

**ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ
ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΑΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Αριθμός 1049

**ΘΕΜΑ: ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΙΝΑΚΑ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ ΤΡΙΦΑΣΙΚΟΥ
ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ**

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ:

ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΣΧΟΙΝΑΣ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ:

ΒΛΑΣΤΑΡΑΣ ΧΡΗΣΤΟΣ

ΗΛΙΟΠΟΥΛΟΣ ΑΠ.- ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΠΑΤΡΑ 2010

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αφορά την μελέτη ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα καθώς και την κατασκευή ηλεκτρικού πινάκα ο οποίος θα εξασφαλίζει την κατά <<αστέρα – τρίγωνο>> λειτουργία του κινητήρα. Επίσης μέσω ενός αισθητήριου μηχανισμού (τερματικός διακόπτης) θα ελέγχουμε την στάση και την εκκίνηση του κινητήρα μας.

Στο πρώτο κεφάλαιο θα αναφερθούμε στα γενικά περί ασύγχρονου κινητήρα.

Στο δεύτερο θα αναπτύξουμε τις μεθόδους εκκίνησης των ασύγχρονων τριφασικών κινητήρων.

Στο τρίτο θα γίνει μελέτη για την επιλογή των κατάλληλων εξαρτημάτων καθώς και υπολογισμός των διατομών των καλωδίων.

Στο τέταρτο θα γίνει παρουσίαση της κατασκευής μας και τέλος, στο πέμπτο και τελευταίο κεφάλαιο θα παρουσιάσουμε μετρήσεις της τάσης, του ρεύματος, της ισχύος και του $\cos\phi$.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Σε αυτό το σημείο θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον καθηγητή μας, Μηχανικό κ. Νικόλαο Σχοινά για το πολύ ενδιαφέρον θέμα που μας εμπιστεύθηκε καθώς και για την εποικοδομητική καθοδήγηση καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας πτυχιακής εργασίας. Οι επιστημονικές του γνώσεις αποτέλεσαν τη βάση της πτυχιακής μας εργασίας και χωρίς αυτές η περάτωσή της θα ήταν αδύνατη.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Κεφάλαιο 1:Τριφασικοί ασύγχρονοι κινητήρες.....	6
1.1. Κατασκευή ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα.....	10
1.2. Αρχή λειτουργίας.....	16
1.3. Τάση και ένταση δρομέα.....	19
1.4. Ροπή ασύγχρονων τριφασικών κινητήρων.....	23
Κεφάλαιο 2:Μέθοδοι εκκίνησης ασύγχρονων κινητήρων.....	28
2.1. Απ'ευθείας εκκίνηση.....	28
2.2. Εκκίνηση κατ'αστέρα – τρίγωνο (Υ-Δ).....	32
2.3. Εκκίνηση με SoftStarter.....	34
2.4. Εκκίνηση με αντιστάσεις στο στάτη.....	36
2.5. Εκκίνηση με την βοήθεια αυτομετασχηματιστή.....	39
2.6. Εκκίνηση δακτυλιοφόρου κινητήρα με μεταβαλλόμενη αντίσταση στους δακτυλίους του δρομέα.....	44

**Κεφάλαιο 3:Επιλογή εξαρτημάτων και υπολογισμός
διατομών.....46**

3.1. Ονομαστικά στοιχεία κινητήρα.....46

3.2. Υπολογισμός διατομών.....47

3.2.1. Διατομή γραμμής τροφοδοσίας.....48

**3.2.2. Διατομή αγωγού αυτόματου διακόπτη
αστέρα – τριγωνου (Υ-Δ).....48**

3.3. Εκλογή εξαρτημάτων.....49

3.4. Κύκλωμα εντολής.....62

3.5. Κύκλωμα ισχύος.....63

**Κεφάλαιο 4:Παρουσίαση των σταδίων κατασκευής καθώς και
των σταδίων λειτουργίας μέσω φωτογραφιών.....64**

4.1. Κατασκευή.....64

4.2. Λειτουργία.....68

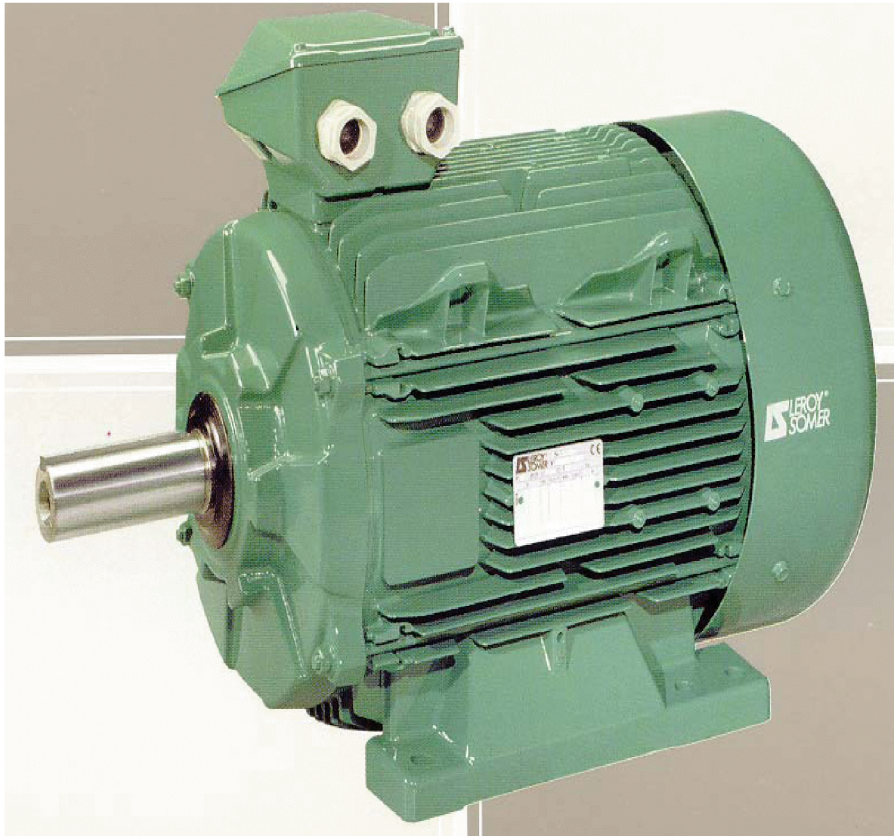
Κεφάλαιο 5:Μετρήσεις της τάσης, του ρεύματος, της ισχύος καθώς και του $\cos\phi$ χωρίς φορτίο (εν κενώ).....	73
5.1. Παρουσίαση των μετρήσεων της κατά αστέρα λειτουργίας.....	73
5.2. Παρουσίαση των μετρήσεων της κατά τρίγωνο λειτουργίας.....	75
Βιβλιογραφία.....	77

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1:

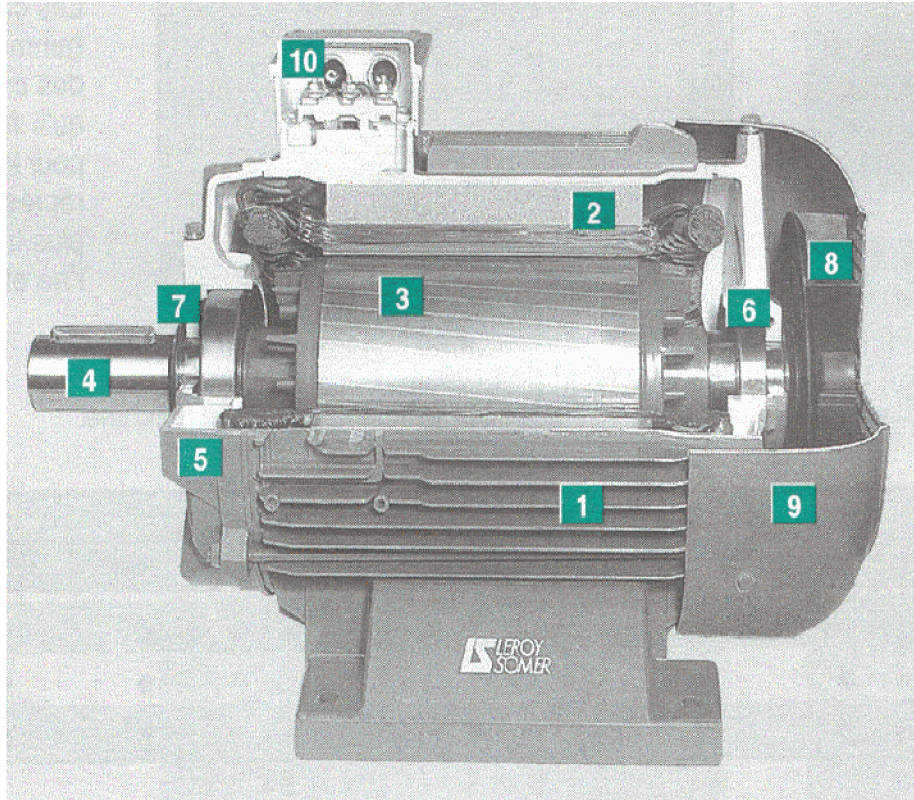
1. ΤΡΙΦΑΣΙΚΟΙ ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

Οι ασύγχρονοι κινητήρες που ονομάζονται και επαγωγικοί κινητήρες διακρίνονται σε μονοφασικούς και τριφασικούς. Στην συνέχεια θα εξετασθούν οι τριφασικοί ασύγχρονοι κινητήρες που υποδιαιρούνται σε δύο κύριες κατηγορίες, τους κινητήρες με βραχυκυκλωμένο δρομέα και τους δακτυλιοφόρους κινητήρες.

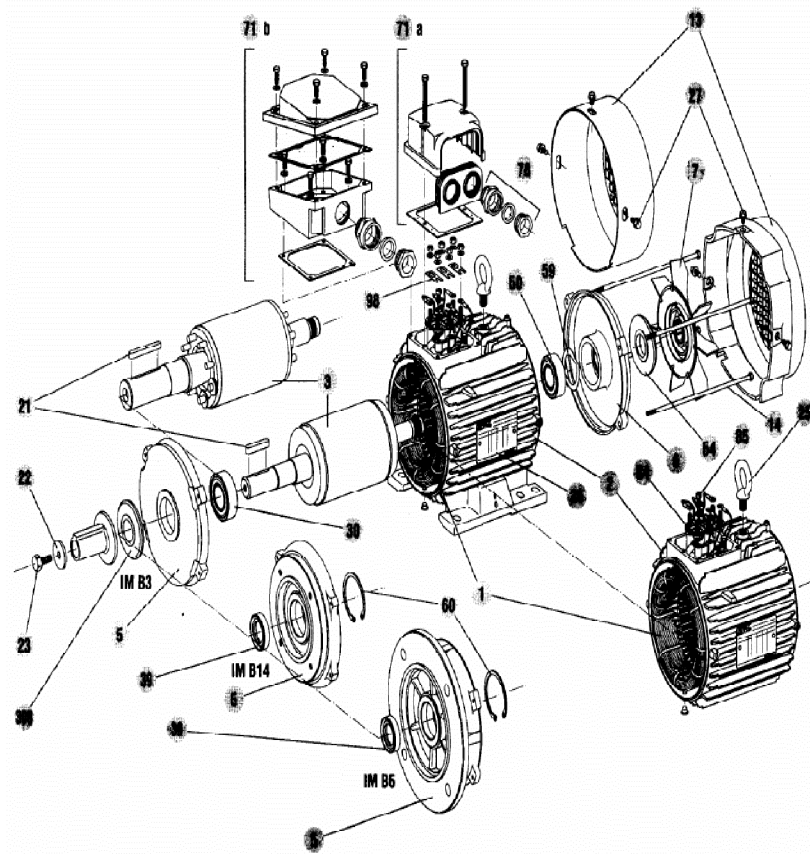
Οι ασύγχρονοι κινητήρες είναι κινητήρες γενικής χρήσης και χρησιμοποιούνται πάντα, εκτός αν ειδικές συνθήκες επιβάλλουν την χρησιμοποίηση άλλων τύπων κινητήρων. Οι κινητήρες αυτοί επικράτησαν διότι είναι απλοί στην κατασκευή και συνεπώς οικονομικοί, εύκολοι στην συντήρηση, ασφαλείς στην λειτουργία και έχουν καλό βαθμό απόδοσης. Η τυπική μορφή ενός επαγωγικού κινητήρα υψηλής απόδοσης εικονίζεται στο Σχήμα 1.0.



Σχήμα 1.0.1 Τυπική εξωτερική δομή ενός τριφασικού επαγωγικού κινητήρα υψηλής απόδοσης. Ο εικονιζόμενος κινητήρας είναι κατασκευής της εταιρείας *Leroy-Somer*.



Σχήμα 1.0.2. Τριφασικός επαγωγικός κινητήρας με βραχυκυκλωμένο κλωβό. (α) Διακρίνονται τα παρακάτω μέρη: 1– Πτερύγια ψύξης του στάτη, 2–Ελάσματα του στάτη και το τύλιγμα, 3–Δρομέας, 4–Άξονας, 5–9–Κέλυφος, 6–7– Ρουλεμάν, 8– Ανεμιστήρας, 10–Κιβώτιο ηλεκτρικής σύνδεσης.

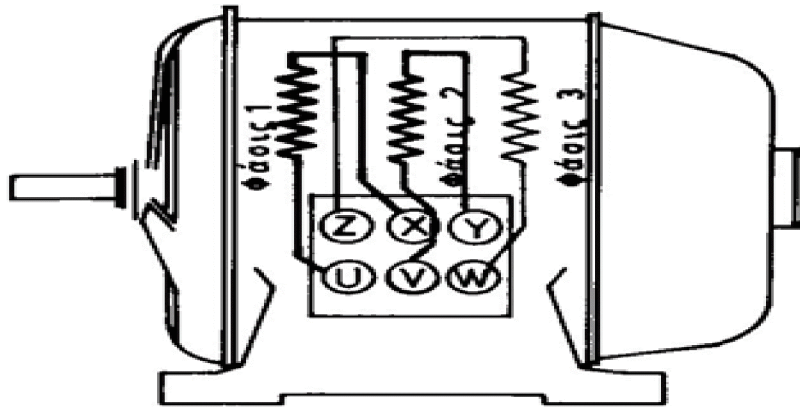


Σχήμα 1.0.3. Λεπτομερής σχεδιαστική καταγραφή των επιμέρους τμημάτων του κινητήρα

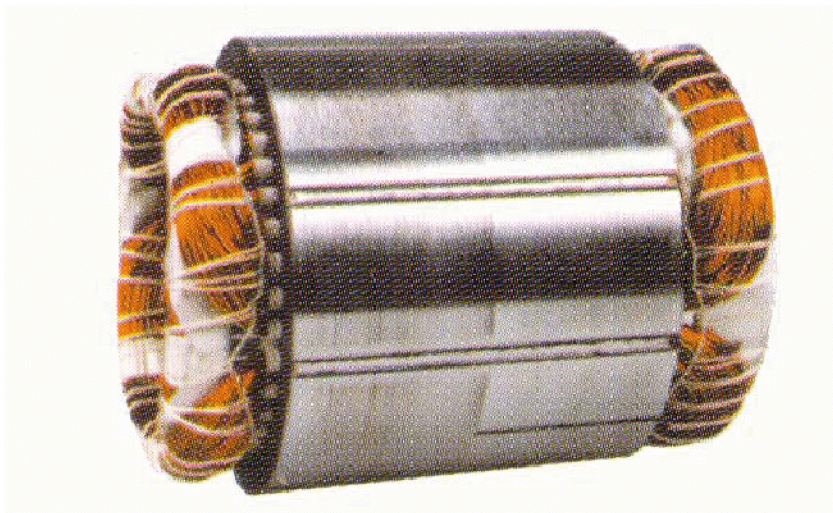
1.1 Κατασκευή ασύγχρονων τριφασικών κινητήρων

Στάτης

Η κατασκευή του στάτη είναι όμοια με εκείνη των εναλλακτών με εσωτερικούς πόλους. Διαφορά μπορεί να υπάρχει στην διαμόρφωση του κελύφους που προσαρμόζεται στις συνθήκες κάτω από τις οποίες πρόκειται να εργασθεί ο κινητήρας. Μέσα στο κέλυφος είναι τοποθετημένος ο πυρήνας του τυμπάνου που κατασκευάζεται από πολλά μαγνητικά ελάσματα. Στα αυλάκια του τυμπάνου τοποθετείται το τριφασικό τύλιγμα, τα έξι άκρα των τριών φάσεων του οποίου καταλήγουν στους έξι ακροδέκτες του πινακιδίου του κινητήρα, όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.1.1. Στο εσωτερικό του φέρει αυλακώσεις, μέσα στις οποίες τοποθετείται το τύλιγμα του στάτη, όπως εικονίζεται στο Σχήμα 1.1.2. Η συνδεσμολογία των τριών φάσεων σε αστέρα ή τρίγωνο γίνεται είτε με λαμάκια είτε μέσω κατάλληλων διακοπών.



Σχήμα 1.1.1 Τύλιγμα στάτη ασύγχρονου κινητήρα



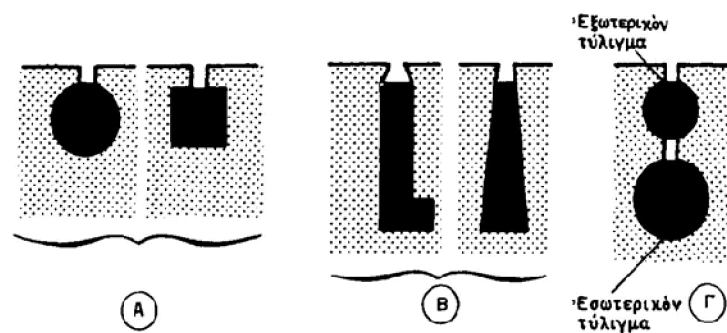
Σχήμα 1.1.2 Κατασκευαστική δομή του στάτη, των τριφασικών μηχανών

Δρομέας κινητήρων βραχυκυκλωμένου δρομέα

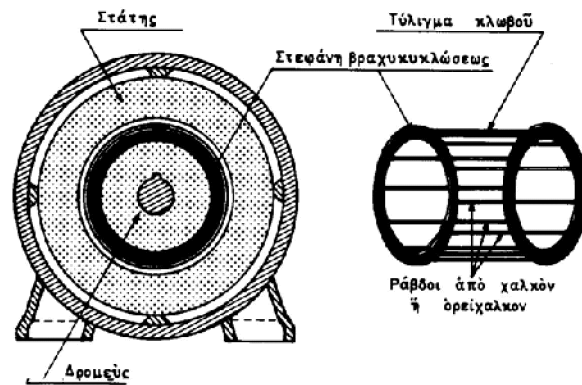
Ο δρομέας των ασύγχρονων κινητήρων δεν συνδέεται ηλεκτρικά με οποιαδήποτε πηγή ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτό απλοποιεί την κατασκευή του με αποτέλεσμα τα βασικά του πλεονεκτήματα που αναφέρθηκαν παραπάνω.

Ο δρομέας των κινητήρων βραχυκυκλωμένου δρομέα φέρει στον άξονα τον πυρήνα που αποτελείται από πολλά μαγνητικά ελάσματα με οδοντώσεις που σχηματίζουν αυλάκια με μορφή που φαίνεται στο Σχήμα 1.2. Οι οδοντώσεις κατατάσσονται στις απλές, τις βαθιές και τις διπλές που προκαλούν και διαφορετικά ηλεκτρικά χαρακτηριστικά. Μέσα στα αυλάκια του δρομέα τοποθετούνται ράβδοι από χαλκό ή ορείχαλκο χωρίς μόνωση που συγκολλούνται στα δύο άκρα σε δύο στεφάνια βραχυκύκλωσης ώστε να σχηματίζεται το τύλιγμα κλωβού που φαίνεται στο Σχήμα 1.3. Στους μικρούς κινητήρες το τύλιγμα κλωβού κατασκευάζεται συνήθως από καθαρό αλουμίνιο που χύνεται απ'ευθείας στα

αυλάκια και τα πτερύγια του ανεμιστήρα σχηματίζονται πάνω στις στεφάνες βραχυκύκλωσης. Στους δρομείς με διπλές οδοντώσεις κατασκευάζονται δύο ανεξάρτητα τυλίγματα κλωβού.



Σχήμα 1.2 Οδοντώσεις βραχυκυκλωμένου δρομέα.

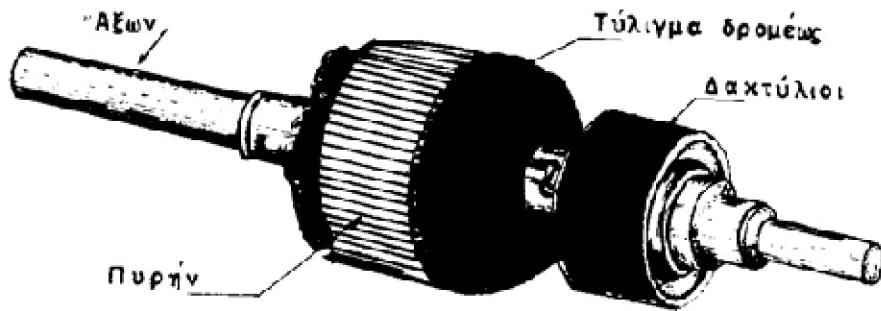


Σχήμα 1.3 Τύλιγμα κλωβού κινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα

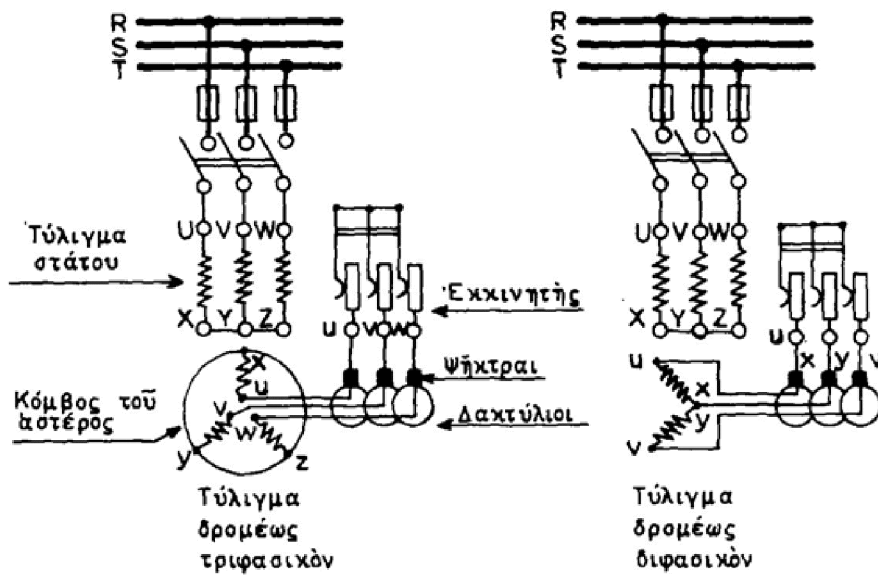
Δακτυλιοφόρος δρομέας

Ο πυρήνας των δρομέων αυτών αποτελείται από πολλά μαγνητικά ελάσματα με ημίκλειστες οδοντώσεις και μέσα στα αυλάκια τοποθετείται διφασικό ή τριφασικό τύλιγμα όπως εκείνο του στάτη με αριθμό πόλων ίδιο με εκείνον του τυλίγματος του στάτη και συνδεσμολογία των τριών τυλιγμάτων σε αστέρα. Τα ελεύθερα άκρα των τριών τυλιγμάτων καταλήγουν σε τρεις δακτυλίους σταθερά στερεωμένους στον άξονα και μονωμένους μεταξύ τους και με τον άξονα όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.4.

Στους δακτυλίους εφάπτονται αντίστοιχες ψήκτρες με ψηκτροθήκες σταθερά στερεωμένες στον στάτη της μηχανής. Μέσω των δακτυλίων και των ψηκτρών αυτών κάθε φάση του τυλίγματος του δρομέα συνδέεται σε σειρά με την αντίσταση ενός τριφασικού εκκινητή όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.5.



Σχήμα 1.4 Δακτυλιοφόρος δρομέας κινητήρα



Σχήμα 1.5 Συνδεσμολογία ασύγχρονου δακτυλιοφόρου κινητήρα με τριφασικό και διφασικό τύλιγμα δρομέα

1.2 Αρχή λειτουργίας

Η λειτουργία των ασύγχρονων τριφασικών κινητήρων βασίζεται στο φαινόμενο της ανάπτυξης ηλεκτρεγερτικών δυνάμεων με επαγωγή στους αγωγούς του δρομέα (από αυτό το φαινόμενο προκύπτει και το όνομα επαγωγικοί κινητήρες).

Όταν τροφοδοτηθεί τριφασικό ή και διφασικό τύλιγμα του στάτη από αντίστοιχο δίκτυο, θα δημιουργηθεί στο διάκενο της μηχανής μαγνητικό πεδίο που θα περιστρέφεται γύρω από τον άξονά της. Αυτό το πεδίο μοιάζει με το μαγνητικό πεδίο που δημιουργεί ο περιστρεφόμενος δρομέας εναλλακτήρα με εσωτερικούς πόλους. Η ουσιαστική διαφορά στην περίπτωση αυτή είναι ότι το περιστρεφόμενο μαγνητικό πεδίο δημιουργείται από ακίνητο πολυφασικό τύλιγμα.

Μεταξύ της συχνότητας του ρεύματος που τροφοδοτεί το τύλιγμα, του αριθμού ζευγών πόλων του τυλίγματος που δημιουργεί το πεδίο και της ταχύτητας περιστροφής του

μαγνητικού πεδίου θα ισχύει η σχέση: $n_s = \frac{f}{p} (rps) = \frac{60f}{p} (rpm)$

Η ταχύτητα αυτή, που ονομάζεται σύγχρονη ταχύτητα του στρεφόμενου πεδίου, εξαρτάται μόνο από την συχνότητα του ρεύματος του δικτύου τροφοδοσίας και τον αριθμό πόλων του τυλίγματος του στάτη.

Μέσα στο στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο βρίσκονται οι αγωγοί του δρομέα, στα άκρα των οποίων αναπτύσσονται με επαγωγή ηλεκτρεγερτικές δυνάμεις που δημιουργούν ρεύματα στο βραχυκυκλωμένο τύλιγμα του δρομέα. Επί των περιμετρικά του δρομέα αγωγών του τυλίγματος του δρομέα που βρίσκονται στο πεδίο και διαρρέονται από ρεύμα ασκείται ζεύγος δυνάμεων που τείνει να περιστρέψει τον δρομέα κατά την φορά περιστροφής του μαγνητικού πεδίου. Υπό την επίδραση των παραπάνω δυνάμεων ο ασύγχρονος κινητήρας εκκινεί και επιταχύνεται μέχρις ότου φθάσει σε μια ταχύτητα n που είναι πάντα μικρότερη από την σύγχρονη ταχύτητα περιστροφής του μαγνητικού πεδίου (από αυτό προέρχεται και ο όρος ασύγχρονοι κινητήρες).

Η διαφορά της πραγματικής ταχύτητας του δρομέα από την σύγχρονη ταχύτητα, εξαρτάται από το φορτίο που είναι συνδεδεμένο στον άξονα, και αυξάνει όσο αυξάνει το φορτίο. Στο κανονικό φορτίο η διαφορά αυτή είναι μικρή. Ολίσθηση s ονομάζεται ο λόγος:
$$s = \frac{n_s - n}{n_s}.$$

Η ολίσθηση την στιγμή της εκκίνησης είναι ίση με 1 διότι τότε η ταχύτητα είναι μηδενική. Κατά την λειτουργία του κινητήρα η τιμή της ολίσθησης εξαρτάται από το φορτίο, διότι από το φορτίο εξαρτάται η ταχύτητα του δρομέα. Στην λειτουργία στο κενό η ολίσθηση είναι περίπου 0.5% και στο ονομαστικό φορτίο είναι γύρω στο 5%.

Γνωρίζοντας την ολίσθηση ενός κινητήρα σε ορισμένο φορτίο μπορεί εύκολα να βρεθεί η ταχύτητά του από την σχέση:

$$n = n_s(1 - s).$$

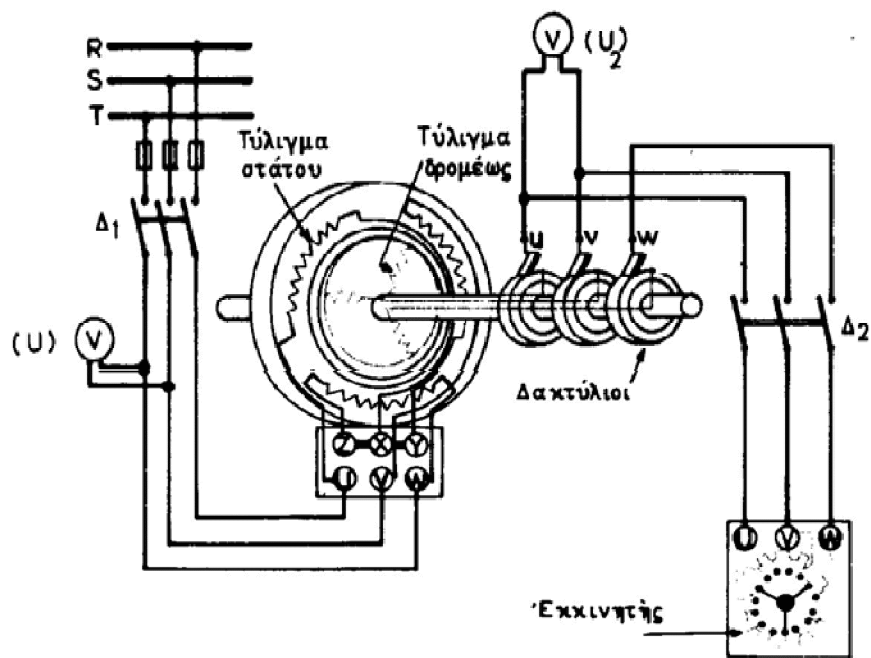
Από την παραπάνω σχέση φαίνεται ότι οι ασύγχρονοι κινητήρες έχουν περίπου χαρακτηριστικά ταχύτητας ίδια με εκείνα των κινητήρων συνεχούς ρεύματος παράλληλης διέγερσης. Δηλαδή η ταχύτητα είναι σχεδόν σταθερή όταν μεταβάλλεται το φορτίο από το κενό μέχρι το ονομαστικό.

1.3 Τάση και ένταση δρομέα

Στο Σχήμα 1.6 φαίνεται η συνδεσμολογία ενός δακτυλιοφόρου κινητήρα. Στο κύκλωμα που συνδέει τις ψήκτρες με τον εκκινητή έχουν παρεμβληθεί ο διακόπτης $\Delta 2$ και το βολτόμετρο V . Όταν ο διακόπτης $\Delta 2$ είναι ανοικτός και κλείσει ο $\Delta 1$, ο κινητήρας δεν εκκινεί διότι δεν υπάρχει ρεύμα στο κύκλωμα του δρομέα. Το περιστρεφόμενο μαγνητικό πεδίο του στάτη όμως επάγει μια ηλεκτρεγερτική δύναμη στο τύλιγμα του δρομέα, την οποία δείχνει το βολτόμετρο και ονομάζεται U_2 . Η τάση αυτή λέγεται τάση δρομέα και είναι ένα χαρακτηριστικό στοιχείο του

δακτυλιοφόρου κινητήρα, γι'αυτό και γράφεται στην πινακίδα του.

Αφού και πρακτικά χωρίς κλειστό κύκλωμα δρομέα ο κινητήρας λειτουργεί σαν μετασχηματιστής, θα ισχύει η γνωστή σχέση από τους μετασχηματιστές: $U_2 = U \frac{w_2}{w_1}$



Σχήμα 1.6 Συνδεσμολογία δακτυλιοφόρου ασύγχρονου κινητήρα

όπου w_1 και w_2 οι αριθμοί των αγωγών των τυλιγμάτων στάτη και δρομέα αντίστοιχα. Σε περίπτωση που η συνδεσμολογία του στάτη δεν είναι σε αστέρα αλλά σε τρίγωνο, η σχέση αυτή ισχύει για τις φασικές τάσεις.

Η συχνότητα της τάσης του δρομέα στην ακινησία του δρομέα είναι ίση με την συχνότητα του στάτη. Μόλις κλείσει ο διακόπτης Δ2 θα περάσει ρεύμα από το τύλιγμα του δρομέα και των αντιστάσεων του εκκινητή οπότε ο κινητήρας θα ξεκινήσει. Όσο αυξάνει η ταχύτητα τόσο μειώνεται η αναπτυσσόμενη στο τύλιγμα του δρομέα ηλεκτρεγερτική δύναμη. Όταν ο δρομέας υπό ορισμένο φορτίο περιστρέφεται η ολίσθηση s , η πολική ηλεκτρεγερτική του δύναμη, η συχνότητα του ρεύματος δρομέα και η επαγωγική αντίσταση λόγω σκέδασης δίνονται από τις σχέσεις:

$$U_{2s} = sU_2 \quad f_2 = sf \quad X_{2s} = sX_2$$

όπου U_2 η τάση δρομέα σε ακινησία, f η συχνότητα τροφοδοσίας και X_2 η επαγωγική αντίσταση του δρομέα σε ακινησία.

Για σύνδεση του τυλίγματος δρομέα σε αστέρα η φασική του τάση θα είναι: $U_{\varphi 2s} = U_{2s}/1.73$

και έτσι το ρεύμα της φάσης στον δρομέα θα είναι:

$$I_2 = \frac{U_{\varphi 2s}}{1.73Z_2} = \frac{U_{2s}}{1.73\sqrt{R_2^2 + X_{2s}^2}} = \frac{sU_2}{1.73\sqrt{R_2^2 + (sX_2)^2}} =$$

$$= \frac{U_2}{1.73\sqrt{\left(\frac{R_2}{s}\right)^2 + X_2^2}}$$

όπου R_2 η συνολική αντίσταση ανά φάση του τυλίγματος του δρομέα και του εκκινητή. Αν οι αντιστάσεις του εκκινητή είναι βραχυκυκλωμένες ή αν ο κινητήρας έχει στον δρομέα τύλιγμα κλωβού, τότε R_2 είναι η αντίσταση ανά φάση μόνο του τυλίγματος του δρομέα.

Για ορισμένη τιμή της αντίστασης R_2 το ρεύμα I_2 γίνεται μέγιστο την στιγμή της εκκίνησης οπότε $s = 1$. Στους δακτυλιοφόρους κινητήρες το μέγεθος της έντασης του ρεύματος δρομέα μπορεί να ρυθμισθεί με παρεμβολή κατάλληλων

αντιστάσεων του εκκινητή αλλά στους κινητήρες βραχυκυκλωμένου δρομέα το ρεύμα αποκτά πολύ μεγάλες τιμές. Το ρεύμα αυτό μειώνεται σταδιακά όσο αυξάνει η ταχύτητα και μειώνεται η ολίσθηση και φθάνει σχεδόν μηδενική τιμή στην λειτουργία χωρίς φορτίο. Στο ονομαστικό φορτίο του κινητήρα το ρεύμα αποκτά την ονομαστική του τιμή που γράφεται στην πινακίδα του κινητήρα.

Κατά προσέγγιση το ρεύμα δρομέα μπορεί να υπολογισθεί από την σχέση: $I_2 \cong \frac{650P_2}{U_2}$ όπου P_2 η ονομαστική ισχύς σε KW και U_2 η πολική τάση δρομέα σε ακινησία.

1.4 Ροπή ασύγχρονων τριφασικών κινητήρων

Αν ένας κινητήρας περιστρέφεται με n rpm τότε η μηχανική ισχύς που αποδίδει στον άξονά του είναι: $P_2 = 2\pi nT$ (σε W)

όπου T η ροπή σε Nm και n η ταχύτητα δρομέα σε rps. Από την παραπάνω σχέση προκύπτει η αναπτυσσόμενη ροπή ως:

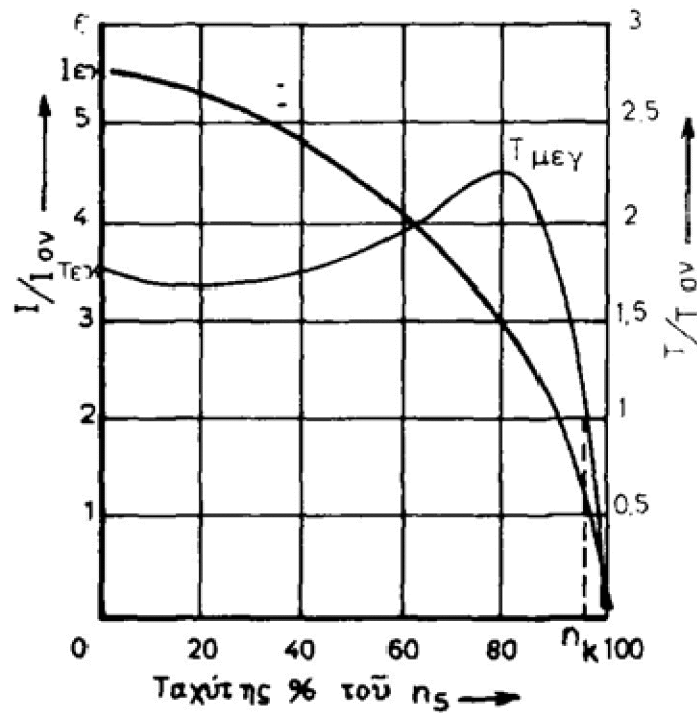
$$T = \frac{P_2}{2\pi n} .$$

Όταν η αποδιδόμενη ισχύς του κινητήρα είναι η ονομαστική και αποδίδεται υπό ονομαστική τάση και στροφές, τότε η αποδιδόμενη ροπή είναι η ονομαστική ροπή. Η ροπή του ασύγχρονου κινητήρα είναι ανάλογη του τετραγώνου της τάσης του δικτύου τροφοδοσίας.

Στο Σχήμα 1.7 φαίνεται πώς μεταβάλλεται η ροπή ενός κινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα και το ρεύμα δικτύου όταν μεταβάλλεται η ταχύτητά του με τα δύο μεγέθη ανηγμένα στα ονομαστικά. Από τις καμπύλες είναι φανερό ότι οι εντάσεις εκκίνησης στο στάτη είναι σημαντικές και φθάνουν σε ορισμένους κινητήρες τιμές 600 ως 800% της ονομαστικής.

Για τον περιορισμό αυτών των εντάσεων παίρνονται διάφορα μέτρα που θα εξετασθούν στην συνέχεια. Στους

δακτυλιοφόρους κινητήρες το πρόβλημα λύνεται με τις αντιστάσεις εκκίνησης που συνδέονται στον δρομέα.



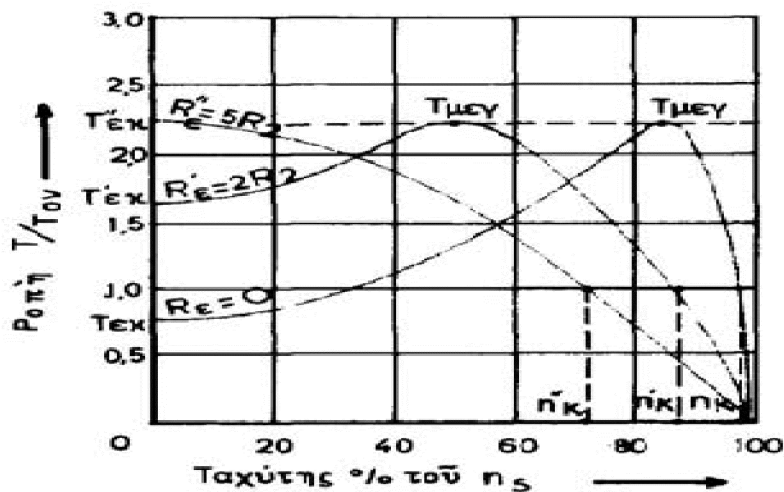
Σχήμα 1.7 Μεταβολή ροπής και ρεύματος κινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα

Από το ίδιο σχήμα φαίνεται ότι όσο αυξάνονται οι στροφές του κινητήρα, το ρεύμα που απορροφάται από το δίκτυο μειώνεται, η ροπή του όμως αυξάνει μέχρι μιας ορισμένης τιμής που λέγεται ροπή ανατροπής (που εμφανίζεται σε ορισμένη ολίσθηση που λέγεται ολίσθηση ανατροπής) και είναι η μέγιστη ροπή που μπορεί να αναπτύξει ο κινητήρας και είναι σημαντικά μεγαλύτερη της ονομαστικής ροπής.

Η λειτουργία του κινητήρα σε ροπές μικρότερες της ροπής ανατροπής με ολισθήσεις μικρότερες της ολίσθησης ανατροπής είναι ευσταθής και ο κινητήρας προσαρμόζεται αυτόματα στις απαιτήσεις του φορτίου μειώνοντας τις στροφές για να αυξηθεί η αναπτυσσόμενη ροπή και αντιστρόφως. Αντίθετα η λειτουργία του κινητήρα σε ροπές μικρότερες της ροπής ανατροπής με ολισθήσεις μεγαλύτερες της ολίσθησης ανατροπής είναι ασταθής και ο κινητήρας διέρχεται από την περιοχή αυτή λειτουργίας μόνο κατά την εκκίνηση.

Στο Σχήμα 1.8 φαίνεται η επίδραση της εξωτερικής

αντίστασης του δρομέα στην χαρακτηριστική ροπής ταχύτητας ενός δακτυλιοφόρου κινητήρα. Από την μορφή των χαρακτηριστικών είναι φανερό ότι η τιμή της ροπής ανατροπής δεν επηρεάζεται από την τιμή της αντίστασης του δρομέα, αλλά η αύξηση της αντίστασης του δρομέα για ένα σταθερό φορτίο έχει ως αποτέλεσμα μείωση των στροφών του κινητήρα.



Σχήμα 1.8 Μεταβολή της ροπής δακτυλιοφόρου κινητήρα συναρτήσει των στροφών για διάφορες τιμές της εξωτερικής αντίστασης δρομέα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2:

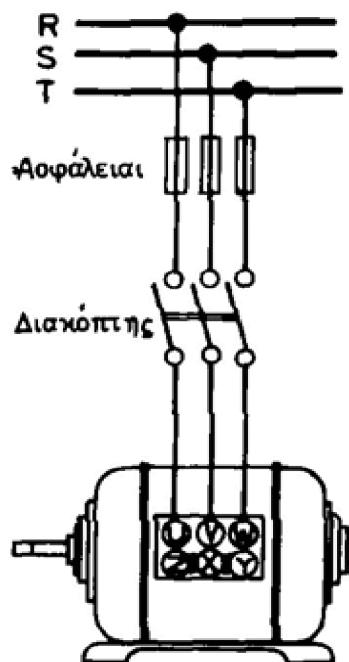
2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ ΑΣΥΓΧΡΟΝΩΝ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ

- **Απ'ευθείας εκκίνηση**
- **Εκκίνηση κατ'αστέρα – τρίγωνο**
- **Εκκίνηση με soft starter**
- **Εκκίνηση με αντιστάσεις στον στάτη**
- **Εκκίνηση με την βοήθεια αυτομετασχηματιστή**
- **Εκκίνηση δακτυλιοφόρου κινητήρα με μεταβαλλόμενη αντίσταση στους δακτυλίους του δρομέα**

2.1.Απ'ευθείας εκκίνηση

Η απ'ευθείας εκκίνηση με την χρήση ενός μόνο απλού τριπολικού διακόπτη που φαίνεται στο Σχήμα 2.1, είναι η

απλούστερη μέθοδος εκκίνησης τριφασικού ασύγχρονου κινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα και χρησιμοποιείται σε σημαντικό βαθμό στην βιομηχανία. Εφαρμόζεται για τριφασικούς κινητήρες μέχρι 2kW, λόγω κανονισμών του διανομέα ηλεκτρικής ενέργειας (Δ.Ε.Η.). Η εκκίνηση αυτή δίνει μεγαλύτερη ροπή, απ'ότι η μέθοδος κατ'αστέρα – τρίγωνο.



Σχήμα 2.1 Απ'ευθείας εκκίνηση

Ο λόγος που η μέθοδος δεν βρίσκει γενική εφαρμογή είναι τα μεγάλα ρεύματα εκκίνησης που προκαλούν στιγμιαία μεγάλες πτώσεις τάσης (βυθίσεις τάσης) που είναι ενοχλητικές όταν επαναλαμβάνονται συχνά στους άλλους καταναλωτές και μπορεί να προκαλέσουν γενικότερα προβλήματα στα δίκτυα. Η επιχείρηση ηλεκτρισμού έχει καθορίσει τις μέγιστες επιτρεπόμενες εντάσεις απ'ευθείας εκκίνησης χωρίς έγκρισή της κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες που φαίνονται στον Πίνακα 1 και τις μέγιστες επιτρεπόμενες εκκινήσεις κινητήρων από ιδιαίτερο μετασχηματιστή που φαίνονται στον Πίνακα 2.

ΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗ ΑΠΟ ΔΙΚΤΥΟ	ΤΡΙΦΑΣΙΚΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΜΕ ΕΚΚΙΝΗΣΕΙΣ		ΜΟΝΟΦΑΣΙΚΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ
	ΣΠΑΝΙΕΣ	ΣΥΧΝΕΣ	
ΕΝΑΕΡΙΟ 220/380 V	50 A	30 A	27 A
ΥΠΟΓΕΙΟ 220/380 V	70 A	50 A	40 A

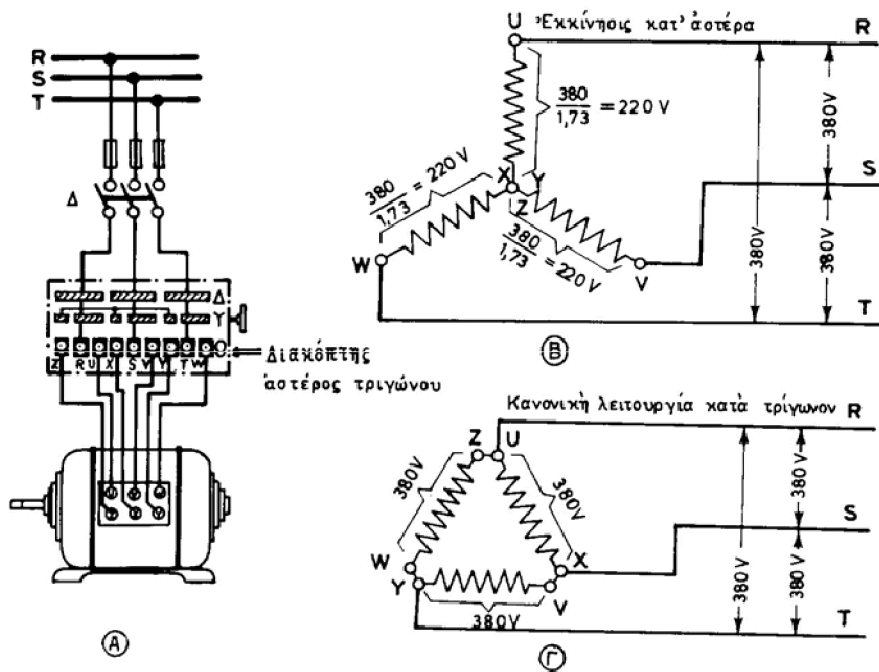
Πίνακας 1. Μέγιστες επιτρεπόμενες εντάσεις απ'ευθείας εκκίνησης

ΙΣΧΥΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗ ΣΕ (KVA)	ΜΕΓΙΣΤΗ ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΗ ΕΝΤΑΣΗ ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ ΣΕ (A)
15	30
25	42
50	85
75	127
100	170
150	255
200	300
250	300
400	300
500	300
600	300

Πίνακας 2. Μέγιστες επιτρεπόμενες εντάσεις εκκίνησης από
ιδιαίτερο μετασχηματιστή

2.2. Εκκίνηση κατ'αστέρα – τρίγωνο.

Κατά την μέθοδο αυτή μέσω κατάλληλου διακόπτη που φαίνεται στο Σχήμα 2.2 και ονομάζεται διακόπτης αστέρα – τρίγωνου, το τύλιγμα του στάτη που είναι κατασκευασμένο να εργάζεται κανονικά σε συνδεσμολογία τριγώνου, κατά την εκκίνηση συνδέεται σε αστέρα.

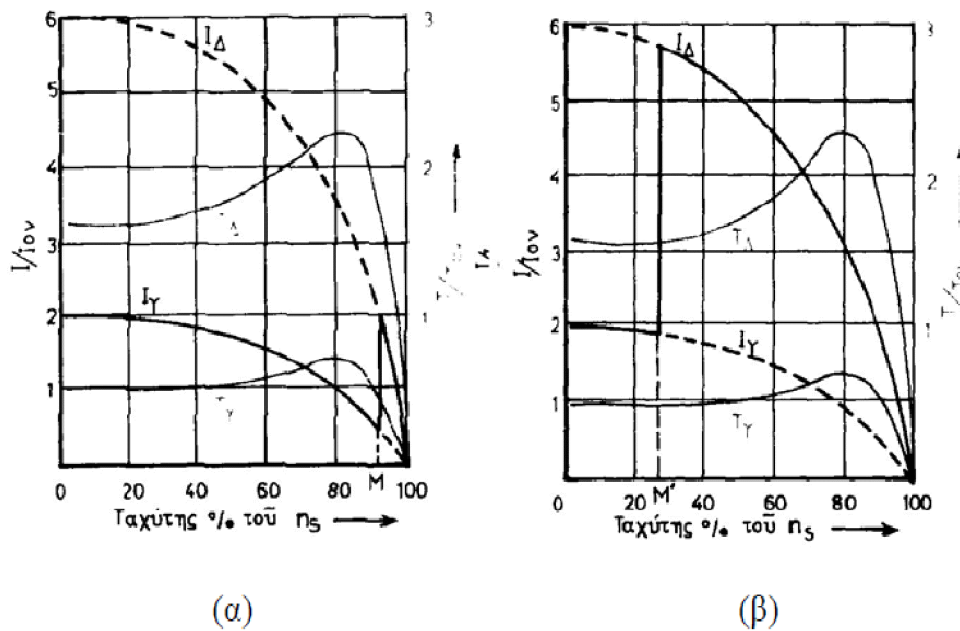


Σχήμα 2.2 Εκκίνηση με διακόπτη αστέρα – τρίγωνου

Έτσι αρχικά οι τάσεις που επιβάλλονται σε κάθε φάση είναι μειωμένες κατά τον παράγοντα 1.73 με αποτέλεσμα και τα αντίστοιχα ρεύματα δικτύου να μειώνονται κατά τον αντίστοιχο παράγοντα και τα ρεύματα φάσεων να είναι ίσα με το 1/3 των αντίστοιχων σε συνδεσμολογία τριγώνου. Κατά το ίδιο ποσοστό μειώνεται και η ροπή του κινητήρα βέβαια όπως φαίνεται στις καμπύλες του Σχήματος 2.2.1. Ιδιαίτερη προσοχή χρειάζεται στην επιλογή της χρονικής στιγμής αλλαγής της συνδεσμολογίας από αστέρα σε τρίγωνο διότι κακή επιλογή της στιγμής μπορεί να μην έχει τα επιθυμητά αποτελέσματα.

Ο χρόνος εκκίνησης βρίσκεται από την παρακάτω σχέση:

$$t_{εκκ.} = 4 + 2\sqrt{P_{ον}} \text{ (kW)}$$



Σχήμα 2.2.1. Μεταβολές ρευμάτων και ροπών κατά την ζεύξη αστέρα – τριγώνου.

2.3. Εκκίνηση με soft starter.

Η εκκίνηση με soft starter ονομάζεται αλλιώς εκκίνηση με ηλεκτρονικό ρυθμιστή τάσης. Οι Ομαλοί **Εκκινητές (Soft Starters)** αποτελούν την εναλλακτική λύση στην εκκίνηση κινητήρων

βραχυκυκλωμένου δρομέα, έναντι των κλασσικών μεθόδων της απ' ευθείας εκκίνησης (DOL), της εκκίνησης Υ/Δ.

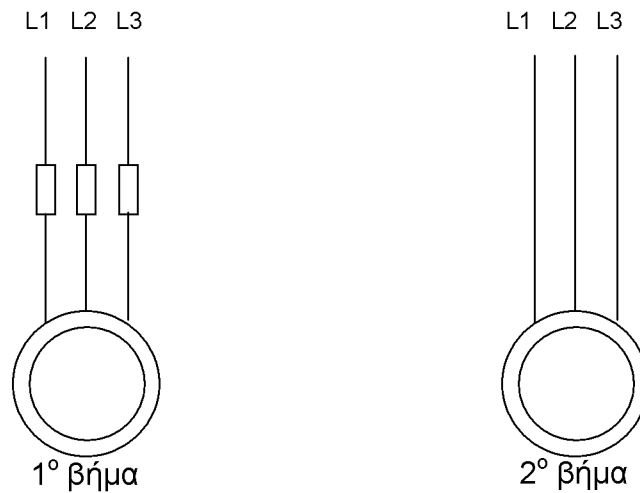
Το μεγάλο τους πλεονέκτημα είναι ότι εξασφαλίζουν ομαλή εκκίνηση και ομαλό σταμάτημα του κινητήρα με πλήρη έλεγχο του ρεύματος εκκίνησης και της αντίστοιχης ροπής. Ταυτόχρονα παρέχουν εξειδικευμένες προστασίες τόσο για τον κινητήρα όσο και για τον εαυτό τους, όπως θερμική προστασία, προστασία από υπερθέρμανση, από υπερφόρτιση, από ασυμμετρία, από υποφόρτιση, διαδοχή κλπ.

Ο μεγαλύτερος τομέας εφαρμογών τους είναι η αντλία, την οποία ελέγχουν πλήρως, προσφέροντας απρόσκοπτη λειτουργία χωρίς πλήγματα, μηχανικά προβλήματα και ότι άλλο συνεπάγεται η απότομη εκκίνηση και μάλιστα σε μεγάλες ισχύς.

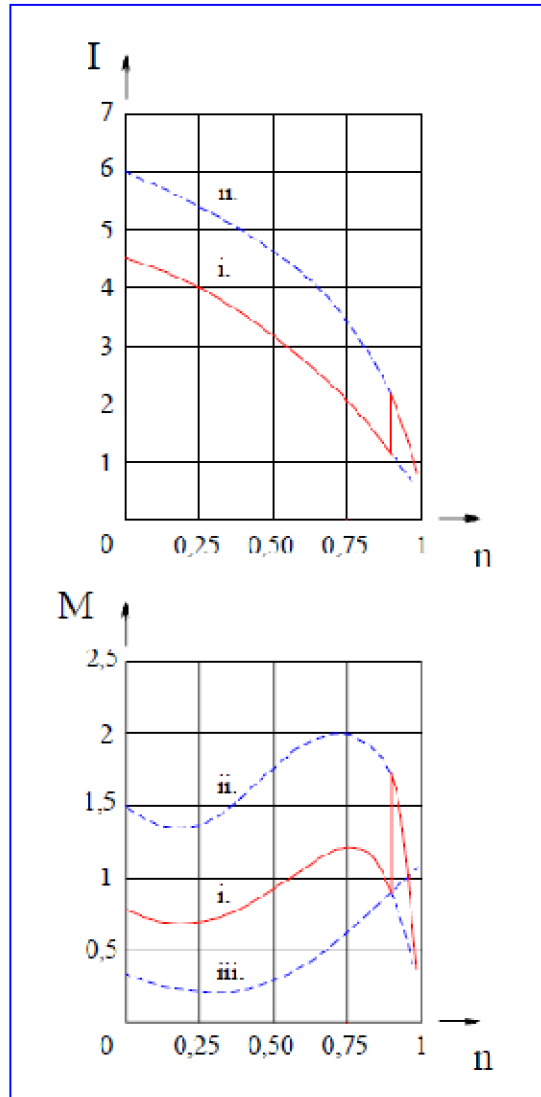
2.4. Εκκίνηση με αντιστάσεις στον στάτη

Με αυτόν τον τρόπο εκκίνησης συνδέεται η τάση του δικτύου στα άκρα του κινητήρα σταδιακά. Κατά τη διάρκεια του 1^{ου} βήματος, Σχήμα 2.4.1, η τάση τροφοδοσίας μειώνεται λόγω της πτώσης τάσης στις ωμικές αντιστάσεις οι οποίες είναι συνδεδεμένες σε σειρά με κάθε τύλιγμα του στάτη.

Η ροπή εκκίνησης είναι σχετικά μικρή ($T \cong 0.75 \times T_{ov}$) ,Σχήμα 2.4.3, για μια μεγάλη αιχμή του ρεύματος σε σύγκριση με την εκκίνηση αστέρα – τρίγωνο, όπως βλέπουμε στο Σχήμα 2.4.2.



Σχήμα 2.4.1



Σχήμα 2.4.2 πάνω - Σχήμα 2.4.3 κάτω

Έτσι:

- Στην $I = f(n)$ βλέπουμε:

με i. το ρεύμα του κινητήρα στο 1ο βήμα (με αντίσταση).

με ii. το ρεύμα του κινητήρα στο 2ο βήμα (χωρίς αντίσταση

– απευθείας).

- Στην $M = f(n)$ βλέπουμε:

με i. τη ροπή του κινητήρα στο 1ο βήμα (με αντίσταση).

με ii. τη ροπή του κινητήρα στο 2ο βήμα (χωρίς αντίσταση –

απευθείας).

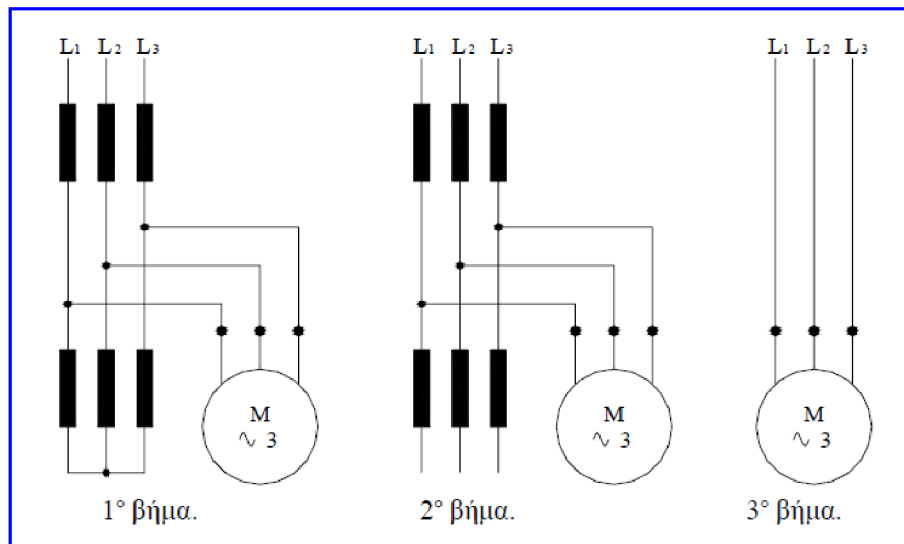
με iii. τη ροπή του φορτίου του κινητήρα.

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται για μηχανές φορτίου με αυξανόμενη ροπή ή ροπή γύρω στο μισό της ονομαστικής ροπής που περιέχουν μεγάλη αδράνειας μηχανές.

Η τάση που εφαρμόζεται στους ακροδέκτες του κινητήρα δεν είναι σταθερή κατά την διάρκεια της επιτάχυνσης, το ρεύμα του είναι μέγιστο όταν συνδεθεί ο κινητήρας στο δίκτυο και μειώνεται καθώς επιταχύνεται, οπότε και η πτώση τάσης στις αντιστάσεις μειώνεται και άρα αυξάνεται η τάση στους ακροδέκτες των τυλιγμάτων προοδευτικά. Επειδή η ροπή $T = \frac{U_{ov}^2}{2 \times \pi \times n \times R}$ όπως βλέπουμε είναι ανάλογη του τετραγώνου της τάσης οι τιμές της ροπής που θα προκύψουν θα είναι υψηλότερες από μια δοθείσα αρχική τιμή, Σχήμα 2.4.3.

2.5. Εκκίνηση με την βοήθεια αυτομετασχηματιστή

Ο κινητήρας τροφοδοτείται με μεταβαλλόμενη τάση μέσω ενός αυτομετασχηματιστή ο οποίος βγαίνει εκτός κυκλώματος όταν η εκκίνηση γίνει πλήρης. Η εκκίνηση αποτελείται από τα παρακάτω τρία βήματα όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.5.1.



Σχήμα 2.5.1

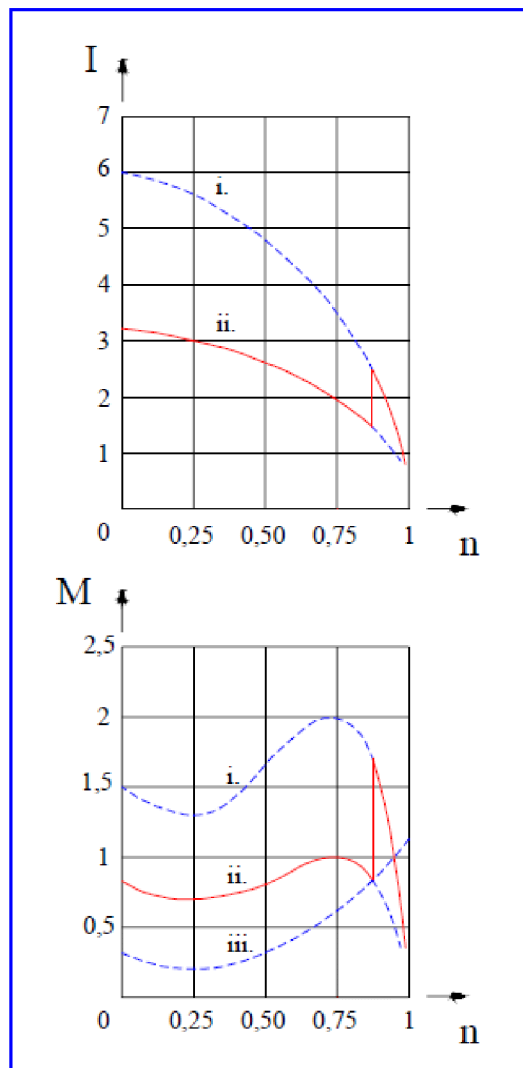
- **Βήμα 1ο:** Σύνδεση αστέρα όταν κλείσει ο ηλεκτρονόμος της γραμμής. Ο κινητήρας ξεκινάει με μειωμένη τάση.
- **Βήμα 2ο:** Άνοιγμα του ουδέτερου κόμβου. Ένα τμήμα του τυλίγματος του αυτομετασχηματιστή συνδέεται σε σειρά με κάθε φάση στον στάτη κάνοντας έτσι μια επαγωγική αντίσταση.
- **Βήμα 3ο:** Ένας τρίτος ηλεκτρονόμος συνδέει τον κινητήρα σε πλήρη τάση δικτύου και κάνει τους δύο ηλεκτρονόμους να ανοίξουν.

Με αυτό τον μηχανισμό, ο κινητήρας δεν μένει χωρίς τάση, το ρεύμα δεν διακόπτεται και οι μεταβατικές καταστάσεις περιορίζονται.

Κατά την διάρκεια του πρώτου βήματος η ροπή μειώνεται ανάλογα με το τετράγωνο της τάσεως και το ρεύμα γραμμής σε όμοια αναλογία αλλά ελαφρώς υψηλότερα λόγω του ρεύματος μαγνητίσεως του αυτομετασχηματιστή ενώ το ρεύμα μέσα σε κάθε τύλιγμα (είναι σαν να λέμε στο δευτερεύον του αυτομετασχηματιστή) μειώνεται μόνο σε σχέση με το λόγο της τάσεως.

Στο δεύτερο βήμα εκκίνησης για να αποφύγουμε κάποιο ενδεχόμενο μεγάλο πέσιμο της επαγωγικής αντίστασης των τυλιγμάτων του αυτομετασχηματιστή, θα πρέπει η επαγωγική αντίσταση να είναι μικρή και προσαρμοσμένη στον κινητήρα. Για να πετύχουμε την κατάλληλη τιμή της επαγωγικής αντίστασης είναι αναγκαίο να βάλουμε ένα αυτομετασχηματιστή του οποίου ο μαγνητικός πυρήνας να έχει κενό αέρα. Το δεύτερο βήμα έχει σαν

προορισμό να μετριάξει τις μεταβατικές καταστάσεις που είναι μικρές σε διάρκεια (χρόνος της αλλαγής των λήψεων).



Σχήμα 2.5.2

Στο Σχήμα 2.5.2 φαίνονται οι χαρακτηριστικές του ρεύματος και της ροπής του κινητήρα συναρτήσει της ταχύτητας. Έτσι,

- Στην $I = f(n)$ βλέπουμε:

- με i. το ρεύμα του κινητήρα σε απευθείας σύνδεση.

- με ii. το ρεύμα του κινητήρα με αυτομετασχηματιστή.

- Στην $M = f(n)$ βλέπουμε:

- με i. τη ροπή του κινητήρα σε απευθείας σύνδεση.

- με ii. τη ροπή του κινητήρα με αυτομετασχηματιστή.

- με iii. τη ροπή του φορτίου του κινητήρα.

Αυτή η μέθοδος εκκίνησης χρησιμοποιείται για υψηλής ισχύος κινητήρες, γιατί συγκρινόμενη με την εκκίνηση με αντιστάσεις αυτή προσφέρει μια μεγάλη ροπή εκκίνησης και ένα χαμηλό ρεύμα κορυφής ενώ παράλληλα προσθέτοντας μερικές διαθέσιμες λήψεις στον αυτομετασχηματιστή η τάση εκκίνησης μπορεί να ρυθμιστεί σε σχέση με το φορτίο.

2.6. Εκκίνηση δακτυλιοφόρου κινητήρα με μεταβαλλόμενη αντίσταση στους δακτυλίους του δρομέα

Κύριο χαρακτηριστικό αυτών των κινητήρων είναι το γεγονός ότι στον δρομέα τους φέρουν τριφασικό τύλιγμα. Οι τρεις φάσεις του τυλίγματος συνδέονται σε αστέρα ενώ τα τρία ελεύθερα άκρα του αστέρα συνδέονται με τρεις ορειχάλκινους δακτυλίους που είναι στερεωμένοι στον άξονα του δρομέα, εξού και λέγονται δακτυλιοφόροι κινητήρες. Ο στάτης φέρει τριφασική περίελιξη όπως και ο βραχυκυκλωμένου δρομέα.

Στους δακτυλίους, που είναι ηλεκτρικά μονωμένοι μεταξύ τους και με τον άξονα, εφάπτονται ψήκτρες των οποίων οι ψηκτροθήκες στερεώνονται στο κάλυμμα της μηχανής. Οι ψήκτρες δεν χρησιμεύουν σε τίποτε άλλο παρά μόνο στο να συνδέουν μεταξύ τους τις τρεις φάσεις (τυλίγματα) του δρομέα. Για να μην φθείρονται οι ψήκτρες στην κανονική λειτουργία πολλοί δακτυλιοφόροι κινητήρες είναι εφοδιασμένοι με το λεγόμενο σύστημα ανύψωσης των ψηκτρών. Το σύστημα αυτό έχει την

δυνατότητα να βραχυκυκλώνει τους δακτυλίους μεταξύ των προ της ανύψωσης.

Αυτού του είδους οι κινητήρες χρησιμοποιούνται πολύ στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις γιατί έχουν τα παρακάτω πλεονεκτήματα.

- Μεγάλη ροπή εκκίνησης.
- Δυνατότητα ρύθμισης της ταχύτητας περιστροφής στην κανονική λειτουργία.
- Δυνατότητα ρύθμισης του ρεύματος εκκίνησης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3:**3. Επιλογή εξαρτημάτων και υπολογισμός διατομών.****3.1. Ονομαστικά στοιχεία κινητήρα.**

Τάση U	380Δ V
Ένταση I	8.2 A
Συντελεστής Ισχύος $\cos\phi$	0,88
Συχνότητα Δικτύου f	50Hz
Ταχύτητα Περιστροφής n	2890 rpm
Ολίσθηση s	0.037
Ηλεκτρική Ισχύς P _{ηλ}	4.99 kW
Μηχανική Ισχύς P _{μηχ}	5.5 HP ή 4.1 kW

Ολίσθηση s :

$$s = \frac{3000 - 2890}{3000} = 0.037$$

Ηλεκτρική ισχύς $P_{\eta\lambda}$:

$$\begin{aligned} P_{\eta\lambda} &= \sqrt{3} * U_{\pi} * I_{ov} * \cos\varphi = \sqrt{3} * 400 * 8.2 * 0.88 \\ &= 4.99 \text{ kW} \end{aligned}$$

Μηχανική ισχύς $P_{\mu\eta\chi}$:

$$P_{\mu\eta\chi} = 4HP = 5.5 * 746 = 4103 \text{ W} \cong 4.1 \text{ kW}$$

3.2. Υπολογισμός διατομών.

Το I_{ov} είναι 8.2 A και επειδή έχουμε εκκίνηση αστέρα - τρίγωνο το $I_{\gamma\rho}$ ισούται με το I_{ov} άρα έχουμε

$$I'_{\gamma\rho} = I_{ov} = 8.2 \text{ A.}$$

3.2.1. Διατομή γραμμής τροφοδοσίας.

$$I_{γρ} = 1.25 * I'_{γρ} = 1.25 * I_{ον} = 1.25 * 8.2 = 10.25 A$$

Ο υπολογισμός αυτός έγινε γιατί έχουμε άγνωστο μήκος γραμμής.

Άρα η διατομή της γραμμής τροφοδοσίας βάση του πίνακα 1 σελίδα 56 είναι $q_{γρ} = 1,5 mm^2$ όμως βάση του κανονισμού ελάχιστης διατομής για κινητήρες θα χρησιμοποιήσουμε αγωγό διατομής $q_{γρ} = 2,5 mm^2$.

3.2.2. Διατομή αγωγού αυτόματου διακόπτη αστέρα-τρίγωνο.

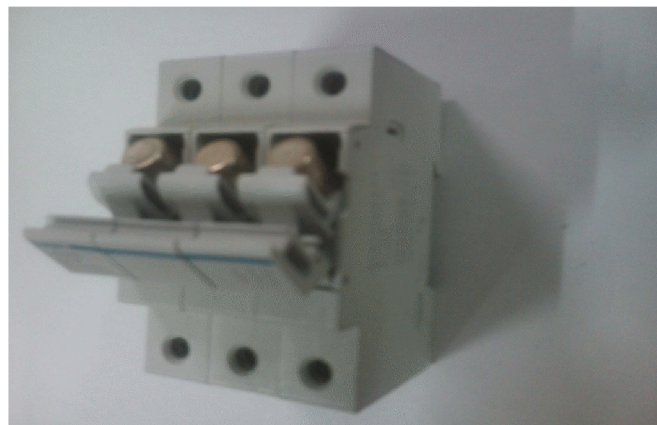
Η διατομή των αγωγών στον αυτόματο διακόπτη αστέρα – τρίγωνο εκλέγεται ως διατομή ασφαλούς λειτουργίας για ένταση ρεύματος $0.57 * I_{ον} = 0.57 * 8.2 = 4.67 A$ διότι θεωρούμε ότι ο αυτόματος διακόπτης είναι κοντά στον κινητήρα, αλλιώς θα βρεθεί ως διατομή αγνώστου μήκους. Άρα η διατομή των αγωγών

στον αυτόματο διακόπτη βάση του πίνακα 1 σελίδα 56 θα είναι $q = 1.0 \text{ mm}^2$ όμως βάση του κανονισμού θα χρησιμοποιήσουμε αγωγό διατομής $q = 2.5 \text{ mm}^2$.

3.3. Εκλογή εξαρτημάτων.

➤ Εκλογή ασφαλειοαποζεύκτη

Επειδή έχουμε αστέρα – τρίγωνο και $I_{ov} = I'_{\gamma\rho} = 8.2 \text{ A}$ διαλέγουμε ασφαλειοαποζεύκτη 32 A τριπολικό και ασφάλειες βραδείας τήξεως 3 x 16 A. Ο ασφαλειοαποζεύκτης μας είναι ο HAGER LS 503 όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



➤ **Εκλογή χρονικού**

Η μετάβαση από αστέρα σε τρίγωνο γίνεται σε χρόνο $t_{εκκ}$ σύμφωνα με τον τύπο:

$$t_{εκκ.} = 4 + 2\sqrt{P_{ov}} = 4 + 2\sqrt{4.1} = 8.05 \text{ sec}$$

Το χρονικό που επιλέξαμε είναι το ENTES DIGITAL STAR-DELTA TIMER με περιοχή ρύθμισης 1-30 sec με δύο N/O επαφές.



➤ **Εκλογή ηλεκτρονόμων**

1. Ο ηλεκτρονόμος για την κατά αστέρα λειτουργία εκλέγεται

για ρεύμα: $I_{ονΚΜ1} = \frac{8.2}{3} = 2.73 \text{ A}$. Ο ηλεκτρονόμος που

επιλέξαμε είναι ο ABB A9-30-10 με μια N/O επαφή.



2. Ο ηλεκτρονόμος για το δίκτυο εκλέγεται για ρεύμα

$$I_{ov_{KM2}} = \frac{8.2}{\sqrt{3}} = 4.73 \text{ A.}$$
 Ο ηλεκτρονόμος που επιλέξαμε

είναι ο ABB A9-30-10 με μια N/O επαφή.



3. Ο ηλεκτρονόμος για την κατά τρίγωνο λειτουργία εκλέγεται για ρεύμα $I_{ov_{KM3}} = \frac{8.2}{\sqrt{3}} = 4.73 \text{ A}$. Ο ηλεκτρονόμος που επιλέξαμε είναι ο ABB A9-30-01 με μια N/C επαφή.



4. Όπως θα δούμε παρακάτω στο κύκλωμα εντολής χρειαζόμαστε και έναν βοηθητικό ηλεκτρονόμο ο οποίος είναι ο ABB N22E με δύο N/O και δύο N/C επαφές.



➤ **Εκλογή βοηθητικής επαφής**

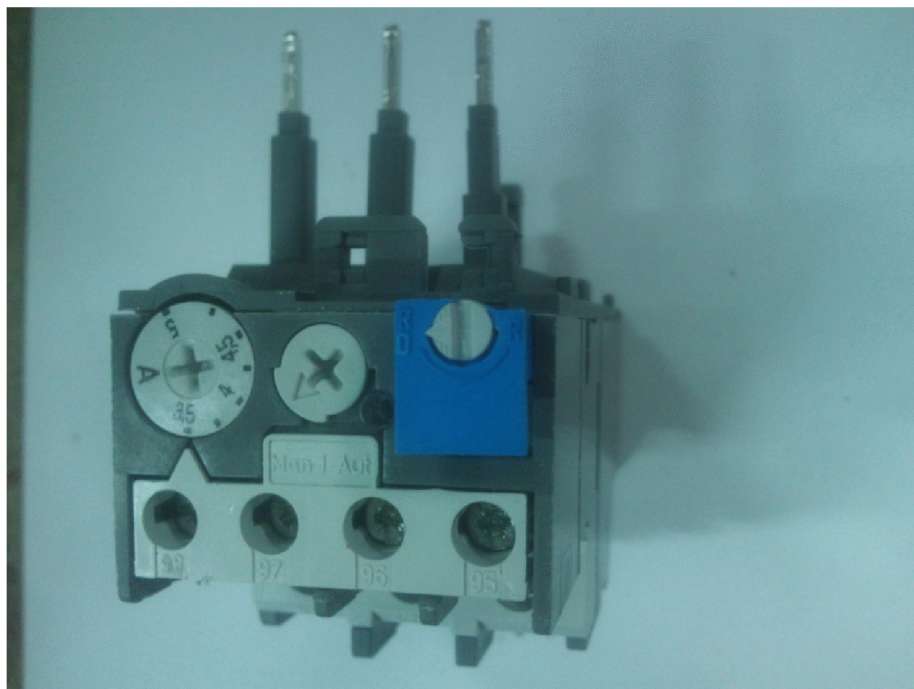
Βάση του κυκλώματος εντολής που θα δούμε παρακάτω χρειαζόμαστε και μια επιπλέον N/C βοηθητική επαφή για τον ηλεκτρονόμο KM1→Y. Η επαφή που επιλέξαμε είναι η ABB CA5-01.



➤ **Εκλογή θερμικού υπερέντασης**

Το θερμικό υπερέντασης εκλέγεται για ρεύμα $\frac{I_{ov}}{\sqrt{3}} = \frac{8.2}{\sqrt{3}} = 4.73 \text{ A}$.

Το θερμικό που επιλέξαμε είναι το ABB TA25DU-5.0 με περιοχή ρύθμισης της έντασης 3.5 – 5 A



➤ **Εκλογή οργάνου προστασίας κυκλώματος εντολής F1**

Το όργανο προστασίας F1 εκλέγετε για ρεύμα:

$$I_{F_1} = I_{KM_2} + I_{KM_3} = 4.73 + 4.73 = 9.46 A$$

Επειδή η ένταση του ρεύματός μας είναι 9.6 A επιλέγουμε μικροαυτόματο 10 A ο οποίος είναι ο ABB S61-S B10.



➤ **Εκλογή υπολοίπων εξαρτημάτων**

Επιλέξαμε τα εξής:

- ❖ Δύο πράσινες λυχνίες για την κατά αστέρα και κατά τρίγωνο λειτουργία οι οποίες είναι οι ABB CL-523G εικόνα 3.1 επάνω.

- ❖ Μία κόκκινη λυχνία για την ένδειξη ύπαρξης δικτύου η οποία είναι η NORA AD 16-22HS εικόνα 3.1 επάνω.

- ❖ Ένα πράσινο μπουτόν για την έναρξη λειτουργίας του κυκλώματος το οποίο είναι το ABB CPI-10G-10 με μια N/O επαφή (START BOUTON) εικόνα 3.1 κάτω.

- ❖ Ένα κόκκινο μπουτόν για την στάση λειτουργίας του κυκλώματος το οποίο είναι το ABB CPI-10R-01 με μια N/C επαφή (STOP BOUTON) εικόνα 3.1 κάτω.
- ❖ Ένα βολτόμετρο για να βλέπουμε την τάση δικτύου το οποίο είναι το NORA 600V DE-72 εικόνα 3.2.
- ❖ Έναν περιστροφικό τριπολικό διακόπτη για την τροφοδοσία του πίνακά μας ο οποίος είναι ο BREMAS CA0160003 εικόνα 3.3.



Εικόνα 3.1



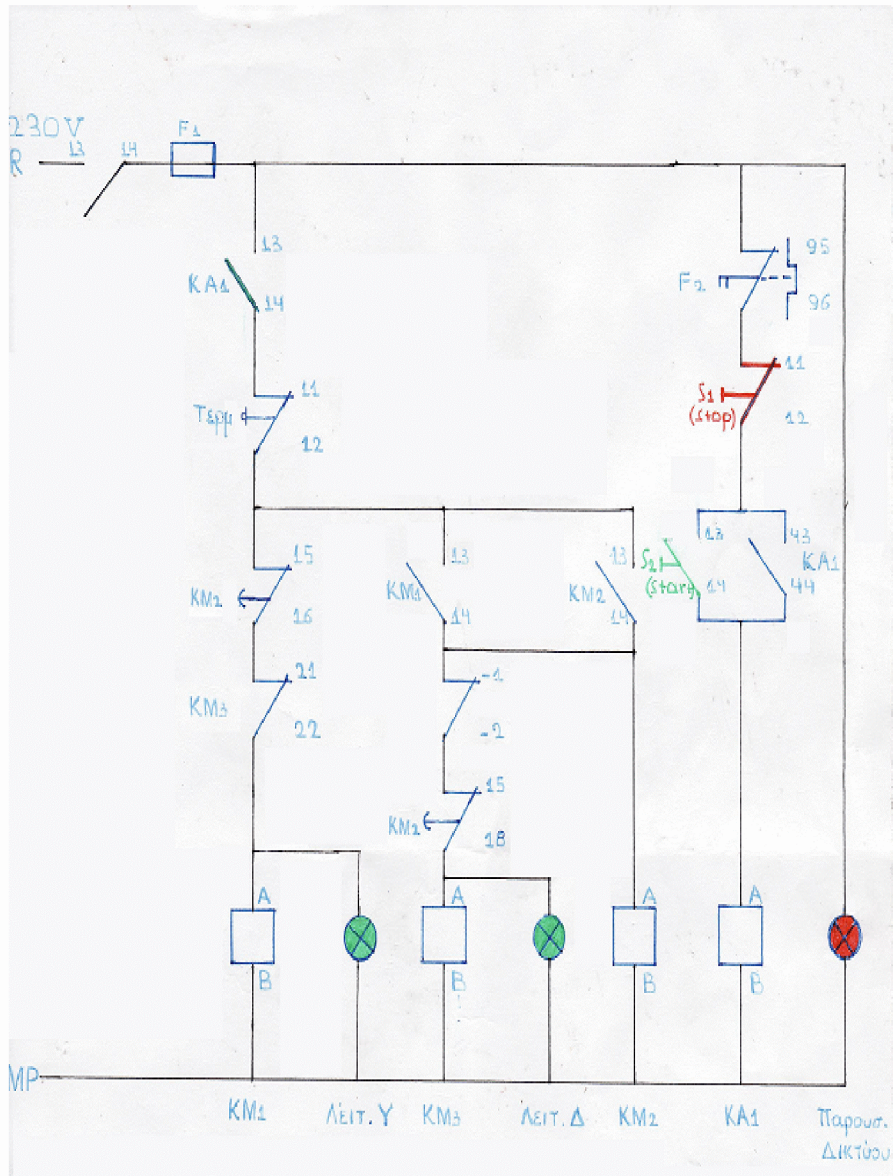
Εικόνα 3.2



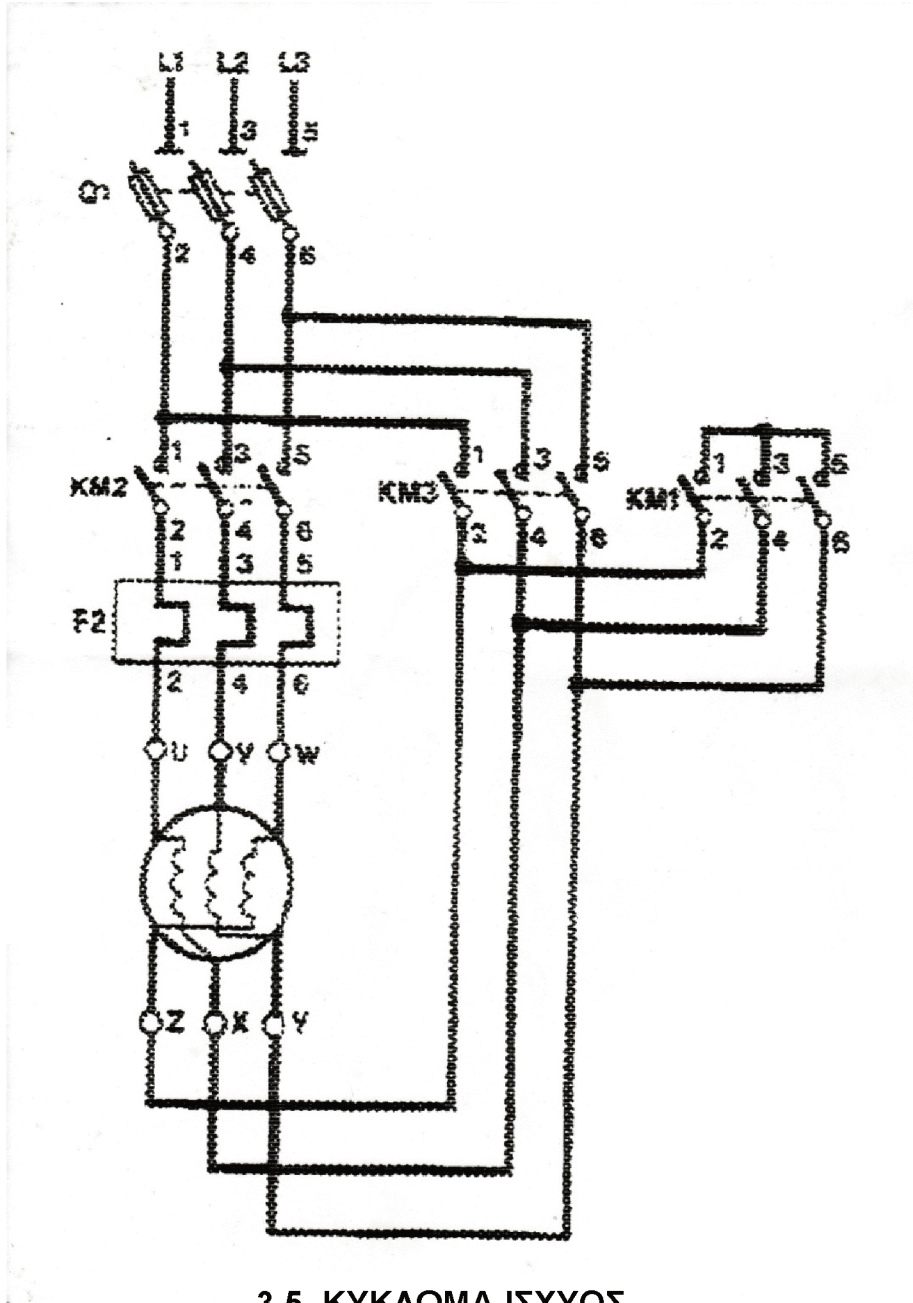
Εικόνα 3.3

Διατομή αγωγών χαλκού (mm ²)	ΟΜΑΔΑ Ι		ΟΜΑΔΑ ΙΙ		ΟΜΑΔΑ ΙΙΙ	
	Μέγιστη έπιτρεπόμενη ένταση (Α)	Όνομαστική ένταση όσφιλ. (Α) αυτόματου διακ. (Α)	Μέγιστη έπιτρεπόμενη ένταση (Α)	Όνομαστική ένταση όσφιλ. (Α) αυτόματου διακ. (Α)	Μέγιστη έπιτρεπόμενη ένταση (Α)	Μέγιστη έπιτρεπόμενη όνομαστική ένταση συνό. συσκευής (Α)
0,75	—	—	15	10	12	7
1	11	6	19	18	15	9
1,5	15	10	23	20	19	10
2,5	20	16	32	25	25	15
4	26	20	42	35	33	20
6	33	26	54	35	44	26
10	45	35	73	63	60	35
16	60	60	97	80	81	48
25	83	63	128	100	107	65
35	102	80	156	125	133	78
50	130	100	197	160	166	100
70	163	125	242	200	—	—
95	195	160	288	224	—	—
120	232	200	339	250	—	—
150	—	—	386	300	—	—
185	—	—	442	355	—	—
240	—	—	521	425	—	—
300	—	—	600	500	—	—
400	—	—	716	600	—	—
500	—	—	818	710	—	—

Πίνακας 1. Διατομές αγωγών



3.4. ΚΥΚΛΩΜΑ ΕΝΤΟΛΗΣ



3.5. ΚΥΚΛΩΜΑ ΙΣΧΥΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4:

4. Παρουσίαση των σταδίων κατασκευής καθώς και των σταδίων λειτουργίας μέσω φωτογραφιών.

4.1. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ

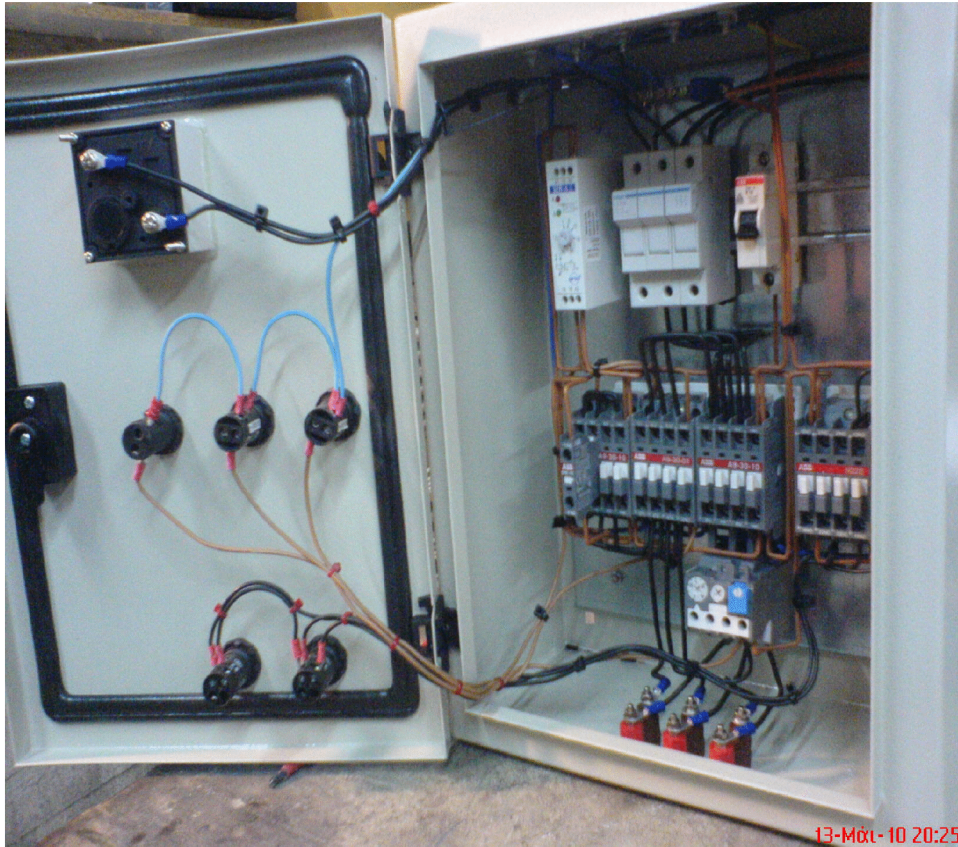




Εγκατάσταση μπουτόν start-stop, ενδεικτικών λυχνιών, βολτομέτρου, ράγα στήριξης και περιστροφικού διακόπτη.

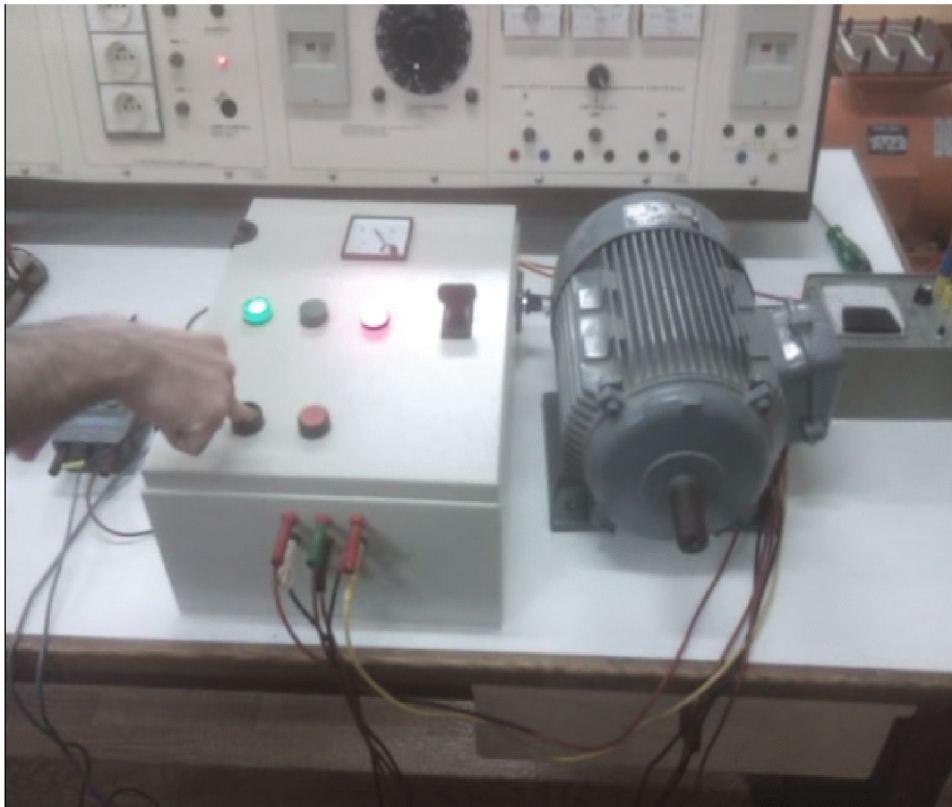


Εγκατάσταση οργάνων προστασίας, ηλεκτρονόμων, χρονικού και τερματικού διακόπτη καθώς και μερική καλωδίωση.



Ολοκλήρωση καλωδίωσης κυκλώματος εντολής και κυκλώματος ισχύος.

4.2. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ



Έναρξη της κατά αστέρα λειτουργίας του κινητήρα με την χρήση του μπουτόν start



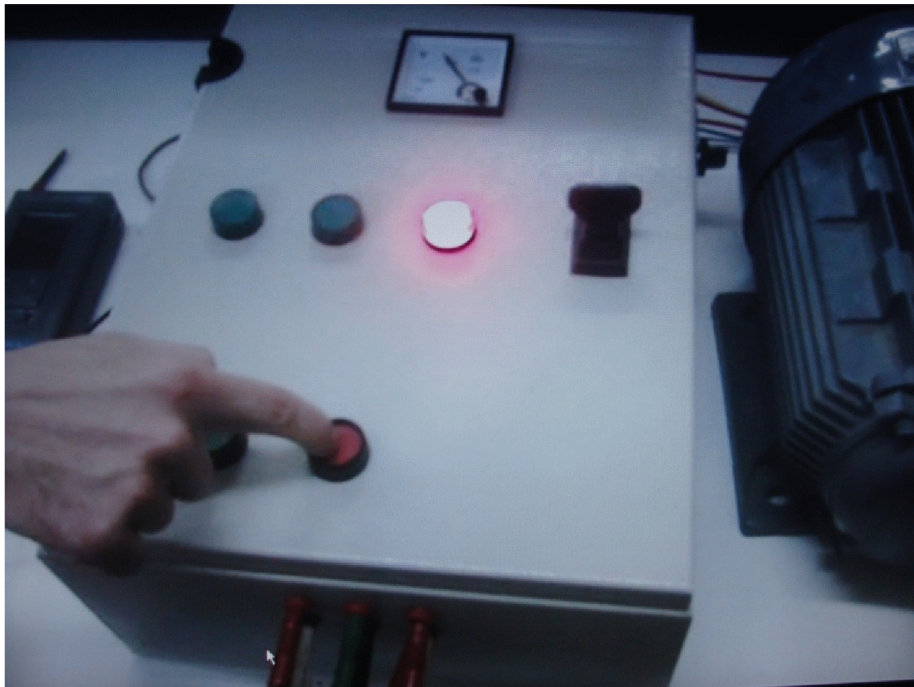
**Κατά τρίγωνο λειτουργία του κινητήρα μετά το πέρας 8 sec.
από την κατά αστέρα λειτουργία**



Στάση λειτουργίας του κινητήρα με την χρήση του τερματικού διακόπτη



Έναρξη λειτουργίας κινητήρα μετά την ελευθέρωση του τερματικού διακόπτη



Στάση λειτουργίας του κινητήρα με την χρήση του μπουτόν stop

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

5. Μετρήσεις της τάσης, του ρεύματος, της ισχύος και του $\cos\phi$ χωρίς φορτίο (εν κενω) .

5.1. Παρουσίαση των μετρήσεων της κατά αστέρα λειτουργίας .

Κατάσταση Λειτουργίας	Ένταση Ρεύματος I(A)	Πραγματική Ισχύς P(Watt)	Συντελεστής Ισχύος Cosφ	Άεργος Ισχύς Q(var)	Πολική Τάση V(Volt)
(Y) Αστέρας	1.15	200	0.26	739	392



Μέτρηση της έντασης του ρεύματος κατά την αστέρα λειτουργία (1,15 A)

5.2. Παρουσίαση των μετρήσεων της κατά τρίγωνο λειτουργίας .

Κατάσταση Λειτουργίας	Ένταση Ρεύματος I(A)	Πραγματική Ισχύς P(Watt)	Συντελεστής Ισχύος cosφ	Άεργος Ισχύς Q(var)	Πολική Τάση V(Volt)
(Δ) Αστέρας	5,3	355	0.10	3600	392



Μέτρηση της έντασης του ρεύματος κατά την λειτουργία τριγώνου (5,3 A)

- Στην μεταγωγή από Αστέρα σε Τρίγωνο (Υ-Δ) το ρεύμα πιάνει μια μέγιστη τιμή η οποία είναι

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1 «Ε.Η.Ε. και Αυτοματισμοί», σημειώσεις εργαστηρίου, Επίκουρου καθηγητή Βλασσόπουλου Γεράσιμου.
- 2 «Ηλεκτρολογικό υλικό, τιμοκατάλογος 2010», της εταιρίας ABB.
- 3 «Σημειώσεις βιομηχανικών συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας», τμήμα βιομηχανικής πληροφορικής Τ.Ε.Ι. Καβάλας.
- 4 «Ηλεκτρικές Μηχανές AC-DC» 3^η έκδοση, Stephen J. Chapman.
- 5 «Εργαστηριακές ασκήσεις ηλεκτρικών μηχανών Α.Σ.», τμήμα ηλεκτρολογίας Τ.Ε.Ι. Λάρισας.
- 6 «Ηλεκτρικές Μηχανές Α» Αθ.Σαφάκα, Καθηγητή Τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Τεχνολογίας Υπολογιστών, Πανεπιστημίου Πατρών.