ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΩΡΩΝ

4

Ενότητα 4.3

4.3.1 Γενικά

4.3.2 Μελέτη και Σχεδίαση εγκατάστασης κίνησης

4.3.3 Εφαρμογή

Διδακτικοί στόχοι

Στο τέλος αυτής της ενότητας οι μαθητές θα πρέπει να είναι σε θέση:

- να σχεδιάζουν και να υπολογίζουν τις γραμμές τροφοδοσίας κίνησης μιας βιομηχανικής εγκατάστασης
- να υπολογίζουν και να επιλέγουν τις διατάξεις ελέγχου και προστασίας μιας εγκατάστασης κίνησης
- να σχεδιάζουν μονογραμμικά σχέδια όλων των πινάκων κίνησης μιας βιομηχανικής εγκατάστασης
- να αναγνωρίζουν τα χαρακτηριστικά και το είδος των υλικών που αναφέρονται στα ηλεκτρικά σχέδια κίνησης μιας βιομηχανικής εγκατάστασης

4.3.1 Γενικά

Η μελέτη και σχεδίαση μιας εγκατάστασης κίνησης αφορά τον **υπολογισμό** και τη **σχεδίαση** όλων των διατάξεων που **ελέγχουν και τροφοδοτούν** με ηλεκτρική ισχύ τις διάφορες μηχανές παραγωγής έργου, που είναι εγκατεστημένες στο βιομηχανικό χώρο.

➡ Η εγκατάσταση κίνησης περιλαμβάνει:

- τον **Πίνακα** και τους **Υποπίνακες Κίνησης**
- τις **γραμμές τροφοδοσίας** των μηχανών παραγωγής έργου

➡ Η σχεδίαση της **εγκατάστασης κίνησης** αρχίζει από το Γενικό Πίνακα Κίνησης και τις γραμμές των κυκλωμάτων που θα τροφοδοτήσουν τις διάφορες **μηχανές παραγωγής έργου** (τόρνους, φρέζες, δράπανα, μεταφορικές ταινίες, ηλεκτρικά πριόνια, κομπρεσέρ, κ.λπ.), οι οποίες βρίσκονται στο βιομηχανικό χώρο.

Ο *Πίνακας Κίνησης* θα πρέπει να βρίσκεται κοντά στο χώρο των μηχανών παραγωγής έργου και να έχει τον κατάλληλο βαθμό προστασίας IPxy (x, y ακέραιοι αριθμοί που δείχνουν το βαθμό προστασίας, από σκόνη και αντικείμενα ο x και υγρασία και νερό ο y).

➡ Κατά τη μελέτη και σχεδίαση μιας εγκατάστασης κίνησης θα πρέπει να ικανοποιήσουμε κάποιους βασικούς κανόνες - απαιτήσεις:

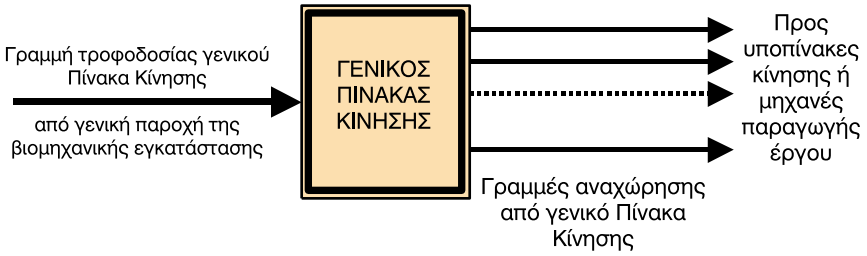
- **Οικονομία:** Περιορισμός στο ελάχιστο δυνατό, στις διατομές των αγωγών και στις αποστάσεις, ώστε το αποτέλεσμα που θα προκύψει να είναι οικονομικό.
- **Ασφάλεια:** Άριστη προστασία από υπερφορτίσεις και βραχυκυκλώματα, καλή γείωση και προστασία των μηχανών παραγωγής έργου, ώστε να παρέχεται ασφάλεια εργασίας.
- **Κατανομή φορτίων:** Ομοιόμορφη κατανομή μονοφασικών μηχανών παραγωγής έργου σε κάθε φάση της τριφασικής παροχής της εγκατάστασης, ώστε να μην προκαλούνται προβλήματα από τη βύθιση τάσης κατά την εκκίνησή τους.

➡ Μετά από τα παραπάνω καταλήγουμε στη μελέτη και σχεδίαση της ηλεκτρικής εγκατάστασης κίνησης του συγκεκριμένου χώρου, ξεκινώντας με ένα κατοπτικό αρχιτεκτονικό σχέδιο του χώρου για τον οποίο θα εργαστούμε.

➡ Στην κάτοψη αυτή πρέπει να φαίνεται η χωροθέτηση των διάφορων μηχανών και συσκευών που θα λειτουργήσουν.

Εδώ πρέπει να τονιστεί ότι η χωροθέτηση πρέπει να γίνει με γνώμονα την εύκολη πρόσβαση των τεχνιτών, που θα χειρίζονται αυτές τις μηχανές ή συσκευές, ώστε να έχουμε το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα παραγωγικότητας. Καλό είναι σε τέτοιες περιπτώσεις να παίρνουμε και τη γνώμη αυτών που θα εργαστούν στο χώρο αυτό.

Μια γενική σχηματική παράσταση της εγκατάστασης κίνησης φαίνεται στο Σχήμα 4.3.1.



Σχήμα 4.3.1
Σχηματική παράσταση εγκατάστασης κίνησης

4.3.2 Μελέτη και σχεδίαση εγκατάστασης κίνησης

➡ Τις διάφορες μηχανές παραγωγής έργου, που βρίσκονται στο βιομηχανικό χώρο, κατά τη μελέτη και σχεδίαση της τροφοδοσίας τους δεν τις διαχωρίζουμε ανάλογα με το είδος της εργασίας που παράγουν, δηλαδή σαν φρέζες, τόρνους, κ.λπ., αλλά τις θεωρούμε, την καθεμιά, ως ξεχωριστή **κατανάλωση κάποιας εγκατεστημένης ισχύος**.

Έτσι το ενδιαφέρον μας επικεντρώνεται σε βασικά χαρακτηριστικά των ηλεκτρικών κινητήρων, που έχουν οι μηχανές παραγωγής έργου, όπως:

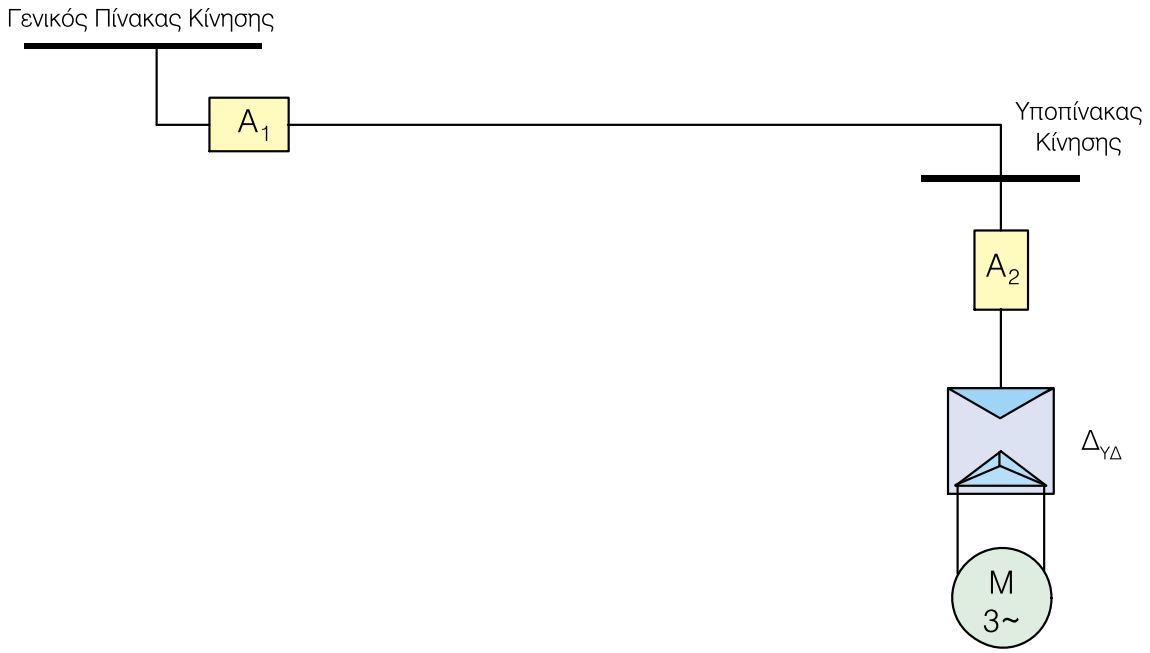
- **τάση** λειτουργίας
- **ονομαστική ισχύ** στον άξονά του
- **ονομαστικό ρεύμα** που απορροφά
- **συντελεστή ισχύος** και
- **βαθμό απόδοσης**

➡ Σε κάθε μηχανή παραγωγής έργου υπάρχει **Υποπίνακας Κίνησης**, από τον οποίο ελέγχεται και προστατεύεται η λειτουργία των ηλεκτρικών κινητήρων (ενός ή περισσοτέρων) της μηχανής παραγωγής έργου.

➤ Για κάθε μηχανή παραγωγής έργου είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε την απόστασή της από το **Γενικό Πίνακα Κίνησης**, η οποία είναι απαραίτητη για τον υπολογισμό της διατομής της γραμμής που τροφοδοτεί τον Υποπίνακα Κίνησης από το Γενικό Πίνακα Κίνησης.

Μηχανή παραγωγής έργου με μόνο έναν ηλεκτρικό κινητήρα

➡ Μία σχηματική παράσταση της διάταξης από το **Γενικό Πίνακα Κίνησης** μέχρι τον **Υποπίνακα Κίνησης** της μηχανής παραγωγής έργου, από όπου τροφοδοτείται ένας μόνο ηλεκτρικός κινητήρας, φαίνεται στο Σχήμα 4.3.2.



Σχήμα 4.3.2 *Σχηματική διάταξη με έναν κινητήρα*

➡ Στην προηγούμενη σχηματική παράσταση, όταν από τον Υποπίνακα κίνησης τροφοδοτείται ένας ηλεκτρικός κινητήρας, τότε για τις διατάξεις **A_1**, **A_2**, **$Δ_{ΥΔ}$** θα έχουμε:

➤ Στη διάταξη προστασίας και ελέγχου **A_1**, που αναχωρεί η γραμμή τροφοδοσίας από το **Γενικό Πίνακα** Κίνησης προς τον **Υποπίνακα** Κίνησης της μηχανής παραγωγής έργου, μπορεί εναλλακτικά να χρησιμοποιηθεί:

- **διακόπτης φορτίου** και **ασφάλεια τήξης** ή **μαχαιρωτή ασφάλεια**
- **αυτόματος διακόπτης ισχύος**.

➤ Στη διάταξη προστασίας και ελέγχου **A_2**, στον Υποπίνακα Κίνησης, όταν τροφοδοτείται ένας μόνο κινητήρας, μπορεί **εναλλακτικά** να χρησιμοποιηθεί:

- **διακόπτης φορτίου** και **ασφάλεια τήξης** ή **μαχαιρωτή ασφάλεια**
- **αυτόματος διακόπτης ισχύος**
- **αυτόματη ασφάλεια τύπου "C"**
- **μικροαυτόματος** διακόπτης προστασίας κινητήρων με **μαγνητική** και **θερμική** προστασία.

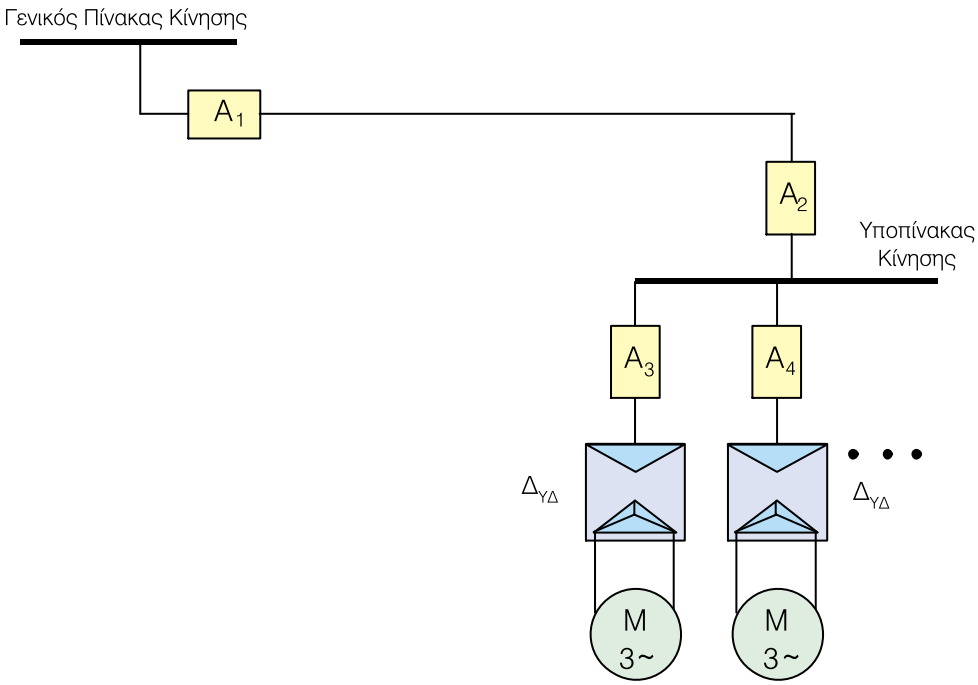
➤ Στη διάταξη εκκίνησης αστέρα - τριγώνου **$Δ_{ΥΔ}$**, στον Υποπίνακα κίνησης θα χρησιμοποιηθούν **εναλλακτικά**:

- τρία **ρελέ** ισχύος (αστέρα, τριγώνου και γραμμής) με ένα **θερμικό** προστασίας των τυλιγμάτων του κινητήρα, **όταν** η διάταξη προστασίας **A_2** είναι ο συνδυασμός **διακόπτης φορτίου** με **ασφάλεια τήξης** (ή μαχαιρωτή) ή **αυτόματη ασφάλεια**.

- μόνο τρία **ρελέ** (αστέρα, τριγώνου και γραμμής) *χωρίς* το θερμικό, όταν η διάταξη προστασίας **A_2** είναι **αυτόματος διακόπτης ισχύος**, ή **μικροαυτόματος** διακόπτης προστασίας κινητήρων με μαγνητική και θερμική προστασία.

Μηχανή παραγωγής έργου με περισσότερους από έναν ηλεκτρικούς κινητήρες

➡ Μία σχηματική παράσταση της διάταξης από το **Γενικό Πίνακα Κίνησης** μέχρι τον **Υποπίνακα Κίνησης** της μηχανής παραγωγής έργου, από όπου τροφοδοτούνται περισσότεροι του ενός κινητήρες, φαίνεται στο Σχήμα 4.3.3.



Σχήμα 4.3.3 *Σχηματική διάταξη με περισσότερους του ενός κινητήρες*

➡ Στην περίπτωση αυτή, όπου από τον Υποπίνακα κίνησης τροφοδοτούνται περισσότεροι του ενός κινητήρες, τότε επιπλέον στον **Υποπίνακα Κίνησης** θα πρέπει πριν τις αναχωρήσεις να υπάρχει και γενική διάταξη προστασίας και ελέγχου **Α**, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 4.3.3.

➡ Για τις διατάξεις προστασίας $\mathbf{A_1, A_2, ..., A_n}$ και τις διατάξεις εκκίνησης των κινητήρων $\mathbf{\Delta Y\Delta}$, ισχύει ό,τι και στην περίπτωση που έχουμε στον Υποπίνακα Κίνησης ένα μόνο κινητήρα.

➤ Η μελέτη και σχεδίαση της εγκατάστασης κίνησης περιλαμβάνει:

- **Σχεδίαση των *γραμμών τροφοδοσίας* με μονογραμμικό διάγραμμα, από τον πίνακα κίνησης.**
- **Υπολογισμό των *διατομών* των γραμμών τροφοδοσίας σύμφωνα με τα όσα αναφέρθηκαν στη *ενότητα 4.1*.**
- **Επιλογή των *διατάξεων προστασίας* και *ελέγχου* των γραμμών τροφοδοσίας, σύμφωνα με τα όσα αναφέρθηκαν στη *ενότητα 4.1*.**
- **Σχεδίαση *μονογραμμικού διαγράμματος* του πίνακα κίνησης.**
- **Υπολογισμό της *παροχής τροφοδοσίας* του πίνακα κίνησης από τη γενική παροχή της βιομηχανικής εγκατάστασης.**
- **Πίνακα *συμβόλων* και *υλικών* του πίνακα κίνησης.**

■ *Μονογραμμικό διάγραμμα Πίνακα Κίνησης*

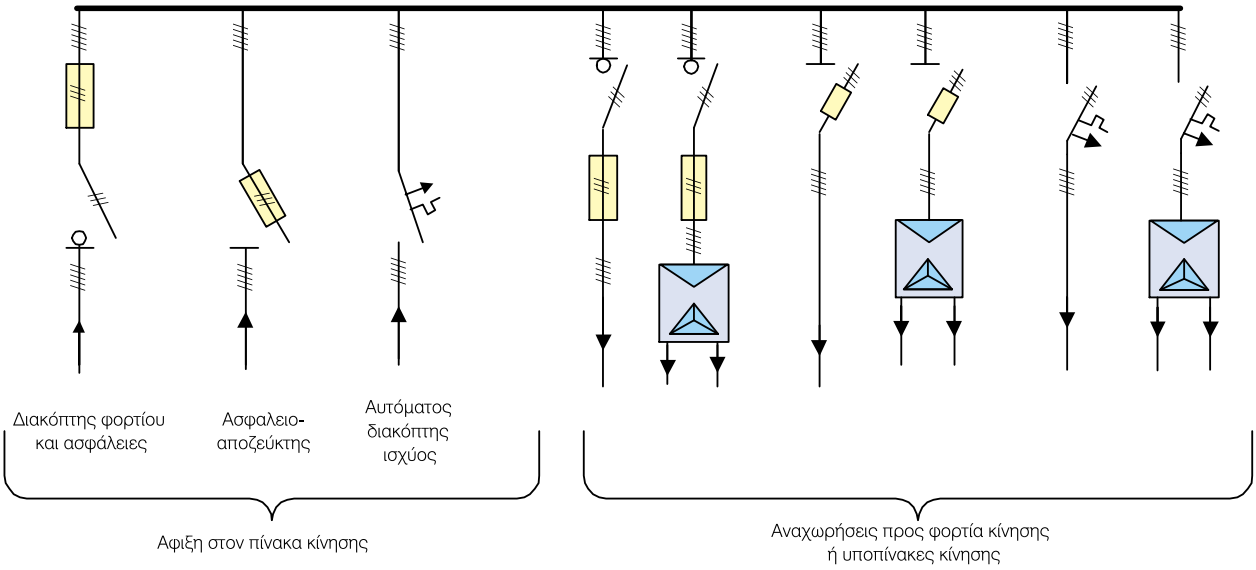
➡ Το μονογραμμικό διάγραμμα ενός **Πίνακα** ή **Υποπίνακα Κίνησης**, φαίνεται στο Σχήμα 4.3.4, όπου:

➤ Στη γενική παροχή του πίνακα - **άφιξη** (πάντα **τριφασική**), μπορεί να χρησιμοποιηθεί **εναλλακτικά**:

1. **Διακόπτης φορτίου** με **ασφάλειες τήξης** (ή με **μαχαιρωτές ασφάλειες**)
2. **Ασφαλειοαποζεύκτης**
3. **Αυτόματος διακόπτης ισχύος**

➤ Στις **αναχωρήσεις**, (**τριφασικές** κατά κύριο λόγο ή **μονοφασικές** για την τροφοδοσία μονοφασικών κινητήρων), από τον πίνακα μπορούν να χρησιμοποιηθούν:

1. **Διακόπτες φορτίου** με **ασφάλειες τήξης (**ή με **μαχαιρωτές ασφάλειες)**
2. **Διακόπτες φορτίου** με **ασφάλειες τήξης (**ή με **μαχαιρωτές ασφάλειες)** και **διατάξεις αυτόματου διακόπτη αστέρα - τριγώνου (ρελέ ισχύος, θερμικά** προστασίας κινητήρων**)**
3. **Ασφαλειοαποζεύκτες**
4. **Ασφαλειοαποζεύκτες** και **διατάξεις αυτόματου διακόπτη αστέρα - τριγώνου (ρελέ ισχύος, θερμικά** προστασίας κινητήρων**)**
5. **Αυτόματοι διακόπτες ισχύος**
6. **Αυτόματοι διακόπτες ισχύος** και **διατάξεις αυτόματου διακόπτη αστέρα - τριγώνου (ρελέ ισχύος, χωρίς θερμικά** προστασίας κινητήρων**)**



Σχήμα 4.3.4 *Μονογραμμικό διάγραμμα Πίνακα Κίνησης*

Υπολογισμός της γραμμής παροχής του Πίνακα Κίνησης

Ο υπολογισμός της γραμμής παροχής του Πίνακα Κίνησης γίνεται με βάση την απαιτούμενη ισχύ των κυκλωμάτων που αναχωρούν από τον Πίνακα Κίνησης, χρησιμοποιώντας ένα συντελεστή ταυτοχρονισμού, ο οποίος συνήθως κυμαίνεται, ανάλογα με το είδος και τα φορτία της εγκατάστασης, από 0,4 έως 0,8.

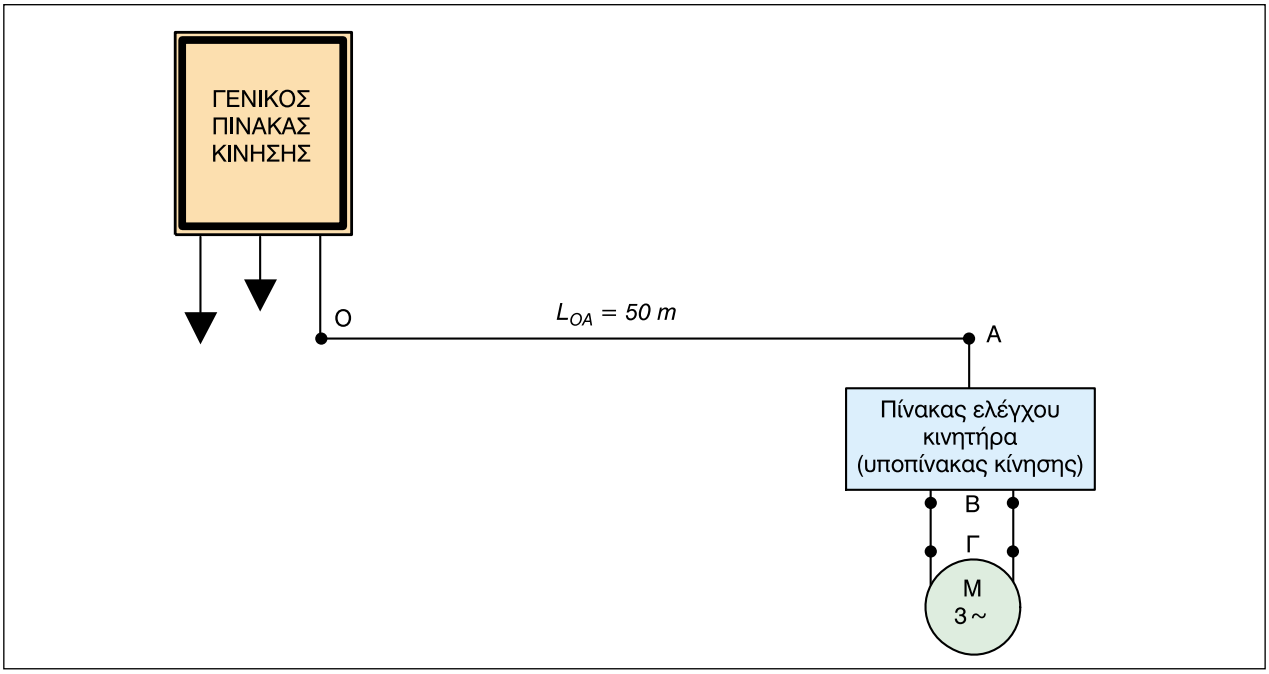
Πίνακας συμβόλων και υλικών του Πίνακα Κίνησης

Μετά τους υπολογισμούς συντάσσεται πίνακας με τα υλικά και τα αντίστοιχα σύμβολά τους, τα οποία περιέχει ο **Πίνακας** και οι **Υποπίνακες Κίνησης** της εγκατάστασης.

Παράδειγμα:

➤ Στην παρακάτω διάταξη μια μηχανή παραγωγής έργου με έναν ηλεκτρικό κινητήρα τροφοδοτείται από το γενικό Πίνακα Κίνησης με γραμμή τροφοδοσίας μήκους 50 m.

Να υπολογίσετε τη διατομή των αγωγών της γραμμής τροφοδοσίας, καθώς και τις διατάξεις προστασίας και ελέγχου της γραμμής τροφοδοσίας και του ηλεκτρικού κινητήρα.



Δεδομένα:

➤ Στοιχεία κινητήρα:

- Ονομαστική **ισχύς 125** HP (**90** kW) - συνδεσμολογία τυλιγμάτων σε τρίγωνο
- Ονομαστική **τάση 400** V, **50** Hz
- Συντελεστής ισχύος **συνφ = 0,83**
- Βαθμός απόδοσης **η% = 92%**

➤ Το μήκος της γραμμής από το Γενικό Πίνακα Κίνησης μέχρι τον Πίνακα τροφοδοσίας του κινητήρα (Υποπίνακα Κίνηση) είναι l_{OA} = 50 μέτρα.

➤ Το μήκος $l_{BΓ}$ από τον Υποπίνακα Κίνησης μέχρι το κιβώτιο ακροδεκτών του κινητήρα είναι **μικρό**.

➤ Η θερμοκρασία περιβάλλοντος που θα λειτουργήσει η εγκατάσταση είναι 40°C.

➤ Επειδή η ισχύς του κινητήρα είναι μεγαλύτερη από **2 kW** θα χρησιμοποιηθεί ειδική διάταξη εκκίνησης και στο παράδειγμά μας θα χρησιμοποιήσουμε αυτόματο διακόπτη αστέρα - τριγώνου.

➤ Θα χρησιμοποιηθεί καλώδιο τετραπολικό **NYY** με μόνωση από PVC (τρεις φάσεις και αγωγός γείωσης L_1, L_2, L_3, PE).

Ζητούμενα:

Α. Ζητούμενα από γενικό πίνακα κίνησης μέχρι υποπίνακα κίνησης που βρίσκεται στη μηχανή παραγωγής έργου.

1. Το ονομαστικό ρεύμα κινητήρα I_N.

2. Η διατομή αγωγών (ενεργών αγωγών) της γραμμής τροφοδοσίας από το γενικό πίνακα μέχρι τον υποπίνακα κίνησης.

3. Ο διακόπτης φορτίου και οι ασφάλειες τήξης στην αρχή της γραμμής.

4. Ο αυτόματος διακόπτης ισχύος και η περιοχή ρύθμισής του, σε περίπτωση που δεν χρησιμοποιηθεί ο συνδυασμός διακόπτης φορτίου - ασφάλειες τήξης.

Β. Ζητούμενα που αφορούν διάταξη εκκίνησης και έλεγχο κινητήρα στον υποπίνακα κίνησης.

1. Ο διακόπτης φορτίου και οι ασφάλειες τήξης στον υποπίνακα κίνησης.

2. Ο αυτόματος διακόπτης ισχύος και η περιοχή ρύθμισής του, σε περίπτωση που δεν χρησιμοποιηθεί ο συνδυασμός διακόπτης φορτίου - ασφάλειες τήξης.

3. Τα στοιχεία του αυτόματου διακόπτη αστέρα - τριγώνου για την εκκίνηση του κινητήρα.

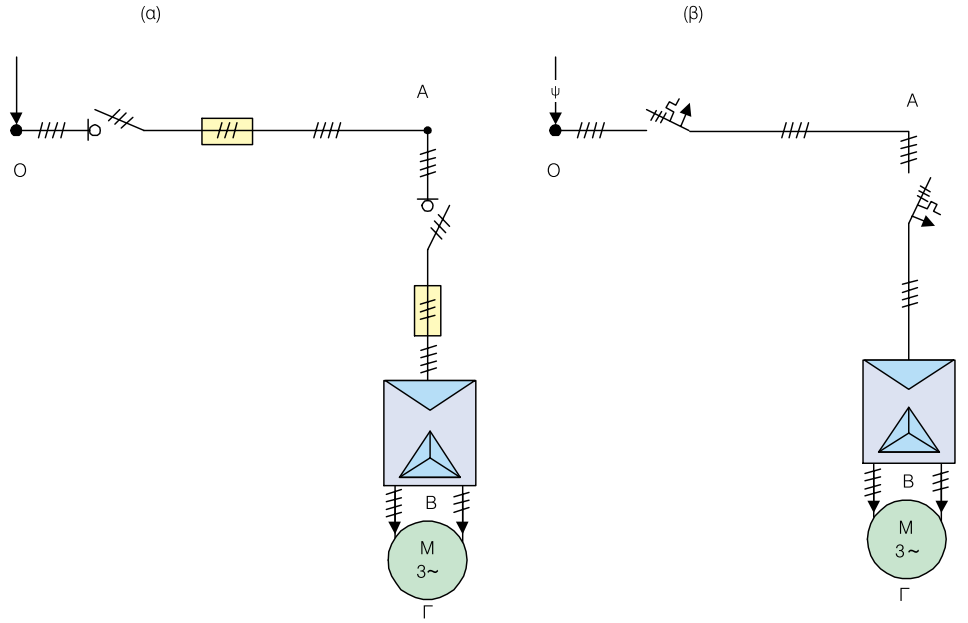
4. Η διατομή αγωγών της γραμμής τροφοδοσίας από τον υποπίνακα μέχρι το κιβώτιο ακροδεκτών του κινητήρα.

Λύση:

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ:

➡ Αν χρησιμοποιήσουμε **διακόπτες φορτίου και ασφάλειες τήξης**, το μονογραμμικό διάγραμμα της εγκατάστασης θα είναι αυτό του Σχήματος 4.3.5α.

➡ Αν χρησιμοποιήσουμε **αυτόματους διακόπτες ισχύος** αντί του συνδυασμού διακόπτη φορτίου - ασφάλεια τήξης, το μονογραμμικό διάγραμμα της εγκατάστασης θα είναι αυτό του Σχήματος 4.3.5β.



Σχήμα 4.3.5
Μονογραμμικό διάγραμμα εγκατάστασης κίνησης

➡ **Α.1**

Το ονομαστικό ρεύμα του κινητήρα από τη σχέση (4.1.2) της Ενότητας 4.1 είναι:

$$I_N = \frac{P}{\sqrt{3}\cdot U\cdot \sigma\upsilon\nu\varphi} = \frac{P_{\mu\eta\chi}}{\sqrt{3}\cdot U\cdot \sigma\upsilon\nu\varphi\cdot\eta} = \frac{90000}{\sqrt{3}\cdot 400\cdot 0{,}83\cdot 0{,}92} = 170\ A$$

➡ **Α.2**

Η επιλογή της διατομής των ενεργών αγωγών θα γίνει με βάση τον Πίνακα 2.2.4 της Ενότητας 2.2 του Κεφαλαίου 2 (κανονισμοί DIN VDE, IEC και HD). Αν χρησιμοποιήσουμε τον Πίνακα 2.2.1 της Ενότητας 2.2 του Κεφαλαίου 2, που περιέχει στοιχεία με βάση τους Ελληνικούς κανονισμούς, πρέπει να κάνουμε προσαύξηση του ρεύματος που υπολογίσαμε κατά 25%.

Αφού έχουμε θερμοκρασία περιβάλλοντος 40°C από τον Πίνακα 2.2.5 της Ενότητας 2.2 του Κεφαλαίου 2 για μόνωση με PVC, παίρνουμε συντελεστή διόρθωσης 0,87 και επομένως:

$$I' = I/0{,}87 = 170/0{,}87 = 195{,}4\ A$$

Από τον Πίνακα 2.2.4 - Ομάδα ΙΙ της Ενότητας 2.2 του Κεφαλαίου 2, θα έχουμε για τυποποιημένη ονομαστική τιμή ρεύματος **207 A** (αμέσως μεγαλύτερη τιμή από 195,4 A), διατομή αγωγού:

S = 70 mm²

Η επιτρεπόμενη πτώση τάσης για εγκαταστάσεις κίνησης, όπως είναι γνωστό, είναι μέχρι **3%** και επομένως, για τάση 400 V αυτή θα είναι **12 V**.

Χρησιμοποιώντας τη σχέση 4.1.5 της ενότητας 4.1, ελέγχουμε αν η διατομή των αγωγών που υπολογίσαμε μας ικανοποιεί την επιτρεπτή πτώση τάσης και έχουμε:

$$\Delta U = \sqrt{3}\cdot\rho\cdot\frac{l}{S}\cdot I\cdot \sigma\upsilon\nu\varphi = \sqrt{3}\cdot 0{,}018\cdot\frac{\Omega\cdot mm^2}{m}\cdot\frac{50\ m}{70\ mm^2}\cdot 170\ A\cdot 0{,}83 = 3{,}14\ V$$

Επομένως, επειδή ΔU < 12 V, η διατομή που επιλέξαμε για τους αγωγούς της γραμμής τροφοδοσίας από το γενικό πίνακα μέχρι τον υποπίνακα, είναι αποδεκτή και το καλώδιο που θα χρησιμοποιήσουμε θα είναι **NYY 3x70 mm² + 35 mm²**. *Η διατομή του αγωγού γείωσης επιλέγεται σύμφωνα με το άρθρο 19 των κανονισμών Ε.Η.Ε, όπου για διατομές αγωγών μεγαλύτερες των 16 mm² η διατομή του αγωγού γείωσης είναι η μισή των ενεργών αγωγών και όχι μικρότερη των 16 mm².*

➡ **Α.3**

Από τον Πίνακα 2.2.8 της Ενότητας 2.2 του Κεφαλαίου 2, για διατομή καλωδίου **70 mm²** με μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα **207 Α**, θα έχουμε **ασφάλεια βραδείας τήξης** 200 Α. Αν χρησιμοποιήσουμε **μαχαιρωτές ασφάλειες ΝΗ**, επειδή συμπεριφέρονται ως ασφάλειες ταχείας τήξης, θα πρέπει να είναι ονομαστικής τιμής **250 Α** (επιλογή με βάση τις χαρακτηριστικές καμπύλες ασφαλειών ταχείας και βραδείας τήξης της Ενότητας 2.2 του Κεφαλαίου 2).

Το μέγεθος του *διακόπτη φορτίου* που θα χρησιμοποιηθεί θα πρέπει να είναι *τουλάχιστο ίσο* με το μέγεθος των ασφαλειών προστασίας που επελέγησαν και επίσης θα πρέπει να *διακόπτει* το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα συνεχούς λειτουργίας των αγωγών που ελέγχει.

Επομένως στην περίπτωσή μας θα επιλέξουμε από τον Πίνακα 2.2.15 της Ενότητας 2.2 του Κεφαλαίου 2, **διακόπτη φορτίου κατηγορίας 3** με ονομαστικό ρεύμα **250 Α**.

➡ **Α.4**

Αν χρησιμοποιήσουμε **αυτόματο διακόπτη ισχύος**, αντί του συνδυασμού διακόπτης φορτίου - ασφάλεια τήξης, τότε αυτός από τον Πίνακα 2.2.13 της Ενότητας 2.2 του Κεφαλαίου 2, είναι τριπολικός ονομαστικού ρεύματος **250 Α** με περιοχή ρύθμισης **100 - 250 Α**.

➤ Η **ρύθμιση** στην περίπτωσή μας γίνεται στα **207 Α**, που είναι το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα των αγωγών διατομής 70 mm².

Η ρύθμιση θερμικής προστασίας, αυτόματου διακόπτη ισχύος στην αρχή της γραμμής τροφοδοσίας, γίνεται στην τιμή του μέγιστου επιτρεπόμενου ρεύματος που αντιστοιχεί στη διατομή των αγωγών της γραμμής που επιλέχτηκε και όχι στην τιμή του ρεύματος του κινητήρα που πιθανό υπάρχει στο τέλος της γραμμής. Σε μια τέτοια περίπτωση η προστασία του κινητήρα γίνεται μέσω του θερμικού του ή του αυτόματου διακόπτη ισχύος.

➤ Επομένως συγκεντρωτικά θα έχουμε:

Γραμμή τροφοδοσίας από γενικό Πίνακα Κίνησης μέχρι τον υποπίνακα του κινητήρα	**NYY 3x70+35 mm²**
Διακόπτης φορτίου τριπολικός **κατηγορίας 3** στην αρχή της γραμμής	**250 Α**
Ασφάλειες **βραδείας τήξης** (ή **μαχαιρωτές**) στην αρχή της γραμμής	**200 Α (250 Α)**
Αυτόματος τριπολικός διακόπτης ισχύος στην αρχή της γραμμής - ρύθμιση (αντί διακόπτη φορτίου - ασφαλειών)	**250 Α (100 - 250 Α)** **ρύθμιση στα 207 Α**

➡ **Β.1**

Το ρεύμα που απορροφά ο κινητήρας, όπως υπολογίστηκε, είναι **170 Α**. Από τον Πίνακα 2.2.8 της Ενότητας 2.2 του Κεφαλαίου 2, έχουμε (για το αμέσως μεγαλύτερο από τα 170 Α) επιτρεπόμενο ρεύμα 207 Α, με **ασφάλεια βραδείας τήξης 200 Α**. Αν χρησιμοποιήσουμε **μαχαιρωτές ασφάλειες** αυτές είναι **250 Α**.

Το μέγεθος του *διακόπτη φορτίου* που θα χρησιμοποιηθεί θα πρέπει να είναι *τουλάχιστο ίσο* με το μέγεθος των ασφαλειών προστασίας που επελέγησαν και επίσης θα πρέπει να *διακόπτει* το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα συνεχούς λειτουργίας των αγωγών που ελέγχει.

Έτσι από τον Πίνακα 2.2.15 της Ενότητας 2.2 του Κεφαλαίου 2, έχουμε **διακόπτη φορτίου κατηγορίας 3** με ονομαστικό ρεύμα **250 Α**.

➡ **Β.2**

Αν χρησιμοποιήσουμε **αυτόματο διακόπτη ισχύος**, αντί του συνδυασμού διακόπτης φορτίου - ασφάλεια τήξης, τότε αυτός από τον Πίνακα 2.2.13 της Ενότητας 2.2 του Κεφαλαίου 2, είναι τριπολικός ονομαστικού ρεύματος **200 Α** με περιοχή ρύθμισης **160 - 200 Α**.

➤ Η **ρύθμιση** θερμικής προστασίας του αυτόματου διακόπτη ισχύος, θα γίνει με βάση το ονομαστικό ρεύμα του κινητήρα που στην περίπτωσή μας είναι **170 Α**. Έτσι ρυθμίζουμε τον αυτόματο διακόπτη στα 170 Α.

➡ **Β.3**

Η δομή του αυτόματου **διακόπτη αστέρα - τριγώνου**, που θα χρησιμοποιήσουμε για την εκκίνηση του κινητήρα, έχει τη μορφή που παρουσιάστηκε στην Ενότητα 4.2 - Σχήμα 4.2.4. Αυτός αποτελείται από **τρία ρελέ ισχύος** (του **αστέρα**, του **τριγώνου** και της **γραμμής**) και το **θερμικό** προστασίας του κινητήρα.

➤ Κατά τη λειτουργία του κινητήρα σε συνδεσμολογία τριγώνου, το ρεύμα που διαρρέει τα τυλίγματα του κινητήρα, όπως είναι γνωστό είναι:

$$I = \frac{I_N}{\sqrt{3}} = 0{,}58 \cdot I_N \qquad (4.3.1)$$

Επομένως το **ρελέ ισχύος γραμμής**, το **ρελέ ισχύος τριγώνου** και το **θερμικό προστασίας** του κινητήρα (Ενότητα 4.2 - Σχήμα 4.2.4), διαρρέονται από ρεύμα $I = 0{,}58 \cdot I_N$, με βάση το οποίο επιλέγεται και το μέγεθός τους.

Το **ρελέ ισχύος αστέρα**, που εμπλέκεται στο κύκλωμα κατά την εκκίνηση (όπου τα τυλίγματα του κινητήρα συνδέονται σε αστέρα), θα διαρρέεται όπως είναι γνωστό από ρεύμα:

$$I = \frac{I_N}{3} \qquad (4.3.2)$$

Έτσι το ρελέ αστέρα επιλέγεται με βάση το ρεύμα της προηγούμενης σχέσης.

➤ Το ρεύμα επιλογής στην περίπτωσή μας για το ρελέ γραμμής, το ρελέ τριγώνου και το θερμικό προστασίας, θα είναι $I = 0,58 \cdot I_N = 0,58 \cdot 170 =$ **98,6 A**, ενώ το ρεύμα επιλογής για το ρελέ αστέρα, είναι $I = {}^{I_N}/_{3} = {}^{170}/_{3} =$ **56,67 A**.

➤ Από τον Πίνακα 2.2.17 της Ενότητας 2.2 του Κεφαλαίου 2 (στοιχεία τριπολικών ρελέ ισχύος), έχουμε:

- **Ρελέ τριγώνου**: (κωδικός - ρεύμα - ισχύς) LC1-D115 / 115 A / 55 kW
- **Ρελέ γραμμής**: (κωδικός - ρεύμα - ισχύς) LC1-D115 / 115 A / 55 kW
- **Ρελέ αστέρα**: (κωδικός - ρεύμα - ισχύς) LC1-D65 / 65 A / 30 kW

➤ Από τον Πίνακα 2.2.18 της Ενότητας 2.2 του Κεφαλαίου 2 (στοιχεία τριπολικών θερμικών προστασίας), έχουμε:

- **Θερμικό προστασίας**: (κωδικός, περιοχή ρύθμισης - ρελέ ισχύος που συνεργάζεται) LRD-4365 (80 - 104 A) / LC1-D115. Η **ρύθμιση** εδώ γίνεται στα 99 A, που είναι το ονομαστικό ρεύμα που ρέει στα τυλίγματα του κινητήρα.

Την επιλογή των ρελέ ισχύος και του θερμικού θα μπορούσαμε να την κάνουμε πιο γρήγορα, με τη βοήθεια του Πίνακα 4.1.1 της Ενότητας 4.1, όπου για *ισχύ κινητήρα 90 kW*, έχουμε, όπως εύκολα διαπιστώνουμε, τα ίδια αποτελέσματα.

➡ **Β.4**

Οι αγωγοί που θα τροφοδοτήσουν τον κινητήρα, από τη διάταξη αστέρα - τριγώνου μέχρι το κιβώτιο ακροδεκτών του, διαρρέονται από ρεύμα:

$$I = 0,58 \cdot I_N = 0,58 \cdot 170 = \mathbf{98,6\ A}$$

Λόγω θερμοκρασίας 40°C, θα έχουμε:

$$I' = \frac{I}{0,87} = \mathbf{113,33\ A}$$

Από τον Πίνακα 2.2.4 - Ομάδα ΙΙ, της Ενότητας 2.2 του Κεφαλαίου 2, έχουμε για τυποποιημένη ονομαστική τιμή ρεύματος **135 A** (αμέσως μεγαλύτερη τιμή από 113,33 A), διατομή αγωγού: **S = 35 mm²**.

Επειδή η διαδρομή από τη διάταξη του διακόπτη αστέρα - τριγώνου μέχρι τον κινητήρα είναι διπλή, όπως εύκολα φαίνεται και στο Σχήμα 4.2.3 της Ενότητας 4.2, θα χρησιμοποιήσουμε δύο καλώδια: ένα **NYY 3 x 35 + 16 mm²** και ένα **NYY 3 x 35 mm²** (η γείωση πηγαίνει στον κινητήρα με το ένα καλώδιο).

➤ Επομένως συγκεντρωτικά θα έχουμε:

Διακόπτης φορτίου τριπολικός **κατηγορίας 3** στον υποπίνακα κίνησης του κινητήρα	**250 A**
Ασφάλειες **βραδείας τήξης** (ή **μαχαιρωτές**) στον υποπίνακα κίνησης του κινητήρα	**200 A (250 A)**
Αυτόματος τριπολικός διακόπτης ισχύος στην αρχή της γραμμής - ρύθμιση(αντί διακόπτη φορτίου - ασφαλειών)	**201 A (160 - 200 A)** ρύθμιση στα **170 A**
Τριπολικό ρελέ ισχύος **γραμμής**	**LC1-D115 / 115 A / 55 kW**
Τριπολικό ρελέ ισχύος **τριγώνου**	**LC1-D115 / 115 A / 55 kW**
Τριπολικό ρελέ ισχύος **αστέρα**	**LC1-D65 / 65 A / 30 kW**
Θερμικό **προστασίας** κινητήρα - ρύθμιση	**LRD-4365 (80 - 104 A) / 99 A**
Γραμμή τροφοδοσίας κινητήρα από τον υποπίνακα κίνησης μέχρι το κιβώτιο των ακροδεκτών του	Ένα καλώδιο **NYY 3x35+16 mm²** και ένα **NYY 3x35 mm²**

4.3.3 Εφαρμογή

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΙΝΗΣΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ (ΜΗΧΑΝΟΥΡΓΕΙΟ)

Στο **Σχέδιο K_1** φαίνεται η χωροθέτηση των διάφορων μηχανών παραγωγής έργου ενός Μηχανουργείου. Για το συγκεκριμένο χώρο του μηχανουργείου που επιλέξαμε θεωρήσαμε ότι:

1. κάθε μηχανή παραγωγής έργου έχει έναν ηλεκτρικό κινητήρα και
2. η θερμοκρασία περιβάλλοντος του χώρου είναι **35°C**

➡ Ο **υπολογισμός** των διατάξεων ελέγχου και προστασίας:

- των γραμμών τροφοδοσίας από το **Γενικό Πίνακα Κίνησης** μέχρι τον **Υποπίνακα Κίνησης** κάθε μηχανής παραγωγής έργου και
- των **ηλεκτρικών κινητήρων** κάθε μηχανής παραγωγής έργου,

έγινε σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν προηγουμένως στο παράδειγμα που παρουσιάστηκε αναλυτικά.

➡ Πιο **συγκεκριμένα**:

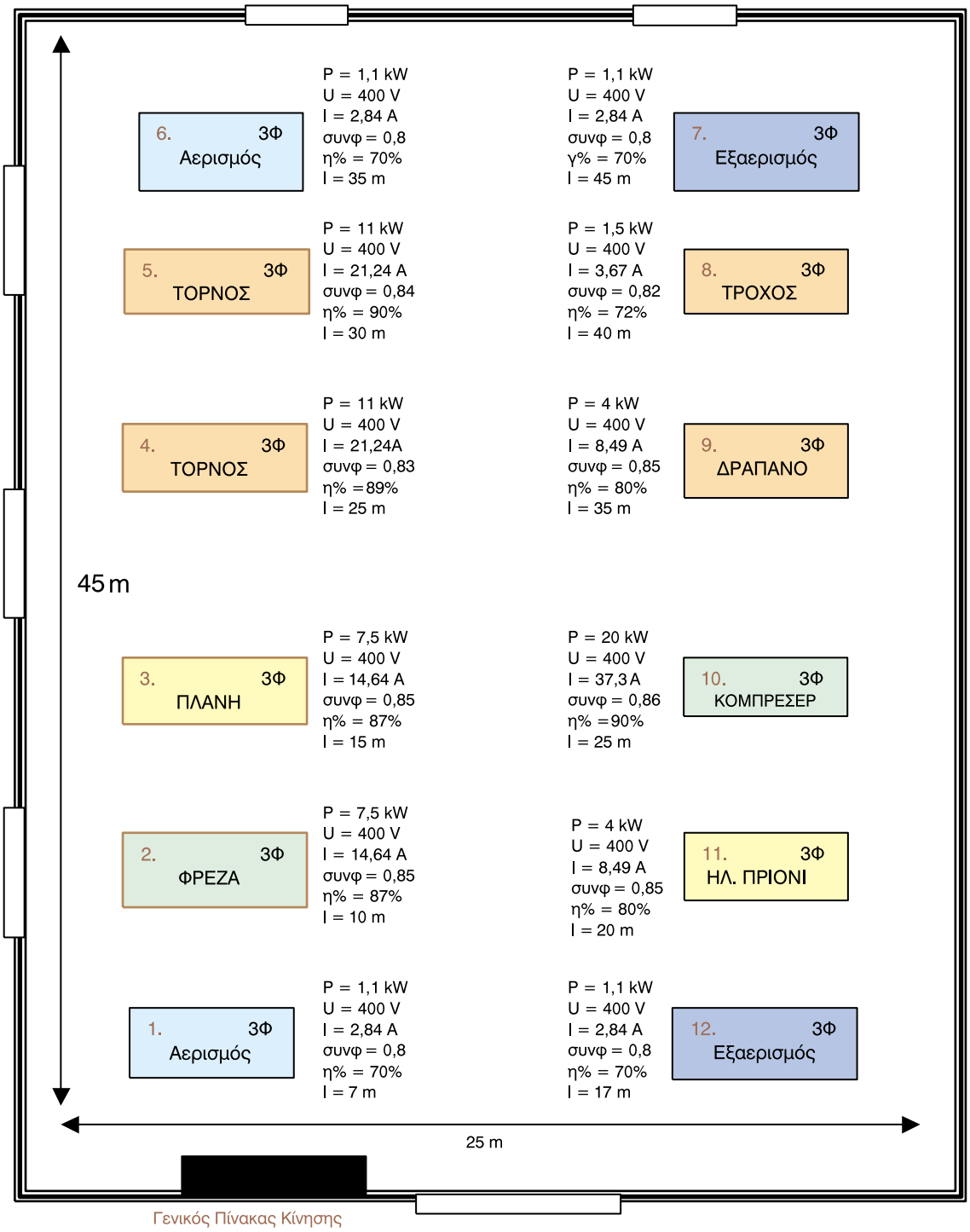
1. Για τις διατομές των γραμμών τροφοδοσίας των κινητήρων, τους κανονισμούς **DIN VDE**, **IEC** και **HD**. (Πίνακα 2.2.4 - ΟΜΑΔΑ ΙΙ και Πίνακα 2.2.5) της Ενότητας 2.2 του Κεφαλαίου 2.
2. Για τον έλεγχο των πτώσεων τάσης χρησιμοποιήσαμε τις επόμενες σχέσεις:

$\Delta U = \rho \cdot \frac{2 \cdot l}{S} \cdot I \cdot \text{συνφ}$ (μονοφασική γραμμή - επιτρεπτή πτώση για **230 V : 2,3 V**) και

$\Delta U = \sqrt{3} \cdot \rho \cdot \frac{l}{S} \cdot I \cdot \text{συνφ}$ (τριφασική γραμμή - επιτρεπτή πτώση για **400 V : 12 V**)

3. Για τον υπολογισμό των διατάξεων προστασίας και ελέγχου (διακόπτες, ασφάλειες) χρησιμοποιήσαμε τους Πίνακες 2.2.8, 2.2.13, 2.2.14, 2.2.15 της Ενότητας 2.2 του Κεφαλαίου 2.
4. Για τις διατάξεις εκκίνησης χρησιμοποιήσαμε τους Πίνακες 2.2.17, 2.2.18 της Ενότητας 2.2 του Κεφαλαίου 2 και τον Πίνακα 4.1.1 της Ενότητας 4.1 του Κεφαλαίου 4.

➡ Τα **αποτελέσματα** των υπολογισμών παρουσιάζονται σε πίνακες, που ακολουθούν, για κάθε μηχανή παραγωγής έργου:



Σχέδιο Κ1 *Στοιχεία και χωροθέτηση μηχανών παραγωγής έργου*

➤ *Πίνακες Αποτελεσμάτων Υπολογισμών:*

■ Μηχανή παραγωγής έργου 1: Αερισμός (τριφασικός κινητήρας)

1	Γραμμή τροφοδοσίας μηχανής παραγωγής έργου - Πτώση τάσης	**NYY 4x2,5 mm² (L_1, L_2, L_3, PE) 0,20 V**
2	Προστασία και έλεγχος στην αναχώρηση της γραμμής	**Μικροαυτόματος θερμικής και μαγνητικής προστασίας (2,5 - 6) με ρύθμιση στα 2,84 A**
3	Προστασία και έλεγχος κινητήρα πριν τη διάταξη εκκίνησης στον Υποπίνακα κίνησης	**Γίνεται από τη ρύθμιση του μικροαυτόματου της γραμμής λόγω απ' ευθείας εκκίνησης**
4	Διάταξη εκκίνησης	**Απ' ευθείας εκκίνηση (ισχύς < 2,0 kW)**
5	Γραμμή τροφοδοσίας (μικρού μήκους) του κινητήρα από τη διάταξη εκκίνησης (Δύο καλώδια)	**Η γραμμή τροφοδοσίας του κινητήρα είναι η γραμμή από το Γενικό πίνακα κίνησης**

■ Μηχανή παραγωγής έργου 2: Φρέζα (τριφασικός κινητήρας)

1	Γραμμή τροφοδοσίας μηχανής παραγωγής έργου - Πτώση τάσης	**NYY 4x2,5 mm² (L_1, L_2, L_3, PE) 1,55 V**
2	Προστασία και έλεγχος στην αναχώρηση της γραμμής	**Αυτόματος Διακόπτης ισχύος 25 A (20-25) ρύθμιση στα 25 A**
3	Προστασία και έλεγχος κινητήρα πριν τη διάταξη εκκίνησης στον Υποπίνακα κίνησης	**Μικροαυτόματος θερμικής και μαγνητικής προστασίας (13-18) με ρύθμιση στα 14,64 A**
4	Διάταξη εκκίνησης	**Ρελέ αστέρα 4 kW - 9 A, ρελέ τριγώνου και γραμμής 4 kW - 9A (χωρίς θερμικό)**
5	Γραμμή τροφοδοσίας (μικρού μήκους) του κινητήρα από τη διάταξη εκκίνησης (Δύο καλώδια)	**NYY 3x1,5 mm2 (L_1, L_2, L_3) και NYY 4x1,5 mm2 (L_1, L_2, L_3, PE)**

■ Μηχανή παραγωγής έργου 3: Πλάνη (τριφασικός κινητήρας)

1	Γραμμή τροφοδοσίας μηχανής παραγωγής έργου - Πτώση τάσης	**NYY 4x2,5 mm² (L_1, L_2, L_3, PE)** **2,33 V**
2	Προστασία και έλεγχος στην αναχώρηση της γραμμής	**Αυτόματος Διακόπτης ισχύος 25 A (20 - 25) με ρύθμιση στα 25 A**
3	Προστασία και έλεγχος κινητήρα πριν τη διάταξη εκκίνησης στον Υποπίνακα κίνησης	**Μικροαυτόματος θερμικής και μαγνητικής προστασίας (13-18) με ρύθμιση στα 14,64**
4	Διάταξη εκκίνησης	**Ρελέ αστέρα 4 kW - 9 A, ρελέ τριγώνου και γραμμής 4 kW - 9A (χωρίς θερμικό)**
5	Γραμμή τροφοδοσίας (μικρού μήκους) του κινητήρα από τη διάταξη εκκίνησης (Δύο καλώδια)	**NYY 3x1,5 mm² (L_1, L_2, L_3) και** **NYY 4x1,5 mm² (L_1, L_2, L_3, PE)**

■ Μηχανή παραγωγής έργου 4: Τόρνος (τριφασικός κινητήρας)

1	Γραμμή τροφοδοσίας μηχανής παραγωγής έργου - Πτώση τάσης	**NYY 4x4 mm² (L_1, L_2, L_3, PE)** **3,48 V**
2	Προστασία και έλεγχος στην αναχώρηση της γραμμής	**Αυτόματος Διακόπτης ισχύος 32 A (25,6 - 32) με ρύθμιση στα 32 A**
3	Προστασία και έλεγχος κινητήρα πριν τη διάταξη εκκίνησης στον Υποπίνακα κίνησης	**Μικροαυτόματος θερμικής και μαγνητικής προστασίας (20-25) με ρύθμιση στα 21,5 A**
4	Διάταξη εκκίνησης	**Ρελέ αστέρα 4 kW - 9 A, ρελέ τριγώνου και γραμμής 7,5 kW - 18 A (χωρίς θερμικό)**
5	Γραμμή τροφοδοσίας (μικρού μήκους) του κινητήρα από τη διάταξη εκκίνησης (Δύο καλώδια)	**NYY 3x1,5 mm² (L_1, L_2, L_3) και** **NYY 4x1,5 mm² (L_1, L_2, L_3, PE)**

■ Μηχανή παραγωγής έργου 5: Τόρνος (τριφασικός κινητήρας)

1	Γραμμή τροφοδοσίας μηχανής παραγωγής έργου - Πτώση τάσης	**NYY 4x4 mm² (L_1, L_2, L_3, PE)** **4,17 V**
2	Προστασία και έλεγχος στην αναχώρηση της γραμμής	**Αυτόματος Διακόπτης ισχύος 32 A (25,6 - 32) με ρύθμιση στα 32 A**
3	Προστασία και έλεγχος κινητήρα πριν τη διάταξη εκκίνησης στον Υποπίνακα κίνησης	**Μικροαυτόματος θερμικής και μαγνητικής προστασίας (20-25) με ρύθμιση στα 21,5 A**
4	Διάταξη εκκίνησης	**Ρελέ αστέρα 4 kW - 9 A, ρελέ τριγώνου και γραμμής 7,5 kW - 18 A (χωρίς θερμικό)**
5	Γραμμή τροφοδοσίας (μικρού μήκους) του κινητήρα από τη διάταξη εκκίνησης (Δύο καλώδια)	**NYY 3x1,5 mm² (L_1, L_2, L_3) και** **NYY 4x1,5 mm² (L_1, L_2, L_3, PE)**

■ Μηχανή παραγωγής έργου 6: Αερισμός (τριφασικός κινητήρας)

1	Γραμμή τροφοδοσίας μηχανής παραγωγής έργου - Πτώση τάσης	**NYY 4x2,5 mm² (L_1, L_2, L_3, PE)** **0,99 V**
2	Προστασία και έλεγχος στην αναχώρηση της γραμμής	**Μικροαυτόματος θερμικής και μαγνητικής προστασίας (2,5 - 6) με ρύθμιση στα 2,84 A**
3	Προστασία και έλεγχος κινητήρα πριν τη διάταξη εκκίνησης στον Υποπίνακα κίνησης	**Γίνεται από τη ρύθμιση του μικροαυτόματου της γραμμής λόγω απ' ευθείας εκκίνησης**
4	Διάταξη εκκίνησης	**Απ' ευθείας εκκίνηση (ισχύς < 2,0 kW)**
5	Γραμμή τροφοδοσίας (μικρού μήκους) του κινητήρα από τη διάταξη εκκίνησης (Δύο καλώδια)	**Η γραμμή τροφοδοσίας του κινητήρα είναι η γραμμή από το Γενικό πίνακα κίνησης**

■ Μηχανή παραγωγής έργου 7 : Εξαερισμός (τριφασικός κινητήρας)

1	Γραμμή τροφοδοσίας μηχανής παραγωγής έργου - Πτώση τάσης	**NYY 4x2,5 mm² (L_1, L_2, L_3, PE)** **01,28 V**
2	Προστασία και έλεγχος στην αναχώρηση της γραμμής	**Μικροαυτόματος θερμικής και μαγνητικής προστασίας (2,5 - 6) με ρύθμιση στα 2,84 A**
3	Προστασία και έλεγχος κινητήρα πριν τη διάταξη εκκίνησης στον Υποπίνακα κίνησης	**Γίνεται από τη ρύθμιση του μικροαυτόματου της γραμμής λόγω απ' ευθείας εκκίνησης**
4	Διάταξη εκκίνησης	**Απ' ευθείας εκκίνηση (ισχύς < 2,0 kW)**
5	Γραμμή τροφοδοσίας (μικρού μήκους) του κινητήρα από τη διάταξη εκκίνησης (Δύο καλώδια)	**Η γραμμή τροφοδοσίας του κινητήρα είναι η γραμμή από το Γενικό πίνακα κίνησης**

■ Μηχανή παραγωγής έργου 8: Τροχός (τριφασικός κινητήρας)

1	Γραμμή τροφοδοσίας μηχανής παραγωγής έργου - Πτώση τάσης	**NYY 4x2,5 mm² (L_1, L_2, L_3, PE)** **1,5 V**
2	Προστασία και έλεγχος στην αναχώρηση της γραμμής	**Μικροαυτόματος θερμικής και μαγνητικής προστασίας (2,5 - 6) με ρύθμιση στα 3,67 A**
3	Προστασία και έλεγχος κινητήρα πριν τη διάταξη εκκίνησης στον Υποπίνακα κίνησης	**Γίνεται από τη ρύθμιση του μικροαυτόματου της γραμμής λόγω απ' ευθείας εκκίνησης**
4	Διάταξη εκκίνησης	**Απ' ευθείας εκκίνηση (ισχύς < 2,0 kW)**
5	Γραμμή τροφοδοσίας (μικρού μήκους) του κινητήρα από τη διάταξη εκκίνησης (Δύο καλώδια)	**Η γραμμή τροφοδοσίας του κινητήρα είναι η γραμμή από το Γενικό πίνακα κίνησης**

■ Μηχανή παραγωγής έργου 9: Δράπανο (τριφασικός κινητήρας)

1	Γραμμή τροφοδοσίας μηχανής παραγωγής έργου - Πτώση τάσης	**NYY 4x2,5 mm² (L_1, L_2, L_3, PE)** **3,15 V**
2	Προστασία και έλεγχος στην αναχώρηση της γραμμής	**Αυτόματος Διακόπτης ισχύος 16 A (12,8 - 16) με ρύθμιση στα 16 A**
3	Προστασία και έλεγχος κινητήρα πριν τη διάταξη εκκίνησης στον Υποπίνακα κίνησης	**Μικροαυτόματος θερμικής και μαγνητικής προστασίας (6 - 10) με ρύθμιση στα 8,49 A**
4	Διάταξη εκκίνησης	**Ρελέ αστέρα 4 kW - 9 A, ρελέ τριγώνου και γραμμής 4 kW - 9A (χωρίς θερμικό)**
5	Γραμμή τροφοδοσίας (μικρού μήκους) του κινητήρα από τη διάταξη εκκίνησης (Δύο καλώδια)	**NYY 3x1,5 mm² (L_1, L_2, L_3) και** **NYY 4x1,5 mm² (L_1, L_2, L_3, PE)**

■ Μηχανή παραγωγής έργου 10: Κομπρεσέρ (τριφασικός κινητήρας)

1	Γραμμή τροφοδοσίας μηχανής παραγωγής έργου - Πτώση τάσης	**NYY 4x6 mm² (L_1, L_2, L_3, PE)** **4,17 V**
2	Προστασία και έλεγχος στην αναχώρηση της γραμμής	**Αυτόματος Διακόπτης ισχύος 40 A (32 - 40) με ρύθμιση στα 40 A**
3	Προστασία και έλεγχος κινητήρα πριν τη διάταξη εκκίνησης στον Υποπίνακα κίνησης	**Διακόπτης φορτίου 40 A με ασφάλεια τήξης 35 A**
4	Διάταξη εκκίνησης	**Ρελέ αστέρα 5,5 kW - 12 A, ρελέ τριγώνου και γραμμής 11 kW - 25A,θερμικό (17 - 25) με ρύθμιση στα 21,55 A**
5	Γραμμή τροφοδοσίας (μικρού μήκους) του κινητήρα από τη διάταξη εκκίνησης (Δύο καλώδια)	**NYY 3x2,5 mm² (L_1, L_2, L_3) και** **NYY 4x2,5 mm² (L_1, L_2, L_3, PE)**

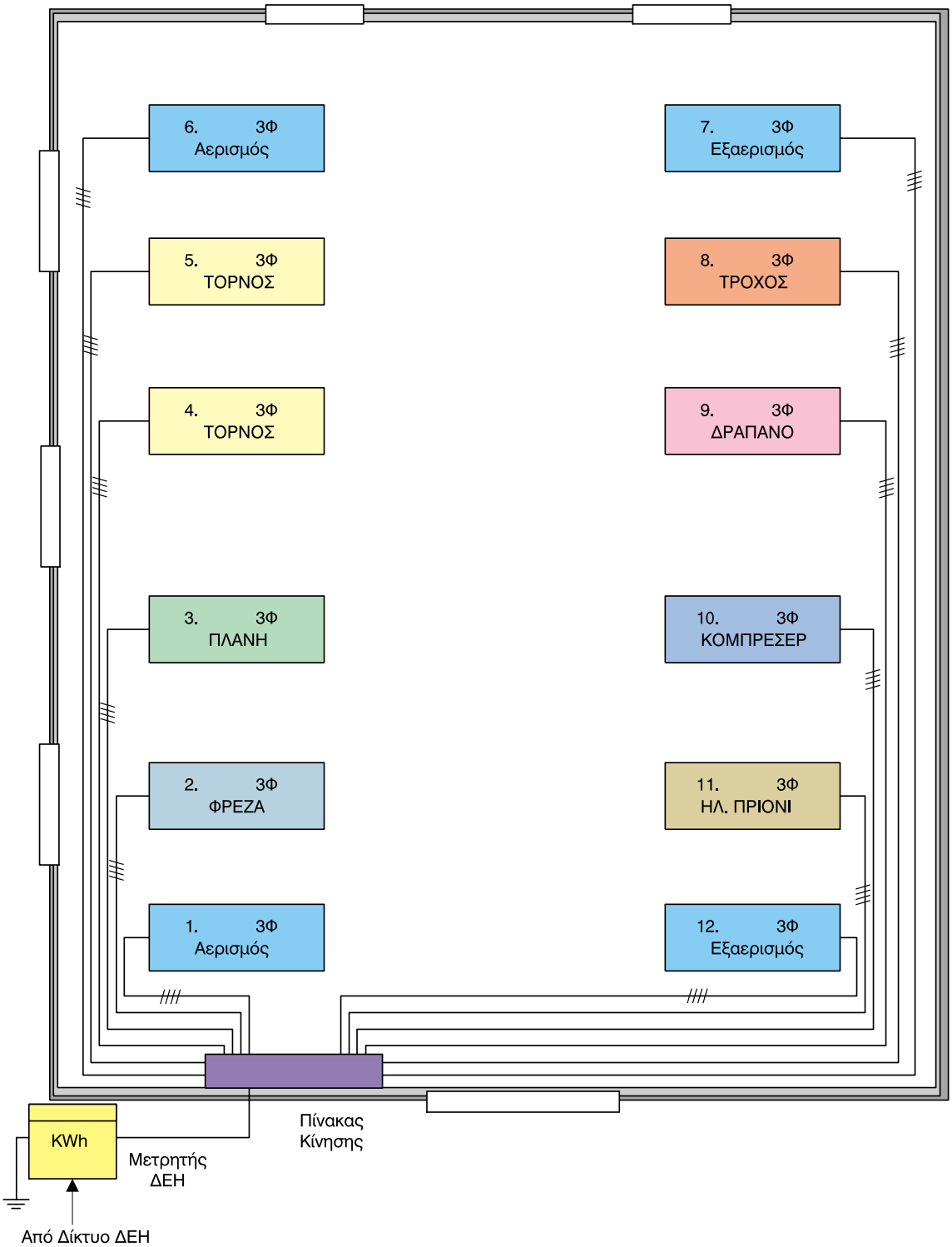
■ Μηχανή παραγωγής έργου 11 : Ηλεκτρικό πριόνι (τριφασικός κινητήρας)

1	Γραμμή τροφοδοσίας μηχανής παραγωγής έργου - Πτώση τάσης	**NYY 4x2,5 mm² (L_1, L_2, L_3, PE) 1,8 V**
2	Προστασία και έλεγχος στην αναχώρηση της γραμμής	**Αυτόματος Διακόπτης ισχύος 16 A (12,8 - 16) με ρύθμιση στα 16 A**
3	Προστασία και έλεγχος κινητήρα πριν τη διάταξη εκκίνησης στον Υποπίνακα κίνησης	**Μικροαυτόματος θερμικής και μαγνητικής προστασίας (6 - 10) με ρύθμιση στα 8,49 A**
4	Διάταξη εκκίνησης	**Ρελέ αστέρα 4 kW - 9 A, ρελέ τριγώνου και γραμμής 4 kW - 9A (χωρίς θερμικό)**
5	Γραμμή τροφοδοσίας (μικρού μήκους) του κινητήρα από τη διάταξη εκκίνησης (Δύο καλώδια)	**NYY 3x1,5 mm² (L_1, L_2, L_3) και NYY 4x1,5 mm² (L_1, L_2, L_3, PE)**

■ Μηχανή παραγωγής έργου 12 : Εξαερισμός (τριφασικός κινητήρας)

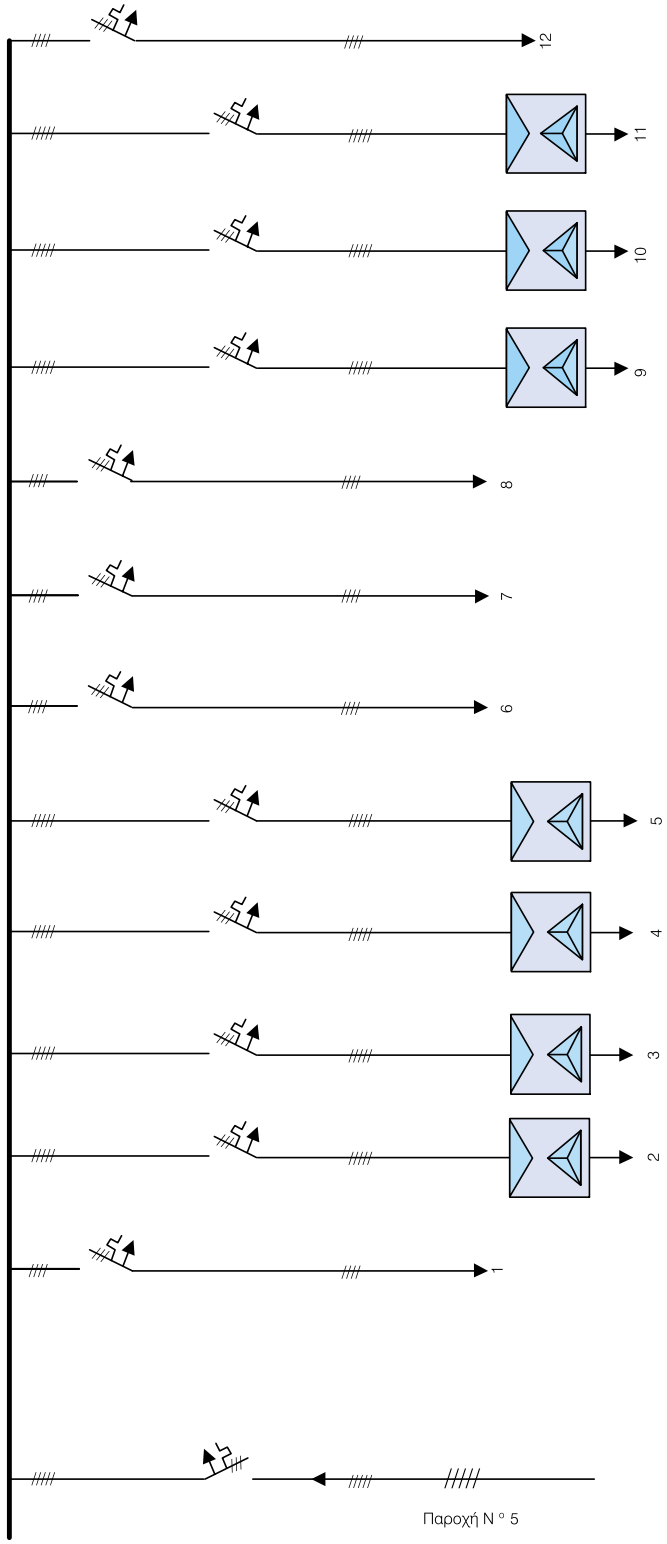
1	Γραμμή τροφοδοσίας μηχανής παραγωγής έργου - Πτώση τάσης	**NYY 4x6 mm² (L_1, L_2, L_3, PE) 0,48 V**
2	Προστασία και έλεγχος στην αναχώρηση της γραμμής	**Μικροαυτόματος θερμικής και μαγνητικής προστασίας (2,5 - 6) με ρύθμιση στα 2,84 A**
3	Προστασία και έλεγχος κινητήρα πριν τη διάταξη εκκίνησης στον Υποπίνακα κίνησης	**Γίνεται από τη ρύθμιση του μικροαυτόματου της γραμμής λόγω απ' ευθείας εκκίνησης**
4	Διάταξη εκκίνησης	**Απ' ευθείας εκκίνηση (ισχύς < 2,0 kW)**
5	Γραμμή τροφοδοσίας (μικρού μήκους) του κινητήρα από τη διάταξη εκκίνησης (Δύο καλώδια)	**Η γραμμή τροφοδοσίας του κινητήρα είναι η γραμμή από το Γενικό πίνακα κίνησης**

➡ Στο Σχέδιο Κ2 φαίνονται οι γραμμές τροφοδοσίας των διάφορων μηχανών παραγωγής έργου, από τον **Πίνακα Κίνησης** της εγκατάστασης.



Σχέδιο Κ2 *Γραμμές τροφοδοσίας μηχανών παραγωγής έργου*

➡ Στο Σχέδιο Κ3 φαίνεται το μονογραμμικό διάγραμμα του **Γενικού Πίνακα Κίνησης**.



Σχέδιο Κ3 *Μονογραμμικό διάγραμμα Γενικού Πίνακα Κίνησης*

➤ Η **Γενική Παροχή** (αριθμός παροχής από ΔΕΗ) θα υπολογιστεί από τη συνολική ισχύ του βιομηχανικού χώρου θεωρώντας ένα **συντελεστή ταυτοχρονισμού 0,75**.

Επειδή από το Γενικό Πίνακα Κίνησης τροφοδοτείται και ο Πίνακας Φωτισμού του Μηχανουργείου, θα πρέπει να είναι γνωστή και η ισχύς της εγκατάστασης φωτισμού του Μηχανουργείου, η οποία παρουσιάζεται σε επόμενη Ενότητα. Από αυτή τη μελέτη Φωτισμού προέκυψε μια ισχύς **$P_{Φ}$ = 18 kW**.

Έτσι για τη συνολική ισχύ της Βιομηχανικής Εγκατάστασης **P_{BE}** έχουμε:

$$P_{BE} = P_{Φ} + P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7 + P_8 + P_9 + P_{10} + P_{11} + P_{11} + P_{12} =$$

$$= 18 + 1{,}1 + 7{,}5 + 7{,}5 + 11 + 11 + 1{,}1 + 1{,}1 + 1{,}5 + 4 + 20 + 4 + 1{,}1 = \mathbf{88{,}9\ kW}$$

➤ Για το βιομηχανικό χώρο του μηχανουργείου παίρνουμε συντελεστή ταυτοχρονισμού **0,75** και τελικά έχουμε μέση ισχύ **P_M = 66,7 kW**. Οπότε από τις τυποποιημένες τριφασικές παροχές, που περιγράφονται στο Κεφάλαιο 3, έχουμε παροχή **Nº 5** με:

- **Γραμμή** Μετρητή - Γενικού Πίνακα Κίνησης **3x50+25+25 mm²** (L_1, L_2, L_3, N, PE).
- **Ασφάλειες** μετρητή της ΔΕΗ **160 A** και **γενικές ασφάλειες** Γενικού Πίνακα Κίνησης **125 A**.

➤ Για το **Γενικό Πίνακα Κίνησης** επιλέγουμε από τον Πίνακα 2.2.14 της Ενότητας 2.2 του Κεφαλαίου 2, **Αυτόματο Διακόπτη Ισχύος 160 A** (**64 - 160**) με ρύθμιση στα **125 A**.