



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Απομακρυσμένη καταγραφή δεδομένων παραγόμενης ισχύος σε συστοιχία φωτοβολταϊκών

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ του
ΓΕΩΡΓΙΟΥ ΝΤΑΡΜΗ
Σπουδαστή της Σχολής
Χημικών Μηχανικών Ε.Μ.Π.

Επίβλεψη: κ. Αθανάσιος Παπαθανασίου Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Συνεργασία: κ. Αθανάσιος Μπαρακίτης

Αθήνα Δεκέμβριος 2022

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κύριο Παπαθανασίου για την εμπιστοσύνη που έδειξε στην ανάθεση της εργασίας, καθώς και τον κύριο Μπαρακίτη ο οποίος μου παρείχε ουσιαστική καθοδήγηση και τροφή για σκέψη καθ' όλη τη διάρκεια της.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευχαριστίες	2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	9
ABSTRACT.....	10
1ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΕΞΑΡΤΗΣΗ ΑΠΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	12
1.1 Εισαγωγή.....	12
1.2 Οι μεγαλύτεροι παραγωγοί ανανεώσιμης ενέργειας στον κόσμο.....	12
1.4 Οι ΑΠΕ στην Αμερική	13
1.5 Οι ΑΠΕ στην Ευρώπη	15
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ 1 ^{ου} ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ	18
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΙΚΡΟΔΙΚΤΥΑ.....	19
2.1 Εισαγωγή.....	19
2.2 Βασικές αρχές φωτοβολταϊκών	20
2.2.1 Το φωτοβολταϊκό στοιχείο	20
2.2.2 Σιλικόνη.....	22
2.3 Βασικά στοιχεία σχεδίασης	24
2.4 Συστήματα συγκέντρωσης ηλιακής-θερμικής ενέργειας (CSP).....	27
2.5 Συστήματα πύργου CSP	28
2.6 Σύστημα θερμικής αποθήκευσης CSP	29
2.6.1 Άμεσο σύστημα δύο δεξαμενών	30
2.6.2 Έμμεσο σύστημα δύο δεξαμενών.....	30
2.7 Βασικά στοιχεία συστήματος γραμμικού συμπυκνωτή CSP	31
2.8 Ολοκλήρωση ηλιακών συστημάτων.....	32
2.8.1 Αποθήκευση ενέργειας.....	32
2.8.2 Αξιοπιστία δικτύου	36
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ 2 ^{ου} ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ.....	39
3 ^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.....	41
3.1 Φωτοβολταϊκά συστήματα.....	43
3.2 Το μικροδίκτυο.....	46
3.4 Ο μετατροπέας Fronius IG 60HV.....	46
3.4 Αποθήκευση ενέργειας σε συσσωρευτές μόλυβδου	49

3.5 Φορτιστής συσσωρευτών	50
3.6 Μετατροπέας Sunny Island 5048.....	52
3.6.1 Περαιτέρω λειτουργίες.....	53
3.6.2 Κατάσταση φόρτισης SOC και SOH.....	55
3.6.3 Ρύθμιση φόρτισης	56
3.7 Sunny Webbox και Sunny Portal.....	59
BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ 3 ^{ου} ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ.....	62
4 ^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΜΙΑΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ.....	63
Εισαγωγή.....	63
4.1 Φαινόμενο Hall (Hall Effect)	63
4.1.1 Αισθητήρες Φαινομένου Hall	65
4.1.2 Ο αισθητήρας H1B-ACDC.....	68
4.2 Η πλακέτα NI-DAQ 6008	69
4.3 Το λογισμικό LabVIEW	70
4.4 Διαδικασία απόκτησης δεδομένων	71
4.4.1 Βαθμονόμηση Αισθητήρα.....	71
4.4.2 Ανάπτυξη VI	73
4.5 Απομακρυσμένη παρακολούθηση με το Labview.....	76
4.5.1 Η μέθοδος Featherweight.....	76
4.5.2 Η μέθοδος Raw TCP functions Labview	77
4.5.3 LabVIEW Network streams	77
4.5.4 NI InsightCM.....	77
4.5.5 LabVIEW Remote Panels	77
4.5.6 NI SystemLink.....	78
BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ 4 ^{ου} ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ.....	81
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ^ο : ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	84
5.1 Εισαγωγή.....	84
5.2 Μετρήσεις LabView	88
5.3 Αποτελέσματα κεντρικού μετατροπέα.....	90
5.3.1 Δεκέμβριος 2021.....	92
5.3.2 ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2022	93
5.3.3 ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2022	94
5.3.4 ΜΑΡΤΙΟΣ 2022	95
5.3.5 ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2022	96
5.3.6 ΜΑΙΟΣ 2022	97
5.3.7 ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2022 - LABVIEW	98

5.3.8 ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2022 - LABVIEW	101
6 ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	103
ΕΡΕΥΝΕΣ ΔΗΜΩΝ	103
7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	105
7.1 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.....	105

Εικόνα 1 Διάγραμμα: Ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στις ΗΠΑ από όλους τους τομείς (1950–2020) Πηγή: U.S. Energy Information Administration (EIA), Monthly Energy Review	13
Εικόνα 2 Διάγραμμα: Μηνιαία παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στις ΗΠΑ από όλους τους τομείς, επιλεγμένες πηγές (Ιανουάριος 2019 – Δεκέμβριος 2022) Πηγή: U.S. Energy Information Administration, Monthly Energy Review and Short-Term Energy Outlook (STEO)	15
Εικόνα 3 Διάγραμμα: Εισαγωγές υγροποιημένου φυσικού αερίου (Ευρώπη-Ηνωμένο Βασίλειο) ως προς χώρες εισαγωγής (2010-2021) Πηγή: Γράφημα της Υπηρεσίας Ενεργειακών Πληροφοριών των Η.Π.Α., με βάση στοιχεία από τις ετήσιες εκθέσεις εμπορίου υγροποιημένου φυσικού αερίου (2010–2020) του Διεθνούς Ομίλου Εισαγωγέων Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου (GIIGNL) και του CEDIGAZ (2021)	16
Εικόνα 4 Διάγραμμα: Καθημερινές τιμές αργού πετρελαίου, φυσικού αερίου και υγροποιημένου φυσικού αερίου (Ιανουάριος 2019–Φεβρουάριος 2022). Πηγή: Γράφημα που δημιουργήθηκε από την Υπηρεσία Ενεργειακών Πληροφοριών των ΗΠΑ, με βάση δεδομένα από το Bloomberg Finance, L.P.	17
Εικόνα 5 Η κλίση των ηλιακών ακτίνων σε σχέση με ένα φωτοβολταϊκό κατά την διάρκεια ενός έτους	19
Εικόνα 6 Η σύνθεση ενός φωτοβολταϊκού συστήματος.	21
Εικόνα 7 Λειτουργία ηλιακού συλλέκτη διπλής όψης. ΠΗΓΗ: https://satvikkoorja.com/bifacial-solar-panels/	22
Εικόνα 8 Χαρακτηριστικά φωτοβολταϊκών κρυσταλλικού πυριτίου. Πηγή: « https://www.pilkington.com/en/global/commercial-applications/types-of-glass/solar-energy/solar-technologies/crystalline-silicon-photovoltaics# »	23
Εικόνα 9 Παραδείγματα ενσωμάτωσης φωτοβολταϊκών συστημάτων σε κτιριακές δομές.....	25
Εικόνα 10 Παράδειγμα χρήσης μετατροπέα σε οικιακό δίκτυο. Πηγή: « https://funkygadget.gr/shop/inverter-katharoy-imitonoy-800w-12v-amp-rythmistis-fortisis-50a-ps1k/?gclid=Cj0KCQjwkrUVBhCHARIsACViiOxBxqko04gq7wcCdahrGLFxAJwQTbaV55fnwRjlmMmonWRgbzM3uaQaAvoqEALw_wcB »	26
Εικόνα 11 Σύστημα συγκέντρωσης ηλιακής ενέργειας. Πηγή: « https://www.chiyodacorp.com/en/service/solar-energy/ »	28
Εικόνα 12 Δίκτυο συστήματος συγκέντρωσης ηλιακής ενέργειας πύργου. Πηγή: « https://www.energy.gov/eere/solar/power-tower-system-concentrating-solar-thermal-power-basics »	29
Εικόνα 13 Σύστημα απευθείας αποθήκευσης θερμικής ενέργειας δύο δεξαμενών. Πηγή: « https://www.energy.gov/eere/solar/thermal-storage-system-concentrating-solar-thermal-power-basics »	30

Εικόνα 14 Σύστημα έμμεσης αποθήκευσης θερμικής ενέργειας δύο δεξαμενών. Πηγή: « https://www.energy.gov/eere/solar/thermal-storage-system-concentrating-solar-thermal-power-basics ».....	31
Εικόνα 15 Το παραπάνω διάγραμμα απεικονίζει τα όρια και τα τυπικά στοιχεία που μπορούν να ενσωματωθούν σε ένα μικροδίκτυο, καθώς και τη ροή ηλεκτρικής ενέργειας. Πηγή: « https://network-solutions.vattenfall.co.uk/services/smart-grids-and-micro-grids ».....	37
Εικόνα 16 Παράδειγμα μικροδικτύου. Ένα μικροδίκτυο είναι μια ομάδα διασυνδεδεμένων φορτίων και κατανεμημένων ενεργειακών πόρων εντός σαφώς καθορισμένων ηλεκτρικών ορίων που λειτουργεί ως μια ενιαία ελεγχόμενη οντότητα σε σχέση με το δίκτυο. Ένα μικροδίκτυο μπορεί να συνδεθεί και να αποσυνδεθεί από το δίκτυο για να του επιτρέψει να λειτουργεί τόσο σε λειτουργία σύνδεσης στο δίκτυο όσο και σε λειτουργία νησίδας. Πηγή: «(LBNL, USDOE, 2019)».....	38
Εικόνα 17 Το ηλιακό εργαστήριο της σχολής Χημικών Μηχανικών ΕΜΠ	41
Εικόνα 18 Το ηλιακό εργαστήριο της σχολής Χημικών Μηχανικών ΕΜΠ 2	42
Εικόνα 19 Φωτοβολταϊκά συστήματα στην ταράτσα του κτηρίου του τμήματος Χημικών Μηχανικών ΕΜΠ.	43
Εικόνα 20 Σύστημα φωτοβολταϊκών	45
Εικόνα 21 Στοιχεία του μικροδικτύου.....	46
Εικόνα 22 Ο μετατροπέας Fronius IG 60HV στο εργαστήριο ηλιακής μηχανικής.	47
Εικόνα 23 Οι 8 μετατροπείς/αντιστροφείς του εργαστηρίου Ηλιακής Μηχανικής.	48
Εικόνα 24 Η διάταξη των 8 συσσωρευτών ενέργειας στο εργαστήριο.....	49
Εικόνα 25 Διάγραμμα: Αριθμός κύκλων σε συνάρτηση με το βάθος εκφόρτισης. (Το βάθος εκφόρτισης μιας μπαταρίας (DoD) υποδεικνύει το ποσοστό της μπαταρίας που έχει αποφορτιστεί σε σχέση με τη συνολική χωρητικότητα της μπαταρίας.)	49
Εικόνα 26 Ο ελεγκτής ηλιακού συστήματος φόρτισης Tristar T45s της MorningStart. Δεξιά ο ελεγκτής στο εργαστήριο ηλιακής μηχανικής.....	50
Εικόνα 27 Τα τέσσερα στάδια της ηλιακής φόρτισης.....	51
Εικόνα 28 Διάγραμμα: Pulse Width Modulation: Η διαμόρφωση πλάτους παλμού (PWM) ή διαμόρφωση διάρκειας παλμού (PDM), είναι μια μέθοδος μείωσης της μέσης ισχύος που παρέχεται από ένα ηλεκτρικό σήμα, τεμαχίζοντάς το αποτελεσματικά σε διακριτά μέρη.	51
Εικόνα 29 Ο Μετατροπέας sunny island 5048.....	52
Εικόνα 30 Παράδειγμα ρυθμίσεων απόρριψης φορτίου κατά τη διάρκεια της νύχτας.....	54
Εικόνα 31 Διάγραμμα: Μετατροπέας SI5048: Οι φάσεις φόρτισης των συσσωρευτών.....	56
Εικόνα 32 Η διαδικασία φόρτισης.	57
Εικόνα 33 Τεχνικές προδιαγραφές κεντρικού μετατροπέα.....	58
Εικόνα 34 Η διαδικτυακή πύλη Sunny Portal.	59
Εικόνα 35 Η συσκευή Sunny Webbox στο εργαστήριο Ηλιακής Μηχανικής.....	60
Εικόνα 36 Η πλατφόρμα του Sunny Portal με όλες τις διαθέσιμες αναφορές.....	60
Εικόνα 37 hall effect	63
Εικόνα 38 Ροή ηλεκτρονίων σε αγώγιμη πλάκα. Πηγή: https://howtomechatronics.com/how-it-works/electrical-engineering/hall-effect-hall-effect-sensors-work/	64
Εικόνα 39 Διαχωρισμός φορτίων ροής σε αγώγιμη πλάκα υπό την επίδραση μαγνητικού πεδίου.	64
Εικόνα 40 Κύκλωμα με αισθητήρα Hall και ενισχυτή υψηλής απόδοσης.....	66
Εικόνα 41 Αναλογικό σήμα εξόδου και ψηφιακό σήμα εξόδου συναρτήσει του μαγνητικού πεδίου.	66
Εικόνα 42 Κύκλωμα με στοιχείο Hall σε συνδυασμό με Schmitt Trigger.....	67
Εικόνα 43 Εφαρμογή αισθητήρα Hall για μέτρηση περιστροφών περιστρεφόμενου άξονα.	67

Εικόνα 44 Αριστερά: Ο αισθητήρας Hall του εργαστηρίου για τη μέτρηση της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει έναν αγωγό. Δεξιά: Σχηματικό κύκλωμα της λειτουργίας του αισθητήρα. Ο αισθητήρας H1B-ACDC-72 της Measure- Current είναι ένας αισθητήρας φαινομένου Hall ο οποίος χρησιμοποιείται για την μέτρηση του AC ή DC ρεύματος που διαρρέει έναν αγωγό. Παρέχει τάση εξόδου ανάλογη με την ποσότητα του ρεύματος που ανιχνεύεται στο καλώδιο που πραγματοποιείται η μέτρηση. Έχει μέγιστο όριο τάσης εξόδου τα 4Volts DC και ευαισθησία ~33mV/Ampr. Αυτός ο τύπος αισθητήρα προτιμάται από σχεδιαστές συστημάτων λόγω της ικανότητας του να παρέχει ηλεκτρική απομόνωση από την γραμμή που μετρείται, καθώς επίσης επιτρέπει την ενίσχυση του σήματος μέσω της αναδίπλωσης και διέλευσης του καλωδίου περισσότερες φορές μέσα από τον αισθητήρα. Για παράδειγμα αν θέλουμε να μετρήσουμε ρεύμα έντασης 4-20mA τότε μπορούμε να περάσουμε ένα λεπτό καλώδιο 100 φορές μέσα από τον αισθητήρα για να δυναμώσουμε το σήμα.	68
Εικόνα 45 Συσχέτιση μετρούμενης τάσης με της μετρούμενα ένταση του ρεύματος που διαρρέει τον αγωγό.....	69
Εικόνα 46 Η πλακέτα NI-DAQ 6008.	70
Εικόνα 47 Το λογισμικό LabVIEW	70
Εικόνα 48 Αριστερά: Το διερχόμενο από τον αισθητήρα Hall καλώδιο. Δεξιά: Οι θύρες αναλογικού σήματος της πλακέτας NI-DAQ 6008. Για να πάρουμε την μέτρηση της τάσης από τον αισθητήρα Hall αρκεί να συνδέσουμε ένα καλώδιο στο GND (Ground) και ένα στο αντίστοιχο AI (Analog Input).	71
Εικόνα 49 Διάγραμμα τάσης για μηδενική ένταση ρεύματος.	72
Εικόνα 50 Η ένδειξη ισχύος του μετατροπέα Fronius IG για μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή. .	73
Εικόνα 51 Η διάταξη για τη μέτρηση της ισχύος φωτοβολταϊκού συστήματος.	73
Εικόνα 52 Το VI απόκτησης δεδομένων "Data Acquisition" τάσης μαζί με τους απαραίτους υπολογισμούς και την εντολή "Write to Measurement File" αποθήκευσης των μετρήσεων.	74
Εικόνα 53 Τα διάγραμμα Τάσης και Έντασης όπως αυτά φαίνονται μέσα στο λογισμικό Labview κατά την διαδικασία λήψης των μετρήσεων.	75
Εικόνα 54 Το διάγραμμα ισχύος.	75
Εικόνα 55 Εντολή ορισμού χρονικού βήματος μέτρησης σε milliseconds.	76
Εικόνα 56 Για κάθε μετρούμενο μέγεθος τοποθετούμε μια σειρά ενσωματωμένων στο Labview εντολών της Systemlink, οι οποίες λαμβάνουν με την μορφή ενός Tag την τιμή που μετράται σε κάθε επανάληψη. Κατόπιν την διανέμουν στην ιστοσελίδα https://api.systemlinkcloud.com/ αντιστοιχίζοντας την με ένα συγκεκριμένο κωδικό που ονομάζεται API key*.....	79
Εικόνα 57 Οι επιλογές που προσφέρει το systemlinkcloud.	79
Εικόνα 58 Τα μετρούμενα μεγέθη τάση ένταση και ισχύς, όπως αυτά εμφανίζονται στην ιστοσελίδα της systemlinkcloud.	80
Εικόνα 59 Το διάγραμμα ισχύος που συλλέγεται όπως εμφανίζεται στο Systemlink Cloud μαζί με τις διαθέσιμες βασικές δυνατές επιλογές απεικόνισης.	80
Εικόνα 60 Δεδομένα διάρκειας ηλιοφάνειας για την επικράτεια. Πηγή: weatheronline.gr	85
Εικόνα 61 Ώρες ηλιοφάνειας για το διάστημα Νοεμβρίου 2021-Ιουνίου 2022 Πηγή: www.weatheronline.gr	85
Εικόνα 62 Νεφοκάλυψη στην Ελλάδα την Πέμπτη 7.7.22 Πηγή: weatheronline.gr	86
Εικόνα 63 Αυξομειώσεις στο διάγραμμα ισχύος του φωτοβολταϊκού τις μεσημεριανες ώρες της 7.7.22	87
Εικόνα 64 Παραγωγή ισχύος φωτοβολταϊκής μονάδας την περίοδο 12.7.22-14.7.22.	87
Εικόνα 65 Διάγραμμα: Οι τιμές τάσης του αισθητήρα για την περίοδο 1/7/22 έως 8/7/22	88
Εικόνα 66 Διάγραμμα: Οι τιμές έντασης ρεύματος που αντιστοιχούν στις τιμές τάσης που μετρήσε ο αισθητήρας Hall την πρώτη εβδομάδα του Ιουλίου (1/7-7/7)	89

Εικόνα 67 Διάγραμμα: Η ισχύς του φωτοβολταϊκού για την περίοδο από 1/7/22 (1:38pm) έως 8/7/22 – (διάρκεια περίπου 8 ημερών – 200 ωρών).....	89
Εικόνα 68 Τάση συσσωρευτή από 1/7 έως 9/7	90
Εικόνα 69 Τάση μετατροπέα από 1/7 έως 8/7.	91
Εικόνα 70 Εξωτερική τάση κεντρικού μετατροπέα (μπλέ), Εσωτερική τάση κεντρικού μετατροπέα (κόκκινο) για το διάστημα 1/7-8/7	92
Εικόνα 71 Διάγραμμα Συχνότητας Μετατροπέα για τον μήνα Δεκέμβριο.....	92
Εικόνα 72 Διάγραμμα Τάσης μετατροπέα για τον μήνα Δεκέμβριο.	93
Εικόνα 73 Διάγραμμα Τάσης Συσσωρευτή για τον μήνα Δεκέμβριο.	93
Εικόνα 74 Διάγραμμα Συχνότητας μετατροπέα για τον μήνα Ιανουάριο.	93
Εικόνα 75 Διάγραμμα Τάσης μετατροπέα για τον μήνα Ιανουάριο.	94
Εικόνα 76 Διάγραμμα Τάσης συσσωρευτή για τον μήνα Ιανουάριο.....	94
Εικόνα 77 Διάγραμμα Συχνότητας μετατροπέα για τον μήνα Φεβρουάριο.	94
Εικόνα 78 Διάγραμμα Τάσης μετατροπέα για τον μήνα Φεβρουάριο.	95
Εικόνα 79 Διάγραμμα Τάσης συσσωρευτή για τον μήνα Φεβρουάριο.....	95
Εικόνα 80 Διάγραμμα Συχνότητας μετατροπέα για τον μήνα Μάρτιο.....	95
Εικόνα 81 Διάγραμμα Τάσης μετατροπέα για τον μήνα Μάρτιο.	96
Εικόνα 82 Διάγραμμα Τάσης συσσωρευτή για τον μήνα Μάρτιο.	96
Εικόνα 83 Διάγραμμα Συχνότητας μετατροπέα για τον μήνα Απρίλιο.....	96
Εικόνα 84 Διάγραμμα Τάσης μετατροπέα για τον μήνα Απρίλιο.....	97
Εικόνα 85 Διάγραμμα Τάσης συσσωρευτή για τον μήνα Απρίλιο.....	97
Εικόνα 86 Διάγραμμα Συχνότητας μετατροπέα για τον μήνα Μάιο.....	97
Εικόνα 87 Διάγραμμα Τάσης μετατροπέα για τον μήνα Μάιο.	98
Εικόνα 88 Διάγραμμα Τάσης συσσωρευτή για τον μήνα Μάιο.....	98
Εικόνα 89 Τιμές παραχθείσας έντασης ρεύματος φωτοβολταϊκής μονάδας την περίοδο 4.11.22 έως 9.11.22. (Χρονικό διάστημα μετρήσεων: Ανά 30 λεπτά). Πηγή https://www.systemlinkcloud.com/data/tags	98
Εικόνα 90 Τιμές μετρούμενης τάσης από τον αισθητήρα Hall για την περίοδο από 4.11.22 έως 9.11.22. (Χρονικό διάστημα μετρήσεων: ανά 30 λεπτά) Πηγή https://www.systemlinkcloud.com/data/tags	99
Εικόνα 91 Μετρούμενες τιμές ενέργειας για το διάστημα από 4.11.22 έως 9.11.22. (Χρονικό διάστημα μετρήσεων: ανά 30 λεπτά) Πηγή: https://www.systemlinkcloud.com/data/tags	99
Εικόνα 92 Μετρήσεις ενέργειας φωτοβολταϊκού για το διάστημα από 11.11.22 έως 30.11.22. Χρονικό διάστημα μετρήσεων: ανά 20 λεπτά. Πηγή https://www.systemlinkcloud.com/data/tags	100
Εικόνα 93 Παραχθείσα ενέργεια φωτοβολταϊκού πλαισίου για το διάστημα από 1.12.22 έως 14.12.22 με χρονικό διάστημα μετρήσεων ανά 20 λεπτά. Πηγή https://www.systemlinkcloud.com/data/tags	101
Εικόνα 94 Παραχθείσα ενέργεια φωτοβολταϊκού για το διάστημα από 16.12.22 έως 29.12.22. (Περίοδος μετρήσεων 10 λεπτά) Πηγή https://www.systemlinkcloud.com/data/tags	102
Εικόνα 95 Μέσες, ελάχιστες και μέγιστες τιμές ισχύος και ενέργειας στα νοικοκυριά του Δήμου Αμαρουσίου. Πηγή: http://www.cres.gr/pepesecc/apotelesmata.html	104

Πίνακας 1 Συνολικά τεχνικά χαρακτηριστικά και ηλεκτρικές προδιαγραφές των <i>Eurosolar PL8 modules</i>	44
Πίνακας 2 Τεχνικές προδιαγραφές αισθητήρα.	68
Πίνακας 3 Αντιστοίχιση μετρούμενης τάσης με μετρούμενη ένταση.	69
Πίνακας 4 Ώρες ηλιοφάνειας ανά ημέρα για την περίοδο 1/7/22 - 7/7/22	85

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Εισαγωγή: Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ορίζονται ως η ενέργεια που μπορεί να ανανεωθεί, σε αντίθεση με τα καύσιμα όπως το φυσικό αέριο, το πετρέλαιο ή ο άνθρακας και χρησιμοποιήθηκαν στην Ευρώπη πριν από περισσότερο από 2.000 χρόνια. Οι ηλιακές τεχνολογίες μετατρέπουν το ηλιακό φως σε ηλεκτρική ενέργεια είτε μέσω φωτοβολταϊκών (PV) πάνελ είτε μέσω κατόπτρων που συγκεντρώνουν την ηλιακή ακτινοβολία. Αυτή η ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ή να αποθηκευτεί σε μπαταρίες ή θερμική αποθήκευση.

Σκοπός: Στόχος της τρέχουσας έρευνας είναι η παρακολούθηση των τιμών τάσης, ρεύματος και έντασης φωτός μέσω του λογισμικού LabView βάσει φωτοβολταϊκών συστημάτων στην περιοχή του Ζωγράφου, έχοντας θέσει συγκεκριμένες ηλεκτρικές παραμέτρους, σε πραγματικό χρόνο.

Μεθοδολογία: Για την επίτευξη του στόχου της έρευνας χρησιμοποιήθηκαν η Μονάδα Ηλιακής Μηχανικής της Σχολής Χημικών Μηχανικών, κοινώς γνωστή ως "Ηλιακό Εργαστήριο", τα Φωτοβολταϊκά συστήματα στην ταράτσα του κτηρίου του τμήματος Χημικών Μηχανικών ΕΜΠ, καθώς και ένα προσφάτως αναπτυσσόμενο μικροδίκτυο (Micro-grid), με σκοπό την ενεργειακή αυτονόμηση του εργαστηρίου από το κεντρικό δίκτυο ηλεκτρισμού. Ο συνδυασμός των ανωτέρω με μία σειρά μετατροπέων, συσσωρευτών και διαδικτυακών πυλών αλλά και μικροδιατάξεων με στοιχεία όπως το Hall, η ομάδα μας είχε τη δυνατότητα να λάβει τις μετρήσεις και τις απεικονίσεις τους σε γραφικές παραστάσεις.

Αποτελέσματα: Τα αποτελέσματα που λάβαμε αφορούσαν τις τάσεις συσσωρευτή και μετατροπέα, τη συχνότητα του μετατροπέα και τις παραχθείσες τιμές ενεργειών και τάσης σε συγκεκριμένους μήνες από το Δεκέμβριο του 2021 έως και το Δεκέμβριο του 2022.

Συμπεράσματα: Τα αποτελέσματα σχετίζονται με το ρυθμισμένο LabView, βασιζόμενο στις παραμέτρους που προαναφέραμε, ώστε να προσαρμοστεί εύκολα και με το βέλτιστο τρόπο στα φωτοβολταϊκά συστήματα.

ABSTRACT

Introduction: Renewable energy is defined as energy that can be renewed, as opposed to fuels such as natural gas, oil or coal that were used in Europe more than 2,000 years ago. Solar technologies convert sunlight into electricity either through photovoltaic (PV) panels or through mirrors that concentrate solar radiation. This energy can be used to generate electricity or stored in batteries or thermal storage.

Purpose: The aim of the current research is to monitor voltage, current and light intensity values through the LabView software based on photovoltaic systems in the area of Zoografou, having set specific electrical parameters, in real time.

Methodology: To achieve the objective of the research, the Solar Engineering Unit of the School of Chemical Engineering, known as the "Solar Laboratory", the Photovoltaic systems on the roof of the building of the Chemical Engineering department of NTUA, as well

as a recently developed micro-grid were used, with the aim of energy independence of the laboratory from the central electricity network. Combining the above with a series of converters, accumulators and gateways as well as microarrays with elements such as Hall, our team was able to take measurements and their visualizations in graphical representations.

Results: The results we obtained were for battery and inverter voltages, inverter frequency, and produced energy values and voltages in specific months from December 2021 to December 2022.

Conclusions: The results relate the adjusted LabView, based on the parameters we mentioned above, to be easily and optimally adapted to photovoltaic systems.

1ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΕΞΑΡΤΗΣΗ ΑΠΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

1.1 Εισαγωγή

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ορίζονται ως η ενέργεια που μπορεί να ανανεωθεί, σε αντίθεση με τα καύσιμα όπως το φυσικό αέριο, το πετρέλαιο ή ο άνθρακας και χρησιμοποιήθηκαν στην Ευρώπη πριν από περισσότερο από 2.000 χρόνια. Φυσικά, τότε ήταν σε πιο απλή μορφή, αλλά υπήρξε η προϋπόθεση για τα σημερινά τεχνολογικά επιτεύγματα. Τα αποθέματα των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας ανανεώνονται συνεχώς με φυσικό τρόπο, και πρακτικά θεωρούνται ανεξάντλητα. Σε αυτή την ευρέως πλέον αναγνωρισμένη κατηγορία άντλησης ενέργειας, ανήκουν ο άνεμος, ο ήλιος, τα ποτάμια, η οργανική ύλη, τα οποία παράγουν προϊόντα «οικιακής προέλευσης» όπως ηλεκτρική ενέργεια. Υπάρχει μία τάση σε παγκόσμιο επίπεδο για την αύξηση της χρήση ΑΠΕ και την σταδιακή απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα.

1.2 Οι μεγαλύτεροι παραγωγοί ανανεώσιμης ενέργειας στον κόσμο

Κίνα: Το 2020, η Κίνα είχε συνολική εγκατεστημένη υδροηλεκτρική ισχύ 356,4 gigawatt. Η Κίνα διαθέτει επίσης δύο από τους μεγαλύτερους υδροηλεκτρικούς σταθμούς στον κόσμο.

Βραζιλία: Η Βραζιλία φιλοξενεί έναν από τους μεγαλύτερους και ισχυρότερους ποταμούς παγκοσμίως, τον Αμαζόνιο. Ο Αμαζόνιος με την τεράστια υδάτινη μάζα του δημιουργεί ένα τεράστιο υδροηλεκτρικό δυναμικό το οποίο και εκμεταλλεύεται η Βραζιλία. Το 2020, η Βραζιλία διέθετε πάνω από 109,1 gigawatt δυναμικότητας υδροηλεκτρικής παραγωγής.

Ηνωμένες Πολιτείες: Οι ΗΠΑ φιλοξενούν μερικά από τα πιο διάσημα φράγματα παγκοσμίως, όπως το φράγμα Hoover Dam και το Grand Coulee Dam που βρίσκεται στην Πολιτεία της Ουάσιγκτον στον ποταμό Κολούμπια. Το 2020, οι ΗΠΑ είχαν εγκατεστημένη υδροηλεκτρική ισχύ άνω των 102,8 gigawatt.

Καναδάς: Ο Καναδάς έχει αυξηθεί αυξήσει την υδροηλεκτρική δυναμικότητα την τελευταία δεκαετία. Το 2020, ο Καναδάς είχε πάνω από 81,4 gigawatt συνολικής υδροηλεκτρικής ισχύος. Αυτός ο αριθμός θα αυξηθεί σίγουρα μέχρι το 2021.

Ινδία: Η Ινδία έχει καταστήσει την αγορά ορισμένης ποσότητας υδροηλεκτρικής ενέργειας υποχρεωτική για τις εταιρείες κοινής ωφέλειας της χώρας. Το 2020, η Ινδία είχε πάνω από 50,1 gigawatt υδροηλεκτρικής ισχύος.

Ιαπωνία: Το 2020, η Ιαπωνία αύξησε την υδροηλεκτρική της δυναμικότητα σε σχεδόν 50 gigawatt.

Ρωσία: Η Ρωσία είναι συνδεδεμένη με την Ιαπωνία για υδροηλεκτρική ισχύ από το 2020 με σχεδόν 50 gigawatt.

Πολλές χώρες έχουν κάνει δεσμεύσεις και βήματα προς την κατεύθυνση της απομάκρυνσης των μεθόδων παραγωγής ενέργειας από τα ορυκτά καύσιμα και προς τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Ακολουθούν μερικά παραδείγματα ορισμένων χωρών που έχουν αναλάβει τις πιο φιλόδοξες δεσμεύσεις και πέτυχαν πολλούς από τους στόχους τους για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας:

Ουρουγουάη: Σήμερα, η Ουρουγουάη λαμβάνει το 100% της ηλεκτρικής της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Κόστα Ρίκα: Η Κόστα Ρίκα καλύπτει το 95% των αναγκών της σε ηλεκτρική ενέργεια συνδυάζοντας υδροηλεκτρική, γεωθερμική, ηλιακή και αιολική ενέργεια.

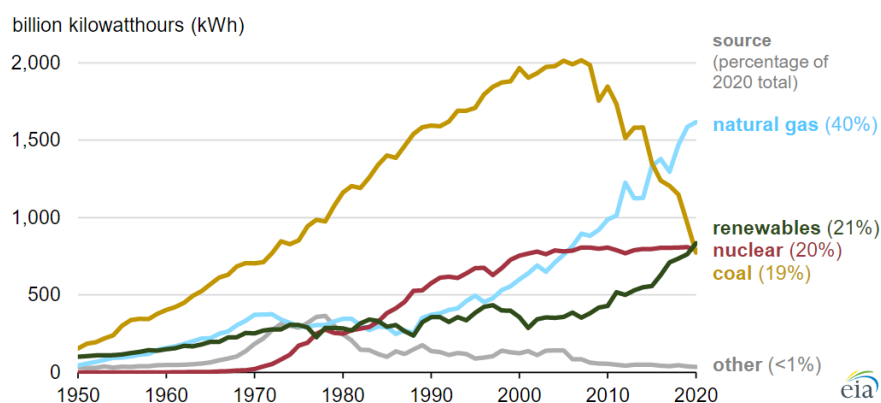
Σουηδία: Η Σουηδία έχει δηλώσει ότι θα εξαλείψει 100% τα ορυκτά καύσιμα για την παραγωγή ενέργειας έως το 2040. Η Σουηδία έχει επίσης δεσμευτεί για καθαρές μεταφορές.

Σκωτία: Ένας από τους ηγέτες στην αιολική ενέργεια είναι η Σκωτία. Η Σκωτία καλύπτει το 98% των ενεργειακών αναγκών της από αιολικά πάρκα.

Μαρόκο: Το Μαρόκο επενδύει σε μεγάλο βαθμό στην ηλιακή ενέργεια και παράγει πάνω από το 50% της ηλεκτρικής του ενέργειας μέσω ηλιακής ενέργειας.

Κένυα: Η Κένυα λαμβάνει το ήμισυ της ηλεκτρικής της ενέργειας από γεωθερμική ενέργεια. Η βιομηχανία αιολικής ενέργειας τους βρίσκεται επίσης σε άνοδο.

1.4 Οι ΑΠΕ στην Αμερική

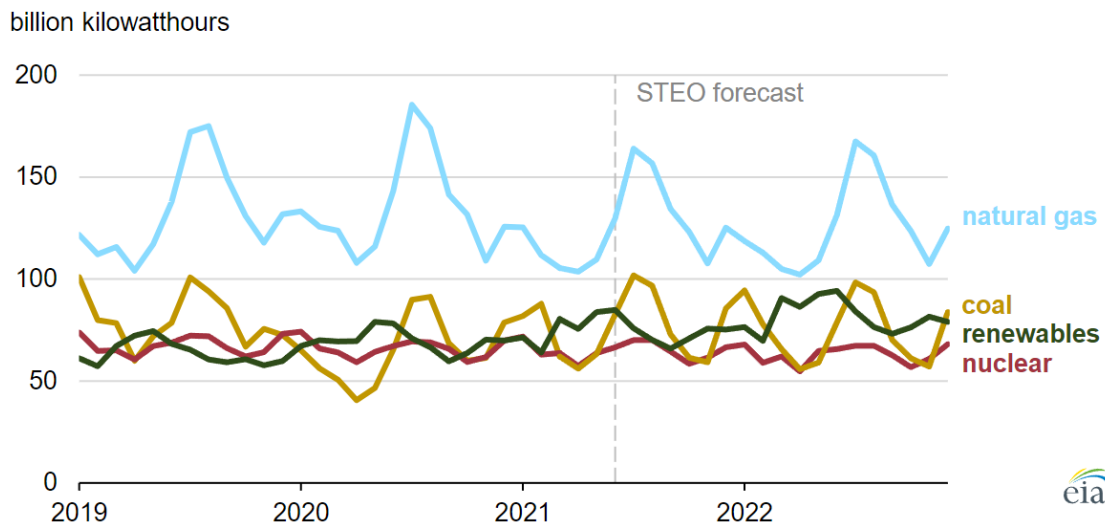


ΕΙΚΟΝΑ 1 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ: ΕΤΗΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΙΣ ΗΠΑ ΑΠΟ ΟΛΟΥΣ ΤΟΥΣ ΤΟΜΕΙΣ (1950–2020) ΠΗΓΗ: U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION (EIA), MONTHLY ENERGY REVIEW

Το 2020, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (συμπεριλαμβανομένης της αιολικής, της υδροηλεκτρικής, της ηλιακής, της βιομάζας και της γεωθερμικής ενέργειας) παρήγαγαν ρεκόρ 834 δισεκατομμυρίων κιλοβατώραν (kWh) ηλεκτρικής ενέργειας ή περίπου το 21% του συνόλου της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται στις Ηνωμένες Πολιτείες. Μόνο το φυσικό αέριο (1.617 δισεκατομμύρια kWh) παρήγαγε περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας στις Ηνωμένες Πολιτείες το 2020. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ξεπέρασαν τόσο την πυρηνική ενέργεια (790 δισεκατομμύρια kWh) όσο και τον άνθρακα (774 δισεκατομμύρια kWh) για πρώτη φορά σε ρεκόρ. Αυτό το αποτέλεσμα το 2020 οφειλόταν κυρίως στη σημαντικά λιγότερη χρήση άνθρακα στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στις ΗΠΑ και στη σταθερά αυξημένη χρήση αιολικής και ηλιακής ενέργειας.

Το 2021, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στις ΗΠΑ από άνθρακα σε όλους τους τομείς μειώθηκε κατά 20% από το 2020, ενώ οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, συμπεριλαμβανομένης της ηλιακής ενέργειας μικρής κλίμακας, αυξήθηκαν κατά 9%. Η αιολική ενέργεια, επί του παρόντος η πιο διαδεδομένη πηγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές στις Ηνωμένες Πολιτείες, αυξήθηκε κατά 14% το 2021 από το 2020. Η ηλιακή παραγωγή σε κλίμακα κοινής ωφέλειας (από έργα άνω του 1 μεγαβάτ) αυξήθηκε κατά 26%, και η ηλιακή μικρής κλίμακας, όπως οι ηλιακοί συλλέκτες στέγης, αυξήθηκαν 19%.

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με καύση άνθρακα στις Ηνωμένες Πολιτείες κορυφώθηκε στα 2.016 δισεκατομμύρια kWh το 2007 και μεγάλο μέρος αυτής της δυναμικότητας έχει αντικατασταθεί ή μετατραπεί σε παραγωγή φυσικού αερίου από τότε. Ο άνθρακας ήταν η μεγαλύτερη πηγή ηλεκτρικής ενέργειας στις Ηνωμένες Πολιτείες μέχρι το 2016 (σύμφωνα με τη σειρά δεδομένων μας που χρονολογείται από το 1949). Η πυρηνική ηλεκτρική ενέργεια μειώθηκε κατά 2% από το 2019 έως το 2020, επειδή αρκετοί πυρηνικοί σταθμοί αποσύρθηκαν και άλλοι πυρηνικοί σταθμοί παρουσίασαν ελαφρώς περισσότερες διακοπές λειτουργίας που σχετίζονται με τη συντήρηση.



ΕΙΚΟΝΑ 2 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ: ΜΗΝΙΑΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΙΣ ΗΠΑ ΑΠΟ ΟΛΟΥΣ ΤΟΥΣ ΤΟΜΕΙΣ, ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΕΣ ΠΗΓΕΣ (ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2019 – ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2022)
ΠΗΓΗ: U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION, MONTHLY ENERGY REVIEW AND SHORT-TERM ENERGY OUTLOOK (STEO)

1.5 Οι ΑΠΕ στην Ευρώπη

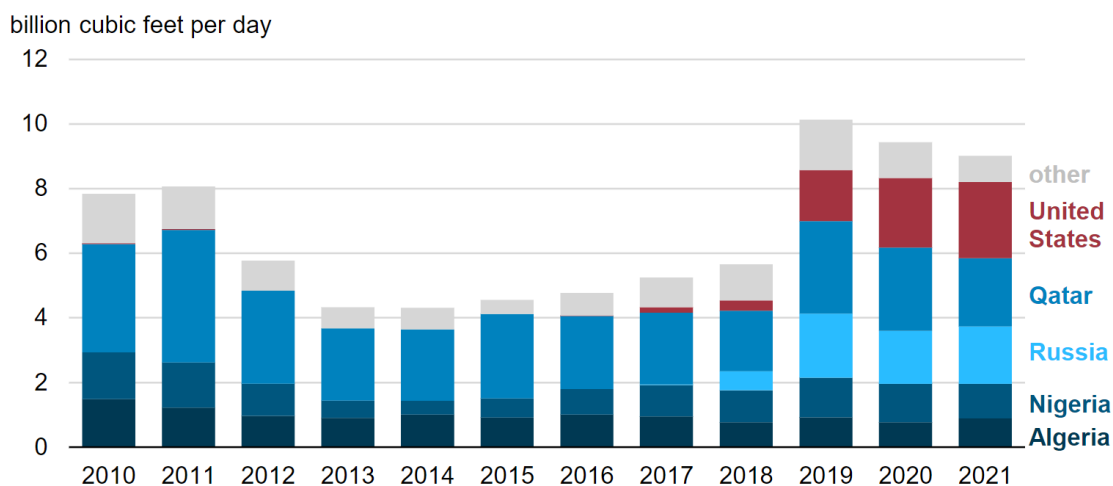
Το 2020, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποτελούσαν το 37% της ακαθάριστης κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στην ΕΕ, από 34% το 2019, σύμφωνα με στοιχεία της Eurostat που δόθηκαν σήμερα στη δημοσιότητα.

Η αιολική και η υδροηλεκτρική ενέργεια αντιπροσώπευαν πάνω από τα δύο τρίτα της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές (36% και 33%, αντίστοιχα). Το υπόλοιπο ένα τρίτο της ηλεκτρικής ενέργειας προερχόταν από ηλιακή ενέργεια (14%), στερεά βιοκαύσιμα (8%) και άλλες ανανεώσιμες πηγές (8%). Σύμφωνα με τη Eurostat, η ηλιακή ενέργεια είναι η ταχύτερα αναπτυσσόμενη πηγή: το 2008 αντιπροσώπευε μόνο το 1% της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώθηκε στην ΕΕ.

Στην Ελλάδα το 35% της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώθηκε το 2020 παρήχθη από ανανεώσιμες πηγές.

Μεταξύ των κρατών-μελών, το υψηλότερο ποσοστό (άνω του 70%) ανανεώσιμων πηγών ενέργειας παρήχθη στην Αυστρία (78%) και τη Σουηδία (75%). Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ήταν επίσης υψηλή και αντιπροσώπευε περισσότερο από το ήμισυ της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώθηκε στη Δανία (65%), την Πορτογαλία (58%), την Κροατία και τη Λετονία (και οι δύο 53%).

Στο άλλο άκρο της κλίμακας, το μερίδιο της ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ήταν 15% ή λιγότερο στη Μάλτα (10%), την Ουγγαρία και την Κύπρο (και οι δύο 12%), το Λουξεμβούργο (14%) και την Τσεχία (15%). []



ΕΙΚΟΝΑ 3 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ: ΕΙΣΑΓΩΓΕΣ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ (ΕΥΡΩΠΗ-ΗΝΩΜΕΝΟ ΒΑΣΙΛΕΙΟ) ΩΣ ΠΡΟΣ ΧΩΡΕΣ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ (2010-2021)

ΠΗΓΗ: ΓΡΑΦΗΜΑ ΤΗΣ ΥΠΗΡΕΣΙΑΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΤΩΝ Η.Π.Α., ΜΕ ΒΑΣΗ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΠΟ ΤΙΣ ΕΤΗΣΙΕΣ ΕΚΘΕΣΕΙΣ ΕΜΠΟΡΙΟΥ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ (2010–2020) ΤΟΥ ΔΙΕΘΝΟΥΣ ΟΜΙΛΟΥ ΕΙΣΑΓΩΓΩΝ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ (GIIGNL) ΚΑΙ ΤΟΥ CEDIGAZ (2021)

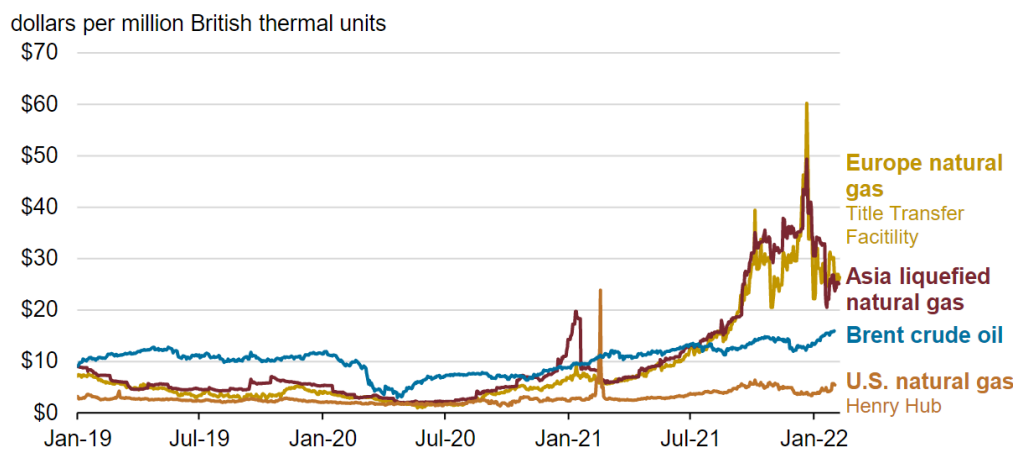
Το 2021, ένα μεγάλο μερίδιο της ευρωπαϊκής προμήθειας υγροποιημένου φυσικού αερίου (LNG) προερχόταν από τις Ηνωμένες Πολιτείες, το Κατάρ και τη Ρωσία. Συνολικά, αυτές οι τρεις χώρες αντιπροσώπευαν σχεδόν το 70% των συνολικών εισαγωγών LNG στην Ευρώπη, σύμφωνα με στοιχεία της CEDIGAZ. Οι Ηνωμένες Πολιτείες έγιναν η μεγαλύτερη πηγή LNG στην Ευρώπη το 2021, αντιπροσωπεύοντας το 26% του συνόλου του LNG που εισάγεται από τις χώρες μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης (EU-27) και το Ηνωμένο Βασίλειο (ΗΒ), ακολουθούμενες από το Κατάρ με 24% και τη Ρωσία με 20%. Τον Ιανουάριο του 2022, οι Ηνωμένες Πολιτείες παρείχαν περισσότερες από τις μισές εισαγωγές LNG στην Ευρώπη για τον μήνα.

Οι εξαγωγές LNG από τις Ηνωμένες Πολιτείες στην ΕΕ-27 και το Ηνωμένο Βασίλειο αυξήθηκαν από 3,4 δισεκατομμύρια κυβικά πόδια την ημέρα (Bcf/d) τον Νοέμβριο του 2021 σε 6,5 Bcf/d τον Ιανουάριο του 2022—το μεγαλύτερο LNG που αποστέλλεται στην Ευρώπη από τις Ηνωμένες Πολιτείες σε μηνιαία βάση μέχρι σήμερα, σύμφωνα με τις μηνιαίες εκθέσεις LNG του Υπουργείου Ενέργειας των ΗΠΑ και τις δικές μας εκτιμήσεις, οι οποίες βασίζονται σε δεδομένα μεταφοράς LNG. Οι αυξανόμενες εξαγωγές LNG των ΗΠΑ είναι αποτέλεσμα τόσο των προκλήσεων στον εφοδιασμό φυσικού αερίου στην Ευρώπη όσο και των σημαντικών διαφορών τιμών μεταξύ του φυσικού αερίου που παράγεται στις Ηνωμένες Πολιτείες και των τρεχουσών τιμών στους ευρωπαϊκούς κόμβους εμπορίου.

Οι περιορισμοί εφοδιασμού φυσικού αερίου στην Ευρώπη και τα χαμηλά αποθέματα αποθήκευσης του περασμένου έτους συνέβαλαν στις πρόσφατες αυξήσεις στις εξαγωγές LNG των ΗΠΑ στην Ευρώπη. Η παραγωγή φυσικού αερίου της Ευρώπης βρίσκεται σε συνεχή μείωση λόγω των ορίων παραγωγής στο κοιτάσμα του Groningen στην Ολλανδία και της πτώσης στα ώριμα κοιτάσματα στη Βόρεια Θάλασσα. Για την κάλυψη της ζήτησης,

οι εισαγωγές φυσικού αερίου της Ευρώπης, ιδιαίτερα από τη Ρωσία, έχουν αυξηθεί τα τελευταία χρόνια.

Οι ροές φυσικού αερίου από αγωγούς από τη Ρωσία μειώθηκαν κατά τη διάρκεια του 2021. Οι εισροές από τη Ρωσία στα τρία κύρια σημεία εισόδου (Konradki στην Πολωνία, Greifswald στη Γερμανία και Velke Karusany στη Σλοβακία, τα οποία συνολικά αντιπροσωπεύουν 14,3 Bcf/ημέρα της χωρητικότητας του αγωγού εισαγωγής από τη Ρωσία) ήταν κατά μέσο όρο 10,7 Bcf/ημέρα το 2021, σε σύγκριση με 11,8 Bcf/d το 2020 και 14,1 Bcf/d το 2019, σύμφωνα με στοιχεία της Refinitiv Eikon. Περισσότερο φυσικό αέριο που παραδίδεται μέσω αγωγών από τη Νορβηγία, το οποίο αυξήθηκε από 10,4 Bcf/ημέρα το 2019 και το 2020 σε 11,1 Bcf/d το 2021, δεν ήταν αρκετό για να αντισταθμίσει τις μειωμένες ροές από τη Ρωσία.



ΕΙΚΟΝΑ 4 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ: ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΕΣ ΤΙΜΕΣ ΑΡΓΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ, ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΚΑΙ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ (ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2019–ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2022). ΠΗΓΗ: ΓΡΑΦΗΜΑ ΠΟΥ ΔΗΜΙΟΥΡΓΗΘΗΚΕ ΑΠΟ ΤΗΝ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΤΩΝ ΗΠΑ, ΜΕ ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΑΠΟ ΤΟ BLOOMBERG FINANCE, L.P.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ 1^{ου} ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

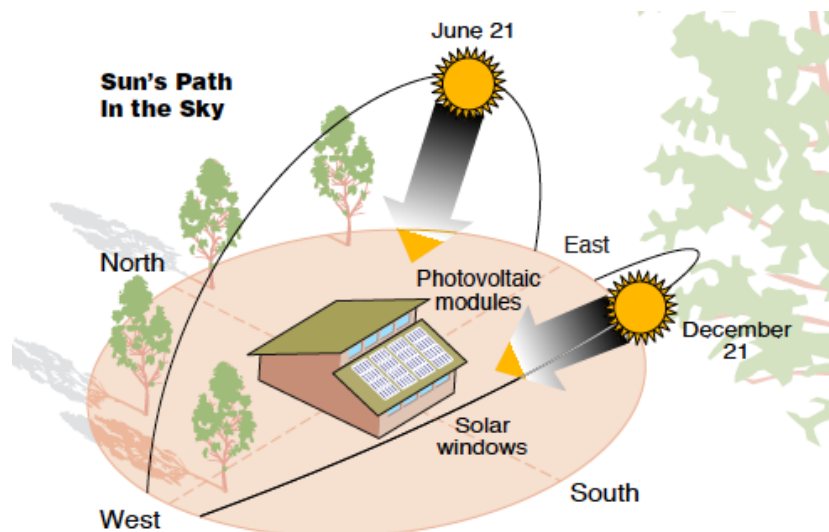
1. Croft JB, Wheaton AG, Liu Y, et al. Urban-Rural County and State Differences in Chronic Obstructive Pulmonary Disease — United States, 2015. *External icon MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 2018;67:205–211.
2. Matthews KA, Croft JB, Liu Y, et al. Health-related behaviors by urban-rural county classification—United States, 2013. *MMWR Surveill Summ* 2017;66(No. SS-5).
3. American Lung Association. Cutting tobacco’s rural roots: Tobacco use in rural communities. *external icon* [3.02 MB] ALA, Washington, DC; 2012.
4. University of Wisconsin Population Health Institute. County Health Rankings Key Findings 2016 *External icon*.
5. Project Solar UK Ltd, “The History of Renewable Energy” (18 Jun 2018) <https://www.projectsolaruk.com/blog/history-renewable-energy-began/>
6. Zaretskaya V., Peterson C., Wilczewski W., U.S. Energy Information Administration, Ανεξάρτητα στατιστικά και αναλύσεις, “*Three countries provided almost 70% of liquefied natural gas received in Europe in 2021*” (FEB 22 2022). <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=51358>
7. Francis M., U.S. Energy Information Administration, Ανεξάρτητα στατιστικά και αναλύσεις, «*Renewables became the second-most prevalent U.S. electricity source in 2020*» (JULY 28, 2021). <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=48896>
8. Inspire Clean Energy “The Advantages and Disadvantages of Renewable Energy”. <https://www.inspirecleanenergy.com/blog/clean-energy-101/the-advantages-and-disadvantages-of-renewable-energy>
9. Eurostat “A key to European Statistics”. <https://ec.europa.eu/eurostat>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΙΚΡΟΔΙΚΤΥΑ

2.1 Εισαγωγή

Η ποσότητα του ηλιακού φωτός που χτυπά την επιφάνεια της γης σε μιάμιση ώρα είναι αρκετή για να ισοσταθμίσει την κατανάλωση ενέργειας σε ολόκληρο τον κόσμο για έναν ολόκληρο χρόνο. Οι ηλιακές τεχνολογίες μετατρέπουν το ηλιακό φως σε ηλεκτρική ενέργεια είτε μέσω φωτοβολταϊκών (PV) πάνελ είτε μέσω κατόπτρων που συγκεντρώνουν την ηλιακή ακτινοβολία. Αυτή η ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ή να αποθηκευτεί σε μπαταρίες ή θερμική αποθήκευση.

Η ηλιακή ακτινοβολία, που συχνά ονομάζεται ηλιακός πόρος ή απλώς ηλιακό φως, είναι ένας γενικός όρος για την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που εκπέμπεται από τον ήλιο. Η ηλιακή ακτινοβολία μπορεί να συλλεχτεί και να μετατραπεί σε χρήσιμες μορφές ενέργειας, όπως θερμότητα και ηλεκτρισμός, χρησιμοποιώντας μια ποικιλία τεχνολογιών. Ωστόσο, η τεχνική σκοπιμότητα και η οικονομική λειτουργία αυτών των τεχνολογιών σε μια συγκεκριμένη τοποθεσία εξαρτάται από τον διαθέσιμο ηλιακό πόρο. Βασικές παράμετροι που επηρεάζουν την ποσότητα της ηλιακής ενέργειας είναι η γεωγραφική θέση, η ώρα της ημέρας, η εποχή, το τοπίο και ο καιρός. Βάσει αυτών των παραμέτρων αλλά και της κλίσης των ηλιακών ακτίνων ο συλλέκτης ηλιακού φωτός, δηλαδή το φωτοβολταϊκό λαμβάνει την ανάλογη ηλιακή ενέργεια (Εικόνα 5).



ΕΙΚΟΝΑ 5 Η ΚΛΙΣΗ ΤΩΝ ΗΛΙΑΚΩΝ ΑΚΤΙΝΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΕΝΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΟ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΕΝΟΣ ΕΤΟΥΣ

2.2 Βασικές αρχές φωτοβολταϊκών

Υπάρχουν δύο κύριοι τύποι τεχνολογιών ηλιακής ενέργειας – τα φωτοβολταϊκά (PV) και συγκεντρωτικής ηλιακής-θερμικής ενέργειας (CSP). Όταν ο ήλιος λάμπει πάνω σε ένα ηλιακό πάνελ, τα φωτοβολταϊκά στοιχεία στο πάνελ απορροφούν την ενέργεια από το ηλιακό φως. Αυτή η ενέργεια δημιουργεί ηλεκτρικά φορτία που κινούνται ως απόκριση σε ένα εσωτερικό ηλεκτρικό πεδίο στην κυψέλη, προκαλώντας τη ροή του ηλεκτρισμού.

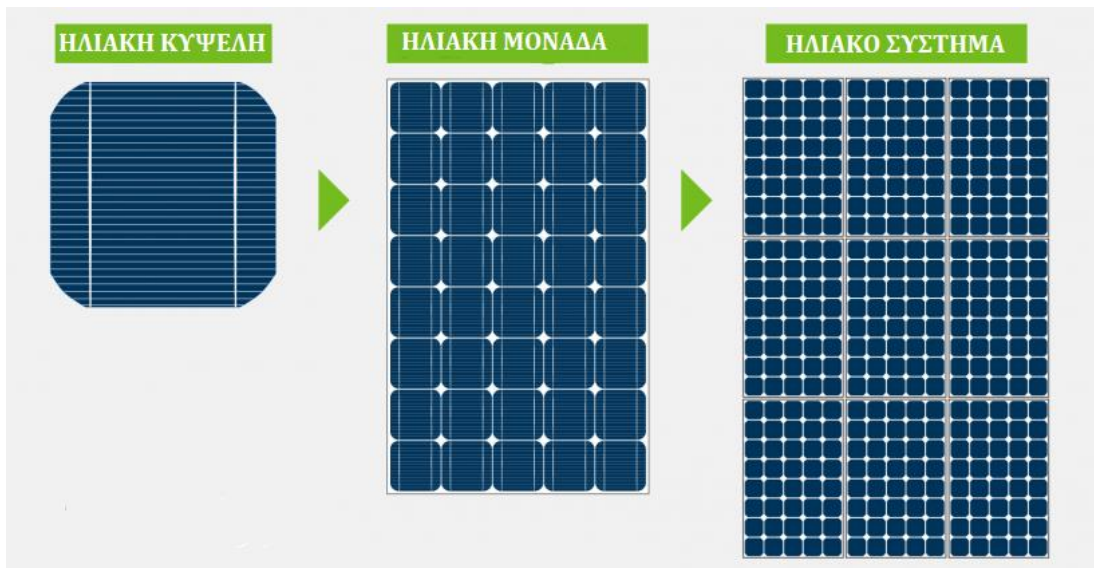
Τα Φ/Β υλικά και συσκευές μετατρέπουν το ηλιακό φως σε ηλεκτρική ενέργεια. Μία μεμονωμένη φωτοβολταϊκή συσκευή είναι γνωστή ως κυψέλη. Ένα μεμονωμένο φωτοβολταϊκό στοιχείο είναι συνήθως μικρό και τυπικά παράγει περίπου 1 ή 2 watt ισχύος. Αυτά τα κύτταρα είναι κατασκευασμένα από διαφορετικά υλικά ημιαγωγών και είναι συχνά μικρότερα από το πάχος τεσσάρων ανθρώπινων τριχών. Για να αντέχουν στην ύπαιθρο για πολλά χρόνια, οι κυψέλες τοποθετούνται ανάμεσα σε προστατευτικά υλικά από γυαλί ή/και πλαστικό.

Για να ενισχυθεί η ισχύς εξόδου των φωτοβολταϊκών κυψελών, συνδέονται μεταξύ τους σε αλυσίδες για να σχηματίσουν μεγαλύτερες μονάδες, γνωστές και ως πάνελ. Οι μονάδες μπορούν να χρησιμοποιηθούν μεμονωμένα ή μπορούν να συνδεθούν για να σχηματίσουν πίνακες. Στη συνέχεια, μία ή περισσότερες συστοιχίες συνδέονται στο ηλεκτρικό δίκτυο, ως μέρος ενός πλήρους φωτοβολταϊκού συστήματος. Λόγω αυτής της αρθρωτής δομής, τα φωτοβολταϊκά συστήματα μπορούν να κατασκευαστούν για να καλύπτουν σχεδόν κάθε ανάγκη ηλεκτρικής ενέργειας, μικρή ή μεγάλη.

Οι φωτοβολταϊκές μονάδες και συστοιχίες είναι μόνο ένα μέρος ενός φωτοβολταϊκού συστήματος. Τα συστήματα περιλαμβάνουν επίσης δομές στήριξης που κατευθύνουν τα πάνελ προς τον ήλιο, μαζί με τα εξαρτήματα που λαμβάνουν την ηλεκτρική ενέργεια συνεχούς ρεύματος (DC) που παράγεται από τις μονάδες και τη μετατρέπουν στην ηλεκτρική ενέργεια εναλλασσόμενου ρεύματος (AC) που χρησιμοποιείται για την τροφοδοσία όλων των συσκευών. Για παράδειγμα, ο φωτοβολταϊκός σταθμός Solar Star στην Καλιφόρνια των ΗΠΑ παράγει 579 μεγαβάτ ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ το Topaz Solar Farm και το Desert Sunlight Solar Farm παράγουν 550 μεγαβάτ το καθένα.

2.2.1 Το φωτοβολταϊκό στοιχείο

Οι ηλιακές κυψέλες που συνδέονται μεταξύ τους δημιουργούν μια μονάδα. Όταν πολλές μονάδες μαζί συνδεθούν, δημιουργούν ένα ηλιακό σύστημα ή εγκατάσταση. Ένα τυπικό ηλιακό σύστημα στέγης κατοικιών έχει περίπου 30 μονάδες.

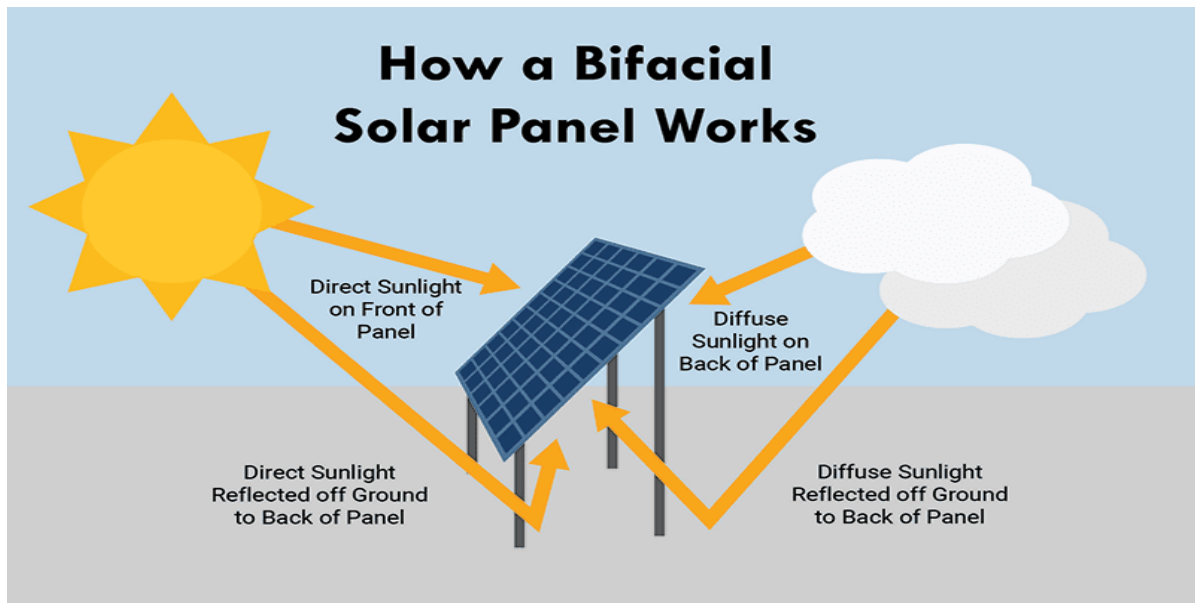


ΕΙΚΟΝΑ 6 Η ΣΥΝΘΕΣΗ ΕΝΟΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.

Οι ηλιακές κυψέλες περιέχουν ένα υλικό που μεταφέρει ηλεκτρισμό μόνο όταν παρέχεται ενέργεια—σε αυτήν την περίπτωση από το ηλιακό φως. Αυτό το υλικό ονομάζεται ημιαγωγός. Όταν ο ημιαγωγός εκτίθεται στο ηλιακό φως, απορροφά το φως, μεταφέροντας την ενέργεια σε αρνητικά φορτισμένα σωματίδια που ονομάζονται ηλεκτρόνια. Τα ηλεκτρόνια ρέουν μέσω του ημιαγωγού ως ηλεκτρικό ρεύμα, επειδή άλλα στρώματα του φωτοβολταϊκού στοιχείου είναι σχεδιασμένα να εξάγουν το ρεύμα από τον ημιαγωγό. Στη συνέχεια, το ρεύμα ρέει μέσα από μεταλλικές επαφές - τις γραμμές που μοιάζουν με πλέγμα σε ένα ηλιακό στοιχείο - προτού ταξιδέψει σε έναν μετατροπέα. Ο μετατροπέας μετατρέπει το συνεχές ρεύμα (DC) σε εναλλασσόμενο ρεύμα (AC), το οποίο διοχετεύεται στο ηλεκτρικό δίκτυο και, τελικά, συνδέεται με τελικό καταναλωτή. Όσο το ηλιακό φως συνεχίζει να φθάνει στη μονάδα και το κύκλωμα είναι κλειστό, θα συνεχίσει να παράγεται ηλεκτρική ενέργεια.

Η ικανότητα μιας μονάδας να μετατρέπει το ηλιακό φως σε ηλεκτρική ενέργεια εξαρτάται από τον ημιαγωγό. Στο εργαστήριο, αυτή η ικανότητα ονομάζεται απόδοση μετατροπής φωτοβολταϊκών. Εξωτερικά, οι περιβαλλοντικές συνθήκες όπως η θερμότητα, η βρομιά και η σκιά μπορούν να μειώσουν την απόδοση μετατροπής, μαζί με άλλους παράγοντες. Αλλά οι ερευνητές βρίσκουν λύσεις, όπως φύλλα πλάτης που τοποθετούνται στα πάνελ για να μειώσουν τη θερμοκρασία λειτουργίας τους και νέα σχέδια κυψελών που αιχμαλωτίζουν περισσότερο φως.

Η λήψη περισσότερου φωτός κατά τη διάρκεια της ημέρας αυξάνει την ενεργειακή απόδοση ή την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ενός φωτοβολταϊκού συστήματος. Για να ενισχύσουν την ενεργειακή απόδοση, ερευνητές και κατασκευαστές εξετάζουν ηλιακά κύτταρα διπλής όψης, τα οποία είναι διπλής όψης για να συλλαμβάνουν φως και στις δύο πλευρές μιας ηλιακής μονάδας πυριτίου (συλλαμβάνουν το φως που αντανακλάται από το έδαφος ή την οροφή όπου είναι εγκατεστημένα τα πάνελ).



ΕΙΚΟΝΑ 7 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΗΛΙΑΚΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗ ΔΙΠΛΗΣ ΟΨΗΣ. ΠΗΓΗ: [HTTPS://SATVIKKOORJA.COM/BIFACIAL-SOLAR-PANELS/](https://satvikkoorja.com/bifacial-solar-panels/)

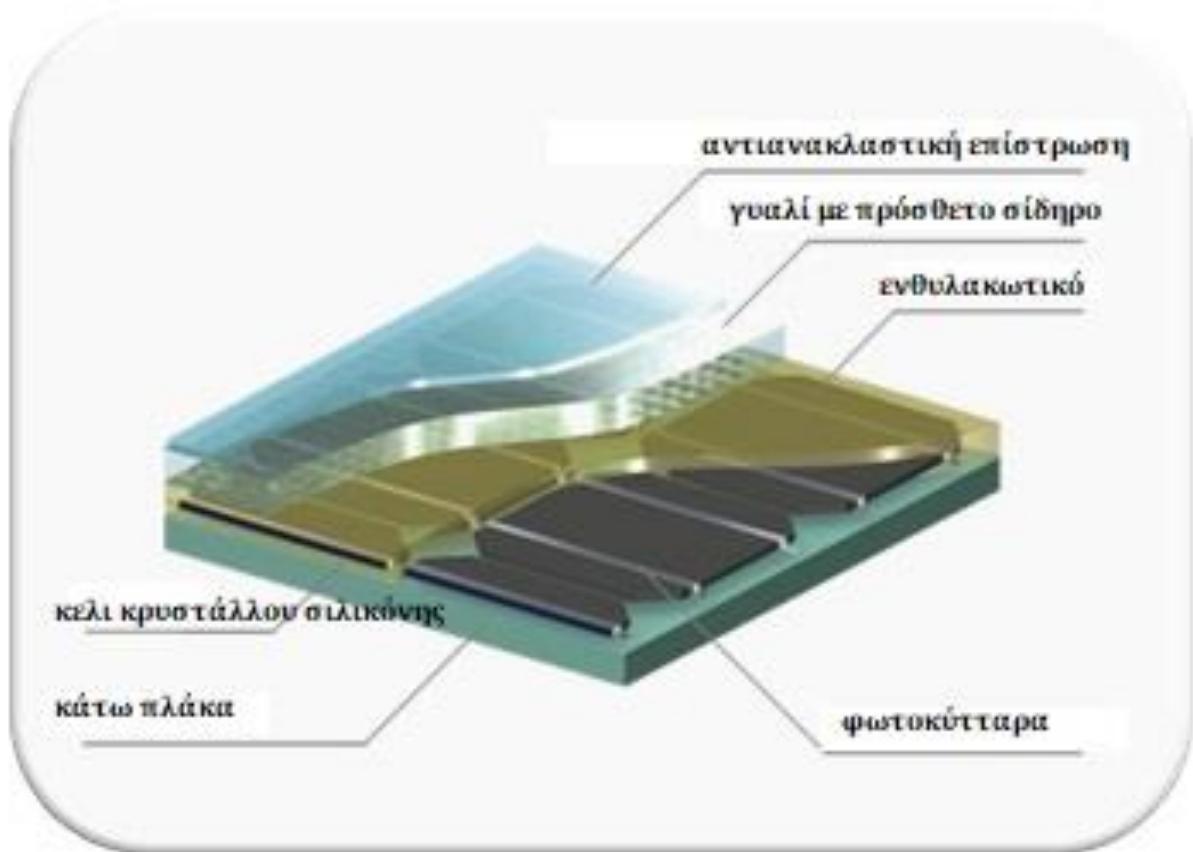
Τα κύρια πλεονεκτήματα της εγκατάστασης διπλής όψης πάνελ είναι:

- Η απόδοση των πάνελ διπλής όψης είναι πολύ μεγαλύτερη σε σύγκριση με τα πάνελ μονής όψης.
- Είναι αποδοτικά στο χώρο και απαιτούν τον λιγότερο χώρο σε σύγκριση με τα πάνελ μονής όψης.
- Περισσότερη παραγωγή με ελάχιστο υψηλότερο κόστος εγκατάστασης, επομένως μειώνεται το LCOE.

2.2.2 Σιλικόνη

Ο κύριος ημιαγωγός που χρησιμοποιείται στα ηλιακά κύτταρα, για να μην αναφέρουμε τα περισσότερα ηλεκτρονικά, είναι το πυρίτιο, ένα άφθονο στοιχείο. Στην πραγματικότητα, βρίσκεται στην άμμο, επομένως είναι φθηνό, αλλά πρέπει να εξευγενιστεί σε μια χημική διαδικασία προτού μετατραπεί σε κρυσταλλικό πυρίτιο και μεταφέρει ηλεκτρισμό.

Για να κατασκευαστεί ένα ηλιακό στοιχείο πυριτίου, κομμάτια κρυσταλλικού πυριτίου κόβονται σε πολύ λεπτές γκοφρέτες. Η γκοφρέτα επεξεργάζεται και στις δύο πλευρές για να διαχωρίσει τα ηλεκτρικά φορτία και να σχηματίσει μια δίοδο, μια συσκευή που επιτρέπει στο ρεύμα να ρέει μόνο προς μία κατεύθυνση. Η δίοδος τοποθετείται μεταξύ των μεταλλικών επαφών για να αφήσει το ηλεκτρικό ρεύμα να ρέει εύκολα έξω από το στοιχείο.



ΕΙΚΟΝΑ 8 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΟΥ ΠΥΡΙΤΙΟΥ.
 ΠΗΓΗ: «<https://www.pilkington.com/en/global/commercial-applications/types-of-glass/solar-energy/solar-technologies/crystalline-silicon-photovoltaics#>»

Ηλιακά κύτταρα κρυσταλλικού πυριτίου: Υπάρχουν δύο τύποι ηλιακών κυψελών κρυσταλλικού πυριτίου που χρησιμοποιούνται στα φωτοβολταϊκά:

1. Μονοκρυσταλλικό πυρίτιο, που παράγεται με τεμαχισμό γκοφρετών από υψηλής καθαρότητας μονοκρυσταλλικό πλίνθο
2. Πολυκρυσταλλικό πυρίτιο, κατασκευασμένο με πριόνισμα ενός χυτού τεμαχίου πυριτίου πρώτα σε ράβδους και μετά σε γκοφρέτες

Οι ηλιακές κυψέλες μονοκρυσταλλικού πυριτίου έχουν υψηλότερη απόδοση από τις ηλιακές κυψέλες πολυκρυσταλλικού πυριτίου.

Στα φωτοβολταϊκά κρυσταλλικού πυριτίου, οι ηλιακές κυψέλες συνδέονται γενικά μεταξύ τους και στη συνέχεια πλαστικοποιούνται κάτω από σκληρυμένο γυαλί υψηλής διαπερατότητας για να παράγουν αξιόπιστα, ανθεκτικά στις καιρικές συνθήκες.

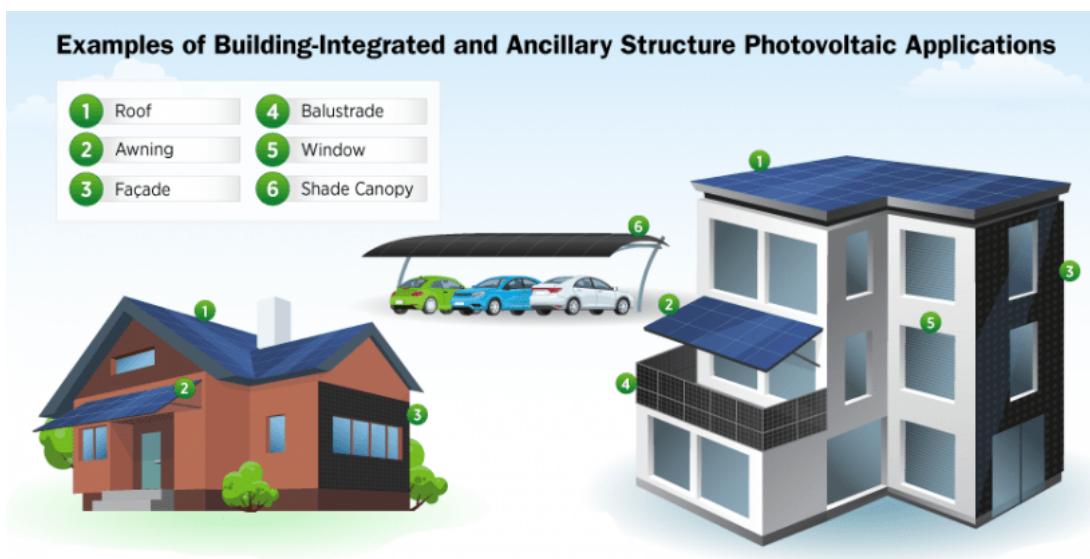
2.3 Βασικά στοιχεία σχεδίασης

Τα ηλιακά φωτοβολταϊκά πλαίσια είναι εκεί όπου παράγεται η ηλεκτρική ενέργεια, αλλά είναι μόνο ένα από τα πολλά μέρη ενός πλήρους φωτοβολταϊκού συστήματος (ΦΒ). Προκειμένου η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια να είναι χρήσιμη σε ένα σπίτι ή μια επιχείρηση, πρέπει να υπάρχει μια σειρά από άλλες τεχνολογίες.

Κατασκευή βάσης τοποθέτησης: Οι φωτοβολταϊκές συστοιχίες πρέπει να τοποθετούνται σε μια σταθερή, ανθεκτική κατασκευή που να μπορεί να υποστηρίξει τη συστοιχία και να αντέχει τον άνεμο, τη βροχή, το χαλάζι και τη διάβρωση για δεκαετίες. Αυτές οι δομές συγκρατούν τη φωτοβολταϊκή γεννήτρια σε μια σταθερή γωνία που καθορίζεται από το τοπικό γεωγραφικό πλάτος, τον προσανατολισμό της κατασκευής και τις απαιτήσεις ηλεκτρικού φορτίου. Για να επιτευχθεί η υψηλότερη ετήσια παραγωγή ενέργειας, οι μονάδες στο βόρειο ημισφαίριο είναι στραμμένες προς το νότο και έχουν κλίση σε γωνία ίση με το τοπικό γεωγραφικό πλάτος. Η τοποθέτηση σε ράφι είναι αυτή τη στιγμή η πιο κοινή μέθοδος επειδή είναι στιβαρή, ευέλικτη και εύκολη στην κατασκευή και εγκατάσταση. Συνεχίζουν να αναπτύσσονται πιο εξελιγμένες και λιγότερο δαπανηρές μέθοδοι.

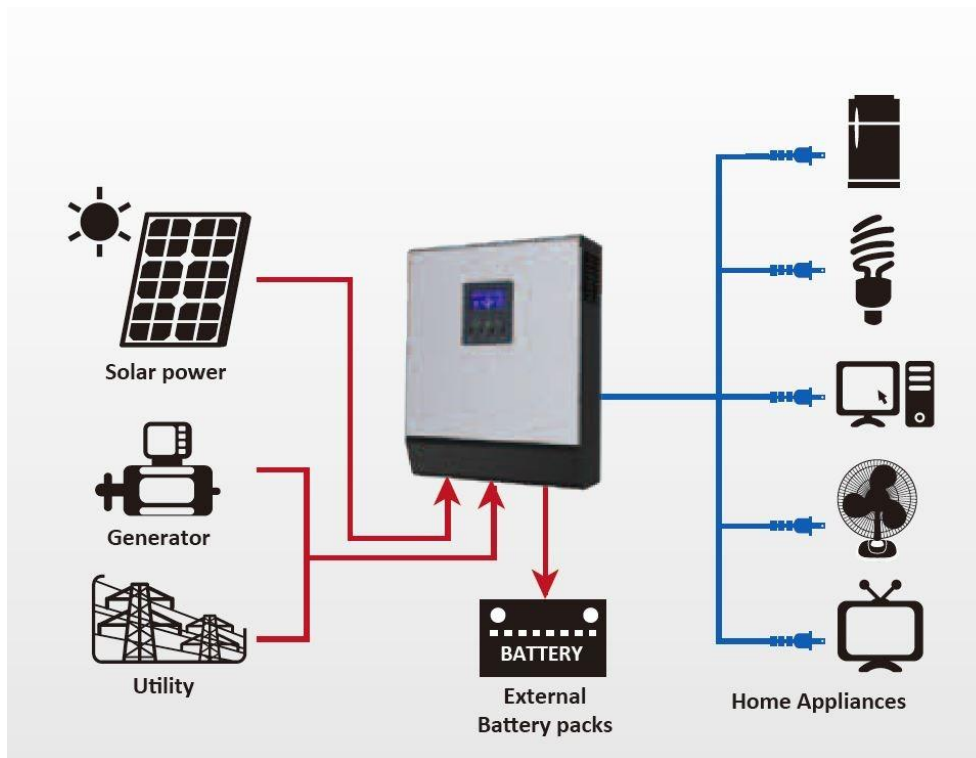
Συστοιχίες φωτοβολταϊκών στο έδαφος: οι μηχανισμοί παρακολούθησης μετακινούν αυτόματα τα πάνελ για να ακολουθήσουν τον ήλιο στον ουρανό, γεγονός που παρέχει περισσότερη ενέργεια και υψηλότερες αποδόσεις επένδυσης. Οι ιχνηλάτες ενός άξονα σχεδιάζονται συνήθως για να παρακολουθούν τον ήλιο από την ανατολή προς τη δύση. Οι ιχνηλάτες δύο αξόνων επιτρέπουν στις μονάδες να παραμένουν στραμμένες απευθείας στον ήλιο καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Φυσικά, η παρακολούθηση συνεπάγεται μεγαλύτερο αρχικό κόστος και τα εξελιγμένα συστήματα είναι πιο ακριβά και απαιτούν περισσότερη συντήρηση. Καθώς τα συστήματα έχουν βελτιωθεί, η ανάλυση κόστους-οφέλους ευνοεί όλο και περισσότερο την παρακολούθηση για συστήματα που είναι τοποθετημένα στο έδαφος.

Ενσωμάτωση σε κτίρια: Ενώ οι περισσότερες ηλιακές μονάδες τοποθετούνται σε ειδικές κατασκευές τοποθέτησης, μπορούν επίσης να ενσωματωθούν απευθείας σε δομικά υλικά όπως στέγες, παράθυρα ή προσόψεις. Αυτά τα συστήματα είναι γνωστά ως BIPV. Τα συστήματα BIPV θα μπορούσαν να παρέχουν ισχύ για εφαρμογές συνεχούς ρεύματος (DC) σε κτίρια, όπως φωτισμό LED, υπολογιστές, αισθητήρες και κινητήρες, και να υποστηρίζουν αποτελεσματικές εφαρμογές κτιρίου ενσωματωμένες στο δίκτυο, όπως η φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων. Τα συστήματα BIPV εξακολουθούν να αντιμετωπίζουν τεχνικά και εμπορικά εμπόδια στην ευρεία χρήση, αλλά η μοναδική τους αξία τα καθιστά μια πολλά υποσχόμενη εναλλακτική λύση σε σχέση με τις παραδοσιακές κατασκευές τοποθέτησης και τα δομικά υλικά.



ΕΙΚΟΝΑ 9 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑΚΕΣ ΔΟΜΕΣ

Μετατροπείς: Οι μετατροπείς χρησιμοποιούνται για τη μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας συνεχούς ρεύματος (DC) που παράγεται από τις ηλιακές φωτοβολταϊκές μονάδες σε ηλεκτρική ενέργεια εναλλασσόμενου ρεύματος (AC), η οποία χρησιμοποιείται για τοπική μετάδοση ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και για τις περισσότερες συσκευές στα σπίτια μας. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα έχουν είτε έναν μετατροπέα που μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από όλες τις μονάδες είτε μικρο-μετατροπείς που είναι συνδεδεμένοι σε κάθε μεμονωμένη μονάδα. Ένας μεμονωμένος μετατροπέας είναι γενικά λιγότερο ακριβός και μπορεί να ψύχεται και να συντηρείται ευκολότερα όταν χρειάζεται. Ο μικρο-μετατροπέας επιτρέπει την ανεξάρτητη λειτουργία κάθε πίνακα, κάτι που είναι χρήσιμο εάν, για παράδειγμα, ορισμένες μονάδες ενδέχεται να είναι σκιασμένες. Αναμένεται ότι οι μετατροπείς θα πρέπει να αντικατασταθούν τουλάχιστον μία φορά στα 25 χρόνια ζωής μιας Φ/Β γεννήτριας. Οι προηγμένοι μετατροπείς, ή οι "έξυπνοι μετατροπείς", επιτρέπουν την αμφίδρομη επικοινωνία μεταξύ του μετατροπέα και του ηλεκτρικού δικτύου για την εξισορρόπηση της προσφοράς και της ζήτησης είτε αυτόματα είτε μέσω απομακρυσμένης επικοινωνίας με φορείς παροχής υπηρεσιών κοινής ωφέλειας.



ΕΙΚΟΝΑ 10 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΧΡΗΣΗΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑ ΣΕ ΟΙΚΙΑΚΟ ΔΙΚΤΥΟ. ΠΗΓΗ:

«[HTTPS://FUNKYGADGET.GR/SHOP/INVERTER-KATHAROY-IMITONOUY-800W-12V-AMP-RYTHMISTIS-FORTIS-50A-PS1K/?GCLID=Cj0KCQjwKRUVBhCHARISACViiOxBxQko04Gq7wCDAHRGLFxAJwQTBaV55FNWRjLMMMOVWRGBZM3UAQAANOQEALW_WCB](https://funkygadget.gr/shop/inverter-katharoy-imitonoy-800w-12v-amp-rhythmistis-fortis-50a-ps1k/?gclid=Cj0KCQjwKRUVBhCHARISACViiOxBxQko04Gq7wCDAHRGLFxAJwQTBaV55FNWRjLMMMOVWRGBZM3UAQAANOQEALW_WCB)»

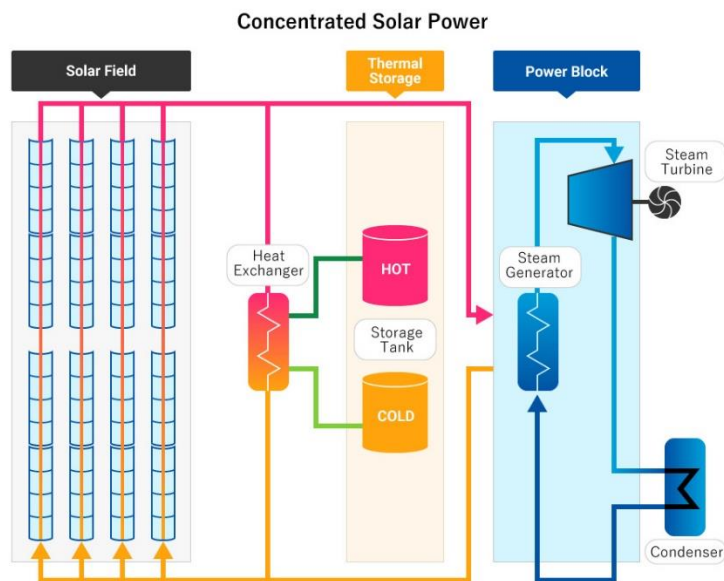
Λειτουργία και απόδοση: Η απόδοση μετατροπής ενός φωτοβολταϊκού (PV) στοιχείου, ή ηλιακού στοιχείου, είναι το ποσοστό της ηλιακής ενέργειας που λάμπει σε μια φωτοβολταϊκή συσκευή που μετατρέπεται σε χρησιμοποιήσιμη ηλεκτρική ενέργεια. Η βελτίωση αυτής της απόδοσης μετατροπής είναι βασικός στόχος της έρευνας και συμβάλλει στο να γίνουν οι τεχνολογίες φωτοβολταϊκών ανταγωνιστικές ως προς το κόστος με τις συμβατικές πηγές ενέργειας.

Παράγοντες που επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα της μετατροπής: Δεν μετατρέπεται όλο το ηλιακό φως που φτάνει σε μια φωτοβολταϊκή κυψέλη σε ηλεκτρική ενέργεια. Στην πραγματικότητα, το μεγαλύτερο μέρος χάνεται. Πολλοί παράγοντες στο σχεδιασμό των ηλιακών κυψελών παίζουν ρόλο στον περιορισμό της ικανότητας μιας κυψέλης να μετατρέπει το ηλιακό φως που λαμβάνει. Μπορεί να επιτευχθεί μεγαλύτερη απόδοση με παράγοντες όπως το μήκος κύματος του ηλιακού φωτός, τον άμεσο και έμμεσο συνδυασμό των ηλεκτρονίων μέσω οπών, τη χαμηλή θερμοκρασία στην οποία λειτουργούν καλύτερα τα ηλιακά κύτταρα και την αντανάκλαση καθώς οι αντανάκλαστικές επιστρώσεις και οι ανάγλυφες επιφάνειες βοηθούν στη μείωση της ανάκλασης.

Προσδιορισμός της απόδοσης μετατροπής: Οι ερευνητές μετρούν την απόδοση μιας φωτοβολταϊκής συσκευής (PV) για να προβλέψουν την ισχύ που θα παράγει η κυψέλη. Η ηλεκτρική ενέργεια είναι το γινόμενο του ρεύματος και της τάσης. Οι σχέσεις ρεύματος-τάσης μετρούν τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά των φωτοβολταϊκών συσκευών. Εάν μια ορισμένη αντίσταση «φορτίου» συνδέεται στους δύο ακροδέκτες μιας κυψέλης ή μιας μονάδας, το ρεύμα και η τάση που παράγονται θα προσαρμοστούν σύμφωνα με το νόμο του Ohm (το ρεύμα μέσω ενός αγωγού μεταξύ δύο σημείων είναι ευθέως ανάλογο με τη διαφορά δυναμικού μεταξύ των δύο σημεία). Οι αποδόσεις υπολογίζονται με την έκθεση του στοιχείου σε ένα σταθερό, τυπικό επίπεδο φωτός, διατηρώντας παράλληλα μια σταθερή θερμοκρασία και μετρώντας το ρεύμα και την τάση που παράγονται για διαφορετικές αντιστάσεις φορτίου.

2.4 Συστήματα συγκέντρωσης ηλιακής-θερμικής ενέργειας (CSP)

Τα συστήματα συγκέντρωσης ηλιακής θερμικής ενέργειας (CSP) χρησιμοποιούν καθρέφτες για να αντανακλούν και να συγκεντρώνουν το ηλιακό φως σε δέκτες που συλλέγουν την ηλιακή ενέργεια και τη μετατρέπουν σε θερμότητα, η οποία μπορεί στη συνέχεια να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ή να αποθηκευτεί για μελλοντική χρήση. Χρησιμοποιείται κυρίως σε πολύ μεγάλους σταθμούς ηλεκτροπαραγωγή. Αυτή η θερμότητα, γνωστή και ως θερμική ενέργεια, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την περιστροφή ενός στροβίλου ή την τροφοδοσία ενός κινητήρα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί σε ποικίλες βιομηχανικές εφαρμογές, όπως αφαλάτωση νερού, ενισχυμένη ανάκτηση λαδιού, επεξεργασία τροφίμων, χημική παραγωγή και επεξεργασία ορυκτών.

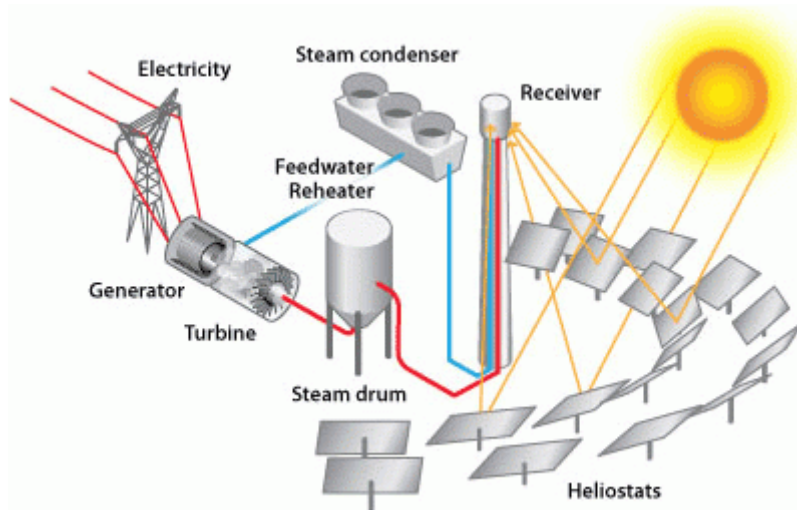


ΕΙΚΟΝΑ 11 ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ. ΠΗΓΗ:
«[HTTPS://WWW.CHIYODACORP.COM/EN/SERVICE/SOLAR-ENERGY/](https://www.chiyodacorp.com/en/service/solar-energy/)»

Τα συστήματα συγκέντρωσης ηλιακής-θερμικής ενέργειας χρησιμοποιούνται γενικά για έργα κλίμακας κοινής ωφέλειας. Αυτές οι εγκαταστάσεις CSP χρησιμότητας μπορούν να διαμορφωθούν με διαφορετικούς τρόπους. Τα συστήματα πύργων ισχύος τακτοποιούν καθρέφτες γύρω από έναν κεντρικό πύργο που λειτουργεί ως δέκτης. Τα γραμμικά συστήματα έχουν σειρές κατόπτρων που συγκεντρώνουν το ηλιακό φως σε δέκτες παράλληλων σωλήνων που είναι τοποθετημένοι από πάνω τους.

2.5 Συστήματα πύργου CSP

Στα συστήματα ηλιακής ενέργειας πύργου, ένας μεγάλος αριθμός επίπεδων καθρεφτών παρακολουθήσεως του ήλιου, γνωστοί ως ηλιοστάτες, εστιάζουν το φως του ήλιου σε έναν δέκτη στην κορυφή ενός ψηλού πύργου. Ένα ρευστό μεταφοράς θερμότητας που θερμαίνεται στον δέκτη χρησιμοποιείται για τη θέρμανση ενός ρευστού εργασίας μέσω εναλλάκτη θερμότητας, το οποίο, με τη σειρά του, χρησιμοποιείται σε μια συμβατική γεννήτρια στροβίλου για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Ορισμένοι πύργοι ισχύος χρησιμοποιούν νερό/ατμό ως υγρό μεταφοράς θερμότητας. Άλλα προηγμένα σχέδια πειραματίζονται με λιωμένα άλατα υψηλής θερμοκρασίας ή σωματίδια που μοιάζουν με άμμο για να μεγιστοποιήσουν τη θερμοκρασία του κύκλου ισχύος.



ΕΙΚΟΝΑ 12 ΔΙΚΤΥΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΠΥΡΓΟΥ.

ΠΗΓΗ: «[HTTPS://WWW. ENERGY.GOV/EERE/SOLAR/POWER-TOWER-SYSTEM-CONCENTRATING-SOLAR-THERMAL-POWER-BASICS](https://www.energy.gov/eere/solar/power-tower-system-concentrating-solar-thermal-power-basics)»

Το Ivanpah Solar Electric Generating System είναι το μεγαλύτερο συμπυκνωμένο ηλιακό θερμικό εργοστάσιο και βρίσκεται στις ΗΠΑ. Βρίσκεται στην έρημο Mojave της Καλιφόρνια και είναι ικανό να παράγει 392 μεγαβάτ ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιώντας 173.500 ηλιοστάτες, ο καθένας με δύο καθρέφτες που εστιάζουν το φως του ήλιου σε τρεις ηλιακούς πύργους. Εκτός από τις ΗΠΑ, η Ισπανία διαθέτει πολλά συστήματα πύργων ισχύος. Τα Planta Solar 10 και Planta Solar 20 είναι συστήματα νερού/ατμού με χωρητικότητα 11 και 20 μεγαβάτ, αντίστοιχα. Η Gemasolar, παλαιότερα γνωστή ως Solar Tres, παράγει σχεδόν 20 μεγαβάτ ηλεκτρικής ενέργειας και χρησιμοποιεί θερμική αποθήκευση λιωμένου αλατιού.

2.6 Σύστημα θερμικής αποθήκευσης CSP

Μια πρόκληση που αντιμετωπίζει η ευρεία χρήση της ηλιακής ενέργειας είναι η μείωση ή ο περιορισμός της παραγωγής ενέργειας όταν ο ήλιος δύει ή εμποδίζεται από τα σύννεφα. Η αποθήκευση θερμικής ενέργειας παρέχει μια εφαρμόσιμη λύση σε αυτή την πρόκληση. Σε ένα σύστημα συγκέντρωσης ηλιακής ενέργειας (CSP), οι ακτίνες του ήλιου αντανακλώνται σε έναν δέκτη, ο οποίος δημιουργεί θερμότητα που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας που μπορεί να χρησιμοποιηθεί αμέσως ή να αποθηκευτεί για μελλοντική χρήση. Αυτό επιτρέπει στα συστήματα CSP να είναι ευέλικτα ή με δυνατότητα αποστολής, επιλογές για την παροχή καθαρής, ανανεώσιμης ενέργειας. Πολλές τεχνολογίες λογικής αποθήκευσης θερμικής ενέργειας έχουν δοκιμαστεί και εφαρμοστεί από το 1985. Αυτές περιλαμβάνουν το άμεσο σύστημα δύο δεξαμενών, το έμμεσο σύστημα δύο δεξαμενών και το σύστημα θερμοκλινών μιας δεξαμενής.

2.6.1 Άμεσο σύστημα δύο δεξαμενών

Η ηλιακή θερμική ενέργεια σε αυτό το σύστημα αποθηκεύεται στο ίδιο υγρό που χρησιμοποιείται για τη συλλογή της. Το υγρό αποθηκεύεται σε δύο δεξαμενές — η μία σε υψηλή θερμοκρασία και η άλλη σε χαμηλή θερμοκρασία. Το υγρό από τη δεξαμενή χαμηλής θερμοκρασίας ρέει μέσω του ηλιακού συλλέκτη ή του δέκτη, όπου η ηλιακή ενέργεια το θερμαίνει σε υψηλή θερμοκρασία και στη συνέχεια ρέει στη δεξαμενή υψηλής θερμοκρασίας για αποθήκευση. Το υγρό από τη δεξαμενή υψηλής θερμοκρασίας ρέει μέσω ενός εναλλάκτη θερμότητας, όπου παράγει ατμό για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Το υγρό εξέρχεται από τον εναλλάκτη θερμότητας σε χαμηλή θερμοκρασία και επιστρέφει στη δεξαμενή χαμηλής θερμοκρασίας.



**ΕΙΚΟΝΑ 13 ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΠΕΥΘΕΙΑΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΔΥΟ ΔΕΞΑΜΕΝΩΝ. ΠΗΓΗ:
«[HTTPS://WWW.ENERGY.GOV/EERE/SOLAR/THERMAL-STORAGE-SYSTEM-CONCENTRATING-SOLAR-THERMAL-POWER-BASICS](https://www.energy.gov/eere/solar/thermal-storage-system-concentrating-solar-thermal-power-basics)»**

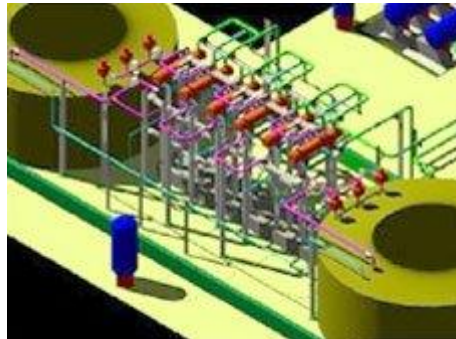
Η άμεση αποθήκευση δύο δεξαμενών χρησιμοποιήθηκε σε πρώιμους παραβολικούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής (όπως ο Σταθμός παραγωγής ηλιακής ηλεκτρικής ενέργειας I) και στον πύργο ισχύος Solar Two στην Καλιφόρνια. Χρησιμοποιούταν ορυκτέλαιο ως υγρό μεταφοράς και αποθήκευσης θερμότητας.

2.6.2 Έμμεσο σύστημα δύο δεξαμενών

Τα έμμεσα συστήματα δύο δεξαμενών λειτουργούν με τον ίδιο τρόπο όπως τα απευθείας συστήματα δύο δεξαμενών, με τη διαφορά ότι διαφορετικά ρευστά χρησιμοποιούνται ως υγρά μεταφοράς και αποθήκευσης θερμότητας. Αυτό το σύστημα χρησιμοποιείται σε εγκαταστάσεις στις οποίες το υγρό μεταφοράς θερμότητας είναι πολύ ακριβό ή δεν είναι κατάλληλο για χρήση ως υγρό αποθήκευσης.

Το υγρό αποθήκευσης από τη δεξαμενή χαμηλής θερμοκρασίας ρέει μέσω ενός επιπλέον εναλλάκτη θερμότητας, όπου θερμαίνεται από το υγρό μεταφοράς θερμότητας υψηλής θερμοκρασίας. Το υγρό αποθήκευσης υψηλής θερμοκρασίας στη συνέχεια ρέει πίσω στη δεξαμενή αποθήκευσης υψηλής θερμοκρασίας. Το υγρό εξέρχεται από αυτόν τον εναλλάκτη θερμότητας σε χαμηλή θερμοκρασία και επιστρέφει στον ηλιακό συλλέκτη ή

δέκτη, όπου θερμαίνεται ξανά σε υψηλή θερμοκρασία. Το υγρό αποθήκευσης από τη δεξαμενή υψηλής θερμοκρασίας χρησιμοποιείται για την παραγωγή ατμού με τον ίδιο τρόπο όπως το σύστημα απευθείας δύο δεξαμενών. Το έμμεσο σύστημα απαιτεί έναν επιπλέον εναλλάκτη θερμότητας, ο οποίος προσθέτει κόστος στο σύστημα.



ΕΙΚΟΝΑ 14 ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΜΜΕΣΗΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΔΥΟ ΔΕΞΑΜΕΝΩΝ. ΠΗΓΗ: «[HTTPS://WWW.ENERGY.GOV/EERE/SOLAR/THERMAL-STORAGE-SYSTEM-CONCENTRATING-SOLAR-THERMAL-POWER-BASICS](https://www.energy.gov/eere/solar/thermal-storage-system-concentrating-solar-thermal-power-basics)».

Αυτό το σύστημα χρησιμοποιείται σε πολλούς από τους παραβολικούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής στην Ισπανία και έχει επίσης προταθεί για πολλά παραβολικά εργοστάσια των ΗΠΑ. Χρησιμοποιούν οργανικό λάδι ως υγρό μεταφοράς θερμότητας και λιωμένο αλάτι ως υγρό αποθήκευσης.

2.7 Βασικά στοιχεία συστήματος γραμμικού συμπυκνωτή CSP

Οι συλλέκτες γραμμικής συγκέντρωσης ηλιακής ενέργειας (CSP) συλλαμβάνουν την ενέργεια του ήλιου με μεγάλους καθρέφτες που αντανακλούν και εστιάζουν το ηλιακό φως σε έναν γραμμικό σωλήνα δέκτη. Ο δέκτης περιέχει ένα ρευστό που θερμαίνεται από το ηλιακό φως και στη συνέχεια χρησιμοποιείται για τη θέρμανση ενός παραδοσιακού κύκλου ισχύος που περιστρέφει έναν στρόβιλο που οδηγεί μια γεννήτρια για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Εναλλακτικά, μπορεί να παραχθεί ατμός απευθείας στο ηλιακό πεδίο, γεγονός που εξαλείφει την ανάγκη για δαπανηρούς εναλλάκτες θερμότητας.

Τα πεδία γραμμικής συγκέντρωσης συλλέκτη αποτελούνται από μεγάλο αριθμό συλλεκτών σε παράλληλες σειρές που είναι συνήθως ευθυγραμμισμένοι σε προσανατολισμό βορρά-νότου για μεγιστοποίηση της ετήσιας και θερινής συλλογής ενέργειας. Με ένα σύστημα παρακολούθησης του ήλιου μονού άξονα, αυτή η διαμόρφωση επιτρέπει στους καθρέφτες να παρακολουθούν τον ήλιο από την ανατολή προς τη δύση κατά τη διάρκεια της ημέρας, γεγονός που διασφαλίζει ότι ο ήλιος αντανακλάται συνεχώς στους σωλήνες του δέκτη.

Τα γραμμικά συστήματα μπορεί να ενσωματώνουν θερμική αποθήκευση. Σε αυτά τα συστήματα, το πεδίο συλλέκτη είναι υπερμεγέθη για να θερμαίνει ένα σύστημα αποθήκευσης κατά τη διάρκεια της ημέρας, έτσι ώστε ο πρόσθετος ατμός που παράγει να μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας το βράδυ ή κατά

τη διάρκεια συννεφιασμένου καιρού. Αυτά τα εργοστάσια μπορούν επίσης να σχεδιαστούν ως υβρίδια, που σημαίνει ότι χρησιμοποιούν ορυκτά καύσιμα για να συμπληρώσουν την ηλιακή παραγωγή σε περιόδους χαμηλής ηλιακής ακτινοβολίας. Σε ένα τέτοιο σχέδιο, χρησιμοποιείται θερμαντήρας φυσικού αερίου ή λέβητας/αναθερμαντήρας αερίου-ατμού. Στο μέλλον, τα γραμμικά συστήματα ενδέχεται να ενσωματωθούν με υπάρχουσες ή νέες μονάδες συνδυασμένου κύκλου φυσικού αερίου και άνθρακα.

Συστήματα παραβολικών συγκεντρωτών: Το πιο κοινό σύστημα CSP είναι ένας γραμμικός συγκεντρωτής που χρησιμοποιεί παραβολικούς συλλέκτες σκάφους. Σε ένα τέτοιο σύστημα, ο σωλήνας δέκτη είναι τοποθετημένος κατά μήκος της εστιακής γραμμής κάθε ανακλαστήρα σε σχήμα παραβολής. Ο σωλήνας στερεώνεται στη δομή του καθρέφτη και το ρευστό μεταφοράς θερμότητας ρέει μέσα και έξω από το πεδίο των ηλιακών κατόπτρων, όπου χρησιμοποιείται για τη δημιουργία ατμού (ή, στην περίπτωση ενός δέκτη νερού/ατμού, αποστέλλεται απευθείας στο τουρμπίνα).

Γραμμικά συστήματα ανακλαστών Fresnel: Μια δεύτερη τεχνολογία γραμμικού συμπυκνωτή είναι το γραμμικό σύστημα ανακλαστήρα Fresnel. Επίπεδοι ή ελαφρώς καμπύλοι καθρέφτες που είναι τοποθετημένοι σε ιχνηλάτες στο έδαφος έχουν διαμορφωθεί ώστε να αντανakλούν το ηλιακό φως σε έναν σωλήνα δέκτη στερεωμένο στο χώρο πάνω από τους καθρέφτες. Ένας μικρός παραβολικός καθρέφτης προστίθεται μερικές φορές στην κορυφή του δέκτη για περαιτέρω εστίαση του ηλιακού φωτός.

2.8 Ολοκλήρωση ηλιακών συστημάτων

Η τεχνολογία ηλιακής ενέργειας δεν τελειώνει με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από συστήματα φωτοβολταϊκών ή CSP. Αυτά τα συστήματα ηλιακής ενέργειας πρέπει να ενσωματωθούν σε σπίτια, επιχειρήσεις και υπάρχοντα ηλεκτρικά δίκτυα με ποικίλους συνδυασμούς παραδοσιακών και άλλων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η ενοποίηση των ηλιακών συστημάτων περιλαμβάνει την ανάπτυξη τεχνολογιών και εργαλείων που ενσωματώνουν ηλιακή ενέργεια στο ηλεκτρικό δίκτυο, διατηρώντας παράλληλα την αξιοπιστία, την ασφάλεια και την απόδοση του δικτύου. Για την ενσωμάτωση των φωτοβολταϊκών συστημάτων στα κτίρια είναι απαραίτητη η συμβολή του ηλεκτρικού δικτύου αλλά και των συσκευών ισχύος.

2.8.1 Αποθήκευση ενέργειας

Δεδομένου ότι η ηλιακή ενέργεια μπορεί να παραχθεί μόνο όταν λάμπει ο ήλιος, η ικανότητα αποθήκευσης ηλιακής ενέργειας για μελλοντική χρήση είναι σημαντική: Βοηθά στη διατήρηση της ισορροπίας μεταξύ παραγωγής και ζήτησης ηλεκτρικής

ενέργειας. Αυτό σημαίνει ότι η ανάπτυξη μπαταριών ή θερμικής αποθήκευσης είναι το κλειδί για την προσθήκη περισσότερης ηλιακής ενέργειας.

Η αποθήκευση βοηθά την ηλιακή ενέργεια να συμβάλλει στην παροχή ηλεκτρικής ενέργειας ακόμα και όταν ο ήλιος δεν λάμπει. Μπορεί επίσης να βοηθήσει στην εξομάλυνση των διακυμάνσεων στον τρόπο ροής της ηλιακής ενέργειας στο δίκτυο. Αυτές οι διακυμάνσεις αποδίδονται σε αλλαγές στην ποσότητα του ηλιακού φωτός που λάμπει σε φωτοβολταϊκά (PV) πάνελ ή συστήματα συγκέντρωσης ηλιακής-θερμικής ενέργειας (CSP). Η παραγωγή ηλιακής ενέργειας μπορεί να επηρεαστεί από την εποχή, την ώρα της ημέρας, τα σύννεφα, τη σκόνη, την ομίχλη ή εμπόδια όπως οι σκιές, η βροχή, το χιόνι και η βρωμιά. Μερικές φορές η αποθήκευση ενέργειας συστεγάζεται ή τοποθετείται δίπλα σε ένα σύστημα ηλιακής ενέργειας και μερικές φορές το σύστημα αποθήκευσης στέκεται μόνο του, αλλά σε οποιαδήποτε διαμόρφωση, μπορεί να βοηθήσει στην αποτελεσματικότερη ενσωμάτωση της ηλιακής ενέργειας στο ενεργειακό τοπίο.

Πλεονεκτήματα αποθήκευσης ηλιακής ενέργειας

1. **Εξισορρόπηση φορτίων ηλεκτρικής ενέργειας:** Χωρίς αποθήκευση, η ηλεκτρική ενέργεια πρέπει να παράγεται και να καταναλώνεται ταυτόχρονα, πράγμα που μπορεί να σημαίνει ότι οι φορείς εκμετάλλευσης του δικτύου παίρνουν κάποια παραγωγή εκτός σύνδεσης ή τη «περιορίζουν», για να αποφύγουν προβλήματα υπερπαραγωγής και αξιοπιστίας του δικτύου. Αντίθετα, μπορεί να υπάρξουν άλλες φορές, μετά τη δύση του ηλίου ή σε συννεφιασμένες μέρες, όπου υπάρχει μικρή ηλιακή παραγωγή αλλά άφθονη ζήτηση για ενέργεια. Εισαγάγετε τον χώρο αποθήκευσης, ο οποίος μπορεί να γεμίσει ή να φορτιστεί όταν η παραγωγή είναι υψηλή και η κατανάλωση ενέργειας είναι χαμηλή, και στη συνέχεια να διανεμηθεί όταν το φορτίο ή η ζήτηση είναι υψηλή. Όταν μέρος της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από τον ήλιο αποθηκευτεί, αυτή η ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί όποτε τη χρειάζονται οι φορείς εκμετάλλευσης του δικτύου, ακόμη και μετά τη δύση του ηλίου. Με αυτόν τον τρόπο, η αποθήκευση λειτουργεί ως ασφαλιστήριο συμβόλαιο για την ηλιοφάνεια.
2. **Ηλιακή παραγωγή «συσχέτισης»:** Η βραχυπρόθεσμη αποθήκευση μπορεί να διασφαλίσει ότι οι γρήγορες αλλαγές στην παραγωγή δεν θα επηρεάσουν σε μεγάλο βαθμό την παραγωγή ενός ηλιακού σταθμού. Για παράδειγμα, μια μικρή μπαταρία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την οδήγηση μέσω μιας σύντομης διακοπής παραγωγής από ένα διερχόμενο σύννεφο, βοηθώντας το δίκτυο να διατηρεί μια «σταθερή» ηλεκτρική παροχή που είναι αξιόπιστη και συνεπής.
3. **Παροχή ελαστικότητας:** Η ηλιακή ενέργεια και η αποθήκευση μπορούν να παρέχουν εφεδρική ισχύ κατά τη διάρκεια μιας ηλεκτρικής διακοπής. Μπορούν να διατηρήσουν τις κρίσιμες εγκαταστάσεις σε λειτουργία για να εξασφαλίσουν συνεχείς βασικές υπηρεσίες, όπως οι επικοινωνίες. Η ηλιακή ενέργεια και η

αποθήκευση μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για μικροδίκτυα και εφαρμογές μικρότερης κλίμακας, όπως κινητές ή φορητές μονάδες ισχύος.

Τύποι αποθήκευσης ενέργειας

Ο πιο συνηθισμένος τύπος αποθήκευσης ενέργειας στο ηλεκτρικό δίκτυο είναι η αντλούμενη υδροηλεκτρική ενέργεια. Ωστόσο, οι τεχνολογίες αποθήκευσης που συνδυάζονται συχνότερα με ηλιακούς σταθμούς είναι η ηλεκτροχημική αποθήκευση (μπαταρίες) με φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις και η θερμική αποθήκευση (ρευστά) με εγκαταστάσεις CSP. Άλλοι τύποι αποθήκευσης, όπως η αποθήκευση πεπιεσμένου αέρα και οι σφόνδυλοι, μπορεί να έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά, όπως πολύ γρήγορη εκφόρτιση ή πολύ μεγάλη χωρητικότητα, που τα καθιστούν ελκυστικά για τους χειριστές του δικτύου. Περισσότερες πληροφορίες για άλλους τύπους αποθήκευσης παρέχονται παρακάτω.

- 1. Υδροηλεκτρική αποθήκευση:** Η υδροηλεκτρική ενέργεια με αντλία αποθήκευσης είναι μια τεχνολογία αποθήκευσης ενέργειας που βασίζεται στο νερό. Η ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιείται για την άντληση νερού ανηφορικά σε μια δεξαμενή όταν η ζήτηση ενέργειας είναι χαμηλή. Αργότερα, το νερό μπορεί να αφεθεί να ρέει πίσω στην κατηφόρα και να γυρίσει μια τουρμπίνα για να παράγει ηλεκτρική ενέργεια όταν η ζήτηση είναι υψηλή. Η αντλούμενη υδροηλεκτρική ενέργεια είναι μια καλά δοκιμασμένη και ώριμη τεχνολογία αποθήκευσης που χρησιμοποιείται στις Ηνωμένες Πολιτείες από το 1929. Ωστόσο, απαιτεί κατάλληλα τοπία και δεξαμενές, που μπορεί να είναι φυσικές λίμνες ή ανθρωπογενείς με την κατασκευή φραγμάτων, που απαιτούν μακροχρόνιες ρυθμιστικές άδειες, χρόνους υλοποίησης και μεγάλο αρχικό κεφάλαιο. Εκτός από το ενεργειακό αρμπιτράζ, η αξία των υπηρεσιών της αντλούμενης υδροηλεκτρικής για την ενσωμάτωση μεταβλητών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας δεν έχει γίνει πλήρως κατανοητή, γεγονός που μπορεί να κάνει την περίοδο οικονομικής απόσβεσης μεγάλη. Αυτοί είναι μερικοί από τους λόγους για τους οποίους δεν έχει κατασκευαστεί πρόσφατα αντλούμενο υδροηλεκτρικό, παρόλο που είναι εμφανές το ενδιαφέρον από αιτήματα προς την Ομοσπονδιακή Ρυθμιστική Επιτροπή Ενέργειας για προκαταρκτικές άδειες και άδειες.
- 2. Ηλεκτροχημική αποθήκευση:** Πολλοί από εμάς είναι εξοικειωμένοι με τις ηλεκτροχημικές μπαταρίες, όπως αυτές που βρίσκονται σε φορητούς υπολογιστές και κινητά τηλέφωνα. Όταν τροφοδοτείται ηλεκτρική ενέργεια σε μια μπαταρία, προκαλεί μια χημική αντίδραση και αποθηκεύεται ενέργεια. Όταν μια μπαταρία αποφορτίζεται, αυτή η χημική αντίδραση αντιστρέφεται, η οποία δημιουργεί τάση μεταξύ δύο ηλεκτρικών επαφών, προκαλώντας τη ροή ρεύματος από την μπαταρία. Η πιο κοινή χημεία για τις μπαταρίες είναι ιόντων λιθίου, αλλά

άλλες κοινές επιλογές περιλαμβάνουν μπαταρίες μόλυβδου, νατρίου και νικελίου.

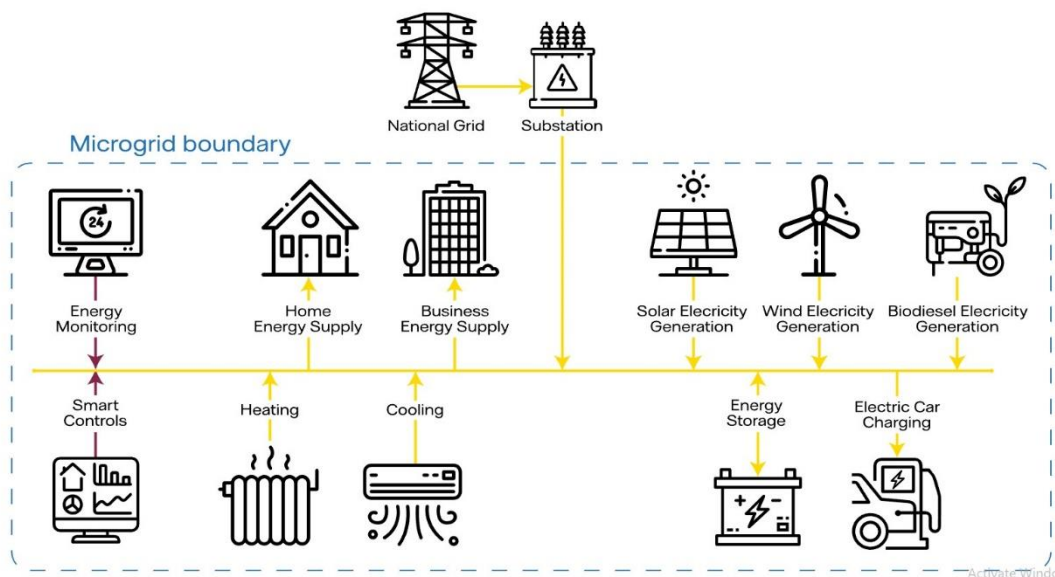
- 3. Αποθήκευση Θερμικής Ενέργειας:** Η αποθήκευση θερμικής ενέργειας είναι μια οικογένεια τεχνολογιών στις οποίες ένα ρευστό, όπως νερό ή λιωμένο αλάτι, ή άλλο υλικό χρησιμοποιείται για την αποθήκευση θερμότητας. Αυτό το υλικό θερμικής αποθήκευσης αποθηκεύεται στη συνέχεια σε μια μονωμένη δεξαμενή μέχρι να χρειαστεί ενέργεια. Η ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί απευθείας για θέρμανση και ψύξη ή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Στα συστήματα αποθήκευσης θερμικής ενέργειας που προορίζονται για ηλεκτρική ενέργεια, η θερμότητα χρησιμοποιείται για να βράσει το νερό. Ο ατμός που προκύπτει οδηγεί έναν στρόβιλο και παράγει ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιώντας τον ίδιο εξοπλισμό που χρησιμοποιείται σε συμβατικούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Η αποθήκευση θερμικής ενέργειας είναι χρήσιμη σε εγκαταστάσεις CSP, οι οποίες εστιάζουν το ηλιακό φως σε έναν δέκτη για να θερμάνουν ένα λειτουργικό ρευστό. Το υπερκρίσιμο διοξείδιο του άνθρακα διερευνάται ως λειτουργικό ρευστό που θα μπορούσε να εκμεταλλευτεί τις υψηλότερες θερμοκρασίες και να μειώσει το μέγεθος των μονάδων παραγωγής.
- 4. Αποθήκευση σφονδύλου:** Ο σφόνδυλος είναι ένας βαρύς τροχός που συνδέεται σε έναν περιστρεφόμενο άξονα. Η κατανάλωση ενέργειας μπορεί να κάνει τον τροχό να στρίβει πιο γρήγορα. Αυτή η ενέργεια μπορεί να εξαχθεί συνδέοντας τον τροχό σε μια ηλεκτρική γεννήτρια, η οποία χρησιμοποιεί ηλεκτρομαγνητισμό για να επιβραδύνει τον τροχό και να παράγει ηλεκτρική ενέργεια. Αν και οι σφόνδυλοι μπορούν να παρέχουν γρήγορα ισχύ, δεν μπορούν να αποθηκεύσουν πολλή ενέργεια.
- 5. Αποθήκευση πεπιεσμένου αέρα:** Τα συστήματα αποθήκευσης πεπιεσμένου αέρα αποτελούνται από μεγάλα σκάφη, όπως δεξαμενές ή φυσικούς σχηματισμούς, όπως σπηλιές. Ένα σύστημα συμπιεστή αντλεί τα δοχεία γεμάτα αέρα υπό πίεση. Στη συνέχεια, ο αέρας μπορεί να απελευθερωθεί και να χρησιμοποιηθεί για την κίνηση μιας τουρμπίνας που παράγει ηλεκτρική ενέργεια. Τα υπάρχοντα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας πεπιεσμένου αέρα χρησιμοποιούν συχνά τον απελευθερωμένο αέρα ως μέρος ενός κύκλου ισχύος φυσικού αερίου για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.
- 6. Ηλιακά Καύσιμα:** Η ηλιακή ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία νέων καυσίμων που μπορούν να καταναλωθούν για να παρέχουν ενέργεια, αποθηκεύοντας την στους χημικούς δεσμούς. Μεταξύ των πιθανών

καυσίμων που εξετάζουν οι ερευνητές είναι το υδρογόνο, που παράγεται με τον διαχωρισμό του από το οξυγόνο του νερού, και το μεθάνιο, που παράγεται από το συνδυασμό υδρογόνου και διοξειδίου του άνθρακα. Το μεθάνιο είναι το κύριο συστατικό του φυσικού αερίου, το οποίο χρησιμοποιείται συνήθως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ή τη θέρμανση κατοικιών.

- 7. Εικονική αποθήκευση:** Η ενέργεια μπορεί επίσης να αποθηκευτεί αλλάζοντας τον τρόπο με τον οποίο χρησιμοποιούμε τις συσκευές που ήδη έχουμε. Για παράδειγμα, με θέρμανση ή ψύξη ενός κτιρίου πριν από την αναμενόμενη αιχμή της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, το κτίριο μπορεί να «αποθηκεύει» αυτή τη θερμική ενέργεια, ώστε να μην χρειάζεται να καταναλώνει ηλεκτρική ενέργεια αργότερα μέσα στην ημέρα. Το ίδιο το κτίριο λειτουργεί ως θερμός αποθηκεύοντας δροσερό ή ζεστό αέρα. Μια παρόμοια διαδικασία μπορεί να εφαρμοστεί σε θερμοσίφωνες για την κατανομή της ζήτησης κατά τη διάρκεια της ημέρας.

2.8.2 Αξιοπιστία δικτύου

Το ηλεκτρικό δίκτυο πρέπει να μπορεί να παρέχει αξιόπιστα ισχύ, επομένως είναι σημαντικό για τις επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας και τους άλλους διαχειριστές συστημάτων ενέργειας να έχουν πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο σχετικά με την ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας που παράγουν τα ηλιακά συστήματα. Η αύξηση των ποσοτήτων ηλιακής ενέργειας και DER στο δίκτυο οδηγεί τόσο σε ευκαιρίες όσο και σε προκλήσεις για την αξιοπιστία του δικτύου. Πολύπλοκα σύγχρονα πλέγματα με συνδυασμό παραδοσιακής γενιάς και DER μπορούν να κάνουν πιο δύσκολη την απόκριση σε μη φυσιολογικές καταστάσεις όπως καταιγίδες ή black out. Ωστόσο, οι ηλεκτρονικές συσκευές έχουν τη δυνατότητα να συλλέγουν πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο στο δίκτυο και να βοηθούν στον έλεγχο των λειτουργιών του δικτύου. Στην πραγματικότητα, ειδικοί μετατροπείς «σχηματισμού δικτύου» θα μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν την ηλιακή ενέργεια για να επανεκκινήσουν το δίκτυο σε περίπτωση διακοπής ρεύματος.



ΕΙΚΟΝΑ 15 Το παραπάνω διάγραμμα απεικονίζει τα όρια και τα τυπικά στοιχεία που μπορούν να ενσωματωθούν σε ένα μικροδίκτυο, καθώς και τη ροή ηλεκτρικής ενέργειας. Πηγή: «<https://network-solutions.vattenfall.co.uk/services/smart-grids-and-micro-grids>»

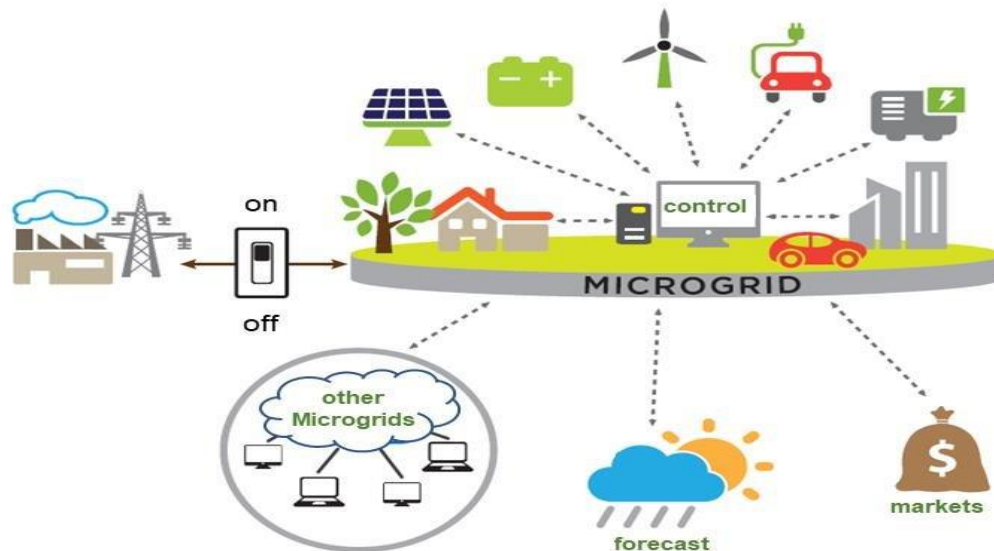
Τα ηλιακά DER (distributed energy resources) μπορούν να κατασκευαστούν σε διαφορετικές κλίμακες—ακόμη και ένα μικρό ηλιακό πάνελ μπορεί να παρέχει ενέργεια. Στην πραγματικότητα, περίπου το ένα τρίτο της ηλιακής ενέργειας στις Ηνωμένες Πολιτείες παράγεται από μικρής κλίμακας ηλιακή ενέργεια, όπως εγκαταστάσεις σε στέγες.

Το κόστος κατοχής DER ποικίλλει από πολιτεία σε πολιτεία και μεταξύ των εταιρειών κοινής ωφελείας. Ένας τρόπος με τον οποίο καθορίζεται ο λογαριασμός του ηλεκτρικού ρεύματος είναι μέσω του net metering, όπου οι επιχειρήσεις κοινής ωφελείας υπολογίζουν τη συνολική ισχύ που παράγεται από το ηλιακό σύστημα του πελάτη και την αφαιρούν από τη συνολική ισχύ που καταναλώνει ο πελάτης. Οι πελάτες πιστώνονται για την ποσότητα ενέργειας που παρέχουν στο δίκτυο.

Το DER θα μπορούσε να αλλάξει ριζικά τον τρόπο λειτουργίας του ηλεκτρικού δικτύου. Με το DER, η ισχύς παράγεται ακριβώς εκεί που χρησιμοποιείται και μπορεί να συνδεθεί με άλλα DER για βελτιστοποίηση της χρήσης του. Το DER μπορεί επίσης να περιλαμβάνει ελεγχόμενα φορτία, όπως θερμοσίφωνες ή μονάδες κλιματισμού που μπορεί να χρησιμοποιήσει βοηθητικό πρόγραμμα για να μετακινήσει την κατανάλωση ενέργειας μακριά από τις ώρες αιχμής.

Τα δίκτυα διανομής είναι ευάλωτα σε διακοπές που μπορεί να επηρεάσουν μεγάλες περιοχές και εκατομμύρια ανθρώπους και επιχειρήσεις, ιδιαίτερα ως συνέπεια ακραίων, καταστροφικών καιρικών φαινομένων. Όταν τμήματα του δικτύου είναι εξοπλισμένα με DER, μπορούν να συνεχίσουν να εξυπηρετούν άλλα φορτία στο ίδιο δίκτυο διανομής, καλύπτοντας τοπικές ανάγκες με τοπική παραγωγή. Αυτό ονομάζεται νησιδοποίηση. Τα

ηλεκτρικά συστήματα που μπορούν να αποσυνδεθούν από το μεγαλύτερο δίκτυο, και να αποτελέσουν νησίδα, ονομάζονται συχνά μικροδίκτυα.



ΕΙΚΟΝΑ 16 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΜΙΚΡΟΔΙΚΤΥΟΥ. Ένα μικροδίκτυο είναι μια ομάδα διασυνδεδεμένων φορτίων και κατανεμημένων ενεργειακών πόρων εντός σαφώς καθορισμένων ηλεκτρικών ορίων που λειτουργεί ως μια ενιαία ελεγχόμενη οντότητα σε σχέση με το δίκτυο. Ένα μικροδίκτυο μπορεί να συνδεθεί και να αποσυνδεθεί από το δίκτυο για να του επιτρέψει να λειτουργεί τόσο σε λειτουργία σύνδεσης στο δίκτυο όσο και σε λειτουργία νησίδας. Πηγή: «(LBNL, USDOE, 2019)».

Η τεχνολογία προχωρά με σκοπό τη διαχείριση των κινδύνων που προκαλεί η νησιδοποίηση μέσω ανάπτυξης καλύτερων λογισμικών ελέγχου παροχής των πόρων του δικτύου. Χωρίς το μεγαλύτερο δίκτυο για να βοηθήσει στη σταθεροποίηση της τροφοδοσίας, ένα νησιδοποιημένο δίκτυο θα μπορούσε να βλάψει τον συνδεδεμένο εξοπλισμό ή να τραυματίσει εργαζομένους που πιστεύουν ότι είναι αποσυνδεδεμένοι από το ρεύμα. Για το λόγο αυτό, πολλά συστήματα ηλιακής ενέργειας είναι προγραμματισμένα να ανιχνεύουν τη νησίδα και να αποσυνδέονται από το δίκτυο σε έκτακτη ανάγκη. Πέρα από τα μικροδίκτυα, ορισμένοι ερευνητές μελετούν νανοδίκτυα έξυπνα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας στο μέγεθος ενός κτιρίου.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ 2^Ο ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

1. *Blackstart of Power Grids with InverterBased Resources*
<https://network-solutions.vattenfall.co.uk/services/smart-grids-and-micro-grids>
2. **U.S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy**
<https://www.energy.gov/eere/office-energy-efficiency-renewable-energy>
3. **Unbound Solar**
“Solar Panels Done Your Way” <https://unboundsolar.com/solar-panels>
4. U.S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy
“Solar Performance and Efficiency”
<https://www.energy.gov/eere/solar/solar-radiation-basics>
5. U.S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy
“How Does Solar Work?” Solar Energy Technologies Office
<https://www.energy.gov/eere/solar/solar-energy-glossary>
6. U.S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy
<https://www.energy.gov/eere/solar/solar-photovoltaic-technology-basics>
7. U.S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy
<https://www.energy.gov/eere/solar/articles/pv-cells-101-primer-solar-photovoltaic-cell>
8. U.S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy
<https://www.energy.gov/eere/solar/solar-photovoltaic-system-design-basics>
9. U.S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy
<https://www.energy.gov/eere/solar/solar-performance-and-efficiency>
10. U.S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy
<https://www.energy.gov/eere/solar/concentrating-solar-thermal-power-basics>
11. U.S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy
<https://www.energy.gov/eere/solar/power-tower-system-concentrating-solar-thermal-power-basics>
12. U.S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy
<https://www.energy.gov/eere/solar/thermal-storage-system-concentrating-solar-thermal-power-basics>
13. U.S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy
<https://www.energy.gov/eere/solar/linear-concentrator-system-concentrating-solar-thermal-power-basics>

14. U.S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy
<https://www.energy.gov/eere/solar/solar-systems-integration-basics>
15. U.S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy
<https://www.energy.gov/eere/solar/solar-integration-inverters-and-grid-services-basics>
16. U.S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy
<https://www.energy.gov/eere/solar/solar-integration-distributed-energy-resources-and-microgrids>
17. U.S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy
<https://www.energy.gov/eere/solar/solar-integration-solar-energy-and-storage-basics>

3^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Η Μονάδα Ηλιακής Μηχανικής της Σχολής Χημικών Μηχανικών, κοινώς γνωστή ως "Ηλιακό Εργαστήριο", έχει σαν αντικείμενο την υποστήριξη διδασκαλίας, έρευνας και τεχνολογικής ανάπτυξης σχετικής με την ηλιακή ενέργεια και με συστήματα που την αξιοποιούν (ενεργητικά, παθητικά και φωτοβολταϊκά). Στεγάζεται στην αίθουσα 505 του κτιρίου Χημικών Μηχανικών.



ΕΙΚΟΝΑ 17 ΤΟ ΗΛΙΑΚΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΗΣ ΣΧΟΛΗΣ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΜΠ

Ενοσωμάτωση Ηλιακής Φωτοβολταϊκής-Θερμικής Συστοιχίας
Ισχύος 50 kWp στο Κτίριο Χημικών Μηχανικών Ε.Μ.Π.
<http://www.chemeng.ntua.gr/solarlab/thermie-gr.html>

Χρηματοδότηση
Υπουργείο Ανάπτυξης
Ευρωπαϊκή Επιτροπή
Ε.Μ.Π.



Funded by
Ministry of Development
European Commission
N.T.U.A.

Integration of a 50 kWp Solar Photovoltaic-Thermal Array in the
Retrofitting of the N.T.U.A. Chemical Engineering Building Complex
<http://www.chemeng.ntua.gr/solarlab/thermie-en.html>



ΕΙΚΟΝΑ 18 ΤΟ ΗΛΙΑΚΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΗΣ ΣΧΟΛΗΣ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΜΠ 2

Η Μονάδα Ηλιακής Μηχανικής διαθέτει αισθητήρια και όργανα λήψης, καταγραφής, αποθήκευσης, επεξεργασίας και παρουσίασης όλων των μεγεθών που χρησιμοποιούνται στους συνήθεις υπολογισμούς (π.χ. βασικού σχεδιασμού, διαστασιολόγησης και προσομοίωσης) διεργασιών αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας, κύρια σε θερμικές και φωτοβολταϊκές εφαρμογές. Η σχετική έρευνα περιλαμβάνει την εξοικονόμηση ενέργειας, τη μελέτη συστημάτων μετατροπής ενέργειας, την υπολογιστική μελέτη ενεργητικών και παθητικών ηλιακών συστημάτων και θερμοκηπίων, καθώς και τη μελέτη της φωτοβολταϊκής μετατροπής.

3.1 Φωτοβολταϊκά συστήματα



ΕΙΚΟΝΑ 19 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΤΑΡΑΤΣΑ ΤΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΜΠ.

Πάνω από το μεγάλο εργαστήριο ημι-βιομηχανικής κλίμακας της σχολής Χημικών Μηχανικών έχουν τοποθετηθεί μια σειρά φωτοβολταϊκών συστημάτων δυναμικής 62,1 w^p¹. Τα κύτταρα που αποτελούν τον συλλέκτη αποτελούνται από πολυκρυσταλλικό πυρίτιο (mc-Si) και είναι τύπου Eurosolar PL8.

¹ **Watt peak (Wp)** - η μονάδα μέτρησης για την έξοδο ενός φωτοβολταϊκού συστήματος. Η ισχύς του φωτοβολταϊκού συστήματος ορίζεται χρησιμοποιώντας Wp. Αυτό σημαίνει ότι περιγράφει τη μέγιστη ισχύ σε watt που μπορεί να παράγει το φωτοβολταϊκό σας σύστημα.

Παρακάτω παρουσιάζονται τα βασικά χαρακτηριστικά των συγκεκριμένων μοντέλων:

ΠΙΝΑΚΑΣ 1 ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΤΩΝ EUROSOLAR PL8 MODULES.

Όνομαστική μέγιστη ισχύς (W_{max})	67 W
Ρεύμα βραχυκύκλωσης (I_{sc})	4.4 A
Ανοιχτό ρεύμα κυκλώματος (V_{oc})	21V
Τάση Μέγιστη Ισχύς (V_{mp})	16.9V
Τρέχουσα Μέγιστη Ένταση (I_{mp})	4 A
Ελάχιστη ισχύς (W_{min})	62W
Μήκος +/-2mm	1215
Πλάτος +/-2mm	555
Πάχος	57
Βάρος (kg)	8.5
Αριθμός και μέγεθος κελιών	125x125
Τύπος κυττάρων	mc-Si
Μπροστινό κάλυμμα	Tempered Glass 3mm
Πίσω κάλυμμα	Tedlar/Polyester/Tedlar
Κουτί σύνδεσης	Weather proof IP55 ενισχυμένο με υαλοίνα
Ενθυλάκωση	EVA
Θεραπεία κυττάρων	Arc – TiO2
Πλαίσιο	Anodized Aluminum
NOCT	45°C

Συνθήκες μελέτης ηλεκτρικών προδιαγραφών:

- Ηλιακή ακτινοβολία: $1\text{KW}/\text{m}^2$
- Συντελεστής αέρα-μάζας: AM1.5
- Θερμοκρασία πλαισίων: 25°C

Εγκεκριμένα από:

- Ευρωπαϊκή Επιτροπή Commission of European Communities (spec. Num. I.E.C. 503, CEC Joint Research Centre, Ispra, Italy).
- TÜV Rhineland Group – εξοπλισμός κλάσης 2.
- CE mark.

Το συνολικό σύστημα αποτελείται από 28 συστοιχίες, το καθένα από τα οποία αποτελείται από 8 μονάδες EuroSolar PL8 συνδεδεμένες σε σειρά. Η συνολική ισχύς για τις 224 φωτοβολταϊκές μονάδες υπολογίζεται προσεγγιστικά ίση με 50 kWp. Η κλίση στην οποία έχουν τοποθετηθεί οι βάσεις των φωτοβολταϊκών ισούται με 30 μοίρες ενώ μια μικρότερη επιφάνεια 30 φωτοβολταϊκών μονάδων με μέγιστη ισχύ 2 kW είναι τοποθετημένη στην απέναντι πλευρά της οροφής.

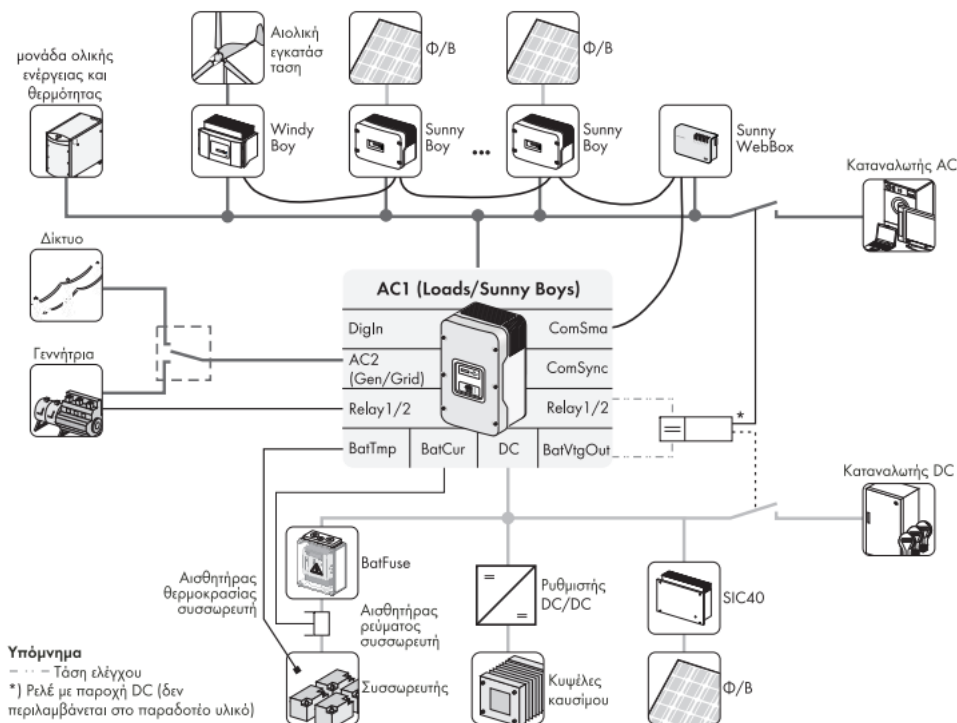


ΕΙΚΟΝΑ 20 ΣΥΣΤΗΜΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ

Το σύστημα ολοκληρώνεται με την κάλυψη της νότιας πλευράς του κτηρίου, όπου υπάρχουν ακόμη 8 επιφάνειες φωτοβολταϊκών, που συνολικά αποτελούνται από 484 μονάδες. Οι επιφάνειες αυτές έχουν κάθετη κλίση και υπολογίζεται ότι έχουν μέγιστη ισχύ 30 έως 32,5 kWp.

Συνολικά η μέγιστη ισχύς του συστήματος υπολογίζεται με βάση το φωτοβολταϊκό γεωγραφικό σύστημα της Ευρώπης (PVGS) στην Αθήνα στα 50 kWp. Επομένως η ηλιακή αυτή πηγή ενέργειας δύναται να δώσει στο δίκτυο συνολικά 75-80 MWh/έτος (1580 kWh/έτος/φωτοβολταϊκό πλαίσιο).

3.2 Το μικροδίκτυο



ΕΙΚΟΝΑ 21 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΜΙΚΡΟΔΙΚΤΥΟΥ.

Στο πλαίσιο των παραπάνω, αναπτύχθηκε πρόσφατα ένα μικροδίκτυο (Micro-grid), με σκοπό την ενεργειακή αυτονομία του εργαστηρίου από το κεντρικό δίκτυο ηλεκτρισμού, καθώς παράλληλα και την εξασφάλιση σταθερού και ποιοτικού ηλεκτρικού ρεύματος για ευαίσθητες εργαστηριακές συσκευές. Στο μικρο-δίκτυο ενσωματώθηκαν δύο από τις συνολικά 10 σειρές φωτοβολταϊκών που είναι ήδη εγκατεστημένες στην οροφή και στα πλάγια του κτηρίου

Ένας κεντρικός μετατροπέας (inverter) δημιουργεί το μικρο-δίκτυο και τροφοδοτεί τα φορτία του κυρίως από τα φωτοβολταϊκά ενώ είναι και συνδεδεμένος με το κεντρικό δίκτυο για ασφάλεια

3.4 Ο μετατροπέας Fronius IG 60HV

Το εργαστήριο έχει εξοπλιστεί με 8 μετατροπείς, κάθε ένας από τους οποίους είναι συνδεδεμένος με μία φωτοβολταϊκή επιφάνεια. Ο κάθε μετατροπέας έχει την ικανότητα να ελέγχει τη διαχείριση της ισχύος που παράγεται να συνδέει το σύστημα με το κεντρικό δίκτυο αλλά και με τις συσκευές που χρειάζονται απευθείας ενέργεια.



ΕΙΚΟΝΑ 22 Ο ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑΣ FRONIUS IG 60HV ΣΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΗΛΙΑΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ.

Τρόπος λειτουργίας:

1. Η μονάδα FRONIUS IG μετατρέπει το συνεχές ρεύμα που παράγεται από τις ηλιακές μονάδες σε εναλλασσόμενο ρεύμα. Αυτό το εναλλασσόμενο ρεύμα τροφοδοτείται στο τοπικό δίκτυο ή στο δημόσιο δίκτυο συγχρονισμένα με την τάση που χρησιμοποιείται εκεί. Το FRONIUS IG έχει σχεδιαστεί αποκλειστικά για χρήση σε φωτοβολταϊκά συστήματα που συνδέονται με το δίκτυο και δεν μπορεί να παράγει ηλεκτρισμό ηλεκτρικής ενέργειας ανεξάρτητα από το δημόσιο δίκτυο.
2. Ξεκινά να λειτουργεί αυτόματα μόλις οι ηλιακές μονάδες παράγουν επαρκή ισχύ μετά την ανατολή του ηλίου. Διατηρεί την τάση των ηλιακών μονάδων ανά πάσα στιγμή εντός του εύρους της βέλτιστης απόσυρσης ισχύος.
3. Ρυθμίζει τη βέλτιστη τάση για κάθε συγκεκριμένη κατάσταση λειτουργίας των ηλιακών μονάδων MPP. (MPP = μέγιστο σημείο ισχύος)
4. Μόλις αρχίσει να νυχτώνει και δεν υπάρχει πλέον αρκετή διαθέσιμη ενέργεια για τροφοδοσία στο δίκτυο, διακόπτει πλήρως τη σύνδεση στο δίκτυο ενώ κατά τη διάρκεια της νύχτας δεν αντλεί ενέργεια από το δημόσιο δίκτυο. Αποθηκεύει το σύνολο των δεδομένων και παραμέτρων.



ΕΙΚΟΝΑ 23 Οι 8 μετατροπείς/αντιστροφείς του εργαστηρίου Ηλιακής Μηχανικής.

Τεχνικά Χαρακτηριστικά Fronius IG 60HV Inverter:

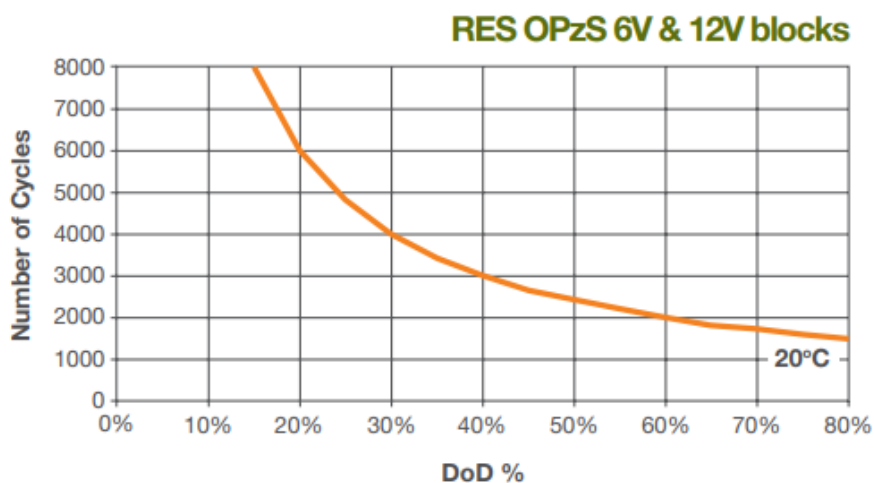
- Εύρος τάσης MPP: 150 – 400 V
- Μέγιστη τάση εισόδου: 530 V
- Ονομαστική ισχύς: AC 4600 W
- Μέγιστη τάση εξόδου: 5000 W
- Μέγιστος βαθμός απόδοσης: 94,3 % Euro-eta 93,5 %
- Τάση δικτύου / συχνότητα: 230 V / 50 Hz
- Διαστάσεις έκδοσης indoor (μ x π x υ): 610 x 344 x 220 mm
- Διαστάσεις έκδοσης outdoor (μ x π x υ): 733 x 435 x 225 mm
- Βάρος έκδοσης indoor: 16 kg
- Βάρος έκδοσης outdoor: 20 kg
- Ψύξη ελεγχόμενος αερισμός:
- Εύρος θερμοκρασίας περιβάλλοντος | επιτρεπόμενη υγρασία αέρα: -20°C έως +50°C
| 0 έως 95 %

3.4 Αποθήκευση ενέργειας σε συσσωρευτές μολύβδου



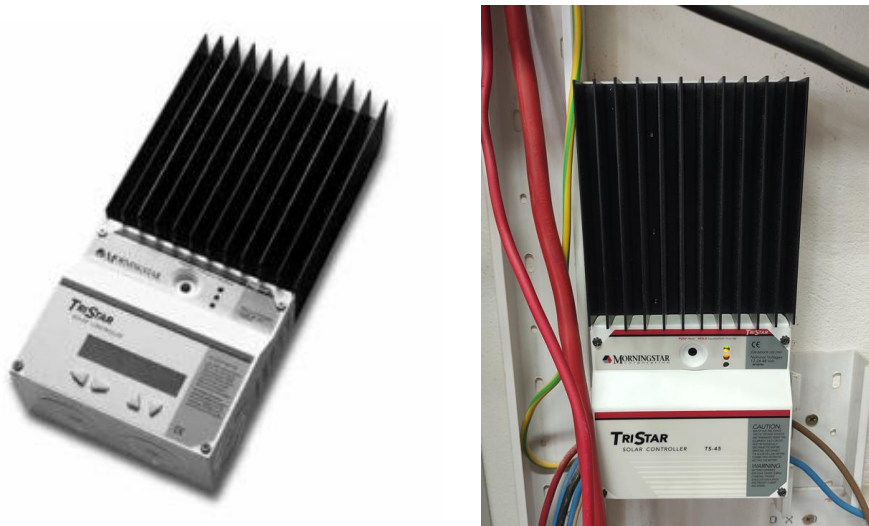
ΕΙΚΟΝΑ 24 Η ΔΙΑΤΑΞΗ ΤΩΝ 8 ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ.

Για την αποθήκευση της περισσευούμενης ενέργειας χρησιμοποιείται μια διάταξη 8 συσσωρευτών μολύβδου συνδεδεμένες ανά 4 σε σειρά και ανά δύο παράλληλα. Το ρεύμα οδηγείται στις μπαταρίες διερχόμενο από καλώδιο 10 χιλιοστών. Οι μπαταρίες είναι των 12V και 103 Ah η καθεμία. Έχουν συνδεθεί έτσι ώστε να φτιάξουν μία συστοιχία 48V – 200 Ah. Είναι σχεδιασμένες να αντέξουν έως και 2000 κύκλους οι οποίοι μεταφράζονται σε έως και 18 χρόνια χρόνο ζωής.



ΕΙΚΟΝΑ 25 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ: ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΥΚΛΩΝ ΣΕ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΜΕ ΤΟ ΒΑΘΟΣ ΕΚΦΟΡΤΙΣΗΣ. (ΤΟ ΒΑΘΟΣ ΕΚΦΟΡΤΙΣΗΣ ΜΙΑΣ ΜΠΑΤΑΡΙΑΣ (DoD) ΥΠΟΔΕΙΚΝΥΕΙ ΤΟ ΠΟΣΟΣΤΟ ΤΗΣ ΜΠΑΤΑΡΙΑΣ ΠΟΥ ΕΧΕΙ ΑΠΟΦΟΡΤΙΣΤΕΙ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΜΠΑΤΑΡΙΑΣ.)

3.5 Φορτιστής συσσωρευτών

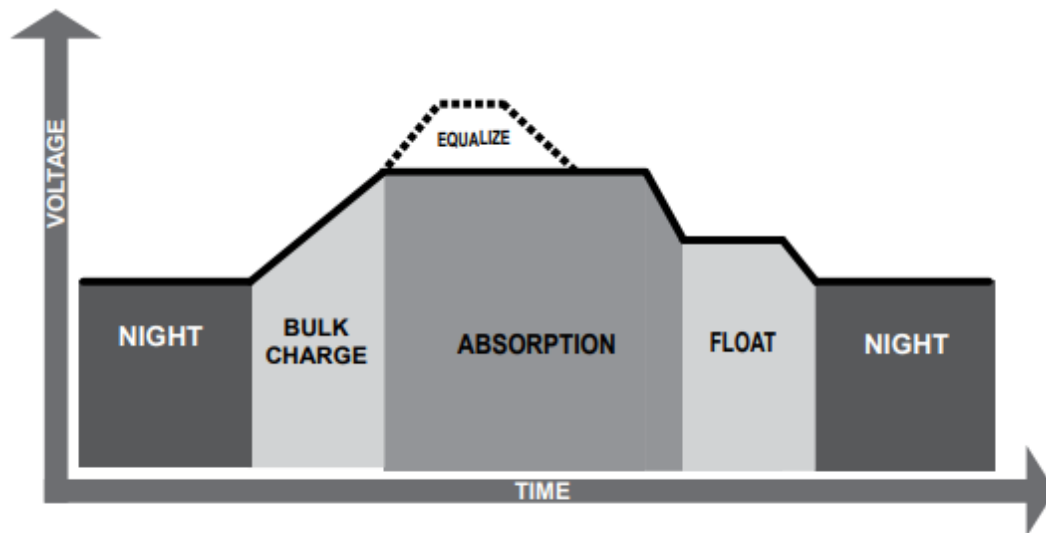


ΕΙΚΟΝΑ 26 Ο ΕΛΕΓΚΤΗΣ ΗΛΙΑΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ TRISTAR T45S ΤΗΣ MORNINGSTAR. ΔΕΞΙΑ Ο ΕΛΕΓΚΤΗΣ ΣΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΗΛΙΑΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ.

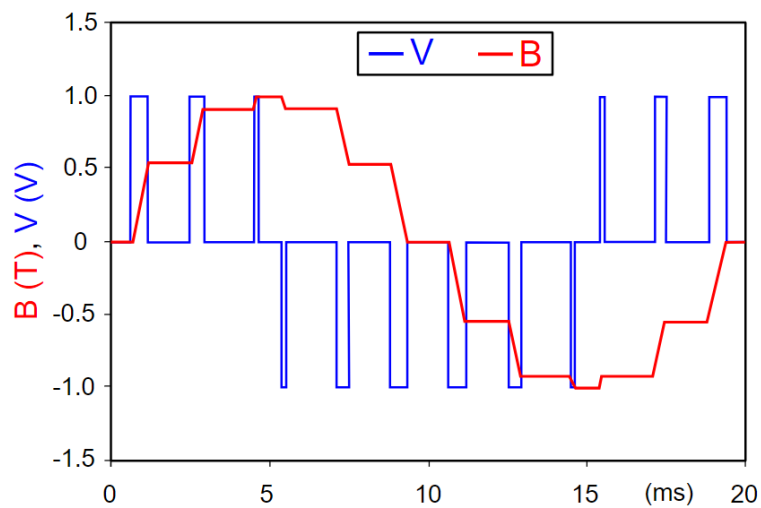
Ο φορτιστής TriStar είναι ένας τεχνικά προηγμένος ελεγκτής ηλιακού συστήματος. Είναι κατάλληλος για ένα ευρύ φάσμα ηλιακών εφαρμογών, συμπεριλαμβανομένων των οικιακών, τηλεπικοινωνιακών και βιομηχανικών αναγκών ενέργειας. Οι ρυθμιστές TriStar έχουν διαμορφωθεί για συστήματα αρνητικής γείωσης. Δεν υπάρχουν μέρη στο αρνητικό πόλο του ελεγκτή και το περίβλημα μπορεί να γειωθεί χρησιμοποιώντας τον ακροδέκτη γείωσης, ενώ προστατεύεται από ηλεκτρονικά σφάλματα μέσω αυτόματης ανάκτησης.

Ο τρόπος λειτουργίας του φορτιστή/ρυθμιστή υπακούει σε 4 βασικά στάδια:

1. **Μαζική φόρτιση (Bulk Charge):** Σε αυτό το στάδιο, η μπαταρία θα δεχτεί όλο το ρεύμα παρέχεται από το ηλιακό σύστημα. Τα LED θα εμφανίσουν με μια ένδειξη την κατάσταση φόρτισης της μπαταρίας καθώς η μπαταρία επαναφορτίζεται.
2. **Απορρόφηση PWM (Pulse Width Modulation* Absorption):** Όταν η μπαταρία φτάσει στην τάση ρύθμισης, η PWM αρχίζει να διατηρεί σταθερή την τάση. Αυτό γίνεται για να αποφευχθεί η υπερθέρμανση και η εξαγωγή υπερβολικών αερίων από την μπαταρία. Το ρεύμα μειώνεται σε ασφαλή επίπεδα καθώς η μπαταρία φορτίζεται πλήρως.
3. **Εξισορρόπηση (Equalize):** Πολλές μπαταρίες επωφελούνται από μια περιοδική ενισχυμένη φόρτιση για να ανακατέψουν τον ηλεκτρολύτη, και να ισοπεδώσουν τις τάσεις των στοιχείων βοηθώντας την ολοκλήρωση της ηλεκτροχημικής αντίδρασης.
4. **Float:** Όταν η μπαταρία επαναφορτιστεί πλήρως, η τάση φόρτισης μειώνεται για την αποφυγή περαιτέρω θέρμανσης της μπαταρίας.

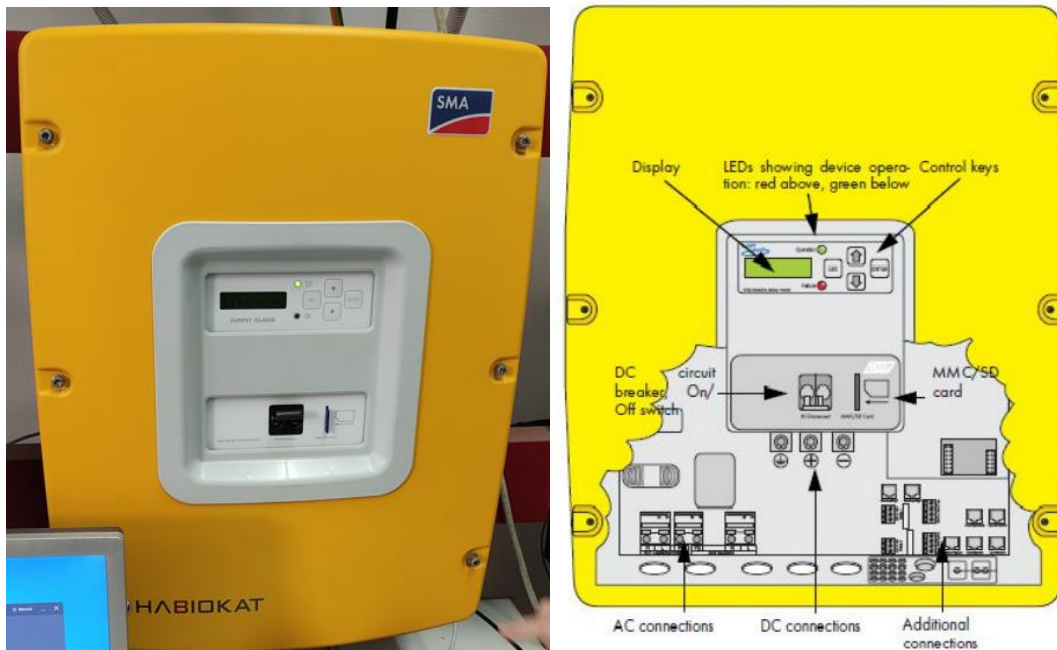


ΕΙΚΟΝΑ 27 ΤΑ ΤΕΣΣΕΡΑ ΣΤΑΔΙΑ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ.



ΕΙΚΟΝΑ 28 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ: PULSE WIDTH MODULATION: Η ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΠΛΑΤΟΥΣ ΠΑΛΜΟΥ (PWM) Η ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ ΠΑΛΜΟΥ (PDM), ΕΙΝΑΙ ΜΙΑ ΜΕΘΟΔΟΣ ΜΕΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΜΕΣΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΠΟΥ ΠΑΡΕΧΕΤΑΙ ΑΠΟ ΕΝΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΣΗΜΑ, ΤΕΜΑΧΙΖΟΝΤΑΣ ΤΟ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΑ ΣΕ ΔΙΑΚΡΙΤΑ ΜΕΡΗ.

3.6 Μετατροπέας Sunny Island 5048



ΕΙΚΟΝΑ 29 Ο ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑΣ SUNNY ISLAND 5048

Ο μετατροπέας Sunny Island 5048 είναι ένας μετατροπέας (συσσωρευτών) για αυτόνομα συστήματα. Τροφοδοτεί καταναλωτές αυτόνομου δικτύου και φορτίζει συσσωρευτές. Πτυχαίνει μέγιστο βαθμό απόδοσης πάνω από 95 % και μπορεί να δημιουργήσει αυτόνομα δίκτυα τροφοδοσίας με ισχύ από 3 kW έως 300 kW σε συστήματα πολλαπλού πλέγματος (Multicluster Systems). Επιπλέον ο μετατροπέας Sunny Island απενεργοποιεί αυτομάτως φορτία, σε περίπτωση που ο συσσωρευτής δεν διαθέτει στο σύστημα αρκετή ενέργεια. Ο συσσωρευτής επιτηρείται αδιάκοπα και γίνεται αυτόματη διαχείριση κατά το βέλτιστο δυνατό τρόπο. Το σύστημα διαχείρισης συσσωρευτή επιτρέπει την πολύ ακριβή καταγραφή της κατάστασης φόρτισης του ενώ διαθέτει σύστημα ρύθμισης φορτίων για ασφαλή προστασία από βαθιά εκφόρτιση. Με τις λειτουργίες αυτές επιτυγχάνεται μεγάλη διάρκεια ζωής. Η κάρτα μνήμης SD επιτρέπει τον απλό έλεγχο της εγκατάστασης και διευκολύνει όλες τις εργασίες συντήρησης.

Ο μετατροπέας Sunny Island επιτηρεί τα προεπιλεγμένα όρια τάσης και συχνότητας στο δίκτυο και στη γεννήτρια. Σε περίπτωση παραβίασης των ορίων αυτών, ο μετατροπέας απομονώνεται σχεδόν χωρίς διακοπή από την εξωτερική πηγή και μεταβαίνει στην αυτόνομη λειτουργία. Επιπλέον, ο μετατροπέας Sunny Island διαθέτει ενσωματωμένη διαδικασία Anti-Islanding. Η διαδικασία Antilanding προσφέρει προστασία από την ανεπιθύμητη δημιουργία αυτόνομων δικτύων στη γεννήτρια ή κατά περιπτώσεις στο εξωτερικό σημείο σύνδεσης του δικτύου. Η διαδικασία Anti-Islanding είναι απαραίτητη, προκειμένου ο μετατροπέας Sunny Island να αποτρέψει σε περίπτωση διακοπής του δημόσιου δικτύου ή της γεννήτριας τη δημιουργία αντίστροφων τάσεων στα εξαρτήματα του δικτύου. Σε περίπτωση διακοπής του δικτύου, ο μετατροπέας Sunny Island θα απενεργοποιήσει το δίκτυο, αλλά θα συνεχίσει να παρέχει φορτία.

Χαρακτηριστικά του μετατροπέα Sunny Island 5048:

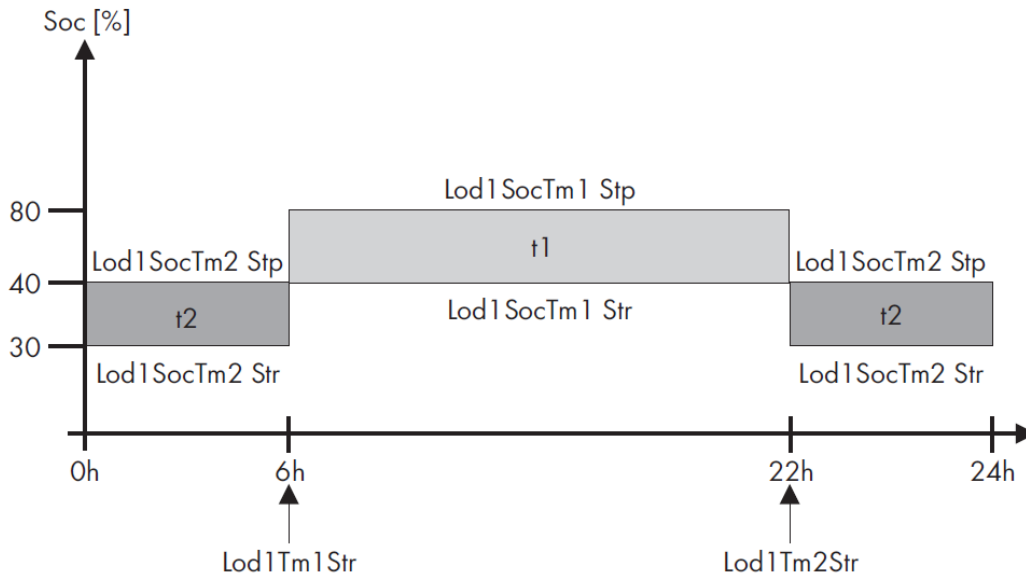
- Μπορεί να παρέχει μικροδίκτυο 230V-50Hz.
- Λειτουργεί ανεξάρτητα από το κεντρικό δίκτυο.
- Συνδέεται μέσω καλωδίου 50mm με τη μονάδα των συσσωρευτών
- Συνδέεται με δύο από τους αντιστροφείς Fronius IG 60HV των οποίων οι έξοδοι αναπροσανατολίζονται στην έξοδο του, παρέχοντας την ενέργεια τους απευθείας στο μικροδίκτυο.
- Σε περίσσεια ισχύος φορτίζει τους συσσωρευτές.
- Σε περίπτωση πλήρους φόρτισης των συσσωρευτών διοχετεύει την περισσευούμενη ενέργεια στο κεντρικό δίκτυο.
- Σε διακοπή ρεύματος του κεντρικού δικτύου χρησιμοποιεί την ενέργεια των φωτοβολταϊκών ή αν είναι νύχτα, την αποθηκευμένη των συσσωρευτών.
- Είναι ικανός να φορτίσει τις μπαταρίες αντλώντας ενέργεια από το κεντρικό δίκτυο απουσία άλλης πηγής.

3.6.1 Περαιτέρω λειτουργίες

1. Απόρριψη φορτίου (Load-Shedding)

Σε περίπτωση που τα συνδεδεμένα στο μετατροπέα Sunny Island φορτία καταναλώνουν για μεγάλο χρονικό διάστημα περισσότερη ενέργεια από όση παράγουν οι συνδεδεμένοι παραγωγοί, τότε ενδέχεται ο συσσωρευτής να αποφορτιστεί. Σε περιπτώσεις πολύ χαμηλού φορτίου του συσσωρευτή, ο μετατροπέας Sunny Island απενεργοποιείται αυτόματα. Με αυτόν τον τρόπο, ο μετατροπέας Sunny Island αποτρέπει την αποφόρτιση του συσσωρευτή. Μέσω της αυτόματης απενεργοποίησης του μετατροπέα Sunny Island, τα φορτία μένουν χωρίς παροχή ρεύματος και οι συνδεδεμένοι στο μετατροπέα Sunny Island παραγωγοί δε μπορούν να φορτίσουν το συσσωρευτή.

Στα συστήματα αυτόνομου δικτύου, όπου οι παραγωγοί συνδέονται απευθείας στο συσσωρευτή μέσω μετατροπέα DC/DC, ο συσσωρευτής φορτίζεται από τους παραγωγούς ακόμα και σε περίπτωση αυτόματης απενεργοποίησης του μετατροπέα Sunny Island. Όταν ο συσσωρευτής φτάσει σε ένα ορισμένο σημείο φόρτισης, τότε ο μετατροπέας Sunny Island μπορεί μετά την αυτόματη απενεργοποίηση να ενεργοποιηθεί ξανά αυτόματα. Μετά την αυτόματη ενεργοποίηση μπορούν και οι συνδεδεμένοι στο μετατροπέα Sunny Island παραγωγοί να φορτίσουν το συσσωρευτή



ΕΙΚΟΝΑ 30 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΡΥΘΜΙΣΕΩΝ ΑΠΟΡΡΙΨΗΣ ΦΟΡΤΙΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΝΥΧΤΑΣ

Η γραφική παράσταση δείχνει ένα παράδειγμα ρυθμίσεων, όπου η λειτουργία απόρριψης φορτίου κατά τη διάρκεια της νύχτας θα πρέπει να είναι κατά το δυνατό ανενεργή. Από τις 6:00 έως τις 22:00 ενεργοποιείται η απόρριψη φορτίων σε κατάσταση φόρτισης (SOC) 40 %, κατά τη διάρκεια της νύχτας (μεταξύ 22:00 και 6:00) επιτρέπεται αντιθέτως ο συσσωρευτής να εκφορτιστεί έως το 30 %, προτού ενεργοποιηθεί ο επαφείας απόρριψης φορτίων.

2. Συμπεριφορά σε υπερφόρτιση και βραχυκύκλωμα.

Ο μετατροπέας μπορεί να λειτουργήσει στιγμιαία σε κατάσταση υπερφόρτισης. Μπορεί ακόμη και να χειριστεί ρεύματα βραχυκυκλώματος. Σε περίπτωση υπερφόρτισης ο μετατροπέας Sunny Island μπορεί να παράγει για 30 λεπτά ισχύ 6 500 W, και για 5 λεπτά ισχύ 7 200 W. Για διάστημα ενός λεπτού μπορεί η διαθέσιμη ισχύς να φτάσει ακόμα και τα 8 400 W. Σε περίπτωση βραχυκυκλώματος, ο μετατροπέας Sunny Island έχει μέγιστο ρεύμα 100 A (για 100 ms). Αυτή η τιμή επαρκεί, για να ενεργοποιηθούν αυτόματες ασφάλειες κοινές στο εμπόριο, με χαρακτηριστικά ενεργοποίησης 16 A B.

3. Αυτόματη Ρύθμιση Συχνότητας (ΑΡΣ)

Τα ρολόγια, η ακρίβεια των οποίων εξαρτάται από τη σταθερότητα της συχνότητας του δικτύου, δείχνουν μία ολοένα και πιο ανακριβή ώρα σε περίπτωση συνεχών διακυμάνσεων της συχνότητας. Οι διακυμάνσεις συχνότητας, δηλ. αποκλίσεις από την ονομαστική συχνότητα, προκύπτουν π.χ. σε συστήματα αυτόνομου δικτύου που λειτουργούν με γεννήτρια πετρελαίου. Η λειτουργία "Αυτόματη ρύθμιση συχνότητας" (ΑΡΣ), καλούμενη επίσης και τριτεύουσα ρύθμιση, του μετατροπέα Sunny Island

επιτρέπει τη χωρίς προβλήματα χρήση συζευγμένων με το δίκτυο ρολογιών σε τέτοια συστήματα αυτόνομου δικτύου. Ενεργοποιείται μέσω της παραμέτρου "250.11 AfraEna". Η χρονική απόκλιση αντισταθμίζεται κατά μέσο όρο.

3.6.2 Κατάσταση φόρτισης SOC και SOH

Ο μετατροπέας Sunny Island διαθέτει μεγάλη ακρίβεια στο εσωτερικό σύστημα υπολογισμού κατάστασης φόρτισης (τιμή ένδειξης "120.01 BatSoc"). Η διαδικασία που χρησιμοποιείται για το σκοπό αυτό στηρίζεται στο άθροισμα των αμπερών. Αυτό σημαίνει ότι όλα τα ρεύματα τα οποία εισέρχονται ή εξέρχονται από το συσσωρευτή προστίθενται και σχετίζονται με την ονομαστική χωρητικότητα. Προκειμένου να συνυπολογίζονται σφάλματα από αυτόνομη εκφόρτιση ή απώλειες φόρτισης λόγω εξαέρωσης, γίνεται εσωτερικά υπολογισμός των απωλειών αυτών. Σε αντίθεση με άλλες διαδικασίες, δεν χρειάζεται να καθορισθεί εδώ σταθερός συντελεστής φόρτισης.

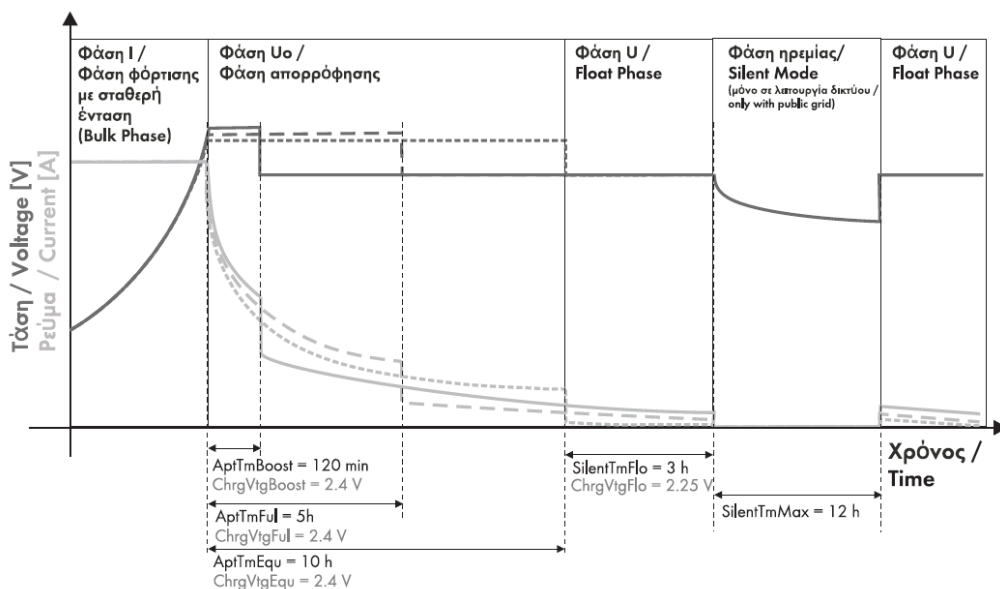
Μόλις επιτευχθούν καταστάσεις πλήρους φόρτισης, η κατάσταση φόρτισης τίθεται ξανά στο 90 %, 95 % ή 100 %, ανάλογα με τον πραγματικό βαθμό φόρτισης του συσσωρευτή. Εάν δεν έχουν γίνει αλλαγές στις προεπιλεγμένες τιμές, επιτυγχάνεται κατά κανόνα κατάσταση φόρτισης 80 % σε ταχεία φόρτιση, 95 % σε πλήρη φόρτιση και 100 % μετά από απόσβεση διακυμάνσεων τάσης. Επειδή οι καταστάσεις πλήρους φόρτισης επιτυγχάνονται κατά κανόνα σπάνια, μπορεί η χρησιμοποιούμενη αυτή διαδικασία να εκμεταλλευτεί ακόμη και την τάση συσσωρευτή σε σταθερές φάσεις εκφόρτισης, προκειμένου να γίνεται εκ νέου βαθμονόμηση της κατάστασης φόρτισης. Χάρη στις τακτικές αναβαθμονομήσεις η χρησιμοποιούμενη διαδικασία εμφανίζει μία καλή σταθερότητα για μεγάλο χρονικό διάστημα, σε σύγκριση με την "καθαρή" διαδικασία απολογισμού αμπερών. Τόσο η διαδικασία απολογισμού αμπερών, όσο και η αναβαθμονόμηση για την τάση προσαρμόζονται με το χρόνο (ανάλογα τον αριθμό των διακοπών δικτύου) αυτόματα στο συνδεδεμένο συσσωρευτή.

Με το υπολογιζόμενο σφάλμα της κατάστασης φόρτισης (τιμή ένδειξης "120.11 BatSocErr") λαμβάνεται συνεχώς ενημέρωση του βαθμού της ακρίβειας της υπολογισμένης κατάστασης φόρτισης τη δεδομένη στιγμή. Με τη συνεχή βελτίωση της προσαρμογής στην πραγματική κατάσταση φόρτισης συσσωρευτή το σφάλμα μειώνεται συνεχώς.

Η τρέχουσα χωρητικότητα του Sunny Island διορθώνεται αυτόματα για θερμοκρασίες <20 °C προς τα κάτω, αφού σε θερμοκρασίες μικρότερες από την ονομαστική θερμοκρασία η αξιοποιήσιμη χωρητικότητα των συσσωρευτών μειώνεται σημαντικά. Για όλους τους συσσωρευτές μόλυβδου η ονομαστική χωρητικότητα προσαρμόζεται με σταθερό παράγοντα $-1 \%/^{\circ}\text{C}$.

3.6.3 Ρύθμιση φόρτισης

Ο μετατροπέας αυτός διαθέτει ρύθμιση φορτίου τριών βαθμίδων σύμφωνα με τη διαδικασία IUOU. Κατά τη λειτουργία σε δημόσιο δίκτυο υπάρχει προαιρετικά μία τέταρτη βαθμίδα, η φάση ηρεμίας (Silent Mode).

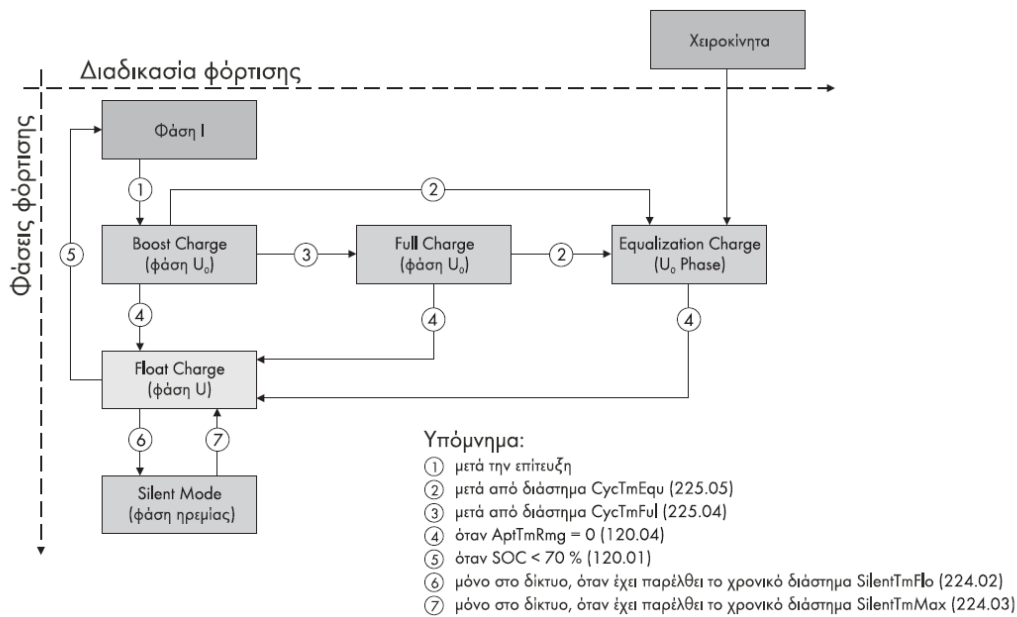


ΕΙΚΟΝΑ 31 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ: ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑΣ SI5048: ΟΙ ΦΑΣΕΙΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ ΤΩΝ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ.

Το I συμβολίζει τη φάση σταθερού ρεύματος (φάση I). Σε αυτό το επίπεδο η φόρτιση περιορίζεται από το μέγιστο καθορισμένο ρεύμα συσσωρευτή (παράμετρος "222.01 BatChrgCurMax"), το ονομαστικό ρεύμα δικτύου (παράμετρος "232.03 GdCurNom") ή το μέγιστο ρεύμα φόρτισης AC του Sunny Island (παράμετρος "210.02 InvChrgCurMax"). Ο περιορισμός γίνεται πάντοτε στην τιμή που φτάνει πρώτη στα όρια. Κατά τη διάρκεια της φάσης αυτής αυξάνεται η τάση του συσσωρευτή όσο αυξάνεται η κατάσταση φόρτισης του συσσωρευτή.

Εάν η τάση συσσωρευτή φτάσει σε μία επιλεγμένη τιμή για τη δεύτερη φάση U₀ αρχίζει η φάση ρύθμισης σταθερής τάσης (φάση απορρόφησης).

Στη βαθμίδα αυτή ρυθμίζεται η τάση συσσωρευτή σε μία σταθερή τιμή, κάτι που διαφαίνεται στο συνεχώς μειούμενο ρεύμα συσσωρευτή. Στην κατάσταση αυτή παραμένει ο μετατροπέας Sunny Island μέχρι να ολοκληρωθεί ο χρόνος που ορίζεται για τη βαθμίδα αυτή. Για αυτή τη φάση φόρτισης το Sunny Island διαλέγει αυτόματα μία από τις τρεις επιλογές φόρτισης (Boost, Full, Equalizing). Ο υπολειπόμενος χρόνος φόρτισης αυτής της φάσης και η τρέχουσα διαδικασία εμφανίζονται στην οθόνη. Η ακόλουθη εικόνα δείχνει τη σχέση και το διάγραμμα εξέλιξης των φάσεων φόρτισης και της διαδικασίας φόρτισης.



ΕΙΚΟΝΑ 32 Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΦΟΡΤΙΣΗΣ.

Μετά την ολοκλήρωση αυτής της φάσης συνεχούς τάσης, το Sunny Island γυρίζει στην επονομαζόμενη φόρτιση συντήρησης (Float Charge), η οποία εκτελείται επίσης ως φόρτιση σταθερής τάσης, αλλά με σημαντικά μειωμένη τάση φόρτισης. Η φόρτιση συντήρησης (ή αλλιώς διατήρησης) έχει ως στόχο να διατηρεί το συσσωρευτή σε πλήρως φορτισμένη κατάσταση, χωρίς να προκαλείται πρόωρη γήρανση από υπερφόρτιση.

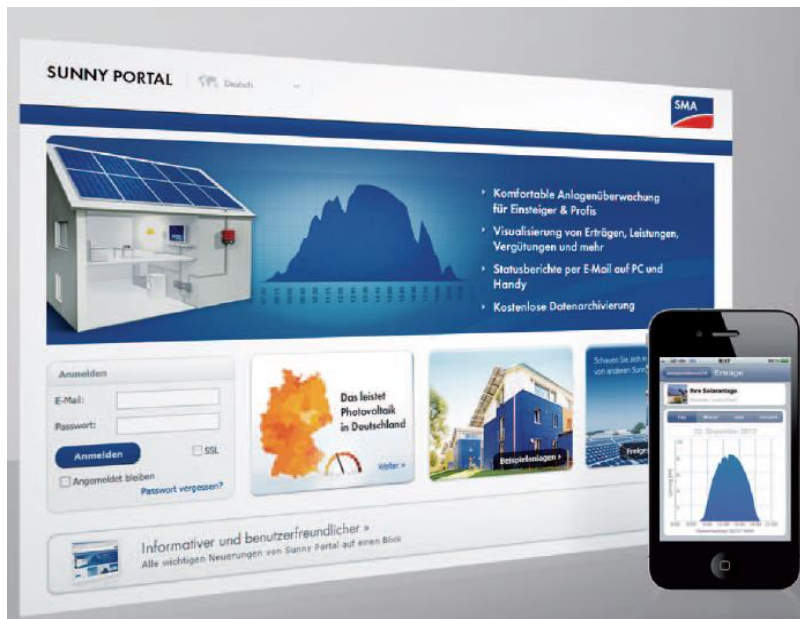
Τιμές εξόδου		SI 5048
Όνομαστική τάση AC (ρυθμιζόμενη)	$U_{AC, nom}$	230 V (202 V ... 253 V)
Όνομαστική συχνότητα	f_{nom}	45 Hz ... 65 Hz
Συνεχής ισχύς AC στους 25 °C	P_{nom}	5 000 W
Συνεχής ισχύς AC στους 45 °C	P_{nom}	4 000 W
Ισχύς AC για 30 λεπτά στους 25 °C	P_{30min}	6 500 W
Ισχύς AC για 1 λεπτό στους 25 °C	P_{1min}	8 400 W
Ισχύς AC για 3 δευτερόλεπτα στους 25 °C	P_{3sec}	12 000 W
Όνομαστικό ρεύμα AC	$I_{AC, nom}$	21 A
Μέγιστο ρεύμα (τιμή αιχμής) για 60 ms	$I_{AC, max}$	120 A
Συντελεστής παραμόρφωσης τάσης εξόδου	K_{VAC}	< 3 %
Συντελεστής ισχύος cosφ		-1 ... +1

Τιμές εισόδου		
Τάση εισόδου (ρυθμιζόμενη)	$U_{AC, ext}$	230 V (172,5 V ... 264,5 V)
Συχνότητα εισόδου (ρυθμιζόμενη)	f_{ext}	50 Hz (40 Hz ... 70 Hz)
Μέγιστο ρεύμα εισόδου AC (ρυθμιζόμενο)	$I_{AC, ext}$	56 A (0 A ... 56 A)
Μέγιστη ισχύς εισόδου	$P_{AC, ext}$	12,8 kW

Στοιχεία συσσωρευτών		
Τάση συσσωρευτή (εύρος τιμών)	$U_{Bat, nom}$	48 V (41 V ... 63 V)
Μέγιστο ρεύμα φόρτισης συσσωρευτή	$I_{Bat, max}$	120 A
Ρεύμα συνεχούς φόρτισης	$I_{Bat, nom}$	100 A
Χωρητικότητα συσσωρευτή	C_{Bat}	100 Ah ... 10 000 Ah
Ρύθμιση φόρτισης		Διαδικασία IUoU με αυτόματη πλήρη φόρτιση και φόρτιση απόσβεσης διακυμάνσεων τάσης
Τύπος συσσωρευτή		VRLA / FLA / NiCd

ΕΙΚΟΝΑ 33 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΚΕΝΤΡΙΚΟΥ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑ.

3.7 Sunny Webbox και Sunny Portal

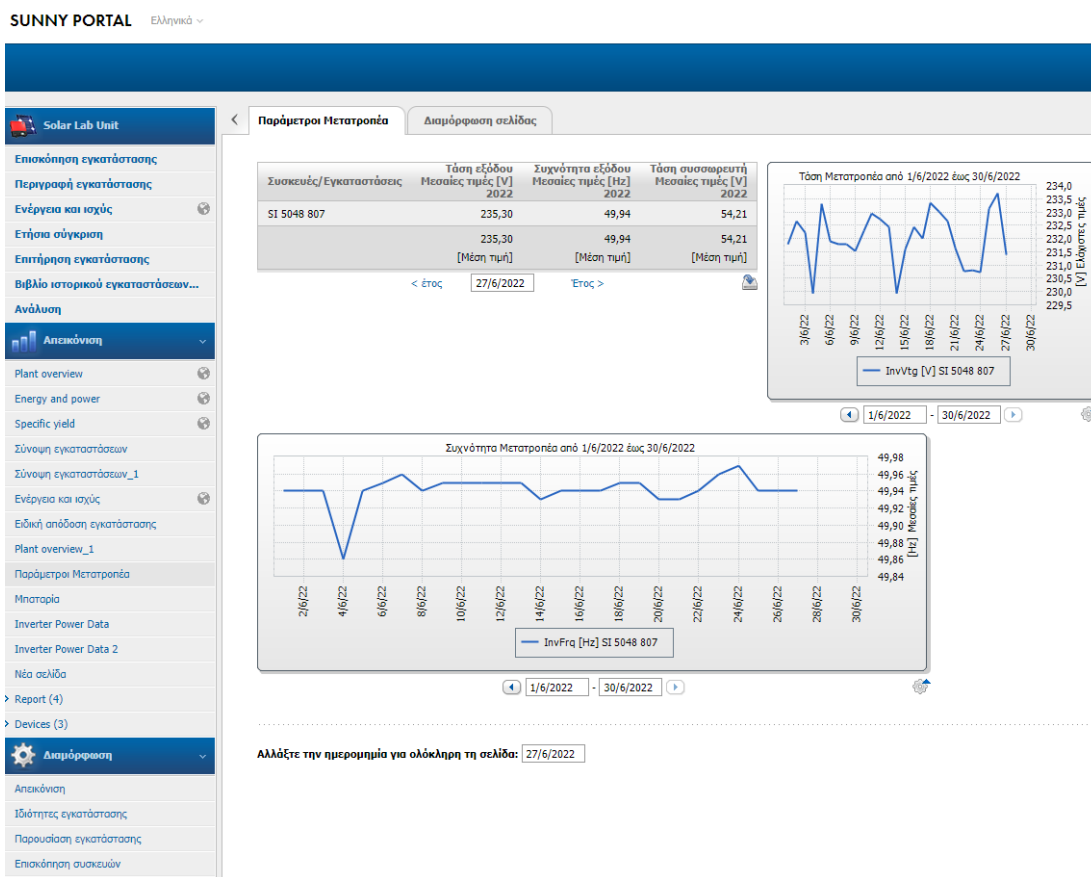


ΕΙΚΟΝΑ 34 Η ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΗ ΠΥΛΗ SUNNY PORTAL.

Το Sunny Portal είναι μια διαδικτυακή πύλη που χρησιμοποιείται για την παρακολούθηση καθώς και την οπτικοποίηση και παρουσίαση δεδομένων της εγκατάστασης. Για να γίνει αυτό είναι απαραίτητη μια συσκευή η οποία να αποτελεί την κεντρική διεπαφή επικοινωνίας. Το ρόλο αυτό αναλαμβάνει το Sunny WebBox το οποίο συνδέει τον κεντρικό μετατροπέα της εγκατάστασης με οποιονδήποτε την επιτηρεί από απόσταση. Η συσκευή αυτή συλλέγει και τεκμηριώνει όλα τα δεδομένα του μετατροπέα επιτρέποντας έτσι την παρακολούθηση την φωτοβολταϊκής εγκατάστασης χωρίς διακοπές. Συνδέεται στο διαδίκτυο και παρέχει οργανωμένα όλα τα απαραίτητα δεδομένα.



ΕΙΚΟΝΑ 35 Η ΣΥΣΚΕΥΗ SUNNY WEBBOX ΣΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΗΛΙΑΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ.



ΕΙΚΟΝΑ 36 Η ΠΛΑΤΦΟΡΜΑ ΤΟΥ SUNNY PORTAL ΜΕ ΟΛΕΣ ΤΙΣ ΔΙΑΘΕΣΙΜΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ.

Στην ιστοσελίδα αυτή μπορούμε μέσω ενός router (webbox):

- να αποστέλλουμε (αυτόματα) τα δεδομένα της εγκατάστασης μας,
- να δημιουργούμε ενημερωτικές αναφορές για την πορεία των διαφόρων παραμέτρων του κεντρικού μετατροπέα.
- να παρουσιάζουμε τα δεδομένα με τη μορφή διαγραμμάτων ή πινάκων
- να αποθηκεύουμε σε αρχεία excel το ιστορικό των μετρούμενων παραμέτρων.

- να λαμβάνουμε ειδοποιήσεις έγκαιρα για τυχόν διακοπές ρεύματος ή άλλα σφάλματα του δικτύου.
- να βλέπουμε βασικές συνολικές παραμέτρους της εγκατάστασης όπως τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, τις μέσες τιμές προσφερόμενης ή απαιτούμενης ισχύος και απόδοσης κ.α.

Στο κεφάλαιο 4 θα παρουσιαστούν και θα αναλυθούν κάποιες από τις βασικές μετρήσεις του κεντρικού μετατροπέα για το διάστημα 11/21-6/22 ,όπως αυτές εμφανίζονται στην διαδικτυακή πύλη Sunny Portal.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ 3^{ου} ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

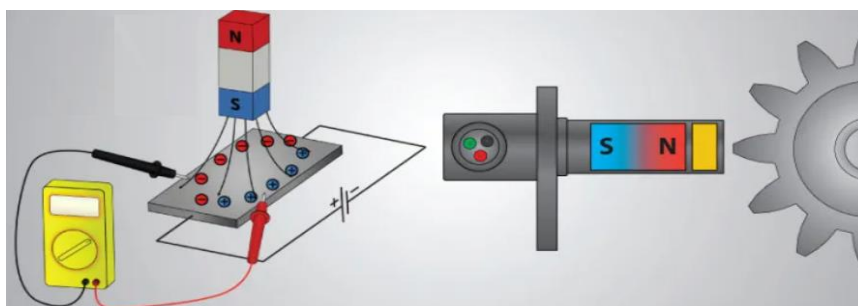
1. Fronius-IG-Series-User-Manual.pdf
2. USER GUIDE NI USB-6008/6009 Bus-Powered Multifunction DAQ USB Device
3. SI5048-TB-TGR110340 | TBGR-SI5048 | Έκδοση 4.0 manual
4. SPortal-BGR111723 | Έκδοση 2.3 manual
5. User Manual Sunny WebBox, Sunny WebBox with Bluetooth® and SMA Cluster Controller in SUNNY PORTA
6. SPortal-WB-CC-BA-US_en-27 | Version 2.7
7. Energy Conservation in Buildings and Community Systems, Annex 36 «Retrofitting of Chemical Engineering building, N.T.U.A., Greece» http://www.brita-in-pubs.eu/bit/uk/03viewer/case_studies/pdf/Cas-eStudy_gr1_NTUA.pdf
8. 'Avoiding or minimizing the use of air conditioning", ENREI research report, BRESCU, 1995. IEA, Annex 16: 'Photovoltaics in Buildings', James & James Publ., London, 1996
9. Energy Research group, University College Dublin: 'Daylighting in Buildings', E.E., DGXVII, 1994.
10. Energy Research group, University College Dublin: 'Daylighting in Buildings', E.E., DGXVII, 1994.
11. <https://www.morningstarcorp.com/products/tristar/>
12. <https://energypower.gr/wp-content/uploads/2016/10/sunlight-res-opzs.pdf>

4^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΜΙΑΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ

Εισαγωγή

Στο εργαστήριο δοκιμάστηκε για πρώτη φορά η συλλογή δεδομένων έντασης ηλεκτρικού ρεύματος από καλώδιο μεταφοράς, με σκοπό τον πειραματικό υπολογισμό της ισχύος που παράγεται από μια ανανεώσιμη πηγή. Για το σκοπό αυτό, χρησιμοποιήθηκε ένας αισθητήρας φαινομένου Hall ο οποίος θα αναλυθεί παρακάτω, μία πλακέτα Arduino καθώς και το λογισμικό εργαλείο εικονικού προγραμματισμού Labview της National Instruments.

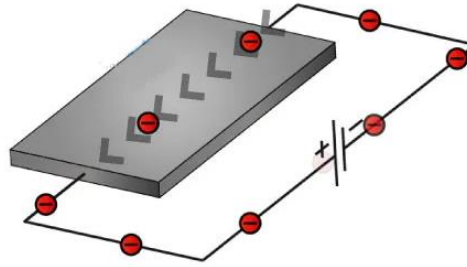
4.1 Φαινόμενο Hall (Hall Effect)



ΕΙΚΟΝΑ 37 HALL EFFECT

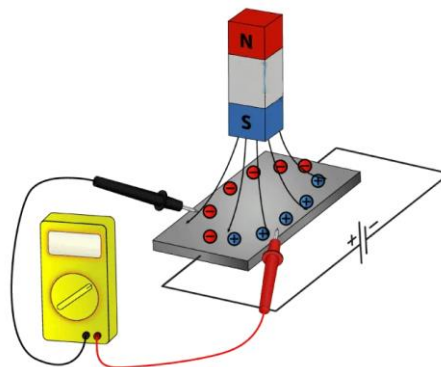
Το 1879 ο Edwin Herbert Hall πραγματοποίησε ένα πείραμα για να αναγνωριστεί το είδος των κυρίαρχων φορέων φορτίου σε ένα αγώγιμο υλικό. Από ιστορική άποψη, αυτό το πείραμα ήταν το πρώτο που έδειξε ότι οι φορείς φορτίου στα περισσότερα μέταλλα είναι αρνητικοί. Το φαινόμενο Hall είναι η πιο κοινή μέθοδος μέτρησης του μαγνητικού πεδίου και κατ' επέκταση του ρεύματος άρα και της ισχύος, ενώ οι αισθητήρες Hall Effect είναι πολύ δημοφιλείς και έχουν πολλές σύγχρονες εφαρμογές. Για παράδειγμα, μπορούν να βρεθούν σε οχήματα ως αισθητήρες ταχύτητας τροχού καθώς και αισθητήρες θέσης στροφαλοφόρου ή εκκεντροφόρου άξονα. Επίσης χρησιμοποιούνται συχνά ως διακόπτες, σε πυξίδες MEMS, αισθητήρες κίνησης αντικειμένων και ούτω καθεξής. Θα εξετάσουμε μερικούς από αυτούς τους αισθητήρες και θα δούμε πώς λειτουργούν, αλλά πρώτα ας εξηγήσουμε τι είναι το φαινόμενο Hall.

Το φαινόμενο Hall βασίζεται στο εξής πείραμα: Έστω μία λεπτή αγώγιμη πλάκα, η οποία διαρρέεται από ρεύμα. Οι φορείς του φορτίου (ηλεκτρόνια) ρέουν σε ευθεία γραμμή από τη μία πλευρά της πλάκας στην άλλη.



ΕΙΚΟΝΑ 38 ΡΟΗ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΩΝ ΣΕ ΑΓΩΓΙΜΗ ΠΛΑΚΑ. ΠΗΓΗ: [HTTPS://HOWTOMECHATRONICS.COM/HOW-IT-WORKS/ELECTRICAL-ENGINEERING/HALL-EFFECT-HALL-EFFECT-SENSORS-WORK/](https://howtomechatronics.com/how-it-works/electrical-engineering/hall-effect-hall-effect-sensors-work/)

Πλησιάζοντας μαγνητικό πεδίο κοντά στην πλάκα, διαταράσσεται η ευθεία ροή των ηλεκτρονίων λόγω δύναμης Lorentz. Έτσι, ηλεκτρόνια εκτρέπονται προς τη μία πλευρά της πλάκας, ενώ θετικά φορτισμένα κενά εμφανίζονται στην άλλη πλευρά της πλάκας. Αυτός ο διαχωρισμός των φορτίων δημιουργεί μια μετρήσιμη διαφορά τάσης γνωστή ως τάση Hall.



ΕΙΚΟΝΑ 39 ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΦΟΡΤΙΩΝ ΡΟΗΣ ΣΕ ΑΓΩΓΙΜΗ ΠΛΑΚΑ ΥΠΟ ΤΗΝ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ.

Η τάση αυτή μεγαλώνει έως ότου το ηλεκτρικό πεδίο που δημιουργείται για να παράγει ηλεκτρική δύναμη ίση και αντίθετη της μαγνητικής. Κατά την ισορροπία αυτή, τα ηλεκτρόνια διαπερνούν πάλι την πλάκα σε ευθεία γραμμή, με μία ταχύτητα που ονομάζεται drift velocity.

$$F_{electric} = F_{magnetic} \quad (1.1)$$

$$e * E = e * v_d * B \quad (1.2)$$

όπου e το φορτίο του ηλεκτρονίου,
 E ή ένταση του ηλεκτρικού πεδίου,
 v_d η drift velocity και
 B η ένταση του μαγνητικού πεδίου

Αν I η ένταση του ρεύματος, τότε γνωρίζουμε από το νόμο του Ohm ότι ισχύει:

$$I = n * e * vd * A \quad (2.1)$$

Όπου n το πλήθος των φορτισμένων σωματιδίων ανά όγκο, , και A η διατομή της πλάκας. Συνδυάζοντας τις δύο σχέσεις για το I και το vd προκύπτει:

$$I = n * e * \left(\frac{E}{B}\right) A \quad (2.2)$$

Ενώ η ένταση E του ηλεκτρικού πεδίου σχετίζεται με τη διαφορά δυναμικού V στα άκρα της πλάκας με τη σχέση:

$$E = \frac{V}{l} \quad (3)$$

όπου l το πλάτος της πλάκας. Η ποσότητα V ονομάζεται **τάση Hall** και μπορεί να μετρηθεί με ένα βολτόμετρο. Τέλος συνδυάζοντάς τις σχέσεις για το I και το E προκύπτει:

$$V = \frac{IBl}{neA} \quad (4)$$

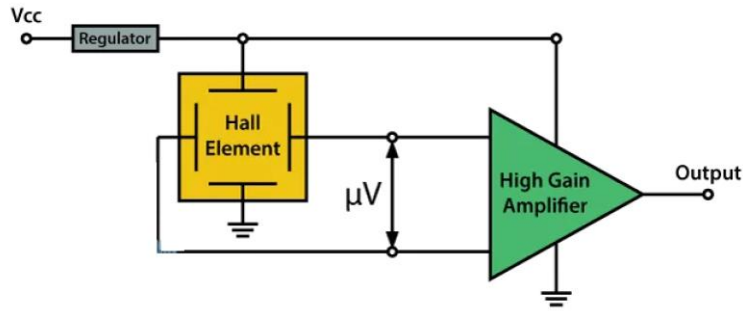
Επίσης συνδυάζοντας τις σχέσεις (1.3) και (3) παίρνουμε μια έκφραση για την τάση Hall συναρτήσει του μαγνητικού πεδίου:

$$V = B * l * vd$$

Βλέπουμε και από την τελευταία σχέση, ότι το φαινόμενο Hall μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μέτρηση μαγνητικών πεδίων. Αν ένα υλικό γνωστής πυκνότητας ηλεκτρονίων τοποθετηθεί μέσα σε ένα μαγνητικό πεδίο και μετρηθεί η τάση V , τότε μπορεί να υπολογιστεί η ένταση B .

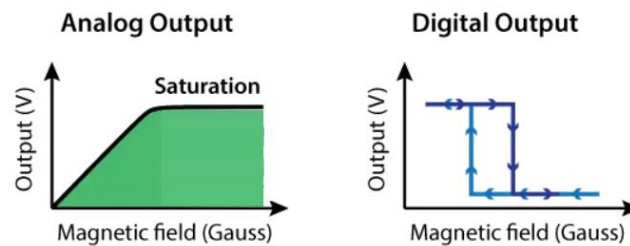
4.1.1 Αισθητήρες Φαινομένου Hall

Το βασικό στοιχείο Hall των μαγνητικών αισθητήρων Hall Effect παρέχει ως επί το πλείστον πολύ μικρή τάση μόνο μερικών μικροβόλτ ανά Gauss, επομένως, αυτές οι συσκευές συνήθως κατασκευάζονται με ενσωματωμένους ενισχυτές υψηλής απόδοσης.



ΕΙΚΟΝΑ 40 ΚΥΚΛΩΜΑ ΜΕ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ HALL ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΤΗ ΥΨΗΛΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ.

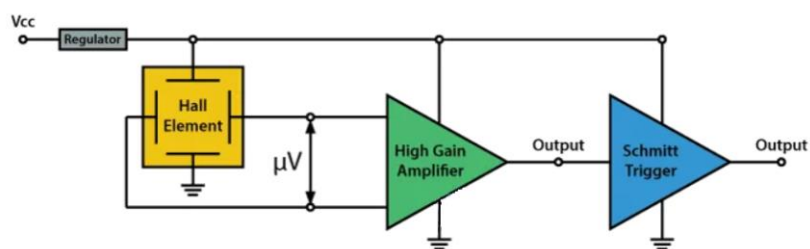
Υπάρχουν δύο τύποι αισθητήρων Hall Effect, ο ένας παρέχει αναλογική και ο άλλος ψηφιακή έξοδο. Ο αναλογικός αισθητήρας αποτελείται από έναν ρυθμιστή τάσης, ένα στοιχείο Hall και έναν ενισχυτή. Από τα σχηματικά κυκλώματα μπορούμε να δούμε ότι η έξοδος του αισθητήρα είναι αναλογική και ανάλογη με την έξοδο του στοιχείου Hall ή την ένταση του μαγνητικού πεδίου. Αυτοί οι τύποι αισθητήρων είναι κατάλληλοι και χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της εγγύτητας λόγω της συνεχούς γραμμικής τους απόδοσης.



ΕΙΚΟΝΑ 41 ΑΝΑΛΟΓΙΚΟ ΣΗΜΑ ΕΞΟΔΟΥ ΚΑΙ ΨΗΦΙΑΚΟ ΣΗΜΑ ΕΞΟΔΟΥ ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙ ΤΟΥ ΜΑΓΝΗΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ.

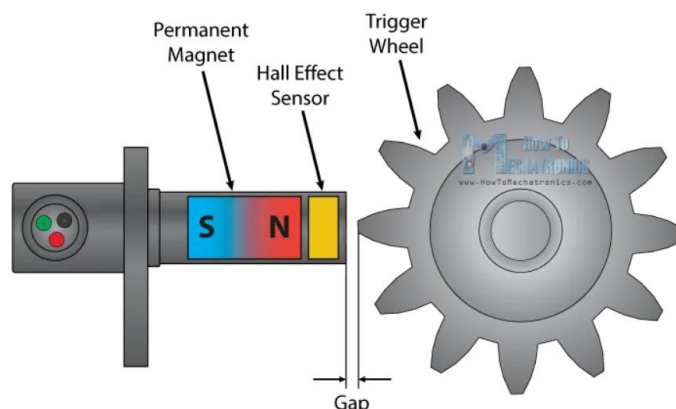
Από την άλλη πλευρά, οι αισθητήρες ψηφιακής εξόδου παρέχουν μόνο δύο καταστάσεις εξόδου, είτε "ON" ή "OFF". Αυτοί οι τύποι αισθητήρων έχουν ένα πρόσθετο στοιχείο, όπως φαίνεται στα σχηματικά κυκλώματα. Αυτή είναι η συσκευή Schmitt Trigger που παρέχει υστέρηση ή δύο διαφορετικά επίπεδα ορίων, ώστε η έξοδος να είναι είτε υψηλή είτε χαμηλή.

Ένα παράδειγμα αυτού του τύπου αισθητήρα είναι ο διακόπτης Hall Effect. Συχνά χρησιμοποιούνται ως διακόπτες ορίου, για παράδειγμα σε τρισδιάστατους εκτυπωτές και μηχανές CNC, καθώς και για ανίχνευση και τοποθέτηση σε συστήματα βιομηχανικού αυτοματισμού.



ΕΙΚΟΝΑ 42 ΚΥΚΛΩΜΑ ΜΕ ΣΤΟΙΧΕΙΟ HALL ΣΕ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟ ΜΕ SCHMITT TRIGGER.

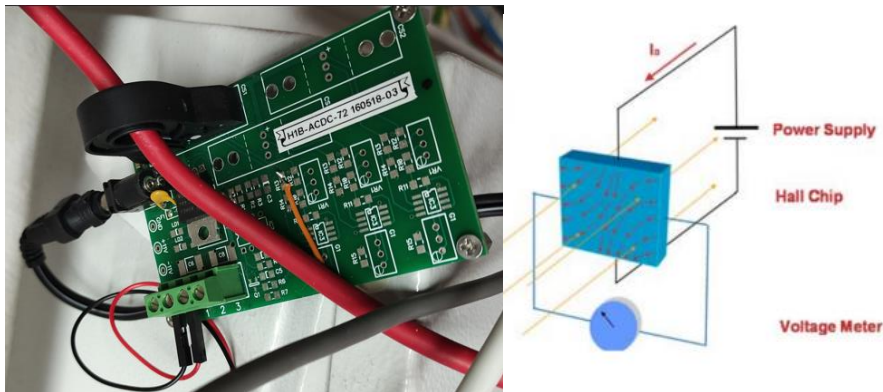
Άλλες σύγχρονες εφαρμογές αυτών των αισθητήρων είναι η μέτρηση της ταχύτητας τροχού/ρότορα ή RPM καθώς και ο προσδιορισμός της θέσης του τροφαλοφόρου ή του εκκεντροφόρου στα συστήματα κινητήρα. Αυτοί οι αισθητήρες αποτελούνται από ένα στοιχείο Hall και έναν μόνιμο μαγνήτη που τοποθετείται κοντά σε έναν οδοντωτό δίσκο που είναι προσαρτημένος στον περιστρεφόμενο άξονα.



ΕΙΚΟΝΑ 43 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ HALL ΓΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΩΝ ΠΕΡΙΣΤΡΕΦΟΜΕΝΟΥ ΑΞΟΝΑ.

Το κενό μεταξύ του αισθητήρα και των δοντιών του δίσκου είναι πολύ μικρό, και έτσι κάθε φορά που ένα δόντι περνάει κοντά από τον αισθητήρα αλλάζει το περιβάλλον μαγνητικό πεδίο και έτσι αυξομειώνεται η τιμή εξόδου του αισθητήρα. Έτσι, η έξοδος του αισθητήρα προκύπτει σαν ένα σήμα παλμικού κύματος το οποίο μπορεί εύκολα να χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό των RPM του περιστρεφόμενου άξονα.

4.1.2 Ο αισθητήρας H1B-ACDC



ΕΙΚΟΝΑ 44 ΑΡΙΣΤΕΡΑ: Ο ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ HALL ΤΟΥ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΕΝΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΠΟΥ ΔΙΑΡΡΕΙ ΕΝΑΝ ΑΓΩΓΟ. ΔΕΞΙΑ: ΣΧΗΜΑΤΙΚΟ ΚΥΚΛΩΜΑ ΤΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ.

Ο αισθητήρας H1B-ACDC-72 της Measure- Current είναι ένας αισθητήρας φαινομένου Hall ο οποίος χρησιμοποιείται για την μέτρηση του AC ή DC ρεύματος που διαρρέει έναν αγωγό. Παρέχει τάση εξόδου ανάλογη με την ποσότητα του ρεύματος που ανιχνεύεται στο καλώδιο που πραγματοποιείται η μέτρηση. Έχει μέγιστο όριο τάσης εξόδου τα 4Volts DC και ευαισθησία $\sim 33\text{mV/Amp}$. Αυτός ο τύπος αισθητήρα προτιμάται από σχεδιαστές συστημάτων λόγω της ικανότητας του να παρέχει ηλεκτρική απομόνωση από την γραμμή που μετρείται, καθώς επίσης επιτρέπει την ενίσχυση του σήματος μέσω της αναδίπλωσης και διέλευσης του καλωδίου περισσότερες φορές μέσα από τον αισθητήρα. Για παράδειγμα αν θέλουμε να μετρήσουμε ρεύμα έντασης 4-20mA τότε μπορούμε να περάσουμε ένα λεπτό καλώδιο 100 φορές μέσα από τον αισθητήρα για να δυναμώσουμε το σήμα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ.

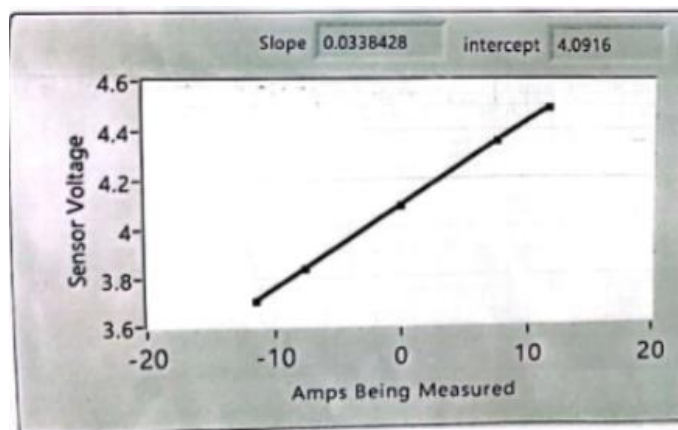
Τύπος προϊόντος	Επαγωγικός Αναλογικός Αισθητήρας Ρεύματος
Τύπος μετρήσιμου ρεύματος	Ac ή Dc
Εύρος μετρήσιμου ρεύματος	$\pm 72 \text{ A}$
Ευαισθησία (N = αριθμός αναδιπλώσεων)	$32.7 \text{ mV} \pm 3.0 \text{ mV N}$
Προεπιλεγμένη έξοδος τάσης	$4.0 \text{ DC} \pm 0.15$
Μέγιστο ρεύμα εισόδου	20mA
Εύρος τάσης εισόδου	10Vdc – 30Vdc
Σύνδεση τροφοδοσίας	2.5mm ID power plug
Μετατόπιση AC-DC	± 0.02
Χρόνος απόκρισης	3 μs
Θερμοκρασία λειτουργίας	-25°C έως 85°C

Θερμοκρασία αποθήκευσης	-40C° έως 100°C
Εξωτερικό υλικό αισθητήρα	PBT Polyester

Με τον παρακάτω πίνακα μπορούμε να μεταφράσουμε τις τιμές της τάσης που παίρνουμε σαν έξοδο από τον αισθητήρα σε τιμές έντασης ρεύματος σε αμπέρ.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3 ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΣΗ ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΗΣ ΤΑΣΗΣ ΜΕ ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΗ ΕΝΤΑΣΗ.

Amps	Measured Amps	Sensor Output (V)	mV Pk-Pk Ripple
I1	11.785	4.490	0
I2	7.664	4.352	1
I3	0.008	4.091	1
I4	-7.526	3.837	0
I5	-11.458	3.704	2



ΕΙΚΟΝΑ 45 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΗΣ ΤΑΣΗΣ ΜΕ ΤΗΣ ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΑ ΕΝΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΠΟΥ ΔΙΑΡΡΕΙ ΤΟΝ ΑΓΩΓΟ.

Στο εργαστήριο συνδέσαμε τον αισθητήρα με το καλώδιο που στέλνει ρεύμα από μια μονάδα φωτοβολταϊκού σε έναν από τους μετατροπείς Fronius IG. Χρειάστηκε να βαθμονομήσουμε ξανά τον αισθητήρα για να διορθώσουμε μικρές αποκλίσεις που παρατηρήθηκαν στην τιμή της τάσης.

4.2 Η πλακέτα NI-DAQ 6008

Το USB-6008 της NI είναι μια χαμηλού κόστους, πολυλειτουργική συσκευή απόκτησης δεδομένων. Προσφέρει αναλογικό I/O, ψηφιακό I/O και μετρητή 32 bit. Το USB-6008 παρέχει βασικές λειτουργίες όπως η απλή καταγραφή και μεταφορά δεδομένων, ενώ μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ακαδημαϊκά εργαστηριακά

πειράματα. Στο εργαστήριο χρησιμοποιήθηκε για την απόκτηση δεδομένων από τον αισθητήρα Hall και τη μετατροπή του αναλογικού του σήματος, σε ψηφιακό.



ΕΙΚΟΝΑ 46 Η NI-DAQ 6008.

4.3 Το λογισμικό LabVIEW

Το LabVIEW είναι ένα έτοιμο περιβάλλον ανάπτυξης σχεδιασμένο ειδικά για μηχανικούς και επιστήμονες. Παρέχει μια γραφική γλώσσα προγραμματισμού που ονομάζεται "G" και χρησιμοποιεί ένα μοντέλο ροής δεδομένων. Χρησιμοποιείται συνήθως για την συλλογή δεδομένων καλύπτοντας μία τεράστια γκάμα εγκαταστάσεων. Ο κώδικας του λογισμικού καθορίζεται από ένα γραφικό μπλοκ διάγραμμα. Στο εργαστήριο εγκαταστάθηκε σε έναν υπολογιστή και χρησιμοποιήθηκε για τη συλλογή και την επεξεργασία των δεδομένων τάσης από τον αισθητήρα Hall.



ΕΙΚΟΝΑ 47 Το ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ LabVIEW

4.4 Διαδικασία απόκτησης δεδομένων

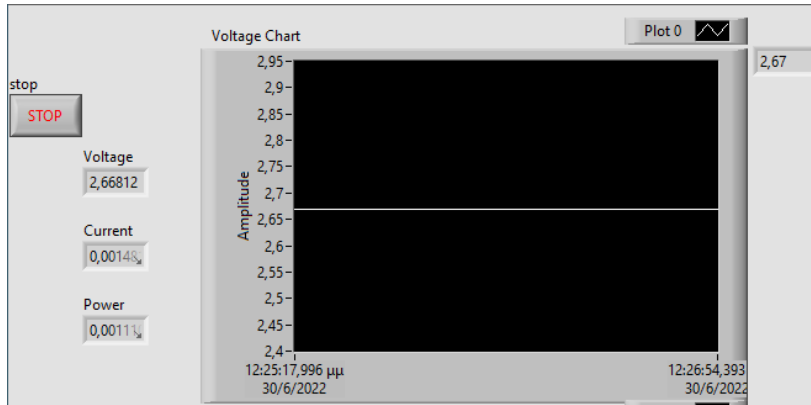
4.4.1 Βαθμονόμηση Αισθητήρα

Για τη λειτουργία του συστήματος πρέπει να εισάγουμε τις εξόδους του αισθητήρα σε κάποιο από τα analog inputs της πλακέτας NI-DAQ 6008. Έπειτα με USB καλώδιο να συνδέσουμε την πλακέτα με τον υπολογιστή.



ΕΙΚΟΝΑ 48 ΑΡΙΣΤΕΡΑ: ΤΟ ΔΙΕΡΧΟΜΕΝΟ ΑΠΟ ΤΟΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ HALL ΚΑΛΩΔΙΟ. ΔΕΞΙΑ: ΟΙ ΘΥΡΕΣ ΑΝΑΛΟΓΙΚΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΠΛΑΚΕΤΑΣ DAQ-6008. ΓΙΑ ΝΑ ΠΑΡΟΥΜΕ ΤΗΝ ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΤΑΣΗΣ ΑΠΟ ΤΟΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ HALL ΑΡΚΕΙ ΝΑ ΣΥΝΔΕΣΟΥΜΕ ΕΝΑ ΚΑΛΩΔΙΟ ΣΤΟ GND (GROUND) ΚΑΙ ΕΝΑ ΣΤΟ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΟ AI (ANALOG INPUT).

Αρχικά έπρεπε να βαθμονομήσουμε τον αισθητήρα για να σιγουρευτούμε ότι η τιμές που λέει ο κατασκευαστής αντιστοιχούν στις πραγματικές. Για το λόγο αυτό, αφού στήθηκε ο αλγόριθμος που θα περιγραφεί στην επόμενη ενότητα, αρχικά «διαβάστηκε» η τιμή τάσης που δίνει ο αισθητήρας όταν δεν τον διαπερνά κάποιο καλώδιο. Η τιμή τάσης που μετρήθηκε ισούται με $V_0 = 2,668 \text{ Volt}$.



ΕΙΚΟΝΑ 49 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΑΣΗΣ ΓΙΑ ΜΗΔΕΝΙΚΗ ΕΝΤΑΣΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ.

Κατόπιν τοποθετήσαμε καλώδιο γνωστής έντασης και διαβάσαμε την νέα τιμή τάσης, υπολογίζοντας έτσι τον πραγματικό συντελεστή που συνδέει τα δύο μεγέθη. Γνωρίζοντας ότι τα δύο ποσά είναι ανάλογα και λαμβάνοντας ως υποθέμενους την τιμή V_0 καταλήξαμε στη σχέση:

$$V = 0,0368 * I + 2,6682$$

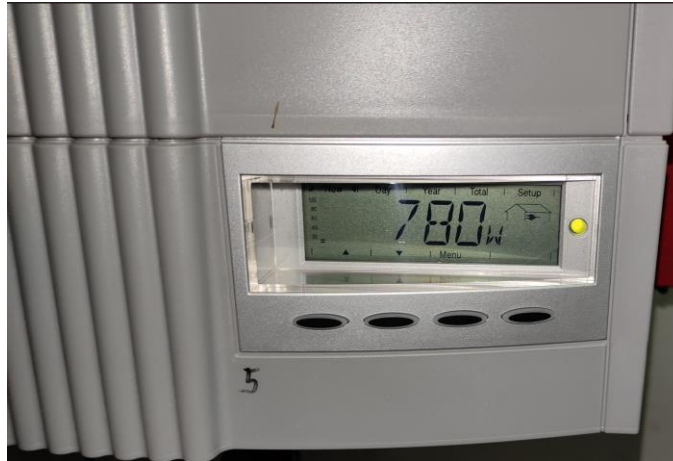
Από τη σχέση αυτή λύνοντας ως προς I καταλήγουμε στη σχέση υπολογισμού τιμών έντασης:

$$I = \frac{V - 2,6682}{0,0368}$$

Πολλαπλασιάζοντας τώρα την παραπάνω ένταση με την τάση λειτουργίας του μετατροπέα (220V) μπορούμε να υπολογίσουμε την ισχύ που «βλέπει» το δίκτυο από την πλευρά του μετατροπέα:

$$P = 220 * I$$

Παρατηρώντας τις τιμές που δίνει η παραπάνω σχέση βλέπουμε ότι οι τιμές που υπολογίζονται κάθε στιγμή από τον αισθητήρα συμφωνούν με την ένδειξη που μας δίνει ο μετατροπέας:

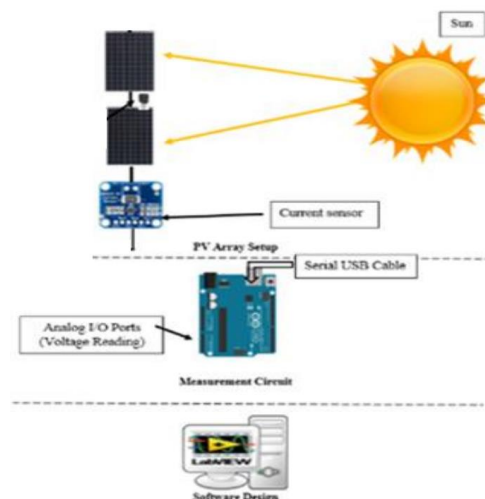


ΕΙΚΟΝΑ 50 Η ΕΝΔΕΙΞΗ ΙΣΧΥΟΣ ΤΟΥ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑ FRONIUS IG ΓΙΑ ΜΙΑ ΣΥΓΚΕΚΡΙΜΕΝΗ ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΤΙΓΜΗ.

4.4.2 Ανάπτυξη VI

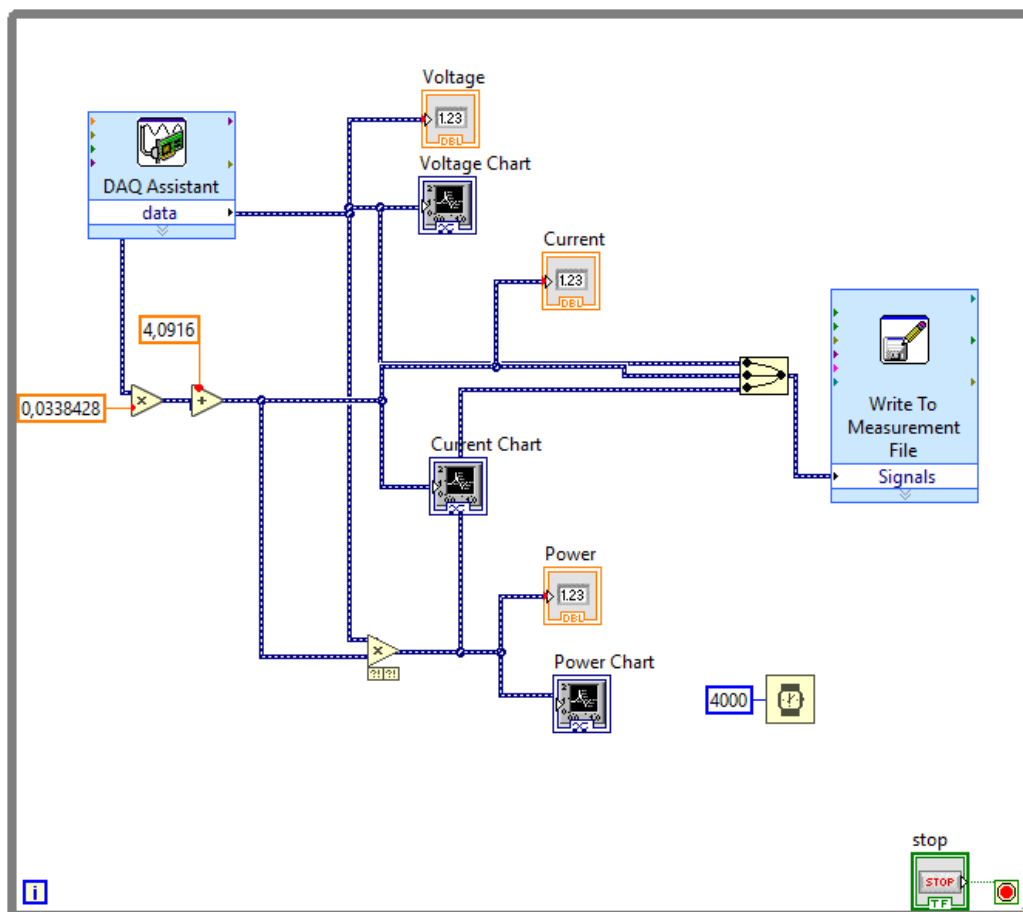
Χρησιμοποιήσαμε το Labview για να αναπτύξουμε πρόγραμμα το οποίο:

- θα λαμβάνει τις τιμές τάσης του αισθητήρα,
- θα υπολογίζει τις αντίστοιχες τιμές έντασης και ισχύος,
- θα εμφανίζει σε διαγράμματα χρόνου το σύνολο των μετρήσεων
- θα αποθηκεύει όλες τις τιμές σε ένα αρχείο txt.
- Θα στέλνει τις μετρήσεις σε ένα cloud από το οποίο θα έχουμε πρόσβαση σε αυτές σε απευθείας χρόνο ακόμα και εκτός εργαστηρίου.



ΕΙΚΟΝΑ 51 Η ΔΙΑΤΑΞΗ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.

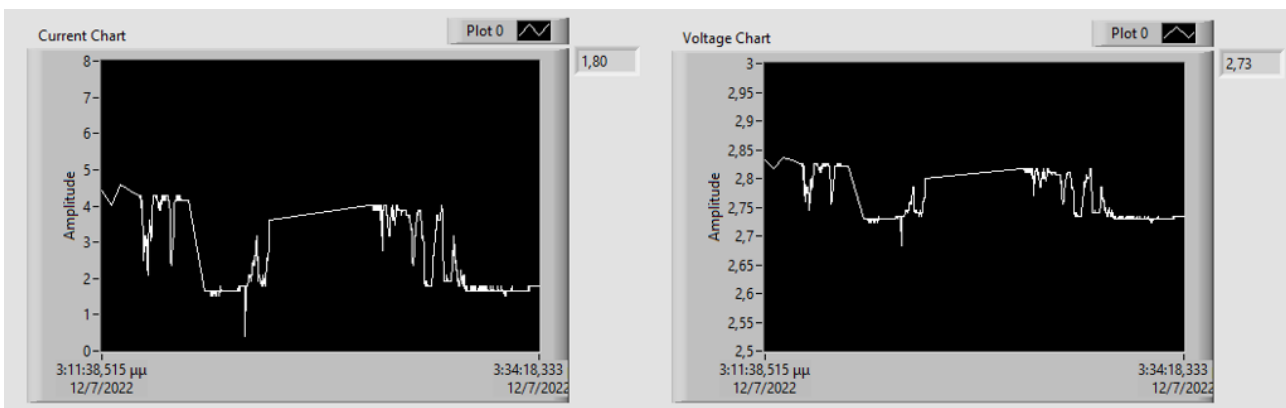
Παρακάτω βλέπουμε το εικονικό όργανο (Virtual Instrument – VI) που στήθηκε στο λογισμικό LabView για την επίτευξη των παραπάνω στόχων:



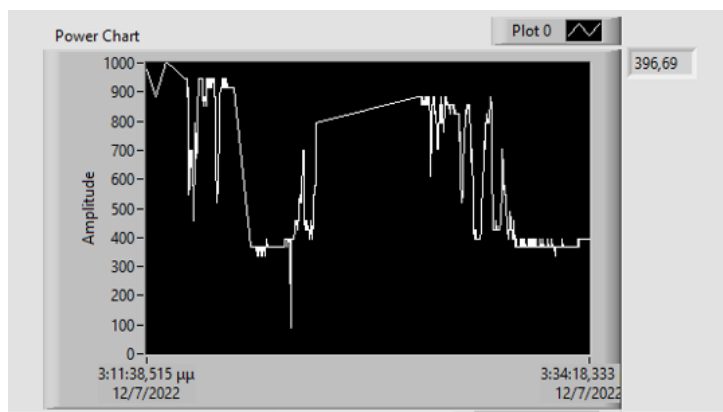
ΕΙΚΟΝΑ 52 Το VI ΑΠΟΚΤΗΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ “DATA ACQUISITION” ΤΑΣΗΣ ΜΑΖΙ ΜΕ ΤΟΥΣ ΑΠΑΡΑΙΤΟΥΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥΣ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΝΤΟΛΗ “WRITE TO MEASUREMENT FILE” ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ.

Το πρόγραμμα αυτό ουσιαστικά αποτελείται από μία βασική εντολή που είναι ενσωματωμένη στο λογισμικό και με την οποία λαμβάνονται τιμές από την θύρα USB στην οποία καταλήγει ο η πλακέτα Arduino. Κατόπιν χρησιμοποιεί εντολές μαθηματικών πράξεων με βάση τη βαθμονόμηση του αισθητήρα που παρουσιάστηκε παραπάνω και τη σχέση που συνδέει τα ζητούμενα μεγέθη για τον υπολογισμό της έντασης ηλεκτρικού ρεύματος του αγωγού και της ισχύος που παρέχει το συγκεκριμένο φωτοβολταϊκό.

Παράλληλα οι μετρηθείς ή υπολογισμένες τιμές τάσης, έντασης και ισχύος, στέλνονται σε εντολές “Waveform Chart” έτσι ώστε να μπορούν άμεσα να αναπαρασταθούν σε μορφή διαγράμματος χρόνου.

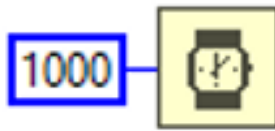


ΕΙΚΟΝΑ 53 Τα διαγράμματα τάσης και έντασης όπως αυτά φαίνονται μέσα στο λογισμικό Labview κατά την διαδικασία λήψης των μετρήσεων.



ΕΙΚΟΝΑ 54 Το διαγράμμα ισχύος.

Οι ληφθείς τιμές μέσω της εντολής “Write to Measurement File” αποθηκεύονται μετά το πέρας της εκτέλεσης του προγράμματος σε ένα αρχείο text και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για περαιτέρω επεξεργασία. Όλες οι παραπάνω εντολές τοποθετήθηκαν μέσα σε μια επανάληψη, με την οποία ορίζοντας το επιθυμητό χρονικό βήμα μέτρησης, μπορούμε να λαμβάνουμε πολλαπλές τιμές για μεγάλο χρονικό διάστημα (ωρών, ημερών κ.ο.κ). Τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα των μετρήσεων ισχύος του εν λόγω φωτοβολταϊκού παρουσιάζονται και σχολιάζονται στο επόμενο κεφάλαιο.



ΕΙΚΟΝΑ 55 ΕΝΤΟΛΗ ΟΡΙΣΜΟΥ ΧΡΟΝΙΚΟΥ ΒΗΜΑΤΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΣΕ MILLISECONDS.

4.5 Απομακρυσμένη παρακολούθηση με το Labview.

Σε αυτή την ενότητα, ορίζουμε την απομακρυσμένη παρακολούθηση (remote monitoring) του LabVIEW ως τη λήψη δεδομένων μέτρησης από μια μακρινή τοποθεσία (π.χ. στην άλλη πλευρά ενός εργοστασίου, ενός διαφορετικού κτιρίου ή στην άλλη άκρη του κόσμου) από όπου πρόκειται να αναλυθούν/χρησιμοποιηθούν τα δεδομένα.

Αυτό μπορεί να είναι αναγκαίο σε περιπτώσεις όπως:

- Ο έλεγχος του εξοπλισμού ενός εργοστασίου από το γραφείο.
- Η παρακολούθηση του εξοπλισμού παραγωγής ενέργειας πελατών σε κάποια απομακρυσμένη τοποθεσία.
- Η παρακολούθηση ενός προϊόντος που κυκλοφορεί στην αγορά από μια εταιρία.

Υπάρχουν 6 βασικές μέθοδοι με τις οποίες μπορεί κάποιος να το πετύχει αυτό, οι οποίες συνοψίζονται με την αγγλική τους ορολογία παρακάτω:

1. Featherweight
2. Raw TCP functions in LabVIEW
3. LabVIEW Network streams
4. LabVIEW Remote Panels
5. NI SystemLink
6. NI InsightCM

Η επιλογές είναι αρκετές και το τι θα επιλέξει κάποιος εξαρτάται από τις ανάγκες του, το βαθμό λεπτομέρειας που θέλει να φτάσει, καθώς και από την ίδια την δομή της εγκατάστασης του. Είναι βασικό ο χρήστης να γνωρίζει ακριβώς τι θέλει να πετύχει και τον βαθμό πληρότητας τον οποίο θέλει να πετύχει, έτσι ώστε να μην καταλήξει με μια εφαρμογή που τελικά δεν θα του είναι χρήσιμη ή θα είναι επιρρεπής σε σφάλματα.

4.5.1 Η μέθοδος Featherweight

Το Featherweight (FTW) σχεδιάστηκε για την επικοινωνία μεταξύ κατανεμημένων εφαρμογών και τελικών σημείων. Χρησιμοποιείται για ανταλλαγή μηνυμάτων και δημοσίευση δεδομένων προς/από απομακρυσμένα τελικά σημεία. Επιλύει τα

περισσότερα από τα συνηθισμένα προβλήματα που κάποιος θα συναντήσει, δημιουργώντας εξ ολοκλήρου μια αρχιτεκτονική επικοινωνίας χρησιμοποιώντας εργαλεία όπως το TCP* ή το Network Streams.

4.5.2 Η μέθοδος Raw TCP functions Labview

Αυτή η μέθοδος γενικά έχει νόημα μόνο όταν θέλουμε να δημιουργήσουμε ένα προσαρμοσμένο σχήμα ανταλλαγής μηνυμάτων πάνω από το TCP², αλλά με ορισμένες από τις άλλες διαθέσιμες βιβλιοθήκες (όπως η AMC του NI). Εξασφαλίζει καλό έλεγχο αλλά είναι εύκολο να γίνουν λάθη.

4.5.3 LabVIEW Network streams

Αποτελεί μια ενσωματωμένη μέθοδο του LabVIEW που παρέχει έναν τρόπο κοινής χρήσης δεδομένων σε ένα δίκτυο. Η μέθοδος αυτή είναι προσβάσιμη, αλλά απαιτεί την γραφή πολλών διαδικασιών πελάτη/διακομιστή (διαδικασίες που υπάρχουν ήδη σε εργαλεία όπως το Featherweight και σε κάποιο βαθμό στις μεθόδους web server).

4.5.4 NI InsightCM

Το InsightCM είναι λογισμικό παρακολούθησης κατάστασης που προορίζεται για περιστρεφόμενα μηχανήματα. Απαιτεί υψηλή γνώση προγραμματισμού και προορίζεται για ταυτόχρονο έλεγχο πολλών μονάδων, ενώ συνδυάζεται με συγκεκριμένο hardware της National Instruments.

4.5.5 LabVIEW Remote Panels

Τα remote panels του Labview αποτελούν έναν τρόπο εμφάνισης και ελέγχου του front panel του LabVIEW από έναν απομακρυσμένο υπολογιστή. Είναι ενσωματωμένα στο περιβάλλον του LabVIEW. Δεν απαιτείται προχωρημένη προγραμματιστική γνώση, παρ'

² Το **TCP σημαίνει Transmission Control Protocol** ένα πρότυπο επικοινωνίας που επιτρέπει σε προγράμματα εφαρμογών και υπολογιστικές συσκευές να ανταλλάσσουν μηνύματα μέσω δικτύου. Έχει σχεδιαστεί για να στέλνει πακέτα μέσω του Διαδικτύου και να διασφαλίζει την επιτυχή παράδοση δεδομένων και μηνυμάτων μέσω δικτύων.

όλα αυτά η χρήση τους δεν προτείνεται αφού υπάρχει περιορισμένο documentation και UI λειτουργίες.

4.5.6 NI SystemLink

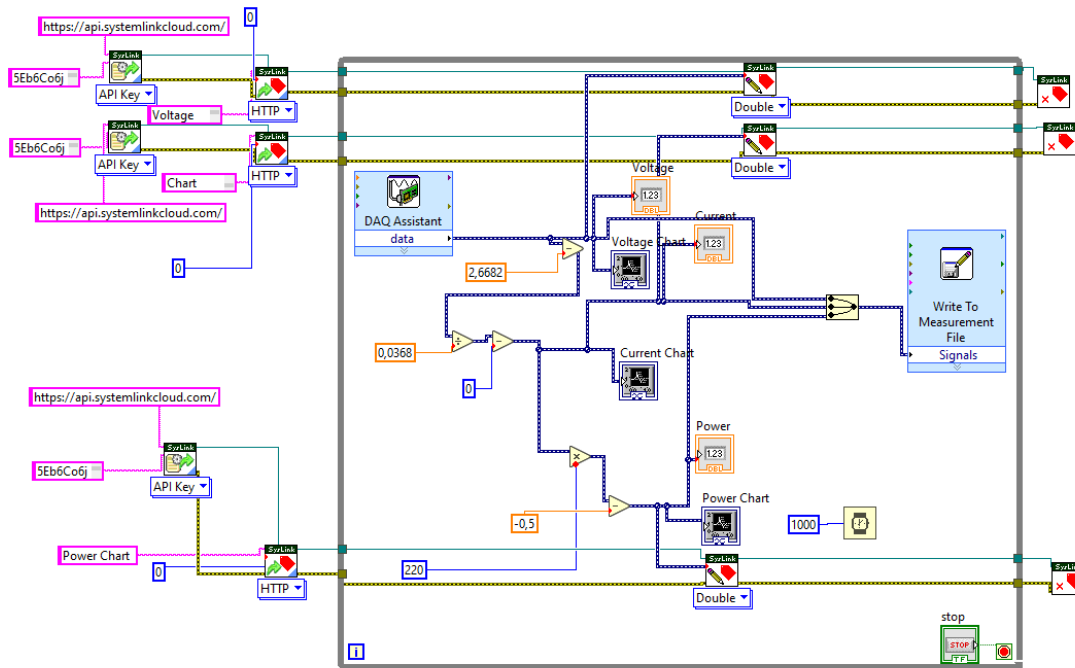
Το LabVIEW μας δίνει την δυνατότητα μέσω ενός ενσωματωμένου πακέτου εντολών, να στέλνονται οι μετρήσεις σε απευθείας χρόνο στο διαδίκτυο (Systemlink Cloud), έτσι ώστε να μπορούμε εκτός εργαστηρίου εξ αποστάσεως να παρακολουθούμε την ενέργεια που παράγει το φωτοβολταϊκό μας.

Το SystemLink Cloud είναι μια πλατφόρμα που βασίζεται σε ένα cloud που προσφέρεται από την National Instruments. Μας δίνει τη δυνατότητα να έχουμε πρόσβαση με ασφάλεια, να παρακολουθούμε και να αλληλοεπιδρούμε με την εφαρμογή μας από οπουδήποτε στον κόσμο, χωρίς να επιβαρυνόμαστε την δημιουργία ενός δικού μας διακομιστή. Το SystemLink Cloud φιλοξενεί μια σειρά υπηρεσιών, η οποία περιλαμβάνει

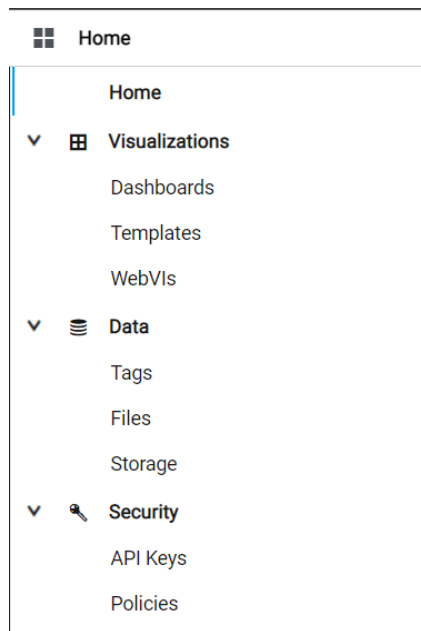
- Service hosting
- Απεικόνιση των δεδομένων με ρυθμιζόμενη κλίμακα
- Πίνακα εργαλείων
- Αποθήκευση των δεδομένων

Χρησιμοποιώντας τις εν λόγω εντολές, αφού αρχικά δημιουργήσουμε στην ιστοσελίδα www.systemlinkcloud.com έναν λογαριασμό και ένα API key³, διαμορφώνουμε το VI του LABVIEW ως εξής:

³ Ένα κλειδί API είναι μια απλή κρυπτογραφημένη συμβολοσειρά που αντιστοιχίζεται σε μια εφαρμογή. Χρησιμοποιείται για την ανώνυμη πρόσβαση σε δημόσια δεδομένα.



ΕΙΚΟΝΑ 56 ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΟ ΜΕΓΕΘΟΣ ΤΟΠΟΘΕΤΟΥΜΕ ΜΙΑ ΣΕΙΡΑ ΕΝΣΩΜΑΤΩΜΕΝΩΝ ΣΤΟ LABVIEW ΕΝΤΟΛΩΝ ΤΗΣ SYSTEMLINK, ΟΙ ΟΠΟΙΕΣ ΛΑΜΒΑΝΟΥΝ ΜΕ ΤΗΝ ΜΟΡΦΗ ΕΝΟΣ TAG ΤΗΝ ΤΙΜΗ ΠΟΥ ΜΕΤΡΑΤΑΙ ΣΕ ΚΑΘΕ ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ. ΚΑΤΟΠΙΝ ΤΗΝ ΔΙΑΝΕΜΟΥΝ ΣΤΗΝ ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΑ [HTTPS://API.SYSTEMLINK-CLOUD.COM/](https://api.systemlinkcloud.com/) ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΖΟΝΤΑΣ ΤΗΝ ΜΕ ΕΝΑ ΣΥΓΚΕΚΡΙΜΕΝΟ ΚΩΔΙΚΟ ΠΟΥ ΟΝΟΜΑΖΕΤΑΙ API KEY*.



ΕΙΚΟΝΑ 57 ΟΙ ΕΠΙΛΟΓΕΣ ΠΟΥ ΠΡΟΣΦΕΡΕΙ ΤΟ SYSTEMLINKCLOUD.

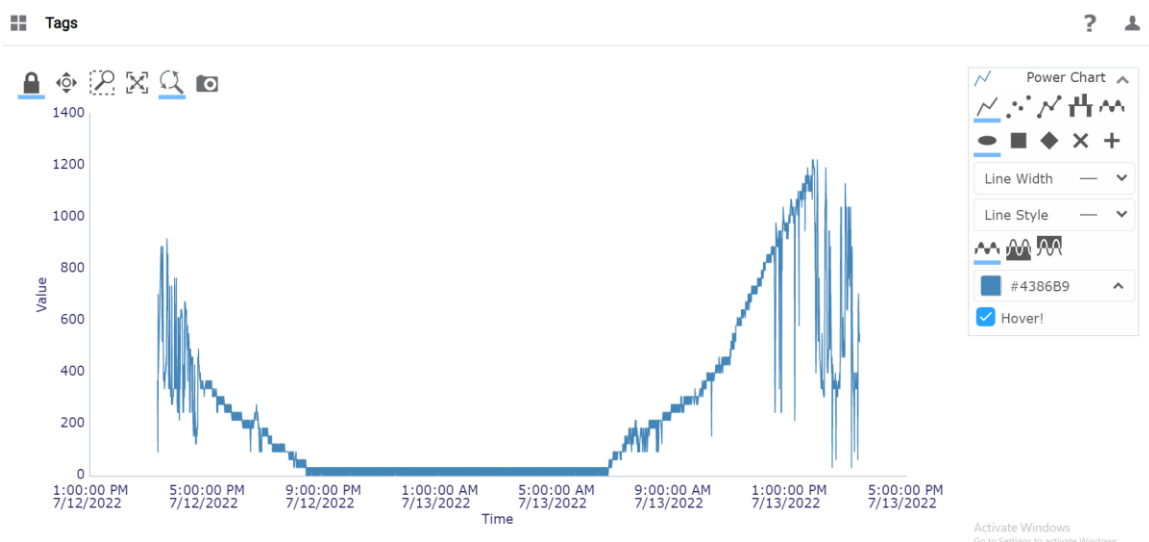
Το systemlink μας δίνει τη δυνατότητα να παρουσιάζουμε το ιστορικό των μετρήσεων σε μορφή διαγράμματος, καθώς επίσης υπολογίζει αυτόματα κάποια από τα βασικά στατιστικά μεγέθη του συνόλου των τιμών που μπορεί να ενδιαφέρουν τον χρήστη, όπως ελάχιστο μέγιστο και μέση τιμή.

Tags ? 👤

Tags	Files	Storage		CREATE			
<input type="checkbox"/> Path	Current Min	Max	Mean	Count	Updated		
<input type="checkbox"/> Current Chart	2.21...	-0.0...	5.68...	1.01...	840...	Jul 13, 2022 at 2:48 PM	⋮
<input type="checkbox"/> Power Chart	488....	0.03...	125...	223....	842...	Jul 13, 2022 at 2:48 PM	⋮
<input type="checkbox"/> Voltage Chart	2.74...	2.66...	2.87...	2.70...	840...	Jul 13, 2022 at 2:48 PM	⋮

Go to page: Show rows: 1-3 of 3 ◀ ▶

ΕΙΚΟΝΑ 58 ΤΑ ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΑ ΜΕΓΕΘΗ ΤΑΣΗ ΕΝΤΑΣΗ ΚΑΙ ΙΣΧΥΣ, ΟΠΩΣ ΑΥΤΑ ΕΜΦΑΝΙΖΟΝΤΑΙ ΣΤΗΝ ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΑ ΤΗΣ SYSTEMLINKCLOUD.



ΕΙΚΟΝΑ 59 ΤΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΙΣΧΥΟΣ ΠΟΥ ΣΥΛΛΕΓΕΤΑΙ ΟΠΩΣ ΕΜΦΑΝΙΖΕΤΑΙ ΣΤΟ SYSTEMLINK CLOUD ΜΑΖΙ ΜΕ ΤΙΣ ΔΙΑΘΕΣΙΜΕΣ ΒΑΣΙΚΕΣ ΔΥΝΑΤΕΣ ΕΠΙΛΟΓΕΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ 4^{ου} ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

1. How to Measure Voltage, Current, and Power Jun 9, 2022
<https://www.ni.com/en-us/innovations/white-papers/08/how-to-measure-voltage--current--and-power.html>
2. <http://measure-current.com/> & <http://measure-current.com/hxa-acd-xx-datasheet-adjustable-span.pdf>
3. Department of Education Open Textbook Pilot Project, the UC Davis Office of the Provost, the UC Davis Library, the California State University Affordable Learning Solutions Program, and Merlot « The Hall Effect» Feb 2020 [https://phys.libre-texts.org/Bookshelves/University Physics/Book%3A University Physics \(OpenStax\)/Book%3A University Physics II - Thermodynamics Electricity and Magnetism \(OpenStax\)/11%3A Magnetic Forces and Fields/11.07%3A The Hall Effect](https://phys.libretexts.org/Bookshelves/University_Physics/Book%3A_University_Physics_(OpenStax)/Book%3A_University_Physics_II_-_Thermodynamics_Electricity_and_Magnetism_(OpenStax)/11%3A_Magnetic_Forces_and_Fields/11.07%3A_The_Hall_Effect)

Dejan K. “What is Hall Effect and How Hall Effect Sensors Work” <https://how-tomechatronics.com/how-it-works/electrical-engineering/hall-effect-hall-effect-sensors-work/>
4. Pellis S. “ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ HALL (ΧΟΛ)” 14/2/2013
<http://physiclessons.blogspot.com/2013/02/hall.html>
5. AK LECTURES 2021 “INTRODUCTION TO ELECTROMAGNETISM
6. *Using Lenz's Law to Find Direction of Induced Current*
7. <https://aklectures.com/lecture/introduction-to-electromagnetism/using-lenz-law-to-find-direction-of-induced-current>

8. Eurostat *“Renewable energy on the rise: 37% of EU’s electricity”* January 2021
<https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/ddn-20220126-1>

9. National Instruments Apps *“Getting Started with LabVIEW”*
https://www.youtube.com/watch?v=ZHNIKyZ-rPE&list=PLB968815D7BB78F9C&ab_channel=NIApps

10. Kristiel G. Education & Technology Blog Studica *“How to Use LabVIEW to Measure Solar Energy”* Dec 11, 2013 <https://blog.studica.com/use-labview-measure-solar-energy>

11. Isdawimah et al 2019 J. Phys.: Conf. Ser. 1364 *“Investigation of Photovoltaic System Parameters Using LabVIEW in Solar Irradiance Peak Condition”*

12. Integration of Innovating Solar PV-Thermal Systems in the Retrofitting of the N.T.U.A. Chemical Engineering Building Complex, John A. Palyvos, Athens 2002

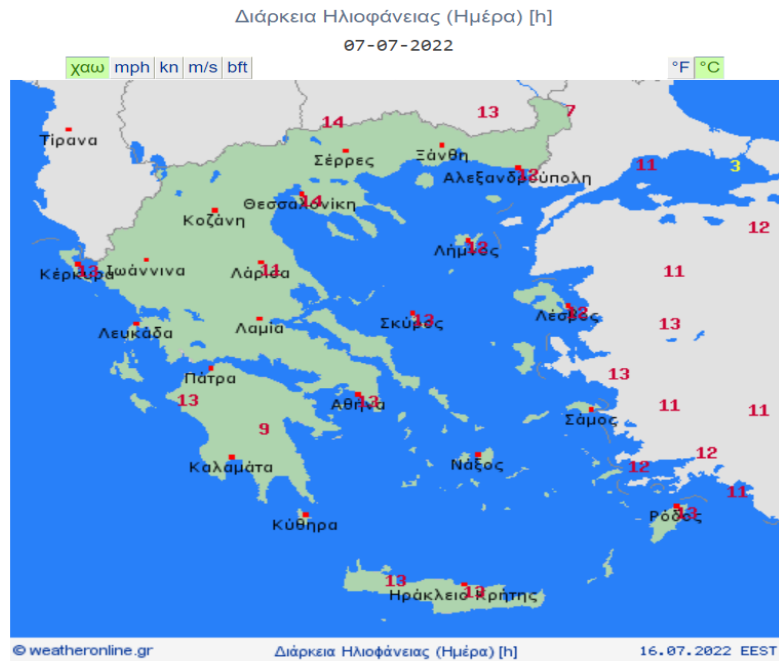
13. Real Time Data Monitoring of PV Solar cell using LabVIEW
14. Maulik Vyas#*, Kalpesh Chudasama#, Manan Bhatt# and Bhavin Gohil#
International Journal of Current Engineering and Technology 22 Dec 2016
<https://inpressco.com/wp-content/uploads/2016/12/Paper392218-2221.pdf>
15. Chouder, S. Silvestre, B. Taghezouit, and E. Karatepe, *“Monitoring, modelling and simulation of PV systems using LabVIEW,”* Sol. ENERGY, 2012.
16. R. Khenfer, M. Mostefai, S. Benahdoug, and M. Maddad, *“Faults detection in a photovoltaic generator by using matlab simulink and the chipKIT Max32 board,”* Int. J. Photoenergy, vol. 2014, 2014.
17. E M Natsheh and A Albarbar, *“Solar power plant performance evaluation: simulation and experimental validation,”* vol. 12122, 2012.
18. S. Penshin, *“A Simulator for Solar Array Monitoring,”* Arizona State University, 2016.
19. ATmel, *“ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328/P [Material Safety Data Sheet],”* 2015.
20. Allegro, *“ACS712 Datasheet,”* pp. 1–14, 2007.
21. L. Self-heating and L. I. Output, *“LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors,”* no. November, pp. 1–13, 2013.
22. National Instrument, *“LabVIEW System Design Software - National Instruments.”* [Online]. Available:
23. <http://www.ni.com/labview/>. [Accessed: 14-May-2017].
24. M. Schwartz, *Programming Arduino with LabVIEW.* 2015.

25. SA Jumaat, F Mohamad, SA Zulkifli, Development of Portable Case Solar Battery Charger, Electrical and
26. Electronic Engineering, Vol. 6 No. 4, 2016, pp. 55-61. doi: 10.5923/j.eee.20160604.01.
27. Siti Amely Jumaat, Mohammad Hilmi Othman, Solar Energy Measurement Using Arduino, MATEC Web Conf.
28. 2022 Viewpoint Systems, Inc. "LabVIEW Remote Monitoring" "6 ways to do remote monitoring with LabVIEW" <https://www.viewpointusa.com/ie/ar/labview-remote-monitoring/>
29. webvi-examples «Call SystemLink Data Services» <https://ni.github.io/webvi-examples/CallSystemLinkDataServices/>
30. SystemLink API Reference Documentation «SystemLink Cloud Manual» <https://www.ni.com/docs/en-US/bundle/systemlink-cloud/page/manual-over-view.html#>
31. SystemLink Cloud Documentation «Connecting to SystemLink Cloud from an Application or a WebVI» 2022-03-09 <https://www.ni.com/docs/en-US/bundle/systemlink-cloud/page/connecting-to-systemlink-cloud-from-web-application.html>
32. SystemLink Cloud Documentation "Connecting to SystemLink Cloud from LabVIEW" March 2022 <https://www.ni.com/docs/en-US/bundle/systemlink-cloud/page/connecting-systemlink-cloud-from-labview.html>
33. REMOTE PANELS IN LABVIEW - DISTRIBUTED APPLICATION DEVELOPMENT "Remote Panels in LabVIEW - Distributed Application Development" Oct 2020 <https://knowledge.ni.com/KnowledgeArticleDetails?id=kA03q000000x3Sa-CAI&l=en-GR>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

5.1 Εισαγωγή

Στο τρέχον κεφάλαιο παρατίθενται και σχολιάζονται οι μετρήσεις που καταγράφηκαν από τον αισθητήρα Hall για το διάστημα της πρώτης εβδομάδας του Ιουλίου 2022. Επίσης, παρουσιάζονται οι βασικές παράμετροι του κεντρικού μετατροπέα του μικροδικτύου για το διάστημα από τον Νοέμβριο 2021 έως το Μάιο 2022. Για τις μετρήσεις και τον σχολιασμό των αποτελεσμάτων της μελέτης μας είναι ήταν απαραίτητο να ελέγξουμε συγκεκριμένα δεδομένα από την μετεωρολογική ιστοσελίδα WEATHERONLINE.GR. Πιο συγκεκριμένα στις εικόνες 64 και 65 αλλά και στον πίνακα 5, παρουσιάζονται οι περιοχές και οι ώρες ηλιοφάνειας για την επικράτεια.



**ΕΙΚΟΝΑ 60 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ ΗΛΙΟΦΑΝΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΚΡΑΤΕΙΑ.
ΠΗΓΗ: WEATHERONLINE.GR**

Μηνιαία ανάλυση **Ετήσια ανάλυση**

Αρχή τέλος

Accumulated Sunshine Hours (Νοέμβριος 2021 - Ιούνιος 2022)

Ιαν.	Φεβ.	Μάρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	
167.8	172.4	196.6	285.2	279.9	212.6	[Ωρες]
93	96	100	100	87	66	Διαθεσιμότητα Δεδομένων [%]

Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	
****	****	****	****	97.6	113.9	[Ωρες]
0	0	0	0	73	80	Διαθεσιμότητα Δεδομένων [%]

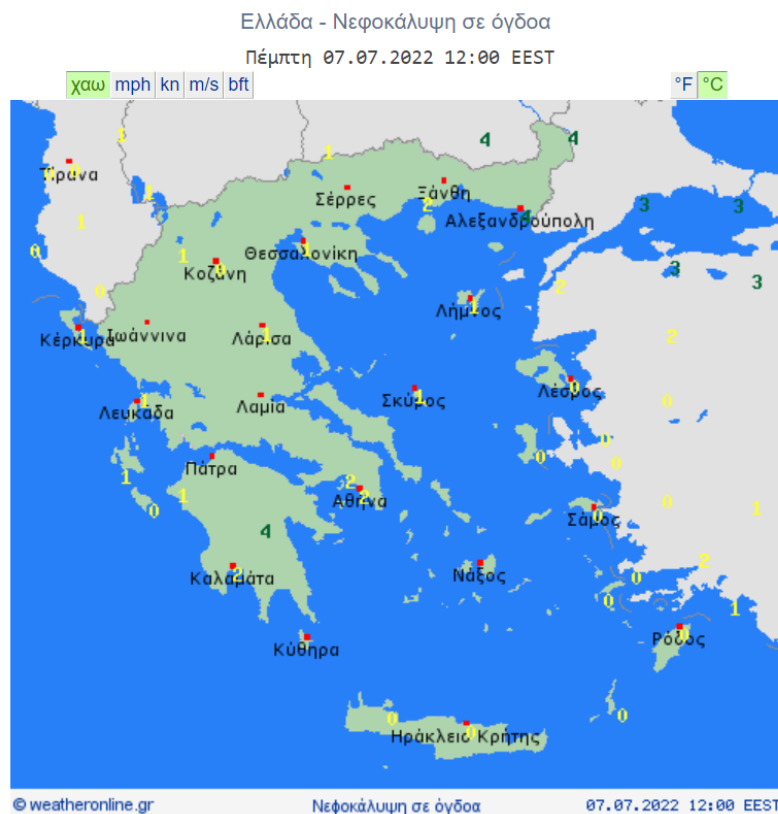
Κατά μέσο όρο Τιμή (Νοέμβριος 2021 - Ιούνιος 2022)
: **1526.0 Ωρες**

**ΕΙΚΟΝΑ 61 ΩΡΕΣ ΗΛΙΟΦΑΝΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ 2021-ΙΟΥΝΙΟΥ 2022
ΠΗΓΗ: WWW.WEATHERONLINE.GR**

ΠΙΝΑΚΑΣ 4 ΩΡΕΣ ΗΛΙΟΦΑΝΕΙΑΣ ΑΝΑ ΗΜΕΡΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΔΟ 1/7/22 - 7/7/22

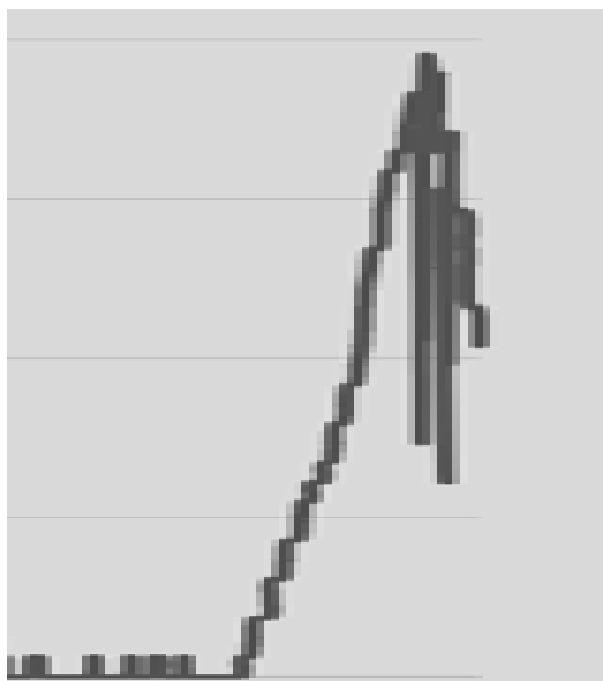
Ημερομηνία	Διάρκεια Ηλιοφάνειας (ώρες)
------------	-----------------------------

1/7/22	13
2/7/22	13
3/7/22	12
4/7/22	13
5/7/22	14
6/7/22	13
7/7/22	13
Σύνολο:	91

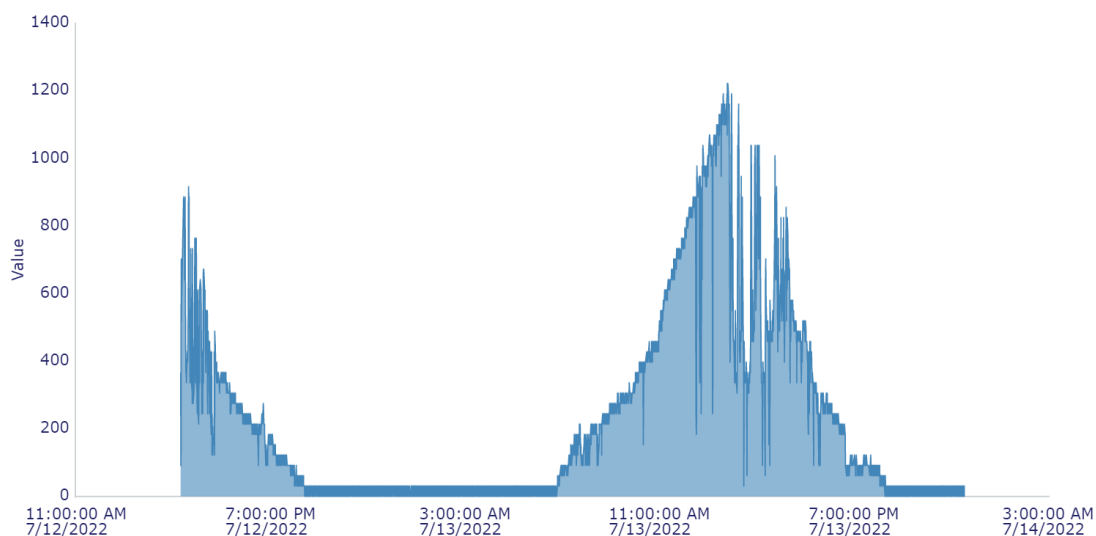


ΕΙΚΟΝΑ 62 ΝΕΦΟΚΑΛΥΨΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΤΗΝ ΠΕΜΠΤΗ 7.7.22
ΠΗΓΗ: WEATHERONLINE.GR

Μέσω της ιστοσελίδας weatheronline.gr μπορούμε να αντλήσουμε δεδομένα που αφορούν την νεφοκάλυψη ανά ημέρα και ανά ώρα, μετρημένη σε μια κλίμακα ογδών. Μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι ενώ την περίοδο 1.7.22-6.7.22 υπήρχε πλήρη ηλιοφάνεια (0/8), στις 7.7.22 υπήρξαν παροδικές νεφώσεις τις μεσημεριανές ώρες στην περιοχή της Αττικής (2/8). Αυτό δικαιολογεί και τις αυξομειώσεις που παρατηρούνται στο διάγραμμα της ισχύος του φωτοβολταϊκού στην Εικόνα 67. Μέσω του weatheronline.gr είμαστε σε θέση να μπορούμε να ελέγχουμε από απόσταση αν οι πτώσεις στην παραγωγή ισχύος οφείλονται στον καιρό ή σε κάποιον άλλον παράγοντα.



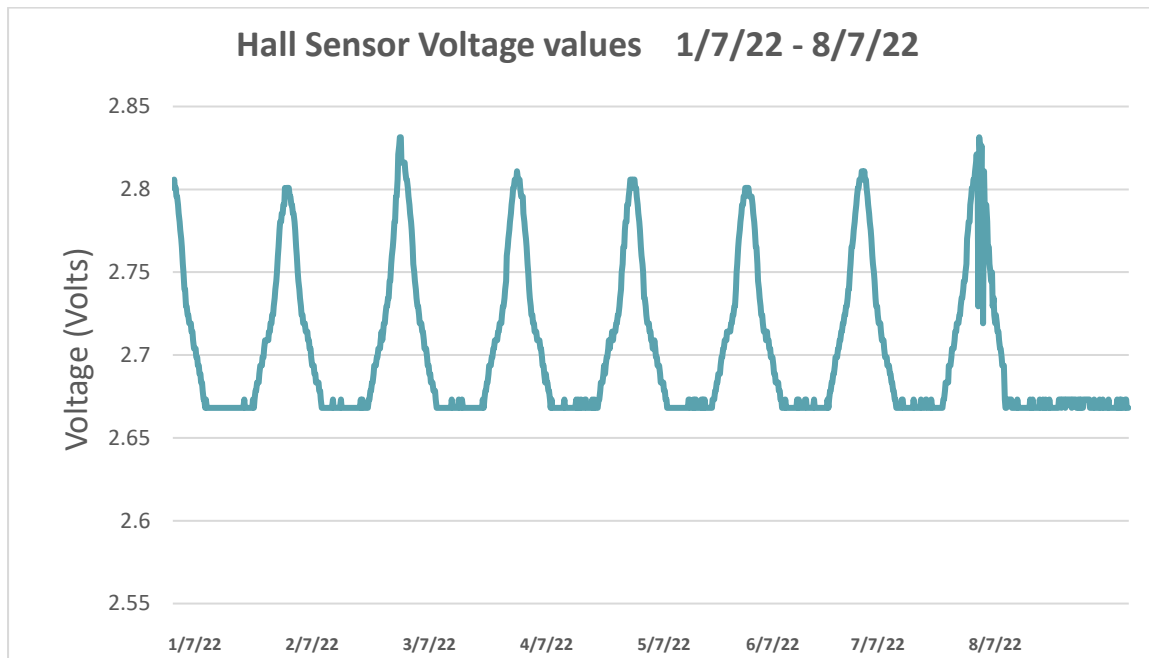
ΕΙΚΟΝΑ 63 ΑΥΞΟΜΕΙΩΣΕΙΣ ΣΤΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΙΣΧΥΟΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΤΙΣ ΜΕΣΗΜΕΡΙΑΝΕΣ ΩΡΕΣ ΤΗΣ 7.7.22



ΕΙΚΟΝΑ 64 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΙΣΧΥΟΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΔΟ 12.7.22-14.7.22.

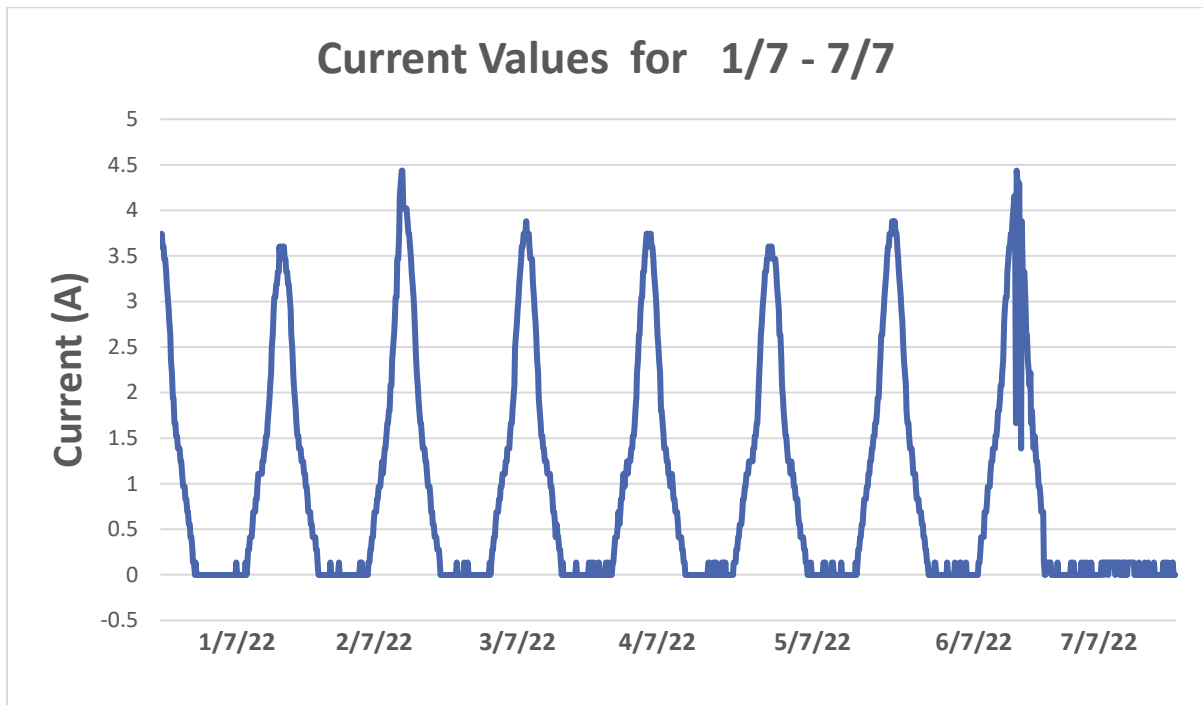
Αντίστοιχα στο διάστημα μεταξύ 11:00 – 20:00 στις 13.7.22 παρατηρούμε πιο ευδιάκριτα αυξομειώσεις στις τιμές της ισχύος που οφείλονται στην διέλευση σύννεφων από την περιοχή της Ζωγράφου. Μάλιστα για κάποια λεπτά οι τιμές παραγωγής ισχύος του φωτοβολταϊκού παρατηρούμε ότι πλησιάζουν το μηδέν.

5.2 Μετρήσεις LabView

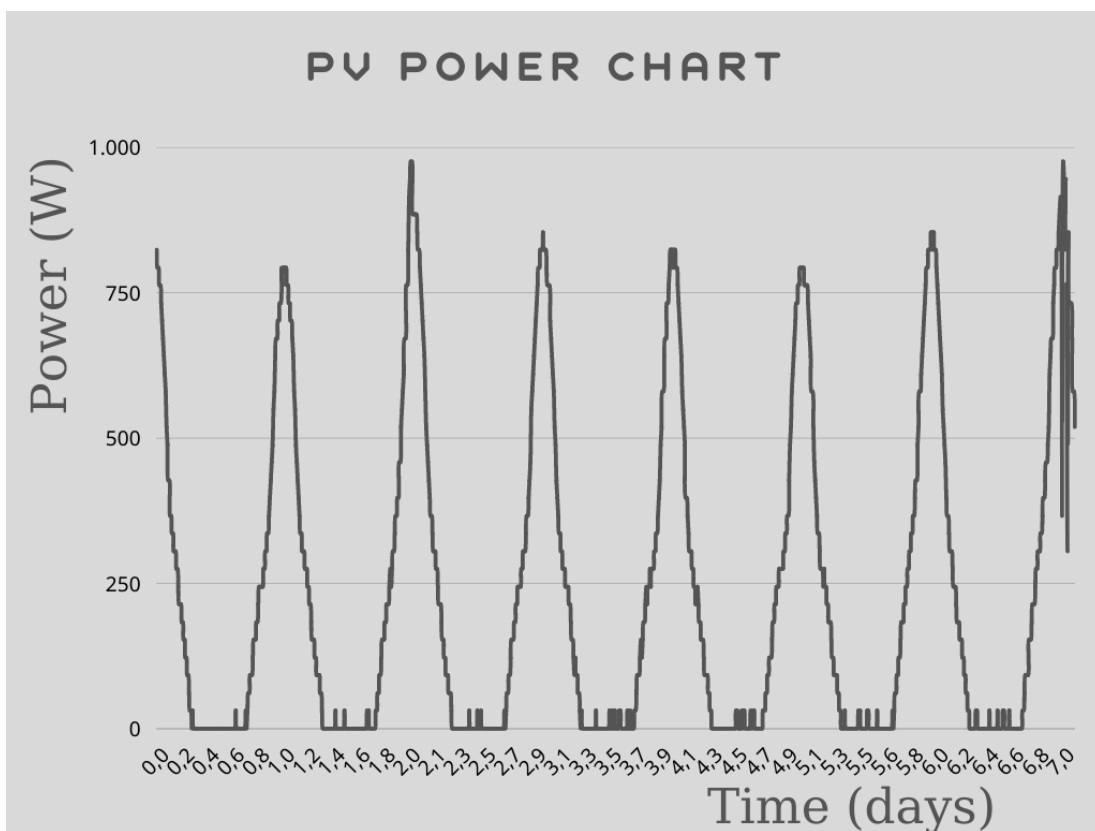


ΕΙΚΟΝΑ 65 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ: ΟΙ ΤΙΜΕΣ ΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΔΟ 1/7/22 ΕΩΣ 8/7/22

Την πρώτη εβδομάδα του Ιουλίου υπήρξε, ως επί το πλείστον, καθαρός ουρανός με έντονη ηλιοφάνεια και μεγάλο δείκτη UV. Το διάγραμμα τάσης του αισθητήρα ακολούθησε μια ομαλά περιοδική πορεία κατά την πάροδο των ημερών/νυχτών. Οι τιμές τάσης κατά τη μέγιστη ηλιοφάνεια (όταν δηλαδή ο ήλιος βρισκόταν στην βέλτιστη κλίση απόδοσης ως προς το φωτοβολταϊκό) έφτασαν την τιμή **2,83 Volt**, η οποία όπως φαίνεται και στο παρακάτω διάγραμμα μεταφράζεται σε ένα ρεύμα έντασης **4,43 A**.



ΕΙΚΟΝΑ 66 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ: ΟΙ ΤΙΜΕΣ ΕΝΤΑΣΗΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΠΟΥ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΟΥΝ ΣΤΙΣ ΤΙΜΕΣ ΤΑΣΗΣ ΠΟΥ ΜΕΤΡΗΣΕ Ο ΔΙΣΘΗΤΗΡΑΣ HALL ΤΗΝ ΠΡΩΤΗ ΕΒΔΟΜΑΔΑ ΤΟΥ ΙΟΥΛΙΟΥ (1/7-7/7)



ΕΙΚΟΝΑ 67 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ: Η ΙΣΧΥΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΔΟ ΑΠΟ 1/7/22 (1:38PM) ΕΩΣ 8/7/22 – (ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΠΕΡΙΠΟΥ 8 ΗΜΕΡΩΝ – 200 ΩΡΩΝ)

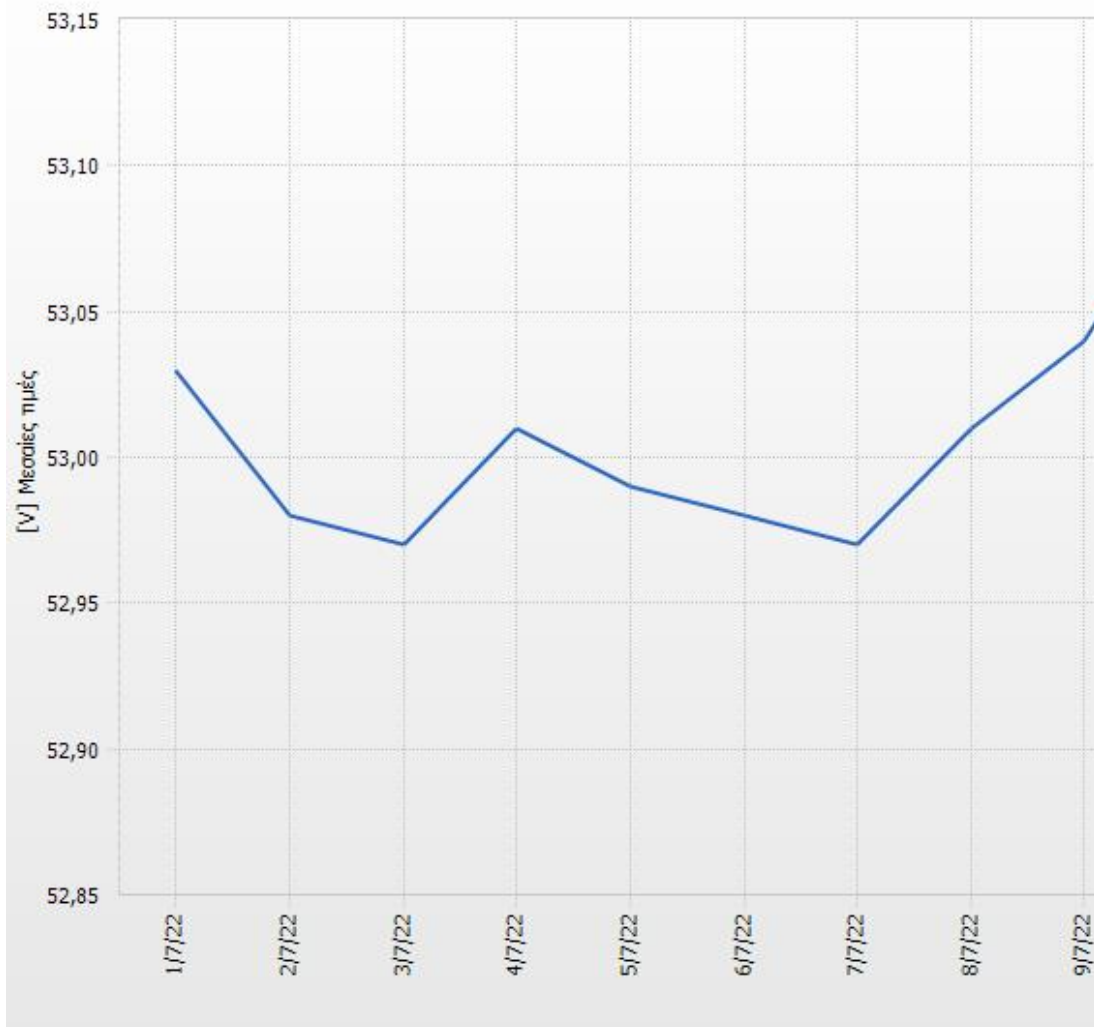
Προβήκαμε στις κατάλληλες ρυθμίσεις, ώστε οι μετρήσεις να λαμβάνονται ανά 10 λεπτά για μια περίοδο περίπου 8 ημερών (**199 ώρες**). Παρατηρούμε την αυξομείωση της ισχύος κατά την μετάβαση από την ημέρα στην νύχτα, και αντίστροφα.

Η μέγιστη τιμή ισχύος που σημειώθηκε ήταν **976W** ενώ η ελάχιστη 0W (απενεργοποιημένος μετατροπέας). Περίπου, οι 1200 αυτές τιμές μας δίνουν ένα μέσο όρο ισχύος στα **223W** που μεταφράζεται για την περίοδο των 200 ωρών σε συνολική παραχθείσα ενέργεια:

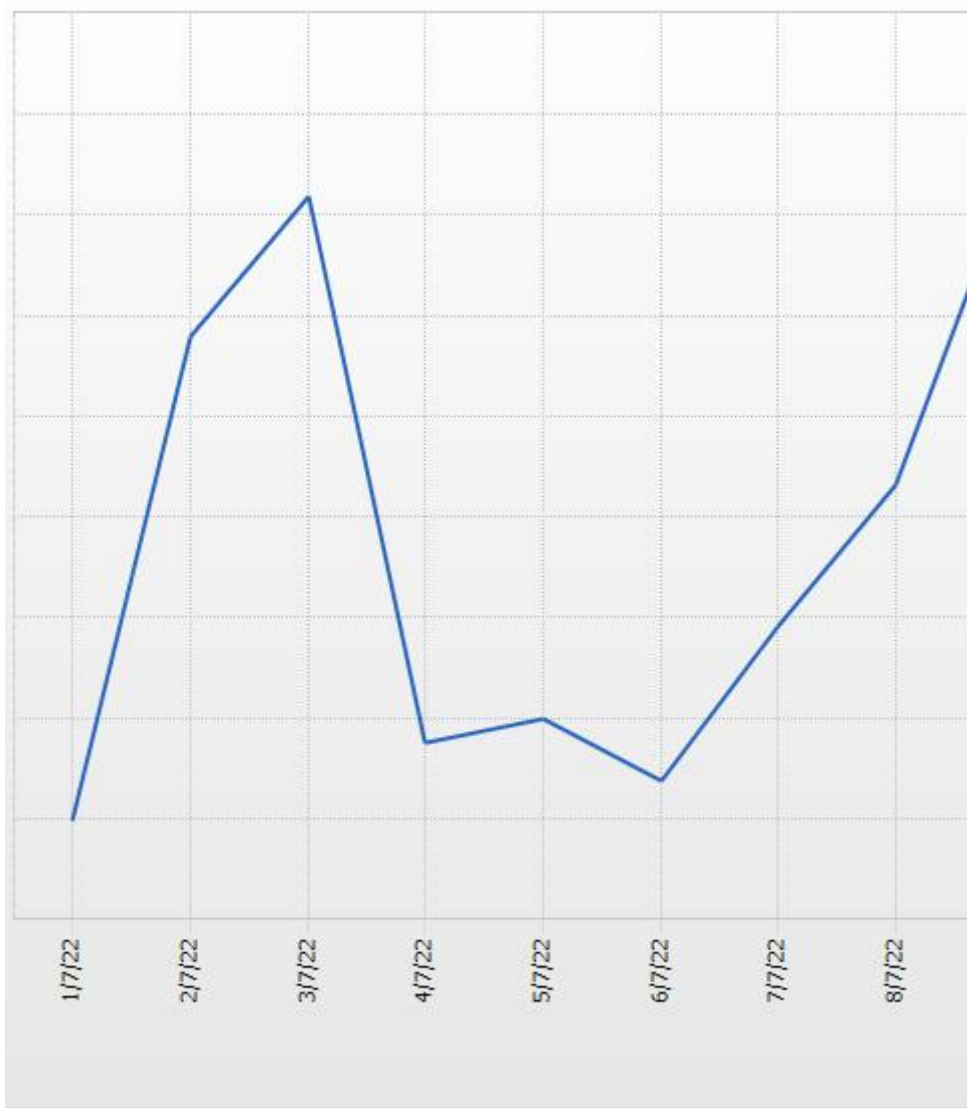
$$E = P * t = 223W * 200 h = 44609 Wh = \mathbf{44,6 kWh}$$

Αυτό σημαίνει ότι κατά μέσο όρο το φωτοβολταϊκό παράγαγε **5,4kWh** ημερησίως.

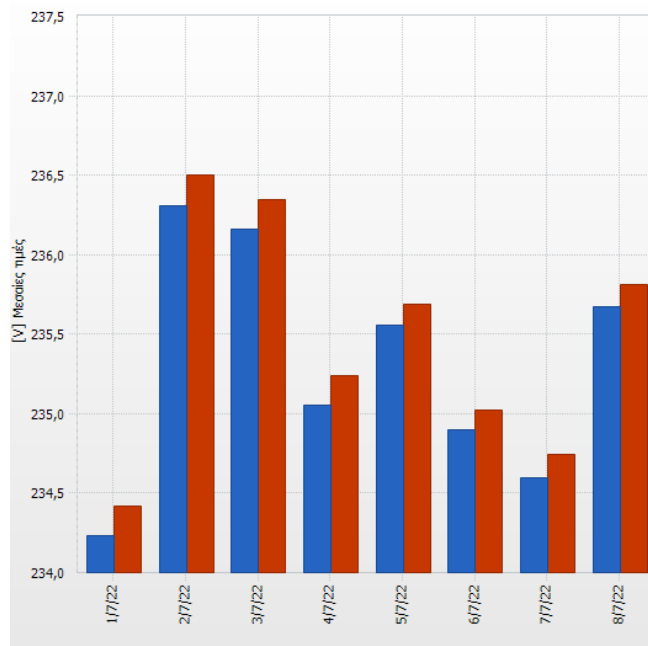
5.3 Αποτελέσματα κεντρικού μετατροπέα



ΕΙΚΟΝΑ 68 ΤΑΣΗ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΗ ΑΠΟ 1/7 ΕΩΣ 9/7

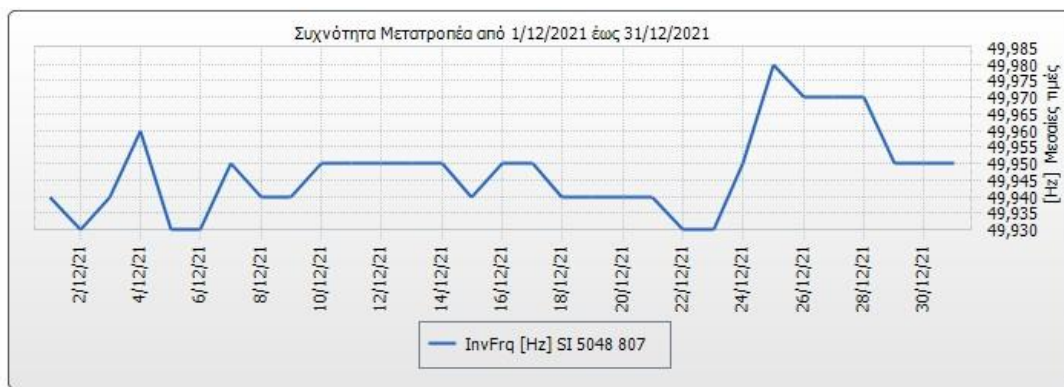


ΕΙΚΟΝΑ 69 ΤΑΣΗ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑ ΑΠΟ 1/7 ΕΩΣ 8/7.

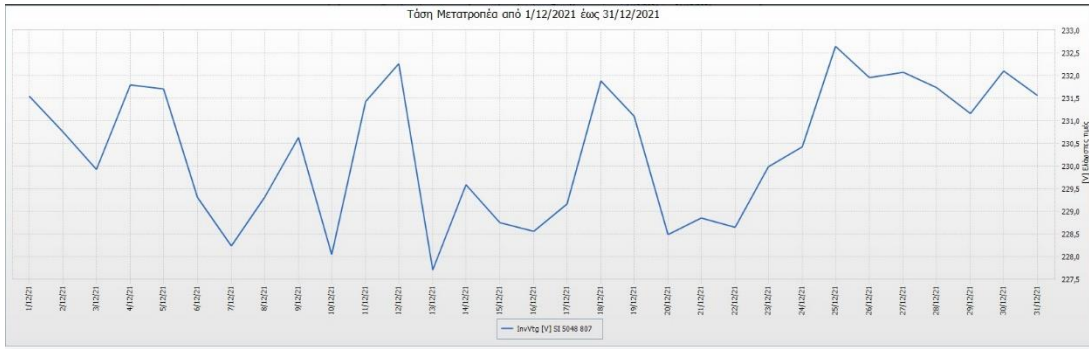


ΕΙΚΟΝΑ 70 ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΤΑΣΗ ΚΕΝΤΡΙΚΟΥ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑ (ΜΠΛΕ), ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΤΑΣΗ ΚΕΝΤΡΙΚΟΥ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑ (ΚΟΚΚΙΝΟ) ΓΙΑ ΤΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ 1/7-8/7

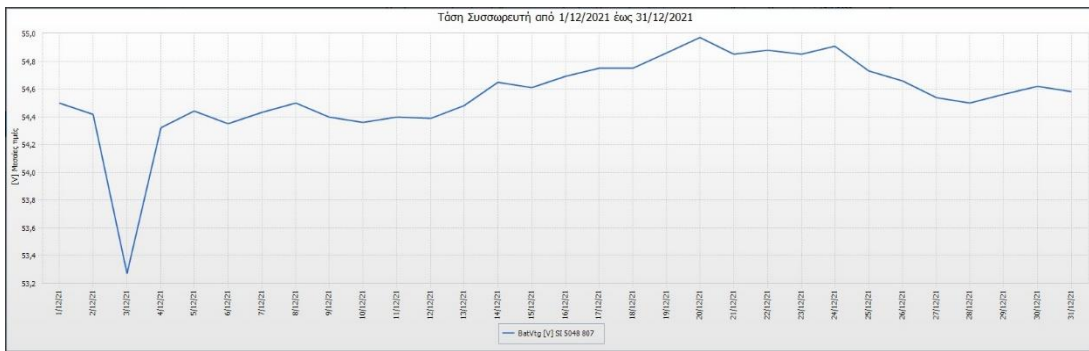
5.3.1 Δεκέμβριος 2021



ΕΙΚΟΝΑ 71 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΜΗΝΑ ΔΕΚΕΜΒΡΙΟ.

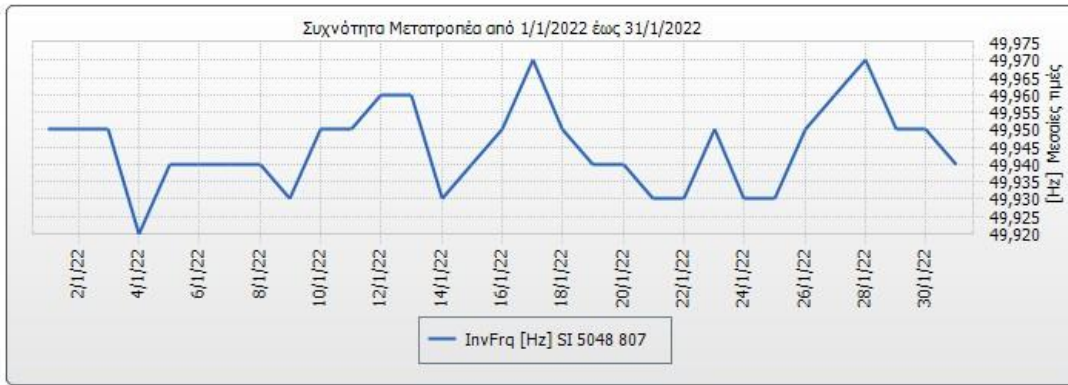


ΕΙΚΟΝΑ 72 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΑΣΗΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΜΗΝΑ ΔΕΚΕΜΒΡΙΟ.

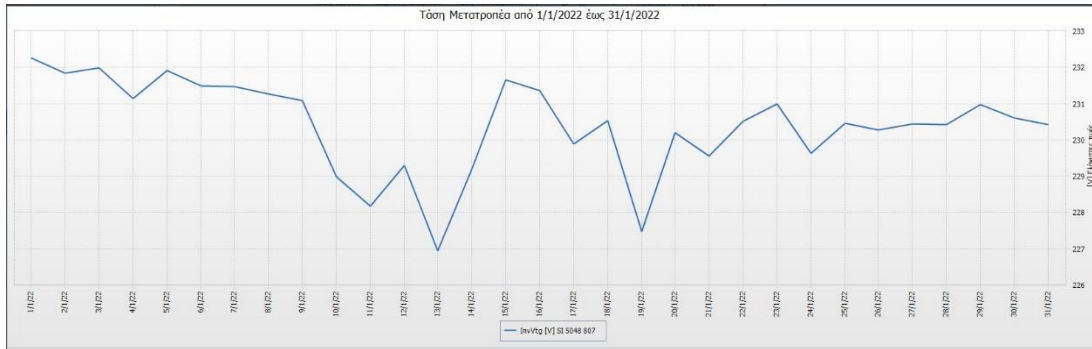


ΕΙΚΟΝΑ 73 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΑΣΗΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΜΗΝΑ ΔΕΚΕΜΒΡΙΟ.

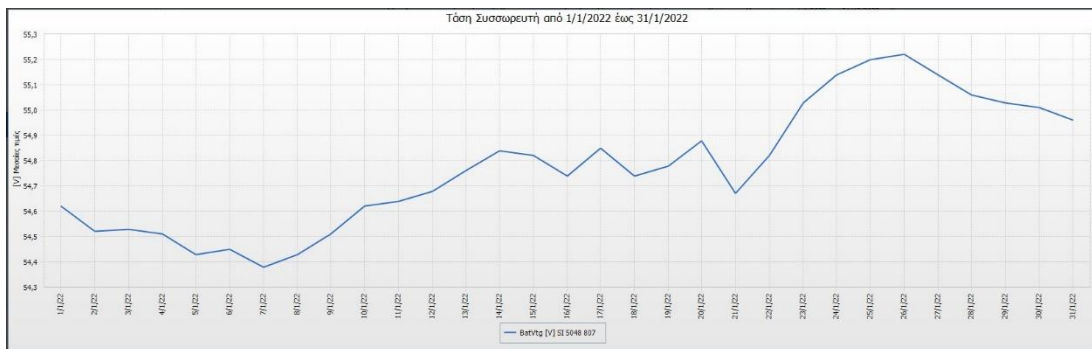
5.3.2 ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2022



ΕΙΚΟΝΑ 74 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΜΗΝΑ ΙΑΝΟΥΑΡΙΟ.

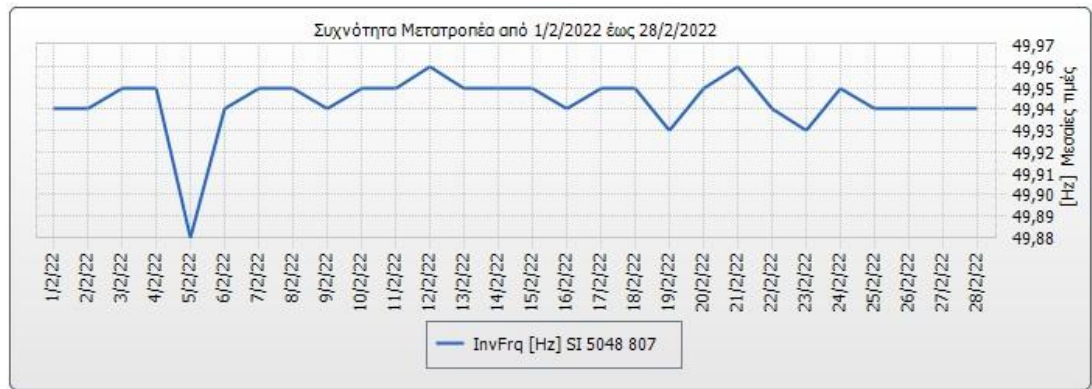


ΕΙΚΟΝΑ 75 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΑΣΗΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΜΗΝΑ ΙΑΝΟΥΑΡΙΟ.

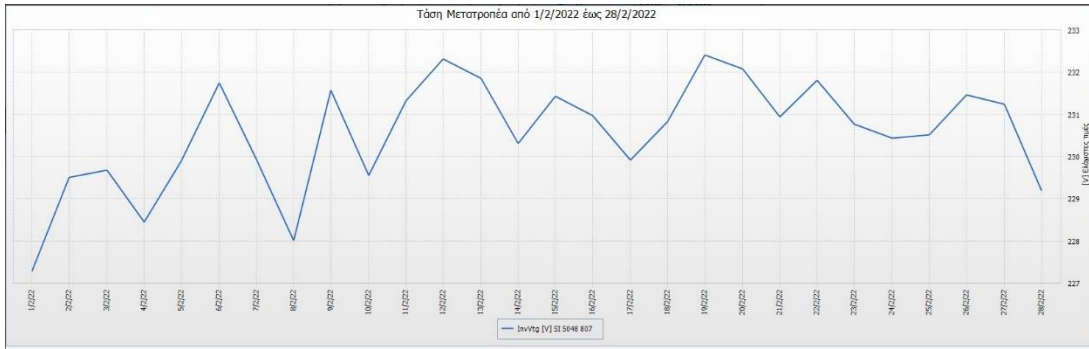


ΕΙΚΟΝΑ 76 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΑΣΗΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΜΗΝΑ ΙΑΝΟΥΑΡΙΟ.

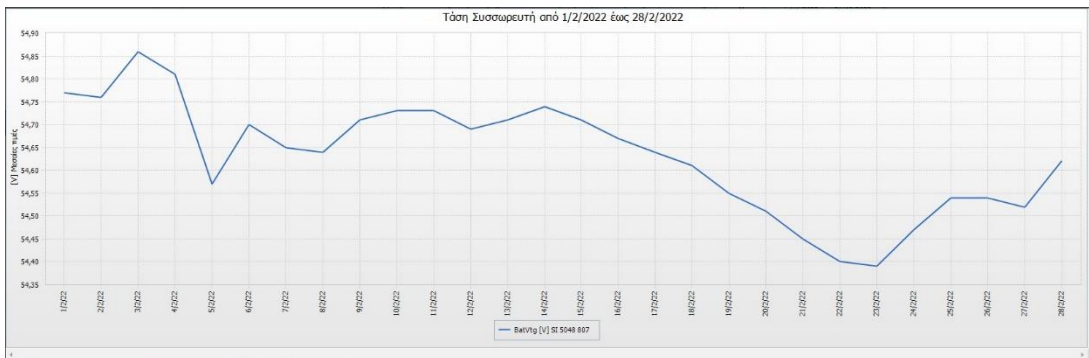
5.3.3 ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2022



ΕΙΚΟΝΑ 77 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΜΗΝΑ ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟ.

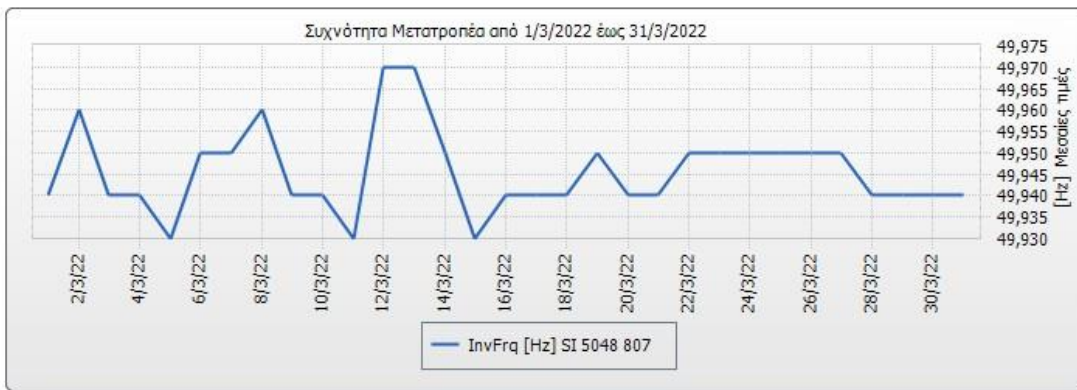


ΕΙΚΟΝΑ 78 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΑΣΗΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΜΗΝΑ ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟ.

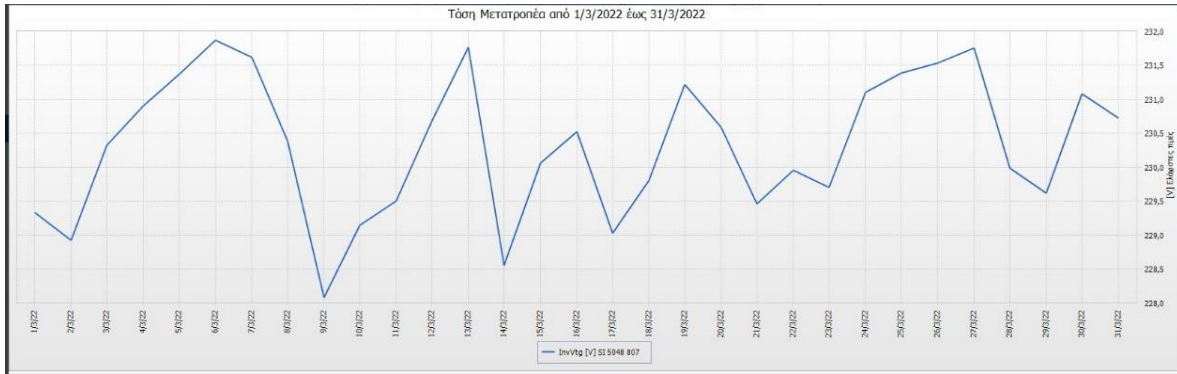


ΕΙΚΟΝΑ 79 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΑΣΗΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΜΗΝΑ ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟ.

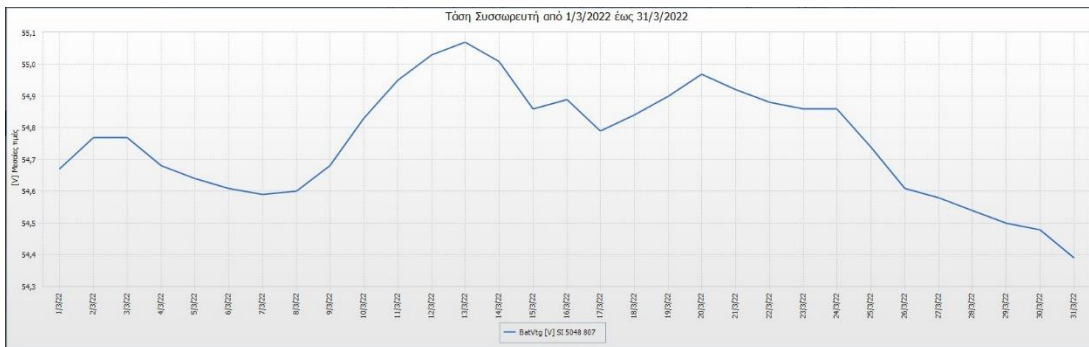
5.3.4 ΜΑΡΤΙΟΣ 2022



ΕΙΚΟΝΑ 80 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΜΗΝΑ ΜΑΡΤΙΟ.

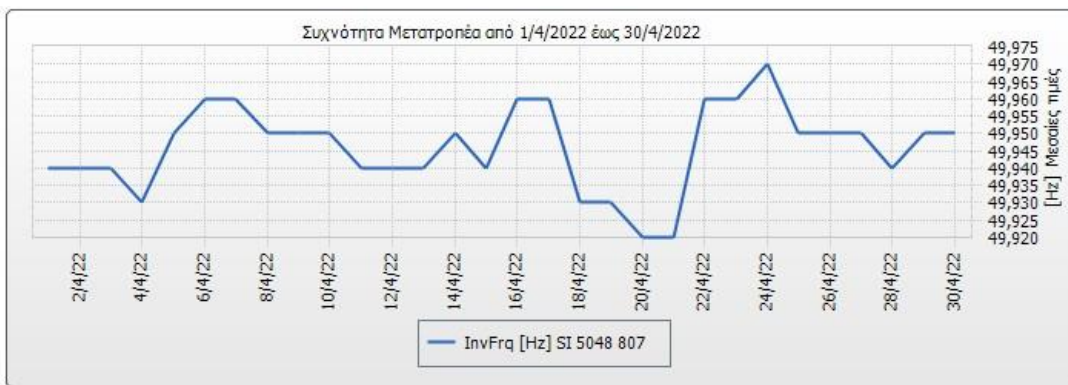


ΕΙΚΟΝΑ 81 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΑΣΗΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΜΗΝΑ ΜΑΡΤΙΟ.

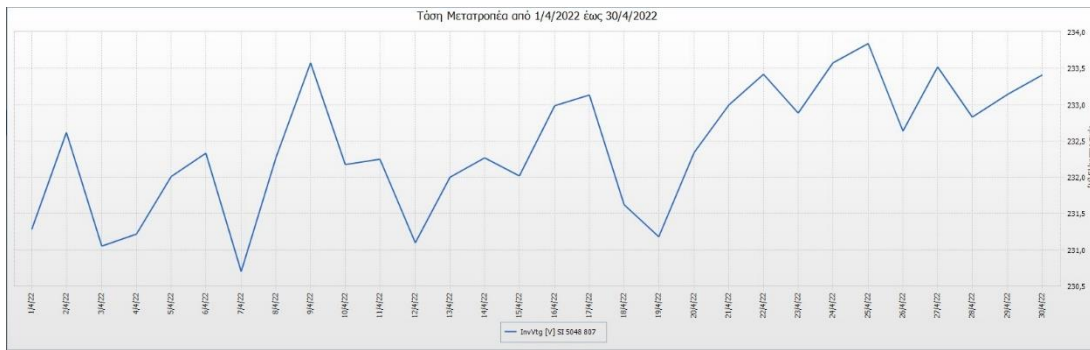


ΕΙΚΟΝΑ 82 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΑΣΗΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΜΗΝΑ ΜΑΡΤΙΟ.

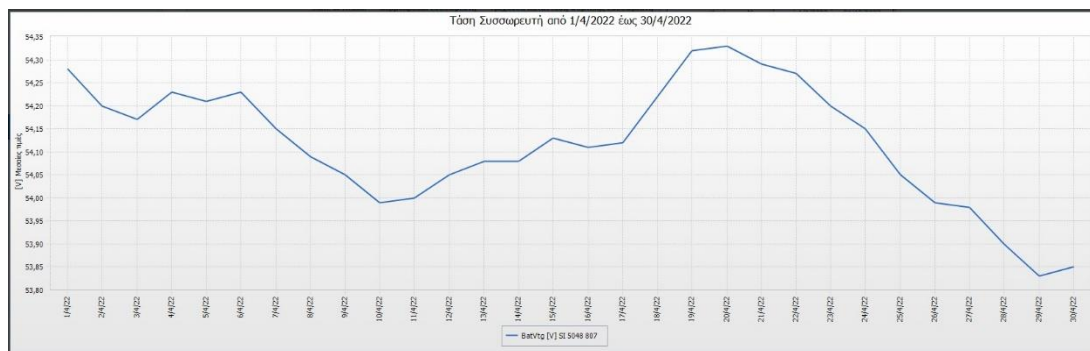
5.3.5 ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2022



ΕΙΚΟΝΑ 83 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΜΗΝΑ ΑΠΡΙΛΙΟ.

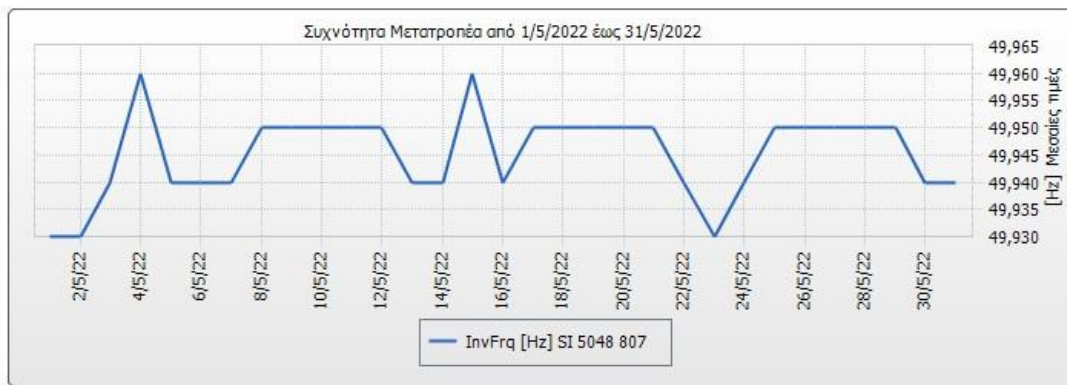


ΕΙΚΟΝΑ 84 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΑΣΗΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΜΗΝΑ ΑΠΡΙΛΙΟ.

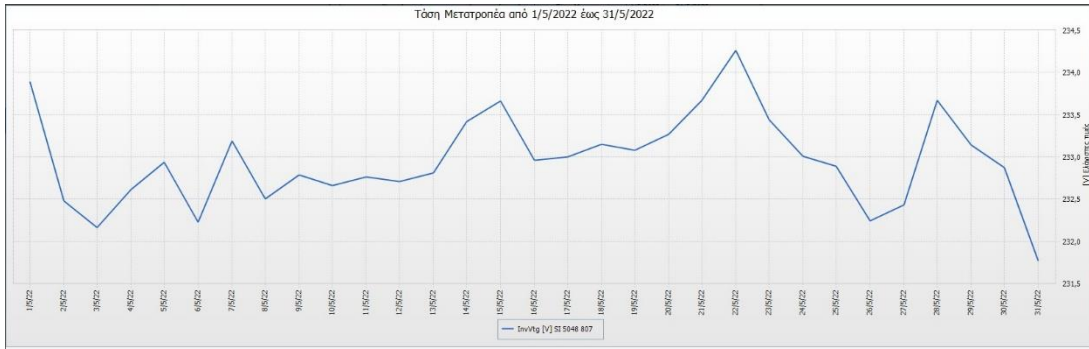


ΕΙΚΟΝΑ 85 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΑΣΗΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΜΗΝΑ ΑΠΡΙΛΙΟ.

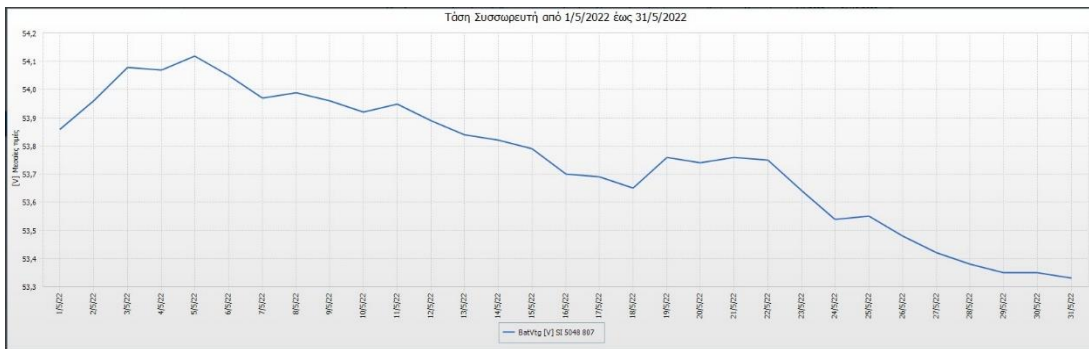
5.3.6 ΜΑΙΟΣ 2022



ΕΙΚΟΝΑ 86 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΜΗΝΑ ΜΑΙΟ.

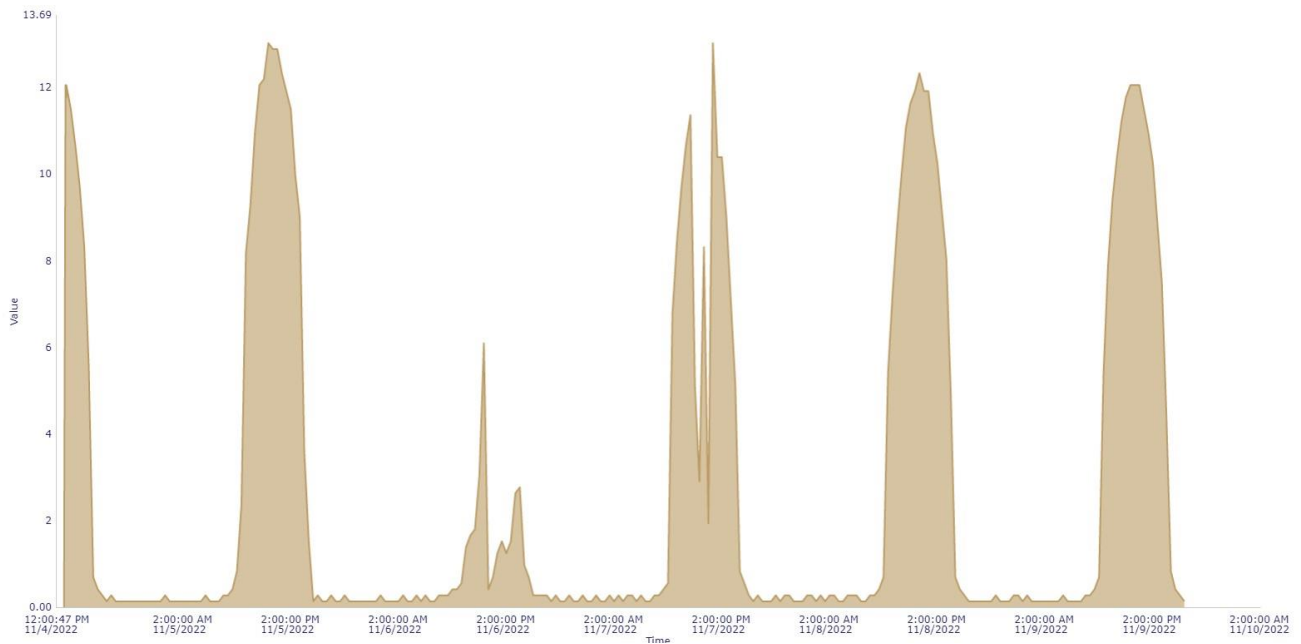


ΕΙΚΟΝΑ 87 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΑΣΗΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΜΗΝΑ ΜΑΙΟ.

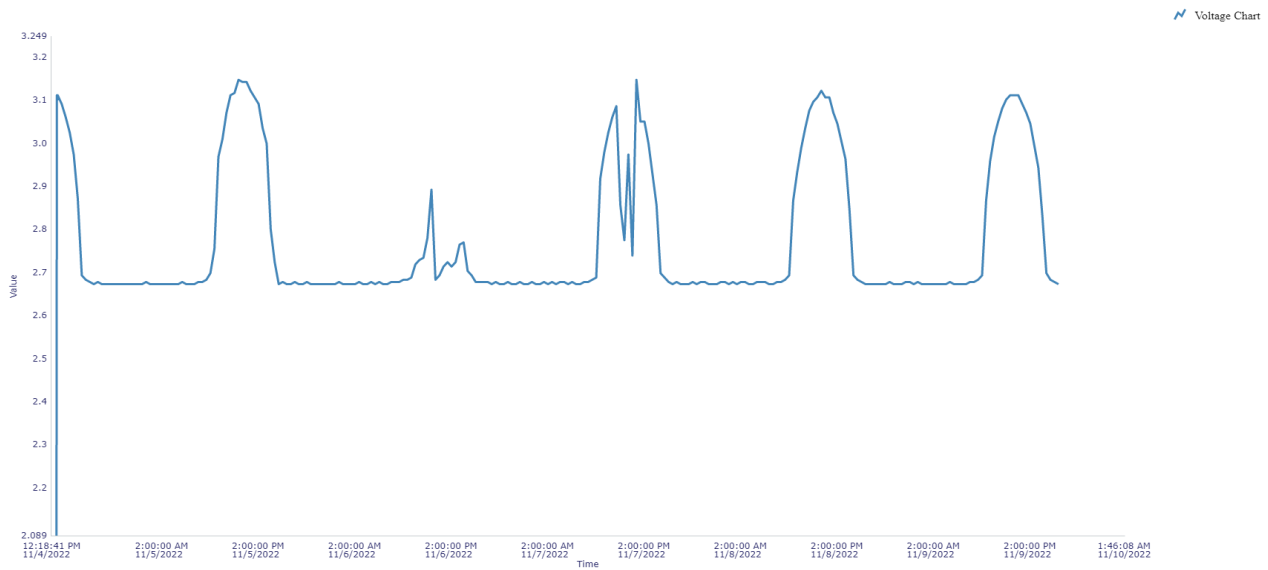


ΕΙΚΟΝΑ 88 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΑΣΗΣ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΜΗΝΑ ΜΑΙΟ.

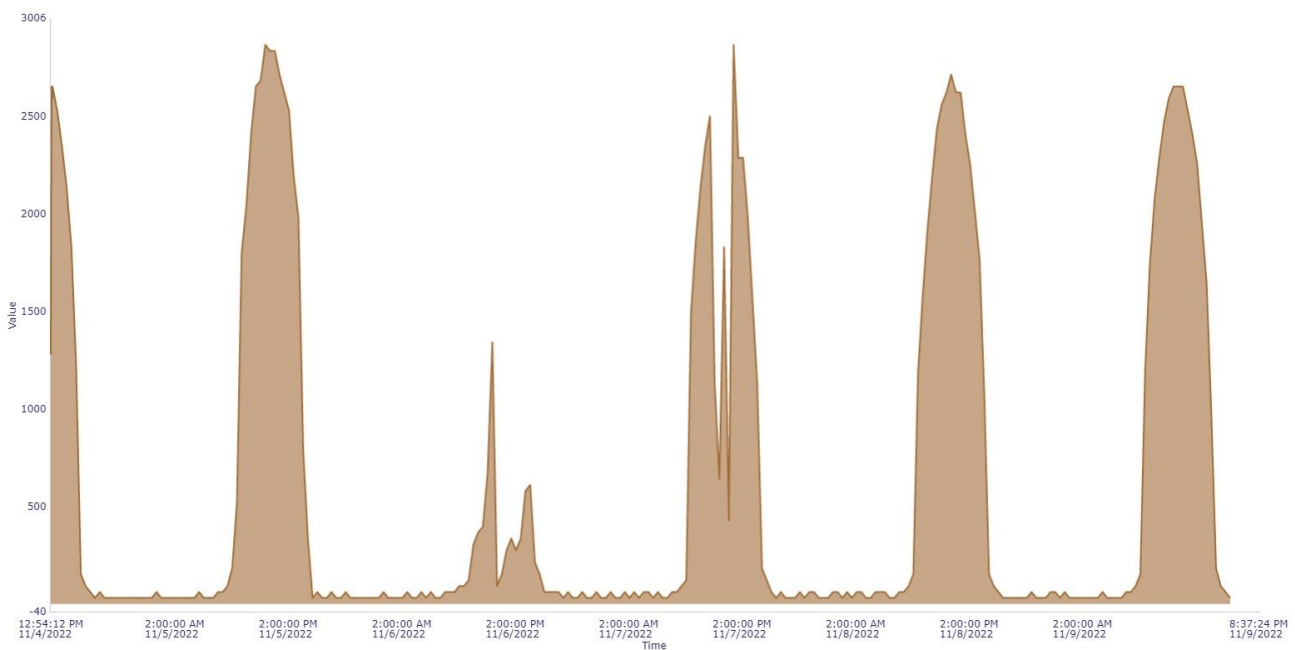
5.3.7 ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2022 - LABVIEW



ΕΙΚΟΝΑ 89 ΤΙΜΕΣ ΠΑΡΑΧΡΕΙΑΙΑΣ ΕΝΤΑΣΗΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΔΟ 4.11.22 ΕΩΣ 9.11.22. (ΧΡΟΝΙΚΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ: ΑΝΑ 30 ΛΕΠΤΑ). ΠΗΓΗ [HTTPS://WWW.SYSTEMLINK-CLOUD.COM/DATA/TAGS](https://www.systemlink-cloud.com/data/tags)



ΕΙΚΟΝΑ 90 ΤΙΜΕΣ ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΗΣ ΤΑΣΗΣ ΑΠΟ ΤΟΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ HALL ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΔΟ ΑΠΟ 4.11.22 ΕΩΣ 9.11.22. (ΧΡΟΝΙΚΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ: ΑΝΑ 30 ΛΕΠΤΑ) ΠΗΓΗ [HTTPS://WWW.SYSTEMLINKCLOUD.COM/DATA/TAGS](https://www.systemlinkcloud.com/data/tags).

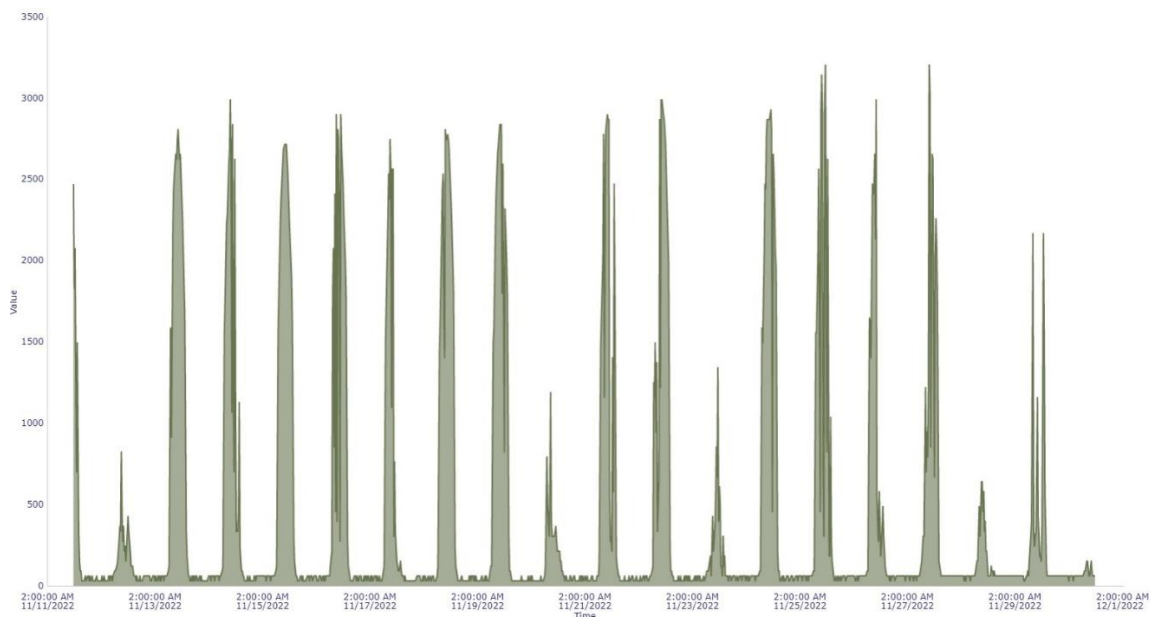


ΕΙΚΟΝΑ 91 ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΕΣ ΤΙΜΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ ΑΠΟ 4.11.22 ΕΩΣ 9.11.22. (ΧΡΟΝΙΚΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ: ΑΝΑ 30 ΛΕΠΤΑ) ΠΗΓΗ: [HTTPS://WWW.SYSTEMLINKCLOUD.COM/DATA/TAGS](https://www.systemlinkcloud.com/data/tags).

Την πρώτη εβδομάδα του Νοεμβρίου ο καιρός ήταν αίθριος με εξαίρεση την κακοκαιρία ΕΝΑ που προκάλεσε αυτό που φαίνεται στις 6.11.22 και λίγο στις 7.11.22. Οι υπόλοιπες

μέρες είχαν πλήρη ηλιοφάνεια με συνολική ημερήσια παραγωγή ενέργειας περίπου **17kwh**.

Παρακάτω παρατίθενται οι μετρήσεις ισχύος για το υπόλοιπο του Νοεμβρίου 2022. Η συνολική παραχθείσα ενέργεια σε κιλοβατώρες για τις 26 μέρες του Νοεμβρίου υπολογίζεται περίπου **212kwh**, δηλαδή περίπου **8,2 kwh ανά 24ωρο**.

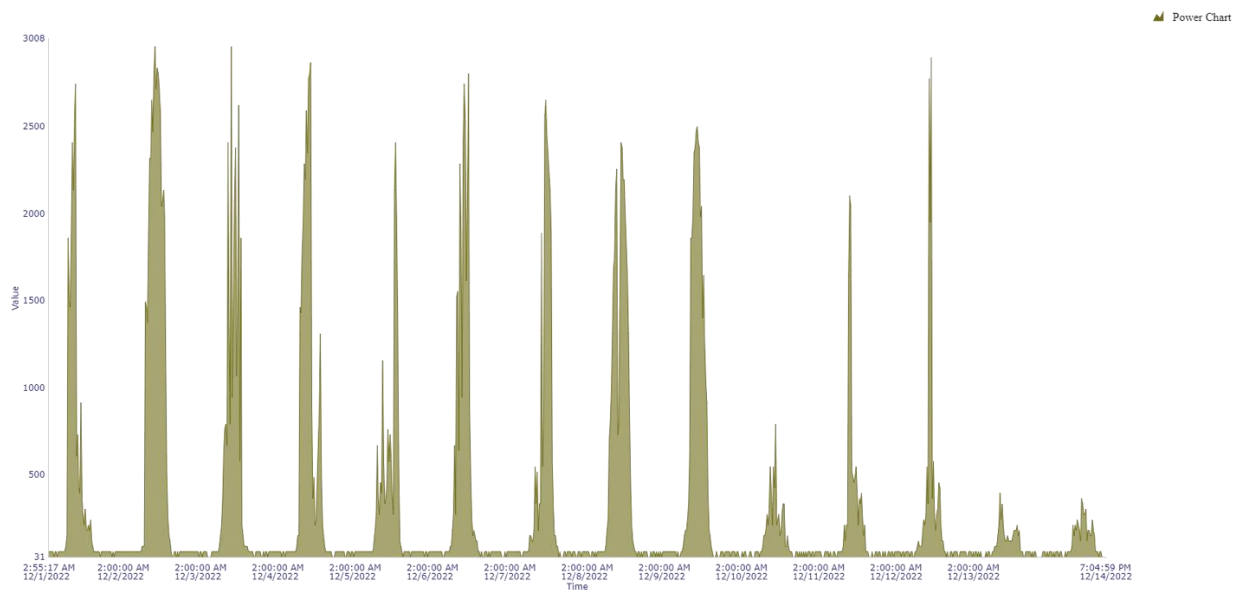


ΕΙΚΟΝΑ 92 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΓΙΑ ΤΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ ΑΠΟ 11.11.22 ΕΩΣ 30.11.22.

ΧΡΟΝΙΚΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ: ΑΝΑ 20 ΛΕΠΤΑ. ΠΗΓΗ

[HTTPS://WWW.SYSTEMLINKCLOUD.COM/DATA/TAGS](https://www.systemlinkcloud.com/data/tags).

5.3.8 ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2022 - LABVIEW



ΕΙΚΟΝΑ 93 ΠΑΡΑΧΘΕΙΣΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΠΛΑΙΣΙΟΥ ΓΙΑ ΤΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ ΑΠΟ 1.12.22 ΕΩΣ 14.12.22 ΜΕ ΧΡΟΝΙΚΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΑΝΑ 20 ΛΕΠΤΑ. ΠΗΓΗ [HTTPS://WWW.SYSTEMLINK-CLOUD.COM/DATA/TAGS](https://www.systemlink-cloud.com/data/tags).

Τις πρώτες δύο εβδομάδες του Δεκεμβρίου, η περιοχή του Ζωγράφου δέχτηκε κάποια καιρικά φαινόμενα τα οποία αποτυπώνονται στις μετρήσεις. Συγκεκριμένα την πρώτη εβδομάδα υπήρξαν περιοδικές νεφώσεις, ενώ τη δεύτερη η νεφοκάλυψη παρέμεινε για 5 μέρες και η ενέργεια που παράχθηκε για αυτές τις 5 ημέρες ήταν μόλις περίπου **18 kwh**.



ΕΙΚΟΝΑ 94 ΠΑΡΑΧΘΕΙΣΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΓΙΑ ΤΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ ΑΠΟ 16.12.22 ΕΩΣ 29.12.22. (ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ 10 ΛΕΠΤΑ) ΠΗΓΗ [HTTPS://WWW.SYSTEMLINKCLOUD.COM/DATA/TAGS](https://www.systemlinkcloud.com/data/tags).

Ο υπόλοιπος Δεκέμβριος κύλισε σε γενικές γραμμές με αίθριο καιρό και ηλιοφάνεια, γεγονός που μας επέτρεψε να δούμε την ενέργεια που μπορεί να παράγει το φωτοβολταϊκό τις εβδομάδες που βρίσκεται στο χαμηλότερο σημείο στον ουρανό κατά τη διάρκεια του χρόνου, υπό βέλτιστες συνθήκες. Εξαιρέση αποτέλεσαν οι 19 και 20 Δεκεμβρίου.

Η μέση παραχθείσα ενέργεια για τις δύο αυτές εβδομάδες ήταν **93,6 kwh**, ενώ για τις 29 ημέρες μετρήσεων του Δεκεμβρίου η συνολική παραχθείσα ενέργεια που μέτρησε ο αισθητήρας Hall ήταν περίπου **192kwh**, δηλαδή περίπου **6,6 kwh/24ωρο**.

6 ΣΥΖΗΤΗΣΗ

ΕΡΕΥΝΕΣ ΔΗΜΩΝ

Οι κάτωθι μετρήσεις (Εικόνα 95) πραγματοποιήθηκαν σε έρευνα που διεξήχθη στο δήμο Αμαρουσίου σχετική με την μέση κατανάλωση ενέργειας των νοικοκυριών. Η έρευνα αυτή πραγματοποιήθηκε κατά την περίοδο 15 Σεπτεμβρίου 2009 μέχρι και 15 Δεκεμβρίου 2009 σε δείγμα 30 κατοικιών του Δήμου Αμαρουσίου. Για την πραγματοποίηση των μετρήσεων χρησιμοποιήθηκε μετρητικός εξοπλισμός ο οποίος εγκαταστάθηκε στους εσωτερικούς πίνακες ηλεκτροδότησης των κατοικιών, έτσι ώστε να πραγματοποιείται μέτρηση της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας του κάθε νοικοκυριού. Οι μετρήσεις λαμβάνονταν με χρονικό βήμα 10 λεπτών, ενώ η συνολική χρονική περίοδος κατά την οποία ο μετρητικός εξοπλισμός παρέμενε στην κάθε κατοικία ήταν 15 ημέρες.

	Δείγμα 30 κατοικιών		
	Μέση Τιμή	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή
Ισχύς ανά νοικοκυριό (Watt/ κατοικία)	457	162	1.337
Ισχύς ανά κάτοικο (Watt /κάτοικο)	18,8	63,6	334
Ισχύς ανά επιφάνεια (Watt / m ²)	4,06	1,19	9,62
Ημερήσια κατανάλωση ενέργειας (kWh /ημέρα)	11,0	3,89	32,1
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας (kWh/έτος)	4.005	1.420	11.713
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας ανά άτομο (kWh/έτος/κάτοικο)	1.651	557	2.928
Ετήσια κατανάλωση ενέργειας ανά επιφάνεια (kWh/έτος/m ²)	35,5	10,5	84,3
Άτομα	2,7	1	5
Επιφάνεια (m ²)	111	60	170

ΕΙΚΟΝΑ 95 ΜΕΣΕΣ, ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΚΑΙ ΜΕΓΙΣΤΕΣ ΤΙΜΕΣ ΙΣΧΥΟΣ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΑ ΝΟΙΚΟΚΥΡΙΑ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ ΑΜΑΡΟΥΣΙΟΥ. ΠΗΓΗ: [HTTP://WWW.CRES.GR/PEPESEC/APOTELESMATA.HTML](http://www.cres.gr/pepsec/apotelesmata.html)

7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το σύστημα παρακολούθησης φωτοβολταϊκών είναι ένας συνδυασμός του λογισμικού LabView και του συστήματος Ni-DAQ στο σημείο αιχμής της ακτινοβολίας του ηλιακού φωτός. Το LabView παρουσιάζει γραφικές παραστάσεις με τις μετρούμενες τιμές των αποτελεσμάτων των φωτοβολταϊκών συστημάτων, έχοντας θέσει συγκεκριμένες ηλεκτρικές παραμέτρους. Οι γραφικές παραστάσεις δημιουργούνται σε πραγματικό χρόνο παρακολούθησης των τιμών τάσης, ρεύματος και έντασης φωτός.

Στην τρέχουσα έρευνα, τα φωτοβολταϊκά συστήματα έχουν τοποθετηθεί έτσι ώστε να έχουν την βέλτιστη απόδοση τους, τους μήνες που ο ήλιος μένει χαμηλά στον ουρανό, δηλαδή από την φθινοπωρινή ισημερία έως το χειμερινό ηλιοστάσιο και από το χειμερινό ηλιοστάσιο έως την ανοιξιάτικη ισημερία.

Συγκρίνοντας την τιμή της παραχθείσας ενέργειας που υπολογίσαμε για τον μήνα Ιούλιο με τα αποτελέσματα της έρευνας του Δήμου Αμαρουσίου (**11kWh/ημέρα**), υπολογίζουμε ότι το φωτοβολταϊκό μπορεί να καλύψει σχεδόν το **50%** των ημερήσιων αναγκών.

Παρατηρούμε ότι σε σχέση με τον Ιούλιο, η **μέγιστη στιγμιαία ενέργεια** που παράγεται από το φωτοβολταϊκό, κατά τον Νοέμβριο, έχει αυξηθεί σε ποσοστό περίπου **60%**, ενώ η **μέση ημερήσια ενέργεια περίπου 20%**. Αυτή η διαφορά ίσως να οφείλεται στην διαφορετική γωνία που πετυχαίνουν το φωτοβολταϊκό οι ακτίνες του ήλιου το φθινόπωρο, σε σχέση με το καλοκαίρι. Θα πρέπει να εξεταστεί αναλυτικά η πορεία του ήλιου στον ουρανό σε σχέση με το συγκεκριμένο φωτοβολταϊκό και τη γεωγραφική θέση του θέσης.

Τα αποτελέσματα σχετίζουν το ρυθμισμένο LabView, βασιζόμενο στις παραμέτρους που προαναφέραμε, ώστε να προσαρμοστεί εύκολα και με το βέλτιστο τρόπο στα φωτοβολταϊκά συστήματα. Επιπλέον, τα αποτελέσματα των συστημάτων παρακολούθησης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο της προστασίας περιβάλλοντος των φωτοβολταϊκών συστημάτων.

7.1 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Μελλοντικά θα μπορούσε η παραπάνω εργασία να χρησιμοποιηθεί:

-Για τη μελέτη της απόδοσης τους συστήματος στην περίπτωση που η εγκατάσταση εξοπλιστεί με κινούμενες βάσεις, δηλαδή βάσεις φωτοβολταϊκών συστημάτων οι οποίες θα ακολουθούν την πορεία του ήλιου στον ουρανό κατά την πάροδο του έτους.

-Για την ανάπτυξη μιας εφαρμογής Web App με τη βοήθεια του εργαλείου G Web Development της National Instruments, με την οποία θα μπορεί κάποιος απομακρυσμένα μέσω smartphone ή tablet, να αλληλεπιδρά με την εγκατάσταση σε πραγματικό χρόνο.