγραφές, όσο και οι απαιτήσεις των σημείων φόρτισης σταθμού Μεθόδου 3.

Ο ρευματοδότης που προορίζεται να τροφοδοτεί την συσκευή φόρτισης IC-CPD οφείλει να είναι εγκατεστημένος πλησίον του χώρου στάθμευσης του ηλεκτρικού οχήματος, ώστε να είναι δυνατή η σύνδεση της συσκευής IC-CPD τόσο στο ρευματοδότη όσο και στο ηλεκτρικό όχημα. Δεν επιτρέπεται η επέκταση του καλωδίου φόρτισης από την πλευρά του οχήματος με χρήση «μπαλαντέζας» (cord extension set), σύμφωνα με το πρότυπο IEC 61851-1. Βέβαια, η χρήση μπαλαντέζας για την επέκταση του παροχικού καλωδίου δεν είναι απαγορευτική, ωστόσο συνίσταται η αποφυγή χρήσης αυτού. Αυξάνοντας το μήκος του παροχικού καλωδίου με τη χρήση «μπαλαντέζας» ελλοχεύει ο κίνδυνος αύξησης της πτώσης τάσης επί της γραμμής εκτός του επιτρεπόμενου ορίου του 4%, γεγονός που δεν μπορεί να διασφαλιστεί εκ των προτέρων κατά τον σχεδιασμό της εγκατάστασης, ενώ ταυτόχρονα μπορεί να προκληθούν φθορές στο καλώδιο λόγω του μεγάλου και συνεχόμενου ρεύματος που διαρρέει κατά τη φόρτιση. Για αυτούς τους λόγους οφείλει η εγκατάσταση του ρευματοδότη που θα τροφοδοτεί τη συσκευή IC-CPD να γίνεται πλησίον του χώρου στάθμευσης και φόρτισης του ηλεκτρικού οχήματος.

Παράλληλα, συνίσταται η τοποθέτηση επιτοίχιου «καλαθιού» ή παρόμοιας διάταξης, που θα υποστηρίζει το βάρος της συσκευής φόρτισης IC-CPD, ώστε να μην καταπονείται μηχανικά το βύσμα που συνδέεται στο ρευματοδότη από το βάρος της συσκευής φόρτισης. Η εν λόγω απαίτηση εφαρμόζεται διεθνώς κατά περίπτωση (πχ Χονγκ Κονγκ [27]) και έχει στόχο την αποφυγή της μηχανικής καταπόνησης της συσκευής φόρτισης IC-CPD. Λόγω του ύψους τοποθέτησης του ρευματοδότη schuko, είναι δυνατόν η συσκευή φόρτισης IC-CPD να κρέμεται από το βύσμα που συνδέεται στο ρευματοδότη, με αποτέλεσμα το βύσμα να υφίσταται μηχανική καταπόνηση από το βάρος της συσκευής. Με την τοποθέτηση του «καλαθιού» η συσκευή IC-CPD στηρίζεται σε αυτό και έτσι αποφεύγεται η μηχανική καταπόνηση του βύσματος.

5.2.3. Σύνδεση στο δίκτυο

Η συσκευή φόρτισης αποτελεί πρόσθετο φορτίο για την ηλεκτρική εγκατάσταση στην οποία συνδέεται. Εάν η υφιστάμενη παροχή ισχύος δεν επαρκεί, απαιτείται αναβάθμιση σε τυποποιημένη παροχή μεγαλύτερης συμφωνημένης ισχύος. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την τροποποίηση της ηλεκτρικής εγκατάστασης, με αντικατάσταση της γενικής ασφάλειας και της διατομής των αγωγών του καλωδίου παροχής, ενδεχομένως και της μετρητικής διάταξης, στοιχεία τα οποία έχουν τυποποιημένες τιμές ανάλογα με το είδος της παροχής και της συμφωνημένης ισχύος της εγκατάστασης. Εφόσον η αναβάθμιση της παροχής και η τροποποίηση της εγκατάστασης δεν είναι δυνατή, δεν ενδείκνυται η εγκατάσταση ρευματοδότη για την φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων με τη Μέθοδο 2.

Σε υφιστάμενες ηλεκτρικές εγκαταστάσεις είναι δυνατή η σύνδεση συσκευής φόρτισης IC-CPD σε ρευματοδότη schuko κοινής γραμμής, αρκεί η συσκευή IC-CPD να περιέχει ενσωματωμένο ΔΔΡ τύπου Α σε σειρά με διάταξη αποσύνδεσης του κυκλώματος κατά την ανίχνευση συνιστώσας συνεχούς ρεύματος διαρροής μεγαλύτερο από 6 mA DC, ή ενσωματωμένο ΔΔΡ τύπου Β αντί αυτών, και μικροαυτόματο διακόπτη ονομαστικού ρεύματος μέχρι 16Α. Παρ' όλα αυτά, σε αυτή την περίπτωση, δεν επιτυγχάνεται επιλεκτικότητα μεταξύ του ΔΔΡ από την

πλευρά της ηλεκτρικής εγκατάστασης και του ενσωματωμένου στην συσκευή φόρτισης ΔΔΡ. Η μη τήρηση της επιλεκτικότητας έχει ως αποτέλεσμα την πιθανή ενεργοποίηση του ΔΔΡ από την πλευρά του δικτύου αντί του ενσωματωμένου στην συσκευή φόρτισης ΔΔΡ, σε περίπτωση σφάλματος διαρροής εναλλασσόμενου ρεύματος μεγαλύτερου των 30mA AC προς τη γη. Έτσι, σε αυτή την περίπτωση, είναι πιθανό να αποσυνδεθούν όλες οι γραμμές που προστατεύονται από τον ΔΔΡ της ηλεκτρικής εγκατάστασης, αντί να απομονωθεί μόνο το κύκλωμα που τροφοδοτεί τη συσκευή φόρτισης. Κατά τα λοιπά, παρέχεται προστασία έναντι ηλεκτροπληξίας στον χρήστη της ηλεκτρικής εγκατάστασης.

Αν και το παραπάνω αποτελεί τον πιο απλό και οικονομικό τρόπο σύνδεσης, που ταυτόχρονα διασφαλίζει την επιθυμητή προστασία στον χρήστη, η μη τήρηση της επιλεκτικότητας μεταξύ των ΔΔΡ είναι ένα στοιχείο που αντιβαίνει στους κανονισμούς περί ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων. Ο ορθότερος, τεχνικά και θεσμικά, τρόπος σύνδεσης συσκευών φόρτισης IC-CPD είναι η δημιουργία νέας γραμμής, τριών αγωγών (φάση, ουδέτερος και αγωγός προστασίας) διατομής τουλάχιστον 2,5mm² έκαστος, που θα αναχωρεί από τον πίνακα διανομής, και θα τροφοδοτεί αποκλειστικά τον ρευματοδότη schuko, ο οποίος προορίζεται για τη φόρτιση ηλεκτρικού οχήματος. Η γραμμή αυτή θα διαθέτει τις δικές της ξεχωριστές διατάξεις προστασίας, ως εξής:

- Χειροκίνητο διακόπτη, 2-πολικό, 25A
- Μικροαυτόματο διακόπτη υπερέντασης, 1-πολικό, ονομαστικού ρεύματος 16A, καμπύλης C
- Διακόπτη διαφορικού ρεύματος (ΔΔΡ) τύπου A ή B, 2-πολικό, 20A, ονομαστικού ρεύματος ενεργοποίησης 30mA

Οι παραπάνω διατάξεις προστασίας πρέπει να τοποθετούνται εντός πίνακα διανομής. Εάν δεν είναι δυνατή η τοποθέτησή τους στον υφιστάμενο πίνακα, απαιτείται η δημιουργία νέου υποπίνακα.

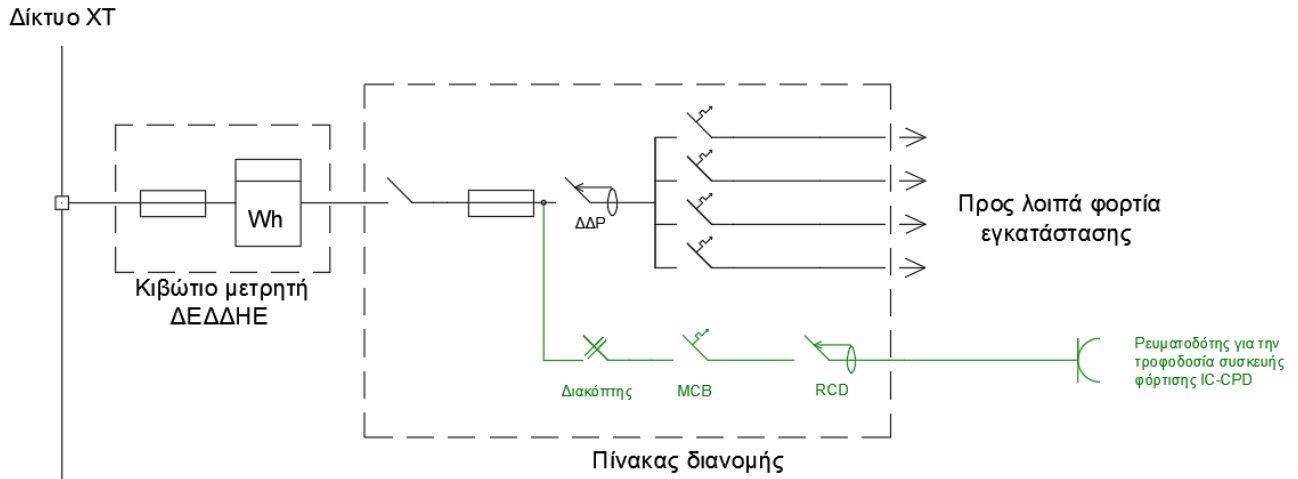
Τα χαρακτηριστικά των παραπάνω διατάξεων προστασίας προκύπτουν από το πρότυπο IEC 61851-1, την διατομή των αγωγών της γραμμής και τις ανάγκες της ηλεκτρικής εγκατάστασης. Πιο συγκεκριμένα:

- Επιλέγεται διπολικός χειροκίνητος διακόπτης για την χειροκίνητη απόζευξη του κυκλώματος που τροφοδοτεί το ρευματοδότη.
- Επιλέγεται μονοπολικός μικροαυτόματος διακόπτης, καμπύλης C, για την προστασία έναντι υπερέντασης. Το ονομαστικό ρεύμα είναι 16A, σύμφωνα και με τη διατομή του αγωγού φάσης.
- Επιλέγεται ΔΔΡ ονομαστικού ρεύματος ενεργοποίησης 30mA, σύμφωνα με το πρότυπο IEC 61851-1. Ο ΔΔΡ πρέπει να αποσυνδέει όλους τους ενεργούς αγωγούς, για αυτό και είναι διπολικός. Πρέπει να είναι τύπου A ή B.
- Όλες οι παραπάνω διατάξεις προστασίας πρέπει να τοποθετούνται εντός πίνακα.

Οι παραπάνω διατάξεις προστατεύουν τη γραμμή και κατά τη σύνδεση ενός οποιοδήποτε φορτίου στο ρευματοδότη, πέραν της συσκευής φόρτισης IC-CPD. Ούτως ή άλλως, η συσκευή IC-CPD περιέχει ενσωματωμένες διατάξεις προστασίας, με αποτέλεσμα να λειτουργούν εν σειρά με τις παραπάνω αναφερόμενες διατάξεις της γραμμής. Πρέπει να διασφαλίζεται ότι η γραμμή προστατεύεται σε όλες τις περιπτώσεις και για κάθε είδους φορτίο.

Επιπλέον, εάν δεν διασφαλίζεται ότι υπάρχει διάταξη αποσύνδεσης του κυκλώματος κατά την ανίχνευση συνιστώσας συνεχούς ρεύματος διαρροής μεγαλύτερο από 6 mA DC, ενσωματωμένη στην συσκευή φόρτισης IC-CPD, θα πρέπει ο ΔΔΡ του πίνακα διανομής να είναι τύπου EV ή B. Η εν λόγω διάταξη πρέπει να βρίσκεται στο κύκλωμα που τροφοδοτεί σημείο AC φόρτισης, σύμφωνα με το πρότυπο IEC 61851-1. Όπως περιγράφεται και στην παράγραφο 2.5.2, η διάταξη αποτελείται από ένα τοροειδή μετασχηματιστή, διαμέσου του οποίου περνούν οι ενεργοί αγωγοί του κυκλώματος και ο οποίος στέλνει σήμα αποσύνδεσης του κυκλώματος στον επεξεργαστή της συσκευής φόρτισης, σε περίπτωση που ανιχνεύσει συνιστώσα ρεύματος μεγαλύτερη των 6 mA DC. Για το λόγο αυτό η εν λόγω διάταξη θα πρέπει να βρίσκεται εντός της συσκευής φόρτισης IC-CPD. Υπάρχει όμως περίπτωση αυτό να μην μπορεί να διασφαλιστεί. Σε αυτή την περίπτωση, θα πρέπει να εγκαθίσταται στην πλευρά του δικτύου, εντός του πίνακα διανομής, ΔΔΡ τύπου B, καθώς DC συνιστώσες ρεύματος μεγαλύτερες από 6 mA επηρεάζουν αρνητικά την ορθή λειτουργία των ΔΔΡ τύπου A. Εναλλακτικά, ο ΔΔΡ μπορεί να είναι τύπου EV, μια νέα τυποποίηση ΔΔΡ στην οποία έχουν προχωρήσει κάποιες κατασκευαστικές εταιρίες, ο οποίος είναι απολύτως ισοδύναμος με ΔΔΡ τύπου A σε σειρά με διάταξη αποσύνδεσης του κυκλώματος κατά την ανίχνευση συνιστώσας συνεχούς ρεύματος μεγαλύτερης από 6mA DC. Ο ΔΔΡ τύπου EV είναι υλικό ράγας, μπορεί να τοποθετηθεί εντός πίνακα διανομής και εκτελεί διπλή λειτουργία, καθώς αποσυνδέει την τροφοδοσία αφενός κατά την ανίχνευση ρεύματος διαρροής μεγαλύτερο των 30 mA AC, αφετέρου κατά την ανίχνευση συνιστώσας συνεχούς ρεύματος διαρροής μεγαλύτερης από 6mA DC.

Η σύνδεση του νέου κυκλώματος με την ηλεκτρική εγκατάσταση γίνεται σε σημείο μεταξύ της γενικής ασφάλειας και του διακόπτη διαφορικού ρεύματος των υπόλοιπων φορτίων, όπως υποδεικνύει το μονογραμμικό διάγραμμα του Σχήματος 5.1.



Σχήμα 5.1: Σύνδεση του ρευματοδότη συσκευής IC-CPD στην υφιστάμενη ηλεκτρική εγκατάσταση

Οι λόγοι που επιλέγεται η συγκεκριμένη συνδεσμολογία είναι οι εξής:

- Η γραμμή μπορεί να θεωρηθεί αποκλειστικό ακτινικό κύκλωμα, περιέχει τις δικές της διατάξεις προστασίας και είναι ανεξάρτητη από τις υπόλοιπες γραμμές της ηλεκτρικής εγκατάστασης.
- Η γραμμή βρίσκεται ανάντη του ΔΔΡ που προστατεύει τις υπόλοιπες γραμμές. Κατά αυτό τον τρόπο αποφεύγεται η μη τήρηση της επιλεκτικότητας.
- Η γραμμή βρίσκεται κατάντη της γενικής ασφάλειας και του γενικού διακόπτη της ηλεκτρικής εγκατάστασης. Κατά αυτό τον τρόπο διασφαλίζεται ότι ο ρευματοδότης αποσυνδέεται από την τροφοδοσία όταν ανοίξει ο γενικός διακόπτης της εγκατάστασης.

5.3. Σύνδεση συσκευών φόρτισης Μεθόδου 3 σε οικιακές ηλεκτρικές εγκαταστάσεις

Οι επιτρεπόμενες μέθοδοι φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων σε οικιακή (ή άλλη μη δημοσίως προσβάσιμη) ηλεκτρική εγκατάσταση είναι οι Μέθοδοι 2 και 3 (Mode 2 & Mode 3), όπως ορίζονται στο πρότυπο IEC 61851-1. Με βάση αυτή την κατηγοριοποίηση και με δεδομένη τη διεθνή πρακτική, κρίνεται σκόπιμη η χρήση των Μεθόδων 2 και 3 και μόνο για τη φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων σε οικιακές ηλεκτρικές εγκαταστάσεις. Η Μέθοδος 1 είναι ανεπαρκής μέθοδος φόρτισης, ακόμη και για την Ελλάδα, και για αυτό κρίνεται ακατάλληλη. Στον αντίποδα, η Μέθοδος 4 θεωρείται υπερβολική για τη χρήση σε οικιακά δίκτυα, λόγω της μεγάλης ισχύος που διακινείται μέσω της συσκευής φόρτισης και του μεγάλου όγκου αυτής.

Οι συσκευές φόρτισης Μεθόδου 3 πρέπει να λειτουργούν με βάση το πρότυπο IEC 61851-1, το οποίο περιγράφει εν γένει τις προδιαγραφές για την ενσύρματη φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων, ενώ ο εξοπλισμός τους (ρευματοδότες, βύσματα, καλώδια φόρτισης, ακροσύνδεσμοι κλπ) που περιέχει η συσκευή φόρτισης πρέπει να συμμορφώνεται με τα πρότυπα IEC 62196-1 και IEC 62196-2. Οι συσκευές φόρτισης πρέπει να διαθέτουν πιστοποίηση για τη συμμόρφωσή τους στα

εν λόγω πρότυπα και να έχουν περάσει με επιτυχία όλες τις δοκιμές και τους ελέγχους που αναγράφονται σε αυτά.

5.3.1. Στοιχεία συσκευής φόρτισης

Κάθε συσκευή φόρτισης συνδέεται σε χαμηλή τάση 230/400V και μπορεί να είναι μονοφασική ή τριφασική. Το μέγιστο ρεύμα φόρτισης ανά φάση και ανά σημείο φόρτισης εξαρτάται από τον τύπο του ακροσυνδέσμου, σύμφωνα με το πρότυπο IEC 62196-2. Υπάρχουν τρεις εγκεκριμένοι τύποι ακροσύνδεσμων (Type 1, 2 και 3) και οι μέγιστες επιτρεπόμενες εντάσεις ρεύματος για αυτούς είναι:

- 32 A (1Φ) για τον ακροσύνδεσμο τύπου 1,
- 70 A (1Φ) και 63 A (3Φ) για τον ακροσύνδεσμο τύπου 2 και
- 32 A (1Φ) και 63 A (3Φ) για τον ακροσύνδεσμο τύπου 3.

Παρ' όλα αυτά, η διεθνής πρακτική, και συγκεκριμένα τόσο οι εμπορικά διαθέσιμες συσκευές φόρτισης όσο και οι αντίστοιχες τεχνικές απαιτήσεις άλλων χωρών, υποδεικνύουν τα όρια των 7,4 kVA/22 kVA ως μέγιστη επιτρεπόμενη ισχύ ενός σημείου μιας συσκευής φόρτισης (1Φ / 3Φ αντίστοιχα). Τα όρια αυτά αντιστοιχούν σε ονομαστικό ρεύμα 32A ανά φάση και ανά σημείο φόρτισης, ανεξάρτητα από το πλήθος των φάσεων. Με βάση αυτά τα όρια συνηθίζεται η διαστασιολόγηση των υποδομών φόρτισης στις χώρες που ακολουθούν την προτυποποίηση κατά IEC.

Όπως γίνεται αντιληπτό, η συσκευή φόρτισης μπορεί να διαθέτει άνω του ενός σημεία φόρτισης. Τα σημεία φόρτισης μπορούν να λειτουργούν είτε ταυτόχρονα είτε εναλλάξ και σε κάθε περίπτωση συνδέονται στην κοινή παροχή της συσκευής φόρτισης. Ως σημείο φόρτισης νοείται το σημείο της συσκευής φόρτισης ή της ηλεκτρικής εγκατάστασης, στο οποίο συνδέεται ένα ηλεκτρικό όχημα. Μπορεί αυτό να είναι ένας ρευματοδότης στον οποίο συνδέεται καλώδιο φόρτισης αποσπώμενο από τις δύο πλευρές (Case B κατά IEC 61851-1 – βλέπε παράγραφο 2.2.1) ή ένα καλώδιο φόρτισης μόνιμα συνδεδεμένο στο σταθμό (Case C). Και στις δύο περιπτώσεις, τα σημεία φόρτισης μιας συσκευής συνδέονται σε κοινή παροχή. Όταν τα σημεία φόρτισης μπορούν να λειτουργήσουν ταυτόχρονα, θα πρέπει το καθένα να διαθέτει ξεχωριστές διατάξεις προστασίας εντός της συσκευής φόρτισης. Εάν δεν μπορούν να λειτουργήσουν ταυτόχρονα, τότε μπορούν να έχουν κοινές διατάξεις προστασίας εγκατεστημένες εντός της συσκευής φόρτισης ή σε κάποιο άλλο σημείο του κυκλώματος (πχ σε πίνακα διανομής της ηλεκτρικής εγκατάστασης).

Οι συσκευές φόρτισης μπορεί να είναι επιδαπέδιες ή επιτοιχίες (wallbox) και πρέπει να έχουν βαθμό προστασίας κατ' ελάχιστο IP 41 ή IP 44 για εσωτερική ή εξωτερική χρήση αντίστοιχα, σύμφωνα με το πρότυπο IEC 61851-1. Οι ρευματοδότες συνίσταται να βρίσκονται σε απόσταση από 0,75m έως και 1,2m από το έδαφος, όπως εφαρμόζεται σε χώρες όπως το Ην. Βασίλειο [58], η Ισπανία [52], το Χονγκ Κονγκ [27] και η Ν. Ζηλανδία [53]. Σε περίπτωση που η συσκευή

φόρτισης διαθέτει καλώδιο φόρτισης μόνιμα συνδεδεμένο σε αυτή, συνίσταται να υπάρχει διάταξη κράτησης και αποθήκευσης του καλωδίου όσο αυτό δεν χρησιμοποιείται με τρόπο τέτοιο ώστε να μην παρεμποδίζεται το περιβάλλον γύρω από τη συσκευή.

Η συσκευή φόρτισης οφείλει να εγκαθίσταται πλησίον του χώρου στάθμευσης του ηλεκτρικού οχήματος, ώστε να είναι δυνατή η σύνδεση του καλωδίου φόρτισης της συσκευής στην υποδοχή του ηλεκτρικού οχήματος. Δεν επιτρέπεται η επέκταση του καλωδίου φόρτισης από την πλευρά του οχήματος με χρήση «μπαλαντέζας» (cord extension set), σύμφωνα με το πρότυπο IEC 61851-1.

Όσον αφορά το παροχικό καλώδιο που τροφοδοτεί τη συσκευή φόρτισης, αυτό συνδέεται σε αυτή με τέτοιο τρόπο, ώστε να μην υπάρχει εκτεθειμένο μέρος αυτού στο περιβάλλον. Για επιδαπέδιες συσκευές φόρτισης, πρέπει να εισέρχεται υπόγεια, ενώ για επιτοιχίες συσκευές φόρτισης πρέπει να εισέρχεται χωνευτά μέσω του τοίχου στον οποίο τοποθετείται η συσκευή. Η εν λόγω απαίτηση εφαρμόζεται διεθνώς, όπως υποδεικνύει η ευρύτατη πλειοψηφία των οδηγιών εγκατάστασης σταθμών φόρτισης από διάφορους κατασκευαστές, και έχει στόχο την προστασία των χρηστών της εγκατάστασης από ανεπιθύμητη επαφή εκτεθειμένων αγωγών ή παρεμπόδιση του περιβάλλοντα χώρου από εκτεθειμένα καλώδια. Το πλήθος και η διατομή των αγωγών του παροχικού καλωδίου εξαρτάται από το πλήθος των σημείων φόρτισης που αυτή διαθέτει, το ονομαστικό ρεύμα του εκάστοτε σημείου, τη δυνατότητα ταυτόχρονης χρήσης άνω του ενός σημείων φόρτισης και από το πλήθος των φάσεων που το καθένα χρησιμοποιεί. Η τελική διατομή των αγωγών επιλέγεται με βάση την αντίστοιχη μεθοδολογία υπολογισμού που καθορίζεται από το πρότυπο ΕΛΟΤ HD384, με χρήση του μέγιστου επιτρεπόμενου ρεύματος και λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά της ηλεκτρικής εγκατάστασης. Η επιλογή του πλήθους και της διατομής των αγωγών του παροχικού καλωδίου βασίζεται στη λογική ότι λαμβάνεται υπόψη η δυσμενέστερη περίπτωση λειτουργίας, συνήθως κατά την ταυτόχρονη χρήση δύο ή παραπάνω σημείων φόρτισης σε ονομαστική λειτουργία. Σε κάθε περίπτωση, εφόσον δεν υπάρχει σύστημα έξυπνης διαχείρισης της συσκευής φόρτισης, το ονομαστικό ρεύμα εισόδου υπολογίζεται ως το άθροισμα των ονομαστικών ρευμάτων των σημείων φόρτισης που μπορούν να λειτουργούν ταυτόχρονα, με συντελεστή ταυτοχρονισμού ίσο με τη μονάδα [42]. Για τον υπολογισμό της διατομής των αγωγών πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ότι η πτώση τάσης επί της γραμμής που τροφοδοτεί τη συσκευή φόρτισης είναι μικρότερη του 4%.

5.3.2. Διατάξεις προστασίας

Όταν δύο ή παραπάνω σημεία φόρτισης μιας συσκευής φόρτισης μπορούν να λειτουργήσουν ταυτόχρονα, καθένα από αυτά πρέπει να τροφοδοτείται από αποκλειστικό ακτινικό κύκλωμα με κοινή παροχή και πρέπει να περιέχει τις εξής διατάξεις προστασίας:

- Μικροαυτόματο διακόπτη για προστασία έναντι υπερέντασης, ονομαστικού ρεύματος εφάμιλλου του ονομαστικού ρεύματος του σημείου φόρτισης, καμπύλης C, με αριθμό πόλων ίσο με τον αριθμό των φάσεων του σημείου φόρτισης. Μπορεί να παραλειφθεί

εάν η συσκευή φόρτισης περιέχει ένα σημείο φόρτισης και αυτό προστατεύεται από τον μικροαυτόματο διακόπτη στην αναχώρηση της γραμμής, εντός του πίνακα διανομής.

- Διακόπτη διαφορικού ρεύματος (ΔΔΡ) τύπου Α ή Β, ονομαστικού ρεύματος ενεργοποίησης 30mA, ο οποίος αποσυνδέει όλους τους ενεργούς αγωγούς του σημείου φόρτισης (φάση/φάσεις και ουδέτερο). Σε περίπτωση επιλογής ΔΔΡ τύπου Α, θα πρέπει να εγκαθίσταται κατάλληλη διάταξη αποσύνδεσης του κυκλώματος κατά την ανίχνευση συνιστώσας συνεχούς ρεύματος διαρροής μεγαλύτερου από 6 mA DC. Η εν λόγω διάταξη, η οποία πρέπει να συμμορφώνεται με το πρότυπο IEC 62955, συνδέεται σε σειρά με τον ΔΔΡ τύπου Α. Εναλλακτικά, ο συνδυασμός ΔΔΡ τύπου Α σε σειρά με την εν λόγω διάταξη μπορεί να αντικατασταθεί από ΔΔΡ τύπου EV, μια νέα τυποποίηση ΔΔΡ στην οποία έχουν προχωρήσει κάποιες κατασκευαστικές εταιρίες. Ο ΔΔΡ τύπου EV είναι απολύτως ισοδύναμος με ΔΔΡ τύπου Α σε σειρά με την εν λόγω διάταξη.

Κάθε σημείο φόρτισης θεωρείται αποκλειστικό ακτινικό κύκλωμα, με την έννοια ότι περιέχει τις δικές του ανεξάρτητες διατάξεις προστασίας. Τα ονομαστικά χαρακτηριστικά των παραπάνω διατάξεων προστασίας εξαρτώνται από τα χαρακτηριστικά του σημείου φόρτισης. Οι διατάξεις προστασίας τοποθετούνται κατάντη του σημείου διακλάδωσης της παροχής, επομένως εντός της συσκευής φόρτισης.

Η γραμμή της ηλεκτρικής εγκατάστασης που περιέχει το παροχικό καλώδιο διαθέτει ξεχωριστές διατάξεις προστασίας, ως εξής:

- Χειροκίνητο διακόπτη, με αριθμό πόλων ίσο με τον αριθμό των ενεργών αγωγών (2 ή 4 για μονοφασική ή τριφασική γραμμή αντίστοιχα).
- Μικροαυτόματο διακόπτη για προστασία έναντι υπερέντασης, ονομαστικού ρεύματος εφάμιλλου του ονομαστικού ρεύματος του παροχικού καλωδίου, καμπύλης C, με αριθμό πόλων ίσο με τον αριθμό των φάσεων του παροχικού καλωδίου.
- Διακόπτη διαφορικού ρεύματος (ΔΔΡ) τύπου Β, με χαρακτηριστικά επιλεκτικότητας, ο οποίος αποσυνδέει όλους τους ενεργούς αγωγούς του παροχικού καλωδίου (φάση/φάσεις και ουδέτερο). Ο εν λόγω ΔΔΡ μπορεί να βρίσκεται ανάντη του σημείου διακλάδωσης της γραμμής. Εάν η συσκευή φόρτισης έχει ένα σημείο φόρτισης, τότε μπορεί να αντικατασταθεί από τον ΔΔΡ τύπου Α ή Β ονομαστικού ρεύματος ενεργοποίησης 30mA, ώστε ο τελευταίος να προστατεύει ολόκληρο το τμήμα του τελικού κυκλώματος που τροφοδοτεί το σημείο φόρτισης.

Οι παραπάνω διατάξεις προστασίας τοποθετούνται εντός πίνακα. Ο χειροκίνητος διακόπτης χρησιμοποιείται για την θεμιτή από το χρήστη απόζευξη του κυκλώματος που τροφοδοτεί τη συσκευή φόρτισης, ενώ ο μικροαυτόματος διακόπτης χρησιμοποιείται για την προστασία της γραμμής έναντι υπερέντασης (υπερφόρτισης και βραχυκυκλώματος). Σε περίπτωση όπου η συσκευή φόρτισης διαθέτει ένα σημείο φόρτισης, το οποίο προστατεύεται από μικροαυτόματο διακόπτη με ίδια χαρακτηριστικά με αυτά του μικροαυτόματου διακόπτη που πρόκειται να

εγκατασταθεί στον πίνακα διανομής (στην αρχή της γραμμής τροφοδοσίας), τότε υπάρχουν δύο επιλογές:

1. Χρησιμοποιείται ένας μικροαυτόματος διακόπτης και τοποθετείται εντός του πίνακα διανομής, δηλαδή στην αρχή του κυκλώματος, ώστε να παρέχει προστασία σε ολόκληρο το τμήμα του τελικού κυκλώματος.
2. Χρησιμοποιούνται δύο μικροαυτόματοι διακόπτες, ένας εντός της συσκευής φόρτισης και ένας με παρόμοια χαρακτηριστικά αλλά και με χρονική καθυστέρηση εντός του πίνακα, ώστε να επιτυγχάνεται επιλεκτική συνεργασία μεταξύ των δύο διακοπών.

Επιπλέον, σύμφωνα με τον ΕΛΟΤ HD 384, δεν απαιτείται διάταξη προστασίας έναντι υπερφορτίσεων ή βραχυκυκλωμάτων από την πλευρά του δικτύου, δηλαδή μπορεί να παραληφθεί ο μικροαυτόματος διακόπτης στην αρχή της γραμμής (εντός του πίνακα διανομής) ή να τοποθετηθεί ο μοναδικός μικροαυτόματος εντός της συσκευής φόρτισης αντί εντός του πίνακα διανομής, εφόσον ισχύουν ταυτόχρονα τα εξής:

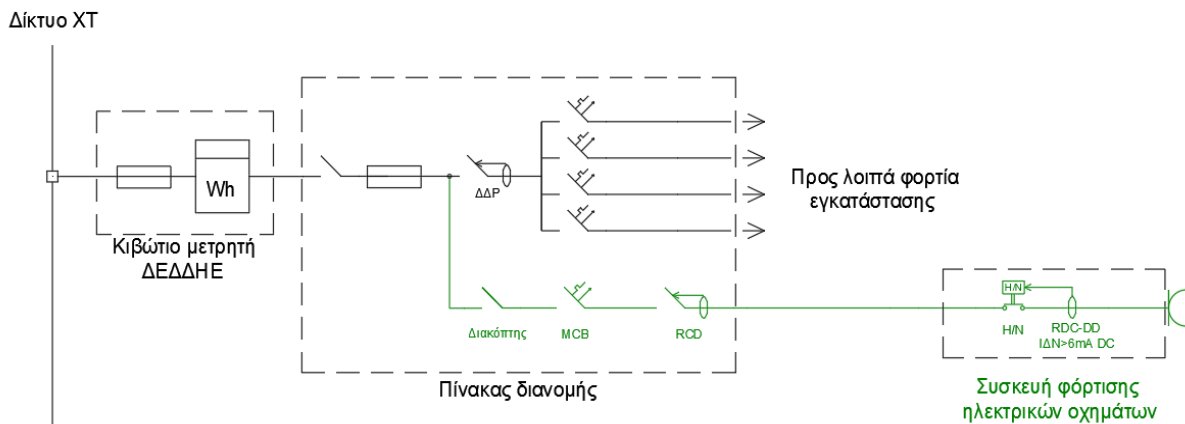
1. το μήκος της γραμμής που τροφοδοτεί το σημείο φόρτισης είναι μικρότερο των 3m,
2. η γραμμή είναι κατασκευασμένη με τέτοιο τρόπο ώστε να ελαχιστοποιείται ο κίνδυνος βραχυκυκλώματος (πχ. με ενίσχυση προστασίας από εξωτερικές επιδράσεις), αφετέρου δεν βρίσκεται κοντά σε υλικά που μπορούν να καούν.

Ο ΔΔΡ χρησιμοποιείται για πρόσθετη προστασία των χρηστών της ηλεκτρικής εγκατάστασης έναντι ηλεκτροπληξίας, ενώ παρέχει και προστασία της γραμμής έναντι πυρκαγιάς. Ο ΔΔΡ που τοποθετείται στην πλευρά του δικτύου πρέπει να έχει χαρακτηριστικά επιλεκτικότητας, εφόσον βρίσκεται ανάντη άλλων ΔΔΡ, τα οποία προστατεύουν μεμονωμένα σημεία φόρτισης. Η επιλεκτικότητα συμβάλλει στο να ενεργοποιείται ο πλησιέστερος στο σημείο σφάλματος ΔΔΡ και να αποσυνδέεται το μικρότερο δυνατό μέρος του κυκλώματος της εγκατάστασης. Ο εν λόγω ΔΔΡ πρέπει να έχει ονομαστικό ρεύμα ενεργοποίησης μεγαλύτερο από 30 mA και μέχρι 300 mA, ή και χρονική καθυστέρηση, ώστε να συνεργάζεται επιλεκτικά με τους ΔΔΡ που διαθέτει κάθε σημείο φόρτισης. Παραδείγματα για ορθές και λανθασμένες συνδεσμολογίες ΔΔΡ σε σειρά παρουσιάζονται στην παράγραφο 4.1.5. Επιπροσθέτως, αναφέρεται ότι σύμφωνα με το πρότυπο IEC 60634-5-53, μπορεί να παραλειφθεί ο ΔΔΡ από την πλευρά του δικτύου εφόσον το τμήμα της εγκατάστασης μεταξύ του πίνακα διανομής και της συσκευής φόρτισης διαθέτει εξοπλισμό με υλικό κλάσης II (διπλή ή ενισχυμένη μόνωση) ή ισοδύναμη μόνωση.

5.3.3. Σύνδεση στο δίκτυο

Η συσκευή φόρτισης αποτελεί πρόσθετο φορτίο για την ηλεκτρική εγκατάσταση στην οποία συνδέεται. Εάν η υφιστάμενη παροχή ισχύος δεν επαρκεί, απαιτείται αναβάθμιση σε τυποποιημένη παροχή μεγαλύτερης συμφωνημένης ισχύος. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την τροποποίηση της ηλεκτρικής εγκατάστασης, με αντικατάσταση της γενικής ασφάλειας και της διατομής των αγωγών του καλωδίου παροχής, ενδεχομένως και της μετρητικής διάταξης, στοιχεία τα οποία έχουν τυποποιημένες τιμές ανάλογα με το είδος της παροχής και της

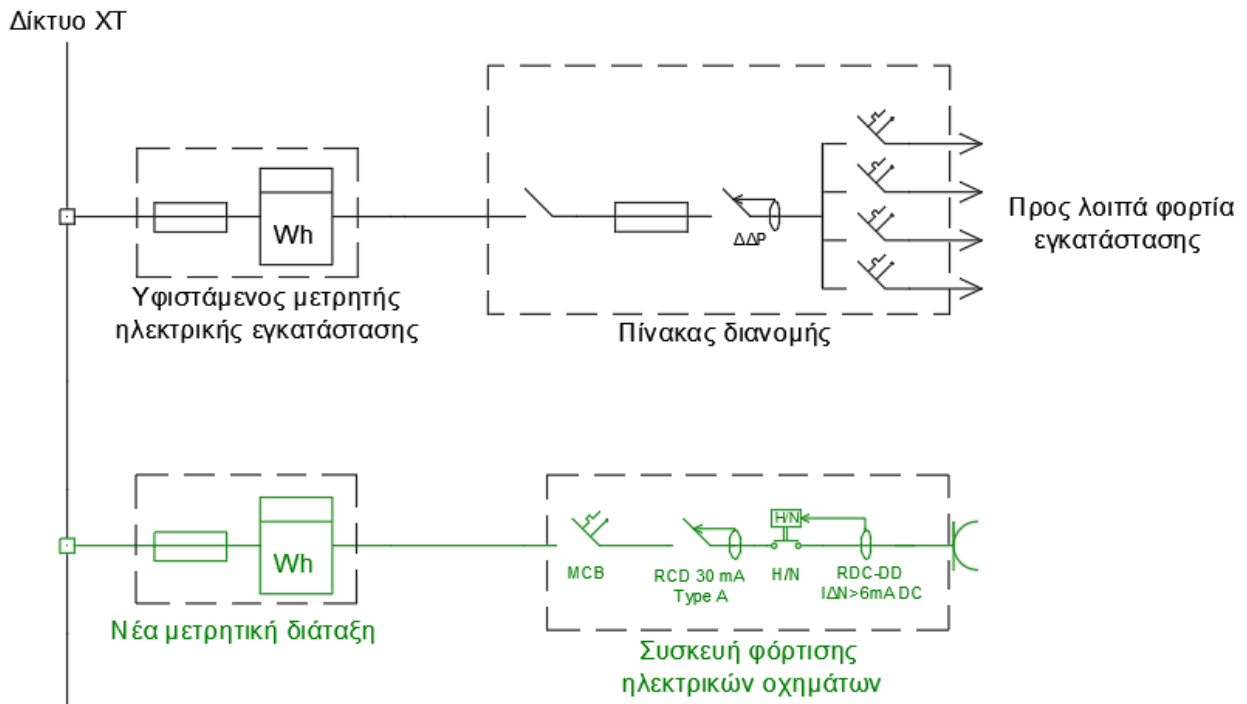
συμφωνημένης ισχύος της εγκατάστασης. Εφόσον πληρούνται τα παραπάνω, ο ενδεικνυόμενος τρόπος σύνδεσης διακρίνεται στο μονογραμμικό διάγραμμα του Σχήματος 5.2.



Σχήμα 5.2: Σύνδεση της συσκευής φόρτισης στην υφιστάμενη ηλεκτρική εγκατάσταση

Στον παραπάνω τρόπο σύνδεσης, η γραμμή που τροφοδοτεί την συσκευή φόρτισης ξεκινά από τον πίνακα διανομής της υφιστάμενης ηλεκτρικής εγκατάστασης, πχ. στον οικιακό πίνακα. Το σημείο διακλάδωσης οφείλει να είναι μεταξύ του υφιστάμενου ΔΔΡ και της κεντρικής ασφάλειας της εγκατάστασης. Η νέα γραμμή πρέπει να διαθέτει διακόπτη, μικροαυτόματο διακόπτη (MCB) και διακόπτη διαφορικού ρεύματος (RCD), σύμφωνα με τα αναγραφόμενα στην παράγραφο 5.3.2. Εφόσον η συσκευή φόρτισης διαθέτει ένα σημείο φόρτισης, δεν απαιτείται να περιέχει ενσωματωμένο ΔΔΡ και μικροαυτόματο, καθώς το σημείο φόρτισης προστατεύεται από τις διατάξεις που βρίσκονται στην αναχώρηση του τελικού κυκλώματος.

Εάν η αναβάθμιση της παροχής και η τροποποίηση της εγκατάστασης δεν είναι συμφέρουσα ή δυνατή, απαιτείται η δημιουργία νέας παροχής για τη σύνδεση της συσκευής φόρτισης. Η συσκευή φόρτισης δεν αποτελεί πλέον μέρος της υπόλοιπης ηλεκτρικής εγκατάστασης. Το παροχικό καλώδιο συνδέεται από την έξοδο του νέου μετρητή δικτύου απ' ευθείας στην είσοδο της συσκευής φόρτισης και δεν απαιτείται πίνακας διανομής. Η συσκευή φόρτισης οφείλει να έχει ενσωματωμένες τις απαραίτητες διατάξεις προστασίας ανά σημείο φόρτισης. Ο ενδεικνυόμενος τρόπος σύνδεσης διακρίνεται στο μονογραμμικό διάγραμμα του Σχήματος 5.3.



Σχήμα 5.3: Σύνδεση της συσκευής φόρτισης σε νέα παροχή

5.4. Σύνδεση συσκευών φόρτισης Μεθόδου 3 σε εμπορικές ηλεκτρικές εγκαταστάσεις ή στο δημόσιο δίκτυο διανομής

Οι επιτρεπόμενες μέθοδοι φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων σε δημοσίως προσβάσιμους χώρους είναι οι Μέθοδοι 3 και 4 (Mode 3 & Mode 4), όπως αυτές ορίζονται στο πρότυπο IEC 61851-1, σύμφωνα με την Κ.Υ.Α. 42863/438. Με βάση την κατηγοριοποίηση κατά IEC και με δεδομένη τη διεθνή πρακτική και την υπάρχουσα νομοθεσία, κρίνεται σκόπιμη η χρήση των Μεθόδων 3 και 4 και μόνο για τη φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων σε εμπορικές ηλεκτρικές εγκαταστάσεις ή στο δημόσιο δίκτυο διανομής. Η Μέθοδος 1 θεωρείται εν γένει ανεπαρκής μέθοδος φόρτισης και για αυτό κρίνεται ακατάλληλη, ενώ η Μέθοδος 2 συνίσταται μόνο για οικιακή/ιδιωτική χρήση. Η παραπάνω απαίτηση θεσπίζεται και νομικά με την Κ.Υ.Α. 42863/438 περί «Καθορισμού των όρων, των προϋποθέσεων και των τεχνικών προδιαγραφών για την εγκατάσταση συσκευών φόρτισης συσσωρευτών ηλεκτροκίνητων οχημάτων (σημεία επαναφόρτισης), στις εγκαταστάσεις εξυπηρέτησης οχημάτων, σε δημοσίως προσβάσιμα σημεία επαναφόρτισης κατά μήκος του αστικού, υπεραστικού και εθνικού οδικού δικτύου καθώς και σε χώρους στάθμευσης δημοσίων και ιδιωτικών κτιρίων».

Οι συσκευές φόρτισης Μεθόδου 3 πρέπει να λειτουργούν με βάση το πρότυπο IEC 61851-1, το οποίο περιγράφει εν γένει τις προδιαγραφές για την ενσύρματη φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων, ενώ ο εξοπλισμός τους (ρευματοδότες, βύσματα, καλώδια φόρτισης, ακροσύνδεσμοι κλπ) που περιέχει η συσκευή φόρτισης πρέπει να συμμορφώνεται με τα πρότυπα IEC 62196-1 και IEC

62196-2. Οι συσκευές φόρτισης πρέπει να διαθέτουν πιστοποίηση για τη συμμόρφωσή τους στα εν λόγω πρότυπα και να έχουν περάσει με επιτυχία όλες τις δοκιμές και τους ελέγχους που αναγράφονται σε αυτά.

5.4.1. Στοιχεία συσκευής φόρτισης

Κάθε συσκευή φόρτισης συνδέεται σε χαμηλή τάση 230/400V και μπορεί να είναι μονοφασική ή τριφασική. Το μέγιστο ρεύμα φόρτισης ανά φάση και ανά σημείο φόρτισης εξαρτάται από τον τύπο του ακροσυνδέσμου, σύμφωνα με το πρότυπο IEC 62196-2. Σύμφωνα με την Κ.Υ.Α. 42863/438, οι συσκευές φόρτισης Μεθόδου 3 που εγκαθίστανται σε δημοσίως προσβάσιμα σημεία πρέπει να διαθέτουν ρευματοδότες (socket-outlets) ή ακροσυνδέσμους (vehicle connectors) τύπου 2 (Type 2) κατά IEC 62196-2. Η μέγιστη επιτρεπόμενη ένταση ρεύματος ανά φάση και ανά ακροσύνδεσμο είναι 70 A για μονοφασική και 63 A για τριφασική φόρτιση αντίστοιχα. Η παραπάνω απαίτηση εναρμονίζεται και με την ισχύουσα ευρωπαϊκή νομοθεσία.

Τα υπόλοιπα στοιχεία των συσκευών φόρτισης Μεθόδου 3 που προορίζονται για δημόσια χρήση είναι κοινά με αυτά των συσκευών φόρτισης Μεθόδου 3 που προορίζονται για ιδιωτική χρήση και αναλύονται στην παράγραφο 5.3.1. Επιπροσθέτως, θα πρέπει να υπάρχει ενσωματωμένος μετρητής ενέργειας ανά σημείο φόρτισης, αρμοδιότητας ΦΕΥΦΗΟ, για την τιμολόγηση του χρήστη.

5.4.2. Διατάξεις προστασίας

Όταν δύο ή παραπάνω σημεία φόρτισης μιας συσκευής φόρτισης μπορούν να λειτουργήσουν ταυτόχρονα, καθένα από αυτά πρέπει να τροφοδοτείται από αποκλειστικό ακτινικό κύκλωμα με κοινή παροχή και πρέπει να περιέχει τις εξής διατάξεις προστασίας:

- Μικροαυτόματο διακόπτη για προστασία έναντι υπερέντασης, ονομαστικού ρεύματος εφάμιλλου του ονομαστικού ρεύματος του σημείου φόρτισης, καμπύλης C, με αριθμό πόλων ίσο με τον αριθμό των φάσεων του σημείου φόρτισης.
- Διακόπτη διαφορικού ρεύματος (ΔΔΡ) τύπου A ή B, ονομαστικού ρεύματος ενεργοποίησης 30mA, ο οποίος αποσυνδέει όλους τους ενεργούς αγωγούς του σημείου φόρτισης (φάση/φάσεις και ουδέτερο). Σε περίπτωση επιλογής ΔΔΡ τύπου A, θα πρέπει να εγκαθίσταται κατάλληλη διάταξη αποσύνδεσης του κυκλώματος κατά την ανίχνευση συνιστώσας συνεχούς ρεύματος διαρροής μεγαλύτερου από 6mA DC. Η εν λόγω διάταξη, η οποία πρέπει να συμμορφώνεται με το πρότυπο IEC 62955, συνδέεται σε σειρά με τον ΔΔΡ τύπου A. Εναλλακτικά, ο συνδυασμός ΔΔΡ τύπου A σε σειρά με την εν λόγω διάταξη μπορεί να αντικατασταθεί από ΔΔΡ τύπου EV, μια νέα τυποποίηση ΔΔΡ στην οποία έχουν προχωρήσει κάποιες κατασκευαστικές εταιρίες. Ο ΔΔΡ τύπου EV είναι απολύτως ισοδύναμος με ΔΔΡ τύπου A σε σειρά με την εν λόγω διάταξη.

Κάθε σημείο φόρτισης θεωρείται αποκλειστικό ακτινικό κύκλωμα, με την έννοια ότι περιέχει τις δικές του ανεξάρτητες διατάξεις προστασίας. Τα ονομαστικά χαρακτηριστικά των παραπάνω

διατάξεων προστασίας εξαρτώνται από τα χαρακτηριστικά του σημείου φόρτισης. Οι διατάξεις προστασίας τοποθετούνται κατάντη του σημείου διακλάδωσης της παροχής, επομένως εντός της συσκευής φόρτισης.

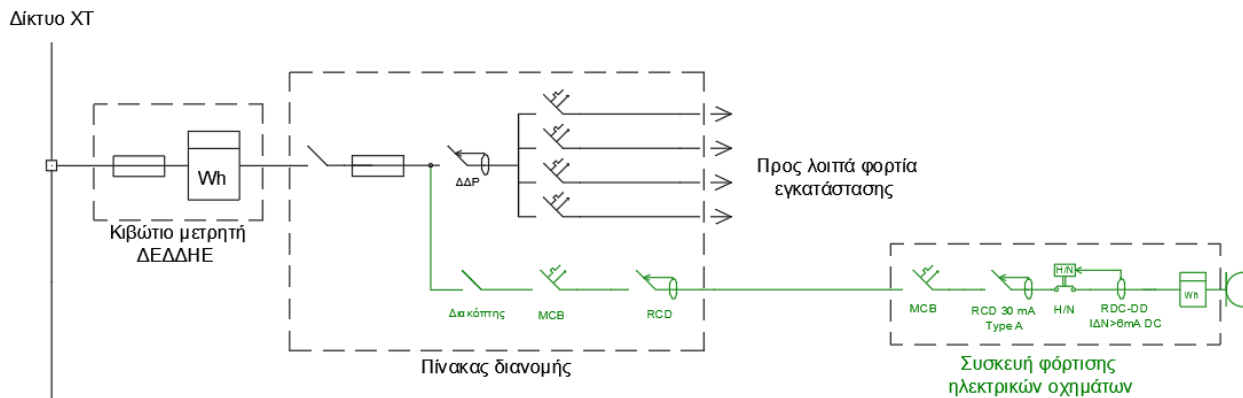
Η γραμμή της ηλεκτρικής εγκατάστασης που περιέχει το παροχικό καλώδιο διαθέτει ξεχωριστές διατάξεις προστασίας, ως εξής:

- Χειροκίνητο διακόπτη, με αριθμό πόλων ίσο με τον αριθμό των ενεργών αγωγών (2 ή 4 για μονοφασική ή τριφασική γραμμή αντίστοιχα).
- Μικροαυτόματο διακόπτη για προστασία έναντι υπερέντασης, ονομαστικού ρεύματος εφάμιλλου του ονομαστικού ρεύματος του παροχικού καλωδίου, καμπύλης C, με αριθμό πόλων ίσο με τον αριθμό των φάσεων του παροχικού καλωδίου.

Οι εν λόγω διατάξεις προστασίας τοποθετούνται εντός πίνακα. Ο χειροκίνητος διακόπτης χρησιμοποιείται για την θεμιτή από το χρήστη απόζευξη του κυκλώματος που τροφοδοτεί τη συσκευή φόρτισης, ενώ ο μικροαυτόματος διακόπτης χρησιμοποιείται για την προστασία της γραμμής έναντι υπερέντασης (υπερφόρτισης και βραχυκυκλώματος). Το τμήμα της γραμμής μεταξύ του πίνακα διανομής και της συσκευής φόρτισης πρέπει να προστατεύεται από διακόπτη διαφορικού ρεύματος (ΔΔΡ) τύπου A ή B, με χαρακτηριστικά επιλεκτικότητας, ο οποίος αποσυνδέει όλους τους ενεργούς αγωγούς. Ο εν λόγω ΔΔΡ μπορεί να τοποθετείται ανάντη της γραμμής, ώστε να προστατεύει περισσότερες από μία γραμμές που τροφοδοτούν συσκευές φόρτισης. Στην παράγραφο 5.3.2 περιγράφονται εκτενέστερα ειδικές περιπτώσεις για την επιλογή και τη συνεργασία ενός ή περισσότερων διατάξεων προστασίας έναντι υπερέντασης και ηλεκτροπληξίας.

5.4.3. Σύνδεση στο δίκτυο

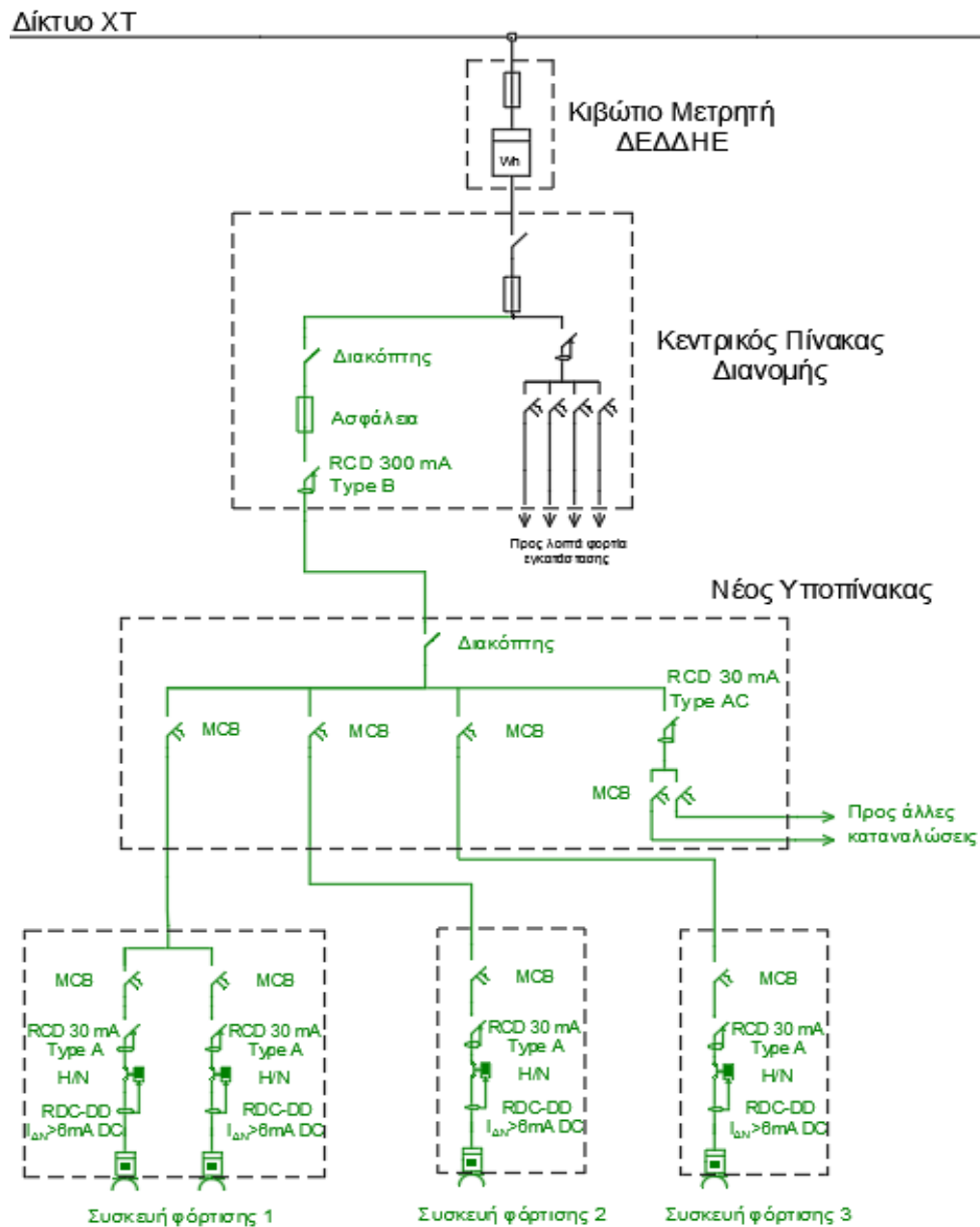
Η συσκευή φόρτισης αποτελεί πρόσθετο φορτίο για την ηλεκτρική εγκατάσταση στην οποία συνδέεται. Εάν η υφιστάμενη παροχή ισχύος δεν επαρκεί, απαιτείται αναβάθμιση σε τυποποιημένη παροχή μεγαλύτερης συμφωνημένης ισχύος. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την τροποποίηση της ηλεκτρικής εγκατάστασης, με αντικατάσταση της γενικής ασφάλειας και της διατομής των αγωγών του καλωδίου παροχής, ενδεχομένως και της μετρητικής διάταξης, στοιχεία τα οποία έχουν τυποποιημένες τιμές ανάλογα με το είδος της παροχής και της συμφωνημένης ισχύος της εγκατάστασης. Εφόσον πληρούνται τα παραπάνω, ο ενδεικνυόμενος τρόπος σύνδεσης διακρίνεται στο μονογραμμικό διάγραμμα του Σχήματος 5.4.



Σχήμα 5.4: Σύνδεση της συσκευής φόρτισης στην υφιστάμενη ηλεκτρική εγκατάσταση

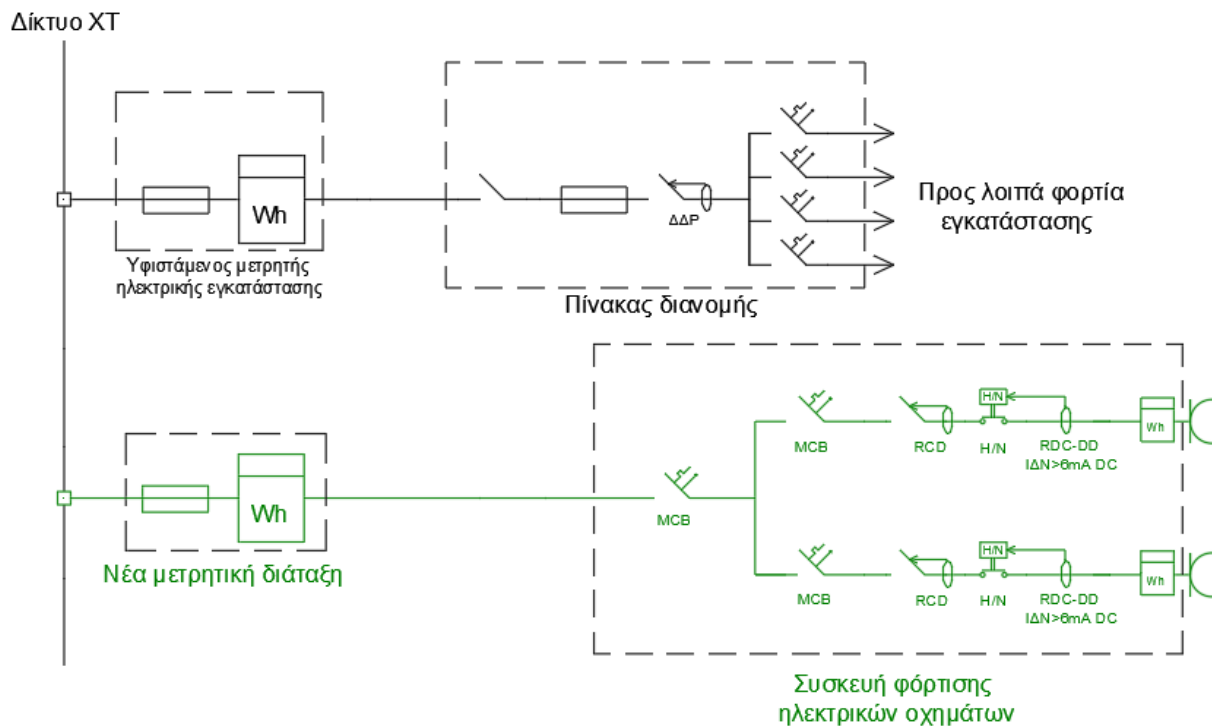
Στον παραπάνω τρόπο σύνδεσης, η γραμμή που τροφοδοτεί την συσκευή φόρτισης ξεκινά από τον πίνακα διανομής της υφιστάμενης ηλεκτρικής εγκατάστασης. Το σημείο διακλάδωσης οφείλει να είναι μεταξύ του υφιστάμενου ΔΔΡ και της κεντρικής ασφάλειας της εγκατάστασης. Η νέα γραμμή πρέπει να διαθέτει διακόπτη, μικροαυτόματο διακόπτη (MCB) και διακόπτη διαφορικού ρεύματος (ΔΔΡ/RCD), σύμφωνα με τα αναγραφόμενα στην παράγραφο 5.4.2. Εφόσον η συσκευή φόρτισης διαθέτει ένα σημείο φόρτισης, δεν απαιτείται να περιέχει ενσωματωμένο ΔΔΡ και μικροαυτόματο, καθώς το σημείο φόρτισης προστατεύεται από τις διατάξεις που βρίσκονται στην αναχώρηση του κυκλώματος.

Σε περιπτώσεις σύνδεσης μίας ή πολλαπλών συσκευών φόρτισης σε υφιστάμενη ηλεκτρική εγκατάσταση, όπου η τροφοδοσία από ένα ή περισσότερα αποκλειστικά κυκλώματα που συνδέονται στον κεντρικό πίνακα διανομής είναι αδύνατη ή ασύμφορη, ενδείκνυται η εγκατάσταση νέου υποπίνακα και η τροφοδότηση των κυκλωμάτων μέσω αυτού. Ο υποπίνακας εγκαθίσταται πλησίον της θέσης των συσκευών φόρτισης, τροφοδοτείται από γραμμή που αναχωρεί από τον κεντρικό πίνακα και μπορεί ταυτόχρονα να τροφοδοτεί και άλλα κοντινά φορτία, όπως φωτισμό ή ρευματοδότες. Προσοχή πρέπει να δίνεται στην επιλεκτική συνεργασία των διατάξεων προστασίας (MCBs, RCDs) που βρίσκονται στον κεντρικό πίνακα, στον υποπίνακα και εντός των συσκευών φόρτισης. Ο ενδεικνυόμενος τρόπος σύνδεσης μέσω υποπίνακα διακρίνεται στο μονογραμμικό διάγραμμα του Σχήματος 5.5.



Σχήμα 5.5: Σύνδεση πολλαπλών συσκευών φόρτισης μέσω υποπίνακα

Σε περιπτώσεις όπου είτε δεν είναι δυνατός ή συμφέρον κάποιος από τους παραπάνω τρόπους σύνδεσης, είτε η υφιστάμενη ηλεκτρική εγκατάσταση δεν επιδέχεται την επιβεβλημένη αναβάθμιση ή τροποποίηση, είτε πρόκειται για απευθείας σύνδεση συσκευής φόρτισης στο δημόσιο δίκτυο διανομής, ενδείκνυται η δημιουργία νέας παροχής ΧΤ για την αποκλειστική σύνδεση της συσκευής φόρτισης. Για κάθε τέτοια περίπτωση, η συσκευή φόρτισης πρέπει να θεωρείται ως ανεξάρτητη ηλεκτρική εγκατάσταση. Το παροχικό καλώδιο συνδέεται από την έξοδο του μετρητή δικτύου απευθείας στην είσοδο της συσκευής φόρτισης και δεν απαιτείται πίνακας διανομής. Η συσκευή φόρτισης οφείλει να έχει ενσωματωμένες τις απαραίτητες διατάξεις προστασίας ανά σημείο φόρτισης, καθώς και μετρητή ενέργειας για την τιμολόγηση του χρήστη. Ο ενδεικνυόμενος τρόπος σύνδεσης διακρίνεται στο μονογραμμικό διάγραμμα του Σχήματος 5.6.



Σχήμα 5.6: Σύνδεση της συσκευής φόρτισης σε νέα παροχή

5.5. Σύνδεση συσκευών φόρτισης Μεθόδου 4

Όπως αναγράφεται και στην ενότητα 5.4, οι επιτρεπόμενες μέθοδοι φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων σε δημόσια ή εμπορική ηλεκτρική εγκατάσταση είναι οι Μέθοδοι 3 και 4 (Mode 3 & Mode 4), όπως αυτές ορίζονται στο πρότυπο IEC 61851-1, σύμφωνα με την Κ.Υ.Α. 42863/438. Οι συσκευές φόρτισης Μεθόδου 4 ή συσκευές DC φόρτισης, που προορίζονται κυρίως μόνο για δημοσίως προσβάσιμες υποδομές φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων, πρέπει να λειτουργούν με βάση τα πρότυπα IEC 61851-1 και IEC 61851-23. Το πρότυπο IEC 61851-1 περιγράφει εν γένει τις προδιαγραφές για την ενσύρματη φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων, ενώ το πρότυπο IEC 61851-23 περιγράφει τις προδιαγραφές που αφορούν αποκλειστικά τις συσκευές DC φόρτισης.

Ο εξοπλισμός (ρευματοδότες, βύσματα, καλώδια φόρτισης, ακροσύνδεσμοι κλπ) που περιέχει η συσκευή φόρτισης πρέπει να συμμορφώνεται με τα πρότυπα IEC 62196-1 και IEC 62196-3. Οι συσκευές φόρτισης πρέπει να διαθέτουν πιστοποίηση για τη συμμόρφωσή τους στα παραπάνω πρότυπα και να έχουν περάσει με επιτυχία όλες τις δοκιμές και τους ελέγχους που αναγράφονται σε αυτά.

5.5.1. Στοιχεία συσκευής φόρτισης

Κάθε συσκευή DC φόρτισης θα πρέπει να έχει τη δυνατότητα να συνδέεται σε χαμηλή τάση 230/400V, ενώ μπορεί να είναι μονοφασική ή τριφασική. Το μέγιστο ρεύμα φόρτισης ανά φάση και ανά σημείο φόρτισης εξαρτάται από τον τύπο του ακροσυνδέσμου, σύμφωνα με το πρότυπο

IEC 62196-3. Σύμφωνα με την Κ.Υ.Α. 42863/438, οι συσκευές DC φόρτισης που εγκαθίστανται σε δημοσίως προσβάσιμα σημεία πρέπει να διαθέτουν υποχρεωτικά ακροσυνδέσμους (vehicle connectors) τύπου CCS2 (Combined Charging System - Combo2) και προαιρετικά, ταυτόχρονα με τους πρώτους, ακροσυνδέσμους CHAdeMO, κατά IEC 62196-3. Η μέγιστη επιτρεπόμενη τάση και ένταση ρεύματος ανά ακροσύνδεσμο είναι 1000V/200A DC για ακροσυνδέσμους CCS2 και 500V/200A DC για ακροσυνδέσμους CHAdeMO. Η παραπάνω απαίτηση εναρμονίζεται και με την ισχύουσα ευρωπαϊκή νομοθεσία.

Κάθε συσκευή DC φόρτισης μπορεί να διαθέτει άνω του ενός σημεία φόρτισης. Τα σημεία φόρτισης μπορούν να λειτουργούν είτε ταυτόχρονα είτε εναλλάξ. Ως σημείο φόρτισης νοείται το σημείο της συσκευής φόρτισης ή της ηλεκτρικής εγκατάστασης, στο οποίο συνδέεται ένα ηλεκτρικό όχημα. Για τις συσκευές DC φόρτισης, οι οποίες διαθέτουν υποχρεωτικά καλώδιο φόρτισης μόνιμα συνδεδεμένο στο σταθμό (Case C), το σημείο φόρτισης ταυτίζεται με τον ακροσύνδεσμο του καλωδίου φόρτισης. Σε κάθε περίπτωση, τα σημεία φόρτισης μιας συσκευής συνδέονται σε κοινή παροχή. Όταν τα σημεία φόρτισης μπορούν να λειτουργήσουν ταυτόχρονα, θα πρέπει το καθένα να διαθέτει ξεχωριστές διατάξεις προστασίας εντός της συσκευής φόρτισης. Εάν δεν μπορούν να λειτουργήσουν ταυτόχρονα, τότε μπορούν να έχουν κοινές διατάξεις προστασίας εγκατεστημένες εντός της συσκευής φόρτισης ή σε κάποιο άλλο σημείο του κυκλώματος (πχ σε πίνακα διανομής της ηλεκτρικής εγκατάστασης).

Οι συσκευές φόρτισης μπορεί να είναι επιδαπέδιες ή επιτοιχίες (wallbox) και πρέπει να έχουν βαθμό προστασίας κατ' ελάχιστο IP 41 ή IP 44 για εσωτερική ή εξωτερική χρήση αντίστοιχα, σύμφωνα με τα πρότυπα IEC 61851-1 και IEC 61851-23. Επιπρόσθετα, θα πρέπει να διαθέτουν διάταξη κράτησης και αποθήκευσης του ακροσυνδέσμου και του καλωδίου, σύμφωνα με το πρότυπο IEC 61851-23, όσο αυτό δεν χρησιμοποιείται, με τρόπο τέτοιο ώστε να μην παρεμποδίζεται το περιβάλλον γύρω από τη συσκευή. Η εν λόγω διάταξη πρέπει να βρίσκεται σε απόσταση από 0,4m έως και 1,5m από το έδαφος.

Η συσκευή φόρτισης οφείλει να εγκαθίσταται πλησίον του χώρου στάθμευσης του ηλεκτρικού οχήματος, ώστε να είναι δυνατή η σύνδεση του καλωδίου φόρτισης της συσκευής στην υποδοχή του ηλεκτρικού οχήματος. Δεν επιτρέπεται η επέκταση του καλωδίου φόρτισης από την πλευρά του οχήματος με χρήση «μπαλαντέζας» (cord extension set), σύμφωνα με το πρότυπο IEC 61851-1. Επιπλέον, δεν επιτρέπεται η χρήση προσαρμογέων για την σύνδεση ενός ηλεκτρικού οχήματος σε μια συσκευή φόρτισης που χρησιμοποιεί διαφορετικό σύστημα DC φόρτισης (πχ. CHAdeMO σε CCS). Οι ακροσύνδεσμοι πρέπει να διαθέτουν διάταξη μηχανικής μανδάλωσης για την αποτροπή ανεπιθύμητης ή αθέμιτης αποσύνδεσης του ακροσυνδέσμου από την υποδοχή επί του οχήματος, σύμφωνα με το πρότυπο IEC 61851-23.

Όσον αφορά το παροχικό καλώδιο που τροφοδοτεί τη συσκευή φόρτισης, αυτό συνδέεται σε αυτή με τέτοιο τρόπο, ώστε να μην υπάρχει εκτεθειμένο μέρος αυτού στο περιβάλλον. Για επιδαπέδιες συσκευές φόρτισης, πρέπει να εισέρχεται υπόγεια, ενώ για επιτοιχίες συσκευές φόρτισης πρέπει να εισέρχεται χωνευτά μέσω του τοίχου στον οποίο τοποθετείται η συσκευή. Η

εν λόγω απαίτηση εφαρμόζεται διεθνώς, όπως υποδεικνύει η ευρύτατη πλειοψηφία των οδηγιών εγκατάστασης σταθμών φόρτισης από διάφορους κατασκευαστές, και έχει στόχο την προστασία των χρηστών της εγκατάστασης από ανεπιθύμητη επαφή εκτεθειμένων αγωγών ή παρεμπόδιση του περιβάλλοντα χώρου από εκτεθειμένα καλώδια. Το πλήθος και η διατομή των αγωγών του παροχικού καλωδίου εξαρτάται από το πλήθος των σημείων φόρτισης που αυτή διαθέτει και την ονομαστική ισχύ του μετατροπέα εντός της συσκευής φόρτισης. Η τελική διατομή των αγωγών επιλέγεται με βάση την αντίστοιχη μεθοδολογία υπολογισμού που καθορίζεται από το πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384, με χρήση του μέγιστου επιτρεπόμενου ρεύματος και λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά της ηλεκτρικής εγκατάστασης. Η επιλογή του πλήθους και της διατομής των αγωγών του παροχικού καλωδίου βασίζεται στη λογική ότι λαμβάνεται υπόψη η δυσμενέστερη περίπτωση λειτουργίας, συνήθως κατά την ταυτόχρονη χρήση δύο ή παραπάνω σημείων φόρτισης σε ονομαστική λειτουργία. Σε κάθε περίπτωση, εφόσον δεν υπάρχει σύστημα έξυπνης διαχείρισης της συσκευής φόρτισης, το ονομαστικό ρεύμα εισόδου υπολογίζεται ως το άθροισμα των ονομαστικών ρευμάτων των σημείων φόρτισης που μπορούν να λειτουργούν ταυτόχρονα, με συντελεστή ταυτοχρονισμού ίσο με τη μονάδα. Για τον υπολογισμό της διατομής των αγωγών πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ότι η πτώση τάσης επί της γραμμής που τροφοδοτεί τη συσκευή φόρτισης είναι μικρότερη του 4%.

5.5.2. Διατάξεις προστασίας

Όταν δύο ή παραπάνω σημεία φόρτισης μιας συσκευής φόρτισης μπορούν να λειτουργήσουν ταυτόχρονα, καθένα από αυτά πρέπει να τροφοδοτείται από αποκλειστικό ακτινικό κύκλωμα με κοινή παροχή και πρέπει να περιέχει τις εξής διατάξεις προστασίας στο κύκλωμα εξόδου (DC πλευρά):

- Ασφάλεια περιορισμού ρεύματος, ταχείας απόζευξης (quick break), ονομαστικής έντασης μέχρι 250 A, ή άλλη αντίστοιχη διάταξη για την προστασία έναντι υπερέντασης.
- Συσκευή παρακολούθησης της μόνωσης (Insulation Monitoring Device – IMD), η οποία θα δίνει σήμα στον DC φορτιστή για τερματισμό της φόρτισης σε περίπτωση ανίχνευσης σφάλματος διαρροής προς τη γη. Η συσκευή IMD συνδέεται στο κύκλωμα εξόδου της συσκευής φόρτισης (DC πλευρά) και ενεργοποιείται όταν η τιμή της αντίστασης μόνωσης ενός DC ενεργού αγωγού είναι κάτω από 100 Ω/V (ως προς την ονομαστική τάση εξόδου). Η συσκευή IMD πρέπει να συμμορφώνεται με το πρότυπο IEC 61557-8.
- Προαιρετικά το κύκλωμα εξόδου μπορεί να διαθέτει απαγωγό υπερτάσεων (Surge Protection Device - SPD) για την αντικεραυνική προστασία του εξοπλισμού.

Αντίστοιχα, θα πρέπει να περιέχει τις εξής διατάξεις προστασίας στο κύκλωμα εισόδου (AC πλευρά):

- Μικροαυτόματο διακόπτη για προστασία έναντι υπερέντασης, ονομαστικού ρεύματος εφάμιλλου του ονομαστικού ρεύματος του παροχικού καλωδίου, καμπύλης C, με αριθμό πόλων ίσο με τον αριθμό των φάσεων του παροχικού καλωδίου.

- Διακόπτη διαφορικού ρεύματος (ΔΔΡ) τύπου A ή B, ονομαστικού ρεύματος ενεργοποίησης 30mA, ο οποίος αποσυνδέει όλους τους ενεργούς αγωγούς του σημείου φόρτισης (φάση/φάσεις και ουδέτερο). Ο εν λόγω ΔΔΡ απαιτείται όταν δεν χρησιμοποιείται μέθοδος ηλεκτρικής απομόνωσης στο εκάστοτε σημείο φόρτισης και συνδέεται στην AC πλευρά της συσκευής φόρτισης. Σε περίπτωση επιλογής ΔΔΡ τύπου A, θα πρέπει να εγκαθίσταται κατάλληλη διάταξη αποσύνδεσης του κυκλώματος κατά την ανίχνευση συνιστώσας συνεχούς ρεύματος μεγαλύτερο από 6mA DC. Η εν λόγω διάταξη, η οποία πρέπει να συμμορφώνεται με το πρότυπο IEC 62955, συνδέεται σε σειρά με τον ΔΔΡ τύπου A.

Επιπλέον, τα σημεία φόρτισης θα πρέπει να είναι ηλεκτρικώς απομονωμένα μεταξύ τους.

Σύμφωνα με το πρότυπο IEC 61851-23, κάθε σημείο φόρτισης μιας DC συσκευής φόρτισης πρέπει να λειτουργεί ως σύστημα IT. Οι παραπάνω διατάξεις προστασίας ορίζονται στο πρότυπο IEC 61851-23. Οι συσκευές IMD προστατεύουν το χρήστη από ηλεκτροπληξία σε συστήματα IT. Ανάλογα με το σύστημα DC φόρτισης (CCS ή CHAdeMO), πραγματοποιείται δοκιμή της αντίστασης μόνωσης μεταξύ κάθε DC ενεργού αγωγού και του αγωγού προστασίας πριν τη φόρτιση του οχήματος αλλά και σε άλλα χρονικά διαστήματα. Εάν η τιμή της αντίστασης μόνωσης είναι χαμηλότερη από το γινόμενο της ονομαστικής τάσης εξόδου του κυκλώματος επί 100 Ω/V, τερματίζεται η διαδικασία φόρτισης και εκπέμπεται οπτικό ή ακουστικό σήμα προς το χρήστη. Λεπτομέρειες για τη λειτουργία των συσκευών IMD παρουσιάζονται στην παράγραφο 3.3.3.

Επισημαίνεται ότι δεν χρησιμοποιούνται ΔΔΡ τύπου A ή B σε DC κυκλώματα, για αυτό και ο ΔΔΡ συνδέεται στο κύκλωμα εισόδου (κύκλωμα AC), ανάντη του AC/DC μετατροπέα ισχύος της συσκευής DC φόρτισης. Σύμφωνα με το πρότυπο IEC 60634-7-722, η παρουσία του ΔΔΡ σε κάθε σημείο φόρτισης απαιτείται μόνο σε περίπτωση που δεν χρησιμοποιείται μέθοδος ηλεκτρικής απομόνωσης.

Παράλληλα, επισημαίνεται ότι σύμφωνα με το πρότυπο IEC 61851-1, δεν επιτρέπεται η αυτόματη επαναφορά των διατάξεων προστασίας μιας συσκευής DC φόρτισης, καθότι διαθέτουν μόνιμα συνδεδεμένο καλώδιο φόρτισης (Case C). Επιπλέον, συνίσταται η ύπαρξη διάταξης αποσύνδεσης της τροφοδοσίας εκτάκτου ανάγκης (πχ διακόπτης ή μπουτόν), σε θέση που μπορεί ο χρήστης της συσκευής φόρτισης να έχει εύκολη πρόσβαση. Σύμφωνα με το πρότυπο IEC 61851-23, μια διάταξη αποσύνδεσης της τροφοδοσίας εκτάκτου ανάγκης μπορεί να εγκατασταθεί στη συσκευή φόρτισης, ώστε να απομονώνει την AC τροφοδοσία από τη DC συσκευή φόρτισης σε περίπτωση πιθανού κινδύνου από ηλεκτροπληξία, πυρκαγιά ή έκρηξη. Η εν λόγω διάταξη μπορεί να διατίθεται με μέσο που αποτρέπει την ακούσια χρήση.

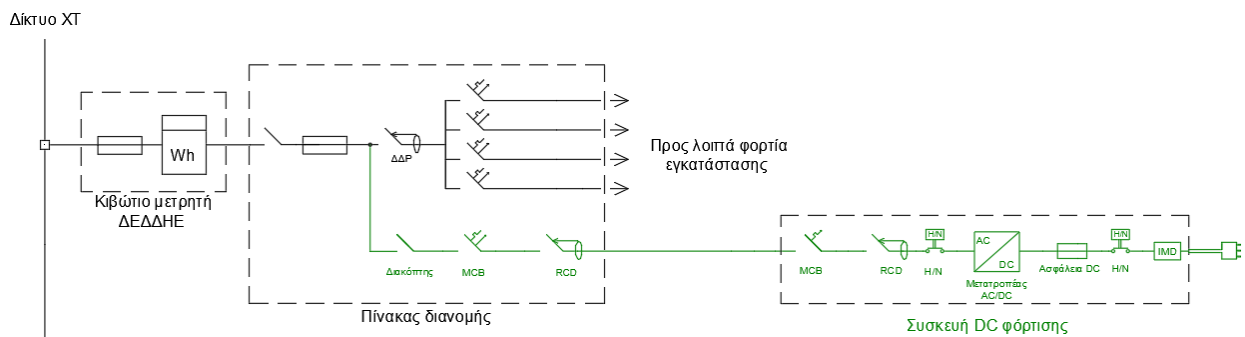
Η γραμμή της ηλεκτρικής εγκατάστασης που περιέχει το παροχικό καλώδιο διαθέτει ξεχωριστές διατάξεις προστασίας, ως εξής:

- Χειροκίνητο διακόπτη, με αριθμό πόλων ίσο με τον αριθμό των ενεργών αγωγών (2 ή 4 για μονοφασική ή τριφασική γραμμή αντίστοιχα).
- Μικροαυτόματο διακόπτη για προστασία έναντι υπερέντασης, ονομαστικού ρεύματος εφάμιλλου του ονομαστικού ρεύματος του παροχικού καλωδίου, καμπύλης C, με αριθμό πόλων ίσο με τον αριθμό των φάσεων του παροχικού καλωδίου.
- Διακόπτη διαφορικού ρεύματος (ΔΔΡ) τύπου A ή B. Ο ΔΔΡ αποσυνδέει όλους τους ενεργούς αγωγούς του παροχικού καλωδίου (φάση/φάσεις και ουδέτερο). Εάν η συσκευή φόρτισης περιέχει ενσωματωμένους ΔΔΡ, θα πρέπει ο εν λόγω ΔΔΡ να διαθέτει χαρακτηριστικά επιλεκτικότητας.
- Προαιρετικά το κύκλωμα μπορεί να διαθέτει απαγωγό υπερτάσεων (Surge Protection Device - SPD) για την αντικεραυνική προστασία του εξοπλισμού.

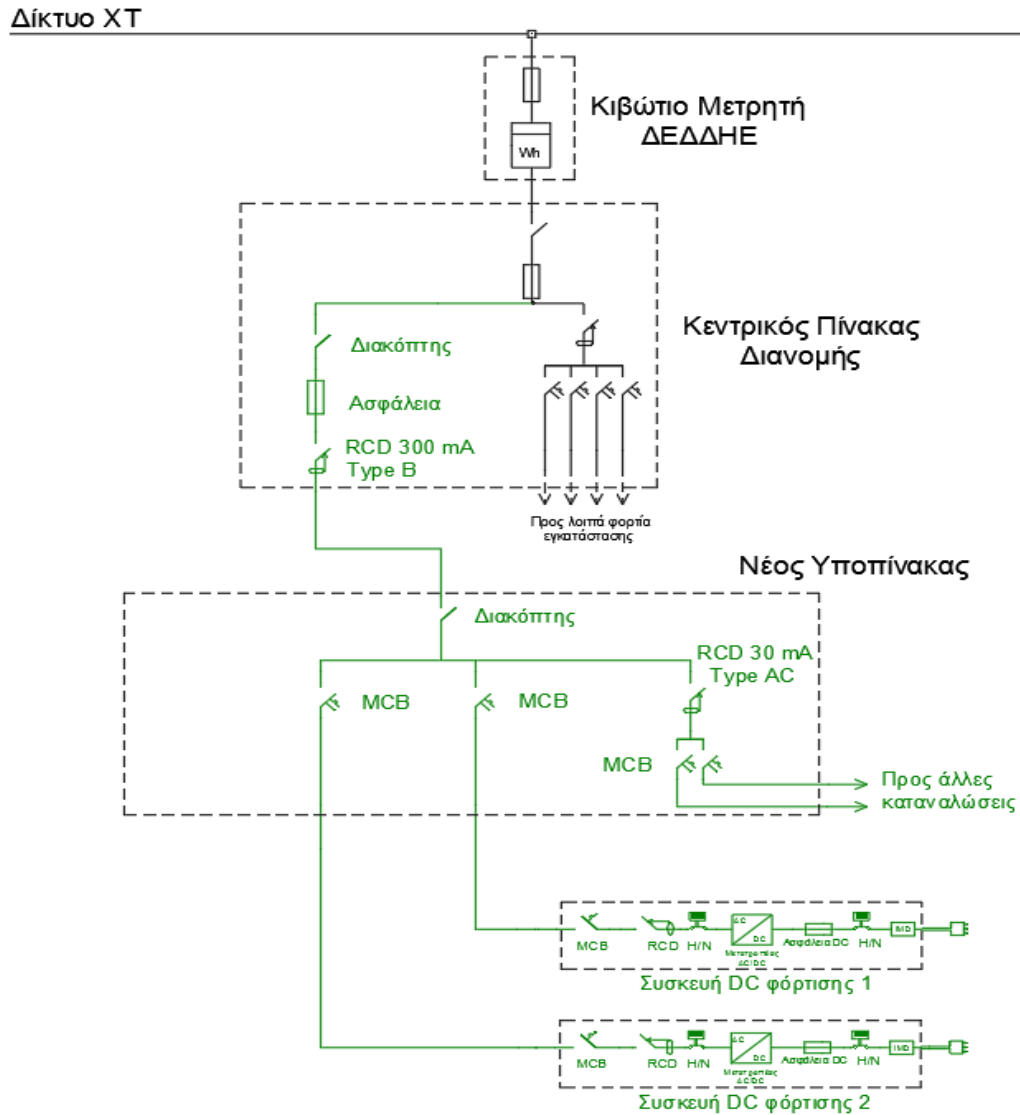
Οι εν λόγω διατάξεις προστασίας τοποθετούνται εντός πίνακα. Ο χειροκίνητος διακόπτης χρησιμοποιείται για την θεμιτή από το χρήστη απόζευξη του κυκλώματος που τροφοδοτεί τη συσκευή φόρτισης, ενώ ο μικροαυτόματος διακόπτης χρησιμοποιείται για την προστασία της γραμμής έναντι υπερέντασης (υπερφόρτισης και βραχυκυκλώματος). Ο ΔΔΡ χρησιμοποιείται για πρόσθετη προστασία των χρηστών της ηλεκτρικής εγκατάστασης έναντι ηλεκτροπληξίας, ενώ παρέχει και προστασία της γραμμής έναντι πυρκαγιάς. Στην παράγραφο 5.3.2 περιγράφονται αναλυτικά ειδικές περιπτώσεις για την επιλογή και τη συνεργασία ενός ή περισσότερων διατάξεων προστασίας έναντι υπερέντασης και ηλεκτροπληξίας.

5.5.3. Σύνδεση στο δίκτυο

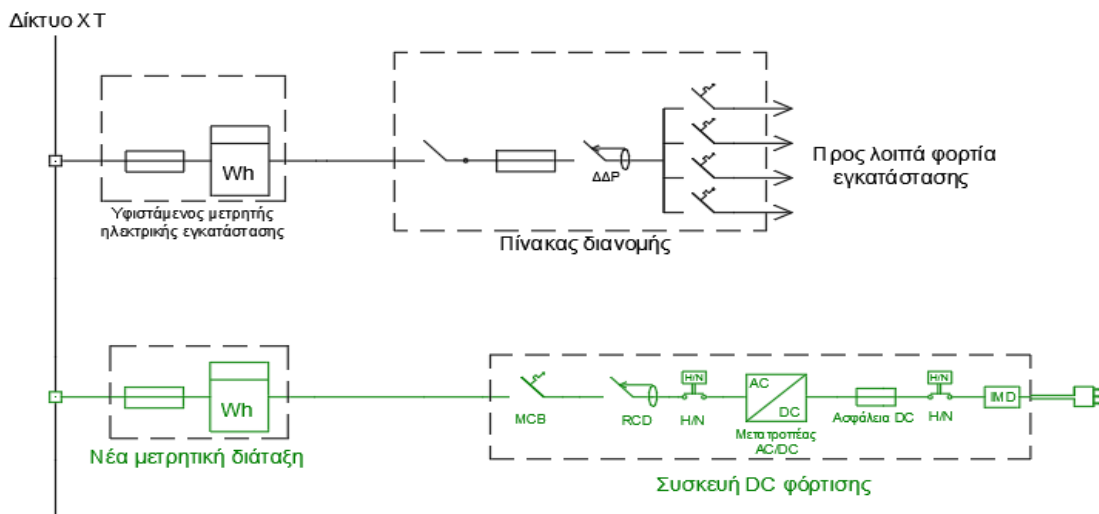
Ισχύουν εν γένει οι απαιτήσεις που πρέπει να διέπονται κατά τη σύνδεση συσκευών φόρτισης Μεθόδου 3 σε εμπορικές εγκαταστάσεις ή στο δημόσιο δίκτυο διανομής, όπως περιγράφονται στην παράγραφο 5.4.3. Στα Σχήματα 5.7, 5.8 και 5.9 διακρίνονται ενδεικτικά μονογραμμικά διαγράμματα για τη σύνδεση συσκευής φόρτισης στον κεντρικό πίνακα της υφιστάμενης ηλεκτρικής εγκατάστασης, πολλαπλών συσκευών φόρτισης μέσω υποπίνακα και σε νέα παροχή αντίστοιχα.



Σχήμα 5.7: Σύνδεση της συσκευής DC φόρτισης στην υφιστάμενη ηλεκτρική εγκατάσταση



Σχήμα 5.8: Σύνδεση πολλαπλών συσκευών φόρτισης μέσω υποπίνακα



Σχήμα 5.9: Σύνδεση συσκευής DC φόρτισης σε νέα παροχή

5.6. Άλλες απαιτήσεις υποδομών φόρτισης

Εκτός από τις διατάξεις προστασίας και τον τρόπο σύνδεσης στο δίκτυο, απαιτήσεις οι οποίες όπως φαίνεται στις παραπάνω ενότητες μπορεί να διαφέρουν από μέθοδο σε μέθοδο φόρτισης, θα πρέπει να πληρούνται και άλλες απαιτήσεις για τη σύνδεση συσκευών φόρτισης σε νέα ή υφιστάμενη ηλεκτρική εγκατάσταση. Οι περισσότερες από αυτές είναι κοινές για όλες τις Μεθόδους φόρτισης και για όλα τα είδη ηλεκτρικών εγκαταστάσεων, ενώ άλλες αφορούν αποκλειστικά τα δημοσίως προσβάσιμα σημεία φόρτισης.

5.6.1. Μέτρηση καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας

Για τη μέτρηση της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνει ένα σημείο φόρτισης μπορούν να χρησιμοποιηθούν κοινοί μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας. Διακρίνονται οι εξής περιπτώσεις:

- Κατά τη σύνδεση μιας συσκευής φόρτισης στην υφιστάμενη παροχή, η καταναλισκόμενη ενέργεια καταγράφεται από τον υφιστάμενο μετρητή δικτύου της ηλεκτρικής εγκατάστασης.
- Κατά τη σύνδεση της συσκευής φόρτισης σε νέα παροχή, η καταναλισκόμενη ενέργεια καταγράφεται από νέο μετρητή.

Και στις δύο περιπτώσεις, οι μετρητές ενέργειας είναι αρμοδιότητας του διαχειριστή του δικτύου διανομής (ΔΕΔΔΗΕ). Για την περίπτωση σύνδεσης στην υφιστάμενη παροχή, μπορεί προαιρετικά να εγκατασταθεί δευτερεύων μετρητής στο κύκλωμα της συσκευής φόρτισης για την μέτρηση της ενέργειας που καταναλώνεται αποκλειστικά από τη συσκευή φόρτισης. Δεν είναι απαραίτητο ο δευτερεύων μετρητής να πληροί τις προδιαγραφές του ΔΕΔΔΗΕ, συνίσταται όμως να είναι κατ' ελάχιστον πιστοποιημένος σύμφωνα με την οδηγία για τα όργανα μέτρησης 2014/32/EK (MID) και σύμφωνα με την οικ. ΔΠΠ 1418/22-4-2016 (Β' 1231) Κ.Υ.Α. για κλάση Β από εργαστήρια πιστοποιημένα κατά ISO 17025, όπως καθορίζεται από την ΚΥΑ 42863/438 για τους μετρητές ενέργειας συσκευών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων σε δημοσίως προσβάσιμα σημεία. Εν γένει συνίσταται η χρήση ευφών συστημάτων μέτρησης ηλεκτρικής ενέργειας, όπως αυτά ορίζονται στην Οδηγία 2012/27/ΕΕ, όπου είναι τεχνικά και οικονομικά εφικτό [62].

Το ρυθμιστικό πλαίσιο στην Ελλάδα δεν καθιστά σαφές το αν απαιτείται ανεξάρτητο ερμάριο για την τοποθέτηση του μετρητή δικτύου, όπως ισχύει για αντίστοιχες παροχές ΧΤ, ή αν αυτός μπορεί να τοποθετηθεί σε διαμέρισμα του σταθμού φόρτισης με δυνατότητα σφράγισης από τον Διαχειριστή Δικτύου, όταν πρόκειται για υπαίθριες συσκευές φόρτισης. Το τελευταίο μπορεί να οδηγεί σε εξοικονόμηση κόστους, χώρου και να βελτιώνει την αισθητική εικόνα της συσκευής φόρτισης, όμως σε αυτή την περίπτωση εγείρονται ζητήματα, όπως η δυνατότητα πρόσβασης, εκ μέρους ΔΕΔΔΗΕ, στο μετρητή ή η κυριότητα/διαχείριση του διαμερίσματος της μετρητικής διάταξης, το οποίο θα πρέπει να είναι σφραγισμένο για λόγους ασφαλείας.

Ειδικά για τις συσκευές φόρτισης που εγκαθίστανται σε δημοσίως προσβάσιμες υποδομές, θα πρέπει να διαθέτουν εσωτερικούς μετρητές ενέργειας για την καταγραφή της ηλεκτρικής ενέργειας που τροφοδοτείται στο ηλεκτρικό όχημα κατά τη φόρτιση. Το πλήθος των εσωτερικών μετρητών ενέργειας εξαρτάται από το πλήθος των σημείων φόρτισης μιας συσκευής και από τη δυνατότητα ταυτόχρονης λειτουργίας αυτών. Κάθε τέτοιος μετρητής πρέπει να είναι κατ' ελάχιστον πιστοποιημένος σύμφωνα με την οδηγία για τα όργανα μέτρησης 2014/32/EK (MID) και σύμφωνα με την οικ. ΔΠΠ 1418/22-4-2016 (Β' 1231) Κ.Υ.Α. για κλάση Β από εργαστήρια πιστοποιημένα κατά ISO 17025, όπως καθορίζεται από την ΚΥΑ 42863/438. Είναι αρμοδιότητας ΦΕΥΦΗΟ και οφείλει να έχει δυνατότητα επικοινωνίας με το αρμόδιο κεντρικό σύστημα διαχείρισης της συσκευής φόρτισης. Θα πρέπει να καταγράφει μόνο την ενέργεια και την ισχύ της φόρτισης του εκάστοτε σημείου φόρτισης, χωρίς να περιλαμβάνει την ιδιοκατανάλωση της συσκευής φόρτισης.

Το ρυθμιστικό πλαίσιο στην Ελλάδα δεν καθιστά σαφές το αν θα πρέπει να γίνεται διαχωρισμός μεταξύ του μετρητή δικτύου (αρμοδιότητας ΔΕΔΔΗΕ) και του εσωτερικού μετρητή της συσκευής φόρτισης (αρμοδιότητας ΦΕΥΦΗΟ) σε δημοσίως προσβάσιμα σημεία φόρτισης ή αν αυτοί μπορεί να ταυτίζονται. Συνίσταται να υπάρχει διαχωρισμός, ώστε να μην δημιουργούνται προστριβές μεταξύ των δύο αρμοδίων φορέων και καθότι πιθανόν να απαιτείται πολυπλοκότερο σύστημα ταυτόχρονης διαχείρισης του κοινού μετρητή.

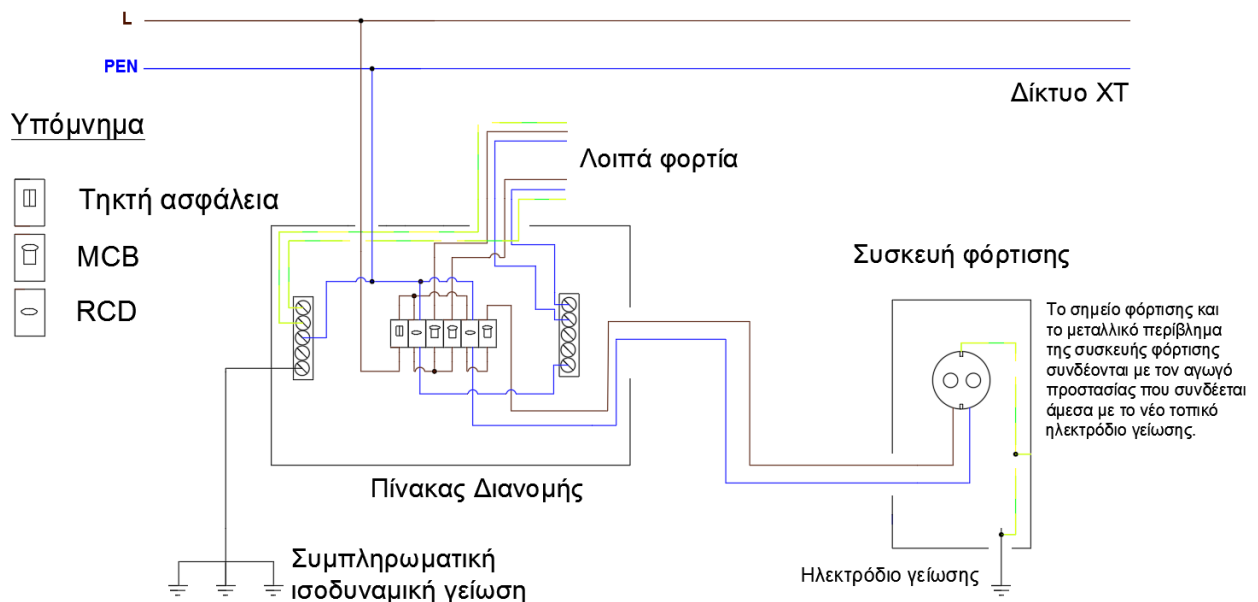
5.6.2. Γείωση συσκευής φόρτισης

Οι συσκευές φόρτισης πρέπει να συνδέονται με τη γη. Το καλώδιο φόρτισης που εκτείνεται από τη συσκευή φόρτισης έως το ηλεκτρικό όχημα πρέπει να διανέμει γειωμένο αγωγό προστασίας, εξαιρουμένων των σημείων φόρτισης που είναι ηλεκτρικώς απομονωμένα από το δίκτυο μέσω μετασχηματιστή απομόνωσης, όπου ο αγωγός προστασίας μπορεί να μην είναι γειωμένος. Ακόμα, γείωση απαιτείται για τη σύνδεση των εκτεθειμένων αγωγίμων μερών της συσκευής φόρτισης και για εσωτερικά βοηθητικά κυκλώματα (π.χ. control pilot circuit, βλέπε παράγραφο 2.2.3) [15].

Στην Ελλάδα η συντριπτική πλειοψηφία των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων έχουν συστήματα γείωσης TT και TN-C-S με γείωση στο άκρο του καταναλωτή. Τα παραπάνω συστήματα γείωσης είναι κατάλληλα για υποδομές φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων. Σε κάθε περίπτωση, στο τελικό κύκλωμα που τροφοδοτεί κάθε σημείο φόρτισης θα πρέπει να διανέμεται ξεχωριστά ο αγωγός προστασίας, δηλαδή δεν επιτρέπεται η χρήση κοινού αγωγού PEN [42]. Η γείωση στο άκρο του καταναλωτή είναι απαραίτητη, διότι ενδεχόμενη διακοπή της συνέχειας του αγωγού PEN σε κάποιο σημείο του δικτύου, εάν αυτό είναι TN-C-S, μπορεί να οδηγήσει σε όλα τα εκτεθειμένα αγωγίμα μέρη της συσκευής φόρτισης ή του ηλεκτρικού οχήματος, τα οποία συνδέονται άμεσα ή έμμεσα με τον αγωγό PEN. Σε μία τέτοια περίπτωση μπορεί να προκληθεί μεγάλος κίνδυνος ηλεκτροπληξίας για τον χρήστη της εγκατάστασης, χωρίς να υπάρχει διαρροή ρεύματος στο κύκλωμα, με αποτέλεσμα ο ΔΔΡ να μην μπορεί να αποσυνδέσει το κύκλωμα από την τροφοδοσία.

Η τιμή της αντίστασης γείωσης και ο τρόπος που αυτή επιτυγχάνεται (π.χ. θεμελιακή γείωση, ηλεκτρόδιο γείωσης κλπ.) πρέπει να είναι τέτοια ώστε να διασφαλίζεται ότι η τάση επαφής δεν ξεπερνάει τα 50V, σε κανονική λειτουργία και σε καταστάσεις σφάλματος διαρροής προς τη γη.

Σε περίπτωση όπου δεν είναι δυνατή η σύνδεση του αγωγού προστασίας της συσκευής φόρτισης στο σύστημα γείωσης της υπόλοιπης ηλεκτρικής εγκατάστασης, επιτρέπεται η δημιουργία ενός ανεξάρτητου συστήματος TT τοπικά, με την εγκατάσταση ηλεκτροδίου γείωσης. Εντός της συσκευής φόρτισης δημιουργείται ισοδυναμικός ζυγός γείωσης, στον οποίο συνδέεται η απόληξη του αγωγού του νέου ηλεκτροδίου γείωσης. Ο αγωγός προστασίας που μπορεί να διανέμεται με το παροχικό καλώδιο δεν πρέπει να συνδέεται σε κανένα μέρος του κυκλώματος της συσκευής φόρτισης. Στο Σχήμα 5.10 απεικονίζεται μια ενδεικτική συνδεσμολογία κατά την οποία γίνεται μετατροπή του συστήματος γείωσης TN-C-S της υφιστάμενης εγκατάστασης σε TT τοπικά, μόνο για τη συσκευή φόρτισης.



Σχήμα 5.10: Μετατροπή του συστήματος γείωσης από TN-C-S σε TT τοπικά

Τα παραπάνω ισχύουν για συσκευές φόρτισης Μεθόδου 3 και 4. Για τις συσκευές φόρτισης Μεθόδου 2, οι οποίες συνδέονται στην ηλεκτρική εγκατάσταση μέσω κοινού ρευματοδότη, ισχύει ότι εάν η υφιστάμενη εγκατάσταση δεν έχει κάποιο εκ των επιτρεπόμενων συστημάτων γείωσης, δεν θα πρέπει να επιτρέπεται η σύνδεση και η λειτουργία της.

5.6.3. Επικοινωνία συσκευής φόρτισης

Υπάρχουν συγκεκριμένες ελάχιστες απαιτήσεις που πρέπει να πληρούνται κατά την επικοινωνία της συσκευής φόρτισης, τόσο με την πλευρά του ηλεκτρικού οχήματος, όσο και με την πλευρά ενός συστήματος διαχείρισης.

Όσον αφορά την επικοινωνία μεταξύ συσκευής φόρτισης και ηλεκτρικού οχήματος, διακρίνονται οι εξής περιπτώσεις:

- Κατά την AC φόρτιση (Μέθοδοι 2 και 3), θα πρέπει να υπάρχει κατ' ελάχιστον επικοινωνία χαμηλού επιπέδου με χρήση της τεχνικής PWM, όπως περιγράφεται αναλυτικά στο πρότυπο IEC 61851-1 και παρουσιάζεται συνοπτικά στην ενότητα 2.4. Οι συσκευές φόρτισης μπορούν να διαθέτουν επίσης προαιρετικά τη δυνατότητα επικοινωνίας υψηλού επιπέδου (πρωτόκολλο LIN ή άλλη παρόμοια μέθοδος), η οποία θα πρέπει να εγκαθιδρύεται κατά προτεραιότητα σε σχέση με την επικοινωνία υψηλού επιπέδου, εφόσον το όχημα την υποστηρίζει.
- Κατά την DC φόρτιση (Μέθοδος 4), θα πρέπει να υπάρχει κατ' ελάχιστον επικοινωνία υψηλού επιπέδου, οι ελάχιστες απαιτήσεις της οποίας προσδιορίζονται στο πρότυπο IEC 61851-24, ενώ τα επιμέρους τεχνικά χαρακτηριστικά αυτής διαμορφώνονται με βάση το σύστημα DC φόρτισης (πχ. CHAdeMO ή CCS). Περισσότερες λεπτομέρειες που αφορούν τις απαιτήσεις ανά σύστημα DC φόρτισης παρουσιάζονται στην ενότητα 3.4.

Οι συσκευές φόρτισης σε δημοσίως προσβάσιμες υποδομές φόρτισης πρέπει να διαθέτουν δυνατότητα επικοινωνίας με το κεντρικό σύστημα διαχείρισης (ΚΣΔ), οι απαιτήσεις και τα χαρακτηριστικά του οποίου παρουσιάζονται στην ενότητα 4.3. Το ΚΣΔ αναλαμβάνει, μεταξύ άλλων, την εποπτεία και τον απομακρυσμένο έλεγχο των συσκευών φόρτισης που διαχειρίζεται. Η επικοινωνία της συσκευής φόρτισης με το ΚΣΔ αφορά κυρίως την ταυτοποίηση των χρηστών, την ανταλλαγή στοιχείων που σχετίζονται με τη διαδικασία φόρτισης, την ενημέρωση του firmware της συσκευής φόρτισης, αλλά σταδιακά και τη διαχείριση της διαδικασίας φόρτισης (ισχύος και ενέργειας) για την εφαρμογή λειτουργιών έξυπνης φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων. Η επικοινωνία μπορεί να γίνεται ασύρματα (π.χ. μέσω modem ή wifi) ή ενσύρματα (μέσω Ethernet).

Επιπλέον, η συσκευή φόρτισης οφείλει να είναι συμβατή με το πρωτόκολλο OCPP για την επικοινωνία αυτής με το ΚΣΔ. Το OCPP (Open Charge Point Protocol) αποτελεί ένα ανοιχτό πρωτόκολλο επικοινωνίας μεταξύ συσκευών φόρτισης και ΚΣΔ. Χρησιμοποιείται σε 49 χώρες παγκοσμίως. Η δημοφιλέστερη και πιο ευρέως διαδεδομένη έκδοση του πρωτοκόλλου OCPP είναι η έκδοση v1.6, ενώ προσφάτως έγινε διαθέσιμη και η νέα έκδοση v2.0. Το εγχειρίδιο λειτουργίας του πρωτοκόλλου OCPP περιγράφει αναλυτικά τις δυνατότητες του, τις λειτουργίες που μπορούν να λάβουν χώρα, καθώς και επιμέρους τεχνικά χαρακτηριστικά που αφορούν τα μηνύματα που ανταλλάσσονται μεταξύ των δύο πλευρών. Το πρωτόκολλο OCPP υλοποιείται από οποιαδήποτε τεχνολογία υποστηρίζει τη σύνδεση TCP/IP.

Για συσκευές φόρτισης σε οικιακές εγκαταστάσεις δεν επιβάλλεται η επικοινωνία με κάποιο κεντρικό σύστημα διαχείρισης. Ωστόσο συνιστάται η πρόβλεψη τέτοιας δυνατότητας, με στόχο τη διευκόλυνση μελλοντικής υλοποίησης συστήματος διαχείρισης της φόρτισης σε επίπεδο δημόσιο δικτύου ή ιδιωτικής τοπικής εγκατάστασης.

5.6.4. Αναγνώριση και χρέωση χρήστη

Κάθε συσκευή φόρτισης που εγκαθίσταται σε δημοσίως προσβάσιμη υποδομή οφείλει να διαθέτει κατάλληλο σύστημα για την ταυτοποίηση του χρήστη ηλεκτρικού οχήματος. Συνήθως χρησιμοποιείται διεθνώς σε παρόμοιες εφαρμογές το σύστημα ανάγνωσης καρτών RFID/NFC. Κάθε εγκεκριμένος χρήστης οφείλει να διαθέτει μια κάρτα RFID/NFC και η συσκευή φόρτισης διαβάζει τα στοιχεία της μέσω της διεπαφής του συστήματος ανάγνωσης. Η συσκευή φόρτισης διαθέτει μια λίστα εγκεκριμένων (ή και μη εγκεκριμένων) χρηστών, την οποία λαμβάνει από το κεντρικό σύστημα διαχείρισης στο οποίο ανήκει. Η λειτουργία της συσκευής φόρτισης επιτρέπεται μόνο στην περίπτωση όπου λάβει χώρα επιτυχώς η ταυτοποίηση του χρήστη και επικυρωθεί ότι πρόκειται για εγκεκριμένο χρήστη. Το σύστημα ανάγνωσης καρτών RFID/NFC πρέπει να συμμορφώνεται κατ' ελάχιστο με τα εξής πρότυπα: ISO/IEC 14443, ISO/IEC 18092, IEC 15693.

Επιπλέον, όλα τα δημοσίως προσβάσιμα σημεία φόρτισης πρέπει να παρέχουν τη δυνατότητα επί τούτω (ad-hoc) χρέωσης για τους χρήστες ηλεκτρικών οχημάτων, χωρίς την υποχρέωση σύναψης συμβολαίου με τον οικείο προμηθευτή ή διαχειριστή ηλεκτρικής ενέργειας, σύμφωνα με τον νόμο 4439/2016 (Α' 222). Η παραπάνω απαίτηση ορίζεται από την Κ.Υ.Α. 42863/438. Όπως διατυπώνεται και στην Γνωμοδότηση της ΡΑΕ [11], η τιμολόγηση της φόρτισης καθορίζεται από τον εκάστοτε φορέα εκμετάλλευσης της υποδομής (ΦΕΥΦΗΟ) του σημείου φόρτισης, ο οποίος παρέχει στον χρήστη τη δυνατότητα εξόφλησης με χρήση ευρέως χρησιμοποιούμενων πιστωτικών/χρεωστικών καρτών ή και με άλλους συμπληρωματικούς τρόπους (πχ μετρητά σε ταμείο πλησίον του σταθμού).

5.6.5. Εγκατάσταση σε δημοσίως προσβάσιμη θέση

Για τις συσκευές φόρτισης που εγκαθίστανται σε δημοσίως προσβάσιμα σημεία, όπως πεζοδρόμια, δημόσιοι χώροι στάθμευσης κλπ, συνίσταται να ισχύουν, σύμφωνα και με τη διεθνή πρακτική, οι εξής απαιτήσεις:

- Τοποθέτηση προστατευτικών μπαρών ή στύλων γύρω από τη συσκευή φόρτισης για την αποτροπή πρόσκρουσης οχήματος σε αυτή. Οι προστατευτικές μπάρες πρέπει να τοποθετούνται με τέτοιο τρόπο, ώστε αφενός να μην παρεμποδίζεται η κυκλοφορία γύρω από τη συσκευή φόρτισης, αφετέρου να μην εμποδίζουν την πρόσβαση στον εξοπλισμό της συσκευής φόρτισης.
- Τοποθέτηση της συσκευής φόρτισης σε θέση όπου εξασφαλίζεται επαρκής αερισμός του χώρου γύρω από αυτή και το όχημα που συνδέεται.

Ειδικά για μια συσκευή φόρτισης που εγκαθίσταται σε εσωτερικό χώρο, συνίσταται η επικοινωνία αυτής με κάποιο σύστημα ψύξης ή αερισμού του περιβάλλοντα χώρου, εφόσον υπάρχει. Σύμφωνα με το πρότυπο IEC 61851-1, το ηλεκτρικό όχημα μπορεί να απαιτεί την ύπαρξη ψύξης ή αερισμού (ventilation) κατά τη φόρτιση (PWM - State D – βλέπε παράγραφο

2.4.1 ή μέσω ψηφιακής επικοινωνίας). Η απαίτηση αυτή γίνεται αντιληπτή από την συσκευή φόρτισης μέσω της επικοινωνίας αυτής με το ηλεκτρικό όχημα. Εάν η διαδικασία φόρτισης γίνεται σε εσωτερικό χώρο, όπου κρίνεται ότι η ψύξη ή αερισμός του χώρου δεν επαρκεί, τότε θα πρέπει η συσκευή φόρτισης να μην επιτρέπει την φόρτιση του οχήματος.

5.7. Παραδείγματα σύνδεσης συσκευών φόρτισης σε νέες ή υφιστάμενες ηλεκτρικές εγκαταστάσεις

Στις επόμενες παραγράφους παρατίθενται ενδεικτικά παραδείγματα για τη σύνδεση διαφόρων συσκευών φόρτισης σε διάφορες ηλεκτρικές εγκαταστάσεις. Με τον τρόπο αυτό μπορεί να γίνει κατανοητό το πώς εφαρμόζονται οι απαιτήσεις που αναλύθηκαν στις προηγούμενες ενότητες, σε συνδυασμό με την υφιστάμενη κατάσταση και την κείμενη ελληνική νομοθεσία. Σε κάθε παράδειγμα περιγράφεται ως εκφώνηση το είδος της εγκατάστασης και τα χαρακτηριστικά της συσκευής φόρτισης που πρόκειται να συνδεθεί και στη συνέχεια περιγράφεται η συλλογιστική πορεία για την επιλογή του τρόπου σύνδεσης, των διατάξεων προστασίας και της διατομής των αγωγών του νέου κυκλώματος. Στο τέλος κάθε παραδείγματος δίνεται επίσης ενδεικτικό μονογραμμικό διάγραμμα της ηλεκτρικής εγκατάστασης μετά τη σύνδεση μίας ή περισσότερων συσκευών φόρτισης, όπου διακρίνεται με διαφορετικό χρώμα (πράσινο) το νέο κύκλωμα ή η τροποποίηση του υφιστάμενου κυκλώματος ώστε να υποδεχθεί τη νέα συσκευή φόρτισης.

Η επιλογή των παραδειγμάτων αποσκοπεί στην απόδοση της μεθοδολογίας που πρέπει να ακολουθείται για τη σύνδεση μιας συσκευής φόρτισης σε μια ηλεκτρική εγκατάσταση. Μέσω των παρακάτω παραδειγμάτων έγινε προσπάθεια για την κάλυψη των συνηθέστερων σεναρίων σύνδεσης συσκευών φόρτισης.

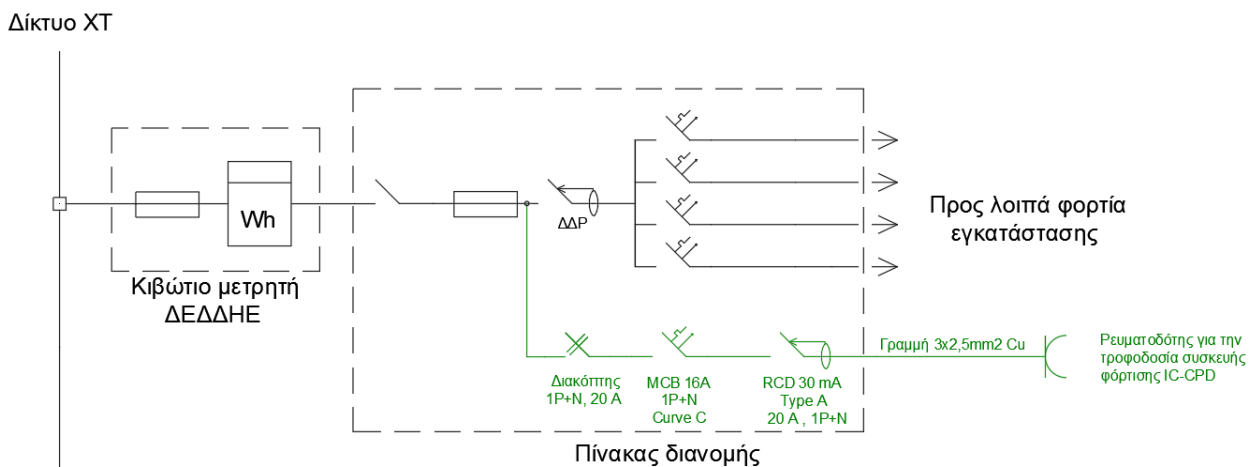
5.7.1. Παράδειγμα 1

Χρήστης διαθέτει φορητή συσκευή φόρτισης (IC-CPD) Μεθόδου 2 για τη φόρτιση του ηλεκτρικού του αυτοκινήτου. Η συσκευή φόρτισης είναι μονοφασική, με ονομαστική ισχύ 3,7 kVA, διαθέτει ρευματολήπτη schuko και ενσωματωμένο ΔΔΡ τύπου A σε σειρά με διάταξη ανίχνευσης και απομόνωσης για DC συνιστώσες ρεύματος μεγαλύτερες των 6 mA. Το παράδειγμα αφορά οποιαδήποτε ηλεκτρική εγκατάσταση.

Για τη σύνδεση της συσκευής IC-CPD στο δίκτυο απαιτείται ρευματοδότης schuko. Δυνητικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί οποιοσδήποτε κοινός ρευματοδότης βρίσκεται πλησίον της θέσης στάθμευσης του αυτοκινήτου, εφόσον τροφοδοτείται από γραμμή ελάχιστης διατομής 2,5 mm² και προστατεύεται από κοινό ΔΔΡ (συνήθως τύπου AC, 30 mA), χωρίς να τίθεται θέμα ασφάλειας του χρήστη ή της ηλεκτρικής εγκατάστασης. Παρ' όλα αυτά, σε αυτή την περίπτωση δεν τηρείται η επιλεκτικότητα μεταξύ του ΔΔΡ εντός του πίνακα διανομής και του ενσωματωμένου ΔΔΡ στη συσκευή IC-CPD. Με άλλα λόγια, σε περίπτωση σφάλματος διαρροής AC ρεύματος έντασης μεγαλύτερης από 30 mA σε σημείο κατάντη της συσκευής φόρτισης,

υπάρχει πιθανότητα να ενεργοποιηθεί πρώτα ο ΔΔΡ εντός του πίνακα διανομής, με αποτέλεσμα να αποσυνδεθούν και «υγρή» κυκλώματα της εγκατάστασης.

Η ορθότερη λύση για τη σύνδεση συσκευών φόρτισης IC-CPD είναι η τροποποίηση της εγκατάστασης και η δημιουργία ξεχωριστού κυκλώματος που τροφοδοτεί το ρευματοδότη πλησίον της θέσης στάθμευσης του αυτοκινήτου. Η ενδεικτική συνδεσμολογία απεικονίζεται στο Σχήμα 5.11. Το σημείο διακλάδωσης οφείλει να βρίσκεται ανάντη του ΔΔΡ του πίνακα διανομής. Η νέα γραμμή πρέπει να έχει ελάχιστη διατομή $2,5 \text{ mm}^2$ και να προστατεύεται από μικροαυτόματο 16A (για διατομή $2,5 \text{ mm}^2$), 1P, καμπύλης C και ΔΔΡ τύπου A, 1P+N, 20A, $I_{\Delta N}=30 \text{ mA}$.



Σχήμα 5.11: Σύνδεση ρευματοδότη για συσκευή IC-CPD σε οικιακό πίνακα διανομής

Παρατήρηση: Για συσκευές φόρτισης άνω των 3,7 kVA θα πρέπει να επιλεγεί η κατάλληλη τιμή για τη διατομή των αγωγών που τροφοδοτούν το ρευματοδότη και κατ' αντιστοιχία ο μικροαυτόματος διακόπτης και ο ΔΔΡ.

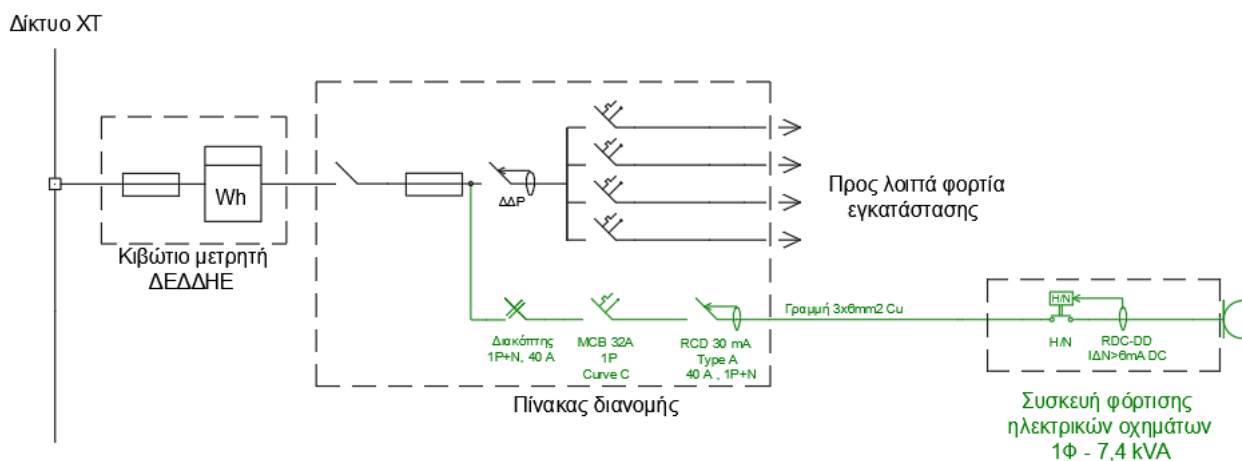
5.7.2. Παράδειγμα 2

Χρήστης επιθυμεί να εγκαταστήσει επιτοίχια συσκευή φόρτισης (wallbox) στην οικιακή του ηλεκτρική εγκατάσταση. Η συσκευή φόρτισης είναι μονοφασική, με ένα ρευματοδότη Type 2 ισχύος 7,4 kVA. Η οικιακή εγκατάσταση είναι τριφασική, παροχής ΔΕΔΔΗΕ Νο 2 (25 kVA) και έχει υπολογιστεί ότι εξυπηρετεί συνολικό φορτίο 21,8 kVA.

Αρχικά, θα πρέπει να γίνει έλεγχος εάν η υφιστάμενη παροχή μπορεί να τροφοδοτήσει την ονομαστική ισχύ της συσκευής φόρτισης. Η νέα συνολική ισχύς της οικιακής εγκατάστασης ισούται με το άθροισμα της υφιστάμενης συνολικής ισχύος συν την ονομαστική ισχύ της συσκευής φόρτισης (θεωρώντας συντελεστή ταυτοχρονισμού για τη συσκευή φόρτισης ίσο με μονάδα, εφόσον δεν υπάρχει κάποιο σύστημα έξυπνης διαχείρισης της ισχύος της συσκευής φόρτισης). Συνεπώς, η συνολική ισχύς της εγκατάστασης θα γίνει 29,2 kVA. Εφόσον η νέα ισχύς υπερβαίνει την ισχύ της παροχής, θα πρέπει ο χρήστης να αναβαθμίσει την παροχή του σε

παροχή ΔΕΔΔΗΕ Νο 3 (35 kVA), με ταυτόχρονη αντικατάσταση του καλωδίου γραμμής μετρητή – πίνακα με καλώδιο διατομής $5 \times 16 \text{ mm}^2$ και των γενικών ασφαλειών της εγκατάστασης με ασφάλειες $3 \times 50 \text{ A}$.

Η τροφοδοσία της συσκευής φόρτισης πρέπει να γίνεται από ξεχωριστό κύκλωμα. Το σημείο διακλάδωσης θα πρέπει να βρίσκεται ανάντη του ΔΔΡ που προστατεύει την υπόλοιπη ηλεκτρική εγκατάσταση. Η συσκευή φόρτισης έχει ονομαστικό ρεύμα 32 A , οπότε η νέα γραμμή θα πρέπει να έχει ελάχιστη διατομή $3 \times 6 \text{ mm}^2$ και να προστατεύεται από μικροαυτόματο 32 A , 1 P , καμπύλης C και ΔΔΡ τύπου A, $1 \text{ P} + \text{N}$, 40 A , $I_{\Delta \text{N}} = 30 \text{ mA}$. Οι παραπάνω διατάξεις προστασίας τοποθετούνται εντός του οικιακού πίνακα ή, εφόσον δεν υπάρχει χώρος, σε νέο υποπίνακα. Δεν απαιτείται η συσκευή φόρτισης να διαθέτει ενσωματωμένο μικροαυτόματο και ΔΔΡ, καθώς διαθέτει μόνο έναν ρευματοδότη, ο οποίος προστατεύεται από τις διατάξεις προστασίας στην αρχή του κυκλώματος, οφείλει όμως να διαθέτει ενσωματωμένη διάταξη ανίχνευσης και αποσύνδεσης του κυκλώματος για συνιστώσες ρεύματος διαρροής μεγαλύτερες των 6 mA DC . Η ενδεικτική συνδεσμολογία απεικονίζεται στο Σχήμα 5.12.



Σχήμα 5.12: Σύνδεση συσκευής φόρτισης $7,4 \text{ kVA}$ σε οικιακό πίνακα διανομής

Παρατήρηση: Ο υπολογισμός της διατομής της νέας γραμμής και το ονομαστικό ρεύμα του μικροαυτόματου διακόπτη γίνεται σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ HD384.

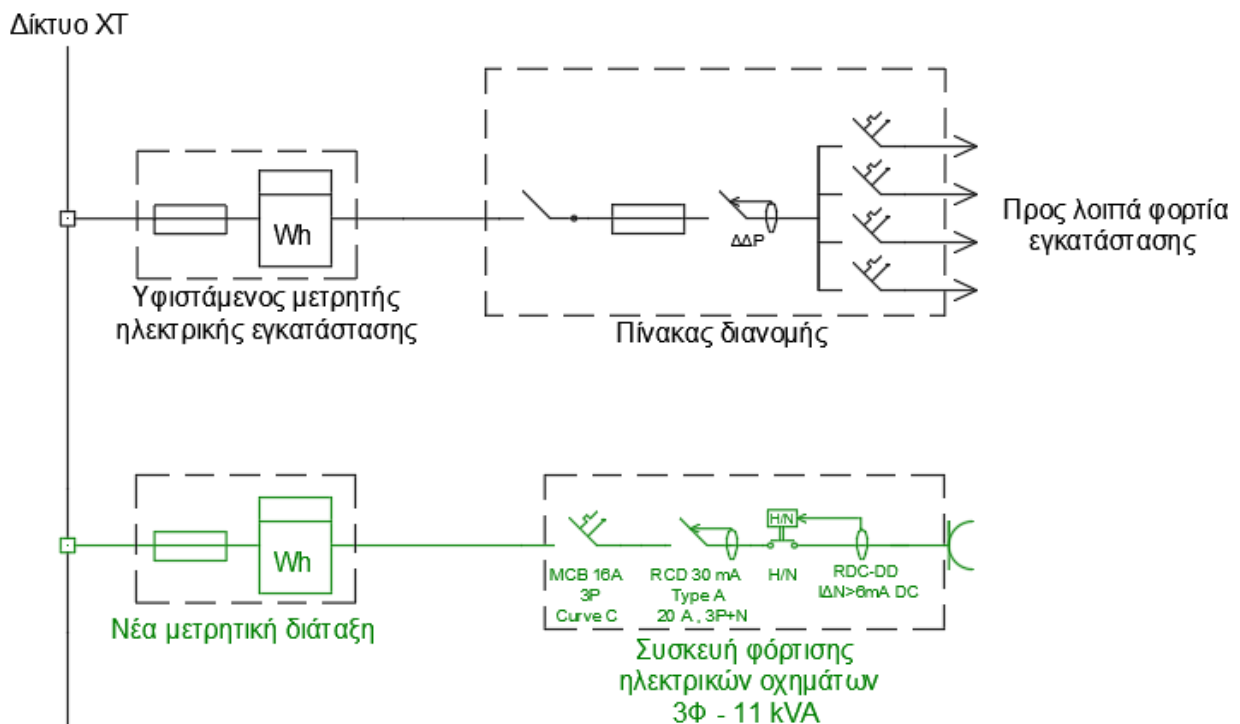
5.7.3. Παράδειγμα 3

Χρήστης επιθυμεί να εγκαταστήσει επιτοίχια συσκευή φόρτισης (wallbox) στον ισόγειο χώρο στάθμευσης του ηλεκτρικού του αυτοκινήτου. Η συσκευή φόρτισης είναι τριφασική, με ένα ρευματοδότη Type 2 ισχύος 11 kVA . Ο χρήστης διαμένει σε όροφο πολυκατοικίας και για τεχνοοικονομικούς λόγους είναι ασύμφορη η τροφοδοσία της συσκευής φόρτισης από τον οικιακό πίνακα διανομής, όπως στο Παράδειγμα 2.

Σε αυτή την περίπτωση συνιστάται η δημιουργία νέας παροχής ΔΕΔΔΗΕ για την αποκλειστική εξυπηρέτηση της συσκευής φόρτισης. Επιλέγεται τριφασική παροχή ΔΕΔΔΗΕ Νο 1 (15 kVA).

Ο ΔΕΔΔΗΕ εγκαθιστά νέα μετρητική διάταξη, σύμφωνα με τις δικές του προδιαγραφές. Το παροχικό καλώδιο από την έξοδο του μετρητή συνδέεται απευθείας στην συσκευή φόρτισης.

Η συσκευή φόρτισης πρέπει να διαθέτει ενσωματωμένο μικροαυτόματο 16A, 3P, καμπύλης C, ΔΔΡ τύπου A, 3P+N, 20A, $I_{\Delta N}=30$ mA και διάταξη RDC-DD (ή εναλλακτικά ΔΔΡ τύπου B, 3P+N, 20A, $I_{\Delta N}=30$ mA). Δεν απαιτείται πίνακας διανομής. Η ενδεικτική συνδεσμολογία απεικονίζεται στο Σχήμα 5.13.



Σχήμα 5.13: Σύνδεση συσκευής φόρτισης 11 kVA σε νέα παροχή

5.7.4. Παράδειγμα 4

Δήμος επιθυμεί να εγκαταστήσει επιδαπέδια συσκευή φόρτισης σε δημόσιο χώρο στάθμευσης. Η συσκευή φόρτισης είναι τριφασική, με δύο ρευματοδότες Type 2 ισχύος 22 kVA έκαστος, που μπορούν να λειτουργήσουν ταυτόχρονα.

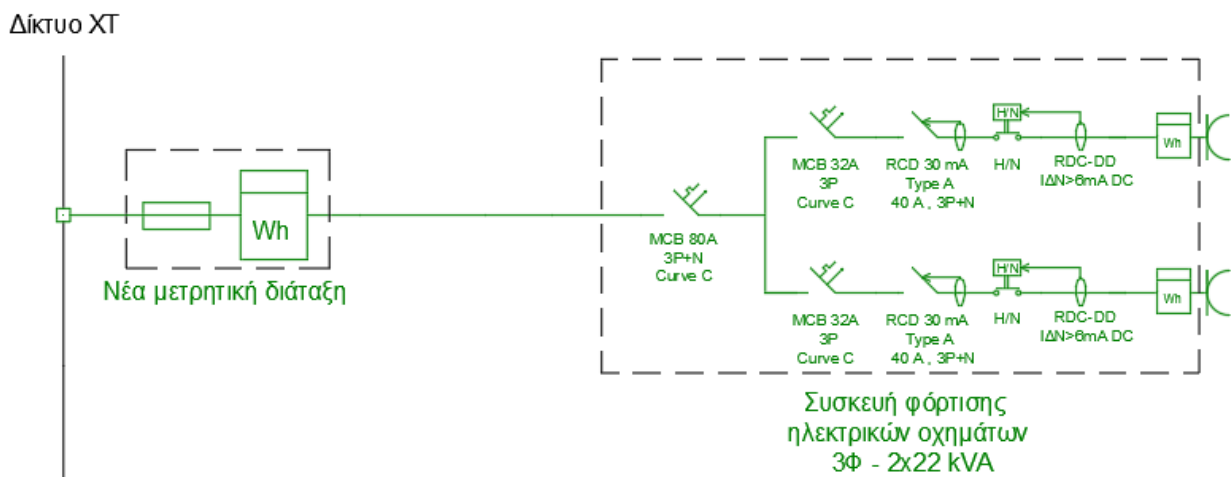
Η συνολική ονομαστική ισχύς της συσκευής φόρτισης είναι 44 kVA. Δημιουργείται νέα παροχή ΔΕΔΔΗΕ Νο 4 (55 kVA) για την αποκλειστική εξυπηρέτηση της συσκευής φόρτισης. Ο ΔΕΔΔΗΕ εγκαθιστά νέα μετρητική διάταξη, σύμφωνα με τις δικές του προδιαγραφές, η οποία τοποθετείται σε ερμάριο πλησίον της συσκευής φόρτισης. Το παροχικό καλώδιο από την έξοδο του μετρητή συνδέεται απευθείας στην συσκευή φόρτισης. Η συσκευή φόρτισης πρέπει να διαθέτει:

- Ενσωματωμένο μικροαυτόματο 80A, 3P+N, καμπύλης C, στον οποίο συνδέεται το παροχικό καλώδιο πριν τις εσωτερικές διακλαδώσεις. Ο μικροαυτόματος αυτός

λειτουργεί ως γενική ασφάλεια της ηλεκτρικής εγκατάστασης που αποτελεί η συσκευή φόρτισης.

- Για κάθε ένα ρευματοδότη, ενσωματωμένο μικροαυτόματο 32A, 3P, καμπύλης C, ΔΔΡ τύπου A, 3P+N, 40A, $I_{\Delta N}=30$ mA και διάταξη ανίχνευσης και απομόνωσης για DC συνιστώσες ρεύματος μεγαλύτερες των 6 mA (ή εναλλακτικά ΔΔΡ τύπου B, 3P+N, 40A, $I_{\Delta N}=30$ mA).

Δεν απαιτείται πίνακας διανομής. Η ενδεικτική συνδεσμολογία απεικονίζεται στο Σχήμα 5.14. Επισημαίνεται ότι υπάρχει πιστοποιημένος κατά MID μετρητής ενέργειας σε κάθε ένα ρευματοδότη της συσκευής φόρτισης για την τιμολόγηση της φόρτισης του εκάστοτε ηλεκτρικού οχήματος. Επιπλέον, τονίζεται ότι σε περίπτωση που το σύστημα γείωσης της τροφοδοσίας είναι TN-C-S χωρίς γείωση στο άκρο του καταναλωτή, είναι αναγκαία η μετατροπή του σε TT, όπως περιγράφεται στην παράγραφο 5.6.2.



Σχήμα 5.14: Σύνδεση συσκευής φόρτισης 2x22 kVA σε νέα παροχή

5.7.5. Παράδειγμα 5

Ιδιωτική επιχείρηση επιθυμεί να εγκαταστήσει τρεις επιδαπέδιες συσκευές φόρτισης σε δημοσίως προσβάσιμο χώρο στάθμευσης. Οι συσκευές φόρτισης έχουν τα εξής χαρακτηριστικά:

1. Συσκευή φόρτισης Α': Τριφασική, δύο ρευματοδότες Type 2, 22 kVA έκαστος (64A ανά φάση).
2. Συσκευή φόρτισης Β': Τριφασική, ένας ρευματοδότης Type 2, 22 kVA (32A ανά φάση).
3. Συσκευή φόρτισης Γ': Τριφασική, ένας ρευματοδότης Type 2, 11 kVA (16A ανά φάση).

Θεωρείται ότι και οι τρεις συσκευές φόρτισης μπορούν να τροφοδοτηθούν από την παροχή της υφιστάμενης ηλεκτρικής εγκατάστασης, η οποία έχει και άλλα εσωτερικά φορτία. Επιπλέον, πλησίον των συσκευών φόρτισης προβλέπεται να υπάρχει και άλλο φορτίο (πχ φωτισμός.

ρευματοδότες κλπ), συνολικής ισχύος 5 kVA, το οποίο θα εγκατασταθεί μαζί με τις συσκευές φόρτισης.

Το συνολικό ονομαστικό ρεύμα των τριών συσκευών φόρτισης ανέρχεται σε 112A, ενώ το μέγιστο ρεύμα των άλλων φορτίων σε 7,22A. Συνεπώς, θα πρέπει να εξυπηρετηθεί ένα συνολικό φορτίο μέγιστου ρεύματος 119,22A.

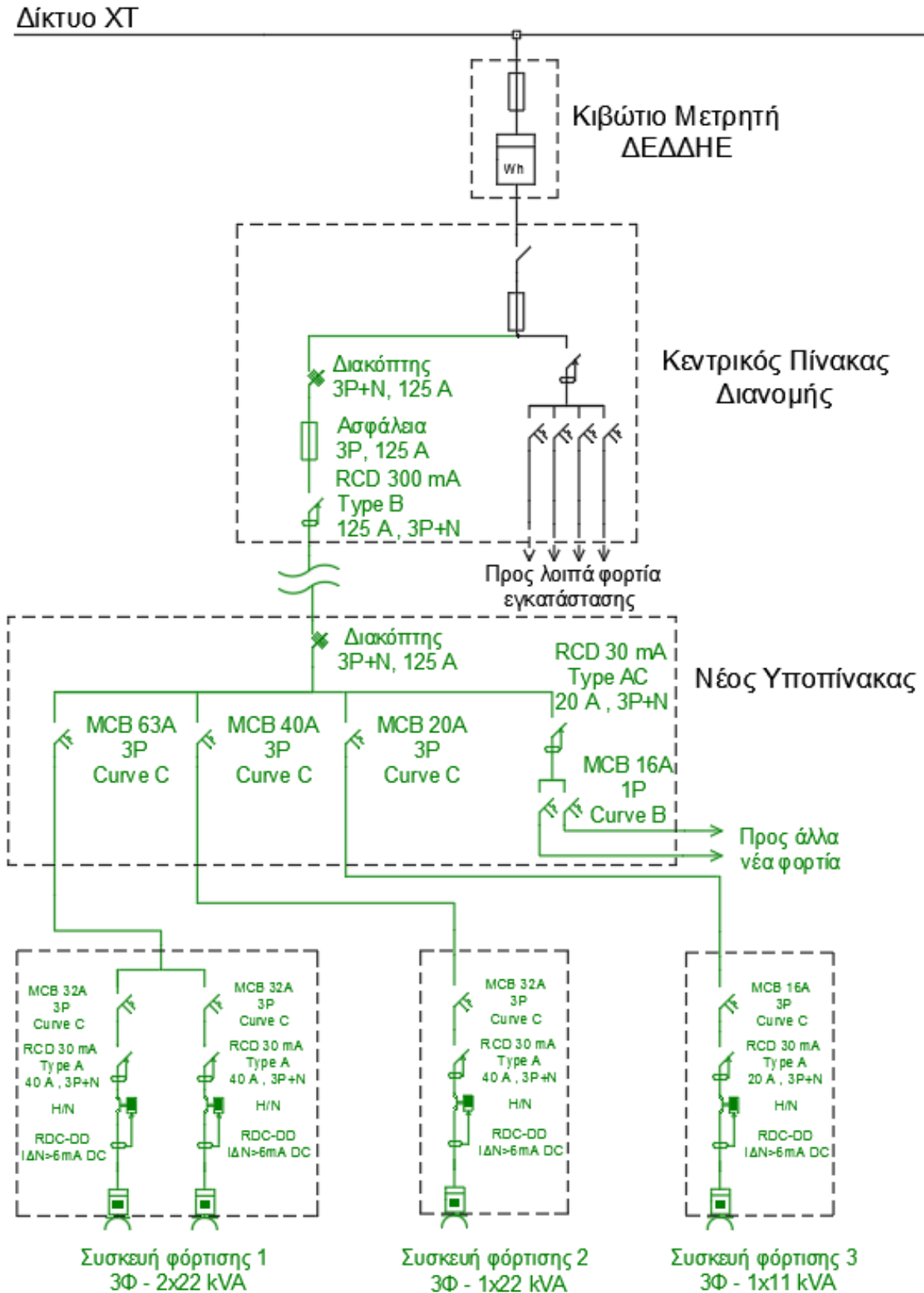
Η ηλεκτρική εγκατάσταση θα πρέπει να τροποποιηθεί ως εξής: Εγκαθίσταται ένας νέος υποπίνακας, σε χώρο πλησίον των συσκευών φόρτισης, όπου θα τοποθετηθούν οι νέες διατάξεις προστασίας και ελέγχου. Το σημείο διακλάδωσης της γραμμής που τροφοδοτεί τον νέο υποπίνακα πρέπει να βρίσκεται εντός του κεντρικού πίνακα, ανάντη του ΔΔΡ που προστατεύει τα φορτία της υπόλοιπης ηλεκτρικής εγκατάστασης. Εντός του κεντρικού πίνακα τοποθετούνται τηκτική ασφάλεια 3P, 125A και ΔΔΡ τύπου B, 3P+N, 125A, $I_{\Delta N}=300$ mA για την προστασία της νέας γραμμής.

Ο νέος υποπίνακας περιέχει διακόπτη 3P+N, 125 A και στη συνέχεια δημιουργούνται τέσσερα νέα κυκλώματα: ένα για κάθε συσκευή φόρτισης και ένα για τα άλλα φορτία. Για κάθε κύκλωμα τοποθετούνται οι εξής διατάξεις προστασίας:

1. Γραμμή Α' (ελάχ. διατομής 5×25 mm²): Μικροαυτόματος 63A, 3P, καμπύλης C
2. Γραμμή Β' (ελάχ. διατομής 5×16 mm²): Μικροαυτόματος 40A, 3P, καμπύλης C
3. Γραμμή Γ' (ελάχ. διατομής 5×4 mm²): Μικροαυτόματος 20A, 3P, καμπύλης C
4. Γραμμή Δ' (ελάχ. διατομής $5 \times 2,5$ mm²): ΔΔΡ τύπου AC, 1P+N, 20A, $I_{\Delta N}=30$ mA και Μικροαυτόματος 16A, 3P, καμπύλης B.

Οι γραμμές Α', Β' και Γ' τροφοδοτούν τις συσκευές φόρτισης Α', Β' και Γ' αντίστοιχα. Για τις γραμμές που τροφοδοτούν συσκευές φόρτισης με έναν ρευματοδότη, οι μικροαυτόματοι έχουν επιλεχθεί με ονομαστικό ρεύμα μεγαλύτερο από αυτό των σημείων φόρτισης, ώστε να επιτυγχάνεται επιλεκτικότητα μεταξύ αυτών και των μικροαυτόματων εντός των συσκευών φόρτισης. Η γραμμή Δ' τροφοδοτεί τα άλλα φορτία. Εναλλακτικά για τη γραμμή Δ', μπορεί να διακλαδωθεί σε περισσότερες γραμμές ανάλογα με τις ανάγκες της υπηρεσίας, προστατευόμενες από ισάριθμους μικροαυτόματους, αλλά υπό την προστασία κοινού ΔΔΡ τύπου AC, 30 mA. Η ενδεικτική συνδεσμολογία απεικονίζεται στο Σχήμα 5.15.

Παρατήρηση: Ο υπολογισμός της διατομής των νέων γραμμών και το ονομαστικό ρεύμα των μικροαυτόματων διακοπών γίνεται σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ HD384.



Σχήμα 5.15: Σύνδεση δύο και άνω συσκευών φόρτισης μέσω υποπίνακα

5.7.6. Παράδειγμα 6

Δήμος επιθυμεί να εγκαταστήσει επιδαπέδια τριφασική συσκευή DC φόρτισης, με έναν ακροσύνδεσμο, σε δημόσιο χώρο στάθμευσης. Η ονομαστική αποδιδόμενη ισχύς της είναι 50 kW και η ονομαστική ισχύς εισόδου είναι 54 kVA. Το ονομαστικό ρεύμα εισόδου είναι 77 A και το μέγιστο ρεύμα εξόδου είναι 120 A DC.

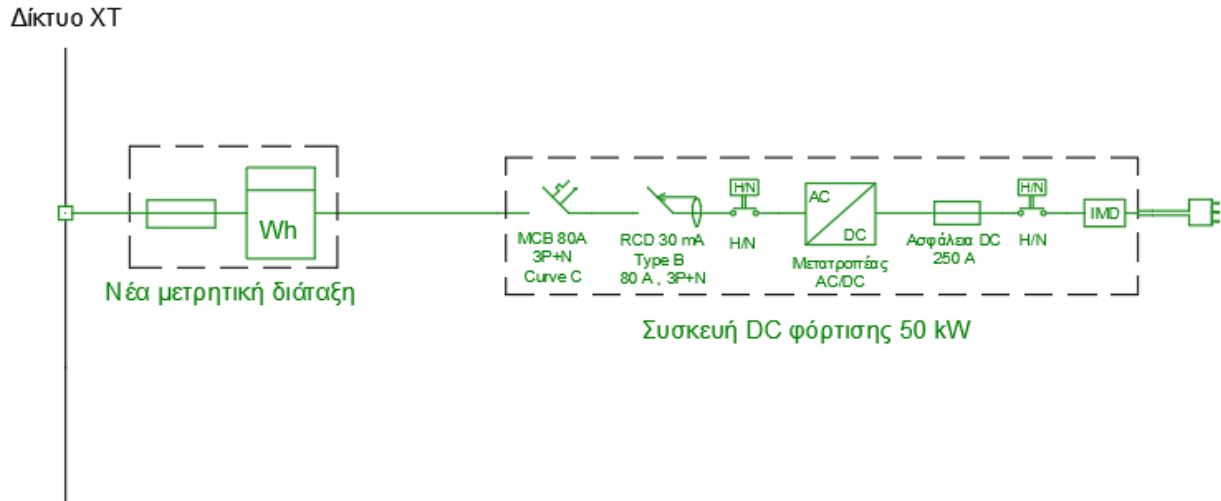
Δημιουργείται νέα παροχή ΔΕΔΔΗΕ Νο 4 (55 kVA) για την αποκλειστική εξυπηρέτηση της συσκευής φόρτισης. Ο ΔΕΔΔΗΕ εγκαθιστά νέα μετρητική διάταξη, σύμφωνα με τις δικές του προδιαγραφές, η οποία τοποθετείται σε ερμάριο πλησίον της συσκευής φόρτισης. Το παροχικό καλώδιο από την έξοδο του μετρητή συνδέεται απευθείας στην συσκευή φόρτισης. Η συσκευή φόρτισης πρέπει να διαθέτει στην AC πλευρά:

- Ενσωματωμένο μικροαυτόματο 80A, 3P+N, καμπύλης C, στον οποίο συνδέεται το παροχικό καλώδιο πριν τις εσωτερικές διακλαδώσεις. Ο μικροαυτόματος αυτός λειτουργεί ως γενική ασφάλεια της ηλεκτρικής εγκατάστασης που αποτελεί η συσκευή φόρτισης.
- ΔΔΡ τύπου A, 3P+N, 80A, $I_{\Delta N}=30$ mA και διάταξη ανίχνευσης και απομόνωσης για DC συνιστώσες ρεύματος μεγαλύτερες των 6 mA (ή εναλλακτικά ΔΔΡ τύπου B, 3P+N, 80A, $I_{\Delta N}=30$ mA).

Η συσκευή φόρτισης πρέπει να διαθέτει στην DC πλευρά:

- Ασφάλεια DC, ονομαστικού ρεύματος έως 250A, για την προστασία του κυκλώματος εξόδου έναντι βραχυκυκλώματος.
- Συσκευή παρακολούθησης της μόνωσης (IMD), για την αποσύνδεση του κυκλώματος εξόδου για αντίσταση μόνωσης μικρότερη των 100 Ω/V.

Δεν απαιτείται πίνακας διανομής. Η ενδεικτική συνδεσμολογία απεικονίζεται στο Σχήμα 5.16. Επισημαίνεται ότι υπάρχει πιστοποιημένος κατά MID μετρητής ενέργειας εντός της συσκευής φόρτισης για λόγους τιμολόγησης.



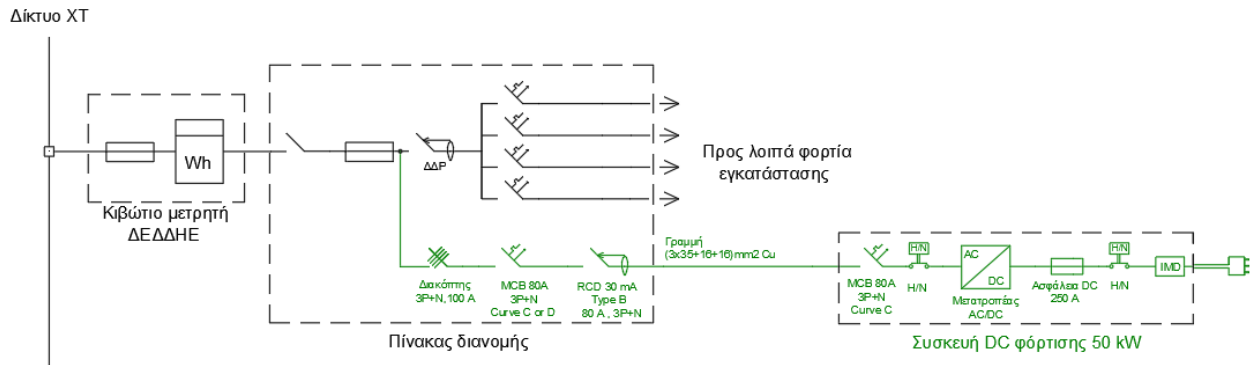
Σχήμα 5.16: Σύνδεση συσκευής DC φόρτισης 50 kW σε νέα παροχή

5.7.7. Παράδειγμα 7

Ιδιωτική επιχείρηση επιθυμεί να εγκαταστήσει την συσκευή DC φόρτισης του Παραδείγματος 6 στην υφιστάμενη ηλεκτρική της εγκατάσταση, χωρίς τη δημιουργία νέας παροχής ΔΕΔΔΗΕ. Η αναχώρηση της γραμμής που τροφοδοτεί την συσκευή φόρτισης βρίσκεται εντός υφιστάμενου πίνακα διανομής.

Θεωρείται ότι έχει προβλεφθεί η επαύξηση ή τροποποίηση των στοιχείων του υφιστάμενου πίνακα διανομής, ώστε να μπορεί να τροφοδοτήσει τη νέα συσκευή φόρτισης. Η τροφοδοσία της συσκευής φόρτισης πρέπει να γίνεται από ξεχωριστό κύκλωμα. Το σημείο διακλάδωσης θα πρέπει να βρίσκεται ανάντη του ΔΔΡ που προστατεύει την υπόλοιπη ηλεκτρική εγκατάσταση. Η συσκευή φόρτισης έχει ονομαστικό ρεύμα 77A, οπότε η νέα γραμμή θα πρέπει να έχει ελάχιστη διατομή (3x35+16+16) mm² και να προστατεύεται από μικροαντόματο 80A, 3P, καμπύλης C ή D. Για να αποφευχθεί η εγκατάσταση ΔΔΡ τύπου B, 300 mA στην αναχώρηση της γραμμής, κάτι που οδηγεί σε μεγάλο κόστος, προτείνεται η εγκατάσταση ΔΔΡ τύπου B, 30 mA στην αναχώρηση της γραμμής εντός του πίνακα διανομής και η αφαίρεση του ενσωματωμένου στη συσκευή φόρτισης ΔΔΡ. Η τροποποίηση αυτή επιτρέπεται, εφόσον η συσκευή φόρτισης διαθέτει ένα σημείο φόρτισης, καθώς σύμφωνα με το πρότυπο IEC 61851-1 ο ΔΔΡ που προστατεύει ένα σημείο φόρτισης μπορεί να τοποθετηθεί είτε στην αρχή του κυκλώματος είτε εντός της συσκευής φόρτισης.

Οι παραπάνω διατάξεις προστασίας τοποθετούνται εντός του υφιστάμενου πίνακα διανομής. Η ενδεικτική συνδεσμολογία απεικονίζεται στο Σχήμα 5.17.



Σχήμα 5.17: Σύνδεση συσκευής DC φόρτισης 50 kW σε υφιστάμενο πίνακα διανομής

Παρατήρηση: Ο υπολογισμός της διατομής των νέων γραμμών και το ονομαστικό ρεύμα των μικροαυτόματων διακοπών γίνεται σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ HD384.

5.8. Ρυθμιστικό πλαίσιο στην Ελλάδα

Κατά τη συγγραφή της παρούσης συλλέχθηκε επίσης υλικό που αφορά το υφιστάμενο ρυθμιστικό πλαίσιο που σχετίζεται με τις υποδομές επαναφόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων στην Ελλάδα. Στην επόμενη παράγραφο καταγράφονται οι υπουργικές αποφάσεις που έχουν δημοσιευτεί στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως και περιγράφεται συνοπτικά το περιεχόμενό τους, όπου αφορά αποκλειστικά τις τεχνικές απαιτήσεις που πρέπει να πληρούν οι συσκευές φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων.

5.8.1. Υφιστάμενο ρυθμιστικό πλαίσιο

Το ρυθμιστικό πλαίσιο που αφορά τις υποδομές επαναφόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων στην ελληνική νομοθεσία διέπεται από τις εξής αποφάσεις:

1. Εφημερίδα της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας, Νόμος 4001 - ΦΕΚ 179/Α/22-8-2011, όπως τροποποιήθηκε από τον Ν. 4277/2014

«Νόμος υπ' αριθμ. 4001 για τη λειτουργία Ενεργειακών Αγορών Ηλεκτρισμού και Φυσικού Αερίου, για Έρευνα, Παραγωγή και δίκτυα μεταφοράς Υδρογονανθράκων και άλλες ρυθμίσεις.»

Ο Ν. 4001/2011 σχετίζεται εν γένει με τις ενεργειακές αγορές. Μετά την τροποποίησή του από τον Ν. 4277/2014, περιλαμβάνει τον ορισμό και το πεδίο δραστηριοποίησης των ΦΕΥΦΗΟ, ενώ θεσπίζει πως ο πάροχος υπηρεσιών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων είναι Τελικός Πελάτης.

2. Εφημερίδα της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας, Απόφαση αριθμ. 71287/6443 - ΦΕΚ 50/Β/15-1-2015

«Καθορισμός των όρων, προϋποθέσεων και τεχνικών προδιαγραφών συσκευών φόρτισης συσσωρευτών ηλεκτροκίνητων οχημάτων, για την εγκατάσταση αυτών σε υφιστάμενα ή υπό αδειοδότηση «Πρατήρια παροχής Καυσίμων και Ενέργειας», σε υφιστάμενους ή υπό αδειοδότηση στεγασμένους και υπαίθριους σταθμούς αυτοκινήτων, σε υφιστάμενα ή υπό αδειοδότηση συνεργεία συντήρησης και επισκευής αυτοκινήτων, μοτοσυκλετών και μοτοποδηλάτων και σε υφιστάμενα ή υπό αδειοδότηση δημόσια ή ιδιωτικά Κ.Τ.Ε.Ο»

Σε αυτό το ΦΕΚ περιγράφονται οι τεχνικές προδιαγραφές των συσκευών φόρτισης που πρόκειται να εγκατασταθούν σε δημοσίως προσβάσιμους χώρους και καθορίζεται η αδειοδοτική – εγκριτική διαδικασία που πρέπει να ακολουθηθεί για την εγκατάστασή τους. Από το εν λόγω ΦΕΚ ορίζεται ότι οι αποδεκτές μέθοδοι φόρτισης για τις παραπάνω υποδομές φόρτισης είναι οι Μέθοδοι 3 και 4, ενώ οι αποδεκτοί ρευματοδότες / ακροσύνδεσμοι είναι οι τύπου 2 και Combo2 αντίστοιχα. Ο ακροσύνδεσμος CHAdEMO επιτρέπεται μόνο εφόσον διατίθεται από μια συσκευή φόρτισης παράλληλα με ακροσύνδεσμο Combo2. Κάθε ακροσύνδεσμος πρέπει να διαθέτει κλείστρο ασφαλείας για την προστασία των χρηστών της εγκατάστασης. Τέλος, αναφέρεται ότι η σύνδεση των συσκευών φόρτισης με το δίκτυο του ΔΕΔΔΗΕ γίνεται με εφαρμογή του ΕΛΟΤ HD384 και με βάση το ισχύον θεσμικό πλαίσιο περί ηλεκτροδοτήσεων.

Η ανωτέρω υπουργική απόφαση καταργήθηκε από την ΚΥΑ υπ' αριθμ. 42863/438.

3. Εφημερίδα της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας, Ν. 4439/2016 - ΦΕΚ 222/Α/30-11-2016

«Ενσωμάτωση στην ελληνική νομοθεσία της Οδηγίας 2014/94/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 22ας Οκτωβρίου 2014 για την ανάπτυξη υποδομών εναλλακτικών καυσίμων, απλοποίηση διαδικασίας αδειοδότησης και άλλες διατάξεις πρατηρίων παροχής καυσίμων και ενέργειας και λοιπές διατάξεις.»

Σε αυτό το ΦΕΚ γίνεται ενσωμάτωση της ευρωπαϊκής Οδηγίας 2014/94/ΕΕ περί υποδομών εναλλακτικών καυσίμων στην ελληνική νομοθεσία. Όσον αφορά την ηλεκτροκίνηση, στο Παράρτημα της Οδηγίας δίνονται οι ορισμοί για τα σημεία επαναφόρτισης κανονικής και υψηλής ισχύος, ενώ διατυπώνεται ο αποδεκτός ακροσύνδεσμος των σημείων επαναφόρτισης με βάση την ισχύ φόρτισης.

4. Εφημερίδα της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας, Απόφαση αριθ. Οικ. 77226/1 - ΦΕΚ 3824/Β/31-10-2017

«Καθορισμός και εξειδίκευση των απαιτούμενων λεπτομερειών εφαρμογής και των τεχνικών προδιαγραφών του Εθνικού πλαισίου πολιτικής, για την ανάπτυξη της αγοράς υποδομών

εναλλακτικών καυσίμων στον τομέα των μεταφορών και για την υλοποίηση των σχετικών υποδομών»

Στο Παράρτημα της συγκεκριμένης απόφασης επισυνάπτεται το «Εθνικό Πλαίσιο Πολιτικής για την ανάπτυξη της αγοράς Υποδομών Εναλλακτικών Καυσίμων στον Τομέα των μεταφορών και την υλοποίηση των σχετικών υποδομών». Εκεί γίνεται εκτίμηση, μεταξύ άλλων, για τον αριθμό των ηλεκτρικών οχημάτων και των σημείων επαναφόρτισης στην Ελλάδα τις επόμενες πενταετίες, ενώ αναφέρονται τα μέτρα που πρέπει να ληφθούν για την υποστήριξη και προώθηση της αγοράς ηλεκτρικών αυτοκινήτων. Επιπλέον, αντιμετωπίζει θετικά την υιοθέτηση του μοντέλου DSO ως μοντέλο αγοράς των υποδομών φόρτισης στην Ελλάδα, λόγω της μικρής ανάπτυξης της ηλεκτροκίνησης στην Ελλάδα την δεδομένη χρονική στιγμή.

5. Εφημερίδα της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας, Απόφαση αριθμ. 42863/438 - ΦΕΚ 2040/Β/04-06-2019

«Καθορισμός των όρων, των προϋποθέσεων και των τεχνικών προδιαγραφών για την εγκατάσταση συσκευών φόρτισης συσσωρευτών ηλεκτροκίνητων οχημάτων (σημεία επαναφόρτισης), στις εγκαταστάσεις εξυπηρέτησης οχημάτων, σε δημοσίως προσβάσιμα σημεία επαναφόρτισης κατά μήκος του αστικού, υπεραστικού και εθνικού οδικού δικτύου καθώς και σε χώρους στάθμευσης δημόσιων και ιδιωτικών κτιρίων.»

Αυτή η απόφαση καταργεί το ΦΕΚ 50/Β/15-1-2015 και καθορίζει εκ νέου τις τεχνικές προδιαγραφές μιας δημοσίως προσβάσιμης υποδομής φόρτισης, όντας εμπλουτισμένο με επιπλέον στοιχεία. Πλέον, για τις τεχνικές προδιαγραφές που πρέπει να πληρούν οι συσκευές φόρτισης που πρόκειται να εγκατασταθούν σε δημοσίως προσβάσιμους χώρους, ισχύουν εκτός των άλλων τα εξής:

- Αυτές πρέπει να διαθέτουν πιστοποίηση CE,
- Λαμβάνονται υπόψη οι οικείες πολεοδομικές διατάξεις, οι κτηριοδομικοί κανονισμοί, αποστάσεις ασφαλείας, τυχόν απαγορευτικές γειτνιάσεις κλπ,
- Πρέπει να παρέχουν τη δυνατότητα επί τούτω (ad-hoc) χρέωσης, χωρίς την υποχρέωση σύναψης συμβολαίου με τον οικείο προμηθευτή ή διαχειριστή ηλεκτρικής ενέργειας,
- Οι μετρητές των ρευματοδοτών πρέπει να έχουν πιστοποίηση MID,
- Τα στοιχεία κάθε σημείου φόρτισης διατίθενται δημόσια. Η ενημέρωση των χρηστών θα γίνεται από αντίστοιχη ηλεκτρονική πλατφόρμα του Υπουργείου Υποδομών και Μεταφορών.

Επιπλέον, στο Παράρτημα του ΦΕΚ απεικονίζονται ενδεικτικές χωροθετήσεις θέσεων στάθμευσης και σταθμών φόρτισης σε διάφορους χώρους στάθμευσης.

6. Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ), Γνωμοδότηση υπ' αριθμ. 7/2019

«Γνωμοδότηση σχετικά με τους όρους και τη λειτουργία των Φορέων Εκμετάλλευσης υποδομών επαναφόρτισης Ηλεκτροκίνητων Οχημάτων, σύμφωνα με την παράγραφο 2 του άρθρου 134 του ν. 4001/2011 όπως τροποποιήθηκε με το άρθρο 53 παρ. 3 του ν. 4277/2014, καθώς και τις διατάξεις του ν. 4493/2016.»

Η γνωμοδότηση απευθύνεται προς τα υπουργεία Οικονομίας και Ανάπτυξης, Υποδομών-Μεταφορών και Περιβάλλοντος-Ενέργειας, με στόχο την έκδοση υπουργικών αποφάσεων που θα εμπλουτίζουν το ισχύον θεσμικό πλαίσιο όσον αφορά τις υποδομές επαναφόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων και το ρόλο των ΦΕΥΦΗΟ. Περιέχει προτάσεις που αφορούν:

- Την ανάπτυξη δημοσίων υποδομών επαναφόρτισης,
- Την οργάνωση της αγοράς υπηρεσιών επαναφόρτισης,
- Την προώθηση της διαλειτουργικότητας των υποδομών επαναφόρτισης,
- Την ίδρυση και λειτουργία φορέων της αγοράς ηλεκτροκίνησης,
- Την δημιουργία μητρώου υποδομών και φορέων αγοράς ηλεκτροκίνησης,
- Την τιμολόγηση των υπηρεσιών επαναφόρτισης,
- Την μέτρηση ενέργειας των υποδομών επαναφόρτισης και
- Την διαχείριση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας κατά τη φόρτιση οχημάτων.

Τέλος, η γνωμοδότηση προτείνει τον τρόπο προσαρμογής των υφιστάμενων φορέων και υποδομών επαναφόρτισης στο νέο καθεστώς, ενώ αναφέρει τα σημεία στα οποία επιφυλάσσεται να τοποθετηθεί, εφόσον προηγουμένως δεν έχει εκδοθεί από την Πολιτεία το πλαίσιο λειτουργίας της αγοράς ηλεκτροκίνησης.

Ακόμη, έχει δημοσιοποιηθεί τεχνική προδιαγραφή διαγωνισμού του ΔΕΔΔΗΕ, όπου περιγράφονται οι τεχνικές απαιτήσεις μιας συσκευής φόρτισης Μεθόδου 3, με δύο ρευματοδότες ονομαστικής ηλεκτρικής ισχύος 22kW έκαστος, που πρόκειται να εγκατασταθεί σε δημοσίως προσβάσιμο χώρο. Η εν λόγω προδιαγραφή περιγράφει με ακρίβεια τα χαρακτηριστικά και τις απαιτήσεις του εξοπλισμού που πρέπει να διαθέτει μια συσκευή φόρτισης. Η προδιαγραφή επικεντρώνεται μόνο σε μια περίπτωση συσκευής φόρτισης και δεν αποτελεί κανονιστικό κείμενο για τον πλήρη καθορισμό των τεχνικών απαιτήσεων που πρέπει να πληροί μια συσκευή φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων εν γένει. Επιπλέον, ο ΔΕΔΔΗΕ δεν έχει εκδώσει κάποια ειδική τεχνική οδηγία για τη σύνδεση συσκευών φόρτισης στο δίκτυο διανομής.

5.8.2. Πρόταση για εμπλουτισμό ρυθμιστικού πλαισίου

Όπως γίνεται αντιληπτό, το ρυθμιστικό πλαίσιο που αφορά τις υποδομές επαναφόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων στην Ελλάδα είναι ελλιπές. Αρχικά, οι ισχύουσες τεχνικές απαιτήσεις επικεντρώνονται μόνο στα δημοσίως προσβάσιμα σημεία φόρτισης και δεν γίνεται καθόλου μνεία στα σημεία φόρτισης ιδιωτικών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων, όπως σε οικίες ή ιδιωτικούς χώρους στάθμευσης. Επιπλέον, δεν καθορίζεται ο τρόπος με τον οποίο γίνεται η σύνδεση των συσκευών φόρτισης σε μια υφιστάμενη ηλεκτρική εγκατάσταση, ούτε η μεθοδολογία αναβάθμισης ή τροποποίησης της εγκατάστασης, εφόσον χρειάζεται. Παράλληλα, αν και δεν

αποτελεί άμεσα αντικείμενο της παρούσας μελέτης, διαφαίνεται ότι απαιτείται σαφέστερος καθορισμός των προδιαγραφών που πρέπει να πληροί ένα σύστημα διαχείρισης των δημοσίως προσβάσιμων σημείων φόρτισης, το οποίο θα είναι υπό την ευθύνη του εκάστοτε ΦΕΥΦΗΟ και θα επικοινωνεί με κάθε συσκευή φόρτισης.

Με βάση τα παραπάνω και με στόχο τον εμπλουτισμό του υφιστάμενου ρυθμιστικού πλαισίου, ώστε να τίθενται με σαφήνεια οι όροι και οι τεχνικές απαιτήσεις όλων των υποδομών επαναφόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων σε νέα ή υφιστάμενη ηλεκτρική εγκατάσταση στην Ελλάδα, προτείνονται οι εξής δράσεις:

1. Ενσωμάτωση της ενότητας EN 60364-7-722 «*Requirements for special installations or locations. Supply of electric vehicle*» στο ελληνικό πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384.
2. Έκδοση, από επίσημο φορέα (π.χ. ΕΛΟΤ, ΥΠΕΝ, ενδεχομένως ΔΕΔΔΗΕ), κατευθυντήριας οδηγίας περί τεχνικών απαιτήσεων σύνδεσης συσκευών φόρτισης σε νέα ή υφιστάμενη ηλεκτρική εγκατάσταση. Στην τεχνική οδηγία θα συμπεριλαμβάνονται, μεταξύ άλλων:
 - ο τύπος και τα χαρακτηριστικά των αποδεκτών ακροσυνδέσμων ανά σημείο φόρτισης και είδος εγκατάστασης,
 - τα χαρακτηριστικά και η θέση εγκατάστασης των διατάξεων προστασίας (μικροαυτόματοι διακόπτες, ΔΔΡ κλπ) κάθε σημείου φόρτισης, καθώς και απαιτήσεις που αφορούν την συνεργασία αυτών,
 - Αποδεκτοί ενδεικτικοί τρόποι σύνδεσης των συσκευών φόρτισης σε ηλεκτρικές εγκαταστάσεις ή στο δημόσιο δίκτυο (με μονογραμμικά διαγράμματα), όπου θα φαίνεται μεταξύ άλλων το σημείο διακλάδωσης του κυκλώματος που τροφοδοτεί τη συσκευή φόρτισης από το κύκλωμα της υπόλοιπης ηλεκτρικής εγκατάστασης.

Μέσα από την τεχνική οδηγία θα πρέπει να διασαφηνίζονται και ζητήματα τεχνικής φύσεως που δεν είναι ρητώς καθορισμένα από τα διεθνή πρότυπα αλλά ούτε ευκόλως αντιληπτά, όπως πχ:

- Αν, και κάτω από ποιες προϋποθέσεις, επιτρέπεται η Μέθοδος 1 σε οικιακή ή άλλη ιδιωτική ηλεκτρική εγκατάσταση,
- Δυνατότητα ταύτισης του μετρητή δικτύου (αρμοδιότητας ΔΕΔΔΗΕ, για μέτρηση και τιμολόγηση του διαχειριστή του σημείου φόρτισης) και του μετρητή του φορτιστή (αρμοδιότητας ΦΕΥΦΗΟ, για λόγους τιμολόγησης του χρήστη ΗΟ) σε δημοσίως προσβάσιμα σημεία φόρτισης,
- Αν απαιτείται ανεξάρτητο ερμάριο για την τοποθέτηση του μετρητή δικτύου, όπως ισχύει για αντίστοιχες παροχές ΧΤ, ή αν αυτός μπορεί να τοποθετηθεί σε διαμέρισμα του σταθμού φόρτισης, όταν πρόκειται για υπαίθριες συσκευές φόρτισης,
- Ενδεδειγμένος τρόπος σύνδεσης πολλαπλών συσκευών φόρτισης σε εγκαταστάσεις όπως πολυκατοικίες, υπαίθριοι χώροι στάθμευσης κλπ,

- Αν και πότε είναι επιτρεπόμενη η χρήση ΔΔΡ τύπου EV, αντικαθιστώντας τον ΔΔΡ τύπου B ή τον ΔΔΡ τύπου A και την συσκευή αποσύνδεσης του κυκλώματος κατά την ανίχνευση συνιστώσας συνεχούς ρεύματος διαρροής μεγαλύτερου των 6 mA DC,
- Πώς θα εξασφαλίζεται η προστασία των χρηστών μιας υποδομής φόρτισης όταν η γείωση της υφιστάμενης ηλεκτρικής εγκατάστασης είναι ελλιπής ή ανεπαρκής,
- Ποιες οι προϋποθέσεις για την εγκατάσταση συσκευών φόρτισης σε επικίνδυνα σημεία, όπως π.χ. σε πρατήρια υγρών καυσίμων,
- Ποια η αναμενόμενη λειτουργικότητα και ποιες οι τεχνικές προδιαγραφές που πρέπει να πληροί ένα σύστημα διαχείρισης συσκευών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων,

Επισημαίνεται ότι η τηλεοπτεία και διαχείριση συσκευών φόρτισης βρίσκει ήδη εφαρμογή σε άλλες χώρες με πιο ανεπτυγμένο δίκτυο υποδομών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων σε σχέση με την Ελλάδα. Κάθε χώρα εκδίδει τις δικές της τεχνικές οδηγίες, όπου γίνεται προσαρμογή των καθολικών τεχνικών απαιτήσεων φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων στους τοπικούς κανονισμούς περί ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων. Για το λόγο αυτό οι τεχνικές οδηγίες διαφέρουν από χώρα σε χώρα, χωρίς όμως να παραβιάζεται κάποια απαίτηση της ενσύρματης φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων, όπως καθορίζεται από τα αντίστοιχα διεθνή πρότυπα (IEC 61851, IEC 62196, IEC 60364-7-722).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Κάνοντας ανασκόπηση όλων των πεπραγμένων μετά την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, μπορεί κανείς να εξάγει ενδιαφέροντα και κρίσιμα συμπεράσματα. Αρχικά, μετά τη μελέτη του υφιστάμενου κανονιστικού πλαισίου περί υποδομών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων στην Ελλάδα, μπορεί κανείς να συμπεράνει ότι παρατηρούνται αρκετές ελλείψεις σε αυτό. Οι ελλείψεις εντοπίζονται, μεταξύ άλλων, στην ανυπαρξία καθορισμού όρων και τεχνικών απαιτήσεων για υποδομές φόρτισης σε μη δημοσίως προσβάσιμα σημεία, όπως οικίες ή ιδιωτικοί χώροι στάθμευσης, αλλά και στην ανάγκη διασάφησης άλλων ζητημάτων τεχνικής φύσεως που δεν είναι ρητώς καθορισμένα από τα διεθνή πρότυπα. Χώρες με αρκετή εμπειρία στον τομέα της ηλεκτροκίνησης έχουν επαρκές κανονιστικό πλαίσιο, κυρίως μέσω επίσημων κατευθυντήριων τεχνικών οδηγιών που καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό όλες τις απαιτήσεις και τα τεχνικά ζητήματα που εγείρονται γύρω από τη σύνδεση συσκευών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων σε ηλεκτρικές εγκαταστάσεις ή στο δημόσιο δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας.

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία επιχειρεί να δώσει λύση στο παραπάνω πρόβλημα, καταγράφοντας και παρουσιάζοντας τις τεχνικές απαιτήσεις που πρέπει να πληρούνται για τη σύνδεση συσκευών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων σε ηλεκτρική εγκατάσταση ή στο δημόσιο δίκτυο διανομής στην Ελλάδα. Η εργασία ξεκινά από την καταγραφή των τεχνικών απαιτήσεων φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων σε διεθνές επίπεδο, προχωρά στη μελέτη της πρακτικής άλλων χωρών και καταλήγει στην εξαγωγή πρότασης για εφαρμογή στην Ελλάδα. Αναλυτικότερα, καταγράφονται οι τεχνικές απαιτήσεις της ενσύρματης φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων, που αφορούν την καλωδίωση της συσκευής φόρτισης, την τροφοδοσία της από το δίκτυο, το σύστημα γείωσης, τις διατάξεις προστασίας, τον έλεγχο και την επικοινωνία μεταξύ αυτής και του ηλεκτρικού οχήματος, όπως καθορίζονται από το διεθνές πρότυπο IEC 61851. Παράλληλα, καταγράφονται οι ειδικές τεχνικές απαιτήσεις που πρέπει να πληροί μια ηλεκτρική εγκατάσταση για να υποδέχεται μια συσκευή φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων, όπως αυτές αποτυπώνονται στο διεθνές πρότυπο IEC 60364-7-722.

Στη συνέχεια, μελετάται η πρακτική που ακολουθείται από χώρες στις οποίες αναπτύσσονται υποδομές ηλεκτροκίνησης, όσον αφορά το κομμάτι των τεχνικών απαιτήσεων που πρέπει να πληρούνται, τόσο σε επίπεδο ηλεκτρικής εγκατάστασης όσο και κατά τη σύνδεση συσκευών φόρτισης οχημάτων με το δίκτυο διανομής. Συλλέχθηκε υλικό από επίσημους κρατικούς φορείς που είναι άμεσα εμπλεκόμενοι με τη διαμόρφωση θεσμικού πλαισίου για την ηλεκτροκίνηση, όπως διαχειριστές/λειτουργοί δικτύων διανομής, υπουργεία σχετικά με την ενέργεια ή τις μεταφορές και κρατικά ιδρύματα/ινστιτούτα που διατυπώνουν επίσημες οδηγίες, καθώς και από ιδιωτικές εταιρίες που δραστηριοποιούνται στο χώρο της ενέργειας και της κατασκευής ηλεκτρολογικού υλικού. Μελετώντας τόσο τη πρακτική σε επίπεδο χωρών, όσο και τα διεθνή πρότυπα, προκύπτει ότι κάθε χώρα εκδίδει τις δικές της τεχνικές απαιτήσεις, οι οποίες είναι σε πλήρη σύμπτωση με τους τοπικούς κανονισμούς περί ηλεκτρικών εγκαταστάσεων, χωρίς όμως να

παραβιάζεται κάποια απαίτηση που είναι σαφώς καθορισμένη από τα διεθνή πρότυπα. Οι απαιτήσεις μπορεί να διαφέρουν από χώρα σε χώρα, σε κάθε περίπτωση όμως είναι έγκυρες και αποδεκτές. Μέσα από τη μελέτη του συλλεγμένου υλικού κατανοούνται οι βασικές αρχές και απαιτήσεις που πρέπει να τηρούνται ανεξαρτήτως χώρας, άλλα και ο τρόπος με τον οποίο αυτές αφομοιώνονται και συνάδουν με τους τοπικούς κανονισμούς περί ηλεκτρικών εγκαταστάσεων.

Με χρήση της μεθοδολογίας που ακολουθείται διεθνώς, προκύπτουν οι απαιτήσεις που πρέπει να βρίσκουν εφαρμογή στην περίπτωση της Ελλάδας. Η εργασία προβαίνει στην παρουσίαση των τεχνικών απαιτήσεων που θα πρέπει να πληροί μια ηλεκτρική εγκατάσταση στην Ελλάδα, ώστε να υποδέχεται μια ή περισσότερες συσκευές φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων. Η παρουσίαση των εν λόγω απαιτήσεων αποτελεί μια πρόταση, η οποία μπορεί να αποτελέσει βάση για την έκδοση κατευθυντήριας τεχνικής οδηγίας από επίσημο ελληνικό φορέα (όπως π.χ. ΕΛΟΤ, ΥΠΕΝ ή ΔΕΔΔΗΕ), όπου θα καθορίζονται σαφώς και πλήρως οι τεχνικές απαιτήσεις των υποδομών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων στην Ελλάδα, όπως ακριβώς γίνεται και στο εξωτερικό.

Πρέπει να τονιστεί ότι η πρόταση που διατυπώνεται από την παρούσα εργασία αφορά τις ελάχιστες τεχνικές απαιτήσεις που πρέπει να πληρούνται σε μια ηλεκτρική εγκατάσταση. Χώρες με αρκετά πιο ανεπτυγμένες υποδομές φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων έχουν κάνει ήδη βήματα προς πιο σύνθετα συστήματα διαχείρισης συσκευών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων, με αποτέλεσμα οι τεχνικές απαιτήσεις να γίνονται περισσότερες και πιο πολύπλοκες. Ενδεικτικά αναφέρεται η δυνατότητα απομακρυσμένου ελέγχου των οικιακών συσκευών φόρτισης από το διαχειριστή του δικτύου διανομής που εφαρμόζεται στην Γερμανία και η χρήση διαφόρων πρωτοκόλλων επικοινωνίας για την άμεση και πιο αποτελεσματική επικοινωνία και διεπαφή μεταξύ χρήστη, συσκευής φόρτισης και κεντρικού συστήματος διαχείρισης που εφαρμόζεται στην Ολλανδία. Μελετώντας τη διεθνή πρακτική σε τέτοιες χώρες, μπορούν να προκύψουν πολλές και ενδιαφέρουσες προοπτικές και για την Ελλάδα, αφού καταγραφούν οι ιδιαιτερότητες της χώρας και προσδιοριστούν οι τομείς οι οποίοι επιδέχονται βελτίωση ή τροποποίηση. Μνεία πρέπει να γίνει επίσης και στην τεχνολογία V2G, η οποία αυτή τη στιγμή βρίσκεται διεθνώς σε πολύ πρώιμο στάδιο αλλά προβλέπεται να αποτελέσει στο μέλλον σημαντικό παράγοντα για τη στροφή των ηλεκτρικών δικτύων σε έξυπνα δίκτυα. Σε κάθε περίπτωση πάντως, θα πρέπει πρώτα να αποκτηθεί μια πρώιμη εμπειρία από την εξάσκηση των βασικών και ελάχιστων προδιαγραφών, προκειμένου να γίνει η μετάβαση σε πιο σύνθετες τεχνικές διαχείρισης των υποδομών ηλεκτροκίνησης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Wikipedia. Electric vehicle. [Online]. https://en.wikipedia.org/wiki/Electric_vehicle
- [2] Renewable Energy Times. [Online]. <https://renewableenergytimes.com/2018/08/31/global-ev-sales-hit-4-million-soaring-market-sees-next-million-in-may-2019/>
- [3] IHS Markit. [Online]. <https://news.ihsmarkit.com/press-release/automotive/global-ev-charging-stations-skyrocket-2020-ihs-report-says>
- [4] U.S. Department of Energy. Alternative Fuels Data Center. [Online]. <https://afdc.energy.gov>
- [5] European Alternative Fuels Observatory. [Online]. <https://www.eafo.eu/countries/european-union/23640/summary/compare>
- [6] Εφημερίδα της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας, Απόφαση αριθμ. 71287/6443 - ΦΕΚ 50/Β/15-1-2015, 2015.
- [7] Εφημερίδα της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας, Απόφαση αριθμ. οικ. 77226/1 - ΦΕΚ 3824/Β/31-10-2017, 2017.
- [8] Εφημερίδα της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας, Ν. 4439/2016 - ΦΕΚ 222/Α/30-11-2016, 2016.
- [9] Κοινή Υπουργική Απόφαση, Καθορισμός των όρων, των προϋποθέσεων και των τεχνικών προδιαγραφών για την εγκατάσταση συσκευών φόρτισης συσσωρευτών ηλεκτροκίνητων οχημάτων (σημεία επαναφόρτισης), στις εγκαταστάσεις εξυπηρέτησης οχημάτων, σε δημοσίως προσβάσιμα σημεία επαναφόρτισης., Μάιος 2019.
- [10] Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας. (2018) Δημόσια διαβούλευση της ΡΑΕ για το ρυθμιστικό πλαίσιο εγκατάστασης και λειτουργίας υποδομών επαναφόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων στην Ελλάδα.
- [11] Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας, Γνωμοδότηση υπ' αριθμ. 7/2019 Σχετικά με τους όρους και τη λειτουργία των Φορέων Εκμετάλλευσης υποδομών επαναφόρτισης Ηλεκτροκίνητων Οχημάτων, σύμφωνα με την παρ. 2 του άρθρου 134 του ν.4001/2011 όπως τροποποιήθηκε με το άρθρο 53 παρ. 3 του ν.4277/2014, 2019.
- [12] ΔΕΔΔΗΕ, Τεχνικές απαιτήσεις σταθμών φόρτισης μεθόδου 3 ηλεκτρικών οχημάτων, 2018.
- [13] ΔΕΔΔΗΕ, Σχέδιο Ανάπτυξης Δικτύου 2019-2023, 2018.
- [14] ΔΕΔΔΗΕ. Καινοτομία - Ηλεκτροκίνηση. [Online]. <https://www.deddie.gr/el/stratigiki-eksugxronismos/kainotomia/ilektrokinisi/>
- [15] International Electrotechnical Commission, IEC 61851-1:2017 - Electrical vehicle conductive charging system - Part 1: General requirements, 2017.
- [16] Bender GmbH & Co.KG, Electrical safety for emobility, 2017.
- [17] Mennekes eMobility. Charging Cable Mode 2 with SCHUKO®-plug NO. [Online]. https://www.micromatic.no/globalassets/inriver/resources/pds_charging-cable-mode-2-schuko-10a-no---v.1.1.pdf

- [18] SaveMoney. Mode 3 wallbox. [Online]. <https://savemoney.es/usa/asin/wallbox>
- [19] AddEnergie, Smart TWO - Smart, level 2 EVSE for commercial and industrial applications, Technical Specification.
- [20] Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης, ΕΛΟΤ HD384 - Απαιτήσεις για ηλεκτρικές εγκαταστάσεις, 2004.
- [21] Πέτρος Ντοκόπουλος, *Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις Καταναλωτών*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Ζήτη, 2009.
- [22] ABB, Everything you wanted to know about type B residual current circuit breakers but never dared to ask, Τεχνικό φυλλάδιο κατασκευαστή.
- [23] evse.com.au. [Online]. <https://www.evse.com.au/ev-charging-cables-leads>
- [24] International Electrotechnical Commission, IEC 62196-2: Plugs, socket-outlets, vehicle connectors and vehicle inlets - Conductive charging of electric vehicles - Part 2: Dimensional compatibility and interchangeability requirements for a.c. pin and contact-tube accessories, 2012.
- [25] Wikipedia. IEC 62196. [Online]. https://en.wikipedia.org/wiki/IEC_62196
- [26] DRIVETHECITY. Charging stations and cables for electric vehicles. [Online]. <https://www.conducetuciudad.com/en/all-about-charging/types-of-connectors>
- [27] Electrical and Mechanical Services Department (EMSD), Technical Guidelines on Charging Facilities for Electric Vehicles, 2015.
- [28] GeoV Solutions. Βαθμός προστασίας (IP κώδικας). [Online]. <http://www.geovsolutions.gr/ip.php>
- [29] BEAMA, The RCD Handbook, BEAMA Guide to the selection and application of Residual Current Devices (RCDs), 2018.
- [30] Bender, RCMB104 - AC/DC sensitive residual current monitoring module for electric vehicle charging systems, 2018, Product Manual.
- [31] Doepke, The right residual current circuit-breaker for e-mobility: DFS 4 EV.
- [32] Western Automation. Type EV and Type B RCDs. [Online]. <https://emobility.westernautomation.com/ev-protection-devices/type-ev-and-type-b/>
- [33] International Electrotechnical Commission, IEC 61851-23: Electric vehicle conductive charging system - Part 23: DC electric vehicle charging station, 2014.
- [34] ABB. Multi-standard DC charging station. [Online]. <https://new.abb.com/ev-charging/products/car-charging/multi-standard>
- [35] CHAdEMO. [Online]. <https://www.chademo.com/products/connectors/>
- [36] Ελληνικό Ινστιτούτο Ηλεκτροκίνητων Οχημάτων (ΕΛ.ΙΝ.Η.Ο), Ευρωπαϊκοί και Αμερικάνοι κατασκευαστές συμφωνούν στη χρήση ενιαίου τύπου υποδοχών και ακροσυνδέσμων για τη φόρτιση των ηλεκτρικών τους αυτοκινήτων (Combo System).
- [37] H. Sellner W. Hofheinz, Electrical safety on charging electric vehicles.
- [38] Siemens AG, Standard-compliant solution packages for charging stations, 2010.

- [39] Bradley Mitchell. (2018) The Layers of the OSI Model Illustrated. [Online]. <https://www.lifewire.com/layers-of-the-osi-model-illustrated-818017>
- [40] International Electrotechnical Commission, IEC 61851-24: Electric vehicle conductive charging system – Part 24: Digital communication between a d.c. EV charging station and an electric vehicle for control of d.c. charging, 2014.
- [41] Matthias Kubel on behalf of Initiative Charging Interface, Design Guide for Combined Charging System, 2015.
- [42] International Electrotechnical Commission, IEC 60634-7-722: Low-Voltage Electrical Installations - Part 7-722: Requirements for special installations or locations - Supply of electric vehicle, 2014.
- [43] Centros de Excelencia Tecnica, Unidada Normalizacion y Laboratorios, Instalacion de estaciones de carga para vehiculos electricos, 2018.
- [44] Elaadnl, Aansluitpecificaties laadobjecten 3x25A – 3x80A Voor het inbouwen van een gestandaardiseerde netaansluiting in een laadobject, 2018.
- [45] Pfalzwerke Netz AG, Technische Richtlinie zum Anschluss einer Ladeeinrichtung an das 0,4-kV-Netz, 2018.
- [46] Voltimum, The installation of an electric vehicle charging point, 2016, Technical Article.
- [47] Wikipedia. Open Charge Point Protocol. [Online]. https://en.wikipedia.org/wiki/Open_Charge_Point_Protocol
- [48] Open Charge Point Protocol 1.6.
- [49] Xiangdong You Chaoye Zhao, Research and Implementation of OCPP 1.6 Protocol, 2017, School of Information and Telecommunication Engineering, Beijing, China.
- [50] Danskeenergi, Vejledning for tilslutning af ladestandere i lavspændingsnettet - Version 3, 2009.
- [51] Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (dsb), Elektriske kjøretøy, Veiledning - lading og sikkerhet, 2017.
- [52] Ministerio de Industria, Energia y Turismo, Instruccion Tecnica Complementaria (ITC) BT-52, Instalaciones con fines especiales. Infraestructura para la recarga de vehiculos electricos, 2014.
- [53] Worksafe, Electric Vehicle Charging Safety Guidelines, Part 3: Electric Vehicle Supply Equipment - New Zealand specific requirements, Edition 2.0.
- [54] Public Utilities Commission of Sri Lanka, Electric Vehicle Charging Stations - Technical Guidelines and Minimum Standards, 2018.
- [55] Drewagnetz, Technische Mindestanforderungen für den Anschluss von festinstallierten Ladeeinrichtungen für Elektrofahrzeuge am Niederspannungsnetz - gültig ab 01.05.2018 -, 2018.
- [56] Drewagnetz, Technische Mindestanforderungen für den Anschluss von festinstallierten Ladeeinrichtungen für Elektrofahrzeuge am Mittelspannungsnetz - Entwurf, gültig ab 01.05.2018 -, 2018.

- [57] Wikipedia. Earthing System. [Online]. https://en.wikipedia.org/wiki/Earthing_system
- [58] Institute of Energy and Technology (IET), Code of Practice for Electrical Vehicle Charging Equipment Installations, 3rd Edition, 2018.
- [59] Netherlands Knowledge Platform for Public Charging Infrastructure (NKL), Uniform Standards for Charge Points - Clear-cut guidelines, 2019.
- [60] Open Charge Alliance. The importance of open protocols. [Online]. <https://www.openchargealliance.org/protocols/>
- [61] Hydro Quebec, Electric Vehicle Charging Stations, Technical Installation Guide, 2nd Edition, 2015.
- [62] Official Journal of the European Union, Directive 2014/94/EU of the European Parliament and of the Council of 22 October 2014 on the deployment of alternative fuels infrastructure, 2014.
- [63] stuff. Geraldine, Fairlie to get electric car recharge stations by March 31. [Online]. <https://www.stuff.co.nz/timaru-herald/news/88722817/geraldine-fairlie-to-get-electric-car-recharge-stations-by-march-31>
- [64] Ideal Shield. [Online]. <https://www.idealshield.com/products/other-products/electric-vehicle-charging-station/>