



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

<ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ>

ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ: -ΓΚΟΡΙΤΣΑ ΕΛΟΝΑ

-ΣΚΕΥΗΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΚΑΡΑΪΣΑΣ ΠΕΤΡΟΣ

ΑΘΗΝΑ

Φεβρουάριος 2014

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η ηλεκτρολογική μελέτη μιας βιομηχανικής εγκατάστασης περιλαμβάνει υπολογισμό για την ονομαστική ένταση ρεύματος κάθε γραμμής, υπολογισμός της διατομής και το είδος αγωγών , τον υπολογισμό οργάνων προστασίας (ασφάλειες, διακόπτες, θερμικά κλπ).

Επίσης προσδιορίζεται που απαιτούνται αυτόματοι διακόπτες και για ποιους κινητήρες απαιτείται σύστημα εκκίνησης καθώς υπολογίζεται και η ρύθμιση του θερμικού.

Για τον πίνακα διανομής της βιομηχανικής ηλεκτρικής εγκατάστασης υπολογίζονται τα μεγέθη οργάνων προστασίας και ελέγχου, γίνεται κατανομή των φάσεων και υπολογίζεται και η διατομή και το είδος του αγωγού τροφοδοσίας. Τέλος στην εργασία αυτή υπάρχει και το πλήρες μονογραμμικό σχέδιο του πίνακα διανομής.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....

1. ΦΟΡΤΙΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ
 - ΕΦΕΔΡΙΚΗ ΓΡΑΜΜΗ
 - ΙΣΧΥ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ

2. ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΕΝΤΑΣΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΚΑΘΕ ΓΡΑΜΜΗΣ
3. Η ΔΙΑΤΟΜΗ ΚΑΙ ΤΟ ΕΙΔΟΣ ΑΓΩΓΩΝ
 - ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΑΓΩΓΩΝ
 - ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΠΤΩΣΗΣ ΤΑΣΗΣ
 - ΔΙΑΤΟΜΗ ΑΓΩΓΩΝ ΣΕ ΦΟΡΤΙΑ ΚΙΝΗΣΗΣ
 - ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΣΤΗ ΔΙΑΤΟΜΗ ΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ
 - ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΑΡΙΘΜΟΥ ΤΩΝ ΕΝΕΡΓΩΝ ΑΓΩΓΩΝ ΣΤ ΔΙΑΤΟΜΗ ΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ
 - ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΔΙΑΤΟΜΗ ΑΓΩΓΩΝ
 - ΔΙΑΤΟΜΗ ΑΓΩΓΩΝ ΟΥΔΕΤΕΡΟΥ ΚΑΙ ΓΕΙΩΣΗΣ
 - ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΕΙΔΟΥΣ ΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ
 - ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕ ΤΙΣ ΔΙΑΤΟΜΕΣ ΚΑΙ ΤΟ ΕΙΔΟΣ ΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ
4. ΤΑ ΟΡΓΑΝΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ
 - ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΟΡΓΑΝΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ
 - ΑΣΦΑΛΕΙΕΣ
 - ΔΙΑΚΟΠΤΕΣ ΓΡΑΜΜΩΝ
 - ΘΕΡΜΙΚΑ ΡΕΛΕ
 - ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ

ΑΥΤΟΜΑΤΟΙ ΔΙΑΚΟΠΤΕΣ

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΟΡΓΑΝΩΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ

ΠΙΝΑΚΑ ΟΡΓΑΝΩΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ

5 . ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΙΑΝΟΜΗΣ

-ΟΡΓΑΝΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΟΥ ΠΙΝΑΚΑ ΔΙΑΝΟΜΗΣ

- ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΦΑΣΕΩΝ

-ΔΙΑΤΟΜΗ ΚΑΙ ΕΙΔΟΣ ΑΓΩΓΟΥ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ

-ΜΟΝΟΓΡΑΜΜΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΠΙΝΑΚΑ ΔΙΑΝΟΜΗΣ

-ΥΠΟΜΝΗΜΑ ΣΥΜΒΟΛΩΝ ΣΧΕΔΙΟΥ

6. ΕΠΙΛΟΓΟΣ

1.ΦΟΡΤΙΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Τα φορτία της ηλεκτρικής εγκατάστασης που μιλάμε φαίνονται στον παρακάτω πίνακα. Στο πίνακα δίνεται ο αριθμός γραμμής του φορτίου, το είδος του φορτίου, η ισχύς του φορτίου, ο αριθμός φάσεων τροφοδοσίας του κάθε φορτίου, το μήκος της γραμμής από το πίνακα διανομής για κάθε φορτίο, η επιτρεπόμενη πτώση τάσης σε κάθε περίπτωση και ο βαθμός απόδοσης κάθε φορτίου. Συνεπώς στον παρακάτω πίνακα δίνονται όλα τα απαραίτητα στοιχεία για τη μελέτη της ηλεκτρικής βιομηχανικής εγκατάστασης.

-ΠΙΝΑΚΑΣ 1

Περιγραφή των φορτίων της ηλεκτρικής εγκατάστασης

ΑΡΙΘΜΟΣ ΓΡΑΜΜΗΣ	ΕΙΔΟΣ ΦΟΡΤΙΟΥ	ΙΣΧΥΣ	ΣΥΝΦ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΦΑΣΕΩΝ	ΜΕΓΙΣΤΗ ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΗ ΠΤΩΣΗ ΤΑΣΗΣ	ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ
1	Φωτισμός 1kw	1000	1	1	1%	-
2	Φωτισμός 1,5kw	1500	1	1	1%	-
3	Κινητήρας 0,55hp	410	0.8	1	3%	0.75
4	Κινητήρας 0,88hp	656	0.84	1	3%	0.78
5	Κινητήρας 1.5hp	1119	0.8	3	3%	0.83
6	Κινητήρας 4.9hp	3655	0.88	3	3%	0.85
7	Κινητήρας 25hp	18650	0.91	3	3%	0.9
8	Κινητήρας 180hp	134280	0.9	3	3%	0.92
9	Κινητήρας 490hp	365540	0.92	3	3%	0.94-
10	Εφεδρική	52000	-	3	3%	

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

Σημείωση

Αρχικά η ισχύ των κινητήρων δινόταν σε ίππους ,αλλά για διευκόλυνση στους υπολογισμούς την έχουμε μετατραπεί σε watt. Η μετατροπή έγινε σύμφωνα με την αντιστοιχία των δύο μονάδων που είναι **1hp=746 watt**.

ΕΦΕΔΡΙΚΗ ΓΡΑΜΜΗ

Η εφεδρική γραμμή θα χρησιμοποιείται σε περίπτωση βλάβης των υπολοίπων γραμμών και για την εξασφάλιση της λειτουργίας των περισσότερων φορτίων με χρήση της εφεδρικής γραμμής , γραμμή αυτή θα είναι τριφασική και η ισχύς θα είναι 52 kw.

Μια άλλη χρησιμότητα της εφεδρικής γραμμής είναι η τροφοδότηση διαφόρων φορτίων σ περίπτωση επέκτασης τα βιομηχανίας η πρόσθεση διαφόρων μηχανημάτων. Έχει προβλεφθεί ότι στη βιομηχανία δε θα υπάρξει μελλοντικά η ανάγκη για εγκατάσταση μηχανήματος με ισχύ μεγαλύτερη από 50KW άρα η ισχύ που καθορίσαμε για υξν εφεδρική γραμμή είναι ικανοποιητική για τη βιομηχανία που μελετάμε.

Το μήκος της εφεδρικής γραμμής που ορίσαμε στα 15 μ από τον πίνακα διανομής όπου καταλήγει σε χώρο με πιθανότητα μελλοντικά να εγκατασταθεί κάποιο καινούργιο μηχάνημα επειδή η εφεδρική γραμμή προορίζεται για τροφοδοσία κινητήρων η επιτρεπομενη πτώση τάσης ορίστηκε 3 % .

Τα στοιχεία για την εφεδρική γραμμή δίνονται από τον παραπάνω πίνακα.

ΙΣΧΥ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ

Η ισχύς κινητήρων που δίνεται από τον πίνακα 1 είναι η ισχύς που αποδίδουν οι κινητήρες στο φορτίο , η ισχύς που απορροφούν οι κινητήρες από το δικτυο δίνεται από τον παρακάτω τυπο:

$$P_{in} = P_{out} / \eta$$

Όπου P_{out} : η ισχύ που αποδίδει ο κινητήρας στο φορτίο

Και η : ο βαθμός απόδοσης του κινητήρα

Παρακάτω υπολογίζεται η ισχύς που απορροφά κάθε κινητήρας:

Γραμμή 3 : (μονοφασικός κινητήρας 0,55HP)

$$P_{in} = P_{out} / \eta = 410 / 0,75 = 546W$$

Γραμμή 4: (μονοφασικός κινητήρας 0,88HP)

$$P_{in} = P_{out} / \eta = 656 / 0,78 = 841W$$

Γραμμή 5 : (τριφασικός κινητήρας 1,5 HP)

$$P_{in} = P_{out} / \eta = 1119 / 0,83 = 1348W$$

Γραμμή 6: (τριφασικός κινητήρας 4,9hp)

$$P_{in} = P_{out} / \eta = 3655 / 0,85 = 4300W$$

Γραμμή 7: (τριφασικός κινητήρας 25HP)

$$P_{in} = P_{out} / \eta = 18650 / 0,9 = 20722W$$

Γραμμή 8: (τριφασικός κινητήρας 180HP)

$$P_{in} = P_{out} / \eta = 134280 / 0,92 = 145956 W$$

Γραμμή 9 : (τριφασικός κινητήρας 490

$$HP) P_{in} = P_{out} / \eta = 365540 / 0,94 = 388872W$$

-Στον παρακάτω πίνακα(πιν.2)φαίνεται συγκεντρωτικά η απορροφούμενη από το δίκτυο ισχύ για κάθε κινητήρα.

A/A	Είδος γραμμής	POUT (w)	n	Pin (w)
1	Κινητήρας 0,55HP	410	0.75	547
2	Κινητήρας 0,88HP	656	0.78	841
3	Κινητήρας 1,5HP	119	0.83	1348
4	Κινητήρας 4,9HP	3655	0.85	43000
5	Κινητήρας 25HP	18650	0.9	20722
6	Κινητήρα 180HP	134280	0.92	145956
7	Κινητήρας 490HP	365540	0.94	388872

ΠΙΝΑΚΑΣ 2

Σημείωση:

Στη συνέχεια αυτής της εργασίας όπου αναφέρετε η ισχύ των κινητήρων θα εννοείται ότι είναι η ισχύ που απορροφούν οι κινητήρες από το δίκτυο (Pin)

2.ονομαστική ενταση ρεύματος κάθε γραμμής

Παρακάτω υπολογίζονται οι ονομαστικές εντάσεις ρεύματος που διαρρέουν κάθε γραμμή της εγκατάστασης:

Γραμμή 1: (φωτισμός 1000W)

$$I = p/v \cdot \cos\phi = 1000/230 \cdot 1 = 4.3A$$

Γραμμή 2: (φωτισμός 1500 W)

$$I = p/v * \cos\phi = 1500/230 * 1 = 6,5A$$

Γραμμή 3: (μονοφασικός κινητήρας 0,55HP)

$$I = p/v * \cos\phi = 546/230 * 0,8 = 2,96 A$$

Γραμμή 4: (μονοφασικός κινητήρας 0,88hp)

$$I = p/v * \cos\phi = 841/230 * 0,84 = 4,35 A$$

Γραμμή 5: (τριφασικός κινητήρας 1,5 hp)

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos\phi} = \frac{1348}{\sqrt{3} * 400 * 0.8} = 2.43 A$$

Γραμμή 6 : (τριφασικός κινητήρας 4,9hp)

$$i = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos\phi} = 7.05A$$

Γραμμή 7: (τριφασικός κινητήρας 25hp)

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos\phi} = 32.86A$$

Γραμμή 8: (τριφασικός κινητήρας 180 hp)

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos\phi} = 234 A$$

Γραμμή 9: (τριφασικός κινητήρας 490hp)

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos\phi} = 610 A$$

Εφεδρική Γραμμή: (52KW)

Επειδή η εφεδρική γραμμή προορίζεται για τροφοδότηση κινητήρων για τον υπολογισμό της μέγιστης έντασης ρεύματος που θα την διαρρέει θεωρούμε ότι το συνφ του φορτίου που θα τροφοδοτεί η γραμμή θα είναι : $\cos\phi = 0,85$

Για τον υπολογισμό της έντασης ρεύματος θεωρούμε της μηχανής που θα τροφοδοτηθεί από την εφεδρική γραμμή είναι $\cos\phi = 0.85$

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \text{συνφ}} = 52000 / (\sqrt{3} * 400 * 0,85) = 88,3 \text{ A}$$

- Στον παρακάτω **πίνακα (Πιν.3)** δίνονται οι ονομαστικές εντάσεις ρεύματος κάθε γραμμής.

Αριθμός γραμμής	Είδος φορτίου	Ισχύς Pin (W)	συνφ	Αριθμός Φάσεων	Ονομαστική Ένταση Ρεύματος (A)
1	Φωτισμού	1000	1	1	4,3
2	Φωτισμού	1500	1	1	6,5
3	Κινητήρας 0,55HP	546	0,8	1	2,96
4	Κινητήρας 0,88HP	841	0,84	1	4,35
5	Κινητήρας 1,5HP	1348	0,8	3	2,43
6	Κινητήρας 4,9HP	4300	0,88	3	7,05
7	Κινητήρας 25HP	20722	0,91	3	32,86
8	Κινητήρα 180HP	145956	0,9	3	234
9	Κινητήρας 490HP	388872	0,92	3	610
10	Εφεδρική	52000	0,85	3	88,3

ΠΙΝΑΚΑΣ 3

Σημείωση: Όπως έχει διαμορφωθεί σήμερα η τάση μονοφασικής γραμμής είναι 230V και η πολική τάση τριφασικής γραμμής είναι 400V. Οι τιμές αυτές χρησιμοποιήθηκαν στους παραπάνω υπολογισμούς.

Οι σχέσεις για τον υπολογισμό της έντασης του ρεύματος που χρησιμοποιήσαμε παραπάνω προέκυψαν από τις σχέσεις της ισχύος για μονοφασική και τριφασική κατανάλωση. Οι σχέσεις αυτές είναι:

- Ισχύς μονοφασικής κατανάλωσης: $P = V * I * \text{συνφ}$
- Ισχύς τριφασικής κατανάλωσης: $P = \sqrt{3} * V * I * \text{συνφ}$

3. Η ΔΙΑΤΟΜΗ ΚΑΙ ΤΟ ΕΙΔΟΣ ΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ

Μέθοδος προσδιορισμού της διατομής αγωγών

Παρακάτω γίνεται υπολογισμός της διατομής αγωγών για την ηλεκτρολογική εγκατάσταση που μελετάμε. Ο υπολογισμός της διατομής αγωγών γίνεται με δύο τρόπους:

- i. Μέθοδος ασφαλούς λειτουργίας
- ii. Μέθοδος επιτρεπόμενης πτώσης τάσης

Με την μέθοδο ασφαλούς λειτουργίας επιλέγεται η διατομή των αγωγών από ειδικό πίνακα σύμφωνα με τους κανονισμούς των ΕΗΕ. Πίνακας των κανονισμών ΕΗΕ δίνει τις ελάχιστες επιτρεπόμενες διατομές αγωγών σύμφωνα με την ένταση ρεύματος που διαρρέει τη γραμμή και το είδος της γραμμής (πίνακας 4). Με τη μέθοδο της επιτρεπόμενης πτώσης τάσης εξετάζεται αν οι αγωγοί που επιλέξαμε με την πρώτη μέθοδο ικανοποιούν τα κριτήρια της μέγιστης πτώσης τάσης που είναι 1% για εγκαταστάσεις φωτισμού και 3% για εγκαταστάσεις κίνησης . . Σε περίπτωση που η πτώση τάσης ξεπερνά το 1% ή 3% αντίστοιχα επιλέγουμε την αμέσως μεγαλύτερη διατομή αγωγού και εξετάζουμε για δεύτερη φορά την πτώση τάσης στους αγωγούς της γραμμής.

Α/Α	Διατομή αγωγών H07V (mm ²)	Μέγιστη επιτρεπόμενη ένταση ρεύματος (Α)		
		ΟΜΑΔΑ I Τρεις το πολύ αγωγοί σε σωλήνα ή καλώδιο	ΟΜΑΔΑ II Μονοπολικά καλώδια ή αγωγοί ορατών εγκαταστάσεων	ΟΜΑΔΑ III Σειρίδες τριών το πολύ αγωγών
1	1,5	14	22	10
2	2,5	20	31	15
3	4	25	41	20
4	6	33	54	26
5	10	43	70	35
6	16	60	96	48
7	25	83	128	65
8	35	100	153	78
9	50	127	197	100
10	70	147	237	-
11	95	181	287	-
12	120	208	336	-
13	150	238	383	-
14	185	266	435	-
15	240	310	515	-
16	300	355	596	-
17	375	-	683	-
18	400	-	710	-
19	500	-	810	-

ΠΙΝΑΚΑΣ 4: Διατομές αγωγών ασφαλούς λειτουργίας για θερμοκρασία περιβάλλοντος 30° C

Υπολογισμός πτώσης τάσης

- Πτώση τάσης μονοφασικής γραμμής
Η πτώση τάσης στους αγωγούς των μονοφασικών ηλεκτρικών εγκαταστάσεων υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\Delta U = \frac{2 \cdot \rho \cdot L \cdot I \cdot \cos \Phi}{S}$$

Όπου: ΔU: Η πτώση τάσης σε V

L: Το μήκος αγωγού σε m

I: Η ένταση ρεύματος σε A

cosφ: Το συνφ της κατανάλωσης

ρ : Η ειδική αντίσταση του χαλκού σε $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ όπου
για

θερμοκρασία 39°C έχουμε $\rho=0,018 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$

S: Η διάμετρος αγωγού σε mm^2

▪ Πτώση τάσης τριφασικής γραμμής
Η πτώση τάσης στους αγωγούς των τριφασικών ηλεκτρικών
εγκαταστάσεων

υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot \rho \cdot L \cdot I \cdot \cos \Phi}{S}$$

Υπολογισμός ειδικής αντίστασης χαλκού:

Η ειδική αντίσταση του χαλκού για θερμοκρασία $\theta=20^\circ\text{C}$ είναι $\rho=0,017$
 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$.

Για οποιαδήποτε άλλη θερμοκρασία η ειδική αντίσταση του χαλκού
υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\rho_{\theta} = \rho_0 \cdot [1 + \alpha(\Theta - \Theta_0)]$$

Όπου: ρ_0 : Η ειδική αντίσταση στους 20°C

α : Θερμικός συντελεστής ειδικής αντίστασης σε $^\circ\text{C}^{-1}$

θ : Η θερμοκρασία που θέλουμε να υπολογίσουμε την ειδική
αντίσταση σε $^\circ\text{C}$

Θ_0 : Θερμοκρασία ίση με 20°C

Η παραπάνω σχέση ισχύει για κάθε υλικό όπως είναι το αλουμίνιο κ.α. απλώς πρέπει να εφαρμόζουμε τις κατάλληλες τιμές για ρ και α .

Μέγιστη πτώση τάσης

- Σε μονοφασικά φορτία φωτισμού η πτώση τάσης δεν πρέπει να υπερβαίνει το 1%, δηλαδή πρέπει να είναι μικρότερη από 2,3 V
- Σε μονοφασικά φορτία κίνησης η πτώση τάσης πρέπει να είναι μικρότερη από 3% δηλαδή μικρότερη από 6,9 V
- Σε τριφασικά φορτία κίνησης η πτώση τάσης δεν πρέπει να υπερβαίνει το 3% δηλαδή στα 400 V πολικής τάσης δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 12 V.
-

Διατομή αγωγών σε φορτία κίνησης

Στην περίπτωση φορτίων κίνησης για τον προσδιορισμό της διατομής η ονομαστική ένταση ρεύματος πολλαπλασιάζεται με τον συντελεστή **1,25** και με βάση την τιμή που θα βρούμε προσδιορίζουμε την διατομή των αγωγών από τον πίνακα 1.

Επίδραση θερμοκρασία στη διατομή αγωγών

Όταν η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι μεγαλύτερη από 30°C η επιτρεπόμενη ένταση συνεχούς λειτουργίας των μονωμένων αγωγών του πίνακα 4 λαμβάνεται μικρότερη σύμφωνα με τον συντελεστή **n2** που φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

A/A	Θερμοκρασία Περιβάλλοντος (°C)	Ποσοστό μείωσης της μέγιστης έντασης των αγωγών του πίνακα 3	Συντελεστής n 2
1	30	100%	1
2	35	91%	0,91
3	40	82%	0,82
4	45	71%	0,71
5	50	58%	0,58
6	55	41%	0,41

Πίνακας 5: Συντελεστής επίδρασης θερμοκρασία στη διατομή αγωγών

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Για τύπους καλωδίων που αντέχουν σε υψηλές θερμοκρασίες λειτουργίας (καλώδια σιλικόνης, ειδικών ελαστικών, Teflon κλπ.) δεν ισχύουν τα ποσοστά του πίνακα 4

Επίδραση του αριθμού των ενεργών αγωγών στη διατομή των αγωγών

Όταν οι ενεργοί αγωγοί μέσα στον ίδιο σωλήνα ή μέσα στο ίδιο καλώδιο είναι περισσότεροι από τρεις τότε η μέγιστη επιτρεπόμενη ένταση φόρτισης των αγωγών του πίνακα 4 μειώνεται σύμφωνα με τον συντελεστή **n3** που φαίνεται παρακάτω στον πίνακα 6.

A/ A	Αριθμός ενεργών αγωγών στον ίδιο σωλήνα ή καλώδιο	Ποσοστό μείωσης της μέγιστης έντασης των αγωγών του πίνακα 3	Συντελεστή n3
1	4-6	80%	0,8
2	7-9	70%	0,7

ΠΙΝΑΚΑΣ 6: Συντελεστής επίδραση αριθμού αγωγών στη διατομή αγωγών.

Ελάχιστη διατομή αγωγών

Για την εξασφάλιση της μηχανικής αντοχής των αγωγών σύμφωνα με τους κανονισμούς των ΕΗΕ η ελάχιστη επιτρεπόμενη διατομή αγωγών για φορτία φωτισμού είναι 1,5 mm² και για φορτία κίνησης είναι 2,5 mm².

Διατομή αγωγών ουδετέρου και γείωσης

Σε μονοφασικές γραμμές ο αγωγός του ουδετέρου είναι ίσης διατομής με τον αγωγό της φάσης, τα ίδια ισχύουν και για τον αγωγό της γείωσης.

Σε τριφασικές γραμμές ο αγωγός του ουδετέρου δίνεται από ειδικό πίνακα σύμφωνα με τον ΚΕΗΕ. Επίσης ο ΚΕΗΕ ορίζει ότι για τη διατομή του αγωγού γείωσης ισχύουν τα ίδια με την περίπτωση του ουδετέρου αγωγού. Παρακάτω στον πίνακα 7 φαίνεται η διατομή του ουδετέρου

αγωγού ή της γείωσης σε σχέση με τη διατομή των φάσεων σε τριφασική γραμμή.

A/A	Διατομή αγωγού φάσης (mm ²)	Διατομή αγωγού ουδετέρου ή γείωσης μέσα σε σωλήνα ή καλώδιο (mm ²)
1	1,5	1,5
2	2,5	2,5
3	4	4
4	6	6
5	10	10
6	16	16
7	25	16
8	35	16
9	50	25
10	70	35
11	95	50
12	120	70
13	150	70
14	185	95
15	240	120
16	300	150
17	400	240

ΠΙΝΑΚΑΣ 7: Διατομή αγωγού ουδετέρου ή γείωσης σε σχέση με τη διατομή των αγωγών φάσης

Προσδιορισμός της διατομής και του είδους των αγωγών

Παρακάτω προσδιορίζεται η διατομή και το είδος των αγωγών για κάθε γραμμή της ηλεκτρικής βιομηχανικής εγκατάστασης.

Επισημαίνεται ότι στην εγκατάσταση που μελετάμε όλες οι γραμμές είναι χωνευτές και οι αγωγοί τοποθετούνται μέσα σε σωλήνες.

ΓΡΑΜΜΗ 1: (Φωτισμός 1 KW)

i) Μέθοδος ασφαλούς λειτουργίας:

- Η ονομαστική ένταση ρεύματος που διαρρέει τη γραμμή όπως έχει υπολογιστεί στις σελίδες 9 - 10 αυτής της εργασίας είναι: $I = 4,3 \text{ A}$

- Εισάγοντας τον συντελεστή διόρθωσης n_2 για θερμοκρασία 39 °C όπου σύμφωνα με τον πίνακα 5 $n_2=0,82$ η ένταση ρεύματος γίνεται:

$$I' = \frac{I}{n_2} = \frac{4.3}{0.82} = 5.2A$$

- Επειδή η ένταση ρεύματος της γραμμής είναι σχετικά μικρή από τον πίνακα 4 θα επιλέξουμε την ελάχιστη επιτρεπόμενη διατομή αγωγών για εγκαταστάσεις φωτισμού που είναι 1,5 mm².

ii) Μέθοδος επιτρεπόμενης πτώσης τάσης

Η πτώση τάσης στους αγωγούς της μονοφασικής γραμμής φωτισμού που έχει

Μήκος 12 m είναι:

$$\Delta U = \frac{2 * \rho * L * I * \cos \phi}{S} = \frac{2 * 0.018 * 12 * 4.3 * 1}{1.5} = 1.24V < 2.3V$$

Η πτώση τάσης βρέθηκε 1,24 V μικρότερη από 2,3 V άρα η διατομή των αγωγών που θα χρησιμοποιήσουμε θα είναι **S=1.5 mm²**.

- Οι αγωγοί που θα χρησιμοποιήσουμε θα είναι τύπου **H07V-U**
- Οι αγωγοί της γραμμής είναι: **3X1,5 mm² H07V-U**

ΓΡΑΜΜΗ 2: (Φωτισμός 1,5 KW)

i) Μέθοδος ασφαλούς λειτουργίας:

- Η ονομαστική ένταση ρεύματος που διαρρέει τη γραμμή όπως έχει υπολογιστεί είναι: $I = 6,5 A$
- Εισάγοντας τον συντελεστή διόρθωσης n_2 για θερμοκρασία 39°C όπου σύμφωνα με τον πίνακα 5 $n_2=0,82$ η ένταση ρεύματος γίνεται:

$$I' = \frac{I}{n_2} = \frac{6.5}{0.82} = 7.9A$$

- Επειδή η ένταση ρεύματος της γραμμής είναι σχετικά μικρή από τον πίνακα 4 θα επιλέξουμε την ελάχιστη επιτρεπόμενη διατομή αγωγών για εγκαταστάσεις φωτισμού που είναι $1,5 \text{ mm}^2$.

ii) Μέθοδος επιτρεπόμενης πτώσης τάσης

Η πτώση τάσης στους αγωγούς της μονοφασικής γραμμής φωτισμού που έχει μήκος 63 m είναι

$$\Delta U = \frac{2 * \rho * L * I * \cos \phi}{S} = \frac{2 * 0.018 * 63 * 6.5 * 1}{1.5} = 9.8 \text{ V} > 2.3 \text{ V}$$

Η πτώση τάσης λόγω του μεγάλου μήκους της γραμμής βρέθηκε 9,8 V μεγαλύτερη από 2,3 V άρα θα επιλέξουμε την αμέσως μεγαλύτερη διατομή αγωγών που είναι $S = 2.5 \text{ mm}^2$ και θα ξανά υπολογίσουμε την πτώσης τάσης:

$$\Delta U = \frac{2 * \rho * L * I * \cos \phi}{S} = \frac{2 * 0.018 * 63 * 6.5 * 1}{2.5} = 5.8 \text{ V} > 2.3 \text{ V}$$

Η πτώση τάσης και σε αυτή την περίπτωση προέκυψε μεγαλύτερη της επιτρεπόμενης άρα θα επιλέξουμε μεγαλύτερη διατομή αγωγού $S = 4 \text{ mm}^2$ και θα επαναλάβουμε τον υπολογισμό της πτώσης τάσης:

$$\Delta U = \frac{2 * \rho * L * I * \cos \phi}{S} = \frac{2 * 0.018 * 63 * 6.5 * 1}{4} = 3.7 \text{ V} > 2.3 \text{ V}$$

Η πτώση τάσης βρέθηκε μεγαλύτερη του 1% άρα θα επαναλάβουμε τον υπολογισμό με διατομή αγωγού $S = 6 \text{ mm}^2$:

$$\Delta U = \frac{2 * \rho * L * I * \cos \phi}{S} = \frac{2 * 0.018 * 63 * 6.5 * 1}{6} = 2.5 \text{ V} > 2.3 \text{ V}$$

Και σε αυτή την περίπτωση λόγω του μεγάλου μήκους γραμμής (63 m) η πτώση τάσης βρέθηκε μεγαλύτερη της επιτρεπόμενης (2,3 V) με

αποτέλεσμα να επαναλάβουμε τον υπολογισμό για διατομή αγωγών $S=10 \text{ mm}^2$:

$$\Delta U = \frac{2 * \rho * L * I * \cos \phi}{S} = \frac{2 * 0.018 * 63 * 6.5 * 1}{10} = 1.5 \text{ V} < 2.3 \text{ V}$$

Σε αυτή την περίπτωση η πτώση τάσης βρέθηκε μέσα στα επιτρεπτά όρια άρα οι αγωγοί που θα χρησιμοποιήσουμε θα έχουν διατομή **$S=10 \text{ mm}^2$** .

- Οι αγωγοί που θα χρησιμοποιήσουμε θα είναι τύπου **H07V-R**
- Οι αγωγοί της γραμμής είναι: **3X10 mm² H07V-R**

ΓΡΑΜΜΗ 3: (Μονοφασικός κινητήρας 0,55 HP)

i) Μέθοδος ασφαλούς λειτουργίας:

- Η ονομαστική ένταση ρεύματος που διαρρέει τη γραμμή όπως έχει υπολογιστεί είναι: $I = 2,96 \text{ A}$
- Πολλαπλασιάζουμε την ονομαστική ένταση ρεύματος του κινητήρα με τον συντελεστή 1,25 όπως ορίζουν οι ΚΕΗΕ και η ένταση ρεύματος γίνεται:

$$I_1 = 1.25 * 2.96 = 3.7 \text{ A}$$

- Εισάγοντας τον συντελεστή διόρθωσης n_2 για θερμοκρασία 39°C όπου σύμφωνα με τον πίνακα 5 $n_2 = 0,82$ η ένταση ρεύματος γίνεται:

$$I_2 = \frac{I}{n_2} = \frac{3.7}{0.82} = 4.51 \text{ A}$$

- Επειδή η ένταση ρεύματος της γραμμής είναι σχετικά μικρή από τον πίνακα 4 θα επιλέξουμε την ελάχιστη επιτρεπόμενη διατομή αγωγών για εγκαταστάσεις κίνησης που είναι $2,5 \text{ mm}^2$.

ii) Μέθοδος επιτρεπόμενης πτώσης τάσης

Η πτώση τάσης στους αγωγούς της μονοφασικής γραμμής κίνησης που έχει μήκος 25 m είναι:

$$\Delta U = \frac{2 * \rho * L * I * \cos \phi}{S} = \frac{2 * 0.018 * 25 * 2.96 * 0.8}{2.5} = 0.85V < 6.9V$$

Η πτώση τάσης βρέθηκε μέσα στα επιτρεπτά όρια άρα οι αγωγοί που θα χρησιμοποιήσουμε θα έχουν διατομή **S=2.5 mm²**.

- Η γραμμή θα περιλαμβάνει τρεις αγωγούς: Φάση, ουδέτερο και γείωση. Η διατομή του αγωγού γείωσης θα είναι 2.5 mm²
- Οι αγωγοί που θα χρησιμοποιήσουμε θα είναι τύπου **H07V-U**
- Οι αγωγοί της γραμμής είναι: **3X2.5 mm²-H07V-U**

ΓΡΑΜΜΗ 4: (Μονοφασικός κινητήρας 0.88 HP)

i) Μέθοδος ασφαλούς λειτουργίας:

- Η ονομαστική ένταση ρεύματος που διαρρέει τη γραμμή είναι: I= 4.35 A
- Πολλαπλασιάζουμε την ονομαστική ένταση ρεύματος του κινητήρα με τον συντελεστή 1,25 όπως ορίζουν οι ΚΕΗΕ και η ένταση ρεύματος γίνεται:

$$I_1 = 1.25 * 4.35 = 5.43A$$
- Εισάγοντας τον συντελεστή διόρθωσης n₂ για θερμοκρασία 39°C όπου σύμφωνα με τον πίνακα 5 (σελ. 13 n₂=0,82 η ένταση ρεύματος γίνεται:

$$I_2 = \frac{I}{n_2} = \frac{5.43}{0.82} = 6.62A$$

- Επειδή η ένταση ρεύματος της γραμμής είναι σχετικά μικρή από τον πίνακα 4 θα επιλέξουμε την ελάχιστη επιτρεπόμενη διατομή αγωγών για εγκαταστάσεις κίνησης που είναι 2,5 mm².

ii) Μέθοδος επιτρεπόμενης πτώσης τάσης

Η πτώση τάσης στους αγωγούς της μονοφασικής γραμμής κίνησης που έχει μήκος 35m είναι:

$$\Delta U = \frac{2 * \rho * L * I * \cos \phi}{S} = \frac{2 * 0.018 * 35 * 4.35 * 0.84}{2.5} = 1.84V < 6.9V$$

Η πτώση τάσης βρέθηκε μέσα στα επιτρεπτά όρια άρα οι αγωγοί που θα χρησιμοποιήσουμε θα έχουν διατομή **S=2.5 mm²**.

- Οι αγωγοί που θα χρησιμοποιήσουμε θα είναι τύπου **H07V-U**
- Οι αγωγοί της γραμμής είναι: **3X2.5 mm² H07V-U**

ΓΡΑΜΜΗ 5: (Τριφασικός κινητήρας 1.5 HP)

i) Μέθοδος ασφαλούς λειτουργίας:

- Η ονομαστική ένταση ρεύματος που διαρρέει τη γραμμή είναι: I = 2.43 A
- Πολλαπλασιάζουμε την ονομαστική ένταση ρεύματος του κινητήρα με τον συντελεστή 1,25 όπως ορίζουν οι ΚΕΗΕ και η ένταση ρεύματος γίνεται:

$$I_1 = 1.25 * 2.43 = 3.03A$$

- Εισάγοντας τον συντελεστή διόρθωσης n₂ για θερμοκρασία 39° C όπου σύμφωνα με τον πίνακα 5 n₂=0,82 η ένταση ρεύματος γίνεται:

$$I_2 = \frac{I}{n_2} = \frac{3.03}{0.82} = 3.69A$$

- Επειδή η ένταση ρεύματος της γραμμής είναι σχετικά μικρή από τον πίνακα 4 θα επιλέξουμε την ελάχιστη επιτρεπόμενη διατομή αγωγών για εγκαταστάσεις κίνησης που είναι 2,5 mm².

ii) Μέθοδος επιτρεπόμενης πτώσης τάσης

Η πτώση τάσης στους αγωγούς της τριφασικής γραμμής κίνησης που έχει μήκος 12 m είναι:

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} * \rho * L * I * \cos \phi}{S} = \frac{\sqrt{3} * 0.018 * 12 * 3.03 * 0.8}{2.5} = 0.36V < 12V$$

Η πτώση τάσης βρέθηκε μέσα στα επιτρεπτά όρια άρα οι αγωγοί που θα χρησιμοποιήσουμε θα έχουν διατομή **S=2.5mm²**.

- Η διατομή του αγωγού γείωσης σύμφωνα με τον πίνακα 7 είναι 2.5 mm²
- Οι αγωγοί που θα χρησιμοποιήσουμε θα είναι τύπου **H07V-U**
- Οι αγωγοί της γραμμής είναι: **4X2.5 mm²H07V-U**

ΓΡΑΜΜΗ 6: (Τριφασικός κινητήρας 4.9HP)

i) Μέθοδος ασφαλούς λειτουργίας:

- Η ονομαστική ένταση ρεύματος που διαρρέει τη γραμμή είναι: I= 7,05 A
- Πολλαπλασιάζουμε την ονομαστική ένταση ρεύματος του κινητήρα με τον συντελεστή 1,25 όπως ορίζουν οι ΚΕΗΕ και η ένταση ρεύματος γίνεται:

$$I_1 = 1.25 * 7.05 = 8.81A$$
- Εισάγοντας τον συντελεστή διόρθωσης n₂ για θερμοκρασία 39°C όπου σύμφωνα με τον πίνακα 5 n₂=0,82 η ένταση ρεύματος γίνεται:

$$I_2 = \frac{I}{n_2} = \frac{8.81}{0.82} = 10.74A$$

- Για ένταση ρεύματος ίση με 10,74 A από τον πίνακα 4 θα επιλέξουμε διατομή αγωγών ίση με 2,5 mm².

ii) Μέθοδος επιτρεπόμενης πτώσης τάσης

Η πτώση τάσης στους αγωγούς της τριφασικής γραμμής κίνησης που έχει μήκος 20 m είναι:

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} * \rho * L * I * \cos \phi}{S} = \frac{\sqrt{3} * 0.018 * 20 * 7.05 * 0.88}{2.5} = 1.54V < 12V$$

Η πτώση τάσης βρέθηκε μέσα στα επιτρεπτά όρια άρα οι αγωγοί που θα χρησιμοποιήσουμε θα έχουν διατομή **S=2.5 mm²**.

- Η διατομή του αγωγού γείωσης σύμφωνα με τον πίνακα 7 (σελ. 14) είναι 2.5 mm²
- Οι αγωγοί που θα χρησιμοποιήσουμε θα είναι τύπου **H07V-U**
- Οι αγωγοί της γραμμής είναι: **4X2.5 mm²H07V-R**

ΓΡΑΜΜΗ 7: (Τριφασικός κινητήρας 25HP)

i) Μέθοδος ασφαλούς λειτουργίας:

- Η ονομαστική ένταση ρεύματος που διαρρέει τη γραμμή είναι: I=32.86 A
- Πολλαπλασιάζουμε την ονομαστική ένταση ρεύματος του κινητήρα με τον συντελεστή 1,25 όπως ορίζουν οι ΚΕΗΕ και η ένταση ρεύματος γίνεται:

$$I_1 = 1.25 * 32.86 = 41A$$

- Εισάγοντας τον συντελεστή διόρθωσης n₂ για θερμοκρασία 39°C όπου σύμφωνα με τον πίνακα 5 n₂=0,82 η ένταση ρεύματος γίνεται:

$$I_2 = \frac{I}{n_2} = \frac{41}{0.82} = 50A$$

- Από τον πίνακα του ΚΕΗΕ (πίνακας 4) με τις ελάχιστες επιτρεπόμενες διατομές αγωγών σύμφωνα με την ένταση ρεύματος επιλέγουμε διατομή αγωγών ίση με 16 mm².

ii) Μέθοδος επιτρεπόμενης πτώσης τάσης

Η πτώση τάσης στους αγωγούς της τριφασικής γραμμής κίνησης που έχει μήκος 35 m είναι:

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} * \rho * L * I * \cos \phi}{S} = \frac{\sqrt{3} * 0.018 * 35 * 32.86 * 0.91}{16} = 2.3V < 12V$$

Η πτώση τάσης βρέθηκε μέσα στα επιτρεπτά όρια άρα οι αγωγοί που θα χρησιμοποιήσουμε θα έχουν διατομή **S=16mm²**.

- Η διατομή του αγωγού γείωσης σύμφωνα με τον πίνακα 7 είναι 16 mm²
- Οι αγωγοί που θα χρησιμοποιήσουμε θα είναι τύπου **H07V-R**
- Οι αγωγοί της γραμμής είναι: **4X16 mm² H07V-R**

ΓΡΑΜΜΗ 8: (Τριφασικός κινητήρας 180HP)

i) Μέθοδος ασφαλούς λειτουργίας:

- Η ονομαστική ένταση ρεύματος που διαρρέει τη γραμμή είναι:
I=234 A
- Πολλαπλασιάζουμε την ονομαστική ένταση ρεύματος του κινητήρα με τον συντελεστή 1,25 όπως ορίζουν οι ΚΕΗΕ και η ένταση ρεύματος γίνεται:

$$I_1 = 1.25 * 234 = 292.5A$$

- Εισάγοντας τον συντελεστή διόρθωσης n_2 για θερμοκρασία 39°C όπου σύμφωνα με τον πίνακα 5 $n_2=0,82$ η ένταση ρεύματος γίνεται:

$$I_2 = \frac{I}{n_2} = \frac{292.5}{0.82} = 356.7\text{A}$$

- Από τον πίνακα του ΚΕΗΕ (πίνακας 4) με τις ελάχιστες επιτρεπόμενες διατομές αγωγών σύμφωνα με την ένταση ρεύματος επιλέγουμε διατομή αγωγών ίση με 300 mm^2 .

ii) Μέθοδος επιτρεπόμενης πτώσης τάσης

Η πτώση τάσης στους αγωγούς της τριφασικής γραμμής κίνησης που έχει μήκος 45 m είναι:

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} * \rho * L * I * \cos\phi}{S} = \frac{\sqrt{3} * 0.018 * 45 * 234 * 0.9}{300} = 0.98\text{V} < 12\text{V}$$

Η πτώση τάσης βρέθηκε μέσα στα επιτρεπτά όρια άρα οι αγωγοί που θα χρησιμοποιήσουμε θα έχουν διατομή **S=300 mm²**.

- Η διατομή του αγωγού γείωσης σύμφωνα με τον πίνακα 7 είναι 150 mm^2
- Οι αγωγοί που θα χρησιμοποιήσουμε θα είναι τύπου **H07V-R**
- Οι αγωγοί της γραμμής είναι: **3X300 mm² +1X150 mm² H07V-R**

ΓΡΑΜΜΗ 9: (Τριφασικός κινητήρας 490HP)

i) Μέθοδος ασφαλούς λειτουργίας:

- Η ονομαστική ένταση ρεύματος που διαρρέει τη γραμμή είναι:
 $I=610\text{ A}$
- Πολλαπλασιάζουμε την ονομαστική ένταση ρεύματος του κινητήρα με τον συντελεστή $1,25$ όπως ορίζουν οι ΚΕΗΕ και η ένταση ρεύματος

γίνεται:

$$I_1 = 1.25 * 610 = 762.5\text{ A}$$

- Εισάγοντας τον συντελεστή διόρθωσης n_2 για θερμοκρασία 39°C όπου σύμφωνα με τον πίνακα 5 $n_2=0,82$ η ένταση ρεύματος γίνεται:

$$I_2 = \frac{I}{n_2} = \frac{762.5}{0.82} = 929.8 \text{ A}$$

- Επειδή προέκυψε πολύ μεγάλη ένταση ρεύματος και δεν υπάρχει αγωγός τέτοιου μεγέθους θα χρησιμοποιήσουμε τρεις παράλληλους αγωγούς που καθένας θα φορτίζεται με ρεύμα

$$I = \frac{I_2}{3} = \frac{929,8}{3} = 309.9 \text{ A}$$

Σύμφωνα με τον πίνακα 4 θα χρησιμοποιήσουμε τρεις παράλληλους αγωγού για κάθε φάση διατομής 240 mm^2 ο καθένας και συνολικής διατομής $3 \times 240 = 720 \text{ mm}^2$

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Δεν εισάγουμε τον συντελεστή n_3 για πλήθος ενεργών αγωγών περισσότερων των τριών γιατί στην περίπτωση μας παρόλο που έχουμε 9 ενεργούς αγωγούς θα τους τοποθετήσουμε σε τρεις σωλήνες με αποτέλεσμα να έχουμε τρεις ενεργούς αγωγούς σε κάθε σωλήνα.

ii) Μέθοδος επιτρεπόμενης πτώσης τάσης

Η πτώση τάσης στους αγωγούς της τριφασικής γραμμής κίνησης που έχει μήκος 45 m είναι:

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} * \rho * L * I * \cos \phi}{S} = \frac{\sqrt{3} * 0.018 * 45 * 610 * 0.92}{720} = 1.09 \text{ V} < 12 \text{ V}$$

Η πτώση τάσης βρέθηκε μέσα στα επιτρεπτά όρια άρα οι τρεις παράλληλοι αγωγοί που θα χρησιμοποιήσουμε θα έχουν διατομή **S=240 mm²** ο καθένας.

- Θα χρησιμοποιήσουμε τρεις παράλληλους αγωγούς γείωσης διατομής 120 mm² ο καθένας
- Οι αγωγοί που θα χρησιμοποιήσουμε θα είναι τύπου **H07V-R**
- Οι αγωγοί της γραμμής είναι: **3X(3X240 mm² +1X120 mm²) H07V-R**

ΕΦΕΔΡΙΚΗ ΓΡΑΜΜΗ: (52 KW)

i) Μέθοδος ασφαλούς λειτουργίας:

- Η ονομαστική ένταση ρεύματος της εφεδρικής γραμμής υπολογίστηκε 88,3 A
- Επειδή η εφεδρική γραμμή προορίζεται για τροφοδοσία κινητήρων έστω ότι η ονομαστική ένταση του κινητήρα είναι 88,3 A πολλαπλασιάζουμε την ονομαστική ένταση ρεύματος με τον συντελεστή 1,25 και έχουμε:

$$I_1 = 1.25 * 88,3 = 110.3 \text{ A}$$

- Εισάγοντας τον συντελεστή διόρθωσης n_2 για θερμοκρασία 39°C όπου σύμφωνα με τον πίνακα 5 $n_2 = 0,82$ η ένταση ρεύματος γίνεται:

$$I_2 = \frac{I}{n_2} = \frac{110.3}{0.82} = 134,5 \text{ A}$$

- Σύμφωνα με τον πίνακα 4 για ένταση ρεύματος I_2 θα χρησιμοποιήσουμε αγωγούς διατομής 70 mm²

ii) Μέθοδος επιτρεπόμενης πτώσης τάσης

Η πτώση τάσης στους αγωγούς της τριφασικής εφεδρικής γραμμής που έχει μήκος 15m είναι:

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} * \rho * L * I * \cos \phi}{S} = \frac{\sqrt{3} * 0.018 * 15 * 88.3 * 0.85}{70} = 0.49V < 12V$$

Η πτώση τάσης βρέθηκε μέσα στα επιτρεπτά όρια άρα οι αγωγοί που θα χρησιμοποιήσουμε θα έχουν διατομή **S=70 mm²** ανά φάση.

- Η διατομή των αγωγών ουδετέρου και γείωσης σύμφωνα με τον πίνακα 7 για διατομή αγωγού φάσης 70 mm² είναι 35mm².
- Οι αγωγοί που θα χρησιμοποιήσουμε θα είναι τύπου **H07V-R**
- Οι αγωγοί της γραμμής είναι: **3X70 mm²+2X35 mm² H07V-R**

ΓΡΑΜΜΗ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ: (Διατομή και είδος αγωγού τροφοδοσίας)

Για τον υπολογισμό των αγωγών τροφοδοσίας από τον μετρητή της ΔΕΗ μέχρι τον πίνακα διανομής θεωρού ότι το μήκος της γραμμής τροφοδοσίας δεν ξεπερνά τα 25m. Επίσης για τη βιομηχανία που μελετάμε θεωρούμε ότι τα φορτία θα λειτουργούν όλα συγχρόνως δηλαδή δεν έχουμε συντελεστή ετεροχρονισμού.

- Οι ονομαστικές εντάσεις ρεύματος, το συνφ, η γωνία φ και το ημφ για κάθε γραμμή της ηλεκτρικής βιομηχανικής εγκατάστασης είναι:

ΓΡΑΜΜΗ 1: (Φωτισμός 1000 W)

I_{1on}= 4,3 A συνφ₁=1 ημφ₁=0

ΓΡΑΜΜΗ 2: (Φωτισμός 1500 W)

I_{2on}= 6,5 A συνφ₂=1 ημφ₂=0

ΓΡΑΜΜΗ 3: (Μονοφασικός Κινητήρας 0.55HP)

I_{3on}= 2,96 A συνφ₃=0,8 φ₃=συν-1(0,8)=36,87° ημφ₃=0,6

ΓΡΑΜΜΗ 4: (Μονοφασικός κινητήρας 0.88HP)

$$I_{4ov} = 4,35 \text{ A} \quad \text{συνφ}_4 = 0,84 \quad \phi_4 = \arccos(0,84) = 32,86^\circ \quad \eta_{μφ}_4 = 0,54$$

ΓΡΑΜΜΗ 5: (Τριφασικός κινητήρας 1.5 HP)

$$I_{5ov} = 2,43 \text{ A} \quad \text{συνφ}_5 = 0,8 \quad \phi_5 = \arccos(0,8) = 36,87^\circ \quad \eta_{μφ}_5 = 0,6$$

ΓΡΑΜΜΗ 6: (Τριφασικός Κινητήρας 4.9 HP)

$$I_{6ov} = 7,05 \text{ A} \quad \text{συνφ}_6 = 0,88 \quad \phi_6 = \arccos(0,88) = 28,36^\circ \quad \eta_{μφ}_6 = 0,47$$

ΓΡΑΜΜΗ 7: (Τριφασικός Κινητήρας 25 HP)

$$I_{7ov} = 32,86 \text{ A} \quad \text{συνφ}_7 = 0,91 \quad \phi_7 = \arccos(0,91) = 24,49^\circ \quad \eta_{μφ}_7 = 0,41$$

ΓΡΑΜΜΗ 8: (Τριφασικός Κινητήρας 180HP)

$$I_{8ov} = 234 \text{ A} \quad \text{συνφ}_8 = 0,9 \quad \phi_8 = \arccos(0,9) = 25,84^\circ \quad \eta_{μφ}_8 = 0,43$$

ΓΡΑΜΜΗ 9: (Τριφασικός Κινητήρας 490HP)

$$I_{9ov} = 610 \text{ A} \quad \text{συνφ}_9 = 0,92 \quad \phi_9 = \arccos(0,92) = 23,07^\circ \quad \eta_{μφ}_9 = 0,39$$

ΕΦΕΔΡΙΚΗ ΓΡΑΜΜΗ: (52 KW)

$$I_{10ov} = 88,3 \text{ A} \quad \text{συνφ}_{10} = 0,85^* \quad \phi_{10} = \arccos(0,85) = 31,79^\circ$$

$\eta_{μφ}_{10} = 0,53$

*Θεωρούμε εικονικό συνφ γιατί η γραμμή προορίζεται για τροφοδότησης κινητήρων σε πιθανή επέκταση του εργοστασίου.

- Η βαττική συνιστώσα του ρεύματος είναι:

$$I_{\beta} = I_{1ov} \sigma_{\text{υνφ}}1 + I_{2ov} \sigma_{\text{υνφ}}2 + I_{3ov} \sigma_{\text{υνφ}}3 + I_{4ov} \sigma_{\text{υνφ}}4 + I_{5ov} \sigma_{\text{υνφ}}5 + \\ I_{6ov} \sigma_{\text{υνφ}}6 + I_{7ov} \sigma_{\text{υνφ}}7 + I_{8ov} \sigma_{\text{υνφ}}8 + I_{9ov} \sigma_{\text{υνφ}}9 + I_{10ov} \sigma_{\text{υνφ}}10 = 4.3 * 1 + 6.5 * 1 \\ + 2.96 * 0.8 + 4.35 * 0.84 + 2.43 * 0.8 + 7.05 * 0.88 + 32.86 * 0.91 + 234 * 0.9 + 610 \\ * 0.92 + 88.3 * 0.85 = 901.75 \text{ A}$$

- Η άεργη συνιστώσα του ρεύματος είναι:

$$I_a = I_{1ov} \eta \mu \phi 1 + I_{2ov} \eta \mu \phi 2 + I_{3ov} \eta \mu \phi 3 + I_{4ov} \eta \mu \phi 4 + I_{5ov} \eta \mu \phi 5 + I_{6ov} \eta \mu \phi 6 + I_{7ov} \eta \mu \phi 7 + I_{8ov} \eta \mu \phi 8 + I_{9ov} \eta \mu \phi 9 + I_{10ov} \eta \mu \phi 10 = 4.3 * 1 + 6.5 * 1 + 2.96 * 0.6 + 4.35 * 0.54 + 2.43 * 0.6 + 7.05 * 0.47 + 32.86 * 0.41 + 234 * 0.43 + 610 * 0.39 + 88.3 * 0.53 = 418.2 \text{ A}$$

- Το ρεύμα γραμμής I_{AB} είναι:

$$I_{AB} = \sqrt{I_B^2 + I_A^2} = \sqrt{901.75^2 + 418.2^2} = 994.004 \text{ A}$$

- Το μέσο συνφ είναι:

$$\text{συνφM} = \frac{I_B}{I_{AB}} = \frac{901.75}{994.004} = 0.907 \text{ A}$$

- Εισάγοντας τον συντελεστή διόρθωσης n₂ για θερμοκρασία 39°C όπου σύμφωνα με τον πίνακα 5 n₂=0,82 η ένταση ρεύματος γίνεται:

$$I_2 = \frac{I}{n_2} = \frac{994.004}{0.82} = 1212,2$$

- Επειδή προέκυψε πολύ μεγάλη ένταση ρεύματος και δεν υπάρχει αγωγός αυτού του μεγέθους θα χρησιμοποιήσουμε τέσσερις παράλληλους αγωγούς που καθένας θα φορτίζεται με ρεύμα

$$I = \frac{I_2}{4} = \frac{1212.2}{4} = 303,05 \text{ A}$$

- Σύμφωνα με τον πίνακα 4 θα χρησιμοποιήσουμε τέσσερις παράλληλους αγωγούς για κάθε φάση διατομής 240mm² ο καθένας και συνολικής διατομής 4X240=960mm²

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Δεν εισάγουμε τον συντελεστή διόρθωσης n_3 για πλήθος ενεργών αγωγών περισσότερων των τριών γιατί στην περίπτωση μας παρόλο που έχουμε 12 ενεργούς αγωγούς θα τους τοποθετήσουμε σε τέσσερις σωλήνες με αποτέλεσμα να έχουμε τρεις ενεργούς αγωγούς σε κάθε σωλήνα.

- Η πτώση τάσης στους αγωγούς της τριφασικής γραμμής παροχής της εγκατάστασης που έχει μήκος 25 m είναι:

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} * \rho * L * I * \cos \phi}{S} = \frac{\sqrt{3} * 0.018 * 25 * 994 * 0.907}{960} = 0.93V$$

Η πτώση τάσης βρίσκεται μέσα στα επιτρεπόμενα όρια που είναι 1% γιατί η γραμμή τροφοδοσίας τροφοδοτεί και γραμμές φωτισμού. Άρα οι τέσσερις παράλληλοι αγωγοί φάσης που θα χρησιμοποιήσουμε θα έχουν διατομή 240 mm² ο καθένας.

- Θα χρησιμοποιήσουμε τέσσερις παράλληλους αγωγούς γείωσης και ουδέτερου διατομής 120 mm² ο καθένας
- Οι αγωγοί που θα χρησιμοποιήσουμε θα είναι τύπου **H07V-R**
- Οι αγωγοί της γραμμής από τον μετρητή έως τον πίνακα τροφοδοσίας είναι: **4X(3X240 mm² + 2X120 mm²) H07VR**

Πίνακας με τις διατομές διατομής και το είδος των αγωγών
Παρακάτω στον πίνακα 8 είναι συγκεντρωμένα όλα τα στοιχεία των γραμμών που αφορούν την διατομή και το είδος των αγωγών.

Αριθμός γραμμής	Είδος φορτίου	Διατομή αγωγών φάσης	Διατομή αγωγού γείωσης	Είδος αγωγών	Πλήρης χαρακτηρισμός αγωγών
1	Φωτισμού	1,5	1.5	H07V-U	3*1.5mm ² H07V-U
2	Φωτισμού	10	10	H07V-R	3*10mm ² H07V-R
3	1φ Κινητήρας 0,55HP	2,5	2.5	H07V-U	3*2.5mm ² H07V-U
4	1φ Κινητήρας 0,88HP	2,5	2.5	H07V-U	3*2.5mm ² H07V-U
5	3φ Κινητήρας 1,5HP	2,5	2.5	H07V-U	4*2.5mm ² H07V-U
6	3φ Κινητήρας 4,9HP	2,5	2.5	H07V-U	4*2.5mm ² H07V-U
7	3φ Κινητήρας 25HP	16	16	H07V-R	4*16mm ² H07V-U
8	3φ Κινητήρα 180HP	300	150	H07V-R	3*300mm ² +1X150mm ² H07V-R
9	3φ Κινητήρας 490HP	3*240	3*120	H07V-R	3(3*240mm ² +1X120mm ²)H07V-R
10	Εφεδρική	70	35	H07V-R	3*70mm ² +2X35mm ² H07V-R

ΠΙΝΑΚΑΣ 8: Διατομή και είδος αγωγών. Η στήλη με τη διατομή φάσεων στα μονοφασικά φορτία ισχύει και για τη διατομή του ουδετέρου.

4. ΤΑ ΟΡΓΑΝΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ

Εισαγωγή στα όργανα προστασίας και ελέγχου

Τα όργανα προστασία και ελέγχου μίας ηλεκτρικής εγκατάστασης προστατεύουν τις γραμμές της εγκαταστάσεις και τους καταναλωτές από ανεπιθύμητες καταστάσεις και βοηθούν στον έλεγχο της γραμμής ή του φορτίου που τροφοδοτεί η γραμμή. Για παράδειγμα ανεπιθύμητες

καταστάσεις μπορεί να έχουμε στις περιπτώσεις υπερφόρτισης της γραμμής, βραχυκυκλώματος ή και υπότασης. Ο έλεγχος της γραμμής ή του φορτίου αφορά τη διακοπή της τροφοδοσία της γραμμής ή του φορτίου και την επανατροφοδότηση της γραμμής ή του φορτίου. Παρακάτω περιγράφονται τα όργανα προστασία και ελέγχου μίας ηλεκτρικής βιομηχανικής εγκατάστασης.

Ασφάλειες

Οι ασφάλειες που τοποθετούνται στο πίνακα διανομής της ηλεκτρικής εγκατάστασης και ασφαλίζουν τις γραμμές της ηλεκτρολογικής εγκατάστασης προκύπτουν σύμφωνα με τον εξής τρόπο:

- **Γραμμές φωτισμού:** Οι ασφάλειες στις γραμμές φωτισμού επιλέγονται σύμφωνα με τη διατομή του αγωγού που θα χρησιμοποιούσαμε στην περίπτωση που δεν λαμβάναμε υπόψη την πτώση τάσης.
- **Γραμμές κίνησης:** Οι ασφάλειες στις γραμμές που τροφοδοτούν ηλεκτρικούς κινητήρες λαμβάνονται με τιμή ίση ή μεγαλύτερη από την ονομαστική ένταση του φορτίου που θα τροφοδοτήσουν. Δηλαδή το μέγεθος της ασφάλεια που θα χρησιμοποιήσουμε καθορίζεται από το φορτίο που τροφοδοτεί η γραμμή.

Οι διαθέσιμες ασφάλειες που υπάρχουν στο εμπόριο είναι: 6 A, 10 A, 16 A, 20 A, 25 A, 35 A, 50 A, 63, 80 A, 100 A, 125 A κλπ.

Στον παρακάτω πίνακα δίνονται οι ονομαστικές εντάσεις ρεύματος ασφαλειών για τις αντίστοιχες διατομές αγωγών.

A/A	Διατομή χάλκινων αγωγών (mm ²)	Ονομαστική ένταση Ασφαλειών (A)
1	1,5	10
2	2,5	(16) 20
3	4	25
4	6	25
5	10	35
6	16	50
7	25	80
8	35	100
9	50	125
10	70	125
11	95	160
12	120	200
13	150	224
14	185	250
15	240	300
16	300	355

ΠΙΝΑΚΑΣ 9: Ονομαστικές εντάσεις ρεύματος ασφαλειών για αντίστοιχες διατομές αγωγών.

Διακόπτες γραμμών

Οι διακόπτες που χρησιμοποιούμε στο πίνακα διανομής επιλέγονται με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι ίσης ή μεγαλύτερης έντασης από τη μέγιστη ένταση που διαρρέει μία γραμμή.

Οι διαθέσιμοι διακόπτες που υπάρχουν στο εμπόριο είναι: 16 A, 25 A, 40 A, 63 A, 100 A, 160 A, 200 A, 250 A, 400 A κλπ.

Θερμικά ρελέ

Τα θερμικά χρησιμοποιούνται για την προστασία των κινητήρων από υπερφορτίσεις (και όχι από βραχυκυκλώματα για τα οποία πρέπει να υπάρχουν ασφάλειες.).

Τα θερμικά δέχονται ρύθμιση της ονομαστικής έντασης ρεύματος μέσα σε μία περιοχή ρύθμισης. Παρακάτω στον πίνακα 10 δίνονται οι τυποποιημένες περιοχές ρύθμισης των θερμικών ρελέ ανάλογα με τον τύπο του θερμικού.

Ρύθμιση θερμικού:

Η ένταση ρύθμισης του θερμικού ρελέ πρέπει να είναι ίση με την ονομαστική ένταση ρεύματος του κινητήρα που προστατεύει. Στην περίπτωση που ο κινητήρας περιλαμβάνει σύστημα εκκίνησης αστέρα τριγώνου επειδή το θερμικό συνδέεται μετά το κύριο ρελέ το ρεύμα που περνά μέσα από το θερμικό είναι το ρεύμα που διαρρέει τα τυλίγματα του κινητήρα. Στην κανονική λειτουργία του κινητήρα (σύνδεση σε τρίγωνο) το ρεύμα που διαρρέει τα τυλίγματα του κινητήρα είναι ίσο με το 58% της κανονικής έντασης του κινητήρα και για αυτό το λόγο σε αυτή την περίπτωση ρυθμίζουμε το θερμικό στο 58% της κανονικής έντασης λειτουργίας του κινητήρα.

A/A	Περιοχή ρύθμισης Θερμικού σε A		Τύπος θερμικού ρελέ	A/A	Περιοχή ρύθμιση θερμικού σε A		Τύπος θερμικού ρελέ
	Ελάχιστη	Μέγιστη			Ελάχιστη	Μέγιστη	
1	1,9	2,7	RT1	15	54	65	RT2
2	2,5	4		16	64	75	
3	4	6,3		17	70	80	
4	5,5	7,5		18	80	95	
5	7	10		19	90	110	
6	10	13		20	110	140	
7	12	15		21	140	180	RT4
8	14,5	17		22	175	280	
9	17,5	22		23	200	310	
10	21	25		24	250	400	RT5
11	25	32		25	315	500	RT6
12	30	40		26	430	700	
13	39	47		RT2	27	500	850
14	44	54					

ΠΙΝΑΚΑΣ 10: Περιοχή ρύθμιση και τύπος θερμικών ρελέ

Σύστημα εκκίνησης κινητήρων

Κάθε κινητήρας κατά την εκκίνησή του απορροφά μεγάλο ρεύμα που είναι ανεπιθύμητο για το δίκτυο ηλεκτροδότησης. Για τον λόγο αυτό σε κινητήρες που απορροφούν μεγάλο ρεύμα εκκίνησης χρησιμοποιούμε κάποιο σύστημα εκκίνησης για τη μείωση του ρεύματος εκκίνησης. Ένα πολύ διαδεδομένο σύστημα εκκίνησης είναι ο διακόπτης αστέρα τριγώνου. Επίσης σε κινητήρες μεγάλης ισχύος μπορεί να χρησιμοποιηθεί αυτομετασχηματιστής ή σύστημα εκκίνησης με αντιστάσεις στα τυλίγματα της μηχανής.

Που απαιτείται σύστημα εκκίνησης;

Οι κινητήρες που μπορούν να εγκατασταθούν χωρίς σύστημα εκκίνησης είναι:

ΜΟΝΟΦΑΣΙΚΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ: Επιτρέπεται η απευθείας εκκίνηση για ισχύ έως 1,5 HP για υπόγειο δίκτυο και για ισχύ έως 1 HP για εναέριο δίκτυο.

ΤΡΙΦΑΣΙΚΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ: Επιτρέπεται η απευθείας εκκίνηση για ισχύς έως 4HP για υπόγειο δίκτυο και για ισχύ έως 2,5HP για εναέριο δίκτυο.

Στην περίπτωση που οι κινητήρες δεν ανήκουν στις παραπάνω κατηγορίες ισχύος θα πρέπει να υπολογίζεται η ένταση εκκίνησης του κινητήρα και ανάλογα αν οι εκκινήσεις του κινητήρα είναι σπάνιες (μία εκκίνηση την ώρα) ή συχνές (περισσότερες από μία εκκινήσεις σε μία ώρα) να προσδιορίζεται αν απαιτείται σύστημα εκκίνησης. Παρακάτω στον πίνακα 11 δίνονται ή μέγιστες επιτρεπόμενες εντάσεις ρεύματος κινητήρων χωρίς σύστημα εκκίνησης.

A/A	Είδος κινητήρα	Είδος δικτύου	Συχνότητα εκκίνησης	Μέγιστη ένταση Εκκίνησης (A)
1	Μονοφασικός	Εναέριο	-	27
2		Υπόγειο	-	40
3	Τριφασικός	Εναέριο	Σπάνιες	50
4			Συχνές	30
5		Υπόγειο	Σπάνιες	70
6			Συχνές	50

ΠΙΝΑΚΑΣ 11: Μέγιστο ρεύμα για απευθείας εκκίνηση κινητήρων

Στην περίπτωση της βιομηχανίας που μελετάμε θεωρούμε ότι το δίκτυο είναι υπόγειο και οι εκκινήσεις όλων των κινητήρων είναι συχνές.

Αυτόματοι διακόπτες

Οι αυτόματοι διακόπτες αποτελούνται από το ρελέ τροφοδοσίας ενός κινητήρα και το θερμικό. Στην περίπτωση της βιομηχανίας που μελετάμε αυτόματους διακόπτες περιλαμβάνουν όλοι οι κινητήρες.

Στην περίπτωση που έχουμε σύστημα εκκίνησης αστέρα τριγώνου χρησιμοποιούμε αυτόματο διακόπτη αστέρα τριγώνου που αποτελείται από τρία ρελέ και ένα θερμικό.

Οι αυτόματοι διακόπτες τοποθετούνται κοντά στον κινητήρα σε ειδικό πίνακα που τροφοδοτεί τον κινητήρα. Οι αυτόματοι διακόπτες περιλαμβάνουν και σύστημα εντολοδότησης που με τη βοήθεια μπουτόν ελέγχουμε την λειτουργία του κάθε κινητήρα. Τα μπουτόν για τον έλεγχο της λειτουργίας του κάθε κινητήρα μπορεί να είναι τοποθετημένα κοντά στον κινητήρα ή σε μία σχετική απόσταση όπου λέμε ότι έχουμε τηλεχειρισμό.

Υπολογισμός οργάνων προστασία και ελέγχου

(Ασφάλειες, διακόπτες, θερμικά, σύστημα εκκίνησης, αυτόματοι διακόπτες)

ΓΡΑΜΜΗ 1: (Φωτισμός 1000 W)

ΑΣΦΑΛΕΙΑ: Η ονομαστική ένταση ρεύματος της γραμμής είναι 4,3 A, η διατομή αγωγού με τη μέθοδο της ασφαλούς λειτουργίας βρέθηκε 1,5 mm² άρα η ασφάλεια για την προστασία της γραμμής, σύμφωνα με τον πίνακα 9 , είναι 10 A

ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ: Ο διακόπτης για τον έλεγχο της γραμμής θα είναι 25 A

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Στις γραμμές φωτισμού επειδή η ισχύ συνήθως είναι χαμηλή δεν απαιτείται η τοποθέτηση διακόπτη στον πίνακα διανομής αλλά παρόλα αυτά εμείς στις γραμμές φωτισμού της εγκατάστασης περιλαμβάνουμε και διακόπτη για τον έλεγχο της γραμμής.

ΓΡΑΜΜΗ 2: (Φωτισμός 1500 W)

ΑΣΦΑΛΕΙΑ: Η ονομαστική ένταση ρεύματος της γραμμής είναι 6,5 A, η διατομή αγωγού με τη μέθοδο της ασφαλούς λειτουργίας βρέθηκε 1,5 mm² άρα η ασφάλεια για την προστασία της γραμμής, σύμφωνα με τον πίνακα 9 , είναι 10 A.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Λόγω του μεγάλου μήκους της γραμμής οι αγωγοί της γραμμής έχουν διατομή 10 mm² αλλά παρόλα αυτά όπως αναφέρεται, για την ασφάλιση της γραμμής χρησιμοποιούμε ασφάλεια 10A που προκύπτει από τον υπολογισμό της διατομής αγωγών με τη μέθοδο της ασφαλούς λειτουργίας.

ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ: Ο διακόπτης για τον έλεγχο της γραμμής θα είναι 25A

ΓΡΑΜΜΗ 3: (Μονοφασικός Κινητήρας 0.55 HP)

ΑΣΦΑΛΕΙΑ: Η ονομαστική ένταση ρεύματος της γραμμής είναι 2.96 A

Θα χρησιμοποιήσουμε ασφάλεια 10 A

ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ: Ο διακόπτης για τον έλεγχο της γραμμής θα είναι 25 A

ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ: Ο κινητήρας είναι μικρής ισχύος και δεν απαιτείται σύστημα εκκίνησης.

ΘΕΡΜΙΚΟ: Από τον πίνακα 10 επιλέγουμε θερμικό τύπου RT1 με περιοχή ρύθμισης 2,5 - 4 A.

Ρυθμίζουμε την ένταση του θερμικού στα 3A.

ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ: Για τον έλεγχο του κινητήρα χρησιμοποιείται αυτόματος διακόπτης που αποτελείται από θερμικό και ρελέ.

Το ρελέ που χρησιμοποιούμε έχει ηλεκτρικά χαρακτηριστικά: 415 V, 9A

ΓΡΑΜΜΗ 4: (Μονοφασικός κινητήρας 0.88 HP)

ΑΣΦΑΛΕΙΑ: Η ονομαστική ένταση ρεύματος της γραμμής είναι 4.35 A, η διατομή θα χρησιμοποιήσουμε ασφάλεια 10 A.

ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ: Ο διακόπτης για τον έλεγχο της γραμμής θα είναι 25 A

ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ: Ο κινητήρας είναι μικρής ισχύος και δεν απαιτείται σύστημα εκκίνησης.

ΘΕΡΜΙΚΟ: Από τον πίνακα 10 επιλέγουμε θερμικό τύπου RT1 με περιοχή ρύθμισης 4-6,3 A.

Ρυθμίζουμε την ένταση του θερμικού στα 4,4A.

ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ: Για τον έλεγχο του κινητήρα χρησιμοποιείται αυτόματος διακόπτης που αποτελείται από θερμικό και ρελέ.

Το ρελέ που χρησιμοποιούμε έχει ηλεκτρικά χαρακτηριστικά: 415 V, 9 A

ΓΡΑΜΜΗ 5: (Τριφασικός κινητήρας 1.5 HP)

ΑΣΦΑΛΕΙΑ: Η ονομαστική ένταση ρεύματος της γραμμής είναι 2.43 A, η διατομή θα χρησιμοποιήσουμε ασφάλεια 10 A

ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ: Ο διακόπτης για τον έλεγχο της γραμμής θα είναι 25 A

ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ: Ο κινητήρας είναι μικρής ισχύος και δεν απαιτείται σύστημα εκκίνησης.

ΘΕΡΜΙΚΟ: Από τον πίνακα 10 επιλέγουμε θερμικό τύπου RT1 με περιοχή ρύθμισης 1,9-2.7 A.

Ρυθμίζουμε την ένταση του θερμικού στα 2.5 A.

ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ: Για τον έλεγχο του κινητήρα χρησιμοποιείται αυτόματος διακόπτης που αποτελείται από θερμικό και ρελέ. Το ρελέ που χρησιμοποιούμε έχει ηλεκτρικά χαρακτηριστικά: 415 V, 9 A

ΓΡΑΜΜΗ 6: (Τριφασικός Κινητήρας 4.9 HP)

ΑΣΦΑΛΕΙΑ: Η ονομαστική ένταση ρεύματος της γραμμής είναι 7.05 A.

Η ασφάλεια που θα χρησιμοποιήσουμε πρέπει να έχει τιμή ≥ 7.05 A

Άρα η ονομαστική ένταση της ασφάλεια θα είναι: 10 A

ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ: Ο διακόπτης για τον έλεγχο της γραμμής θα είναι 25 A

ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ: Το ρεύμα εκκίνησης του κινητήρα είναι:

$$I_{εκ} = 7 \cdot 7.05 = 49,3A$$

Το δίκτυο είναι υπόγειο και οι εκκινήσεις του κινητήρα είναι συχνές, άρα η μέγιστη ένταση ρεύματος εκκίνησης για αυτή την περίπτωση κινητήρων, σύμφωνα με τον πίνακα 11 είναι 50 A. Κατά συνέπεια για αυτόν τον κινητήρα δεν απαιτείται σύστημα εκκίνησης.

ΘΕΡΜΙΚΟ: Από τον πίνακα 10 επιλέγουμε θερμικό τύπου RT1 με περιοχή ρύθμισης 5,5 - 7,5 A.

Ρυθμίζουμε την ένταση του θερμικού στα 7A.

ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ: Για τον έλεγχο του κινητήρα χρησιμοποιείται αυτόματος διακόπτης που αποτελείται από θερμικό και ρελέ.

Το ρελέ που χρησιμοποιούμε έχει ηλεκτρικά χαρακτηριστικά: 400 V, 9 A

ΓΡΑΜΜΗ 7: (Τριφασικός Κινητήρας 25 HP)

ΑΣΦΑΛΕΙΑ: Η ονομαστική ένταση ρεύματος της γραμμής είναι 32.86 A.

Η ασφάλεια που θα χρησιμοποιήσουμε πρέπει να έχει τιμή ≥ 32.86 A

Άρα η ονομαστική ένταση της ασφάλεια θα είναι: 35 A

ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ: Ο διακόπτης για τον έλεγχο της γραμμής θα είναι 63 A

ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ: Το ρεύμα εκκίνησης του κινητήρα είναι:

$$I_{th} = 7 \cdot 32.86 = 230 A$$

Η ένταση του ρεύματος εκκίνησης του κινητήρα βρέθηκε μεγαλύτερη από 50 A που ορίζει ο πίνακας 11 για υπόγειο δίκτυο με συχνές

εκκινήσεις κινητήρα. Άρα θα χρησιμοποιήσουμε σύστημα αστέρα τριγώνου για την εκκίνηση του κινητήρα.

ΘΕΡΜΙΚΟ: Από τον πίνακα 10 επιλέγουμε θερμικό τύπου RT1 με περιοχή ρύθμισης 17,5-22 A.

Ρυθμίζουμε την ένταση του θερμικού 58% ($1/\sqrt{3}$) της ονομαστικής έντασης του κινητήρα επειδή έχουμε διακόπτη αστέρα τριγώνου:

$$I_{th} = 58\% \cdot I_N = 58\% \cdot 32.86 = 19 \text{ A}$$

ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ: Για τον έλεγχο του κινητήρα χρησιμοποιείται αυτόματος διακόπτης αστέρα τριγώνου που αποτελείται από θερμικό, τρία ρελέ και ένα χρονικό ρελέ.

Τα ρελέ που χρησιμοποιούμε έχουν ηλεκτρικά χαρακτηριστικά: 400 V, 45 A

ΓΡΑΜΜΗ 8: (Τριφασικός Κινητήρας 180 HP)

ΑΣΦΑΛΕΙΑ: Η ονομαστική ένταση ρεύματος της γραμμής είναι 234 A.

Η ασφάλεια που θα χρησιμοποιήσουμε πρέπει να έχει τιμή ≥ 234 A

Άρα η ονομαστική ένταση της ασφάλεια θα είναι: 250 A Μαχαιρωτή.

ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ: Ο διακόπτης για τον έλεγχο της γραμμής θα είναι τριφασικός ονομαστικής έντασης ρεύματος 400 A

ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ: Το ρεύμα εκκίνησης του κινητήρα είναι:

$$I_{εκ} = 7 \cdot 234 = 1638 \text{ A}$$

Η ένταση του ρεύματος εκκίνησης του κινητήρα βρέθηκε μεγαλύτερη από 50A που ορίζει ο πίνακας 11 για υπόγειο δίκτυο με συχνές εκκινήσεις κινητήρα. Άρα θα χρησιμοποιήσουμε σύστημα αστέρα τριγώνου για την εκκίνηση του κινητήρα.

ΘΕΡΜΙΚΟ: Από τον πίνακα 10 επιλέγουμε θερμικό τύπου RT3 με περιοχή ρύθμισης 110-140 A.

Ρυθμίζουμε την ένταση του θερμικού 58% της ονομαστικής έντασης του κινητήρα επειδή έχουμε διακόπτη αστέρα τριγώνου:

$$I_{th} = 58\% \cdot I_N = 58\% \cdot 234 = 135.7 \text{ A}$$

ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ: Για τον έλεγχο του κινητήρα χρησιμοποιείται αυτόματος διακόπτης αστέρα τριγώνου που αποτελείται από θερμικό, τρία ρελέ και ένα χρονικό ρελέ.

Τα ρελέ που χρησιμοποιούμε έχουν ηλεκτρικά χαρακτηριστικά: 400 V, 315 A

ΓΡΑΜΜΗ 9: (Τριφασικός Κινητήρας 490 HP)

ΑΣΦΑΛΕΙΑ: Η ονομαστική ένταση ρεύματος της γραμμής είναι 610 A.

Άρα θα χρησιμοποιήσουμε ασφάλεια με ονομαστική ένταση ρεύματος $\geq 610 \text{ A}$.

Επειδή η γραμμή είναι μεγάλης έντασης για τις τρεις φάσεις της γραμμής θα χρησιμοποιήσουμε μαχαιρωτές ασφάλειες μεγέθους 4 και ονομαστικής έντασης ρεύματος 630 A

Η παραπάνω τιμή της ασφάλειας (630 A) τοποθετείται στην αρχή της γραμμής.

Επειδή η γραμμή αποτελείται από τρεις παράλληλους αγωγούς διατομής 120 mm² ο καθένας, ασφάλειες θα τοποθετήσουμε σε κάθε αγωγό που αναχωρεί από τον πίνακα διανομής. Σύμφωνα με τον πίνακα 9 που αναφέρει τις τιμές των ασφαλειών για αντίστοιχες διατομές αγωγών θα χρησιμοποιήσουμε **ασφάλεια 200 A για κάθε αγωγό**.

ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ: Ο διακόπτης για τον έλεγχο της γραμμής θα είναι τριφασικός ονομαστικής έντασης ρεύματος 1000 A.

ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ:

Ο κινητήρας είναι μεγάλης ισχύος και η ένταση του ρεύματος εκκίνησης είναι μεγαλύτερη από 50 A που ορίζει ο πίνακας 11 για υπόγειο δίκτυο

με συχνές εκκινήσεις κινητήρα. Άρα για την εκκίνηση του κινητήρα, και επειδή ο κινητήρας είναι μεγάλης ισχύος, θα χρησιμοποιήσουμε σύστημα εκκίνησης με τριφασικό **αυτομετασχηματιστή** με τη βοήθεια του οποίου θα πετύχουμε μειωμένη τάση στα τυλίγματα του κινητήρα και μικρό ρεύμα εκκίνησης. Σε αυτή την περίπτωση σύστημα εκκίνησης αστέρα τριγώνου δεν επαρκεί γιατί ο κινητήρας είναι μεγάλης ισχύος.

ΘΕΡΜΙΚΟ: Από τον πίνακα 10 επιλέγουμε θερμικό τύπου RT6 με περιοχή ρύθμισης 500-850 A.

Ρυθμίζουμε την ένταση του θερμικού ίση με την ονομαστική ένταση του κινητήρα:

$I_{th}=610 \text{ A}$

ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ: Για τον έλεγχο του κινητήρα χρησιμοποιείται αυτόματος διακόπτης που αποτελείται από θερμικό και ρελέ.

Το ρελέ που χρησιμοποιούμε έχει ηλεκτρικά χαρακτηριστικά: 400 V, 1000 A

ΕΦΕΔΡΙΚΗ ΓΡΑΜΜΗ: (52 KW)

ΑΣΦΑΛΕΙΑ: Για την κατασκευή της εφεδρικής, όπως αναφέρεται και στον υπολογισμό της διατομής αγωγών πίνακας 8, καθορίσαμε διατομή αγωγών 70 mm². Άρα σύμφωνα με τη διατομή των αγωγών θα χρησιμοποιήσουμε ασφάλεια 125 A. Η ασφάλειες θα είναι μαχαιρωτές.

ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ: Ο διακόπτης για τον έλεγχο της γραμμής θα είναι τριφασικός ονομαστικής έντασης ρεύματος 200 A

ΓΡΑΜΜΗ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ:

ΟΡΓΑΝΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΜΕΤΡΗΤΗ ΤΗΣ ΔΕΗ: Στον μετρητή της ΔΕΗ, για την παροχή της εγκατάστασης με ηλεκτρική ενέργεια, τα όργανα προστασίας τα υπολογίζει και τα τοποθετεί η ΔΕΗ.

ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΣΦΑΛΕΙΕΣ ΤΟΥ ΠΙΝΑΚΑ ΔΙΑΝΟΜΗΣ: Το ονομαστικό ρεύμα της εγκατάστασης είναι 947 A θα πρέπει να τοποθετηθεί γενική τριφασική ασφάλεια 1000 A. Επειδή η ονομαστική ένταση των ασφαλειών είναι

πολύ μεγάλη θα τοποθετηθούν μαχαιρωτές ασφάλειες μεγέθους 4 και ονομαστικής έντασης 1000 A

ΓΕΝΙΚΟΣ ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ: Στον πίνακα διανομής θα τοποθετηθεί τριφασικός διακόπτης φορτίου ονομαστικής έντασης ρεύματος 1250 A.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Έχει υπολογιστεί ότι για την τροφοδοσία του πίνακα διανομής της εγκατάστασης θα τοποθετηθούν τέσσερις παράλληλοι αγωγοί για κάθε φάση. Στην αρχή του πίνακα διανομείς οι παράλληλοι αγωγοί θα συνδεθούν όλοι μαζί σε κάθε πόλο του γενικού διακόπτη.

Πίνακας οργάνων προστασία και ελέγχου:

➤ Παρακάτω στον πίνακα 12 είναι συγκεντρωμένα όλα τα όργανα προστασίας για τις γραμμές και του κινητήρες που τροφοδοτούν οι γραμμές.

Αριθμός γραμμής	Είδος φορτίου	Ασφάλεια γραμμής	Διακόπτης	Σύστημα εκκίνησης	Αυτόματος διακόπτης
1	Φωτισμού	10Α	25Α	-	-
2	Φωτισμού	10Α	25Α	-	-
3	1φ Κινητήρας 0,55HP	10Α	25Α	-	Ρελε 400 V-9Α
4	1φ Κινητήρας 0,88HP	10Α	25Α	-	Ρελε 400 V-9Α
5	3φ Κινητήρας 1,5HP	10Α	25Α	-	Ρελε 400 V-9Α
6	3φ Κινητήρας 4,9HP	10Α	25Α	-	Ρελε 400 V-9Α
7	3φ Κινητήρας 25HP	35Α	80Α	Υ-Δ	Αυτόματος Υ-Δ 3 ρελε 400V 45Α 1 χρονικό
8	3φ Κινητήρα 180HP	224Α	400Α	Υ-Δ	Αυτόματος Υ-Δ 3 ρελε 400V 315Α 1 χρονικό
9	3φ Κινητήρας 490HP	630Α Μαχαιρωτή ή 200 Α σε κάθε γραμμή	1000Α	Αυτομετασχηματιστής	Ρελε 400V 1000Α
10	Εφεδρική	125Α	200Α	-	-

ΠΙΝΑΚΑΣ 12: Τα όργανα προστασίας των γραμμών και των κινητήρων

5. ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΙΑΝΟΜΗΣ

Όργανα προστασίας και ελέγχου του πίνακα διανομής

Τα όργανα προστασίας και ελέγχου για τον πίνακα διανομής της ηλεκτρικής εγκατάστασης έχουν υπολογιστεί και είναι συγκεντρωμένα στον πίνακα 12.

Κατανομή των φάσεων

Κατά την κατανομή των φάσεων κατανέμουμε τα φορτία της ηλεκτρικής εγκατάστασης με τον βέλτιστο τρόπο στις τρεις φάσεις της Εγκατάστασης. Κατανομή φάσεων κάνουμε μόνο στα μονοφασικά φορτία καθώς τα τριφασικά είναι κατανεμημένα στις τρεις φάσεις. Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η κατανομή των μονοφασικών φορτίων της βιομηχανικής ηλεκτρικής εγκατάστασης που μελετάμε σε αυτή την εργασία. Η κατανομή των φορτίων γίνεται με βάση την ένταση ρεύματος της ασφάλεια που ασφαλίζουμε κάθε γραμμή. Στην μία φάση τοποθετούμε τις γραμμές φωτισμού επειδή το φορτίο τους είναι σταθερό και στις άλλες δύο φάσεις τοποθετούμε του δύο μονοφασικούς κινητήρες, ένας σε κάθε φάση, γιατί κατά την εκκίνηση απορροφούν μεγάλο ρεύμα και θα ήταν επίπονο για την γραμμή να είχαμε δύο κινητήρες σε μία φάση.

ΦΑΣΕΙΣ		
L₁	L₂	L₃
Γραμμή φωτισμού 1 10 A	Μονοφασικός κινητήρας 0,55	Μονοφασικός κινητήρας 0,55
Γραμμή φωτισμού 2 10 A	HP 10 A	HP 10 A

ΠΙΝΑΚΑΣ 13:Κατανομή φορτίων στις τρεις φάσεις.

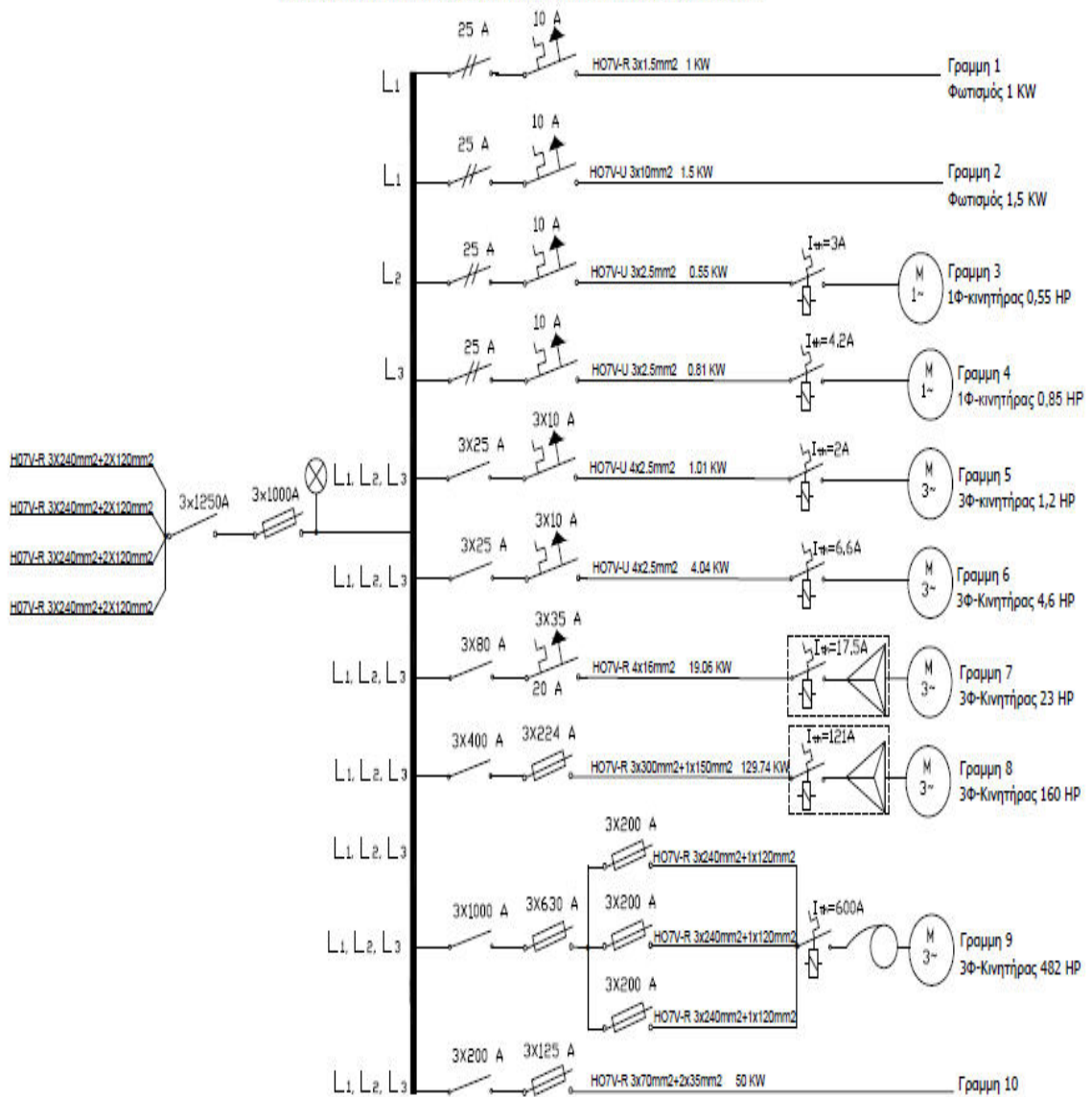
Διατομή και είδος αγωγού τροφοδοσίας

Η διατομή του αγωγού έχει υπολογιστεί και προέκυψε ότι πρέπει να τοποθετήσουμε τέσσερις παράλληλους αγωγούς φάσης διατομής 240 mm², τέσσερις παράλληλους αγωγούς ουδετέρου διατομής 120 mm² και τέσσερις παράλληλους αγωγούς γείωσης διατομής 120 mm² ο καθένας.


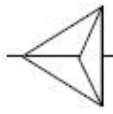
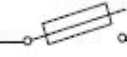





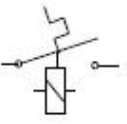

Το είδος των αγωγών τροφοδοσίας που καθορίσαμε είναι H07V-R

- Συνεπώς οι αγωγοί της γραμμής τροφοδοσίας είναι:
4X(3X240 mm² +2X120 mm²) H07VR

ΜΟΝΟΓΡΑΜΜΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΠΙΝΑΚΑ ΔΙΑΝΟΜΗΣ



ΥΠΟΜΝΗΜΑ ΣΥΜΒΟΛΩΝ

	Διακόπτης φορτίου		Διακόπτης αστέρα τριγώνου
	Μαχαιρωτή ασφάλεια		Αυτομετασχηματιστής
	Διπολικός διακόπτης φορτίου		Μονοφασικός κινητήρας
	Αυτόματη ασφάλεια		Τριφασικός κινητήρας
	Αυτόματος διακόπτης υπερφόρτισης		
	Ενδεικτική λυχνία		

ΕΠΙΛΟΓΟΣ:

Στην εργασία αυτή έγινε μελέτη μίας βιομηχανικής ηλεκτρικής εγκατάστασης

Κατά την εκτέλεση της εργασίας δεν υπήρξαν ιδιαίτερα προβλήματα καθώς με τη βοήθεια εξειδικευμένων βιβλίων, που αναφέρονται στη βιβλιογραφία, αποσαφηνίστηκαν όλα τα στάδια. Ένα μικρό πρόβλημα που υπήρξε είναι ότι δεν υπήρχαν πλήρης στοιχεία για τη βιομηχανία και τα μηχανήματα που πρόκειται να εγκατασταθούν με αποτέλεσμα για την τεκμηρίωση της εργασίας να πρέπει να κάνουμε κάποιες υποθέσεις όπως για το είδος του δικτύου τροφοδοσίας, το είδος των μηχανών, αν πρόκειται ή όχι να επεκταθεί η βιομηχανία, το πόσο συχνά εκκινούν οι ηλεκτρικές μηχανές της βιομηχανίας και αν λειτουργούν όλες συγχρόνως.

Η ηλεκτρολογική μελέτη της βιομηχανίας περιλάμβανε τον υπολογισμό των ονομαστικών ρευμάτων των γραμμών, τον προσδιορισμό της διατομής και του είδους των αγωγών, των υπολογισμό των οργάνων προστασία και ελέγχου, η κατανομή φάσεων του πίνακα διανομής, και τη σχεδίαση του πλήρες μονογραμμικού σχέδιο του πίνακα διανομής.

Αρχικά υπολογίστηκε η ισχύ που απορροφούν οι κινητήρες από το δίκτυο γνωρίζοντας τον βαθμό απόδοσης και την ισχύ που αποδίδουν στον άξονά τους. Με χρήση της ισχύος που απορροφούν οι κινητήρες και γνωρίζοντας την ισχύ και των υπόλοιπων γραμμών υπολογίστηκαν τα ρεύματα των γραμμών εφαρμόζοντας κατάλληλο τυπολόγιο. Στη συνέχεια, με βάση τα ρεύματα των γραμμών, προσδιορίσαμε την διατομή αγωγών αρχικά με τη μέθοδο ασφαλούς λειτουργίας και στη συνέχεια ελέγχοντας και την πτώση τάσης. Μαζί με τον προσδιορισμό της διατομής αγωγών προσδιορίσαμε το είδος και το πλήθος των αγωγών κάθε γραμμής. Επίσης έγινε αναλυτικός υπολογισμός της διατομής των αγωγών τροφοδοσίας, από τον μετρητή μέχρι τον πίνακα

διανομής, της εγκατάστασης. Για τον υπολογισμό της διατομής του αγωγού τροφοδοσία θεωρήσαμε ότι ο πίνακα διανομής από τον μετρητή της ΔΕΗ απέχει απόσταση 25 m. Επόμενο βήμα ήταν να προσδιορίσουμε τα όργανα προστασίας και ελέγχου της εγκατάστασης. Αρχικά έγινε ο προσδιορισμός των ασφαλειών και διακοπών για την ασφάλιση και των έλεγχου των γραμμών της εγκατάστασης. Στη συνέχεια καθορίσαμε ότι όλοι οι κινητήρες θα περιέχουν αυτόματο διακόπτη που αποτελείται από θερμικό και ρελέ. Έγινε επιλογή του ρελέ και θερμικού και υπολογίστηκε η ένταση ρύθμισης του θερμικού. Με βάση την ένταση εκκίνησης των κινητήρων και κάνοντας την υπόθεση ότι το δίκτυο που τροφοδοτεί την εγκατάσταση είναι υπόγειο και ότι οι κινητήρες της εγκατάστασης εκκινούν συχνά υπολογίσαμε για ποιες μηχανές απαιτείται σύστημα εκκίνησης για τον περιορισμό του ρεύματος εκκίνησης. Θα αναφέρουμε ότι σύστημα εκκίνησης τοποθετήσαμε σε τρεις συνολικά μηχανές όπου στις δύο από αυτές καθορίσαμε σαν σύστημα εκκίνησης διακόπτη αστέρα τριγώνου και στη Τρίτη μηχανή, που έχει πολύ μεγάλη ισχύ, καθορίσαμε σαν σύστημα εκκίνησης τριφασικό αυτομετασχηματιστή.

Για τον πίνακα διανομής έγινε κατανομή φάσεων για τα μονοφασικά φορτία και αφού καθορίστηκαν όλοι οι διακόπτες και ασφάλειες που περιέχει σχεδιάστηκε το πλήρες μονογραμμικό σχέδιο. Στο πλήρες μονογραμμικό σχέδιο του ηλεκτρολογικού πίνακα διανομής εκτός από τα όργανα προστασίας και ελέγχου των γραμμών, που βρίσκονται σε αυτόν, περιλαμβάνονται και τα όργανα προστασίας και ελέγχου των φορτίων με αποτέλεσμα μέσω αυτού του σχεδίου να δίνεται μία πλήρης εικόνα για την εγκατάσταση. Όργανα προστασίας και ελέγχου των φορτίων είναι οι αυτόματοι διακόπτες που περιλαμβάνουν ρελέ και θερμικό, οι διακόπτες αστέρα τριγώνου και ο αυτομετασχηματιστής του μεγαλύτερου κινητήρα. Τέλος στο φύλλο ανάθεσης εργασίας έχει δοθεί θερμοκρασία περιβάλλοντος για την βιομηχανία που μελετάμε 39 οC. Με αποτέλεσμα όλοι οι υπολογισμοί που έγιναν στην εργασία αυτή αναφέρονται στη θερμοκρασία των 39οC. Κατά συνέπεια τα υλικά για την κατασκευή της ηλεκτρικής εγκατάστασης έχουν επιλεγεί με βάση τη θερμοκρασία αυτή.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ:

Μπιτζιώνης Δ. Β. (2000) Σύγχρονες ηλεκτρικές εγκαταστάσεις.

Θεσσαλονίκη: Εκδ. Τζιόλα

Ντοκόπουλος Π (1992). Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις καταναλωτών μέσης και

Χαμηλής τάσης. Θεσσαλονίκη: Εκδ. Ζητη.

Κάπου Μίλτ. (1985) Βιομηχανικές ηλεκτρικές εγκαταστάσεις

Αθήνα: Εκδ. Τεχνικές εκδόσεις Μιλτ. Κάπου.

Φάκαρος Α (1997).Εσωτερικές Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις.

Αθήνα: Εκδ. Ίδρυμα Ευγενίδου

Γκαρούτσος Γ. Ηλεκτρικές μηχανές Αθήνα Εκδ. Spin

Γούτη Ανδρέα (1998) Ηλεκτρικές μηχανές Αθήνα: Εκδ. Ίων

Βασιλακόπουλος Ν. Σπ. (1999) Ηλεκτρικές μηχανές Αθήνα Εκδ. Ίδρυμα Ευγενίδου.

Γούτη Ανδρέα (1999) Το ηλεκτρολογικό σχέδιο Αθήνα: Εκδ Ίων

Νικολόπουλος Α. Τουλόγλου Στ. (2001) Ηλεκτροτεχνικές εφαρμογές

Αθήνα: Εκδ. ΟΕΔΒ