

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ – ΑΡΙΘΜΟΣ 1550

**ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ
ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΗΣ ΣΤΟ ΔΥΚΤΙΟ ΔΙΑΝΟΜΗΣ
Η ΜΕΣΩ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ
ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**

**ELECTRICAL STUDY OF RESIDENCE CONNECTED TO THE
DISTRIBUTION GRID OR TO A STAND-ALONE HYBRID
POWER SYSTEM**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ: ΠΑΝΔΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ
ΡΕΤΣΙΝΙΑΣ ΑΝΔΡΕΑΣ**

**ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΜΙΜΟΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ**

ΠΑΤΡΑ 2016

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Αισθανόμαστε την ανάγκη να επισημάνουμε την απέραντη ευγνωμοσύνη μας στις οικογένειες μας για την στήριξή τους και για όσα έχουν προσφέρει στη διάρκεια των σπουδών μας και την αμέριστη υποστήριξή τους σε κάθε μας επιλογή.

Επίσης ευχαριστίες θα θέλαμε να εκφράσουμε σε όσους συνεισέφεραν με την ανιδιοτελή προσφορά τους, για το σημαντικό χρόνο που αφιέρωσαν και για τις πολύτιμες πληροφορίες που μας μετέδωσαν καθ' όλη τη διάρκεια της συγγραφής αυτής καθώς και τη βοήθεια τους για την πραγματοποίηση της εργασίας αυτής.

Ευχαριστίες απευθύνουμε στον επιβλέποντα καθηγητή κ Μίμο Ευάγγελο για την εμπιστοσύνη τις γνώσεις, τις διορθώσεις καθώς και τον πολύτιμο χρόνο που αφιέρωσε ώστε να ολοκληρωθεί η εργασία.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία ασχολείται με την ηλεκτρολογική μελέτη μόνιμης κατοικίας στην οποία μελετώνται δύο σενάρια. Στο πρώτο σενάριο η τροφοδότηση της κατοικίας γίνεται μέσω του ηλεκτρικού δικτύου του ΔΕΔΔΗΕ και στο δεύτερο σενάριο μέσω υβριδικού συστήματος παραγωγής. Ποιο συγκεκριμένα:

Στο πρώτο κεφάλαιο αρχικά δίνονται οι κατόψεις της κατοικίας. Στην συνέχεια εισάγονται τα φορτία της κατοικίας και γίνεται μελέτη της θεμελιακής γείωσης και της αντικεραυνικής προστασίας του κτιρίου. Δίδονται επίσης και οι κατόψεις των ασθενών ρευμάτων.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται υπολογισμός των φορτίων και υπολογίζεται η εγκατεστημένη ισχύς του κτιρίου βάση της οποίας υπολογίζεται η παροχή του ΔΕΔΔΗΕ. Στην συνέχεια υπολογίζονται οι διατομές των γραμμών της εγκατάστασης και των μέσων προστασίας, μέσω θεωρητικών υπολογισμών, οι οποίοι επαληθεύονται με το πρόγραμμα ADAPT – FINE. Στο κεφάλαιο αυτό ουσιαστικά παρουσιάζεται η ηλεκτρολογική μελέτη του πρώτου σεναρίου.

Στο τρίτο κεφάλαιο μελετάτε το δεύτερο σενάριο τροφοδότησης του κτιρίου μέσω υβριδικού συστήματος παραγωγής, το οποίο περιλαμβάνει φωτοβολταϊκά με μπαταρίες και ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος το οποίο θα λειτουργεί ως εφεδρικό (συμπληρωματικό) μέσο. Παρουσιάζεται η οικονομοτεχνική μελέτη του δεύτερου σεναρίου στην οποία επανεκτιμώνται τα φορτία της εγκατάστασης και δίδεται η ηλεκτρολογική μελέτη της εγκατάστασης.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της παρούσας πτυχιακής εργασίας, με ιδιαίτερη έμφαση στην σύγκριση των δύο σεναρίων

Τέλος ως παράρτημα παρουσιάζεται η μελέτη που προέκυψε από το πρόγραμμα ADAPT – FINE.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	ii
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	iii
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	iv
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	v
Κεφάλαιο 1	1
1.1 Σχέδια (αρχιτεκτονικές κατόψεις κατοικίας)	2
1.1.1 Σχέδια ισχυρών ρευμάτων	4
1.1.2 Σχέδια (ασθενών ρευμάτων)	7
1.2 Σύστημα γείωσης (θεμελιακές γειώσεις)	11
1.3 Αντικεραυνική προστασία	12
Κεφάλαιο 2	16
2.1 Υπολογισμός φορτίων.....	17
2.2 Διατομές καλωδίων.....	21
2.3 Επιτρεπόμενη πτώση τάσης.....	29
2.4 Μέσα προστασίας	52
Κεφάλαιο 3	61
3.1 Μελέτη αυτόνομης ηλεκτρολογικής εγκατάστασης	62
3.2 Υπολογισμός μέσης ημερήσιας κατανάλωσης	62
3.3 Επιλογή μπαταριών.....	66
3.4 Επιλογή φωτοβολταϊκών πλαισίων.....	72
3.5 Επιλογή του ρυθμιστή φόρτισης.....	80
3.6 Επιλογή αυτόνομου μετατροπέα.....	84
3.7 Επιλογή ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους.....	86
3.8 οικονομοτεχνική μελέτη	91
Κεφάλαιο 4	95
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	96
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	132

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι κατόψεις της κατοικίας (ξυλοτεχνική και προ θεωρημένη άδεια) στις οποίες αποτυπώνονται η θεμελιακή γείωση και οι καλωδιώσεις των ισχυρών και ασθενών ρευμάτων) καθώς επίσης δίδονται και υπομνήματα με τα σύμβολα των σχεδίων, και παρουσιάζονται οι βασικοί κανόνες σχεδίασης μίας εγκατάστασης βάση των οποίων σχεδιάστηκαν τα παραπάνω σχέδια. Στη συνέχεια πραγματοποιείται η μελέτη της θεμελιακής γείωσης και της αντικεραυνικής προστασίας.

Στο δεύτερο κεφάλαιο μελετάται η ηλεκτρολογική εγκατάσταση της οικίας και γίνεται ο υπολογισμός των φορτίων για τον καθορισμό της παροχής της ΔΕΗ. Υπολογίζονται στην συνέχεια οι διατομές των καλωδίων, οι πτώσεις τάσεις των γραμμών και τα μέσα προστασίας μέσω θεωρητικών υπολογισμών λαμβάνοντας πάντα υπόψη του κανονισμούς και το πρότυπο του ΕΛΟΤ HD384. Οι θεωρητικοί υπολογισμοί επαληθεύονται με το πρόγραμμα ADAPT της 4M.

Στο τρίτο κεφάλαιο υλοποιείται μελέτη αυτόνομης ηλεκτρικής εγκατάστασης μέσω υβριδικού συστήματος (φωτοβολταϊκών και ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους). Στην αρχή της ενότητας υπολογίζεται η μέση ημερήσια κατανάλωση ενέργειας και η εγκατεστημένη ισχύς. Εν συνεχεία τεκμηριώνεται η επιλογή όλων εκείνων των στοιχείων που χρειάζονται για την σωστή λειτουργία του συστήματος. Στο τέλος παρουσιάζεται η οικονομοτεχνική μελέτη.

Στο παράρτημα παραθέτεται τα αποτελέσματα της ηλεκτρολογικής μελέτης του προγράμματος FINE – ADAPT της εταιρίας 4M.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1 Σχέδια (αρχιτεκτονικές κατόψεις κατοικίας)

1.1.1 Σχέδια (ισχυρών ρευμάτων)

1.1.2 Σχέδια (ασθενών ρευμάτων)

1.2 Σύστημα γείωσης (θεμελιακές γειώσεις)

1.3 Αντικεραυνική προστασία

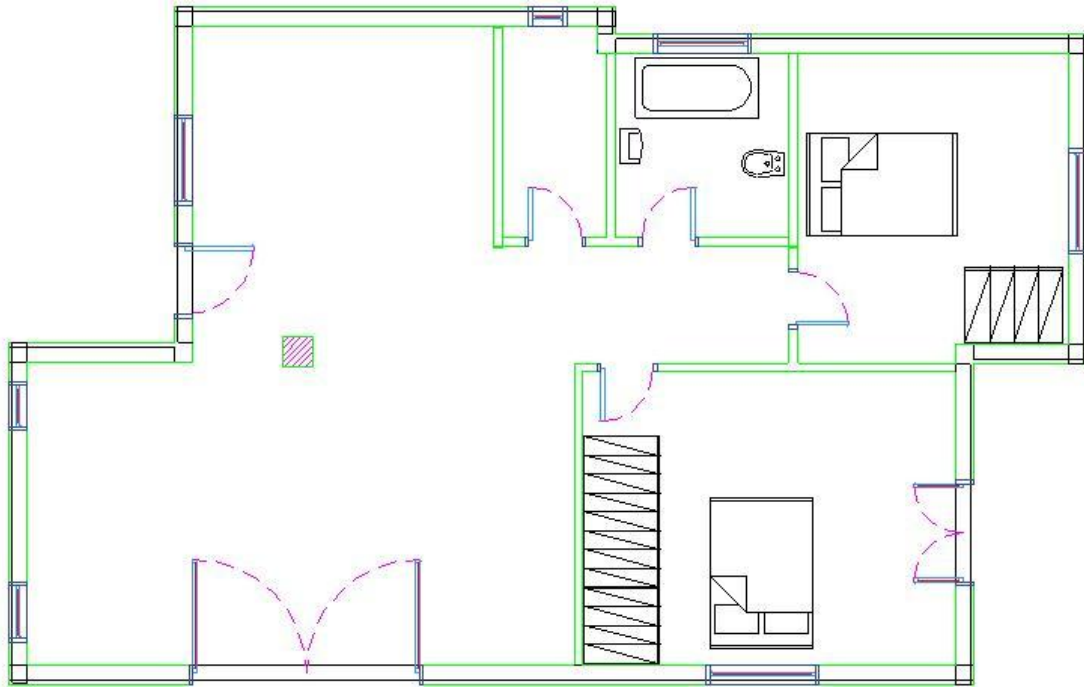
1.1 ΣΧΕΔΙΑ (ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΚΑΤΟΨΕΙΣ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ)

Για την περάτωση οποιασδήποτε ηλεκτρολογικής μελέτης θα πρέπει αρχικά να είναι γνωστά η ξυλοτυπική κάτοψη οικοδομής (για την μελέτη της θεμελιακής γείωσης) καθώς και η κάτοψη της προ θεωρημένης οικοδομικής άδειας (για την ηλεκτρολογική μελέτη). Οι συγκεκριμένες κατόψεις δίνονται από τον επιβλέπων μηχανικό. Η σχεδίαση της εγκατάστασης δεν εξαρτάται μόνο από τον χώρο αλλά και από την χρήση του. Σε γενικές γραμμές υποδείξεις για την χρήση του χώρου γίνονται από τον ιδιοκτήτη ή από τον επιβλέπων μηχανικό. Οι προτάσεις και οι υποδείξεις καθορίζουν την σχεδίαση της ηλεκτρολογικής μας εγκατάστασης η οποία πρέπει να ακολουθεί νόμους και κανόνες για την σωστή και ασφαλή λειτουργικότητα της εγκατάστασης.

Ποιο συγκεκριμένα οι βασικοί κανόνες σχεδίασης μίας εγκατάστασης είναι οι εξής:

- Δεν επιτρέπεται η διέλευση καλωδιώσεων και από τις δύο πλευρές του τοιχου.
- Δεν επιτρέπεται η διέλευση καλωδιώσεων στην εξωτερική πλευρά του εξωτερικού τοιχου.
- Δεν επιτρέπεται η διέλευση καλωδιώσεων στην εσωτερική πλευρά του τοιχου του μάνιου.
- Δεν επιτρέπεται η τοποθέτηση διακοπών ή ρευματοδοτών πίσω από το άνοιγμα πορτών.
- Η διέλευση των γραμμών γίνεται πάντοτε οριζόντια ή κάθετα και η οποιαδήποτε αλλαγή πορείας γίνεται πάντοτε σε κουτί διακλάδωσης.
- Υποχρεωτικά όσο μικρή και να είναι μία οικία θα πρέπει να έχει δύο τουλάχιστον κυκλώματα φωτισμού και δύο κυκλώματα ρευματοδοτών.
- Η τοποθέτηση του πίνακα γίνεται κέντροβαρικό, σε χώρο προσιτό, και κατά προτίμηση κοντά στα μεγάλα φορτία (π.χ. για οικία, κουζίνα, θερμοσίφωνα).
- Η τοποθέτηση του πίνακα γίνεται συνήθως σε ύψος 1,6m για μη προσιτή πρόσβαση των παιδιών.
- Σε χώρους όπως για παράδειγμα η κρεβατοκάμαρα ή το χολ, στους οποίους θέλουμε να ελέγχεται ο φωτισμός από δύο τουλάχιστον σημεία, χρησιμοποιούμε διακόπτες αλλέ-ρετούρ.

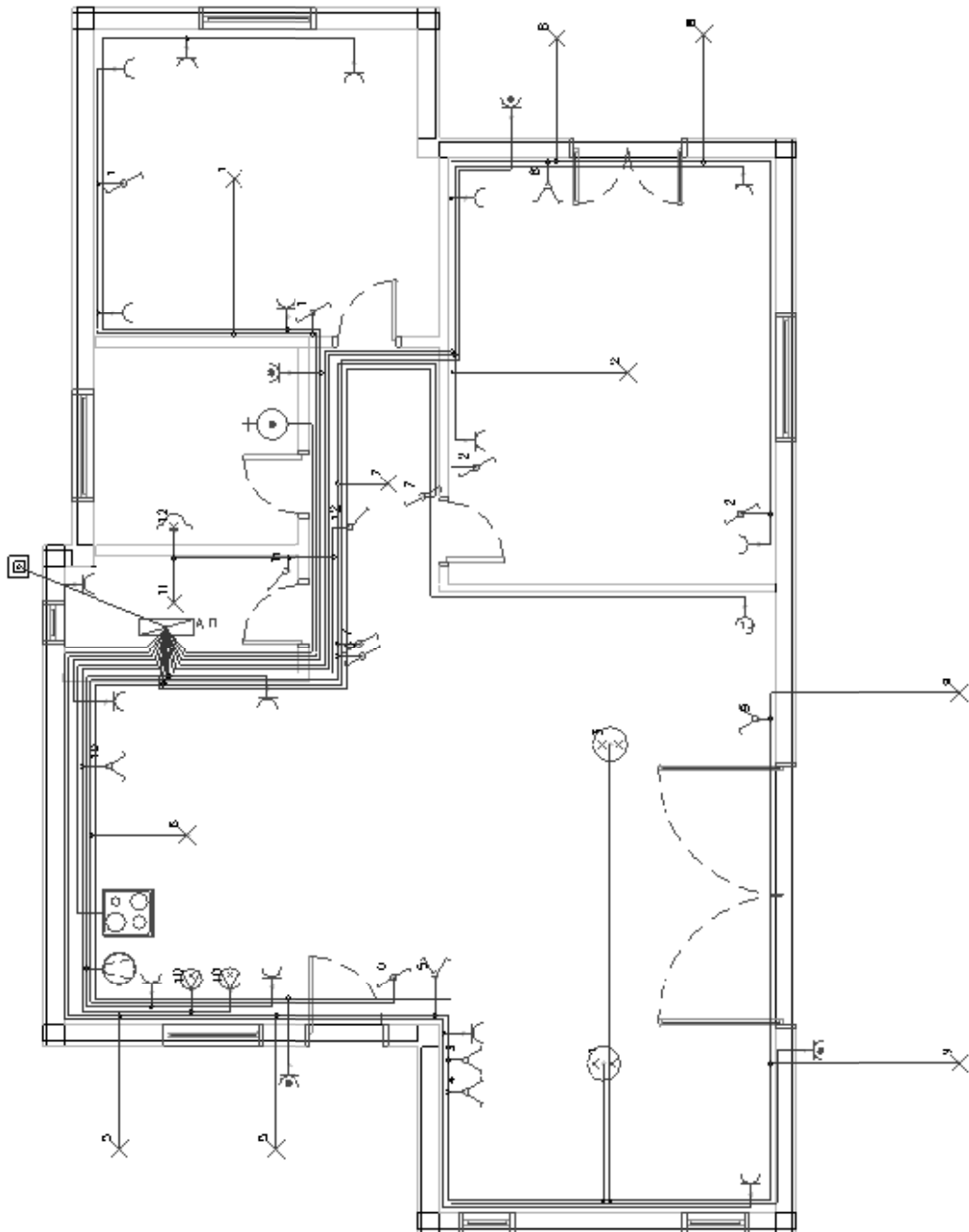
Στο σχήμα 1.1 φαίνεται η κάτοψη της οικίας στην οποία θα πραγματοποιηθεί η ηλεκτρολογική μελέτη. Στο σχήμα 1.1 φαίνονται επίσης και η επίπλωση του χώρου.



Σχήμα 1.1. Κάτοψη οικίας

1.1.1 ΣΧΕΔΙΑ ΙΣΧΥΡΩΝ ΡΕΥΜΑΤΩΝ

Με βάση τους παραπάνω κανόνες, και την κάτοψη της οικίας (σχήμα 1.1.) και τις υποδείξεις του ιδιοκτήτη ή του επιβλέπον μηχανικού, πραγματοποιήθηκε η σχεδίαση της ηλεκτρολογικής μας εγκατάστασης, η οποία φαίνεται στο σχήμα 1.2.



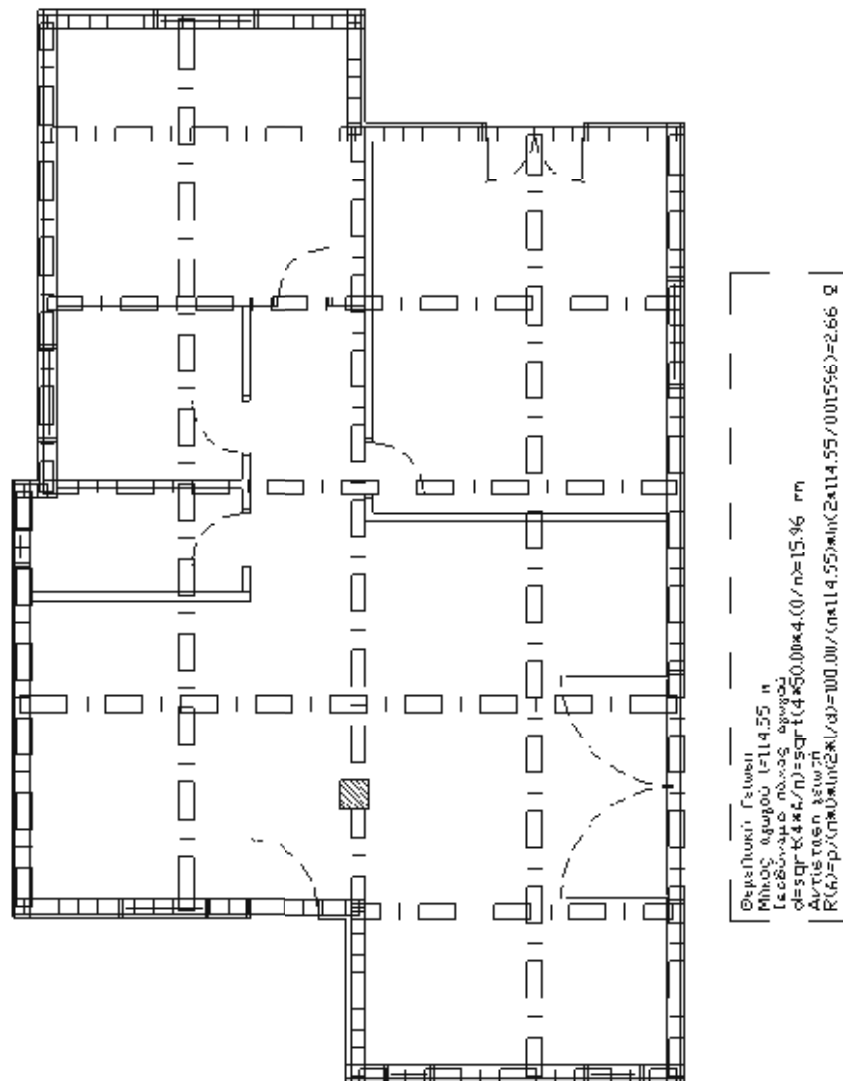
Σχήμα 1.2. Κάτοψη οικίας με την ηλεκτρολογική εγκατάσταση

Στην συνέχεια παρατήθετε υπόμνημα με επεξήγηση των συμβόλων του παραπάνω σχήματος

Υπόμνημα (Σχέδια ισχυρών ρευμάτων)

	Ηλεκτρολογικός πίνακας
	Φωτιστικό σώμα
	Πολύφωτο
	Σποτ οροφής
	Φωτιστικό στεγανό
	Διακόπτης απλός
	Διακόπτης κομματοτέρ (Διαδοχής)
	Διακόπτης αλέρετούρ ακραίος (Εναλλαγής)
	Ηλεκτρική κουζίνα
	Εξαεριστήρας
	θερμοσίφωνας
	Ρευματοδότης (πρίζα)
	Ρευματοδότης (πρίζα κλειστού τύπου)
	Ρευματοδότης (απλός)
	Ρευματοδότης (fan coil)
	Γραμμή που πηγαίνει προς τα πάνω
	Γραμμή που πηγαίνει προς τα κάτω

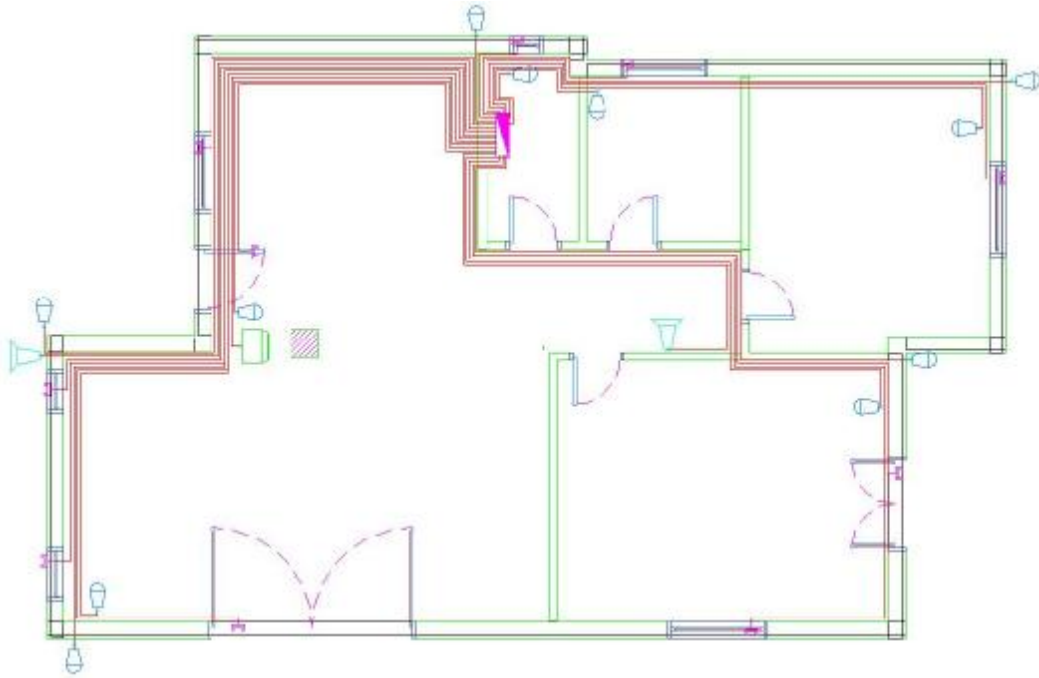
Για την σχεδίαση της θεμελιακής γείωσης χρειάζεται η ξυλοτυπική κάτοψη της οικίας. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η σχεδίαση της θεμελιακής γείωσης με διακεκομμένη γραμμή, η οποία σχηματίζει ορθογώνια διαστάσεων μικρότερα των 10m x 10m και η συνολική αντίσταση γείωσης ανέρχεται σε 2,66Ω. Ο υπολογισμός γίνεται στο κεφάλαιο 1.2. Η θεμελιακή γείωση (μεταλλική ταινία) εγκαθίσταται εντός του σκυροδέματος και είναι υποχρεωτική στις νέες κατασκευές.



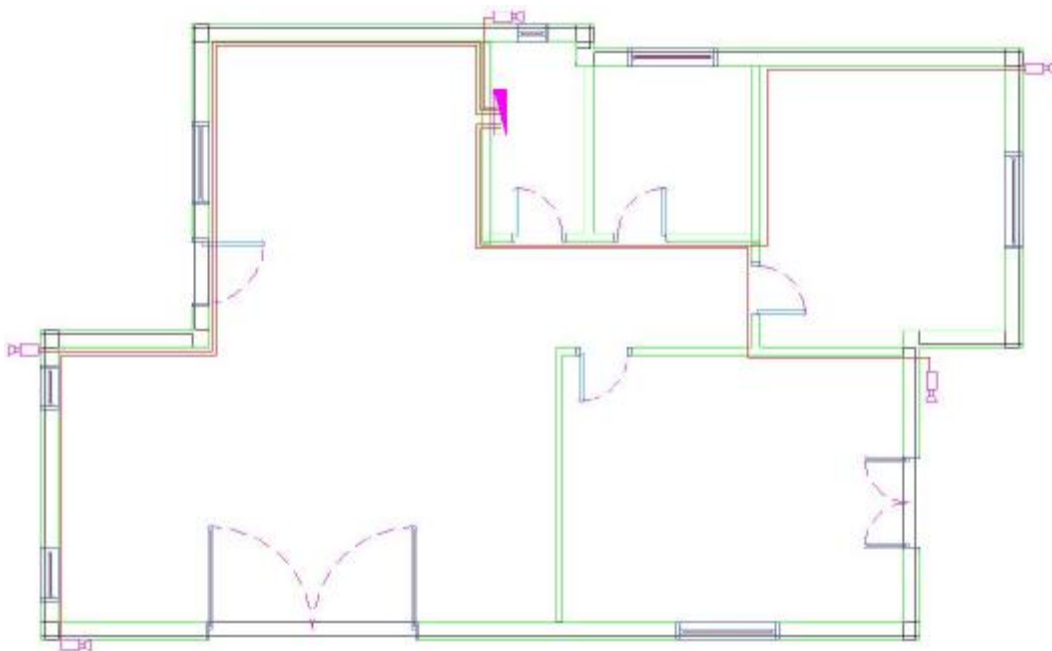
Σχήμα 1.3. Ξυλοτυπική κάτοψη κτιρίου με την θεμελιακή γείωση (διακοπτόμενες γραμμές)

Σε μια ηλεκτρολογική εγκατάσταση ελέγχονται οι μελέτες των κυκλωμάτων ισχύος και της θεμελιακής γείωσης. Εκτός των παραπάνω μελετών υπάρχουν και οι μελέτες των ασθενών ρευμάτων όπως είναι το κύκλωμα συναγερμού, το κύκλωμα θυροτηλέρασης, το κύκλωμα ΟΤΕ, το κύκλωμα Τηλεόρασης και το κύκλωμα καμερών. Τα παραπάνω ασθενή κυκλώματα παρουσιάζονται παρακάτω.

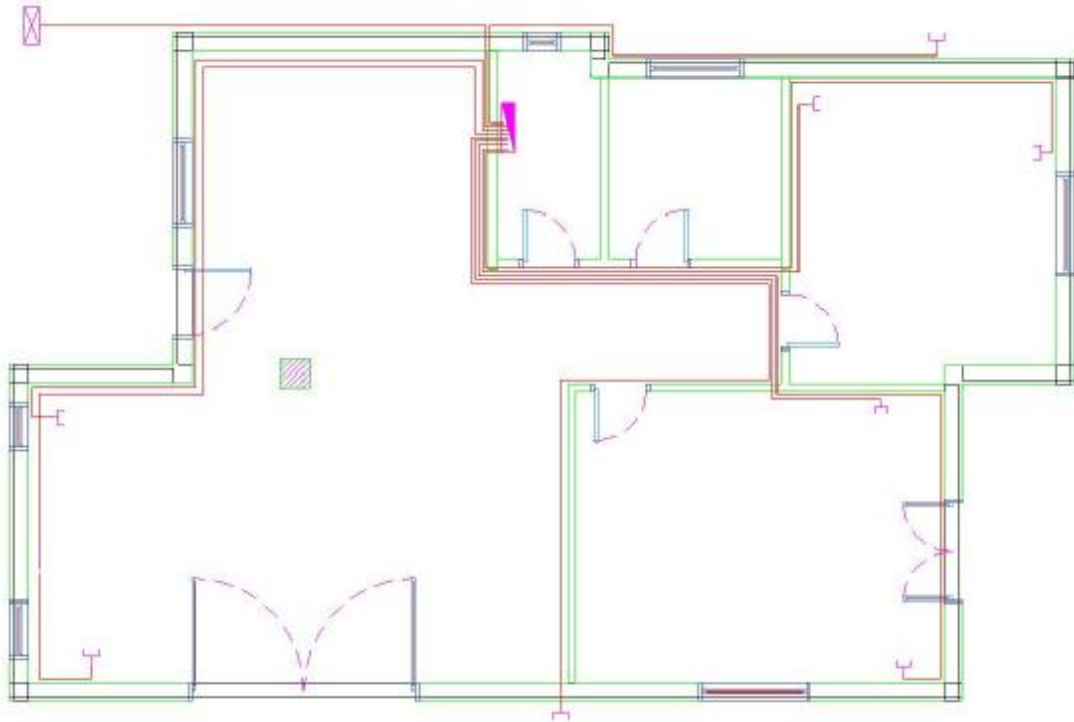
1.1.2 Σχέδια (ασθενών ρευμάτων)



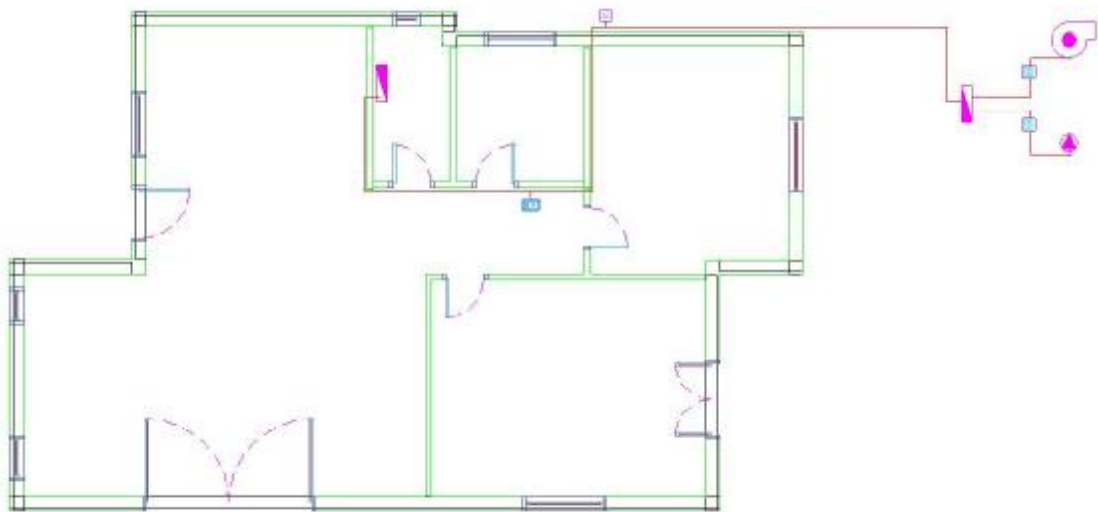
Σχήμα 1.4. Απεικόνιση συστήματος συναγερμού ασφαλείας



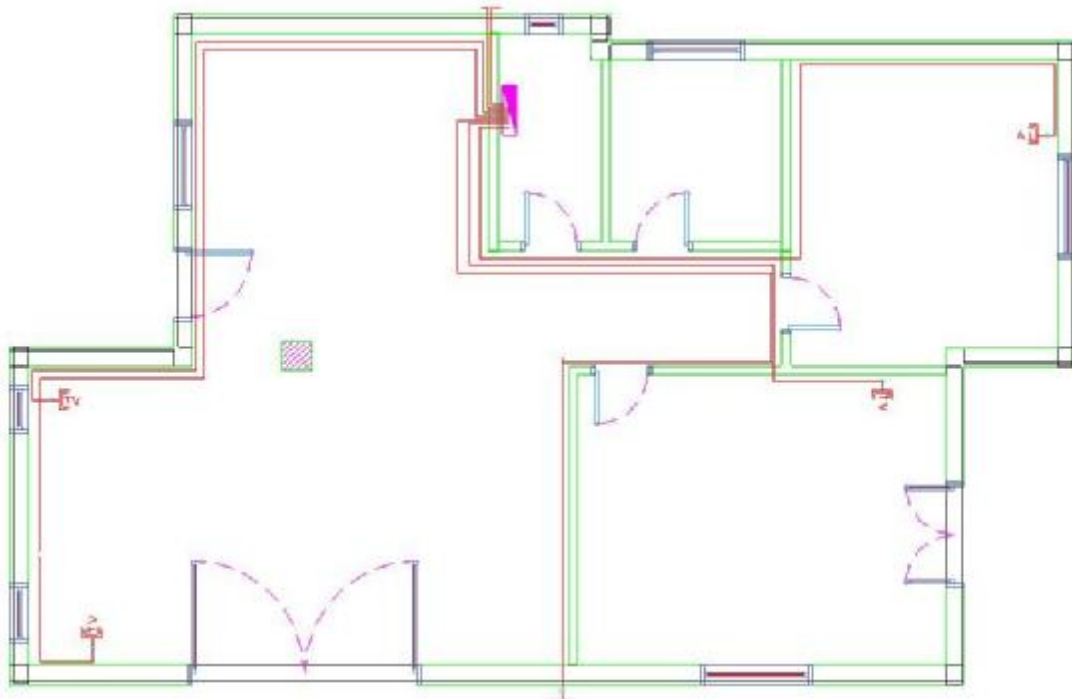
Σχήμα 1.5. Απεικόνιση συστήματος καμερών ασφαλείας



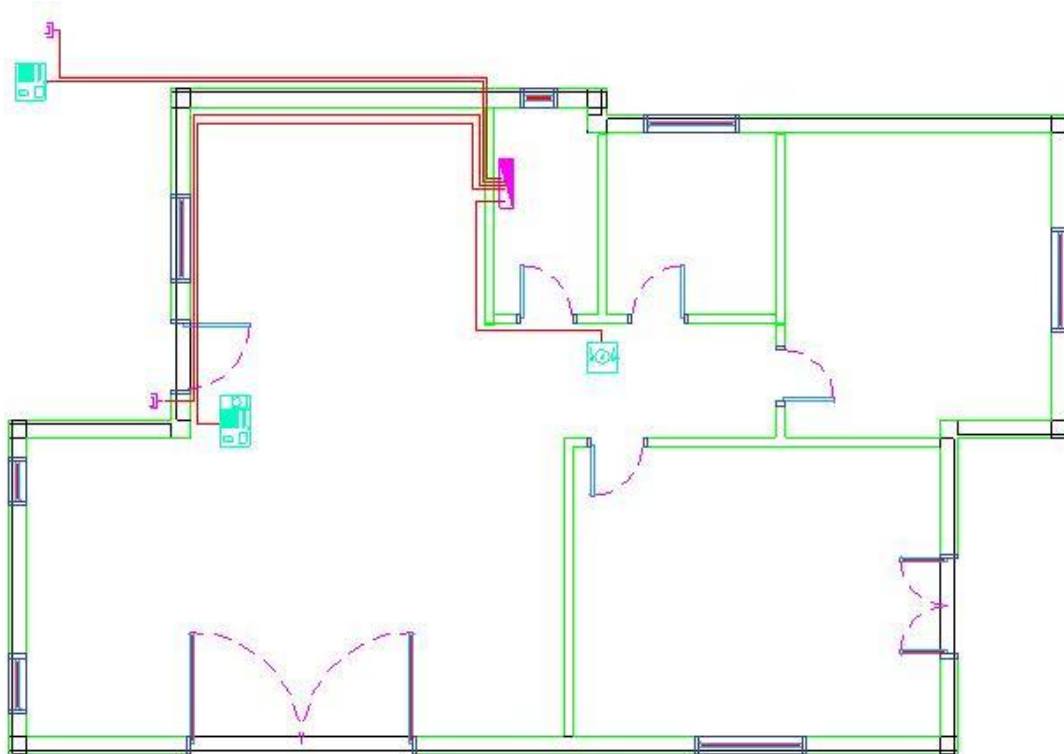
Σχήμα 1.6. Απεικόνιση συστήματος τηλεφωνίας



Σχήμα 1.7. Απεικόνιση συστήματος αυτόνομης θέρμανσης.



Σχήμα 1.8 Απεικόνιση συστήματος τηλεόρασης



Σχήμα 1.9. Απεικόνιση συστήματος θυροτηλεόρασης

Υπόμνημα (Σχέδια ασθενών ρευμάτων)

	Ανιχνευτής κίνησης
	Κεντρικός ενισχυτής κεραίας
	Ρευματοδότης TV
	Μπουτόν θυροτηλεόρασης
	Πρίζα ΟΤΕ
	θυροτηλέφωνο
	θυροτηλεόραση
	κουδούνι
	κατανεμητής
	Κόρνα
	radar
	monitor
	κάμερα
	καυστήρας
	Κυκλοφορητής νερού
	Θερμοστάτης χώρου
	Ηλεκτροβάνα
	Θερμοστάτης ασφαλείας – κυκλοφορητή – καυστήρα

1.2 ΣΥΣΤΗΜΑ ΓΕΙΩΣΗΣ (ΘΕΜΕΛΙΑΚΕΣ ΓΕΙΩΣΕΙΣ)

Η θεμελιακή γείωση είναι υποχρεωτική στην Ελλάδα σύμφωνα με την Κ/ΥΑ ΦΕΚΑ'50/12081, στις νέες κατασκευές από το 2006.

Η θεμελιακή γείωση είναι ένας γειωτής ταινίας που τοποθετείται εντός των θεμελίων του κτιρίου. Η θεμελιακή γείωση έχει σχετικά χαμηλή αντίσταση γείωσης. Τιμές των 2Ω ή μικρότερες δεν είναι σπάνιες. Ο αγωγός της θεμελιακής γείωσης είναι μια ταινία γαλβανισμένου χάλυβα ελάχιστων διαστάσεων $30\text{mm} \times 3,5\text{mm}$ ή $25\text{mm} \times 4\text{mm}$.

Για τον υπολογισμό της θεμελιακής γείωσης (τιμή αντίστασης) θα εφαρμοστεί ο παρακάτω τύπος:

$$RA = [\rho / (\pi * L)] * \ln[(2 * L) / d].$$

Όπου

(ρ) η ειδική αντίσταση του εδάφους σε (Ω),

(L) είναι το μήκος της θεμελιακής γείωσης σε (m),

(d) είναι το ισοδύναμο πάχος του αγωγού της θεμελιακής γείωσης, το οποίο δίνεται από τον τύπο $d = \sqrt{(4 * A) / \pi}$, με (A) να είναι η διατομή του αγωγού σε (mm^2).

Με βάση τα παραπάνω υπολογίζεται η τιμή της θεμελιακής γείωσης με τα εξής χαρακτηριστικά:

Ειδική αντίσταση εδάφους $\rho = 100\Omega$,

Μήκος ηλεκτροδίου $L = 114,55\text{m}$,

Ισοδύναμο πάχος ηλεκτροδίου $d = 15,96\text{mm}$ (για διατομή $A = 50 * 4\text{mm}^2$)

Η τιμή της θεμελιακής γείωσης με βάση τα παραπάνω προκύπτει ίση με $RA = 2,66\Omega$. Η τιμή είναι αποδεκτή εφόσον είναι μικρότερη από 10Ω και πληροί τον κανονισμό ΕΛΟΤ 1424 2006.

Με βάση τα παραπάνω προκύπτει ότι θα χρειαστούμε μια ταινία γαλβανισμένου χάλυβα διαστάσεων $50 * 4\text{mm}$ St/tZn, συνολικού μήκους 126 μέτρα. Έναν αγωγό μονόκλωνο St/tZn $\Phi 10$ μήκους 40 μέτρων, για σύνδεση της θεμελιακής γείωσης με τις αναμονές. Τρεις συνδέσμους οπλισμού St/tZn $\Phi 10-25/50.00 * 4.00\text{mm}$, για σύνδεση της θεμελιακής ταινίας με τον μονόκλωνο αγωγό. Πενήντα οκτώ συνδέσμους B.T. ταινιών St/tZn 30mm , για σύνδεση της θεμελιακής ταινίας με τον οπλισμό του σκυροδέματος. Έξι συνδέσμους B.T. ΑΓ-TAIN St/tZn $\Phi 8-10/30\text{mm}$ για σύνδεση δύο ταινιών μεταξύ τους. Έναν σύνδεσμο ΔΙΜ.ΑΓ St/tZn, Cu -e $\Phi 8-10/\Phi 8-10$ για σύνδεση της θεμελιακής στην ισοδυναμική επιφάνια. Το βάθος της θεμελιακής είναι 2 μέτρα.

1.3 ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ

Το Σύστημα Αντικεραυνική Προστασίας (ΣΑΠ) είναι αναγκαίο για την προστασία της ηλεκτρολογικής εγκατάστασης κατ' επέκταση των ανθρώπων και των οικιακών συσκευών από κεραυνούς. Για τη μελέτη του ΣΑΠ χρησιμοποιούνται ειδικοί τύποι και συντελεστές οι οποίοι αναλύονται στην συνέχεια. Οι τιμές που προκύπτουν πρέπει να είναι εντός ορίων των κανονισμών του ΕΛΟΤ ώστε το ΣΑΠ να λειτουργεί με ασφάλεια.

Α) Επιλογή Στάθμης Προστασίας

Από τον κανονισμό προκύπτει ότι εφόσον το κτίσμα που μελετάμε είναι κατοικία, μπορεί να ληφθεί ως αποδεκτή τιμή συχνότητας πληγμάτων από κεραυνούς (N_c) η παρακάτω τιμή:

$$N_c = 5 \cdot 10^{-3} \text{ κεραυνοί /έτος}$$

Για τον υπολογισμό της στάθμης προστασίας αρχικά πρέπει να είναι γνωστές οι διαστάσεις του κτιρίου:

Οι διαστάσεις της κατασκευής είναι:

Μήκος $L = 24,2 \text{ m}$.

Πλάτος $W = 21,66 \text{ m}$.

Ύψος $h = 5,00 \text{ m}$.

Στην συνέχεια πρέπει να βρεθεί η ισοδύναμη συλλεκτική επιφάνεια του κτιρίου, οποία βρίσκεται από τον παρακάτω τύπο::

$$A_e = LW + 6H(L + W) + 9\pi H^2$$

Με βάση τα παραπάνω, βρίσκουμε ότι:

$$A_e = 24,2 \cdot 21,66 + 6 \cdot 5 \cdot (24,2 + 21,66) + 9 \cdot 3,14 \cdot 5^2 = 524,172 + 30 \cdot (45,86) + 706,85 \\ = 2.606 \cdot 10^{-3} \text{ km}^2$$

Άρα η η ισοδύναμη συλλεκτική επιφάνεια του κτιρίου ανέρχεται σε

$$A_e = 2.606 \cdot 10^{-3} \text{ km}^2$$

Στην συνέχεια βρίσκουμε τον αριθμό N_g . Ο αριθμός αυτός μας δείχνει τον μέσο ετήσιο αριθμό κεραυνών ανά Km^2 στην περιοχή ενδιαφέροντος. Για τον υπολογισμό του N_g χρησιμοποιούμε τον παρακάτω τύπο:

$$N_g = 0,04 * T_d^{1,25} \text{ κεραυνοί/Km}^2 \text{ \& \acute{e}τος.}$$

όπου T_d είναι ο αριθμός των ημερών καταιγίδας ανά έτος.

Σύμφωνα με τον ισοκεραυνικό χάρτη της Ελλάδας, για την ευρύτερη περιοχή της Πάτρας λαμβάνουμε $T_d = 35$ (ημέρες καταιγίδας ανά έτος)

Επομένως, προκύπτει

$$N_g = 3,4 \text{ κεραυνοί/Km}^2 \text{ \& \acute{e}τος.}$$

Με βάση τα παραπάνω βρίσκουμε την μέση συχνότητα πληγμάτων (N_d) στην οικία μας.

Η μέση συχνότητα πληγμάτων (N_d) βρίσκεται από τον τύπο:

$$N_d = N_g * A_e * C_e \text{ _ κεραυνοί /έτος (2),}$$

Όπου C_e ο συντελεστής περιβάλλοντος.

Στην περίπτωση μας θα θεωρήσουμε $C_e = 1$, διότι η κατασκευή μας βρίσκεται σε περιοχή όπου δεν υπάρχουν άλλες κατασκευές σχετικά κοντά.

Επομένως έχουμε, $N_d = 3,4 * 2.606 * 10^{-3} * 1 = 8.860 * 10^{-3}$ κεραυνοί/έτος

Από τους παραπάνω υπολογισμούς βρίσκουμε πως $N_d > N_c$ δηλαδή ότι η μέση συχνότητα πληγμάτων από κεραυνούς στην οικία μας είναι μεγαλύτερη από αποδεκτή τιμή συχνότητας πληγμάτων από κεραυνούς του κανονισμού. Επομένως αφού $1 - (N_c / N_d) = 0,37$ η χρήση εξωτερικού ΣΑΠ είναι απαραίτητη. Και επειδή $0 < 0,37 < 0,8$ θα χρησιμοποιηθεί στάθμη προστασίας του ΕΛΟΤ 1197.

B) Μελέτη του εξωτερικού ΣΑΠ

Το εξωτερικό ΣΑΠ αποτελείται από τρία τμήματα.

- Το συλλεκτήριο σύστημα
- Τους αγωγούς καθόδου και
- Το σύστημα γείωσης

Και στα τρία τμήματα χρησιμοποιούνται γαλβανισμένοι αγωγοί από χάλυβα.

Το συλλεκτήριο σύστημα

Το συλλεκτήριο σύστημα ενός ΣΑΠ σκοπό έχει να συλλέξει το κεραυνό και να τον διοχετεύσει μέσω των αγωγών καθόδου στο σύστημα γείωσης με ασφάλεια.

Μπορεί να σχεδιασθεί ανεξάρτητα ή σε συνδυασμό σύμφωνα με τις παρακάτω μεθόδους:

- Γωνία προστασίας
- Κυλιόμενης σφαίρας
- Βρόχου

Το συλλεκτήριο σύστημα μπορεί να αποτελείται από οποιοδήποτε συνδυασμό των ακόλουθων στοιχείων:

- Ράβδων
- Τεταμένων συρμάτων
- Πλέγματος αγωγών

Η στήριξη των παραπάνω αγωγών γίνεται ανά 1m περίπου και οπωσδήποτε σε κάθε αλλαγή κατευθύνσεως του αγωγού, ένα προς της αλλαγής και ένα μετά, με κατάλληλα στηρίγματα κατασκευασμένα κατά DIN. Η επιλογή του υλικού των στηριγμάτων πρέπει να είναι ίδιο με εκείνο του αγωγού προκειμένου να αποφεύγονται γαλβανικά φαινόμενα, διότι σε σύντομο χρονικό διάστημα θα υπάρξει διάβρωση είτε στον αγωγό είτε στο στηρίγμα. Η ανωτέρω αρχή βρίσκει εφαρμογή και στα λοιπά υλικά της αντικεραυνικής προστασίας. Προσοχή θα πρέπει να δίδεται στην σωστή επιλογή των στηριγμάτων τα οποία τοποθετούνται στο δώμα. Θα πρέπει να αποφεύγονται όσα για την στήριξή τους απαιτείται το άνοιγμα οπής. Εάν παρ' όλα αυτά απαιτηθεί το άνοιγμα οπής θα πρέπει να λαμβάνονται μέτρα αποκατάστασης της στεγανότητας σε οριζόντια επιφάνεια, θα πρέπει να γίνει χρήση της ροδέλας στεγανοποίησης.

Κάθε 20m περίπου ευθείας αγωγού καθώς επίσης σε κάθε διασταύρωση αγωγών, τοποθετείται συστολοδιαστολικό. Οτιδήποτε αγωγή υπερβαίνει τη σκεπή ή το δώμα θα πρέπει να συνδέεται αγωγή με το συλλεκτήριο αγωγό μέσω κατάλληλων συνδέσμων.

Στην περίπτωση των μη αγωγίων κατασκευών (καμινάδες, δώμα κλπ.) είτε τοποθετείται ακίδα επί της άνω επιφάνειας αυτών η οποία γεφυρώνεται με το κύριο συλλεκτήριο σύστημα, μέσω αγωγού ιδίων διαστάσεων και υλικού με τους αγωγούς του κύριου συλλεκτηρίου συστήματος, είτε δημιουργούνται βρόχοι οι οποίοι μέσω

τουλάχιστον δύο αγωγών καθόδου συνδέονται με το κύριο συλλεκτήριο σύστημα επίσης.

Εάν δεν είναι δυνατή η χρησιμοποίηση εξαρτημάτων του ίδιου υλικού, για την αποφυγή ηλεκτροχημικής διάβρωσης θα πρέπει να παρεμβάλλεται διμεταλλική επαφή Cupal ή αντίστοιχη μεταξύ διαφορετικών υλικών πχ. Χάλκινων και επιψευδαργυρωμένων.

Οι αγωγοί καθόδου θα πρέπει να απέχουν τουλάχιστον 10m μεταξύ τους (για την αποφυγή αμοιβαίας επαγωγής) και λιγότερο όμως από 25m σύμφωνα με το πίνακα 4.2 (στάθμη IV). Επίσης τοποθετούμε τους αγωγούς καθόδου όσο το δυνατό γίνεται μακριά από παράθυρα και πόρτες ώστε να ελαττωθεί η πιθανότητα ανθρώπινης παρουσίας κοντά στους αγωγούς κατά την διάρκεια τυχαίας εκκένωσης κεραυνού. Οι αγωγοί καθόδου θα είναι τουλάχιστον δύο, περιμετρικά της κατοικίας και διατομής 50 mm². Ακόμα, σε κάθε αγωγό καθόδου τοποθετείται και ένας λυόμενος σύνδεσμος ελέγχου για τον έλεγχο της συνέχειας του τμήματος. Σε όλες τις περιπτώσεις απαιτούνται τουλάχιστον δύο αγωγοί καθόδου, για λόγους ασφάλειας (καταστροφής του ενός ή κίνδυνος υπέρτασης). Για ψηλά κτήρια τοποθετούνται επιπλέον περιμετρικοί αγωγοί σε κατακόρυφα διαστήματα των 20μ. στην συγκεκριμένη περίπτωση δεν έχουμε περιμετρικούς αγωγούς, καθώς το κτήριο δεν είναι αρκετά ψηλό. Ένα μέτρο περίπου πριν την είσοδο του αγωγού καθόδου στο έδαφος, τοποθετείται λυόμενος σύνδεσμος που έχει ως σκοπό το διαχωρισμό του συλλεκτηρίου συστήματος και των αγωγών καθόδου από το σύστημα γείωσης ώστε να μπορεί να γίνει μέτρηση της αντίστασης γείωσης και συντήρησης του ΣΑΠ γενικότερα.

Πρέπει να σημειωθεί ότι ακόμα και στην περίπτωση που η οικία δεν θα χρειαζόταν ΣΑΠ, η τοποθέτηση φωτοβολταϊκών πλαισίων στην οικία, (κεφάλαιο 3), καθιστά υποχρεωτικό το ΣΑΠ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Εσωτερική ηλεκτρολογική εγκατάσταση μονοκατοικίας

2.1 Υπολογισμός φορτίων

2.2 Διατομές καλωδίων

2.3 Επιτρεπόμενη πτώση τάσης

2.4 Μέσα προστασίας

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο θα ασχοληθούμε με την εσωτερική ηλεκτρολογική εγκατάσταση της κατοικίας μας η οποία πρέπει να πληροί τις προϋποθέσεις, τα κριτήρια και τους κανονισμούς σύμφωνα με το πρότυπο του ΕΛΟΤ 384. Στην αρχή θα υπολογίσουμε το συνολικό φορτίο σε κάθε γραμμή και τη συνολική ισχύς της. Με βάση την συνολική εγκατεστημένη ισχύς και τον συντελεστή ταυτοχρονισμού (προκύπτει από την χρήση της οικίας), βρίσκεται η παροχή της ΔΕΗ και κατ' επέκταση το παροχικό καλώδιο της εγκατάστασης. Έπειτα υπολογίζονται οι διατομές των καλωδίων, οι πτώση τάσης των γραμμών και τα μέσα προστασίας τους.

2.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΦΟΡΤΙΩΝ

Για τον υπολογισμό της συνολικής ισχύς της κάθε γραμμής χρειάζεται να βρεθεί το σύνολο των καταναλώσεων που συνδέονται σε κάθε μια γραμμή. Για τον υπολογισμό της ισχύς των καταναλώσεων θα χρησιμοποιήσουμε τις τιμές του τυποποιημένου πίνακα.

Είδος κατανάλωσης	Ισχύς (w)
Απλό φωτιστικό	100
Πολύφωτο	200
Ρευματοδότες (τρεις πρώτες γραμμής φωτισμού)	200
Ρευματοδότες (υπόλοιπες γραμμής φωτισμού)	100
Ενισχυμένοι ρευματοδότες	500
Θερμοσίφωνα	4000
Ηλεκτρική κκουζίνα	5600

Πίνακας 2.1.1 ισχύς καταναλωτών

Οι καταναλώσεις ανά γραμμή είναι:

Γενικός Πίνακας

- Γραμμή Νο1 : 1 ρευματοδότης
- Γραμμή Νο2: 2 ρευματοδότες
- Γραμμή Νο3: 2 φωτιστικά, 2 πολύφωτα
- Γραμμή Νο4: 1 ρευματοδότης
- Γραμμή Νο5: Ηλεκτρική κουζίνα
- Γραμμή Νο6: 2 φωτιστικά
- Γραμμή Νο7: Ηλεκτρικός απορροφητήρας, 3 ρευματοδότες
- Γραμμή Νο8: 2 φωτιστικά
- Γραμμή Νο9: 3 ρευματοδότες
- Γραμμή Νο10: 1 ρευματοδότης
- Γραμμή Νο11: Θερμοσίφωνας
- Γραμμή Νο12: 1 φωτιστικό, 2 απλοί ρευματοδότες
- Γραμμή Νο13: 4 ρευματοδότες
- Γραμμή Νο14: 3 φωτιστικά, 2 απλοί ρευματοδότες
- Γραμμή Νο15: 2 ρευματοδότες
- Γραμμή Νο16: 2 φωτιστικά

Με βάση τα παραπάνω προκύπτει ο παρακάτω συγκεντρωτικός πίνακας με την εγκατεστημένη ισχύ της κάθε γραμμής. Πρέπει να σημειωθεί ότι έχουν επιλεγεί ενισχυμένοι ρευματοδότες σε όλη την εγκατάσταση, πλην των ρευματοδοτών στα κομοδίνα. Τα απλά φωτιστικά σώματα υπολογίζονται υπερδιαστασιοποιημένα. Οι λαμπτήρες των 100W έχουν αντικατασταθεί στην πράξη με λαμπτήρες εξοικονόμησης ενέργειας ή LED λαμπτήρες οι οποίοι έχουν πολύ μικρότερη ισχύ.

Γραμμή	Αρθ. fine	Είδος φορτίου	Ισχύς Γραμμής	Συνολική Ισχύς
No1	A16	Ρευματοδότης	1*2500W	2.500W
No2	A15	2 ρευματοδότες	2*500W	1.000W
No3	A2	4 φωτ, 2πολύφωτα	(2*100W) +(2*200) +(2*100)	800W
No4	A14	Ρευματοδότης	1*500W	500W
No5	A13	Ηλ. κουζίνα	5600W	5.600W
No6	A12	2 φωτιστικά	2*100W	200W
No7	A5	3ρευματ,απορροφ.	(3*500W) +(1*300W)	1.800W
No8	A4	2 φωτιστικά	2*100W	200W
No9	A1	3 ρευματοδότες	3*500W	1.500W
No10	A3	Ρευματοδότης	1*1000W	1.000W
No11	A11	Ηλ.Θερμοσίφωνας	4000W	4.000W
No12	A10	1 φωτ,2 ρευματοδ.	(1*100W) +(2*200W)	500W
No13	A9	4 ρευματοδότες	(3*500W) +(1*100)	1.600W
No14	A8	3 φωτ,2 ρευματοδ	(3*100W) +(2*200W)	700W
No15	A7	2 ρευματοδότες	2*500W	1.000W
No16	A6	2 φωτιστικά	2*100W	200W
ΣΥΝΟΛΟ				23.100W

Πίνακας 2.1.2 Συνολική εγκατεστημένη ισχύς

Την συνολική ένταση του ρεύματος της κάθε γραμμής υπολογίζεται χρησιμοποιώντας τον τύπο $I = P / (V * \cos\phi)$ και οι τιμές αναγράφονται στον παρακάτω πίνακα:

Γραμμή	Ονομ. Γραμμής Fine	Ισχύς [W]	cosφ	Ένταση [A]
No1	A16	2.500	0,97	11,21
No2	A15	1.000	0,97	4,48
No3	A2	800	0,99	3,51
No4	A14	500	0,97	2,24
No5	A13	5.600	1,00	24,35
No6	A12	200	0,99	0,88
No7	A5	1.800	0,97	8,07
No8	A4	200	0,99	0,88
No9	A1	1.500	0,97	6,72
No10	A3	1.000	0,97	4,48
No11	A11	4.000	1,00	17,39
No12	A10	500	0,97	2,24
No13	A9	1.600	0,97	7,17
No14	A8	700	0,99	3,07
No15	A7	1.000	0,97	4,48
No16	A6	200	0,99	0,88
ΣΥΝΟΛΟ:		23.100	ΣΥΝΟΛΟ: 102,06	

Πίνακας 2.1.3 Συνολική ένταση του ρεύματος

Η συνολική ισχύς της εγκατάστασής μας ανέρχεται σε $P=23.100W$. Στην πράξη δεν είναι εφικτή η ταυτόχρονη λειτουργία όλων των φορτίων και η εγκατεστημένη ισχύς των $23,1kW$ δεν πρόκειται ποτέ να εμφανιστεί. Για να βρεθεί η πραγματική μέγιστη ισχύς που είναι εφικτό να χρησιμοποιηθεί, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη η συμπεριφορά των χρηστών της εγκατάστασης. Στις περισσότερες περιπτώσεις δεν είναι γνωστή η συμπεριφορά αυτή και για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται οι προσεγγιστικοί συντελεστές ταυτοχρονισμού. Η μέγιστη ισχύς που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από την εγκατάσταση μας βρίσκεται με το γινόμενο της εγκατεστημένης ισχύς με τον τυπικό συντελεστή ταυτοχρονισμού. Για την εγκατάστασή μας ένας τυπικός συντελεστής ανέρχεται σε $0,6$. Άρα η συνολική ισχύς στην εγκατάστασή μας θα είναι $P=23100W \times 0,6= 13860W$. Χρησιμοποιώντας τον παρακάτω τυποποιημένο πίνακα παροχών Χ.Τ. του ΔΕΔΔΗΕ καταλήγουμε στην επιλογή της τριφασικής παροχής Νο2. Η τριφασική παροχή Νο1, παρόλο που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την εγκατάστασή μας δεν επιλέχτηκε γιατί είναι διαθέσιμη μόνο για επαγγελματική χρήση. Εφόσον επιλέχτηκε η τριφασική παροχή Νο2 από τον πίνακα του ΔΕΔΔΗΕ φαίνεται ότι η διατομή της γραμμής πίνακα μετρητή θα πρέπει να είναι $5 \times 10mm^2$ και οι κεντρικές ασφάλειες του γενικού πίνακα θα πρέπει να είναι $3 \times 35A$.

ΕΙΔΟΣ ΠΑΡΟΧΗΣ	ΜΟΝΟΦΑΣΙΚΗ		ΤΡΙΦΑΣΙΚΗ						
	03	05	1	2	3	4	5	6	7
Νο ΠΑΡΟΧΗΣ	03	05	1	2	3	4	5	6	7
ΙΣΧΥΣ ΠΑΡΟΧΗΣ	8	12	15	25	35	55	85	135	250
ΜΕΤΡΗΤΗΣ	15/60		3x10/60		3x20/100		3x1.5/6 (Μέσω ΜΣ Εντάσεως)		
ΓΡΑΜΜΗ ΠΙΝΑΚΑ ΜΕΤΡΗΤΗ Τ.Χ.	3x10	3x16	5x6	5x10	5x16	3x25+16+16	3x50+25+25	3x120+70+70	3x240+120+120
ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΠΙΝΑΚΑ[A]	1x35	1x50	3x25	3x35	3x50	3x80	3x125	3x200	3x355

Πίνακας 2.1.4 στοιχείων τυποποιημένων παροχών Χ.Τ.

2.2 ΔΙΑΤΟΜΕΣ ΚΑΛΩΔΙΩΝ

Τα καλώδια επιλέγονται κυρίως βάση τις ομαλές συνθήκες λειτουργίας και το περιβάλλον που θα τοποθετηθούν. Για την επιλογή τους λαμβάνεται υπόψη το Ελληνικό Πρότυπο HD 384 ώστε να τηρούν τις κατάλληλες προϋποθέσεις για την ομαλή και απρόσκοπτη λειτουργία της εγκατάστασης. Οι προϋποθέσεις αυτές περιλαμβάνουν τις ελάχιστες διατομές των καλωδίων και την επιτρεπόμενη πτώση τάσης στο τέλος των γραμμών.

Ελάχιστες διατομές καλωδίων. Οι ελάχιστες διατομές καλωδίων προσδιορίζονται από το πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384.524.1 και είναι στο παρακάτω πίνακα.

Είδος ηλεκτρικής γραμμής		Χρήση του κυκλώματος	Αγωγοί	
			Υλικό	Διατομή mm^2
Μόνιμες εγκαταστάσεις	Μονωμένοι αγωγοί ή καλώδια	Κυκλώματα ισχύος και κυκλώματα φωτισμού	Χαλκός Αλουμίνιο	1.5 16⁽¹⁾
		Κυκλώματα ισχύος και σηματοδότησης	Χαλκός	0,50⁽²⁾
	Γυμνοί αγωγοί	Γυμνοί αγωγοί	Χαλκός Αλουμίνιο	10 16
		Κυκλώματα ισχύος και σηματοδότησης	Χαλκός	4
Εύκαμπτες συνδέσεις	Μονωμένοι αγωγοί ή καλώδια	Τροφοδότηση συγκεκριμένης συσκευής	Χαλκός	Σύμφωνα με το αντίστοιχο πρότυπο
		Οποιαδήποτε άλλη χρήση		0,75⁽³⁾
		Κυκλώματα πολύ χαμηλής τάσης για ειδικές εφαρμογές		0,75

Σημειώσεις: 1) Οι συνδετήρες που χρησιμοποιούνται για τους αγωγούς αλουμινίου πρέπει να έχουν δοκιμαστεί και να είναι εγκεκριμένοι για αυτή τη χρήση.
2) Για κυκλώματα ελέγχου και σηματοδότησης που προορίζονται για ηλεκτρονικό εξοπλισμό επιτρέπονται αγωγοί διατομής **0,1mm²**.
3) Σε πολυπολικά καλώδια με 7 ή περισσότερους από 7 αγωγούς εφαρμόζεται η σημείωση 2

Πίνακας 2.2.1 – Ελάχιστες διατομές καλωδίων (HD 384.524.1 Πίνακας 52 Ζ)

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει ότι η ελάχιστη διατομή μονωμένων αγωγών και καλωδίων χαλκού για την ηλεκτρική τροφοδότηση της εγκατάστασης είναι $1,5 \text{ mm}^2$. Άρα οποιαδήποτε γραμμή του δικτύου ηλεκτροδότησης της εγκατάστασης θα είναι μεγαλύτερη ή ίση από $1,5 \text{ mm}^2$. Για τα κυκλώματα ασθενών ρευμάτων όπως φαίνεται από το παραπάνω πίνακα η ελάχιστη διατομή ανέρχεται σε $0,5 \text{ mm}^2$. Για κυκλώματα ελέγχου και σηματοδότησης που προορίζονται για ηλεκτρονικό εξοπλισμό μπορεί να χρησιμοποιηθούν και αγωγοί διατομής $0,1 \text{ mm}^2$.

Μέγιστη επιτρεπόμενη θερμική φόρτιση αγωγών και καλωδίων χαμηλής τάσης.

Ο υπολογισμός για καλώδια τάσεων μέχρι 1000V εναλλασσόμενου ρεύματος γίνεται σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384.5.523.

Σύμφωνα με το πρότυπο το μέγιστο ρεύμα που επιτρέπεται να μεταφέρεται συνεχώς από έναν αγωγό υπό καθορισμένες συνθήκες πρέπει να έχει τέτοια τιμή ώστε η μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας του αγωγού να μην υπερβαίνει τις παρακάτω θερμοκρασίες:

Υλικό μόνωσης	Θερμοκρασία °C
Πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC)	70
Πολυαιθυλένιο διασταυρωμένου δεσμού (XLPE) ή Ελαστικό αιθυλενιοπροπυλενίου(EPR)	90

Πίνακας 2.2.2- Μέγιστη θερμοκρασία αγωγών (HD 384.523.1.1 Πίνακας 52-Γ)

Στην περίπτωσή μας η μέγιστη επιτρεπόμενη θερμοκρασία λειτουργίας ανέρχεται σε 70°C εφ' όσον θα χρησιμοποιηθούν αγωγοί με μόνωση PVC.

Για τον υπολογισμό της διατομής των αγωγών βάση της μέγιστης επιτρεπόμενης θερμικής φόρτισης τους θα χρησιμοποιήσουμε τον παρακάτω πίνακα 2.2.3 ο οποίος αποτελείται από δύο υποπίνακες :

Πάνω υποπίνακα: όπου βρίσκεται η κατάλληλη στήλη του κάτω υποπίνακα. Η στήλη αυτή προκύπτει από την επιλογή μεταξύ μονοφασικών και τριφασικών κυκλωμάτων, μόνωση PVC ή EPR-XLPE, όδευση εντοιχισμένη (χωνευτή) ή επιτοίχια (ορατών), μονωμένοι αγωγοί ή πολυπολικά καλώδια.

Κάτω υποπίνακα: όπου με τον αριθμό της στήλης που έχει βρεθεί από τον πάνω υποπίνακα βρίσκουμε την μέγιστη ένταση συνεχούς λειτουργίας, για θερμοκρασία περιβάλλοντος 30°C των διαφόρων διατομών.

Πρέπει να σημειωθεί ότι για διαφορετική θερμοκρασία από τους 30°C οι τιμές του πίνακα 2.2.3 δεν είναι σωστές.

Για την εύρεση μέγιστης επιτρεπόμενης έντασης μιας διατομής, πολλαπλασιάζουμε τον συντελεστή διόρθωσης της επιθυμητής θερμοκρασίας που βρίσκεται από τον πίνακα 2.2.4. με την τιμή της έντασης του πίνακα 2.2.3 (τιμή για την θερμοκρασία των 30°C). Έτσι λαμβάνουμε την μέγιστη ένταση φόρτισης του καλωδίου για την επιθυμητή θερμοκρασία.

Υλικό μόνωσης Αγωγού	Πλήθος Φορτιζόμενων αγωγών	Οι αριθμοί παραπέμπουν στις στήλες που ακολουθούν								
		Μονωμένοι αγωγοί σε σωλήνα			Πολυπολικό καλώδιο					
		Εντοιχισμένο	Επιτοίχιο	Γυμνό		Σε σωλήνα				
				Εντοιχισμένο	Επιτοίχιο	Εντοιχισμένο	Επιτοίχιο	Εντοιχισμένο	Επιτοίχιο	
PVC	2	3	5	3	6	2	4			
	3	2	4	2	5	1	3			
EPR ή XLPE	2	5	9	6	9	5	8			
	3	5	7	5	8	4	6			
Υλικό αγωγού	Διατομή (mm ²)	Στήλες								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Χαλκός	1,5	13	13,5	14,5	15,5	17	19	20	22	23
	2,5	17,5	18	19,5	21	23	26	28	30	31
	4	23	24	26	28	31	35	37	40	42
	6	29	31	34	36	40	44	48	51	54
	10	39	42	46	50	54	60	66	69	75
	16	52	56	61	68	73	80	88	91	100
	25	68	73	80	89	95	105	117	119	133
	35	83	89	99	109	117	128	144	146	164
	50	99	108	118	130	141	154	175	175	198
	70	125	136	149	164	179	194	222	221	253
	95	150	164	179	197	216	233	269	265	306
	120	172	188	206	227	249	268	312	305	354
	150	196	216	240	259	285	318	-	371	441
	185	223	245	273	295	324	362	-	424	506
	240	261	286	321	346	380	424	-	500	599
	300	298	328	367	396	435	486	-	576	693

Πίνακας 2.2.3 – Μέγιστα επιτρεπόμενα ρεύματα (A) εντοιχισμένων και επιτοίχιων ηλεκτρικών γραμμών με μόνωση αγωγού από PVC ή EPR ή XLPE σε θερμοκρασία περιβάλλοντος 30°C (HD 384.523.8.2 Πίνακας 52-K1)

Θερμοκρασία Περιβάλλοντος °C	Μόνωση	
	PVC	EPR ή XLPE
10	1.22	1.15
15	1.17	1.12
20	1.12	1.08
25	1.06	1.04
35	0.94	0.96
40	0.87	0.91
45	0.79	0.87
50	0.71	0.82
55	0.61	0.76
60	0.50	0.76
65	-	0.65
70	-	0.58

Πίνακας 2.2.4 – Συντελεστής διόρθωσης μέγιστου επιτρεπόμενου ρεύματος για θερμοκρασία περιβάλλοντος διαφορετική των 30°C (HD 384.523.8.3 Πίν. 52-Δ1)

Με βάση τα παραπάνω και θεωρώντας ότι η μέγιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος ανέρχεται σε 35°C, υπολογίζουμε τις νέες μέγιστες εντάσεις για την θερμοκρασία των 35°C και παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

Διατομή [mm]	Μέγιστη Επιτρεπόμενη Ένταση για $\theta=30^{\circ}\text{C}$ (στήλη 3 πίνακα)	Συντελεστής διόρθωσης θερμοκρασίας $\theta=35^{\circ}\text{C}$	Μέγιστη Επιτρεπόμενη Ένταση για $\theta=35^{\circ}\text{C}$
1,5	14,5	0,94	13,63
2,5	19,5	0,94	18,33
4	26	0,94	24,44
6	34	0,94	31,96
10	46	0,94	43,24
16	61	0,94	57,34
25	80	0,94	75,2
35	99	0,94	93,06
50	118	0,94	110,92
70	149	0,94	140,06
95	179	0,94	168,26
120	206	0,94	193,64
150	240	0,94	225,6
185	273	0,94	256,62
240	321	0,94	301,74
300	367	0,94	344,98

Πίνακας 2.2.5 προσδιορισμού των ελάχιστων διατομών με συντελεστή διόρθωσης μέγιστου επιτρεπόμενου ρεύματος για θερμοκρασία περιβάλλοντος διαφορετική των 30°C

Άρα με βάση τον παραπάνω πίνακα και τον πίνακα με τις εντάσεις των γραμμών καταλήγουμε στις διατομές που φαίνονται στον παρακάτω πίνακα

Γραμμή	Ονομ. Γραμμής Fine	Ένταση [A]	Διατομή καλωδίου [mm ²]	Μέγιστη Επιτρεπόμενη Ένταση καλωδίου για $\theta=35^{\circ}\text{C}$ [A]
No1	A16	11,21	1,5	13,63
No2	A15	4,48	1,5	13,63
No3	A2	3,51	1,5	13,63
No4	A14	2,24	1,5	13,63
No5	A13	24,35	4	24,44
No6	A12	0,88	1,5	13,63
No7	A5	8,07	1,5	13,63
No8	A4	0,88	1,5	13,63
No9	A1	6,72	1,5	13,63
No10	A3	4,48	1,5	13,63
No11	A11	17,39	2,5	18,33
No12	A10	2,24	1,5	13,63
No13	A9	7,17	1,5	13,63
No14	A8	3,07	1,5	13,63
No15	A7	4,48	1,5	13,63
No16	A6	0,88	1,5	13,63

Πίνακας 2.2.6 με τις εντάσεις και τις διατομές των γραμμών

Οι παραπάνω διατομές καλύπτουν την προστασία των καλωδίων έναντι υπερθερμάνσεων. Υπάρχει όμως και η περίπτωση όπου αρχικά για μια σταθερή συσκευή π.χ. θερμοσίφωνα έχει επιλεγεί μια συσκευή με μικρή ισχύ και έχει επιλεγεί η κατάλληλη διατομή της γραμμής. Στην περίπτωση αντικατάστασης του θερμοσίφωνα με θερμοσίφωνα με μεγαλύτερη ισχύ, κατά πάσα πιθανότητα να χρειαστεί και μεγαλύτερης διατομή γραμμής. Η αντικατάσταση των γραμμών είναι χρονοβόρα και δύσκολη. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιούνται και τυποποιημένες διατομές καλωδίων που φαίνονται στον παρακάτω πίνακα και προκύπτουν από την ισχύ των τυπικών συσκευών.

Είδος γραμμής	Τυπική διατομή (mm ²)
Φωτισμού	1,5
Ρευματοδοτών	2,5
Θερμοσίφωνα κουζίνα	4
κλιματιστικού	2,5

Η τελική διατομή προκύπτει από την μέγιστη διατομή μεταξύ ελάχιστης διατομής, της διατομής που προκύπτει για θερμοκρασία 35°C και της τυπικής διατομής. Τα παραπάνω παρουσιάζονται συνοπτικά στον παρακάτω πίνακα:

Γραμμή	Όνομ. Γραμμής Fine	Είδος γραμμής	Ελάχιστη διατομή καλωδίου	Διατομή καλωδίου για $\theta=35^{\circ}\text{C}$ [mm^2]	Τυποποιημένη διατομή καλωδίου [mm^2]	Επιλεγμένη διατομή καλωδίου [mm^2]
No1	A16	Ρευματοδότη	1,5	1,5	2,5	2,5
No2	A15	Ρευματοδότη	1,5	1,5	2,5	2,5
No3	A2	φωτισμού	1,5	1,5	1,5	1,5
No4	A14	Ρευματοδότη	1,5	1,5	2,5	2,5
No5	A13	Ηλ. κουζίνα	1,5	4	6	6
No6	A12	φωτισμού	1,5	1,5	1,5	1,5
No7	A5	Ρευματοδότη	1,5	1,5	2,5	2,5
No8	A4	φωτισμού	1,5	1,5	1,5	1,5
No9	A1	ρευματοδότη	1,5	1,5	2,5	2,5
No10	A3	Ρευματοδότη	1,5	1,5	2,5	2,5
No11	A11	Ηλ.Θερμοσίφωνα	1,5	2,5	4	4
No12	A10	φωτισμού.	1,5	1,5	1,5	1,5
No13	A9	ρευματοδότη	1,5	1,5	2,5	2,5
No14	A8	φωτισμού	1,5	1,5	1,5	1,5
No15	A7	ρευματοδότη	1,5	1,5	2,5	2,5
No16	A6	φωτισμού	1,5	1,5	1,5	1,5

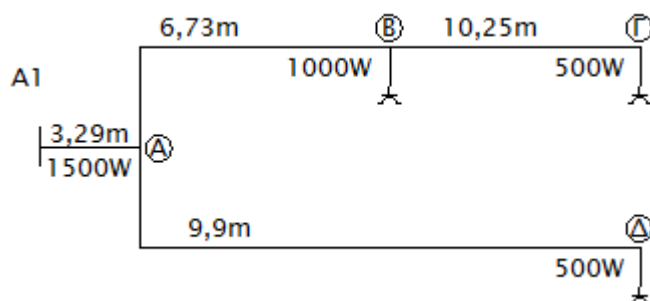
Πίνακας 2.2.7 Τελικές διατομές γραμμών

2.3 ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΗ ΠΤΩΣΗ ΤΑΣΗΣ

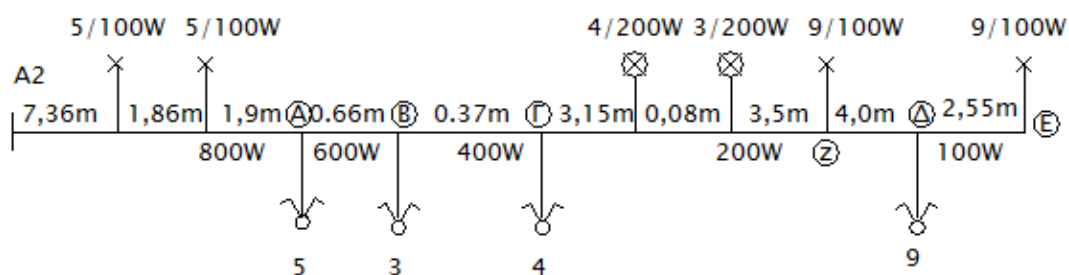
Η % πτώση τάσης μία γραμμής είναι η % διαφορά των ενεργών τιμών των τάσεων από τον κεντρικό πίνακα και του χειρότερου σημείου της κάθε γραμμής (σημείο με την ελάχιστη τάση). Η πτώση τάσης σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384.525.1 συνίσταται να μην υπερβαίνει το 4% της ονομαστικής τάσης της εγκατάστασης εφ' όσον δεν υπάρχουν ιδιαίτερες απαιτήσεις. Επομένως προκύπτει ότι για φασική τάση 230V, η επιτρεπόμενη πτώση τάσης είναι 9,2V και για πολική τάση 400V, είναι 16V.

Παρακάτω απεικονίζονται τα μονογραμμικά όλων των γραμμών της εγκατάστασης, με τα οποία θα υπολογίσουμε την πτώση τάσης της κάθε γραμμής.

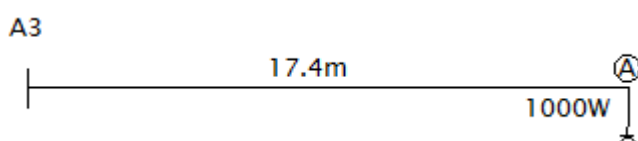
Γραμμή A1 ρευματοδοτών



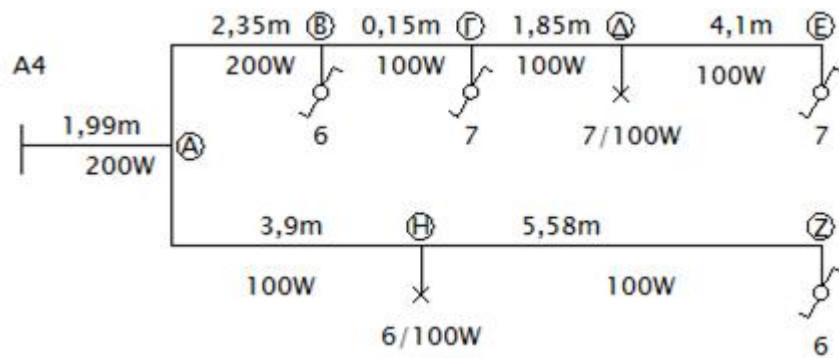
Γραμμή A2 φωτισμού



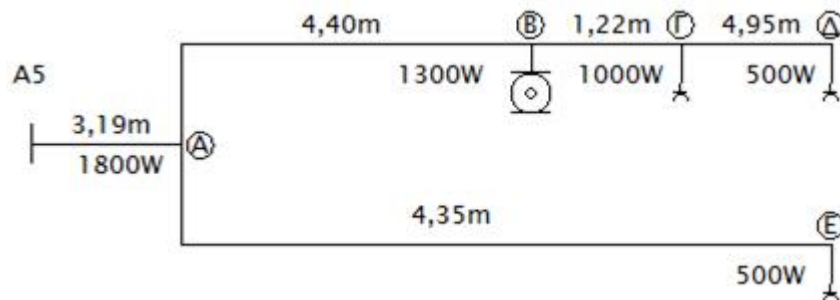
Γραμμή A3 ρευματοδότη



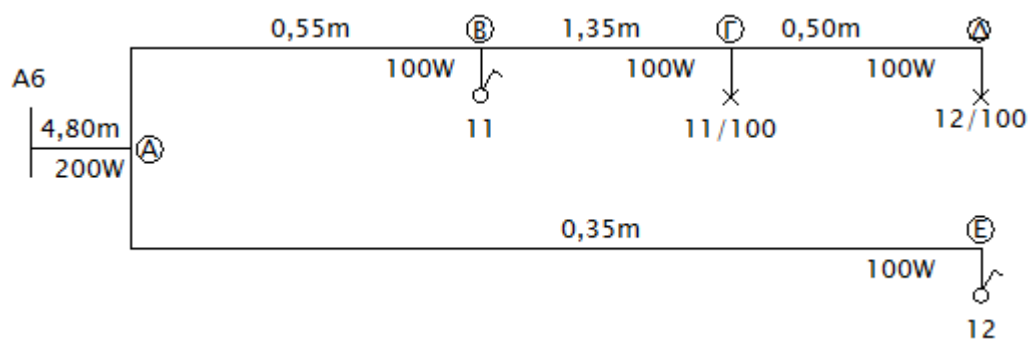
Γραμμή Α4 φωτισμού



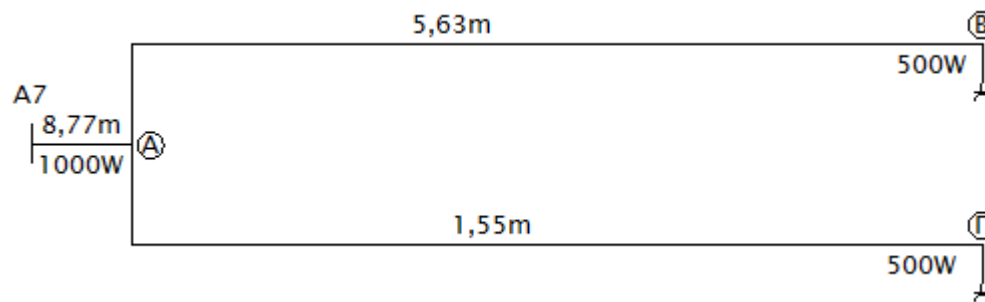
Γραμμή Α5 απορροφητήρα, ρευματοδοτών



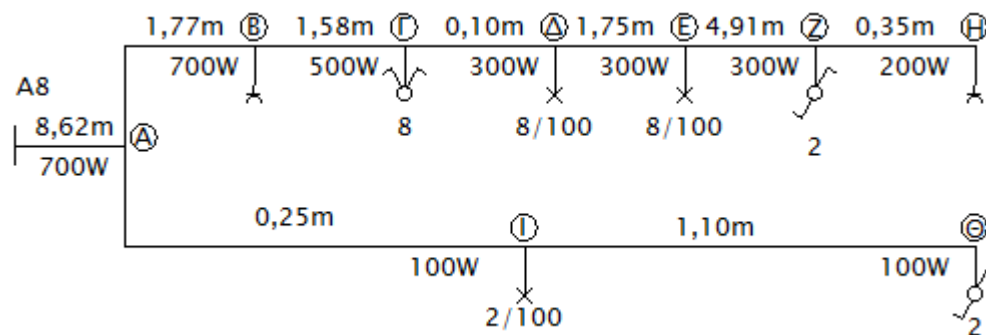
Γραμμή Α6 φωτισμού



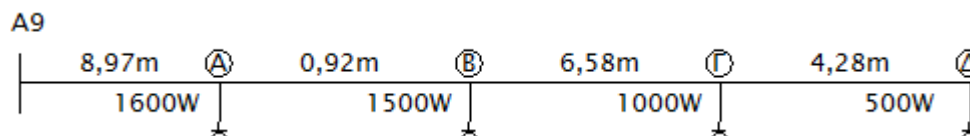
Γραμμή A7 , ρευματοδοτών



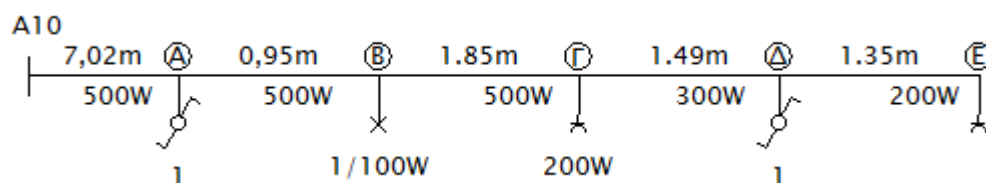
Γραμμή A8 φωτισμού, ρευματοδοτών



Γραμμή A9 , ρευματοδοτών



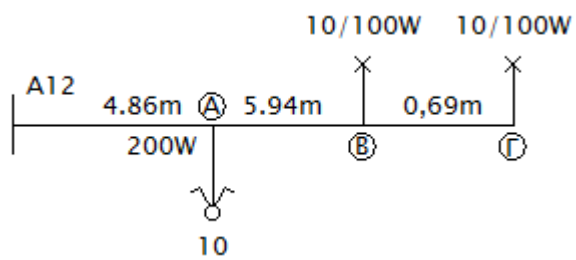
Γραμμή A10 φωτισμού, ρευματοδοτών



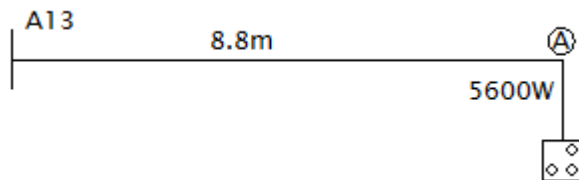
Γραμμή A11 Θερμοσίφωνα



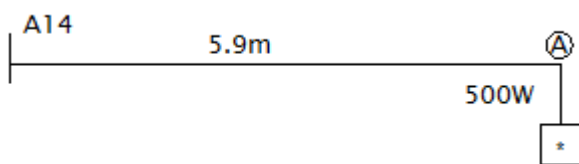
Γραμμή A12 φωτισμού



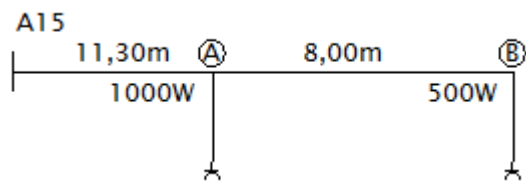
Γραμμή A13 ηλεκτρικής κουζίνας



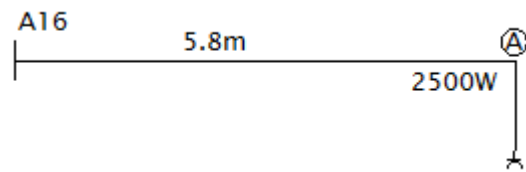
Γραμμή A14 ρευματοδότη



Γραμμή A15 , ρευματοδοτών



Γραμμή A16 , ρευματοδότη



πρέπει να σημειωθεί ότι σε οικιακά ηλεκτρικά δίκτυα, όπου τα φορτία και οι αποστάσεις των γραμμών είναι μικρές, η διατομή της γραμμής βρίσκεται με τον τρόπο που υπολογίσθηκε παραπάνω και ελέγχεται η πτώση τάσης της γραμμής να μη υπερβαίνει το 4%. Στην περίπτωση που υπάρχει υπέρβαση, παίρνουμε την αμέσως μεγαλύτερη διατομή έως ότου να πληρείται το κριτήριο του $\varepsilon\% < 4\%$. Για άλλες εγκαταστάσεις υπολογίζεται και η διατομή πτώσης τάσης και η τελική διατομή προκύπτει από την μέγιστη διατομή όλων των διατομών (ελάχιστη διατομή, διατομή θερμοκρασίας 35°C, διατομή πτώσης τάσης, τυπική διατομή).

Ο Υπολογισμός πτώσης τάσης για μονοφασικά φορτία, βρίσκεται με βάση τον παρακάτω τύπο:

$$\varepsilon\% = \frac{200 \cdot l \cdot I}{d \cdot K \cdot V} \cdot \cos\varphi$$

Όπου:

($\varepsilon\%$), η % πτώση τάσης της γραμμής

(l), το μήκος του αγωγού σε m,

(I), η ένταση του ρεύματος σε A,

($\cos\varphi$), ο συντελεστής ισχύος,

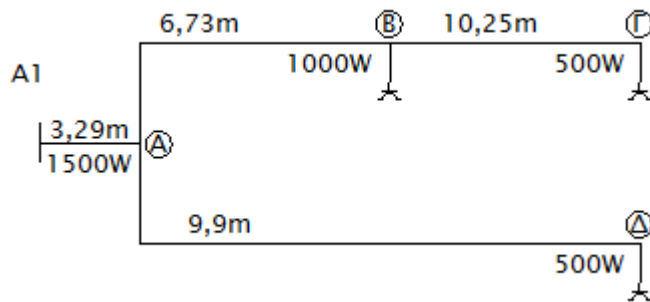
(d), η διατομή του αγωγού σε mm^2 ,

(K), η ειδική αντίσταση του χαλκού $57,1428 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2}$,

(V), η τάση της γραμμής 230V

παρακάτω παρατίθενται οι

Για τη γραμμή ρευματοδοτών Α1



(200) όπου 2 ενεργοί αγωγοί επί της % , (ℓ) το μήκος του αγωγού,

$(I) = \frac{P}{V \cdot \cos \varphi}$ η ένταση του ρεύματος, (P) η ισχύς, ($\cos \varphi$) ο συντελεστής ισχύος ,
 (d) η διατομή του αγωγού, (l) το μήκος του αγωγού, (K) ειδική αντίσταση του
 αγωγού , (V) η τάση άρα

Για το τμήμα 0-A με υπολογισμό του παραπάνω τύπου για $2 \cdot 100$, $l = 3,29m$, $V = 230V$, $\cos \varphi = 0,97$, $P = 1500W$, $I = \frac{P}{V \cdot \cos \varphi} = \frac{1500}{230 \cdot 0,97} = 6,72A$, $d = 2,5mm^2$,
 $K = 57,1428$

$$\varepsilon\% = \frac{200 \cdot l \cdot I}{d \cdot K \cdot V} \cdot \cos \varphi = \frac{200 \cdot 3,29 \cdot 6,72}{2,5 \cdot 57,1428 \cdot 230} \cdot 0,97 = 0,13$$

Για το τμήμα A-B με υπολογισμό του παραπάνω τύπου για $2 \cdot 100$, $l = 6,73m$,
 $V = 230V$, $\cos \varphi = 0,97$, $P = 1000W$, $I = \frac{P}{V \cdot \cos \varphi} = \frac{1000}{230 \cdot 0,97} = 4,48A$, $d = 2,5mm^2$, $K = 57,1428$

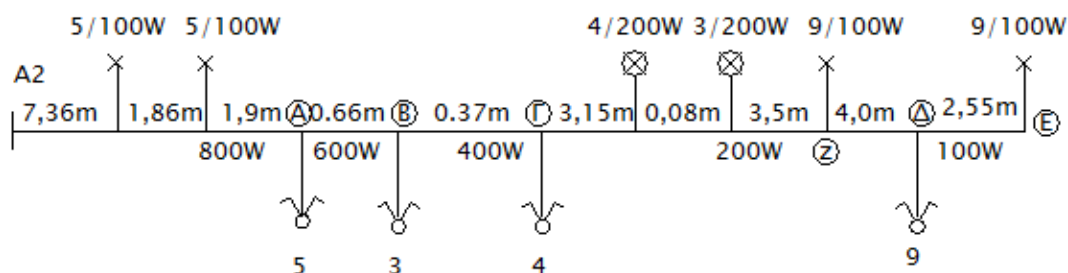
$$\varepsilon\% = \frac{200 \cdot l \cdot I}{d \cdot K \cdot V} \cdot \cos \varphi = \frac{200 \cdot 6,73 \cdot 4,48}{2,5 \cdot 57,1428 \cdot 230} \cdot 0,97 = 0,17$$

Για το τμήμα B-Γ με υπολογισμό του παραπάνω τύπου για $2 \cdot 100$, $l = 12,55m$,
 $V = 230V$, $\cos \varphi = 0,97$, $P = 500W$, $I = \frac{P}{V \cdot \cos \varphi} = \frac{500}{230 \cdot 0,97} = 2,24A$, $d = 2,5mm^2$,
 $K = 57,1428$

$$\varepsilon\% = \frac{200 \cdot l \cdot I}{d \cdot K \cdot V} \cdot \cos \varphi = \frac{200 \cdot 12,55 \cdot 2,24}{2,5 \cdot 57,1428 \cdot 230} \cdot 0,97 = 0,16$$

Η συνολική πτώση τάσης της γραμμής $\varepsilon\% = \varepsilon\%_{0-A} + \varepsilon\%_{A-B} + \varepsilon\%_{B-\Gamma} = 0,13 + 0,17 + 0,16 = 0,46$

Για τη γραμμή A2 φωτισμού



Για το τμήμα 0-A με υπολογισμό του παραπάνω τύπου για $2 * 100$, $l = 11,12m$,
 $V = 230V$, $\cos\varphi = 1$, $P = 800W$, $I = \frac{P}{V \cdot \cos\varphi} = \frac{800}{230 \cdot 1} = 3,47A$, $d = 1,5mm^2$,
 $K = 57,1428$

$$\varepsilon\% = \frac{200 \cdot l \cdot I}{d \cdot K \cdot V} \cdot \cos\varphi = \frac{200 \cdot 11,12 \cdot 3,47}{1,5 \cdot 57,1428 \cdot 230} \cdot 1 = 0,39$$

Για το τμήμα A-B με υπολογισμό του παραπάνω τύπου για $2 * 100$, $l = 0,66m$,
 $V = 230V$, $\cos\varphi = 1$, $P = 600W$, $I = \frac{P}{V \cdot \cos\varphi} = \frac{600}{230 \cdot 1} = 2,60A$, $d = 1,5mm^2$,
 $K = 57,1428$

$$\varepsilon\% = \frac{200 \cdot l \cdot I}{d \cdot K \cdot V} \cdot \cos\varphi = \frac{200 \cdot 0,66 \cdot 2,60}{1,5 \cdot 57,1428 \cdot 230} \cdot 1 = 0,01$$

Για το τμήμα B-Γ με υπολογισμό του παραπάνω τύπου για $2 * 100$, $l = 0,37m$, $V = 230V$, $\cos\varphi = 1$, $P = 400W$, $I = \frac{P}{V \cdot \cos\varphi} = \frac{400}{230 \cdot 1} = 1,73A$, $d = 1,5mm^2$, $K = 57,1428$

$$\varepsilon\% = \frac{200 \cdot l \cdot I}{d \cdot K \cdot V} \cdot \cos\varphi = \frac{200 \cdot 0,37 \cdot 1,73}{1,5 \cdot 57,1428 \cdot 230} \cdot 1 = 0,0065$$

Για το τμήμα Γ-Δ με υπολογισμό του παραπάνω τύπου για $2 * 100$, $l = 10,73m$,
 $V = 230V$, $\cos\varphi = 1$, $P = 200W$, $I = \frac{P}{V \cdot \cos\varphi} = \frac{200}{230 \cdot 1} = 0,86A$, $d = 1,5mm^2$,
 $K = 57,1428$

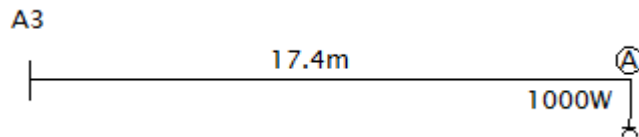
$$\varepsilon\% = \frac{200 \cdot l \cdot I}{d \cdot K \cdot V} \cdot \cos\varphi = \frac{200 \cdot 10,73 \cdot 0,86}{1,5 \cdot 57,1428 \cdot 230} \cdot 1 = 0,09$$

Για το τμήμα Δ-E με υπολογισμό του παραπάνω τύπου για $2 * 100$, $l = 4,35m$, $V = 230V$, $\cos\varphi = 1$, $P = 100W$, $I = \frac{P}{V \cdot \cos\varphi} = \frac{100}{230 \cdot 1} = 0,43A$, $d = 1,5mm^2$, $K = 57,1428$

$$\varepsilon\% = \frac{200 \cdot l \cdot I}{d \cdot K \cdot V} \cdot \cos\varphi = \frac{200 \cdot 4,35 \cdot 0,43}{1,5 \cdot 57,1428 \cdot 230} \cdot 1 = 0,02$$

Η συνολική πτώση τάσης της γραμμής $\varepsilon\% = \varepsilon\%_{0-A} + \varepsilon\%_{A-B} + \varepsilon\%_{B-\Gamma} + \varepsilon\%_{\Gamma-\Delta} + \varepsilon\%_{\Delta-E} = 0,39 + 0,01 + 0,0065 + 0,09 + 0,02 = 0,51$

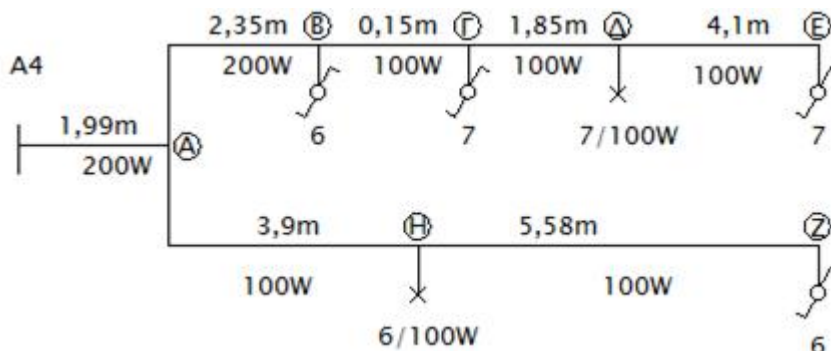
Για τη γραμμή A3 ρευματοδότη



Για το τμήμα 0-A με υπολογισμό του παραπάνω τύπου για $2 * 100$, $l = 17,4m$, $V = 230V$, $\cos\varphi = 0,97$, $P = 1000W$, $I = \frac{P}{V \cdot \cos\varphi} = \frac{1000}{230 \cdot 0,97} = 4,48A$, $d = 2,5mm^2$, $K = 57,1428$

$$\varepsilon\% = \frac{200 \cdot l \cdot I}{d \cdot K \cdot V} \cdot \cos\varphi = \frac{200 \cdot 17,4 \cdot 4,48}{2,5 \cdot 57,1428 \cdot 230} \cdot 0,97 = 0,46$$

Για τη γραμμή A4 φωτισμού



Για το τμήμα 0-A με υπολογισμό του παραπάνω τύπου για $2 * 100$, $l = 4,34m$, $V = 230V$, $\cos\varphi = 1$, $P = 200W$, $I = \frac{P}{V \cdot \cos\varphi} = \frac{200}{230 \cdot 1} = 0,86A$, $d = 1,5mm^2$, $K = 57,1428$

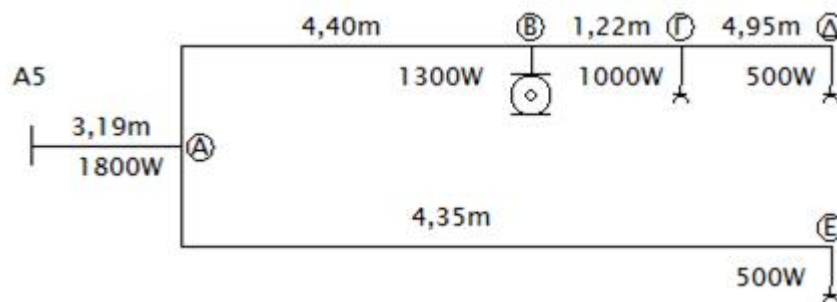
$$\varepsilon\% = \frac{200 \cdot l \cdot I}{d \cdot K \cdot V} \cdot \cos\varphi = \frac{200 \cdot 4,34 \cdot 0,86}{1,5 \cdot 57,1428 \cdot 230} \cdot 1 = 0,038$$

Για το τμήμα Β-Γ με υπολογισμό του παραπάνω τύπου για $2 * 100$, $l = 21,21m$,
 $V = 230V$, $\cos\varphi = 1$, $P = 100W$, $I = \frac{P}{V \cdot \cos\varphi} = \frac{100}{230 \cdot 1} = 0,43A$, $d = 1,5mm^2$,
 $K = 57,1428$

$$\varepsilon\% = \frac{200 \cdot l \cdot I}{d \cdot K \cdot V} \cdot \cos\varphi = \frac{200 \cdot 21,21 \cdot 0,43}{1,5 \cdot 57,1428 \cdot 230} \cdot 1 = 0,09$$

Η συνολική πτώση τάσης της γραμμής $\varepsilon\% = \varepsilon\%_{0-A} + \varepsilon\%_{B-\Gamma} = 0,038 + 0,09 = 0,128$

Για τη γραμμή Α5 απορροφητήρα, ρευματοδοτών



Για το τμήμα 0-A με υπολογισμό του παραπάνω τύπου για $2 * 100$, $l = 3,19$

m , $V = 230V$, $\cos\varphi = 0,97$, $P = 1800W$, $I = \frac{P}{V \cdot \cos\varphi} = \frac{1800}{230 \cdot 0,97} = 8,06A$, $d = 2,5mm^2$, $K = 57,1428$

$$\varepsilon\% = \frac{200 \cdot l \cdot I}{d \cdot K \cdot V} \cdot \cos\varphi = \frac{200 \cdot 3,19 \cdot 8,06}{2,5 \cdot 57,1428 \cdot 230} \cdot 0,97 = 0,15$$

Για το τμήμα Β-Γ με υπολογισμό του παραπάνω τύπου για $2 * 100$, $l = 4,4m$, $V = 230V$, $\cos\varphi = 0,97$, $P = 1300W$, $I = \frac{P}{V \cdot \cos\varphi} = \frac{1300}{230 \cdot 0,97} = 5,82A$, $d = 2,5mm^2$,
 $K = 57,1428$

$$\varepsilon\% = \frac{200 \cdot l \cdot I}{d \cdot K \cdot V} \cdot \cos\varphi = \frac{200 \cdot 4,4 \cdot 5,82}{2,5 \cdot 57,1428 \cdot 230} \cdot 0,97 = 0,15$$

Για το τμήμα Γ-Δ με υπολογισμό του παραπάνω τύπου για $2 * 100$, $l = 1,22m$, $V = 230V$, $\cos\varphi = 0,97$, $P = 1000W$, $I = \frac{P}{V \cdot \cos\varphi} = \frac{1000}{230 \cdot 0,97} = 4,48A$, $d = 2,5mm^2$,
 $K = 57,1428$

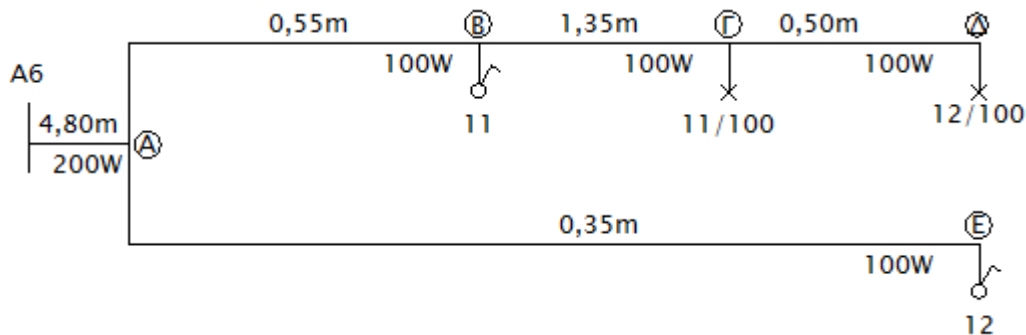
$$\varepsilon\% = \frac{200 \cdot l \cdot I}{d \cdot K \cdot V} \cdot \cos\varphi = \frac{200 \cdot 1,22 \cdot 4,48}{2,5 \cdot 57,1428 \cdot 230} \cdot 0,97 = 0,032$$

Για το τμήμα Α-Ε με υπολογισμό του παραπάνω τύπου για $2 * 100$, $l = 4,95m$, $V = 230V$, $\cos\varphi = 0,97$, $P = 500W$, $I = \frac{P}{V \cdot \cos\varphi} = \frac{500}{230 \cdot 0,97} = 2,24A$, $d = 2,5mm^2$,
 $K = 57,1428$

$$\varepsilon\% = \frac{200 \cdot l \cdot I}{d \cdot K \cdot V} \cdot \cos\varphi = \frac{200 \cdot 4,95 \cdot 2,24}{2,5 \cdot 57,1428 \cdot 230} \cdot 0,97 = 0,065$$

Η συνολική πτώση τάσης της γραμμής $\varepsilon\% = \varepsilon\%_{0-A} + \varepsilon\%_{A-B} + \varepsilon\%_{B-\Gamma} + \varepsilon\%_{\Gamma-\Delta} + \varepsilon\%_{\Delta-E} = 0,15 + 0,15 + 0,032 + 0,065 = 0,0397$

Για τη γραμμή Α6 φωτισμού



Για το τμήμα 0-A με υπολογισμό του παραπάνω τύπου για $2 * 100$, $l = 4,80$

m , $V = 230V$, $\cos\varphi = 1$, $P = 200W$, $I = \frac{P}{V \cdot \cos\varphi} = \frac{200}{230 \cdot 1} = 0,86A$, $d = 1,5mm^2$,
 $K = 57,1428$

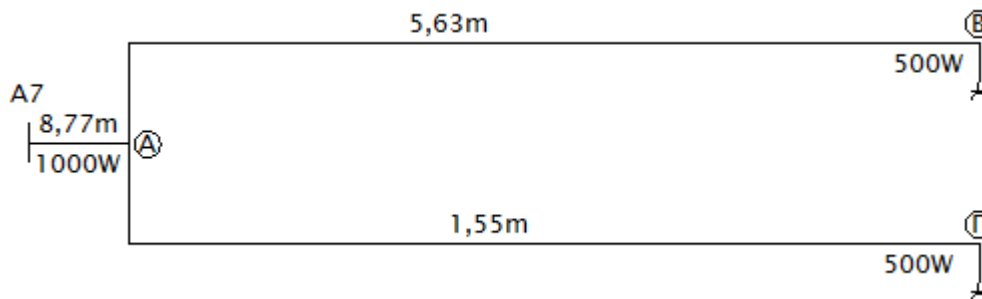
$$\varepsilon\% = \frac{200 \cdot l \cdot I}{d \cdot K \cdot V} \cdot \cos\varphi = \frac{200 \cdot 4,80 \cdot 0,86}{1,5 \cdot 57,1428 \cdot 230} \cdot 1 = 0,041$$

Για το τμήμα Β-Γ με υπολογισμό του παραπάνω τύπου για $2 * 100$, $l = 5,4m$, $V = 230V$, $\cos\varphi = 1$, $P = 100W$, $I = \frac{P}{V \cdot \cos\varphi} = \frac{100}{230 \cdot 1} = 0,43A$, $d = 1,5mm^2$, $K = 57,1428$

$$\varepsilon\% = \frac{200 \cdot l \cdot I}{d \cdot K \cdot V} \cdot \cos\varphi = \frac{200 \cdot 5,4 \cdot 0,43}{1,5 \cdot 57,1428 \cdot 230} \cdot 1 = 0,02$$

Η συνολική πτώση τάσης της γραμμής $\varepsilon\% = \varepsilon\%_{0-A} + \varepsilon\%_{B-\Gamma} = 0,041 + 0,02 = 0,061$

Για τη γραμμή Α7 ρευματοδοτών



Για το τμήμα 0-A με υπολογισμό του παραπάνω τύπου για $2 * 100$, $l = 8,77$

m , $V = 230V$, $\cos\varphi = 0,97$, $P = 1000W$, $I = \frac{P}{V \cdot \cos\varphi} = \frac{1000}{230 \cdot 0,97} = 4,48A$, $d = 2,5mm^2$, $K = 57,1428$

$$\varepsilon\% = \frac{200 \cdot l \cdot I}{d \cdot K \cdot V} \cdot \cos\varphi = \frac{200 \cdot 8,77 \cdot 4,48}{2,5 \cdot 57,1428 \cdot 230} \cdot 0,97 = 0,23$$

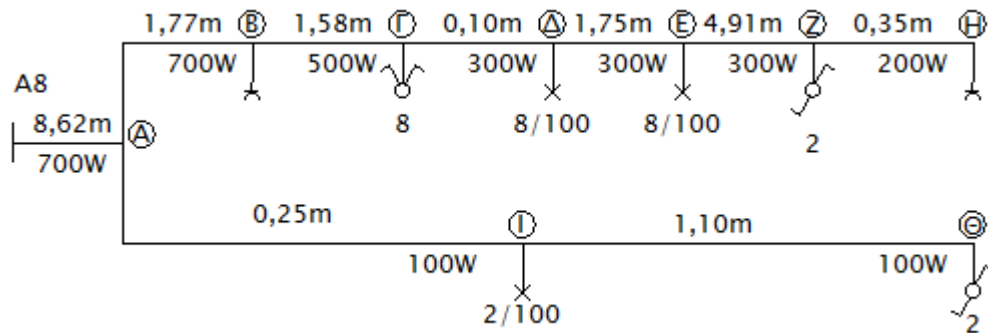
Για το τμήμα Α-Β με υπολογισμό του παραπάνω τύπου για $2 * 100$, $l = 5,63m$,

$V = 230V$, $\cos\varphi = 0,97$, $P = 500W$, $I = \frac{P}{V \cdot \cos\varphi} = \frac{500}{230 \cdot 0,97} = 2,24A$, $d = 2,5mm^2$, $K = 57,1428$

$$\varepsilon\% = \frac{200 \cdot l \cdot I}{d \cdot K \cdot V} \cdot \cos\varphi = \frac{200 \cdot 5,63 \cdot 2,24}{2,5 \cdot 57,1428 \cdot 230} \cdot 0,97 = 0,07$$

Η συνολική πτώση τάσης της γραμμής $\varepsilon\% = \varepsilon\%_{0-A} + \varepsilon\%_{A-B} = 0,23 + 0,07 = 0,3$

Για τη γραμμή A8 ρευματοδοτών, φωτιστικών



Για το τμήμα A-B με υπολογισμό του παραπάνω τύπου για $2 * 100$, $l = 10,39m$,
 $V = 230V$, $\cos\varphi = 1$, $P = 700W$, $I = \frac{P}{V \cdot \cos\varphi} = \frac{700}{230 \cdot 1} = 3,04A$, $d = 1,5mm^2$,
 $K = 57,1428$

$$\varepsilon\% = \frac{200 \cdot l \cdot I}{d \cdot K \cdot V} \cdot \cos\varphi = \frac{200 \cdot 10,39 \cdot 3,044}{1,5 \cdot 57,1428 \cdot 230} \cdot 1 = 0,32$$

Για το τμήμα B-Γ με υπολογισμό του παραπάνω τύπου για $2 * 100$, $l = 1,58m$, $V =$
 $230V$, $\cos\varphi = 1$, $P = 500W$, $I = \frac{P}{V \cdot \cos\varphi} = \frac{500}{230 \cdot 1} = 2,17A$, $d = 1,5mm^2$, $K =$
 $57,1428$

$$\varepsilon\% = \frac{200 \cdot l \cdot I}{d \cdot K \cdot V} \cdot \cos\varphi = \frac{200 \cdot 1,58 \cdot 2,17}{1,5 \cdot 57,1428 \cdot 230} \cdot 1 = 0,034$$

Για το τμήμα Γ-Δ με υπολογισμό του παραπάνω τύπου για $2 * 100$, $l = 6,76m$, $V =$
 $230V$, $\cos\varphi = 1$, $P = 300W$, $I = \frac{P}{V \cdot \cos\varphi} = \frac{300}{230 \cdot 1} = 1,30A$, $d = 1,5mm^2$, $K =$
 $57,1428$

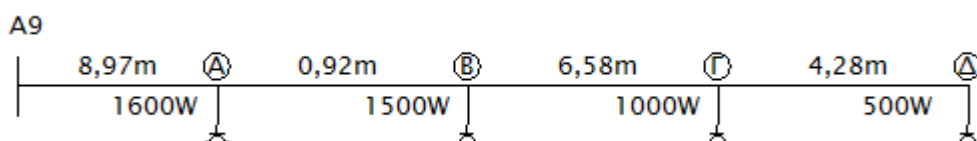
$$\varepsilon\% = \frac{200 \cdot l \cdot I}{d \cdot K \cdot V} \cdot \cos\varphi = \frac{200 \cdot 6,76 \cdot 1,30}{1,5 \cdot 57,1428 \cdot 230} \cdot 1 = 0,089$$

Για το τμήμα Δ-Ε με υπολογισμό του παραπάνω τύπου για $2 * 100$, $l = 17,06m$,
 $V = 230V$, $\cos\varphi = 1$, $P = 100W$, $I = \frac{P}{V \cdot \cos\varphi} = \frac{100}{230 \cdot 1} = 0,43A$, $d = 1,5mm^2$,
 $K = 57,1428$

$$\varepsilon\% = \frac{200 \cdot l \cdot I}{d \cdot K \cdot V} \cdot \cos\varphi = \frac{200 \cdot 17,06 \cdot 0,43}{1,5 \cdot 57,1428 \cdot 230} \cdot 1 = 0,07$$

Η συνολική πτώση τάσης της γραμμής $\varepsilon\% = \varepsilon\%_{0-A} + \varepsilon\%_{A-B} + \varepsilon\%_{B-\Gamma} + \varepsilon\%_{\Gamma-\Delta} + \varepsilon\%_{\Delta-E} = 0,32 + 0,034 + 0,089 + 0,07 = 0,513$

Για τη γραμμή A9 ρευματοδοτών



Για το τμήμα 0-A με υπολογισμό του παραπάνω τύπου για $2 * 100$, $l = 8,97m$, $V = 230V$, $\cos\varphi = 0,97$, $P = 1600W$, $I = \frac{P}{V \cdot \cos\varphi} = \frac{1600}{230 \cdot 0,97} = 7,17$, $d = 2,5mm^2$, $K = 57,1428$

$$\varepsilon\% = \frac{200 \cdot l \cdot I}{d \cdot K \cdot V} \cdot \cos\varphi = \frac{200 \cdot 8,97 \cdot 7,17}{2,5 \cdot 57,1428 \cdot 230} \cdot 0,97 = 0,379$$

Για το τμήμα A-B με υπολογισμό του παραπάνω τύπου για $2 * 100$, $l = 0,92m$, $V = 230V$, $\cos\varphi = 0,97$, $P = 1500W$, $I = \frac{P}{V \cdot \cos\varphi} = \frac{1500}{230 \cdot 0,97} = 6,72A$, $d = 2,5mm^2$, $K = 57,1428$

$$\varepsilon\% = \frac{200 \cdot l \cdot I}{d \cdot K \cdot V} \cdot \cos\varphi = \frac{200 \cdot 0,92 \cdot 6,72}{2,5 \cdot 57,1428 \cdot 230} \cdot 0,97 = 0,036$$

Για το τμήμα B-Γ με υπολογισμό του παραπάνω τύπου για $2 * 100$, $l = 6,58m$, $V = 230V$, $\cos\varphi = 0,97$, $P = 1000W$, $I = \frac{P}{V \cdot \cos\varphi} = \frac{1000}{230 \cdot 0,97} = 4,48A$, $d = 2,5mm^2$, $K = 57,1428$

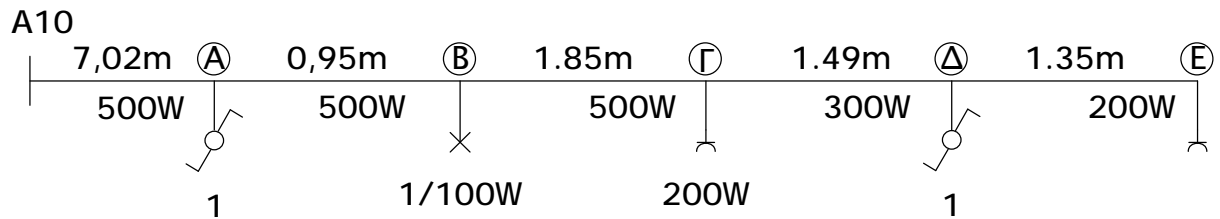
$$\varepsilon\% = \frac{200 \cdot l \cdot I}{d \cdot K \cdot V} \cdot \cos\varphi = \frac{200 \cdot 6,58 \cdot 4,48}{2,5 \cdot 57,1428 \cdot 230} \cdot 0,97 = 0,174$$

Για το τμήμα Γ-Δ με υπολογισμό του παραπάνω τύπου για $2 \cdot 100$, $l = 6,58m$, $V = 230V$, $\cos\varphi = 0,97$, $P = 500W$, $I = \frac{P}{V \cdot \cos\varphi} = \frac{500}{230 \cdot 0,97} = 2,24A$, $d = 2,5mm^2$,
 $K = 57,1428$

$$\varepsilon\% = \frac{200 \cdot l \cdot I}{d \cdot K \cdot V} \cdot \cos\varphi = \frac{200 \cdot 6,58 \cdot 2,244}{2,5 \cdot 57,1428 \cdot 230} \cdot 0,97 = 0,087$$

Η συνολική πτώση τάσης της γραμμής $\varepsilon\% = \varepsilon\%_{0-A} + \varepsilon\%_{A-B} + \varepsilon\%_{B-\Gamma} + \varepsilon\%_{\Gamma-\Delta} = 0,379 + 0,036 + 0,174 + 0,087 = 0,676$

Για τη γραμμή φωτισμού A10



από τον τύπο:

$\varepsilon\% = \frac{200 \cdot l \cdot I}{d \cdot K \cdot V} \cdot \cos\varphi$ και για το τμήμα 0-Γ με υπολογισμό του παραπάνω τύπου για $2 \cdot 100$, $l = 9,82m$, $V = 230V$, $\cos\varphi = 0,97$, $P = 500W$,

$$I = \frac{P}{V \cdot \cos\varphi} = \frac{500}{230 \cdot 0,97} = 2,24A, d = 2,5mm^2, K = 57,1428$$

$$\varepsilon\% = \frac{200 \cdot l \cdot I}{d \cdot K \cdot V} \cdot \cos\varphi = \frac{200 \cdot 9,82 \cdot 2,24}{1,5 \cdot 57,1428 \cdot 230} \cdot 0,97 = 0,21$$

Για το τμήμα Γ-Δ με υπολογισμό του παραπάνω τύπου για $2 \cdot 100$,

$l = 1,49$, $V = 230V$, $\cos\varphi = 0,97$, $P = 300W$, $I = \frac{P}{V \cdot \cos\varphi} = \frac{300}{230 \cdot 0,97} = 1,34A$,
 $d = 1,5mm^2$, $K = 57,1428$

$$\varepsilon\% = \frac{200 \cdot l \cdot I}{d \cdot K \cdot V} \cdot \cos\varphi = \frac{200 \cdot 1,49 \cdot 1,34}{1,5 \cdot 57,1428 \cdot 230} \cdot 0,97 = 0,01$$

Για το τμήμα Δ-B με υπολογισμό του παραπάνω τύπου για $2 \cdot 100$,

$$l = 10,84m, V = 230V, \cos\varphi = 0,97, P = 100W, I = \frac{P}{V \cdot \cos\varphi} = \frac{100}{230 \cdot 0,97} = 0,44A,$$
$$d = 1,5mm^2, K = 57,1428$$

$$\varepsilon\% = \frac{200 \cdot l \cdot I}{d \cdot K \cdot V} \cdot \cos\varphi = \frac{200 \cdot 10,84 \cdot 0,44}{1,5 \cdot 57,1428 \cdot 230} \cdot 0,97 = 0,04$$

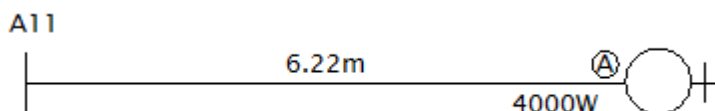
Για το τμήμα Δ-E με υπολογισμό του παραπάνω τύπου για $2 \cdot 100$,

$$l = 3,65m, V = 230V, \cos\varphi = 0,97, P = 200W, I = \frac{P}{V \cdot \cos\varphi} = \frac{200}{230 \cdot 0,97} = 0,89A,$$
$$d = 1,5mm^2, K = 57,1428$$

$$\varepsilon\% = \frac{200 \cdot l \cdot I}{d \cdot K \cdot V} \cdot \cos\varphi = \frac{200 \cdot 3,65 \cdot 0,89}{1,5 \cdot 57,1428 \cdot 230} \cdot 0,97 = 0,03$$

Η συνολική πτώση τάσης της γραμμής $\varepsilon\% = \varepsilon\%_{0-\Gamma} + \varepsilon\%_{\Gamma-\Delta} + \varepsilon\%_{\Delta-B} + \varepsilon\%_{\Delta-E} = 0,21 + 0,01 + 0,04 + 0,03 = 0,28$

Για τη γραμμή A10 θερμοσίφωνα

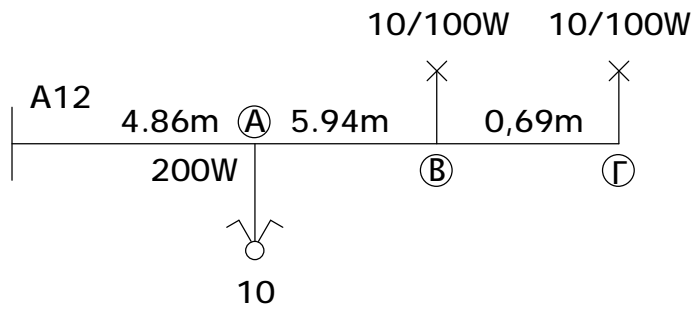


Για το τμήμα 0-A με υπολογισμό του παραπάνω τύπου για $2 \cdot 100$, $l = 6,22$

$$m, V = 230V, \cos\varphi = 1, P = 4000W, I = \frac{P}{V \cdot \cos\varphi} = \frac{4000}{230 \cdot 1} = 17,39A, d = 4mm^2,$$
$$K = 57,1428$$

$$\varepsilon\% = \frac{200 \cdot l \cdot I}{d \cdot K \cdot V} \cdot \cos\varphi = \frac{200 \cdot 6,22 \cdot 17,39}{4 \cdot 57,1428 \cdot 230} \cdot 1 = 0,411$$

Για τη γραμμή φωτισμού A12



χρησιμοποιούμε τον τύπο:

$\varepsilon\% = \frac{200 \cdot l \cdot I}{d \cdot K \cdot V} \cdot \cos\varphi$ άρα για το τμήμα 0-A με υπολογισμό του παραπάνω τύπου για $2 \cdot 100$, $l = 4,86\text{m}$, $V = 230\text{V}$, $\cos\varphi = 1$, $P = 200\text{W}$,

$$I = \frac{P}{V \cdot \cos\varphi} = \frac{200}{230 \cdot 1} = 0,86\text{A}, d = 2,5\text{mm}^2, K = 57,1428$$

$$\varepsilon\% = \frac{200 \cdot l \cdot I}{d \cdot K \cdot V} \cdot \cos\varphi = \frac{200 \cdot 4,86 \cdot 0,86}{1,5 \cdot 57,1428 \cdot 230} \cdot 1 = 0,04$$

Για το τμήμα A-B με υπολογισμό του παραπάνω τύπου για $2 \cdot 100$,

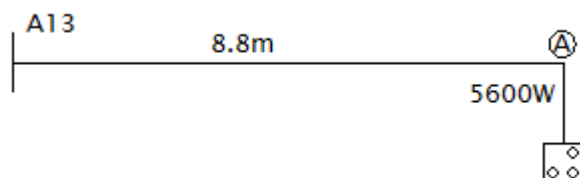
$$l = 10,39\text{m}, V = 230\text{V}, \cos\varphi = 1, P = 100\text{W}, I = \frac{P}{V \cdot \cos\varphi} = \frac{100}{230 \cdot 0,97} = 0,43\text{A},$$

$$d = 1,5\text{mm}^2, K = 57,1428$$

$$\varepsilon\% = \frac{200 \cdot l \cdot I}{d \cdot K \cdot V} \cdot \cos\varphi = \frac{200 \cdot 10,39 \cdot 0,43}{1,5 \cdot 57,1428 \cdot 230} \cdot 1 = 0,04$$

Η συνολική πτώση τάσης της γραμμής $\varepsilon\% = \varepsilon\%_{0-A} + \varepsilon\%_{A-B} = 0,04 + 0,04 = 0,08$.

Για τη γραμμή κουζίνας A13



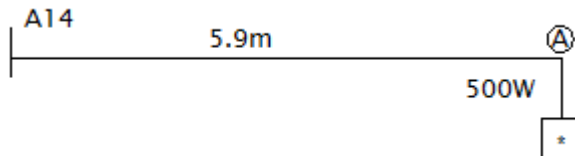
Για το τμήμα 0-A με υπολογισμό του παραπάνω τύπου για $2 \cdot 100$, $l = 8,8$

$$m, V = 230V, \cos\varphi = 1 \quad P = 5600W, I = \frac{P}{V \cdot \cos\varphi} = \frac{5600}{230 \cdot 1} = 24,34A, d = 6mm^2,$$

$$K = 57,1428$$

$$\varepsilon\% = \frac{200 \cdot l \cdot I}{d \cdot K \cdot V} \cdot \cos\varphi = \frac{200 \cdot 8,8 \cdot 24,34}{6 \cdot 57,1428 \cdot 230} \cdot 1 = 0,543$$

Για τη γραμμή ρευματοδότη A14



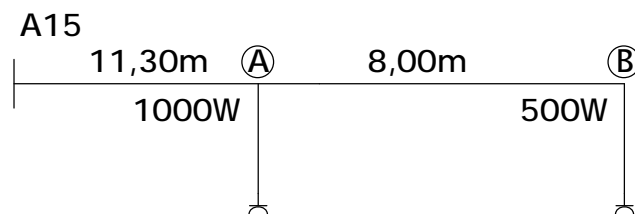
Για το τμήμα 0-A με υπολογισμό του παραπάνω τύπου για $2 \cdot 100, l = 5,9$

$$m, V = 230V, \cos\varphi = 0,97 \quad P = 500W, I = \frac{P}{V \cdot \cos\varphi} = \frac{500}{230 \cdot 0,97} = 2,24A, d = 2,5mm^2,$$

$$K = 57,1428$$

$$\varepsilon\% = \frac{200 \cdot l \cdot I}{d \cdot K \cdot V} \cdot \cos\varphi = \frac{200 \cdot 5,9 \cdot 2,24}{2,5 \cdot 57,1428 \cdot 230} \cdot 0,97 = 0,078$$

Για τη γραμμή A15 ρευματοδοτών



Για το τμήμα 0-A με υπολογισμό του παραπάνω τύπου για $2 \cdot 100, l = 11,30m,$
 $V = 230V, \cos\varphi = 0,97, \quad P = 1000W, \quad I = \frac{P}{V \cdot \cos\varphi} = \frac{1000}{230 \cdot 0,97} = 4,48A, \quad d =$
 $2,5mm^2, K = 57,1428$

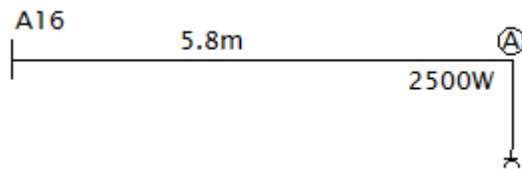
$$\varepsilon\% = \frac{200 \cdot l \cdot I}{d \cdot K \cdot V} \cdot \cos\varphi = \frac{200 \cdot 11,30 \cdot 4,48}{2,5 \cdot 57,1428 \cdot 230} \cdot 0,97 = 0,29$$

Για το τμήμα A-B με υπολογισμό του παραπάνω τύπου για $2 \cdot 100$, $l = 8,01m$,
 $V = 230V$, $\cos\varphi = 0,97$, $P = 500W$, $I = \frac{P}{V \cdot \cos\varphi} = \frac{500}{230 \cdot 0,97} = 2,24A$, $d = 2,5mm^2$,
 $K = 57,1428$

$$\varepsilon\% = \frac{200 \cdot l \cdot I}{d \cdot K \cdot V} \cdot \cos\varphi = \frac{200 \cdot 8,01 \cdot 2,24}{2,5 \cdot 57,1428 \cdot 230} \cdot 0,97 = 0,10$$

Η συνολική πτώση τάσης της γραμμής $\varepsilon\% = \varepsilon\%_{0-A} + \varepsilon\%_{A-B} = 0,29 + 0,10 = 0,40$.

Για τη γραμμή A16 ρευματοδότη



Για το τμήμα 0-A με υπολογισμό του παραπάνω τύπου για $2 \cdot 100$, $l = 5,8m$, $V = 230V$, $\cos\varphi = 0,97$, $P = 2500W$, $I = \frac{P}{V \cdot \cos\varphi} = \frac{2500}{230 \cdot 0,97} = 11,20A$, $d = 2,5mm^2$,
 $K = 57,1428$

$$\varepsilon\% = \frac{200 \cdot l \cdot I}{d \cdot K \cdot V} \cdot \cos\varphi = \frac{200 \cdot 5,8 \cdot 11,20}{2,5 \cdot 57,1428 \cdot 230} \cdot 0,97 = 0,383$$

Ο πίνακας 2.2.7 συγκεντρωτικά δείχνει τον υπολογισμό της πτώσης τάσης της κάθε γραμμής:

Γραμμή	Τμήμα	Απόσταση (m)	Ισχύς (W)	Τάση (V)	Συντελεστής Ισχύος (cosφ)	Ένταση ρεύματος (A)	Διατομή αγωγού (mm ²)	Πτώση τάσης ε%	Συνολική Πτώση τάσης ε%
A1	A1 0-A	3,29	1500	230	0,97	6,72	2,50	0,13	0,47
	A1 A-B	6,73	1000	230	0,97	4,48	2,50	0,18	
	A1 Β-Γ	12,55	500	230	0,97	2,24	2,50	0,17	
A2	A2 0-A	11,12	800	230	1,00	3,48	1,50	0,39	0,53
	A2 A-B	0,66	600	230	1,00	2,61	1,50	0,02	
	A2 Β-Γ	0,37	400	230	1,00	1,74	1,50	0,01	
	A2 Γ-Δ	10,73	200	230	1,00	0,87	1,50	0,09	
	A2 Δ-E	4,35	100	230	1,00	0,43	1,50	0,02	
A3	A3	17,40	1000	230	0,97	4,48	2,50	0,46	0,46
A4	A4 0-B	4,34	200	230	1,00	0,87	1,50	0,04	0,13
	A4 Β-H	21,21	100	230	1,00	0,43	1,50	0,09	
A5	A5 0-A	3,19	1800	230	0,97	8,07	2,50	0,15	0,40
	A5 A-B	4,40	1300	230	0,97	5,83	2,50	0,15	
	A5 Β-Γ	1,22	1000	230	0,97	4,48	2,50	0,03	
	A5 Γ-Δ	4,95	500	230	0,97	2,24	2,50	0,07	
A6	A6 0-A	4,80	200	230	1,00	0,87	1,50	0,04	0,07
	A6 A-Γ	5,40	100	230	1,00	0,43	1,50	0,02	
A7	A7 0-A	8,77	1000	230	0,97	4,48	2,50	0,23	0,31
	A7 A-B	5,63	500	230	0,97	2,24	2,50	0,07	
A8	A8 0-B	10,39	700	230	1,00	3,04	1,50	0,32	0,52
	A8 Β-Γ	1,58	500	230	1,00	2,17	1,50	0,05	
	A8 Γ-Δ	6,76	300	230	1,00	1,30	1,50	0,15	
	A8 Δ-E	17,06	100	230	1,00	0,43	1,50	0,23	
A9	A9 0-A	8,97	1600	230	0,97	7,17	2,50	0,38	0,68
	A9 A-B	0,92	1500	230	0,97	6,72	2,50	0,04	
	A9 Β-Γ	6,58	1000	230	0,97	4,48	2,50	0,17	
	A9 Γ-Δ	6,58	500	230	0,97	2,24	2,50	0,09	
A10	A10 0-Γ	9,82	500	230	0,97	2,24	1,50	0,22	0,32
	A10 Γ-Δ	1,49	300	230	0,97	1,34	1,50	0,02	
	A10 Δ-B	10,84	100	230	0,97	0,45	1,50	0,05	
	A10 Δ-E	3,65	200	230	0,97	0,90	1,50	0,03	
A11	A11	6,22	4000	230	1,00	17,39	4,00	0,41	0,41
A12	A12 0-A	4,86	200	230	1,00	0,87	1,50	0,04	0,09
	A12 A-B	10,39	100	230	1,00	0,43	1,50	0,05	
A13	A13	8,80	5600	230	1,00	24,35	6,00	0,54	0,54
A14	A14	5,90	500	230	0,97	2,24	2,50	0,08	0,08
A15	A15 0-A	11,30	1000	230	0,97	4,48	2,50	0,30	0,41
	A15 A-B	8,01	500	230	0,97	2,24	2,50	0,11	
A16	A16	5,80	2500	230	0,97	11,21	2,50	0,38	0,38

Πίνακας 2.2.7 Υπολογισμός πτώσης τάσης

Στην πρώτη στήλη του πίνακα 2.2.8 αναγράφονται τα τμήματα των γραμμών που υπολογίζεται η % πτώση τάσης τους. Στη δεύτερη στήλη του πίνακα παρουσιάζεται η % πτώση τάσης του αντίστοιχου τμήματος της κάθε γραμμής, με τον προσεγγιστικό τύπο:

$$\varepsilon\% = \frac{200 \cdot l \cdot I}{d \cdot K \cdot V} \cos\varphi$$

Όπου l , το μήκος της γραμμής σε (m)

I , η ένταση του ρεύματος που διαρρέει την γραμμή σε (A)

d , η διατομή του αγωγού σε(mm^2)

K , η ειδική αγωγιμότητα του χαλκού $57,1428 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2}$

V , η τάση του δικτύου σε (Volt)

$\cos\varphi$, ο συντελεστής ισχύος

ο τύπος αυτός δεν λαμβάνει υπόψη την επαγωγική αντίδραση των γραμμών και χρησιμοποιείτε σε γραμμές με χαμηλή τάση και με διατομές μικρότερες των 16mm^2 . Στην τρίτη στήλη του πίνακα αναγράφεται η συνολική % πτώση τάσης της κάθε γραμμής όπως υπολογίστηκε με τον παραπάνω προσεγγιστικό τύπο. Στην τέταρτη στήλη του πίνακα αναγράφεται η % πτώση τάσης του αντίστοιχου τμήματος της κάθε γραμμής, με τον ακριβές τύπο:

$$\varepsilon\% = 200 \cdot l \cdot \Psi' \cdot I \frac{\cos\varphi}{U}$$

Όπου l , το μήκος της γραμμής σε (m)

I , η ένταση του ρεύματος που διαρρέει την γραμμή σε (A)

V , η τάση του δικτύου σε (Volt)

$\cos\varphi$, ο συντελεστής ισχύος

Ψ' η ισοδύναμη αντίσταση ανά μονάδα μήκους, που είναι συνάρτηση της γραμμής και της γωνίας φ του συντελεστή ισχύος, όπου

$$\Psi' = R' + X' \cdot \tan\varphi$$

Όπου X' η επαγωγική αντίδραση της γραμμής ανά μονάδα μήκους η οποία δίνεται από τη σχέση:

$$X' = 0,028 \left(\ln \frac{D}{r} + 0,25 \right) \left(\frac{\text{m}\Omega}{\text{m}} \right),$$

όπου D , η απόσταση κέντρων αγωγών σε (m)

r , η ακτίνα αγωγών σε (mm^2)

Για τον παραπάνω τύπο θεωρήθηκε ότι οι μονωμένοι αγωγοί που βρίσκονται στο ίδιο κανάλι είναι σε επαφή μεταξύ τους και άρα ο λόγος $\frac{D}{r} = 2,5$. Για την τιμή αυτή έχει ληφθεί υπόψη και η μόνωση των αγωγών αυτών.

Όπου R' , η ωμική αντίσταση της γραμμής ανά μονάδα μήκους η οποία δίνεται από τη σχέση:

$$R' = \frac{1}{\kappa \cdot d}$$

Όπου d , η διατομή του αγωγού σε (mm^2)

κ , η ειδική αγωγιμότητα του χαλκού $57,1428 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2}$

Στην πέμπτη στήλη παρουσιάζεται η συνολική % πτώση τάσης της κάθε γραμμής όπως υπολογίστηκε με τον παραπάνω αναλυτικό τύπο. Τέλος στην έκτη στήλη δίνεται το σχετικό σφάλμα της συνολικής % πτώσης τάσης του προσεγγιστικού τύπου για την κάθε γραμμή. Από τον πίνακα 2.2.8 προκύπτει ότι ο προσεγγιστικός τύπος δίνει στην ουσία τα ίδια αποτελέσματα με τον αναλυτικό τύπο, αφού το σχετικό σφάλμα δεν ξεπερνάει το 0,26%!

Οι παραπάνω θεωρητικοί υπολογισμοί επαληθεύτηκαν και μέσω του προγράμματος ADAPT της 4M, όπου και η τελική μελέτη βρίσκεται ως παράτημα στην παρούσα πτυχιακή εργασία. Από την σύγκριση των αποτελεσμάτων των θεωρητικών υπολογισμών και του προγράμματος της 4M, διαπιστώνεται ταύτιση των αποτελεσμάτων, με μια μικρή απόκλιση στους υπολογισμών γραμμών φωτισμού με διακόπτες αλε-ρετούρ, λόγω εκ του ασφαλούς προσεγγίσεων των αποστάσεων στους θεωρητικούς υπολογισμούς.

Γραμμή	Τμήμα	Προσεγγιστική Πτώση τάσης ε%	Προσεγγιστική Συνολική Πτώση τάσης ε%	Ακριβής Πτώση τάσης ε%	Ακριβής Συνολική Πτώση τάσης ε%	Σχετικό Σφάλμα ε%
A1	A1 0-A	0,130605046	0,474783083	0,130947537	0,476028129	0,261548733
	A1 A-B	0,178109819		0,178576885		
	A1 B-Γ	0,166068219		0,166503707		
A2	A2 0-A	0,392388546	0,530227373	0,392388546	0,530227373	-2,09386E-14
	A2 A-B	0,017466936		0,017466936		
	A2 B-Γ	0,006528047		0,006528047		
	A2 Γ-Δ	0,094656679		0,094656679		
	A2 Δ-E	0,019187165		0,019187165		
A3	A3	0,460491954	0,460491954	0,461699523	0,461699523	0,261548733
A4	A4 0-B	0,038286113	0,131840081	0,038286113	0,131840081	0
	A4 B-H	0,093553969		0,093553969		
A5	A5 0-A	0,151962345	0,401130836	0,152360843	0,40218274	0,261548733
	A5 A-B	0,151380114		0,151777085		
	A5 B-Γ	0,032287367		0,032372036		
	A5 Γ-Δ	0,065501011		0,065672777		
A6	A6 0-A	0,042344088	0,066162637	0,042344088	0,066162637	-2,09753E-14
	A6 A-Γ	0,023818549		0,023818549		
A7	A7 0-A	0,232098531	0,30659766	0,232707173	0,307401665	0,261548733
	A7 A-B	0,074499129		0,074694492		
A8	A8 0-B	0,320800573	0,520347086	0,320800573	0,520347086	-2,13362E-14
	A8 B-Γ	0,034845656		0,034845656		
	A8 Γ-Δ	0,089451885		0,089451885		
	A8 Δ-E	0,075248973		0,075248973		
A9	A9 0-A	0,379826467	0,677558334	0,380822503	0,679335126	0,261548733
	A9 A-B	0,036521776		0,036617548		
	A9 B-Γ	0,174140061		0,174596716		
	A9 Γ-Δ	0,08707003		0,087298358		
A10	A10 0-Γ	0,216572365	0,316301514	0,216913122	0,316799185	0,15709359
	A10 Γ-Δ	0,019716466		0,019747488		
	A10 Δ-B	0,047813532		0,047888763		
	A10 Δ-E	0,03219915		0,032249812		
A11	A11	0,411531602	0,411531602	0,411531602	0,411531602	1,34889E-14
A12	A12 0-A	0,042873389	0,088702042	0,042873389	0,088702042	-1,56454E-14
	A12 A-B	0,045828653		0,045828653		
A13	A13	0,543415792	0,543415792	0,543415792	0,543415792	-2,04305E-14
A14	A14	0,078071912	0,078071912	0,078276643	0,078276643	0,261548733
A15	A15 0-A	0,299055119	0,405047664	0,299839345	0,406109839	0,261548733
	A15 A-B	0,105992545		0,106270494		
A16	A16	0,383743295	0,383743295	0,384749603	0,384749603	0,261548733

Πίνακας 2.2.8 πτώση τάσης και σχετικό σφάλμα

2.4 ΜΕΣΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

Τα μέσα προστασίας εφαρμόζονται σε μια ηλεκτρική εγκατάσταση για την προστασία των ανθρώπων και των εγκαταστάσεων από την πιθανή εμφάνιση σφαλμάτων. Σύμφωνα με το πρότυπο του ΕΛΟΤ HD 384, σε περιπτώσεις ανεπιθύμητων καταστάσεων, πρέπει να πετυχαίνεται η άμεση διακοπή της λειτουργίας της εγκατάστασης μέχρι την αποκατάσταση της συγκεκριμένης αστοχίας.

Τα μέτρα προστασίας επενεργούν σε ασυνήθεις καταστάσεις όπως π.χ. υπερφορτίσεις, υπερεντάσεις.

Η ασφαλής λειτουργία των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων προϋποθέτει την παροχή υψηλών απαιτήσεων προστασίας τόσο στην εγκατάσταση όσο και στους χρήστες της.

Τα βασικά μέσα προστασίας των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων είναι οι παρακάτω:

Διακόπτες (ηλεκτρικού πίνακα και τοίχου)

Οι διακόπτες είναι μέτρα μη αυτόματης απομόνωσης και διακοπής ηλεκτρικών κυκλωμάτων. Στις εσωτερικές ηλεκτρικές εγκαταστάσεις έχουν ως κύρια χρήση την σύνδεση και αποσύνδεση ηλεκτρικών κυκλωμάτων, καταναλώσεων, αλλά και ολόκληρης της ηλεκτρικής εγκατάστασης. Προβλέπεται λοιπόν μια διάταξη διακοπής και απομόνωσης των επιμέρους κυκλωμάτων ή ολόκληρης της εγκατάστασης με ικανότητα να διακόπτει το μέγιστο ρεύμα του κυκλώματος.

Τα είδη, ο τρόπος λειτουργίας και οι τυποποιημένες ονομαστικές τάσεις και εντάσεις των ραγοδιακοπών που χρησιμοποιούνται στις εσωτερικές ηλεκτρικές εγκαταστάσεις φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Είδος	Τρόπος λειτουργίας	Τυποποιημένες ονομαστικές τάσεις και εντάσεις					
		25A	32A	40A	-	-	-
Μονοπολικός	Διακοπή αγωγού φάσης	25A	32A	40A	-	-	-
		250V					
Διπολικός	Διακοπή αγωγού φάσης και ουδετέρου	25A	32A	40A	63A	80A	100A
		250/400V	250/400V	400V	400V	400V	400V
Τριπολικός	Διακοπή αγωγών τριών φάσεων	25A	32A	40A	63A	80A	100A
		400V					
Τετραπολικός	Διακοπή αγωγών τριών φάσεων και ουδετέρου	25A	32A	40A	63A	80A	100A
		400V					

Πίνακας 2.3.1-Είδη,λειτουργία και τυποποιημένες τιμές ραγοδιακοπών

Ασφάλειες (τήξης ή αυτόματες)

Οι ασφάλειες αποτελούν διατάξεις προστασίας μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης και έχουν σκοπό να προλαμβάνουν την έγκαιρη απόζευξη των ηλεκτρικών γραμμών στις οποίες θα εμφανιστεί κάποιο σφάλμα όπως βραχυκύκλωμα, υπερένταση ή υπερφόρτιση. Με την έγκαιρη απόζευξη της ηλεκτρικής γραμμής από την τήξη της ασφάλειας, σε περιπτώσεις σφάλματος προστατεύονται οι άνθρωποι, το περιβάλλον και η ηλεκτρική εγκατάσταση. Οι ασφάλειες τοποθετούνται στους αγωγούς της φάσης στην αρχή κάθε ηλεκτρικής γραμμής έτσι ώστε να ελέγχουν το συγκεκριμένο κύκλωμα στο οποίο έχουν τοποθετηθεί.

Οι ασφάλειες τήξης χωρίζονται σε κατηγορίες ανάλογα με το είδος του κυκλώματος που πρόκειται να προστατέψουν και χαρακτηρίζονται από δυο γράμματα η σημασία των οποίων φαίνεται παρακάτω.

Σειρά γράμματος	Χαρακτηρισμός	Γράμμα	Επεξήγηση
1ο	Είδος και τρόπος προστασίας της εγκατάστασης	a	Μερική και βραδεία προστασία μόνο από υψηλής τιμής ρεύματα
		g	Πλήρης και ταχεία προστασία σε όλη την περιοχή των ρευμάτων
2ο	Είδος του αντικειμένου που προστατεύεται από την ασφάλεια	L	Γραμμές οικιών, καλώδια
		M	Θερμικά
		R	Ημιαγωγοί
		B	Εγκαταστάσεις ορυχείων
		Tr	Μετασχηματιστές

Πίνακας 2.3.2 χαρακτηριστικά γράμματα ασφαλειών τήξης

Τα τυποποιημένα μεγέθη των ασφαλειών τήξης σύμφωνα με το καλώδιο που προστατεύουν είναι τα εξής :

Είδος φυσίγγιου	Χαρακτηριστικό μέγεθος	Ονομαστική ένταση φυσίγγιου						
		2A	4A	6A	10A	16A	20A	25A
Diazed	DII	2A	4A	6A	10A	16A	20A	25A
	DIII	35A	50A	63A				
	DIV	80A	100A					
Neozed	D01	2A	4A	6A	10A	16A		
	D02	20A	25A	35A	50A	63A		
	D03	80A	100A					

Πίνακας 2.3.3 είδη, μεγέθη και τυποποιημένες τιμές ασφαλειών τήξης

Οι αυτόματες ασφάλειες χαρακτηρίζονται από τις καμπύλες λειτουργίας τα χαρακτηριστικά των οποίων παραθέτουμε παρακάτω.

Χαρακτηρισμός Καμπύλης	εφαρμογή	Δυνατότητα διακοπής
Καμπύλη A	Προστασία γεννητριών, προσώπων και καλωδίων (σε TN και IT συστήματα γείωσης)	Υπερφόρτιση (θερμική προστασία) Βραχυκύκλωμα ($I_m = (3 \div 5) \cdot I_N$)
Καμπύλη C	Προστασία καλωδίων που τροφοδοτούν φορτία συνήθως εσωτερικών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων	Υπερφόρτιση (θερμική προστασία) Βραχυκύκλωμα ($I_m = (5 \div 10) \cdot I_N$)
Καμπύλη D	Προστασία καλωδίων που τροφοδοτούν τα φορτία με υψηλά ρεύματα μεταγωγής	Υπερφόρτιση (θερμική προστασία) Βραχυκύκλωμα ($I_m = (10 \div 14) \cdot I_N$)
Καμπύλη MA	Προστασία ηλεκτροκινητήρων	Υπερφόρτιση (θερμική προστασία) Βραχυκύκλωμα ($I_m = 12,5 \cdot I_N$)
Καμπύλη K	Προστασία καλωδίων που τροφοδοτούν φορτία με υψηλά ρεύματα μεταγωγής	Υπερφόρτιση (θερμική προστασία) Βραχυκύκλωμα ($I_m = (10 \div 14) \cdot I_N$)
Καμπύλη Z	Προστασία ηλεκτρονικών κυκλωμάτων	Υπερφόρτιση (θερμική προστασία) Βραχυκύκλωμα ($I_m = (2,4 \div 3,6) \cdot I_N$)

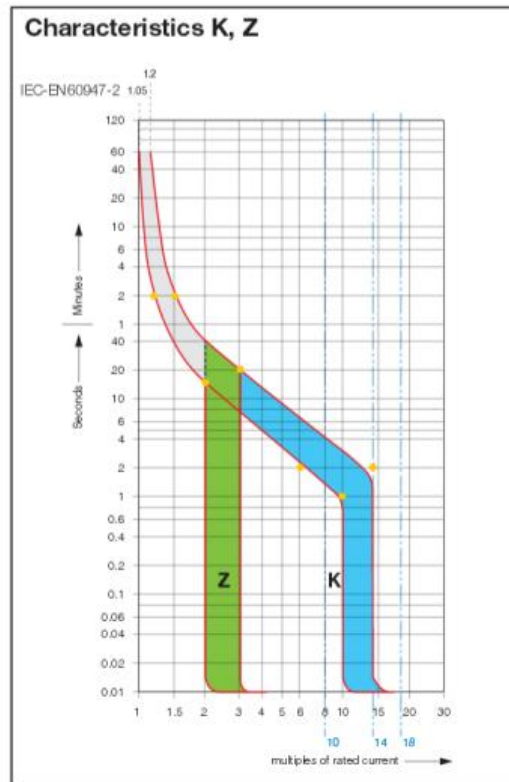
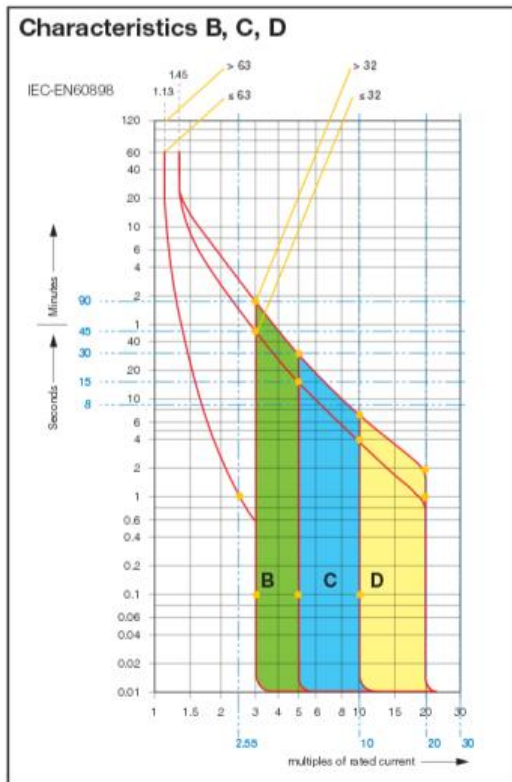
Πίνακας 2.3.4 καμπύλες λειτουργίας αυτόματων ασφαλειών

Μικροαυτόματοι

Οι μικροαυτόματοι είναι διατάξεις προστασίας που αποτελούνται από δύο μέρη. Το θερμικό στοιχείο, το οποίο δεν είναι τίποτε άλλο από ένα διμεταλλικό έλασμα όπου προστατεύει από υπερφορτίσεις και το ηλεκτρομαγνητικό στοιχείο όπου αποτελείται από ένα πηνίο που στο κέντρο του υπάρχει μεταλλικός πύρος και μας προστατεύει από βραχυκυκλώματα. Οι μικροαυτόματοι σε αντίθεση με τις ασφάλειες όταν κάνουν χειρισμό μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν. Οι μικροαυτόματοι χωρίζονται σε διάφορα είδη ανάλογα με το φορτίο που τροφοδοτούν. Υπάρχουν όπως φαίνεται στο σχήμα 2.1 οι κύριοι τύποι B, C, D, K και Z. Από το σχήμα αυτό φαίνεται επίσης ότι όσο αυξάνει το γράμμα τόσο αυξάνει και ο χρόνος ενέργειας των μικροαυτόματων (για ίδια ονομαστική τιμή) για το θερμικό μέρος και αυξάνει και η ένταση στην οποία ενεργεί το ηλεκτρομαγνητικό στοιχείο. Ο μικροαυτόματος είναι κατά κύριο λόγο το μέσο προστασίας των γραμμών αναχωρήσεων στις οικίες και συνήθως τύπου B και σε C σε κινητήρες π.χ. κλιματιστικό. Ο πίνακας *** παρουσιάζει τυπικούς μικροαυτόματους τύπου B και δίνει τα ρεύματα που δεν διακόπτουν και τα ρεύματα που διακόπτουν το κύκλωμα εντός μίας ώρας. Επίσης δίνει την πτώση τάσης του μικροαυτόματου και τις απώλειες του.



Σχήμα 2.1 μικροαυτόματος τύπου B



Σχήμα 2.2 χαρακτηριστική βασικών τύπων μικροαυτόματων

Όνομαστικό ρεύμα I_N σε A	Ρεύμα δοκιμής για μια ώρα		Δu_{max} για $0.9 \cdot I_1$ σε V	Ισχύς απωλειών	
	μικρό (δεν ενεργεί) I_1 σε A	Μεγάλο (ενεργεί) I_2 σε A		P_V για $0.9 \cdot I_1$ σε W	P_V για I_n σε W
4	6,0	8,4	0.8	4,3	2,4
6	9,0	11,4	0.8	6,5	3,6
8	12,0	15,2	0.65	7,0	3,8
10	15,0	19,0	0.65	8,3	4,8
12	16,8	21,0	0.55	8,8	5,2
16	22,4	28,0	0.53	11,1	7,0
20	28,0	35,0	0.52	13,1	8,3
25	35,0	43,75	0.50	15,8	9,9
32	41,5	51,2	0.49	18,3	13,4
35	45,5	56,0	0.48	19,7	14,4
40	52,0	64,0	0.47	22,0	16,1
50	65,0	80,0	0.45	26,3	19,2
63	82,0	100,8	0.44	32,5	23,7

Πίνακας 2.3.5 τεχνικά χαρακτηριστικά μικροαυτόματων

Διακόπτης διαφυγής έντασης (Δ.Δ.Ε)

Ο διακόπτης διαφυγής έντασης έχει σκοπό το άνοιγμα των επαφών του όταν το διαφορικό ρεύμα φθάσει ή υπερβεί μία προκαθορισμένη τιμή υπό προδιαγεγραμμένες συνθήκες. Η διάταξη προστασία διαφορικού ρεύματος πρέπει να λειτουργεί ανεξάρτητα από την τάση της γραμμής και να εξασφαλίζει την απόζευξη όλων των ενεργών αγωγών του προστατευμένου κυκλώματος. Κατά την χρησιμοποίηση του διακόπτη διαφυγής έντασης σύμφωνα με τον HD 384.531.2.1.3 πρέπει να μην προκαλούνται ανεπιθύμητες αποζεύξεις και να μην επηρεάζονται από ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές. Η λειτουργία τους βασίζεται στην σύγκριση των εντάσεων των ρευμάτων που διαρρέουν τους αγωγούς τροφοδοσίας της ηλεκτρικής εγκατάστασης με γείωση.

Ο διακόπτης διαφυγής έντασης διακρίνεται ανάλογα με τον αριθμό των πόλων (διπολικοί, τετραπολικοί), με το ρεύμα του κυκλώματος που προστατεύουν (τύπου AC ή A ή B) και με το χρόνο διακοπής (άμεσου τύπου ή λειτουργία με καθυστέρηση).

Παρακάτω φαίνονται οι τυποποιημένες τιμές των διακοπών διαφυγής έντασης .

Τύπος	Είδος	Ευαισθησία	Ονομαστική ένταση (A)				
AC	Διπολικός (1 φάση & ουδέτερος)	30mA	25	40	63	80	100
		300mA	-	40	63	80	100
	Τετραπολικό (3 φάσεις & ουδέτερος)	30mA	25	40	63	80	100
		300mA	-	40	63	80	100
		500mA	-	40	63	80	100
A	Διπολικός (1 φάση & ουδέτερος)	30mA	-	40	63	-	-
		300mA	-	40	63	-	-
	Τετραπολικός (3 φάσεις & ουδέτερος)	30mA	-	40	63	80	100
		300mA	-	40	63	80	100
B	Τετραπολικός (3 φάσεις & ουδέτερος)	30mA	-	40	63	-	-
		300mA	-	40	63	-	-

Πίνακας 2.3.5 είδη, ευαισθησία και τυποποιημένες τιμές Δ.Δ.Ε.

Προστατευτικά υπερτάσεων

Τα προστατευτικά υπερτάσεων προστατεύουν την ηλεκτρική εγκατάσταση από τις υπερτάσεις που μπορεί να μεταφερθούν σ' αυτή από την πτώση κεραυνών σε κοντινή περιοχή. Εκτός από τους κεραυνούς μας προστατεύουν από υπερτάσεις που μπορεί να δημιουργηθούν από ζεύξεις και αποζεύξεις διακοπών ισχύος και παρασιτικές διαταραχές που δημιουργούνται στο δίκτυο από ηλεκτροσυγκολλήσεις, ηλεκτρονικών λυχνιών κ.α.

Εξασφαλίζουν την προστασία των ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών συσκευών από τις υπερτάσεις πολύ μικρής χρονικής διάρκειας και πολύ μεγάλης τιμής τάσης.

Τα προστατευτικά υπέρτασης υπάρχουν σε δύο τύπους, με ενσωματωμένα φυσίγγια και με αποσπώμενα φυσίγγια και χωρίζονται σε μονοφασικά και τριφασικά ανάλογα με το είδος του δικτύου που θα χρησιμοποιηθούν.

Πρέπει να σημειωθεί ότι με βάση τον HD 384, θα πρέπει η ονομαστική τιμή του μέσου προστασίας να είναι μεγαλύτερη ή ίση από την μέγιστη ένταση που διαρρέει την γραμμή και μικρότερη ή ίση από την μέγιστη ένταση της διατομής της γραμμής! Επίσης στις σταθερές συσκευές (π.χ. κουζίνα, θερμοσίφωνα) υποχρεωτικά θα πρέπει να διακόπτεται και ο ουδέτερος και αυτό επιτυγχάνεται με διπολικό διακόπτη ΝΑ. Ο διακόπτης διαφυγής έντασης είναι υποχρεωτικός και μπαίνει μετά το κεντρικό μέσο προστασίας αφού δεν θεωρείται κύριο μέσο προστασίας.

Με βάση τα παραπάνω, στην εγκατάστασή μας τα μέσα προστασίας που θα χρησιμοποιήσουμε είναι τα εξής:

Γενικός πίνακας

Γραμμή Νο1: Μονοπολική αυτόματη ασφάλεια 16Α (B)

Γραμμή Νο2: Μονοπολική αυτόματη ασφάλεια 16Α (B)

Γραμμή Νο3: Μονοπολική αυτόματη ασφάλεια 10Α (B)

Γραμμή Νο4: Μονοπολική αυτόματη ασφάλεια 16Α (B)

Γραμμή Νο5: Μονοπολική αυτόματη ασφάλεια 25Α (B),

Διπολικός διακόπτης 2x40Α

Γραμμή Νο6: Μονοπολική αυτόματη ασφάλεια 10Α (B)

Γραμμή Νο7: Μονοπολική αυτόματη ασφάλεια 16Α (B)

Γραμμή Νο8: Μονοπολική αυτόματη ασφάλεια 10Α (B)

Γραμμή Νο9: Μονοπολική αυτόματη ασφάλεια 16Α (B)

Γραμμή Νο10: Μονοπολική αυτόματη ασφάλεια 20Α (B),

Διπολικός διακόπτης 2x40A

Γραμμή Νο11: Μονοπολική αυτόματη ασφάλεια 10A (B)

Γραμμή Νο12: Μονοπολική αυτόματη ασφάλεια 16A (B)

Γραμμή Νο13: Μονοπολική αυτόματη ασφάλεια 10A (B)

Γραμμή Νο14: Μονοπολική αυτόματη ασφάλεια 16A (B)

Γραμμή Νο15: Μονοπολική αυτόματη ασφάλεια 10A (B)

Γραμμή Νο16: Μονοπολική αυτόματη ασφάλεια 16A (B)

Για την απομόνωση του γενικού πίνακα θα χρησιμοποιήσουμε ένα τετραπολικό διακόπτη 4x40A

Για την προστασία των αγωγών θα εγκαταστήσουμε τρεις ασφάλειες τήξης (gL, Neozed, D02), 35A η κάθε μια.

Για την προστασία έναντι των διαφορικών ρευμάτων θα χρησιμοποιήσουμε τετραπολικό διακόπτη διαφυγής έντασης 4x40A, ευαισθησίας 30mA, τύπου A.

Ο πίνακας 2.3.6 δείχνει συγκεντρωτικά ανά γραμμή, τα τελικά αποτελέσματα της ηλεκτρολογικής μελέτης.

Γραμμή	Είδος φορτίου	Διατομή [mm ²]	Μέγιστη ένταση γραμμής [A]	Μέγιστη Επιτρεπόμενη Ένταση για θ=35°C [A]	Μικροαυτοί [A]
No1	Ρευματοδότης	2,5	11,21	18,3	16
No2	2 ρευματοδότες	2,5	4,48	18,3	16
No3	4 φωτ, 2πολύφωτα	1,5	3,51	13,6	10
No4	Ρευματοδότης	2,5	2,24	18,3	16
No5	Ηλ. κουζίνα	6	24,35	32	25
No6	2 φωτιστικά	1,5	0,88	13,6	10
No7	3ρευματ,απορροφ.	2,5	8,07	18,3	16
No8	2 φωτιστικά	1,5	0,88	13,6	10
No9	3 ρευματοδότες	2,5	6,72	18,3	16
No10	Ρευματοδότης	2,5	4,48	18,3	16
No11	Ηλ.Θερμοσίφωνας	4	17,39	24,4	20
No12	1 φωτ,2 ρευματοδ.	1,5	2,24	13,6	10
No13	4 ρευματοδότες	2,5	7,17	18,3	16
No14	3 φωτ,2 ρευματοδ	1,5	3,07	13,6	10
No15	2 ρευματοδότες	2,5	4,48	18,3	16
No16	2 φωτιστικά	1,5	0,88	13,6	10

Πίνακας 2.3.6 μέσα προστασίας όλων των γραμμών

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

- 3.1 Μελέτη αυτόνομης ηλεκτρολογικής εγκατάστασης
- 3.2 Υπολογισμός μέσης ημερήσιας κατανάλωσης
- 3.3 Επιλογή μπαταριών
- 3.4 Επιλογή φωτοβολταϊκών πλαισίων
- 3.5 Επιλογή του ρυθμιστή φόρτισης
- 3.6 Επιλογή αυτόνομου μετατροπέα
- 3.7 Επιλογή ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους
- 3.8 οικονομοτεχνική μελέτη

3.1 ΜΕΛΕΤΗ ΑΥΤΟΝΟΜΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Σε αυτό το κεφάλαιο πραγματοποιείτε ηλεκτρολογική μελέτη αυτόνομου υβριδικού συστήματος που τροφοδοτεί την εξοχική κατοικία. Λόγω του μεγάλου κόστους εγκατάστασης του υβριδικού συστήματος διάφορες ενεργοβόρες συσκευές όπως είναι π.χ. η ηλεκτρική κουζίνα και ηλεκτρικός θερμοσίφοντας αντικαταστάθηκαν με κουζίνα υγραερίου και ηλιακό θερμοσίφωνα. Έτσι επιτυγχάνεται μείωση της συνολικής ηλεκτρικής ισχύς και μείωση της ζητούμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Η εκπόνηση της οικονομοτεχνικής μελέτης έγινε με αφορμή ότι η εξοχική κατοικία δεν καλύπτεται από δίκτυο του ΔΕΔΔΗΕ. Θεωρείται το κόστος παροχής για την σύνδεση μεταξύ της κατοικίας με το δίκτυο του ΔΕΔΔΗΕ ξεπερνάει κατά πολύ το κόστος εγκατάστασης του υβριδικού συστήματος. Το αυτόνομο υβριδικό σύστημα θα παρέχει ενέργεια στην οικία από φωτοβολταϊκά πλαίσια, από ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος και από συσσωρευτές.

Συγκεκριμένα το αυτόνομο υβριδικό σύστημα αποτελείται από:

Τις Συστοιχίες φωτοβολταϊκών πλαισίων όπου μετατρέπουν την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρική ενέργεια

Τους ηλεκτρικούς συσσωρευτές (μπαταρίες) διότι απαιτείτε η αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας, αφού η παραγωγή της με την κατανάλωση δεν συμπίπτουν πάντα χρονικά.

Το ρυθμιστή φόρτισης που φροντίζει για την σωστή φόρτιση των συσσωρευτών

Τον αντιστροφέα (inverter) για την μετατροπή της συνεχούς τάσης σε εναλλασσόμενη για να συνδεθούν τα φορτία

Το ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών όταν δεν επαρκεί η ηλεκτρική ενέργεια από τα φωτοβολταϊκά

Τα καλώδια για την σύνδεση όλων των στοιχείων του συστήματος

Τα μέσα προστασίας για την ασφάλεια του συστήματος

3.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΣΗΣ ΗΜΕΡΗΣΙΑΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ

Παρακάτω γίνεται πλήρη ηλεκτρολογική μελέτη της εγκατάστασης.

Βασικό στοιχείο για τη διεξαγωγή της ηλεκτρολογικής μελέτης είναι η γνώση της εγκατεστημένης ισχύς και της μέσης ημερήσιας καταναλισκόμενης ενέργειας. Για το λόγο αυτό υπολογίζεται παρακάτω η μέση ημερήσια κατανάλωση όλων των φορτίων που απαιτεί η εγκατάστασή. Εξαιτίας των διαφορετικών φορτίων κατά τη θερινή και χειμερινή περίοδο υπολογίζονται για τις δύο αυτές περιόδους η μέση ημερήσια κατανάλωση και η ισχύς, οι οποίες αναλυτικά παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες:

Για τη χειμερινή περίοδο:

Οικιακές συσκευές	Πλήθος οικιακών συσκευών	Ισχύς [W]	Ισχύς[kW]	Διάρκεια σε [λεπτά]/ημέρα	Συχνότητα/εβδομάδα [ημέρες]	[KWh]
Ψυγείο	1	150	0,15	360	7	0,9
Τηλεόραση	2	200	0,2	360	7	2,4
Πλυντήριο πιάτων	1	800	0,8	75	3	0,428571429
Πλυντήριο ρούχων	1	800	0,8	60	2	0,228571429
Ηλ. σίδερο	1	2400	2,4	40	2	0,457142857
Ηλ. σκούπα	1	2000	2	20	2	0,19047619
H/Y	1	350	0,35	240	7	1,4
Ηλεκτρονικές συσκευές(standby)	1	20	0,02	1440	7	0,48
Κυκλοφορητής	1	100	0,1	360	7	0,6
Συναγερμός	1	30	0,03	1440	7	0,72
Ηλ. Πιστολάκι μαλλιών	1	2000	2	15	4	0,285714286
Air-conditions	3	600	0,6	0	0	0
Τοστιέρα	1	750	0,75	15	7	0,1875
Φωτισμός	9	11	0,011	360	7	0,594
Εξ. Φωτισμός	2	15	0,015	720	7	0,36
Απορροφητήρας	1	350	0,35	90	7	0,525
Κουζινακι-ψησταριά	1	1500	1,5	60	3	0,642857143
Συνολική Ενέργεια [kWh/day]	10,39983333					
Συνολική Ισχύς [kW]	Εγκατεστημένη ισχύς * συντελεστή ταυτοχρονισμού= 12,076*0,35= 4226,25					

Πίνακας 3.1 μέσης ημερήσιας κατανάλωσης και ισχύος κατά την χειμερινή περίοδο

Από τον παραπάνω πίνακα φαίνεται ότι η μέση ημερήσια καταναλισκόμενη ενέργεια κατά την χειμερινή περίοδο ανέρχεται περίπου σε 10,4kWh. Η μέγιστη ισχύς που μπορεί να λειτουργήσει κατά την χειμερινή περίοδο ανέρχεται περίπου σε 4,23kW. Η τιμή αυτή βρέθηκε από το γινόμενο της εγκατεστημένης ισχύς της εγκατάστασης επί τον συντελεστή ταυτοχρονισμού. Ο συντελεστής ταυτοχρονισμού είναι ένας συντελεστής που παίρνει τιμές από το μηδέν (δεν λειτουργεί κανένα φορτίο) έως το ένα (όλα τα φορτία σε ταυτόχρονη λειτουργία). Ο συντελεστής αυτός εξαρτάται από το είδος της εγκατάστασης (π.χ. οικία, νοσοκομείο) και τον τρόπο χρήσης των συσκευών. Στην περίπτωση μας κρίνεται σκόπιμο ο συντελεστής ταυτοχρονισμού να πάρει χαμηλή τιμή δηλαδή οι συσκευές να λειτουργούν όσο το δυνατόν σε διαφορετικούς χρόνους για την βέλτιστη λειτουργία του υβριδικού συστήματος.

Η ευσυνείδητη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας σε υβριδικά συστήματα επιτυγχάνετε κατά κύριο λόγο βάση των παρακάτω κανόνων

- Ενεργοβόρες συσκευές σε λειτουργία σε μέρες με εντολή ηλιοφάνεια κατά τις μεσημβρινές ώρες και έχοντας πλήρως φορτισμένους τους συσσωρευτές (π.χ. βάζουμε πλυντήριο).
- Αποφυγή ενεργοβόρων συσκευών κατά τις νυκτερινές και μη ηλιόλουστες μέρες, ιδίως κατά τους χειμερινούς μήνες (π.χ. δεν βάζουμε πλυντήριο όταν βρέχει ή όταν έχει συννεφιά).
- Αποφυγή πολλών ενεργοβόρων φορτίων ταυτόχρονα ιδίως τις βραδινές ώρες. (μείωση του συντελεστή ταυτοχρονισμού της εγκατάστασης, μείωση του ρυθμού εκφόρτισης των μπαταριών και αύξηση της αποδιδόμενης ενέργειας της μπαταρίας)

Για τη θερινή περίοδο:

Οικιακές συσκευές	Πλήθος οικιακών συσκευών	Ισχύς [W]	Ισχύς[kW]	Διάρκεια σε [λεπτά]/ημέρα	Συχνότητα/εβδομάδα [ημέρες]	[KWh]
Ψυγείο	1	150	0,15	660	7	1,65
Τηλεόραση	2	200	0,2	360	7	2,4
Πλυντήριο πιάτων	1	800	0,8	75	3	0,428571429
Πλυντήριο ρούχων	1	800	0,8	60	2	0,228571429
Ηλ. σίδερο	1	2400	2,4	40	2	0,457142857
Ηλ. σκούπα	1	2000	2	20	2	0,19047619
H/Y	1	350	0,35	240	7	1,4
Ηλεκτρονικές συσκευές(standby)	1	20	0,02	1440	7	0,48
Κυκλοφορητής	1	100	0,1	0	0	0
Συναγερμός	1	30	0,03	1440	7	0,72
Ηλ. Πιστολάκι μαλλιών	1	2000	2	15	4	0,285714286
Air-conditions	3	600	0,6	360	7	10,8
Τοστιέρα	1	750	0,75	15	7	0,1875
Φωτισμός	9	11	0,011	240	7	0,396
Εξ. Φωτισμός	2	15	0,015	360	7	0,18
Απορροφητήρας	1	350	0,35	90	7	0,525
Κουζίνακι-ψησταριά	1	1500	1,5	60	3	0,642857143
Συνολική Ενέργεια [kWh]	20,97183333					
Συνολική Ισχύς [kW]	Εγκατεστημένη ισχύς * συντελεστή ταυτοχρονισμού= 12,076*0,35= 4226,25					

Πίνακας 3.2 μέσης ημερήσιας κατανάλωσης κατά την θερινή περίοδο

Ο υπολογισμός της μέσης ημερήσιας κατανάλωσης γίνεται για να βρεθεί η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των Φ/Β στοιχείων, ώστε να καλυφτούν οι ανάγκες ηλεκτρικής ενέργειας της εγκατάστασης. Η ενέργεια που χρειάζεται να παραχθεί από τα Φ/Β δεν θα πρέπει να είναι μικρότερη από την συνολική μέση ημερήσια κατανάλωση που υπολογίστηκε παραπάνω, δηλαδή δεν θα πρέπει να είναι μικρότερη των 10,4kWh την χειμερινή περίοδο και των 20,97kWh τη θερινή.

Για την περιοχή του Αιγίου λαμβάνοντας υπόψη τον συντελεστή που μας δίνει την μέση παραγόμενη ενέργεια ανά kW εγκατεστημένου Φ/Β, παρατηρούμε ότι ο συντελεστής αυτός δεν είναι σταθερός αλλά μεταβάλλεται κατά το έτος.

Για τον μήνα Ιανουάριο, ο συντελεστής παίρνει την τιμή των $2,2 \frac{kWh}{kW}$, για Φ/Β πολυκρυσταλλικά πλαίσια, με νότιο προσανατολισμό και γωνία 35° .

Και για τον μήνα Ιούνιο, ο συντελεστής παίρνει την τιμή των $6,2 \frac{kWh}{kW}$, για Φ/Β πολυκρυσταλλικά πλαίσια, με νότιο προσανατολισμό και γωνία 35° .

Έτσι για την εύρεση της εγκατεστημένης ισχύς του Φ/Β θα εφαρμοστεί ο παρακάτω τύπος δύο φορές:

Για τη χειμερινή περίοδο με $2,2 \frac{kWh}{kW}$ παραγόμενη ημερήσια ενέργεια ανά 1 kW φωτοβολταϊκού

$$\text{Ισχύς } \Phi/B = \frac{10,40kWh}{2,2 \frac{kWh}{kW}} = 4,72kW \cong 5kW$$

Όπου

10,40kWh = η μέση ημερήσια κατανάλωση που χρειάζεται η εγκατάσταση το χειμώνα

$2,2 \frac{kWh}{kW}$ = η μέση παραγόμενη ενέργεια που παράγεται από φωτοβολταϊκό ισχύος 1kW το χειμώνα

5kW = η ισχύς του φωτοβολταϊκού συστήματος για να αποδίδει τον χειμώνα την μέση ημερήσια ενέργεια των 10kWh.

Για την θερινή περίοδο με $6,2 \frac{kWh}{kW}$ παραγόμενη ημερήσια ενέργεια ανά 1 kW φωτοβολταϊκού

$$\text{Ισχύς } \Phi/B = \frac{21,97 \text{ kWh}}{6,2 \frac{\text{kWh}}{\text{kW}}} = 3,54 \text{ kW} \cong 4 \text{ kW}$$

Όπου:

21,97 kWh = η μέση ημερήσια κατανάλωση που χρειάζεται η εγκατάσταση το καλοκαίρι

$6,2 \frac{\text{kWh}}{\text{kW}}$ = η μέση παραγόμενη ενέργεια που παράγεται από φωτοβολταϊκό ισχύος 1 kW το καλοκαίρι

4 kW = η ισχύς του φωτοβολταϊκού συστήματος για να αποδίδει το καλοκαίρι την μέση ημερήσια ενέργεια των 10 kWh.

Από τα παραπάνω παρατηρείται ότι για μεν το χειμώνα η απαιτούμενη ισχύς του Φ/B ανέρχεται σε 5 kW για ημερήσια κατανάλωση των 10,40 kWh, ενώ αντίστοιχα το καλοκαίρι σε 4 kW για ημερήσια κατανάλωση των 21,97 kWh!

Η ισχύς του Φ/B ανέρχεται στην μέγιστη ισχύ των δύο περιπτώσεων, δηλαδή στα 5 kW.

3.3 ΕΠΙΛΟΓΗ ΜΠΑΤΑΡΙΩΝ

Απαραίτητο στοιχείο στα αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα είναι οι επαναφορτιζόμενες μπαταρίες. Οι μπαταρίες αποθηκεύουν ενέργεια την ημέρα από το Φ/B και την αποδίδουν τις νυκτερινές ώρες ή σε περιόδους μη ηλιοφάνειας, γενικά σε περιπτώσεις που η ζητούμενη ενέργεια είναι μεγαλύτερη από την παραγόμενη. Οι συνήθεις τύποι επαναφορτιζόμενων μπαταριών που υπάρχουν στην αγορά είναι οι μπαταρίες μολύβδου-οξέος, νικελίου-καδμίου, νικελίου-υδριδίου μετάλλου και ιόντων λιθίου. Από αυτές μόνο οι πρώτες χρησιμοποιούνται στα αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα ενώ οι υπόλοιπες χρησιμοποιούνται κυρίως σε μικρές συσκευές.

Μια μπαταρία μολύβδου-οξέος είναι γεμάτη με αραιωμένο θειικό οξύ (H_2SO_4) που λειτουργεί ως ηλεκτρολύτης. Μέσα στον ηλεκτρολύτη υπάρχουν τοποθετημένες δύο πλάκες αντίθετης πολικότητας που λειτουργούν ως ηλεκτρόδια. Αυτές αποτελούνται από το ενεργό υλικό και το πλέγμα. Το ενεργό υλικό προσφέρει την επιφάνεια στην οποία γίνεται η ηλεκτροχημική αντίδραση και είναι ουσιαστικά η αποθήκη ενέργειας, ενώ το πλέγμα είναι ένα πλαίσιο από κράμα μολύβδου και είναι καλός αγωγός του ηλεκτρικού ρεύματος. Για την αποφυγή αλώγιμης επαφής του θετικού ηλεκτροδίου με το αρνητικό χρησιμοποιείται ένα απομονωτικό μέσο το οποίο

ονομάζεται "διαχωριστής". Τέλος στην μπαταρία υπάρχουν πόλοι, δηλαδή οι εξωτερικές ηλεκτρικές συνδέσεις της.

Μια μπαταρία για να μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα πρέπει να πληροί κάποια χαρακτηριστικά:

- Καλή αναλογία τιμής – απόδοσης
- Μικρές απαιτήσεις για συντήρηση
- Αρκετά μεγάλη διάρκεια ζωής (να έχουν μεγάλο βάθος εκφόρτισης, πολλούς κύκλους ζωής)
- Χαμηλή αυτοεκφόρτιση και υψηλή ενεργειακή απόδοση
- Ικανότητα φόρτισης με μικρά ρεύματα φόρτισης
- Δυνατότητα ανακύκλωσης
- Ανθεκτικότητα σε δονήσεις

Για συστήματα όπως αυτό που μελετάται όπου τα φωτοβολταϊκά εγκαθίστανται σε μόνιμη κατοικία προτείνονται μπαταρίες τύπου OPzS και OPzV. Οι πρώτες είναι μπαταρίες ανοικτού τύπου και ο ηλεκτρολύτης τους είναι σε υγρή μορφή. Έτσι κατά τη φόρτισή τους γίνεται ηλεκτρόλυση και παράγονται αέρια υδρογόνου και οξυγόνου. Οπότε θα πρέπει να τοποθετούνται σε καλά αεριζόμενους χώρους. Επίσης πρέπει να συντηρούνται κάθε 0,5 έως 3 χρόνια. Αντίθετα οι μπαταρίες τύπου OPzV είναι κλειστού τύπου, δηλαδή ο ηλεκτρολύτης τους είναι σε μορφή ζελέ και δεν υπάρχει κίνδυνος διαρροής αερίων. Επιπλέον δε χρειάζονται συντήρηση, ωστόσο είναι πιο ακριβές από τις αντίστοιχες μπαταρίες ανοικτού τύπου.

Ένα άλλο χαρακτηριστικό των μπαταριών είναι η διάρκεια ζωής τους που μετριέται σε κύκλους. Κατά τη διαδικασία της εκφόρτισης γίνονται κάποιες χημικές αντιδράσεις με αποτέλεσμα να μειώνεται η ποσότητα του ηλεκτρολύτη. Αυτή η χημική αλλαγή ανατρέπεται όταν η μπαταρία επαναφορτίζεται, όμως η διαδικασία δεν είναι πλήρως αναστρέψιμη και η χωρητικότητα της μπαταρίας μειώνεται. Η μείωση αυτή είναι μεγαλύτερη όσο βαθύτερη είναι η εκφόρτισή της. Έτσι η διάρκεια ζωής της μεταβάλλεται με το βάθος της εκφόρτισής της. Οι μπαταρίες που αναφέραμε παραπάνω για βάθος εκφόρτισης 50% έχουν διάρκεια ζωής περίπου 3500 κύκλους, ενώ φτάνουν τους 5000 κύκλους όταν εκφορτίζονται 45%.

Καθώς η μπαταρία φορτίζει η τάση αυξάνεται. Για την προστασία της ο κατασκευαστής πρέπει να ορίσει ένα άνω όριο, την τάση διακοπής φόρτισης (charge cut-off voltage). Ομοίως και κατά την εκφόρτισή της η τάση μειώνεται, οπότε ορίζει ένα κάτω όριο, την τάση διακοπής εκφόρτισης (discharge cut-off voltage). Έτσι έχει οριστεί το επιτρεπτό βάθος εκφόρτισης της μπαταρίας. Ο έλεγχος ώστε η τάση της μπαταρίας να κυμαίνεται μεταξύ των ορίων αυτών γίνεται από το ρυθμιστή φόρτισης.

Από τα παραπάνω φαίνεται επίσης ότι η στάθμη φόρτισης της μπαταρίας μπορεί να προσδιοριστεί από την τάση της (τάση ανοιχτού κυκλώματος).

Η χωρητικότητα της μπαταρίας είναι η ποσότητα της ηλεκτρικής ενέργειας που μπορεί να εκφορτιστεί κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες. Δεν είναι σταθερή αλλά μεταβάλλεται με τη θερμοκρασία, το ρεύμα εκφόρτισης και την τάση διακοπής εκφόρτισης. Επίσης μεταβάλλεται με την αλλαγή της θερμοκρασίας με διαφορετικό τρόπο για κάθε μπαταρία. Έτσι κάθε κατασκευαστής δίνει τα τεχνικά χαρακτηριστικά.

Your benefits:

- > **Excellent cycling performance** – 800 cycles at 60% Depth of Discharge C_{10} (at 20 °C)
- > **dryfit Gel** – VRLA technology
- > **Lowest energy consumption** – saving costs
- > **Robust design** – resilient in harsh conditions
- > **Proof against deep discharge** – greater long-term energy delivery
- > **Completely recyclable** – low CO₂ footprint



Σχήμα 3.1. Τεχνικά χαρακτηριστικά συσσωρευτή ανοιχτού τύπου

Η χωρητικότητα των μπαταριών εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το ρυθμό εκφόρτισής τους και άρα από τα ρεύμα εκφόρτισής τους. Γενικά όταν οι συσσωρευτές εκφορτίζονται αργά με μικρά ρεύματα εκφόρτισης μπορούν να δώσουν περισσότερη ενέργεια από όταν εκφορτίζονται γρήγορα με μεγάλο ρεύμα. Συνήθως οι κατασκευαστές ορίζουν τη χωρητικότητα για ρυθμό εκφόρτισης C_{10} που αντιστοιχεί σε ρεύμα $1/10$ των Ah της μπαταρίας. Έτσι μια μπαταρία των 230Ah μπορεί να εκφορτίζεται με ρεύμα $230/10 = 23,0A$ για 10 ώρες.

Σύμφωνα με τα παραπάνω ο τύπος της μπαταρίας που επιλέγουμε είναι OPzV (κλειστού τύπου). Θα επιλέξουμε από την εταιρεία GNB INDUSTRIAL POWER η οποία έχει μεγάλο εύρος χωρητικότητας (294-3919Ah) και διαθέσιμα στοιχεία των 12V το καθένα. Το βάθος εκφόρτισής τους ορίζεται στο 60%

Ο υπολογισμός της απαιτούμενης χωρητικότητας των συσσωρευτών γίνεται με βάση την ημερήσια απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια καθώς και το πόσες ημέρες αυτονομίας θέλουμε. Θεωρούμε ότι για τη συγκεκριμένη εγκατάσταση χρειάζεται μια ημέρα αυτονομίας για καλοκαίρι ($1 \cdot 20,97 \text{kWh} = 20,97 \text{kWh}$) ή δύο μέρες αυτονομίας το χειμώνα ($2 \cdot 10,4 \text{kWh} = 20,8 \text{kWh}$). Έτσι θα υπολογίσουμε τη χωρητικότητα των μπαταριών ώστε να καλύπτεται το παραπάνω φορτίο. Για την περίπτωση που η μη ηλιοφάνεια κρατήσει περισσότερο από 2 μέρες το χειμώνα ή μία μέρα το καλοκαίρι, το ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος θα συμπληρώσει την απαιτούμενη ενέργεια. Όπως υπολογίστηκε παραπάνω, η απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια για δύο τυπικές ημέρες του μήνα Ιανουαρίου είναι $2 \cdot 10,4 \text{kWh} = 20,4 \text{kWh}$ και η αντίστοιχη για μία τυπική ημέρα ενός θερινού μήνα είναι $20,97 \approx 21 \text{kWh}$. Για τον προσδιορισμό του μεγέθους των μπαταριών θα επιλεγεί το φορτίο των 21kWh .

Η ενέργεια που δίνεται κατά την εκφόρτιση των συσσωρευτών, φτάνει μειωμένη στο φορτίο λόγω απωλειών όπως π.χ. οι απώλειες του αντιστροφέα. Ο αντιστροφέας που επιλέχτηκε, έχει βαθμό απόδοσης 95% (η επιλογή του προσδιορίζεται παρακάτω). Άρα:

$$E_{\text{battery}} = \frac{21 \text{kWh}}{0.95} = 22,11 \text{kWh}$$

Ο συσσωρευτής έχει επιτρεπόμενο βάθος εκφόρτισης 60%. Επομένως η χωρητικότητα που πρέπει να έχει για την απόδοση των $22,11 \text{kWh}$ ανέρχεται σε:

$$E_{\text{battery}} = \frac{22.11 \text{kWh}}{0,6} = 36,85 \text{kWh}$$

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι για την απόδοση των 21kWh , θα πρέπει οι συσσωρευτές με βάθος εκφόρτισης 60%, και βαθμό απόδοσης αντιστροφέα 95%, να έχουν χωρητικότητα $36,85 \text{kWh}$.

Η μέτρηση της χωρητικότητας των συσσωρευτών γίνεται σε Ah. Επειδή όμως μέχρι τώρα έχουμε υπολογίσει την ενέργεια σε kWh πρέπει να αποφασίσουμε ποια θα είναι η τάση του συστήματος. Συνήθως τα αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα λειτουργούν σε τάση 12V, 24V ή 48V. Αρχικά θα επισημάνουμε ότι όσο μεγαλύτερη είναι η τάση τόσο μικρότερο είναι το ρεύμα και επομένως τόσο μικρότερες οι ωμικές απώλειες. Η τάση του συστήματος επιλέχτηκε να είναι 48V με συσσωρευτές των 12V. Άρα η χωρητικότητα μίας μπαταρίας σε Ah είναι:

$$\frac{36.85kWh}{12V} = 3.071Ah$$

Για να υπολογίσουμε το σύνολο των μπαταριών που χρειαζόμαστε θα διαιρέσουμε τις συνολικές Ah με τη χωρητικότητα (Ah) της μπαταρίας που δίνει ο κατασκευαστής.

$$\text{Σύνολο μπαταριών} = \frac{3.071Ah}{230Ah} = 13,35, \text{ άρα } 14 \text{ συσσωρευτές.}$$

Επειδή όμως οι συσσωρευτές των 12V για να δώσουν την απαιτούμενη τάση των 48V, θα πρέπει να συνδεθούν σε σειρές των 4 συσσωρευτών (η κάθε σειρά, (4συσσωρευτές*12V/συσσωρευτή=48V). Επειδή όμως οι 14συσσωρευτές/4συσσωρευτές/σειρά=3,5 σειρές, επιλέγουμε 16 συσσωρευτές (4σειρές *4 συσσωρευτές/σειρά=16 συσσωρευτές).

Κατόπιν μελέτης, επιλέγουμε συσσωρευτές της εταιρείας GNB INDUSTRIAL POWER και ποιο συγκεκριμένα τον μπαταρία S12/230A χωρητικότητας 230Ah. Πρέπει να τονιστεί ότι οι συσσωρευτές είναι C₁₀, αυτό σημαίνει ότι το μέγιστο ρεύμα του κάθε συσσωρευτή ανέρχεται σε 230Ah/10h=23A για 10h. Έχουμε συνδέσει παράλληλα 4 σειρές, άρα το μέγιστο ρεύμα τους ανέρχεται σε 4*23A=92A. Η μέγιστη ισχύς των συσσωρευτών χωρίς να ληφθεί υπόψη ο βαθμός απόδοσης του αντιστροφέα ανέρχεται σε 92A*48V=4416W. Με βαθμό απόδοσης αντιστροφέα 95%, η μέγιστη αποδιδόμενη ισχύς των συσσωρευτών για την σωστή λειτουργία τους ανέρχεται σε 4416W*0,95%=4195,2W. Άρα κατά τις νυκτερινές ώρες που η τροφοδότηση του σπιτιού γίνεται από τους συσσωρευτές, για τι μη μείωση της διάρκειας ζωής των συσσωρευτών, δεν θα πρέπει η ισχύς των συσκευών να υπερβαίνει τα 4195,2W!

Η ενέργεια των συσσωρευτών ανέρχεται σε **16*12V*230Ah=44,160kWh**. Η Αποδιδόμενη ενέργεια στο σύστημα, ανέρχεται σε **44,160kWh*60%*95%=25,17kWh**

Όπου **60%** βάθος εκφόρτισης μπαταριών και **95%** βαθμός απόδοσης αντιστροφέα.

Specifications:

- > Nominal capacity 6.60 – 230 Ah C₁₀₀ (20 °C)
- > Long shelf life up to 2 years at 20 °C without recharge due to the very low self discharge rate
- > Designed in accordance with IEC 61427 and IEC 60896-21/22
- > Manufactured in Europe in our ISO 9001 certified production plants
- > Trouble-free transport of operational blocks, no restrictions for rail, road, sea and air transportation (IATA, DGR, clause A67)
- > Approval: UL (Underwriter Laboratories)

Technical characteristics and data

Type	Part number	Nom. voltage V	Nominal capacity $C_{1.80 \text{ Vpc}}$ 20 °C Ah	Discharge current I_{100} A	Length (l) max. mm	Width (b/w) max. mm	Height up to top of cover (h1) max. mm	Height including connectors (h2) max. mm	Weight approx. kg	Terminal	Terminal position
S12/6.6 S	NGS01206D6HS0SA	12	6.60	0.06	152	65.5	94.5	98.4	2.60	S-4.8	3
S12/17 G5	NGS0120017HS0BA	12	17.0	0.17	181	76.0	-	167	6.10	G-M5	1
S12/27 G5	NGS0120027HS0BA	12	27.0	0.27	167	178	-	126	9.60	G-M5	1
S12/32 G6	NGS0120032HS0BA	12	32.0	0.32	197	152	160	184	11.1	G-M6	2
S12/41 A	NGS0120041HS0CA	12	41.0	0.41	210	175	-	175	14.2	A-Terminal	1
S12/60 A	NGS0120060HS0CA	12	60.0	0.60	261	158	208	230	18.1	A-Terminal	1
S12/85 A	NGS0120085HS0CA	12	85.0	0.85	353	175	-	190	26.8	A-Terminal	1
S12/90 A	NGS0120090HS0CA	12	90.0	0.90	330	171	213	236	29.2	A-Terminal	2
S12/130 A	NGS0120130HS0CA	12	130	1.30	286	269	208	230	37.5	A-Terminal	4
S12/230 A	NGS0120230HS0CA	12	230	2.30	518	274	216	238	67.0	A-Terminal	3

Capacities $C_1 - C_{100}$ (20 °C) in Ah

Type	C_1 1.70 Vpc	C_5 1.70 Vpc	C_{10} 1.70 Vpc	C_{20} 1.75 Vpc	C_{100} 1.80 Vpc
S12/6.6 S	2.90	4.60	5.10	5.70	6.60
S12/17 G5	9.30	12.6	14.3	15.0	17.0
S12/27 G5	15.0	22.1	23.5	24.0	27.0
S12/32 G6	16.9	24.4	27.0	28.0	32.0
S12/41 A	21.0	30.6	34.0	38.0	41.0
S12/60 A	30.0	42.5	47.5	50.0	60.0
S12/85 A	55.0	68.5	74.0	76.0	85.0
S12/90 A	50.5	72.0	78.0	84.0	90.0
S12/130 A	66.0	93.5	104	110	130
S12/230 A	120	170	190	200	230

Σχήμα 3.2 Τεχνικά χαρακτηριστικά Συσσωρευτών που επιλέχτηκαν

3.4 ΕΠΙΛΟΓΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΠΛΑΙΣΙΩΝ

Με τον γενικό όρο **Φωτοβολταϊκά** ονομάζεται η βιομηχανική διάταξη πολλών φωτοβολταϊκών κυττάρων σε μία σειρά. Στην ουσία πρόκειται για τεχνητούς ημιαγωγούς (συνήθως από Πυρίτιο) οι οποίοι ενώνονται με σκοπό να δημιουργήσουν ένα ηλεκτρικό κύκλωμα σε σειρά. Οι ημιαγωγοί αυτοί απορροφούν φωτόνια από την ηλιακή ακτινοβολία και παράγουν μια Ηλεκτρική τάση. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται "Φωτοβολταϊκό φαινόμενο".

Το φωτοβολταϊκό (Φ/Β) φαινόμενο αφορά τη μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική. Περιληπτικά πρόκειται για την απορρόφηση της ενέργειας του φωτός από τα ηλεκτρόνια των ατόμων του Φ/Β στοιχείου και την απόδραση των ηλεκτρονίων αυτών από τις κανονικές τους θέσεις με αποτέλεσμα την δημιουργία ρεύματος. Το ηλεκτρικό πεδίο που προϋπάρχει στο Φ/Β στοιχείο οδηγεί το ρεύμα στο φορτίο.

Οι ηλιακοί συλλέκτες (μόνο ή πολύ κρυσταλλικό) δημιουργούνται από πολλαπλά «γκοφρέτες» του πυριτίου συνδέονται μεταξύ τους σε σειρά ή / και παράλληλα προς σχηματισμό ενός ηλιακού «μονάδα». Αυτές οι γκοφρέτες που δημιουργούνται από ράβδους πυριτίου. Τα πλινθώματα είναι είτε μπλοκ-cast από πολλαπλές κρυστάλλους πυριτίου (πολυκρυσταλλικά) ή αναπτύσσονται για να σχηματίσουν ένα ενιαίο κρυσταλλική δομή (μονοκρυσταλλικό).

Από τα παραπάνω υπολογίστηκε η απαιτούμενη ισχύς των Φ/Β πλαισίων, η οποία ανέρχεται σε 5kWp. Η επιλογή του είδους των πλαισίων εξαρτάται από διάφορους παράγοντες. Παρακάτω αναλύονται τα βασικά είδη Φ/Β πλαισίων:

Φωτοβολταϊκά πλαίσια κρυσταλλικού πυριτίου

Το βασικό υλικό τους είναι μονοκρυσταλλικό και η απόδοσή τους κυμαίνεται από 13 έως 16%. Χαρακτηρίζονται από υψηλό κόστος κατασκευής και το χρώμα τους είναι σκούρο μπλε.

Φωτοβολταϊκά πλαίσια πολυκρυσταλλικού πυριτίου

Τα πολυκρυσταλλικά πάνελ δημιουργούνται από το μπλοκ-cast κρυστάλλους πυριτίου. Τα ηλεκτρόνια μπορούν να παγιδευτούν στα κρυστάλλινα όρια των κόκκων μεταξύ των μεμονωμένων κρυστάλλων σε ένα πολυκρυσταλλικό πάνελ, αυτό προκαλεί μια χαμηλότερη βαθμολογία αποδοτικότητας. Το τυπικό ποσοστό απόδοσης για ένα πολυκρυσταλλικό πάνελ είναι γύρω από το σήμα 13.5% σε 25 ° C, αυτό θα μειωθεί κατά περίπου 15 - 25% στο 50 ° C. και χαρακτηρίζονται από μεγάλη χρονική σταθερότητα. Το κόστος τους είναι μικρότερο σε σχέση με αυτό του μονοκρυσταλλικού και το χρώμα τους είναι γαλάζιο.

Φωτοβολταϊκά πλαίσια ταινίας

Για την κατασκευή τους τήκεται το υλικό και δημιουργείται μία λεπτή ταινία. Έχουν απόδοση 13% περίπου όμως το κόστος τους είναι πολύ υψηλό και γι' αυτό το λόγο δε χρησιμοποιούνται ευρέως.

Φωτοβολταϊκά πλαίσια άμορφου πυριτίου

Κατασκευάζονται από λεπτές επιστρώσεις ή υμένια και το κόστος τους είναι πολύ χαμηλό. Έχουν πολύ μικρή απόδοση και χρησιμοποιούνται μόνο σε περιπτώσεις που διατίθενται πολύ μεγάλες επιφάνειες.

Ο πίνακας αποτελεί ένα αρχικό σημείο αναφοράς κατά την επιλογή μεταξύ μονοκρυσταλλικού, πολυκρυσταλλικού ή CIGS τύπου μονάδας.

	Μονοκρυσταλλικά	Πολυκρυσταλλικά	CIGS
Απόδοση	14 - 20 %	12 - 16 %	13 - 15 %
Με χαμηλή ακτινοβολία	Σημαντική μείωση της απόδοσης	Σημαντική μείωση της απόδοσης	Πολύ μικρή μείωση της απόδοσης
Με υψηλή θερμοκρασία	Μείωση της απόδοσης	Μείωση της απόδοσης	Πολύ μικρή μείωση της απόδοσης
Κόστος	Ακριβότερα από πολυκρυσταλλικά	Φτηνότερα από μονοκρυσταλλικά και CIGS	Ακριβά
Διάρκεια ζωής	Μικρές απώλειες της απόδοσης με την πάροδο του χρόνου, υψηλή διάρκεια ζωής	Απώλειες της απόδοσης με την πάροδο του χρόνου, υψηλή διάρκεια ζωής	Νέα τεχνολογία, χωρίς πληροφορίες για διάρκεια ζωής
Βάρος	Υψηλό	Υψηλό	Χαμηλό

Σχήμα 3.3 Διαφορές φωτοβολταϊκών πλαισίων σχετικά με την απόδοση

Από τα παραπάνω θα επιλέξουμε πολυκρυσταλλικά πλαίσια, γιατί παρά το μεγάλο κόστος τους έχουν μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης από τα υπόλοιπα. Επιλέγουμε από την εταιρία LUXOR τα πολυκρυσταλλικά πάνελ της σειράς ECO LINE 60/230-250W/LX-250P, τα χαρακτηριστικά των οποίων φαίνονται στην παρακάτω εικόνα. Συγκεκριμένα επιλέγουμε το πλαίσιο με ονομαστική ισχύ **250Wp**.

Ηλεκτρικά δεδομένα	LX-230P	LX-235P	LX-240P	LX-245P	LX-250P*
Όνομαστική ισχύς P _{mp} [Wr]	230,00	235,00	240,00	245,00	250,00
Εύρος P _{mp} από	231,50	236,50	241,50	246,50	251,50
Εύρος P _{mp} έως	236,49	241,49	246,49	251,49	256,49
Όνομαστικό ρεύμα I _{mp} [A]	7,73	7,84	7,95	8,06	8,16
Όνομαστική τάση V _{mp} [V]	29,95	30,17	30,38	30,59	30,83
Ρεύμα βραχυκυκλώματος I _{sc} [A]	8,22	8,39	8,49	8,58	8,61
Τάση άνευ φορτίου U _{oc} [V]	37,00	37,55	37,76	37,83	37,41
Βαθμός απόδοσης σε STC	14,23%	14,54%	14,85%	15,16%	15,46%
Βαθμός απόδοσης σε 200 W/m ²	13,67%	13,97%	14,30%	14,62%	14,93%
NOCT [°C]	47 ± 2°C	47 ± 2°C	47 ± 2°C	47 ± 2°C	47 ± 2°C

Τεχνικές πληροφορίες σύμφωνα με τις προδιαγραφές STC (standard test conditions): ακτινοβολία 1000W/m² | θερμοκρασία πλαισίου 25°C | AM = 1,5
NOCT (nominal operating cell temperature): ακτινοβολία 800 W/m² | ταχύτητα ανέμου 1 m/sec | θερμοκρασία 20°C | AM = 1,5

Οριακές τιμές	LX-230P / LX-235P / LX-240P / LX-245P / LX-250P*
Μέγιστη τάση συστήματος [V]	1000 V
Μέγιστο ρεύμα επιστροφής [I]	15 A
Εύρος θερμοκρασίας	-40 έως 85°C
Ζώνη φορτίου χιονιού ¹	άδεια έως SLZ 3 (σύμφωνα με DIN 1055)
Μέγιστο φορτίο πίεσης	5400 Pa

Συντελεστής θερμοκρασίας	LX-230P / LX-235P / LX-240P / LX-245P / LX-250P*
Συντελεστής θερμοκρασίας [U] [I] [P]	-0,32% / °C 0,05% / °C -0,45% / °C

Τεχνικές πληροφορίες	LX-230P / LX-235P / LX-240P / LX-245P / LX-250P*
Αριθμός κυψελών	6 x 10, τρία strings σε σειρά
Μέγεθος κυψελών	156 χιλ. x 156 χιλ.
Διαστάσεις πλαισίου (M x Π x Υ) ² Βάρος	1640 χιλ. x 992 χιλ. x 45 χιλ. 21,0 κιλά
Μπροστινό κάλυμμα	3,2 χιλ. σκληρυμένο, ηλιακό γυαλί με ελάχιστο ποσοστό σιδήρου
Πλαίσιο	ανθεκτικό, ανοδιωμένο αλουμινένιο πλαίσιο σε κατασκευή κοίλου θαλάμου
Κουτί σύνδεσης	πλαστικό (PPO) (Οξειδίο πολυφαινυλενίου), IP65, αεριζόμενο
Καλώδια σύνδεσης	4 mm ² ηλιακό καλώδιο, μήκος καλωδίου 1,0 μ.
Σύνδεση	υψηλής ποιότητας σύστημα σύνδεσης, (IP65) MC4 ή ισότιμο
Τεστ χαλαζόπτωσης	Ø 45 mm Ταχύτητα 23 m/s
Πυρασφάλιση	στην περίπτωση B _{roof} (ti) κατά DIN EN 13501-5

Συσκευασία	LX-230P / LX-235P / LX-240P / LX-245P / LX-250P*
Συσκευασία	22 πάνελ 2 κατηγορίες I _{mp} 28 παλέτες/container 40'
Διαστάσεις (M x Π x Υ) Βάρος	174 εκ. x 114 εκ. x 121 εκ. 538 κιλά μικτό

Μπορεί να υπάρξει ελαφριά απόκλιση στις τεχνικές πληροφορίες, οι οποίες έχουν υπολογιστεί κατά μέσο όρο. Οι τιμές των μεμονωμένων μετρήσεων είναι αυτές που μετράνε. Οι πληροφορίες μπορούν να υποστούν σε αλλαγές χωρίς προηγούμενη ενημέρωση. Αναχή μέτρησης ονομαστικής απόδοσης +/- 3%, υπόλοιπες τιμές +/- 10%, όλα τα στοιχεία αυτού του τεχνικού φυλλαδίου αντιστοιχούν στο DIN 50380, περαιτέρω στοιχεία στις οδηγίες εγκατάστασης.

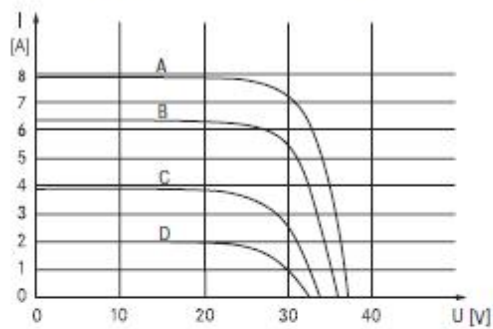
1 Σε όρθια εγκατάσταση

2 Ανοχή M/Π = +/- 3 χιλ., Υ = οι διαστάσεις στην επιβεβαίωση παραγγελίας είναι οι καθοριστικές.

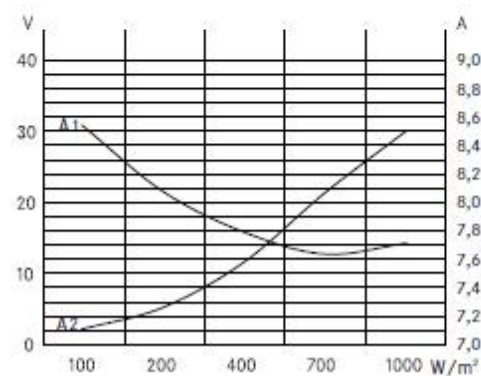
3 Ακριβής θέση κατόπιν ζήτησης

4 αποκλειστικά από την Ευρωπαϊκή παραγωγή μας

Χαρακτηριστικές καμπύλες

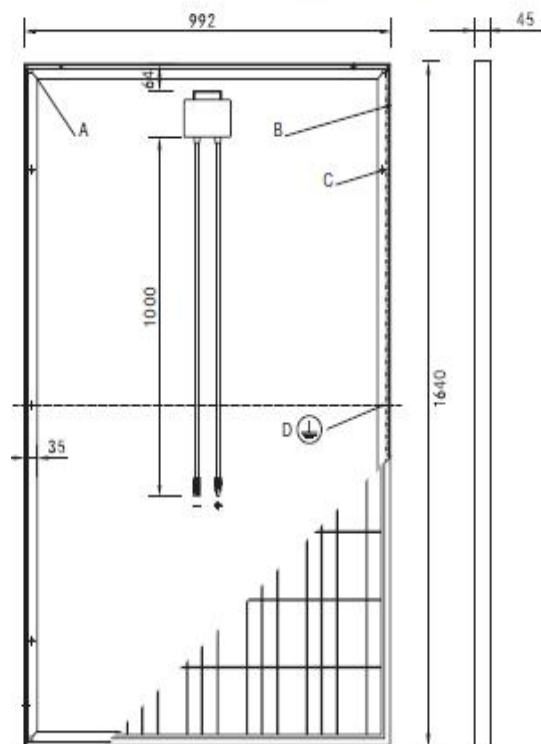


A: 1000 W/m² | B: 800 W/m²
C: 500 W/m² | D: 250 W/m²



A1: Imp | A2: Vmp

Πίσω όψη / Μπροστινή όψη / Πλαϊνή όψη²



A: 4 x Αποστράγγιση 10*10 χιλ
B: 8 x Άνοιγμα εξαρτισμού 3*7 χιλ
C: 8 x Οπή συναρμολόγησης³ d = 7 χιλ
D: 2 x Γείωση d = 2 χιλ

Σχήμα 3.4. Τεχνικά χαρακτηριστικά των Φ/Β πλαισίων που επιλέχθηκαν.

Παρακάτω θα πραγματοποιήσουμε μελέτη η οποία θα μας βοηθήσει να επιλέξουμε το μέγεθος των πλαισίων ώστε να φορτίζουν οι μπαταρίες. Επιλέγουμε τον χειρότερο μήνα δηλ. τον Ιανουάριο.

Τη μέση θερμοκρασία για μία ημέρα του Ιανουαρίου και την αντίστοιχη μέση ακτινοβολία θα την πάρουμε με τη βοήθεια της ιστοσελίδας Photovoltaic Geographical Information System.



Σχήμα 3.5 Πρόγραμμα υπολογισμού παραγόμενης ενέργειας από το φωτοβολταϊκό

Επιλέξαμε την τοποθεσία, το μήνα Ιανουάριο, την κλίση των πλαισίων και την αζιμουθια γωνία και πήραμε τις θερμοκρασίες ανά ώρα για κάποια μέση ημέρα του Ιανουαρίου. Στη συνέχεια υπολογίσαμε το μέσο όρο των θερμοκρασιών όλης της ημέρας και βρήκαμε ότι η μέση θερμοκρασία για μία τυπική ημέρα του Ιανουαρίου είναι 10,25°C. Η παραπάνω ιστοσελίδα μας βοήθησε και για τον υπολογισμό της μέσης ημερήσιας ακτινοβολίας του κάθε μήνα. Από την επιλογή PV Estimation πήραμε τον παρακάτω πίνακα με τη μέση ημερήσια ακτινοβολία για κάθε μήνα του έτους.

Fixed system: inclination=35°, orientation=0°				
Month	E_d	E_m	H_d	H_m
Jan	1.94	60.1	2.42	74.9
Feb	2.32	64.9	2.94	82.4
Mar	3.13	97.2	4.07	126
Apr	3.93	118	5.18	155
May	4.21	131	5.71	177
Jun	4.51	135	6.22	187
Jul	4.43	137	6.18	192
Aug	4.32	134	6.03	187
Sep	3.92	118	5.33	160
Oct	2.97	92.0	3.93	122
Nov	2.03	61.0	2.62	78.6
Dec	1.60	49.7	2.01	62.5
Yearly average	3.28	99.8	4.39	134
Total for year		1200		1600

E_d : Average daily electricity production from the given system (kWh)

E_m : Average monthly electricity production from the given system (kWh)

H_d : Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)

H_m : Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)

Σχήμα 3.6 Καρτέλα με συντελεστές απόδοσης ηλιακής ακτινοβολίας (kWh/m²)/μήνα

Όπως βλέπουμε για το μήνα Ιανουάριο, στην πόλη του Αιγίου η μέση ημερήσια ακτινοβολία ανά τετραγωνικό μέτρο που λαμβάνουν τα πλαίσια είναι $H_d = 2,42 \text{ kWh/m}^2 \text{ day}$.

Οι θερμοκρασιακοί συντελεστές από τον πίνακα με τα τεχνικά χαρακτηριστικά δείχνουν την ποσοστιαία μεταβολή της τάσης ανοιχτού κυκλώματος, του ρεύματος βραχυκύκλωσης και της μέγιστης ισχύος με τη μεταβολή της θερμοκρασίας. Έτσι και ο βαθμός απόδοσης των πλαισίων μεταβάλλεται με τη μεταβολή της θερμοκρασίας. Από τον κατασκευαστή δίνεται ο βαθμός απόδοσης για τις πρότυπες συνθήκες (STC), δηλαδή για θερμοκρασία 25°C και ακτινοβολία 800W/m², και είναι ίσος με 15,46%. Ο βαθμός απόδοσης μεταβάλλεται με τη θερμοκρασία σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

$$\Delta\eta = -0,45\% \times (25 - T_{\text{mod}}) \times \eta_n$$

όπου 0,45% είναι ο θερμοκρασιακός συντελεστής για τη μέγιστη ισχύ

T_{mod} είναι η θερμοκρασία του πάνελ και

η_n είναι ο βαθμός απόδοσης του πάνελ σε STC

Η θερμοκρασία του πάνελ είναι περίπου 25°C μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία του αέρα, επομένως για το μήνα Ιανουάριο που γίνεται η μελέτη είναι:

$$T_{\text{mod}} = 25 + 10.25 = 35.25 \text{ }^\circ\text{C}$$

Άρα η μεταβολή του βαθμού απόδοσης είναι:

$$\Delta\eta = -0,0045 \times (25 - 35.25) \times 0.1546 = 0.00713 = 0,71\%$$

και ο βαθμός απόδοσης για το μήνα Ιανουάριο είναι:

$$\eta = \eta_n - \Delta\eta = 15.46\% - 0,71\% = 14.75\%$$

Οι διαστάσεις του συγκεκριμένου πλαισίου είναι 174cm x 114cm = 1.98m² \cong 2τ.μ

Βρήκαμε παραπάνω ότι η μέση ημερήσια ακτινοβολία ανά τετραγωνικό μέτρο τον Ιανουάριο στο Αίγιο είναι $H_d=2,42 \text{ kWh/m}^2 \text{ day}$. Έτσι κάθε ένα από τα πλαίσια που επιλέξαμε λαμβάνει συνολική ενέργεια:

$$E_s = 2,42\text{kWh/m}^2 \times 1,98 \text{ m}^2 = 4,79\text{Wh/day}$$

και επειδή ο βαθμός απόδοσης του πλαισίου είναι 14,75%, η ενέργεια που παράγει κάθε ένα πλαίσιο μία μέση μέρα του Ιανουάριο είναι:

$$E_p = 4,79\text{kWh} \times 0.147 = 0,70413\text{kWh/day}$$

Μεταξύ των φωτοβολταϊκών πλαισίων και των μπαταριών μεσολαβεί ο ρυθμιστής φόρτισης καθώς και κάποια καλώδια (2), όπου έχουμε κάποιες απώλειες. Ο βαθμός απόδοσης του ρυθμιστή φόρτισης που επιλέξαμε (η επιλογή του οποίου φαίνεται παρακάτω) είναι 98%, ενώ οι απώλειες σε κάθε καλώδιο είναι το πολύ 1%. Η ενέργεια λοιπόν που φτάνει στους συσσωρευτές από κάθε ένα πλαίσιο είναι:

$$E_{p-bat} = 0,70413\text{kWh} \times 0.98 \times 0.98 = 0,6736\text{kWh/day}$$

επομένως ο αριθμός των πλαισίων που απαιτούνται ώστε να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις της ενέργειας μίας τυπικής ημέρας του Ιανουάριου που ανέρχεται σε 10,40kWh είναι:

$$N_{panel} = \frac{10,40\text{kWh/d}}{\frac{0,6736\text{kWh}}{d \cdot panel}} = 15,44 \text{ πλαίσια, άρα } 16 \text{ πλαίσια}$$

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι θα απαιτούνται $16 \text{ πλαίσια} \cdot 250\text{Wp/πλαίσιο} = 4\text{kWp}$.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι το σενάριο αυτό υπολόγισε ως εγκατεστημένη ισχύ Φ/Β πάνελ τα 4kWp. Το σενάριο αυτό με σε σχέση με το προηγούμενο σενάριο των 5kWp μας δίνει 20% λιγότερη εγκατεστημένη ισχύ. Για την περίπτωση μας επιλέγουμε το χειρότερο σενάριο δηλαδή την εγκατεστημένη ισχύ των 5kWp.

3.5 ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΟΥ ΡΥΘΜΙΣΤΗ ΦΟΡΤΙΣΗΣ

Ο ρυθμιστής φόρτισης είναι μια συσκευή με ηλεκτρονικές διατάξεις η οποία φροντίζει ώστε η φόρτιση των συσσωρευτών να γίνεται ορθά. Σε περίπτωση που ο συσσωρευτής έχει φτάσει στη μέγιστη κατάσταση φόρτισης τότε ο ρυθμιστής διακόπτει τη διαδικασία της φόρτισης ώστε να αποφευχθούν οι υπερτάσεις στον συσσωρευτή οι οποίες μπορεί να οδηγήσουν σε μείωση των ορίων φόρτισης του (SOC-State of Charge). Ταυτόχρονα, στη διαδικασία εκφόρτισης του συσσωρευτή, ο ρυθμιστής ελέγχει ώστε να αποφευχθούν οι συνέπειες της υπερφόρτισης.

Ουσιαστικά οι βασικές λειτουργίες ενός ρυθμιστή φόρτισης είναι η βέλτιστη φόρτιση των μπαταριών και η προστασία από υπερφόρτιση, η πρόληψή της, εκτός ορίων, εκφόρτισης και οι γενικές πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση φόρτισης των μπαταριών (SOC).

Στη χαρακτηριστική καμπύλη του φωτοβολταϊκού, το σημείο λειτουργίας το οποίο καθορίζεται από την τάση της μπαταρίας. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τα φωτοβολταϊκά πλαίσια να μην λειτουργούν πάντα στο μέγιστο σημείο λειτουργίας (Maximum Power Point Tracking – MPP) και να μην γίνεται η βέλτιστη χρήση της ηλιακής ακτινοβολίας. Για να αποφευχθούν αυτές οι απώλειες ενέργειας, ο ρυθμιστής φόρτισης περιέχει και έναν ανιχνευτή MPP. Σε τακτά χρονικά διαστήματα, περίπου των πέντε λεπτών, παρακολουθείται το ρεύμα και η τάση από τη χαρακτηριστική καμπύλη του φωτοβολταϊκού και έτσι καθορίζεται η ισχύς του MPP. Ο ρυθμιστής έχει οριστεί ώστε να παίρνει τη βέλτιστη ισχύ από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια, με αποτέλεσμα να προσαρμόζει την τάση φόρτισης της μπαταρίας. Υπάρχουν και άλλοι τύποι ρυθμιστών φόρτισης, αλλά επιλέγεται ο συγκεκριμένος τύπος διότι αυξάνει την απόδοση της εγκατάστασης.

Η επιλογή του ρυθμιστή φόρτισης, γίνεται με ορισμένα σημαντικά τεχνικά χαρακτηριστικά. Από την είσοδό του (φωτοβολταϊκή γεννήτρια) εξετάζετε η μέγιστη φωτοβολταϊκή ισχύς, η μέγιστη τάση DC (τάση που επιβάλλεται στα πλαίσια), το μέγιστο Φ/Β ρεύμα και βέλτιστο εύρος τιμών τάσης MPP. Ενώ από την έξοδό του (συσσωρευτής) μας ενδιαφέρει η ονομαστική τάση συσσωρευτή (τάση που επιβάλλεται στις μπαταρίες) και το μέγιστο ρεύμα φόρτισης συσσωρευτή.

Για τη δική μας σχεδίαση επιλέξαμε από την εταιρεία EPSOLAR τον ρυθμιστή φόρτισης TracerET6415BND με ονομαστική τάση συσσωρευτή 48V.



Σχήμα 3.6 Ρυθμιστής φόρτισης

Electrical Parameters

Item	ET4415BND	ET6415BND
Nominal System Voltage	12/24/36/48VDC	
Nominal Battery Current	45A	60A
Battery Input Voltage Range	8V~68V	
Max. PV open circuit voltage	150V (at minimum operating environment temperature) 138V (at 25°C environment temperature)	
MPP Voltage Range	Battery voltage+2V~108V ^①	
Maximum Input Power	12V/600W;24V/1200W; 36V/1800W;48V/2400W	12V/800W;24V/1600W; 36V/2400W;48V/3200W
Self Consumption	1.4W~2.6W	
Grounding	Common Negative	

①Max. PV open circuit voltage must never exceed 138V under 25°C conditions.

Environmental Parameters

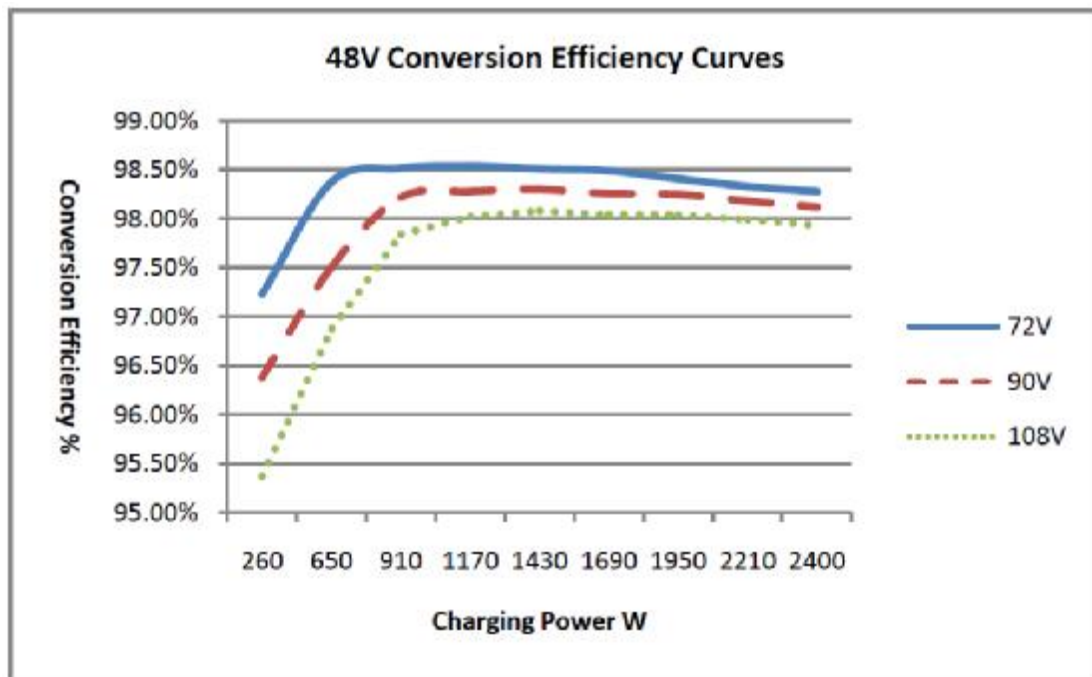
Environmental	Parameter
LCD temperature range	-20°C ~ +70°C
Ambient temperature range*	-25°C ~ +50°C
Storage temperature range	-30°C ~ +85°C
Humidity range	≤95%, N.C.
Enclosure	IP20
Altitude	< 5000 m (Derating to operate according to IEC60146 at a height exceeding 1000 m)

* Please operate controller at permitted ambient temperature. If over permissible range, please derate capacity in service.

Mechanical Parameters

Mechanical	ET4415BND	ET6415BND
L x W x H	398.6 x208 x107mm	449.1 x208 x107mm
Mounting Hole	Φ10	Φ10
Terminal	2AWG(35mm ²)	2AWG(35mm ²)
Net Weight	4.3kg	5.5kg

Σχήμα 3.7 Τεχνικά χαρακτηριστικά ρυθμιστή φόρτισης



Σχήμα 3.8 Χαρακτηριστική καμπύλη απόδοσης

Για το καθορισμό του τρόπου σύνδεσης των Φ/Β πάνελ βασική προϋπόθεση είναι η τάση εισόδου του ρυθμιστή φόρτισης και η εν κενό τάση του Φ/Β πάνελ.

Τα Φ/Β πάνελ που επιλέξαμε έχουν τάση ανοιχτού κυκλώματος ίση με:
 $V_{OC} = 37.41V$ στους $25^{\circ}C$,

Η μέγιστη τάση εισόδου του ρυθμιστή φόρτισης που επιλέξαμε ανέρχεται σε 150V. Για να μην ξεπεραστεί η μέγιστη DC τάση του ρυθμιστή φόρτισης που είναι 150V, πρέπει να τα συνδέσουμε 4 πάνελ σε σειρά

$$V_{oc \text{ string}} = 4 \cdot 37.41 = 149,64V \leq 150V$$

οπότε θα συνδέσουμε τα 20 πάνελ των 250Wp/πάνελ, σε 5 σειρές, των 4 πάνελ ανά σειρά.

3.6 ΕΠΙΛΟΓΗ ΑΥΤΟΝΟΜΟΥ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑ

Ο αυτόνομος μετατροπέας είναι μια συσκευή με ηλεκτρονικές διατάξεις ο οποίος δέχεται στην είσοδό του συνεχή τάση και παράγει στην έξοδό του σταθερή εναλλασσόμενη ηλεκτρική τάση 230V και συχνότητας 50Hz. Έχει τη δυνατότητα να λειτουργεί και αντίστροφα όταν δεν επαρκεί η ενέργεια των φωτοβολταϊκών πλαισίων έχουν εκφορτιστεί οι μπαταρίες, δηλαδή να δέχεται AC και να παράγει DC έτσι ώστε οι μπαταρίες να μπορούν να φορτιστούν από γεννήτριες εναλλασσόμενου ρεύματος.

Ορισμένες από τις βασικές λειτουργίες ενός μετατροπέα είναι η όσο το δυνατόν καλύτερη απόδοση μετατροπής ακόμα και όχι κάτω από πλήρες φορτίο, η υψηλή ικανότητα υπερφόρτισης στην έναρξη, η ανοχή απέναντι στις διακυμάνσεις της τάσης της μπαταρίας, η προστασία από βραχυκυκλώματα και υπερτάσεις.

Η επιλογή του αυτόνομου μετατροπέα, γίνεται με ορισμένα σημαντικά τεχνικά χαρακτηριστικά. Από την είσοδο DC (συσσωρευτή) εξετάζουμε την ονομαστική τάση συσσωρευτή, το μέγιστο ρεύμα φόρτισης συσσωρευτή (όταν λειτουργούν σαν φορτιστές) καθώς και το εύρος τιμών της τάσης. Από την είσοδο AC (γεννήτρια) δίνουμε προσοχή στην τάση και συχνότητα εισόδου(230V, 50Hz) και στο εύρος τιμών τους, η συνεχής ισχύς AC (είναι η ισχύς με την οποία μπορούν να καλύψουν ένα φορτίο συνεχώς) και η ισχύς υπερφόρτισης (είναι η ισχύς που μπορούν να δώσουν για μικρά χρονικά διαστήματα και απαιτείται για την εκκίνηση των ηλεκτρικών συσκευών π.χ. κινητήρες όπως του ψυγείου ή πλυντηρίου).

Για τη περίπτωση μας επιλέξαμε από την εταιρεία victron energy BLUE POWER τον μετατροπέα MultiPlus Inverter/Charger 48/5000/70



**MultiPlus
24/3000/70**

Σχήμα 3.9 Μετατροπέας DC/AC (inverter)

MultiPlus	12 Volt 24 Volt 48 Volt	C 12/800/35 C 24/ 800/16	C 12/1200/50 C 24/1200/25	C 12/1600/70 C 24/1600/40	C 12/2000/80 C 24/2000/50	12/3000/120 24/3000/70 48/3000/35	24/5000/120 48/5000/70
Power Control		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Power Assist		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Transfer switch (A)		16	16	16	30	16 or 50	100
INVERTER							
Input voltage range (VDC)		9,5 – 17 V		19 – 33 V	38 – 66 V		
Output		Output voltage: 230 VAC ± 2%			Frequency: 50 Hz ± 0,1% (1)		
Cont. output power at 25°C (VA) (3)		800	1200	1600	2000	3000	5000
Cont. output power at 25°C (W)		700	1000	1300	1600	2500	4500
Cont. output power at 40°C (W)		650	900	1200	1450	2200	4000
Peak power (W)		1600	2400	3000	4000	6000	10.000
Maximum efficiency (%)		92 / 94	93 / 94	93 / 94	93 / 94	93 / 94 / 95	94 / 95
Zero load power (W)		8 / 10	8 / 10	8 / 10	9 / 11	15 / 15 / 16	25 / 25
Zero load power in AES mode (W)		5 / 8	5 / 8	5 / 8	7 / 9	10 / 10 / 12	20 / 20
Zero load power in Search mode (W)		2 / 3	2 / 3	2 / 3	3 / 4	4 / 5 / 5	5 / 6
CHARGER							
AC Input		Input voltage range: 187-265 VAC		Input frequency: 45 – 65 Hz		Power factor: 1	
Charge voltage 'absorption' (VDC)		14,4 / 28,8 / 57,6					
Charge voltage 'float' (VDC)		13,8 / 27,6 / 55,2					
Storage mode (VDC)		13,2 / 26,4 / 52,8					
Charge current house battery (A) (4)		35 / 16	50 / 25	70 / 40	80 / 50	120 / 70 / 35	120 / 70
Charge current starter battery (A)		4 (12 V and 24 V models only)					
Battery temperature sensor		yes					
GENERAL							
Auxiliary output (5)		n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	Yes (16A)	Yes (25A)
Programmable relay (6)		Yes					
Protection (2)		a - g					
VE Bus communication port		For parallel and three phase operation, remote monitoring and system integration					
General purpose com. port		n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	Yes	Yes
Remote on-off		Yes					
Common Characteristics		Operating temp. range: -40 to +50°C (fan assisted cooling) Humidity (non-condensing): max 95%					
ENCLOSURE							
Common Characteristics		Material & Colour: aluminium (blue RAL 5012)			Protection category: IP 21		
Battery-connection		battery cables of 1,5 meter			M8 bolts	Four M8 bolts (2 plus and 2 minus connections)	
230 V AC-connection		G-ST18i connector			Spring-clamp	Screw terminals 13 mm ² (6 AWG)	
Weight (kg)		10	10	10	12	18	30
Dimensions (hcxwxd in mm)		375x214x110			520x255x125	362x258x218	444x328x240

Σχήμα 3.9 Τεχνικά χαρακτηριστικά μετατροπέα

Η μέγιστη ισχύς λειτουργίας της εγκατάστασης και κατά τους χειμερινούς και κατά τους καλοκαιρινούς μήνες ανέρχεται σε 4.226,25W. Ο μετατροπέας πρέπει να

έχει τουλάχιστον ονομαστική ισχύ εξόδου μεγαλύτερη των 4.226,25W.

Με βάση τα παραπάνω, επιλέξαμε μετατροπέα με ονομαστική ισχύ εξόδου 4.500W για να μπορεί να ικανοποιήσει το μέγιστο φορτίο μας. Πρέπει να τονιστεί ότι με μια καλύτερη κατανομή των φορτίων, δηλαδή με ορθότερη χρήση της εγκατάστασης, η μέγιστη εγκατεστημένη ισχύς θα μπορούσε να μειωθεί, άρα και κατά συνέπεια και η ονομαστική ισχύς του μετατροπέα.

Πρέπει να σημειωθεί επίσης ότι οι μετατροπείς μπορούν να φορτιστούν με ένα φορτίο πολύ μεγαλύτερο του ονομαστικού, για ένα μικρό χρονικό διάστημα. Για τον μετατροπέα μας το μέγιστο αυτό φορτίο (φορτίο αιχμής) για χρόνο έως **5 λεπτά** λειτουργίας, ανέρχεται σε $P_{PEAK} = 10kW!$

3.7 ΕΠΙΛΟΓΗ ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΟΥ ΖΕΥΓΟΥΣ

Για την ολοκλήρωση του σχεδιασμού της εγκατάστασης μας, κρίνεται απαραίτητη η σύνδεση μίας βοηθητικής πηγής ενέργειας όπου σε περιόδους μη ηλιοφάνειας και με αφόρτιστους τους συσσωρευτές, να τροφοδοτεί την εγκατάσταση.

Επιλεκτικέ ως βοηθητικής πηγής ενέργειας, ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος φυσικού αερίου, το οποίο όχι μόνο μπορεί να τροφοδοτήσει αδιάλειπτα για μεγάλο χρονικό διάστημα την εγκατάσταση μας, λόγω της δεξαμενής φυσικού αερίου που ήδη υπάρχει στην εγκατάσταση μας και τροφοδοτεί την κουζίνα και τον λέβητα θέρμανσης, αλλά και γιατί είναι και οικονομικότερη και ποιο οικολογική λύση σε σχέση με το πετρέλαιο ή τη βενζίνη.

Η σύνδεση του ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους με το σύστημα γίνεται στις περιόδους μη ηλιοφάνειας οι οποίες ξεπερνούν τη μία ημέρα το καλοκαίρι ή τις δύο μέρες το χειμώνα μέγιστα χρονικά διαστήματα όπου η αποθηκευμένη ενέργεια των συσσωρευτών παρέχεται στην εγκατάσταση. Επίσης το ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος θα πρέπει όχι μόνο να παρέχει την απαιτούμενη ενέργεια στην εγκατάσταση αλλά ταυτόχρονα να επαναφορτίζει και τους συσσωρευτές.

Για να υπολογίσουμε την ισχύ της γεννήτριας, με βάση τα παραπάνω θα πρέπει αρχικά η ονομαστική ισχύς του ζεύγους να είναι μεγαλύτερη από την μέγιστη ισχύς λειτουργίας της εγκατάστασης (4.226,25W). Γενικά η ονομαστική ισχύς των ηλεκτροπαραγωγών ζευγών αναγράφεται σε φαινόμενη ισχύ (VA). Έτσι για την περίπτωση μας η φαινόμενη ισχύς της εγκατάστασης μπορεί να βρεθεί από το γινόμενο της πραγματικής ισχύος δια του χείριστου συντελεστή ισχύος που μπορεί να προκύψει ($\cos\phi=0,8$), οπότε η φαινόμενη ισχύς της εγκατάστασης είναι:

$$S = \frac{4.226W}{0.8} = 5.282,5VA \cong 5,5kVA$$

Έτσι επιλέγουμε από την εταιρεία GREENPOWER την γεννήτρια υγραερίου GENERATOR SET CC6000-LPG 6000VA (4,9kW).



Σχήμα 3.10 Απεικόνιση γεννήτριας LPG

FEATURES/BENEFITS		
ITEM/MODEL	CC6000-LPG	CC6000-NG CC6000-LPG/NG
Single-phase		
Rated Frequency (Hz)	50	
Rated Power (kW)	4.9	4.4
Maximum Power (kW)	5.2	4.7
Rated Voltage (V)	230	230
Rated Current (A)	21.3	19.1
Rated Rotating Speed (r/min)	3000	
Three-phase		
Rated Frequency (Hz)	50	
Rated Power (kW)	4.9	4.4
Maximum Power (kW)	5.2	4.7
Rated Voltage (V)	220/380	220/380
Rated Current (A)	22.3/12.9	20.0/11.6
Rated Rotating Speed (r/min)	3000	
GENERATOR		
Generator Model	Single-phase/Three-phase Rare Earth Permanent-magnet Brushless Alternator	
Power Factor (cosφ)	1.0/0.8	
Excitation	Rare Earth Permanent-magnet Brushless Self-Excitation	
DC Output	12V/8.3A	
Voltage Adjustment System	Self-Regulating Voltage without AVR	
Generator	Revolving Field	
Adjustment Rate of Steady Voltage	≤±5%	
Adjustment Rate of Steady Frequency	≤±5%	
Insulation Resistance (Cold State)	≥200MΩ	
Connecting Mode	Power Shaft Rigid Coupling	
ENGINE		
Power Model	CC188F-LPG	CC188F-NG
Engine Type	Single Cylinder, 4-stroke, OHV, Forced Air-cooled	
Bore×Stroke (mm)	88×64	
Displacement (CC)	389	
Ignition System	T.C.I.	
Starting Mode	Recoil/Electric Starter (standard)	
Sound level @ 7 meter Full Load (dB)	77	
Lube Oil Capacity (L)	0.9	
Lube Oil Type	SAE10W-30, < 4°C, SAE10W-40, > 4°C	
Fuel Consumption (Rated Power)	LPG: 0.33kg/kW · hr NG: 0.35 m ³ /kW · hr	
Rated Engine Power (kW)	LPG: 7.6/3600	

Σχήμα 3.11 Τεχνικά χαρακτηριστικά γεννήτριας

Υποθέτοντας τώρα ότι η γεννήτρια χρησιμοποιείται μόνο για να φορτίσει τους συσσωρευτές, και ξέροντας ότι:

- Ο ρυθμός φόρτισης ενός συσσωρευτή είναι C10, δηλαδή φορτίζει σε 10 ώρες με ρεύμα φόρτισης $I_{10} = \frac{230Ah}{10h} = 23A$ κι έχοντας 4 σειρές συσσωρευτών με 4 συσσωρευτές ανά σειρά, τότε το συνολικό ρεύμα φόρτισης ανέρχεται σε $4*23A=92A$. Η τάση των συσσωρευτών ανέρχεται σε $4*12V=48V$.
- Η μέγιστη ένταση του ρυθμιστή φόρτισης ανέρχεται σε 60A.

Από τα παραπάνω γίνεται σαφές ότι για να φορτιστούν οι μπαταρίες μας από το 0% έως το 100% θα πρέπει να φορτίζονται με ένταση 92A για 10 ώρες.

Όμως στην περίπτωση μας οι συσσωρευτές εκφορτίζονται στο 60% της ενέργειας τους. Άρα για φόρτιση από το 60% στο 100% (40% της ενέργειας των συσσωρευτών) με ένταση 92A, αν θεωρηθεί, που δεν ισχύει στην πράξη, ότι ο ρυθμός φόρτισης των συσσωρευτών παραμένει σταθερός, προκύπτει η χρονική διάρκεια των 4 ωρών. Στην πράξη ο χρόνος αυτός είναι πολύ μεγαλύτερος από τον υπολογισθέντα.

Οι παραπάνω χρόνοι είναι για εντάσεις φόρτισης των συσσωρευτών 92A. στην περίπτωση μας το μέγιστο ρεύμα φόρτισης των συσσωρευτών στραγγαλίζεται, στα 60A λόγω του ρυθμιστή φόρτισης.

Ο Χρόνος φόρτισης των συσσωρευτών, αν θεωρήσουμε και πάλι ότι ο ρυθμός φόρτισης των συσσωρευτών παραμένει σταθερός, βρίσκεται ως:

Η ενέργεια που χρειάζεται για να φορτισθούν οι συσσωρευτές από το 60% στο 100% (40% τις ενέργειας τους), όπως έχει υπολογισθεί παραπάνω ανέρχεται σε **25,17kWh**.

Αν θεωρήσουμε το βαθμό απόδοσής του συστήματος στο 95%, τότε η γεννήτρια θα πρέπει για να καλύψει την ενέργεια των **25,17kWh** να παράγει **25,17kWh/95%≅26,5kWh**.

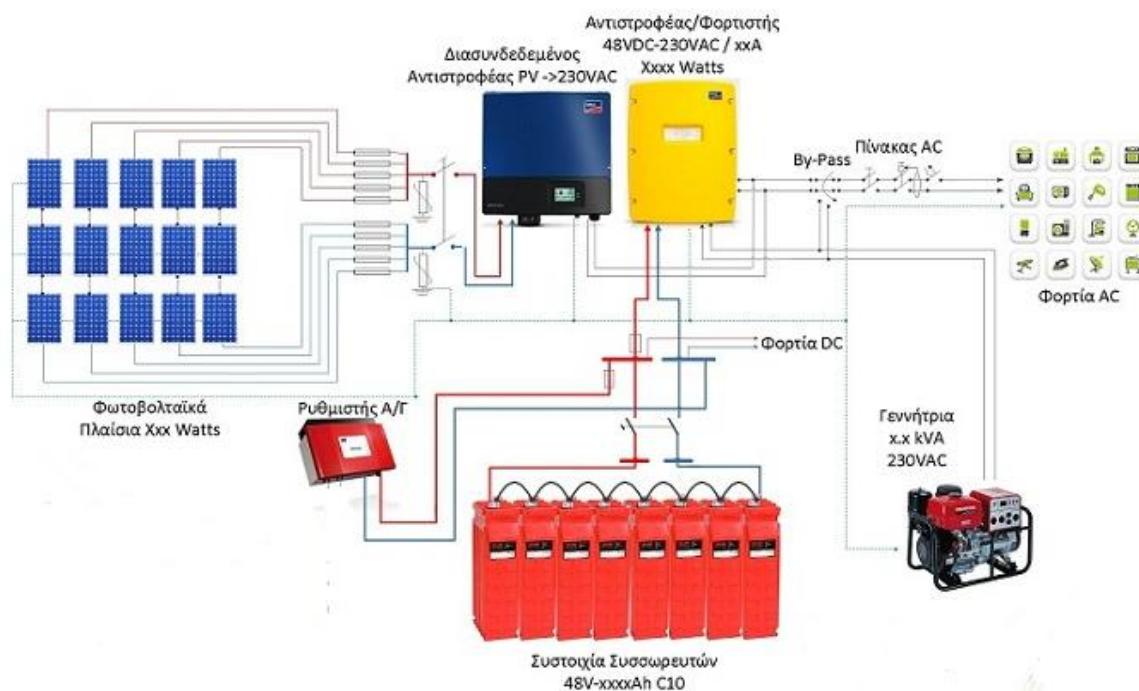
Η ισχύς που παρέχεται από την γεννήτρια στους συσσωρευτές ανέρχεται σε $48V*60A=2,88kW$.

Άρα οι συσσωρευτές θα φορτισθούν σε **26,5kWh/2,88kW≅9,2h**.

Πρέπει να σημειωθεί ότι οι παραπάνω χρόνοι φόρτισης δεν είναι οι πραγματικοί και ότι στην πράξη ο χρόνος αυτός είναι κατά τουλάχιστον 30% μεγαλύτερος από ότι ο υπολογισθείσας, επειδή οι ρυθμιστές φόρτισης των συσσωρευτών όσο πλησιάζει η πλήρης φόρτιση των μπαταριών μειώνουν το ρεύμα φόρτισης τους.

Επίσης θα πρέπει να σημειωθεί ότι από την ισχύ των 4,9kW του ζεύγους, η μέγιστη ισχύ φόρτισης των μπαταριών ανέρχεται σε 2,88kW. Άρα η ελάχιστη ισχύς που μπορεί να διατεθεί στην εγκατάσταση αν το σύστημα έχει προγραμματιστεί να δίνει προτεραιότητα στην φόρτιση των συσσωρευτών και όχι στην τροφοδότηση των φορτίων της εγκατάστασης ανέρχεται σε 2,02kW, ισχύ που στην πράξη μπορεί να καλύψει με συνετή χρήση τα φορτία της εγκατάστασης.

Παρακάτω απεικονίζεται το κύκλωμα του υβριδικού συστήματος:



Σχήμα 3.12 Σχέδιο κυκλώματος υβριδικού συστήματος

Με βάση και τους υπολογισμούς και την μελέτη του υβριδικού συστήματος που υλοποιήσαμε παραπάνω καταλήγουμε στα παρακάτω συμπεράσματα όσο αναφορά τη λειτουργία του αναλύοντας περαιτέρω ώστε να γίνει πιο κατανοητό. Έτσι παίρνουμε τρεις περιπτώσεις που αφορούν τα φωτοβολταϊκά τους συσσωρευτές και το ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος κάτω από συγκεκριμένες καιρικές συνθήκες για την καλύτερη αξιοποίηση της ενέργειας και της αναγκαίας ζήτησης :

Η λειτουργία του υβριδικού μας συστήματος (παραγωγή και αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας) καθώς και την τροφοδότηση της οικίας με αυτήν αναλύεται σε πραγματοποιήσιμα τρία σενάρια.

1^ο (ηλιοφάνεια)

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία παράγουν ενέργεια η οποία αποθηκεύεται στους συσσωρευτές μας και στην συνέχεια μεταποιείται μέσω του (inverter) και τροφοδοτεί με ενέργεια την οικία.

2^ο (μη ηλιοφάνεια)

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία δεν παράγουν ενέργεια. Οι συσσωρευτές δεν αποταμιεύουν ενέργεια αλλά τροφοδοτούν με την είδη αποθηκευμένη ενέργεια τους την ηλεκτρική εγκατάσταση της οικίας.

3^ο (παρατεταμένη μη ηλιοφάνεια πέραν της μιας ημέρας για καλοκαίρι και δύο ημερών για το χειμώνα)

Η συστοιχίες των φωτοβολταϊκών πλαισίων δεν παράγουν ενέργεια καθώς και η αποταμιευόμενη ενέργεια των συσσωρευτών δεν επαρκεί. Στην περίπτωσή μας το ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος τίθεται σε λειτουργία έτσι ώστε να τροφοδοτεί συνεχόμενα τις απαιτήσεις της οικίας με ηλεκτρική ενέργεια καθώς και τους συσσωρευτές με περίσσια ενέργεια από αυτήν που υπολείπεται από την χαμηλή ζήτηση ενέργειας της οικίας έτσι ώστε να φορτιστούν πλήρως.

3.8 ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

Στον πίνακα 3.2 δίδεται συνοπτικά το οικονομικό κόστος κατασκευής του υβριδικού συστήματος. Το κόστος αυτό είναι το κόστος εγκατάστασης. Στο κόστος αυτό πρέπει να ληφθεί υπόψη το ετήσιο κόστος συντήρησης και το κόστος αντικατάστασης των μπαταριών μετά τη πενταετία. Αν υποθέσουμε ότι η διάρκεια ζωής με βάση των προδιαγραφών των Φ/Β, ανέρχεται κατά το ελάχιστο χρόνο των εικοσιπέντε ετών και έχουμε μηδενικό πληθωρισμό, τότε το συνολικό κόστος κατασκευής και συντήρησης ανέρχεται σε περίπου 85.200€ όπως φαίνεται στον πίνακα 3.3.

A/A	Συσκευή	ισχύς	τιμή (euro)/τεμάχιο	τεμάχια	Σύνολο(€)
1	Μπαταρίες	12V	788	14	11.032
2	Φωτοβολταϊκά πλαίσια	250W	219	32	7.008
3	ρυθμιστής φόρτισης μπαταριών	48V	290	3	870
4	μετατροπέας (inverter)	4,5kW	1616	1	1.616
5	γεννήτρια (LPG)	5kW	1277	1	1.277
6	δεξαμενή (LPG)	1000 litre	1000	1	1.000
7	Εργασία κατασκευής	-	-	-	2.300
Σύνολο					25.103 euro

Πίνακας 3.2 Κόστος εγκατάστασης υβριδικού συστήματος

Είδος κόστους	Κόστος (€)	Φορές/25τία	Σύνολο (€)
Κόστος κατασκευής	25.103	1	25103
Κόστος ετήσιας συντήρησης	500	24	12000
Κόστος αντικατάσταση μπαταριών	11032	3	33096
Κόστος καυσίμου Η/Ζ + κουζίνας	600	25	15000
		Σύνολο	85.199

Πίνακας 3.3 Συνολικό κόστος Υβριδικού (25 έτη)

Το παραπάνω κόστος είναι σταθερό και δεν εξαρτάται από την απορρόφηση ενέργειας. Στο κόστος αυτό συμπεριλαμβάνεται και το κόστος καυσίμου για την κουζίνα υγραερίου και Η/Ζ.

Στην περίπτωση που η οικία είναι συνδεδεμένη στο δίκτυο του ΔΕΔΔΗΕ, τότε το κόστος ενέργειας χωρίς να υπολογισθεί το κόστος υπέρ τρίτων που συμπεριλαμβάνεται στο τιμολόγιο της ΔΕΗ, βρίσκεται από το παρακάτω πίνακα:

ΟΙΚΙΑΚΟ ΤΙΜΟΛΟΓΙΟ Γ1

Το Οικιακό Τιμολόγιο Γ1 περιλαμβάνει με οικιακούς μετρητές, με σταθερή ανάγνωση, καταμέτρηση, καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Εφαρμόζεται **ενιαία τιμή χρέωσης** για την κατανάλωση που πραγματοποιείται καθ' όλη τη διάρκεια του 24ώρου, το ύψος της οποίας **διαφοροποιείται ανάλογα με το συνολικό ύψος της 4μηνιαίας κατανάλωσης**.

Χρέωση Προμήθειας (με ισχύ από 25.7.2014)
Περιλαμβάνει το κόστος και τις λοιπές δαπάνες της ΔΕΗ για την παραγωγή και την προμήθεια της ηλεκτρικής ενέργειας στους πελάτες.

Κλίμακα στα σύνολα της κατανάλωσης (kWh)	Ενέργεια (€/kWh)	Πόγιο (€/τετραμήνιο)	
		1Φ παροχή	3Φ παροχή
0-2000	0,09460	1,52	4,80
>2000	0,10252		

Ελάχιστη Χρέωση: Μονοφασικό (1Φ) παροχή 5,30€/τετράμηνο & Τριφασικό (3Φ) παροχή 8,58€/τετράμηνο.

Ρυθμιζόμενες Χρεώσεις!
Οι Ρυθμιζόμενες Χρεώσεις εγκρίνονται από την Πολιτεία και εφαρμόζονται σε όλους τους πελάτες που κάνουν χρήση του Εθνικού Ηλεκτρικού Συστήματος, ανεξαρτήτως του προμηθευτή που έχουν επιλέξει.

Κλίμακα στα σύνολα της κατανάλωσης (kWh)	Σύστημα Μεταφοράς		Δίκτυο Διανομής		Λοιπές Χρεώσεις (€/kWh)	ΕΤΜΕΑΡ (€/kWh)	ΥΚΩ (€/kWh)
	Ισχύς (μηνιαίο κόστος)	Ενέργεια (μηνιαίο κόστος)	Ισχύς (μηνιαίο κόστος)	Ενέργεια (μηνιαίο κόστος)			
0-1600							0,00699
1601-2000	0,14	0,00541	0,56	0,0214	0,00046	0,02487	0,01570
2001-3000							0,03987
>3000							0,04483

Χρεώσεις Ισχύος: Η σταθερή άμεση ισχύς (S) της παροχής.

Διακρινόμενες

- Το Οικιακό Τιμολόγιο Γ1 αφορά πελάτες που κατανάλωσαν ηλεκτρική ενέργεια σε διαφορετική περίοδο, τότε η κλίμακα κατανομής της κατανάλωσης που χρησιμοποιείται, τη συγκεκριμένη περίοδο.
- Με βάση το νομοθέτη πρόβλεψε ότι οι πελάτες που κατανάλωσαν ηλεκτρική ενέργεια σε φάσεις (3 ΦΑΣΕΙΣ) θα είχαν διαφορετικό κόστος κατανάλωσης (0,00046 €/kWh) όπως ορίζεται από τον ΚΑΤΑΛΟΓΟ ΤΙΜΩΝ.

Το Οικιακό Τιμολόγιο Γ1 αφορά πελάτες που κατανάλωσαν ηλεκτρική ενέργεια σε φάσεις (3 ΦΑΣΕΙΣ) όπως ορίζεται από τον ΚΑΤΑΛΟΓΟ ΤΙΜΩΝ.

Το Οικιακό Τιμολόγιο Γ1 αφορά πελάτες που κατανάλωσαν ηλεκτρική ενέργεια σε φάσεις (3 ΦΑΣΕΙΣ) όπως ορίζεται από τον ΚΑΤΑΛΟΓΟ ΤΙΜΩΝ.

Πίνακας 3.4 Τιμολόγηση ηλεκτρικής ενέργειας από ΔΕΗ.

Από τον παραπάνω πίνακα και από τους πίνακες 3.1 (χειμερινή περίοδος) και 3.2 (καλοκαιρινή περίοδος) λαμβάνοντας υπόψη και την ημερήσια κατανάλωση της ηλεκτρικής κουζίνας και θερμοσίφωνα (2,5 kWh/ημέρα τον χειμώνα και 2,0 kWh/ημέρα το καλοκαίρι). Η ημερήσια κατανάλωση το χειμώνα ανέρχεται σε 10,40kWh/ημέρα + 2,50kWh/ημέρα = 12,90kWh/ημέρα και το καλοκαίρι σε 20,97kWh/ημέρα + 2,00kWh/ημέρα = 22,97kWh/ημέρα!

Για την περίοδο του χειμώνα η ενέργεια που καταναλώνεται ανέρχεται σε $12,90\text{kWh}/\text{ημέρα} * 30\text{ημέρες} * 6\text{μήνες} = 2.322\text{kWh}$, ενώ αντίστοιχα για το καλοκαίρι η ενέργεια αυτή ανέρχεται σε $22,97\text{kWh}/\text{ημέρα} * 30\text{ημέρες} * 6\text{μήνες} = 4.134,6\text{kWh}$.

Για την περίοδο του χειμώνα η τετραμηνία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανέρχεται σε 1548kWh , ενώ αντίστοιχα για το καλοκαίρι σε $2756,4\text{kWh}$, ενώ για το τετράμηνο που περιέχει δύο μήνες από το καλοκαίρι και δύο μήνες από το χειμώνα η τετραμηνία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανέρχεται σε $2152,2\text{kWh}$. Για τα τρία αυτά τετράμηνα η τιμολόγηση από την ΔΕΗ θα ανέρχεται σε:

1^ο τετράμηνο, και κατανάλωση 1548kWh ,

Από τον πίνακα 3.4, βρίσκουμε:

$$(1548\text{KWh} * (0,0946\text{€kWh} + 0,00514\text{€kWh} + 0,0214\text{€kWh} + 0,00046\text{€kWh} + 0,02487\text{€kWh} + 0,00699\text{€kWh} + 0,0022\text{€kWh}(\text{ΕΚΦ})) \\ + (0,14\text{€} * 25\text{kVA} * 1(\Sigma.\text{I})/\text{έτος})/3 + (0,56\text{€} * 25\text{kVA} * 1(\Sigma.\text{I})/\text{έτος})/3 + 4,80\text{€}(\text{Πάγιο})) * 1,13 \\ \%(ΦΠΑ) = 284,77\text{€} + 1,07\text{€}(\text{ΕΙΔ.ΤΕΛ.}0,5\%) = 285,84\text{€}$$

2^ο τετράμηνο, και κατανάλωση $2152,2\text{kWh}$,

Από τον πίνακα 3.4, βρίσκουμε:

$$2152,2\text{KWh} * (0,10252\text{€kWh} + 0,00514\text{€kWh} + 0,0214\text{€kWh} + 0,00046\text{€kWh} + 0,02487\text{€kWh} + 0,03987\text{€kWh} + 0,0022\text{€kWh}(\text{ΕΚΦ})) \\ + (0,14\text{€} * 25\text{kVA} * 1(\Sigma.\text{I})/\text{έτος})/3 + (0,56\text{€} * 25\text{kVA} * 1(\Sigma.\text{I})/\text{έτος})/3 + 4,80\text{€}(\text{Πάγιο})) * 1,13 \\ \%(ΦΠΑ) = 490,46\text{€} + 1,90\text{€}(\text{ΕΙΔ.ΤΕΛ.}0,5\%) = 492,36\text{€}$$

3^ο τετράμηνο, και κατανάλωση $2756,4\text{kWh}$,

Από τον πίνακα 3.4, βρίσκουμε:

$$2756,4\text{KWh} * (0,10252\text{€kWh} + 0,00514\text{€kWh} + 0,0214\text{€kWh} + 0,00046\text{€kWh} + 0,02487\text{€kWh} + 0,03987\text{€kWh} + 0,0022\text{€kWh}(\text{ΕΚΦ})) \\ + (0,14\text{€} * 25\text{kVA} * 1(\Sigma.\text{I})/\text{έτος})/3 + (0,56\text{€} * 25\text{kVA} * 1(\Sigma.\text{I})/\text{έτος})/3 + 4,80\text{€}(\text{Πάγιο})) * 1,13 \\ \%(ΦΠΑ) = 624,78\text{€} + 2,42\text{€}(\text{ΕΙΔ.ΤΕΛ.}0,5\%) = 627,20\text{€}$$

Το ετήσιο κόστος ηλεκτρικής ενέργειας ανέρχεται σε $285,84\text{€} + 492,36\text{€} + 627,20\text{€} = 1405,40\text{€}$

Εάν υποθέσουμε ότι το κόστος ηλεκτρικής ενέργειας παραμένει σταθερό για 25 έτη το συνολικό κόστος ηλεκτρικής ενέργειας ανέρχεται σε $1405,40\text{€}/\text{έτος} * 25\text{έτη} = 35.135,00\text{€}$

Αν ληφθεί υπόψη και το κόστος υπέρ τρίτων που πληρώνει κανείς στα τιμολόγια της ΔΕΗ, τότε για ένα σπίτι 110m^2 , στην περιοχή της Πάτρας, με τιμή ζώνης $\text{TZ} = 1000\text{€}$

m², συντελεστή παλαιότητας ΣΠ=0,75 και συντελεστή ΤΑΠ ΣΤ=0,00025, τότε για τον Δήμο Πατρών για ένα χρόνο:

Δημοτικά τέλη: $110\text{m}^2 * 1,7\text{€ m}^2 = 187\text{€}$

Δημοτικό Φόρο: $110\text{m}^2 * 0,25\text{€ m}^2 = 27,5\text{€}$

ΤΑΠ: $110\text{m}^2 * 1000 / \text{m}^2 (\text{T.Z.}) * 0,75(\Sigma\Pi) * 0,00025(\Sigma\text{T}) = 20,63\text{€}$

ΕΡΤ: 36€

Σύνολο υπέρ τρίτων για ένα έτος ανέρχεται σε: 271,13€

Εάν υποθέσουμε ότι το κόστος υπέρ τρίτων παραμένει σταθερό για 25 έτη, τότε το συνολικό κόστος υπέρ τρίτων ανέρχεται σε $271,13\text{€έτος} * 25\text{έτη} = 6.778,25\text{€}$

Το συνολικό κόστος του τιμολογίου της ΔΕΗ για τα 25 έτη ανέρχεται σε $35.135,00\text{€} - 6.778,25\text{€} = 41.913,25\text{€}$

Πρέπει να σημειωθεί ότι στην πράξη το τιμολόγιο της ΔΕΗ αυξάνει συνεχώς αφού αυξάνει και το κόστος ενέργειας και το κόστος υπέρ τρίτων. Επίσης στο συγκεκριμένο παράδειγμα δεν έχει ληφθεί υπόψη και το κόστος επέκτασης του δικτύου του ΔΕΔΔΗΕ που είναι σημαντικό. Από τα παραπάνω δεν μπορεί σαφώς να προκύπτει το γενικό συμπέρασμα ότι το κόστος λειτουργίας ενός υβριδικού συστήματος για 25 χρόνια λειτουργίας, συμφέρει έναντι της επέκτασης του δικτύου και παροχής από τον ΔΕΔΔΗΕ, για το ίδιο χρονικό διάστημα των 25 ετών, αφού αυτό θα ισχύει μόνο για την περίπτωση μεγάλης επέκτασης του δικτύου του ΔΕΔΔΗΕ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματοποιήθηκε με την ηλεκτρολογική μελέτη μόνιμης κατοικίας με δύο σενάρια.

Στο πρώτο σενάριο η τροφοδότηση της κατοικίας πραγματοποιείται από το δίκτυο της ΔΕΗ (ΔΕΔΔΗΕ), όπου τοποθετήθηκαν ενεργοβόρες συσκευές όπως ηλεκτρική κουζίνα και ηλεκτρικός θερμοσίφωνα.

Στο δεύτερο σενάριο η ηλεκτρική τροφοδότηση της κατοικίας πραγματοποιείται μέσω υβριδικού συστήματος (φωτοβολταϊκά πάνελ με μπαταρίες και ηλεκτροπαραγωγό Ζεύγος). Στο σενάριο αυτό οι ηλεκτρικές ενεργοβόρες συσκευές αντικαταστάθηκαν από κουζίνα αερίου και ηλιακό θερμοσίφωνα με μπόιλερ. Η αυτονομία των μπαταριών υπολογίστηκε για τουλάχιστον δύο μέρες το χειμώνα ή μία μέρα το καλοκαίρι. Σε περίπτωση παρατεταμένης μη ηλιοφάνειας το ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος τίθεται σε λειτουργία για την κάλυψη των φορτίων και την φόρτιση των συσσωρευτών.

Η ηλεκτρική μελέτη που πραγματοποιήθηκε, έγινε μέσω θεωρητικών υπολογισμών και μέσω του προγράμματος ADAPT της 4M. Από την σύγκριση των αποτελεσμάτων των θεωρητικών υπολογισμών και του προγράμματος της 4M, διαπιστώνεται ταύτιση των αποτελεσμάτων, με μια μικρή απόκλιση στου υπολογισμών γραμμών φωτισμού με διακόπτες αλε-ρετούρ, λόγω εκ του ασφαλούς προσεγγίσεων των αποστάσεων στους θεωρητικούς υπολογισμούς.

Η οικονομική μελέτη έδειξε ότι στην περίπτωση μεγάλης απόστασης της κατοικίας από το δίκτυο του ΔΕΔΔΗΕ, είναι συμφέρων η κατασκευή υβριδικού συστήματος με την προϋπόθεση των σωστής χρήσης του, όπως περιγράφεται στο κεφάλαιο 3.

Δεν μπορεί να προκύπτει το γενικό συμπέρασμα ότι το κόστος λειτουργίας ενός υβριδικού συστήματος για 25 χρόνια λειτουργίας, συμφέρει έναντι της επέκτασης του δικτύου και παροχής από τον ΔΕΔΔΗΕ, για το ίδιο χρονικό διάστημα των 25 ετών, αφού αυτό θα ισχύει μόνο για την περίπτωση μεγάλης επέκτασης του δικτύου του ΔΕΔΔΗΕ.

Με βάση τα παραπάνω η παρούσα πτυχιακή εργασία επετεύχθητε επιτυχώς.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ
ΜΕΛΕΤΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΜΕ ΤΗ
ΒΟΗΘΕΙΑ ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ FINE
ΤΗΣ 4Μ

ΜΕΛΕΤΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΩΝ

Τεύχος Υπολογισμών Εγκατάστασης

Εργοδότης : ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
: ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ
: ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΕ

Έργο : ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΟΙΚΙΑΣ
:
:

Θέση : ΠΑΤΡΑ
:

Ημερομηνία : 01/08/2016

Μελετητές : ΠΑΝΔΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΑΜ:5879
: ΡΕΤΣΙΝΙΑΣ ΑΝΔΡΕΑΣ ΑΜ:2321
:

Παρατηρήσεις :
:

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα μελέτη έγινε σύμφωνα με το Ελληνικό Πρότυπο **ΕΛΟΤ HD 384** "Απαιτήσεις για ηλεκτρικές εγκαταστάσεις", χρησιμοποιώντας και τα ακόλουθα βοηθήματα:

α) *Electrical Installations handbook, Vol 1 & 2, SIEMENS*

β) *Κανονισμοί Ηλεκτρικών Εσωτερικών Εγκαταστάσεων*

γ) *Κανονισμοί ΔΕΗ*

δ) *Ειδικά Κεφάλαια Ηλεκ/κών εγκαταστάσεων και Δικτύων, Δ. Τσανάκα*

ε) *Τεχνικό Εγχειρίδιο FULGOR*

στ) *Εσωτερικές Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις, Μ. Μόσχοβιτς*

2. ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ & ΚΑΝΟΝΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ

(α) Βασικές σχέσεις:

$$U = I \times R \quad (\text{νόμος του } \Omega\mu)$$

$$W = I^2 \times R \times t \quad (\text{θερμότητα ρεύματος})$$

$$R = \frac{2 l}{K \times A} \quad (\text{Αντίσταση Κυκλώματος})$$

$$P = U \times I \quad (\text{ισχύς στο συνεχές ρεύμα})$$

$$P = U \times I \times \cos\phi \quad (\text{ισχύς στο εναλλασσόμενο μονοφασικό})$$

$$P = 1.73 \times U \times I \times \cos\varphi \quad (\text{ισχύς στο τριφασικό})$$

(β) Πτώση τάσης και διατομή καλωδίων

(β1) Πτώση τάσης u (V)

- Μονοφασικό

$$u = 2 \times \left(\frac{\cos\varphi}{K \times A} + \omega \times L \times \sin\varphi \right) \times I \times l$$

- Τριφασικό

$$u = 1.73 \times \left(\frac{\cos\varphi}{K \times A} + \omega \times L \times \sin\varphi \right) \times I \times l$$

όπου:

- U : Τάση δικτύου σε V σε σύστημα 2 αγωγών μεταξύ των αγωγών, σε σύστημα συνεχούς 3 αγωγών μεταξύ των 2 κυρίων αγωγών, σε τριφασικά συστήματα μεταξύ δύο κυρίως αγωγών
- u : Πτώση τάσης σε V από την αρχή μέχρι το τέλος του κυκλώματος
- I : Ενταση ρεύματος σε A
- R : Αντίσταση σε Ω
- W : Ενέργεια σε $W \times s$
- P : Ισχύς σε W
- K : Αγωγιμότητα
- $\cos\varphi$: συντελεστής Ισχύος
- A : Διατομή καλωδίου σε mm^2
- l : Μήκος της γραμμής σε m
- t : χρονική διάρκεια σε s
- L : Επαγωγική αντίσταση του καλωδίου σε H/m ($\omega=2\pi f$, $f=50$ Hz)

(β2) Διατομή A (mm²)

Επιλέγεται καλώδιο τέτοιο, ώστε το ρεύμα που περνάει από τη γραμμή να είναι μικρότερο από το επιτρεπόμενο ρεύμα του καλωδίου και ταυτόχρονα η προκύπτουσα πτώση τάσης να είναι μικρότερη από την επιθυμητή (προκύπτει από τις σχέσεις της παραγράφου β1).

Για την εύρεση του επιτρεπόμενου ρεύματος λαμβάνονται υπόψη το είδος του καλωδίου, το μέσο όδευσης, η θερμοκρασία περιβάλλοντος, η μέγιστη επιτρεπόμενη θερμοκρασία καλωδίου, και ο τρόπος διάταξης και λειτουργίας.

(β3) Όργανα προστασίας

Ο υπολογισμός γίνεται σε κάθε γραμμή με έναν από τους δύο παρακάτω τρόπους:

- Επιλέγεται όργανο προστασίας ώστε το επιτρεπόμενο ρεύμα να είναι μεγαλύτερο από το ρεύμα της γραμμής
- Επιλέγεται όργανο προστασίας ώστε το επιτρεπόμενο ρεύμα να είναι μεγαλύτερο από το ρεύμα της γραμμής, και το μέγεθός του να είναι το αμέσως μικρότερο της επιτρεπόμενης έντασης του καλωδίου

(β4) Ρεύμα Βραχυκυκλώσεως

το επιτρεπόμενο ρεύμα βραχυκυκλώσεως υπολογίζεται από την σχέση:

$$I = \frac{0.115 A}{\ddot{A}}$$

όπου I σε kA, A διατομή καλωδίου και t διάρκεια βραχυκυκλώματος

Το ρεύμα βραχυκυκλώσεως στους πίνακες υπολογίζεται με την σχέση:

$$I = \frac{V}{z}$$

όπου z η συνολική αντίσταση σε όλη την διαδρομή του καλωδίου.

Η παραπάνω σχέση υπερκαλύπτει και την σχέση $I = (\sqrt{3} V)/2z$ που ισχύει για την περίπτωση τριφασικού βραχυκυκλώματος.

3. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Τα αποτελέσματα των γραμμών του δικτύου παρουσιάζονται πινακοποιημένα με τις ακόλουθες στήλες:

- Τμήμα Γραμμής
- Μήκος Γραμμής (m)
- Φορτίο (kw)
- Είδος Φορτίου
- Cosφ
- Φάση
- Πτώση Τάσης (V)
- Διατομή Καλ. (mm²)
- Ασφάλεια (A)

Επίσης, για κάθε πίνακα της εγκατάστασης πραγματοποιείται αναλυτικός υπολογισμός, με αποτελέσματα που εμφανίζονται όπως ακολούθως:

Στο επάνω μέρος εμφανίζεται πινακάκι με τις ακόλουθες στήλες:

- Είδος Φορτίου
- Εγκατ. Πραγμ. Ισχύς (kw)
- Cosφ (KVxA)
- Εγκατ. Φαιν. Ισχύς (KVxA)
- Ετεροχρονισμός
- Μέγιστη πιθανή ζήτηση

Τα στοιχεία αυτά αναγράφονται ανά είδος φορτίου (συγκεντρωτικά) και στο κάτω μέρος αναγράφεται το σύνολο της μέγιστης πιθανής ζήτησης. Με βάση τα αποτελέσματα αυτά αναγράφονται πιο κάτω τα εξής:

- ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΦΑΣΕΩΝ R S T
- Μέγιστη Εμφανιζόμενη Ενταση (A)
- Συνολικός Συντελεστής Ζήτησης
- Ενταση για Ισοκατανομή Φάσεων (A)
- Πιθανή Μέγιστη Εμφανιζόμενη Ενταση (A)
- ΠΡΟΣΑΥΞΗΣΕΙΣ
- Λόγω Εφεδρείας (%)
- Λόγω Κινητήρων (A)
- Λόγω Εναυσης Λαμπτήρων (A)
- ΤΕΛΙΚΟ ΡΕΥΜΑ (A)
- τύπος καλωδίου
- επιτρεπόμενο ρεύμα καλωδίου σε Κ.Σ. (A)
- συντελεστής διόρθωσης
- επιτρεπόμενο ρεύμα καλωδίου (A)
- Γενικός Διακόπτης (A)
- Ασφάλεια ή Αυτ. Διακόπτης (A)
- Τροφοδοτικό Καλώδιο (mm²)
- Βαθμός Προστασίας πίνακα

Στοιχεία Δικτύου

Φασική Τάση Δικτύου (V)	230
Τύπος Καλωδίων	Χαλκός
Συντελεστής Αγωγιμότητας (S m/mm ² Ω)	56

Τυπικά Στοιχεία

Είδος Φορτίου	CosΦ	Ετεροχρονισμός	Πτώση Τάσης (%)	Τρόπος Σύνδεσης	Είδος Γραμμής
Φωτισμός	0.99	0.7	2		
Ρευματοδότες	0.97	0.6	2		
Θερμοσίφωνας	1	0.7	2		
Κουζίνα μονο	1	0.7	2		
Κεντρ.κλιματ	0.97	0.7	2		

Δίκτυο Ηλεκτρικής Εγκατάστασης

Τμήμα Δικτύου	Μήκος Γραμμής (m)	Φορτίο Γραμμής (KW)	Είδος Φορτίου	CosΦ	Φάση	Πτώση Τάσης (V)	Είδος Γραμμής	Επιθ. Διατομή (mm ²)	Υπολ. Διατομή (mm ²)	Μέγιστη Ασφάλεια (A)
A.Π	1.9	15.11	Πίνακας	0.991	123		3		6	25
A.1	10.7	1.5	Ρευματοδότες	0.97	1	0.997	1		2.5	16
A.2	15.4	0.800	Φωτισμός	0.99	2	1.275	1		1.5	10
A.3	17.4	1.000	Κεντρ.κλιματ.μονάδα	0.97	3	1.081	1		2.5	16
A.4	4.4	0.200	Φωτισμός	0.99	2	0.091	1		1.5	10
A.5	6.8	1.8	Ρευματοδότες	0.97	2	0.760	1		2.5	16
A.6	7.3	0.200	Φωτισμός	0.99	3	0.151	1		1.5	10
A.7	12.8	1	Ρευματοδότες	0.97	3	0.795	1		2.5	16
A.8	14.1	0.700	Φωτισμός	0.99	1	1.022	1		1.5	10
A.9	11.3	1.6	Ρευματοδότες	0.97	1	1.123	1		2.5	16
A.10	11.6	0.500	Ρευματοδότες	0.97	3	0.360	1		2.5	16
A.11	6.2	4.000	Θερμοσίφωνας	1	3	0.963	1		4	20
A.12	8.4	0.200	Φωτισμός	0.99	2	0.174	1		1.5	10
A.13	8.8	5.600	Κουζίνα μονοφασική	1	2	1.275	1		6	25
A.14	5.9	0.500	Ρευματοδότες	0.97	1	0.183	1		2.5	16
A.15	15.7	1	Ρευματοδότες	0.97	1	0.975	1		2.5	16
A.16	5.8	2.500	Ρευματοδότες	0.97	1	0.901	1		2.5	16

Τμήμα Δικτύου	Μήκος Γραμμής (m)	Φορτίο Γραμμής (KW)	Είδος Φορτίου	CosΦ	Είδος Καλωδίου	Αριθ. Παρ άλ. Καλ.	Υπολ. Διατομή (mm ²)	Επιθ. Διατομή (mm ²)	Επιτρ. Ρεύμα Κ.Σ.	Συντ. Διορθ.	Επιτρ. Ρεύμα (A).	Μέγιστη Ασφάλεια (A)	Ρεύμα Γραμμής (A)
A.Π	1.9	15.11	Πίνακας	0.99 1	J1VV-R		6		29.00	0.964	27.96	25	24.66
A.1	10.7	1.5	Ρευματοδότες	0.97	H07V-U		2.5		19.50	0.964	18.80	16	6.723
A.2	15.4	0.800	Φωτισμός	0.99	H07V-U		1.5		14.50	0.964	13.98	10	3.513
A.3	17.4	1.000	Κεντρ.κλιματ.μ νάδα	0.97	H07V-U		2.5		19.50	0.964	18.80	16	4.482
A.4	4.4	0.200	Φωτισμός	0.99	H07V-U		1.5		14.50	0.964	13.98	10	0.878
A.5	6.8	1.8	Ρευματοδότες	0.97	H07V-U		2.5		19.50	0.964	18.80	16	8.068
A.6	7.3	0.200	Φωτισμός	0.99	H07V-U		1.5		14.50	0.964	13.98	10	0.878
A.7	12.8	1	Ρευματοδότες	0.97	H07V-U		2.5		19.50	0.964	18.80	16	4.482
A.8	14.1	0.700	Φωτισμός	0.99	H07V-U		1.5		14.50	0.964	13.98	10	3.074
A.9	11.3	1.6	Ρευματοδότες	0.97	H07V-U		2.5		19.50	0.964	18.80	16	7.172
A.10	11.6	0.500	Ρευματοδότες	0.97	H07V-U		2.5		19.50	0.964	18.80	16	2.241
A.11	6.2	4.000	Θερμοσίφωνα	1	H07V-U		4		26.00	0.964	25.06	20	17.39
A.12	8.4	0.200	Φωτισμός	0.99	H07V-U		1.5		14.50	0.964	13.98	10	0.878
A.13	8.8	5.600	Κουζίνα μονοφασική	1	H07V-U		6		34.00	0.964	32.78	25	24.35
A.14	5.9	0.500	Ρευματοδότες	0.97	H07V-U		2.5		19.50	0.964	18.80	16	2.241
A.15	15.7	1	Ρευματοδότες	0.97	H07V-U		2.5		19.50	0.964	18.80	16	4.482
A.16	5.8	2.500	Ρευματοδότες	0.97	H07V-U		2.5		19.50	0.964	18.80	16	11.21

Ανάλυση Φορτίου Πίνακα : Α.Π

Όνομα Πίνακα :

Φορτία Πίνακα

Είδος Φορτίου	Εγκατεστημένη Ισχύς (kW)	CosΦ	Φαινόμενη Ισχύς (kVA)	Ετερο χρονι σμός	Μέγιστη Ζήτηση (kVA)
Ρευματοδότες	10.4	0.97	10.72165	0.6	6.43299
Φωτισμός	2.1	0.99	2.121212	0.7	1.484848
Κεντρ.κλιματ.μονάδα	1	0.97	1.030928	0.7	0.7216495
Θερμοσίφωνας	4	1	4	0.7	2.8
Κουζίνα μονοφασική	5.6	1	5.6	0.7	3.92
ΣΥΝΟΛΑ	23.10	0.99	23.31		15.25

Κατανομή Φάσεων

L1 (KVA): 8.03

L2 (KVA): 8.67

L3 (KVA): 6.78

Μέγιστη Εμφανιζόμενη Ένταση (A): 37.69

Συνολικός Συντελεστής Ζήτησης: 0.65

Ένταση για Ισοκατανομή Φάσεων (A): 22.11

Πιθανή Μέγιστη Εμφανιζόμενη Ένταση (A): 24.66

Προσαυξήσεις

Λόγω Εφεδρείας (%):

Λόγω Κινητήρων (A):

Λόγω Έναυσης Λαμπτήρων (A):

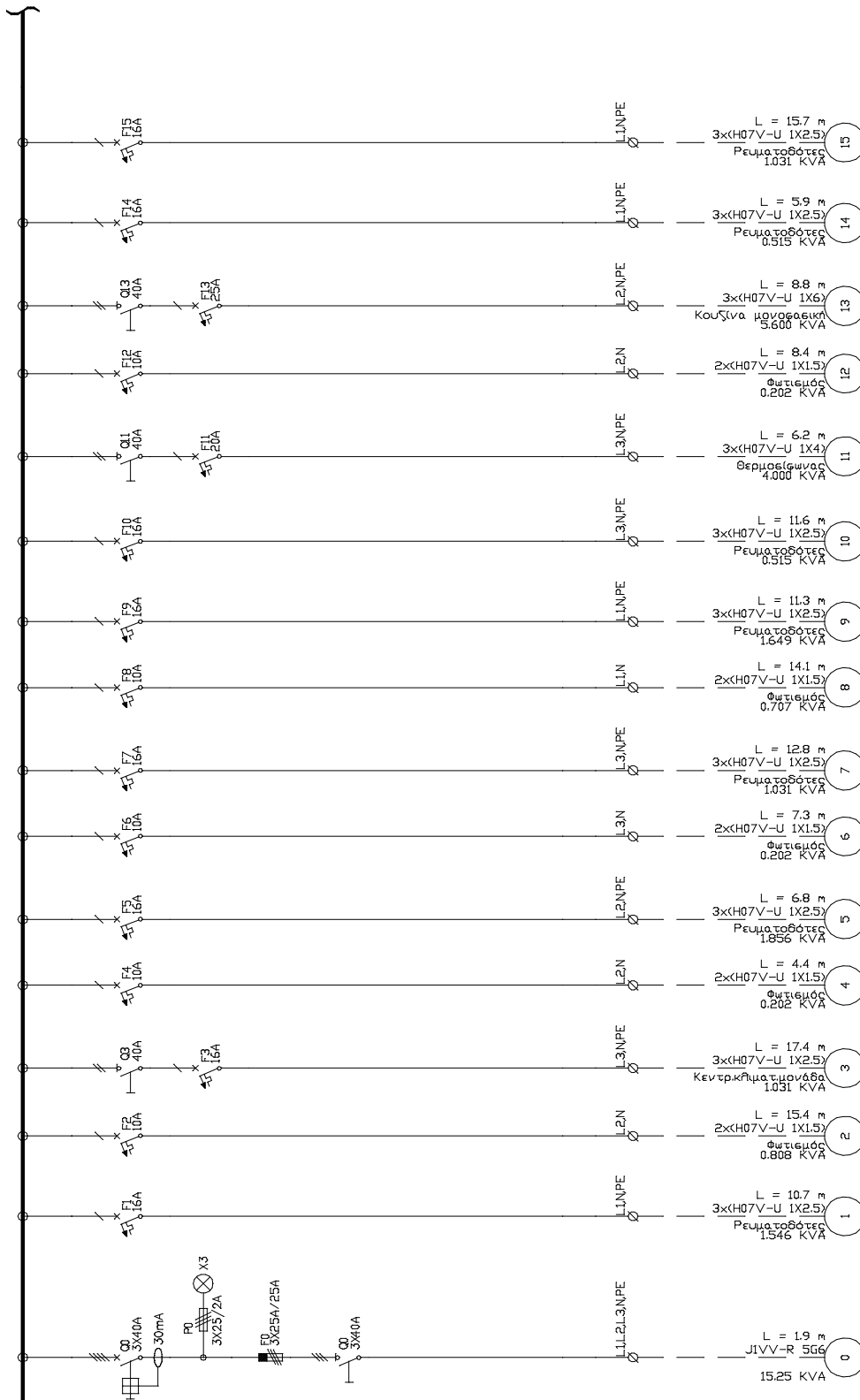
Τελικό Ρεύμα (A):	24.66
Τύπος Καλωδίου:	J1VV-R
Επιτρεπόμενο Ρεύμα Καλωδίου σε Κ.Σ (A):	29.00
Τρόπος τοποθέτησης : Εντοιχισμένο σε σωλήνα	
Θερμοκρασία περιβάλλοντος:	33
Συντελεστής διόρθωσης θερμοκρασίας:	0.964
Όδευση : Σε επιφάνεια δομικού υλικού, επίτοιχα γυμνά ή σε σωλήνα, εντοιχισμένα γυμνά ή σε σωλήνα	
Πλήθος κυκλωμάτων - πολυπολικών καλωδίων:	1
Συντελεστής ομαδοποίησης:	1.000
Συντελεστής Διόρθωσης:	0.964
Επιτρεπόμενο Ρεύμα Καλωδίου (A):	27.96
Επιλέγεται	
Γενικός Διακόπτης (A):	40
Ασφάλεια ή Αυτόματος Διακόπτης (A):	25
Τροφοδοτικό Καλώδιο (mm ²):	6.00
Βαθμός Προστασίας Πίνακα:	IP
Ενσωματωμένος σε άλλο Πίνακα:	Όχι

Έλεγχος Καλωδίων

Δεν υπάρχουν γραμμές που δεν υπολογίζονται καλώδια

Έλεγχος Οργάνων Προστασίας


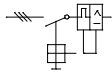


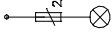


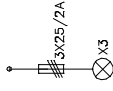
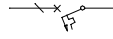

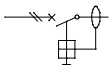
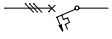

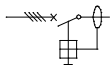

Δεν υπάρχουν γραμμές που δεν υπολογίζονται όργανα προστασίας



No	Αναθέσειση	Hμερομηνία	Hμερομηνία	Μεταρτής:	Ονομασία Πίνακα:		Αναδ.	
					A.Π	Σελίδα	1	2



No	Αναθέσσηση	Ημερομηνία	Μελετητής:	Ονομασία Πίνακα:	Αριθ.	Σελίδα
		Ημερομηνία	Ημερομηνία	A.Π		2
						από
						2

ΥΠΟΜΝΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΣΥΜΒΟΛΩΝ		
 <p>3-ΠΟΛΙΚΟΣ ΤΗΛΕΧΕΙΡΙΖΟΜΕΝΟΣ ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ</p>	 <p>3-ΠΟΛΙΚΟΣ ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ</p>	 <p>2-ΠΟΛΙΚΟΣ ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ ΦΟΡΤΙΟΥ</p>
 <p>3-ΠΟΛΙΚΟΣ ΤΗΛΕΧΕΙΡ. ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ ΜΕ ΘΕΡΜΙΚΑ</p>	 <p>ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΗ ΛΥΧΝΙΑ ΣΤΟΥΣ ΖΥΓΟΥΣ</p>	 <p>3-ΠΟΛΙΚΟΣ ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ ΦΟΡΤΙΟΥ</p>
 <p>3-ΠΟΛ. ΑΣΦΑΛΕΙΟ-ΑΠΟΖΕΥΚΤΗΣ ΚΥΛΙΝΔ.ΑΣΦΑΛ.</p>	 <p>3 ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΛΥΧΝΙΕΣ ΣΤΟΥΣ ΖΥΓΟΥΣ</p>	 <p>1-ΠΟΛΙΚΟΣ ΜΙΚΡΟ-ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ</p>
 <p>1-ΠΟΛΙΚΗ ΚΟΧΛΙΩΤΗ ΑΣΦΑΛΕΙΑ</p>	 <p>2-ΠΟΛΙΚΟΣ ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ ΔΙΑΡΡΟΗΣ</p>	 <p>3-ΠΟΛΙΚΟΣ ΜΙΚΡΟ-ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ</p>
 <p>3-ΠΟΛΙΚΗ ΚΟΧΛΙΩΤΗ ΑΣΦΑΛΕΙΑ</p>	 <p>4-ΠΟΛΙΚΟΣ ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ ΔΙΑΡΡΟΗΣ</p>	 <p>3-ΠΟΛΙΚΟΣ ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ ΦΟΡΤΙΟΥ ΡΑCCO</p>

Υπολογισμός Υποσταθμού

Αντιστάσεις Δικτύου Τροφοδοσίας	
Ωμική Αντίσταση Δικτύου (mΩ)	
Επαγωγική Αντίσταση Δικτύου (mΩ)	
Επιλογή Μετασχηματιστή	
Απαιτούμενο Φορτίο (KVA)	15.24723
Τύπος Μετασχηματιστή	
Ονομαστική Ισχύς Μετασχηματιστή (KVA)	
Μέγιστη Τάση (V)	20000
Χαμηλή Τάση (V)	380
Τύπος	
Είδος	
Τάση Βραχυκυκλώσεως Μετασχηματιστή (%)	
Απώλειες Κενής Λειτουργίας (W)	
Απώλειες Φορτίου (W)	
Κόστος	
Υπολογισμός Ρεύματος Βραχυκυκλώσεως	
Ονομαστικό Ρεύμα (KA)	0
Συνεχές Ρεύμα Βραχυκυκλώσεως XT (KA)	0
Μέγιστη Ισχύς Βραχυκυκλώσεως (MVA)	250
Συνεχές Ρεύμα Βραχυκυκλώσεως MT (KA)	7.225434

Υπολογισμός Αερισμού Υποσταθμού

Αποδιδόμενη Θερμότητα (Kcal/h)	0
Διαφορά Θερμοκρασίας Χώρου Υποσταθμού/Περιβάλλοντος (°C)	
Απαιτούμενη Παροχή Αέρα (m ³ /h)	0
Εκλέγεται Ανεμιστήρας	
Τύπος	
Παροχή (m ³ /h)	
Ισχύς (HP)	
Δυναμική Πίεση mm Υ/Σ	
Ολική Πίεση mm Υ/Σ	



Πτώση Τάσης στις Γραμμές του Δικτύου

Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->A.1:	0.997	V	(0.433%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->A.2:	1.275	V	(0.554%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->A.3:	1.081	V	(0.470%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->A.4:	0.091	V	(0.040%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->A.5:	0.760	V	(0.330%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->A.6:	0.151	V	(0.066%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->A.7:	0.795	V	(0.346%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->A.8:	1.022	V	(0.444%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->A.9:	1.123	V	(0.488%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->A.10:	0.360	V	(0.157%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->A.11:	0.963	V	(0.419%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->A.12:	0.174	V	(0.076%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->A.13:	1.275	V	(0.554%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->A.14:	0.183	V	(0.080%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->A.15:	0.975	V	(0.424%)
Πτώση τάσης στη γραμμή	A-->A.16:	0.901	V	(0.392%)
Δυσμενέστερη γραμμή	A-->A.2:	1.275	V	(0.554%)

Τύπος Καλωδίου	Κωδικός Α.Τ.Η.Ε.	Μήκος
----------------	------------------	-------

Ηλ. Υποδοχέας	Κωδικός Α.Τ.Η.Ε.	Ποσότητα
---------------	------------------	----------

Διακόπτης απλός	8801.1.1	2.00
Κομιτατέρ	8801.1.4	6.00
Αλλέ-ρετούρ	8801.1.4	8.00
Ρευματοδότης Schuko		12.00
Ρευματοδότης απλός		4.00
Ρευματοδότης στεγανός		4.00
Ρευματοδότης F.C.		1.00
Ηλεκτρικός Πίνακας		1.00
ΣΠΟΤ ΟΡΟΦΗΣ		2.00
ΠΟΛΥΦΩΤΟ		2.00
ΦΩΣ ΣΤΕΓΑΝΟ ΤΟΙΧΟΥ		1.00
ΦΩΤ.ΣΗΜΕΙΟ ΓΕΝΙΚΑ		11.00
Θερμοσίφωνα		1.00
Κουζίνα μονοφασική		1.00
Απορροφητήρας κουζίνας		1.00

Όργανα Προστασίας	Κωδικός Α.Τ.Η.Ε.	Ποσότητα
-------------------	------------------	----------

ΜΟΝ.Μικροαυτόματοι	10Α	8915.1.2	5.00
ΜΟΝ.Μικροαυτόματοι	16Α	8915.1.3	9.00
ΜΟΝ.Μικροαυτόματοι	20Α	8915.1.4	1.00
ΜΟΝ.Μικροαυτόματοι	25Α	8915.1.5	1.00

ΜΟΝ.Βιδωτές συντηκτικές ασ 25Α	8910.1.1	3.00
ΜΟΝ.Ραγοδιακόπτες 40Α	8871.1.1-	3.00
ΤΡΙ.Ραγοδιακόπτες 40Α	8857.1.1-	1.00
ΜΟΝ.Βάσεις βιδωτών συντηκτ 25Α		3.00

Άλλα Υλικά

Κωδικός Α.Τ.Η.Ε.

Ποσότητα

Προμέτρηση - Κοστολόγηση

A/A	Περιγραφή	Τ.Μον. €	Ποσοτ.	Εκπτ. %	ΦΠΑ %	Σ.Τιμή €
0		0	0	0	0	0
0	ΚΑΛΩΔΙΑ	0	0	0	0	0
0		0	0	0	0	0
0		0	0	0	0	0
0	ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΙ ΥΠΟΔΟΧΕΙΣ	0	0	0	0	0
0		0	0	0	0	0
0	Διακόπτης απλός	0	2	0	0	0
0	Κομιτατέρ	0	6	0	0	0
0	Αλλέ-ρετούρ	0	8	0	0	0
0	Ρευματοδότης Schuko	0	12	0	0	0
0	Ρευματοδότης απλός	0	4	0	0	0
0	Ρευματοδότης στεγανός	0	4	0	0	0
0	Ρευματοδότης F.C.	0	1	0	0	0
0	Ηλεκτρικός Πίνακας	0	1	0	0	0
0	ΣΠΟΤ ΟΡΟΦΗΣ	0	2	0	0	0
0	ΠΟΛΥΦΩΤΟ	0	2	0	0	0
0	ΦΩΣ ΣΤΕΓΑΝΟ ΤΟΙΧΟΥ	0	1	0	0	0
0	ΦΩΤ.ΣΗΜΕΙΟ ΓΕΝΙΚΑ	0	11	0	0	0
0	Θερμοσίφωνα	0	1	0	0	0
0	Κουζίνα μονοφασική	0	1	0	0	0
0	Απορροφητήρας κουζίνας	0	1	0	0	0
0		0	0	0	0	0
0	ΟΡΓΑΝΑ	0	0	0	0	0

	ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ					
0		0	0	0	0	0
0	ΜΟΝ.Μικροαυτόματοι 10Α	0	5	0	0	0
0	ΜΟΝ.Μικροαυτόματοι 16Α	0	9	0	0	0
0	ΜΟΝ.Μικροαυτόματοι 20Α	0	1	0	0	0
0	ΜΟΝ.Μικροαυτόματοι 25Α	0	1	0	0	0
0	ΜΟΝ.Βιδωτές συντηκτικές ασ 25Α	0	3	0	0	0
0	ΜΟΝ.Ραγοδιακόπτες 40Α	0	3	0	0	0
0	ΤΡΙ.Ραγοδιακόπτες 40Α	0	1	0	0	0
0	ΜΟΝ.Βάσεις βιδωτών συντηκτ 25Α	0	3	0	0	0
0		0	0	0	0	0
0		0	0	0	0	0
0	ΑΛΛΑ ΥΛΙΚΑ	0	0	0	0	0

Αναλυτική Προμέτρηση

Α/Α	Περιγραφή	Αναλυτική Ποσότητα	Ποσοτ.
0			0
0	ΚΑΛΩΔΙΑ		0

ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΗΛΕΚΤΡ/ΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Εργοδότης : ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
: ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ
: ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΕ

Έργο : ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΟΙΚΙΑΣ
:
:

Θέση : ΠΑΤΡΑ
:

Ημερομηνία : 01/08/2016

Μελετητές : ΠΑΝΔΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΑΜ:5879
: ΡΕΤΣΙΝΙΑΣ ΑΝΔΡΕΑΣ ΑΜ:2321
:

Παρατηρήσεις :
:

0. Γενικά

Η εγκατάσταση περιλαμβάνει την ηλεκτρική εγκατάσταση ισχυρών ρευμάτων και πρόκειται να κατασκευασθεί σύμφωνα με το Ελληνικό Πρότυπο **ΕΛΟΤ HD 384 "Απαιτήσεις για ηλεκτρικές εγκαταστάσεις"** και τις απαιτήσεις της Δ.Ε.Η.

1. Τροφοδοσία Δ.Ε.Η. - Μετρητές

Η τροφοδοσία θα γίνει από το δίκτυο της Δ.Ε.Η. 230/400 V-50Hz. Στον χώρο που φαίνεται στα σχέδια θα τοποθετηθούν τα μπαροκιβώτια και οι μετρητές.

Προβλέπεται ένας μετρητής για κάθε ιδιοκτησία και ένας επιπλέον μετρητής για τους κοινόχρηστους χώρους.

Οι μετρητές θα έχουν άμεση γείωση η οποία θα συνδεθεί μέσω αγωγού γείωσης με την θεμελιακή γείωση του κτιρίου.

Η είσοδος του καλωδίου της Δ.Ε.Η. και ο τρόπος μηχανικής προστασίας του θα υποδειχθούν από την Δ.Ε.Η.

2. Καλωδιώσεις-Σωληνώσεις.

α. Οι παροχές των πινάκων θα γίνουν με καλώδια J1VV-R ή J1VV-U ή A05VV-R ή A05VV-U και όπου η εγκατάσταση είναι χωνευτή θα χρησιμοποιούνται χαλυβδοσωλήνες.

β. Όπου η εγκατάσταση είναι χωνευτή και όχι στεγανή θα χρησιμοποιηθούν καλώδια H07V-U ή H07V-R μέσα σε πλαστικούς σωλήνες. Αντίστοιχα, όπου η εγκατάσταση είναι στεγανή (χωνευτή η ορατή) θα χρησιμοποιηθούν καλώδια A05VV-R ή A05VV-U ή H07V-U ή H07V-R και χαλυβδοσωλήνες. Σε περίπτωση χρήσης καλωδίων H07V-U ή H07V-R οι χαλυβδοσωλήνες θα έχουν εσωτερική μόνωση. Σαν στεγανοί χώροι θεωρούνται μεταξύ των άλλων χώροι υγιεινής, λεβητοστάσιο, κλπ.

γ. Ειδικά όταν η εγκατάσταση είναι ενσωματωμένη στο μπετόν, θα χρησιμοποιηθούν πλαστικοί σωλήνες τύπου HELIFLEX.

δ. Τα μεγέθη των σωλήνων, ανάλογα με την διατομή του καλωδίου, δίνονται στον ακόλουθο πίνακα:

Καλώδια	Σωλήνας
3x1.5 mm	Φ 13.5mm
3x2.5 mm, 5x1.5 mm	Φ 16 mm
3x4 mm, 5x2.5 mm	Φ 21 η Φ 23mm
3x6 mm, 5x4 mm	Φ 21 η Φ 23mm
3x10 mm, 5x6 mm	Φ 29mm
3x16 mm, 5x10 mm	Φ 36mm

Για μεγαλύτερες διατομές καλωδίων θα χρησιμοποιηθούν γαλβανισμένοι σιδηροσωλήνες ή και υδραυλικοί πλαστικοί σωλήνες για διαδρομές στο έδαφος.

ε. Όλες οι γραμμές θα φέρουν αγωγό γείωσης.

στ. Οι οριζόντιες διαδρομές σωληνώσεων θα βρίσκονται κατά το δυνατόν σε ύψος μεγαλύτερο από 2.5 m.

ζ. Για τις γραμμές φωτισμού τα καλώδια θα έχουν διατομή 1.5 mm, ενώ για τις αντίστοιχες ρευματοδοτών, διατομή 2.5 mm.

3. Πίνακες διανομής

Οι πίνακες διανομής θα είναι μεταλλικοί προστασίας IP54 ή εναλλακτικά μονοφασικοί (ή τριφασικοί) τυποποιημένοι πίνακες από θερμοπλαστικό υλικό. Κάθε πίνακας θα φέρει ξεχωριστές μπάρες φάσεων, ουδέτερου και γείωσης. Μεταξύ των άλλων, ο πίνακας θα περιλαμβάνει:

- Γενικές συντηκτικές ασφάλειες.
- Γενικό διακόπτη.

- Ηλεκτρονόμο διαφυγής 30mA.
- Αναχωρήσεις σύμφωνα με το σχέδιο πινάκων.

4. Προσωρινή παροχή

- Η προσωρινή παροχή θα γίνει σύμφωνα με τα άρθρα 75,76,77 του 1073/81 Π.Δ/τος μερίμνη του ιδιοκτήτη και με ευθύνη του ηλεκτρολόγου εγκαταστάτη.

- Τα άρθρα αυτά προβλέπουν η προσωρινή παροχή να είναι τοποθετημένη σε στεγανό μεταλλικό κουτί καλά γειωμένο το οποίο να φέρει κλειδαριά, ώστε να ασφαρίζεται κατά τις μη εργάσιμες ώρες, με μέριμνα του ιδιοκτήτη.

- Επίσης προβλέπεται και θα τοποθετηθεί οπωσδήποτε αυτόματος προστατευτικός διακόπτης διαφυγής (διαφορικής προστασίας-αντιηλεκτροπληξιακός αυτόματος). Προτού η παροχή αυτή χρησιμοποιηθεί, θα κληθεί για έλεγχο ο επιβλέπων μηχανικός, άλλως ουδεμία ευθύνη θα φέρει σε περίπτωση ατυχήματος. Οι μπαλαντέζες που θα χρησιμοποιηθούν να φέρουν αγωγό γείωσης, έστω και αν τροφοδοτούν εργαλεία που δεν απαιτούν γείωση. Ο τρόπος που θα απλώνονται να είναι τέτοιος ώστε να αποκλείεται φθορά και συνεπώς κίνδυνος ατυχήματος (μακράν από συνήθεις διακινήσεις προσωπικού, οχημάτων-μηχανημάτων κ.α.).

5. Παρατηρήσεις

- **α.** Οι ρευματοδότες θα φέρουν αγωγό γείωσης και θα τοποθετούνται σε ύψος 50 cm από το δάπεδο.

- **β.** Οι διακόπτες θα τοποθετηθούν σε ύψος 80 cm από το δάπεδο.

- **γ.** Οι θέσεις φωτιστικών σημείων δείχνονται στα σχέδια. Τύποι φωτιστικών που έχουν προκαθορισθεί στο στάδιο της μελέτης, δείχνονται επίσης στα σχέδια.

- **δ.** Όταν σε κάποιο χώρο η εγκατάσταση είναι στεγανή, αντίστοιχα στεγανοί θα είναι οι ρευματοδότες, οι διακόπτες και τα φωτιστικά σώματα.

6. Γειώσεις

6.1 Θεμελιακή Γείωση

- Το σύστημα γείωσης θα είναι θεμελιακή γείωση. Το ηλεκτρόδιο γείωσης θα είναι χάλκινος αγωγός ορθογωνικής διατομής (ταινία) από χαλκό ελάχιστων διαστάσεων 30x3.5mm. Κατά την τοποθέτησή του στην θεμελίωση θα πρέπει να περιβάλλεται σε όλο το μήκος του με συμπαγές σκυρόδεμα πάχους τουλάχιστον 50mm.

- Για τη σύνδεσή – στήριξη του θεμελιακού γειωτή - ταινίας στο οπλισμό θα χρησιμοποιηθούν σφιγκτήρες θερμά επιψευδαργυρωμένοι ανά δύο (2) m ταινίας. Πρέπει να εξασφαλίζεται η σωστή και ασφαλής ηλεκτρική σύνδεση του ηλεκτροδίου γείωσης (ταινίας) με τον οπλισμό, ώστε να μην είναι δυνατή η ανάπτυξη σπινθήρων μεταξύ ηλεκτροδίου και οπλισμού.

- Η θεμελιακή γείωση θα φέρει αναμονές για την ενίσχυσή της με γειωτές ώστε να επιτευχθεί αντίσταση γείωσης μικρότερη των 2,70Ω. Οι αναμονές θα είναι του ίδιου υλικού με τον γειωτή (ταινία) στη στάθμη του φυσικού εδάφους εντός φρεατίου. Η προέκταση της θεμελιακής γείωσης μπορεί να γίνει με την προσθήκη ακτινικών ηλεκτροδίων ή με ηλεκτρόδια γείωσης τύπου ράβδων ή με ηλεκτρόδιο γείωσης αποτελούμενο από πλάκες γείωσης (π.χ. γειωτής τύπου «Ε»). Όλα τα παραπάνω υλικά θα πρέπει να είναι ικανοποιούν τις απαιτήσεις του προτύπου ΕΛΟΤ EN 50164-2.

- Γενικώς η διατομή του αγωγού γείωσης θα είναι η ίδια με τους αγωγούς κυκλώματος για διατομές από 1,5 mm μέχρι 35 mm. Για αγωγούς κυκλώματος 50

mm και άνω ο αγωγός γείωσης θα έχει διατομή τουλάχιστον ίση προς το μισό της διατομής των αγωγών του κυκλώματος.

- Οι γειώσεις των πινάκων κάθε διαμερίσματος και της κοινόχρηστης παροχής θα καταλήγουν σε χάλκινη μπάρα γείωσης τοποθετημένη κοντά στη διάταξη της ΔΕΗ και συνδεδεμένη με τη θεμελιακή γείωση με ταινία χάλκινη 30x3.5τ.χ ακολουθώντας τη συντομότερη διαδρομή. Στο ζυγό γείωσης θα συνδεθεί και η γείωση της ΔΕΗ. Σε περίπτωση που η σύνδεση της εγκατάστασης του κτιρίου με τη ΔΕΗ δεν εφάπτεται στο κτίσμα αλλά γίνεται στο όριο του οικοπέδου, θα πρέπει να λαμβάνονται μέτρα μηχανικής προστασίας του αγωγού PE και σήμανσής του κατά την υπόγεια όδυσή του από τη θεμελίωση προς τον μετρητή.

- Ο αγωγός γείωσης για λόγους μηχανικής προστασίας και προστασίας από τη διάβρωση θα εγκλωβίζεται καθ'όλο το μήκος του στο σκυρόδεμα ακολουθώντας πορεία μέσω των πεδιλοδοκών και των υποστηλωμάτων του κτίσματος, στηριζόμενος και συνδεδεμένος ηλεκτρικά με τον οπλισμό ανά 2.00m με κατάλληλους σφιγκτήρες. Επίσης, η διαδρομή του αγωγού γείωσης από τη θεμελιακή γείωση έως τον ακροδέκτη γείωσης θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μικρότερου μήκους. Ο κύριος ακροδέκτης γείωσης (το μέσο σύνδεσης του αγωγού γείωσης με τον κύριο αγωγό προστασίας PE) πρέπει να έχει την ικανότητα να άγει το ηλεκτρικό ρεύμα σφάλματος της εγκατάστασης χωρίς να υπερθερμαίνεται. Η σύνδεση – αποσύνδεση των αγωγών πρέπει να είναι δυνατή μόνο με εργαλείο έτσι ώστε να αποφεύγεται η τυχαία αποσύνδεσή τους.

- **6.2 Κύριες και Συμπληρωματικές Ισοδυναμικές Συνδέσεις (ΚΙΣ, ΣΙΣ)**

- Η ΚΙΣ είναι η αγωγή ή μέσω σπινθηριστών σύνδεση σε ακροδέκτη ή ζυγό γείωσης των:

· κύριου αγωγού προστασίας PE (αγωγή σύνδεση) που αναφερθήκαμε παραπάνω

· των εισερχόμενων στο κτίριο μεταλλικών δικτύων όπως:

- χαλύβδινος σωλήνας ύδρευσης (μέσω σπινθηριστή) εάν δεν είναι πλαστικός
- χαλύβδινος σωλήνας φυσικού αερίου (μέσω σπινθηριστή)
- μεταλλικοί μανδύες καλωδίων ηλεκτρικής παροχής, εάν υπάρχουν (αγωγή σύνδεση)
- μεταλλικοί μανδύες καλωδίων τηλεφωνικής σύνδεσης, εάν υπάρχουν (μέσω σπινθηριστών)
- των ξένων στοιχείων εσωτερικά του κτιρίου όπως:
 - το δίκτυο πυρόσβεσης (αγωγή σύνδεση) εάν υπάρχει
 - οι μεταλλικοί σωλήνες θέρμανσης (αγωγή σύνδεση)
 - οι μεταλλικοί αεραγωγοί κλιματισμού (αγωγή σύνδεση) εάν υπάρχουν
 - ο μεταλλικός οπλισμός του κτιρίου
 - οι οδηγοί του ανελκυστήρα (εάν υπάρχει)

- Εάν το πλήθος των εισερχόμενων δικτύων είναι μεγαλύτερο και τα σημεία εισόδου τους βρίσκονται σε μικρή απόσταση, προτιμότερο είναι να προβλέπεται ένας ζυγός που να διαθέτει ανάλογες υποδοχές σύνδεσης (εξισωτής δυναμικού). Ο ζυγός θα συνδέεται με τη θεμελιακή γείωση με κατάλληλη όδευση ώστε να προβλεφθούν ακροδέκτες και ζυγοί γείωσης στις θέσεις του κτιρίου που απαιτούνται ΚΙΣ.

- Η ΣΙΣ εφαρμόζεται τοπικά σε ειδικούς χώρους ή εγκαταστάσεις όπου δεν μπορούν να εφαρμοστούν μέτρα προστασίας αυτόματης διακοπής όταν εμφανιστούν επικίνδυνες τάσεις επαφής μεγαλύτερες των 50V εναλλασσομένου ρεύματος ή 120V συνεχούς ρεύματος ή όταν πρέπει να ληφθούν αυστηρότερα μέτρα προστασίας για τιμές τάσης επαφής χαμηλότερες των παραπάνω, όπως λουτρά και ειδικοί χώροι.

- Η ΣΙΣ πρέπει να περιλαμβάνει όλα τα ταυτόχρονα προσιτά αγωγή μέρη, δηλαδή τα εκτεθειμένα αγωγή μέρη των σταθερών συσκευών και του υπόλοιπου ηλεκτρολογικού υλικού και τα ξένα αγωγή στοιχεία, στα οποία περιλαμβάνεται ο

μεταλλικός οπλισμός του σκυροδέματος του κτιρίου. Προς αυτό το ισοδυναμικό σύστημα πρέπει να συνδέονται και οι ακροδέκτες γείωσης των ρευματοδοτών. Γενικά όλα τα μεταλλικά μέρη των εγκαταστάσεων θα συνδεθούν με το σύστημα γείωσης σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ HD-384.

- Σύμφωνα με τα παραπάνω, στην περίπτωση μας, εκτός της γείωσης της διάταξης ΔΕΗ και των ηλεκτρικών πινάκων (κοινοχρήστων και διαμερισμάτων) θα εκτελεστούν μέσω ισοδυναμικών ζυγών οι παρακάτω συνδέσεις:

- 1ος Ισοδυναμικός Ζυγός (χώρος λεβητοστασίου):
 - Τα μεταλλικά μέρη του ηλεκτρικού πίνακα λεβητοστασίου
 - Οι σωλήνες θέρμανσης
 - Δομικό πλέγμα στο χώρο του λεβητοστασίου και της δεξαμενής πετρελαίου
 - Η δεξαμενή πετρελαίου εάν είναι μεταλλική
- 2ος Ισοδυναμικός Ζυγός (χώρος μηχανοστασίου ανελκυστήρα):
 - Τα μεταλλικά μέρη του πίνακα ανελκυστήρα
 - Δομικό πλέγμα στο χώρο του μηχανοστασίου
 - Μεταλλικά μέρη κινητήρα - αντλίας ανελκυστήρα
 - Οδηγοί ανελκυστήρα
- 3ος Ισοδυναμικός Ζυγός (χώρος κύριας εισόδου):
 - Οι μεταλλικοί σωλήνες φυσικού αερίου.

Όλες οι παραπάνω ισοδυναμικές συνδέσεις θα γίνουν μέσω επικασσιτερωμένου εύκαμπτου χάλκινου αγωγού Φ16τ.χ. Οι συνδέσεις των ισοδυναμικών ζυγών με τη θεμελιακή γείωση θα γίνονται με χάλκινη ταινία 30x3.5 mm.

Εάν η κατασκευή του δικτύου ύδρευσης και αποχέτευσης γίνει με πλαστικούς σωλήνες και οι λουτήρες είναι μη μεταλλικοί δεν απαιτείται ιδιαίτερη γείωση.

7. Πρόσθετα στοιχεία προστασίας

Γεφύρωση των ειδών υγιεινής και σύνδεση των μεταλλικών παροχών ύδρευσης με την μπάρα γείωσης των μπαροκιβωτίων.

8. Δοκιμές εγκατάστασης

Η αντίσταση μόνωσης πρέπει να μετρηθεί μεταξύ κάθε ενεργού αγωγού και της γης

Σημειώσεις:

1. Στο σύστημα σύνδεσης των γειώσεων TN-C, ο αγωγός PEN θεωρείται ότι αποτελεί μέρος της γης.
2. Κατά τη διάρκεια αυτής της μέτρησης οι αγωγοί φάσεων και ο ουδέτερος μπορούν να συνδέονται μεταξύ τους.

Η αντίσταση μόνωσης, μετρούμενη με την τάση δοκιμής που δίνεται στον πίνακα, είναι ικανοποιητική αν κάθε κύκλωμα, με αποσυνδεδεμένες τις συσκευές, έχει αντίσταση μόνωσης τουλάχιστον ίση με την τιμή του πίνακα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 61-A

Ελάχιστη τιμή αντίστασης μόνωσης

Ονομαστική τάση κυκλώματος (V)	Τάση δοκιμής συνεχούς ρεύματος (V)	Ελάχιστη αντίσταση μόνωσης (MΩ)
SELV και PELV	250	0.25
Μέχρι 500V, με εξαίρεση προηγούμενες περιπτώσεις	500	0.5
Πάνω από 500V	1000	1.0

Οι δοκιμές πρέπει να γίνουν με συνεχές ρεύμα. Η συσκευή δοκιμής πρέπει να είναι ικανή να παρέχει την τάση δοκιμής που ορίζεται στον πίνακα, όταν φορτίζεται με ρεύμα 1mA.

Όταν το κύκλωμα περιλαμβάνει ηλεκτρονικές διατάξεις οι αγωγοί φάσεων και ο ουδέτερος πρέπει να συνδέονται μεταξύ τους κατά τη μέτρηση.

Ο Συντάξας

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΒΙΒΛΙΑ

- Πέτρος Ντοκόπουλος: "Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις Καταναλωτών", Α' Έκδοση, Εκδόσεις Ζήτη, 2005
- Ι .Ε. Φραγκιαδάκης: "Φωτοβολταϊκά Συστήματα", 2η Έκδοση, Εκδόσεις Ζήτη, 2007

ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

- <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>
- <http://www.exide.com/us/en/product-solutions/network-power/product/sonnenschein-solar.aspx>
- http://www.luxorsolar.com/products/solar_modules/eco_line_60.htm
- http://www.epsolarpv.com/en/index.php/Product/pro_content/id/598/am_id/136
- <https://www.victronenergy.gr/inverters/phoenix-inverter-12v-24v-48v-800va-3kva>
- <http://www.greenpower.cn/en/P-generator-07.htm>
- <http://www.cres.gr/pvcatalog/index.jsp>

ΔΗΜΟΣΙΕΥΜΕΝΑ ΑΡΧΕΙΑ

- Ελληνικό Πρότυπο ΕΛΟΤ, ΕΛΟΤ HD 384 2η Έκδοση, Απαιτήσεις για ηλεκτρικές εγκαταστάσεις, Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης Α.Ε.
- Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας: "Οδηγίες για την εγκατάσταση Φ/Β συστημάτων σε κτηριακές εγκαταστάσεις", Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, Αύγουστος 2009