

**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ  
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΘΕΜΑ : Μελέτη και κατασκευή συστήματος ελέγχου  
εκκίνησης (soft starter), τριφασικού επαγωγικού  
κινητήρα ισχύος 4 KW.**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ: ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΜΑΚΟΥΛΗΣ, ΚΩΝ/ΝΟΣ  
ΕΥΘΥΜΙΟΣ ΖΗΚΟΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ  
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : Παλάντζας Παναγιώτης**

**ΝΕΑ ΜΗΧΑΝΙΩΝΑ**

**2013**

**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ  
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΘΕΜΑ : Μελέτη και κατασκευή συστήματος ελέγχου  
εκκίνησης (soft starter), τριφασικού επαγωγικού  
κινητήρα ισχύος 4 KW.**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ : Νικόλαος Μακούλης, Κων/νος Ευθύμιος Ζήκος  
ΑΜ : 4437, 4408**

**ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ :5-07-2013**

Βεβαιώνεται η ολοκλήρωση της παραπάνω πτυχιακής εργασίας

Ο καθηγητής

## Περίληψη

Οι ασύγχρονοι τριφασικοί κινητήρες βραχυκυκλωμένου δρομέα είναι παρά πολύ σημαντικοί για τις βιομηχανίες. Λόγω της απλότητας κατασκευής, του χαμηλού κόστους και της μικρής συντήρησης χρησιμοποιούνται σε πλήθος εφαρμογών όπως σε αεροσυμπιεστές, ανελκυστήρες, μεταφορικές ταινίες και πλήθος άλλων εφαρμογών.

Το μειονέκτημα τους είναι η πτώση τάσης που προκαλούν στο δίκτυο της ΔΕΗ.

Στην πτυχιακή εργασία που πραγματοποιήσαμε, κάναμε μια γενική εισαγωγή στις ηλεκτρικές μηχανές, στην λειτουργία τους καθώς και στις ομοιότητες και διαφορές που έχουν μεταξύ τους.

Δώσαμε μεγαλύτερη σημασία στους κινητήρες και ειδικότερα στον ασύγχρονο τριφασικό κινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα. Αναπτύξαμε τα μέρη από τα οποία αποτελείται καθώς και το πως γίνεται η όλη διαδικασία της περιστροφής του ρότορα.

Από τα μειονεκτήματα του παραπάνω κινητήρα μας δημιουργήθηκε η απορία για τον τρόπο μείωσης του ρεύματος εκκίνησης. Για τον λόγο αυτό πραγματοποιήσαμε την ανάλυση των κυκλωμάτων εκκίνησης που συναντάμε στην καθημερινότητα μας, καθώς και τα εξαρτήματα με τα σύμβολα τα οποία χρησιμοποιούμε.

Η καλύτερη μέθοδος εκκίνησης είναι με την χρήση soft starter.

Υπάρχουν όμως αρκετές διαφορές στα soft starter ανάλογα με τα ηλεκτρονικά ισχύος που χρησιμοποιεί ο κάθε κατασκευαστής. Μετά από μια γρήγορη μάτια στα ηλεκτρονικά ισχύος και τους τύπους των ομαλών εκκινήτων πραγματοποιήσαμε την συνδεσμολογία της εκκίνησης τριφασικού κινητήρα με την χρήση ενός ομαλού εκκινήτη της ABB.

## **Abstract**

Asynchronous three-phase engines of shorted cursors are very important for the industries. Due to the construction simplicity, the low cost and the low maintenance are used in a great quantity of applications such as in compressors, lifts, conveyor ribbons and more other applications.

Their only drawback is the drifts abatement caused at D.E.H

In the following dissertation we carried out, a general introduction in electrical engines is presented and also their function, similarities and differences between them.

We paid a great attention to the engines and specifically to the asynchronous three-face engine of shorted cursors.

We deployed the parts that it consists of and how the rotation of the rotor takes place. From the drawback of the latter engine we were curious about the way the power starter is diminished. That for we carried out the analyses of starting circuits that we meet in our everyday life, as well as the paraphernalia with the symbols that we use.

The best method of starting is with the use of the soft starter.

There should be mentioned that there are great differences in soft starters depending on the power electronics that each manufacturer uses. After a thorough attention on the power electronics and the types of smooth starters we carried out the starting assembly of the three-face engine with the use of a smooth starter of ABB.

# Κεφάλαιο 1

## Ηλεκτρικές Μηχανές.

Ηλεκτρικές μηχανές ονομάζονται όλες οι συσκευές, οι οποίες μετατρέπουν την μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική, ή μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια σε μηχανική.

Από τα παραπάνω καταλαβαίνουμε ότι οι δυο από τις τρεις κατηγορίες ηλεκτρικών μηχανών είναι οι κινητήρες και οι γεννήτριες

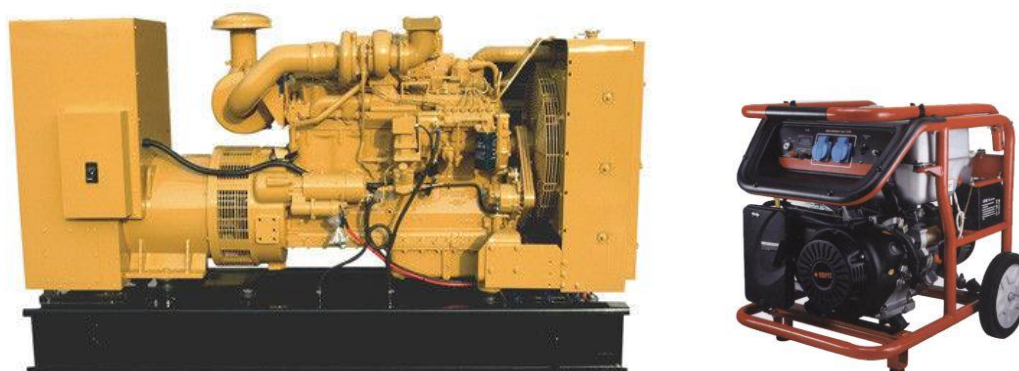
Η τρίτη κατηγορία ηλεκτρικών μηχανών είναι οι μετασχηματιστές αλλά εμείς δεν θα τους αναπτύξουμε σε αυτή την πτυχιακή εργασία.

### 1.1 Ηλεκτρικοί Κινητήρες-Γεννήτριες.

#### 1.1.1 Γεννήτριες

Οι γεννήτριες όπως αναφέραμε παραπάνω μετατρέπουν την μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική. Με την χρήση των γεννητριών μπορούμε πλέον και χρησιμοποιούμε την ηλεκτρική ενέργεια.

Οι γεννήτριες που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος από την ΔΕΗ είναι διαφορετικές και σαφώς μεγαλύτερες από τις γεννήτριες που χρησιμοποιούνται από της φορητές γεννήτριες που χρησιμοποιούνται στη τροφοδοσία μιας μικρής ποτιστικής αντλίας



Εικόνα 1.1.1 Γεννήτρια 52 KVA και γεννήτρια 5 KVA

Από τα παραπάνω καταλαβαίνουμε ότι οι γεννήτριες ανάλογα με την χρήση και την τάση που θα παράγει η γεννήτρια, κατατάσσονται σε κάποιες κατηγορίες. Αυτές είναι οι παρακάτω:

1. γεννήτριες εναλλασσομένου ρεύματος και
2. γεννήτριες συνεχούς ρεύματος

Οι γεννήτριες συνεχούς ρεύματος χωρίζονται σε άλλες τέσσερις κατηγορίες, βάση του τρόπου που είναι συνδεδεμένο το τύλιγμα της διέγερσης. Αυτές οι κατηγορίες είναι οι παρακάτω:

1. γεννήτριες με ξένη διέγερση
2. γεννήτριες με παράλληλη διέγερση
3. γεννήτριες με διέγερση σειράς και
4. γεννήτριες με σύνθετη διέγερση.

Οι γεννήτριες εναλλασσομένου ρεύματος χωρίζονται και αυτές σε δυο μεγάλες κατηγορίες. Αυτές είναι οι παρακάτω:

1. σύγχρονες γεννήτριες ή εναλλακτικές και
2. ασύγχρονες γεννήτριες.

Η διαφορά των γεννητριών εναλλασσομένου ρεύματος είναι ότι στις σύγχρονες γεννήτριες υπάρχει σταθερή σχέση ανάμεσα στην ταχύτητα περιστροφής της γεννήτριας και της συχνότητας του ρεύματος

Στην ασύγχρονες γεννήτριες εναλλασσομένου ρεύματος η συχνότητα είναι ανεξάρτητη από την ταχύτητα περιστροφής της γεννήτριας.

### **1.1.2 Ηλεκτρικοί Κινητήρες.**

Τους ηλεκτρικούς κινητήρες τους συναντάμε κάθε μέρα μπροστά μας είτε στην βιομηχανία είτε στην κίνηση είτε ακόμα και μέσα στο σπίτι μας.

Ο κινητήρας όμως που χρησιμοποιείται στην βιομηχανία είναι τελείως διαφορετικός από τον κινητήρα που θα χρησιμοποιήσουμε για παράδειγμα στο κλιματιστικό του σπιτιού μας.

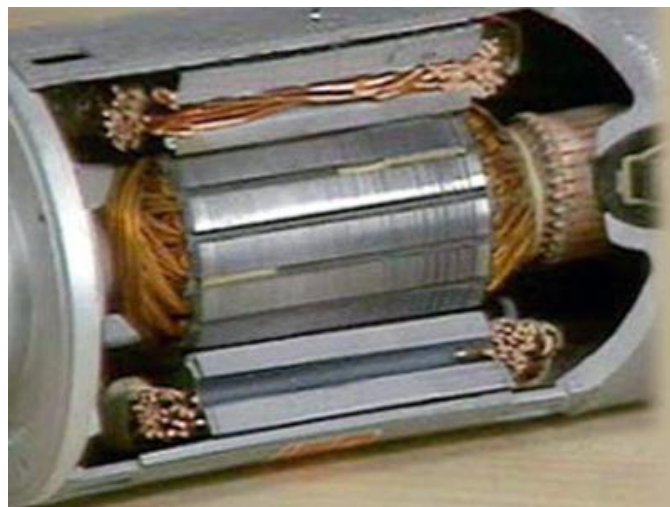
Για να καταλάβουμε κάποιες διαφορές θα πρέπει να τους κατηγοριοποιήσουμε.

Οι δύο μεγάλες κατηγορίες είναι:

1. οι κινητήρες συνεχούς ρεύματος (DC Motors)
2. και οι κινητήρες εναλλασσομένου ρεύματος (AC Motors).

Οι κινητήρες συνεχούς ρεύματος χωρίζονται σε ακόμα τέσσερις κατηγορίες, οι οποίες αναφέρονται παρακάτω:

1. κινητήρες με ξένη διέγερση
2. κινητήρες με παράλληλη διέγερση
3. κινητήρες με διέγερση σειράς
4. και κινητήρες με σύνθετη διέγερση.



**Εικόνα 1.1.2 DC κινητήρας**

Από τα παραπάνω καταλαβαίνουμε ότι οι κινητήρες συνεχούς ρεύματος κατατάσσονται από τον τρόπο με τον οποίο συνδέεται το τύλιγμα της διέγερσης.



**Εικόνα 1.1.3 Μονοφασικός AC κινητήρας**

Οι κινητήρες εναλλασσομένου ρεύματος χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες. Ο διαχωρισμός αυτός είναι με βάση την κατασκευή και την ταχύτητα του ρότορα και παρουσιάζεται παρακάτω.

1. τους σύγχρονους
2. και τους ασύγχρονους

Η ταχύτητα του μαγνητικού πεδίου του στάτη στις σύγχρονες μηχανές είναι ίδια με την ταχύτητα περιστροφής του ρότορα.

Αντίθετα στους ασύγχρονους κινητήρες η ταχύτητα περιστροφής του μαγνητικού πεδίου του στάτη είναι διαφορετική από την ταχύτητα περιστροφής του ρότορα.

## **1.2 Μαγνητικό πεδίο**

Η λειτουργία των ηλεκτρικών μηχανών βασίζεται στο μαγνητικό πεδίο.

Μαγνητικό πεδίο ονομάζεται ο χώρος μέσα στον οποίο παρατηρούνται οι μαγνητικές δυνάμεις.



Το μαγνητικό πεδίο μπορούμε να το δημιουργήσουμε εμείς με την χρήση ηλεκτροφόρων αγωγών οι οποίοι είναι τυλιγμένοι πάνω σε σιδηροπυρήνα. Η ένταση το μαγνητικού πεδίου σε αυτή την περίπτωση θα είναι ανάλογη τη έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος που θα διαρρέει τον αγωγό.

Άλλος τρόπος για την παραγωγή μαγνητικού πεδίου είναι η χρήση μόνιμων μαγνητών αλλά το πεδίο θα έχει σχετικά μικρή ένταση.

Αν κινήσουμε έναν αγωγό μέσα σε ένα μαγνητικό πεδίο και στα άκρα του είχαμε ένα βολτόμετρο θα παρατηρούσαμε ότι στα άκρα του θα υπήρχε μία μικρή τάση. Βάση αυτής της θεωρίας κατασκευάζονται οι γεννήτριες

Αλλά σε περίπτωση που είχαμε έναν ρευματοφόρο αγωγό μέσα σε ένα στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο θα παρατηρούσαμε ότι ο αγωγός αυτό θα άρχιζε να περιστρέφεται.

Από τα παραπάνω καταλαβαίνουμε ότι χρειαζόμαστε το μαγνητικό πεδίο

## Κεφάλαιο 2

### Κινητήρες εναλλασσομένου ρεύματος.

Όπως αναφερθήκαμε σε προηγούμενο κεφάλαιο, οι κινητήρες εναλλασσομένου ρεύματος χωρίζονται σε δυο μεγάλες κατηγορίες, τους σύγχρονους και τους ασύγχρονους κινητήρες.

Οι ασύγχρονοι κινητήρες χωρίζονται και αυτοί ανάλογα με τον αριθμό των φάσεων που χρησιμοποιούν σε δυο κατηγορίες:

#### 1. τους μονοφασικούς

- κινητήρες αντίστασης.
- κινητήρες βραχυκυκλωμένων σπειρών στο στάτη και



Εικόνα 2.1.1 Κινητήρας με βραχυκυκλωμένες σπείρες στο στάτη

- κινητήρες με πυκνωτή εκκίνησης λειτουργίας.



Εικόνα 2.1.2 Κινητήρας με πυκνωτή εκκίνησης

2. και τους πολυφασικούς

- κινητήρες δακτυλιοφόρου δρομέα.



**Εικόνα 2.1.3 Ρότορας κινητήρα δακτυλιοφόρου δρομέα.**

- κινητήρες βραχυκυκλωμένου δρομέα ή κλωβού.



**Εικόνα 2.1.4 Κινητήρας βραχυκυκλωμένου δρομέα.**

Από όλα αυτά τα είδη των κινητήρων εμείς θα αναπτύξουμε μόνο τους τριφασικούς κινητήρες βραχυκυκλωμένου δρομέα ή κλωβού.

Οι λόγοι που χρησιμοποιούμε τους κινητήρες αυτούς είναι οι παρακάτω:

- Οι κινητήρες αυτοί είναι οι πιο συνηθισμένοι κινητήρες λόγω της απλότητας κατασκευής τους.

- Δεν έχουν μεγάλο κόστος αγοράς.
- Δεν έχουν σχετικά μεγάλο κόστος συντήρησης διότι δεν εμπεριέχουν εξαρτήματα όπου χρειάζονται ιδιαίτερη συντήρηση ή προκαλούν προβλήματα (π.χ. δακτύλιοι, ψήκτρες κ.α.)

Όμως πέρα από τα πλεονεκτήματα που έχουν οι κινητήρες αυτοί έχουν και φυσικά κάποια μειονεκτήματα που είναι :

- Απορροφούν μεγάλο ρεύμα εκκίνησης από το δίκτυο.
- Το ρεύμα που απορροφούν είναι εξαπλάσιο μέχρι και οχταπλάσιο από το ονομαστικό τους ρεύμα.
- Προκαλούν πτώση τάσης του δικτύου με συνέπειες σε μηχανήματα που είναι συνδεδεμένα σε αυτό.

Για να αποφευχθούν τα μειονεκτήματα αυτά έχουν αναπτυχθεί κάποιοι τρόποι εκκίνησης – εξαρτήματα όπου μειώνουν το ρεύμα εκκινήσεως έτσι ώστε να μην υπάρχουν τα παραπάνω προβλήματα. Αυτοί οι τρόποι εκκίνησης θα αναπτυχθούν στα παρακάτω κεφάλαια με ιδιαίτερη ανάπτυξη τους.

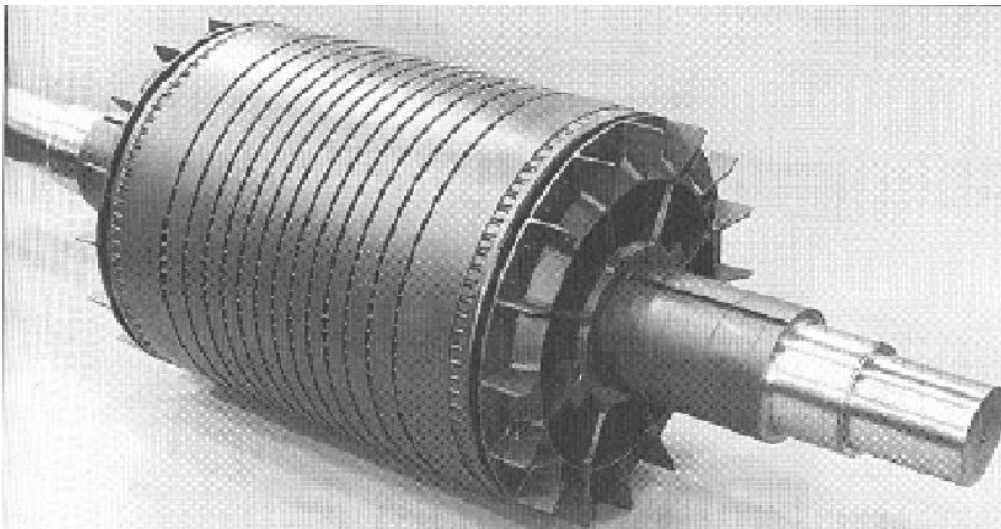
## **2.1 Δομή Τριφασικών επαγωγικών κινητήρων βραχυκυκλωμένου δρομέα.**

**Στάτης :** Ο στάτης των επαγωγικών κινητήρων βραχυκυκλωμένου δρομέα δεν διαφέρει με αυτόν μιας σύγχρονης μηχανής καθώς και αυτός αποτελείται από τα ίδια μέρη όπως τυλίγματα κλπ. Είναι κατασκευασμένος από χάλυβα που στηρίζει στο εσωτερικό του κινητήρα ένα κυλινδρικό σιδηροπυρήνα. Ο σιδηροπυρήνας αποτελείται από μονωμένα ελάσματα που έχουν αυλακώσεις ώστε να μπορούν τα τυλίγματα του στάτη να τοποθετηθούν στο χώρο.



**Εικόνα 2.1.5** Στάτης κινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα.

**Ρότορας :** Ο ρότορας αποτελείται από μεταλλικές ράβδους οι οποίες είναι κατασκευασμένες από χαλκό ή ορείχαλκο. Τα άκρα των ράβδων αυτών βραχυκυκλώνονται από δακτυλίους βραχυκύκλωσης. Το ρεύμα που κυκλοφορεί στον δρομέα δεν είναι από ηλεκτρική σύνδεση με άλλο μέρος του κινητήρα αλλά από επαγωγή.



**Εικόνα 2.1.6** Ρότορας κινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα.

## 2.2 Στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο

Επάνω στον ρότορα υπάρχουν αγωγοί οι οποίοι είναι βραχυκυκλωμένοι μεταξύ τους. Το στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο που παράγεται στον στάτη τέμνει αυτούς τους αγωγούς του ρότορα καθώς περιστρέφεται με αποτέλεσμα την εμφάνιση τάσης εξ'επαγωγής επάνω στους δακτυλίους βραχυκύκλωσης. Επίσης όπως αναφέραμε προ λίγοι οι αγωγοί επειδή είναι βραχυκυκλωμένοι κατά την περιστροφή του ρότορα, που παράγεται το στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο γίνονται ρευματοφόροι όπου καθώς το ρεύμα που ρέει σε αυτούς παράγουν ένα ακόμη μαγνητικό πεδίο.

Η ταχύτητα με την οποία κινείται το στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο εκφράζεται από την παρακάτω σχέση :

$$n_s = \frac{120f}{p}$$

όπου

- $n_s$  = Η σύγχρονη ταχύτητα (rpm).
- $f$  : Η συχνότητα της τάσης τροφοδοσίας (Herz).
- $p$ : Ο αριθμός πόλων

## 2.3 Ροπή επαγωγικών κινητήρων βραχυκυκλωμένου δρομέα.

Ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία του κινητήρα είναι η ροπή  $T$  που μπορεί να αναπτύξει στον άξονα του για να περιστρέψει το φορτίο.

Η ροπή εκφράζεται από τον τύπο :

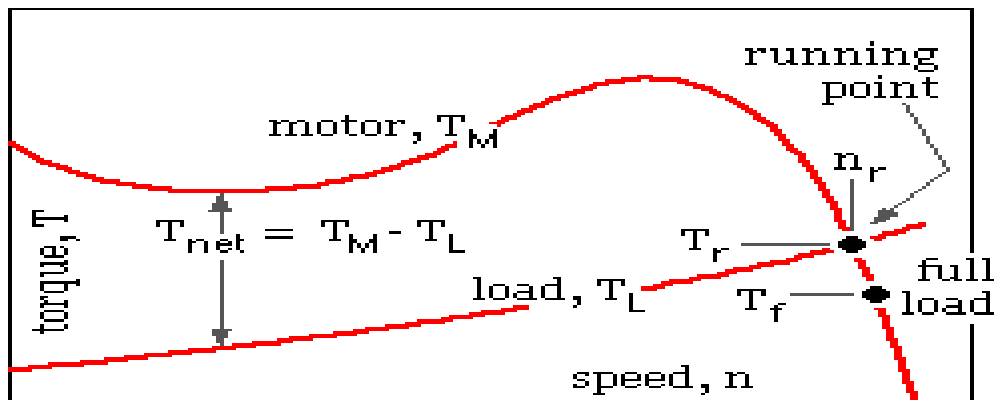
$$T = \frac{9,55P}{n}$$

$T$ : ροπή κινητήρα ( Nm )

$P$ : αποδιδόμενη ισχύ ( W )

$n$ : ταχύτητα κινητήρα ( rpm )

### 2.3.1 Καμπύλη ροπής–στροφών Α.Τ.Κ.



Εικόνα 2.3.1.1 Καμπύλη ροπής–στροφών Α.Τ.Κ.

Στην παραπάνω καμπύλη σχεδιάζεται η καμπύλη ροπής στροφών των επαγωγικών κινητήρων η οποία είναι πολύ σημαντική για την λειτουργία των κινητήρων. Κατά την εκκίνηση όταν οι στροφές είναι πρακτικά μηδέν, η ροπή του κινητήρα έχει την τιμή  $T_{εκ}$  και λέγεται ροπή εκκίνησης. Καθώς αυξάνονται οι στροφές αυξάνεται και η ροπή μέχρι την τιμή  $T_{μεγ}$  που λέγεται μέγιστη ροπή ή ροπή ανατροπής. Στη συνέχεια η ροπή μειώνεται απότομα και μηδενίζεται όταν η ταχύτητα του κινητήρα φτάσει τη σύγχρονη ταχύτητα. Τέλος η ροπή εκκίνησης του κινητήρα πρέπει να είναι αρκετά μεγαλύτερη από την αντίστοιχη ροπή εκκίνησης του φορτίου.

### 2.4 Ολίσθηση

Ο λόγος της διαφοράς μεταξύ της σύγχρονης ταχύτητας  $n_s$  και της ταχύτητας του ρότορα του κινητήρα  $n_m$  προς την σύγχρονη ταχύτητα ονομάζεται ολίσθηση ή πιο απλά η διαφορά ταχύτητας μεταξύ μαγνητικού πεδίου στάτη και δρομέα :

$$s = \frac{n_s - n_m}{n_s} (\times 100\%)$$

Η ταχύτητα περιστροφής  $n_m$  του ρότορα του κινητήρα είναι πάντοτε μικρότερη από την σύγχρονη ταχύτητα  $n_s$  του στρεφόμενου μαγνητικού πεδίου. Σε υπόθεση ότι  $n_m = n_s$  δεν θα προλαβαίνει το μαγνητικό πεδίο να κόψει τους αγωγούς του δρομέα,

δεν θα έχουμε επαγωγή και φυσικά θα μηδενιστεί η μαγνητική δύναμη και θα σταματήσει ο κινητήρας.



## Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup>

### Μηχανισμοί ελέγχου, διακοπής και προστασίας ηλεκτρικών εγκαταστάσεων

Όταν κατασκευάζουμε μια εσωτερική ηλεκτρική εγκατάσταση, πρέπει να ήμαστε πολύ προσεκτικοί με την ροή της ηλεκτρικής ενέργειας. Πρέπει να γίνετε πάντα με ασφάλεια και να μας παρέχει προστασία τόσο στην εγκατάσταση και τις καταναλώσεις που έχουμε συνδέσει, αλλά και ακόμη περισσότερο σε εμάς τους χρήστες.

Αιτίες που μπορούν να προκαλέσουν βλάβες ή ακόμα και καταστροφή της εγκατάστασης και των μηχανημάτων είναι οι παρακάτω:

- Υπερφόρτωση της εγκατάστασης
- Βραχυκυκλώματα που έχουν σαν αποτέλεσμα την ανάπτυξη μεγάλων ρευμάτων
- Υπέρταση ή απότομη πτώση τάσης από το δίκτυο διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας
- Υπέρταση του κυκλώματος λόγω κεραυνού
- Λάθη που οφείλονται στον εγκαταστάτη όπως για παράδειγμα εμφάνιση τάσης σε σημεία που δεν πρέπει να βρίσκονται υπό τάση, ακόμα και κακό σφίξιμο των ακροδεκτών στους πίνακες και άλλα σημεία της εγκατάστασης με αποτέλεσμα τον σπινθηρισμό και καταστροφή των καλωδίων

Για τους παραπάνω λόγους χρησιμοποιούμε μια σειρά από μηχανισμούς και εξαρτήματα τα οποία θα περιγράψουμε παρακάτω

#### 3.1 Διακόπτες

Οι διακόπτες πίνακα ή ηλεκτρικών κυκλωμάτων, είναι μηχανισμοί όπου τους τοποθετούμε μέσα στους ηλεκτρικούς πίνακες της εγκατάστασης και η χρήση τους

είναι να ανοίγουν η να κλείνουν ένα η περισσότερα κυκλώματα όταν τους δοθεί μια ή και περισσότερες εντολές

Η εντολή μπορεί να είναι ένα σήμα (ηλεκτρικό, πνευματικό) ή από τον άνθρωπο.

Διακρίνονται σε:

1. Διακόπτες κυκλωμάτων ισχύος



Εικόνα 3.1.1 Ασφαλοδιακόπτες με Αντί-ηλεκτροπληξιακό

Οι διακόπτες αυτοί, ανάλογα με την ισχύ ή το ρεύμα διακοπής, χωρίζονται σε:

- Αποζεύκτες
- Διακόπτες φορτίου
- Διακόπτες ισχύος
- Διακόπτες εκκινητές κινητήρων

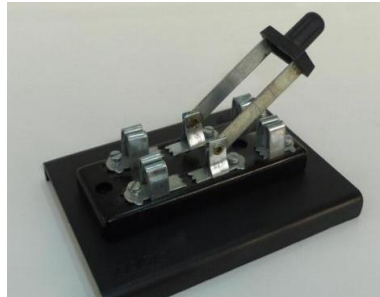
2. Και σε βοηθητικούς διακόπτες ή διακόπτες έλεγχου

Οι διακόπτες αυτοί ανάλογα με τον μηχανισμό που κινεί τις επαφές τους διακρίνονται σε

- Μηχανικούς
- Ηλεκτρομαγνητικούς ( ηλεκτρονόμοι, ρελέ)

Οι μηχανικοί διακόπτες χρησιμοποιούνται περισσότερο στις εγκαταστάσεις και διακρίνονται σε

I. Μαχαιρωτούς



Εικόνα 3.1.2 Μαχαιρωτός μονοπολικός διακόπτης

II. Περιστροφικούς



Εικόνα 3.1.3 Περιστροφικός διακόπτης

III. Μικροαυτόματους ράγας



Εικόνα 3.1.4 Μικροαυτόματος διακόπτης

Οι μικροαυτόματοι ράγας έχουν επικρατήσει ως διακόπτες κυκλωμάτων και οι περιστροφικοί διακόπτες ως γενικοί διακόπτες. Η επιλογή των διακοπών γίνεται βάση των παρακάτω

- I. Την ονομαστική τάση
- II. Το ονομαστικό ρεύμα λειτουργίας και την κατηγορία χρήσης
- III. Το θερμικό ρεύμα λειτουργίας
- IV. Το είδος προστασίας με ασφάλειες σε βραχυκυκλώματα.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι διακόπτες τοποθετούνται πάντα πριν από τις ασφάλειες και στον αγωγό της γείωσης δεν τοποθετούμε ποτέ διακόπτη.

### 3.2 Ασφάλειες

Ασφάλεια ονομάζουμε την διάταξη που προορίζεται να διακόπτει αυτόματα ένα κύκλωμα, όταν η έντασή του ξεπεράσει μία ορισμένη τιμή (ονομαστική ένταση). Σε ένα μονωτικό περίβλημα (από πορσελάνη, γυαλί ή πλαστικό) εγκλείεται ένας μικρός αγωγός, του οποίου τα φυσικά χαρακτηριστικά είναι προϋπολογισμένα έτσι, ώστε να αντέχει μέχρι μια ορισμένη ένταση ρεύματος. Αν, για οποιονδήποτε λόγο, η ένταση του ρεύματος αυξηθεί, ο αγωγός τήκεται (λιώνει), διακόπτοντας έτσι το ρεύμα στο κύκλωμα. Όταν αυτό συμβεί, η ασφάλεια χρειάζεται αντικατάσταση.



Εικόνα 3.2.1 Ασφάλεια κουμπωτή τήξεως

Συνήθως ο μικροαυτόματος ράγας μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν ασφάλεια αλλά χρησιμοποιούμε και ασφάλειες τήξης για μεγαλύτερη ασφάλεια.

Η επιλογή των ασφαλειών τήξης γίνεται λαμβάνοντας υπ όψιν τα παρακάτω:

- Την ονομαστική τάση του κυκλώματος
- Το ονομαστικό ρεύμα
- Το ονομαστικό ρεύμα απόζευξης από το οποίο προσδιορίζεται έμμεσα και ο τύπος της ασφάλειας
- Από το μεγάλο ρεύμα και το μικρό ρεύμα δοκιμής

### 3.3 Αυτόματοι διακόπτες ισχύος

Σε περιπτώσεις που το ρεύμα βραχυκύκλωσης υπερβεί μια προκαθορισμένη τιμή για ένα χρονικό διάστημα το οποίο το έχουμε προκαθορίσει εμείς, χρησιμοποιούμε διακόπτες ισχύος οι οποίοι θα ανοίξουν και θα μας προστατέψουν το κύκλωμα μας.



Εικόνα 3.3.1 Αυτόματος διακόπτης ισχύος

Οι διακόπτες αυτοί αποτελούνται από ένα θερμικό στοιχείο το οποίο θα δώσει εντολή στον διακόπτη ισχύος να ανοίξει λόγω υπερφόρτισης. Ο χρόνος απόκρισης κυμαίνεται από δευτερόλεπτα έως λεπτά ανάλογα το ρεύμα. Για προστασία από βραχυκύκλωμα χρησιμοποιείται συνήθως ένα ηλεκτρομαγνητικό στοιχείο το οποίο δίνει εντολή στον διακόπτη ισχύος να ανοίξει ακαριαία όταν το ρεύμα υπερβεί μια

τιμή 2 έως 15 φορές το ονομαστικό ρεύμα ανάλογα το που το έχουμε ρυθμίσει. Ο χρόνος απόκρισης είναι πάρα πολύ μικρός και κυμαίνεται από 10 έως 100 msec.

Οι διακόπτες ισχύος διακρίνονται, ανάλογα με την συσκευή που προστατεύουν, σε:

- Αυτόματοι διακόπτες γραμμών και συσκευών ή μικροαυτόματοι διακόπτες
- Αυτόματοι διακόπτες κινητήρων
- Αυτόματοι διακόπτες ισχύος για εγκαταστάσεις διανομής

### 3.4 Αγωγοί–καλώδια

Σημαντικός παράγοντας για την κατασκευή του κυκλώματος είναι και η καλωδίωση του. Θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε την σωστή διατομή καλωδίων καθώς και τα σωστά χρώματα

ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΤΡΙΦΑΣΙΚΟΙ 380V /50 Hz - ΑΠ' ΕΥΘΕΙΑΣ ΕΚΚΙΝΗΣΗ																	
KW	HP	mm <sup>2</sup> ->	1.5	2.5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240
0.37	0.5		810	1350	2160	3240	5500	8530									
0.55	0.75		550	920	1480	2230	3780	5860	8890								
0.75	1		410	680	1090	1640	2780	4330	6570	9010							
1.1	1.5		300	500	810	1210	2060	3200	4850	6640	9220						
1.5	2		220	370	590	880	1500	2340	3560	4890	6830	9230					
2.2	3		150	250	400	600	1030	1600	2440	3350	4680	6340	7990	9870			
3	4		110	190	310	460	790	1230	1880	2590	3630	4930	6230	7720	9060		
3.7	5		90	150	240	370	630	980	1490	2050	2870	3900	4920	6080	7130	8530	
4	5.5		80	140	230	340	590	920	1390	1910	2670	3600	4520	5570	6490	7740	9320
5.5	7.5	Μέγιστο	60	110	170	260	440	690	1060	1450	2030	2750	3460	4270	5000	5970	7230
7.5	10	επιτρεπόμενο	50	80	130	200	340	530	810	1110	1560	2120	2680	3310	3890	4660	5670
11	15	μήκος	0	50	90	130	230	360	550	750	1060	1440	1820	2250	2640	3160	3850
15	20	καλωδίου ->	0	0	70	100	170	270	410	570	800	1080	1370	1690	1990	2380	2900
18.5	25	(m)	0	0	0	80	140	210	330	450	630	860	1090	1350	1590	1900	2310
22	30		0	0	0	70	120	180	280	380	540	740	930	1150	1360	1380	1990
30	40		0	0	0	0	90	130	210	280	400	540	680	840	980	1180	1420
37	50		0	0	0	0	0	110	170	230	320	440	550	680	800	950	1160
45	60		0	0	0	0	0	0	140	180	270	360	460	570	670	800	970
55	75		0	0	0	0	0	0	120	160	200	310	390	480	560	670	820
75	100		0	0	0	0	0	0	0	0	170	230	300	370	430	520	630
90	125		0	0	0	0	0	0	0	0	0	170	220	270	310	380	450
110	150		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	190	230	270	320	390
130	175		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	200	240	280	340
150	200		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	180	210	250	310

Πίνακας 3.4.1 Υπολογισμός διατομής καλωδίων

Για να βρούμε την διατομή που θα χρησιμοποιήσουμε θα πρέπει να γνωρίζουμε την απόσταση του κινητήρα από τον ηλεκτρικό πίνακα, την ισχύ του κινητήρα και τον τρόπο εκκίνησης.

Στην συνεχεία βάση πινάκων υπολογίζουμε την διατομή

### 3.5 Ηλεκτρονόμος-Ρελέ

Ένας ηλεκτρονόμος είναι ένας ηλεκτρικός διακόπτης. Πολλά ρελέ χρησιμοποιούν έναν ηλεκτρομαγνήτη για τη λειτουργία ενός μηχανικού μηχανισμού μεταγωγής επαφών, αλλά και άλλες αρχές λειτουργίας χρησιμοποιούνται επίσης. Οι ηλεκτρονόμοι χρησιμοποιούνται όπου είναι αναγκαίο, για τον έλεγχο ενός κυκλώματος με ένα χαμηλής ισχύος σήμα (με πλήρη ηλεκτρική απομόνωση μεταξύ του ελέγχου και των ελεγχόμενων κυκλωμάτων), ή όταν διάφορα κυκλώματα πρέπει να ελέγχονται από ένα σήμα. Οι ηλεκτρονόμοι χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, τους:

- Ηλεκτρονόμους ισχύος
- Και τους βοηθητικούς ηλεκτρονόμους.

Οι ηλεκτρονόμοι ισχύος χρησιμοποιούνται για να διακόπτουν κυκλώματα με ισχυρά ρεύματα και συνήθως έχουν μία βοηθητική επαφή, κανονικά ανοικτή, για να μπορέσουμε να υλοποιήσουμε το κύκλωμα της απευθείας εκκίνησης, ενώ οι βοηθητικοί ηλεκτρονόμοι χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο των κυκλωμάτων και έχουν μονό βοηθητικές επαφές.

Επίσης στους ηλεκτρονόμους ισχύος μπορούμε να προσθέσουμε βοηθητικές επαφές οι οποίες κουμπώνουν στο πάνω μέρος του ηλεκτρονόμου ή στο πλάι.



Εικόνα 3.5.1 Ηλεκτρονόμος, Μηχανική μανδάλωση και κουμπωτές βοηθητικές επαφές

Το ρελέ ή ηλεκτρονόμο θα μπορούσαμε να τον χαρακτηρίσουμε και ως έναν διακόπτη ο οποίος ελέγχεται από απόσταση.

Τα ρελέ αποτελούνται από:

- Τον μεταλλικό σπλισμό με το επανατατικό ελατήριο
- Το πηνίο
- Τις επαφές ισχύος
- Τις βοηθητικές επαφές
- Και τον θάλαμο σβέσης του τόξου σε ηλεκτρονόμους μεγάλης ισχύος

Ο ηλεκτρονόμος για να λειτουργήσει πρέπει να τροφοδοτήσουμε τα άκρα του με ένα ρεύμα. Θα δημιουργήσουμε στο πηνίο ένα μαγνητικό πεδίο το οποίο έχει μεγαλύτερη δύναμη από το ελατήριο και έλκει τον μεταλλικό σπλισμό και μέσω αυτού του μηχανισμού το ρελέ σπλίζει, δηλαδή κλείνουν οι επαφές ή ανοίγουν.

Ο ηλεκτρονόμος θα παραμείνει σε αυτή την κατάσταση για όσο διάστημα το τροφοδοτούμε με ρεύμα γιατί αν διακόψουμε την παροχή ρεύματος το ελατήριο θα ωθήσει το κινούμενο μαγνητικό μέρος και θα ανοίξουν οι επαφές.

Οι επαφές του ρελέ διακρίνονται σε ισχύος ή κύριες και βοηθητικές. Οι κύριες επαφές ονομάζονται με τα νούμερα 1-2, 3-4, 5-6 ή L1-L1', L2-L2', L3-L3'. Οι βοηθητικές επαφές ονομάζονται με τους αριθμούς 11-12, 13-14, 21-22, 23-24.

Όταν πρόκειται για κλειστή επαφή NC τότε ο αριθμός τελειώνει σε 1-2 και αντίστοιχα όταν πρόκειται για ανοικτή επαφή τότε ο αριθμός τελειώνει σε 3-4.

Η επιλογή του ηλεκτρονόμου που θα χρησιμοποιήσουμε γίνεται λαμβάνοντας υπ όψιν τα παρακάτω στοιχεία:

- Την κλάση προστασίας ( για παράδειγμα IP 20 ρελέ ανοικτού τύπου )
- Την κατηγορία χρήσης
- Την ονομαστική τάση δικτύου
- Το ονομαστικό ρεύμα λειτουργίας
- Το θερμικό ρεύμα



- Την προστασία τους ( για παράδειγμα αντιακρηκτική προστασία )
- Την τάση τροφοδοσίας του πηνίου
- Τον αριθμό των βοηθητικών επαφών

Ο παραπάνω πίνακας μας δείχνει τις κατηγορίες των ρελέ που υπάρχουν ανάλογα με το που θα χρησιμοποιηθούν.

Χαρακτηριστικά Εφαρμογής	Κατηγορία	Καταστάσεις Ομαλής λειτουργίας σε			
		Ζέυξη		Απόζευξη	
<b>Αντιστάσεις ( επαγωγικά ή μη φορτία)</b>	AC1	Iov	Uov	Iov	Uov
<b>Δακτυλιοφόροι Κινητήρες</b>					
Απόζευξη όταν λειτουργεί	AC'2	2,5 Iov	Uov	Iov	0,4 Uov
Απόζευξη όταν μπλοκάρει	AC2	2,5 Iov	Uov	2,5 Iov	Uov
<b>Κινητήρες Βραχυκυκλωμένου Δρομέα</b>					
Απόζευξη όταν λειτουργεί	AC3	6 Iov	Uov	Iov	0,17 Uov
Απόζευξη όταν μπλοκάρει	AC4	6 Iov	Uov	6 Iov	Uov

Επίσης όταν είναι να χρησιμοποιήσουμε πολλούς ηλεκτρονόμους στον ίδιο αυτοματισμό, όπως για παράδειγμα στο κύκλωμα αστέρα – τριγώνου όπου δεν θέλουμε να οπλίσουν μαζί το ρελέ του αστέρα και του τριγώνου ή στην αλλαγή φοράς περιστροφής όπου τα δυο ρελέ ισχύος πάλι δεν πρέπει να οπλίσουν ταυτόχρονα, υπάρχει μια βάση ή λάμα την οποία τοποθετούμε στα ρελέ αυτά και μας παρέχουν μηχανική μανδάλωση. Τα παραπάνω εξαρτώνται από την κατασκευή του ηλεκτρονόμου.

### 3.6 Χρονικά ρελέ

Τα χρονικά ρελέ τα οποία λειτουργούν ή σταματούν να λειτουργούν όταν τα τροφοδοτήσουμε ή σταματήσουμε την τροφοδοσία τάσης στο πηνίο τους, delay on και delay off relays ή και on/off delay relays.



Εικόνα 3.6.1 Χρονικά

### 3.7 Θερμικά ρελέ

Τα θερμικά ρελέ το οποία χρησιμοποιούνται για να προστατέψουν τους κινητήρες ή άλλα ευαίσθητα μηχανήματα από υπερθέρμανση. Τα θερμικά συνδέονται ηλεκτρικά με τους ηλεκτρονόμους ισχύος.

Τα κοινά θερμικά αποτελούνται από τρεις επαφές εισόδου, τρία διμεταλλικά



Εικόνα 3.7.1 Καρφωτό θερμικό ρελέ

ελάσματα, τρεις επαφές εξόδου, μια κλειστή βοηθητική επαφή NC 95 – 96 και μια ανοικτή επαφή NO 95 – 98. Τις βοηθητικές επαφές τις μετακινεί το διμεταλλικό έλασμα και τις χρησιμοποιούμε για να ελέγξουμε το βοηθητικό κύκλωμα. Επίσης στο θερμικό υπάρχει και ο μηχανισμός της περιοχής ρύθμισης του θερμικού καθώς και ένα κουμπάκι για να σταματήσουμε το θερμικό (stop) και ένα για να κάνουμε reset.

### 3.8 Μπουτόν

Τα μπουτόν είναι και αυτά διακόπτες τα οποία αν σταματήσεις να τα πατάς επανέρχονται στην προηγούμενη κατάσταση τους

Διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες μπουτόν start, τα μπουτόν stop και τα εκτάκτου



**Εικόνα 3.8.1 Μπουτόν Start**


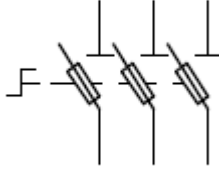
ανάγκης τα οποία όταν πατηθούν έχουν έναν μηχανισμό μανδάλωσης και πρέπει να τα περιστρέψουμε για να επανέρθουν στη προηγούμενη κατάσταση τους.

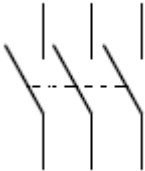
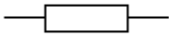
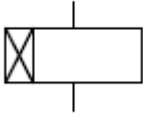
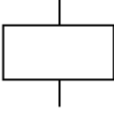


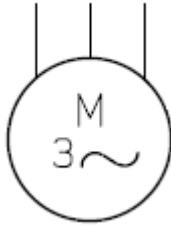
### 3.8 Κατανόηση του ηλεκτρολογικού σχεδίου


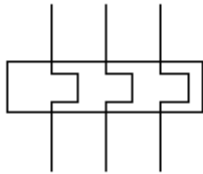
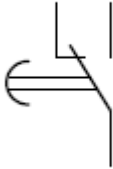
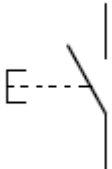
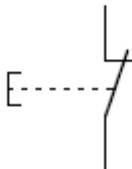
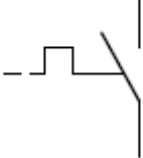
Σε αυτή την πτυχιακή εργασία θα αναφερθούμε σε αρκετά ηλεκτρολογικά σχέδια όπως για παράδειγμα του αυτομάτου διακόπτη αστέρα τριγώνου.

Για να κατανοήσουμε αυτά τα σχέδια θα πρέπει να αναφερθούμε και στα πιο απλά ηλεκτρολογικά σύμβολα που θα χρησιμοποιήσουμε.

Ο παρακάτω πίνακας μας δείχνει την ονομασία και το σύμβολο

Ασφάλεια τήξης	
Ασφαλοδιακόπτες	

Τριπολικός διακόπτης	
Αντίσταση	
Πηνίο χρονικού ρελέ Delay on	
Πηνίο ηλεκτρονόμου	
Κανονικά κλειστή επαφή	
Κανονικά ανοικτή επαφή	
Κινητήρας τριφασικός	

Μετασχηματιστής	
Θερμικό προστασία	
Μεταγωγική επαφή χρονικού delay on	
Μπουτόν start	
Μπουτόν Stop	
Επαφή 95-98 θερμικού	

## Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup>

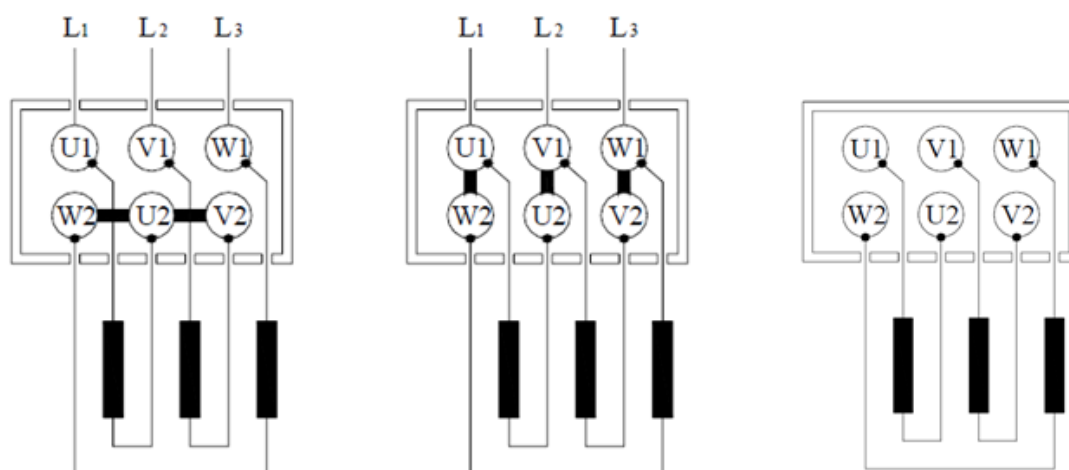
### Προβλήματα επαγωγικών κινητήρων κατά την εκκίνηση

Οι επαγωγικοί κινητήρες βραχυκυκλωμένου δρομέα, λόγω της κατασκευής τους, κατά την εκκίνησή τους απορροφούν μεγάλο ρεύμα, μέχρι και οκτώ φορές το ονομαστικό ρεύμα λειτουργίας τους και αυτό έχει σαν επίπτωση την στιγμιαία πτώση τάσης του δικτύου.

Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται βύθιση τάσης και είναι σοβαρό για την ηλεκτρολογική εγκατάσταση, τόσο στην στεριά όσο και στα πλοία, γιατί μπορεί να προκαλέσει καταστροφές σε διάφορες καταναλώσεις.

Για να μειώσουμε το ρεύμα εκκίνησης χρησιμοποιούμε διάφορους τρόπους εκκίνησης οι οποίοι είναι:

- Απευθείας εκκίνηση κινητήρα
- Εκκίνηση με αυτόματο ή χειροκίνητο διακόπτη Αστέρα – τριγώνου
- Εκκίνηση με αντιστάσεις στο τύλιγμα του στάτη
- Εκκίνηση με αυτομετασχηματιστή
- Και εκκίνηση με την χρήση ηλεκτρονικών ισχύος (soft starters, inverters)

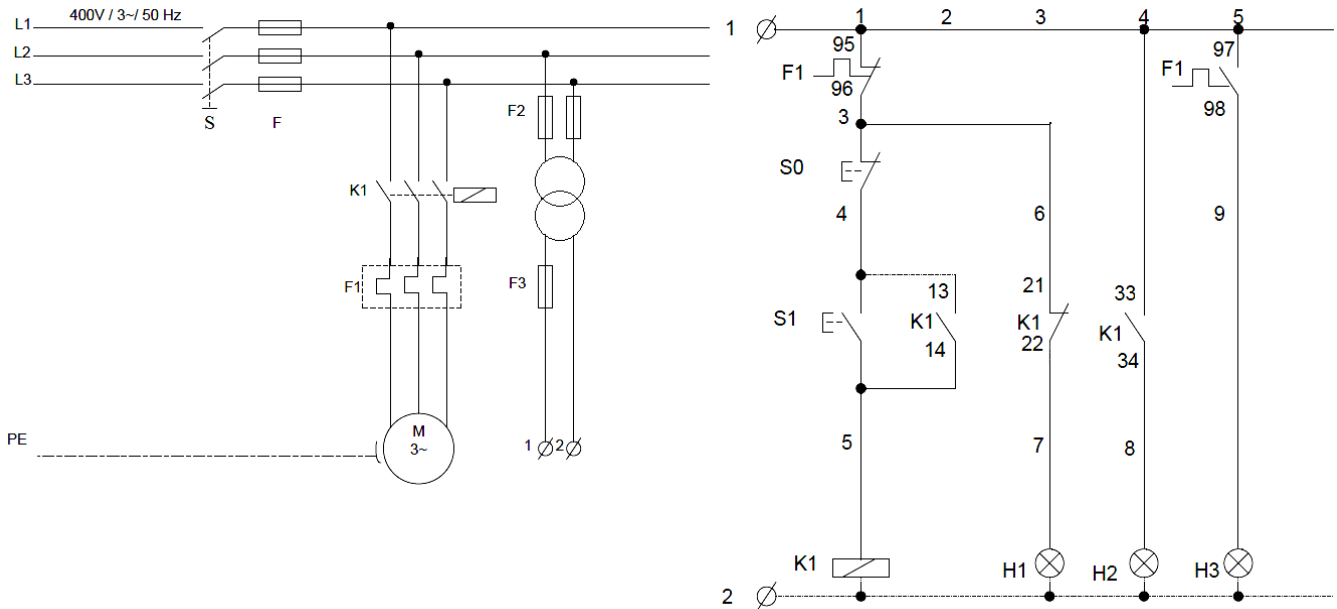


Εικόνα4.0.1 Συνδεσμολογία τυλιγμάτων κατά αστέρα, κατά τρίγωνο στο κιβώτιο σύνδεσης

Θα πρέπει όμως για να αναλύσουμε τα παραπάνω να θυμηθούμε και πως συνδέονται τα τυλίγματα του στάτη για να έχουμε την σύνδεση κατά αστέρα και κατά τρίγωνο.

#### 4.1.1 Απευθείας εκκίνηση

Για να ξεκινήσουμε έναν κινητήρα απευθείας από το δίκτυο θα πρέπει να πραγματοποιήσουμε την παρακάτω συνδεσμολογία



Εικόνα 4.1.1 Κύκλωμα ισχύος και βοηθητικό κύκλωμα απ' ευθείας εκκίνησης τριφασικού κινητήρα

Για να πραγματοποιήσουμε την παραπάνω συνδεσμολογία χρειαζόμαστε:

- ένα ηλεκτρονόμο K1 με τρεις κύριες, δυο βοηθητικές NO 13-14, 33-34 επαφές και μια NC 21-22 βοηθητική επαφή
- ένα θερμικό F1
- ένα μπουτόν start S1 και ένα stop S0
- ασφάλειες τήξης F, F2 και F3
- έναν τριπολικό διακόπτη S

- Τρεις ενδεικτικές λυχνίες H1 για στάση του κινητήρα, H2 για την ένδειξη της λειτουργίας του κινητήρα και H3 η οποία θα μας δείχνει πότε έχουμε βλάβη από υπερφόρτωση του κινητήρα
- καλώδια
- και έναν κινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα.

Για να ξεκινήσουμε τον κινητήρα μας θα πρέπει να έχουμε σε κλειστή θέση τον διακόπτη S. Το ρεύμα διαρρέει τον διακόπτη και τις ασφάλειες και φτάνει έως τις κύριες επαφές του ηλεκτρονόμου στο κύκλωμα ισχύος και έως το μπουτόν start στο βοηθητικό κύκλωμα.

Μέσω της κλειστής επαφής 21-22 του ηλεκτρονόμου η τάση εφαρμόζεται στα άκρα της λυχνίας H2 και μας δείχνει ότι ο κινητήρας είναι σταματημένος.

Στην συνέχεια πατώντας το μπουτόν start ο ηλεκτρονόμος οπλίζει και αρχίζει να λειτουργεί ο κινητήρας. Ταυτόχρονα με το που οπλίζει το ρελέ κλείνει και η βοηθητική επαφή 13 – 14 του βοηθητικού κυκλώματος και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την αυτοσυγκράτηση, διαφορετικά αν αφήναμε το μπουτόν start θα σταματούσε και ο κινητήρας μας.

Η λυχνία H2 έχει σβήσει και έχει ανάψει η λυχνία H1.

Σε περίπτωση που υπερφορτιστεί ο κινητήρας για παράδειγμα αν εργάζεται αρκετή ώρα με δυο φάσεις τότε θα ανοίξει η επαφή του θερμικού 95 -96 και θα κλείσει αντίστοιχα η επαφή του θερμικού 95 – 98 με αποτέλεσμα να σταματήσει να λειτουργεί ο κινητήρας μας και να ανάψει η ενδεικτική λυχνία H3.

Για να σταματήσουμε την λειτουργία του κινητήρα θα πρέπει να πατήσουμε το μπουτόν stop και με αυτόν τον τρόπο θα ανοίξει η επαφή αυτοσυγκράτησης 13 – 14 στο βοηθητικό κύκλωμα και θα ανάψει η λυχνία H2.

Τα τυλίγματα του στάτη είναι συνδεδεμένα με τα λαμάκια κατά τρίγωνο.

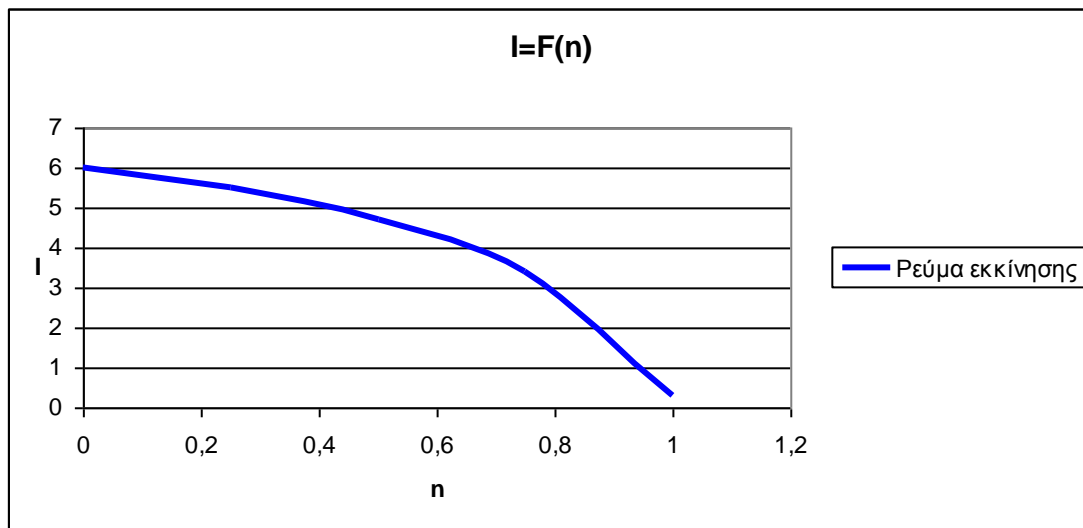
Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται σε κινητήρες με μικρή ισχύ και με πλήρες φορτίο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα κατά την εκκίνηση τους , να έχουμε ρεύμα εκκίνησης 6 έως 8 φορές το ονομαστικό ρεύμα.



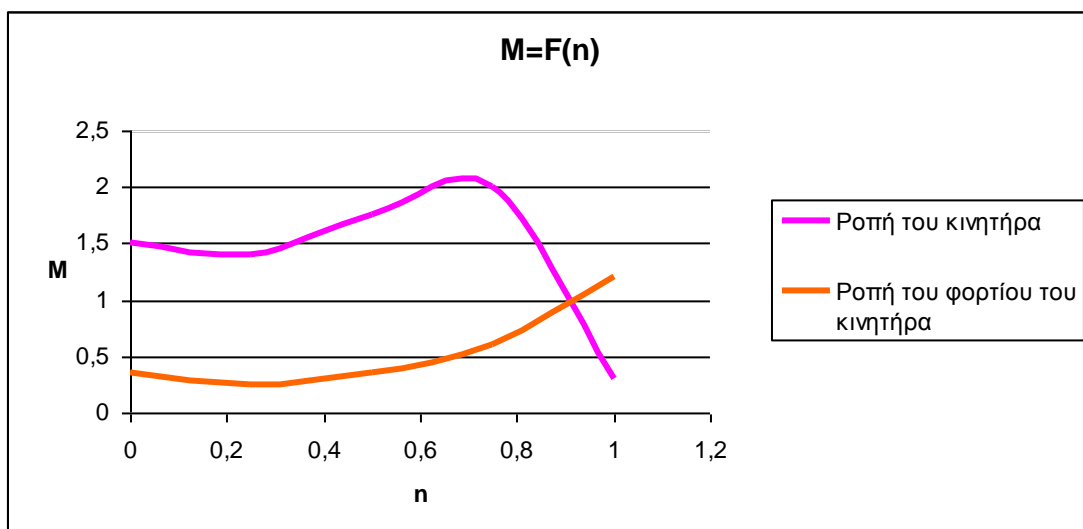
Η ροπή κατά την διάρκεια της εκκίνησης είναι μεγαλύτερη από την ονομαστική ροπή, και γίνεται ακόμα μεγαλύτερη όταν ο κινητήρας φθάσει περίπου το 80 % της ταχύτητας του και σε διάγραμμα που θα δούμε παρακάτω παρατηρούμε ότι το ρεύμα εκκίνησης έχει μειωθεί πολύ.

Με αυτό τον τρόπο εκκίνησης δεν μπορούμε να ελέγξουμε τις στροφές του κινητήρα.

Η ισχύς των κινητήρων που εκκινούν με αυτό τον τρόπο δεν πρέπει να ξεπερνά τους 1,5 HP.



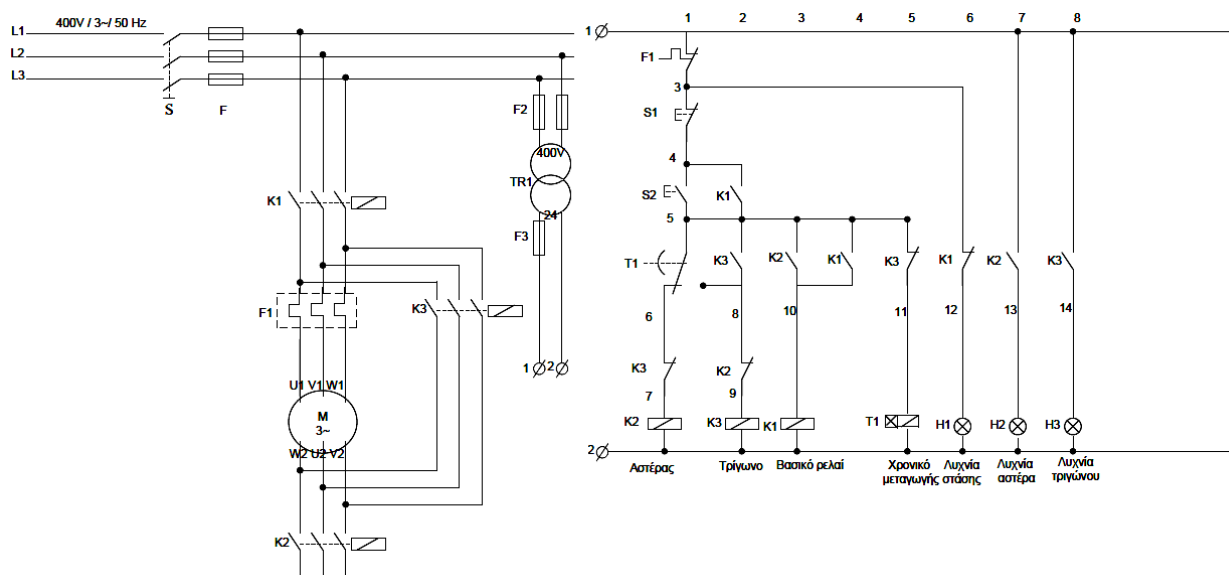
Εικόνα 4.1.2 Διάγραμμα ρεύματος κατά την εκκίνηση του κινητήρα



Εικόνα 4.1.3 Διάγραμμα ροπής με απ' ευθείας εκκίνηση

## 4.2 Εκκίνηση με αυτόματο ή χειροκίνητο διακόπτη Αστέρα – τριγώνου

Η εκκίνηση ενός κινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα με αυτόματο διακόπτη αστέρα – τριγώνου γίνεται υλοποιώντας την παρακάτω συνδεσμολογία.



Εικόνα 4.2.1 Κύκλωμα ισχύος και βοηθητικό κύκλωμα εκκίνησης κινητήρα με αυτόματο διακόπτη αστέρα - τριγώνου

Για να την πραγματοποιήσουμε θα χρειαστούμε τα παρακάτω υλικά:

- Τρεις ηλεκτρονόμους K1, K2 και K3
- Ένα χρονικό T1
- Ένα θερμικό F1
- Ένα μπουτόν start S2 και ένα μπουτόν stop S1
- Ένα χειροκίνητο διακόπτη τριπολικό S
- Τέσσερις ασφάλειες τήξης F, F2 και F3
- Τρεις ενδεικτικές λυχνίες H1, H2 και H3
- Καλώδια
- Έναν μετασχηματιστή 400 V/ 24 V

- Καθώς και τον κινητήρα μας.

Όταν πραγματοποιούμε την παραπάνω συνδεσμολογία παρατηρούμε ότι τα τυλίγματα του στάτη δεν είναι βραχυκυκλωμένα και αυτό γιατί χρησιμοποιούμε και τις έξι επαφές.

Όταν κλείσουμε τον χειροκίνητο διακόπτη S το κύκλωμά μας αρχίζει και διαρρέεται από τάση και η λυχνία στάσης είναι ενεργοποιημένη. Στην συνέχεια πρέπει να πατήσουμε το μπουτόν start S2 και παρατηρούμε ότι οπλίζει ο ηλεκτρονόμος K2. Κλείνουν οι επαφές ισχύος του, ανοίγει η NC 21 – 22 για να μην εκκινήσει και ο K2 ταυτόχρονα με τον K3 ( μανδάλωση ) και κλείνει και η NO 13 – 14 για να οπλίσει και ο ηλεκτρονόμος K1.

Επίσης η λυχνία H1 έχει σβήσει και έχει ενεργοποιηθεί η λυχνία H2 και μας δείχνει ότι ο κινητήρας μας λειτουργεί κατά αστέρα.

Έως αυτό το σημείο έχουμε καταφέρει να συνδέσουμε τον κινητήρα μας σε συνδεσμολογία αστέρα και αρχίζει το χρονικό T1 να μετράει χρόνο για να συνδεθεί ο κινητήρας μας σε συνδεσμολογία τριγώνου.

Ο ηλεκτρονόμος K1 είναι ενεργοποιημένος και έχει κλείσει και η επαφή NO 13 – 14 η οποία είναι η επαφή αυτοσυγκράτησης. Όταν περάσει ο χρόνος t που έχουμε ορίσει στο χρονικό μας T1 τότε απενεργοποιείται ο ηλεκτρονόμος K2 και οπλίζει ο ηλεκτρονόμος K3.

Ανοίγει η επαφή NC 11 – 12 του K3 που είναι και αυτή επαφή μανδάλωσης και επίσης δεν τροφοδοτείται το χρονικό με τάση, και με αυτό τον τρόπο μεγαλώνει και η διάρκεια ζωής του. Τέλος θα ενεργοποιηθεί και η λυχνία H3 η οποία μας δείχνει ότι ο κινητήρας μας λειτουργεί σε συνδεσμολογία τριγώνου.

Ο ηλεκτρονόμος K1 είναι ο ηλεκτρονόμος του δικτύου και πάνω σε αυτόν τοποθετείται το θερμικό γιατί είτε έχουμε αστέρα η τρίγωνο αυτός θα είναι ενεργοποιημένος.

Ο ηλεκτρονόμος K3 ονομάζεται τριγώνου και ο ηλεκτρονόμος K2 αστέρα. Οι K3 και K2 δεν πρέπει να οπλίζουν ποτέ μαζί γιατί τότε θα έχουμε βραχυκύκλωμα. Γι αυτό τον λόγο έχουμε συνδεδεμένες και τις επαφές μανδάλωσης.

Ο χρόνος που θα πρέπει να λειτουργήσει ο κινητήρας μας σε συνδεσμολογία αστέρα είναι αυτός που χρειάζεται για να αποκτήσει την ταχύτητα λειτουργίας του.

Σε περίπτωση που ο χρόνος αυτός είναι μικρός έχουμε μεγαλύτερο ρεύμα εκκίνησης και ενδέχεται να καούν οι ασφάλειες τήξης, καθώς και μετά από πολλές εκκινήσεις να έχουμε καταστροφή και τον επαφών του ηλεκτρονόμου του τριγώνου.

Εάν όμως ο χρόνος αυτός είναι μεγάλος τότε η ισχύς του κινητήρα και η ροπή του μειώνονται με αποτέλεσμα να έχουμε πτώση του θερμικού από ζόρισμα του κινητήρα.

Ο υπολογισμός του χρόνου γίνεται πάρα πολύ εύκολα με την χρήση ενός αμπερομέτρου και ενός χρονομέτρου. Αφού έχουμε συνδέσει τον αμπερόμετρο ξεκινάμε τον κινητήρα και το χρονόμετρο και όταν το ρεύμα εκκίνησης φτάσει το διπλάσιο του ονομαστικού σταματάμε τον χρονόμετρο. Ο χρόνος αυτός είναι ο χρόνος που πρέπει να γίνεται η μεταγωγή από αστέρα σε τρίγωνο.

Το μέγιστο ρεύμα που επιτρέπετε να περάσει μέσα από το θερμικό είναι 0,58 επί το  $I_{ov}$  όπου το  $I_{ov}$  αναγράφεται στην πινακίδα κάθε κινητήρα.

Επίσης για να διαλέξουμε την διατομή των καλωδίων, τις ασφάλειες και τους διακόπτες καθώς και στα πόσα Ampere θα ρυθμίσουμε το θερμικό μας, μπορούμε να συμβουλευτούμε έτοιμους πίνακες όπως ο παρακάτω.

**Πίνακας 4.2 Πίνακας για την επιλογή των υλικών αυτοματισμού**

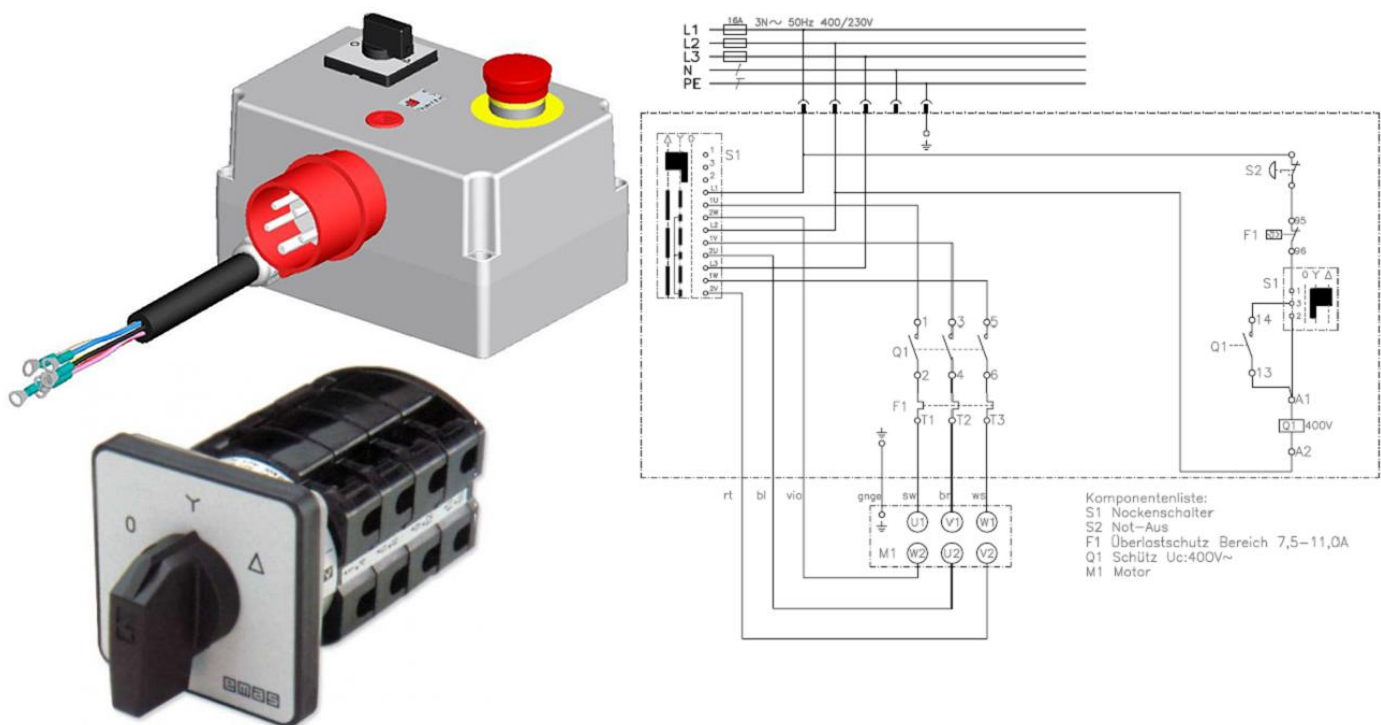
Ισχύς (KW)	Ισχύς (PS)	Ιον (A)	Γενικός Διακόπτης (A)	Ασφάλεια Τήξεως (A)	Ηλεκτρονόμοι (KW / 380 V, AC3)	Τροφοδοτικοί Αγωγοί (mm <sup>2</sup> )	Ρύθμιση θερμικού (A)
2,2	3	5,4	16	6	4	2,5	3,1
3	4	7,1	16	10	4	2,5	4
4	5,5	8,8	16	10	4	2,5	5
5,5	7,5	12	25	16	5,5	4	6,7
7,5	10	16	25	20	5,5	4	9
9	12,5	19	25	25	5,5	6	11
11	15	22	40	25	7,5	6	12,4
15	20	29	40	35	11	10	16,7
18,5	25	38	69	50	15	16	21,5

Η διαφορά του αυτόματου με τον χειροκίνητο διακόπτη αστέρα – τριγώνου είναι ότι αντί να έχουμε τον όλο αυτοματισμό έχουμε έναν διακόπτη, μετά από τον γενικό διακόπτη και τις ασφάλειες τήξης, ο οποίος έχει τρεις θέσεις.

Στην πρώτη θέση που συνήθως έχει το σύμβολο 0 (μηδέν) ο κινητήρας μας είναι σταματημένος. Στην δεύτερη θέση που συμβολίζεται με Y ο κινητήρας μας ξεκάνει σε αστέρα και την τρίτη και τελευταία θέση που συμβολίζεται με Δ ο κινητήρας μας συνδέεται σε τρίγωνο.

Πολλές φορές αντί για Y και Δ μπορεί να συναντήσουμε αριθμούς 1 και 2 αντίστοιχα.

Επίσης στον χειροκίνητο διακόπτη αστέρα - τριγώνου υπάρχει ένας ηλεκτρονόμος θερμικό καθώς και μπουτόν emergency stop.



**Εικόνα 4.2.2 Συνδεσμολογία χειροκίνητου διακόπτη αστέρα - τριγώνου**

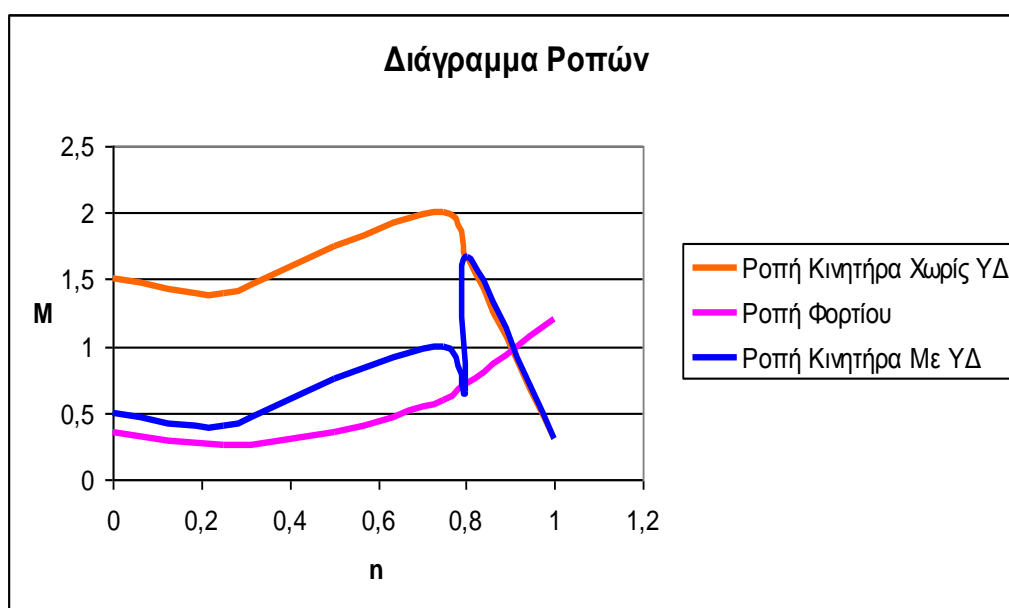
Η χρήση του χειροκίνητου διακόπτη θέλει πολύ μεγάλη προσοχή για να υπολογίσουμε τον χρόνο που θα κάνουμε την μεταγωγή από αστέρα σε τρίγωνο. Θέλει μεγάλη πείρα γιατί τις περισσότερες φορές ο χρήστης κάνει την μεταγωγή μηχανικά όταν παρατηρήσει ότι αλλάζει ο ήχος του κινητήρα.

Όταν εκκινούμε έναν κινητήρα με αυτόματο ή χειροκίνητο διακόπτη αστέρα – τριγώνου έχουμε καταφέρει:

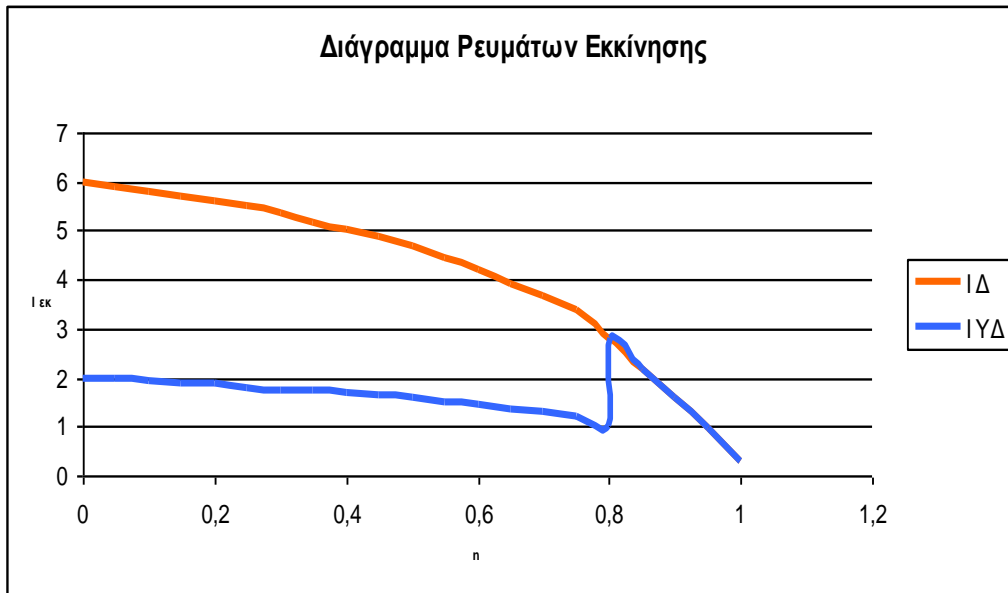
- να περιορίσουμε το ρεύμα εκκίνησης του κινητήρα στο διπλάσιο του ονομαστικού ρεύματος.
- Την ροπή όμως την έχουμε μειώσει στο κατά 3 φορές σε σχέση με το αν ξεκινούσαμε τον κινητήρα μας σε συνδεσμολογία τριγώνου. Για τον παραπάνω λόγο όταν χρησιμοποιούμε Υ – Δ θα πρέπει πάντα να ξεκινάμε τον κινητήρα μας χωρίς φορτίο.
- Η όλη εγκατάσταση και ο αυτοματισμός είναι πιο σύνθετος από το αν χρησιμοποιήσουμε απευθείας εκκίνηση και
- δεν μπορούμε να ρυθμίσουμε τις στροφές του κινητήρα.

Η χρήση του διακόπτη αστέρα τριγώνου είναι απαραίτητη για την εκκίνηση κινητήρων οι οποίοι έχουν ισχύ μεγαλύτερη από 2.5 KW.

Επίσης θα παρατηρήσουμε στα διαγράμματα ταχύτητας ροπής και ταχύτητας ρεύματος ότι κατά την αλλαγή από αστέρα σε τρίγωνο έχουμε αύξηση του ρεύματος και της ροπής



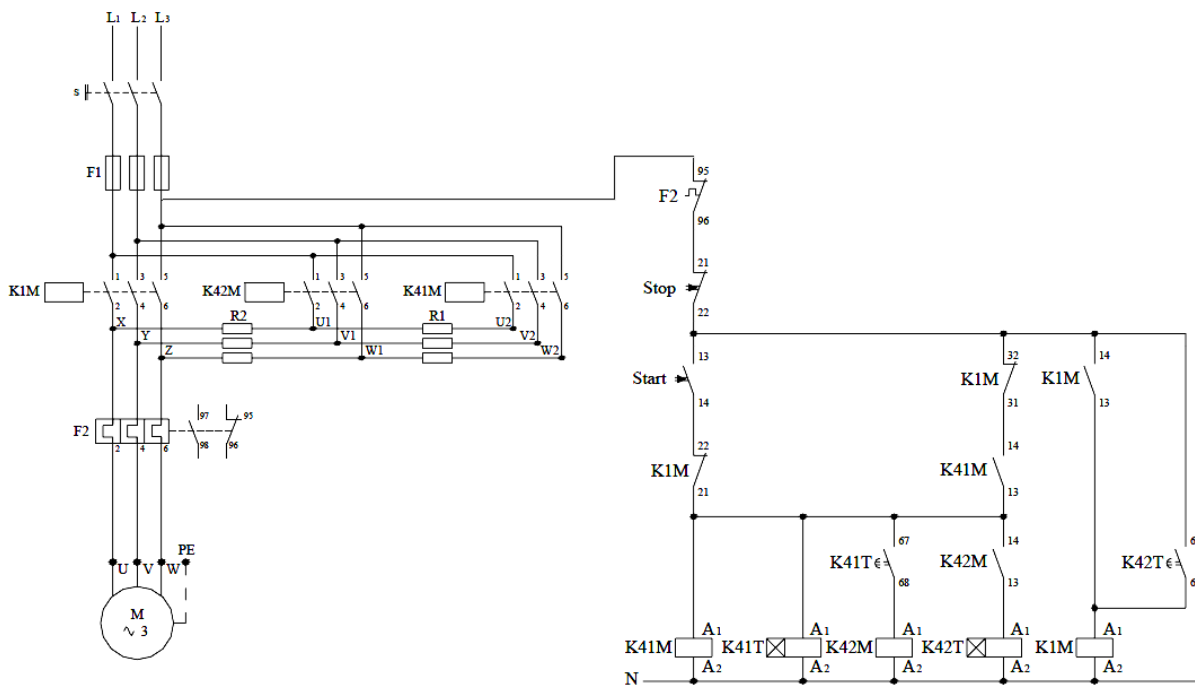
Εικόνα 4.2.3 Διάγραμμα ροπών με ΥΔ και χωρίς ΥΔ



Εικόνα 4.2.4 Διάγραμμα ρευμάτων εκκίνησης με ΥΔ και χωρίς ΥΔ

### 4.3 Εκκίνηση με αντιστάσεις στα τυλίγματα του στάτη

Την εκκίνηση με αντιστάσεις στο τύλιγμα του στάτη την χρησιμοποιούμε αντί του διακόπτη αστέρα – τριγώνου.



Εικόνα 4.3.1 Κύκλωμα ισχύος και βοηθητικό εκκίνησης με αντιστάσεις στον στάτη

Οι αντιστάσεις συνδέονται πριν τα τυλίγματα του στάτη (σύνδεση σε τυλιγμάτων αστερά ή τρίγωνο) ή και μετά τα τυλίγματα του (σύνδεση τυλιγμάτων σε αστερά).

Οι αντιστάσεις είναι κατάλληλα υπολογισμένες με βάση την ισχύ και το ρεύμα του κινητήρα και συνδέονται σε σειρά με τα τυλίγματα του κινητήρα.

Στο παραπάνω σχήμα μπορούμε να δούμε το κύριο και βοηθητικό κύκλωμα εκκίνησης τριφασικού κινητήρα με 2 βαθμίδες αντιστάσεων.

Για να πραγματοποιήσουμε την παραπάνω συνδεσμολογία θα χρειαστούμε:

- Τρεις ηλεκτρονόμους K1M, K41M και K42M
- Ένα θερμικό F2
- Δύο χρονικά K41T και K42T
- Ένα μπουτόν start και ένα stop
- Έναν τριπολικό διακόπτη S
- Τρεις ασφάλειες τήξης F1
- Δυο ομάδες αντιστάσεων R1 και R2
- Καλώδια
- Καθώς και τον κινητήρα.

Για να ξεκινήσουμε τον κινητήρα μας θα πρέπει πρώτα να έχουμε κλείσει τον τριπολικό διακόπτη S. Στην συνέχεια πατώντας το μπουτόν start και μέσω της κλειστής επαφής 21-22 του K1M οπλίζει ο ηλεκτρονόμος K41M και θέτει σε λειτουργία το κύκλωμα ισχύος και με τις δυο ομάδες αντιστάσεων. Το αποτέλεσμα είναι να ξεκινήσει ο κινητήρας με μειωμένη τάση λόγω της πτώσης τάσης που δημιουργείται πάνω στις αντιστάσεις.

Την ίδια στιγμή οπλίζει και το χρονικό K41T και μετά από ένα χρονικό διάστημα που έχουμε ρυθμίσει εμείς, κλείνει η επαφή 67 – 68 και οπλίζει ο ηλεκτρονόμος K42M με αποτέλεσμα να βγουν εκτός κυκλώματος οι αντιστάσεις της ομάδας R1. Η τάση στα



τυλίγματα του στάτη έχει αυξηθεί και ο κινητήρας έχει μπει στο δεύτερο βήμα της εκκίνησής του.

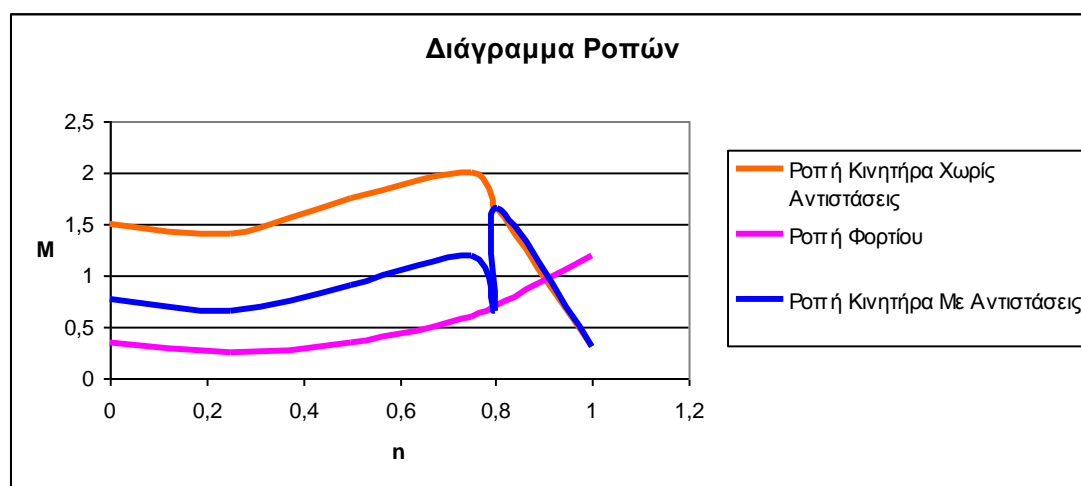
Όταν ενεργοποιηθεί ο ηλεκτρονόμος K42M μέσω της ανοικτής επαφής 13-14 ενεργοποιείται και το χρονικό K42T το οποίο μετά από τη χρονική καθυστέρηση που του έχουμε ορίσει κλείνει την επαφή του 67 – 68 και οπλίζει τον ηλεκτρονόμο K1M.

Με την ενεργοποίηση του ηλεκτρονόμου K1M η κλειστή επαφή του 31 – 32 ανοίγει με αποτέλεσμα να αποπλιστούν οι ηλεκτρονόμοι K41M και K42M καθώς επίσης και τα χρονικά K41T και K42T. Επίσης η ανοικτή επαφή 13 – 14 κλείνει και έχουμε την αυτοσυγκράτηση και την λειτουργία του κινητήρα με την τάση του δικτύου, χωρίς αντιστάσεις, αφού έχουν βγει εκτός κυκλώματος.

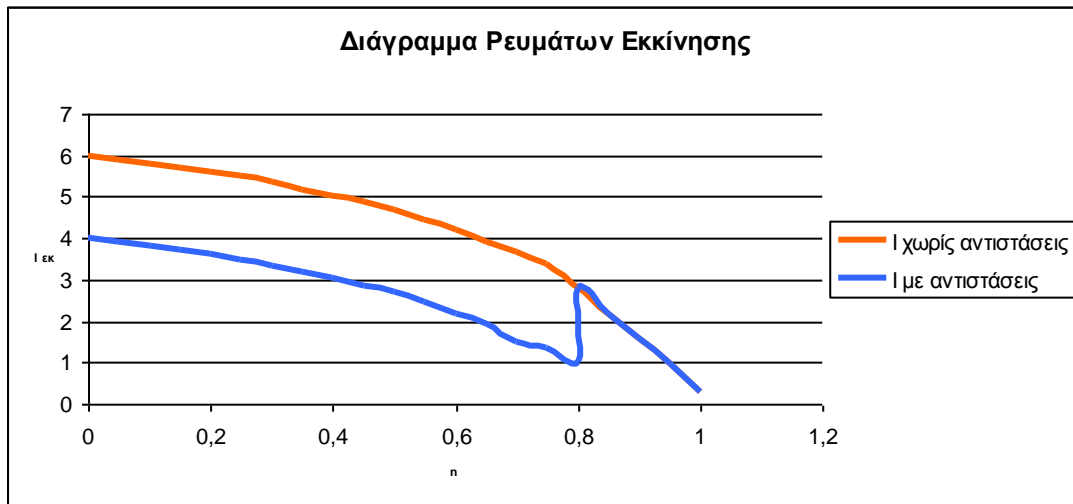
Η εκκίνηση με αντιστάσεις χρησιμοποιείται για μηχανές φορτίου με αυξημένη ροπή ή για μηχανές μεγάλης αδράνειας οι οποίες έχουν ροπή γύρω στο μισό της ονομαστικής τους.

Οι αντιστάσεις που χρησιμοποιούνται είναι κατασκευασμένες από σύρμα ή από χυτοσίδηρο και προσθέτουν θερμικές απώλειες στο κύκλωμα. Πρέπει να μην είναι συνδεδεμένες για πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα γιατί υπάρχει κίνδυνος να καούν. Επίσης δεν πρέπει να ξεκινούμε και να σταματάμε τον κινητήρα σε τακτά χρονικά διαστήματα γιατί δεν ψύχονται γρήγορα οι αντιστάσεις και μικραίνει ο χρόνος ζωής τους. Πολλές φορές χρησιμοποιούμε αντιστάσεις που ψύχονται με λάδι (τύπου ελαίου).

Στα παρακάτω διαγράμματα παρατηρούμε ότι το ρεύμα κατά την εκκίνηση είναι



Εικόνα 4.3.2 Διάγραμμα ροπής εκκίνησης με αντιστάσεις στον στάτη και χωρίς αντιστάσεις



Εικόνα 4.3.3 Διάγραμμα ρευμάτων εκκίνησης με αντιστάσεις στον στάτη και χωρίς αντιστάσεις

περίπου 4 φορές το  $I_{ov}$  και ότι η ροπή εκκίνησης είναι μικρότερη από την ροπή εκκίνησης όταν ξεκινούμε τον κινητήρα απευθείας από το δίκτυο.

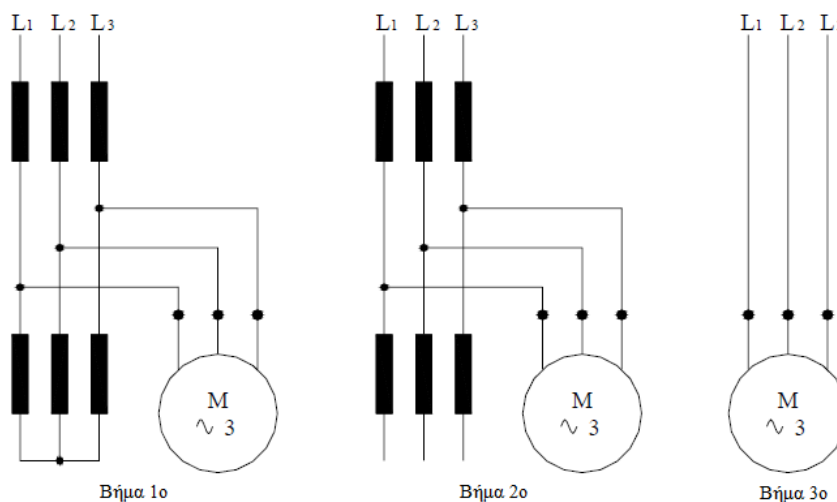
#### 4.4 Εκκίνηση με στραγγαλιστικά πηνία

Η εκκίνηση με στραγγαλιστικά πηνία χρησιμοποιείται αντί των ωμικών αντιστάσεων. Συνδέονται πριν τα τυλίγματα του στάτη κατά αστέρα ή τρίγωνο, ή μετά τα τυλίγματα του στάτη κατά αστέρα.

Είναι περίπου ο ίδιος τρόπος και αυτοματισμός με την εκκίνηση με ωμικές αντιστάσεις στον στάτη .

#### 4.5 Εκκίνηση με αυτομετασχηματιστή

Για να εκκινήσουμε κινητήρες μεγάλης ισχύος χρησιμοποιούμε τριφασικούς

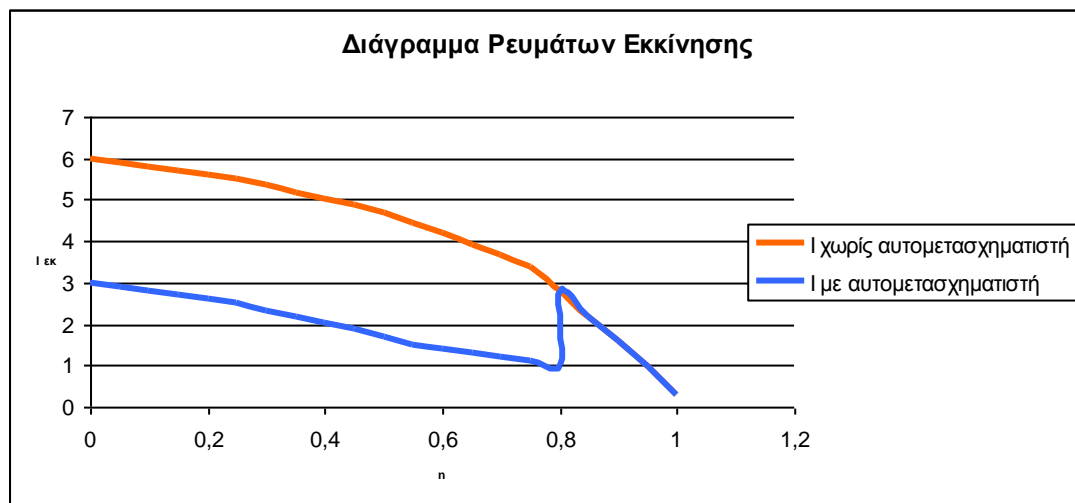


Εικόνα 4.5.1 Στάδια εκκίνησης με την χρήση αυτομετασχηματιστή

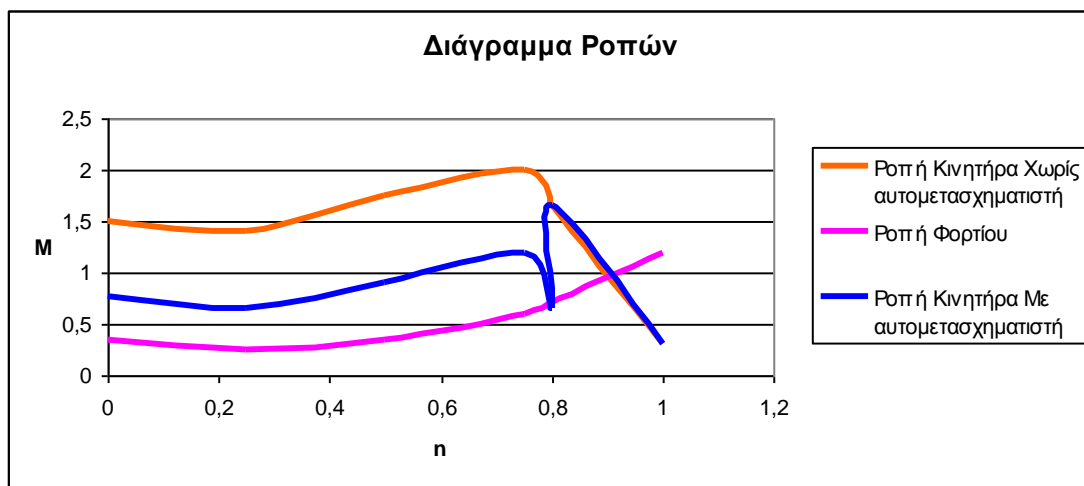
αυτομετασχηματιστές. Για να καταλάβουμε την λειτουργία του αυτομετασχηματιστή θα πρέπει να αναλύσουμε το παραπάνω σχέδιο.

Όπως βλέπουμε στο παραπάνω σχήμα ο κινητήρας κατά την εκκίνησή του ξεκινάει με την ενδιάμεση λήψη του αυτομετασχηματιστή. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την εκκίνηση του κινητήρα με το 50 % της ονομαστικής τάσης του κινητήρα καθώς επίσης και το ρεύμα εκκίνησης περιορίζεται στο 50% του ρεύματος σε περίπτωση που ξεκινούσε απευθείας. Επίσης έχουμε και μείωση της ροπής εκκίνησης του κινητήρα.

Στο δεύτερο βήμα με το άνοιγμα του ουδέτερου κόμβου μετριάζουμε την επαγωγική αντίσταση και τέλος στο τρίτο βήμα έχουμε την λειτουργία του κινητήρα σε σύνδεση



Εικόνα 4.5.2 Διάγραμμα ρευμάτων εκκίνησης με την χρήση αυτομετασχηματιστή και χωρίς αυτομετασχηματιστή



Εικόνα 4.5.3 Διάγραμμα ροπής εκκίνησης με αυτομετασχηματιστή και χωρίς αυτομετασχηματιστή

απευθείας από το δίκτυο.

Με αυτό τον τρόπο εκκίνησης ο κινητήρας δεν μένει ούτε δευτερόλεπτο χωρίς τάση και ρεύμα, καθώς και οι μεταβατικές καταστάσεις περιορίζονται.

Στα παραπάνω διαγράμματα βλέπουμε την χαρακτηριστική των ρευμάτων και των ροπών

#### **4.6 Εκκίνηση με soft starters**

Η ραγδαία εξέλιξη των ηλεκτρονικών ισχύος οδήγησε στην κατασκευή των soft starters. Τα soft starters είναι κυκλώματα που επιτρέπουν την ομαλή εκκίνηση, την σταδιακή επιτάχυνση και την σταδιακή επιβράδυνση του κινητήρα μας

Αποτελούνται κυρίως από:

1. το κύκλωμα ισχύος με θυρίστορ
2. και από το κύκλωμα ελέγχου έναυσης των θυρίστορ

Τα παραπάνω θα αναπτυχθούν εκτενέστερα στο επόμενο κεφάλαιο.

## Κεφάλαιο 5<sup>ο</sup>

### Εισαγωγή στα ηλεκτρονικά ισχύος

Από τη χημεία είναι γνωστό ότι τα στερεά σώματα χωρίζονται σε αγωγούς και μονωτές, δηλαδή ανάλογα με την ικανότητα τους να διαρρέονται από ηλεκτρικό ρεύμα ή όχι.

Οι αγωγοί επίσης χωρίζονται και αυτοί σε δύο μεγάλες κατηγορίες, τα μέταλλα και τους ημιαγωγούς. Τα μέταλλα επιτρέπουν με μεγάλη ευκολία το ηλεκτρικό ρεύμα να περάσει από μέσα του ενώ οι ημιαγωγοί κάτω από κάποιες συνθήκες όπως η αύξηση της θερμοκρασίας.

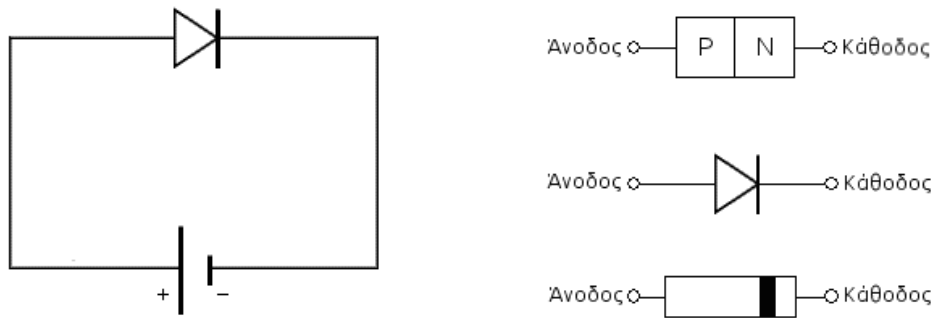
Τα ηλεκτρονικά ισχύος είναι κατασκευασμένα από ημιαγωγούς και οι πιο συνηθισμένοι ημιαγωγοί είναι το πυρίτιο ( Si ) και το γερμάνιο ( Ge ) αλλά χρησιμοποιούμε περισσότερο το πυρίτιο λόγω κόστους και αφθονίας.

Για να είναι πιο εύκολη η διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος από έναν ημιαγωγό χρησιμοποιούμε προσμείξεις. Ανάλογα με το πόσα ηλεκτρόνια έχει το στοιχείο της πρόσμειξης οι ημιαγωγοί διακρίνονται σε τύπου P, με την προσθήκη τρισθενούς στοιχείου όπως το γάλλιο ( Ga ), και τύπου N με την πρόσμειξη πενταθενούς στοιχείου όπως το αρσενικό ( As ).

Με την χρήση των ημιαγωγών κατασκευάσαμε ηλεκτρονικά στοιχεία όπως η δίοδος, το τρανζίστορ και το θυρίστορ, τα οποία τα χρησιμοποιούμε σε πολλές εφαρμογές μετατροπής της ηλεκτρικής ενέργειας σε άλλη μορφή ενέργειας όπως μηχανικό έργο, θερμότητα, φωτισμό και άλλα.

#### 5.1 Δίοδος

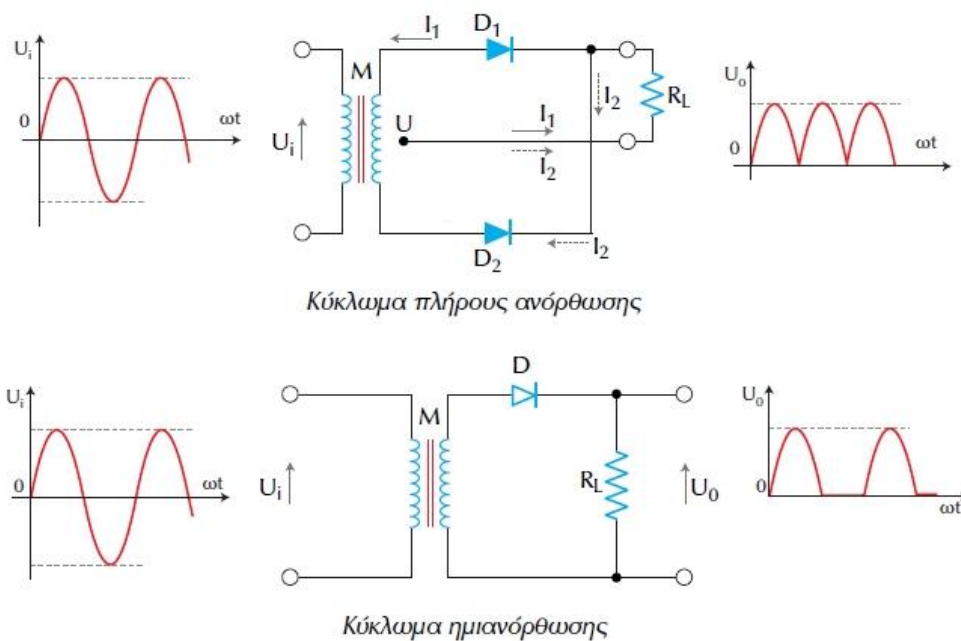
Η δίοδος είναι ένας ημιαγωγός τύπου PN δηλαδή από την μία πλευρά έχει προσμείξεις P και στην άλλη πλευρά τύπου N. Η δίοδος επιτρέπει την διέλευση του ρεύματος μόνο προς μια διεύθυνση. Αν πολωθεί ορθά άγει το ρεύμα αλλά αν πολωθεί ανάστροφα δεν άγει, δηλαδή λειτουργεί σαν διακόπτης. Για να πραγματοποιήσουμε την ορθή πόλωση πρέπει να συνδέσουμε το θετικό άκρο της πηγής στην άνοδο και το αρνητικό στην κάθοδο όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Εικόνα 5.1.1 Κύκλωμα και συμβολισμός διόδου

Αν συνδέσουμε σε εναλλασσόμενη στη μια δίοδο θα άγει μόνο στην θετική ημιπερίοδο και θα έχουμε ημιανόρθωση. Αν συνδέσουμε μια δίοδο ορθά και μία ανάστροφα θα έχουμε πλήρης ανόρθωση.

Τις διόδους γενικότερα στην ηλεκτρολογία τις χρησιμοποιούμε για ανόρθωση της εναλλασσόμενης τάσης.



Εικόνα 5.1.2 Κύκλωμα και γραφικές παραστάσεις ημιανόρθωσης και πλήρους ανόρθωσης



**Εικόνα 5.1.3 Πραγματική μορφή διόδου**

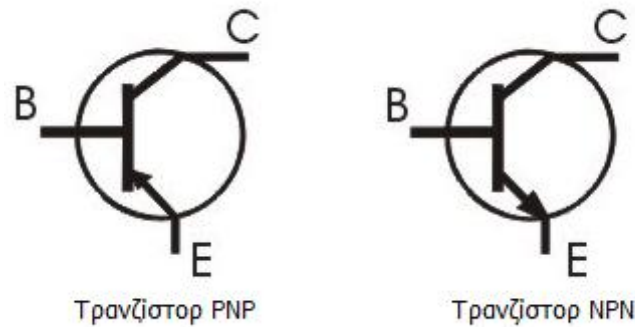
## **5.2 Τρανζίστορ**

Τα τρανζίστορ είναι μια διάταξη αποτελούμενη από δύο ημιαγωγούς έναν τύπου NP ο οποίος άγει κατά την ανάστροφη πόλωση και έναν τύπου PN οπύ άγει κατά την ορθή πόλωση.



**Εικόνα 5.1.3 Διάφορα είδη τρανζίστορ**

Υπάρχουν δύο κατηγορίες τρανζίστορ τα PNP και τα NPN. Παρατηρούμε ότι και στους δυο τύπους στα ακραία τμήματα έχουμε τον ίδιο τύπο ημιαγωγού.



Εικόνα 5.2.1 Συμβολισμός τρανζίστορ PNP και NPN

Τα τρανζίστορ χρησιμοποιούνται συνήθως σαν ηλεκτρικός διακόπτη και όχι σαν συσκευή ενίσχυσης.

### 5.3 Θυρίστορ

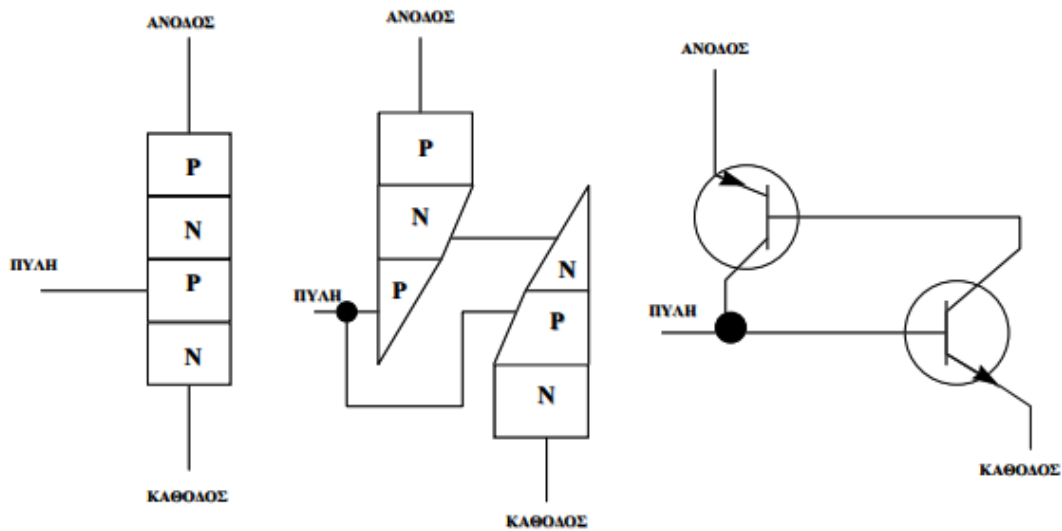
Τα θυρίστορ είναι υλικά σταθερής κατάστασης τα οποία χρησιμοποιούνται σαν διακόπτες. Αυτές οι συσκευές έχουν την τάση να επιτρέπουν ή να σταματούν την διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος είτε προς μια μόνο κατεύθυνση είτε και προς τις δυο κατευθύνσεις ανάλογα το είδος του θυρίστορ.





**Εικόνα 5.3.1** Thyristors ελέγχου φάσης

Τα thyristors τα συναντάμε συχνά σε εφαρμογές που θέλουμε να ελέγξουμε φορτίο ισχύος είτε συνεχούς είτε εναλλασσομένου ρεύματος. Με την χρήση των thyristors και μπορούμε να τροφοδοτήσουμε το φορτίο με τάση αλλά λόγω της κατασκευής του thyristor (πύλη) η τάση να είναι μειωμένη κατά μεγάλο ποσοστό με αποτέλεσμα να μην δημιουργείται πτώση τάσης από την εκκίνηση του κινητήρα μας.



Εικόνα 5.3.2 Συμβολισμός και ισοδύναμο κύκλωμα θυρίστορ SCR

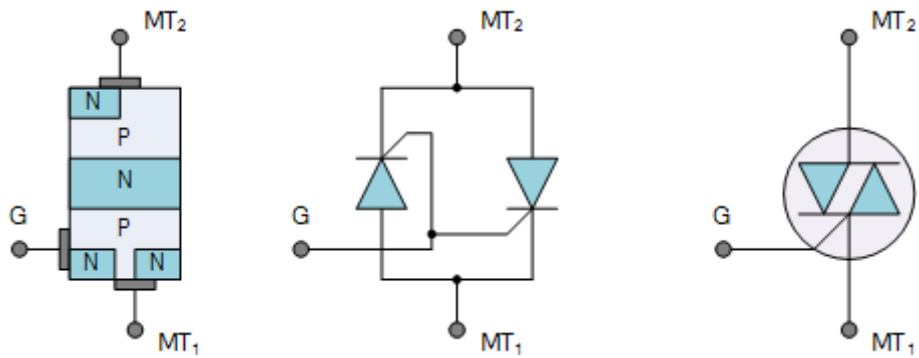
Στο παραπάνω σχήμα βλέπουμε την κατασκευή του θυρίστορ SCR ή όπως αλλιώς ονομάζονται ανορθωτές πυριτίου.

Βλέπουμε ότι αποτελείται από 4 στρώματα ημιαγωγών ή στην ουσία είναι δύο τρανζίστορ συνδεδεμένα μεταξύ τους όπως στο παραπάνω σχήμα.

Σε περίπτωση που τροφοδοτήσουμε την άνοδο με τάση διαπιστώνουμε ότι το θυρίστορ άγει από τη περιοχή P στην περιοχή N αλλά δεν μπορεί να συνεχίσει να άγει γιατί στην συνέχεια πολώνεται ανάστροφα.

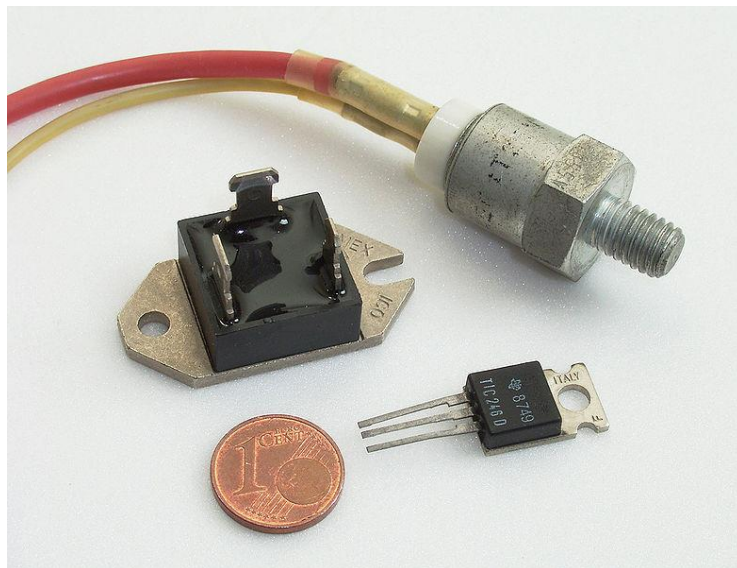
Αν όμως δώσουμε παλμό στην πύλη G τότε το θυρίστορ θα άγει. Από αυτό συμπεραίνουμε ότι το θυρίστορ είναι ένας ελεγχόμενος διακόπτης και με αυτόν τον τρόπο μπορούμε να ρυθμίσουμε την τάση στο φορτίο

Στην εναλλασσόμενη τάση χρησιμοποιούμε μια γέφυρα θυρίστορ τα οποία το είναι πολωμένο ορθά και το άλλο ανάστροφα με αποτέλεσμα το ένα να άγει στην θετική ημιπερίοδο του ρεύματος και το άλλο στην αρνητική. Η πύλη G είναι κοινή και στα δύο θυρίστορ άρα η χρονική καθυστέρηση του παλμού που θα δώσουμε είναι η ίδια. Αυτή η γέφυρα θυρίστορ ονομάζεται TRIAC ή αμφίδρομη τριόδος



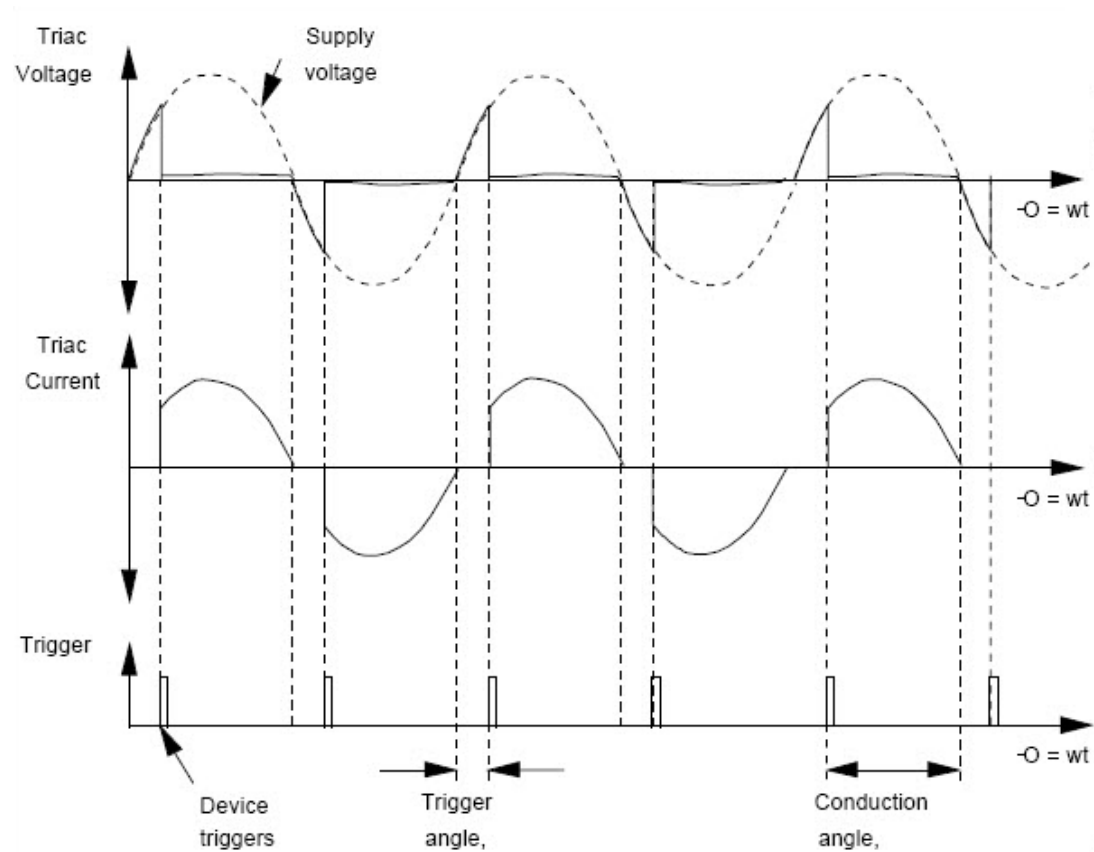
Εικόνα 5.3.3 Συμβολισμός και συνδεσμολογία TRIAC

Από το παραπάνω σχήμα βλέπουμε ότι το TRIAC έχει πάλι τρεις επαφές και λειτουργεί αμφίδρομα.



Εικόνα 5.3.4 Πραγματική μορφή TRIAC

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η το πώς διαμορφώνεται η κυματομορφή του ρεύματος με την χρήση TRIAC.



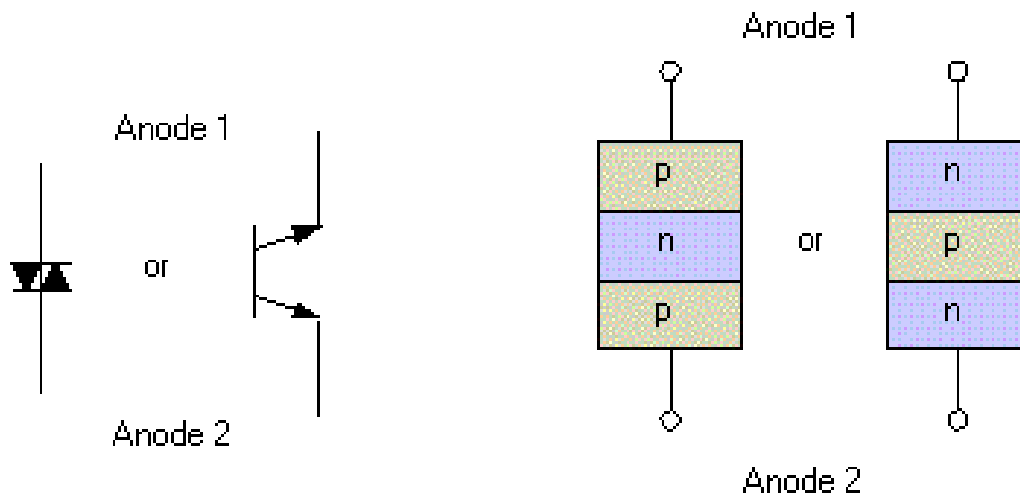
Εικόνα 5.3.5 Γραφική παράσταση του σημείου έναυσης των θυρίστορ και των τάσεων εισόδου και εξόδου.

Επίσης υπάρχουν και τα **DIAC ή αμφίδρομες δίοδοι σκανδαλισμού**. Το DIAC συνήθως χρησιμοποιείται σαν συσκευή σκανδαλισμού ενός TRIAC.



Εικόνα 5.3.6 Πραγματική μορφή DIAC

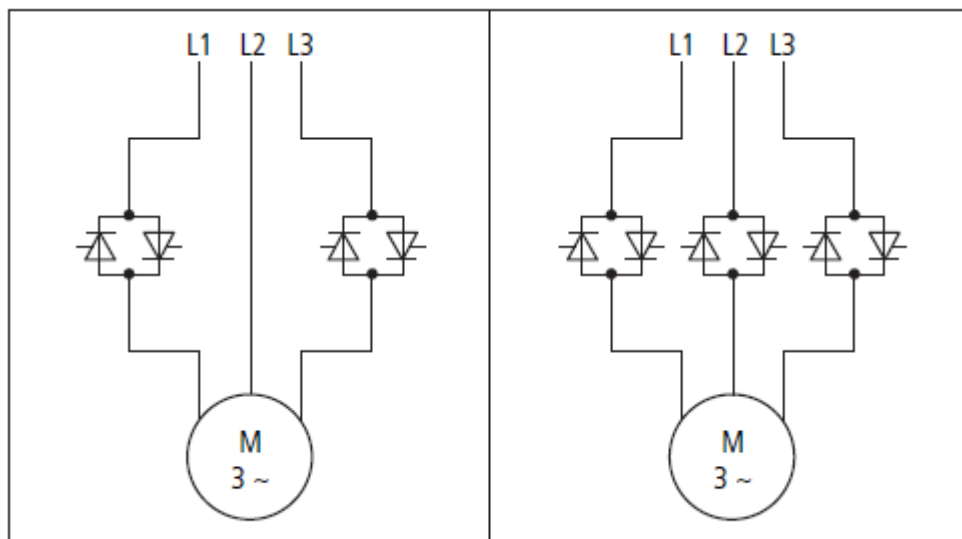
Το DIAC είναι δομημένο όπως είναι και το TRIAC αλλά έχει δύο ακροδέκτες μόνο γιατί δεν υπάρχει η την πύλη G και επιτρέπει τη διέλευση και από τις δύο πλευρές του ρεύματος. Γίνεται αγώγιμο όταν το δυναμικό στα άκρα του ξεπεράσει κάποιο όριο



Εικόνα 5.3.7 Συμβολισμός και συνδεσμολογία DIAC

## 5.4 Soft Starter (ομαλός εκκινητής)

Το soft starter είναι μια ηλεκτρονική συσκευή η οποία μας βοηθάει στον έλεγχο του



Εικόνα 5.4.1 Έλεγχος δυο και τριών φάσεων με TRIAC

κινητήρα κατά την εκκίνηση του.

Αποτελείται από τρία TRIAC ή δυο ανάλογα τις πόσες φάσεις θέλουμε να ελέγχουμε και την μονάδα που θα δώσει παλμό στην πύλη των θυρίστορ.

Σε αυτή την περίπτωση ρυθμίζουμε το ποσοστό της τάσης εισόδου και στην συνέχεια παρατηρούμε ότι ο κινητήρας μας ξεκινάει με μικρή τάση αλλά μεγάλο ρεύμα και με χαμηλή ταχύτητα

Αυτό όμως δεν είναι ανησυχητικό γιατί το ρεύμα και η τάση είναι ποσά αντιστρόφως ανάλογα και επίσης έχουμε συσκευές προστασίας του κινητήρα, θερμικά ή πιο ειδικές θερμομαγνητικές διατάξεις, σε περίπτωση που υπάρξει μεγάλο ρεύμα.

Το ρεύμα στην ουσία ελέγχεται από την τάση τροφοδοσίας και φτάνει έως και 5 φορές το ονομαστικό ρεύμα λειτουργίας αλλά δεν έχουμε πτώση τάσης στο δίκτυο μας.

Επίσης επειδή σιγά σιγά το κύκλωμα ελέγχου μειώνει τον χρόνο που θα δώσει παλμό στη πύλη των θυρίστορ παρατηρούμε ότι η τάση αυξάνεται και το ρεύμα μειώνεται και όταν η τάση φτάσει στο 100 % υπάρχει ένα σύστημα παράκαμψης με το οποίο θέτουμε εκτός κυκλώματος τα θυρίστορ.

Ο λόγος που θέτουμε τα θυρίστορ και το κύκλωμα έναυσης των θυρίστορ εκτός είναι πολύ απλός. Όσο και να έχει προχωρήσει η τεχνολογία, όσο μεγάλα ρεύματα και να μπορούν να αντέξουν τα ηλεκτρονικά ισχύος πάντα θα είναι ευαίσθητα και θα επηρεάζονται από παράγοντες όπως είναι η θερμοκρασία και η υγρασία καθώς και η σκόνη.

Αρκεί να αναφέρουμε ότι τα soft starters τοποθετούνται σε πίνακες μακριά από σκόνη με καλό αερισμό και πάνω στα θυρίστορ τοποθετούνται ψήκτρες και ανεμιστήρες για να αποβάλουμε πιο γρήγορα την θερμότητα.



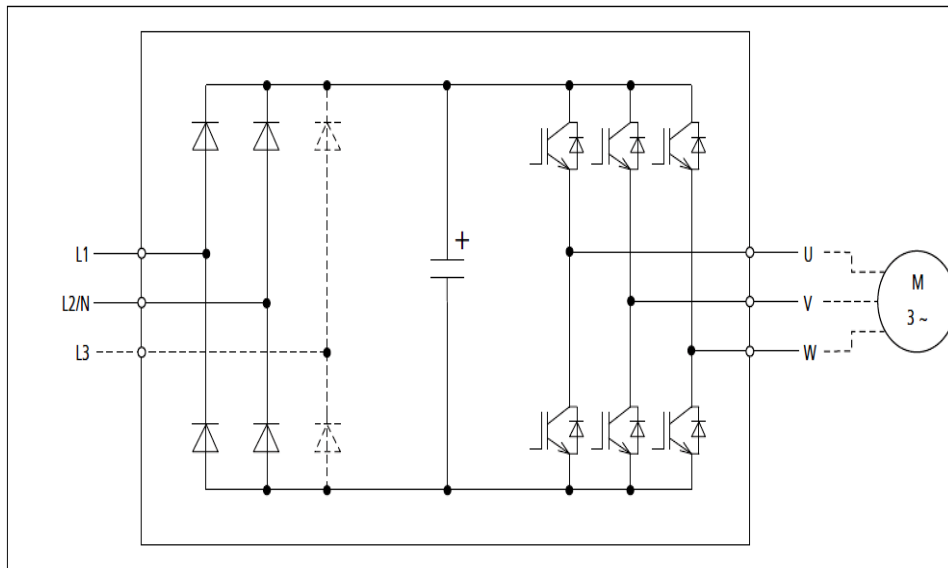
Εικόνα 5.4.2 Soft starters

### 5.4.1 Soft starter με inverter

Στο παρακάτω κύκλωμα θα αναπτύξουμε λίγο την θεωρία λειτουργίας του soft starter με inverter.

Ο πυκνωτής λειτουργεί σαν φίλτρο και μετατρέπει την πλήρως ανορθωμένη τάση σε συνεχή ( φίλτρο ).

Στην συνέχεια όμως παρατηρούμε ότι μετατρέπουμε την συνεχή τάση πάλι σε εναλλασσόμενη αλλά αυτή τη φορά μέσω της γέφυρας των τρανζίστορ, και με αυτό τον τρόπο μπορούμε ρυθμίζουμε την τάση εξόδου και να ξεκινήσουμε τον κινητήρα μας ομαλά.



**Εικόνα 5.4.1.1 Σχηματική παράσταση του Inverter**

Σε πολλές περιπτώσεις η παραπάνω μέθοδος έχει χρησιμοποιηθεί και για ρύθμιση στροφών όπως στους κινητήρες πλοίων ή ακόμα και στα ηλεκτροκίνητα τρένα.

Το ρεύμα που απορροφάται από τον κινητήρα μας με την χρήση του inverter είναι σταθερό από μία έως και δύο φορές το ονομαστικό ρεύμα λειτουργίας.

Σε περίπτωση που στο παραπάνω κύκλωμα αντί για γέφυρα ανόρθωσης με διόδους υπήρχε γέφυρα με θυρίστορ θα μπορούσαμε να ελέγχουμε και το συνεχές ρεύμα βάση του οποίου ρυθμίζεται η ροπή στην έξοδο.





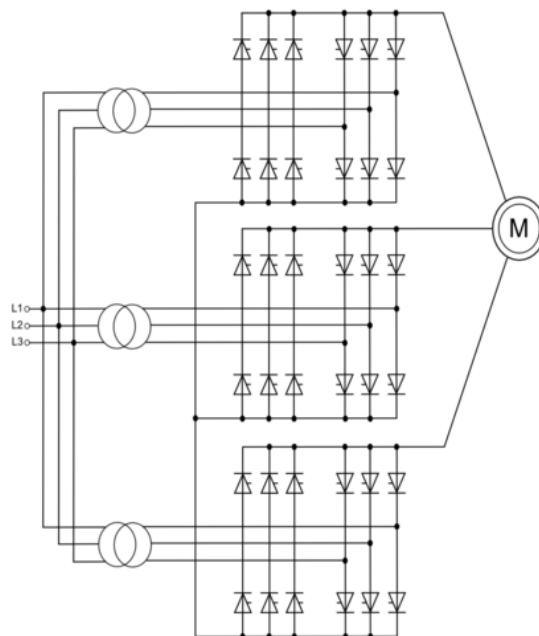
Εικόνα 5.4.1.2 Inverter

## 5.4.2 Κυκλομετατροπέας Cycloconverter

Ο κυκλομετατροπέας είναι και αυτός με την σειρά του ένα είδος soft starter το οποίο χρησιμοποιείται για την εκκίνηση των σύγχρονων κινητήρων συνήθως για πρόωση στα πλοία. Ένα κύκλωμα κυκλομετατροπέα παρουσιάζεται στο παρακάτω κύκλωμα.

Όπως βλέπουμε αποτελείται από τρεις τριφασικές γέφυρες ανόρθωσης με θυρίστορ. Είναι πιο απλή κατασκευή απ' ότι ο κυκλομετατροπέας γιατί δεν περιέχει πολλά ηλεκτρονικά στοιχεία.

Η μεγαλύτερη διαφορά είναι στο ότι η ρύθμιση του φορτίου με στην χρήση του κυκλομετατροπέα γίνεται από το συνεχές ρεύμα στην διέγερση, ενώ στο συγχρομετατροπέα όπως είπαμε μέσω του ρεύματος μετά την γέφυρα ανόρθωσης.



**Εικόνα 5.4.2.1 Σχηματική παράσταση συγχρομετατροπέα**

Επίσης με τον συγχρομετατροπέα η συχνότητα στην έξοδο μπορεί να κυμανθεί από 0 έως και δύο φορές την συχνότητα της τάσης τροφοδοσίας, ενώ στον κυκλομετατροπέα η συχνότητα κυμαίνεται από 0 έως και τα δύο τρίτα της συχνότητας της πηγής.

Γενικά με την χρήση των soft starter έχουμε μειώσει το ρεύμα εκκινήσεις, έχουμε μικρύνει κατά πολύ τον χώρο του ηλεκτρολογικού πίνακα, και μπορούμε να ξεκινήσουμε τους κινητήρες μας με φορτίο.

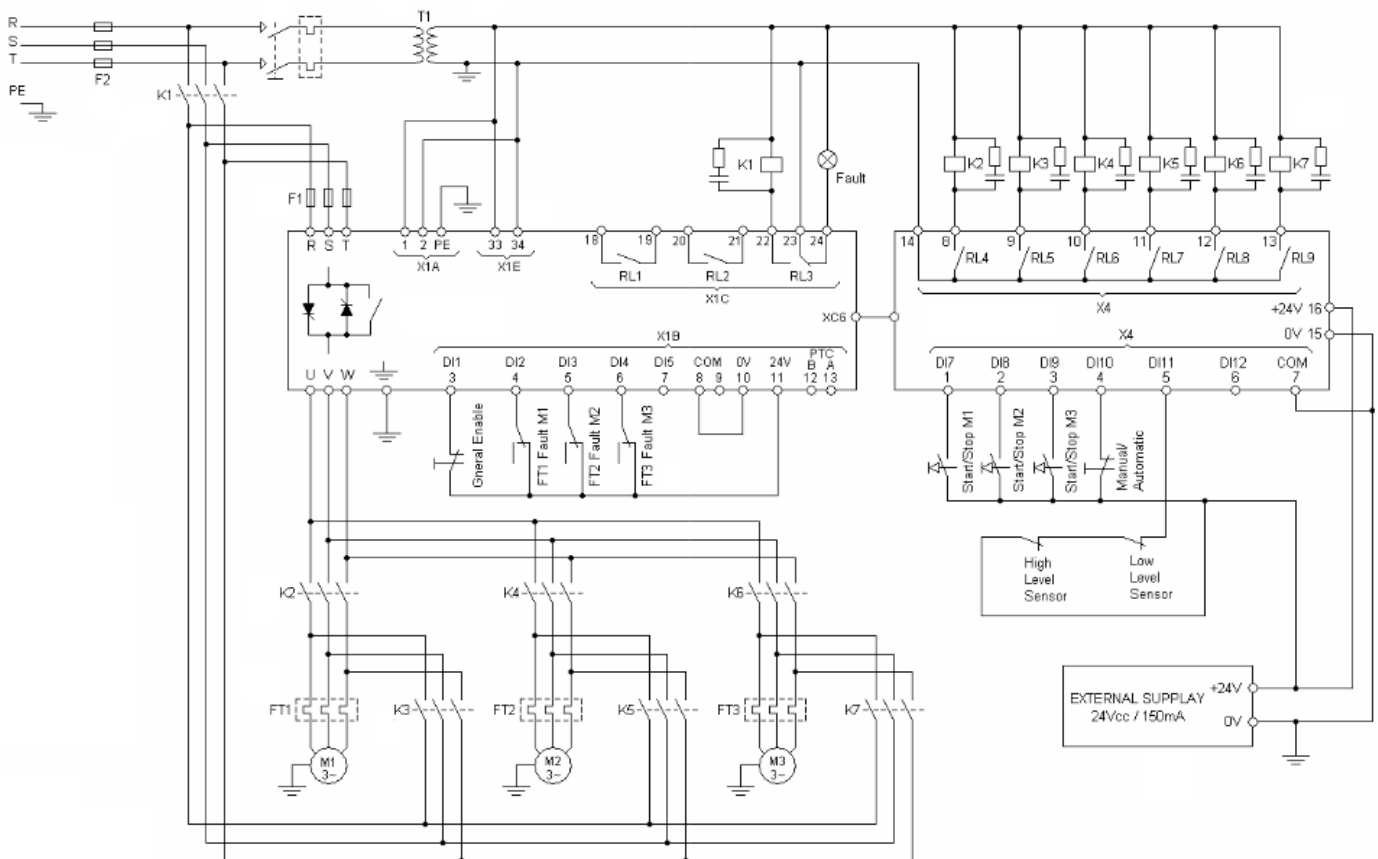
Το κόστος των soft starters τα παλαιότερα χρόνια μπορεί να ήταν απαγορευτικό για την απόκτηση και την τοποθέτηση του, αλλά τα τελευταία χρόνια και με την επανάσταση που έγινε στην αγορά με την χρήση του πυριτίου, οι τιμές έχουν πέσει κατακόρυφα.

Θα πρέπει να αναφέρουμε ότι η εγκατάσταση ενός αυτόματου διακόπτη αστέρα – τριγώνου για έναν κινητήρα 4000 watt ανέρχεται στα 80 με 100 Euro συν τα έξοδα του ηλεκτρολόγου που θέλει περίπου 2 με τρεις ώρες για να σου υλοποιήσει την όλη εγκατάσταση.

Το κόστος ενός soft starter αρχίζει από τα 70 Euro και ανεβαίνει ανάλογα για το τι δουλειά το χρειαζόμαστε αλλά στο τελικό αποτέλεσμα η διαφορά θα είναι πάρα πολύ μικρή της τάξης των 20 Euro.

Το σημαντικότερο είναι ότι σε περίπτωση που έχουμε τέσσερις ίδιους κινητήρες με μεγάλη ισχύ και θέλουμε να κατασκευάσουμε τέσσερις αυτομάτους διακόπτες αστέρα – τριγώνου θα χρειαστούμε δώδεκα ηλεκτρονόμους και έναν μεγάλο πίνακα, καθώς και μία πολύ σύνθετη συνδεσμολογία, όπου το ανθρώπινο λάθος, στην συνδεσμολογία, είναι πολύ εύκολο να γίνει.

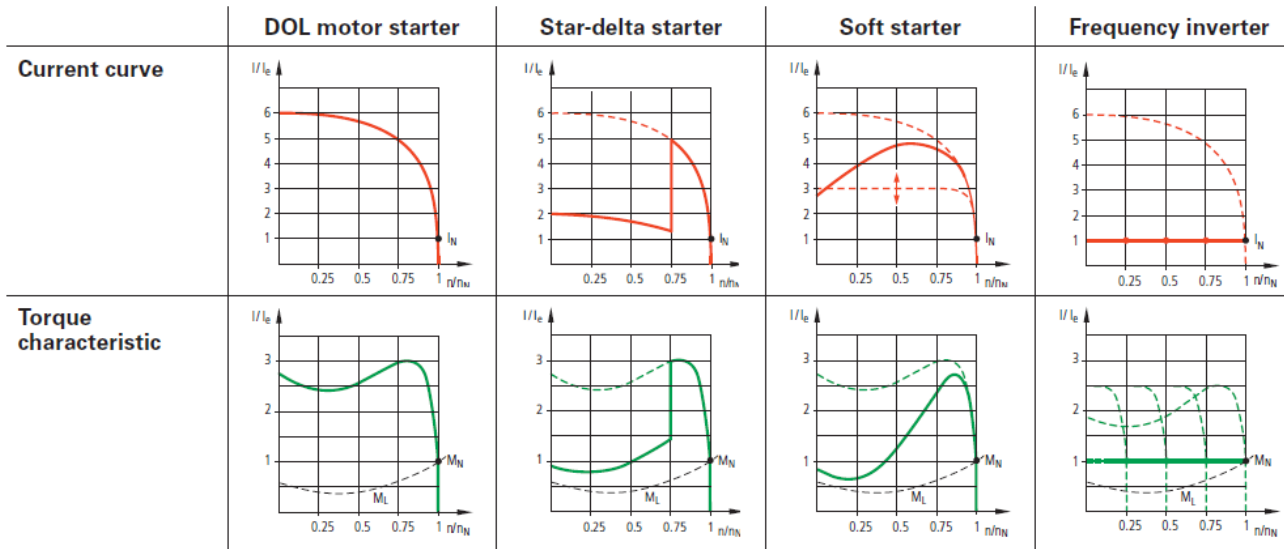
Αντίθετα με ένα soft starter μπορούμε με κατάλληλη συνδεσμολογία να ξεκινήσουμε



Εικόνα 5.4.2.2 Εκκίνηση τριών αντλιών με ένα soft starter παραπάνω από ένα κινητήρα.

Το παραπάνω σχήμα μας δείχνει πως με ένα soft starter μπορούμε να ξεκινήσουμε τρεις αντλίες.

Τέλος οι παρακάτω γραφικές συγκρίνουν το ρεύμα εκκίνησης και την ροπή με απευθείας εκκίνηση, με διακόπτη αστέρα – τριγώνου, με soft starter και με inverter.



**Εικόνα 5.4.2.3 Γραφικές παραστάσεις ροπής και ρευμάτων εκκίνησης με απευθείας εκκίνηση, με χρήση αστέρα τριγώνου, με Soft starter και με inverter**

## Κεφάλαιο 6<sup>ο</sup>

### Κατασκευή κυκλώματος εκκίνησης τριφασικού κινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα με Soft start

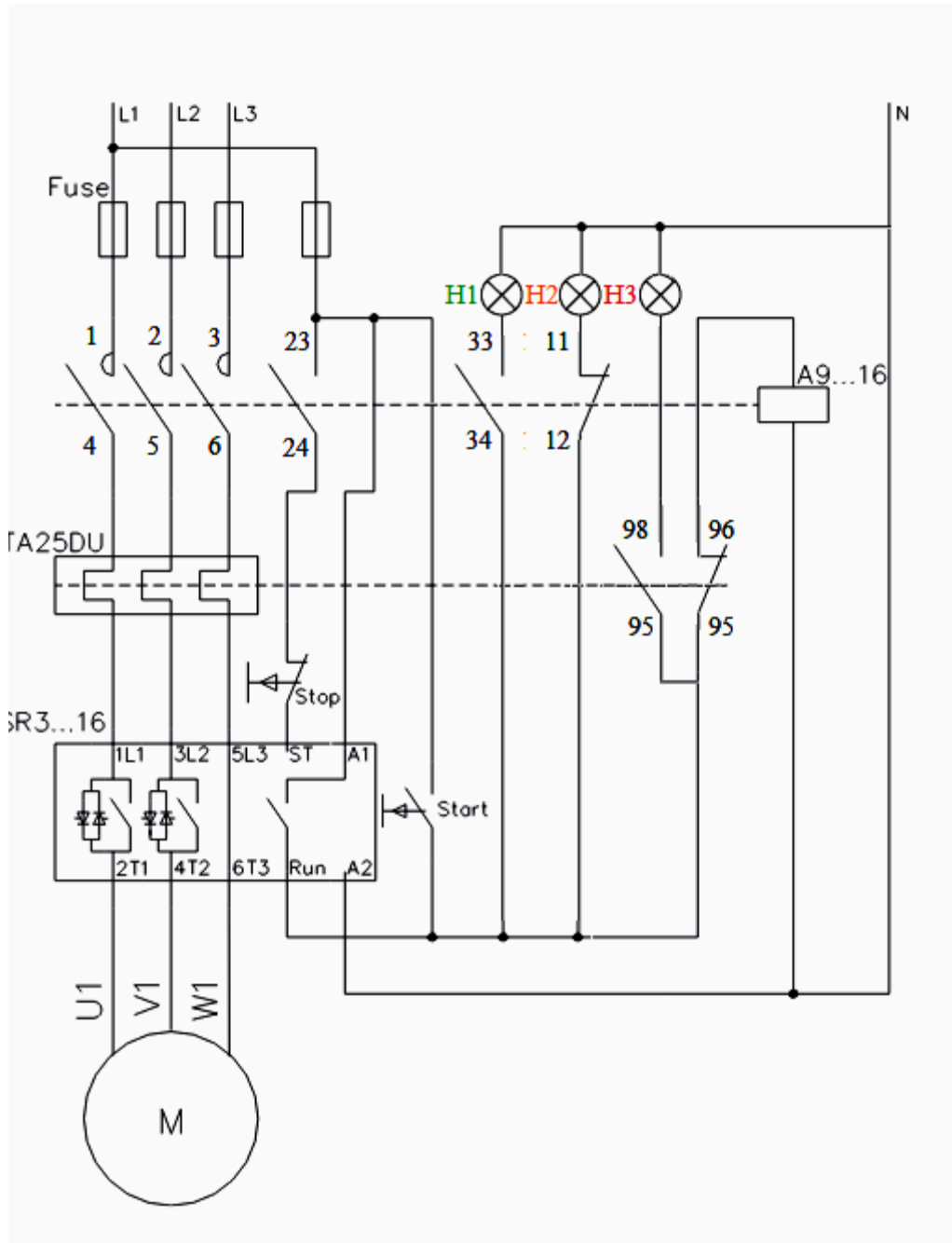
Για να κατασκευάσουμε την συνδεσμολογία θα χρειαστούμε τα παρακάτω υλικά:

- Ένα soft starter κατάλληλο για την εκκίνηση ενός κινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα με ισχύ εξόδου 4 KW
- Ένα ρελέ με 3 κύριες επαφές, δυο βοηθητικές NO και μια NC
- Ένα θερμικό
- Ένα μπουτόν start και ένα μπουτόν stop
- Κλέμες ράγας
- Ράγες
- Κανάλια βιομηχανικού τύπου
- Ένα τριπολικό ασφαλοδιακόπτη ράγας 15 A
- Ένα ασφαλοδιακόπτη μίας φάσης ράγας 10 A
- Καλώδια 1,5 mm για το κύκλωμα ισχύος και 1,0 mm για το κύκλωμα του αυτοματισμού.
- Τρεις ενδεικτικές λυχνίες

Το soft starter το έχουμε αγοράσει από την ABB και θα πραγματοποιήσουμε την συνδεσμολογία που προτείνει ο κατασκευαστής.

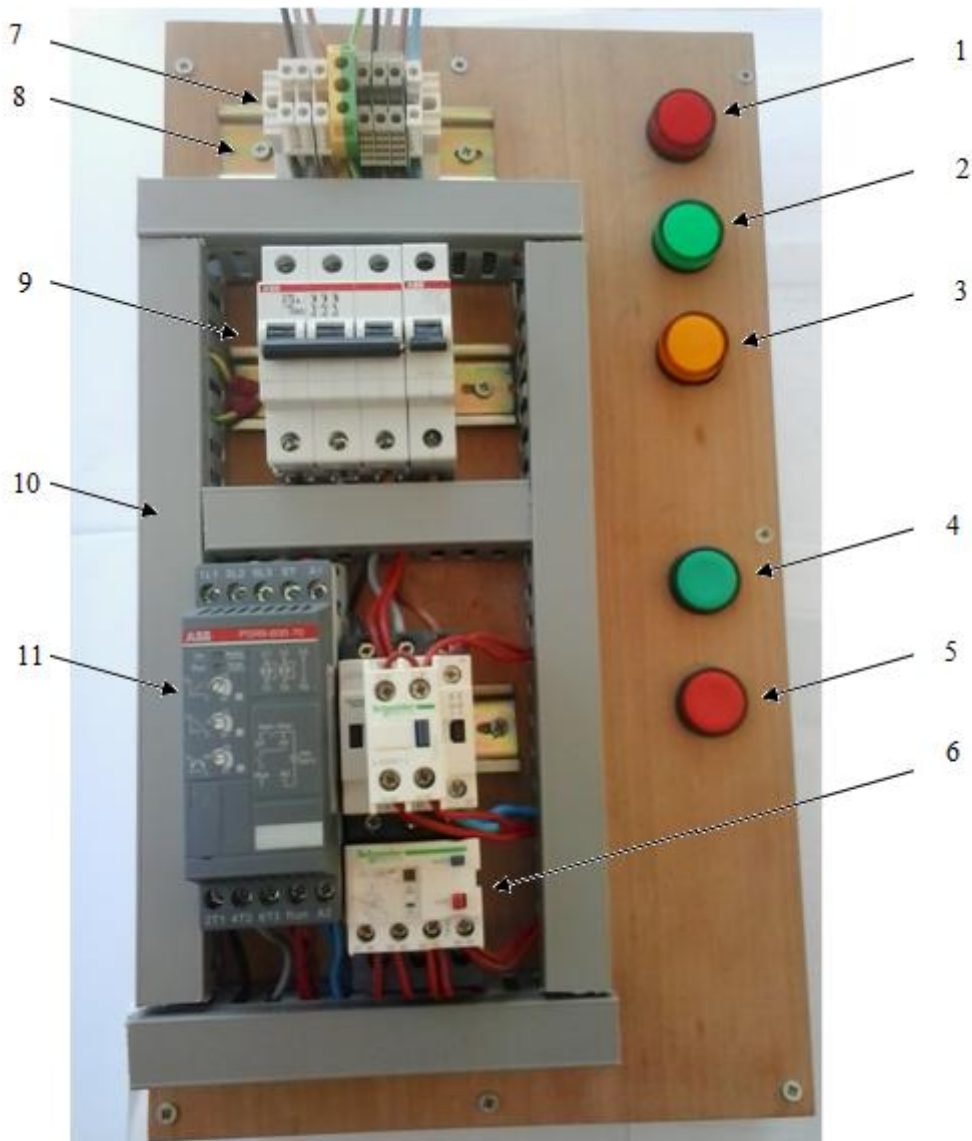
Το μόνο που θα χρειαστεί να προσθέσουμε είναι οι ενδεικτικές λυχνίες λειτουργίας, στάσης και θερμικού.

Στο παρακάτω κύκλωμα παρατηρούμε την τελική συνδεσμολογία



Εικόνα 6.0.1 Κύριο και βοηθητικό κύκλωμα εκκίνησης τριφασικού κινητήρα με soft start

Το τελικό αποτέλεσμα εφόσον έχουμε πραγματοποιήσει την συνδεσμολογία μας σωστά παρουσιάζεται στη παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 6.0.2 Τελική μορφή πίνακα

όπου

1. Λυχνία θερμικού, 2. λυχνία λειτουργίας, 3. λυχνία στάσης, 4. μπουτόν start, 5 μπουτόν stop, 6. ηλεκτρονόμος μαζί με κουμπωμένο θερμικό, 7. κλέμες ράγας, 8. ράγες, 9. διακόπτης κυκλώματος ισχύος και βοηθητικού κυκλώματος, 10 κανάλι βιομηχανικού τύπου και 11. soft starter.

### 6.1 Απαιτήσεις κατασκευαστή για την σωστή λειτουργία του εκκινητή

Αφού υλοποιήσουμε το παραπάνω κύκλωμα θα πρέπει να τηρήσουμε τις υποδείξεις του κατασκευαστή όσον αφορά την λειτουργία του soft starter την πρώτη φορά.

Αυτές είναι:

1. Λόγω ότι η τάση που θα συνδεθεί το soft starter είναι μεγάλη, υπάρχει κίνδυνος ηλεκτροπληξίας και γι αυτό το λόγο θα πρέπει η όλη συνδεσμολογία να γίνει από ηλεκτρολόγο.
2. Εφόσον έχουμε συνδέσει το soft starter πρέπει να πραγματοποιήσουμε ένα test για να δούμε αν έχει πραγματοποιηθεί σωστά η σύνδεση. Το test αυτό έχει τα εξής βήματα:
  - a. Ο τριπολικός ασφαλοδιακόπτης πρέπει να είναι σε κατάσταση off.
  - b. Δίνουμε μέσω του μονοπολικού διακόπτη τάση στο βοηθητικό κύκλωμα.
  - c. Ελέγχουμε αν η ένδειξη On/Ready αναβοσβήνει.
  - d. Συνδέουμε τον κινητήρα μας.
  - e. Τοποθετούμε στην θέση On τον τριπολικό διακόπτη.
  - f. Ελέγχουμε ότι εάν η ένδειξη On/Ready έχει σταθεροποιηθεί. Αν έχει σταθεροποιηθεί σημαίνει ότι υπάρχει τάση στο κύκλωμα ισχύος και ότι το soft starter είναι έτοιμο για εκκίνηση.
  - g. Τώρα είναι δυνατό να ενεργοποιήσουμε τον κινητήρα μας.

Κατά την λειτουργία του Soft starter η ένδειξη Run/TOR θα αναβοσβήνει. Από αυτό καταλαβαίνουμε ότι υπάρχει τάση στην έξοδο του soft starter και ότι ήμαστε στην διαδικασία ομαλής εκκίνησης.

Όταν η ένδειξη Run/TOR έχει σταθεροποιηθεί , έχουμε φτάσει πλέον στη ολοκλήρωση της ράμπας εκκίνησης

## 6.2 Ρυθμίσεις

Τα συγκεκριμένο soft starter που χρησιμοποιήσαμε έχει τρεις ρυθμίσεις:

1. Ράμπα ομαλής εκκίνησης: 1-10 sec



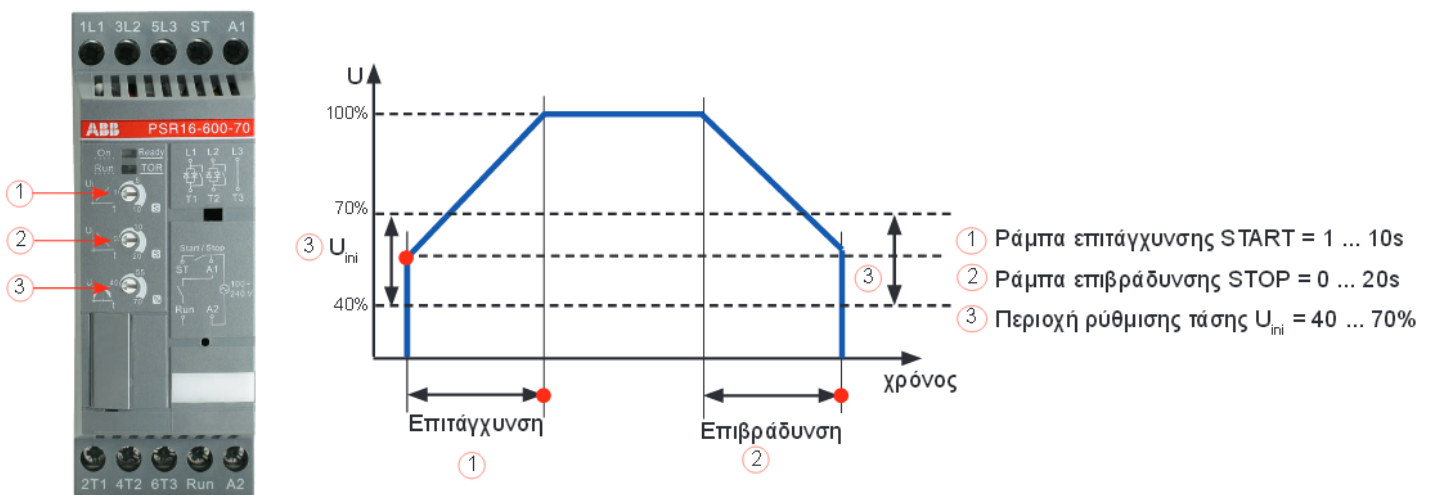
2. Ράμπα ομαλού σταματήματος: 0-20 sec

3. Περιοχή ρύθμισης της τάσης: 40-70% της ονομαστικής τάσης

Επίσης ο κατασκευαστής σημειώνει ότι για θερμοκρασίες περιβάλλοντος 40-60 °C το ονομαστικό ρεύμα θα μειώνεται 0,8% ανά °C.

Επίσης ότι σε περίπτωση που εγκατασταθεί ο εκκινητής σε ύψομετρο 1000-4000 m πάλι μειώνεται το ρεύμα εκκίνησης.

Το παρακάτω σχήμα μας δείχνει τις ρυθμίσεις που γίνονται στο soft starter.



Εικόνα 6.2 Διάγραμμα ράμπας επιτάχυνσης και επιβράδυνσης καθώς και περιοχή ρυθμίσεων.

## Επίλογος-Συμπεράσματα

Με το τέλος αυτής της πτυχιακής εργασίας διαπιστώσαμε ότι ο καλύτερος τρόπος εκκίνησης των τριφασικών κινητήρων βραχυκυκλωμένου δρομέα είναι με την χρήση του ομαλού εκκινητή.

Με την χρήση του, δεν παρουσιάζεται το φαινόμενο της βύθισης τάσης το οποίο προκαλούσε βλάβες στο ηλεκτρονικά κυκλώματα.

Μειώσαμε το ρεύμα εκκίνησης καθώς μπορούμε πλέον να ξεκινήσουμε τον κινητήρα μας με φορτίο.

Έχουμε υψηλότερη ροπή από άλλες μεθόδους εκκίνησης και μικρότερες θερμικές απώλειες.

Μπορούμε με την χρήση ενός ομαλού εκκινητή να εκκινήσουμε περισσότερους από έναν κινητήρες.

Το κύκλωμα ισχύος και το βοηθητικό κύκλωμα είναι πολύ πιο εύκολο να πραγματοποιηθεί, καθώς και ο χώρος που καταλαμβάνει είναι μικρότερος από άλλα κυκλώματα όπως αυτόματου διακόπτη αστέρα-τριγώνου.

Το κόστος αγορά και κατασκευής του κυκλώματος είναι περίπου ίδιο με του αυτομάτου διακόπτη αστέρα-τριγώνου.

Επίσης μπορούμε να σταματήσουμε ομαλά τον κινητήρα μας.

Η χρήση του Soft starter έχει περισσότερα θετικά παρά αρνητικά.

Το μόνο αρνητικό που έχει είναι ότι αποτελείται από ηλεκτρονικά κυκλώματα τα οποία είναι ευαίσθητα με την θερμοκρασία και την υγρασία, αλλά αυτό δεν πρέπει να στέκεται εμπόδιο στην εγκατάστασή τους

Αξίζει πραγματικά να τα εγκαθιστούμε αντί άλλων συστημάτων εκκίνησης

## Βιβλιογραφία

### ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ

1. ΑΕΝ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ Εργαστήριο Ηλεκτρικών Μηχανών Διδάσκον Παλάντζας Παναγιώτης
2. Chapter 12 Three-phase controlled rectifiers Author: Juan Dixon (Ph.D.), Department of Electrical Engineering Pontificia Unversadad Catolica De Chile
3. Ανάλυση και σύγκριση μεθόδων εκκίνησης ασύγχρονων κινητήρων εφαρμόζοντας άμεσο έλεγχο ροπής Μιχαήλ Λειβαδάρας Ηλεκτρολόγος Μηχανικός ΔΠΘ, Γεώργιος Αδαμίδης Επίκουρος Καθηγητης ΔΠΘ
4. Έλεγχος κινητήρων επαγωγής χωρίς αισθητήρες Πτυχιακή εργασία των σπουδαστών Νείλα Βασίλειου και Παπαδάκη Ματθαίου
5. Διπλωματική εργασία: Διακόπτης υψηλής τάσης με χρήση συστοιχίας θυρίστορ 4,8KV ελεγχόμενης έναυσης των Μανωλιτζά Απόστολου και Τσιράκη Νικόλαου
6. Εργαστήριο Αυτοματισμών ΣΑΕ Άσκηση 11-13 Νικόλαος Π. Τρωγάδας
7. Εργαστηριακές Ασκήσεις Ηλεκτρικών Μηχανών AC ΤΕΙ Λάρισας Σχολή ΣΤΕΦ Τμήμα Ηλεκτρολογίας Νικόλαος Π. Τρωγάδας
8. Εργασία πρακτικής άσκησης των ασκούμενων φοιτητών Μαμπράκου Νικόλαου και Λάμπρη Παναγιώτη
9. Ηλεκτρικές Μηχανές Ασύγχρονες – Σύγχρονες Μηχανές ΤΕΙ Λάρισας Σχολή ΣΤΕΦ Τμήμα Ηλεκτρολογίας. Νικόλαος Π. Τρωγάδας

### Διαδίκτυο

1. [http://www.galco.com/comp/soft\\_starter.htm](http://www.galco.com/comp/soft_starter.htm)
2. [http://www.espressoparts.com/S\\_897](http://www.espressoparts.com/S_897)
3. <http://www.hagerhellas.gr/index.php?scr=1024&id=1207>
4. <http://www.ua.all.biz/el/asfleies-tksis-khamils-tsis-g430690>
5. <http://www.abb.de/product/seitp329/8d2be576b7c1f348c1256fdd0035b2c0.aspx>
6. [http://www.ergo-tel.gr/product\\_info.php?cPath=872&products\\_id=10061](http://www.ergo-tel.gr/product_info.php?cPath=872&products_id=10061)

7. <http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CF%83%CF%84%CE%B5%CF%81%CE%BF%CF%84%CF%81%CE%AF%CE%B3%CF%89%CE%BD%CE%BF>
8. [http://www.klibo.de/en/20Products/05Starters/10Manually%20activated%20Star-Delta-Starters/example\\_combinations](http://www.klibo.de/en/20Products/05Starters/10Manually%20activated%20Star-Delta-Starters/example_combinations)
9. <http://sigma.octopart.com/11231858/image/Schneider-Electric-LRD3357.jpg>
10. <http://www.technomat-shop.com/#axzz2TCJpaHUF>
11. <http://au.element14.com/schneider-electric/re8ta31butq/timer-on-delay-0-3-30s-1c-o/dp/2056328>
12. [http://www.powercontrol.gr/Greek/more\\_prods.php](http://www.powercontrol.gr/Greek/more_prods.php)
13. <http://electronics.orgfree.com/tutorials.html>
14. <http://users.sch.gr/kgiannaras/index.php/mathimata/analogika-ilektronika/>
15. <http://www.hlektronika.gr/index.php?page=theory?diode>
16. [http://www.pic\\_examples.byethost3.com/Dimmer.html](http://www.pic_examples.byethost3.com/Dimmer.html)
17. [http://wps.prenhall.com/chet\\_paynter\\_introduct\\_6/6/1665/426386.cw/index.html](http://wps.prenhall.com/chet_paynter_introduct_6/6/1665/426386.cw/index.html)
18. <http://www.electroniccircuits.gr/transistors.html>
19. <http://en.wikipedia.org/wiki/Cycloconverter>
20. [http://greek.genset-dieselgenerator.com/china-52\\_kw\\_caterpillar\\_diesel\\_generator\\_perkins\\_1103a\\_33tg2-1132964.html](http://greek.genset-dieselgenerator.com/china-52_kw_caterpillar_diesel_generator_perkins_1103a_33tg2-1132964.html)
21. <http://www.all.biz/el/kinitres-ilektriko-gherano-bgg1066375>  
<http://books.google.gr/books?id=X0G36H9PYcAC&pg=PA565&lpg=PA565&dq=firing+of+thyristor+circuits+3+phase&source=bl&ots=5IPicKpCfk&sig=NXHxDqS3Gdc4AGC3Qx2w3n51UWk&hl=el&sa=X&ei=7CU-Ufr1JYrKtAaw5YHYBQ&ved=0CDEQ6AEwATgK#v=onepage&q=firing%20of%20thyristor%20circuits%203%20phase&f=false>
22. [http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/badfb961d6b7df30c12572a50045ea0c/\\$file/1TXB132012B2301%20GR.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/badfb961d6b7df30c12572a50045ea0c/$file/1TXB132012B2301%20GR.pdf)
23. <http://www.abb.com/product/seitp329/61d9629c18047a24c1256d960020aebf.aspx?country=US>
24. <http://logo1.comuv.com/downloads/Kinitires/7.Stathmoi%20paragwgis%20Hlektrikis%20Energeias.pdf>
25. <http://www.ee.iitkgp.ernet.in/pe2.pdf>
26. <http://www.jimkava.com/wp-content/uploads/2011/10/kef4.pdf>

27. [http://users.ntua.gr/el09791/ekkinisi\\_3f\\_kinitira\\_me\\_yd.pdf](http://users.ntua.gr/el09791/ekkinisi_3f_kinitira_me_yd.pdf)
28. <http://www.egr.unlv.edu/~eebag/EE-442-642-Thyristor%20Rectifiers.pdf>
29. <http://www.scribd.com/doc/74788114/Industrial-Automation-05-Induction-Motors>

#### Βιβλία

1. Ηλεκτρική Κίνηση. Π. Μαλατέστας , Σ. Μανιάς – Εκδόσεις Τζιόλα.
2. Ηλεκτρικές Μηχανές. Stephen I. Chapman - Εκδόσεις Τζιόλα.
3. Ηλεκτρικές Μηχανές Εναλλασσομένου ρεύματος. Β. Στεργίου, Σ. Τούλογλου – Εκδόσεις Ιων.
4. Ηλεκτρικές Μηχανές Σ. Βασιλακόπουλου. Ευγενίδιο Ίδρυμα.
5. Τεχνικές Ελέγχου Κινητήρων. Irving M. Gotlieb. Εκδόσεις Τζιόλα.
6. Ηλεκτρικές Μηχανές Ν. Μαστρομηνά.

## Περιεχόμενα

Περίληψη.....	3
Abstract.....	4
Κεφάλαιο 1 <sup>ο</sup> Ηλεκτρικές μηχανές.....	5
1.1 Ηλεκτρικοί κινητήρες-γεννήτριες.....	5
1.1.1 Γεννήτριες.....	5-6
1.1.2 Κινητήρες.....	6-8
1.2 Μαγνητικό πεδίο.....	8-9
Κεφάλαιο 2 <sup>ο</sup> Κινητήρες εναλλασσομένου ρεύματος.....	10-12
2.1 Δομή τριφασικών επαγωγικών κινητήρων βραχυκυκλωμένου δρομέα... .....	12-13
2.2 Στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο.....	14
2.3 Ροπή επαγωγικών κινητήρων Βραχυκυκλωμένου δρομέα.....	14
2.3.1 Καμπύλη ροπής-στροφών Α.Τ.Κ.....	15
2.4 Ολίσθηση.....	15-16
Κεφάλαιο 3 <sup>ο</sup> Μηχανισμοί ελέγχου, διακοπής και προστασίας ηλεκτρικών εγκαταστάσεων.....	17
3.1 Διακόπτες.....	17-20
3.2 Ασφάλειες.....	20-21
3.3 Αυτόματοι διακόπτες ισχύος.....	21-22
3.4 Αγωγοί-καλώδια.....	22-23
3.5 Ηλεκτρονόμος-ρελέ.....	23-25
3.6 Χρονικά ρελέ.....	25-26
3.7 Θερμικά ρελέ.....	26
3.8 Μπουτόν.....	27
3.9 Κατανόηση ηλεκτρολογικού σχεδίου.....	27-29
Κεφάλαιο 4 <sup>ο</sup> Προβλήματα επαγωγικών κινητήρων κατά την εκκίνηση.....	30-31
4.1 Απευθείας εκκίνηση.....	31-33
4.2 Εκκίνηση με αυτόματο ή χειροκίνητο διακόπτη αστέρα-τριγώνου.....	34-39
4.3 Εκκίνηση με αντιστάσεις στα τυλίγματα του στάτη.....	39-42
4.4 Εκκίνηση με στραγγαλιστικά πηνία.....	42
4.5 Εκκίνηση με αυτομετασχηματιστή.....	42-44
4.6 Εκκίνηση με soft starter.....	44

Κεφάλαιο 5 <sup>ο</sup> Εισαγωγή στα ηλεκτρονικά ισχύος.....	45
5.1 Δίοδος.....	45-47
5.2 Τρανζίστορ.....	47-48
5.3 Θυρίστορ.....	48-53
5.4 Soft Starter (ομαλός εκκινητής).....	53-55
5.4.1 Soft starter με inverter.....	55-57
5.4.2 κυκλομετατροπέας (Cycloconverter).....	57-60
Κεφάλαιο 6 <sup>ο</sup> κατασκευή κυκλώματος εκκίνησης τριφασικού κινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα με soft start.....	61-63
6.1 Απαιτήσεις κατασκευαστή για την σωστή λειτουργία του εκκινητή..... .....63-64	
6.2 Ρυθμίσεις.....	64-65
Επίλογος-συμπεράσματα.....	66