



ARISTOTLE
UNIVERSITY
OF THESSALONIKI

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
9ο ΕΞΑΜΗΝΟ (2023-2024)

ΜΑΘΗΜΑ: ΕΙΔΙΚΑ ΚΕΦΑΛΑΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

ΤΠ. ΚΑΘΗΓΗΤΕΣ: ΠΑΠΑΓΙΑΝΝΗΣ ΓΡΗΓΟΡΙΟΣ, ΑΝΔΡΕΟΥ ΓΕΩΡΓΙΟΣ,
ΛΑΜΠΡΙΔΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

ΕΡΓΑΣΙΑ: ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ
ΥΦΑΣΜΑΤΩΝ

ΟΜΑΔΑ 22 :

ΤΣΟΧΑΝΤΑΡΗΣ ΧΡΥΣΟΒΑΛΑΝΤΗΣ	10069	ctsochan@ece.auth.gr
ΣΙΔΗΡΟΠΟΥΛΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ	10048	konssidi@gapps.auth.gr
ΜΠΟΣΤΑΝΗΣ ΕΥΡΙΠΙΔΗΣ	9586	mpostanis@ece.auth.gr

Περιεχόμενα

Περιεχόμενα.....	1
Εισαγωγή - Παρουσίαση Θέματος.....	4
Κεφάλαιο 1: Προσδιορισμός Συνολικής Συμφωνημένης Ισχύος.....	5
1.1 Προσδιορισμός Εγκατεστημένης Ισχύος.....	5
1.2 Προσδιορισμός Μέσου cosφ Εγκατάστασης.....	8
1.3 Προσδιορισμός Συνολικής Συμφωνημένης Ισχύος.....	8
Κεφάλαιο 2: Επιλογή και Σχεδίαση του Συστήματος Γείωσης.....	10
2.1 Επιλογή δικτύου X/T.....	11
2.2 Καθορισμός θεμελιακού γειωτή.....	13
2.3 Κοινή γείωση ΜΤ και ΧΤ.....	15
2.4 Σχεδιασμός θεμελιακής γείωσης εγκατάστασης.....	19
2.5 Γείωση ΥΣ ΜΤ - Ισοδυναμικό Πλέγμα Υποσταθμού.....	20
2.6 Επέκταση Ισοδυναμικού Πλέγματος.....	21
2.7 Συνολικό Σύστημα Γείωσης.....	22
2.8 Πρόσθετα στοιχεία γείωσης.....	23
2.8.1 Αγωγός γείωσης.....	23
2.8.2 Κύριος ακροδέκτης γείωσης - Κύριος ζυγός γείωσης.....	24
2.8.3 Ισοδυναμικές συνδέσεις.....	24
2.8.4 Ισοδυναμικοί ζυγοί - Ακροδέκτες Γείωσης.....	25
2.9 Σύστημα Αντικεραυνικής Προστασίας (ΣΑΠ).....	28
2.10 Κατάλογος Υλικών Γείωσης.....	29
Κεφάλαιο 3: Καλωδίωση Χαμηλής Τάσης - Πίνακες.....	35
3.1 Τοποθέτηση Γενικού Πίνακα Χαμηλής Τάσης (ΓΠΧΤ).....	35
3.2 Ομαδοποίηση Φορτίων.....	36
3.2.1 Γενικά.....	36
3.2.2 Ομαδοποιήσεις σε Υποπίνακες.....	36
3.2.3 Τοποθέτηση υποπινάκων.....	41
3.3 Οδεύσεις Καλωδίων της Εγκατάστασης.....	43

3.3.1 Τρόπος όδευσης καλωδίων.....	43
3.3.2 Καλώδια ενταφιασμένα στο έδαφος.....	43
3.3.3 Καλώδια σε εσχάρες.....	44
3.3.4 Σχέδια οδεύσεων.....	45
3.4 Διαστασιολόγηση Καλωδίων.....	46
3.4.1 Γενικά Χαρακτηριστικά Καλωδίων.....	46
3.4.2 Μέγιστο Συνεχώς Επιτρεπόμενο Ρεύμα.....	47
3.4.3 Επιτρεπόμενη Πτώση Τάσης Καλωδίων.....	48
3.4.4 Μέθοδος Υπολογισμού Διατομής.....	49
3.4 Συνδέσεις Πινάκων της Εγκατάστασης.....	50
3.5 Διαστασιολόγηση Καλωδίων για Επιλεγμένα Φορτία.....	52
3.6 Μονογραμμικά Διαγράμματα.....	56
3.7 Ενδεικτικά Υλικά Καλωδίωσης.....	58
Κεφάλαιο 4: Μελέτη Προστασίας και Εκκίνησης των Κινητήρων - Προστασία των Γραμμών.....	60
4.1 Εκκίνηση Κινητήρων.....	60
4.1.1 Επιλογή Εξοπλισμού Εκκίνησης.....	60
4.1.2 Διαστασιολόγηση Καλωδίων - Ρεύμα Εκκίνησης.....	67
4.2 Προστασία Κινητήρων.....	71
4.2.1 Προστασία Έναντι Υπερφόρτισης.....	71
4.2.2 Προστασία Έναντι Ρευμάτων Βραχυκύκλωσης.....	73
4.2.3 Ρεύματα Βραχυκύκλωσης.....	79
4.2.4 Ζεύξη/Απόζευξη Κινητήρων.....	80
4.2.5 Προστασία με ΔΔΡ.....	80
4.2.6 Σύνοψη Μέσων Εκκίνησης και Προστασίας Κινητήρων.....	82
4.3 Προστασία Ωμικών Φορτίων.....	83
4.3.1 Μέσα Προστασίας.....	83
4.4 Προστασία Γραμμών - Υποπινάκων.....	84
4.5 Επιλεκτική Συνεργασία Μέσων Προστασίας.....	87
4.6 Μονογραμμικά Διαγράμματα.....	88
4.6.1 Μονογραμμικά Φινιριστηρίου.....	88
4.6.2 Μονογραμμικά Υποπινάκων.....	89
Παράρτημα - Πίνακες Επιλογής Εξοπλισμού.....	90
Κεφάλαιο 5: Μελέτη Υποσταθμού της Εγκατάστασης.....	92

5.1 Μετασχηματιστής Εγκατάστασης.....	93
5.1.1 Επιλογή Μ/Σ.....	93
5.1.2 Τοποθέτηση Μ/Σ.....	94
5.2 Επιλογή Καλωδίων.....	95
5.2.1 Σύνδεση ΔΕΔΔΗΕ με ΥΣ.....	95
5.2.2 Σύνδεση πίνακα ΜΤ με Μ/Σ.....	98
5.2.3 Σύνδεση Μ/Σ με πίνακα ΧΤ.....	98
5.3 Ζυγοί.....	99
5.3.1 Ζυγοί Μέσης Τάσης.....	99
5.3.1 Ζυγοί Χαμηλής Τάσης.....	101
5.4 Υποσταθμός ΜΤ και Κυψέλες.....	103
5.4.1 Κυψέλες Μέσης Τάσης.....	103
5.4.2 Κυψέλες Χαμηλής Τάσης.....	105
5.5 Μελέτη Αντιστάθμισης.....	106
5.5.1 Τοπική Αντιστάθμιση.....	106
5.5.2 Κεντρική Αντιστάθμιση.....	107
5.6 Μέσα Προστασίας ΥΣ, ΜΤ και ΧΤ.....	113
5.6.1 Μέσα Προστασίας Παρόχου.....	113
5.6.2 Μέσα Προστασίας Μέσης Τάσης.....	113
5.6.3 Μέσα Προστασίας Μετασχηματιστών.....	117
5.6.4 Μέσα Προστασίας Χαμηλής Τάσης.....	119
5.7 Σημάνσεις - Χειρισμοί - Συντήρηση Υποσταθμού.....	120
5.7.1 Σημάνσεις.....	120
5.7.2 Χειρισμοί.....	121
5.7.2 Εργασίες Συντήρησης.....	121
5.8 Μονογραμμικά Διαγράμματα.....	123
5.7.1 Μονογραμμικό Αντιστάθμισης.....	123
5.7.2 Μονογραμμικό Υποσταθμού ΜΤ.....	124
Βιβλιογραφία.....	125

Εισαγωγή - Παρουσίαση Θέματος

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη και σχεδίαση μιας ηλεκτρολογικής εγκατάστασης βιομηχανίας υφασμάτων. Η μελέτη πραγματοποιείται σε συγκεκριμένα διακριτά κεφάλαια, το καθένα από τα οποία αφορά και ένα διαφορετικό κομμάτι της ηλεκτρολογικής μελέτης.

Ενδεικτικά τα κεφάλαια που θα αναλυθούν είναι:

- ❖ Προσδιορισμός Συνολικής Συμφωνημένης Ισχύος Εγκατάστασης
- ❖ Επιλογή και Σχεδίαση Συστήματος Γείωσης
- ❖ Καλωδίωση Χαμηλής Τάσης - Πίνακες
- ❖ Μελέτη Προστασίας και Εκκίνησης των Κινητήρων - Προστασία των Γραμμών
- ❖ Μελέτη Φωτισμού και Ρευματοδότησης
- ❖ Μελέτη Υποσταθμού της Εγκατάστασης

Η κάθε μελέτη είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με τις υπόλοιπες, ενώ το σύνολο της εργασίας αποτελεί μία προσπάθεια εξοικείωσης με τις μελέτες που απαιτούνται από έναν μηχανικό στην αγορά εργασίας. Κατά συνέπεια, γίνεται περισσότερο εμβάθυνση στη λογική και το νόημα των επιλογών που θα γίνουν στην κάθε μελέτη και λιγότερο στην απόλυτη ακρίβεια των υπολογισμών και των αποτελεσμάτων.

Βασικό οδηγό στην εκπόνηση της μελέτης θα αποτελέσει το βιβλίο του κ. Πέτρου Ντοκόπουλου "Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις Καταναλωτών" καθώς και η βοήθεια και η καθοδήγηση του επιβλέποντα καθηγητή της εργασίας κ. Γεώργιο Ανδρέου.

Κεφάλαιο 1: Προσδιορισμός Συνολικής Συμφωνημένης Ισχύος

Αρχικό στάδιο της μελέτης αποτελεί ο προσδιορισμός της συνολικής συμφωνημένης ισχύος που απαιτείται από την εγκατάσταση για την σύνδεση με τον Διαχειριστή Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας – ΔΕΔΔΗΕ.

Για τον προσδιορισμό της συμφωνημένης ισχύος, σύμφωνα και με την εκφώνηση της εργασίας λαμβάνονται τα εξής δεδομένα του εργοστασίου:

- Όλοι οι κινητήρες είναι βραχυκυκλωμένου κλωβού, τετραπολικοί
- Μελλοντική αύξηση φορτίου 27%
- Μέγιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος 40°C
- Μέγιστο συντελεστή ταυτοχρονισμού λειτουργίας 83%
- Συντελεστής ισχύος στην είσοδο της βιομηχανίας 0.95 μετά την αντιστάθμιση

1.1 Προσδιορισμός Εγκατεστημένης Ισχύος

Ο υπολογισμός της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος θα προκύψει λαμβάνοντας υπόψη τα διάφορα φορτία της βιομηχανίας, τα οποία είναι:

1. Τα φορτία των κινητήρων της εγκατάστασης
2. Φορτία φωτισμού, ρευματοδοτών και αυτοματισμών, με ένα μέσο συντελεστή ισχύος 0.9
3. Λοιπά ωμικά φορτία

Η διαδικασία για τον υπολογισμό των απαιτούμενων έχει ως εξής:

Σημείωση: Οι υπολογισμοί που ακολουθούν όπως και τα αποτελέσματα των παρακάτω πινάκων έγιναν σε ξεχωριστό έγγραφο σε περιβάλλον excel το οποίο παρατίθεται μαζί με το παρόν έγγραφο

Αρχικά μετατρέπουμε την ισχύ την κινητήρων από **hp** σε **kW** με τον τύπο:

$$P_{\text{out}} = 0.746 * (\text{ισχύ σε hp}) \quad (1.1)$$

Έπειτα σύμφωνα με τον πίνακα 14.12 (σελ 615) του βιβλίου βρίσκουμε την **απόδοση** και τον **συντελεστή ισχύος** του κάθε κινητήρα.

Έτσι υπολογίζουμε την ισχύ εισόδου κάθε κινητήρα και την **συνολική ενεργό ισχύ** των κινητήρων με τον τύπο:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \quad (1.2)$$

Στη συνέχεια υπολογίζουμε την **συνολική άεργη** και **φαινόμενο ισχύ** κάνοντας χρήση των τύπων:

$$Q = P_{in} * \tan \phi \quad (1.3)$$

$$S = \frac{P_{in}}{\cos \phi} \quad (1.4)$$

a/a	Όνομασία μηχανήματος	Ποσότητα	Ισχύς Εξόδου (HP)	Ισχύς Εξόδου (kW)	Συνολική ισχύς εξόδου Pout (kW)	Απόδοση η(%)	Ισχύς Εισόδου (kW)	Συντελεστής Ισχύος (cosφ)	Συνολική Ενεργός Ισχύς (kW)	Συνολική Άεργος Ισχύς (kVar)	Συνολική Φαινόμενη Ισχύς (kVA)
1 - 24	Αργαλειός	24	5.5	4.103	98.472	83	4.943	0.80	118.641	88.981	148.301
25	Διάστρα	1	30	22.38	22.38	91.2	24.539	0.85	24.539	15.208	28.870
26 - 28	Βαφικό	3	10	7.46	22.38	86	8.674	0.85	26.023	16.128	30.616
29 - 33	Βαφικό	5	3	2.238	11.19	79	2.833	0.82	14.165	9.887	17.274
34 - 41	Απορροφητήρας	8	3	2.238	17.904	79	2.833	0.82	22.663	15.819	27.638
42 - 45	Πλυντικό	4	15	11.19	44.76	88	12.716	0.84	50.864	32.855	60.552
46 - 50	Στυπτικό	5	5.5	4.103	20.515	83	4.943	0.80	24.717	18.538	30.896
51 - 58	Κινητήρας ράμας	8	10	7.46	59.68	86	8.674	0.85	69.395	43.007	81.642
60	Κινητήρας φιξαριστικού	1	3	2.238	2.238	79	2.833	0.82	2.833	1.977	3.455
62	Στεγνωτήριο	1	100	74.6	74.6	94.3	79.109	0.86	79.109	46.941	91.987
63 - 65	Στεγνωτήριο	3	15	11.19	33.57	88	12.716	0.84	38.148	24.641	45.414
66 - 68	Ανοικτικό	3	3	2.238	6.714	79	2.833	0.82	8.499	5.932	10.364
72 - 73	Λέβητας	2	30	22.38	44.76	91.2	24.539	0.85	49.079	30.416	57.740
76	Πομόνα	1	30	22.38	22.38	91.2	24.539	0.85	24.539	15.208	28.870
77 - 78	Αντλία	2	30	22.38	44.76	91.2	24.539	0.85	49.079	30.416	57.740
79 - 80	Αντλία	2	15	11.19	22.38	88	12.716	0.84	25.432	16.427	30.276
	Σύνολο				548.683				627.725	412.382	751.064

Πίνακας 1.1: Συγκεντρωτικά στοιχεία κινητήρων

Οπότε τελικά για τους κινητήρες προκύπτουν:

$$\text{Συνολική Ενεργός Ισχύς } P_{in,machine} = 627.725 \text{ kW}$$

$$\text{Συνολική Άεργος Ισχύς } Q_{machine} = 412.382 \text{ kVar}$$

$$\text{Συνολική Φαινόμενη Ισχύς } S_{machine} = 751.064 \text{ kVA}$$

Με όμοιο τρόπο υπολογίζονται και τα αποτελέσματα για τα λοιπά φορτία.

<i>a/a</i>	Όνομασία μηχανήματος	Ποσότητα	Συντελεστής ισχύος	Ισχύς Εισόδου (kW)	Συνολική Ενεργή Ισχύς (kW)	Συνολική Άεργος Ισχύς (kVar)	Συνολική Φαινόμενη Ισχύς (kVA)
59	Αντίσταση Θέρμανσης Ράμας	1	1	28	28	0	28
61	Αντίσταση Θέρμανσης Φιξαριστικού	1	1	36	36	0	36
69 - 71	Σίδερο Ατμού	3	1	20	60	0	60
74-75	Αντίσταση Θέρμανσης	2	1	20	40	0	40
	Συνολική ενδεικτική ισχύς φωτισμού, ρευματοδοτών και αυτοματισμών (kW)		0.9	100	100	48.432	111.111
	Σύνολο				264	48.432	268.406

Πίνακας 1.2: Συγκεντρωτικά στοιχεία λοιπών φορτίων και φωτισμού

Οπότε για τα λοιπά φορτία προκύπτουν:

$$\text{Συνολική Ενεργός Ισχύς } P_{in,misc} = 264 \text{ kW}$$

$$\text{Συνολική Άεργος Ισχύς } Q_{misc} = 48.432 \text{ kVar}$$

$$\text{Συνολική Φαινόμενη Ισχύς } S_{misc} = 268.406 \text{ kVA}$$

Συνολικά λοιπόν για όλη την εγκατάσταση έχουμε:

$$\text{Συνολική εγκατεστημένη ενεργός ισχύς } P_{in,tot} = 891.725 \text{ kW}$$

$$\text{Συνολική εγκατεστημένη άεργος ισχύς } Q_{tot} = 460.814 \text{ kVar}$$

$$\text{Συνολική εγκατεστημένη φαινόμενη ισχύς } S_{tot} = 1003.754 \text{ kVA}$$

Ο αρχικός συντελεστής ισχύος της εγκατάστασης υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\cos\varphi_{init} = \frac{P_{in,tot}}{S_{tot}} = \mathbf{0.888} \quad (1.5)$$

Ωστόσο, ο συντελεστής ισχύος μετά την αντιστάθμιση θέλουμε να είναι, σύμφωνα με τα δεδομένα της μελέτης, $\cos\varphi_{after} = \mathbf{0.95}$

Άρα η συνολική εγκατεστημένη φαινόμενη ισχύς με την αντιστάθμιση είναι

$$S_{after} = \mathbf{938.658 \text{ kVA}}$$

1.2 Προσδιορισμός Μέσου cosφ Εγκατάστασης

Ωστόσο αν και προκύπτει μία πολύ καλή εκτίμηση της συνολικής φαινόμενης ισχύος δεν λαμβάνονται υπόψη οι περιπτώσεις βλάβης στην αντιστάθμιση. Τέτοιες βλάβες αφορούν τους πυκνωτές της αντιστάθμισης και έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση της φαινόμενης ισχύος και τη μείωση του συντελεστή ισχύος. Για το λόγο αυτό είναι ορθό να γίνει χρήση ενός μέσου συντελεστή ισχύος ο οποίος θα λαμβάνει υπόψη και τα τυχόντα σφάλματα.

Ο μέσος συντελεστής ισχύος υπολογίζεται:

$$\cos\varphi_{mean} = \frac{\cos\varphi_{init} + \cos\varphi_{after}}{2} = \mathbf{0.919} \quad (1.6)$$

Άρα η μέση φαινόμενη ισχύς είναι $S_{mean} = \mathbf{970.321 \text{ kVA}}$

ενώ η ενεργός ισχύς παραμένει σταθερά ίση με $P_{in,tot} = \mathbf{891.725 \text{ kW}}$ αφού δεν επηρεάζεται από την άεργο ισχύ και τις μεταβολές στον συντελεστή ισχύος.

1.3 Προσδιορισμός Συνολικής Συμφωνημένης Ισχύος

Παρόλα αυτά για την ορθότερη μελέτη της ισχύος της εγκατάστασης, πρέπει να λάβουμε υπόψη το γεγονός πως η βιομηχανία δεν θα λειτουργεί ποτέ στο 100%, δηλαδή δεν θα λειτουργεί όλος ο εξοπλισμός ταυτόχρονα. Έτσι, εισάγουμε στους υπολογισμούς μας και έναν συντελεστή ταυτοχρονισμού λειτουργίας της εγκατάστασης στο 83%, όπως μας δίνεται.

Λαμβάνοντας υπόψη τον συντελεστή ταυτοχρονισμού που αναφέρθηκε παραπάνω, η λειτουργική φαινόμενη ισχύς της βιομηχανίας είναι:

$$S_{oper} = S_{mean} * 0.83 = 805.366 \text{ kVA} \quad (1.7)$$

Για να γίνει η τελική διαστασιολόγηση της ισχύος της εγκατάστασης θα πρέπει να συμπεριλάβουμε στους υπολογισμούς μας και πιθανές επεκτάσεις του φορτίου της βιομηχανίας. Θεωρώντας μία μελλοντική αύξηση του φορτίου της τάξης του 27% κάνουμε τις εξής παραδοχές:

1. Η αύξηση του φορτίου δεν επηρεάζει τον αρχικό συντελεστή ισχύος προ αντιστάθμισης όπως υπολογίστηκε παραπάνω
2. Ο μελλοντικός συντελεστής ισχύος μετά την αντιστάθμιση θα παραμείνει στο επιθυμητό 0.95
3. Ως συνέπεια των παραπάνω ο μέσος συντελεστής ισχύος θα παραμείνει ίδιος

Λαμβάνοντας ως δεδομένο τη συμφωνημένη ισχύ με τον ταυτοχρονισμό και εφαρμόζοντας σε αυτή την αύξηση 27% του φορτίου:

$$S_{contracted} = 1.27 * S_{oper} = 1022.815 \text{ kVA}$$

Άρα ως τελικούς υπολογισμούς του πρώτου κεφαλαίου της μελέτης έχουμε:

η μελλοντική ενεργός εγκατεστημένη ισχύς με ταυτοχρονισμό προκύπτει:

$$P_{contracted} = 1.27 * P_{in,tot} * 0.83 = 939.967 \text{ kW} \quad (1.8)$$

και τελική συμφωνημένη φαινόμενη ισχύς της εγκατάστασης:

$$S_{contracted} = P_{contracted}/\cos\phi_{mean} = 1.27 * S_{oper} = 1022.815 \text{ kVA} \quad (1.9)$$

Κεφάλαιο 2: Επιλογή και Σχεδίαση του Συστήματος Γείωσης

Στο δεύτερο κεφάλαιο της μελέτης καλούμαστε να αναλύσουμε και να σχεδιάσουμε το σύστημα γείωσης της εγκατάστασης.

Σύμφωνα με το πρότυπο **ΕΛΟΤ HD 384**(νέο πρότυπο **ΕΛΟΤ 60364**) σε κάθε βιομηχανική εγκατάσταση κρίνεται απαραίτητο να εφαρμόζεται ένα κατάλληλο σύστημα γείωσης το οποίο θα εξασφαλίζει την προστασία των ανθρώπων που εργάζονται στη βιομηχανία καθώς και των ηλεκτρικών συσκευών που βρίσκονται σε λειτουργία.

Πιο συγκεκριμένα έχουμε τις εξής κατηγορίες γείωσης:

- **Γείωση λειτουργίας:** Είναι η γείωση ενός σημείου του ενεργού κυκλώματος, όπως είναι ο ουδέτερος κόμβος των γεννητριών ή κινητήρων, μετασχηματιστών ή λοιπών στοιχείων του δικτύου συνδεδεμένα σε αστέρα. Η γείωση λειτουργίας μπορεί επίσης να περιλαμβάνει και επιπρόσθετες ωμικές, επαγγελματικές ή χωρητικές αντιστάσεις.
- **Γείωση προστασίας:** Αφορά τη γείωση για τα μεταλλικά μέρη, που δεν αποτελούν κομμάτι του ενεργού κυκλώματος. Μειώνει τις εμφανιζόμενες τάσεις επαφής, ενώ κατά την εμφάνιση σφαλμάτων εξασφαλίζει την άμεση και αξιόπιστη ενεργοποίηση των μέσων προστασίας.
- **Γείωση του συστήματος αντικεραυνικής προστασίας:** Είναι η γείωση που προστατεύει την εγκατάσταση από κεραυνικό πλήγμα, μέσω της διάχυσης του πλήγματος στη γη

Οι παραπάνω κατηγορίες γειώσεων είναι δυνατόν να συναντώνται και οι τρεις ταυτόχρονα στο σύστημα γείωσης μιας εγκατάστασης ή κτιρίου.

Στην παρούσα μελέτη λαμβάνεται υπόψη τόσο το **κεντρικό κτίριο** της βιομηχανίας μαζί με τα δύο **υποκτίρια** όσο και ο **υποσταθμός μέσης τάσης** του ΔΕΔΔΗΕ που πλαισιώνει την εγκατάσταση. Επομένως, η μελέτη θα περιλαμβάνει ανάλυση και σχεδιασμό γείωσης για τη **Χαμηλή Τάση** αλλά και την **Μέση Τάση**.

Για τον λεπτομερή σχεδιασμό του συστήματος γείωσης, θα γίνει χρήση του προγράμματος **AUTOCAD**, ενώ τα σχέδια που θα προκύψουν επισυνάπτονται στην παρούσα αναφορά της μελέτης.

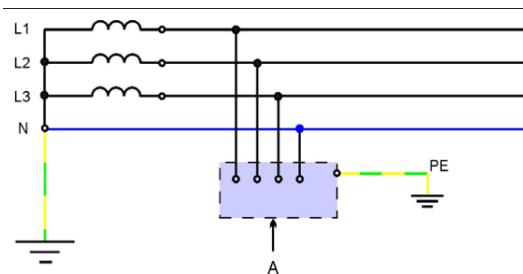
Τέλος, θα παρουσιαστούν ενδεικτικά τα **υλικά** με τα οποία θα υλοποιηθεί το σύστημα γείωσης.

2.1 Επιλογή δικτύου X/T

Βασικό βήμα πριν τη γείωση αποτελεί ο καθορισμός του τύπου του δικτύου X/T της εγκατάστασης. Η επιλογή αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική για την ορθότητα μιας ηλεκτρολογικής μελέτης εγκατάστασης καθώς συναντώνται σημαντικές διαφοροποιήσεις της γείωσης λειτουργίας και της προστασίας των δικτύων που είναι διαθέσιμα.

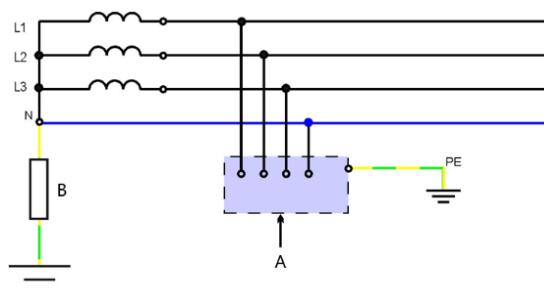
Συγκεκριμένα, οι πιθανές μορφές δικτύων που θα εξεταστούν για την παρούσα βιομηχανία είναι:

- Δίκτυο TT: Τα δίκτυα, στα οποία εφαρμόζεται το σύστημα σύνδεσης των γειώσεων TT, έχουν τον ουδέτερο άμεσα συνδεδεμένο προς τη γη (ουδέτερος κόμβος μετασχηματιστή), ενώ τα εκτεθειμένα αγώγιμα μέρη της εγκατάστασης συνδέονται με το ηλεκτρόδιο γείωσης της εγκατάστασης ηλεκτρικώς ανεξάρτητο από τη γείωση του συστήματος τροφοδότησης. Δεν χρησιμοποιείται πλέον σε μεγάλες εγκαταστάσεις, καθώς υπάρχουν ασφαλέστερες και οικονομικότερες λύσεις.



Εικόνα 2.1: Σύστημα σύνδεσης των γειώσεων TT

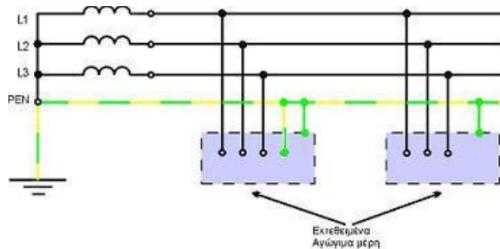
- Δίκτυο IT: Πρόκειται για δίκτυο με αγείωτο τον μετασχηματιστή και χρησιμοποιείται σε εγκαταστάσεις που απαιτείται αυξημένη προστασία και αδιάλειπτη τροφοδοσία, κάτι το οποίο δεν ζητείται στην προκειμένη περίπτωση



Εικόνα 2.2: Σύστημα σύνδεσης των γειώσεων IT

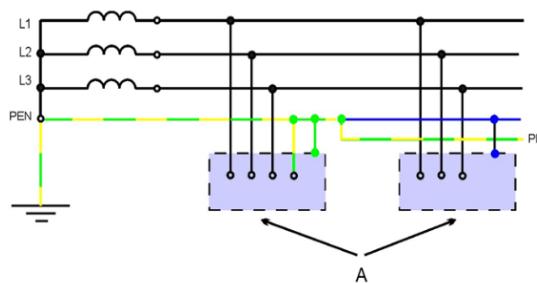
- Δίκτυο TN-C: Δίκτυο με κοινό γειωμένο αγωγό ουδετέρου και προστασίας που εφαρμόζεται κυρίως για εξοικονόμηση πόρων, καθώς χρησιμοποιείται ένας λιγότερος αγωγός σε σχέση με το δίκτυο TN-S. Χρησιμοποιείται σε εγκαταστάσεις υψηλής ισχύος.

Ωστόσο, με την επιλογή αυτού του δικτύου δεν ανιχνεύονται τα σφάλματα γης, λόγω του κοινού αγωγού, και δεν υπάρχει προστασία σε περίπτωση διακοπής του.



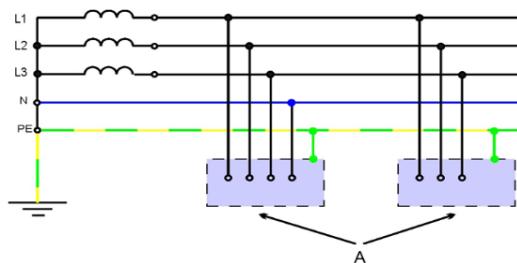
Εικόνα 2.3: Σύστημα σύνδεσης TN-C

- Δίκτυο TN-C-S: Δίκτυο που συνδυάζει σε διαφορετικά τμήματα τα δίκτυα TN-C και TN-S. Χρησιμοποιείται σε βιομηχανίες και μεγάλα κτίρια, ωστόσο απορρίπτεται η επιλογή του, γιατί σε περίπτωση διακοπής του ουδετέρου δεν παρέχει προστασία.



Εικόνα 2.4: Σύστημα σύνδεσης TN-C-S

- Δίκτυο TN-S: Δίκτυο με γείωση ουδετέρου και αγωγό προστασίας. Αποτελεί τη συνηθέστερη μορφή δικτύου σε οικιακούς και βιομηχανικούς καταναλωτές. Είναι κατάλληλο για την εγκατάσταση που εξετάζεται, καθώς η χρήση ξεχωριστού αγωγού προστασίας από αυτό του ουδετέρου εξασφαλίζει τη δυνατότητα ανίχνευσης σφαλμάτων και προστασίας σε περίπτωση διακοπής του ουδετέρου.



Εικόνα 2.5: Σύστημα σύνδεσης TN-S

Π' αυτό και επιλέγεται η χρήση δικτύου με σύστημα TN-S για την συγκεκριμένη βιομηχανία.

2.2 Καθορισμός θεμελιακού γειωτή

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, σύμφωνα με τα πρότυπα και τους κανονισμούς, η θεμελιακή γείωση κατά την ανέγερση νέων κτιρίων, είτε αυτά είναι αστικής, είτε βιομηχανικής χρήσης κρίνεται υποχρεωτική.

Η θεμελιακή γείωση επιλέγθηκε γιατί:

1. Δημιουργεί μία ισοδυναμική επιφάνεια
2. Το έδαφος και το σκυρόδεμα των θεμελιών είναι υγρό καθόλη τη διάρκεια του έτους συνήθως, άρα ο θεμελιακός γειωτής έχει σχετικά χαμηλή αντίσταση γείωσης.
3. Η διάρκεια ζωής της θεμελιακής γείωσης είναι κατά κανόνα ίδια με αυτή του κτιρίου, δεδομένου ότι έχει εγκατασταθεί όλο το μήκος του γειωτή εντός της θεμελίωσης και περιβάλλεται από σκυρόδεμα πάχους τουλάχιστον 5cm.
4. Είναι εύκολη η τοποθέτηση της όταν η ανέγερση της εγκατάστασης βρίσκεται στο στάδιο τοποθέτησης του οπλισμού της θεμελίωσης
5. Έχει σχετικά χαμηλό κόστος και παρουσιάζει ευελιξία σε σχέση με άλλους τύπους γείωσης ενώ μπορεί να χρησιμοποιηθεί παράλληλα και στη γείωση του Συστήματος Αντικεραυνικής Προστασίας διευκολύνοντας μελλοντικά την εγκατάσταση της
6. Συμβάλλει στη μείωση της συνολικής αντίστασης γείωσης του ουδετέρου αγωγού.

Τα ηλεκτρόδια θεμελιακής γείωσης μπορούν να είναι είτε ράβδοι, είτε ταινίες. Οι ράβδοι ωστόσο δεν χρησιμοποιούνται ευρέως σε εγκαταστάσεις όπως σε αυτή που μελετάμε γιατί είναι δύσχρηστοι και γιατί για την ίδια ποσότητα υλικού δίνουν μικρότερη επιφάνεια επαφής με το έδαφος. Επομένως θα γίνει χρήση ταινίας.

Συγκεκριμένα, επιλέγεται η εγκατάσταση χαλύβδινης ταινίας (ΕΛΕΜΚΟ κωδ. 6401143) διαστάσεων 40x5 mm θερμά επιψευδαργυρωμένης (γαλβανισμένος χάλυβας) στο σιδηρό οπλισμό, εντός στα εξωτερικά συνδετήρια δοκάρια των πεδίλων του κτιρίου ή στα τοιχεία των θεμελίων σε μορφή κλειστού δακτυλίου.

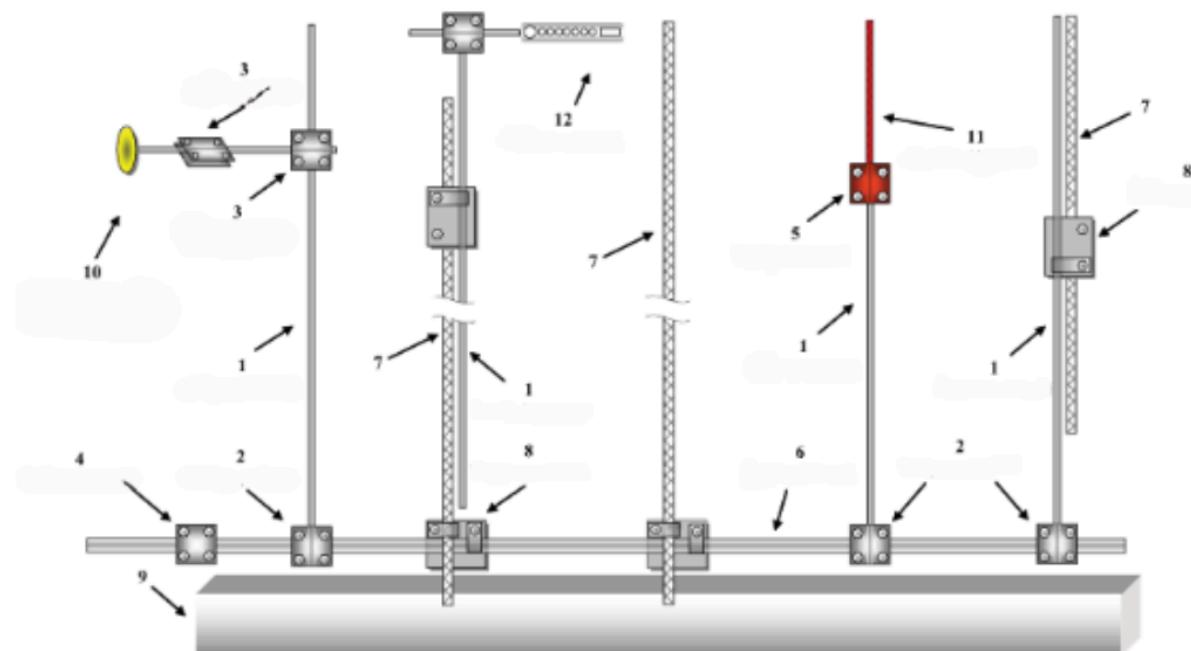
Σε περιπτώσεις όπου οι διαστάσεις του κτιρίου είναι μεγάλες, όπως συμβαίνει και στο κεντρικό κτίριο της μελέτη μας, θα πρέπει να εγκατασταθεί χαλύβδινη ταινία και στα συνδετήρια δοκάρια ή τοιχεία που υπάρχουν σε εγκάρσιους ή διαμήκης άξονες, έτσι ώστε κάθε σημείο του κτιρίου να μην απέχει περισσότερο από 10m. από τον γειωτή.

Η χαλύβδινη ταινία συνδέεται με τον σιδηρό οπλισμό σε ευθεία όδευση έως το μέγιστο 2 μέτρα με ειδικούς συνδέσμους οπλισμού χαλύβδινους επιψευδαργυρωμένους και κατά προτίμηση 0.5m. πριν και μετά την αλλαγή κατεύθυνσης της.

Συνιστώνται μεγάλα μήκη ταινίας χωρίς διακοπή, άρα λιγοι σύνδεσμοι.

Τέλος, για να θεωρείται η ταινία επαρκώς προστατευμένη από την διάβρωση, θα πρέπει να περικλείεται από όλες τις πλευρές του λάχιστον από 5cm σκυροδέματος. Σε περίπτωση που για κάποιο λόγο δεν συμβαίνει αυτό θα πρέπει για την διαδρομή όπου έχουμε παρουσία υγρασίας και αέρα, είτε να μονώσουμε με PVC την ταινία μας, είτε να χρησιμοποιηθεί ταινία ανθεκτική στην ηλεκτροχημική διάβρωση.

ΤΥΠΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΘΕΜΕΛΙΑΚΗΣ ΓΕΙΩΣΗΣ



- | | |
|---------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 1. Αγωγός $\varnothing 10$ mm. St/tZn | 7. Ράβδος οπλισμού beton |
| 2. Σύνδεσμος $\varnothing 10/30$. 3ων πλακιδίων. St/tZn | 8. Σύνδεσμος οπλισμού. St/tZn |
| 3. Σύνδεσμος $\varnothing 10/ \varnothing 10$. 3ων πλακιδίων. St/tZn | 9. Beton καθαρόπιτας |
| 4. Σύνδεσμος $30/30$. 3ων πλακιδίων. St/tZn | 10. Υποδοχέας από ανοξείδωτο χάλυβα (SS) |
| 5. Διμεταλλικός σύνδεσμος $\varnothing 10 / \varnothing 10$. Cu / St/tZn | 11. Αγωγός χάλκινος πολύκλωνος (Cu) |
| 6. Ταινία | 12. Εξιωτικός ζυγός – ισοδυναμική γέφυρα |

Εικόνα 2.6: Θεμελιακή Γείωση

2.3 Κοινή γείωση ΜΤ και ΧΤ

Κατά την ηλεκτρολογική μελέτη κάθε εγκατάστασης που συνδυάζει Χαμηλή και Μέση Τάση προκύπτει το ζήτημα της κοινής ή ξεχωριστής γείωσης. Στο δίκτυο ΜΤ είναι πιθανό να εμφανιστούν βραχυκυκλώματα, μεταξύ φάσης και γειωμένων μεταλλικών μερών του υποσταθμού, τα οποία με τη σειρά τους επηρεάζουν σημαντικά τις τάσεις στην πλευρά της ΧΤ. Έτσι, προκύπτουν τα εξής ζητήματα:

- Καταπόνηση των μονώσεων του Μ/Σ και των συσκευών ΧΤ
- Επικίνδυνες τάσεις επαφής στους καταναλωτές ΧΤ

Στη περίπτωση κοινής γείωσης δεν υπάρχουν καταπονήσεις στη μόνωση, επάγονται όμως επικίνδυνες τάσεις μεταξύ ουδετέρου και γης. Από την άλλη, στην ξεχωριστή γείωση εξαλείφονται οι επικίνδυνες τάσεις, ωστόσο καταπονείται η μόνωση των τυλιγμάτων του Μ/Σ. Στην εγκατάσταση που μελετάται, προκειμένου να γίνει η επιλογή μεταξύ κοινής ή ξεχωριστής γείωσης, πρέπει να ληφθούν υπόψη και οι ακόλουθες παράμετροι:

1. Η απόσταση του Υποσταθμού Μέσης Τάσης από τον θεμελιακό γειωτή
2. Η τιμή της συνολικής θεμελιακής γείωσης
3. Το κεντρικό κτίριο πλαισιώνεται από δύο υποκτίρια, στα οποία θα εφαρμοστεί ομοίως θεμελιακή γείωση

Σύμφωνα με τα δεδομένα που μας δόθηκαν, οποιοδήποτε σημείο του υποσταθμού ΜΤ θα απέχει πάντα λιγότερο από 20m από τη θεμελιακή ταινία του κεντρικού κτιρίου. Η δεδομένη θέση του υποσταθμού καθιστά ανέφικτη την ηλεκτρική ανεξαρτησία στην περίπτωση των ξεχωριστών γειώσεων και θα απαιτούσε τη μεταφορά της γείωσης του υποσταθμού σε απόσταση μακριά από το κεντρικό κτίριο, κάτι που είναι ασύμφορο χωροταξικά.

Από την άλλη, η τιμή της αντίστασης γείωσης μπορεί να προσεγγιστεί υπολογιστικά με τους εξής δύο τρόπους:

- I. Θεωρούμε, σύμφωνα και με την εκφώνηση της εργασίας, πως έχουμε μία ομοιογενή ειδική αντίσταση εδάφους $\rho = 100 \Omega m$ σε όλη την έκταση των θεμελίων της εγκατάστασης. Επίσης θεωρούμε πως με τη χρήση ειδικών βελτιωτικών γείωσης εδάφους μπορούμε να πετύχουμε μία ομοιογενή ειδική αντίσταση εδάφους ρ αρκετά χαμηλότερη και πως οι αποστάσεις μεταξύ των κτιρίων είναι τέτοιες ώστε **αμοιβαία φανόμενα** να μπορούν να παραλειφθούν. Σε αυτή την περίπτωση¹, στα πλαίσια της εργασίας, μπορούμε να λάβουμε το έδαφος ως κοινό σημείο αναφοράς και να θεωρήσουμε

πως οι επιμέρους θεμελιακές γειώσεις συνδέονται παράλληλα. Οπότε η τιμή της συνολικής αντίστασης γείωσης με αυτόν τον τρόπο προσεγγίζεται ως εξής :

Οι επιμέρους επιφάνειες των κτιρίων υπολογίζονται:

$$S_{\text{Κτηριου-ΥΣ}} = 2830 \text{m}^2, S_{\text{Λεβητ}} = 108 \text{m}^2, S_{\text{Αντλ}} = 150 \text{m}^2$$

Με χρήση του τύπου του βιβλίου (σελ. 131) $R_A = \frac{2\rho}{\pi D}$ με $D = \sqrt{\frac{4}{\pi} S}$ υπολογίζουμε:

Κύριως κτίριο - ΥΣ → $R_{A1} = 1.061 \Omega$

Λεβητοστάσιο → $R_{A2} = 5.429 \Omega$

Αντλιοστάσιο → $R_{A3} = 4.607 \Omega$

$$\text{Άρα τελικά, } \frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{R_{A1}} + \frac{1}{R_{A2}} + \frac{1}{R_{A3}} \Rightarrow R_{\text{tot}} = 0.744 \Omega$$

Σημείωση: Στην πράξη, η τεχνική υπολογισμού ως αντιστάσεις παράλληλα είναι λάθος γιατί σε πραγματικές συνθήκες η ειδική αγωγιμότητα του εδάφους δεν είναι σταθερή αλλά μπορεί να μεταβάλλεται σε μεγάλο βαθμό ακόμη και σε μικρές αποστάσεις μεταξύ δύο σημείων του εδάφους. Επίσης, μεταξύ των θεμελιακών γειώσεων δημιουργούνται αμοιβαία ηλεκτρομαγνητικά φαινόμενα τα οποία εισάγουν στους υπολογισμούς μία “αμοιβαία” αντίσταση μεταξύ των γειώσεων που εξαρτάται από την απόσταση τους και την αγωγιμότητα του εδάφους.

- II. Κάνοντας την παραδοχή πως όλη η κάτοψη της εγκατάστασης, δηλαδή το κεντρικό κτίριο μαζί με τα υποκτίρια, αποτελούν μία ενιαία επιφάνεια η οποία καλύπτεται περιμετρικά αλλά και με εγκάρσιες τομές από τον γειωτή ταινίας. Έτσι, με χρήση του τύπου του θεμελιακού γειωτή για μία επιφάνεια S (σελ.131 βιβλίου) έχουμε:

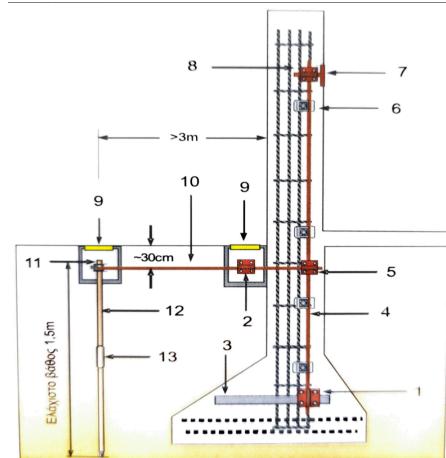
$$S_{\text{ισοδύναμη}} = 3088 \text{m}^2 \quad \text{οπότε } R_{\text{tot}} = 1.015 \Omega$$

Εδώ πρέπει να αναφέρουμε πως ο τρόπος I αποτελεί την ιδανική περίπτωση που οι συνθήκες είναι βέλτιστες και μπορούμε να λάβουμε τις θεμελιακές γειώσεις ως αντιστάσεις παράλληλα. Από την άλλη, ο τρόπος II θεωρεί από την ασφαλή πλευρά, μία ολική ισοδύναμη επιφάνεια στην οποία τοποθετείται ο θεμελιακός γειωτής ταινίας.

Εν τέλη, η συνολική αντίσταση γείωσης της εγκατάστασης θα κυμαίνεται μεταξύ των δύο αυτών τιμών, δηλαδή $0.744 < R_{\text{tot}} < 1.015$, οπότε βρισκόμαστε πολύ κοντά στο επιθυμητό εύρος τιμών ($<0.7 - 1 \Omega$) που ορίζεται από τα πρότυπα σε περίπτωση κοινής γείωσης.

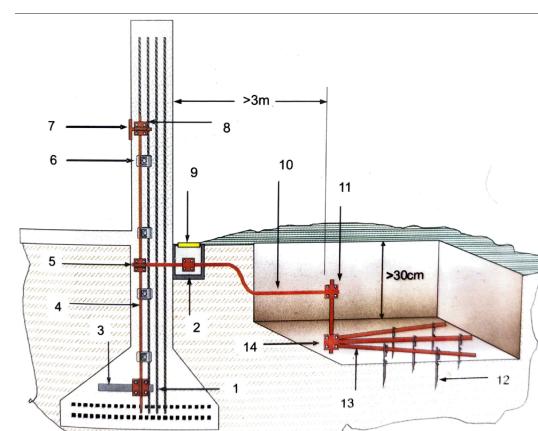
Σε περίπτωση που για λόγους ασφάλειας θέλουμε περαιτέρω μείωση της αντίστασης γείωσης, έχουμε τη δυνατότητα να εφαρμόσουμε διάφορες τεχνικές ανάλογα με τα δεδομένα της εγκατάστασης. Σύμφωνα λοιπόν με τους κανονισμούς, για να πετύχουμε αυτή τη μείωση θα προσθέσουμε:

- **Ηλεκτρόδια ράβδου σε περιπτώσεις που είναι εύκολη η έμπηξη του στο έδαφος.** Τα ηλεκτρόδια ράβδου θα είναι χαλύβδινα (ΕΛΕΜΚΟ κωδ. 6321415) με ηλεκτρολυτική επιχάλκωση και συνδέονται με χάλκινο αγωγό στη θεμελιακή γείωση μέσω ειδικών διμεταλλικών συνδέσμων που φέρουν ενδιάμεσο ανοξείδωτο πλακίδιο (inox).



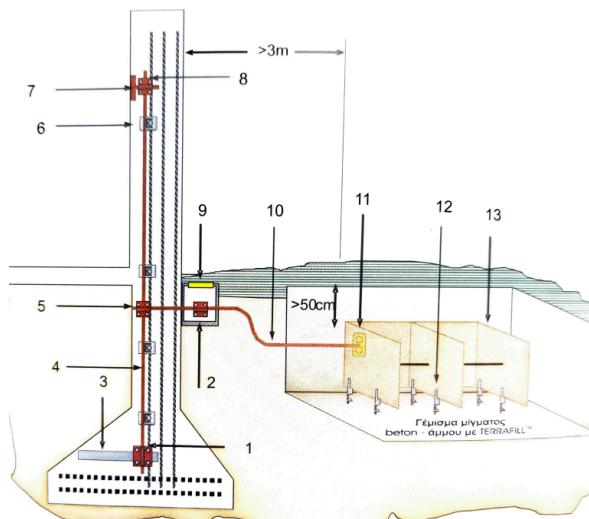
Εικόνα 2.7: Ενδεικτική τοποθέτηση πρόσθετου ηλεκτροδίου ράβδου

- **Ακτινικά ηλεκτρόδια σε εδάφη που είναι βραχώδη και υπάρχει αρκετός χώρος γύρω από την περίμετρο του κτιρίου.** Τα ακτινικά ηλεκτρόδια είναι χάλκινες ταινίες (ΕΛΕΜΚΟ κωδ. 6420030) που συνδέονται στη κορυφή τους με σφιγκτήρα και καταλήγουν στη θεμελιακή γείωση με χάλκινο αγωγό.



Εικόνα 2.8: Ενδεικτική τοποθέτηση πρόσθετου ακτινικού ηλεκτροδίου

- **Ηλεκτρόδιο “Ε”,** για βραχώδες έδαφος με διαθέσιμο χώρο γύρω από το κτίριο.
Αποτελείται από κατακόρυφες πλάκες χαλκού ή ανοξείδωτου χάλυβα (ΕΛΕΜΚΟ κωδ. 6321001 και κωδ.6361001 αντίστοιχα) και συνδέονται με χάλκινο αγωγό με τη θεμελιακή γείωση.



Εικόνα 2.9: Ενδεικτική τοποθέτηση πρόσθετου ηλεκτροδίου “Ε”

- **Βελτιωτικό Γείωσης.** Αποτελείται από συστατικά που αυξάνουν σημαντικά την αγωγιμότητα του εδάφους και μειώνουν την αντίσταση γείωσης (έως και 14 φορές).

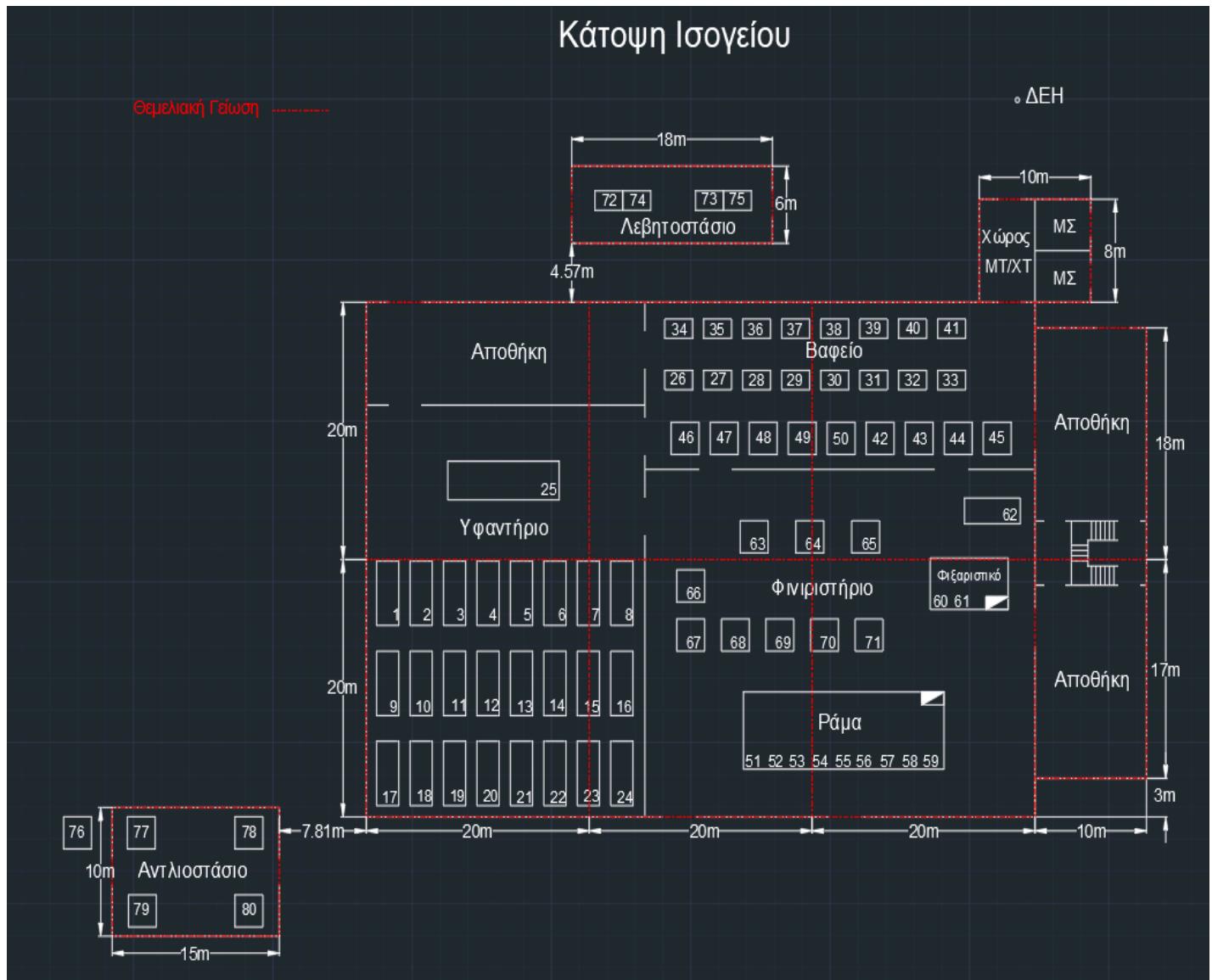
Συνεπώς, λαμβάνοντας υπόψη όλα τα παραπάνω και θεωρώντας πως έχουμε φέρει την αντίσταση γείωσης στις επιθυμητές τιμές, **επιλέγουμε να εφαρμόσουμε κοινή γείωση.**

Παρατηρήσεις:

Στην πράξη, η μέτρηση και ο έλεγχος των τιμών της θεμελιακής γείωσης γίνεται μέσω ειδικών λογισμικών, και οργάνων (γειωσόμετρο). Επίσης, στις περιπτώσεις που χρησιμοποιείται βελτιωτικό εδάφους, δεν αναμιγνύεται ποτέ με το σκυρόδεμα της θεμελίωσης, διότι μειώνει τις μηχανικές ιδιότητες του κτιρίου, αλλά χρησιμοποιείται στο φυσικό έδαφος είτε πριν τη θεμελίωση, είτε στα χαντάκια των πρόσθετων ηλεκτροδίων γείωσης που αναφέρθηκαν παραπάνω. Τέλος, στις περιπτώσεις που τοποθετούμε πρόσθετα ηλεκτρόδια, όπως αναφέρθηκαν παραπάνω, πρέπει να μεριμνήσουμε ώστε η απόσταση τους από την περίμετρο της θεμελίωσης να είναι τουλάχιστον 3m, για να αποφύγουμε με αυτόν τον τρόπο την αλληλοεπικάλυψη της θεμελιακής γείωσης και των ηλεκτροδίων.

2.4 Σχεδιασμός θεμελιακής γείωσης εγκατάστασης

Άρα τελικά, το βασικό σύστημα της κοινής θεμελιακής γείωσης σχεδιάζεται ως εξής



Εικόνα 2.10: Βασικό σύστημα θεμελιακής γείωσης (ταινία)

2.5 Γείωση ΥΣ ΜΤ - Ισοδυναμικό Πλέγμα Υποσταθμού

Εξίσου σημαντική, σε μία βιομηχανία που συνδυάζει χαμηλή και μέση τάση, είναι η γείωση του υποσταθμού. Πιο συγκεκριμένα, η γείωση στον υποσταθμό Μέσης Τάσης κρίνεται ζωτικής σημασίας για τους εξής λόγους:

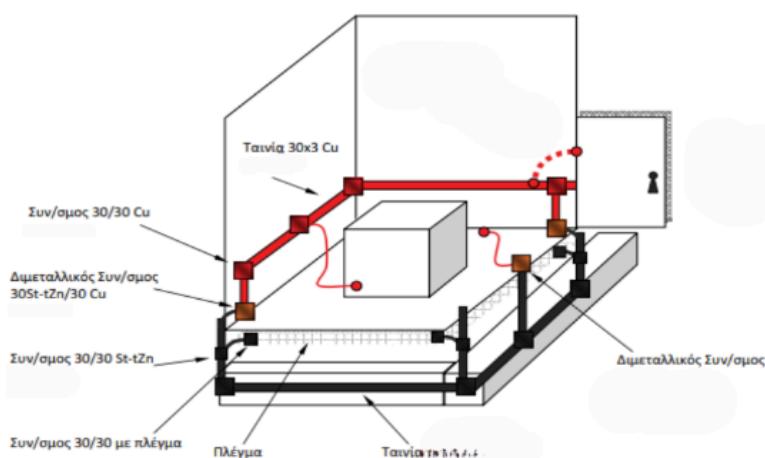
- ❖ Προστασία ατόμων κατά επικίνδυνων τάσεων επαφής και βηματικών τάσεων σε βραχυκυκλώματα μεταξύ φάσης και γης στη ΜΤ.
- ❖ Αναγκαιότητα γείωσης λειτουργίας του ουδετέρου του ΜΣ και γείωσης προστασίας στην εγκατάσταση της Χαμηλής Τάσης για προστασία ατόμων κατά επικίνδυνων τάσεων.

Έχοντας επιλέξει την εφαρμογή κοινής γείωσης με μία τιμή αντίστασης στο επιθυμητό εύρος τιμών ($<0.7-1\Omega$), εξασφαλίζουμε την καλύτερη δυνατή προστασία, ωστόσο παραμένουν οι κίνδυνοι λόγω τάσεων επαφής και βηματικών τάσεων.

Για να αντιμετωπίσουμε αυτά τα πιθανά προβλήματα θα γίνει χρήση του **γειωτή πλέγματος στον υποσταθμό**. Το πλέγμα αυτό συνδέεται **ισοδυναμικά** με τη θεμελιακή γείωση που έχει εγκατασταθεί στη βιομηχανία, ωστόσο δεν αποτελεί πρόσθετο μέρος του συστήματος γείωσης και δεν προκαλεί κάποια μεταβολή της συνισταμένης αντίστασης γείωσης. Ο σκοπός των ισοδυναμικών συνδέσεων μέσω του πλέγματος είναι να εξαλειφθούν οι διαφορές δυναμικού μεταξύ των μεταλλικών μερών και να μειωθούν οι κίνδυνοι της κεραυνοπληξίας.

Ως **ισοδυναμικό πλέγμα** χρησιμοποιείται δομικό πλέγμα από διασταυρωμένα και συγκολλημένα χαλύβδινα σύρματα με διάμετρο 5mm και ανοίγματα 25x25cm (DEHN). Το δομικό πλέγμα θα βρίσκεται μέσα στο μπετόν του δαπέδου σε **βάθος 5-10cm**. Το πλέγμα συνδέεται με την θεμελιακή ταινία γείωσης μέσω του αγωγού γείωσης, ο οποίος καταλήγει σε ζυγούς ή ακροδέκτες γείωσης στο χώρο του υποσταθμού. Εκεί συνδέονται όλα τα μεταλλικά μέρη του υποσταθμού πχ. κυψέλες μέσης και χαμηλής τάσης, μεταλλικά κουφώματα κ.α

ΚΤΙΣΜΑ ΥΠΟΣΤΑΘΜΟΥ ΣΥΝΔΕΣΗ ΣΤΗΝ ΘΕΜΕΛΙΑΚΗ ΓΕΙΩΣΗ



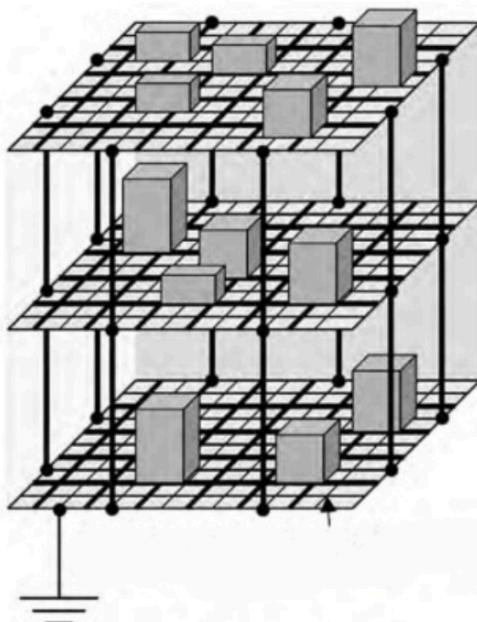
Εικόνα 2.11: Σύνδεση Υποσταθμού με Θεμελιακή Γείωση

2.6 Επέκταση Ισοδυναμικού Πλέγματος

Η εγκατάσταση του ισοδυναμικού πλέγματος εξασφαλίζει την ασφάλεια από βηματικές τάσεις στο χώρο του υποσταθμού. Ωστόσο, δεδομένου πως στην εγκατάσταση μας εφαρμόζουμε κοινή γείωση Χαμηλής και Μέσης τάσης, εμφανίζεται ο κίνδυνος των **τάσεων επαφής** και βηματικών σε όλο το χώρο του κυρίως κτιρίου, αλλά και στα διπλανά υποκτίρια.

Η ανάλυση και εκτίμηση αυτών των φαινομένων γίνεται με τη χρήση ειδικών λογισμικών τα οποία καθορίζουν το βαθμό και την έκταση τους στα κτίρια της εγκατάστασης μας.

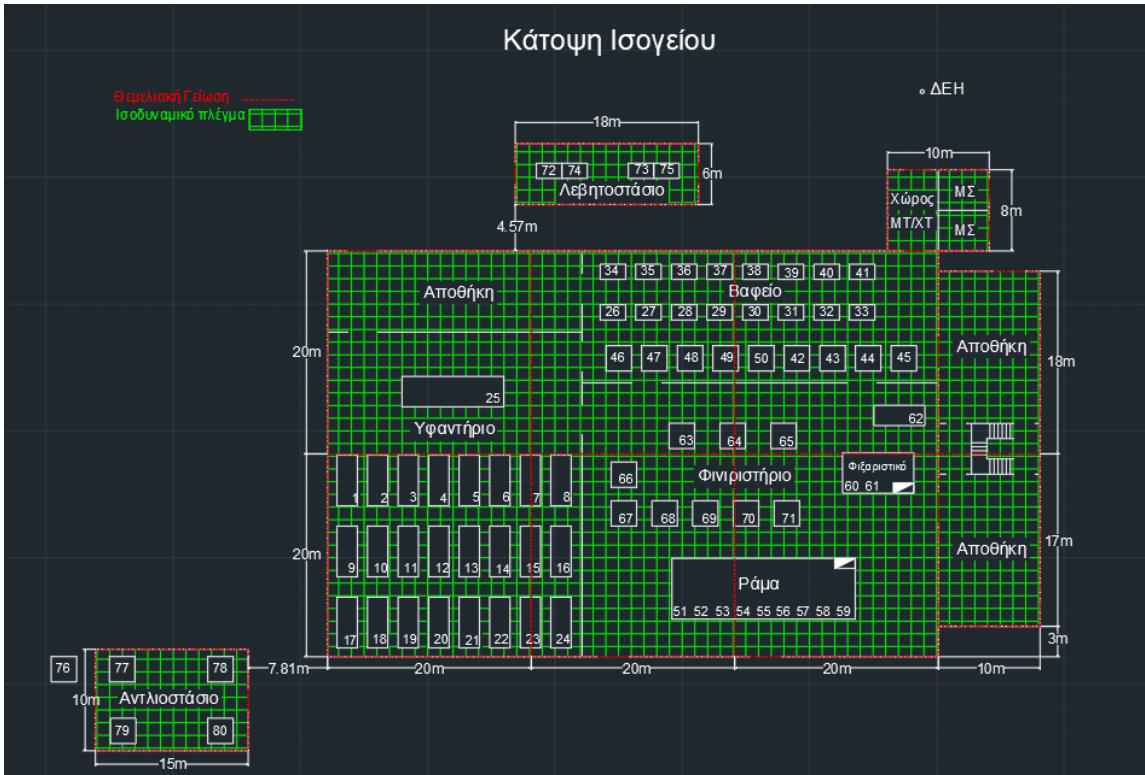
Για την **αντιμετώπιση**, λοιπόν, αυτών των φαινομένων υπάρχουν **δύο εναλλακτικές**. Η πρώτη αφορά στην επέκταση του ισοδυναμικού πλέγματος σε όλα τα δάπεδα της εγκατάστασης και εξασφαλίζει έτσι μέγιστη προστασία, ωστόσο είναι ιδιαίτερα κοστοβόρα και στην πράξη εφαρμόζεται δύσκολα. Η δεύτερη εναλλακτική αφορά στην χρήση λογισμικών για τον ακριβή εντοπισμό των σημείων ΧΤ που επηρεάζονται από αυτά τα φαινόμενα, τα οποία αντιμετωπίζονται είτε με επέκταση του πλέγματος μέχρι τα καθορισμένα σημεία είτε με τοπική τοποθέτηση επιστρώματος ασφάλτου και χαλικιού. Τελικά, λαμβάνοντας υπόψη πως η παρούσα πρόκειται για μία θεωρητική και όχι τεχνοοικονομική μελέτη και έχοντας ως βασικό γνώμονα την ασφάλεια των ανθρώπων και την προστασία των μηχανών **επιλέγεται η επέκταση του πλέγματος σε όλη την επιφάνεια της εγκατάστασης**, αναγνωρίζοντας ωστόσο το υψηλό κόστος αυτής της επέκτασης. Το πλέγμα αυτό θα συνδεθεί ισοδυναμικά μέσω του αγωγού με τη θεμελιακή γείωση.



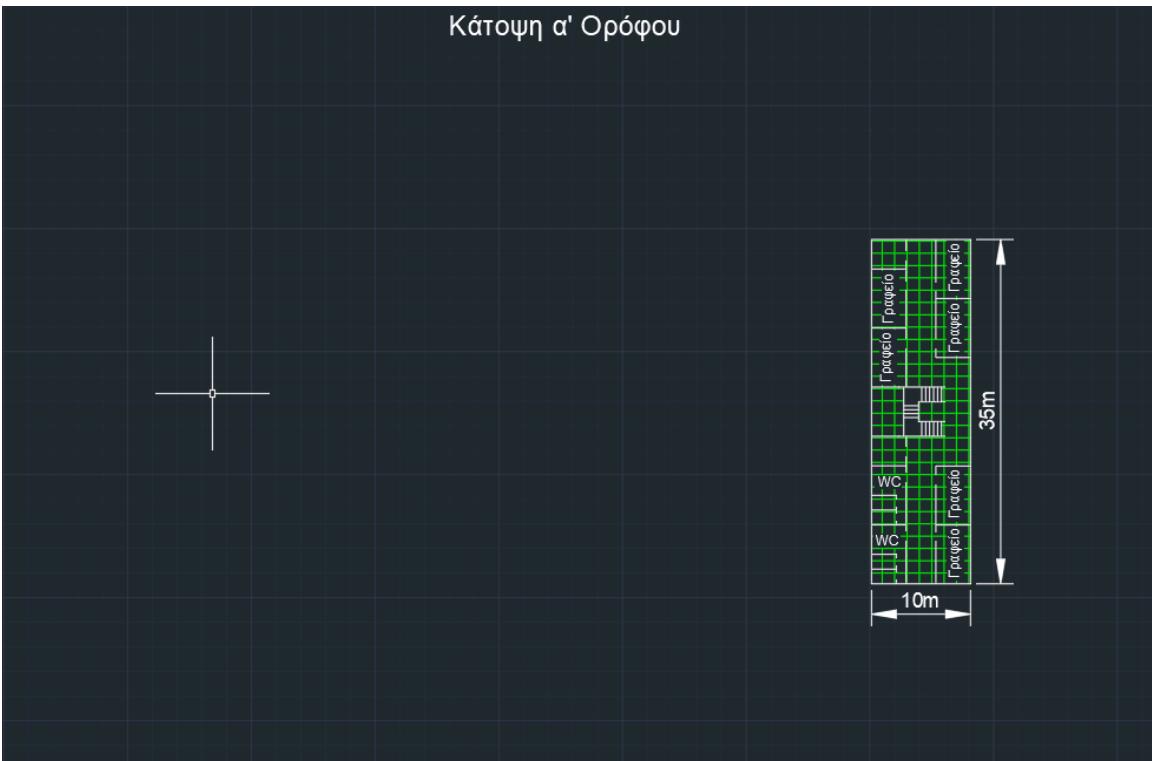
Εικόνα 2.12: Συνδέσεις των ισοδυναμικών πλεγμάτων

2.7 Συνολικό Σύστημα Γείωσης

Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα παραπάνω, το συνολικό σύστημα γείωσης για την βιομηχανία υφασμάτων που μελετάμε φαίνεται παρακάτω:



Κάτοψη α' Ορόφου



Εικόνα 2.13: Συνολικό σύστημα γείωσης

2.8 Πρόσθετα στοιχεία γείωσης

2.8.1 Αγωγός γείωσης

Σύμφωνα με τον ορισμό του προτύπου ΕΛΟΤ ΗΔ 384, ο αγωγός γείωσης είναι ο οδηγός που συνδέει το ηλεκτρόδιο γείωσης με τον κύριο ακροδέκτη ή τον κύριο ζυγό γείωσης.

Η διατομή του αγωγού εξαρτάται από:

- Το αναμενόμενο ρεύμα σφάλματος ως προς τη γη
- Το υλικό κατασκευής του
- Το σύστημα γείωσης του δικτύου TN
- Την προστασία από διάβρωση
- Την προστασία από μηχανικές καταπονήσεις

Αντιστοίχως, τα απαραίτητα χαρακτηριστικά ενός αγωγού γείωσης είναι:

- Η ικανότητα να άγει το αναμενόμενο ρεύμα βραχυκυκλώματος
- Η αντοχή στη διάβρωση
- Η αντοχή σε ηλεκτρο δυναμικές και μηχανικές καταπονήσεις

Ος αγωγός γείωσης επιλέγεται επιψευδαργυρωμένος χαλύβδινος αγωγός κυκλικής διατομής Ø10mm (ΕΛΕΜΚΟ κωδ.6400010).

Ο αγωγός γείωσης θα είναι **εγκιβωτισμένος στο σκυρόδεμα** του κτιρίου και θα συνδέεται με τον σιδηρό οπλισμό της θεμελίωσης μέσω σφιγκτήρων σύνδεσης (ΕΛΕΜΚΟ κωδ. 6201003). σε ευθεία όδευση έως το μέγιστο 2 μέτρα όταν διακόπτεται συνεχίζει και επιμηκύνεται με την παρεμβολή συνδέσμου τριων πλακιδίων χαλύβδινου θερμά επιψευδαργυρωμένου (ΕΛΕΜΚΟ κωδ.6201833). Ακολούθως, ο αγωγός οδηγείται στις γωνίες του κτιρίου, στα ανώτερα επίπεδα ή όπου αλλού απαιτείται, **καταλήγοντας μέσω αναμονών είτε σε εξισωτικό ζυγό (ισοδυναμική γέφυρα), είτε σε υποδοχέα(ακροδέκτης γείωσης)**, ενώ όταν απαιτείται η σύνδεση του με αγωγούς χαλκού η σύνδεση γίνεται αποκλειστικά με διμεταλλικούς συνδέσμους για να αποφεύγονται τα γαλβανικά φαινόμενα μεταξύ των υλικών.

Επιπλέον, για την αποφυγή της διάβρωσης, ο αγωγός τυλίγεται με **αντιδιαβρωτική ταινία** πλάτους 50mm, περίπου 35 cm πριν (εντός αυτού) και μετά (στον αέρα) από την έξοδο από το σκυρόδεμα.

2.8.2 Κύριος ακροδέκτης γείωσης - Κύριος ζυγός γείωσης

Σύμφωνα με τα πρότυπο ΕΛΟΤ ΗΔ 384 και το νεότερο ΕΛΟΤ ΗΔ 60364, σε κάθε ηλεκτρική εγκατάσταση είναι απαραίτητο να υπάρχει ένας “κύριος ακροδέκτης γείωσης” ή ένας “κύριος ζυγός γείωσης” πάνω στον οποίο συνδέονται:

- Ο αγωγός γείωσης προστασίας [PE] που καταλήγει στο γενικό πίνακα διανομής
- Ο αγωγός γείωσης
- Πρόσθετοι ακροδέκτες ή ζυγοί γείωσης για τις ισοδυναμικές συνδέσεις, οι οποίοι συνδέονται είτε άμεσα με τον κύριο ζυγό, είτε με το ηλεκτρόδιο γείωσης μέσω του αγωγού γείωσης
- Οι αγωγοί των Κύριων Ισοδυναμικών Συνδέσεων (ΚΙΣ), εάν το μήκος των ισοδυναμικών αγωγών είναι σχετικά μικρό

Για τους παραπάνω λόγους, είναι αναγκαίο να εγκατασταθεί τουλάχιστον ένας ακροδέκτης ή ζυγός στη θέση που πρόκειται να εγκατασταθεί ο γενικός πίνακας διανομής.

Στον ίδιο κύριο ακροδέκτη ή ζυγό μπορούν να πραγματοποιηθούν και οι ΚΙΣ, εάν βρίσκεται σε κοντινή απόσταση. Εάν ωστόσο, λόγω απόστασης ($>20m$) δεν είναι δυνατό οι συνδέσεις να γίνουν στον κύριο ζυγό γείωσης, προβλέπονται θέσεις όπου θα αφεθούν επιπλέον ζυγοί ή ακροδέκτες.

2.8.3 Ισοδυναμικές συνδέσεις

Ισοδυναμικές συνδέσεις ονομάζονται οι αγώγιμες συνδέσεις που οδηγούν στην εξίσωση των δυναμικών δύο σημείων. Όσον αφορά τις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις, οι ισοδυναμικές συνδέσεις χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

- **Κύριες ισοδυναμικές συνδέσεις:** Ως κύριες ισοδυναμικές συνδέσεις εννοούμε τις γειώσεις των ξένων αγώγιμων στοιχείων μιας εγκατάστασης. Παρομοίως με τις γειώσεις προστασίας, οι κύριες ισοδυναμικές συνδέσεις περιορίζουν τις εμφανιζόμενες επικίνδυνες τάσεις επαφής, σε περίπτωση σφάλματος στην ηλεκτρική εγκατάσταση
- **Συμπληρωματικές ισοδυναμικές συνδέσεις:** Ως συμπληρωματικές συνδέσεις εννοούμε τις τοπικές συνδέσεις που συμπληρώνουν και αυξάνουν την ασφάλεια που παρέχει η κύρια ισοδυναμική σύνδεση. Υλοποιείται με παρόμοιο τρόπο με την κύρια ισοδυναμική επενεργεία ωστόσο τοπικά για να μειώσει τον κίνδυνο ηλεκτροπληξίας. Ο αγωγός ή αγωγοί της συμπληρωματικής σύνδεσης πρέπει να συνδέονται στον κοντινότερο πίνακα διανομής ή ζυγο με τον αγωγό προστασίας.

Για την εγκατάσταση μας, στη θεμελιακή γείωση θα συνδεθούν ισοδυναμικά:

- Δίκτυο Ηλεκτρικής Ενέργειας
- Δίκτυο Τηλεφωνίας
- Η/Υ
- Δίκτυο Ύδρευσης
- Δίκτυο Πυρόσβεσης
- Αντικεραυνική Προστασία

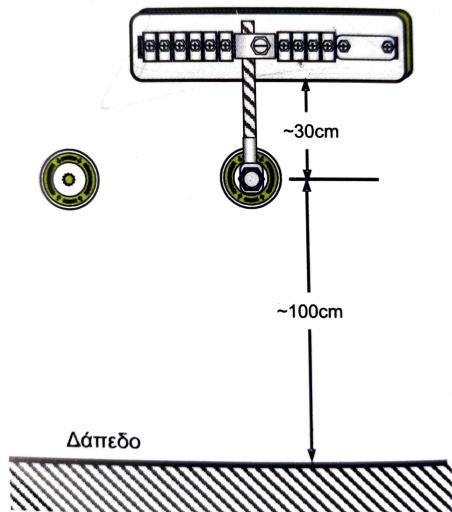
2.8.4 Ισοδυναμικοί ζυγοί - Ακροδέκτες Γείωσης

Πρόσθετοι ζυγοί και ακροδέκτες γείωσης εγκαθίστανται συνήθως σε μικρό ύψος από το δάπεδο, ώστε να είναι επισκέψιμοι για επιθεώρηση και συντήρηση. Είναι άμεσα συνδεδεμένοι με την θεμελιακή γείωση μέσω του αγωγού γείωσης. Οι ζυγοί και οι ακροδέκτες θα πρέπει να τοποθετηθούν σε σημεία τέτοια, ώστε η απόσταση τους να είναι όσο δυνατόν μικρότερη από την θεμελιακή γείωση. Επίσης απαραίτητη προϋπόθεση είναι όλοι οι ζυγοί και ακροδέκτες να συνδέονται μεταξύ τους, κάτι που είναι εφικτό λόγω της ενιαίας θεμελιακής γείωσης της εγκατάστασης.

Η επιλογή χρήσης ζυγού ή ακροδέκτη γείωσης εξαρτάται από το πλήθος των αγωγών που πρόκειται να συνδεθούν σε αυτούς. Σε έναν ακροδέκτη γείωσης μπορούν να γίνουν μία έως δύο συνδέσεις αγωγών, ενώ ο ζυγός διαθέτει έως και εννέα ή περισσότερες θέσεις.

Η πλέον καθιερωμένη πρακτική και αυτή που θα εφαρμοστεί και στην υπό μελέτη εγκατάσταση είναι να προβλέπεται πάντοτε στην κατάληξη κάθε αναμονής ακροδέκτης γείωσης. Μετά την ολοκλήρωση των οικοδομικών εργασιών, ανάλογα με τις ανάγκες, μπορεί να πραγματοποιηθεί η άμεση σύνδεση πάνω στον ακροδέκτη ή η σύνδεση του ακροδέκτη με ζυγό γείωσης, όταν προβλέπεται να συνδεθούν πολλοί αγωγοί.

Στην εν λόγω εγκατάσταση επιλέχθηκαν ζυγοί και ακροδέκτες κατασκευασμένοι από κράμα χαλκού (ΕΛΕΜΚΟ κωδ.6600000 και κωδ.6524208 αντίστοιχα), στους οποίους μπορούν να συνδεθούν τόσο ο χαλύβδινος αγωγός γείωσης, όσο και οι χάλκινοι αγωγοί των διαφόρων ισοδυναμικών συνδέσεων.

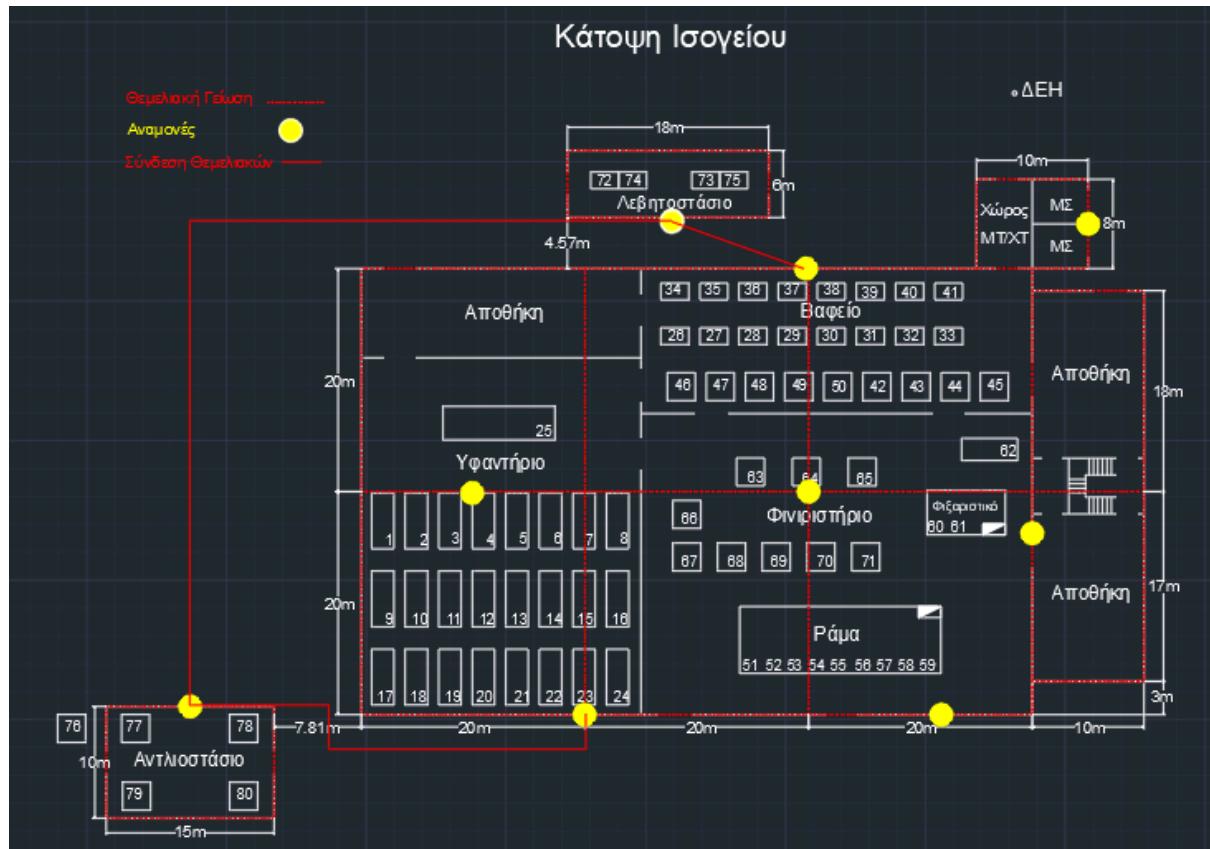


Εικόνα 2.14: Θέσεις εγκατάστασης ακροδέκτη και ζυγού γείωσης

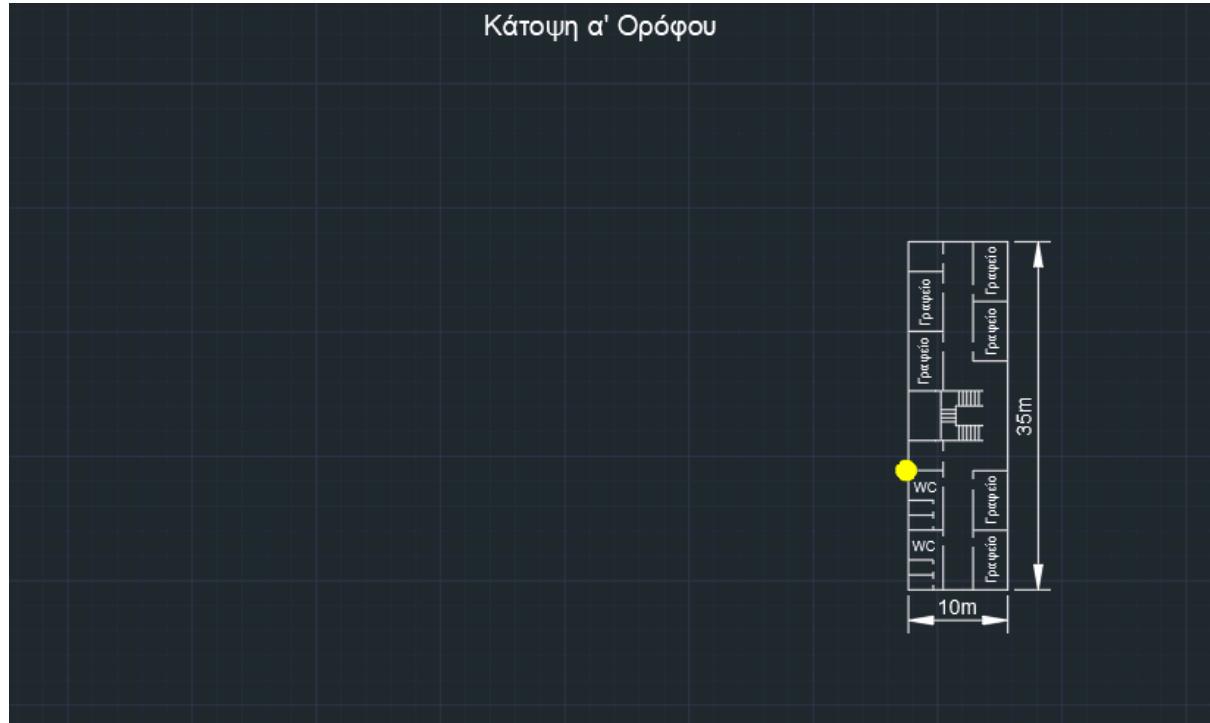
Αναμονές - Ακροδέκτες Γείωσης θα αφεθούν:

- Εντός Κτιρίου: Για την σύνδεση των μεταλλικών σωληνώσεων και βοηθητικού εξοπλισμού
- Εκτός Κτιρίου: Για την σύνδεση της θεμελιακής γείωσης με τη ΔΕΗ και για την περίπτωση επέκτασης του συστήματος γείωσης ή τη σύνδεση του με το σύστημα αντικεραυνικής προστασίας

Παρακάτω φαίνεται ένα ενδεικτικό πλάνο τοποθέτησης των αναμονών-ακροδεκτών που θα αφεθούν σε διάφορα σημεία της εγκατάστασης. Επίσης, σχεδιάστηκαν και οι συνδέσεις μεταξύ των θεμελιακών γείωσεων των επιμέρους κτιρίων. Συγκεκριμένα, συνδέουμε με χάλκινο αγωγό μέσω του εδάφους τις επιμέρους θεμελιακές με τέτοιο τρόπο ώστε το σύμπλεγμα των θεμελιακών να είναι ακτινικό με κυκλικές διασυνδέσεις μεταξύ τους για έλεγχο δυναμικού (star shaped with circular interconnections). Τέλος, προσέχουμε ώστε η σύνδεση του χάλκινου αγωγού με τον χαλύβδινο αγωγό γείωσης στους ακροδέκτες-αναμονές να γίνεται μέσω ειδικών διμεταλλικών συνδέσμων ανοξείδωτου χάλυβα



Κάτοψη α' Ορόφου



Εικόνα 2.12: Ενδεικτικά σημεία τοποθέτησης αναμονών - ακροδεκτών και σύνδεση των επιμέρους θεμελιακών γειώσεων των κτιρίων

2.9 Σύστημα Αντικεραυνικής Προστασίας (ΣΑΠ)

Στα πλαίσια της παρούσας μελέτης δεν απαιτείται η σχεδίαση του **Συστήματος**

Αντικεραυνικής Προστασίας, ωστόσο επειδή αποτελεί **προέκταση** του συστήματος γείωσης θα γίνει μία σύντομη αναφορά για λόγους πληρότητας.

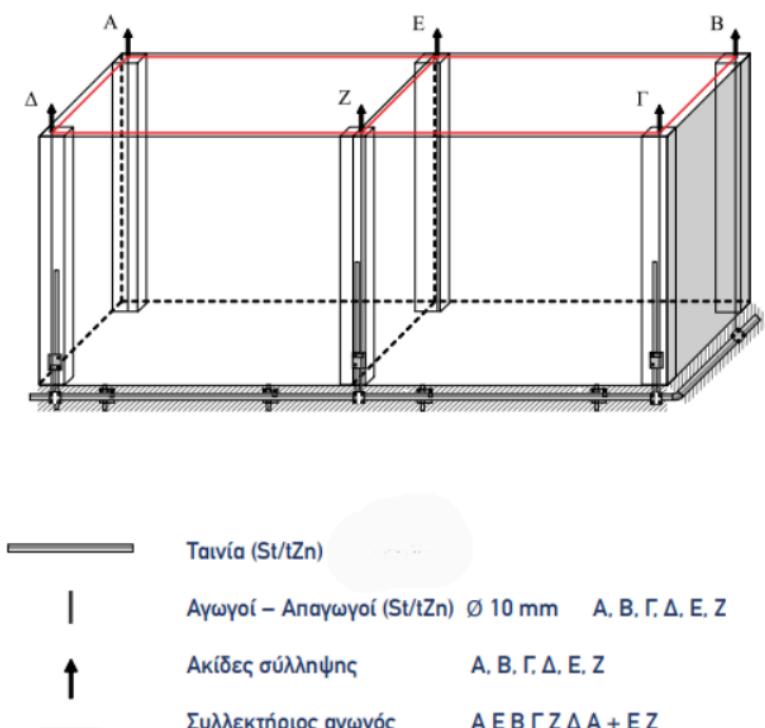
Παρόμοια με τη θεμελιακή γείωση, το ΣΑΠ μιας εγκατάστασης διέπεται από εθνικά και διεθνή πρότυπα (ΕΛΟΤ-1197, IEC 62305).

Ο σχεδιασμός ενός κατάλληλου συστήματος αντικεραυνικής προστασίας είναι απαραίτητος για όλες τις εγκαταστάσεις, τόσο για την προστασία ανθρώπινων ζωών, όσο και την προστασία συσκευών και μηχανών που υπάρχουν στην εγκατάσταση. Οι επιπτώσεις στις συσκευές μπορεί να είναι μηχανικές, θερμικές και ηλεκτρομαγνητικές.

Η εγκατάσταση του ΣΑΠ θα αποτελείται από:

1. το **συλλεκτήριο σύστημα** που προορίζεται να δέχεται τους κεραυνούς
2. το **σύστημα αγωγών καθόδου** που συνδέουν το συλλεκτήριο σύστημα με το σύστημα γείωσης
3. το **σύστημα γείωσης** που διαχέει το ρεύμα του κεραυνού στο έδαφος

Ένα ενδεικτικό σύστημα αντικεραυνικής προστασίας παρουσιάζεται παρακάτω:



Εικόνα 2.13: Ενδεικτικό ΣΑΠ (Κλωβού Faraday)

2.10 Κατάλογος Υλικών Γείωσης

Παρουσιάζονται ενδεικτικά τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν για την υλοποίηση του συστήματος γείωσης. Για την επιλογή τους λήφθηκαν υπόψη, οι πιστοποιήσεις τους σύμφωνα με τα πρότυπα και η συμβατότητα των υλικών μεταξύ τους.

Τα λεπτομερή **datasheets** των επιλεγμένων υλικών επισυνάπτονται στην παρούσα μελέτη.

Γειωτής Ταινίας : Χρησιμοποιείται ως ηλεκτρόδιο θεμελιακής γείωσης



ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΙΩΣΗΣ		Ed.03/2021
ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΟΣ		
Κωδικός: 64 01 143		
Περιγραφή: Χαλύβδινη επιψευδαργυρωμένη εν θερμώ ταινία διαστάσεων 40x4 mm		
Εφαρμογές		
Χαλύβδινος επιψευδαργυρωμένος εν θερμώ (St/tZn) αγωγός μορφής ταινίας, για χρήση ως συλλεκτήριος αγωγός, αγωγός καθόδου και ως αγωγός γείωσης.		
Τεχνικά χαρακτηριστικά		
Πλάτος	40 mm	
Πάχος	4 mm	
Διατομή	160 mm ²	
Βασικό υλικό κατασκευής	Χάλυβας (St)	
Υλικό επιμετάλλωσης	Ψευδάργυρος (Zn)	
Πάχος επιψευδαργύρωσης	≥500 gr/m ²	
Τύπος επιψευδαργύρωσης	Εν θερμώ	
Ειδική ηλεκτρική αντίσταση	≤0,25 μΩm	
Εφελκυσμός (όριο αντοχής)	290 – 510 N/mm ²	
Οδηγίες εγκατάστασης		
Θέση εγκατάστασης	Σε εξωτερικό χώρο, εντός εδάφους, εντός σκυροδέματος	
Επιπρεπτή σύνδεση σε εξωτερικό χώρο με	Al, ανοξείδωτο χάλυβα (SSt), St/tZn	
Επιπρεπτή σύνδεση εντός εδάφους με	Ανοξείδωτο χάλυβα (SSt), St/tZn	
Επιπρεπτή σύνδεση εντός σκυροδέματος με	Cu, κράμα χαλκού (Cu-A), Cu/eSn, ανοξειδ. χάλυβα (SSt), St/eCu, St/tZn	
Δοκιμές σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ IEC EN 62561-2		
Το εξάρτημα έχει περάσει με επιτυχία τις δοκιμές που απαιτεί το πρότυπο: ΕΛΟΤ IEC EN 62561-2 "Lightning protection system components (LPSC) – Part 2 : Requirements for conductors and earth electrodes".		
Οι δοκιμές πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο κεραυνικών ρευμάτων – τάσεων της ΕΛΕΜΚΟ ABEE (διαπιστευμένο σύμφωνα με το πρότυπο ISO 17025). Αριθμός δελτίου αποτελεσμάτων δοκιμών : 30590		
Διαχείριση Ποιότητας, Περιβάλλοντος και Ασφάλειας		
• ISO 9001	• ISO 14001	• OHSAS 18001
Χώρα προέλευσης		
Ελλάδα		

Αγωγός Γείωσης : Χρησιμοποιείται για τις ισοδυναμικές συνδέσεις με τη θεμελιακή γείωση.

ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΙΩΣΗΣ ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΟΣ		
Κωδικός: 64 00 111	Ed.03/2021	
Περιγραφή: Χαλύβδινος επιψευδαργυρωμένος εν θερμώ αγωγός κυκλικής διατομής Ø10 mm (25 m)		
Εφαρμογές		
Χαλύβδινος επιψευδαργυρωμένος εν θερμώ (St/Zn) αγωγός κυκλικής διατομής, για χρήση ως συλλεκτήριος αγωγός, αγωγός καθόδου και ως αγωγός γείωσης.		
Τεχνικά χαρακτηριστικά		
Διάμετρος	10 mm	
Διατομή	78 mm ²	
Βασικό υλικό κατασκευής	Χάλυβας (St)	
Υλικό επιμετάλλωσης	Ψευδάργυρος (Zn)	
Πάχος επιψευδαργύρωσης	≥350 gr/m ²	
Τύπος επιψευδαργύρωσης	Ev θερμώ	
Ειδική ηλεκτρική αντίσταση	≤0,25 μΩm	
Εφελκυσμός (όρio αντοχής)	290 – 510 N/mm ²	
Οδηγίες εγκατάστασης		
Θέση εγκατάστασης	Σε εξωτερικό χώρο, εντός εδάφους, εντός σκυροδέματος.	
Επιπρεπτή σύνδεση σε εξωτερικό χώρο με	Al, ανοξείδωτο χάλυβα (SSt), St/Zn	
Επιπρεπτή σύνδεση εντός εδάφους με	Ανοξείδωτο χάλυβα (SSt), St/Zn	
Επιπρεπτή σύνδεση εντός σκυροδέματος με	Cu, κράμα χαλκού (Cu-A), Cu/eSn, ανοξείδ. χάλυβα (SSt), St/eCu, St/Zn	
Ευθυγράμμιση	Για την ευθυγράμμιση του αγωγού συνιστάται η χρήση ισιωτήρα, κωδικού ΕΛΕΜΚΟ 69 00 100.	
Δοκιμές σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ IEC EN 62561-2		
Το εξάρτημα έχει περάσει με επιτυχία τις δοκιμές που απαιτεί το πρότυπο: ΕΛΟΤ IEC EN 62561-2 "Lightning protection system components (LPSC) – Part 2 : Requirements for conductors and earth electrodes".		
Οι δοκιμές πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο κεραυνικών ρευμάτων – τάσεων της ΕΛΕΜΚΟ ΑΒΕΕ (διαπιστευμένο σύμφωνα με το πρότυπο ISO 17025). Αριθμός δελτίου αποτελεσμάτων δοκιμών : 30593 & 31620		
Διαχείριση Ποιότητας, Περιβάλλοντος και Ασφάλειας		
• ISO 9001	• ISO 14001	• OHSAS 18001
Χώρα προέλευσης		
Ελλάδα		

Σφιγκτήρας σύνδεσης ταινιών: Χρησιμοποιείται για τις συνδέσεις των διακλαδώσεων του γειωτή ταινίας

ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΙΩΣΗΣ ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΟΣ		
Κωδικός: 64 04 040	Ed.03/2021	
Περιγραφή: Σφιγκτήρας St/Zn για ταινίες πλάτους έως 40 mm		
Εφαρμογές		
Σφιγκτήρας για σύνδεση αγωγών μορφής ταινίας, για χρήση σε αγωγούς καθόδου και συστήματα γείωσης.		
Κατηγοριοποίηση σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ IEC EN 62561-1		
• Βαρέως τύπου (Heavy duty – 100 kA) • Για χρήση εγκιβωτισμένος σε σκυρόδεμα • Σχεδιασμένος για χρήση, όπου μπορεί να υπάρξουν στατικά φορτία • Μη μόνιμη σύνδεση		
Περιγραφή εξαρτήματος		
Υλικό κατασκευής	Χάλυβας επιψευδαργυρωμένος εν θερμώ (St/Zn)	
Περιγραφή	Αποτελείται από δύο εξωτερικά πλακίδια διαστάσεων 70x70 mm και ένα ενδίδιμο.	
Βίδες / περικόχλια	M8x30 mm St/Zn βίδες με εξάγωνη κεφαλή M8 St/Zn περικόχλια	
Οδηγίες εγκατάστασης		
Διαστάσεις ταινίας	20–40 mm πλάτος & έως 5 mm πάχος	
Συνδεσμολογία	Διασταύρωση (B1) Παράληπη (B2)	
Θέση εγκατάστασης	Εντός σκυροδέματος	
Επιπρεπτή σύνδεση εντός σκυροδέματος με	Cu, Cu/eSn, ανοξείδωτο χάλυβα (SSt), St/Zn	
Ροτήσιμη σύσφιξης	13 Nm	
Δοκιμές σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ IEC EN 62561-1		
Το εξάρτημα έχει περάσει με επιτυχία τις δοκιμές που απαιτεί το πρότυπο: ΕΛΟΤ IEC EN 62561-1 "Lightning protection system components (LPSC) – Part 1 : Requirements for connection components".		
Οι δοκιμές πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο κεραυνικών ρευμάτων – τάσεων της ΕΛΕΜΚΟ ΑΒΕΕ (διαπιστευμένο σύμφωνα με το πρότυπο ISO 17025). Αριθμός δελτίου αποτελεσμάτων δοκιμών : 30689		
Διαχείριση Ποιότητας, Περιβάλλοντος και Ασφάλειας		
• ISO 9001	• ISO 14001	• OHSAS 18001
Χώρα προέλευσης		
Ελλάδα		

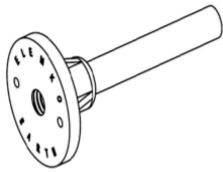
Σφιγκτήρας σύνδεσης: Χρησιμοποιείται για τη σύνδεση του γειωτή ταινίας και του αγωγού γείωσης

ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΓΕΙΩΣΗΣ ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΟΣ		ΕΛΕΜΚΟ
Κωδικός: 62 01 040	Ed.05/2023	
Περιγραφή: St/Zn σφιγκτήρας σύνδεσης Ø8-10mm / 40 mm		
Εφαρμογές		
Σφιγκτήρας για σύνδεση στρογγούλου ή πολύλωνου αγωγού με αγωγό μορφής ταινίας, για χρήση σε συστήματα αντικεραυνικής προστασίας, ηλεκτρολογικής γείωσης.		
Κατηγοριοποίηση		
Σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ IEC EN 62561-1		
<ul style="list-style-type: none"> • Βαρέως τύπου (Heavy duty – 100 kA) • Για χρήση εγκιβωτισμένος σε σκυρόδεμα • Σχεδιασμένος για χρήση, όπου μπορεί να υπάρξουν στατικά φορτία • Μη μόνιμη σύνδεση Για ηλεκτρολογικές γείωσης • Αντοχή σε βραχυκύλωμα: 5 kA για 1 sec • Για χρήση σε εξωτερικό χώρο, εντός εδάφους, εντός σκυροδέματος 		
Περιγραφή Εξαρτήματος		
Υλικό κατασκευής	Xάλυβας επιψευδαργυρωμένος εν θερμώ (St/Zn)	
Περιγραφή	Αποτελείται από δύο πλακίδια διαστάσεων 70x70 mm.	
Βίδες / περικόχλια	M8x30 mm St/Zn βίδες με εξαγωνη κεφαλή M8 St/Zn περικόχλια	
Οδηγίες εγκατάστασης		
Διαστάσεις αγωγού κυκλικής διατομής	Ø8–10 mm (50–70 mm ²)	
Διαστάσεις ταινίας	20–40 mm πλάτος & έως 6 mm πάχος	
Συνδεσμολογία	Διασταύρωση Παράλληλη	
Θέση εγκατάστασης	Σε εξωτερικό χώρο, εντός εδάφους, εντός σκυροδέματος	
Επιπρεπή σύνδεση σε εξωτερικό χώρο με	Al, ανοξείδιο χάλυβα (SSi), St/Zn	
Επιπρεπή σύνδεση εντός εδάφους με	Ανοξείδιο χάλυβα (SSi), St/Zn	
Επιπρεπή σύνδεση εντός σκυροδέματος με	Cu, Cu/eSn, ανοξείδιο χάλυβα (SSi), St/eCu, St/Zn	
Ροπή σύσφιξης	13 Nm	
Διαχείριση Ποιότητας, Περιβάλλοντος και Ασφάλειας		
• ISO 9001	• ISO 14001	• ISO 45001

Ισοδυναμικός ζυγός: Κατάληξη του αγωγού γείωσης

ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΙΩΣΗΣ ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΟΣ		ΕΛΕΜΚΟ
Κωδικός: 66 00 000	Ed.04/2023	
Περιγραφή: Ισοδυναμικός ζυγός με πλαστικό κάλυμμα		
Εφαρμογές		
Ισοδυναμικός ζυγός με πλαστικό κάλυμμα.		
Κατηγοριοποίηση σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ IEC EN 62561-1		
<ul style="list-style-type: none"> • Βαρέως τύπου (Heavy duty – 100 kA) • Γενικής χρήσης • Μη μόνιμη σύνδεση 		
Περιγραφή Εξαρτήματος		
Υλικό κατασκευής	Ζυγός: κράμα χαλκού (Cu-A) και ηλεκτρολυτικά γαλβανισμένος χάλυβας (St/eZn) Κάλυμμα: PVC	
Περιγραφή	Ζυγός διαστάσεων 135x14x10 mm με πλαστικό κάλυμμα. Εξωτερικές διαστάσεις 170x50x50 mm	
Βίδες	M5x7 mm & M6x15 mm, SteZn βίδες	
Οδηγίες εγκατάστασης		
Υποδοχές αγωγών	<ul style="list-style-type: none"> • 1 υποδοχή για αγωγό διατομής 50mm² • 7 υποδοχές για αγωγούς διατομής 6–25mm² • 1 υποδοχή για ταινία πλάτους 30mm η αγωγό διαμέτρου Ø8–10mm. 	
Συνδεσμολογία	B10 σύμφωνα με το ΕΛΟΤ IEC EN 62561-1	
Θέση εγκατάστασης	Σε εσωτερικό χώρο	
Επιπρεπή σύνδεση	Al, Cu, Cu./eSn, ανοξείδιο χάλυβα (SSi), St/eCu, St/Zn	
Ροπή σύσφιξης	6 Nm (M6), 1,5 Nm (M5)	
Δοκιμές σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ IEC EN 62561-1		
Το εξάρτημα έχει περάσει με επιτυχία τις δοκιμές που απαιτεί το πρότυπο: ΕΛΟΤ IEC EN 62561-1 "Lightning protection system components (Lpsc) – Part 1 : Requirements for connection components".		
Οι δοκιμές πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο κεραυνικών ρευμάτων – τάσεων της ΕΛΕΜΚΟ ΑΒΕΕ (διαπιστευμένο σύμφωνα με το πρότυπο ISO 17025). Αριθμοί δελτίων αποτελεσμάτων δοκιμών : 30126, 30935 & 30993		
Διαχείριση Ποιότητας, Περιβάλλοντος και Ασφάλειας		
• ISO 9001	• ISO 14001	• OHSAS 18001
Χώρα προέλευσης		
Ελλάδα		

Τυποδοχείς-Ακροδέκτες Γείωσης : Κατάληξη του αγωγού γείωσης

ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΙΩΣΗΣ ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΟΣ	
Κωδικός: 65 24 208	Ed.03/2021
Περιγραφή: Υποδοχή γείωσης κράματος χαλκού με M8 σπείρωμα	
Εφαρμογές	
Χρησιμοποιείται για τη σύνδεση εγκιβωτισμένων αγωγών θεμελιακής γείωσης με συλλεκτήριους ή συγκεντρωτικούς ισοδυναμικούς αγωγούς και γενικότερα για τη σύνδεση εγκιβωτισμένων αγωγών με εξωτερικούς αγωγούς.	
Κατηγοριοποίηση σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ ΙΕC EN 62561-1	
<ul style="list-style-type: none"> Βαρέως τύπου (Heavy duty – 100 kA) Για χρήση εγκιβωτισμένο σε σκυρόδεμα Δεν προορίζεται για χρήση όπου μπορεί να υπάρξουν στατικά φορτία Μη μόνιμη σύνδεση 	
Περιγραφή εξαρτήματος	
Υλικό κατασκευής	Κράμα χαλκού (Cu-A)
Σπείρωμα	M8
Διάμετρος	40 mm
Οδηγίες εγκατάστασης	
Συνδεσμολογία	"Τ" (B4)
Θέση εγκατάστασης	Εντός σκυροδέματος
Επιπρεπτή σύνδεση με (τμήμα εκτός σκυροδέματος)	Cu, Cu/eSn, ανοξείδωτο χάλυβα (SS1)
Επιπρεπτή σύνδεση με (τμήμα εντός σκυροδέματος)	Cu, Cu/eSn, ανοξείδωτο χάλυβα (SS1), St/tZn, St/eCu
Σύνδεση με εγκιβωτισμένους αγωγούς	Μέσω της Ø10 mm απόληξη της υποδοχής με εξώθερμη κόλληση ή κατάληλο σφιγκτήρα (δεν περιλαμβάνονται)
Σύνδεση με εξωτερικούς αγωγούς	Μέσω κατάλληλου ακροδέκτη και κοχλία M8x20 mm (δεν περιλαμβάνονται)
Ροπή σύσφιξης	13 Nm
Δοκιμές σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ ΙΕC EN 62561-1	
Το εξάρτημα έχει περάσει με επιτυχία τις δοκιμές που απαιτεί το πρότυπο: ΕΛΟΤ ΙΕC EN 62561-1 "Lightning protection system components (LPSC) – Part 1 : Requirements for connection components".	
Οι δοκιμές πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο κεραυνικών ρευμάτων – τάσεων της ΕΛΕΜΚΟ ΑΒΕΕ (διαπιστευμένο σύμφωνα με το πρότυπο ISO 17025). Αριθμός δελτίου αποτελεσμάτων δοκιμών : 31159-I	
Διαχείριση Ποιότητας, Περιβάλλοντος και Ασφάλειας	
• ISO 9001	• ISO 14001
	• OHSAS 18001

Γειωτής Πλέγματος: Χρησιμοποιείται για την ισοδυναμική γείωση του υποσταθμού MT

Product Data Sheet: Potential Control



GMA 250 2000X1000X4 V4A (618 214)

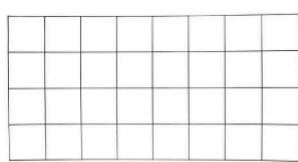
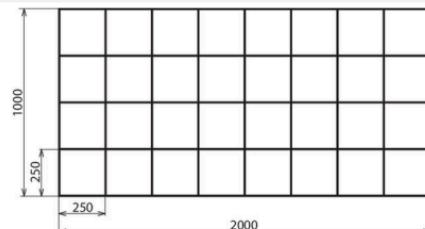


Figure without obligation



According to VDE/ABB Merkblatt "Blitzschutz von Schutzhütten" (VDE/ABB leaflet "Lightning protection of shelters")

Type	GMA 250 2000X1000X4 V4A
Part No.	618 214
Material	St/St (V4A)
Surface treatment	pickled and passivated
Material No.	1.4571 / 1.4404 / 1.4401
ASTM / AISI:	316Ti / 316L / 316
Dimensions (l x w x d)	2000 x 1000 x 4 mm
Mesh size	250 mm
Weight	2 kg
Customs tariff number (Comb. Nomenclature EU)	73141400
GTIN	4013364322950
PU	1 pc(s)

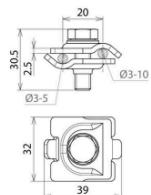
We reserve the right to introduce changes in performance, configuration and technology, dimensions, weights and materials in the course of technical progress. The figures are shown without obligation.

Συνδετήρας πλέγματος - αγωγού : Χρησιμοποιείται για τη σύνδεση του ισοδυναμικού πλέγματος με τον αγωγό γείωσης

Product Data Sheet: Potential Control



MMVK 3.5 8.10 SKM8X30 V4A (540 271)



Type	MMVK 3.5 8.10 SKM8X30 V4A
Part No.	540 271
Material	SISI (V4A)
Material No.	1.4571 / 1.4404 / 1.4401
ASTM / AISI	316Ti / 316L / 316
Clamping range Rd / Rd	8-10 / 3-5 mm
Clamping range Rd / Rd	3-5 / 3-5 mm
Screw	● M8 x 30 mm
Material (screw)	SISI (V4A)
Material No.	1.4571 / 1.4404 / 1.4401
Material (washer)	SISI (V4A)
ASTM / AISI	1.4571 / 1.4404 / 1.4401
Lightning impulse current carrying capability (10/350 µs)	25 kA
Standard	based on EN 62561-1
Weight	50 g
Customs tariff number (Comb. Nomenclature EU)	85359000
GTIN	401364385306
PU	50 pc(s)

Βελτιωτικό Γείωσης: Χρησιμοποιείται για τη μείωση της αντίστασης γείωσης

ΕΛΕΜΚΟ

ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΙΩΣΗΣ

ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΟΣ

Κωδικός: 64 00 000

Περιγραφή: Βελτιωτικό γείωσης TERRAFILL™

Ed.03/2021

Εφαρμογές
Βελτιωτικό γείωσης "TERRAFILL™", αποτελούμενο από συστατικά που βελτιώνουν τη ειδική αντίσταση του εδάφους. Επιπλέον η χημική του σύσταση προστατεύει το ηλεκτρόδιο γείωσης από διάβρωση. Χρησιμοποιείται σε έδαφος οποιασδήποτε σύστασης. Ανάλογα με τη σύσταση του εδάφους μπορεί να μείνει έως και 14 φορές την αντίσταση γείωσης.

Τεχνικά χαρακτηριστικά

Μορφή	Ρευστός πολτός
Αγωγιμότητα	3,29 mS
Ειδική ηλεκτρική αντίσταση	2,5 Ωm (σε υγρασία 300% του όγκου του)
pH	8–10

Οδηγίες εγκατάστασης
Κυρίως χρησιμοποιείται σε εδάφη με μεγάλη ειδική ηλεκτρική αντίσταση.

Χρήση με κατακόρυφες ράβδους γείωσης:
Χρησιμοποιείται όπως διατίθεται. Απαιτείται οπή διαμέτρου τουλάχιστον 50mm. Αρχικά γεμίζουμε την οπή με το βελτιωτικό "TERRAFILL™" και μετά τοποθετούμε τη ράβδο γείωσης.

Χρήση με ηλεκτρόδιο γείωσης μορφής πλάκας ή ταινίας:
Αναμιγνύεται με σκυρόδεμα, σε αναλογία 80% σκυρόδεμα – 20% "TERRAFILL™" και τοποθετείται στο όρυγμα, υπερκαλύπτοντας το ηλεκτρόδιο τουλάχιστον 5 cm σε όλες τις πλευρές της επιφανείας του. Για το λόγο αυτό, απαιτείται το ηλεκτρόδιο να τοποθετηθεί σε στήριγμα με κλιπ ασφαλείας (ενδεικτικός κωδικός ΕΛΕΜΚΟ 61 03 025).

Επίδραση στο περιβάλλον
Το βελτιωτικό γείωσης "TERRAFILL™", δεν περιέχει επικίνδυνα συστατικά τα οποία μπορεί να προκαλέσουν βλάβη στο περιβάλλον.

Πρότυπο ΕΛΟΤ IEC EN 62561-7
Το εξάρτημα έχει περάσει με επιτυχία τις δοκιμές που απαιτεί το πρότυπο: ΕΛΟΤ IEC EN 62561-7 "Lightning protection system components (LPS) – Part 7 : Requirements for earthing enhancing compounds".

Διαχείριση Ποιότητας, Περιβάλλοντος και Ασφάλειας

- ISO 9001
- ISO 14001
- OHSAS 18001

Χώρα προέλευσης
Ελλάδα

Μονάδα: Δοχείο / Συσκευασία: 1 δοχείο (12 κιλά)

Αντιδιαβρωτική Ταινία: Χρησιμοποιείται για την προστασία του αγωγού γείωσης

Κωδικός: 61 03 303 **Ed.03/2021**

Περιγραφή: Στεγανοποιητική αντιδιαβρωτική ταινία

Εφαρμογές

Για την προστασία από διάβρωση χαλύβδινων επιψευδαργυρωμένων (St/Zn) αγωγών/ταινιών/ράβδων όταν αλλάζουν μέσο (πχ από το σκυρόδεμα ή το έδαφος συνεχίζουν στον αέρα). Για την προστασία επίσης συνδέσεων με χαλύβδινα επιψευδαργυρωμένα (St/Zn) εξαρτήματα, μέσα στο έδαφος.

Τεχνικά χαρακτηριστικά

Υλικό	Ταινία υφασμένη με συνθετικές ίνες και εμποιημένη με ασφαλτικό μείγμα.
Μήκος	10 m
Πλάτος	50 mm
Θερμοκρασικό εύρος	Εφαρμογής: 5 °C + 55 °C Λειτουργίας: -20 °C + 70 °C

Χαρακτηριστικά

- Παραμένει εύπλαστη σε ένα μεγάλο εύρος θερμοκρασιάς
- Δε σκληραίνει και δε ραγίζει
- Αντοχή σε οξέα, αλκαλία, άλατα & μικροοργανισμούς
- Υψηλή αδιαπερατότητα από νερό, υδρατμούς και αέρα

Οδηγίες εγκατάστασης

Τυλίξτε την αντιδιαβρωτική ταινία, γύρω από τον αγωγό/ταινία/ράβδο σε μήκος περίπου 600 mm στο σημείο που θα πραγματοποιείται η αλλαγή μέσου. Το μέρος που βρίσκεται στον αέρα θα πρέπει να καλυφθεί σε μήκος περίπου 300 mm και το μέρος που θα μπει στο έδαφος ή στο σκυρόδεμα θα πρέπει επίσης να καλυφθεί σε μήκος περίπου 300 mm. Οι εντος του εδάφους συνδέσεις θα πρέπει να καλύπτονται εντελώς με την αντιδιαβρωτική ταινία, με δύο τουλάχιστον στρώσεις.

Διαχείριση Ποιότητας, Περιβάλλοντος και Ασφαλείας

- ISO 9001
- ISO 14001
- OHSAS 18001

Χώρα προέλευσης

Ελλάδα

Μονάδα: Τεμάχιο / Συσκευασία: 1 τεμάχιο

Τλικά του Συστήματος Αντικεραυνικής Προστασίας: Ακίδες, αγωγοί καθόδου

ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΙΩΣΗΣ **ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΟΣ**

Κωδικός: 64 41 203 **Ed.03/2021**

Περιγραφή: Ακίδα αλουμινίου Ø15x300 mm

Εφαρμογές

Ράβδος για χρήση σαν συλλεκτήρια ακίδα.

Τεχνικά χαρακτηριστικά

Διάμετρος	15mm
Μήκος	300 mm
Υλικό	Αλουμίνιο (Al)
Ειδική ηλεκτρική αντίσταση	<0,036 μΩ
Εφελκυσμός (όριο αντοχής)	120 – 280 N/mm ²

Κατηγοριοποίηση σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ IEC EN 62561-1

- Βαρέως τύπου (Heavy duty – 100 kA)
- Γενικής χρήσης
- Σχεδιασμένη για χρήση, όπου μπορεί να υπάρχουν στατικά φορτία
- Μη μόνη σύνθετη

Οδηγίες εγκατάστασης

Διαστάσεις αγωγών	Ø8–10 mm (50–70 mm ²)
Διαστάσεις ταινίας	Έως 5 mm πάχος
Συνδεσμολογία	Διασταύρωση (B1) Τ' (B4)
Θέση εγκατάστασης	Σε εξωτερικό χώρο
Επιπρεπή σύνδεση με	Al, ανοξείδωτο χάλυβα (SS), St/Zn
Ροπή σύσφιξης	20 Nm

ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΑΝΤΙΚΕΡΑΥΝΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΙΩΣΗΣ **ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΟΣ**

Κωδικός: 64 03 250 **Ed.03/2021**

Περιγραφή: St/Zn προστατευτικός αγωγός καθόδου Ø16x2500 mm 2 σημείων

Εφαρμογές

Χαλύβδινη επιψευδαργυρωμένη σε Θερμό (St/Zn) ράβδος, η οποία χρησιμοποιείται ως μέρος του αγωγού καθόδου ώστε να παρέχει προστασία ενάντι μηχανικών καταπονήσεων.

Τεχνικά χαρακτηριστικά

Διάμετρος	16 mm
Μήκος	2500 mm
Βασικό υλικό κατασκευής	Χαλύβας (St)
Υλικό επιμετάλλωσης	Ψευδόργυρος (Zn)
Πλάγιος επιψευδαργύρωσης	≥350 gr/m ²
Τύπος επιψευδαργύρωσης	Εν Θερμώ
Ειδική ηλεκτρική αντίσταση	<0,25 μΩ
Εφελκυσμός (όριο αντοχής)	290 – 510 N/mm ²

Οδηγίες εγκατάστασης

Θέση εγκατάστασης	Σε εξωτερικό χώρο, εντός εδάφους, εντός σκυροδέματος
Σύνδεση σε εξωτερικό χώρο με	Al ανοξείδωτο χάλυβα (SS), St/Zn
Σύνδεση εντός εδάφους με	Ανοξείδωτο χάλυβα (SS), St/Zn
Σύνδεση εντός σκυροδέματος με	Cu, κράμα χαλκού (Cu-A), Cu/Esn, ανοξειδ. χάλυβα (SS), Ste/Cu, St/Zn
Σύνδεση με τον αγωγό	Μέσω διπλών σφιγκτήρων (δεν περιλαμβάνονται).

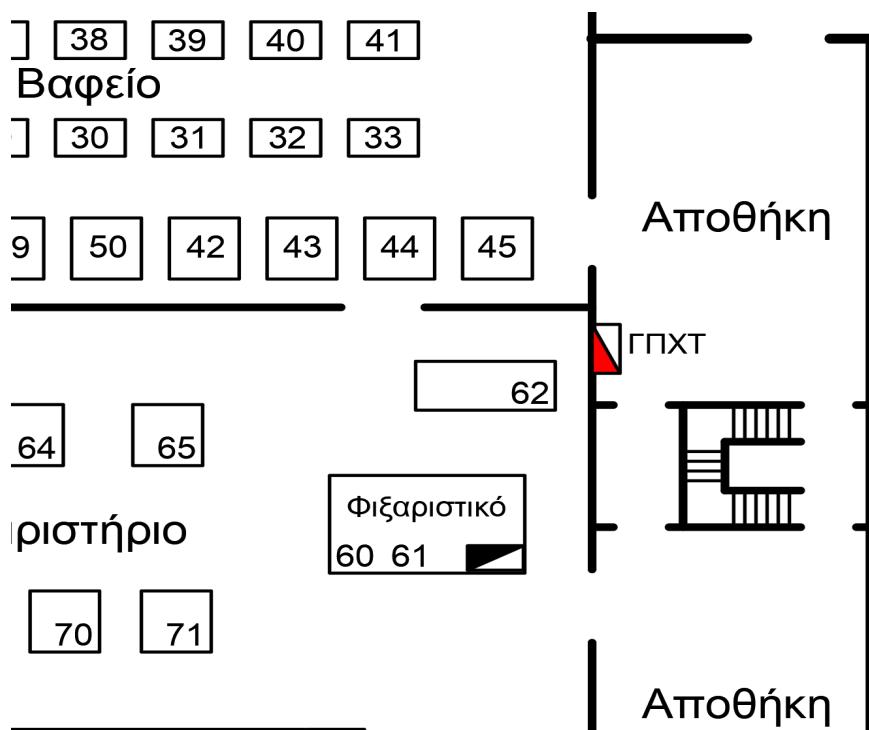
Κεφάλαιο 3: Καλωδίωση Χαμηλής Τάσης - Πίνακες

Στο τρίτο κεφάλαιο της ηλεκτρολογικής μελέτης της βιομηχανίας υφασμάτων, απαιτείται η ανάλυση της καλωδίωσης και των πινάκων που απαιτούνται για την τροφοδότηση της κατανάλωσης Χαμηλής Τάσης. Πιο συγκεκριμένα θα γίνει η επιλογή της θέσης του Γενικού Πίνακα Χαμηλής Τάσης (ΓΠΧΤ), η ομαδοποίηση των φορτίων της εγκατάστασης σε υποπίνακες και η επιλογή κατάλληλων αγωγών σύνδεσης των φορτίων με τους υποπίνακες και με τον ΓΠΧΤ.

Τέλος, παρουσιάζονται ενδεικτικά τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν στην υλοποίηση των παραπάνω.

3.1 Τοποθέτηση Γενικού Πίνακα Χαμηλής Τάσης (ΓΠΧΤ)

Λαμβάνοντας υπόψη τα χωροταξικά δεδομένα της εγκατάστασης αποφασίζεται η τοποθέτηση του ΓΠΧΤ να γίνει στην αποθήκη δίπλα στο χώρο των Μ/Σ. Έτσι εξασφαλίζεται η άμεση σύνδεση του ΓΠΧΤ με τους Μ/Σ με όσο το δυνατόν πιο κοντή όδευση καλωδίων, ενώ η θέση του είναι σε απομονωμένο χώρο σε σημείο εκτός επαφής με ανθρώπινο προσωπικό και με εύκολη πρόσβαση για συντήρηση και αντιμετώπιση βλάβης.



Εικόνα 3.1: Θέση του ΓΠΧΤ της εγκατάστασης

3.2 Ομαδοποίηση Φορτίων

3.2.1 Γενικά

Στην υπό μελέτη εγκατάσταση συναντώνται **80** κινητήρες και λοιπά φορτία, τα οποία λόγω της ισχύος τους λογίζονται ως **συμμετρικά τριφασικά φορτία**. Επίσης, η εγκατάσταση εμπεριέχει και διάφορα μονοφασικά φορτία που αφορούν στο φωτισμό και τη ρευματοδότηση, τα οποία ωστόσο δεν λαμβάνονται υπόψη στην παρούσα φάση.

Λόγω του μεγάλου αριθμού φορτίων και των μεγάλων διαστάσεων της εγκατάστασης, η τροφοδότηση από τον ΓΠΧΤ δεν μπορεί να γίνει μεμονωμένα για κάθε φορτίο για λόγους τεχνοοικονομικής φύσεως. Κρίνεται απαραίτητη λοιπόν, η ομαδοποίηση των φορτίων και η τοποθέτηση υποπινάκων σε συγκεκριμένα σημεία της εγκατάστασης.

Τα βασικότερα κριτήρια για την ορθή ομαδοποίηση των φορτίων είναι:

- Χωρικά Κριτήρια:** Η θέση του υποπίνακα θα πρέπει να βρίσκεται όσο δυνατόν πλησιέστερα στα φορτία που εξυπηρετεί, με στόχο τις κοντές οδεύσεις καλωδίωσης
- Κριτήρια Ισχύος:** Η ομαδοποίηση των φορτίων κατά όμοια επίπεδα ισχύος. Έτσι απλοποιείται κατα πολύ η επιλογή των υλικών της εγκατάστασης και εξασφαλίζεται βέλτιστο χαμηλό κόστος λόγω ομοιομορφίας κατά την παραγγελία των υλικών

ενώ από την άλλη, η ομαδοποίηση στοχεύει:

- Στην **εξοικονόμηση υλικών και πόρων**, αφού το μήκος της καλωδίωσης ελαχιστοποιείται.
- Στην **βελτιστοποίηση της προστασίας** της εγκατάστασης, καθώς σε περίπτωση σφάλματος και αποσύνδεσης μιας ομάδας φορτίων τα υπόλοιπα συνεχίζουν να λειτουργούν απροβλημάτιστα
- Στην **καλύτερη εποπτεία και συντήρηση**

3.2.2 Ομαδοποίησεις σε Υποπίνακες

Με βάση τις παραπάνω τεχνικές και παραδοχές η **ομαδοποίηση των φορτίων** στην παρούσα εγκατάσταση φαίνεται στους ακόλουθους πίνακες.

Όλοι οι υπολογισμοί έγιναν σύμφωνα με τα δεδομένα της εκφώνησης της εργασίας καθώς και τα αποτελέσματα και τους υπολογισμούς που πραγματοποιήσαμε στο πρώτο κεφάλαιο της μελέτης. Επισυνάπτεται στο παρόν παραδοτέο και το αρχείο μορφής **excel** στο οποίο έγιναν οι υπολογισμοί.

Τα δεδομένα των πινάκων 3.1, 3.2 και 3.3 υπολογίστηκαν με την εξής διαδικασία:

1. Υπολογίζουμε το ονομαστικό ρεύμα κάθε φορτίου σύμφωνα με τον τύπο

$$\mathbf{I_L} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi}$$

όπου,

- P είναι η ονομαστική ενεργός ισχύς εισόδου των φορτίων
- $V=400V$ είναι η ονομαστική τάση λειτουργίας τους
- $\cos \varphi$ είναι ο συντελεστής ισχύος του κάθε φορτίου

2. Καθορίζουμε τις ομάδες φορτίων σύμφωνα με τα χωροταξικά κριτήρια

3. Υπολογίζεται η φαινόμενη ισχύς κάθε υποπίνακα σύμφωνα με τον τύπο:

$$\mathbf{S_O} = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

όπου,

- P είναι η ενεργός ισχύς εισόδου της κάθε ομάδας φορτίων
- Q είναι η άεργος ισχύς της κάθε ομάδας φορτίων

4. Υπολογίστηκε στη συνέχεια το ονομαστικό ρεύμα λειτουργίας κάθε υποπίνακα με τον τύπο:

$$\mathbf{I_{YII}} = \frac{S_0}{\sqrt{3} \cdot V}$$

όπου,

- S_0 είναι η φαινόμενη ισχύς των επιμέρους ομάδων φορτίων
- $V=400V$ είναι η ονομαστική τάση λειτουργίας

5. Επαληθεύουμε πως πληρούνται και τα κριτήρια ισχύος για την ομαδοποίηση των φορτίων στους υποπίνακες. Για την ορθότερη διαστασιολόγηση και επιλογή των υλικών και την οικονομικότερη υλοποίηση είναι θεμιτό οι υποπίνακες να έχουν παρόμοια επίπεδα ισχύος και ρεύματος.

6. Αφού έχει καθοριστεί η τελική ομαδοποίηση σύμφωνα με τα κριτήρια που αναφέρθηκαν υπολογίζουμε και το μέσο συντελεστή ισχύος κάθε υποπίνακα

α/α	Ονομασία μηχανήματος	Ποσότητα	Ισχύς Εισόδου (kW)	Συντελεστής Ισχύος (cosφ)	Συνολική Ενεργός Ισχύς (kW)	Συνολική Φαινόμενη Ισχύς (kVA)	Ρεύμα Επιμέρους Φορτίου (A)	Ρεύμα Φορτίων (A)
1 - 24	Αργαλειός	24	4.943	0.80	118.641	148.301	8.918	214.054
25	Διάστρα	1	24.539	0.85	24.539	28.870	41.670	41.670
26 - 28	Βαφικό	3	8.674	0.85	26.023	30.616	14.729	44.190
29 - 33	Βαφικό	5	2.833	0.82	14.165	17.274	4.987	24.933
34 - 41	Απορροφητήρας	8	2.833	0.82	22.663	27.638	4.987	39.892
42 - 45	Πλυντικό	4	12.716	0.84	50.864	60.552	21.85	87.399
46 - 50	Στυπτικό	5	4.943	0.80	24.717	30.896	8.918	44.595
51 - 58	Κινητήρας ράμας	8	8.674	0.85	69.395	81.642	14.73	117.839
59	Αντίσταση Θέρμανσης Ράμας	1	28	1	28	28	40.415	40.415
60	Κινητήρας φιξαριστικού	1	2.833	0.82	2.833	3.455	4.987	4.987
61	Αντίσταση Θέρμανσης Φιξαριστικού	1	36	1	36	36	51.962	51.962
62	Στεγνωτήριο	1	79.109	0.86	79.109	91.987	132.772	132.772
63 - 65	Στεγνωτήριο	3	12.716	0.84	38.148	45.414	21.85	65.549
66 - 68	Ανοικτικό	3	2.833	0.82	8.499	10.364	4.987	14.960
69 - 71	Σίδερο Ατμού	3	20	1	60	60	28.867	86.603
72 - 73	Λέβητας	2	24.539	0.85	49.079	57.740	41.67	83.340
74 - 75	Αντίσταση Θέρμανσης	2	20	1	40	40	28.867	57.735
76	Πομόνα	1	24.539	0.85	24.539	28.870	41.67	41.670
77 - 78	Αντλία	2	24.539	0.85	49.079	57.740	41.67	83.340
79 - 80	Αντλία	2	12.716	0.84	25.432	30.276	21.85	43.700

Πίνακας 3.1: Υπολογισμός ονομαστικού ρεύματος για κάθε τύπο μηχανήματος

ΥΠΟΠΙΝΑΚΕΣ	ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ	ΡΕΥΜΑ (Α)	ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ (kVA)
ΥΠ1	6-8,14-16,22-24,25	121.833	84.408
ΥΠ2	1-5,9-13,17-21	133.784	92.688
ΥΠ3	26-41	108.976	75.5
ΥΠ4	42-50	131.922	91.398
ΡΑΜΑ	51-59	153.674	106.468
ΦΙΞΑΡΙΣΤΙΚΟ	60-61	56.123	38.883
ΥΠ5	62	132.772	91.987
ΥΠ6	63-71	160.131	110.942
ΥΠ7	72-75	135.863	94.129
ΥΠ8	76-80	168.705	116.882

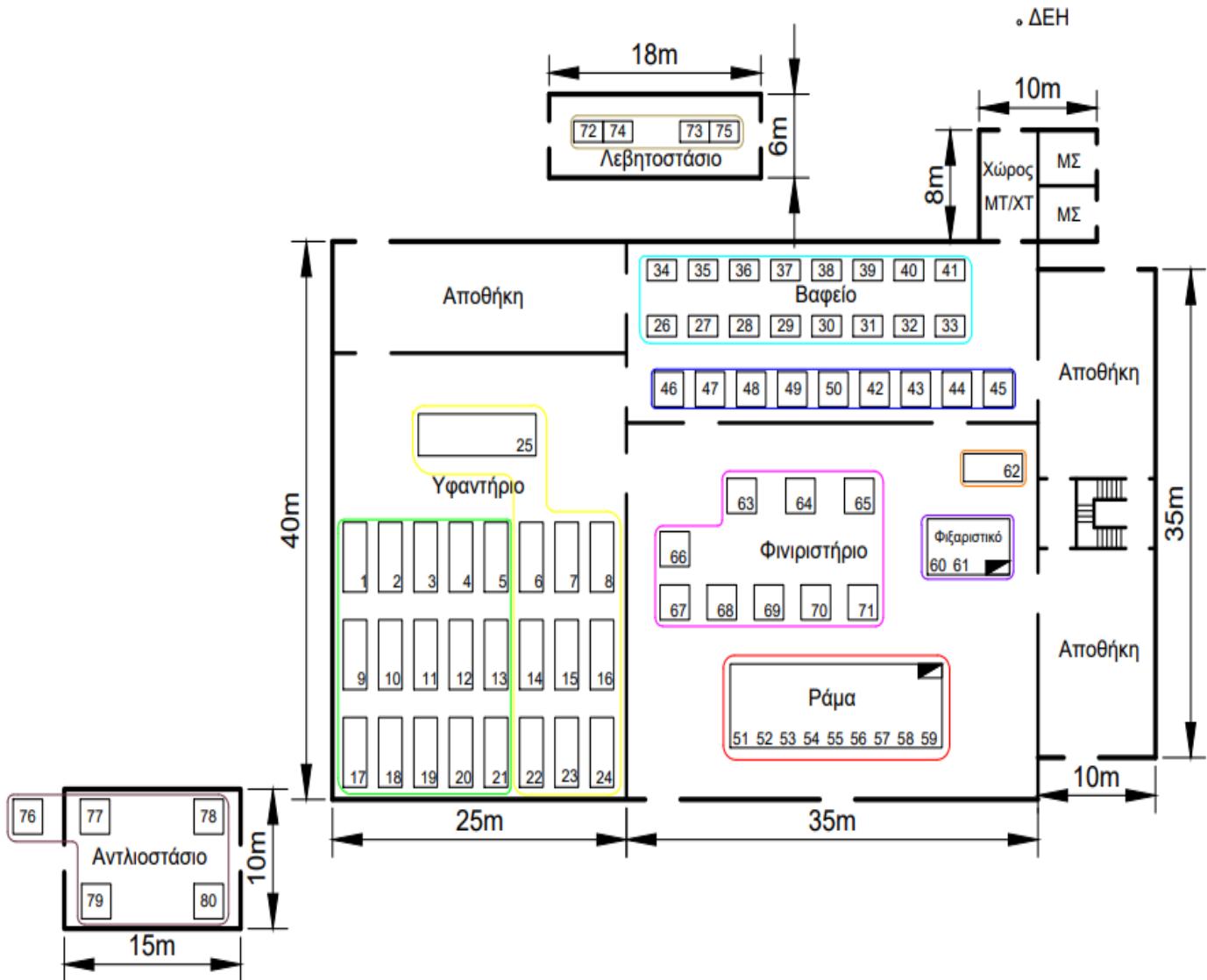
Πίνακας 3.2: Ομαδοποίηση των μηχανημάτων σε υποπίνακες

ΥΠΟΠΙΝΑΚΕΣ	ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ	ΕΝΕΡΓΟΣ ΙΣΧΥΣ (kW)	ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ (kVA)	ΜΕΣΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ
ΥΠ1	6-8,14-16,22-24,25	69.030	84.408	0.818
ΥΠ2	1-5,9-13,17-21	74.151	92.688	0.8
ΥΠ3	26-41	62.851	75.5	0.832
ΥΠ4	42-50	75.581	91.398	0.827
ΡΑΜΑ	51-59	97.395	106.468	0.915
ΦΙΞΑΡΙΣΤΙΚΟ	60-61	38.833	38.883	0.999
ΥΠ5	62	79.109	91.987	0.86
ΥΠ6	63-71	106.646	110.942	0.961
ΥΠ7	72-75	89.079	94.129	0.946
ΥΠ8	76-80	99.05	116.882	0.847

Πίνακας 3.3: Μέσος συντελεστής ισχύος κάθε υποπίνακα της εγκατάστασης

Τέλος, παρουσιάζονται οι κατόψεις των ομάδων φορτίων στο AUTOCAD.

Κάτοψη Ισογείου



Εικόνα 3.2: Ομαδοποιήσεις φορτίων-κινητήρων της εγκατάστασης

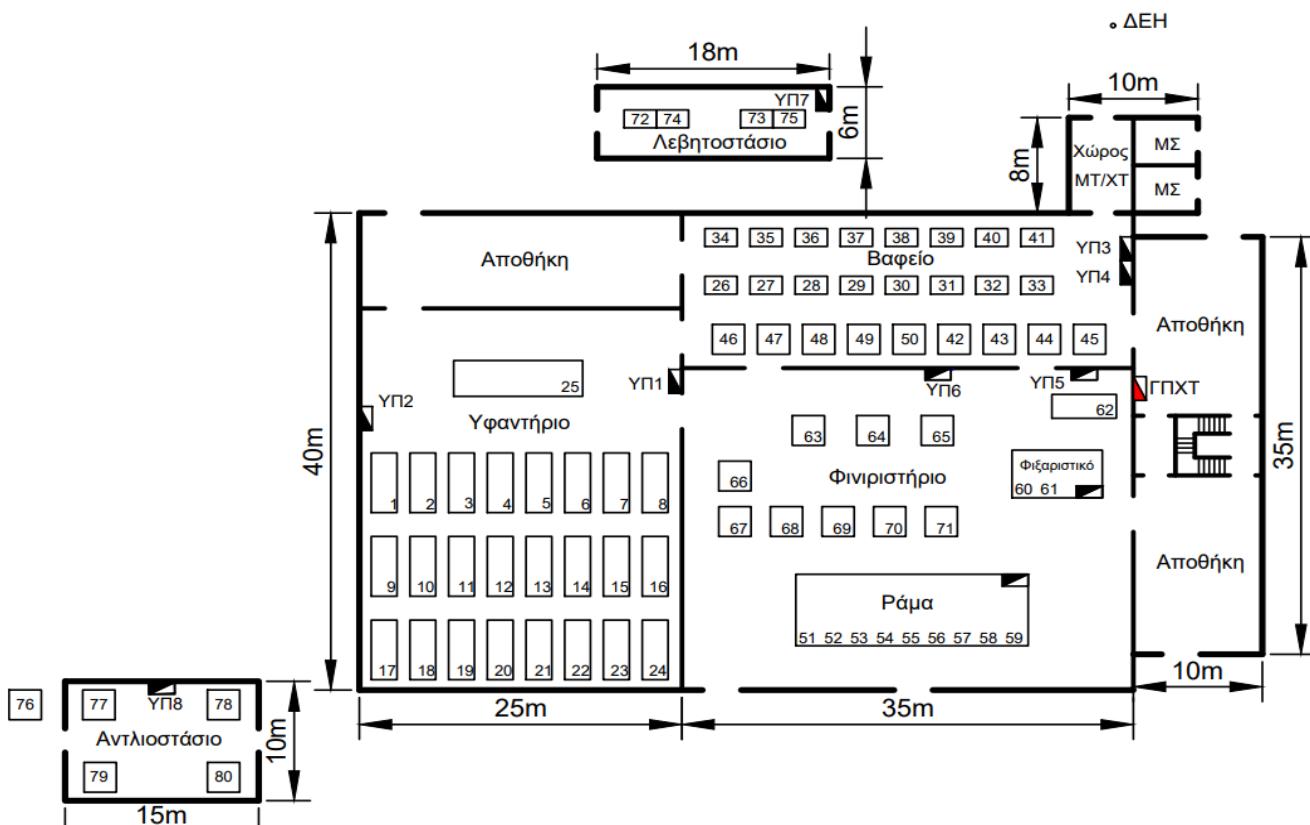
3.2.3 Τοποθέτηση υποπινάκων

Αντίστοιχα, η τοποθέτηση των υποπινάκων γίνεται σε εναρμόνιση με την ομαδοποίηση των φορτίων, έτσι ώστε να εξασφαλίζονται τα εξής:

1. Να μην παρεμβάλλονται μεταξύ επιμέρους φορτίων
2. Να είναι άμεσα προσβάσιμα για τη διευκόλυνση εργασιών συντήρησης
3. Να είναι χωροθετημένα με τέτοιο τρόπο ώστε να εξασφαλίζεται η εύκολη τοποθέτηση μελλοντικών φορτίων

Έτσι προκύπτουν οι παρακάτω θέσεις για τους υποπίνακες. Όπως φαίνεται και στην εικόνα, τα μηχανήματα με ονομασίες Ράμα και Φιξαριστικό αποτελούνται από πολλαπλούς κινητήρες και μας δόθηκε στην κάτοψη της εκφώνησης της εργασίας πως διαθέτουν δικό τους υποπίνακα. Επομένως, για τεχνο-οικονομικούς λόγους είναι προτιμότερη η σύνδεση τους απευθείας στον ΓΠΧΤ, ενώ τα υπόλοιπα φορτία-κινητήρες σε όλους τους χώρους της εγκατάστασης διανέμονται σε υποπίνακες όπως αναλύθηκε και σε προηγούμενη ενότητα.

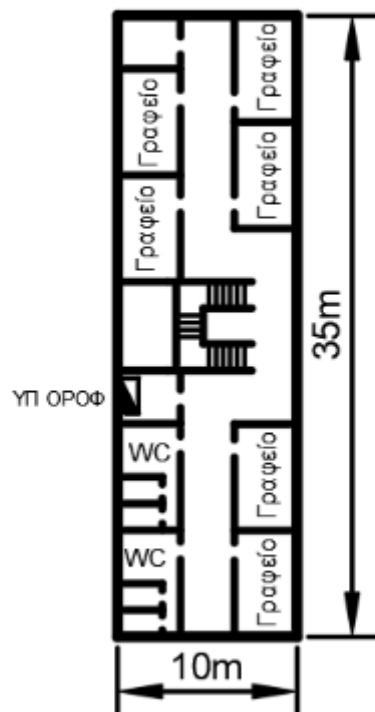
Κάτοψη Ισογείου



Εικόνα 3.3: Θέσεις των υποπινάκων της εγκατάστασης

Σημείωση: Για λόγους πληρότητας, αναφέρουμε πως θα γίνει και τοποθέτηση ενός ακόμη υποπίνακα στον Α' Όροφο του κτιρίου όπου θα συνδεθεί η ρευματοδότηση και ο φωτισμός του ορόφου, ωστόσο δεδομένου πως στον όροφο δεν υπάρχουν τριφασικά φορτία, ο συγκεκριμένος πίνακας δε λαμβάνεται υπόψη στους υπολογισμούς και δε θα μας απασχολήσει σε αυτό το στάδιο της μελέτης.

Κάτοψη α' Ορόφου



Εικόνα 3.4: Θέση του υποπίνακα του α' Ορόφου της εγκατάστασης

3.3 Οδεύσεις Καλωδίων της Εγκατάστασης

3.3.1 Τρόπος οδευσης καλωδίων

Μεγάλη σημασία στην ηλεκτρολογική μελέτη μιας εγκατάστασης έχει και ο τρόπος με τον οποίο οδηγούνται τα καλώδια από τον ΓΠΧΤ στους υποπίνακες και έπειτα στα φορτία.

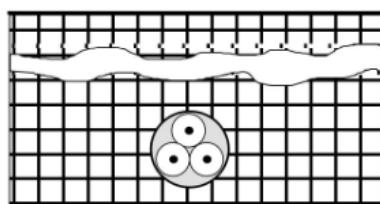
Συγκεκριμένα, σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384, σε μία εγκατάσταση όπως η συγκεκριμένη συναντώνται οι εξής τρόποι οδευσης:

1. Ενταφιασμός των καλωδίων στο έδαφος και οδευση τους μέσω καναλιών, οχετών ή σωλήνων
2. Στο εσωτερικό ή πάνω στην επιφάνεια των δομικών στοιχείων του κτιρίου
3. Τοποθέτηση των καλωδίων στον αέρα, πάνω σε εσχάρες

Εν τέλη, θα εφαρμόσουμε έναν συνδυασμό των παραπάνω. Πιο συγκεκριμένα, οι συνδέσεις των υποπινάκων του αντλιοστασίου και του λεβητοστασίου με τον ΓΠΧΤ θα γίνουν μέσω καλωδίων ενταφιασμένα στο έδαφος, ένω η σύνδεση των επιμέρους υποπινάκων με τα φορτία στους εσωτερικούς χώρους θα γίνει με την ανύψωση των καλωδίων σε εσχάρες. Ο εντοιχισμός ή η τοποθέτηση πάνω στον τοίχο απορρίφθηκε γιατί στην εγκατάσταση έχουμε μεγάλο πλήθος κινητήρων με διαφορετικές θέσεις στους χώρους και επομένως μεγάλο πλήθος οδεύσεων και διασταυρώσεων καλωδίων οπότε η συγκεκριμένη τεχνική είναι πρακτικά δυσχερής.

3.3.2 Καλώδια ενταφιασμένα στο έδαφος

Όπως αναφέρθηκε, οι υποπίνακες που θα τοποθετηθούν στα κτίρια του Αντλιοστασίου και του Λεβητοστασίου θα συνδεθούν με τον ΓΠΧΤ μέσω υπόγειας διέλευσης των καλωδίων στο έδαφος. Η επιλογή αυτή έγινε με γνώμονα την ασφάλεια καθώς με τον ενταφιασμό αποφεύγεται η έκθεση των καλωδίων στα καιρικά φαινόμενα ενώ προστατεύεται και το ανθρώπινο δυναμικό σε περίπτωση σφάλματος. Επίσης, για την προστασία από την υγρασία και διάφορα τρωκτικά ζώα θα γίνει χρήση καλωδίων με μονωτικό PVC και μεταξύ του καλωδίου και της επιφάνειας του εδάφους θα τοποθετηθεί άμμος. Ο ενταφιασμός των καλωδίων θα γίνει σε βάθος τουλάχιστον 0.7m.



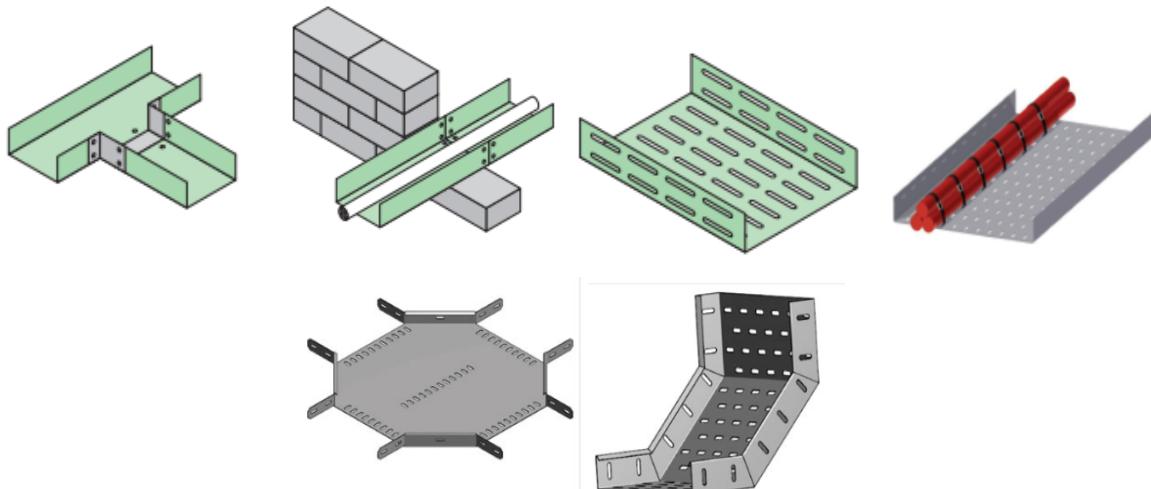
Εικόνα 3.5: Ενταφιασμός καλωδίου στο έδαφος

3.3.3 Καλώδια σε εσχάρες

Για τις συνδέσεις των φορτίων και των υποπινάκων στους εσωτερικούς χώρους **επιλέχθηκε η τοποθέτηση τους στον ελεύθερο αέρα πάνω σε μεταλλικές εσχάρες**. Δεδομένου πως πρόκειται για μία βιομηχανική εγκατάσταση, δεν υπάρχουν περιορισμοί λόγω οπτικής αισθητικής, τα καλώδια βρίσκονται σε ασφαλές ύψος πάνω από το έδαφος και το προσωπικό ενώ και η αποκατάσταση τους σε περιπτώσεις βλαβών ή φθορών είναι σαφώς ευκολότερη.

Ειδικότερα για τις εσχάρες κρίνεται απαραίτητο να αναφερθούν τα εξής:

- Είναι κατάλληλες για χρήση σε εγκαταστάσεις βιομηχανικού χαρακτήρα
- Διατίθενται σε τυποποιημένα μήκη
- Φέρουν πολλαπλές διατρήσεις στη βάση τους και στα πλευρικά τοιχώματα για βέλτιστο αερισμό και πρόσδεση των καλωδίων
- Το υλικό τους καθορίζεται ανάλογα με τις συνθήκες της εγκατάστασης. **Στην παρούσα, επιλέχθηκαν εσχάρες από λαμαρίνα, προ-γαλβανισμένη εν θερμώ, με επιφανειακό στρώμα ψευδαργύρου**
- Κρίνεται αναγκαίο να γειώνονται για λόγους ασφαλείας
- Είναι δυνατή η συνεχής όδευση τους μέσω τοίχων
- Για την ένωση δύο εσχαρών χρησιμοποιείται ταχυσύνδεσμος με ή χωρίς βίδες
- Η στήριξη τους γίνεται λαμβάνοντας υπόψη το σημείο τοποθέτησης τους και το βάρος που θα δέχονται από τα καλώδια



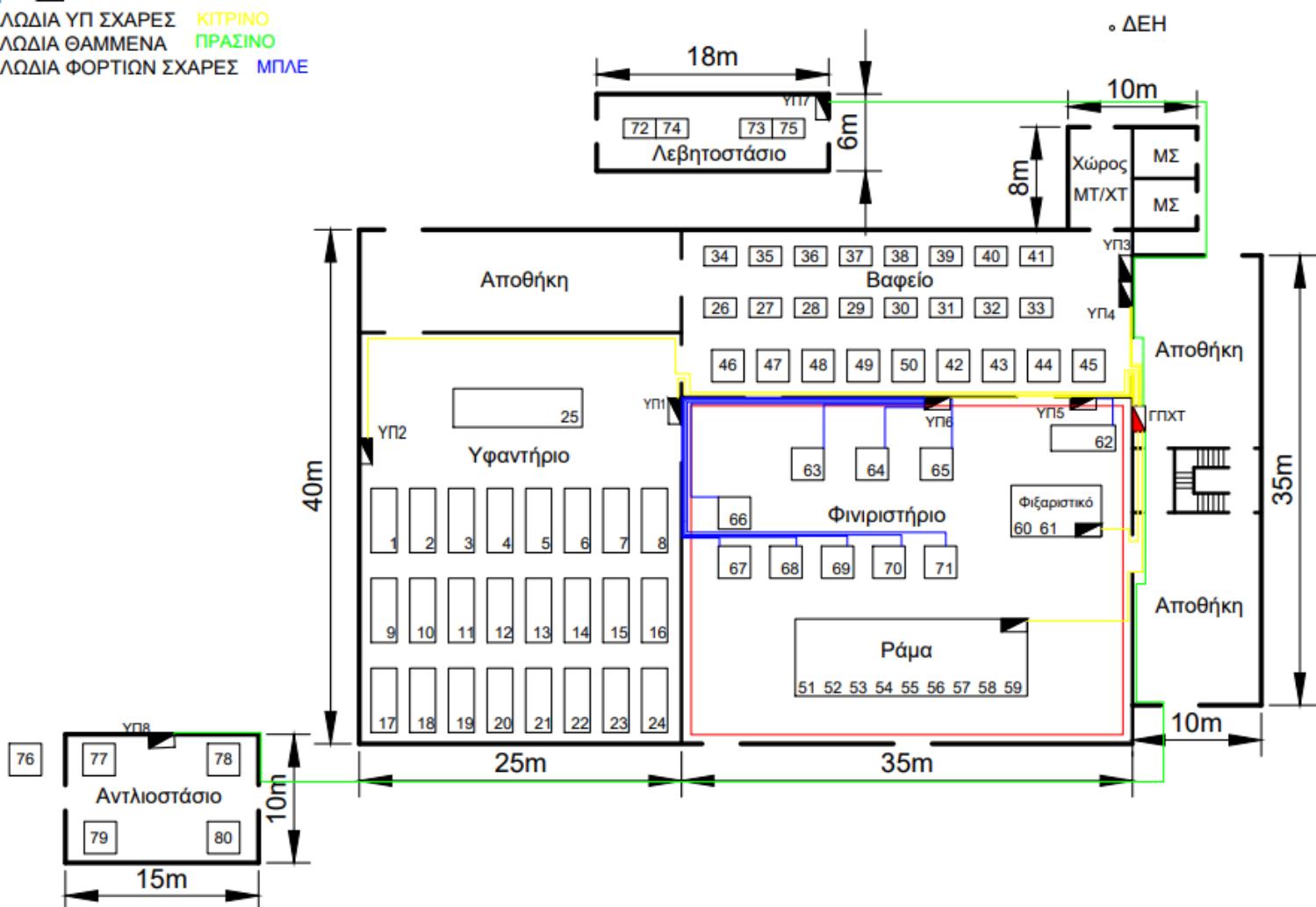
Εικόνα 3.6: Ενδεικτικές λεπτομέρειες για την τοποθέτηση εσχάρων

3.3.4 Σχέδια οδεύσεων

Οι συνολικές οδεύσεις των καλωδίων όλης της εγκατάστασης φαίνονται παρακάτω.

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

ΓΠΧΤ
 ΥΠ
 ΚΑΛΩΔΙΑ ΥΠ ΣΧΑΡΕΣ **ΚΙΤΡΙΝΟ**
 ΚΑΛΩΔΙΑ ΘΑΜΜΕΝΑ **ΠΡΑΣΙΝΟ**
 ΚΑΛΩΔΙΑ ΦΟΡΤΙΩΝ ΣΧΑΡΕΣ **ΜΠΛΕ**

Κάτοψη Ισογείου

Εικόνα 3.7: Συνολικές οδεύσεις της εγκατάστασης

Σημείωση: Για λόγους καλύτερης ευκρίνειας, για να μην καταστεί δυσνόητο το σχέδιο, σχεδιάστηκαν μόνο οι οδεύσεις των επιλεγμένων φορτίων του κόκκινου πλαισίου στους υποπίνακες και οι οδεύσεις από τους υποπίνακες στον ΓΠΧΤ και όχι όλες οι οδεύσεις κάθε επιμέρους κινητήρα προς τον αντίστοιχο υποπίνακα.

3.4 Διαστασιολόγηση Καλωδίων

3.4.1 Γενικά Χαρακτηριστικά Καλωδίων

Τα καλώδια που θα χρησιμοποιηθούν για τις συνδέσεις υποπινάκων και φορτίων με τον ΓΠΧΤ θα έχουν τα εξής χαρακτηριστικά:

- **Το υλικό κατασκευής τους θα είναι από χαλκό.** Ο χαλκός αποτελεί την καλύτερη επιλογή για αγώγιμες συνδέσεις. Πιο συγκεκριμένα, η μεγάλη αγωγιμότητα του χαλκού εξασφαλίζει καλώδια μικρότερης διατομής και με μικρότερες ωμικές απώλειες, με αποτέλεσμα να εμφανίζει χαμηλότερο λειτουργικό κόστος.
- **Η μόνωση των καλωδίων θα είναι PVC.** Το PVC χρησιμοποιείται ευρέως σε εγκαταστάσεις καταναλωτών ΧΤ και αποτελεί ένα υλικό φθηνό αλλά ανθεκτικό σε μηχανικές και χημικές καταπονήσεις.
- Μετά την τοποθέτηση τους στις καθορισμένες θέσεις, **τα καλώδια θα επισημαίνονται με τρόπο τέτοιο, ώστε να είναι εύκολη η αναγνώριση τους κατά τους ελέγχους, τις επισκευές και τις τροποποιήσεις της εγκατάστασης**
- Για τον τύπο των καλωδίων **θα επιλέξουμε τύπου ΝΥΥ-0.6/1kV(κατά VDE 0271) ή J1VV(κατά IEC 502).** Τα συγκεκριμένα είναι καλώδια ισχύος κατάλληλα για τη σύνδεση με τριφασικά φορτία σε εγκαταστάσεις όπως αυτή που μελετάμε. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο στον ελεύθερο αέρα όσο και στο έδαφος.
- **Στις οδεύσεις των καλωδίων, επιλέγουμε η σύνδεση των φορτίων και υποπινάκων με τον ΓΠΧΤ να γίνει με ένα τετραπολικό καλώδιο (3 φάσεις και ουδέτερος) και χωριστά με μονοπολικό καλώδιο ο αγωγός προστασίας PE.** Όσον αφορά τις διατομές των φάσεων του ουδετέρου και του αγωγού προστασίας, επιλέγουμε ίδια διατομή για τις φάσεις και τον ουδέτερο για τεχνοοικονομικούς λόγους και ομοιομορφία καλωδίων, ενώ για τον αγωγό προστασίας επιλέγουμε μικρότερη διατομή σύμφωνα με τις οδηγίες που αναφέρονται κατά IEC. Οι ακριβείς διατομές των καλωδίων θα καθοριστούν στις επόμενες ενότητες.

Minimum sizes of protective conductors (IEC)

Minimum cross-sectional area of the line conductor S (mm ²)	Cross sectional area of the corresponding PE
S ≤ 16	S
16 < S ≤ 35	16
S > 35	S/2

Εικόνα 3.8: Διατομή αγωγού προστασίας κατά IEC

Τέλος, πρέπει να σημειωθεί πως στο παρόν στάδιο της μελέτης δεν λήφθηκε υπόψη η εκκίνηση των κινητήρων ούτε τα μέσα προστασίας που θα εφαρμοστούν στις γραμμές σε περιπτώσεις σφάλματος, καθώς αυτά θα αναλυθούν σε επόμενο στάδιο. **Επομένως, η διαστασιολόγηση των καλωδίων θα βασιστεί προς το παρόν στο μέγιστο συνεχώς επιτρεπόμενο ρεύμα και την επιτρεπόμενη πτώση τάσης.**

3.4.2 Μέγιστο Συνεχώς Επιτρεπόμενο Ρεύμα

Κάθε τύπος καλωδίου χαρακτηρίζεται από ένα όριο φόρτισης, δηλαδή το μέγιστο ρεύμα που είναι δυνατόν να διαρρέει το καλώδιο διαρκώς, χωρίς να εμφανίζεται υπερβολική ανύψωση της θερμοκρασίας της μόνωσης άνω των επιτρεπτών ορίων

Για τα καλώδια που θα βρίσκονται εκτός εδάφους, το ρεύμα αυτό υπολογίζεται σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

$$I_{\max} = I_o \cdot n_1 \cdot n_2 \cdot n_3$$

όπου,

- I_o είναι το ρεύμα αναφοράς ανάλογα τη διατομή του καλωδίου
- n_1 συντελεστής διόρθωσης για διάφορες θερμοκρασίες περιβάλλοντος. Στην περίπτωση μας από τα δεδομένα της εργασίας λαμβάνουμε θερμοκρασία μέγιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος 40° άρα $n_1=0.87$
- n_2 συντελεστής διόρθωσης για πολλά γειτνιάζοντα συστήματα. Θεωρούμε πως η τοποθέτηση των καλωδίων στις σχάρες γίνεται με τέτοιο τρόπο, ώστε να εξασφαλίζεται επαρκής απόσταση μεταξύ τους οπότε λαμβάνουμε $n_2=1$
- n_3 συντελεστής διόρθωσης για καλώδια με περισσότερους των 4 αγωγών. Στην περίπτωση μας, $n_3=1$, καθώς στο τετραπολικό καλώδιο που θα χρησιμοποιήσουμε ο ουδέτερος δεν θεωρείται ενεργός αγωγός οπότε δεν λογίζεται και ως πρόσθετος αγωγός. Ακριβώς το ίδιο θεωρούμε και για τον αγωγό προστασίας.

Για τα καλώδια που θα βρίσκονται ενταφιασμένα στο έδαφος, το ρεύμα συνεχούς φόρτισης υπολογίζεται ως εξής:

$$I_{\max} = I_o \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_4 \cdot f_5$$

όπου,

- I_o είναι το ρεύμα αναφοράς ανάλογα τη διατομή του καλωδίου
- f_1 είναι συντελεστής για διαφορετικές τιμές της θερμοκρασία εδάφους θ, του συντελεστή φόρτισης m, και της ειδικής θερμικής αντίστασης του εδάφους σ. Στην περίπτωση μας επιλέγουμε, μέση θερμοκρασία εδάφους $\theta = 25^\circ$, συντελεστή φόρτισης $m=1$ και ειδικής θερμικής αντίστασης του εδάφους $\sigma = 1.5 \text{ K} \cdot \text{m/W}$. Με βάση αυτά προκύπτει $f_1 = 0.79$
- $f_2 = 0.89$ με βάση τον πίνακα 7.34 του βιβλίου (σελ. 254)
- $f_3 = 0.85$ με βάση τον πίνακα 7.14 του βιβλίου (σελ. 233)
- $f_4 = 1$ και $f_5 = 1$ με βάση τον πίνακα 7.14 του βιβλίου (σελ. 233)

3.4.3 Επιτρεπόμενη Πτώση Τάσης Καλωδίων

Ως πτώση τάσης ορίζεται η διαφορά των ενεργών τιμών των τάσεων από τον μετρητή μέχρι το εκάστοτε φορτίο. Σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις όπως η παρούσα, για λόγους ορθής λειτουργίας και ενεργειακής κατανάλωσης είναι απαραίτητο να μην εμφανίζεται ανεπίτρεπτη πτώση τάσης στις γραμμές των αγωγών. Μεγάλη πτώση τάσης συνεπάγεται σημαντική μείωση ισχύος της εγκατάστασης και αδυναμία εκκίνησης των κινητήρων.

Σύμφωνα με τους κανονισμούς και τα πρότυπα, η πτώση τάσης συνίσταται να παραμένει κάτω του 3-4% της ονομαστικής. Στην υπό μελέτη βιομηχανία και δεδομένου πως καθόλο το σχεδιασμό της ηλεκτρολογικής εγκατάστασης βασιζόμαστε στο πρότυπο ΕΛΟΤ HD 384, θα ορίσουμε ως επιτρεπτή πτώση τάσης στο 4%.

Για τριφασικά κυκλώματα η πτώση τάσης υπολογίζεται ως εξής:

$$\frac{\Delta U}{U} = \sqrt{3} \cdot I \cdot \Psi' \cdot I \cdot \frac{\cos\varphi}{U}$$

όπου,

- U είναι η τάση 400V
- I είναι το ονομαστικό ρεύμα φορτίων και υποπινάκων
- L είναι το μήκος του καλωδίου σύνδεσης
- cosφ είναι ο μέσος συντελεστής ισχύος του υποπίνακα/φορτίου
- Ψ' είναι η ισοδύναμη αντίσταση ανά μονάδα μήκους του καλωδίου και υπολογίζεται από τις σχέσεις:

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

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

$$\kappa = \frac{56}{1 + 4 \cdot 10^{-3}(\theta - 20)}$$

με R' και X' να είναι η αντίσταση και η αντίδραση αντίστοιχα ανά μονάδα μήκους, Α η διατομή και κ η αγωγιμότητα σε θερμοκρασία λειτουργίας $\theta = 40^\circ$. Για χαμηλή τάση και για διατομές $A \leq 16 \text{ mm}^2$ ισχύει $\Psi' \approx R'$.

Διαφορετικά, η ισοδύναμη ενεργός αντίσταση Ψ' ανά μονάδα μήκους μπορεί να ληφθεί απευθείας σύμφωνα με τις προσεγγιστικές τιμές του πίνακα 6.13 του βιβλίου (σελ. 198) για τον τύπο των καλωδίων που θα χρησιμοποιήσουμε.

3.4.4 Μέθοδος Υπολογισμού Διατομής

Για την ορθή επιλογή των διατομών των καλωδίων που θα συνδέουν τους υποπίνακες και τα φορτία με τον ΓΠΧΤ ακολουθείται η εξής διαδικασία:

1. Διαιρούμε το ονομαστικό ρεύμα κάθε πίνακα ή φορτίου με τους συντελεστές που υπολογίστηκαν προηγουμένως, για καλώδια εντός και εκτός εδάφους, βρίσκουμε την τιμή που προκύπτει και επιλέγουμε ρεύμα αναφοράς με την αμέσως μεγαλύτερη τιμή από αυτή που υπολογίσαμε. Έπειτα με βάση το ρεύμα αναφοράς και τον πίνακα 7.15 του βιβλίου (σελ. 234) επιλέγεται η διατομή του καλωδίου.
2. Υπολογίζουμε το μέγιστο συνεχώς επιτρεπόμενο ρεύμα I_{max} πολλαπλασιάζοντας το ρεύμα αναφοράς με τους συντελεστές που επιλέχθηκαν. Πρέπει αυτό το ρεύμα να προκύπτει μεγαλύτερο του ονομαστικού, δλδ $I_{max} > I_n$.
3. Λαμβάνοντας υπόψη το μήκος του καλωδίου που απαιτείται για τη σύνδεση του φορτίου/υποπίνακα και με βάση τη διατομή που επιλέξαμε στο πρώτο βήμα, υπολογίζουμε την πτώση τάσης και επιθυμούμε να βρίσκεται κάτω του 4%
4. Σε περίπτωση πτώσης τάσης μεγαλύτερης του 4% αυξάνουμε την διατομή στην αμέσως μεγαλύτερη και υπολογίζουμε ξανά.

3.4 Συνδέσεις Πινάκων της Εγκατάστασης

Βασιζόμενοι λοιπόν στην προηγούμενη ενότητα, έχουμε για τους υποπίνακες της εγκατάστασης:

ΥΠΟΠΙΝΑΚΕΣ	ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΟ ΡΕΥΜΑ I_n (A)	$I_n/(n_1 \cdot n_2 \cdot n_3)$ ή $I_n/(f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_4 \cdot f_5)$ (A)	I_o (A)	I_{max} (A)	$I_{max} > I_n$	ΔΙΑΤΟΜΗ mm ²
ΤΠ1	121.833	140.038	159	138.33	TRUE	50
ΤΠ2	133.784	153.775	159	138.33	TRUE	50
ΤΠ3	108.976	125.26	131	113.97	TRUE	35
ΤΠ4	131.922	151.634	159	138.33	TRUE	50
ΡΑΜΑ	153.674	176.637	202	175.74	TRUE	70
ΦΙΞΑΡΙΣΤΙΚΟ	56.123	64.509	80	69.6	TRUE	16
ΤΠ5	132.772	152.611	159	138.33	TRUE	50
ΤΠ6	160.131	184.059	202	175.74	TRUE	70
ΤΠ7	135.863	227.334	275	164.35	TRUE	95
ΤΠ8	168.705	282.288	313	187.06	TRUE	120

Πίνακας 3.4: Υπολογισμός διατομής με βάση το μέγιστο συνεχώς επιτρεπόμενο ρεύμα

ενώ για την πτώση τάσης στα καλώδια,όπου θέλουμε $\Delta U/U < 4\%$, έχουμε:

ΥΠΟΠΙΝΑΚΕΣ	ΔΙΑΤΟΜΗ mm ²	ΜΗΚΟΣ ΚΑΛΩΔΙΟΥ (km)	ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΟ ΡΕΥΜΑ I_n (A)	Ψ' (Ω/km)	ΣΥΝΤ. ΙΣΧΥΟΣ cosφ	ΠΤΩΣΗ ΤΑΣΗΣ (%)
ΤΠ1	50	0.04273	121.833	0.463	0.818	0.854
ΤΠ2	50	0.07619	133.784	0.463	0.8	1.635
ΤΠ3	35	0.00845	108.976	0.627	0.832	0.208
ΤΠ4	50	0.00845	131.922	0.463	0.827	0.185
ΡΑΜΑ	70	0.02368	153.674	0.321	0.915	0.463
ΦΙΞΑΡΙΣΤΙΚΟ	16	0.01236	56.123	1.38	0.999	0.414
ΤΠ5	50	0.01135	132.772	0.463	0.86	0.260
ΤΠ6	70	0.01841	160.131	0.321	0.961	0.394
ΤΠ7	95	0.05923	135.863	0.232	0.946	0.765
ΤΠ8	120	0.11065	168.705	0.184	0.847	1.260

Πίνακας 3.5: Έλεγχος πτώσης τάσης για τα καλώδια σύνδεσης των υποπινάκων με τον ΓΠΧΤ

Τελικά επιλέγονται τα καλώδια:

ΥΠΟΠΙΝΑΚΕΣ	ΤΥΠΟΣ ΚΑΛΩΔΙΟΥ	ΔΙΑΤΟΜΗ mm ² /ΑΓΩΓΟΙ
ΥΠ1	ΝΥΥ(J1VV) re 0.6-1kV	Τετραπολικό(RSTN) 4x50mm ² /Μονοπολικό(PE) 1x25mm ²
ΥΠ2	ΝΥΥ(J1VV) re 0.6-1kV	Τετραπολικό(RSTN) 4x50mm ² /Μονοπολικό(PE) 1x25mm ²
ΥΠ3	ΝΥΥ(J1VV) re 0.6-1kV	Τετραπολικό(RSTN) 4x35mm ² /Μονοπολικό(PE) 1x16mm ²
ΥΠ4	ΝΥΥ(J1VV) re 0.6-1kV	Τετραπολικό(RSTN) 4x50mm ² /Μονοπολικό(PE) 1x25mm ²
PAMA	ΝΥΥ(J1VV) re 0.6-1kV	Τετραπολικό(RSTN) 4x70mm ² /Μονοπολικό(PE) 1x35mm ²
ΦΙΞΑΡΙΣΤΙΚΟ	ΝΥΥ(J1VV) re 0.6-1kV	Τετραπολικό(RSTN) 4x16mm ² /Μονοπολικό(PE) 1x16mm ²
ΥΠ5	ΝΥΥ(J1VV) re 0.6-1kV	Τετραπολικό(RSTN) 4x50mm ² /Μονοπολικό(PE) 1x25mm ²
ΥΠ6	ΝΥΥ(J1VV) re 0.6-1kV	Τετραπολικό(RSTN) 4x70mm ² /Μονοπολικό(PE) 1x35mm ²
ΥΠ7	ΝΥΥ(J1VV) re 0.6-1kV	Τετραπολικό(RSTN) 4x95mm ² /Μονοπολικό(PE) 1x50mm ²
ΥΠ8	ΝΥΥ(J1VV) re 0.6-1kV	Τετραπολικό(RSTN) 4x120mm ² /Μονοπολικό(PE) 1x70mm ²

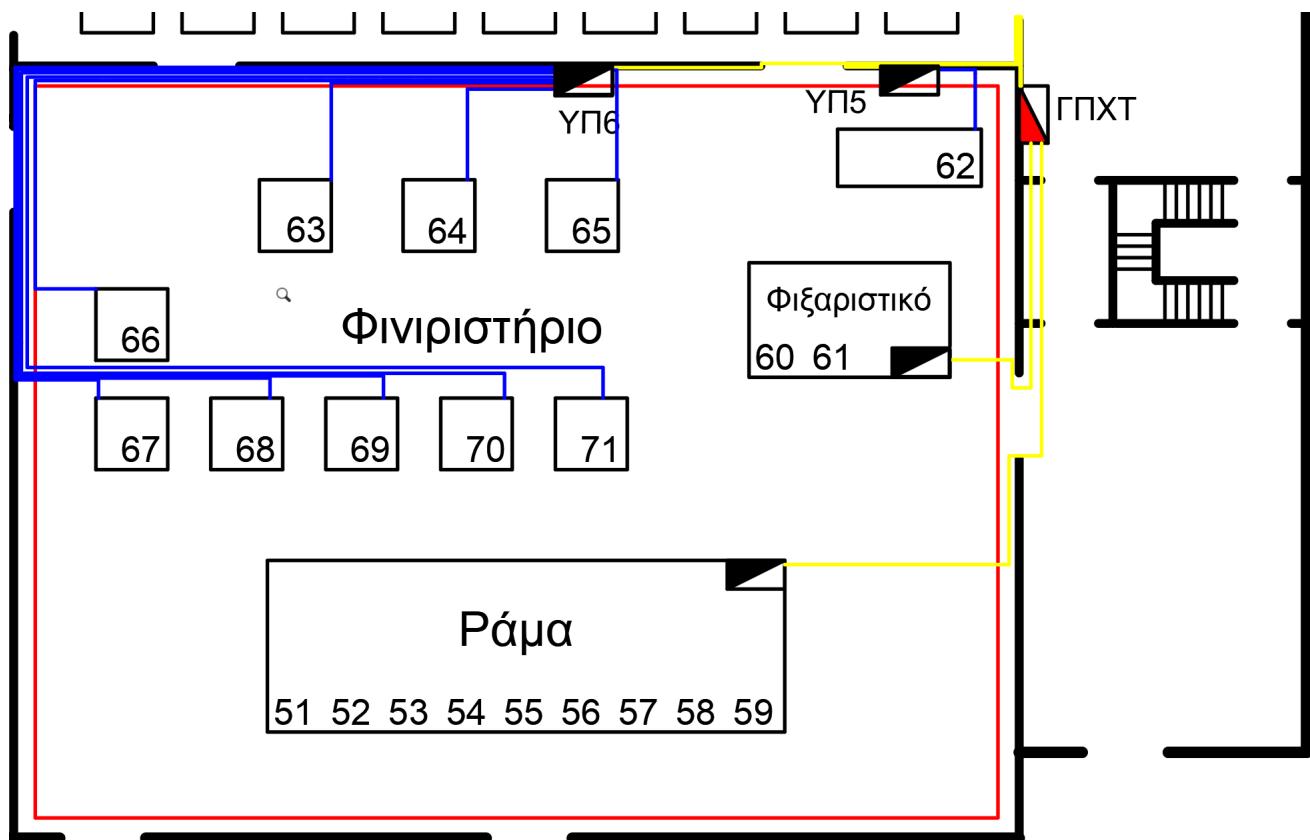
Πίνακας 3.6: Τελική επιλογή καλωδίων για τις συνδέσεις των υποπινάκων με τον ΓΠΙΧΤ

Σημείωση: Για λόγους πληρότητας αναφέρουμε πως η ορθότητα των πτώσεων τάσης επαληθεύτηκε και με χρήση του τύπου που υπάρχει στο νεότερο πρότυπο **ΕΛΟΤ 60364** Παράρτημα 52.Z (σελ. 264), ωστόσο για αποφυγή σύγχυσης μεταξύ των τύπων και για καλύτερη συνοχή της παρούσας αναφοράς δεν θα γίνει περαιτέρω ανάλυση του.

3.5 Διαστασιολόγηση Καλωδίων για Επιλεγμένα Φορτία

Στα πλαίσια της παρούσας μελέτης απαιτείται επιπλέον, η λεπτομερής διαστασιολόγηση των καλωδίων που θα συνδέουν τα επιλεγμένα φορτία που σημειώνονται στην εκφώνηση της εργασίας, με τους υποπίνακες στους οποίους αντιστοιχούν.

Τα φορτία-κινητήρες προς μελέτη(κόκκινο πλαίσιο) και οι συνδέσεις τους φαίνονται ευκρινώς παρακάτω με μεγέθυνση της κάτοψης:



Εικόνα 3.9: Κάτοψη επιλεγμένων φορτίων και οι συνδέσεις τους

Σημείωση: Οι οδεύσεις των κινητήρων της Ράμας και του Φιξαριστικού δεν απεικονίζονται καθώς θεωρούμε πως τα μηχανήματα διαθέτουν τυποποιημένες οδεύσεις που καθορίζονται από τον κατασκευαστή. Επομένως, για τον υπολογισμό του μήκους των καλωδίων των επιμέρους κινητήρων της Ράμας και του Φιξαριστικού λαμβάνουμε μία ενδεικτική, απλουστευμένη διαδρομή.

Ακολουθώντας την μέθοδο της προηγούμενης ενότητας προκύπτουν οι παρακάτω πίνακες για τα επιλεγμένα φορτία:

α/α	ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΟΣ	ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΟ ΡΕΥΜΑ I_n (A)	$I_n/(n_1 \cdot n_2 \cdot n_3)$ (A)	I_o (A)	I_{max} (A)	$I_{max} > I_n$	ΔΙΑΤΟΜΗ mm ²
51	Κινητήρας ράμας	14.73	16.931	18.5	16.095	TRUE	1.5
52	Κινητήρας ράμας	14.73	16.931	18.5	16.095	TRUE	1.5
53	Κινητήρας ράμας	14.73	16.931	18.5	16.095	TRUE	1.5
54	Κινητήρας ράμας	14.73	16.931	18.5	16.095	TRUE	1.5
55	Κινητήρας ράμας	14.73	16.931	18.5	16.095	TRUE	1.5
56	Κινητήρας ράμας	14.73	16.931	18.5	16.095	TRUE	1.5
57	Κινητήρας ράμας	14.73	16.931	18.5	16.095	TRUE	1.5
58	Κινητήρας ράμας	14.73	16.931	18.5	16.095	TRUE	1.5
59	Αντίσταση Θέρμανσης Ράμας	40.415	46.454	60	52.2	TRUE	10
60	Κινητήρας φιξαριστικού	4.987	5.732	18.5	16.095	TRUE	1.5
61	Αντίσταση Θέρμανσης Φιξαριστικού	51.962	59.726	80	69.6	TRUE	16
62	Στεγνωτήριο	132.772	152.611	159	138.33	TRUE	50
63	Στεγνωτήριο	21.85	25.115	34	29.58	TRUE	4
64	Στεγνωτήριο	21.85	25.115	34	29.58	TRUE	4
65	Στεγνωτήριο	21.85	25.115	34	29.58	TRUE	4
66	Ανοικτικό	4.987	5.732	18.5	16.095	TRUE	1.5
67	Ανοικτικό	4.987	5.732	18.5	16.095	TRUE	1.5
68	Ανοικτικό	4.987	5.732	18.5	16.095	TRUE	1.5
69	Σίδερο Ατμού	28.868	33.182	43	37.41	TRUE	6
70	Σίδερο Ατμού	28.868	33.182	43	37.41	TRUE	6
71	Σίδερο Ατμού	28.868	33.182	43	37.41	TRUE	6

Πίνακας 3.7: Υπολογισμός διατομής καλωδίων επιλεγμένων φορτίων με βάση το μέγιστο συνεχώς επιτρεπόμενο ρεύμα

όμοια, για την πτώση τάσης με επιτρεπτό όριο 4%, προκύπτει:

α/α	ΔΙΑΤΟΜΗ mm²	ΜΗΚΟΣ ΚΑΛΩΔΙΟΥ (km)	ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΟ ΡΕΥΜΑ I_n (A)	Ψ' (Ω/km)	ΣΥΝΤ. ΙΣΧΥΟΣ cosφ	ΠΤΩΣΗ ΤΑΣΗΣ (%)
51	1.5	0.02	14.73	14.5	0.85	1.572
52	1.5	0.0186	14.73	14.5	0.85	1.462
53	1.5	0.0165	14.73	14.5	0.85	1.297
54	1.5	0.0148	14.73	14.5	0.85	1.163
55	1.5	0.0134	14.73	14.5	0.85	1.053
56	1.5	0.0115	14.73	14.5	0.85	0.904
57	1.5	0.0095	14.73	14.5	0.85	0.747
58	1.5	0.0076	14.73	14.5	0.85	0.597
59	10	0.0048	28.868	2.19	1	0.131
60	1.5	0.0041	4.987	14.5	0.82	0.105
61	16	0.002	51.962	1.38	1	0.062
62	50	0.00336	132.772	0.463	0.86	0.077
63	4	0.0112	21.85	5.52	0.84	0.491
64	4	0.00623	21.85	5.52	0.84	0.273
65	4	0.00397	21.85	5.52	0.84	0.174
66	1.5	0.02751	4.987	14.5	0.82	0.706
67	1.5	0.03328	4.987	14.5	0.82	0.854
68	1.5	0.03914	4.987	14.5	0.82	1.005
69	6	0.04291	28.868	3.69	1	1.979
70	6	0.04676	28.868	3.69	1	2.157
71	6	0.04966	28.868	3.69	1	2.291

Πίνακας 3.8: Έλεγχος πτώσης τάσης για τα καλώδια σύνδεσης των επιλεγμένων φορτίων με τους υποπίνακες

Τελικά επιλέγονται τα εξής καλώδια για τα επιλεγμένα φορτία:

α/α	ΤΥΠΟΣ ΚΑΛΩΔΙΟΥ	ΔΙΑΤΟΜΗ mm ² /ΑΓΩΓΟΙ
51	NYY(J1VV) re 0.6-1kV	Τετραπολικό(RSTN) 4x1.5mm ² /Μονοπολικό(PE) 1x1.5mm ²
52	NYY(J1VV) re 0.6-1kV	Τετραπολικό(RSTN) 4x1.5mm ² /Μονοπολικό(PE) 1x1.5mm ²
53	NYY(J1VV) re 0.6-1kV	Τετραπολικό(RSTN) 4x1.5mm ² /Μονοπολικό(PE) 1x1.5mm ²
54	NYY(J1VV) re 0.6-1kV	Τετραπολικό(RSTN) 4x1.5mm ² /Μονοπολικό(PE) 1x1.5mm ²
55	NYY(J1VV) re 0.6-1kV	Τετραπολικό(RSTN) 4x1.5mm ² /Μονοπολικό(PE) 1x1.5mm ²
56	NYY(J1VV) re 0.6-1kV	Τετραπολικό(RSTN) 4x1.5mm ² /Μονοπολικό(PE) 1x1.5mm ²
57	NYY(J1VV) re 0.6-1kV	Τετραπολικό(RSTN) 4x1.5mm ² /Μονοπολικό(PE) 1x1.5mm ²
58	NYY(J1VV) re 0.6-1kV	Τετραπολικό(RSTN) 4x1.5mm ² /Μονοπολικό(PE) 1x1.5mm ²
59	NYY(J1VV) re 0.6-1kV	Τετραπολικό(RSTN) 4x10mm ² /Μονοπολικό(PE) 1x10mm ²
60	NYY(J1VV) re 0.6-1kV	Τετραπολικό(RSTN) 4x1.5mm ² /Μονοπολικό(PE) 1x1.5mm ²
61	NYY(J1VV) re 0.6-1kV	Τετραπολικό(RSTN) 4x16mm ² /Μονοπολικό(PE) 1x16mm ²
62	NYY(J1VV) re 0.6-1kV	Τετραπολικό(RSTN) 4x50mm ² /Μονοπολικό(PE) 1x25mm ²
63	NYY(J1VV) re 0.6-1kV	Τετραπολικό(RSTN) 4x4mm ² /Μονοπολικό(PE) 1x4mm ²
64	NYY(J1VV) re 0.6-1kV	Τετραπολικό(RSTN) 4x4mm ² /Μονοπολικό(PE) 1x4mm ²
65	NYY(J1VV) re 0.6-1kV	Τετραπολικό(RSTN) 4x4mm ² /Μονοπολικό(PE) 1x4mm ²
66	NYY(J1VV) re 0.6-1kV	Τετραπολικό(RSTN) 4x1.5mm ² /Μονοπολικό(PE) 1x1.5mm ²
67	NYY(J1VV) re 0.6-1kV	Τετραπολικό(RSTN) 4x1.5mm ² /Μονοπολικό(PE) 1x1.5mm ²
68	NYY(J1VV) re 0.6-1kV	Τετραπολικό(RSTN) 4x1.5mm ² /Μονοπολικό(PE) 1x1.5mm ²
69	NYY(J1VV) re 0.6-1kV	Τετραπολικό(RSTN) 4x6mm ² /Μονοπολικό(PE) 1x6mm ²
70	NYY(J1VV) re 0.6-1kV	Τετραπολικό(RSTN) 4x6mm ² /Μονοπολικό(PE) 1x6mm ²
71	NYY(J1VV) re 0.6-1kV	Τετραπολικό(RSTN) 4x6mm ² /Μονοπολικό(PE) 1x6mm ²

Πίνακας 3.9: Τελική επιλογή καλωδίων για τις συνδέσεις των επιλεγμένων φορτίων

3.6 Μονογραμμικά Διαγράμματα

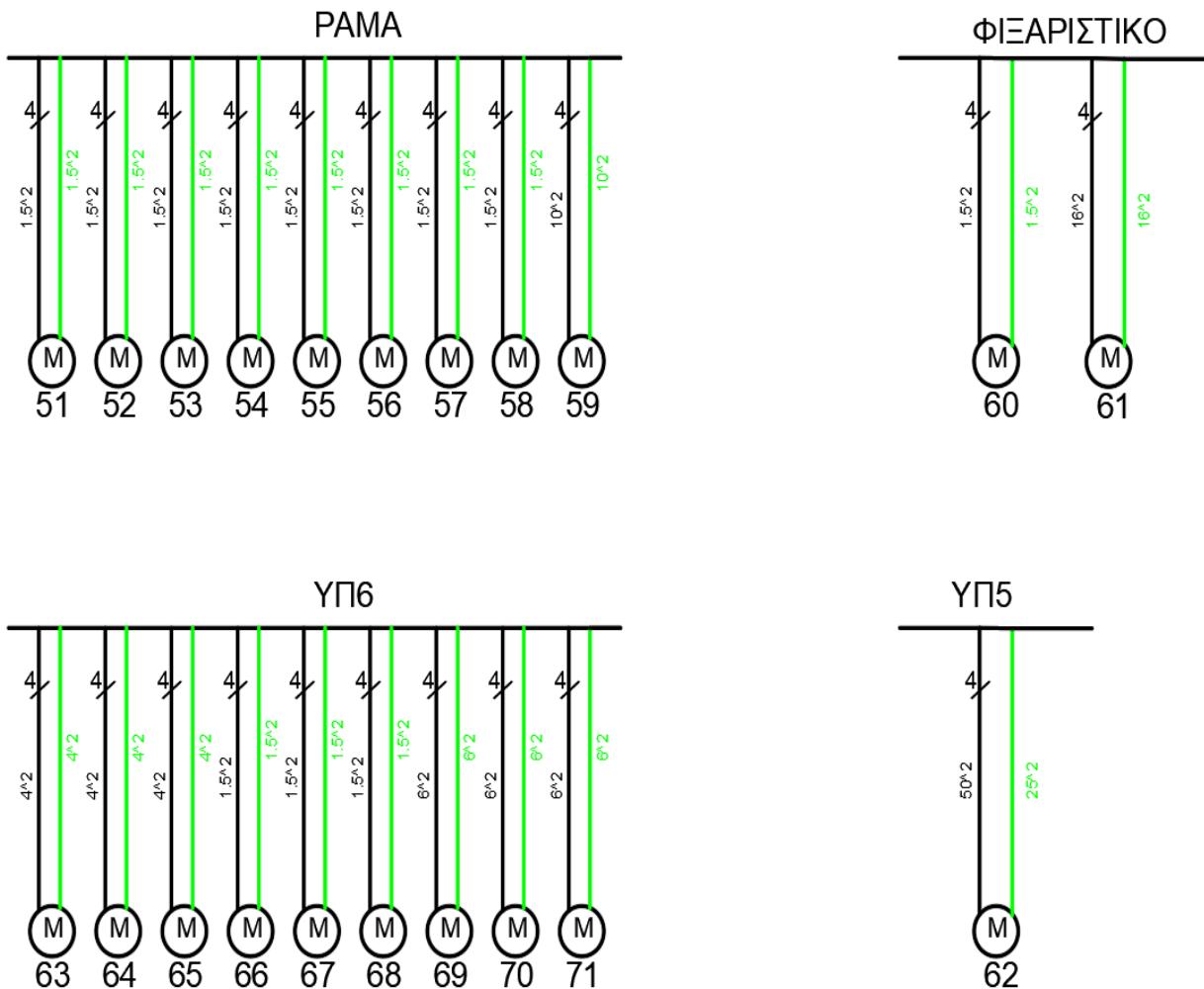
Παρακάτω παρουσιάζονται ενδεικτικά τα μονογραμμικά διαγράμματα σύνδεσης των υποπινάκων και των επιλεγμένων φορτίων με τον ΓΠΧΤ. Σημειώνεται ότι, δεν έχει ληφθεί υπόψη το ρεύμα βραχυκύκλωσης και τα μέσα προστασίας και εκκίνησης των κινητήρων οπότε τα μονογραμμικά είναι μοντελοποιημένα ως απλές γραμμές χωρίς να απεικονίζονται τα μέσα προστασίας κινητήρων και γραμμών.

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

ΝΥΥ τετραπολικό

ΝΥΥ μονοπολικό PE

ΦΙΝΙΡΙΣΤΗΡΙΟ



Εικόνα 3.10: Μονογραμμικό Διάγραμμα για τους κινητήρες του Φινιριστηρίου

ΓΠΧΤ

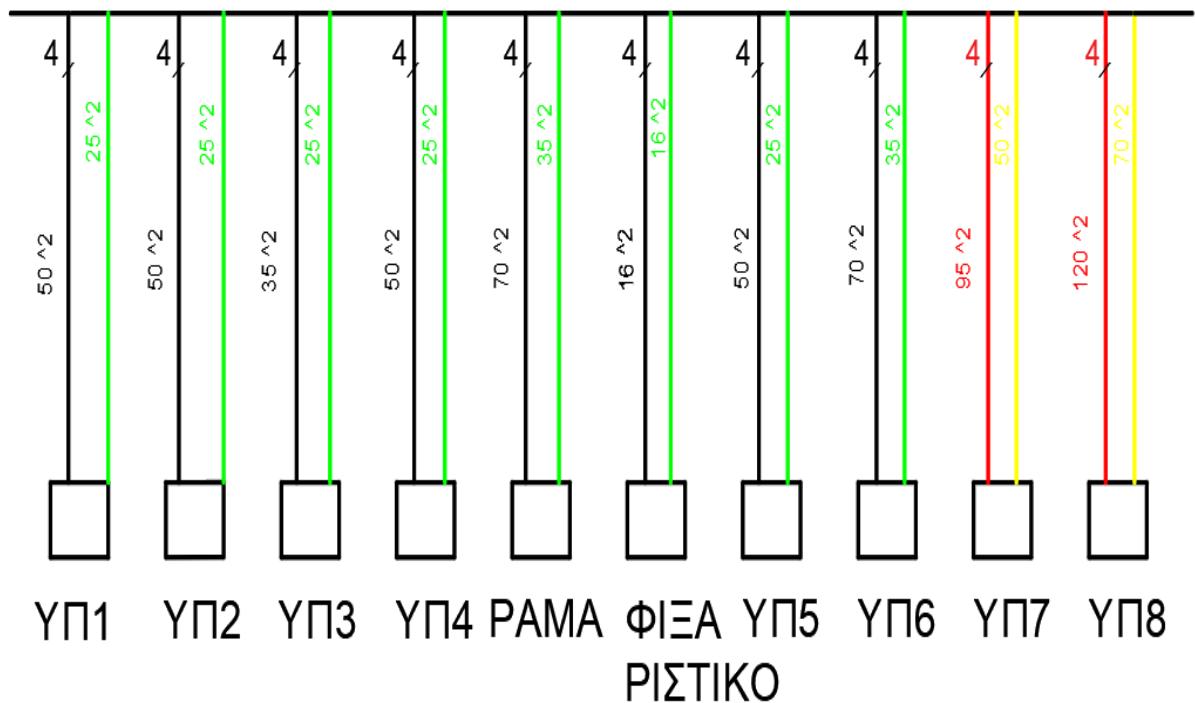
ΥΠΟΜΝΗΜΑ

NYY τετραπολικό

NYY μονοπολικό

NYY τετραπολικό θαμμένο

NYY μονοπολικό θαμμένο



Εικόνα 3.11: Μονογραμμικό Διάγραμμα οδεύσεων της εγκατάστασης

3.7 Ενδεικτικά Υλικά Καλωδίωσης

Καλώδια ισχύος της εταιρείας CABLE(HELLENIC CABLES):

POWER CABLE PVC INSULATED

1. Copper Conductor
2. PVC insulation
3. Inner covering
4. PVC outer sheath

TYPE OF CABLE: NYY
VOLTAGE: 600/1000V
SPECIFICATION: VDE 0276

Applications
Power cable for fixed installations in wet or dry places in air or ground. For industrial installations that are not subject to severe mechanical stresses.

Colours

NUMBER OF CORES	WITH GREEN/YELLOW CORE	WITHOUT GREEN/YELLOW CORE
1	GREEN/YELLOW	BLACK
2	-	BLUE - BROWN
3	GREEN/YELLOW - BLUE - BROWN	BROWN - BLACK - GREY
4	GREEN/YELLOW - BROWN - BLACK - GREY	BLUE - BROWN - BLACK - GREY
5	GREEN/YELLOW - BLUE - BROWN - BLACK - GREY	BLUE - BROWN - BLACK - GREY - BLACK
above 5	BLACK CORES WITH WHITE OR YELLOW NUMBERS, THE GREEN/YELLOW CORE IS LOCATED IN THE OUTER LAYER OF THE LAID UP CORES	BLACK CORES WITH WHITE OR YELLOW NUMBERS

Σχέρες όδευσης της εταιρείας ELVAN:

110 SIDE HEIGHT

PG: to be used indoors in almost dry atmosphere
DG: to be used outdoors or indoors in humid atmosphere

Width [mm]	Part Nr.	thick [mm]	Weight KG/p.
100	32A-OV.100N.PG	1,0	
200	32A-OV.200N.PG	1,0	
300	32A-OV.300N.PG	1,0	
400	32A-OV.400N.PG	1,0	
500	32A-OV.500N.PG	1,0	
600	32A-OV.600N.PG	1,0	

● made of galvanized sheet steel acc. to DIN EN 10142

Cable Trays HEAVY DUTY

- Standard length: 3,0 mts.
- Turned upper edges of side walls for reinforcement and cable protection.
- Continuous perforation in bottom and side walls for ventilation and for fastening cables.
- Also available unperforated. In this case the symbol "V" in Part Nr. should be replaced by "O".
- Further dimensions available upon request.
- For each standard length 2 connectors type NCR 017 p.30/31 have to be ordered separately.

Width [mm]	Part Nr.	thick [mm]	Weight KG/p.
100	32A-OV.100P.DG	1,50	
200	32A-OV.200P.DG	1,50	
300	32A-OV.300P.DG	1,50	
400	32A-OV.400P.DG	1,50	
500	32A-OV.500P.DG	1,50	
600	32A-OV.600P.DG	1,50	

● made of galvanized sheet hot dip galvanized acc. to EN ISO 1461 after manufacture [DG]

ACCESSORIES PAGE

- Fittings :30/24-30/28
- Connectors :30/31-30/33
- Covers :30/34-30/35
- Partition walls :30/40
- Supports :Chapter 10

Graph showing maximum load vs support distance for a single span:

Max admissible load in kg/m without max load

Support distance in m

$S=1,5 \times t$

30/23

Πίνακες Χαμηλής Τάσης της εταιρείας ABB:



Κεφάλαιο 4: Μελέτη Προστασίας και Εκκίνησης των Κινητήρων - Προστασία των Γραμμών

Σε αυτό το στάδιο της μελέτης απαιτείται η **ανάλυση** της προστασίας και εκκίνησης των **επιλεγμένων φορτίων** (κόκκινο πλαίσιο κάτοψης) **καθώς** και της προστασίας των **γραμμών**. Συγκεκριμένα, θα επιλεχθεί ο κατάλληλος εξοπλισμός που εξασφαλίζει την ασφαλή εκκίνηση των κινητήρων και την καλύτερη δυνατή προστασία κινητήρων ωμικών φορτίων και γραμμών.

Ενδεικτικά, για την επιλογή των μέσων εκκίνησης και προστασίας που θα χρησιμοποιήσουμε στην εγκατάσταση θα συμβουλευτούμε τους καταλόγους και τα **εγχειρίδια της εταιρείας ABB**. Η επιλογή της εν λόγω εταιρείας είναι αυθαίρετη και εφαρμόζεται στα πλαίσια της εργασίας ενώ εναλλακτικά, θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν υλικά οποιασδήποτε εταιρείας. Σε κάθε περίπτωση, η επιλογή των υλικών πρέπει να είναι πλήρως εναρμονισμένη με τα πρότυπα και τους κανονισμούς και να εξασφαλίζουν τη μέγιστη δυνατή προστασία.

Επίσης, θα σχεδιαστούν τα μονογραμμικά διαγράμματα που περιγράφουν τη σύνδεση του παραπάνω εξοπλισμού με τα φορτία, τους υποπίνακες και τον **ΓΠΙΧΤ**.

Τέλος, επισυνάπτονται στο παρόν παραδοτέο και οι κατάλογοι των εταιρειών για τα ενδεικτικά υλικά που θα χρησιμοποιηθούν.

4.1 Εκκίνηση Κινητήρων

4.1.1 Επιλογή Εξοπλισμού Εκκίνησης

Οι κινητήρες της παρούσας εγκατάστασης είναι επαγγελματικοί ή ασύγχρονοι κινητήρες, τετραπολικοί βραχυκυκλωμένου κλωβού. Κατά την εκκίνηση τέτοιων κινητήρων παρατηρείται αύξηση των στροφών τους από 0 έως τις ονομαστικές και μείωση της ολίσθησης από 100% στο 1-8%. Το ρεύμα είναι περίπου 4-7 φορές του κανονικού κατά την εκκίνηση και ελαττώνεται σε κανονικές τιμές όταν ο κινητήρας φτάσει στο ονομαστικό φορτίο. Αυτή η αρχική αύξηση του ρεύματος μπορεί να προκαλέσει υπερφόρτιση και σφάλμα ή καταστροφή του κινητήρα. Επίσης, οι απώλειες του κινητήρα κατά την εκκίνηση μπορεί να φτάσουν έως και 40 φορές των απωλειών κανονικής λειτουργίας και επομένως δεν είναι επιτρεπτή η απεριόριστη διάρκεια εκκίνησης ή συνεχείς διαδοχικές εκκινήσεις.

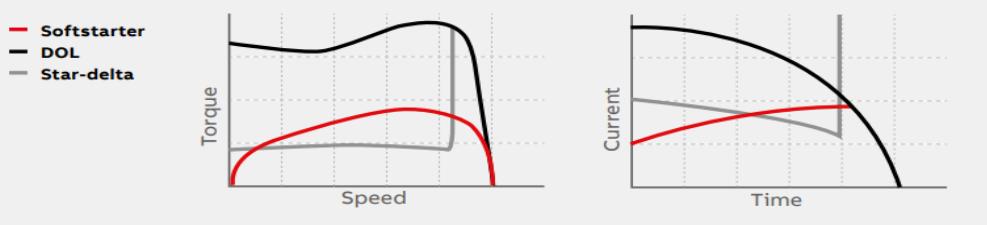
Για την ασφαλή εικίνηση των κινητήρων διακρίνονται οι εξής περιπτώσεις σύμφωνα με τους κανονισμούς και τα πρότυπα:

1. **Απευθείας εικίνηση των κινητήρων στο δίκτυο χαμηλής τάσης,**
Direct-On-Line(DOL). Αφορά κινητήρες με ονομαστική ισχύ <2kW οι οποίοι, σύμφωνα με τους κανονισμούς του ΔΕΔΔΗΕ, μπορούν να συνδεθούν απευθείας στο δίκτυο και να εκκινήσουν, δεδομένου πως δεν εμφανίζουν μεγάλα ρεύματα εικίνησης
2. **Εικίνηση με μειωμένη τάση στα τυλίγματα ή αλλιώς εικίνηση με αστέρα που καταλήγει σε τρίγωνο (Υ-Δ).** Σε αυτή τη μέθοδο ο κινητήρας εκκινεί σε αστέρα με μειωμένη ροπή και επομένως με μειωμένο ρεύμα και μόλις φτάσει τις ονομαστικές στροφές γίνεται η μεταγωγή σε τρίγωνο μέσω χρονοδιακόπτη
3. **Εικίνηση με Soft-Starters(ομαλοί εικινητές).** Πρόκειται για ηλεκτρονικές συσκευές που μειώνουν το ρεύμα μέσω ρύθμισης της ροπής.
4. **Εικίνηση με μετατροπέα συχνότητας (inverter).** Εδώ η τροφοδότηση γίνεται με μεταβλητή συχνότητα κατά την εικίνηση, ώστε να έχουμε όσο το δυνατόν μικρότερο ρεύμα με υψηλή ροπή.

Στην υπό μελέτη εγκατάσταση επιλέγουμε η εικίνηση όλων των κινητήρων να γίνει με Soft-Starters.

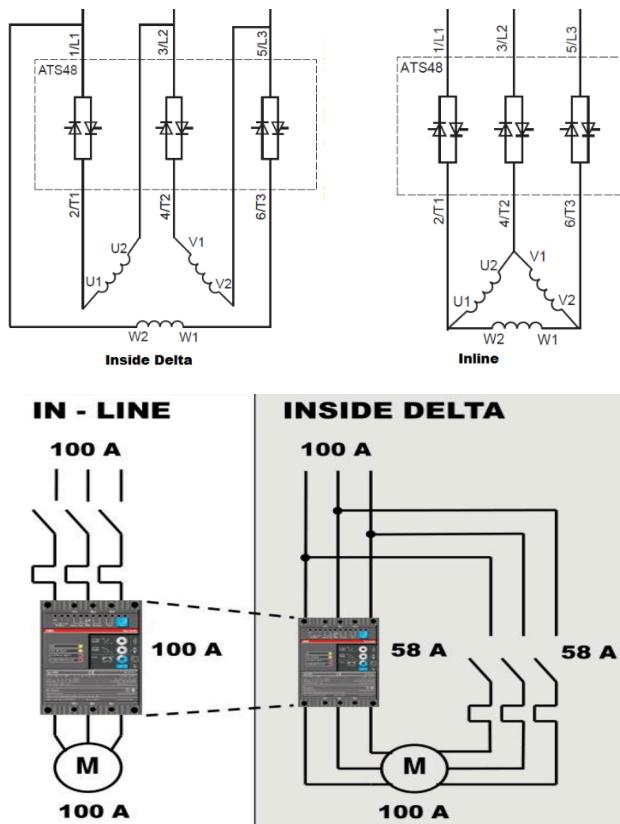
Αρχικά, παρατηρούμε πως κανένας κινητήρας δεν έχει ονομαστική ισχύ <2kW οπότε η απευθείας εικίνηση απορρίπτεται. Επίσης, η εικίνηση Υ-Δ παρόλο που γίνεται με μειωμένη ροπή, δεν αποτρέπει πλήρως τον κίνδυνο απότομης μεταβολής και αιχμών της ροπής όταν γίνεται η μεταγωγή από αστέρα σε τρίγωνο. Ακόμη, η εικίνηση Υ-Δ δεν επιδρά στον τρόπο πέδησης του κινητήρα. Από την άλλη, οι Soft-Starters είναι ιδιαίτερα αξιόπιστες ηλεκτρονικές συσκευές ελέγχου της εικίνησης και της πέδησης των κινητήρων. Οι Soft-Starters δίνουν τη δυνατότητα ομαλής εικίνησης και πέδησης ανάλογα το φορτίο, διαθέτουν μηχανισμούς ψύξης και ένδειξης βλαβών, ενώ και το κόστος τους είναι πλέον στα ίδια επίπεδα με τους εικινητές Υ-Δ. Η χρήση λοιπόν των Soft-Starters εξασφαλίζει αυξημένο χρόνο ζωής των κινητήρων και λιγότερα ζητήματα συντήρησης.

Typical torque and current curves from starting a motor



Εικόνα 4.1: Συγκριτικό διάγραμμα ρεύματος-χρόνου και ροπής-χρόνου για τους διάφορους τρόπους εικίνησης.

Οι Soft-Starters μπορούν να συνδεθούν είτε απευθείας στη γραμμή σε σειρά με τον κινητήρα (in-line connection) , είτε στο τρίγωνο του κινητήρα(inside delta connection). Η σύνδεση στο τρίγωνο εμφανίζει χαμηλότερες απαιτήσεις στις προδιαγραφές των Soft-Starters, ώστοσο απαιτεί τη χρήση περισσότερων καλωδίων αυξάνοντας έτσι το κόστος της εγκατάστασης. Γενικότερα, το είδος της σύνδεσης εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του κινητήρα και από τις προδιαγραφές της εγκατάστασης. Για τη μικρότερη διαστασιολόγηση των ομαλών εκκινητών επιλέγουμε η σύνδεση τους να γίνει στο τρίγωνο του κινητήρα, ώστε να εξασφαλιστεί και καλύτερη διακριτική ικανότητα για τα θερμικά που θα επιλεγούν αργότερα.



Εικόνα 4.2: Τρόποι σύνδεσης των Soft-Starters

Για την ορθή επιλογή των Soft-Starter, όπως αναφέρθηκε ήδη, θα γίνει χρήση του εμπορικού καταλόγου της ABB, Ηλεκτρολογικό Υλικό (2021). Δεδομένου πως υπάρχουν κινητήρες με διάφορα επίπεδα ισχύος θα πρέπει να γίνει σωστή αντιστοίχιση του εξοπλισμού που θα χρησιμοποιηθεί στον εκάστοτε κινητήρα, ώστε να αποφευχθεί η υπερδιαστασιολόγηση και να μην διογκωθεί το κόστος της εγκατάστασης.

Πιο συγκεκριμένα, η συγκεκριμένη εταιρεία κατασκευάζει τρία είδη Soft-Starter:

- **PSR.** Αποτελεί την οικονομική σειρά της εταιρείας και χρησιμοποιείται για κινητήρες μικρής ισχύος. Περισσότερες λεπτομέρειες φαίνονται στην παρακάτω εικόνα καθώς και στο datasheet που επισυνάπτεται.

Ομαλοί εκκινητές (softstarters)

Η οικονομική σειρά, PSR



PSR45

PSR30



PSR16 + MS116

KIT PSR16-MS116

Για φορτία με κανονική εκκίνηση. Βαθμός προστασίας IP 20¹⁾

Με 3 ποτενσιόμετρα για τη ρύθμιση της αρχικής τάσης τροφοδοσίας, της ράμπας εκκίνησης και της ράμπας σταματήματος. Έλεγχος με thyristors στις δύο φάσεις με ενσωματωμένα ρελέ by pass. Απαιτούν τη χρήση εξωτερικού θερμικού για την προστασία του κινητήρα.

Συνιστάται ο συνδυασμός τους με αυτόματους θερμομαγνητικούς διακόπτες προστασίας κινητήρων MS116, 132, 165 και 495 ή τηλεχειριζόμενους διακόπτες αέρος (επαφείς) με ηλεκτρονόμους υπερφόρτισης (θερμικά). Τυπικές εφαρμογές: Αντλίες, συμπιεστές, μεταφορικές ταινίες (μικρού μήκους), ανελκυστήρες, bow thrusters.

Για λόγους ασφάλειας προτείνεται η εγκατάσταση τηλεχειριζόμενου διακόπτη γραμμής για την επίτευξη γαλβανικής απομόνωσης καθώς και τηκτή ασφάλεια ημιαγωγών (υπερταχείας) για πλήρη προστασία των ημιαγωγικών στοιχείων, της εγκατάστασης και του προσωπικού.

Τάση τροφοδοσίας κινητήρα 208...600 V AC, τάση ελέγχου 100...240 V AC, 50 / 60 Hz²⁾

Συνδεσμολογία εκκινητή στη γραμμή			Στοιχεία για παραγγελία			
Ισχύς κινητήρα kW	Μέγιστο ρεύμα κινητήρα A	Συνεργάζονται με	Τύπος	Κωδικός	Τιμή (€)	
1,5	3,9	MS116-4	PSR3-600-70	29625	184,30	
3	6,8	MS116-10	PSR6-600-70	28200	201,90	
4	9	MS116-10	PSR9-600-70	28201	230,90	
5,5	12	MS116-12	PSR12-600-70	28202	248,60	
7,5	16	MS116-16	PSR16-600-70	28203	286,40	
11	25	MS132-25	PSR25-600-70	28204	308,00	
15	30	MS132-32	PSR30-600-70	28205	427,80	
18,5	37	MS165-42	PSR37-600-70	28206	580,50	
22	45	MS165-54	PSR45-600-70	28207	734,50	
30	60	MS165-65	PSR60-600-70	42698	814,00	
37	72	MS165-80	PSR72-600-70	42699	1.024,70	
45	85	-	PSR85-600-70	42700	1.181,30	
55	105	-	PSR105-600-70	42701	1.236,80	

Εικόνα 4.3: Πληροφορίες για τους ομαλούς εκκινητές της σειράς PSR

- **PSE.** Διαθέτει περισσότερες λειτουργίες σε σχέση με τον PSR και χρησιμοποιείται σε κινητήρες μέσης ισχύος. Περισσότερες λεπτομέρειες φαίνονται στην παρακάτω εικόνα καθώς και στο datasheet που επισυνάπτεται.

Ομαλοί εκκινητές (softstarters)

Η αποδοτική σειρά, PSE 



Ονομαστικής ισχύος 7,5...200 kW / 400 V

Η ανανεωμένη σειρά ομαλών εκκινητών PSE, με έλεγχο δύο φάσεων, συνδυάζει τις μικρές διαστάσεις με την λειτουργία ελέγχου ροπής (Torque Control). Αποτελεί την ιδανική λύση για όλες τις κοινές εφαρμογές όπως αντλίες, συμπιεστές, μεταφορικές ταινίες (μικρού μήκους), ανελκυστήρες, αναβατώρια, bow thrusters, ανεμιστήρες κλπ. Διαθέτουν:

- Λειτουργία ελέγχου ροπής (Torque Control).
- Ενσωματωμένο ρελέ by-pass για εξοικονόμηση ενέργειας, πολύ μικρές διαστάσεις και λιγότερη καλωδίωση.
- Ενσωματωμένη ηλεκτρονική θερμική προστασία του κινητήρα.
- Αναλογική έξοδο για σύνδεση αμπερόμετρου και ένδειξη του ρεύματος λειτουργίας.
- Χειριστήριο παραμετροποίησης και ελέγχου με γραφικά ώστε η ρύθμιση του PSE να μην απαιτεί τη γνώση ξένης γλώσσας.
- Χειριστήριο βαθμού προστασίας IP 66 για εξωτερική τοποθέτηση στην πρόσοψη πίνακα.
- Επιβερνικωμένες κάρτες για προστασία από σκόνη, υγρασία και διαβρωτική ατμόσφαιρα.
- Ενσωματωμένο πρωτόκολλο επικοινωνίας Modbus RTU.

Για λόγους ασφάλειας προτείνεται η εγκατάσταση τηλεχειριζόμενου διακόπτη γραμμής για την επίτευξη γαλβανικής απομόνωσης καθώς και τηκτή ασφάλεια ημιαγωγών (υπερταχείας) για πλήρη προστασία των ημιαγωγικών στοιχείων, της εγκατάστασης και του προσωπικού.

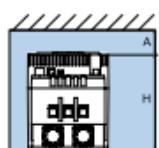
Τάση τροφοδοσίας κινητήρα 208...600 V, τάση ελέγχου 100...250 V AC, 50 / 60 Hz



Για τη ρύθμιση του PSE δεν απαιτείται η γνώση ξένης γλώσσας



Τέσσερα ψηφία για προβολή μηνυμάτων και τιμών μετρήσης
Εικονίδια προβολής λειτουργών



Συνδεσμολογία εκκινητή στη γραμμή					Στοιχεία για παραγγελία		
Ισχύς κινητήρα 400 V kW	Μέγιστο ρεύμα κινητήρα A	Τηλ. διακ./της γραμμής	Προτεινόμενος αυτόματος διακόπτης IEC Type 1	Προτεινόμενη τηκτή ασφάλεια Bussman IEC Type 2	Τύπος	Κωδικός	Τιμή (€)
7,5	18	AF16	XT2N 160 MA20	170M1563-40A	PSE18-600-70	47060	577,30
11	25	AF26	XT2N 160 MA32	170M1564-50A	PSE25-600-70	47061	602,50
15	30	AF30	XT2N 160 MA52	170M1566-80A	PSE30-600-70	47062	631,30
18,5	37	AF38	XT2N 160 MA52	170M1567-100A	PSE37-600-70	47063	694,40
22	45	AF52	XT2N 160 MA52	170M1568-125A	PSE45-600-70	47064	828,70
30	60	AF65	XT2N 160 MA80	170M1569-160A	PSE60-600-70	47065	983,50
37	72	AF80	XT2N 160 MA80	170M1571-250A	PSE72-600-70	47066	1.139,70
45	85	AF096	XT2N 160 MA100	170M1572-315A	PSE85-600-70	47067	1.284,30
55	106	AF116	XT4N250 Ekip	170M3819-400A	PSE105-600-70	47068	1.399,00
75	143	AF146	XT4N250 Ekip	170M5809-450A	PSE142-600-70	47069	1.524,10
90	171	AF190	XT4N250 Ekip	170M5810-500A	PSE170-600-70	47070	1.842,00
110	210	AF205	T5N320	170M5812-630A	PSE210-600-70-1	1012054	1.964,80
132	250	AF265	T5N400	170M5813-700A	PSE250-600-70-1	1012055	2.137,00
160	300	AF305	T5N400	170M6812-800A	PSE300-600-70-1	1012056	2.321,80
200	370	AF370	T5N630	170M6813-900A	PSE370-600-70-1	1012057	2.711,90

Εικόνα 4.4: Πληροφορίες για τους ομαλούς εκκινητές της σειράς PSE

➤ **PSTX.** Είναι η πιο προηγμένη σειρά ομαλών εκκινητών και εφαρμόζεται σε κινητήρες με μεγάλη ισχύ και δύσκολες εκκινήσεις. Περισσότερες λεπτομέρειες φαίνονται στην παρακάτω εικόνα καθώς και στο datasheet που επισυνάπτεται.

Ομαλοί εκκινητές (softstarters)

Η προηγμένη σειρά που μιλάει ελληνικά, PSTX 



PSTX30...PSTX105



PSTX720...PSTX840



PSTX1050

Ονομαστικής ισχύος 15...710 kW / 400 V

Η σειρά ομαλών εκκινητών PSTX ενσωματώνει τις παρακάτω καινοτόμες τεχνολογίες:

- Έλεγχο με thyristor στις τρείς φάσεις και ήλεκτρονική θερμική προστασία.
- Ενσωματωμένο ρελέ by-pass για μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας του κινητήρα, μικρές διαστάσεις και λιγότερη καλωδίωση.
- Λειτουργία ελέγχου ροπής (Torque Control).
- Έτοιμες μακροεντολές εφαρμογών με προτεινόμενες ρυθμίσεις (αντλίες, σπαστήρες, συμπιεστές, μεταφορικές τανίες, ανεμιστήρες κ.ά.).
- Αποσπώμενο χειριστήριο παραμετροποίησης και ελέγχου βαθμού προστασίας IP 66 με ελληνικό μενού.
- Δυνατότητα απρόσκοπτης λειτουργίας ακόμη και με το thyristor της μιας φάσης βραχυκυλωμένο.
- Επιβερνικωμένες κάρτες για προστασία από σκόνη, υγρασία και διαβρωτική ατμόσφαιρα.
- Τρείς προγραμματιζόμενες ψηφιακές είσοδοι και τρείς έξοδοι (ρελέ με μεταγωγική επαφή).
- Προγραμματιζόμενη αναλογική έξοδος 0...10 V ή 0(4)...20 mA.
- Jog mode-Δυνατότητα βηματικής λειτουργίας με μικρή ταχύτητα και στις δύο φορές περιστροφής.
- Ενσωματωμένη σειριακή επικοινωνία Modbus RTU και δυνατότητα επικοινωνίας με άλλα πρωτόκολλα (Ethernet, Profibus κ.ά) με χρήση πρόσθιτης κάρτας.
- Δυνατότητα συνδεσμολογίας μέσα στο τρίγωνο.

Για λόγους ασφαλείας προτείνεται η εγκατάσταση τηλεχειριζόμενου διακόπτη γραμμής για την επίτευξη γαλβανικής απομόνωσης καθώς και τηκτή ασφάλεια ημιαγωγών (υπερταχείας) για πλήρη προστασία των ημιαγωγικών στοιχείων, της εγκατάστασης και του προσωπικού.

Τάση τροφοδοσίας κινητήρα 208...600 V, τάση ελέγχου 100...250 V AC, 50 / 60 Hz

Συνδεσμολογία εκκινητή στη γραμμή							Στοιχεία για παραγγελία		
Ισχύς κινητήρα 400 V / 40°C kW	Μέγιστο ρεύμα κινητήρα A	Τηλ. διακ/της γραμμής	Προτεινόμενος αυτόματος διακόπτης IEC Type 1	Προτεινόμενη τηκτή ασφάλεια ημιαγωγών Bussman IEC Type 2	Τύπος	Κωδικός	Τιμή (€)		
15	30	AF40	XT2N 160 MA32	170M1567-100A	PSTX30-600-70	75187	1.227,30		
18,5	37	AF40	XT2N 160 MA52	170M1568-125A	PSTX37-600-70	75477	1.454,70		
22	45	AF52	XT2N 160 MA52	170M1569-160A	PSTX45-600-70	75478	1.534,20		
30	60	AF65	XT2N 160 MA80	170M1569-160A	PSTX60-600-70	75479	1.727,40		
37	72	AF80	XT2N 160 MA80	170M1571-250A	PSTX72-600-70	75480	1.875,10		
45	85	AF96	XT2N 160 MA100	170M1572-315A	PSTX85-600-70	75481	2.102,40		
55	106	AF116	XT2N 160 MA160	170M3819-400A	PSTX105-600-70	75482	2.272,90		
75	143	AF146	XT2N 160 MA160	170M5810-500A	PSTX142-600-70	75483	2.500,20		
90	171	AF190	XT4N250 Ekip	170M5812-630A	PSTX170-600-70	75349	3.144,30		
110	210	AF265	T5N320	170M5812-630A	PSTX210-600-70	75484	3.540,30		
132	250	AF265	T5N400	170M5813-700A	PSTX250-600-70	75485	3.819,80		
160	300	AF305	T5N400	170M6812-800A	PSTX300-600-70	75486	4.192,40		
200	370	AF370	T5N630	170M6813-900A	PSTX370-600-70	75487	5.415,30		
250	470	AF460	T7S1000	170M6813-900A	PSTX470-600-70	78040	K.E.*		
315	570	AF580	T7S1000	170M6814-1000A	PSTX570-600-70	78041	K.E.*		
400	720	AF750	T7S1250	170M8554-1250A	PSTX720-600-70	79011	K.E.*		
450	840	AF1350	T7S1250	170M6018-1500A	PSTX840-600-70	79012	K.E.*		
560	1.050	AF1650	E2.2N.2000	170M6020-1800A	PSTX1050-600-70	79013	K.E.*		
710	1.200	-	E2.2N.2000	170M6021-2000A	PSTX1250-600-70	79014	K.E.*		

Εικόνα 4.5: Πληροφορίες για τους ομαλούς εκκινητές της σειράς PSTX

Τελικά, λαμβάνοντας υπόψη και τα χαρακτηριστικά των κινητήρων (ισχύς και ονομαστικό ρεύμα λειτουργίας), για να υπάρχει μία διαβάθμιση στα μέσα εικίνησης και το κόστος τους, επιλέγονται εκκινητές PSR για κινητήρες με ισχύ έως 7.5kW, PSE για κινητήρες με ισχύ έως 45kW και εκκινητές PSTX για ισχύ >45kW.

Παρακάτω φαίνονται συνολικά οι επιλεγμένοι ομαλοί εκκινητές για τους αντίστοιχους κινητήρες καθώς και η ενδεικτική τιμή καταλόγου τους.

Αριθμός Κινητήρα	Ονομασία Κινητήρα	Ονομαστικό Ρεύμα I _N (A)	Ισχύς Κινητήρα (kW)	Ομαλός Εκκινητής	Τιμή (€)
51	Κινητήρας Ράμας	14.73	7.46	PSR16-600-70	286.4
52	Κινητήρας Ράμας	14.73	7.46	PSR16-600-70	286.4
53	Κινητήρας Ράμας	14.73	7.46	PSR16-600-70	286.4
54	Κινητήρας Ράμας	14.73	7.46	PSR16-600-70	286.4
55	Κινητήρας Ράμας	14.73	7.46	PSR16-600-70	286.4
56	Κινητήρας Ράμας	14.73	7.46	PSR16-600-70	286.4
57	Κινητήρας Ράμας	14.73	7.46	PSR16-600-70	286.4
58	Κινητήρας Ράμας	14.73	7.46	PSR16-600-70	286.4
60	Κινητήρας Φιξαριστικού	4.987	2.238	PSR6-600-70	201.9
62	Στεγνωτήριο	132.772	74.6	PSTX142-600-70	2,500.2
63	Στεγνωτήριο	21.85	11.19	PSE30-600-70	631.3
64	Στεγνωτήριο	21.85	11.19	PSE30-600-70	631.3
65	Στεγνωτήριο	21.85	11.19	PSE30-600-70	631.3
66	Ανοικτικό	4.987	2.238	PSR6-600-70	201.9
67	Ανοικτικό	4.987	2.238	PSR6-600-70	201.9
68	Ανοικτικό	4.987	2.238	PSR6-600-70	201.9

Πίνακας 4.1: Επιλεγμένοι ομαλοί εκκινητές

Οι ομαλοί εκκινητές για τους κινητήρες 51-58 θα τοποθετηθούν στον πίνακα που διαθέτει η Ράμα, όπως και ο εκκινητής για τον κινητήρα 60 θα τοποθετηθεί στον πίνακα του Φιξαριστικού αντίστοιχα. Όλοι οι ομαλοί εκκινητές για τους υπόλοιπους κινητήρες θα τοποθετηθούν στους τοπικούς πίνακες των κινητήρων για την εύκολη πρόσβαση και χειρισμό των ομαλών εκκινητών.

4.1.2 Διαστασιολόγηση Καλωδίων - Ρεύμα Εκκίνησης

Στο προηγούμενο παραδοτέο της παρούσας εργασίας (3ο κεφάλαιο) έγινε η διαστασιολόγηση των καλωδίων που θα συνδέουν τους κινητήρες με βασικό κριτήριο, το μέγιστο συνεχώς επιτρεπόμενο ρεύμα που θα διαρρέει τα καλώδια. Ένα ακόμη ιδιαίτερα σημαντικό κριτήριο διαστασιολόγησης των καλωδίων είναι και το **ρεύμα βραχυχρόνιας φόρτισης** ή **αλλιώς ρεύμα εκκίνησης**. Παρόλο που οι εκκινήσεις των κινητήρων διαρκούν συνήθως μερικά δευτερόλεπτα, το καλώδιο σύνδεσης δεν πρέπει να υπερθερμανθεί πάνω από την επιτρεπόμενη θερμοκρασία του. Είναι αναγκαίο λοιπόν να επαληθευτεί αν τα καλώδια που επιλέχθηκαν στο προηγούμενο παραδοτέο επαρκούν για τις εκκινήσεις των κινητήρων της εγκατάστασης.

Η διαδικασία που ακολουθείται είναι η εξής:

- Με βάση τα εγχειρίδια χρήσης και τεχνικών χαρακτηριστικών (manuals) των επιλεγμένων ομαλών εκκινητών που έχουν επιλεγεί για τους κινητήρες, εντοπίζουμε το ρεύμα εκκίνησης του κάθε soft-starter καθώς και το χρόνο που χρειάζεται για να εκκινήσει τον κινητήρα. Συγκεκριμένα, με βάση τα εγχειρίδια για τους ομαλούς εκκινητές της εταιρείας ABB που επιλέχθηκαν έχουμε:

Ομαλός εκκινητής	Ρεύμα εκκίνησης I_{st} (A)	Χρόνος εκκίνησης t_b (s)
PSR6-600-70/PSR16-600-70	$4xI_N$	6s
PSE30-600-70	$4xI_N$	10s
PSTX142-600-70	$4xI_N$	10s

Πίνακας 4.2: Ρεύματα και χρόνοι εκκίνησης των ομαλών εκκινητών

- Υπολογίζεται το επιτρεπόμενο ρεύμα βραχυχρόνιας φόρτισης του καλωδίου σύμφωνα με τον τύπο 7.14 του βιβλίου (σελ. 266):

$$I_{st,cable} = 0.87 \cdot I_o \cdot \eta$$

όπου, I_o είναι το ονομαστικό ρεύμα ανάλογα τη διατομή του καλωδίου σύμφωνα με τον πίνακα 7.15 πολλαπλασιασμένο με 0.87 για θερμοκρασία 40° και η είναι ένας

συντελεστής υπερφόρτισης που δίνεται ως $\eta = \frac{1}{\sqrt{1-e^{-t_b/T}}}$, με t_b τον χρόνο εκκίνησης

και T μία χρονική σταθερά που καθορίζεται από το σχήμα 7.5 του βιβλίου (σελ. 265).

3. Σύμφωνα με το κριτήριο $I_{st,cable} > I_{st}$ θέλουμε το ρεύμα βραχυχρόνιας φόρτισης που αντέχει το καλώδιο να είναι μεγαλύτερο από το ρεύμα εκκίνησης του κινητήρα. Σε περίπτωση που δεν ισχύει το παραπάνω κριτήριο επιλέγουμε την αμέσως μεγαλύτερη διατομή καλωδίου και επαναλαμβάνουμε τους υπολογισμούς.

Με χρήση υπολογιστικών φύλλων σε περιβάλλον excel (επισυνάπτεται το αρχείο)
προκύπτει ο παρακάτω πίνακας για τη διαστασιολόγηση με βάση το ρεύμα εκκίνησης

α/α	Όνομασία μηχανήματος	Διατομη $\eta \text{ mm}^2$	I_N	I_{st}	t_b	I_o	T	η	$I_{st,cable}$	$I_{st,cable} > I_{st}$
51	Κινητήρας Ράμας	1.5	14.73	58.92	6	18.5	50	2.974	47.863	FALSE
52	Κινητήρας Ράμας	1.5	14.73	58.92	6	18.5	50	2.974	47.863	FALSE
53	Κινητήρας Ράμας	1.5	14.73	58.92	6	18.5	50	2.974	47.863	FALSE
54	Κινητήρας Ράμας	1.5	14.73	58.92	6	18.5	50	2.974	47.863	FALSE
55	Κινητήρας Ράμας	1.5	14.73	58.92	6	18.5	50	2.974	47.863	FALSE
56	Κινητήρας Ράμας	1.5	14.73	58.92	6	18.5	50	2.974	47.863	FALSE
57	Κινητήρας Ράμας	1.5	14.73	58.92	6	18.5	50	2.974	47.863	FALSE
58	Κινητήρας Ράμας	1.5	14.73	58.92	6	18.5	50	2.974	47.863	FALSE
60	Κινητήρας Φιξαριστικού	1.5	4.987	19.948	6	16.095	50	2.974	47.863	TRUE
62	Στεγνωτήριο	50	132.77 2	531.088	10	138.33	500	7.106	983.036	TRUE
63	Στεγνωτήριο	4	21.85	87.4	10	37.41	100	3.242	121.270	TRUE
64	Στεγνωτήριο	4	21.85	87.4	10	37.41	100	3.242	121.270	TRUE
65	Στεγνωτήριο	4	21.85	87.4	10	37.41	100	3.242	121.270	TRUE
66	Ανοικτικό	1.5	4.987	19.948	6	16.095	50	2.974	47.863	TRUE
67	Ανοικτικό	1.5	4.987	19.948	6	16.095	50	2.974	47.863	TRUE
68	Ανοικτικό	1.5	4.987	19.948	6	16.095	50	2.974	47.863	TRUE

Πίνακας 4.3: Διαστασιολόγηση με κριτήριο το ρεύμα εκκίνησης (1st iteration)

Παρατηρούμε πως για τους κινητήρες 51-58 δεν ισχύει το κριτήριο, οπότε θα γίνει αύξηση της διατομής του καλωδίου σύνδεσης από 1.5mm^2 σε 2.5mm^2 και γίνονται ξανά οι υπολογισμοί.

α/α	Όνομασία μηχανήματος	Διατομή $\eta \text{ mm}^2$	I_N	I_{st}	t_b	I_o	T	η	$I_{st,cable}$	$I_{st,cable} > I_{st}$
51	Κινητήρας Ράμας	2.5	14.73	58.92	6	25	50	2.974	64.68	TRUE
52	Κινητήρας Ράμας	2.5	14.73	58.92	6	25	50	2.974	64.68	TRUE
53	Κινητήρας Ράμας	2.5	14.73	58.92	6	25	50	2.974	64.68	TRUE
54	Κινητήρας Ράμας	2.5	14.73	58.92	6	25	50	2.974	64.68	TRUE
55	Κινητήρας Ράμας	2.5	14.73	58.92	6	25	50	2.974	64.68	TRUE
56	Κινητήρας Ράμας	2.5	14.73	58.92	6	25	50	2.974	64.68	TRUE
57	Κινητήρας Ράμας	2.5	14.73	58.92	6	25	50	2.974	64.68	TRUE
58	Κινητήρας Ράμας	2.5	14.73	58.92	6	25	50	2.974	64.68	TRUE
60	Κινητήρας Φιξαριστικού	1.5	4.987	19.948	6	16.095	50	2.974	47.863	TRUE
62	Στεγνωτήριο	50	132.77 2	531.088	10	138.33	500	7.106	983.036	TRUE
63	Στεγνωτήριο	4	21.85	87.4	10	37.41	100	3.242	121.270	TRUE
64	Στεγνωτήριο	4	21.85	87.4	10	37.41	100	3.242	121.270	TRUE
65	Στεγνωτήριο	4	21.85	87.4	10	37.41	100	3.242	121.270	TRUE
66	Ανοικτικό	1.5	4.987	19.948	6	16.095	50	2.974	47.863	TRUE
67	Ανοικτικό	1.5	4.987	19.948	6	16.095	50	2.974	47.863	TRUE
68	Ανοικτικό	1.5	4.987	19.948	6	16.095	50	2.974	47.863	TRUE

Πίνακας 4.4: Διαστασιολόγηση με κριτήριο το ρεύμα εκκίνησης (2nd iteration)

Επομένως, με αύξηση της διατομής των καλωδίων σύνδεσης για τους κινητήρες 51-58, καταλήγουμε σε αποδεκτές συνθήκες λειτουργίας.

Επίσης, εξετάζουμε την πτώση τάσης με τις νέες διατομές των καλωδίων που επιλέχθηκαν

α/α	Ονομασία μηχανήματος	ΔΙΑΤΟΜΗ	ΜΗΚΟΣ	ΟΝ. ΡΕΥΜΑ	Ψ'	cosφ	ΠΤΩΣΗ ΤΑΣΗΣ	ΠΤΩΣΗ ΤΑΣΗΣ %
51	Κινητήρας ράμας	2.5	0.02	14.73	8.87	0.85	0.009618	0.962
52	Κινητήρας ράμας	2.5	0.0186	14.73	8.87	0.85	0.008945	0.894
53	Κινητήρας ράμας	2.5	0.0165	14.73	8.87	0.85	0.007935	0.793
54	Κινητήρας ράμας	2.5	0.0148	14.73	8.87	0.85	0.007117	0.712
55	Κινητήρας ράμας	2.5	0.0134	14.73	8.87	0.85	0.006444	0.644
56	Κινητήρας ράμας	2.5	0.0115	14.73	8.87	0.85	0.005530	0.553
57	Κινητήρας ράμας	2.5	0.0095	14.73	8.87	0.85	0.004568	0.457
58	Κινητήρας ράμας	2.5	0.0076	14.73	8.87	0.85	0.003655	0.365

Πίνακας 4.5: Έλεγχος πτώσης τάσης για τις νέες διατομές των επιλεγμένων καλωδίων

Τελικά, με την επιλογή των διατομών που φαίνονται παραπάνω επαληθεύεται το ζητούμενο κριτήριο για το όριο πτώσης τάσης <4%.

Σημείωση: Πρέπει να αναφερθεί επίσης πως στην περίπτωση του κινητήρα 62 ο οποίος παρουσιάζει μεγάλη ισχύ και ονομαστικό ρεύμα, η προστασία από υπόταση εξασφαλίζεται μέσω του ομαλού εκκινητή PSTX142 που έχει επιλεγεί για τον κινητήρα.

4.2 Προστασία Κινητήρων

Η προστασία των κινητήρων μιας βιομηχανικής εγκατάστασης είναι ζωτικής σημασίας τόσο για την ορθή και ανεμπόδιστη λειτουργία της όσο και για την μείωση των λειτουργικών εξόδων, των εργασιών επισκευής και συντήρησης αλλά και της προστασίας του προσωπικού. Συγκεκριμένα, προβλήματα όπως, μεγάλη ροπή φορτίου, μειωμένη τάση, συνεχείς εκκινήσεις, έλλειψη φάσης κ.α., μπορούν να προκαλέσουν προβλήματα υπερφόρτισης και βραχυκυκλωμάτων στους κινητήρες. Καθίσταται επομένως απαραίτητο, να εφαρμοστούν και να επιλεχθούν κατάλληλα μέτρα προστασίας έναντι αυτών των προβλημάτων.

Σύμφωνα με τα πρότυπα και τους κανονισμούς για προστασία έναντι της συνεχούς υπερφόρτισης χρησιμοποιούνται:

- Θερμικά διμεταλικά/ηλεκτρονικά στοιχεία που διαρρέονται από το ρεύμα γραμμής/τυλιγμάτων
- Θερμίστορς που τοποθετούνται στις κεφαλές των τυλιγμάτων των κινητήρων και προστατεύουν τον κινητήρα από υπερθέρμανση.
- Θερμομετρικές αντιστάσεις
- Ηλεκτρονόμους Κινητήρων

Αντίστοιχα, για την προστασία κατά των βραχυκυκλωμάτων χρησιμοποιούνται:

- Ασφάλειες τήξης ή απλά ασφάλειες. Διακρίνονται σε τύπους Diazed(D), Neozed(DO), μαχαιρωτές (NH) και μικροασφάλειες (G). Οι συνήθεις κατηγορίες λειτουργίας τους είναι gG για γενική χρήση και πλήρη προστασία γραμμών και aM για μερική προστασία κινητήρων από υψηλά ρεύματα
- Αυτόματοι Ηλεκτρομαγνητικοί Διακόπτες, οι οποίοι διακρίνονται σε μικροαυτόματους γραμμών, αυτόματους διακόπτες ισχύων, και αυτόματους κινητήρων

Τέλος, ιδιαίτερη σημασία έχουν και τα μέσα που διασφαλίζουν την ζεύξη και την απόζευξη των κινητήρων, είτε υπό κανονική λειτουργία είτε σε συνθήκες σφάλματος. Χρησιμοποιούνται:

- Μηχανικοί διακόπτες φορτίου. Διακρίνονται σε μαχαιρωτούς διακόπτες (ασφαλειοαποζεύκτες), διακόπτες δύο θέσεων και περιστροφικούς διακόπτες
- Ρελαί ισχύος. Διακόπτες που ανοιγοκλείνουν μέσω ενός ηλεκτρομαγνήτη.

4.2.1 Προστασία Έναντι Υπερφόρτισης

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η προστασία των κινητήρων θα γίνει με θερμικά ρελέ, ενώ δεδομένου πως όλοι οι κινητήρες της εγκατάστασης έχουν ονομαστική ισχύ $>2kW$, αποφασίστηκε να γίνει χρήση ομαλών εκκινητών (Soft-Starters). Από τους ομαλούς εκκινητές που επιλέχθηκαν κάποιοι διαθέτουν ενσωματωμένη θερμική προστασία ενώ για τους υπόλοιπους θα χρειαστεί πρόσθετη επιλογή εξοπλισμού για να εξασφαλιστεί η θερμική προστασία.

Συγκεκριμένα, όπως βλέπουμε στον κατάλογο, οι ομαλοί εκκινητές της σειράς PSE και PSTX διαθέτουν ενσωματωμένη θερμική προστασία ενώ για τους ομαλούς εκκινητές της σειράς PSR θα τοποθετηθούν σε συνεργασία οι αυτόματοι θερμομαγνητικοί διακόπτες MS116.

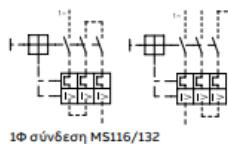
Αυτόματοι θερμομαγνητικοί διακόπτες προστασίας κινητήρων MS116 - MS132 - MS165 - MS495



MS116



MS132



Αυτόματοι θερμομαγνητικοί διακόπτες προστασίας κινητήρων MS

Κατάλληλοι για μονοφασικές και τριφασικές εφαρμογές. Σε περίπτωση σφάλματος το χειριστήριο μεταβαίνει σε ενδιάμεση θέση (trip) μεταξύ ON και OFF (εκτός του MS116).

Περιοχή ρύθμισης θερμικού A	Ικανότητα διακοπής βραχυκυκλώματος kA	Στοιχεία για παραγγελία			Τιμή (€)	Συσκευασία Τεμάχια
		Τύπος	Κωδικός			
Αυτόματοι θερμομαγνητικοί διακόπτες προστασίας κινητήρων MS116, έως 50 kA						
0,1...0,16	50	MS116-0.16	17927	42,17	1	
0,16...0,25	50	MS116-0.25	17928	42,17	1	
0,25...0,4	50	MS116-0.4	17929	42,17	1	
0,4...0,63	50	MS116-0.63	17930	42,17	1	
0,63...1,0	50	MS116-1	17931	42,25	1	
1,0...1,6	50	MS116-1.6	17932	42,25	1	
1,6...2,5	50	MS116-2.5	17933	42,25	1	
2,5...4,0	50	MS116-4	17934	42,36	1	
4,0...6,3	50	MS116-6.3	17935	42,36	1	
6,3...10,0	50	MS116-10	17936	42,36	1	
10,0...16,0	16	MS116-16	17937	42,36	1	
16,0...20,0	10	MS116-20	47902	58,46	1	
20,0...25,0	10	MS116-25	47903	65,73	1	
25,0...32,0	10	MS116-32	47904	84,36	1	

Αυτόματοι θερμομαγνητικοί διακόπτες προστασίας κινητήρων MS132, έως 100 kA
Διαθέτει ενδεικτικό παράθυρο με διαφορετική ένδειξη για βραχυκύλωμα ή υπερφόρτιση.

Εικόνα 4.6: Πληροφορίες για τον αυτόματο διακόπτη MS116



Εικόνα 4.7: Ομαλός εκκινητής PSR σε συνεργασία με θερμομαγνητικό διακόπτη MS116

Τελικά, σχηματίζεται ο ακόλουθος πίνακας με τον τρόπο προστασίας των κινητήρων από υπερφόρτιση.

Αριθμός Κινητήρα	Ονομασία Κινητήρα	I _N (A)	(kW)	Ομαλός Εκκινητής	Προστασία από Υπερφόρτιση	Τιμή (€)
51	Κινητήρας Ράμας	14.73	7.46	PSR16-600-70	MS116-16	42.36
52	Κινητήρας Ράμας	14.73	7.46	PSR16-600-70	MS116-16	42.36
53	Κινητήρας Ράμας	14.73	7.46	PSR16-600-70	MS116-16	42.36
54	Κινητήρας Ράμας	14.73	7.46	PSR16-600-70	MS116-16	42.36
55	Κινητήρας Ράμας	14.73	7.46	PSR16-600-70	MS116-16	42.36
56	Κινητήρας Ράμας	14.73	7.46	PSR16-600-70	MS116-16	42.36
57	Κινητήρας Ράμας	14.73	7.46	PSR16-600-70	MS116-16	42.36
58	Κινητήρας Ράμας	14.73	7.46	PSR16-600-70	MS116-16	42.36
60	Κινητήρας Φιξαριστικού	4.987	2.238	PSR6-600-70	MS116-10	42.36
62	Στεγνωτήριο	132.772	74.6	PSTX142-600-70	Ενσωματωμένη	-
63	Στεγνωτήριο	21.85	11.19	PSE30-600-70	Ενσωματωμένη	-
64	Στεγνωτήριο	21.85	11.19	PSE30-600-70	Ενσωματωμένη	-
65	Στεγνωτήριο	21.85	11.19	PSE30-600-70	Ενσωματωμένη	-
66	Ανοικτικό	4.987	2.238	PSR6-600-70	MS116-10	42.36
67	Ανοικτικό	4.987	2.238	PSR6-600-70	MS116-10	42.36
68	Ανοικτικό	4.987	2.238	PSR6-600-70	MS116-10	42.36

Πίνακας 4.6: Μέσα Προστασίας από Υπερφόρτιση

4.2.2 Προστασία Έναντι Ρευμάτων Βραχυκύλωσης

Σύμφωνα με τα πρότυπα VDE, IEC και ΕΛΟΤ για την προστασία από ρεύματα βραχυκύλωσης, όπως έχει ήδη αναφερθεί, έχουμε τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσουμε μικροαυτόματους, ασφάλειες ή αυτόματους διακόπτες ισχύος.

Αρχικά, για τους κινητήρες στους οποίους θα χρησιμοποιήσουμε τους ομαλούς εκκινητές της σειράς PSR, έχει επιλεγεί ο συνδυασμός του εκκινητή με τον αυτόματο θερμομαγνητικό διακόπτη **MS116**. Ο συγκεκριμένος διακόπτης παρέχει προστασία τόσο από υπερφόρτιση όσο και από βραχυκυλώματα. Συγκεκριμένα με βάση το εγχειρίδιο του

διακόπτη MS116 βλέπουμε πως είναι κατάλληλοι για τριφασικές εφαρμογές, έχουν ικανότητα διακοπής ρεύματος βραχυκύκλωσης έως 50kA και ο συνδυασμός τους με τους συγκεκριμένους ομαλούς εκκινητές προτείνεται και από την κατασκευάστρια εταιρεία χωρίς την απαίτηση για επιπλέον μέτρα προστασίας όπως η τοποθέτηση ασφαλειών.

Επομένως, μένει να καθοριστούν και τα μέσα προστασίας από βραχυκύκλωμα και για τους υπόλοιπους κινητήρες 62-65. Για την βέλτιστη επιλογή των μέσων, κρίνεται σκόπιμο να γίνει μία αναφορά στο κάθε μέσο και τα χαρακτηριστικά του.

Πιο αναλυτικά:

- **Αυτόματοι Διακόπτες Ισχύος (ΑΔΙ).** Οι διακόπτες ισχύος έχουν τη δυνατότητα να διακόπτουν το κύκλωμα και σε συνθήκες υπερφόρτισης και σε βραχυκυκλώματα αλλά χρησιμοποιούνται και σαν γενικό μέσο ζεύξης. Αν και αποτελούν μία εξαιρετική και αξιόπιστη λύση, είναι ιδιαίτερα ακριβοί όπως φαίνεται και στον επισυναπτόμενο κατάλογο, ενώ συνηθίζεται να χρησιμοποιούνται κυρίως σε ρεύματα άνω των 400 A. Επομένως δε θα χρησιμοποιηθούν στους συγκεκριμένους κινητήρες.
- **Μικροαυτόματοι.** Παρόμοια με τους ΑΔΙ, οι μικροαυτόματοι διαθέτουν θερμικό και ηλεκτρομαγνητικό στοιχείο για την προστασία από υπερφόρτιση και από βραχυκυκλώματα αντίστοιχα. Επίσης, φέρουν ικανότητα διακοπής σε περίπτωση σφάλματος ενώ μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε μεγάλο εύρος εφαρμογών και φορίων. Αποτελούν μία πολύ καλή λύση για τους κινητήρες που μας ενδιαφέρουν.
- **Ασφάλειες.** Προστατεύουν το κύκλωμα μέσω της τήξης ενός χάλκινου ή αργυρού σύρματος/ταινίας μέσα σε σκόνη χαλαζία. Η εκλογή τους εξαρτάται από το ρεύμα βραχυκύκλωσης που εμφανίζεται κατά τη διάρκεια του σφάλματος. Όμοια με τους μικροαυτόματους και οι ασφάλειες δύνανται να χρησιμοποιηθούν ως μέσο προστασίας για τους κινητήρες μας

Παρατηρούμε λοιπόν, με βάση και τα χαρακτηριστικά των κινητήρων, πως μπορούμε να επιλέξουμε είτε μικροαυτόματους είτε ασφάλειες.

Για την τελική επιλογή μεταξύ των δύο θα πρέπει να λάβουμε υπόψη τέσσερις παράγοντες:

1. Μέγεθος
2. Συνολικό Κόστος
3. Ικανότητα Διακοπής
4. Επίπεδο Προστασίας

Γενικά, για ονομαστικά ρεύματα έως 63Α και ρεύματα βραχυκύκλωσης 10-15kA συνηθίζεται να επιλέγονται μικροαυτόματοι λόγω της απλής λειτουργίας τους και γιατί απαιτούν λιγότερη συντήρηση. Από την άλλη, οι ασφάλειες παρέχουν προστασία από ονομαστικά ρεύματα μέχρι και >1000Α καθώς και από υψηλά ρεύματα βραχυκύκλωσης της τάξης των 50-100kA, ωστόσο μετά την παρουσία και την διακοπή του σφάλματος πρέπει να αντικατασταθούν.

Επίσης, για την τελική επιλογή βασιστήκαμε και σε μία μελέτη της εταιρείας **NOARK Electric**, η οποία ξέγραψε τους λόγους που οι μικροαυτόματοι προτιμούνται από τις ασφάλειες σε βιομηχανικές χρήσεις και επισυνάπτεται στο παραδοτέο. Συγκεκριμένα, η μελέτη αναλύει τέσσερις βασικούς παράγοντες που καθορίζουν την επιλογή αυτή:

1. **Προστασία από μονοφασικά σφάλματα.** Η πλειονότητα των σφαλμάτων σε ένα κύκλωμα είναι μονοφασικά. Μονοφασικά σφάλματα συμβαίνουν όταν η μία φάση γειώνεται, οπότε η ασφάλεια τήκεται και διακόπτει το σφάλμα. Ωστόσο, οι υπόλοιπες δύο φάσεις θα συνεχίσουν να τροφοδοτούν το φορτίο και όταν το φορτίο αυτό πρόκειται για κινητήρα τότε μπορεί να προκληθεί υπερθέρμανση του. Οι μικροαυτόματοι από την άλλη, μόλις εντοπίσουν σφάλμα διακόπτουν και τις 3 φάσεις.
2. **Συντήρηση.** Αν και οι ίδιες οι ασφάλειες δεν έχουν μηχανικά μέρη που μπορούν να φθαρούν, οι συνδετήρες των ασφαλειών καθώς και οι διακόπτες αποσύνδεσης των ασφαλειών, αποτελούν μηχανικά μέρη που απαιτούν παρόμοια συντήρηση με αυτή που απαιτείται για τον έλεγχο των μηχανικών εξαρτημάτων ενός μικροαυτόματου. Ακόμη, με την πάροδο του χρόνου και τα δύο μέσα μπορούν να φθαρούν ωστόσο μόνο στους μικροαυτόματους μπορεί να ελεγχθεί άμεσα η φθορά, ενώ οι ασφάλειες θα πρέπει απλά να αντικατασταθούν.
3. **Ασφάλεια εργαζομένων.** Η αντικατάσταση των ασφαλειών απαιτεί την παρουσία εξειδικευμένου προσωπικού στους αντίστοιχους υποπίνακες ενώ μέχρι να αντικατασταθεί η ασφάλεια το υπόλοιπο προσωπικό θα πρέπει να απομακρυνθεί από το χώρο, δεδομένου πως θα ανοιχτούν οι θύρες των πινάκων και υπάρχει κίνδυνος ηλεκτροπληξίας.
4. **Συνολικό Κόστος.** Λαμβάνοντας υπόψη πως η ασφάλεια πρέπει να αντικατασταθεί άμεσα μετά την εμφάνιση σφάλματος, ενώ παράλληλα το διάστημα μέχρι την αλλαγή της αυξάνει το κόστος λειτουργίας της εγκατάστασης, δεδομένου πως σταματάει η παραγωγή, προκύπτει πως οι ασφάλειες έχουν μεγαλύτερο συνολικό κόστος από τους

μικροαυτόματους. Ακόμη, τα τελευταία χρόνια οι τιμές αγοράς των μικροαυτομάτων κυμαίνονται στα ίδια επίπεδα με τις τιμές των ασφαλειών.

Miniature Circuit Breaker versus Fuse Applications		
FEATURE	BREAKER	FUSE
Reset capable	X	
Accidental live voltage contact protection	X	
Single phase protection	X	
Use to isolate a circuit	X	
Global support	X	
Diagnostic	X	
Easy to use*	X	X
Test for proper operation	X	
Standard mechanical status indication	X	
Ground fault protection available	X	
Compact size	X	
Remote operation possible	X	
Maintenance required**	X	X
Degradation with age***	X	X

* Simple with breakers, many types and fits with fuses

** Little or none with breakers, spares and types with fuses

*** Breakers have long mechanical and electrical life

Εικόνα 4.8: Σύγκριση μικροαυτόματων και ασφαλειών

Τελικά, σύμφωνα και με τα παραπάνω, για τους κινητήρες 63-65 ισχύος 11.19kW και με ονομαστικό ρεύμα 21.85A αποφασίζεται η επιλογή μικροαυτόματων τύπου S200M και χαρακτηριστικής Κ της εταιρείας ABB. Από την άλλη, ο κινητήρας 62 ισχύος 74.6kW εμφανίζει ονομαστικό ρεύμα 132.772A οπότε δεν διατίθεται μικροαυτόματος που να παρέχει την απαραίμενη προστασία και επιλέγεται επομένως μία μαχαιρωτή ασφάλεια NH κλάσης αΜ, κατάλληλη για κινητήρες.

Το ονομαστικό ρεύμα των μικροαυτόματων επιλέχθηκε σύμφωνα με το κριτήριο (σελ. 377 βιβλίου):

$$I_b \leq I_n \leq I_z \text{ και } I_2 \leq 1.45 \cdot I_z$$

όπου, $I_b = 21.85$ το προυπολογισμένο ρεύμα της γραμμής, $I_z = 29.58$ το επιτρεπόμενο ρεύμα γραμμής, $I_n =$ το ονομαστικό ρεύμα του μικροαυτόματου και $I_2 = 1.45 \cdot I_z$ το ρεύμα πτώσης θερμικού σε διάρκεια μίας ώρας.

Με βάση τους παραπάνω περιορισμούς και τις διαθέσιμες επιλογές της ABB,
τοποθετούμε τελικά τους μικροαυτόματους S203-K25 των 25 A
Αντίστοιχα, με βάση τον πίνακα 4.19 του βιβλίου (σελ. 635), επιλέχθηκε μαχαιρωτή
ασφάλεια NH0 των 200A της εταιρείας ABB με κωδικό OFAF0AM200.

Τα βασικά χαρακτηριστικά των μικροαυτόματων και της ασφάλειας φαίνονται παρακάτω, ενώ
επισυνάπτονται και τα λεπτομερή datasheet τους.

Προστασία

Μικροαυτόματοι S200M χαρακτηριστικής K, 10/15 kA

K

Μικροαυτόματοι S200M, χαρακτηριστικής K

Λειτουργία: Προστασία κινητήρων, μετασχηματιστών και βοηθητικών κυκλωμάτων έναντι
υπερφορτίσεων και βραχυκυκλωμάτων.

Εφαρμογές: Οικιακές, εμπορικές και βιομηχανικές εγκαταστάσεις με φορτία που έχουν μεγάλο
ρεύμα εκκίνησης. Πρότυπα: $I_{cn} = 10$ kA, IEC/EN 60898-1 & $I_{cu} = 15$ kA, IEC/EN 60947-2.



S201M-K



S202M-K



S203M-K



S204M-K

Αριθμός πόλων	Ον. ένταση In A	Αρ. στοιχείων Πλάτους 17,5 mm	Στοιχεία για παραγγελία		Τιμή (€)	Συσκευασία Τεμάχια
			Τύπος	Κωδικός		
	1	1	S201M-K1	70403	26,70	10
	2	1	S201M-K2	70404	22,20	10
	4	1	S201M-K4	70405	22,20	10
	6	1	S201M-K6	70406	13,70	10
	10	1	S201M-K10	47438	12,30	10
	16	1	S201M-K16	49215	12,30	10
	20	1	S201M-K20	41102	13,50	10
	25	1	S201M-K25	70407	13,50	10
	32	1	S201M-K32	70408	14,40	10
	40	1	S201M-K40	70409	14,40	10
	50	1	S201M-K50	70410	24,40	10
1	63	1	S201M-K63	70411	27,30	10
	1	2	S202M-K1	47004	52,00	5
	2	2	S202M-K2	47003	47,40	5
	4	2	S202M-K4	47002	47,40	5
	6	2	S202M-K6	47001	32,80	5
	10	2	S202M-K10	47000	30,80	5
	16	2	S202M-K16	46999	30,80	5
	20	2	S202M-K20	70412	33,10	5
	25	2	S202M-K25	70413	33,10	5
	32	2	S202M-K32	70414	37,40	5
2	40	2	S202M-K40	70415	39,00	5
	50	2	S202M-K50	70416	57,40	5
	63	2	S202M-K63	70417	60,20	5
	1	3	S203M-K1	70418	81,70	1
	2	3	S203M-K2	70419	67,90	1
	4	3	S203M-K4	70420	67,90	1
	6	3	S203M-K6	70421	45,40	1
	10	3	S203M-K10	70422	40,60	1
	16	3	S203M-K16	49248	40,60	1
	20	3	S203M-K20	40795	42,50	1
3	25	3	S203M-K25	47439	42,50	1
	32	3	S203M-K32	40796	45,60	1
	40	3	S203M-K40	49247	48,40	1
	50	3	S203M-K50	42621	77,50	1
	63	3	S203M-K63	44506	82,40	1
	1	4	S204M-K1	70424	114,10	1
	2	4	S204M-K2	70425	79,90	1
	4	4	S204M-K4	70426	79,90	1
	6	4	S204M-K6	70427	74,60	1
	10	4	S204M-K10	70428	72,60	1
4	16	4	S204M-K16	70429	72,60	1
	20	4	S204M-K20	70430	72,60	1
	25	4	S204M-K25	70431	72,60	1
	32	4	S204M-K32	70432	73,80	1
	40	4	S204M-K40	70433	88,90	1
	50	4	S204M-K50	70434	96,90	1
	63	4	S204M-K63	70435	99,70	1

Εικόνα 4.9: Μικροαυτόματοι S200M-K

PRODUCT-DETAILS

OFAF0AM200

OFAF0AM200 HRC FUSE LINK



Γενικές Πληροφορίες

Extended Product Type	OFAF0AM200
Product ID	1SCA022697R6250
EAN	6417019222394
Catalog Description	OFAF0AM200 HRC FUSE LINK
Long Description	OFAF0AM200 HRC Fuse Link Size NH0, aM

Circular Value

Conflict Minerals	9AKK108467A5658
Reporting Template (CMRT)	
Environmental Information	1SCC317009D0201
REACH Declaration	1SCC011021D0201
RoHS Information	1SCC011020D0201

Ordering

Minimum Order Quantity	3 piece
------------------------	---------

© 2023 ABB. All rights reserved.

2023/12/18

Subject to change

Επόμενη 4.10: Ασφάλεια OFAF0AM200 της ABB

Συγκεντρωτικά τα μέσα προστασίας από ρεύματα βραχυκύκλωσης φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα:

Αριθμός Κινητήρα	Ονομασία Κινητήρα	I _N (A)	(kW)	Ομαλός Εκκινητής	Προστασία από Βραχυκύκλωμα	Τιμή (€)
51	Κινητήρας Ράμας	14.73	7.46	PSR16-600-70	MS116-16	42.36
52	Κινητήρας Ράμας	14.73	7.46	PSR16-600-70	MS116-16	42.36
53	Κινητήρας Ράμας	14.73	7.46	PSR16-600-70	MS116-16	42.36
54	Κινητήρας Ράμας	14.73	7.46	PSR16-600-70	MS116-16	42.36
55	Κινητήρας Ράμας	14.73	7.46	PSR16-600-70	MS116-16	42.36
56	Κινητήρας Ράμας	14.73	7.46	PSR16-600-70	MS116-16	42.36
57	Κινητήρας Ράμας	14.73	7.46	PSR16-600-70	MS116-16	42.36
58	Κινητήρας Ράμας	14.73	7.46	PSR16-600-70	MS116-16	42.36
60	Κινητήρας Φιξαριστικού	4.987	2.238	PSR6-600-70	MS116-10	42.36
62	Στεγνωτήριο	132.772	74.6	PSTX142-600-70	OFAF0AM200	50
63	Στεγνωτήριο	21.85	11.19	PSE30-600-70	S203M-K25	42.5
64	Στεγνωτήριο	21.85	11.19	PSE30-600-70	S203M-K25	42.5
65	Στεγνωτήριο	21.85	11.19	PSE30-600-70	S203M-K25	42.5
66	Ανοικτικό	4.987	2.238	PSR6-600-70	MS116-10	42.36
67	Ανοικτικό	4.987	2.238	PSR6-600-70	MS116-10	42.36
68	Ανοικτικό	4.987	2.238	PSR6-600-70	MS116-10	42.36

Πίνακας 4.7: Μέσα Προστασίας από Βραχυκύκλωμα

4.2.3 Ρεύματα Βραχυκύκλωσης

Κατά την ηλεκτρολογική μελέτη μιας εγκατάστασης είναι απαραίτητο να ελέγχεται αν ο εξοπλισμός που έχει εγκατασταθεί θα αντέχει τα αναμενόμενα σφάλματα, όπως είναι τα σφάλματα από βραχυκυκλώματα. Ο έλεγχος αυτός επιτυγχάνεται εξετάζοντας τη συνολική δομή της εγκατάστασης και κυρίως τις γραμμές και τους κινητήρες.

Για τον υπολογισμό του συμμετρικού τριφασικού ρεύματος βραχυκύκλωσης I_k, η οποία είναι και η δυσμενέστερη περίπτωση σφάλματος, το βιβλίο αναφέρει στη σελίδα 315 τον εξής τύπο:

$$I_k = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R^2 + X^2}}$$

όπου, c είναι ο συντελεστής προσαύξησης ($c=1.1$ για μέγιστη και $c=0.9$ για ελάχιστη τάση), U_n είναι η πολική (ονομαστική) τάση του δικτύου, και R, X η συνολική ωμική και επαγωγική αντίσταση αντίστοιχα στο ορθό σύστημα.

Ωστόσο στην πραγματικότητα, ο ακριβής υπολογισμός των ελάχιστων και μέγιστων συμμετρικών ρευμάτων βραχυκύλωσης είναι μία σύνθετη διαδικασία, η οποία απαιτεί τη χρήση υπολογιστικών εργαλείων και προσομοιώσεων σε λογισμικά όπως είναι το NEPLAN, το ADEPT και το SIMARIS.

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, θεωρούμε πως η επιλογή του εξοπλισμού για την προστασία από ρεύματα βραχυκύλωσης που αναλύθηκε στην προηγούμενη ενότητα, έχει γίνει από την ασφαλή πλευρά και εξασφαλίζεται σε κάθε περίπτωση η βέλτιστη προστασία των φορτίων μας.

4.2.4 Ζεύξη/Απόζευξη Κινητήρων

Η ζεύξη και η απόζευξη των κινητήρων θα πραγματοποιείται μέσω των ίδιων των ομαλών εκκινητών που έχουν επιλεγεί για τους κινητήρες. Συγκεκριμένα, όπως αναφέρεται στα εγχειρίδια, μέσω της κατάλληλης συνδεσμολογίας στους ακροδέκτες των ομαλών εκκινητών εξασφαλίζεται η λειτουργία START/STOP που διαθέτουν. Μέσω της συγκεκριμένης λειτουργίας καθορίζονται οι επιθυμητές ράμπες εκκίνησης και πέδησης των κινητήρων.

4.2.5 Προστασία με ΔΔΡ

Οι Διακόπτες Διαφορικού Ρεύματος χρησιμοποιούνται για την προστασία κατά της ηλεκτροπληξίας ή κατά της πυρκαγιάς σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ ΗΔ384.4. Η εφαρμογή τους έχει καθοριστεί υποχρεωτική σε εγκαταστάσεις στην Ελλάδα από το 2006. Ουσιαστικά, ο ΔΔΡ παρακολουθεί το ρεύμα διαρροής ως προς τη γη και αν αυτό υπερβεί μία τιμή, συνήθως 30mA, τότε σε πολύ μικρό χρόνο(ms) πραγματοποιεί απόζευξη όλων των πόλων. Ωστόσο σε εγκαταστάσεις όπως αυτή που μελετάται, όπου υπάρχουν τριφασικά και επαγωγικά φορτία μπορεί να προκληθεί λανθασμένη ενεργοποίηση των ΔΔΡ. Συγκεκριμένα, οι κινητήρες που χρησιμοποιούνται σε τέτοιες εγκαταστάσεις εμφανίζουν ασυμμετρίες στα τυλίγματα τους, λόγω των κατασκευαστικών χαρακτηριστικών τους, με αποτέλεσμα κατά την εκκίνηση των κινητήρων ο ΔΔΡ να εντοπίζει διαφορές μεταξύ των ρευμάτων των φάσεων και να ενεργοποιείται εσφαλμένα.

Σύμφωνα και με το ΦΕΚ 4825/Β' 24.12.2019 (το οποίο επισυνάπτεται) για τη χρήση των ΔΔΡ αναφέρεται στο άρθρο 1, παράγραφος 7:

“Η προστασία έναντι ηλεκτροπληξίας τερματικών γραμμών σύμφωνα με τις διατάξεις των περιπτώσεων α), β) και γ) της παραγράφου 2, είναι προαιρετική, στις περιπτώσεις που

τροφοδοτούν ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό σε βιομηχανικούς - βιοτεχνικούς, εμπορικούς, αποθηκευτικούς, και λοιπούς επαγγελματικούς χώρους, εφόσον ισχύουν σωρευτικά, οι εξής προϋποθέσεις αναφορικά με τις τερματικές γραμμές, τους χώρους και τον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό:

- α) οι εν λόγω τερματικές γραμμές τροφοδοτούν αποκλειστικά εγκατεστημένο, σταθερό και μόνιμα συνδεδεμένο σε αυτές, ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό,
- β) ο ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός δεν είναι εγκατεστημένος σε κατοικίες και ανάλογους χώρους, χώρους γραφείων, χώρους εκπαίδευσης,
- γ) οι χώροι στους οποίους είναι εγκατεστημένος ο ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός δεν χρησιμοποιούν για διαμονή προσώπων (όπως δωμάτια ξενοδοχείων, νοσοκομείων, ιδρυμάτων) ή ως βοηθητικοί χώροι προσωπικού (όπως αποδυτήρια, κυλικεία),
- δ) ο ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός είναι προσβάσιμος από ειδικευμένο ή ενημερωμένο προσωπικό, ή από άτομα υπό την επίβλεψη ειδικευμένου ή ενημερωμένου προσωπικού, και επιπρόσθετα,
- ε) Μέσω μελέτης:
 - αα) διαπιστώνεται ότι από το πρότυπο ή τον κανονισμό που διέπει τις εν λόγω τερματικές γραμμές δεν προκύπτει υποχρέωση προστασίας τους με ΔΔΡ με ονομαστικό διαφορικό ρεύμα λειτουργίας που δεν υπερβαίνει τα 30 mA,
 - ββ) τεκμηριώνεται ότι η προστασία των εν λόγω τερματικών γραμμών έναντι ηλεκτροπληξίας όπως περιγράφεται στην περίπτωση β) της παραγράφου 2, προκαλεί ανεπιθύμητες αποζεύξεις κατά την κανονική λειτουργία των τερματικών γραμμών και του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού που τροφοδοτείται από τις γραμμές αυτές,
 - γγ) προσδιορίζεται η λήψη απαιτούμενων μέτρων προστασίας έναντι του συνόλου των κινδύνων με βάση το πρότυπο ή τον κανονισμό που διέπει την κατασκευή αυτών των τερματικών γραμμών. Στα εν λόγω μέτρα προστασίας δύναται να περιλαμβάνονται και ΔΔΡ με ονομαστικό διαφορικό ρεύμα λειτουργίας που υπερβαίνει τα 30mA, που επιλέγονται με βάση τις απαιτήσεις του εκάστοτε υποχρεωτικού από τη νομοθεσία προτύπου ΕΛΟΤ για τις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις,
 - δδ) προσδιορίζονται σε ειδικό παράρτημα, το οποίο αποτελεί αναπόσπαστο μέρος της μελέτης, οι τερματικές γραμμές που εμπίπτουν στις διατάξεις της παρούσας παραγράφου καθώς και ο ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός που τροφοδοτείται από αυτές.”

Επομένως, στις άνωθεν περιπτώσεις η χρήση του ΔΔΡ αποφεύγεται και αποφασίζουμε να μη γίνει χρήση του στους υποπίνακες κίνησης της παρούσας εγκατάστασης, δεδομένου ότι δεν επιτρέπουν την εικινηση των κινητήρων.

4.2.6 Σύνοψη Μέσων Εκκίνησης και Προστασίας Κινητήρων

Με βάση λοιπόν, τις μελέτες και τις επιλογές που έγιναν στις προηγούμενες ενότητες, ο συνολικός εξοπλισμός για την βέλτιστη εκκίνηση και προστασία των κινητήρων από υπερφορτίσεις και ρεύματα βραχυκύκλωσης συνοψίζεται στον παρακάτω πίνακα.

α/α	Ονομασία Κινητήρα	Ομαλός Εκκινητής	Προστασία από Υπερφόρτιση	Προστασία από Βραχυκύκλωμα	Συνολικό Κόστος (€)
51	Κινητήρας Ράμας	PSR16-600-70	MS116-16	MS116-16	328.76
52	Κινητήρας Ράμας	PSR16-600-70	MS116-16	MS116-16	328.76
53	Κινητήρας Ράμας	PSR16-600-70	MS116-16	MS116-16	328.76
54	Κινητήρας Ράμας	PSR16-600-70	MS116-16	MS116-16	328.76
55	Κινητήρας Ράμας	PSR16-600-70	MS116-16	MS116-16	328.76
56	Κινητήρας Ράμας	PSR16-600-70	MS116-16	MS116-16	328.76
57	Κινητήρας Ράμας	PSR16-600-70	MS116-16	MS116-16	328.76
58	Κινητήρας Ράμας	PSR16-600-70	MS116-16	MS116-16	328.76
60	Κινητήρας Φιξαριστικού	PSR6-600-70	MS116-10	MS116-10	328.76
62	Στεγνωτήριο	PSTX142-600-70	Ενσωματωμένη	OFAF0AM200	2550.2
63	Στεγνωτήριο	PSE30-600-70	Ενσωματωμένη	S203M-K25	667.8
64	Στεγνωτήριο	PSE30-600-70	Ενσωματωμένη	S203M-K25	667.8
65	Στεγνωτήριο	PSE30-600-70	Ενσωματωμένη	S203M-K25	667.8
66	Ανοικτικό	PSR6-600-70	MS116-10	MS116-10	328.76
67	Ανοικτικό	PSR6-600-70	MS116-10	MS116-10	328.76
68	Ανοικτικό	PSR6-600-70	MS116-10	MS116-10	328.76

Πίνακας 4.8: Συνοπτικός πίνακας μέσων προστασίας κινητήρων

4.3 Προστασία Ωμικών Φορτίων

4.3.1 Μέσα Προστασίας

Στην υπό μελέτη εγκατάσταση, πέρα από τους κινητήρες που κινούν τα μηχανήματα μας, υπάρχουν και ωμικά φορτία με τη μορφή αντιστάσεων. Για την προστασία των ωμικών φορτίων, σύμφωνα με τα πρότυπα και τις τεχνικές που αναλύθηκαν σε προηγούμενες ενότητες επιλέγονται τα ακόλουθα μέσα προστασίας:

α/α	Ονομασία Φορτίου	I _N (A)	(kW)	Μέσο Προστασίας	Τιμή (€)
59	Αντίσταση Θέρμανσης Ράμας	40.415	28	S203M-K50	77.5
61	Αντίσταση Θέρμανσης Φιξαριστικού	51.963	36	S203M-K63	82.4
69	Σίδερο Ατμού	28.868	20	S203M-K32	45.6
70	Σίδερο Ατμού	28.868	20	S203M-K32	45.6
71	Σίδερο Ατμού	28.868	20	S203M-K32	45.6

Πίνακας 4.9: Μέσα προστασίας ωμικών φορτίων

Επιλέγονται μικροαυτόματοι της σειράς S200M με χαρακτηριστική K, δεδομένου πως πρόκειται για βοηθητικά κυκλώματα κινητήρων, της εταιρείας ABB. Για την εύρεση του κατάλληλου ονομαστικού ρεύματος του κάθε μικροαυτόματου θα γίνει χρήση του κριτηρίου που αναφέρθηκε και σε προηγούμενη ενότητα (σελ. 377 βιβλίου). Οι μικροαυτόματοι παρέχουν πλήρη προστασία έναντι υπερφορτίσεων και βραχυκυκλωμάτων, ενώ μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για την ζεύξη/απόζευξη του φορτίου.

4.4 Προστασία Γραμμών - Υποπινάκων

Σε οποιαδήποτε ηλεκτρική εγκατάσταση η προστασία των γραμμών-καλωδίων σύνδεσης που ξεκινούν από τον ΓΠΧΤ και τροφοδοτούν τους υποπίνακες είναι ζωτικής σημασίας για την ανεμπόδιστη λειτουργία της εγκατάστασης και την προστασία του εξοπλισμού και του ανθρώπινου δυναμικού. Η προστασία αυτή επιτυγχάνεται με παρόμοιους τρόπους με όσα έχουν αναφερθεί στις προηγούμενες ενότητες περί προστασίας από υπερφόρτιση και βραχυκυκλώματα. Πιο αναλυτικά, για την προστασία των γραμμών των υποπινάκων μπορούν να χρησιμοποιηθούν αυτόματοι διακόπτες ισχύος, μικροαυτόματοι και ασφάλειες τήξης. Λαμβάνοντας υπόψη τα ονομαστικά ρεύματα των υποπινάκων αποφασίζεται να χρησιμοποιηθούν ασφάλειες τήξης. Οι μικροαυτόματοι απορρίφθηκαν γιατί δεν υπάρχουν διαθέσιμες επιλογές στην αγορά για το εύρος των ρευμάτων των υποπινάκων, ενώ από την άλλη αν και αποτελούν μία αξιόπιστη λύση απορρίπτονται και οι αυτόματοι διακόπτες ισχύος γιατί συνηθίζεται να εφαρμόζονται σε μεγαλύτερα ονομαστικά ρεύματα και παρουσιάζουν αυξημένο κόστος.

Τελικά, επιλέγουμε να τοποθετήσουμε στον ΓΠΧΤ ασφαλειοαποζεύκτες για την προστασία κάθε επιμέρους υποπίνακα. Συγκεκριμένα επιλέγονται τριπολικοί ασφαλειοαποζεύκτες τύπου XLP της εταιρείας ABB. Στο εσωτερικό του πλαισίου τοποθετούνται τρεις μαχαιρωτές ασφάλειες NH αντίστοιχου μεγέθους και κλάσης gG. Επιλέχθηκαν ασφαλειοαποζεύκτες μία-δύο βαθμίδες μεγαλύτερες του ονομαστικού ρεύματος για μέγιστη προστασία.

Επίσης, για κάθε υποπίνακα τοποθετείται στον ΓΠΧΤ ένας διακόπτης φορτίου, ο οποίος δίνει τη δυνατότητα απόζευξης της γραμμής σε κανονική λειτουργία. Ακόμη σε περίπτωση σφάλματος πρώτα ανοίγει ο διακόπτης φορτίου για να αποζεύξει τη γραμμή και να εξασφαλίσει ότι δεν υπάρχει επικίνδυνο παραμένων ρεύμα στον ασφαλειοαποζεύκτη και μετά ανοίγει η θύρα του ΓΠΧΤ και γίνονται οι απαραίτητες εργασίες και χειρισμοί. Επιλέγονται διακόπτες φορτίου 2-3 βαθμίδες μεγαλύτερες του ονομαστικού ρεύματος του υποπίνακα. Συγκεκριμένα τοποθετούνται διακόπτες φορτίου της σειράς ΟΤ, κατηγορίας AC-23 της εταιρείας ABB.

Παρακάτω παρουσιάζονται τα επιλεγμένα μέσα προστασίας γραμμών-υποπινάκων:



OT160G04K



OT200-250E04WP



OT315-400E04P



OT630-800E04P

Τετραπολικοί (4P) διακόπτες φορτίου, ΟΤ

I _{th} A	Ένταση AC22 / AC23, 400 V	Ισχύς AC23, 400 V	Διατομή καλωδίου	Στοιχεία για παραγγελία			Τιμή (€)				
				Τύπος	Κωδικός						
Τετραπολικοί (4P) διακόπτες φορτίου με περιστροφικό χειριστήριο πάνω στο διακόπτη, 16...200 A											
Περιλαμβάνεται περιστροφικό χειριστήριο 0-1 πάνω στο διακόπτη.											
25	16 / 16	7,5	0,75...10	OT16F4N2	41688	24,44					
32	25 / 20	9	0,75...10	OT25F4N2	41694	31,25					
40	40 / 23	11	0,75...10	OT40F4N2	41700	34,41					
63	63 / 45	22	1,5...35	OT63F4N2	41706	41,28					
80	80 / 75	37	1,5...35	OT80F4N2	41712	48,04					
115	100 / 80	37	10...70	OT100F4N2	41677	71,28					
125	125 / 90	45	10...70	OT125F4N2	41682	83,14					
160	160 / 160	75	10...70	OT160G04K	80652	143,55					
Τετραπολικοί (4P) διακόπτες φορτίου με τηλεσκοπικό περιστροφικό χειριστήριο, 16...3.200 A											
Περιλαμβάνεται περιστροφικό διαιρούμενο χειριστήριο πόρτας 0-1 και άξονας με ρυθμιζόμενο μήκος.											
25	16 / 16	7,5	0,75...10	OT16-4	11544	33,11					
32	25 / 20	9	0,75...10	OT25-4	11545	39,92					
40	40 / 23	11	0,75...10	OT40-4	11546	43,08					
63	63 / 45	22	1,5...35	OT63-4	11547	52,32					
80	80 / 75	37	1,5...35	OT80-4	11548	59,08					
115	100 / 80	37	10...70	OT100-4	11541	82,32					
125	125 / 90	45	10...70	OT125-4	11542	94,18					
160	160 / 160	75	10...70	OT160G04P	80653	157,12					
200	200 / 200	110	95*	OT200E04WP	44523	206,77					
250	250 / 250	140	120*	OT250E04WP	44524	229,78					
315	315 / 315	160	185*	OT315E04P	44525	283,56					
400	400 / 400	220	240*	OT400E04P	44526	293,37					
630	630 / 630	355	2 x 185*	OT630E04P	44527	429,40					
800	800 / 720	450	2 x 240*	OT800E04P	44528	620,57					
1.000	1.000 / 800	450	2 x 300*	OT1000E04P	14339	1.129,02					
1.250	1.250 / 1.000	560	2 x 400*	OT1250E04P	14352	1.220,19					
1.600	1.600 / 1.000	560	2 x 500*	OT1600E04P	14353	1.539,77					
2.000	2.000 / -	-	3 x (100 x 5)*	OT2000E04P	42671	2.542,48					
2.500	2.500 / -	-	4 x (100 x 5)*	OT2500E04P	42673	3.093,34					
3.200	3.200 / -	-	3 x (100 x 10)*	OT3200E04P	73717	4.797,51					

Εικόνα 4.11: Διακόπτες φορτίου ΟΤ της ABB



XLP-00



XLP-3

Οριζόντιοι τριπολικοί ασφαλειοαποζεύκτες, XLP

Όνομαστική ένταση A	Μέγεθος φυσιγγίου	Στοιχεία για παραγγελία			Τιμή (€)
		Τύπος	Κωδικός		
100	000	XLP-000	20321	52,54	
160	00	XLP-00	20322	78,62	
250	1	XLP-1	20323	156,94	
400	2	XLP-2	21017	292,07	
630	3	XLP-3	21018	349,31	

Εικόνα 4.12: Ασφαλειοαποζεύκτες XLP της ABB

ΥΠΟΠΙΝΑΚΕΣ	I _N (A)	ΑΣΦΑΛΕΙΟΑΠΟΖΕΥΚΤΗΣ	ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ ΦΟΡΤΙΟΥ	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΤΙΜΗ (€)
ΥΠ1	121.833	XLP-1	OT250E04WP	334.32
ΥΠ2	133.784	XLP-1	OT250E04WP	334.32
ΥΠ3	108.976	XLP-1	OT250E04WP	334.32
ΥΠ4	131.922	XLP-1	OT250E04WP	334.32
ΡΑΜΑ	153.674	XLP-1	OT250E04WP	334.32
ΦΙΞΑΡΙΣΤΙΚΟ	56.123	XLP-00	OT160G04K	235.74
ΥΠ5	132.772	XLP-1	OT250E04WP	334.32
ΥΠ6	160.131	XLP-1	OT250E04WP	334.32
ΥΠ7	135.863	XLP-1	OT250E04WP	334.32
ΥΠ8	168.705	XLP-1	OT250E04WP	334.32

Πίνακας 4.10: Μέσα Προστασίας Γραμμών-Υποπινάκων

4.5 Επιλεκτική Συνεργασία Μέσων Προστασίας

Σε κάθε εγκατάσταση καταναλωτών ΧΤ είναι θεμιτό να υπάρχει επιλεκτικότητα μεταξύ των μέσων προστασίας. Ουσιαστικά, ο όρος επιλεκτικότητα αναφέρεται στο γεγονός πως αν συμβεί ένα σφάλμα σε κάποιο σημείο μιας γραμμής σύνδεσης, να ενεργοποιηθεί το μέσα προστασίας της γραμμής που είναι εγγύτερα στο σφάλμα έτσι ώστε να απομονωθεί το σφάλμα και όχι άλλες καταναλώσεις. Αν υπάρχουν δηλαδή τρία μέσα προστασίας α,β,γ κατά σειρά σε μία γραμμή θα πρέπει οι χρόνοι διέγερσης για το ρεύμα λόγω σφάλματος να μικραίνουν από την τροφοδότηση προς την κατανάλωση, δηλ. $t_{\alpha} > t_{\beta} > t_{\gamma}$.

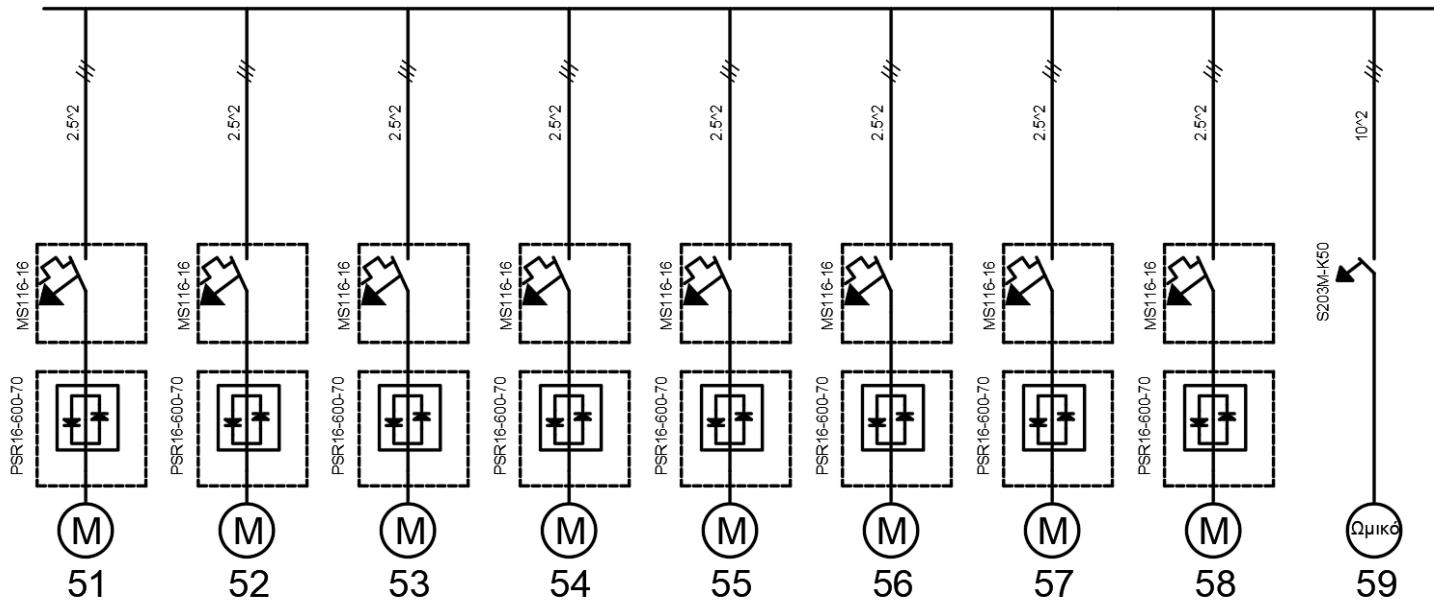
Στην εν λόγω εγκατάσταση, δεδομένου πως έχουμε επιλέξει όλα τα μέσα προστασίας από έναν κατασκευαστή (ABB) και παράλληλα έχουμε κάνει διαβάθμιση των ονομαστικών ρευμάτων των μέσων, θεωρούμε πως επιτυγχάνεται επιλεκτικότητα μεταξύ τους.

Για τον επακριβή έλεγχο της επιλεκτικότητας θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ειδικά λογισμικά όπως το e-design της ABB, ωστόσο δεν θεωρήθηκε απαραίτητο στα πλαίσια της εργασίας.

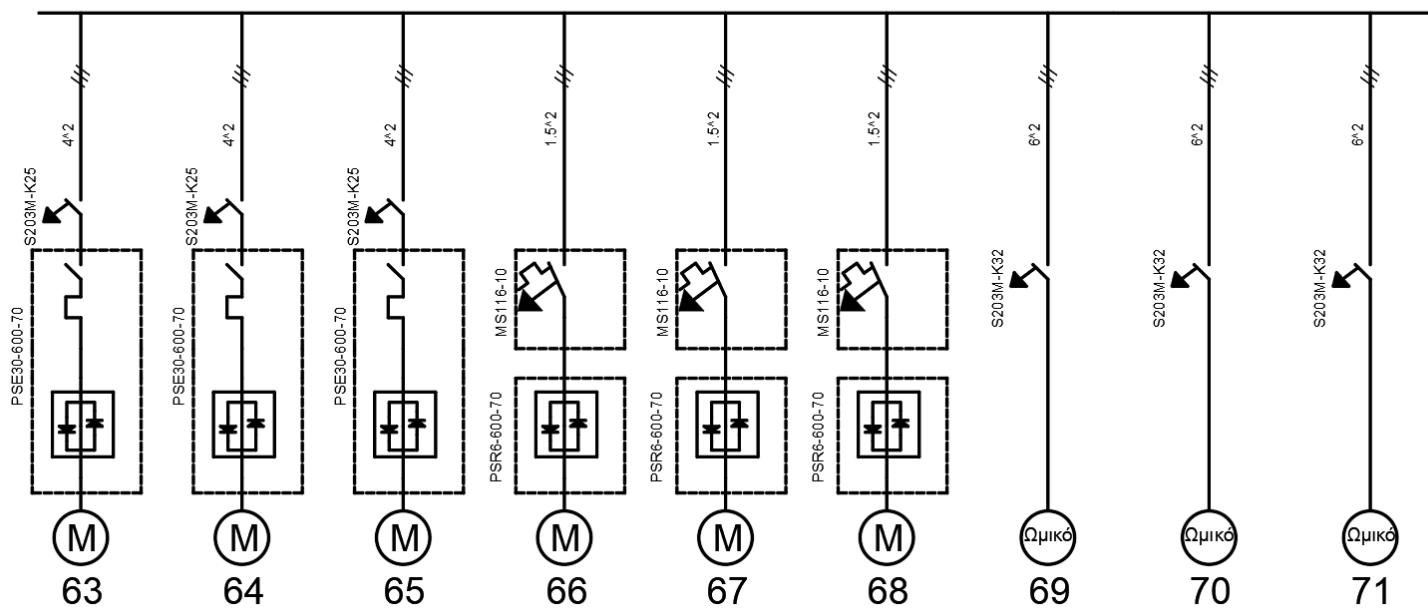
4.6 Μονογραμμικά Διαγράμματα

4.6.1 Μονογραμμικά Φινιριστηρίου

PAMA

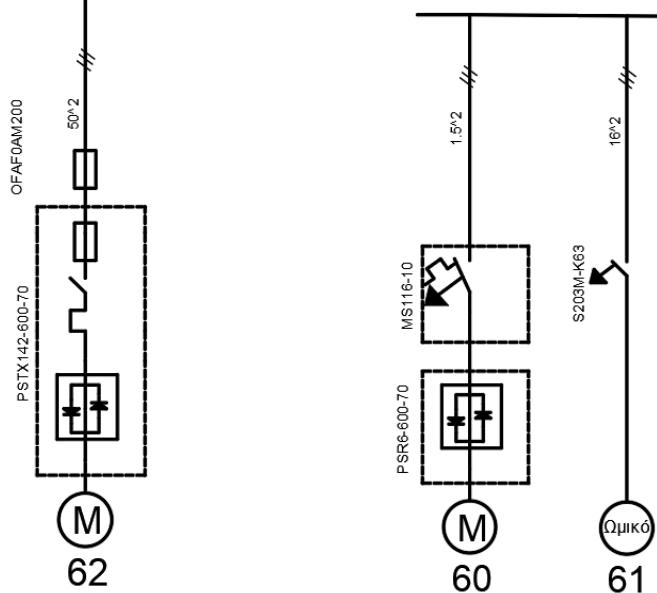


ΥΠ6



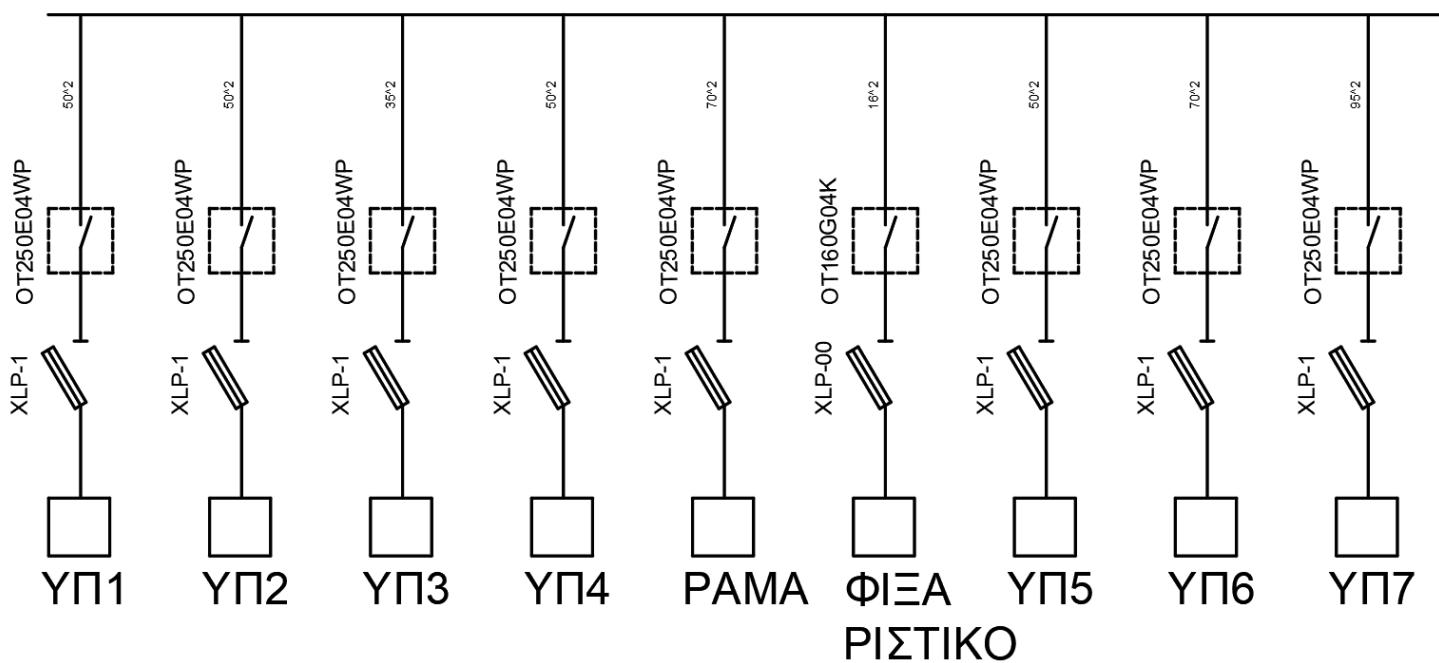
ΥΠ5

ΦΙΞΑΡΙΣΤΙΚΟ



4.6.2 Μονογραμμικά Υποπινάκων

ΓΠΧΤ



Παράρτημα - Πίνακες Επιλογής Εξοπλισμού

Motor AMP Draw and Required Breaker										
	Single Phase Full Load Running AMPS: 208/230	Single Phase Start Up AMPS: 208/230 volt	Breaker Size	Three Phase Full Load Running AMPS: 208/230	Three Phase Start Up AMPS: 208/230 volt	Breaker Size	Three Phase Full Load Running AMPS: 460/480	Three Phase Start Up AMPS: 460/480 volt	Breaker Size	
Motor HP										
2	10	20	20	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
3	15	30	30	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
5	24	48	40	13	26	20	6	12	15	
7	32	64	50	18	36	30	9	18	15	
10	40	80	60	24	48	40	12	24	20	
15	N/A	N/A	N/A	36	72	50	18	36	25	
20	N/A	N/A	N/A	48	96	70	24	48	35	
25	N/A	N/A	N/A	60	120	80	30	60	40	
30	N/A	N/A	N/A	72	144	100	36	72	50	
40	N/A	N/A	N/A	96	192	130	48	96	65	
50	N/A	N/A	N/A	120	240	160	60	120	80	
60	N/A	N/A	N/A	144	288	200	72	144	100	
75	N/A	N/A	N/A	180	360	230	90	180	115	
100	N/A	N/A	N/A	240	480	300	120	240	150	
125	N/A	N/A	N/A	300	600	400	150	300	200	
150	N/A	N/A	N/A	360	720	470	180	360	235	
175	N/A	N/A	N/A	420	840	550	210	420	275	
200	N/A	N/A	N/A	480	960	620	240	480	310	

Εικόνα 1: Επιλογή μικροαυτόματων με βάση την ισχύ και το ονομαστικό ρεύμα των κινητήρων (EATON)

Ισχύς κινητήρα	Ονομαστ. ρεύμα κινητήρα	Ασφάλεια ¹⁾ απ' ευθείας	Ασφάλεια με εκκίνηση ΥΔ	Διακόπτης ²⁾ ΥΔ, ονομ. ρεύμα	Διακόπτης ³⁾ γενικός, ονομ. ρεύμα
kW PS	A	A	A	A	A
0,2 0,3	0,7	2	2	—	16
0,33 0,45	1,1	2	2	—	16
0,5 0,7	1,4	2	2	—	16
0,8 1,1	2,1	4	4	—	16
1,1 1,5	2,6	4	4	—	16
1,5 2,0	3,6	6	4	(16)22	16
2,2 3,0	5,0	10	6	(16)22	16
3,0 4,0	6,6	16	10	(16)22	16
4,0 5,5	8,5	20	16	(16)22	16
5,5 7,5	11,5	25	20	(16)22	16
7,5 10	15,5	35	25	(25)22	25
11 15	22,5	35	35	(40)30	40
15 20	30	50	35	(40)30	40
22 30	44	63	50	(63)60	60
30 40	57	80	63	(63)60	60
45 66	85	125	100	90	100
55 75	104	160	125	110	100
75 100	140	200	160	150	200
90 125	168	225	200	220	200
110 150	205	300	250	220	200
132 180	245	400	300	300	400
160 220	290	430	300	300	400
200 270	360	500	430	480	400
240 325	430	630	500	480	480

Εικόνα 2: Επιλογή ασφαλειών τήξης (Πίνακας 4.19 βιβλίου)

1. Ονομαστικό ρεύμα μικροαυτομάτων

Το ονομαστικό ρεύμα των μικροαυτόματων επιλέγεται κατ' αρχήν βάσει της διατομής των καλώδιων που προστατεύουν.

Τα καλώδια έχουν προεπιλεγεί βάσει του φορτίου που θα κληθούν να εξυπηρετήσουν (στήλες Κ, Πίνακας 1), τη μέγιστη επιτρεπτή πτώση τάσης (§6) και τη θερμική αντοχή τους σε βραχυκύκλωμα (§5).

Ο παρακάτω πίνακας (κατά VDE0100/DIN57100) δίνει το μέγιστο ονομαστικό ρεύμα μικροαυτομάτων σε συνάρτηση με τη διατομή των καλώδιων χαλκού που προστατεύουν.

Οι προστασίες αυτές παρέχονται από τους μικροαυτομάτους μονάχα αν αυτοί έχουν επιλεγεί σωστά, σύμφωνα με τα παρακάτω κριτήρια. Σε αντίθετη περίπτωση πρακτικά μπορεί να είναι σαν να μην υπάρχουν.

Πίνακας 1

q (mm ²)	Ομάδα 1		Ομάδα 2		Ομάδα 3	
	K	M	K	M	K	M
0,75	-	-	12	6	15	10
1,0	11	6	15	10	19	10
1,5	15	10	18	10	24	20
2,5	20	16	26	20	32	25
4	25	20	34	25	42	35
6	33	25	44	35	54	50
10	45	35	61	50	73	63
16	61	50	82	63	98	80
25	83	63	108	80	129	100
35	103	80	135	100	158	125
50	132	100	168	125	198	160
70	165	125	207	160	245	200
95	197	160	250	200	292	250
120	235	200	292	250	344	315
150	-	-	335	250	391	315
185	-	-	382	315	448	400
240	-	-	453	400	528	400
300	-	-	504	400	608	500
400	-	-	-	-	726	630
500	-	-	-	-	830	630

10

q: Διατομή μονωμένου αγωγού χαλκού (mm²)

K: Επιτρεπτό μέγιστο διαρκές ρεύμα καλωδίου (A)

M: Μέγιστη τιμή ονομ. ρεύματος μικροαυτόματου (A)

Ομάδα 1: Ένα ή περισσότερα καλώδια σε σωλήνες

Ομάδα 2: Καλώδια πολλών αγωγών (π.χ. NYM)

Ομάδα 3: Μονόκλωνα καλώδια, εγκατεστημένα στον αέρα. Η απόσταση μεταξύ τους είναι τουλάχιστον όσο η διάμετρος τους.

Μεγ. Θερμοκρασία: 30 °C

Εικόνα 3: Επιλογή μικροαυτόματων (ABB)

Κεφάλαιο 5: Μελέτη Υποσταθμού της Εγκατάστασης

Στο τελευταίο κεφάλαιο της ηλεκτρολογικής μελέτης της βιομηχανίας υφασμάτων μελετάται ο Υποσταθμός (ΥΣ) Καταναλωτή Μέσης Τάσης της εγκατάστασης, δηλαδή το σύνολο του εξοπλισμού που έχει σαν στόχο τον ασφαλή υποβιβασμό της ΜΤ(20kV) σε ΧΤ(380/400V). Πιο συγκεκριμένα μελετώνται και επιλέγονται:

- ❖ Ο Μετασχηματιστής της εγκατάστασης
- ❖ Οι Κυψέλες Μέσης και Χαμηλής Τάσης
- ❖ Οι ζυγοί μέσης και χαμηλής τάσης
- ❖ Τα καλώδια μέσης τάσης και χαμηλής τάσης
- ❖ Τα μέτρα προστασίας του υποσταθμού ΜΤ, των Μ/Σ και του ΓΠΧΤ

Επίσης, θα γίνει η μελέτη της αντιστάθμισης της εγκατάστασης με στόχο την βελτίωση του συντελεστή ισχύος ($\cos\phi$).

Τέλος, παρουσιάζονται όλα τα μονογραμμικά διαγράμματα που αφορούν τη λειτουργία της βιομηχανίας.

5.1 Μετασχηματιστής Εγκατάστασης

5.1.1 Επιλογή Μ/Σ

Αρχικά, λαμβάνουμε υπόψη την συμφωνημένη ισχύ της εγκατάστασης, όπως αυτή υπολογίστηκε στο πρώτο κεφάλαιο της μελέτης, για να καθορίσουμε τον τύπο δικτύου παροχής του ΔΕΔΔΗΕ. Αφού $S_{\text{contracted}} = 1022.815 \text{ kVA}$ και με βάση τα δεδομένα της εργασίας που μας δόθηκε καταλήγουμε σε υπαίθρια παροχή ΔΕΔΔΗΕ τύπου A2.

Σε υποσταθμούς με ζητούμενη ισχύ $> 600 \text{ kVA}$, όπως στην περίπτωση μας, τοποθετούμε κατά κανόνα δύο Μ/Σ για λόγους εφεδρείας. Σε περίπτωση σφάλματος στον ένα Μ/Σ, αναλαμβάνει ο δεύτερος να καλύψει μέρος του φορτίου μέχρι να επισκευαστεί ο πρώτος Μ/Σ. Επίσης, η υπό μελέτη βιομηχανία επεξεργάζεται υφάσματα και άρα θεωρούμε πως δεν υφίστανται ειδικές συνθήκες περιβάλλοντος ενώ και η θέση της βιομηχανίας θεωρούμε πως είναι σε υψόμετρο κάτω των 1000m, με μέσες θερμοκρασίες εντός των τυποποιημένων ορίων για την ονομαστική λειτουργία των Μ/Σ.

Επομένως, επιλέγονται δύο ελαιόψυκτοι Μ/Σ ισχύος **630 kVA** της εταιρείας **ABB** με κωδικό **DR708512**, οι οποίοι καλύπτουν επαρκώς τη συμφωνημένη ισχύ της εγκατάστασης, ενώ εμφανίζουν και μικρές απώλειες κενού. Θα γίνει παραλληλισμός των Μ/Σ, ενώ θεωρούμε πως για να είναι δυνατός ο παραλληλισμός, δεδομένου πως πρόκειται για δύο πανομοιότυπους Μ/Σ, ισχύουν τα παρακάτω:

- Οι σχέσεις των ισχύων **είναι μεταξύ ½ και 3**
- Οι ονομαστικές τάσεις και ρυθμίσεις Μέσης Τάσης **είναι ίδιες**
- Οι ονομαστικές τάσεις βραχυκύλωσης **είναι ίσες**
- Έχουν τις ίδιες συνδεσμολογίες (Dyn5 ή Dyn11)



Μετασχηματιστές διανομής ελαίου 20/0,4 kV, με δοχείο διαστολής, Eco 2 design.		
Ισχύς kVA	Στοιχεία για παραγγελία	Κωδικός
160	-	DT708371
250	-	DT708372
315	-	DT708373
400	-	DT708374
500	-	DT708375
630	-	DT708376
800	-	DT708377
1.000	-	DT708378
1.250	-	DT708379
1.600	-	DT708380
2.000	-	DT708381
2.500	-	DT708382
3.150	-	DT708383

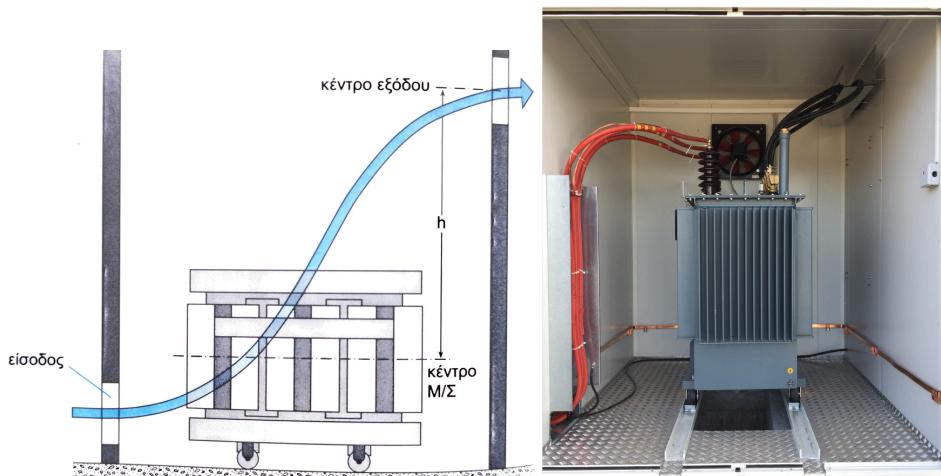
Εικόνα 5.1: Στοιχεία καταλόγου της ABB για τους Μ/Σ ελαίου 630kVA

Οι συγκεκριμένοι Μ/Σ συνοδεύονται με τον παρακάτω εξοπλισμό:

- Δείκτη στάθμης λαδιού
- Αφυγραντήρα
- Ηλεκτρονόμο δύο επαφών
- Θερμόμετρο δύο επαφών
- Τροχούς κυλίσεως
- Οπές για ανάρτηση
- Οπές για ρυμούλκηση
- Πινακίδα χαρακτηριστικών
- Πιστοποιητικά δοκιμών
- Ηλεκτρονόμος Buchholz

5.1.2 Τοποθέτηση Μ/Σ

Ο χώρος των Μ/Σ στην υπό μελέτη εγκατάσταση είναι στεγασμένος. Οι Μ/Σ θα τοποθετηθούν σε κατάλληλα διαμορφωμένο στεγανό λάκκο υπό κλίση, ώστε να αποφεύγεται ο κίνδυνος έκρηξης σε περίπτωση διαρροής λαδιού. Επίσης, θεωρούμε πως το δάπεδο είναι από σκυρόδεμα ενώ όπως βλέπουμε και στο AUTOCAD, οι χώροι που στεγάζονται οι Μ/Σ, καλύπτουν τις κατάλληλες διαστάσεις που ορίζουν τα πρότυπα. Τέλος, για τον σωστό εξαερισμό των Μ/Σ θέλουμε η είσοδος του αέρα να γίνεται στο χαμηλότερο σημείο, ενώ η έξοδος στο ψηλότερο.



Εικόνα 5.2: Εγκατάσταση και χώρος των Μ/Σ

5.2 Επιλογή Καλωδίων

5.2.1 Σύνδεση ΔΕΔΔΗΕ με ΥΣ

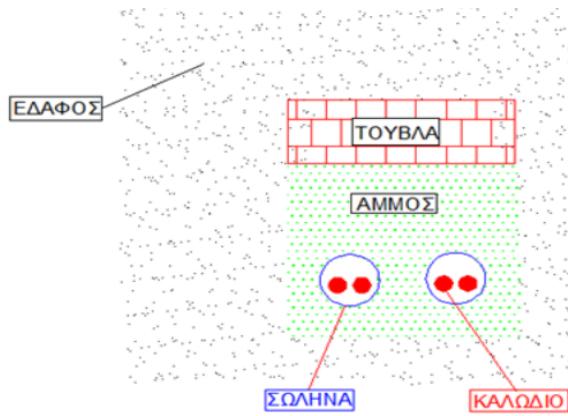
Τα καλώδια που θα συνδέουν το δίκτυο παροχής του ΔΕΔΔΗΕ με τον πίνακα Μέσης Τάσης του Υποσταθμού θα είναι **τρία μονοπολικά καλώδια τύπου N2XSY 12/20kV** της **εταιρείας CABLEL(HELLENIC CABLES)**. Τα συγκεκριμένα είναι καλώδια δικτυωμένου πολυαιθυλενίου (XLPE), κατάλληλα για τη μέση τάση, ενώ εμφανίζουν χαμηλές ηλεκτρικές απώλειες και καλη μηχανική και χημική ανθεκτικότητα.

Η όδευση των καλωδίων επιλέγεται να γίνει μέσω του ενταφιασμού τους στο έδαφος, λόγω της μικρής απόστασης του στύλου του ΔΕΔΔΗΕ από τον υποσταθμό της εγκατάστασης. Πιο αναλυτικά, τα καλώδια θα τοποθετηθούν μέσα σε σωλήνες σε χαντάκια με άμμο, βάθους **0.7-1.2m**, κάτω από τούβλα.

XLPE INSULATED PVC SHEATHED CABLES

CABLE TYPE: N2XSY-NA2XSY NOMINAL VOLTAGE: 12/20 kV SPECIFICATION: HD 620 S1 -VDE: 0276 PART 620						
N2XSY-NA2XSY	NOMINAL AREA OF CONDUCTOR	MEAN OVERALL DIAMETER (APPROX.)	NET WEIGHT (APPROX.)	MAX CONDUCTOR RESISTANCE AT 20°C	CURRENT CARRYING CAPACITY (EARTH)	CONTINUOUS CURRENT CARRYING CAPACITY AIR (TREFOIL)
	mm ²	mm	kg/km	Ω/km	A	A
N2XSY	1X35/16	29	1115	0.524	189	200
N2XSY	1X50/16	30	1270	0.387	222	239
N2XSY	1X70/16	32	1515	0.268	271	297
N2XSY	1X95/16	33	1800	0.193	323	361
N2XSY	1X120/16	35	2070	0.153	367	416
N2XSY	1X150/16	36	2450	0.124	409	470
N2XSY	1X185/16	38	2850	0.0991	461	538
N2XSY	1X240/16	40	3450	0.0754	532	634
N2XSY	1X300/16	43	4070	0.0601	599	724
N2XSY	1X400/16	46	5000	0.047	671	829
N2XSY	1X500/16	48	6020	0.0366	754	953
NA2XSY	1X50/16	30	1000	0.641	172	185
NA2XSY	1X70/16	32	1100	0.443	210	231
NA2XSY	1X95/16	33	1220	0.32	251	280
NA2XSY	1X120/16	35	1350	0.253	285	323
NA2XSY	1X150/16	36	1550	0.206	319	366
NA2XSY	1X185/16	38	1700	0.164	361	420
NA2XSY	1X240/16	40	1950	0.125	417	496
NA2XSY	1X300/16	43	2210	0.1	471	569
NA2XSY	1X400/16	46	2620	0.0778	535	660
NA2XSY	1X500/16	48	3000	0.0605	609	766

Εικόνα 5.3: Χαρακτηριστικά καλωδίων Μέσης Τάσης



Εικόνα 5.4: Ενταφιασμός καλωδίων Μέσης Τάσης

Πρέπει ωστόσο να υπολογιστεί και η διατομή των καλωδίων. Αρχικά, το μέγιστο συνεχώς επιτρεπόμενο ρεύμα θα προσδιοριστεί από τη συμφωνημένη ισχύ της εγκατάστασης. Για το ονομαστικό ρεύμα της εγκατάστασης υπολογίζουμε:

$$I_N = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V_{MT}} = \frac{1022.815}{\sqrt{3} \cdot 20} \Rightarrow I_N = 29.526 \text{ A}$$

Δεδομένου πως πρόκειται για θαμμένα καλώδια έχουμε τους εξής συντελεστές:

- $f_1=0.79$, για μέση θερμοκρασία εδάφους $\theta=25^\circ$, συντελεστή φόρτισης $m=1$ και ειδικής θερμικής αντίστασης του εδάφους $\sigma=1.5 \text{ K}\cdot\text{m/W}$
- $f_2=0.85$
- $f_3=0.85$
- $f_4=0.9$
- $f_5=1$

Οπότε προκύπτει $I_N/(f_1.f_2.f_3.f_4.f_5)= 57.477 \text{ A}$ με την αμέσως επόμενη τιμή με βάση τον πίνακα 7.29(σελ. 249) για τα 20kV να είναι $I_o=213 \text{ A}$ και επομένως η διατομή προκύπτει $A=35 \text{ mm}^2$

Τέλος ελεγχουμε πως το μέγιστο συνεχώς επιτρεπόμενο ρεύμα είναι μεγαλύτερο του ονομαστικού:

$$I_{max}=I_o \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_4 \cdot f_5 = 109.417 \text{ A} \Rightarrow I_{max}>I_N$$

Το καλώδιο όμως θα πρέπει να μπορεί να αντέξει και το μέγιστο ρεύμα βραχυκύκλωσης. Για τον υπολογισμό της διατομής, ώστε το καλώδιο να αντέξει ρεύματα βραχυκύκλωσης, θα γίνει χρήση του παρακάτω τύπου:

$$A = \frac{I_{th} \cdot \sqrt{t}}{k} = \frac{S_k \cdot \sqrt{t}}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot k}$$

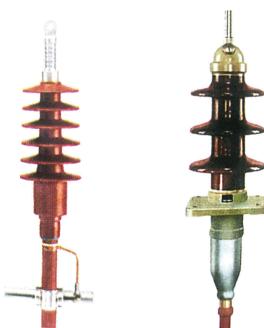
όπου, σύμφωνα με την παροχή του ΔΕΔΔΗΕ ισχύουν:

- Ονομαστική Τάση $U_n = 20\text{kV}$
- Συχνότητα $f = 50\text{Hz}$
- Ονομαστική Ισχύς Βραχυκύκλωματος $S_k = 250\text{MVA}$
- Ο χρόνος βραχυκύκλωσης είναι ο χρόνος που οι ΗΝ γης αποκόπτουν το σφάλμα(για τον ΔΕΔΔΗΕ ισχύει 1s)
- Για καλώδια χαλκού τύπου XLPE $k = 143\text{A/mm}^2$

Οπότε, υπολογίζεται σύμφωνα με τον παραπάνω τύπο $A \approx 50.468\text{mm}^2$

Παρατηρούμε πως για την αντοχή σε ρεύμα βραχυκύκλωσης απαιτείται μεγαλύτερη διατομή από αυτή των 35mm^2 που υπολογίστηκε για το ρεύμα φόρτισης.

Τελικά, επιλέγονται για την τροφοδοσία από τον ΔΕΔΔΗΕ, τρία μονοπολικά καλώδια σε οριζόντια διαταξη τύπου N2XSY 12/20 kV και διατομής 70mm^2 , ώστε η διαστασιολόγηση να είναι από την ασφαλή πλευρά. Στην υπαίθρια σύνδεση στο στύλο του ΔΕΔΔΗΕ, θα χρησιμοποιήσουμε ακροκεφαλές πορσελάνης, ενώ στον υποσταθμό ακροκεφαλές με λάστιχο σιλικόνης.



Εικόνα 5.5: Ακροκεφαλή με λάστιχο σιλικόνης (αριστερά) και ακροκεφαλή πορσελάνης (δεξιά)

5.2.2 Σύνδεση πίνακα ΜΤ με M/Σ

Οι δύο M/Σ των 630kVA της εγκατάστασης λειτουργούν σε τάση 20kV και βρίσκονται σε παράλληλη σύνδεση άρα το ρεύμα ισομοιράζεται ($I_{N/2}=14.763$ A). Για την εύρεση της κατάλληλης διατομής των καλωδίων που θα συνδέουν τον πίνακα Μέσης Τάσης με το πρωτεύον του M/Σ, ακολουθείται η ίδια διαδικασία όπως προηγουμένως.

Με χρήση του ίδιου τύπου όπως προηγουμένως και με τα ίδια δεδομένα παροχής του ΔΕΔΔΗΕ:

$$A = \frac{I_{th} \cdot \sqrt{t}}{k} = \frac{S_k \cdot \sqrt{t}}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot k}$$

οπότε, προκύπτει $A \approx 50.468 \text{ mm}^2$

Τελικά, επιλέγονται για τη σύνδεση πίνακα ΜΤ με τους δύο M/Σ έξι καλώδια τύπου **N2XSY 12/20 kV ονομαστικής διατομής 70mm²**

5.2.3 Σύνδεση M/Σ με πίνακα ΧΤ

Για την εύρεση κατάλληλων καλωδίων που θα συνδέουν το δευτερεύον των δύο M/Σ με το ζυγό Χαμηλής Τάσης, αρχικά πρέπει να υπολογιστεί το ρεύμα στην έξοδο κάθε M/Σ.

Για M/Σ με ονομαστική φαινόμενη ισχύ S=630kVA και με ονομαστική τάση U_n=400V έχουμε:

$$I_N = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V_{XT}} = \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 0.4} \Rightarrow I_N = 909.327 \text{ A}$$

Δεδομένου πως πρόκειται για καλώδια στον ελεύθερο αέρα έχουμε τους εξής συντελεστές:

- n_1 συντελεστής διόρθωσης για διάφορες θερμοκρασίες περιβάλλοντος. Στην περίπτωση μας από τα δεδομένα της εργασίας λαμβάνουμε θερμοκρασία μέγιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος 40° άρα $n_1=0.87$
- n_2 συντελεστής διόρθωσης για πολλά γειτνιάζοντα συστήματα. Θεωρούμε πως η τοποθέτηση των καλωδίων στις σχάρες γίνεται με τέτοιο τρόπο, ώστε να εξασφαλίζεται επαρκής απόσταση μεταξύ τους οπότε λαμβάνουμε $n_2=1$
- n_3 συντελεστής διόρθωσης για καλώδια με περισσότερους των 4 αγωγών. Στην περίπτωση μας, $n_3=1$

Οπότε προκύπτει $I_N/(n_1 \cdot n_2 \cdot n_3) = 1045.203 \text{ A}$. Παρατηρούμε πως καμία τυποποιημένη τιμή για ονομαστικό ρεύμα I_o με βάση τον πίνακα 7.15(σελ. 234) δεν επαρκεί. Επομένως, επιλέγονται τρία καλώδια ανα φάση τύπου **NYY(J1VV)** διατομής 120 mm^2 , αφού υπολογίζουμε $I_N/3=303.109 \text{ A}$ και για διατομή $120 \text{ mm}^2 \Rightarrow I_o=353$ οπότε $I_{max}=I_o \cdot n_1 \cdot n_2 \cdot n_3 = 307.11 \text{ A}$ και τελικά ισχύει $I_{max} > I_N$.

5.3 Ζυγοί

Για την επιλογή των ζυγών Μέσης και Χαμηλής Τάσης θα γίνει χρήση των τύπων στο κεφάλαιο 15.9 του βιβλίου. Οι τύποι είναι σύμφωνοι με τους κανονισμούς VDE 0103/1988, DIN 57103/1988 και IEC 865 και έχουν ως στόχο τον έλεγχο της μηχανικής αντοχής τριφασικών ζυγών με τη μορφή ορθογώνιας μπάρας καθώς και τον ελέγχο της αντοχής τους σε ρεύματα βραχυκύκλωσης

5.3.1 Ζυγοί Μέσης Τάσης

Οι ζυγοί ΜΤ θα πρέπει να επιλεγούν ορθά, ώστε να αντέχουν το ρεύμα που θα περνάει κατά την ονομαστική λειτουργία τους, αλλά και τις δυνάμεις που θα δεχθούν κατά τη διάρκεια ενός βραχυκύκλωματος. Η διατομή, δηλαδή, των ζυγών ΜΤ καθορίζεται κυρίως από το μέγιστο στιγμιαίο ρεύμα βραχυκύκλωσης. Ακόμη πρέπει να ληφθεί υπόψη και η μέγιστη τάση κάμψης των ζυγών και των μονωτήρων στήριξης τους λόγω την H/M δυνάμεων που προκύπτουν από τα ρεύματα αυτά

Για την παροχή του ΔΕΔΔΗΕ λαμβάνουμε για την ισχύ βραχυκύκλωσης τη μέγιστη τιμή $S_k=250\text{MVA}$, ώστε η ανάλυση μας να βρίσκεται στην ασφαλή πλευρά. Επίσης αναγκαίος στους υπολογισμούς μας είναι ο λόγος R/X που αφορά την αντίσταση και την αντίδραση της γραμμής που συνδέει το ζυγό ΜΤ της εγκατάστασης με την παροχή 20kV του ΔΕΔΔΗΕ. Δεδομένου πως έχουμε εναέριο δίκτυο σε απόσταση ο λόγος αυτός λαμβάνεται $R/X = 0.25$.

Άρα το ρεύμα βραχυκύκλωσης υπολογίζεται:

$$I_k = \frac{S_k}{\sqrt{3} \cdot V_{MT}} = \frac{250 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \cdot 20 \text{ kV}} \Rightarrow I_k = 7.216 \text{ kA}$$

για $R/X = 0.25$ προκύπτουν:

$$\text{κρονοστικός συντελεστής } \kappa = 1.02 + 0.98 \cdot e^{-3 \cdot \frac{R}{X}} \Rightarrow \kappa = 1.483$$

και

$$\text{κρονοστικό ρεύμα } i_p = \sqrt{2} \cdot \kappa \cdot I_k \Rightarrow i_p = 15.13 \text{ kA}$$

Ακολούθως, υπολογίζουμε τη μέγιστη δύναμη F_{m3} που ασκείται στη μπάρα του ζυγού για άνοιγμα στήριξης $l=1\text{m}$ και απόσταση φάσεων $a=230\text{mm}$:

$$F_{m3} = \frac{\sqrt{3}}{10} \cdot i_p^{2 \cdot \frac{l}{a}} \Rightarrow F_{m3} = 172.39 \text{ N}$$

Σε αυτό το σημείο κάνουμε δοκιμές για τις διάφορες διατομές ζυγών που υπάρχουν. Για διατομή 30x5 mm² έχουμε:

$$\text{Ροπή αντίστασης } W = \frac{b \cdot h}{6} = \frac{30 \cdot 5^2}{6} \Rightarrow W = 125 \text{ mm}^2$$

$$\text{Τάση κάμψης } \sigma_m = 0.73 \cdot v \cdot \frac{F_{m3} \cdot l}{8 \cdot W} \Rightarrow \sigma_m = 226.5 \text{ N/mm}^2$$

με $v=1.8$ για εναέρια διανομή

Από την άλλη, για χαλκό F25 με $R_{p0.2}=200 \text{ N/mm}^2$ θέλουμε:

$$\sigma_m \leq 1.5 \cdot R_{p0.2} \Rightarrow 226.5 \leq 300, \text{ που ισχύει}$$

Για μικρότερη διατομή 25x3mm² προκύπτουν $W = 37.5 \text{ mm}^2$, $\sigma_m = 419.48 \text{ N/mm}^2$ οπότε:

$$\sigma_m \leq 1.5 \cdot R_{p0.2} \Rightarrow 419.48 \leq 300, \text{ που δεν ισχύει}$$

Επιλέγεται επομένως, μία μπάρα βαμμένη ανά φάση από χαλκό F25 με διατομή 30x5 mm² (πίνακας 7.37 σελ 260).

Τέλος, για την πληρότητα των υπολογισμών θα ελέγξουμε αν η καθορισμένη διατομή καλύπτει τη θερμική καταπόνηση των ζυγών και τις δυνάμεις στους μονωτήρες.

- **Για τη θερμική καταπόνηση:**

$$\text{Το ρεύμα σε ονομαστική λειτουργία } I_N = \frac{2 \cdot S_{M/S}}{\sqrt{3} \cdot V_{MT}} \Rightarrow I_N = 36.37 \text{ A}$$

Για βαμμένη μπάρα με διατομή 30x5 mm², σύμφωνα με τον πίνακα 7.37 και για μείωση τιμών 30% λόγω ήρεμου αέρα το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα είναι $I_{max} = 0.7 \cdot 447 = 312.9 \text{ A}$

Άρα ισχύει $I_{max} > I_N$

- **Για τις δυνάμεις στους μονωτήρες:**

Θέλουμε οι μονωτήρες να αντέχουν σε δύναμη που εφαρμόζεται στην κεφαλή τους και κάθετα στον άξονα τους. Η δύναμη αυτή είναι:

$$F_d = V_F \cdot V_r \cdot \alpha \cdot F_{m3} \Rightarrow F_d = 208.59 \text{ N}$$

όπου,

$$-V_F \cdot V_r = 1.1, \text{ από σχ. } 15.44 \text{ αφού } \frac{\sigma_m}{0.8 \cdot R'_{p0.2}} = 0.7865$$

$-\alpha = 1.1$ για περισσότερες από 3 στηρίξεις

5.3.1 Ζυγοί Χαμηλής Τάσης

Η διατομή των ζυγών Χαμηλής Τάσης, σε αντίθεση με την ΜΤ, καθορίζεται από το μέγιστο συνεχώς επιτρεπόμενο ρεύμα σε ονομαστική λειτουργία. Οι ζυγοί θα διαστασιολογηθούν σύμφωνα με το ρεύμα του καθενός Μ/Σ, καθώς θεωρούμε πως οι αγωγοί έχουν τοποθετηθεί έτσι ώστε ο ένας Μ/Σ να φτάνει στο ένα άκρο των ζυγών και ο άλλος Μ/Σ στο άλλο άκρο. Έτσι, το ρεύμα που διαρρέει τους ζυγούς αναχωρεί απευθείας για τα φορτία και δε λαμβάνει τιμή I^2R . Με όμοιο σκεπτικό, όπως στην προηγούμενη ενότητα:

- **Θερμική Καταπόνηση**

Το ονομαστικό ρεύμα ενός Μ/Σ στη ΧΤ είναι $I_N = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V_{MT}} = \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 0.4} \Rightarrow I_N = 909.327 \text{ A}$

Δεδομένου πως έχουμε ήρεμο αέρα το ρεύμα αυτό γίνεται $I_N / 0.7 \Rightarrow I_N = 1300 \text{ A}$

Με επιλογή διατομής $80 \times 10 \text{ mm}^2$ προκύπτει $I_o = 1500 \Rightarrow I_{max} = 0.7 \cdot 1500 = 1050 \text{ A}$

Άρα ισχύει $I_{max} > I_N$

Επιλέγεται μία βαμμένη μπάρα χαλκού ανά φάση με διατομή $80 \times 10 \text{ mm}^2$

- **Ρεύμα Βραχυκύλωσης - Μέγιστη Τάση Κάμψης αγωγών**

Για το στάσιμο ρεύμα τριφασικού βραχυκύλωματος σύμφωνα με τα δεδομένα του Μ/Σ έχουμε:

$$I_k = \frac{1.1 \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_1} = \frac{1.1 \cdot S_r}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot u_k} = \frac{1.1 \cdot 630000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.06} = 17.55 \text{ kA}$$

Για τον λόγο R/X σύμφωνα με τον πίνακα 15.5 υπολογίζεται:

$$\frac{R}{X} = \frac{\frac{P_{cu}}{S_r}}{\sqrt{u_k^2 - \left(\frac{P_{cu}}{S_r}\right)^2}} = \frac{\frac{6500}{630 \cdot 10^3}}{\sqrt{0.06^2 - \left(\frac{6500}{630 \cdot 10^3}\right)^2}} = 0.17456$$

Οπότε για το μέγιστο ρεύμα βραχυκύλωσης με κρονοστικό συντελεστή $\kappa = 1.6$ έχουμε:

$$i_p = \sqrt{2} \cdot \kappa \cdot I_k \Rightarrow i_p = 39.7 \text{ kA}$$

Ακολούθως, υπολογίζουμε τη μέγιστη δύναμη F_{m3} που ασκείται στη μπάρα του ζυγού για άνοιγμα στήριξης $l = 1 \text{ m}$ και απόσταση φάσεων $a = 230 \text{ mm}$:

$$F_{m3} = \frac{\sqrt{3}}{10} \cdot i_p^{2 \cdot \frac{l}{a}} \Rightarrow F_{m3} = 1186.899 \text{ N}$$

Για διατομή 80x10 mm² έχουμε:

$$\text{Ροπή αντίστασης } W = \frac{b \cdot h}{6} = \frac{80 \cdot 10^2}{6} \Rightarrow W = 1333.333 \text{ mm}^2$$

$$\text{Τάση κάμψης } \sigma_m = 0.73 \cdot v \cdot \frac{F_{m3} \cdot l}{8 \cdot W} \Rightarrow \sigma_m = 146.211 \text{ N/mm}^2$$

με $v=1.8$ για εναέρια διανομή

Από την άλλη, για χαλκό F25 με $R_{p0.2} = 200 \text{ N/mm}^2$ θέλουμε:

$$\sigma_m \leq 1.5 \cdot R_{p0.2} \Rightarrow 146.211 \leq 300, \text{ που ισχύει}$$

- Δυνάμεις στους μονωτήρες

Θέλουμε οι μονωτήρες να αντέχουν σε δύναμη που εφαρμόζεται στην κεφαλή τους και κάθετα στον άξονα τους. Η δύναμη αυτή είναι:

$$F_d = V_F \cdot V_r \cdot \alpha \cdot F_{m3} \Rightarrow F_d = 1305.5889 \text{ N}$$

όπου,

$$-V_F \cdot V_r = 1.1, \text{ από σχ. } 15.44 \text{ αφού } \frac{\sigma_m}{0.8 \cdot R'_{p0.2}} = 0.7865$$

$-\alpha = 1.1$ για περισσότερες από 3 στηρίξεις

5.4 Υποσταθμός ΜΤ και Κυψέλες

5.4.1 Κυψέλες Μέσης Τάσης

1. Γενικά

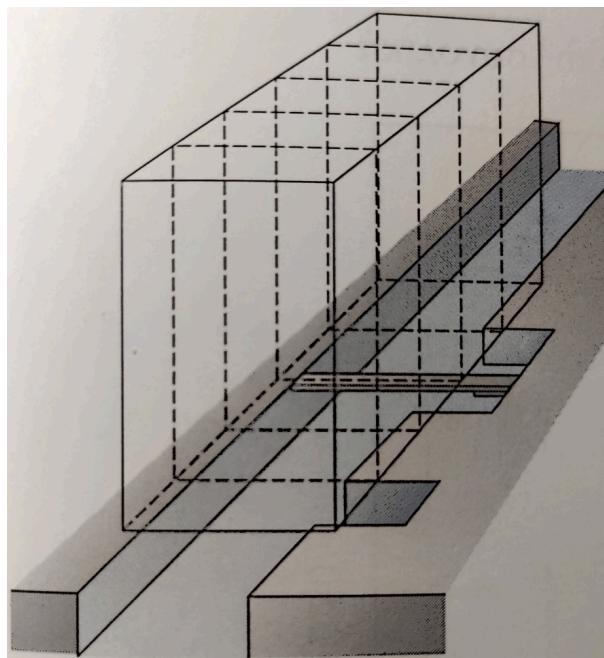
Ο πίνακας ΜΤ είναι το σημείο της εγκατάστασης όπου έρχονται (αφίξεις) τα παροχικά καλώδια του ΔΕΔΔΗΕ και φεύγουν (αναχωρήσεις) τα καλώδια για τους Μ/Σ ισχύος. Ο πίνακας εγκαθίσταται πάντα σε κλειστό χώρο. Στον πίνακα γίνονται με ασφάλεια όλοι οι χειρισμοί που αφορούν την τάση των 20kV. Ο πίνακας αποτελείται από μία ή περισσότερες κυψέλες.

Οι κυψέλες είναι αυτοτελείς κατασκευές που συναρμολογούνται στο εργοστάσιο κατασκευής τους και κατόπιν συνδέονται μεταξύ τους για να αποτελέσουν τον τελικό πίνακα.

Γενικά έχουν τις εξής διαστάσεις:

- Πλάτος 0.7 έως 1.3m
- Βάθος 1 έως 1.5m
- Ύψος 1.5 έως 2.3m

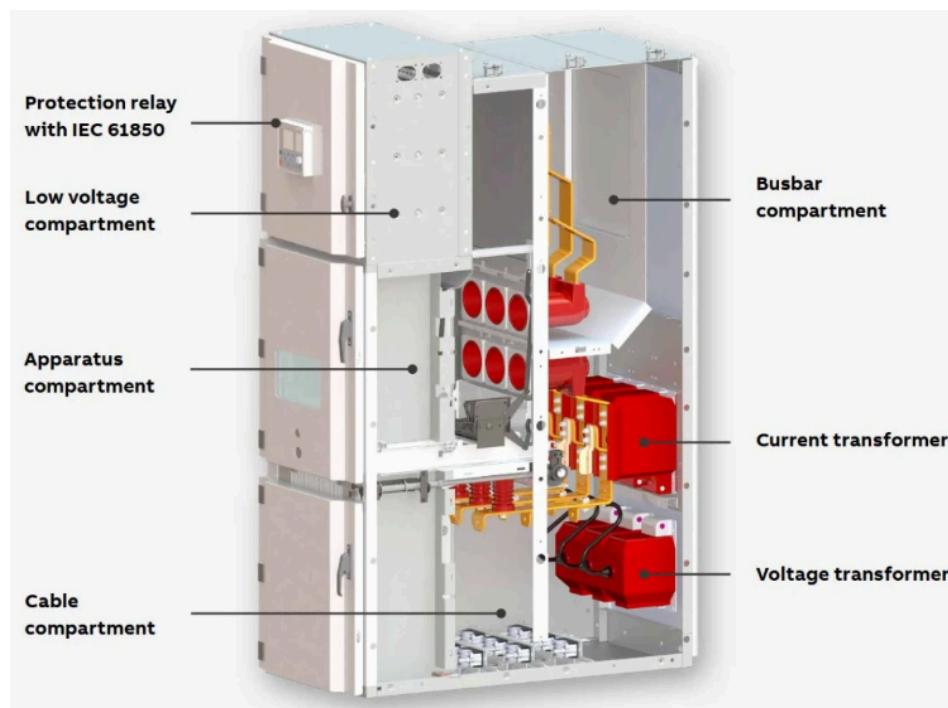
Τα καλώδια μέσης τάσης από τον ΔΕΔΔΗΕ έρχονται από το κάτω μέρος του πίνακα, οπότε προβλέπεται και η κατασκευή χαντακιών στο κάτω μέρος του πίνακα. Τέλος, τα τοιχώματα των κυψελών είναι από χαλυβδοελάσματα πάχους 2 έως 3 mm, ώστε πιθανά σφάλματα να περιορίζονται στο εσωτερικό του πίνακα



Εικόνα 5.6: Διάταξη και χώρος κυψελών

2. Επιλογή Κυψελών Μέσης Τάσης

Για την παρούσα εγκατάσταση επιλέγονται τρεις κυψέλες MT, μία για την άφιξη της παροχής του ΔΕΔΔΗΕ και δύο για την αναχώρηση γραμμών προς του δύο Μ/Σ που έχουν επιλεγεί. Πιο αναλυτικά, επιλέγονται οι κυψέλες MT Unigear ZS1 24kV της ABB.



Εικόνα 5.7: Κυψέλες Μέσης Τάσης Unigear ZS1 (επάνω) και σχεδιάγραμμα του εσωτερικού τους (κάτω)

5.4.2 Κυψέλες Χαμηλής Τάσης

1. Γενικά

Αντίστοιχα με τις Κυψέλες Μέσης Τάσης, ο ΓΠΧΤ αποτελεί ένα ζωτικό σημείο της εγκατάστασης και είναι σημαντικό να προστατεύεται πλήρως από σκόνη, υγρασία, ζωντανούς οργανισμούς και οτιδήποτε άλλο μπορεί να επηρεάσει την ομαλή λειτουργία του. Οι κυψέλες Χαμηλής Τάσης θα περιέχουν τα καλώδια σύνδεσης με τα φορτία και τους υποπίνακες, τα αντίστοιχα μέσα προστασίας των φορτίων και υποπινάκων, τον πίνακα αντιστάθμισης καθώς και μέσα ελέγχου και μέτρησης. Θα είναι κατασκευασμένος από μεταλλικό σκελετό ενώ η πρόσβαση σε αυτόν θα γίνεται μόνο από το μπροστινό μέρος, το οποίο θα είναι είτε καλυμμένο από μεταλλικές θύρες είτε κατασκευασμένο από ειδικό γυαλό τύπου Plexiglass για δυνατότητα εποπτείας του εσωτερικού του πίνακα.

2. Επιλογή Κυψελών Χαμηλής Τάσης

Για την εγκατάστασης μας επιλέγονται κυψέλες XT MNS Digital, της εταιρείας ABB.

LOW VOLATGE SYSTEMS

MNS® Digital

The switchgear that sees everything



ABB's MNS platform for low voltage switchgear has been evolving for over 45 years. Since its inception, MNS design has focused on the fundamental principles of safety, reliability, modularity and scalability. MNS Digital extends the proven system platform, with the latest technologies for data analytics and data communication providing switchgear ready for Industry 4.0.

Εικόνα 5.8: Κυψέλες MNS Digital της ABB

5.5 Μελέτη Αντιστάθμισης

Καθώς τα φορτία της βιομηχανίας είναι κυρίως επαγγελματικά, κρίνεται απαραίτητη η αντιστάθμιση, ώστε να αυξηθεί ο συντελεστής ισχύος από $\cos\phi=0.888$ στο επιθυμητό $\cos\phi=0.95$, σύμφωνα με τα δεδομένα της εργασίας. Η αύξηση του συντελεστή ισχύος έχει ως στόχο τη μείωση της κατανάλωσης άεργου ισχύος. Αντιστάθμιση θα γίνει τοπικά, στην πλευρά Χαμηλής Τάσης των M/Σ, αλλά και κεντρικά, στους ζυγούς Χαμηλής Τάσης με τη χρήση συστοιχιών πυκνωτών.

5.5.1 Τοπική Αντιστάθμιση

Λόγω του ρεύματος μαγνήτισης και των αντιδράσεων σκέδασης οι M/Σ καταναλίσκουν άεργη ισχύ, οπότε και είναι θεμιτή η αντιστάθμιση τους τοπικά.

Γενικά για M/Σ χαμηλής τάσης 20kV/400V ισχύει:

$$Q = (0.06 - 0.08) \cdot S_r = (0.06 - 0.08) \cdot 630 \Rightarrow Q = 37.8 - 50.4 \text{ kVar}$$

όπου,

- Q είναι η άεργος ισχύς που καταναλίσκει ο M/Σ και
- S_r η ονομαστική ισχύς του κάθε M/Σ

Ωστόσο, μεγάλη τοπική αντιστάθμιση πρέπει να αποφεύγεται λόγω υπερτάσεων σε χαμηλά φορτία. Επομένως, πρέπει να καλύπτεται ο ακόλουθος περιορισμός:

$$Q \leq \frac{1.5 \cdot S_r}{u_k} = \frac{1.5 \cdot 630}{6} \Rightarrow Q = 157.5 \text{ kVar}$$

- u_k η τάση βραχυκύλωσης
- S_r η ονομαστική ισχύς του κάθε M/Σ

Άρα είμαστε εντός ορίων. Επιλέγονται δύο πυκνωτές, μια συστοιχία για κάθε M/Σ, των **40kVar** τύπου **CLMD 33S-40** της εταιρείας **ABB**.



Εικόνα 5.6: Πυκνωτές Αντιστάθμισης

Για την εύρεση της διατομής των καλωδίων που θα χρησιμοποιηθούν για τη σύνδεση των πυκνωτών με τους ακροδέκτες της Χαμηλής Τάσης των Μ/Σ, υπολογίζουμε αρχικά το ρεύμα κάθε φάσης της κάθε συστοιχίας και έπειτα εφαρμόζουμε διόρθωση λόγω της θερμοκρασίας, οπότε προκύπτουν:

$$I_c = \frac{Q_c}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{40000}{\sqrt{3} \cdot 400} \Rightarrow I = 57.735 \text{ A}$$

και με $n_1 = 0.87$ για θερμοκρασία 40° και καλώδια στον ελεύθερο αέρα

$$I_o = I_c / 0.87 \Rightarrow I_o = 66.36 \text{ A}$$

Επιλέγονται τετραπολικά καλώδια τύπου **NYY(J1VV)** διατομής 16mm^2 για τις φάσεις και τον ουδέτερο και μονοπολικό καλώδιο τύπου **NYY(J1VV)** διατομής 16mm^2 για τον αγωγό προστασίας.

Τέλος, για την ζεύξη/απόζευξη και την προστασία των πυκνωτών από βραχυκυκλώματα επιλέγουμε να συνδέσουμε σε κάθε πυκνωτή, έναν τηλεχειριζόμενο διακόπτη αέρος **UA63-30-00-RA**, της εταιρείας ABB σε συνδυασμό με έναν ασφαλειοαποζεύκτη **XLP-000** της ABB.

5.5.2 Κεντρική Αντιστάθμιση

1. Πίνακας Αντιστάθμισης - Γενικά

Στην υπόλοιπη εγκατάσταση θα εφαρμοστεί κεντρική αντιστάθμιση. Ο πίνακας αντιστάθμισης που θα κατασκευαστεί θα χρησιμοποιηθεί για τη βελτίωση του συντελεστή ισχύος της

εγκατάστασης με στόχο τον περιορισμό της αέργου ισχύος που απορροφάται από το δίκτυο και επομένως την οικονομικότερη λειτουργία της εγκατάστασης

Οι πίνακες αντιστάθμισης θα περιλαμβάνουν τον εξής εξοπλισμό:

- Πυκνωτές Αντιστάθμισης
- Τηλεχειριζόμενοι Διακόπτες Αέρος για τη Ζεύξη των Πυκνωτών
- Ρυθμιστές Αέργου Ισχύος για την αυτόματη ρύθμιση της αντιστάθμισης
- Μέσα Προστασίας των Πυκνωτών
- Καλωδιώσεις

Ο πίνακας αντιστάθμισης θα τοποθετηθεί σε κοντινή απόσταση με τον ΓΠΙΧΤ. Ο σχεδιασμός και η κατασκευή του πίνακα θα βασίζεται στο πρότυπο IEC 61439. Τέλος, θα διαθέτει κατάλληλες διόδους φυσικού εξαερισμού ώστε να αποφεύγονται φαινόμενα υπερθέρμανσης του εσωτερικού του πίνακα, τα οποία οδηγούν στη μειωμένη απόδοση του εξοπλισμού και σε πιθανές βλάβες του.

2. Πυκνωτές Αντιστάθμισης

Οι πυκνωτές χαμηλής τάσης θα πρέπει να είναι ξηρού τύπου, με τάση λειτουργίας τα 400 V AC, αυτοθεραπευόμενοι με διάρκεια ζωής τουλάχιστον 15 χρόνια και να παρουσιάζουν χαμηλές απώλειες διηλεκτρικού. Ακόμη, οι πυκνωτές θα πρέπει να είναι κατάλληλοι για εγκαταστάσεις εσωτερικού χώρου με θερμοκρασία λειτουργίας από -25° έως 55° βαθμούς κελσίου. Ο ελάχιστος χρόνος μεταξύ απενεργοποίησης και επανενεργοποίησης των πυκνωτών πρέπει να είναι 40 sec.

Θα παραδίδονται με σετ εξωτερικών αντιστάσεων εκφόρτισης πάνω στους ακροδέκτες τροφοδοσίας που θα πρέπει να εκφορτίζουν τους πυκνωτές με τέτοιο τρόπο ώστε με το πέρας ενός λεπτού η τάση στα άκρα τους να μην είναι μεγαλύτερη από 50 V. Τέλος, το περίβλημα τους θα γειώνεται στο σημείο στερέωσης των πυκνωτών με ειδικό κοχλία.

3. Επιλογή Πυκνωτών

Σε συνέχεια των επιλογών μας από τα προηγουμένα παραδοτέα, θα γίνει επιλογή πυκνωτών της εταιρείας ABB.

Για αρχικό συντελεστή ισχύος $\cos\phi_1=0.888$ έχουμε $\phi_1=27.377^\circ$ και για επιθυμητό $\cos\phi_2=0.95$ έχουμε $\phi_2=18.195^\circ$. Θα υπολογίσουμε την συνολική αντιστάθμιση πριν και μετά την μελλοντική αύξηση του φορτίου με χρήση του τύπου:

$$Q = (\tan\phi_1 - \tan\phi_2) \cdot P$$

Άρα, πριν την αύξηση του φορτίου με $P_{αρχ}=891.725\text{ kW}$ και με συντελεστή ταυτοχρονισμού 0.83 προκύπτει $Q=140 \text{ kVar}$, ενώ με την μελλοντική αύξηση 27% έχουμε $Q'=177.78 \text{ kVar}$. Επίσης, επειδή έχει εφαρμοστεί τοπική αντιστάθμιση στους M/Σ, για να υπολογίσουμε την κεντρική αντιστάθμιση αφαιρούμε από την συνολική την τοπική, οπότε $Q_c=60 \text{ kVar}$ και $Q'_c=97.78 \text{ kVar}$.

Επιλέγονται 8 συστοιχίες πυκνωτών τύπου CLMD-33S της εταιρείας ABB, με συνολική ισχύ 100 kVar, που καλύπτει και την περίπτωση του μελλοντικού φορτίου. Η επιλογή των πυκνωτών έχει γίνει με τέτοιο τρόπο ώστε να υπάρχει μία διαβάθμιση στην άεργο ισχύ τους, ώστε να καλύπτονται οι ανάγκες τις αντιστάθμισης με τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια. Συγκεκριμένα επιλέγονται οι εξής πυκνωτές:

Πυκνωτής	Άεργος Ισχύς Πυκνωτή (kVar)	Τιμή(€)
CLMD 33S-20	20	276.2
CLMD 33S-20	20	276.2
CLMD 33S-20	20	276.2
CLMD 33S-12.5	12.5	199.71
CLMD 33S-12.5	12.5	199.71
CLMD 33S-5	5	155.8
CLMD 33S-5	5	155.8
CLMD 33S-5	5	155.8

Πίνακας 5.1: Πυκνωτές Κεντρικής Αντιστάθμισης

Αντιστάθμιση συντελεστή ισχύος συνφ

Ενισχυμένοι πυκνωτές αντιστάθμισης, CLMD 33S



CLMD 33S



CLMD 33S-2x5

Προορίζονται για χρήση σε εγκαταστάσεις, όπου η ισχύς των μη γραμμικών φορτίων είναι <15% της εγκατεστημένης. Οι σταθεροί πυκνωτές βελτίωσης συνφ CLMD 33S και οι συστοιχίες τους φέρουν μόνιμες αντιστάσεις εκφόρτισης. Συνιστάται η χρήση τους σαν βήματα αυτόματων συστοιχιών αντιστάθμισης. Παραδίδονται με εύκαμπτο επικασιτερωμένο καλώδιο παροχής μήκους 1 m ή μεγαλύτερου κατόπιν παραγγελίας με επιπλέον χρέωση 5 €/m.

U_n=525 V, 50 Hz, ενισχυμένοι πυκνωτές αντιστάθμισης, CLMD 33S

Περιγραφή	Ωφέλιμη Ισχύς (400 V) kVar	Ισχύς (525 V) kVar	Στοιχεία για παραγγελία		Τιμή (€)
	Τύπος	Κωδικός			
Μονός (1X CLMD 33S-5)	5	8,6	CLMD 33S-5	CP31406	155,80
Μονός (1XCLMD 33S-7,2)	7,2	12,5	CLMD 33S-7,2	CP31629	170,46
Διπλός (2X CLMD 33S-5)	2 x 5	2 x 8,6	CLMD 33S-2x5	CP31628	283,28
Διπλός (2XCLMD 33S-2x7,5)	2 x 7,2	2 x 12,5	CLMD 33S-2x7,2	CP31630	314,08

U_n=450 V, 50 Hz, ενισχυμένοι πυκνωτές αντιστάθμισης, CLMD 33S

Περιγραφή	Ωφέλιμη Ισχύς (400 V) kVar	Ισχύς (450 V) kVar	Στοιχεία για παραγγελία		Τιμή (€)
	Τύπος	Κωδικός			
Μονός (1XCLMD 33S-10)	10,0	12,7	CLMD 33S-10	CP30670	178,59
Μονός (1XCLMD 33S-12,5)	12,5	15,8	CLMD 33S-12,5	CP31559	199,71
Μονός (1XCLMD 33S-15)	15,0	19,0	CLMD 33S-15	CP30671	233,71
Μονός (1xCLMD 33S-20)	20,0	25,4	CLMD 33S-20	CP30672	276,20
Μονός (1xCLMD 33S-25)	25,0	31,6	CLMD 33S-25	CP30674	296,03
Διπλός (2XCLMD 33S-10)	2 x 10	2 x 12,7	CLMD 33S-2x10	CP31631	338,71
Διπλός (2XCLMD 33S-12,5)	2 x 12,5	2 x 15,8	CLMD 33S-2X12,5	CP31633	357,18
Συστοιχία (CLMD33S-20+CLMD 33S-10)	20,0 + 10,0	38,1	CLMD 33S-30	CP26521	454,79
Συστοιχία (2xCLMD 33S-20)	2 x 20,0	50,8	CLMD 33S-40	CP26522	552,40
Συστοιχία (2xCLMD 33S-25)	2 x 25,0	63,2	CLMD 33S-50	CP26523	592,06
Συστοιχία (3xCLMD 33S-20)	3 x 20,0	76,2	CLMD 33S-60	CP26524	828,60

Εικόνα 5.7: Πυκνωτές CLMD 33S της ABB

Για την σωστή ρύθμιση της άεργου ισχύος απαιτείται και ένας κατάλληλος ρυθμιστής ο οποίος θα αντιλαμβάνεται το φορτίο της βιομηχανίας κάθε στιγμή και θα συνδέει ή θα αποσυνδέει την αντιστάθμιση αναλόγως. Επιλέγεται ρυθμιστής αέργου ισχύος 8 βημάτων τύπου RVC-8 της εταιρείας ABB.



Ρυθμιστές αέργου ισχύος

Περιγραφή	Στοιχεία για παραγγελία		Τιμή (€)
	Τύπος	Κωδικός	
Ρυθμιστές αέργου ισχύος, RVC Νέοι προγραμματιζόμενοι ρυθμιστές συνφ για αυτόματες συστοιχίες πυκνωτών με δυνατότητα μέτρησης βασικών μεγεθών (V, A, συνφ, αρμονικών τάσης και έντασης). Διαθέτουν ανανεωμένα γραφικά εικονίδια, σημαντικά μειωμένο βάθος τοποθέτησης, εύκολο προγραμματισμό και χειρισμό.			
Ρυθμ. αέργου ισχύος 1 έως 3 βημάτων	RVC3	PF78124	336,75
Ρυθμ. αέργου ισχύος 1 έως 6 βημάτων	RVC6	PF78125	404,33
Ρυθμ. αέργου ισχύος 1 έως 8 βημάτων	RVC8	PF78126	436,00
Ρυθμ. αέργου ισχύος 1 έως 10 βημάτων	RVC10	PF78127	461,15
Ρυθμ. αέργου ισχύος 1 έως 12 βημάτων	RVC12	PF78128	506,12
Αναλυτές δικτύου / Ρυθμιστές αέργου ισχύος, RVT Πολλαπλών δυνατοτήτων όργανα μέτρησης (kW, kVar, kVA, V, A, Hz, συνφ, αρμονικών δικτύου κλπ.) και ρυθμιστές συνφ για αυτόματες συστοιχίες πυκνωτών. Με οθόνη αφής.			
1 έως 6 βημάτων / 1Φ αναλυτής ενέργειας	RVT6	PF18404	821,41
1 έως 12 βημάτων / 1Φ αναλυτής ενέργειας	RVT12	PF18405	1.051,06
1 έως 12 βημάτων / 3Φ αναλυτής ενέργειας	RVT12-3P	PF70675	1.172,73
Εξαρτήματα			
Προσαρμοστής RS485 MODBUS για RVT	RS 485 Modbus adapter	PF75396	336,65

Εικόνα 5.8: Ρυθμιστές αέργου ισχύος της ABB

Για τη σύνδεση του κάθε πυκνωτή με τον υποπίνακα της κεντρικής αντιστάθμισης, υπολογίζουμε το ρεύμα κάθε πυκνωτή:

$$I_c = \frac{Q_{c,\text{βηματος}}}{\sqrt{3} \cdot U}$$

Οπότε και με $n_1 = 0.87$ για θερμοκρασία 40° και καλώδια στον ελεύθερο αέρα οι τελικές διατομές φαίνονται στον πίνακα:

Πυκνωτής	Ισχύς (kVar)	Ρεύμα Πυκνωτή (A)	I _o (A)	Διατομή (mm ²)
CLMD 33S-20	20	28.87	33.18	4
CLMD 33S-20	20	28.87	33.18	4
CLMD 33S-20	20	28.87	33.18	4
CLMD 33S-12.5	12.5	18.04	20.73	2.5
CLMD 33S-12.5	12.5	18.04	20.73	2.5
CLMD 33S-5	5	7.22	8.3	1.5
CLMD 33S-5	5	7.22	8.3	1.5
CLMD 33S-5	5	7.22	8.3	1.5

Πίνακας 5.2: Διατομές καλωδίων για τη σύνδεση των πυκνωτών

Επιλέγονται τετραπολικά καλώδια τύπου ΝΥΥ(J1VV) για τις φάσεις και τον ουδέτερο και ένα μονοπολικό καλώδιο τύπου ΝΥΥ(J1VV) για τον αγωγό προστασίας με διατομές που φαίνονται στον παραπάνω πίνακα.

Για την ζεύξη και την απόζευξη των πυκνωτών θα χρειαστούν οκτώ τηλεχειριζόμενοι διακόπτες αέρος ζεύξης πυκνωτών τύπου UA, της εταιρείας ABB και παρουσιάζονται παρακάτω:



Τηλεχειριζόμενοι διακόπτες αέρος ζεύξης πυκνωτών, UA
Κατηγορίας AC-6b. Ειδικοί για ζεύξη πυκνωτών με αντιστάσεις περιορισμού του ρεύματος ζεύξης. Τάση πηγής 380 V, 50 Hz ή 220 V, 50 Hz.

Ισχύς πυκνωτή 400 V, 50 Hz, max 55°C kVar	Στοιχεία για παραγγελία		
	Τύπος	230 V AC	380 V AC
		Κωδικός	Τιμή (€)
έως 10	UA16-30-10-RA	25314	25308
έως 15	UA26-30-10-RA	25315	25309
έως 25	UA30-30-10-RA	25316	25310
έως 35	UA50-30-00-RA	25317	25311
έως 40	UA63-30-00-RA	25318	25312
έως 50	UA75-30-00-RA	25319	25313
έως 60	UA95-30-00	12103	14992
			283,87

Εικόνα 5.9: Τηλεχειριζόμενοι διακόπτες UA της ABB

Τέλος, για την προστασία των πυκνωτών από υπερφορτίσεις και βραχυκυκλώματα τοποθετούνται 8 ασφαλειοαποζεύκτες XLP της εταιρείας ABB οπότε έχουμε τον τελικό πίνακα με τα μέσα διακοπής και προστασίας των πυκνωτών:

Πυκνωτής	Ισχύς (kVar)	Τηλεχειριζόμενος Διακόπτης Αέρος	Προστασία από Βραχυκύκλωμα	Τιμή (€)
CLMD 33S-20	20	UA30-30-10-RA	XLP-000	142.17
CLMD 33S-20	20	UA30-30-10-RA	XLP-000	142.17
CLMD 33S-20	20	UA30-30-10-RA	XLP-000	142.17
CLMD 33S-12.5	12.5	UA26-30-10-RA	XLP-000	122.92
CLMD 33S-12.5	12.5	UA26-30-10-RA	XLP-000	122.92
CLMD 33S-5	5	UA16-30-10-RA	XLP-000	112.1
CLMD 33S-5	5	UA16-30-10-RA	XLP-000	112.1
CLMD 33S-5	5	UA16-30-10-RA	XLP-000	112.1

Πίνακας 5.3: Συνοπτικός πίνακας μέσων ζεύξης και προστασίας των πυκνωτών

Για την επιλογή του ζυγού του υποπίνακα κεντρικής αντιστάθμισης με τον ΓΠΧΤ, υπολογίζεται το συνολικό ρεύμα των πυκνωτών $I_{\text{ολ},\text{αντ}} = \frac{Q_{\text{ολ,αντισταθμ}}}{\sqrt{3} \cdot U} \Rightarrow I_{\text{ολ},\text{αντ}} = 144.34 \text{ A}$

Επίσης, λαμβάνεται υπόψη και ο συντελεστής διόρθωσης λόγω ήρεμου αέρα. Οπότε τελικά

$$\Rightarrow I_{\text{ολ},\text{αντ}} = 144.34 \cdot \frac{1}{0.7} \Rightarrow I_{\text{ολ},\text{αντ}} = 206.2 \text{ A}$$

Επιλέγεται σύμφωνα με τον πίνακα 7.37 (σελ. 260 βιβλίου), μία βαμμένη μπάρα ανά φάση από χαλκό διαστάσεων 20mmx3mm

Ακόμη, πρέπει να γίνει σωστή επιλογή της διατομής του καλωδίου που θα συνδέει τον πίνακα αντιστάθμισης με τον ΓΠΧΤ ώστε να αντέχει στη περίπτωση ταυτόχρονης λειτουργίας όλων των πυκνωτών αντιστάθμισης.

Για καλώδια σε σχάρες στον αέρα και για θερμοκρασία 40° έχουμε:

$$I_{\text{ΑΝΤ}} = 144.34 \cdot \frac{1}{0.87} \Rightarrow I_{\text{ΑΝΤ}} = 165.9 \text{ A}$$

Επιλέγονται τελικά με βάση τον πίνακα 7.15(σελ. 234) τετραπολικά καλώδια τύπου ΝΥΥ(J1VV) με διατομή 70mm² για τις φάσεις και τον ουδέτερο και ένα μονοπολικό καλώδιο τύπου ΝΥΥ(J1VV) με διατομή 35mm² για τον αγωγό προστασίας.

Τέλος, πρέπει να επιλεγεί και το κατάλληλο μέσο προστασίας του υποπίνακα αντιστάθμισης και της γραμμής της παροχής από τον ΓΠΧΤ. Συγκεκριμένα, επιλέγεται ένας αυτόματος διακόπτης ισχύος XT3N250R250, της εταιρείας ABB, ο οποίος εξασφαλίζει την ζεύξη/απόζευξη του πίνακα και την απαραίτητη προστασία από υπερφορτίσεις και βραχυκυκλώματα.



Αυτόματοι διακόπτες ισχύος με θερμομαγνητική μονάδα προστασίας (TMD) με ρυθμιζόμενα θερμικά (I_s) και σταθερά στιγμιαία μαγνητικά (I_b)

Όνομ.	Θερμικό ρεύμα I_s A	Μαγν. ρεύμα I_b A	Ικαν. διακοπής θρεύσεως $I_{\text{θρ}}$ (380/ 415 V AC) kA	Στοιχεία για παραγγελία				
				3P	4P*	Tύπος	Κωδικός	Τιμή (€)
XT3N								
250	44,1...63	630	36	XT3N250R63	45479	335,01	45559	442,14
250	56...80	800	36	XT3N250R80	45480	335,01	45560	442,14
250	70...100	1.000	36	XT3N250R100	45474	335,01	45550	442,14
250	87,5...125	1.250	36	XT3N250R125	45475	343,74	45552 ($I_s=50\%$)	442,14
250	112...160	1.600	36	XT3N250R160	45476	351,23	45551	442,14
250	140...200	2.000	36	XT3N250R200	45477	353,39	45554 ($I_s=50\%$)	446,41
250	175...250	2.500	36	XT3N250R250	45478	353,39	45556 ($I_s=50\%$)	446,41
							45558 ($I_s=50\%$)	446,41
							45557	446,41

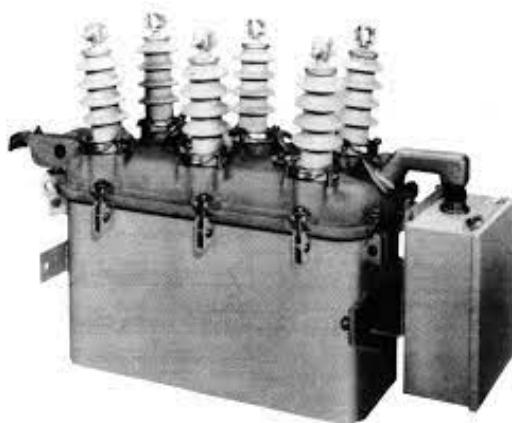
Εικόνα 5.10: Αυτόματος ΔΙ XT3N (ABB)

5.6 Μέσα Προστασίας ΥΣ, ΜΤ και ΧΤ

5.6.1 Μέσα Προστασίας Παρόχου

Αρχικά, στις γραμμές διανομής Μέσης Τάσης, που ξεκινούν από τον ζυγό των 20 kV του εθνικού δικτύου και καταλήγουν στον στύλο του ΔΕΔΔΗΕ κοντά στην εγκατάσταση, υπάρχει ένα διακόπτης ισχύος. Αυτός διεγείρεται από ηλεκτρονόμους υπερέντασης (HN). Ο ηλεκτρονόμος τροφοδοτείται μέσω ΜΣ μέτρησης έντασης από το δίκτυο και σε περίπτωση ανεπίτρεπτα μεγάλου σφάλματος στέλνει εντολή στον διακόπτη ισχύος να ανοίξει. Σύμφωνα και με την εκφώνηση της εργασίας έχουμε ηλεκτρονόμους φάσης σταθερού χρόνου ρύθμισης **480A - 0.6s** και ηλεκτρονόμους γης σταθερού χρόνου ρύθμισης **360A - 1s**.

Στη συνέχεια ακολουθεί το μέσο προστασίας διακλάδωσης του καταναλωτή, δηλαδή το μέσο προστασίας που θα τοποθετηθεί στον στύλο που θα τροφοδοτεί την εγκατάσταση. Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενη ενότητα, στην παρούσα περίπτωση έχει επιλεγεί η παροχή A2 του ΔΕΔΔΗΕ, λαμβάνοντας υπόψη την ισχύ και της συνθήκες της εγκατάστασης. **Στην παροχή A2 η προστασία γίνεται με διακόπτη απομόνωσης (Δ/A).** Οι διακόπτες απομόνωσης διεγείρονται από το ρεύμα βραχυκύκλωσης και από τους κύκλους λειτουργίας του διακόπτη ισχύος στην αναχώρηση της γραμμής, απομονώνοντας έτσι τη διακλάδωση του εκάστοτε καταναλωτή. Ο Δ/A, ο αποζεύκτης, οι Μ/Σ μέτρησης τάσης και έντασης καθώς και ενδεχομένως αλεξικέραυνα τοποθετούνται πάνω στον στύλο.



Εικόνα 5.11: Διακόπτης απομόνωσης (Sectionalizer)

5.6.2 Μέσα Προστασίας Μέσης Τάσης

Τα μέσα προστασίας που διαθέτει ο πάροχος ωστόσο, δεν προστατεύουν πάντα τους Μ/Σ ή την εγκατάσταση Μέσης Τάσης, αλλά απομονώνουν απλώς την παροχή σε περίπτωση βραχυκυκλώματος. Οπότε, απαιτείται η τοποθέτηση μέσων προστασίας ΜΤ στον υποσταθμό,

τα οποία εξασφαλίζουν την ομαλή λειτουργία και την προστασία των Μ/Σ από υπερφορτίσεις και βραχυκυκλώματα και κατ' επέκταση την προστασία ολόκληρης της εγκατάστασης.

Τα μέσα προστασίας στη Μέση Τάση χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες:

- ❖ Ασφάλειες ΜΤ. Διακρίνονται σε ασφάλειες σκόνης και ασφάλειες εκτόνωσης ανάλογα με τον χώρο εφαρμογής τους. Προστατεύουν ένα κύκλωμα ΜΤ από βραχυκύκλωμα αλλά και υπερφόρτιση που διαρκεί αρκετή ώρα
- ❖ Διακόπτες ΜΤ. Διακρίνονται σε Αποζεύκτες/Γειωτές, Διακόπτες Φορτίου και Διακόπτες Ισχύος. Χαρακτηρίζονται από το ρεύμα που μπορούν να διακόψουν και έχουν μία διάρκεια ζωής που μετριέται σε κύκλους μηχανικής λειτουργίας.

Πρέπει να καθοριστεί επομένως ο εξοπλισμός που θα τοποθετηθεί στον υποσταθμό, με βάση τις επιλογές που αναφέρθηκαν προηγουμένως και σύμφωνα πάντα με τις προδιαγραφές της εγκατάστασης.

1. Κυψέλη Άφιξης

Επιλέγεται ένας αυτόματος διακόπτης ισχύος εξαφθοριούχου θείου (SF6) της εταιρείας ABB τύπου HD4/R300 24kV/630A/12.5kA με πηνίο εργασίας 220V/50Hz, βοηθητικές επαφές, κλειδαριά σε θέση OFF και μετρητή χειρισμών. Συνδυάζεται με έναν ηλεκτρονόμο(H/N) δευτερογενούς προστασίας τύπου REF601 και 2 Μ/Σ έντασης CS630 της ίδιας εταιρείας. Ο συγκεκριμένος διακόπτης χρησιμοποιεί το αδρανές αέριο εξαφθοριούχο θείο (SF6) ως μονωτικό για την σβέση των τόξων, ενώ η δευτερογενής προστασία του H/N αν και ακριβότερη από την πρωτογενή εξασφαλίζει καλύτερη συνεργασία με τα μέσα του ΔΕΔΔΗΕ.



Αυτόματοι διακόπτες ισχύος εξαφθοριούχου θείου (SF6), HD4/R 24 kV / 630 A / 12,5 kA με πηνίο εργασίας 220 V / 50 Hz, βοηθ. επαφές, κλειδαριά σε θέση OFF & μετρητή χειρισμών. Απόσταση πόλων 300 mm.

Περιγραφή	Στοιχεία για παραγγελία		
	Τύπος	Κωδικός	Τιμή (€)
Με πλαϊνό χειριστήριο			
Αυτόματος διακόπτης με απόσταση πόλων 300 mm	HD4/R300	18248	K.E.*
Αυτόματος διακόπτης με H/N δευτερογενούς προστασίας REF601 (50, 51, 51N), 2 Μ/Σ έντασης CS630 A & τορροειδή	HD4/R300+REF601+CS630 A	18249	K.E.*

Εικόνα 5.12: Αυτόματος Διακόπτης Ισχύος (SF6)



REF601

Ηλεκτρονόμοι δευτερογενούς προστασίας δικτύων

Περιγραφή	Στοιχεία για παραγγελία		Τιμή (€)
	Τύπος	Κωδικός	
Ηλεκτρονόμοι δευτερογενούς προστασίας REF601			
Προγραμματιζόμενοι ηλεκτρονικοί ηλεκτρονόμοι έντασης για προστασία δικτύων διανομής Μ.Τ. από υπερέταση, βραχυκύλωμα και διαρροή προς γη με δυνατότητα επικοινωνίας Modbus. Τάση λειτουργίας: 24...240 V AC / DC. Προστασίες: 51, 50-1, 50-2, 50N/51N, 68, I < --- > OCB, TCS Μετρήσεις/Control: 3I, I _o / I < --- > OCB.	REF601	73756	2.026,00
Σε συνδυασμό με KECA250B1	REF601	74555	2.026,00
Σε συνδυασμό με CT's ... / 5 A	REF601	K.E.*	K.E.*
Σε συνδυασμό με CT's ... / 1 A			

Εικόνα 5.13: Η/Ν δευτερογενούς προστασίας

Επειδή οι ΔΙ δεν έχουν ορατές επαφές και για να θεωρείται πως η μόνωση του θαλάμου είναι ικανοποιητική, πρέπει να τοποθετείται πάντα ένας αποζεύκτης, ο οποίος να μανδαλώνεται με τον ΔΙ. Επιλέγεται ο αποζεύκτης NAL 24-6K σε συνδυασμό με γειωτή E24 της εταιρείας ABB.

**Διακόπτες / Ασφαλειοαποζεύκτες φορτίου**

Περιγραφή	Στοιχεία για παραγγελία		Τιμή (€)
	Τύπος	Κωδικός	
Διακόπτες φορτίου 24 kV / 630 A / 16 kA, NAL			
Απόσταση πόλων 235 mm	NAL 24-6K	12358	2.790,76
Τοποθέτηση στην πλάτη της κυψέλης	NAL 24-6K	12357	2.651,64
Τοποθέτηση στο πλάι της κυψέλης	NAL 24-6K + E24	12362	4.128,91
Με γειωτή: τοποθέτηση στην πλάτη της κυψέλης	NAL 24-6K + E24	12361	3.850,67
Με γειωτή: τοποθέτηση στο πλάι της κυψέλης	NAL 24-6K + EB24	12365	4.574,70
Με ανεξάρτητη γειωτή			

Εικόνα 5.14: Αποζεύκτης με γειωτή (NAL 24-6K + E24)

Τέλος, είναι θεμιτό να υπάρχει και προστασία από υπερτάσεις στη ΜΤ που μπορεί να προκληθούν είτε από λάθος χειρισμούς είτε από πτώση κεραυνού στις γραμμές μεταφοράς ή στον υποσταθμό. Για την προστασία από υπερτάσεις χρησιμοποιούνται τα γνωστά αλεξικέραυνα ή αλλιώς απαγωγείς υπερτάσεων, οι οποίοι διαθέτουν μία αντίσταση πολύ μεγάλης τιμής που δεν επιτρέπει στο ρεύμα του αγωγού να περάσει από μέσα του και να κλείσει κύκλωμα με τη γη. Έτσι, στην άφιξη των καλωδίων μέσης τάσης στην κυψέλη άφιξης τοποθετούνται απαγωγείς υπερτάσεων στις τρεις φάσεις, τύπου POLIM-D16L της εταιρείας ABB.



POLIM

Εικόνα 5.15: Απαγωγείς Υπερτάσεων POLIM (ABB)

2. Κυψέλες Αναχώρησης

Θα τοποθετηθεί ένας ασφαλειοδιακόπτης με ασφάλειες σκόνης. Ο διακόπτης φορτίου δε μπορεί να χαρακτηριστεί ως μέσο προστασίας σε συνθήκες σφάλματος επειδή σε έναν ΔΦ μπορούν να γίνουν χειρισμοί μόνο σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας και απαιτείται επομένως ο συνδυασμός του με ασφάλειες ΜΤ. Έτσι, επιλέγεται από την εταιρεία ABB ο ασφαλειοδιακόπτης φορτίου NALF 24-6A μαζί με πηνίο εργασίας, βοηθητικές επαφές και γειωτή EF24. Συνδυάζεται με ασφάλειες σκόνης μέσης τάσης τύπου CEF24-40 ονομαστικού ρεύματος 40A της εταιρείας ABB.

**Ασφαλειοαποζεύκτες φορτίου 24 kV / 630 A / 16 kA, NALF
Απόσταση πόλων 235 mm**

Με πηνίο εργασίας 220 V / 50 Hz, βοηθητικές επαφές 2NO + 2NC: τοποθέτηση στην πλάτη της κυψέλης	NALF 24-6A	12370	4.346,25
Με πηνίο εργασίας 220 V / 50 Hz, βοηθητικές επαφές 2NO + 2NC: τοποθέτηση στο πλάι της κυψέλης	NALF 24-6A	12369	4.207,13
Με πηνίο εργασίας 220 V / 50 Hz, βοηθητικές επαφές 2NO + 2NC και γειωτή: τοποθέτηση στην πλάτη της κυψέλης	NALF 24-6A + EF24	12374	5.680,91
Με πηνίο εργασίας 220 V / 50 Hz, βοηθητικές επαφές 2NO + 2NC και γειωτή: τοποθέτηση στο πλάι της κυψέλης	NALF 24-6A + EF24	12373	5.402,67

Εικόνα 5.16: Ασφαλειοαποζεύκτες/Ασφαλειοδιακόπτες ΜΤ (ABB)

Ασφάλειες μέσης τάσης, CEF

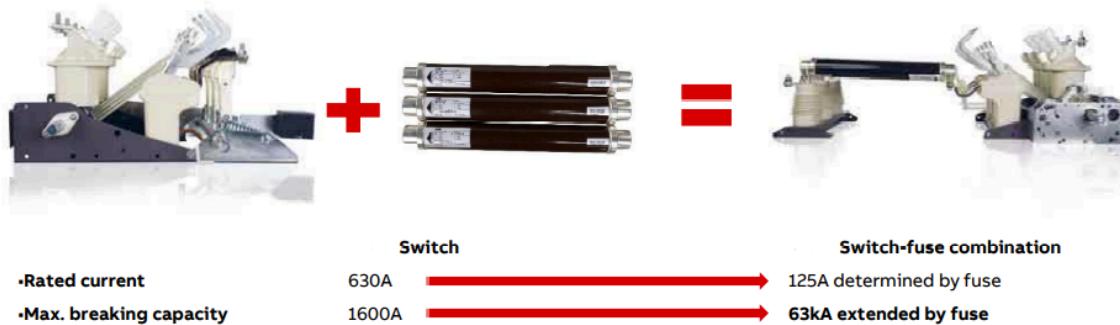
Ασφάλειες μέσης τάσης 10/24 kV, με striker

Διαστάσεις (e / D) mm	Ονομ. ένταση A	Στοιχεία για παραγγελία		Τιμή (€)
		Τύπος	Κωδικός	
442 / 53	6,3	CEF24-6	81455	90,20
442 / 53	10	CEF24-10	81456	90,20
442 / 53	16	CEF24-16	81457	90,20
442 / 53	20	CEF24-20	81458	90,20
442 / 65	25	CEF24-25	12692	90,20
442 / 53	31,5	CEF24-31,5	79915	90,20
442 / 53	40	CEF24-40	12693	109,20
442 / 65	50	CEF24-50	81459	141,10
442 / 65	63	CEF24-63	81460	147,30
442 / 65	80	CEF24-80	22915	194,70
442 / 87	125	CEF24-125	701406	K.E.*

Εικόνα 5.17: Ασφάλειες σκόνης ΜΤ (ABB)

Indoor air insulated switch-disconnectors

Application example – NALF + CEF switch-fuse combination acc. to IEC 62271-105



Εικόνα 5.18: Συνδυασμός διακόπτη ΜΤ με ασφάλειες ΜΤ

5.6.3 Μέσα Προστασίας Μετασχηματιστών

Ο κίνδυνος για τους ΜΣ έγκειται σε περιπτώσεις παρατεταμένου βραχυκυκλώματος, διαρκούς υπερφόρτισης και σφάλματος στη μόνωση τους. Αν δεν ληφθούν τα απαραίτητα μέτρα προστασίας υπάρχει κίνδυνος πυρκαγιάς ή και έκρηξης.

1. Προστασία από βραχυκύκλωμα

Γίνεται είτε με ασφάλειες σκόνης σε συνδυασμό με διακόπτη φορτίου (για να επιτυγχάνεται και απόζευξη υπό φορτίο), είτε με διακόπτη ισχύος.

2. Προστασία από υπερφόρτιση

Η προστασία του ΜΣ από υπερφόρτιση γίνεται με θερμόμετρο που ελέγχει τη θερμοκρασία του λαδιού. Κατά τη λειτουργία του ελαιόψυκτου ΜΣ ελέγχεται η θερμοκρασία του λαδιού στο ανώτερο σημείο με θερμόμετρο, έτσι ώστε όταν η θερμοκρασία του ξεπεράσει μια τιμή (π.χ 100 °C) να διακοπεί η λειτουργία του ΜΣ. Υπάρχει και προειδοποιητική ένδειξη σε χαμηλότερη θερμοκρασία (π.χ 90 °C) πριν διακοπεί η λειτουργία του ΜΣ. Ακόμη, χρησιμοποιούνται αυτόματοι ΔΙ στην ΧΤ ή και ασφάλειες για να περιοριστεί η υπερφόρτιση.

3. Προστασία κατά εσωτερικών σφαλμάτων και διαρροής λαδιού

Στο πάνω μέρος του ΜΣ υπάρχει ένα κυλινδρικό δοχείο διαστολής. Η στάθμη του λαδιού φτάνει μέχρι τη μέση περίπου στο δοχείο διαστολής όταν τοποθετείται το λάδι στο ΜΣ. Κατά την αύξηση της θερμοκρασίας του λαδιού, ωστόσο, αυτό διαστέλλεται με αποτέλεσμα να αυξάνεται η στάθμη του λαδιού στο δοχείο διαστολής. Αν δεν υπήρχε το δοχείο κατά την διαστολή του

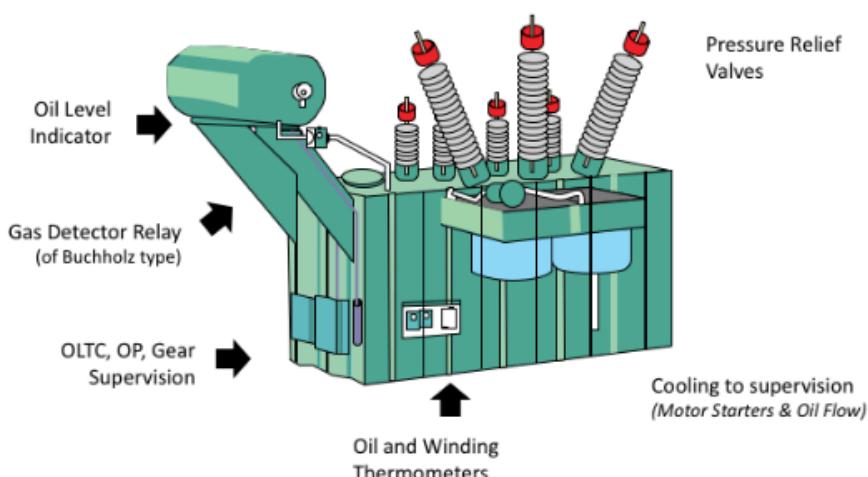
λαδιού θα υπήρχε αύξηση της πίεσης μέσα στο δοχείο λαδιού και κατα συνέπεια κίνδυνος έκρηξης του. Στο επάνω μέρος του δοχείο διαστολής υπάρχει ένας αφυγραντήρας για την καταστολή των υδρατμών και της υγρασίας που ενδεχομένως θα δημιουργηθούν σε περίπτωση υπερβολικής αύξησης της θερμοκρασίας του λαδιού. Η ύπαρξη υγρασίας και υδρατμών μειώνει την μονωτική ικανότητα του λαδιού και πρέπει να αποτρέπεται.

Το λάδι από το δοχείο λαδιού πριν φτάσει στο δοχείο διαστολής διέρχεται πρώτα μέσα από ένα υδραυλικό μέσο προστασίας που ονομάζεται **Ηλεκτρονόμος Buchholz**. Ο H/N Buchholz χρησιμοποιείται για την ανίχνευση εσωτερικών σφαλμάτων στη μόνωση του ΜΣ, βραχυκυκλωμάτων στα τυλίγματα του και διαρροής λαδιού. Ο HN Buchholz ελέγχει τη ροή, τη στάθμη, την πίεση του λαδιού και την ύπαρξη υδρατμών και φυσαλίδων μέσα στο λάδι. Το δοχείο διαστολής καθώς και ο HN Buchholz τοποθετούνται σε ΜΣ ισχύος 400 kVA και πάνω. Επίσης, η διακοπή της λειτουργίας του ΜΣ από τον H/N Buchholz σημαίνει ότι ο ΜΣ έχει υποστεί βλάβη και πρέπει να οπωσδήποτε να ελεγχθεί και να επιδιορθωθεί πριν τεθεί εκ νέου σε λειτουργία.

Σε ΜΣ με ισχύ μεγαλύτερη των **1250 kVA** χρησιμοποιείται διαφορική προστασία κατά την οποία ελέγχονται με ειδική διάταξη τα ρεύματα πρωτεύοντος και δευτερεύοντος. Αν τα ρεύματα αυτά δεν είναι ίσα τότε διεγείρεται το μέσο προστασίας του ΜΣ στη ΜΤ. Η διαφορική προστασία προστατεύει τον ΜΣ από διφασικά και τριφασικά σφάλματα, από σφάλματα γης και φάσεων. Σε αντίθεση με τον HN Buchholz η διαφορική προστασία προστατεύει τον ΜΣ και διακόπτει την λειτουργία άμεσα πριν προκληθεί οποιαδήποτε βλάβη. Ωστόσο, η διαφορική προστασία είναι ιδιαίτερα ακριβή και χρησιμοποιείται μόνο σε Μ/Σ μεγάλης ισχύος.

TRANSFORMER PROTECTION

Transformer Structure



Εικόνα 5.19: Μέσα προστασίας των Μ/Σ

5.6.4 Μέσα Προστασίας Χαμηλής Τάσης

Εκτός από τους θερμίστορες που διαθέτουν οι Μ/Σ, οι οποίοι ανιχνεύουν τις υψηλές θερμοκρασίες λόγω των υπερφορτίσεων, τοποθετούνται επίσης μέσα προστασίας που προστατεύουν τόσο τους μετασχηματιστές όσο και στις γραμμές σύνδεσης τους με τον ΓΠΧΤ από υπερφορτίσεις αλλά και βραχυκυκλώματα.

Όπως υπολογίστηκε και σε προηγούμενη ενότητα, το ονομαστικό ρεύμα του δευτερεύοντος

$$\text{τυλίγματος κάθε } M/S \text{ στη XT είναι } I_N = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V_{XT}} = \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 0.4} \Rightarrow I_N = 909.327 \text{ A}$$

Από την άλλη το ρεύμα βραχυκύκλωσης έχει υπολογιστεί $\Rightarrow I_k = 17.55 \text{ kA}$

Δεδομένου του πολύ υψηλού ρεύματος στα τυλίγματα XT των M/S, αλλά και για τη βέλτιστη προστασία από ρεύματα βραχυκύκλωσης, θεωρείται βέλτιστο να τοποθετηθεί ένα αυτόματος διακόπτης ισχύος (ΔΙ), ο οποίος θα εξασφαλίζει ζεύξη/απόζευξη και ταυτόχρονη προστασία από υπερφορτίσεις και βραχυκυκλώματα. Επιλέγονται επομένως, **δύο ΔΙ E1.2C 1000 LSI της εταιρείας ABB**, ένας σε κάθε κλάδο. Ο συγκεκριμένος ΔΙ αποτελεί μία πλήρως αξιόπιστη λύση τελευταίας τεχνολογίας με ικανότητα διακοπής βραχυκυκλώματος έως 50kA και παρέχει υψηλή ακρίβεια μέτρησης των ηλεκτρικών χαρακτηριστικών των ΜΣ και των γραμμών.

—
Με ρυθμιζόμενη ηλεκτρονική μονάδα προστασίας Ekip Touch (οθόνη αφής) από:
Υπερένταση L (I_1 , ANSI:49), βραχυκύκλωμα με δυνατότητα χρονικής καθυστέρησης S (I_2 , ANSI:50TD, 68, 51) και στιγμιαίο βραχυκύκλωμα I (I_3 , ANSI:50)

Ονομ.	Υπερένταση	I_1 ($I_1: 0,6...10 \times I_n$, $t_s: 0,65...0,85$, βραχυκύκλωμα I_2 , $I_2: (0,4...1 \times I_n)$, $t_{sel}: 0,05...0,25$)	I_3 ($I_3: 1,5...15 \times I_n$)	Βραχυκύκλωμα με χρονική καθυστέρηση I_2		Στοιχεία για παραγγελία			
				A	A	A	Tύπος	Κωδικός	Τιμή (€)
Ικανότητα διακοπής βραχυκυκλώματος (380/415 V AC) $I_{th}=50 \text{ kA}$, προστασία ουδετέρου $N=100\%$									
630	252...630	-	945...9.450	E1.2C 630 LI	72810	3.405,35	72938	3.958,73	
630	252...630	378...6.300	945...9.450	E1.2C 630 LSI	72811	3.744,97	72939	4.298,35	
800	320...800	-	1.200...12.000	E1.2C 800 LI	72822	3.585,59	72950	4.158,93	
800	320...800	480...8.000	1.200...12.000	E1.2C 800 LSI	72823	3.925,23	72951	4.498,55	
1.000	400...1.000	-	1.500...15.000	E1.2C 1000 LI	72834	3.834,91	72962	4.456,84	
1.000	400...1.000	600...10.000	1.500...15.000	E1.2C 1000 LSI	72835	4.174,55	72963	4.796,47	
1.250	500...1.250	-	1.875...18.750	E1.2C 1250 LI	72846	4.631,99	72974	5.350,60	
1.250	500...1.250	750...12.500	1.875...18.750	E1.2C 1250 LSI	72847	4.971,61	72975	5.690,23	
1.600	640...1.600	-	2.400...24.000	E1.2C 1600 LI	72862	5.227,63	72990	6.017,93	
1.600	640...1.600	960...16.000	2.400...24.000	E1.2C 1600 LSI	72863	5.567,25	72991	6.357,56	



Εικόνα 5.20: Διακόπτης Ισχύος E1.2C (ABB)

5.7 Σημάνσεις - Χειρισμοί - Συντήρηση Υποσταθμού

5.7.1 Σημάνσεις

Για την αποφυγή ανεπιθύμητων ατυχημάτων και την προστασία του προσωπικού θα τοποθετηθούν προειδοποιητικές σημάνσεις είτε με τη μορφή πινακίδων είτε αυτοκόλλητα στις θύρες του Υποσταθμού Μέσης Τάσης, πάνω στις Κυψέλες Χαμηλής και Μέσης Τάσης, καθώς και όπου αλλού κρίνεται αναγκαίο. **Η είσοδος στους συγκεκριμένους χώρους θα πραγματοποιείται μόνο από εξειδικευμένο προσωπικό και εφόσον τηρούνται όλα τα απαραίτητα μέσα προστασίας που καθορίζουν τα πρότυπα και οι κανονισμοί.**



Do not alter the state of the circuit-breaker



Sign forbidding access to unauthorized persons



Do not extinguish with water



Sign warning of the danger of hazardous electrical voltage



Sign warning of the hazard of flammable material or high temperature

Εικόνα 5.21: Ενδεικτικές σημάνσεις κινδύνου

5.7.2 Χειρισμοί

Σε περιπτώσεις που είναι απαραίτητη η διακοπή τροφοδοσίας του υποσταθμού ΜΤ, όπως σε συνθήκες σφάλματος ή για λόγους συντήρησης, πρέπει να τηρείται μία συγκεκριμένη σειρά χειρισμών από το εξειδικευμένο προσωπικό ώστε να εξασφαλίζεται η μέγιστη προστασία.

Συγκεκριμένα, η σειρά χειρισμών για την ασφαλή διακοπή της τροφοδοσίας είναι η εξής:

1. Ανοίγει ο ΔΙ ή Διακόπτης Φορτίου
2. Ανοίγει ο αποζεύκτης
3. Κλείνει ο γειωτής

Αντίθετα, για την επανατροφοδότηση έχουμε την εξής σειρά:

1. Ανοίγει ο γειωτής
2. Κλείνει ο αποζεύκτης
3. Κλείνει ο ΔΙ ή Διακόπτης Φορτίου

5.7.2 Εργασίες Συντήρησης

Οι κατασκευαστές του εξοπλισμού του υποσταθμού, συνοδεύουν τον εξοπλισμό με αναλυτικά εγχειρίδια οδηγιών για τη σωστή χρήση αλλά και συντήρησή του. Παρακάτω αναλύεται η διαδικασία συντήρησης για το βασικό εξοπλισμό του υποσταθμού, όπως έχει καθιερωθεί από τη διεθνή πρακτική.

1. Διακόπτες SF6

Η γενική συντήρηση των διακοπτών SF6, γίνεται με βάση τις καταπονήσεις που υπέστησαν και όχι ανά σταθερά χρονικά διαστήματα. Για παράδειγμα, η γενική επιθεώρηση γίνεται ύστερα από 5.000 λειτουργίες (άνοιγμα-κλείσιμο) με εντάσεις μέχρι την ονομαστική ένταση. Σε περίπτωση λειτουργίας με ρεύμα σφάλματος, καλό είναι να γίνεται έκτακτη επιθεώρηση του διακόπτη.

Έκτακτη συντήρηση του διακόπτη γίνεται, αν αυτό υποδειχθεί από συσκευή παρακολούθησης της κατάστασής του ή αν εμφανιστεί κάποια ανώμαλη συνθήκη στο διακόπτη.

Στη γενική συντήρηση ελέγχονται τα εξής:

- Συνεχής παρακολούθηση της πυκνότητας και της πίεσης του αερίου SF6
- Δοκιμές καλής λειτουργίας σε κατάσταση μηδενικού φορτίου
- Επιθεώρηση του μηχανισμού κίνησης του διακόπτη

2. Μετασχηματιστής λαδιού

- Οπτικός έλεγχος κάθε τρεις μήνες

- Καθαρισμός της σκόνης από τους μονωτήρες καθώς η σκόνη και η υγρασία βοηθούν σε υπερπηδήσεις
- Έλεγχος για πιθανή διαρροή λαδιού
- Έλεγχος της στάθμης του λαδιού στο δοχείο διαστολής.
- Έλεγχος της κατάσταση του αφυγραντήρα

3. Έλεγχος λαδιού κάθε χρόνο

Το ορυκτό μονωτικό λάδι, σε συνδυασμό με υλικά από κυτταρίνη έχει αποδειχθεί εδώ και 100 χρόνια ως ένας πολύ καλός, συνδυασμός ηλεκτρικής μόνωσης. Παρόλα αυτά, κάθε χρόνο, πρέπει να γίνεται έλεγχος της ποιότητας του λαδιού.

Ο έλεγχος γίνεται βάσει δείγματος που λαμβάνεται από τη βάνα εκκένωσης του μετασχηματιστή. Το δείγμα πρέπει να είναι τουλάχιστον ένα λίτρο. Τα δοχεία, μπουκάλια, χωνιά που θα χρησιμοποιηθούν, πρέπει να είναι καθαρά και στεγνά. Το δοχείο ή μπουκάλι πρέπει να σφραγιστεί ερμητικά μετά το γέμισμα.

Αν ο εργαστηριακός έλεγχος, δείξει ότι η διηλεκτρική αντοχή αλλά και τα άλλα χαρακτηριστικά του λαδιού δεν είναι εντάξει, το λάδι πρέπει να αντικατασταθεί ή να αναγεννηθεί με ειδική μηχανή καθαρισμού. Την εργασία αυτή την αναλαμβάνουν εξειδικευμένα συνεργεία.

Για την επιμήκυνση της ωφέλιμης ζωής του λαδιού, συνήθως χρησιμοποιούνται πρόσθετα, τα οποία αναμιγνύονται με το καινούργιο ή το αναγεννημένο λάδι.



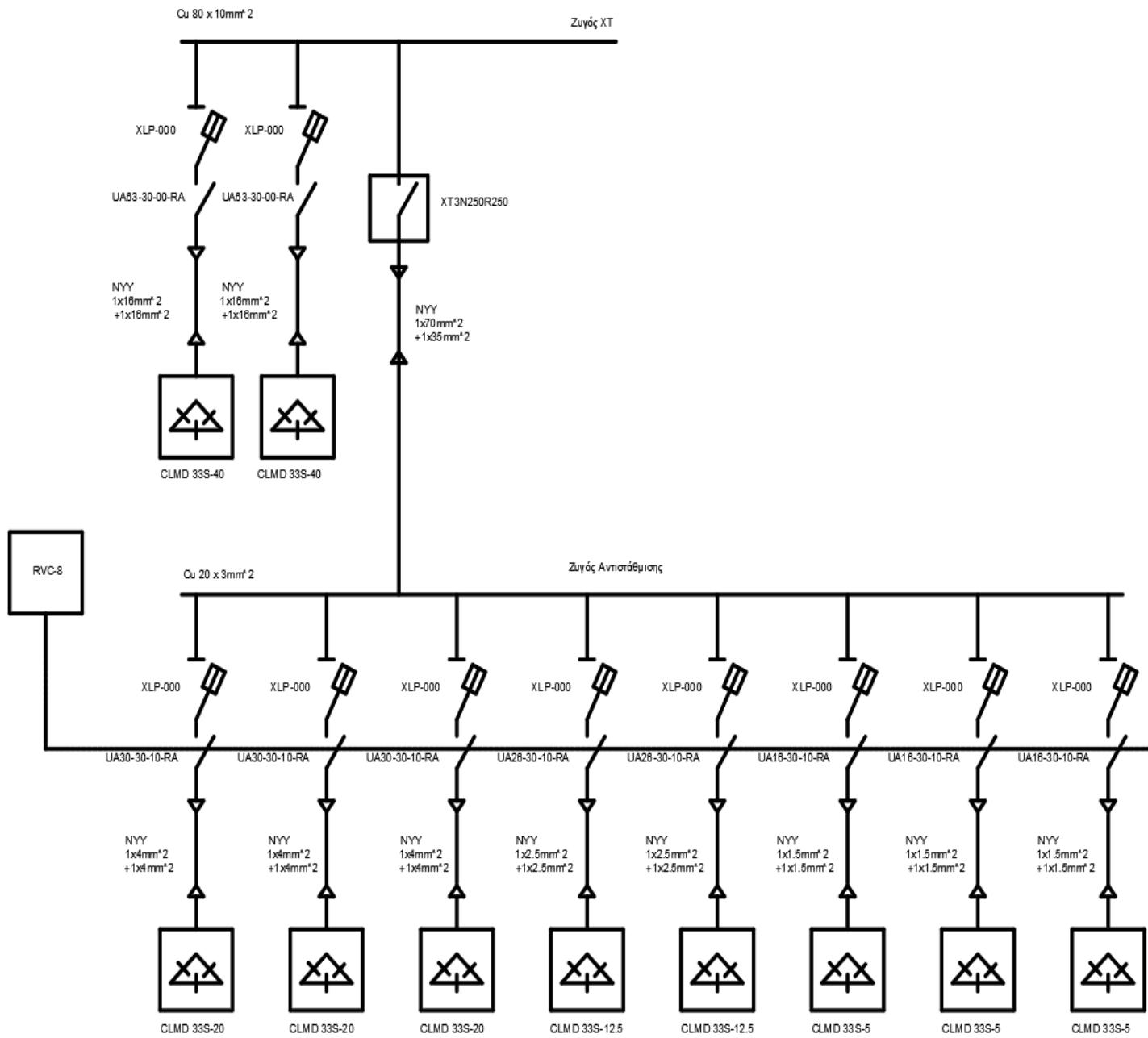
Εικόνα 5.22: Ένδειξη στάθμης λαδιού στο δοχείο διαστολής



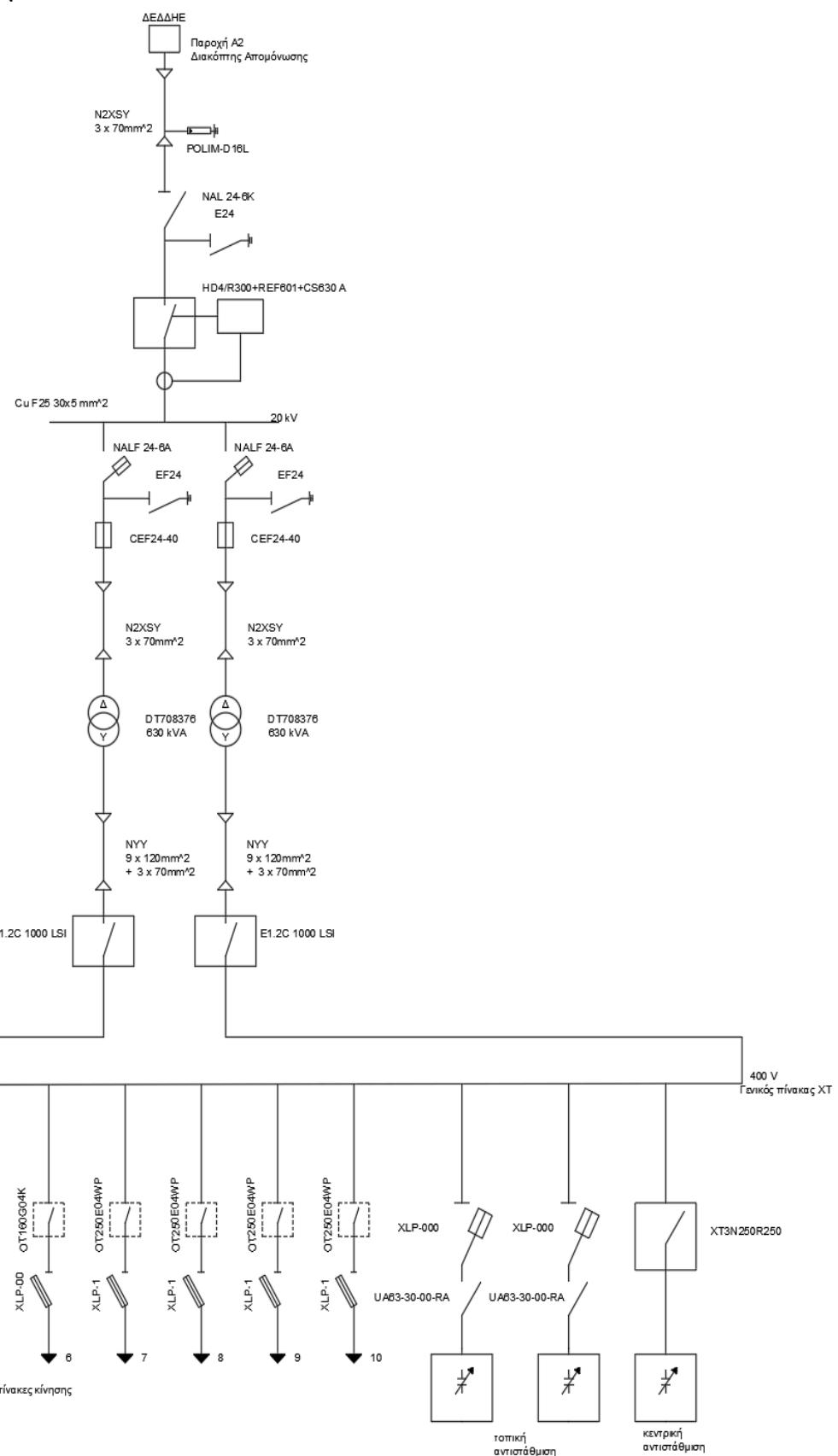
Εικόνα 5.23: Αφυγραντήρας Μετασχηματιστών

5.8 Μονογραμμικά Διαγράμματα

5.7.1 Μονογραμμικό Αντιστάθμισης



5.7.2 Μονογραμμικό Υποσταθμού ΜΤ



Βιβλιογραφία

- [1]. **Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις Καταναλωτών**, Πέτρος Ντοκόπουλος
- [2]. **ΕΛΟΤ HD 384**, “Απαιτήσεις για ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις”
- [3]. **ΕΛΟΤ HD 60364-5-54**, “Επιλογή και Κατασκευή διατάξεων γείωσης”
- [4]. **Η Τεχνική της Θεμελιακής Γείωσης**, ΕΛΕΜΚΟ
- [5]. **Εξαρτήματα Γειώσεων**, ΕΛΕΜΚΟ
- [6]. **Electrical Installation Guide**, Schneider Electric
- [7]. **International Standard on Electrical Installations of Buildings**, IEC 60364
- [8]. **Lightning Protection Guide**, Dehn
- [9]. **Εγχειρίδιο Θεμελιακής Γείωσης**, Πιττάς
- [10]. **Βιομηχανικές Εγκαταστάσεις - Υποσταθμοί**, Μπαργιώτας Δημήτριος
- [11]. **Αντικεραυνικός Κώδικας**, ΕΛΕΜΚΟ
- [12]. **Θεμελιακή Γείωση**, Δ. Κόκκινου
- [13]. **Founding Earth Electrode**, Dehn
- [14]. **Building Wires & Power Cables**, CABLEL(HELLENIC CABLES)
- [15]. **Μελέτη Βιομηχανικής Εγκατάστασης**, Διπλωματική Εργασία Βαλκανιώτης Δημήτριος

[16]. **Μελέτη Βιομηχανικής Εγκατάστασης, Διπλωματική Εργασία Φυσικόπουλος Γρηγόριος**

[17]. **Industrial Building Solution, ABB**

[18]. **Sizing of protective earthing conductor(IEC), Schneider Electric**

[19]. **Catalogue GR (2022), ABB**

[20]. **Soft-Starter Catalog, ABB**

[21]. **Soft-Starter Handbook, ABB**

[22]. **Product-Details PSR6-600-70, ABB**

[23]. **Product-Details PSR16-600-70, ABB**

[24]. **Product-Details PSE30-600-70, ABB**

[25]. **Product-Details PSTX142-600-70, ABB**

[26]. **ΦΕΚ 4825/Β' 24.12.2019**

[27]. **Motor Circuit Protection Tables, Bussmann**

[28]. **MCB vs. Fuse, NOARK Electric**

[29]. **Product-Details OFAF0AM200, ABB**

[30]. **Product-Details MS116, ABB**

[31]. **Electrical Installation Solutions for Buildings, ABB**

[32]. **Product-Details MCB S200M, ABB**

[33]. **Technical Specification of Power Factor Correction System**, ABB

[34]. **Product-Details CLMD33-S**, ABB

[35]. **Product-Details UA**, ABB

[36]. **Product-Details RVC**, ABB

[37]. **Product-Details XLP-000**, ABB

[38]. **Product-Details XT3N 250 TMD 250-2500 3p F F**, ABB

[39]. **Distribution Solutions “Unigear Digital”**, ABB

[40]. **Low Voltage Systems “MNS Digital”**, ABB

[41]. **Protection of MV/LV Substation Transformers**, ABB

[42]. “Περιγραφή των μέσων προστασίας και των εγκαταστάσεων μέσης τάσης της ΔΕΗ και των καταναλωτών”, Διπλωματική Εργασία Καλπακίδης Ιωάννης

[43]. **Medium Voltage Products “Air insulated switch disconnectors type NAL, NALF, VersaRupter”**, ABB

[44]. **Medium Voltage Products “HD4/R MV gas circuit-breakers for secondary distribution”**, ABB

[45]. **Distribution Solutions “HV Fuse-links type CEF/CEF-S”**, ABB

[46]. **Product-Details CEF 10/24kV 40A 442/53mm S**, ABB

[47]. **SACE Emax 2 “Low voltage air circuit-breakers Emax E1.2-E2.2-E4.2-E6.2”**, ABB

[48]. **Product-Details E1.2C 1000 Ekip Dip LSI 3p F F**, ABB