

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ  
ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ**

**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΕ**

# **Ηλεκτρικές Μηχανές Ι**

Θεμελής Δημήτριος



Σεπτέμβριος 2015

## Άδειες Χρήσης

Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons. Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Το έργο αυτό αδειοδοτείται από την Creative Commons Αναφορά Δημιουργού - Παρόμοια Διανομή 4.0 Διεθνές Άδεια. Για να δείτε ένα αντίγραφο της άδειας αυτής, επισκεφτείτε <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.el>.

## Χρηματοδότηση

Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.

Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο ΤΕΙ Κεντρικής Μακεδονίας**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.

Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.

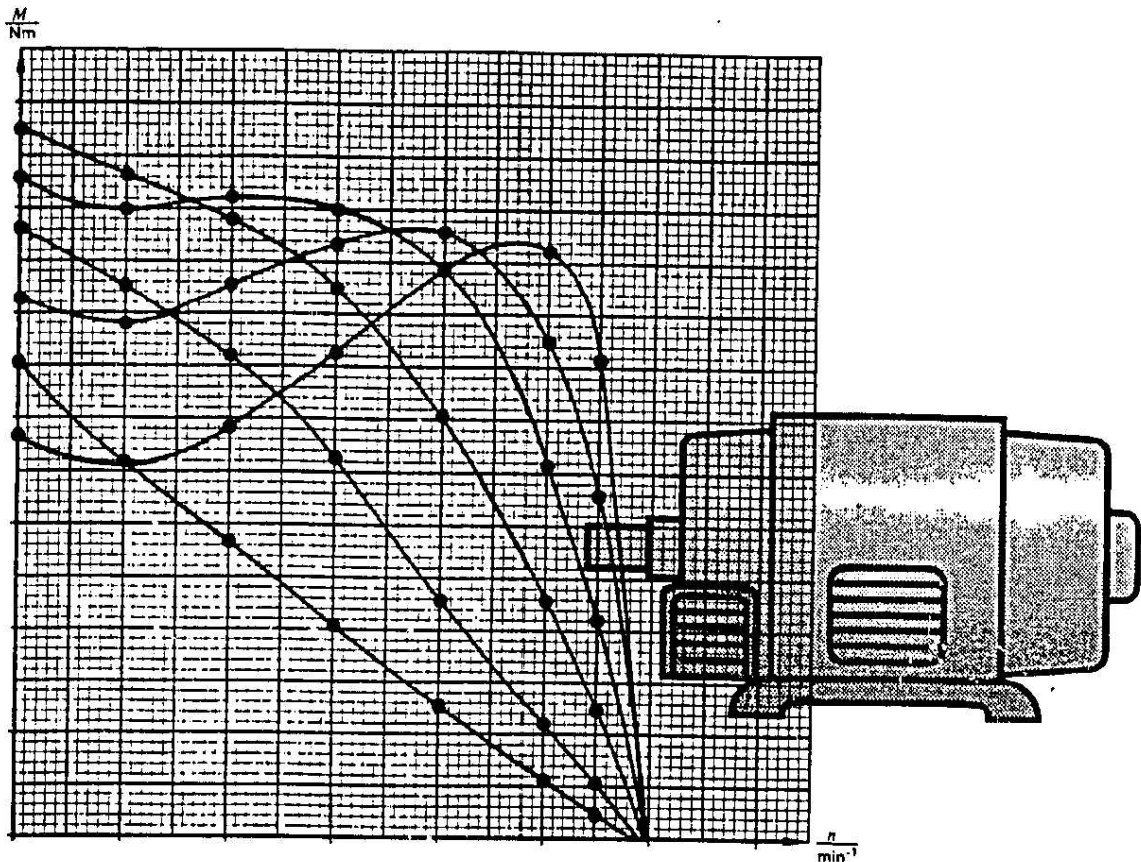


ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΘΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΣΕΡΡΩΝ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

----- ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ -----

ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ

ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ



Δ. Σ. ΘΕΜΕΛΗΣ  
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΤΟΥ ΤΕΙ ΣΕΡΡΩΝ

ΣΕΡΡΕΣ 2010

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Ξεκίνησα να γράψω αυτές τις σημειώσεις θέλοντας να καλύψω το κενό που υπάρχει στον χώρο του εργαστηρίου των Ηλεκτρικών Μηχανών για τους Μηχανολόγους του Τ.Ε.Ι. Σερρών.

Είναι γραμμένες σύμφωνα με το αναλυτικό πρόγραμμα του Υπουργείου Παιδείας και με μερικές επιπλέον ασκήσεις για να μπορεί, όποτε χρειάζεται να γίνεται κάποια επιλογή.

Η επιμονή μου στην κατ' εξακολούθηση λεπτομερή περιγραφή της πορείας για την εκτέλεση των ασκήσεων οφείλεται στο να αποκτήσει ο σπουδαστής τάξη στην σκέψη και σωστή σειρά στους διάφορους χειρισμούς.

Οι ασκήσεις αναπτύσσονται έτσι ώστε κάθε μία να αποτελείται από την σχετική θεωρία που πρέπει οπωσδήποτε να κατέχει ο σπουδαστής, από τον σκοπό της άσκησης, τα απαιτούμενα υλικά όργανα και μηχανήματα, την πορεία διεξαγωγής της άσκησης και τις σχετικές ερωτήσεις.

Εκτός υπό τις σημειώσεις αυτές έχουν γραφεί και ειδικά φύλλα έργου για κάθε άσκηση χωριστά τα οποία επίσης διανέμονται στους σπουδαστές, συμπληρώνονται από τους ίδιους και παραδίνονται σε κάθε επόμενη άσκηση στον υπεύθυνο του εργαστηρίου.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον συνεργάτη μου στο εργαστήριο Παπαντωνίου Δημήτρη, Ηλεκτρολόγο Μηχανικό που επιμελήθηκε στο Computer την έκδοση αυτή.

Δημήτρης Σ. Θεμελής



## ΑΣΚΗΣΗ 1η

Στατική χαρακτηριστική γεννήτριας Συνεχούς Ρεύματος ξένης διέγερσης με σταθερή ταχύτητα περιστροφής  $U_o=f(I_d)$  με  $n=$  σταθερό.

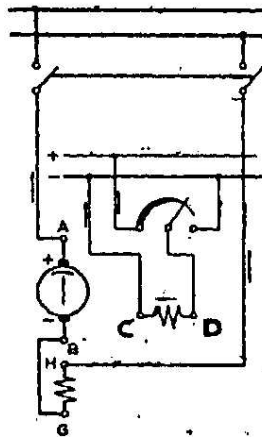
### 1. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

Σκοπός της άσκησης είναι η απόκτηση ικανότητας:

- 1.Στον τρόπο σύνδεσης γεννήτριας Σ.Ρ. ξένης διέγερσης
- 2.Στους απαιτούμενους χειρισμούς για το ξεκίνημα και την διέγερση της.
- 3.Στην λήψη τιμών για την απεικόνιση της στατικής χαρακτηριστικής.

### 2. ΘΕΩΡΙΑ

Οι γεννήτριες Σ.Ρ. ξένης διέγερσης δεν διαφέρουν από τα άλλα είδη των γεννητριών από άποψη κατασκευής. Διαφέρουν όμως ως προς τον τρόπο της διέγερσης τους. Οι γεννήτριες Σ.Ρ. ξένης διέγερσης για να λειτουργήσουν χρειάζονται μια ιδιαίτερη πηγή Σ.Ρ. οποιασδήποτε μορφής (π.χ. μπαταρία κλπ).Επίσης διαφέρουν από τις άλλες γεννήτριες εις το ότι το τύλιγμα διέγερσης είναι ανεξάρτητο από το τύλιγμα του επαγωγικού τύμπανου, όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 1.1

Συνδεσμολογία γεννήτριας ξένης διέγερσης

Όπως βλέπουμε και στην σχηματική παράσταση 1.3, η μεταβλητή αντίσταση  $R_d$  μας χρησιμεύει για να μπορούμε να ρυθμίζουμε την ένταση διέγερσης, το δε αμπερόμετρο  $A_d$  και το βολτόμετρο  $V_d$  για να ελέγχουμε την ένταση διέγερσης και την τάση διέγερσης αντίστοιχα. Τα  $C_1$ ,  $D_1$  παριστάνουν το τύλιγμα διέγερσης και τα  $A_1$ ,  $B_1$  τα άκρα του επαγωγικού τύμπανου. Το βολτόμετρο που έχει συνδεθεί στα άκρα του επαγωγικού τυμπάνου μας δείχνει την τάση που παράγει η γεννήτρια όταν λειτουργεί εν κενώ (όταν δηλαδή δεν υπάρχει κάποιο φορτίο στα άκρα αυτά).

Η τάση αυτή είναι η ηλεκτρεγερτική δύναμη ( $E$ ) που δημιουργείται από επαγωγή στους αγωγούς του τυλίγματος του επαγωγικού τυμπάνου και δίνεται από τη σχέση :

$$E=K\Phi n$$

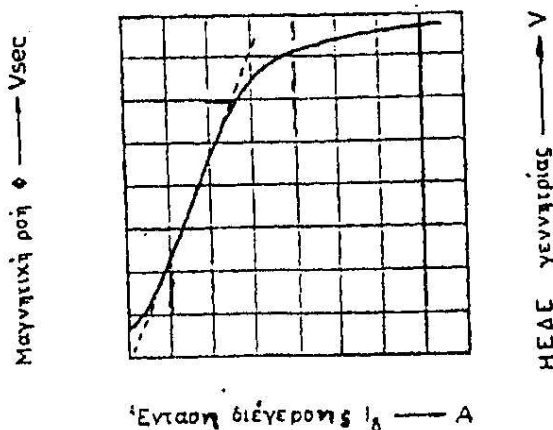
$K=$  σταθερά εξαρτώμενη από τα κατασκευαστικά στοιχεία της γεννήτριας.

$\Phi$  = μαγνητική ροή ανά μαγνητικό πόλο.

$n$  = στροφές ανά λεπτό του δρομέα της γεννήτριας.

Είναι δηλαδή η  $E$  απ' ευθείας ανάλογη με την μαγνητική ροή  $\Phi$  και τον αριθμό στροφών της γεννήτριας. Στο πειραματικό μέρος της άσκησης θα διατηρούνται σταθερές οι στροφές, οπότε η ηλεκτρεγερτική δύναμη ( $E$ ) θα είναι απ' ευθείας ανάλογη με την μαγνητική ροή. Η μαγνητική ροή παράγεται από τα αμπερίλιγματα διέγερσης και επειδή αυτά είναι σταθερά για μια γεννήτρια, η μαγνητική ροή θα εξαρτάται από την ένταση διέγερσης.

Συνεπώς η ηλεκτρεγερτική δύναμη μιας γεννήτριας θα εξαρτάται τελικά από την ένταση διέγερσης της. Όταν η ένταση διέγερσης είναι μηδέν, η μαγνητική ροή δεν μηδενίζεται άρα και η ηλεκτρεγερτική δύναμη, αλλά έχει μια μικρή τιμή λόγω παραμένουτος μαγνητισμού όπως φαίνεται και στην στατική χαρακτηριστική του σχήματος. Έπειτα η χαρακτηριστική προχωράει σχεδόν ευθύγραμμα και στο τέλος γίνεται καμπύλη και οριζοντιώνεται εξ αιτίας του φαινομένου του μαγνητικού κορεσμού.

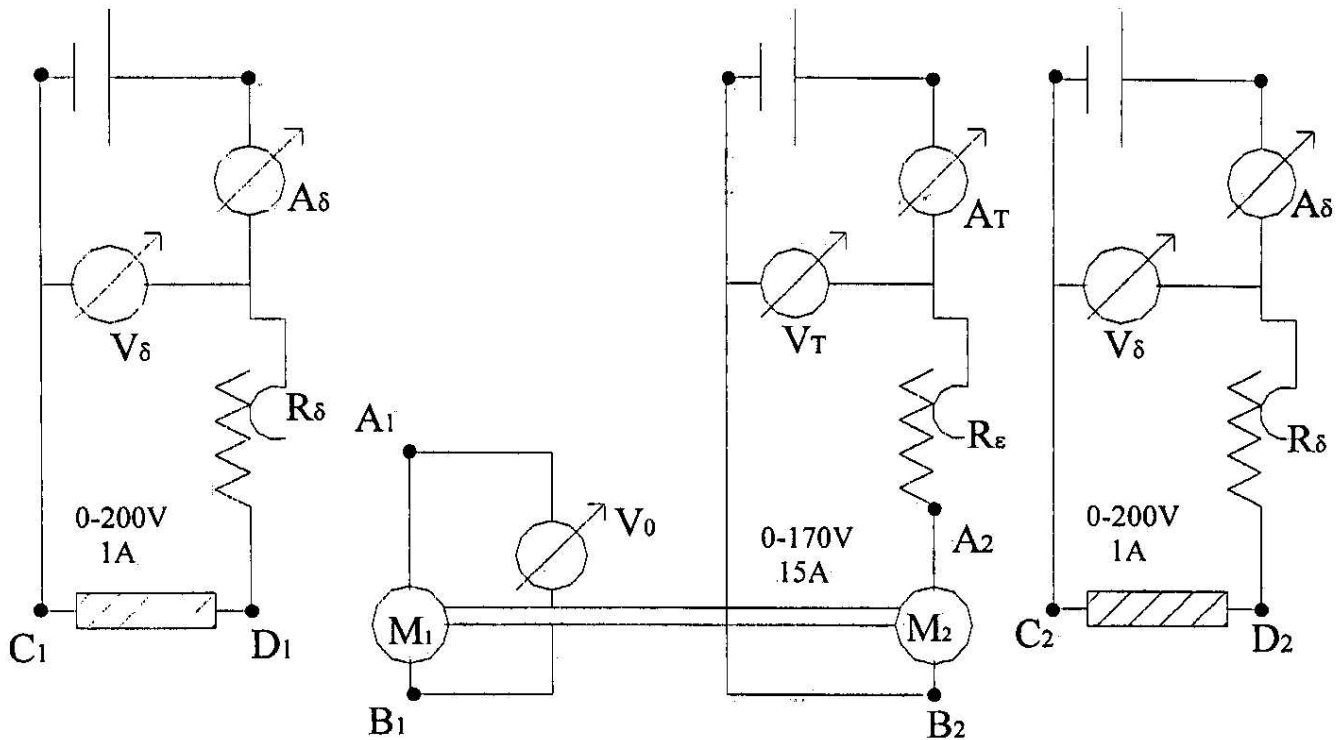


Σχήμα 1.2

### 3. ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΑ ΟΡΓΑΝΑ, ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ

1. Γεννήτρια Σ.Ρ. ξένης διέγερσης.
2. Κινητήρας ξένης διέγερσης.
3. Στροφόμετρο.
4. Πίνακας οργάνων και υποδοχών συνδέσεων.
5. Βολτόμετρο.
6. Αμπερόμετρο.
7. Ρυθμιστική αντίσταση διέγερσης.
8. Καλώδια με βύσματα.

#### 4. ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ



Σχήμα 1.3

#### 5. ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ – ΧΕΙΡΙΣΜΟΙ

Αφού μελετήσετε τα θεωρητικό μέρος της άσκησης πρέπει:

1. Να αναγνωρίσετε τα κατάλληλα όργανα και μηχανήματα.
2. Να τοποθετήσετε σε κατάλληλη θέση πάνω στον πάγκο τα όργανα ώστε να διευκολύνονται οι συνδέσεις και να γίνεται άνετα η αναγνώριση των ενδείξεων των οργάνων.
3. Να πραγματοποιήσετε την συνδεσμολογία του κυκλώματος όπως στο σχέδιο του τμήματος 5, χωρίς να εφαρμόσετε τάση.
4. Να ελέγξετε την συνδεσμολογία παρουσία του εκπαιδευτικού προσωπικού.
5. Να ελέγξετε αν η αντίσταση εκκίνησης  $R_e$  του κινητήρα και η αντίσταση διέγερσης  $R_\delta$  της γεννήτριας είναι ολόκληρες μέσα στο κύκλωμα (δηλαδή να έχουμε ένταση 0A, και τάση 0V), η δε αντίσταση διέγερσης  $R_\delta$  του κινητήρα να έχει την απαιτούμενη ονομαστική τιμή ώστε η ένταση διέγερσης να είναι 1A.
6. Ξεκινήστε τώρα το ζεύγος κινητήρα-γεννήτριας Συνεχούς Ρεύματος ξένης διέγερσης. Ρυθμίστε την ταχύτητα περιστροφής της κινητήριας μηχανής έτσι ώστε να πάρει τις ονομαστικές της στροφές και φροντίστε ώστε κατά την διάρκεια της άσκησης να είναι σταθερή.
7. Με ανοιχτό το κύκλωμα διέγερσης ( $I_\delta=0$ ) διαβάστε στο βολτόμετρο την τάση.

8. Συνδέστε το κύκλωμα διέγερσης. Με ολόκληρη την ρυθμιστική αντίσταση στην αρχή στο κύκλωμα, διαλέξτε τμηματικά τιμές της αντίστασης μικρότερες της αρχικής και σημειώνετε κάθε φορά τις αντίστοιχες  $I\delta$  και  $V\theta$  τιμές από τα όργανα μέχρι που η  $I\delta$  να γίνει  $1A$ .

9. Προσοχή. Δεν πρέπει να υπερβείτε την ονομαστική ένταση διέγερσης.

10. Σταματείστε την τροφοδοσία του κινητήρα, αφού προηγουμένως παρεμβάλετε όλη την αντίσταση διέγερσης της γεννήτριας στο κύκλωμα, καθώς επίσης και την αντίσταση εκκίνησης του κινητήρα.

11. Αποσυναρμολογήστε το κύκλωμα και επιστρέψετε τα όργανα και τα υλικά.

12. Στο μιλιμετρέ χαρτί χαράξτε την στατική χαρακτηριστική καμπύλη  $V\theta=f(I\delta)$  της γεννήτριας με βάση τα ζεύγη τιμών που έχετε πάρει.

### ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Εξηγήστε την ένδειξη του βολτόμετρου της γεννήτριας στο 7ο στάδιο της εκτέλεσης της άσκησης.

2. Το τύλιγμα διέγερσης των γεννητριών Σ.Ρ. ξένης διέγερσης είναι ηλεκτρικά ανεξάρτητο από το τύλιγμα του επαγωγικού τύμπανου;

3. Η διέγερση της γεννήτριας Σ.Ρ. ξένης διέγερσης επηρεάζεται από την διεύθυνση περιστροφής του δρομέα της;

4. Πως μπορεί να αλλάξει η φορά περιστροφής του δρομέα γεννήτριας Σ.Ρ. ξένης διέγερσης, χωρίς να αλλάξει η πολικότητα της παραγόμενης τάσης;

5. Εξηγήστε γιατί στις γεννήτριες Σ.Ρ. ξένης διέγερσης όσο αυξάνεται η ένταση διέγερσης τους αυξάνεται και η τάση που παράγουν (μέχρι το σημείο κορεσμού) όταν οι στρόφες τους είναι σταθερές.

6. Αναφέρατε τα στοιχεία λειτουργίας της γεννήτριας που εξετάσατε.

7. Σχόλια.- Συμπεράσματα.

## ΑΣΚΗΣΗ 2

Στατική χαρακτηριστική γεννήτριας Συνεχούς Ρεύματος παράλληλης διέγερσης με σταθερή ταχύτητα περιστροφής  $U_o=f(I_d)$  με  $n$ =σταθερό.

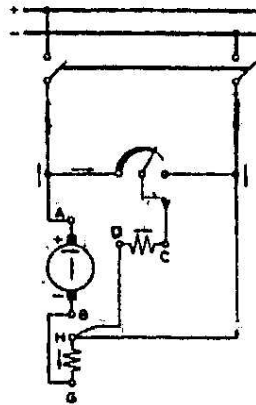
### 1. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

Σκοπός της άσκησης είναι η απόκτηση ικανότητας:

- 1.Στον τρόπο σύνδεσης γεννήτριας Σ.Ρ. παράλληλης διέγερσης
- 2.Στους απαιτούμενους χειρισμούς για το ξεκίνημα και την διέγερση της.
- 3.Στην λήψη τιμών για την απεικόνιση της στατικής χαρακτηριστικής.

### 2. ΘΕΩΡΙΑ

Οι γεννήτριες Σ.Ρ. παράλληλης διέγερσης δεν διαφέρουν από τα άλλα είδη των γεννητριών από άποψη κατασκευής. Διαφέρουν όμως ως προς τον τρόπο της διέγερσης τους. Οι γεννήτριες Σ.Ρ. παράλληλης διέγερσης για να λειτουργήσουν δεν χρειάζονται ιδιαίτερη πηγή Σ.Ρ. οποιασδήποτε μορφής. Επίσης το τύλιγμα διέγερσης δεν είναι ανεξάρτητο από το τύλιγμα του επαγωγικού τύμπανου, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα



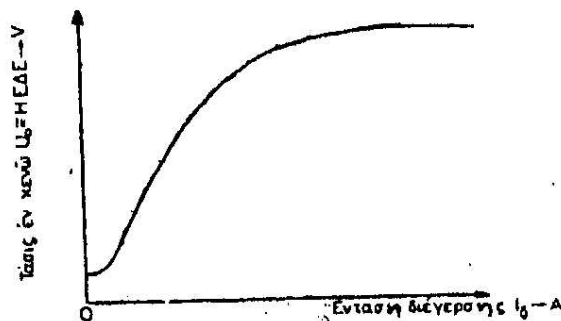
Σχήμα 2.1

Συνδεσμολογία γεννήτριας Σ.Ρ. παράλληλης διέγερσης.

Όπως βλέπουμε και στην σχηματική παράσταση 2.3 η μεταβλητή αντίσταση  $R_d$  μας χρησιμεύει για να μπορούμε να ρυθμίζουμε την τάση διέγερσης, το δε αμπερόμετρο  $A_d$  και το βολτόμετρο  $V_d$  για να ελέγχουμε την ένταση διέγερσης και την τάση διέγερσης αντίστοιχα. Τα  $C_1, D_1$  παριστάνουν το τύλιγμα διέγερσης και τα  $A_1, B_1$  τα άκρα του επαγωγικού τύμπανου. Το βολτόμετρο που έχει συνδεθεί στα άκρα του επαγωγικού τύμπανου μας δείχνει την τάση που παράγει η γεννήτρια όταν λειτουργεί εν κενώ (όταν δηλαδή δεν υπάρχει κάποιο φορτίο στα άκρα αυτά).

Και στην γεννήτρια παράλληλης διέγερσης η ηλεκτρεγερτική δύναμη της θα εξαρτάται από την ένταση διέγερσης της. Όταν η ένταση διέγερσης είναι μηδέν, η μαγνητική ροή δεν μηδενίζεται άρα και η ηλεκτρεγερτική δύναμη, αλλά έχει μια μικρή τιμή λόγω παραμένουστος μαγνητισμού όπως φαίνεται και στην στατική χαρακτηριστική του σχήματος. Έπειτα η χαρακτηριστική προχωράει σχεδόν

ευθύγραμμα και στο τέλος γίνεται καμπύλη και οριζοντιώνεται εξ αιτίας του φαινομένου του μαγνητικού κορεσμού.



Σχήμα 2.2

Κατά την συνδεσμολογία της γεννήτριας Σ.Ρ. παράλληλης διέγερσης ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στο κύκλωμα διέγερσης. Είναι απαραίτητο κατά την τροφοδότηση του τυλίγματος διέγερσης να ενισχύεται το μαγνητικό πεδίο των πόλων και όχι να εξασθενίζει, γιατί η μηχανή θα σταματήσει να αυτοδιεγείρεται. Πρέπει δηλαδή τα πηνία των πόλων να εξασφαλίζουν μαγνητικό πεδίο ίδιας πολικότητας με εκείνο του παραμένουτος μαγνητισμού.

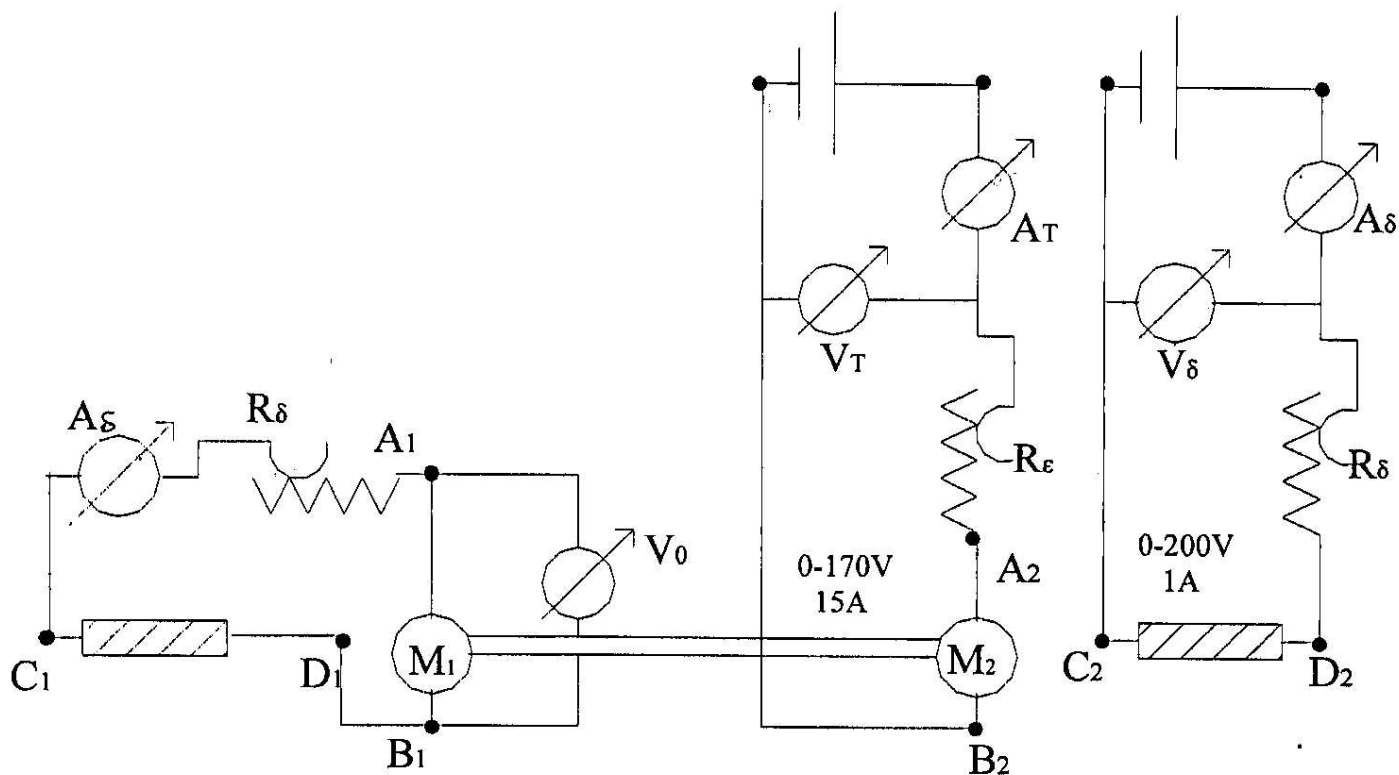
Στην παρθενική λειτουργία της γεννήτριας Σ.Ρ. παράλληλης διέγερσης και υπό κανονικό αριθμό στροφών που δεν υπάρχει παραμένον μαγνητισμός, το τυλίγμα διέγερσης πρέπει να τροφοδοτείται από ξένη πηγή μέχρις ότου η γεννήτρια διεγερθεί.

Για να αλλάξει η φορά περιστροφής σε μια γεννήτρια Σ.Ρ. παράλληλης διέγερσης πρέπει να αλλαχθεί και η σύνδεση των άκρων του τυλίγματος διέγερσης, με τους ακροδέκτες του επαγωγικού τύμπανου, έτσι ώστε το ρεύμα διέγερσης να διατηρήσει την διεύθυνση που είχε προτού αλλάξει η φορά περιστροφής. Με αυτό τον τρόπο η γεννήτρια δεν θα χάσει τον παραμένουτα μαγνητισμό της και θα αυτοδιεγείρεται.

### 3. ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΑ ΟΡΓΑΝΑ, ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ

1. Γεννήτρια Σ.Ρ. παράλληλης διέγερσης
2. Κινητήρας ξένης διέγερσης.
3. Στροφόμετρο.
4. Πίνακας οργάνων και υποδοχών συνδέσεων.
5. Βολτόμετρο.
6. Αμπερόμετρο.
7. Ρυθμιστική αντίσταση διέγερσης.
8. Καλώδια με βύσματα.

#### 4. ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ



Σχήμα 2.3

#### 5. ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ – ΧΕΙΡΙΣΜΟΙ

Αφού μελετήσετε το θεωρητικό μέρος της άσκησης πρέπει:

1. Να αναγνωρίσετε τα κατάλληλα όργανα και μηχανήματα.
2. Να τοποθετήσετε σε κατάλληλη θέση πάνω στον πάγκο τα όργανα ώστε να διευκολύνονται οι συνδέσεις και να γίνεται άνετα η αναγνώριση των ενδείξεων των οργάνων.
3. Να πραγματοποιήσετε την συνδεσμολογία του κυκλώματος όπως στο σχέδιο του τμήματος <4>, χωρίς να εφαρμόσετε τάση.
4. Να ελέγξετε τη συνδεσμολογία παρουσία του εκπαιδευτικού προσωπικού.
5. Να ελέγξετε αν η αντίσταση εκκίνησης  $R_{\epsilon}$  του κινητήρα είναι ολόκληρη μέσα στο κύκλωμα (δηλαδή να έχουμε ένταση 0A, και τάση 0V), η δε αντίσταση διέγερσης  $R_{\delta}$  του κινητήρα να έχει την απαιτούμενη ονομαστική τιμή ώστε η ένταση να είναι 1A.
6. Ξεκινήστε τώρα το ζεύγος κινητήρα-γεννήτριας Συνεχούς Ρεύματος παράλληλης διέγερσης. Ρυθμίστε την ταχύτητα περιστροφής της κινητήριας μηχανής έτσι ώστε να πάρει τις ονομαστικές της στροφές και φροντίστε ώστε κατά την διάρκεια της άσκησης να είναι σταθερή.
7. Με ανοιχτό το κύκλωμα διέγερσης ( $I_{\delta}=0$ ) διαβάστε στο βολτόμετρο τη τάση.

8. Συνδέστε το κύκλωμα διέγερσης. Με ολόκληρη την ρυθμιστική αντίσταση στην αρχή στο κύκλωμα, διαλέξτε τμηματικά τιμές της αντίστασης μικρότερες της αρχικής και σημειώνεται κάθε φορά τις αντίστοιχες  $I_D$  και  $V_o$  τιμές από τα όργανα μέχρι που η  $I_D$  να γίνει 1A.

9. Προσοχή. Δεν πρέπει να υπερβείτε την ονομαστική ένταση διέγερσης

10. Σταματείστε τη τροφοδοσία του κινητήρα, αφού προηγουμένως παρεμβάλετε όλη την αντίσταση διέγερσης της γεννήτριας στο κύκλωμα, καθώς επίσης και την αντίσταση εκκίνησης του κινητήρα.

11. Αποσυναρμολογήστε το κύκλωμα και επιστρέψτε τα όργανα και τα υλικά.

12. Στο μιλιμετρέ χαρτί χαράξτε την στατική χαρακτηριστική καμπύλη  $V_o = f(I_D)$  της γεννήτριας με βάση τα ζεύγη τιμών που έχετε πάρει.

### ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Ποιες είναι οι συνθήκες που πρέπει να πληρούνται για να διεγερθεί μια γεννήτρια Σ.Ρ. παράλληλης διέγερσης;

2. Πως αυτοδιεγείρεται μια γεννήτρια Σ.Ρ. παράλληλης διέγερσης;

3. Πότε η γεννήτρια Σ.Ρ. παράλληλης διέγερσης δεν δίνει τάση στα άκρα της και τι πρέπει να γίνει σε κάθε περίπτωση, για να έχουμε τάση;



### ΑΣΚΗΣΗ 3η

Χαρακτηριστική καμπύλη φορτίου γεννήτριας Συνεχούς Ρεύματος ξένης διέγερσης με σταθερή ταχύτητα περιστροφής  $U=f(I\phi)$  με  $n$ =σταθερό.

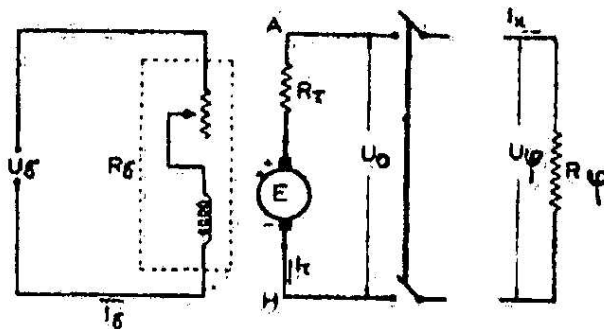
#### 1. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

Σκοπός της άσκησης είναι η απόκτηση ικανότητας:

- 1.Στον τρόπο σύνδεσης γεννήτριας Σ.Ρ. ξένης διέγερσης για λειτουργία με φορτίο.
- 2.Στους απαιτούμενους χειρισμούς για την λειτουργία του ζεύγους.
- 3.Στην μέθοδο που ακολουθούμε για την απεικόνιση της χαρακτηριστικής φάρτισης.

#### 2. ΘΕΩΡΙΑ

Όταν στην γεννήτρια δεν είναι συνδεδεμένο κάποιο φορτίο τότε από το τύλιγμα του επαγωγικού τύμπανου της δεν διέρχεται ρεύμα και το μόνο μαγνητικό πεδίο που υπάρχει είναι το πεδίο των πόλων της, που ονομάζεται κύριο μαγνητικό πεδίο. Εάν τώρα συνδέσουμε στους ακροδέκτες του επαγωγικού τύμπανου κάποιο φορτίο θα περάσει κάποιο ρεύμα μέσα από αυτό και θα έχει την ίδια διεύθυνση με τις ηλεκτρεγερτικές δυνάμεις.



Σχήμα 3.1

Ισοδύναμο κύκλωμα γεννήτριας Σ.Ρ. ξένης διέγερσης

Όταν όμως ένας αγωγός διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα δημιουργεί γύρω του μαγνητικό πεδίο.

Άρα λοιπόν όταν η γεννήτρια εργάζεται με φορτίο έχουμε εκτός από το κύριο μαγνητικό πεδίο των πόλων και το μαγνητικό πεδίο του επαγωγικού τύμπανου. Το αποτέλεσμα είναι να παραμορφώνεται το κύριο μαγνητικό πεδίο. Η επίδραση αυτή του επαγωγικού τύμπανου, όταν διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα, στο κύριο μαγνητικό πεδίο των πόλων, ονομάζεται αντίδραση του επαγωγικού τυμπάνου.

Η παραμόρφωση του κύριου μαγνητικού πεδίου έχει σαν συνέπεια:

1. Μετατόπιση της ουδέτερης ζώνης και σπινθηρισμούς ανάμεσα στον συλλέκτη και τις ψήκτρες.

Οι σπινθηρισμοί εξουδετερώνονται με δύο τρόπους:

α) με μετάθεση των ψηκτρών αντίστοιχα με την μετάθεση της ουδέτερης ζώνης. Η μετάθεση αυτή επιτυγχάνεται με την βοήθεια κινητού συστήματος ψηκτροφορέως και πρακτικά είναι τόσο ώστε να μην έχουμε σπινθηρισμούς στον συλλέκτη όταν η γεννήτρια εργάζεται με το ονομαστικό της φορτίο και γίνεται κατά την φορά περιστροφής του επαγωγικού τύμπανου. Βέβαια με την μετακίνηση των ψηκτρών δεν επιτυγχάνουμε εξαφάνιση των σπινθηρισμών αλλά τον περιορισμό τους.

β) Δια της δημιουργίας ενός άλλου μικρού μαγνητικού πεδίου αντιστάθμισης που παράγεται από τους λεγόμενους βοηθητικούς πόλους αντιστάθμισης ή απλώς βοηθητικούς πόλους.

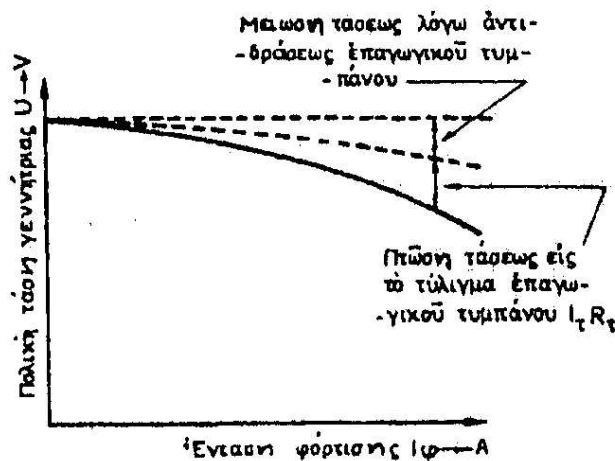
Οι βοηθητικοί πόλοι τοποθετούνται στις ουδέτερες ζώνες του κύριου μαγνητικού πεδίου και είναι κατασκευαστικός όμοιοι με τους κύριους μαγνητικούς πόλους. Τα τυλίγματα των βοηθητικών πόλων συνδέονται σε σειρά με το τυλίγμα του επαγωγικού τύμπανου ώστε το ρεύμα φορτίου να αποτελεί την διέγερσή τους. Η σύνδεση γίνεται έτσι ώστε να εξασφαλίζεται διαδοχή κύριων και βοηθητικών πόλων.

Υπάρχουν βέβαια και άλλοι τρόποι για την εξουδετέρωση των σπινθηρισμών.

2. Η δεύτερη συνέπεια της παραμόρφωσης του κύριου μαγνητικού πεδίου από την αντίδραση του επαγωγικού τύμπανου και την μετάθεση των ψηκτρών είναι ότι η ηλεκτρεγερτική δύναμη της γεννήτριας υπό φορτίο είναι μικρότερη από την ηλεκτρεγερτική δύναμη που έχει στο κενό.

Ένας άλλος λόγος μείωσης της τάσης που παράγει η γεννήτρια όσο αυξάνει η ένταση του φορτίου είναι και η πτώση τάσης πάνω στο τυλίγμα του επαγωγικού τύμπανου

Σ' αυτήν την άσκηση θα μεταβάλλετε διαδοχικά το φορτίο της γεννήτριας και θα μετράτε τις αντίστοιχες τιμές έντασης του φορτίου, διατηρώντας σταθερές την ένταση διέγερσης της γεννήτριας και τις στροφές του κινητήρα.



Σχήμα 3.2

Η χαρακτηριστική που θα χαραχθεί λέγεται χαρακτηριστική υπό φορτίο και είναι της μορφής του σχήματος. Η μεταβολή της τάσης μιας γεννήτριας από μηδέν φορτίο στο πλήρες φορτίο, όταν εκφράζεται σε ποσοστό επί τοις εκατό της τάσης υπό πλήρες φορτίο ονομάζεται διακύμανση τάσης της γεννήτριας.

$$\Delta\eta\lambda\alpha\delta\acute{\eta} \ \varepsilon\% = ((U_0 - U_{\phi}) / U_{\phi}) 100$$

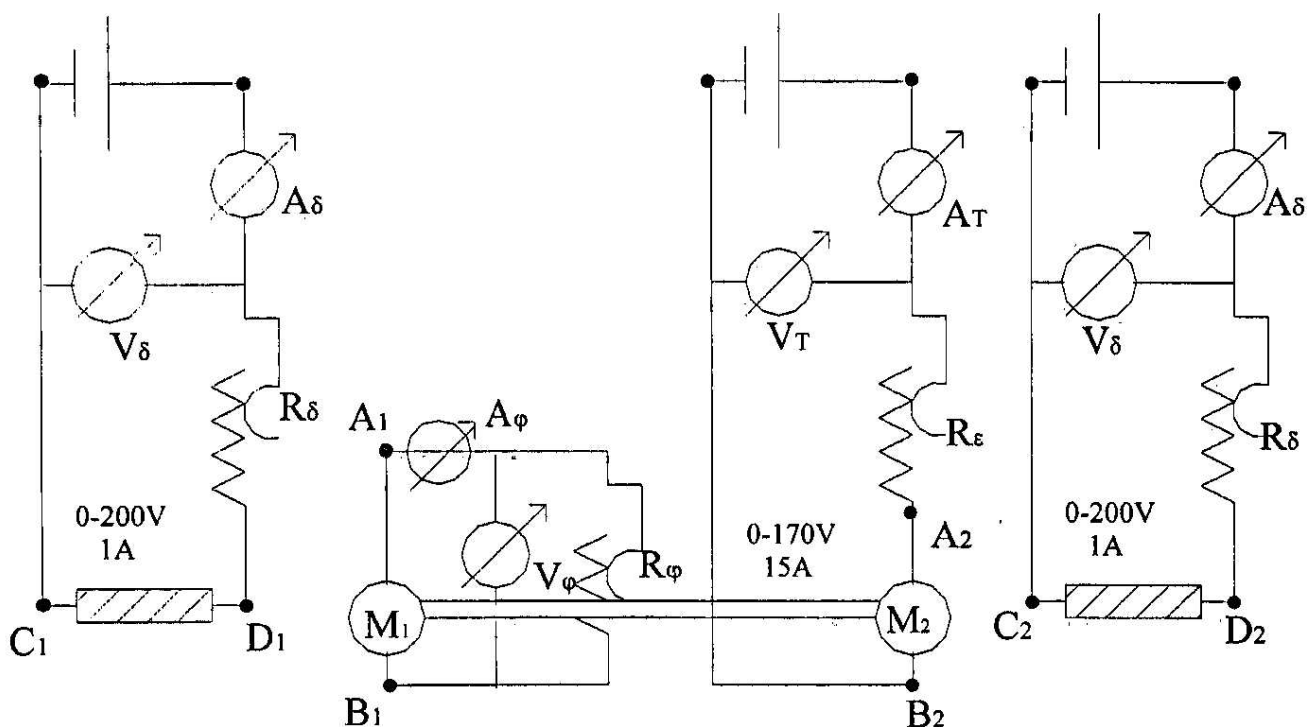
$U_0$  = τάση στο κενό της γεννήτριας

$U_{\phi}$  = τάση υπό πλήρες φορτίο.

### 3. ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΑ ΟΡΓΑΝΑ. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ

1. Γεννήτρια Σ.Ρ. ξένης διέγερσης
2. Κινητήρας Σ.Ρ. ξένης διέγερσης.
3. Στροφόμετρο.
4. Πίνακας οργάνων και υποδοχών συνδέσεων.
5. Βολτόμετρο.
6. Αμπερόμετρο.
7. Ρυθμιστική αντίσταση διέγερσης.
8. Καλώδια με βύσματα.
9. Ρυθμιστική αντίσταση φορτίου.

### 4. ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ



Σχήμα 3.3

### 5. ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ - ΧΕΙΡΙΣΜΟΙ

Αφού μελετήσετε το θεωρητικό μέρος της άσκησης πρέπει:

1. Να αναγνωρίσετε τα κατάλληλα όργανα και μηχανήματα.

2. Να τοποθετήσετε σε κατάλληλη θέση πάνω στον πάγκο τα όργανα ώστε να διευκολύνονται οι συνδέσεις και να γίνεται άνετα η ανάγνωση των ενδείξεων των οργάνων.
3. Να πραγματοποιήσετε την συνδεσμολογία του κυκλώματος όπως στο σχέδιο του τμήματος 4, χωρίς να εφαρμόσετε τάση.
4. Να ελέγξετε την συνδεσμολογία παρουσία του εκπαιδευτικού προσωπικού.
5. Να ελέγξετε αν η αντίσταση εκκίνησης  $R_e$  του κινητήρα και η αντίσταση διέγερσης  $R_d$  της γεννήτριας είναι ολόκληρες μέσα στο κύκλωμα (δηλαδή να έχουμε ένταση  $0A$ , και τάση  $0V$ ), η δε αντίσταση διέγερσης  $R_d$  του κινητήρα να έχει την απαιτούμενη ονομαστική τιμή ώστε η ένταση να είναι  $1A$ .
6. Ξεκινήστε τώρα το ζεύγος κινητήρα-γεννήτριας Συνεχούς Ρεύματος ξένης διέγερσης. Ρυθμίστε την ταχύτητα περιστροφής της κινητήριας μηχανής έτσι ώστε να πάρει τις ονομαστικές της στροφές και φροντίστε ώστε κατά την διάρκεια της άσκησης να είναι σταθερή.
7. Δώστε στην συνέχεια τάση στο κύκλωμα διέγερσης της γεννήτριας, μέχρις ότου η ένταση διέγερσης της γεννήτριας γίνει ίση με την ονομαστική.
8. Πριν συνδέσετε κάποιο φορτίο στην γεννήτρια πάρτε την ένδειξη του βολτομέτρου (τάση στο κενό της γεννήτριας).
9. Συνδέστε τώρα το φορτίο στην γεννήτρια και μεταβάλλοντας το διαδοχικά να σημειώνετε τις αντίστοιχες τιμές τάσης της γεννήτριας και της έντασης του φορτίου, διατηρώντας σταθερά την ένταση διέγερσης της γεννήτριας και τις στροφές του κινητήρα.
10. Προσοχή: Δεν πρέπει να υπερβείτε την ονομαστική ένταση φορτίου της γεννήτριας και του κινητήρα.
11. Σταματείστε την τροφοδοσία του κινητήρα αφού προηγουμένως μειώσετε την ένταση του φορτίου, παρεμβάλλετε όλη την αντίσταση διέγερσης της γεννήτριας στο κύκλωμα καθώς επίσης και την αντίσταση εκκίνησης του κινητήρα.
12. Αποσυναρμολογήστε το κύκλωμα και επιστρέψτε τα όργανα και τα υλικά .
13. Στο μιλιμετρέ χαρτί χαράξτε την χαρακτηριστική καμπύλη φορτίου  $U=f(I_f)$  της γεννήτριας με βάση τα ζεύγη τιμών που έχετε πάρει .

### ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Σχόλια συμπεράσματα.
2. Πότε έχουμε σπινθηρισμούς σε μια γεννήτρια Σ.Ρ. ξένης διέγερσης και πως εξουδετερώνονται;
3. Ποιες είναι οι αιτίες μείωσης της τάσης που παράγει γεννήτρια Σ.Ρ.Ε.Δ. όταν λειτουργεί υπό φορτίο;
4. Να ευρεθεί η διακύμανση της τάσης της εξετασθείσης γεννήτριας.

## ΑΣΚΗΣΗ 4η

Χαρακτηριστική καμπύλη φορτίου γεννήτριας Συνεχούς Ρεύματος παράλληλης διέγερσης με σταθερή ταχύτητα περιστροφής  $U=f(I\phi)$  με  $n$ =σταθερό.

### 1. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

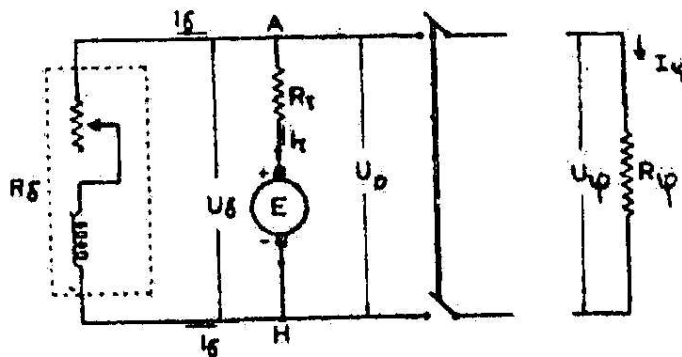
Σκοπός της άσκησης είναι η απόκτηση ικανότητας:

1. Στον τρόπο σύνδεσης γεννήτριας Σ.Ρ. παράλληλης διέγερσης για λειτουργία με φορτίο.
2. Στους απαιτούμενους χειρισμούς για τη λειτουργία του ζεύγους
3. Στη μέθοδο που ακολουθούμε για την απεικόνιση της χαρακτηριστικής φόρτισης.

### 2. ΘΕΩΡΙΑ

Στην προηγούμενη άσκηση που αναφέρεται στις γεννήτριες Σ.Ρ. ξένης διέγερσης όταν λειτουργούν με φορτίο, είδαμε ότι οι αιτίες μείωσης της τάσης που παράγει η γεννήτρια όταν λειτουργεί με φορτίο είναι δύο.

Στην γεννήτρια Σ.Ρ. παράλληλης διέγερσης όταν λειτουργεί υπό φορτίο, εκτός από τις δύο αυτές αιτίες μείωσης της τάσης που παράγει, έχουμε και μία τρίτη αιτία.



Σχήμα 4.1

Ισοδύναμο κύκλωμα γεννήτριας Σ.Ρ. παράλληλης διέγερσης

Επειδή στις γεννήτριες Σ.Ρ. παράλληλης διέγερσης το κύκλωμα της διέγερσης είναι όπως είδαμε στην άσκηση 2 παράλληλο προς το κύκλωμα του επαγωγικού τύμπανου, όταν θα μειώνεται η τάση που παράγει η γεννήτρια εξ αιτίας των δύο λόγων που αναφέραμε στην γεννήτρια Σ.Ρ. ξένης διέγερσης (που ισχύουν και εδώ) θα μειώνεται και το ρεύμα της διέγερσης, διότι,  $I_\delta = U/R_\delta$ .

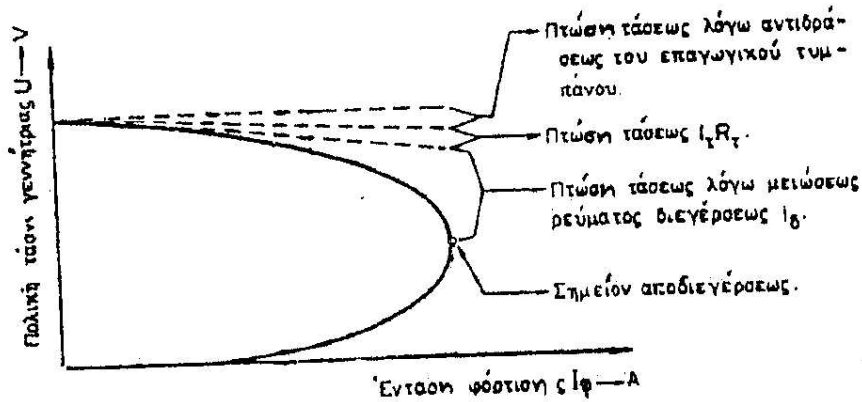
Αποτέλεσμα της μείωσης του ρεύματος της διέγερσης είναι το αδυνάτισμα του μαγνητικού πεδίου δηλαδή μείωση της μαγνητικής ροής  $\Phi$  της γεννήτριας.

Κατά συνέπεια θα έχουμε και μείωση στην επαγόμενη ηλεκτρεγερτική δύναμη  $E$  στο τύλιγμα του τύμπανου και άρα στην τάση της γεννήτριας.

Στην χαρακτηριστική φορτίου της γεννήτριας Σ.Ρ. παράλληλης διέγερσης βλέπουμε ότι φτάνοντας σε μία κρίσιμη τιμή του ρεύματος φορτίου (σημείο αποδιέγερσης) η καμπύλη γυρίζει ξαφνικά προς τα αριστερά αν και η αντίσταση

φορτίου συνεχίζει να μειώνεται.

Δηλαδή μειώνεται το ρεύμα φορτίου και αυτό οφείλεται στην υπερβολική μείωση της επαγόμενης ηλεκτρεγερτικής δύναμης  $E$  της γεννήτριας. Η τάση που παράγει η γεννήτρια γίνεται μηδέν και το κύκλωμα του επαγωγικού τύμπανου θεωρείται βραχυκυκλωμένο.

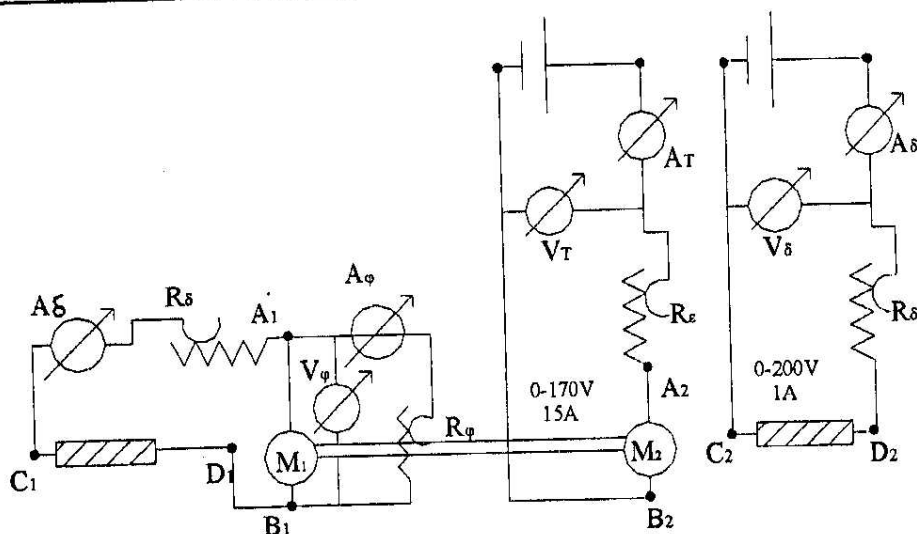


Σχήμα 4.2

### 3. ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΑ ΟΡΓΑΝΑ, ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ

1. Γεννήτρια Σ.Ρ. παράλληλης διεγέρσεως
2. Κινητήρας Σ.Ρ. ξένης διεγέρσεως.
3. Στροφόμετρο.
4. Πίνακας οργάνων και υποδοχών συνδέσεων,
5. Βολτόμετρο.
6. Αμπερόμετρο.
7. Ρυθμιστική αντίσταση διεγέρσεως.
8. Καλώδια με Βύσματα.
9. Ρυθμιστική αντίσταση φορτίου.

### 4. ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ



Σχήμα 4.3

## **5. ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ - ΧΕΙΡΙΣΜΟΙ**

Αφού μελετήσετε το θεωρητικό μέρος της άσκησης πρέπει:

1. Να αναγνωρίσετε τα κατάλληλα όργανα και μηχανήματα.
2. Να τοποθετήσετε σε κατάλληλη θέση πάνω στον πάγκο τα όργανα ώστε να διευκολύνονται οι συνδέσεις και να γίνεται άνετα η αναγνώριση των ενδείξεων των οργάνων.
3. Να πραγματοποιήσετε την συνδεσμολογία του κυκλώματος όπως στο σχέδιο του τμήματος 4, χωρίς να εφαρμόσετε τάση.
4. Να ελέγξετε την συνδεσμολογία παρουσία του εκπαιδευτικού προσωπικού.
5. Να ελέγξετε αν η αντίσταση εκκίνησης  $R_e$  του κινητήρα και η αντίσταση διέγερσης  $R_d$  της γεννήτριας είναι ολόκληρη μέσα στο κύκλωμα (δηλαδή να έχουμε ένταση 0A, και τάση 0V), η δε αντίσταση διέγερσης  $R_d$  του κινητήρα να έχει την απαιτούμενη ονομαστική τιμή ώστε η ένταση διέγερσης να είναι 1A.
6. Ξεκινήστε τώρα το ζεύγος κινητήρα-γεννήτριας Συνεχούς Ρεύματος παράλληλης διέγερσης. Ρυθμίστε την ταχύτητα περιστροφής της κινητήριας μηχανής έτσι ώστε να πάρει τις ονομαστικές της στροφές και φροντίστε ώστε κατά την διάρκεια της άσκησης να είναι σταθερή.
7. Δώστε στην συνέχεια τάση στο κύκλωμα διέγερσης της γεννήτριας, μέχρις ότου η ένταση διέγερσης της γεννήτριας γίνει ίση με την ονομαστική.
8. Πριν συνδέσετε κάποιο φορτίο στην γεννήτρια πάρτε την ένδειξη του βολτομέτρου (τάση στο κενό της γεννήτριας).
9. Συνδέστε τώρα το φορτίο στην γεννήτρια και μεταβάλλοντάς το διαδοχικά να σημειώνετε τις αντίστοιχες τιμές τάσης της γεννήτριας και της έντασης του φορτίου, διατηρώντας σταθερά την ένταση διέγερσης της γεννήτριας και τις στροφές του κινητήρα.
10. **Προσοχή** Δεν πρέπει να υπερβείτε την ονομαστική ένταση φορτίου της γεννήτριας και του κινητήρα.
11. Σταματείστε την τροφοδοσία του κινητήρα αφού προηγουμένως μειώσετε την ένταση του φορτίου, παρεμβάλλετε όλη την αντίσταση διέγερσης της γεννήτριας στο κύκλωμα καθώς επίσης και την αντίσταση εκκίνησης του κινητήρα.
12. Αποσυναρμολογήστε το κύκλωμα και επιστρέψτε τα όργανα και τα υλικά.
13. Στο μιλιμετρέ χαρτί χαράξτε την χαρακτηριστική καμπύλη φορτίου  $V=f(I_\phi)$  της γεννήτριας με βάση τα ζεύγη τιμών που έχετε πάρει .

## **ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ**

1. Σχόλια συμπεράσματα.
2. Από την χαρακτηριστική φόρτισης της γεννήτριας Σ.Ρ. παράλληλης διέγερσης να βρεθεί το ρεύμα βραχυκύκλωσής της. Που οφείλεται αυτό;
3. Να ευρεθεί η διακύμανση της τάσης της γεννήτριας Σ.Ρ. παράλληλης διέγερσης και να εξηγηθεί η διαφορά σε σχέση με αυτή της γεννήτριας Σ.Ρ. ξένης διέγερσης.



## ΑΣΚΗΣΗ 5η

Χαρακτηριστική καμπύλη φορτίου γεννήτριας Συνεχούς Ρεύματος σύνθετης διέγερσης με σταθερή ταχύτητα περιστροφής  $U=f(I\phi)$  με  $n$ =σταθερό.

### 1. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

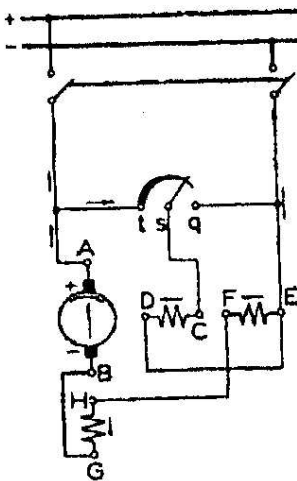
Σκοπός της άσκησης είναι η απόκτηση ικανότητας:

- 1.Στον τρόπο σύνδεσης γεννήτριας Σ.Ρ. σύνθετης διέγερσης για λειτουργία με φορτίο.
- 2.Στους απαιτούμενους χειρισμούς για την λειτουργία του ζεύγους.
- 3.Στην μέθοδο που ακολουθούμε για την απεικόνιση της χαρακτηριστικής φόρτισης.

### 2. ΘΕΩΡΙΑ

Η γεννήτρια σύνθετης διέγερσης έχει εκτός από το παράλληλο τύλιγμα διέγερσης και ένα τύλιγμα διέγερσης συνδεδεμένο σε σειρά με το επαγωγικό τύλιγμα.

Έτσι για την μαγνήτιση αυτής της γεννήτριας μπορούν να δρουν δύο μαγνητικά πεδία. Ο συνδυασμός αυτών των πεδίων μπορεί να δώσει ισχυρό ή αδυνατισμένο συνιστάμενο μαγνητικό πεδίο ανάλογα με την σύνδεση των τυλιγμάτων, πράγμα που επιδρά τελικά στην συμπεριφορά της τάσης της γεννήτριας στις μεταβολές του φορτίου.



Σχήμα 5.1

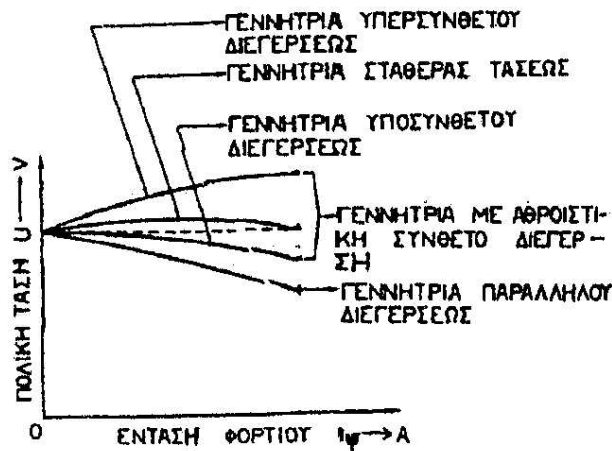
Συνδεσμολογία γεννήτριας Σ.Ρ. σύνθετης διέγερσης

Όταν το τύλιγμα σειράς συνδέεται έτσι ώστε το ρεύμα του να έχει την ίδια κατεύθυνση με το ρεύμα του παράλληλου τυλίγματος, τότε έχουμε συνιστάμενο μαγνητικό πεδίο ισχυρό και η γεννήτρια λέγεται αθροιστικής σύνθετης διέγερσης. Πριν φορτιστεί, η τάση της είναι ίδια με την τάση μιας γεννήτριας παράλληλης διέγερσης με τα ίδια χαρακτηριστικά. Όταν φορτιστεί, η τάση της τείνει να μειωθεί λόγω των αιτίων που είδαμε και στην γεννήτρια παράλληλης διέγερσης, (αντίδραση



επαγωγικού τύμπανου, πτώση τάσης στο επαγωγικό τύμπανο, μείωση του ρεύματος διέγερσης στο παράλληλο τύλιγμα), αλλά και να αυξηθεί συγχρόνως εξ αιτίας της ενίσχυσης του μαγνητικού πεδίου του παράλληλου τυλίγματος από το μαγνητικό πεδίο του τυλίγματος σειράς.

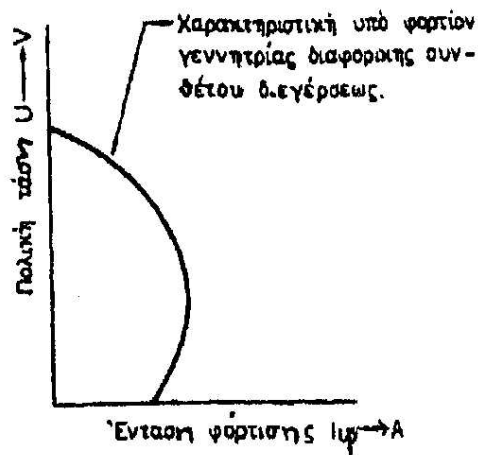
Με την πρόσθεση σπειρών στο τύλιγμα σειράς μπορεί να επιτευχθεί και ανύψωση της τάσης που παράγει η γεννήτρια στην φόρτιση σε σχέση με την εν κενώ τάση της και τότε λέγεται υπερσύνθετης διέγερσης. Έτσι η τάση της γεννήτριας με πλήρες φορτίο μπορεί να είναι μεγαλύτερη, ίση, η μικρότερη από την τάση στο κενό ανάλογα με πόσο θα ενισχυθεί το πεδίο των μαγνητικών πόλων από το πεδίο του τυλίγματος σειράς.



Σχήμα 5.2

Χαρακτηριστικές υπό φορτίο γεννητριών αθροιστικής σύνθετης διέγερσης

Τώρα όταν το τύλιγμα σειράς συνδέεται έτσι ώστε το ρεύμα του τυλίγματος να έχει αντίθετη κατεύθυνση από το ρεύμα του παράλληλου τυλίγματος κατά την λειτουργία της γεννήτριας με φορτίο, το μαγνητικό πεδίο του τυλίγματος σειράς θα μειώνει το μαγνητικό πεδίο του παράλληλου τυλίγματος, με αποτέλεσμα να μειώνεται η ηλεκτρεγερτική δύναμη της γεννήτριας από εκείνη που είχε στην εν κενώ λειτουργία της. Επομένως η τάση της γεννήτριας αυτής, που λέγεται και γεννήτρια διαφορικής σύνθετης διέγερσης, εκτός του ότι θα έχει όλες τις μειώσεις που οφείλονται στο παράλληλο τύλιγμα, (αντίδραση επαγωγικού τύμπανου, πτώση τάσης στο τύλιγμα του επαγωγικού τύμπανου, και μείωση του ρεύματος διέγερσης) θα έχει επιπλέον και την παραπάνω μείωση της ηλεκτρεγερτικής δύναμης. Άρα η χαρακτηριστική της υπό φορτίο θα είναι πολύ πιο κάτω από την χαρακτηριστική υπό φορτίο της γεννήτριας παράλληλης διέγερσης.



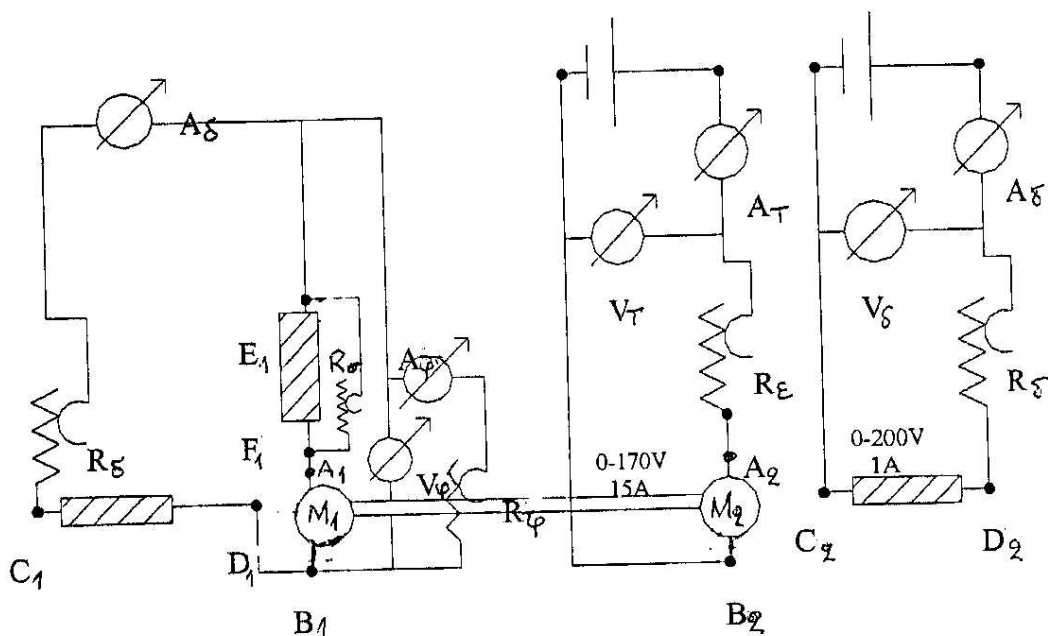
Σχήμα 5.3

Χαρακτηριστική υπό φορτίο γεννητριών διαφορικής σύνθετης διέγερσης

### 3. ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΑ ΟΡΓΑΝΑ, ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ

1. Γεννήτρια Σ.Ρ. σύνθετης διέγερσης
2. Κινητήρας Σ.Ρ. ξένης διέγερσης.
3. Στροφόμετρο.
4. Πίνακας οργάνων και υποδοχών συνδέσεων.
5. Βολτόμετρο.
6. Αμπερόμετρο.
7. Ρυθμιστική αντίσταση διέγερσης.
8. Ρυθμιστική αντίσταση φορτίου.
9. Καλώδια με βύσματα.

### 4. ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ



## **5. ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ - ΧΕΙΡΙΣΜΟΙ**

Αφού μελετήσετε το θεωρητικό μέρος της άσκησης πρέπει:

1. Να αναγνωρίσετε τα κατάλληλα όργανα και μηχανήματα.
2. Να τοποθετήσετε σε κατάλληλη θέση πάνω στον πάγκο τα όργανα ώστε να διευκολύνονται οι συνδέσεις και να γίνεται άνετα η αναγνώριση των ενδείξεων των οργάνων.
3. Να πραγματοποιήσετε την συνδεσμολογία του κυκλώματος όπως στο σχέδιο του τμήματος 4, χωρίς να εφαρμόσετε τάση.
4. Να ελέγξετε την συνδεσμολογία παρουσία του εκπαιδευτικού προσωπικού.
5. Να ελέγξετε αν η αντίσταση εκκίνησης  $R_e$  του κινητήρα και οι αντιστάσεις διέγερσης  $R_d$  και  $R_s$  της γεννήτριας είναι ολόκληρες μέσα στο κύκλωμα (δηλαδή να έχουμε ένταση  $0A$ , και τάση  $0V$ ), η δε αντίσταση διέγερσης  $R_d$  του κινητήρα να έχει την απαιτούμενη ονομαστική τιμή ώστε η ένταση διέγερσης να είναι  $1A$ .
6. Ξεκινήστε τώρα το ζεύγος κινητήρα-γεννήτριας Συνεχούς Ρεύματος σύνθετης διέγερσης. Ρυθμίστε την ταχύτητα περιστροφής της κινητήριας μηχανής έτσι ώστε να πάρει τις ονομαστικές της στροφές και φροντίστε ώστε κατά την διάρκεια της άσκησης να είναι σταθερή.
7. Δώστε στην συνέχεια τάση στο κύκλωμα διέγερσης της γεννήτριας, μέχρις ότου η ένταση διέγερσης της γεννήτριας γίνει ίση με την ονομαστική.
8. Πριν συνδέσετε κάποιο φορτίο στην γεννήτρια πάρτε την ένδειξη του βολτομέτρου (τάση στο κενό της γεννήτριας).
9. Συνδέστε τώρα το φορτίο στην γεννήτρια και μεταβάλλοντας το διαδοχικά να σημειώνετε τις αντίστοιχες τιμές τάσης της γεννήτριας και της έντασης του φορτίου, διατηρώντας σταθερά την ένταση διέγερσης της γεννήτριας και τις στροφές του κινητήρα.
10. Προσοχή. Δεν πρέπει να υπερβείτε την ονομαστική ένταση φορτίου της γεννήτριας και του κινητήρα.
11. Σταματείστε την τροφοδοσία του κινητήρα αφού προηγουμένως μειώσετε την ένταση του φορτίου, παρεμβάλλετε όλη την αντίσταση διέγερσης της γεννήτριας στο κύκλωμα καθώς επίσης και την αντίσταση εκκίνησης του κινητήρα.
12. Αποσυναρμολογήστε το κύκλωμα και επιστρέψτε τα όργανα και τα υλικά.
13. Στο μιλιμετρέ χαρτί χαράξτε την χαρακτηριστική καμπύλη φορτίου  $V=f(I_f)$  της γεννήτριας με βάση τα ζεύγη τιμών που έχετε πάρει.

## **ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ**

1. Σχόλια - Συμπεράσματα.
2. Ποιος είναι ο ρόλος του τυλίγματος σειράς στις γεννήτριες Σ.Ρ. σύνθετης διέγερσης όταν λειτουργούν υπό φορτίο και με  $n$ =σταθερό.
3. Να βρεθεί η διακύμανση της τάσης της γεννήτριας που εξετάσατε και να εξηγηθεί η διαφορά σε σχέση με αυτή της γεννήτριας Σ.Ρ. παράλληλης διέγερσης της προηγούμενης άσκησης.

## ΑΣΚΗΣΗ 6<sup>η</sup>

Εκκίνηση, λειτουργία αλλαγή φοράς περιστροφής και χαρακτηριστικές καμπύλες κινητήρα Συνεχούς Ρεύματος παράλληλης διέγερσης.

### 1. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

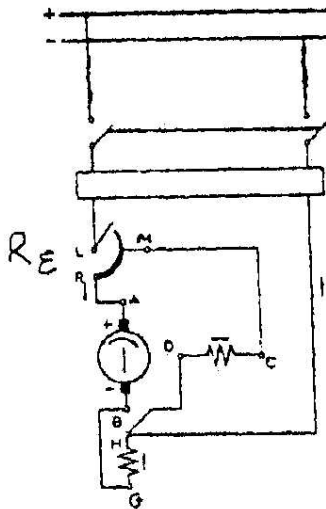
Σκοπός της άσκησης είναι η απόκτηση ικανότητας:

1. Στον τρόπο σύνδεσης κινητήρα Σ.Ρ. παράλληλης διέγερσης.
2. Στους απαιτούμενους χειρισμούς για την λειτουργία του ζεύγους κινητήρα-γεννήτριας.
3. Στον τρόπο διέγερσης και φόρτισης του κινητήρα.
4. Στην μέθοδο που ακολουθούμε για την απεικόνιση των χαρακτηριστικών καμπύλων του κινητήρα.

### 2. ΘΕΩΡΙΑ

Γενικά, οι κινητήρες δεν διαφέρουν σε τίποτα από άποψη κατασκευής από τις γεννήτριες Σ.Ρ. Μερικές λεπτομέρειες μόνο πρέπει να προσέξουμε αν θέλουμε μια γεννήτρια να εργασθεί το ίδιο καλά και σαν κινητήρας. Αυτές αφορούν την εκκίνηση της μηχανής και την μετάθεση των ψηκτρών.

Στους κινητήρες Σ.Ρ. παράλληλης διέγερσης το τύλιγμα διέγερσης συνδέεται παράλληλα με το τύλιγμα του επαγωγικού τύμπανου, όπως ακριβώς δηλαδή και στις αντίστοιχες γεννήτριες. Το σχήμα δείχνει την συνδεσμολογία ενός κινητήρα Σ.Ρ. με παράλληλη διέγερση που δεν διαφέρει σε τίποτε άλλο από την συνδεσμολογία γεννήτριας Σ.Ρ. παράλληλης διέγερσης, παρά μόνο στην επιπλέον αντίσταση εκκίνησης  $R_e$ .



Σχήμα 6.1

Συνδεσμολογία κινητήρα Σ.Ρ. παράλληλης διέγερσης

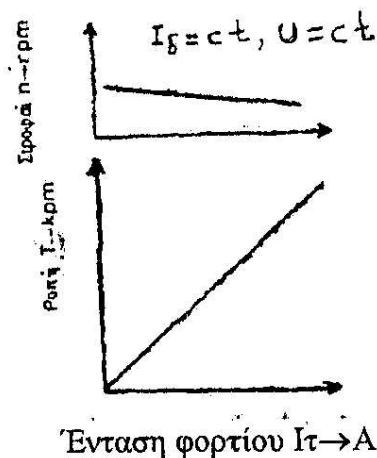
Προσοχή. Πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στη σύνδεση του κυκλώματος διέγερσης σε σχέση με τον ροοστάτη εκκίνησης, έτσι ώστε το κύκλωμα διέγερσης να βρίσκεται πάντοτε υπό την πλήρη τάση του δικτύου.

Για να αλλάξουμε την φορά περιστροφής σε ένα κινητήρα Σ.Ρ. παράλληλης διέγερσης πρέπει να αλλάξουμε την φορά του ρεύματος μέσα στο επαγωγικό τύμπανο, ή να αλλάξουμε τη φορά του ρεύματος στο κύκλωμα διέγερσης. Βέβαια ανάλογα με τις ανάγκες η αλλαγή της φοράς περιστροφής ενός κινητήρα μπορεί να γίνει ή επάνω στο ακροκιβώτιο του κινητήρα ή με ειδικό εκκινητή που λέγεται εκκινητής-αναστροφέας.

Όταν το επαγωγικό τύμπανο τροφοδοτηθεί και συνεπώς περάσει ρεύμα από τους αγωγούς του και επειδή βρίσκονται μέσα στο μαγνητικό πεδίο των κύριων πόλων θα αναπτυχθούν δυνάμεις  $\sigma'$  αυτούς οι οποίες θα αρχίσουν να περιστρέφουν το επαγωγικό τύμπανο. Όμως καθώς αυτό περιστρέφεται εντός του σταθερού μαγνητικού πεδίου αναπτύσσεται στους αγωγούς του εξ επαγωγής ηλεκτρεγερτική δύναμη αντίθετης φοράς προς την ένταση του ρεύματος τροφοδότησης του κινητήρα, και γι' αυτό λέγεται και αντιηλεκτρεγερτική δύναμη. Για να διατηρηθεί το ρεύμα στο επαγωγικό τύμπανο και να συνεχισθεί η κίνηση πρέπει η εφαρμοζόμενη στον κινητήρα τάση  $U$  να έχει την ικανότητα να υπερνικήσει αυτή την Α.Η.Ε.Δ.  $E_a$ , καθώς και την πτώση τάσης στο τύλιγμα του επαγωγικού τύμπανου και των ψηκτρών  $I_t R_t$ . Δηλαδή πρέπει να ισχύει η σχέση  $U = E_a + I_t R_t$ .

Η Α.Η.Ε.Δ.  $E_a$  δίνεται όμως και από την σχέση  $E_a = K\Phi n$ . Επομένως οι στροφές του κινητήρα αυτού θα δίνονται από την σχέση:

$n = (U - I_t R_t) / (K\Phi)$  ή  $n = [U / (K\Phi)] - [R_t / (K\Phi)] I_t$ . Δεδομένου ότι  $U / (K\Phi)$  και  $R_t / (K\Phi)$  είναι για τον κινητήρα αυτό σταθερές ποσότητες, η παραπάνω σχέση παριστάνει ευθεία γραμμή, και όσο αυξάνεται η ένταση του φορτίου οι στροφές του κινητήρα θα πέφτουν ανάλογα. Στην πραγματικότητα όμως, επειδή η ροή  $\Phi$  μειώνεται λίγο λόγω της αντίδρασης του επαγωγικού τύμπανου, η μείωση των στροφών είναι μικρότερη.



Σχήμα 6.2

Χαρακτηριστική στροφών και ροπής κινητήρα Σ.Ρ. παράλληλης διέγερσης

Δηλαδή η αντίδραση του επαγωγικού τύμπανου υπάρχει και στους κινητήρες (εδώ βέβαια υφίσταται και στην εν κενώ λειτουργία) και με τις ίδιες συνέπειες, με τις εξής όμως διαφορές:

α) η ουδέτερη ζώνη τώρα μετακινείται αντίθετα από την φορά περιστροφής,  
 β) η μετάθεση των ψηκτρών πρέπει να γίνει αντίθετα άπα την φορά περιστροφής του δρομέα, και

γ) οι βοηθητικοί πόλοι του κινητήρα είναι αντίθετης πολικότητας από αυτούς της γεννήτριας, δηλαδή κατά την φορά περιστροφής του δρομέα του, ύστερα από βόρειο κύριο πόλο ακολουθεί βόρειος βοηθητικός πόλος και ύστερα από νότιο κύριο πόλο νότιος βοηθητικός.

Είναι γνωστό ότι ο κινητήρας μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια σε μηχανικό έργο. Το μηχανικό αυτό έργο καταναλώνεται στον άξονα του κινητήρα για την υπερνίκηση του φορτίου. Επομένως η ισχύς στον άξονα περιστροφής του κινητήρα η οποία λέγεται και ισχύς εξόδου ή μηχανική ισχύς ( $P_{\mu}$ ) ισούται με το γινόμενο της ροπής στρέψης ( $T$ ) επί την γωνιακή ταχύτητα περιστροφής ( $\omega$ ):

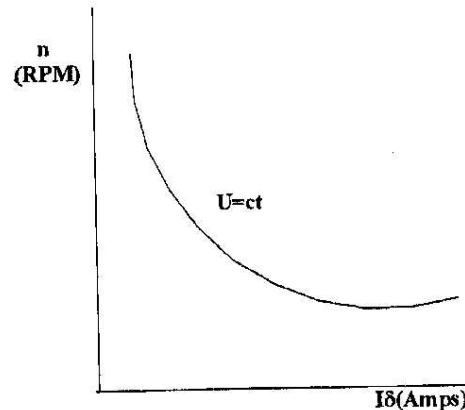
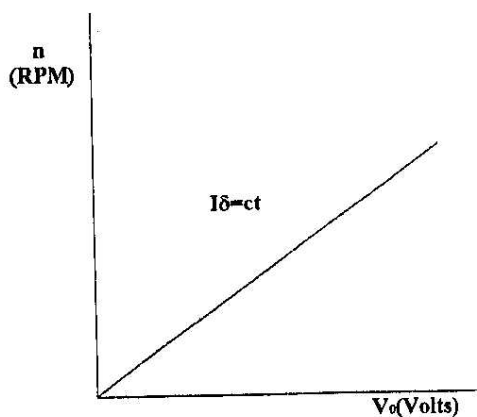
$$P_{\mu} = T\omega = T2\pi n$$

Επίσης άλλοι τύποι που ισχύουν είναι:

$$P_{\mu} = UI_{\tau}, \quad T = K\Phi I_{\tau}$$

Στην άσκηση αυτή θα ασχοληθούμε με τις εξής χαρακτηριστικές:

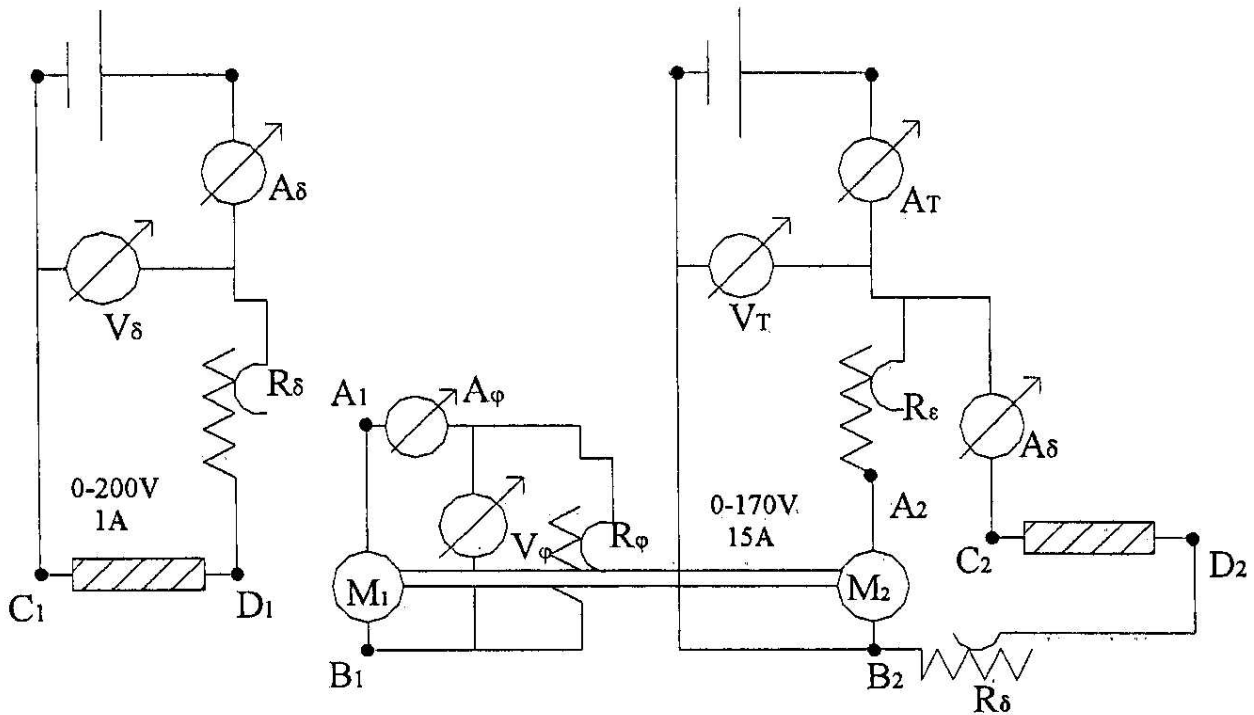
$$n = f(U), \quad n = f(I_{\delta}), \quad n = f(I_{\tau}), \quad T = f(I_{\tau})$$



### 3. ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΑ ΟΡΓΑΝΑ, ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ

1. Κινητήρας παράλληλης διέγερσης.
2. Γεννήτρια Σ.Ρ. ξένης διέγερσης
3. Στροφόμετρο.
4. Πινάκας οργάνων και υποδοχών συνδέσεων.
5. Βολτόμετρο.
6. Αμπερόμετρο.
7. Ρυθμιστική αντίσταση διέγερσης.
8. Ρυθμιστική αντίσταση φορτίου.
9. Καλώδια με βύσματα.

#### 4. ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ



#### 5. ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ - ΧΕΙΡΙΣΜΟΙ

Αφού μελετήσετε το θεωρητικό μέρος της άσκησης πρέπει:

1. Να αναγνωρίσετε τα κατάλληλα όργανα και μηχανήματα.
2. Να τοποθετήσετε σε κατάλληλη θέση πάνω στον πάγκο τα όργανα ώστε να διευκολύνονται οι συνδέσεις και να γίνεται άνετα η αναγνώριση των ενδείξεων των οργάνων.
3. Να πραγματοποιήσετε την συνδεσμολογία του κυκλώματος όπως στο σχέδιο του τμήματος 4, χωρίς να εφαρμόσετε τάση.
4. Να ελέγξετε την συνδεσμολογία παρουσία του εκπαιδευτικού προσωπικού.
5. Να ελέγξετε αν η αντίσταση εκκίνησης  $R_\epsilon$  του κινητήρα και η αντίσταση διέγερσης  $R_\delta$  της γεννήτριας είναι ολόκληρες μέσα στο κύκλωμα (δηλαδή να έχουμε ένταση  $0A$ , και τάση  $0V$ ), η δε αντίσταση διέγερσης  $R_\delta$  του κινητήρα να έχει την απαιτούμενη ονομαστική τιμή ώστε η ένταση να είναι  $1A$ .
6. Ξεκινήστε τώρα το ζεύγος Κινητήρα Συνεχούς Ρεύματος παράλληλης διέγερσης - Γεννήτριας Σ.Ρ. ξένης διέγερσης, δίνοντας σταδιακά τάση στην κινητήρια μηχανή, μέχρις ότου ο κινητήρας πάρει τις ονομαστικές του στροφές, διατηρώντας σταθερή την ένταση διέγερσης του κινητήρα.
7. Καταγράψτε σε πίνακα τις σταδιακές τιμές της τάσης τροφοδότησης του κινητήρα και τις αντίστοιχες στροφές του.
8. Ρυθμίζοντας στη συνέχεια την αντίσταση διέγερσης του κινητήρα, διατηρώντας σταθερή την τάση τροφοδοσίας του, καταγράψτε σε πίνακα τις αντίστοιχες τιμές του ρεύματος διέγερσης  $I_\delta$  και των στροφών του  $n$ . Προσοχή! Δεν πρέπει να μηδενιστεί το ρεύμα διέγερσης.



9.Επαναφέρετε την ένταση διέγερσης στην ονομαστική της τιμή. Κρατώντας σταθερή την τάση τροφοδοσίας του κινητήρα στην ονομαστική της τιμή, φορτίστε τον κινητήρα ρυθμίζοντας την αντίσταση φορτίου σταδιακά.

10.Προσοχή. Δεν πρέπει να υπερβείτε την ονομαστική ένταση φορτίου της γεννήτριας και του κινητήρα.

11.Καταγράψτε σε πίνακα τις αντίστοιχες τιμές των στροφών  $n$  του κινητήρα και της έντασης του φορτίου  $I_t$ .

12.Σταματείστε την τροφοδοσία του κινητήρα αφού προηγουμένως μειώσετε την ένταση του φορτίου, παρεμβάλλετε όλη την αντίσταση διέγερσης της γεννήτριας στο κύκλωμα καθώς επίσης και την αντίσταση εκκίνησης του κινητήρα.

13.Αποσυναρμολογήστε το κύκλωμα και επιστρέψτε τα όργανα και τα υλικά.

14.Στο μιλιμετρέ χαρτί χαράξτε τις χαρακτηριστικές καμπύλες του κινητήρα Σ.Ρ. παράλληλης διέγερσης:  $n=f(U)$ ,  $n=f(I\delta)$ ,  $n=f(I_t)$ .

### ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1.Γιατί πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στη σύνδεση του κυκλώματος διέγερσης του κινητήρα Σ.Ρ. παράλληλης διέγερσης σε σχέση με τον ροοστάτη εκκίνησης, έτσι ώστε το κύκλωμα διέγερσης να βρίσκεται πάντοτε υπό την πλήρη τάση του δικτύου;

2.Να υπολογιστεί για την κάθε ένταση φορτίου του κινητήρα η ροπή στρέψης ( $T$ ) σε  $Nm$  και να χαραχθεί στο μιλιμετρέ χαρτί η καμπύλη  $T=f(I_t)$ . Τι συμπεράσματα βγάξετε;

3.Περιγράψτε τους τρόπους με τους οποίους μπορεί κανείς να μεταβάλει την ταχύτητα περιστροφής ενός κινητήρα Σ.Ρ. παράλληλης διέγερσης.

4.Να βρεθεί η διακύμανση των στροφών του κινητήρα από μηδέν φορτίο μέχρι πλήρες φορτίο.



## ΑΣΚΗΣΗ 7η

**Εκκίνηση, λειτουργία, αλλαγή φοράς περιστροφής και χαρακτηριστικές καμπύλες κινητήρα Συνεχούς Ρεύματος ξένης διέγερσης**

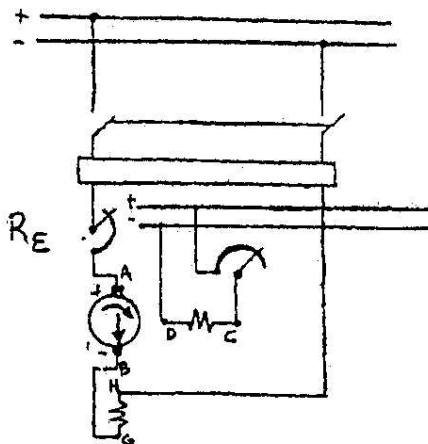
### 1. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

Σκοπός της άσκησης είναι η απόκτηση ικανότητας:

- 1.Στον τρόπο σύνδεσης κινητήρα Σ.Ρ. ξένης διέγερσης για λειτουργία στο κενό και με φορτίο.
- 2.Στους απαιτούμενους χειρισμούς για την λειτουργία του ζεύγους κινητήρα-γεννήτριας.
3. Στην μέθοδο που ακολουθούμε για την απεικόνιση χαρακτηριστικών του.

### 2. ΘΕΩΡΙΑ

Όπως και η γεννήτρια Σ.Ρ. ξένης διέγερσης έτσι και ο κινητήρας Σ.Ρ. ξένης διέγερσης ονομάζεται έτσι γιατί το ρεύμα διέγερσης εξασφαλίζεται από ιδιαίτερη πηγή. Το παρακάτω σχήμα δείχνει την συνδεσμολογία ενός κινητήρα Σ.Ρ. ξένης διέγερσης, που δεν διαφέρει σε τίποτε άλλο από την γεννήτρια Σ.Ρ.Ξ.Δ., παρά μόνο στην επιπλέον αντίσταση εκκίνησης  $R_E$ .



**Σχήμα 7.1**

Συνδεσμολογία κινητήρα Σ.Ρ. ξένης διέγερσης

Στον κινητήρα Σ.Ρ. ξένης διέγερσης δεν απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στην σύνδεση του τυλίγματος διέγερσης (σε σχέση με τον ροοστάτη εκκίνησης) όπως στον κινητήρα παράλληλης διέγερσης έτσι ώστε το τύλιγμα διέγερσης να βρίσκεται πάντοτε υπό την πλήρη τάση της πηγής, διότι το τύλιγμα διέγερσης είναι ανεξάρτητο από ροοστάτη εκκίνησης. Βέβαια ούτε ο κινητήρας αυτός πρέπει να βρεθεί με μηδενικό ρεύμα διέγερσης γιατί θα επιταχυνθεί μέχρι και την καταστροφή του.

Οι κινητήρες Σ. Ρ. ξένης διέγερσης, επειδή χρειάζονται ιδιαίτερη πηγή για την διέγερση τους δεν χρησιμοποιούνται ευρέως αλλά έχουν ειδικές εφαρμογές, όπως π.χ. σε ηλεκτρονικές συσκευές, στην ζευξη Ward-Leonard, στην ηλεκτρική πρόωση των πλοίων κ.λ.π.

Η συμπεριφορά τους είναι όμοια περίπου με εκείνη των κινητήρων Σ.Ρ. παράλληλης διέγερσης.

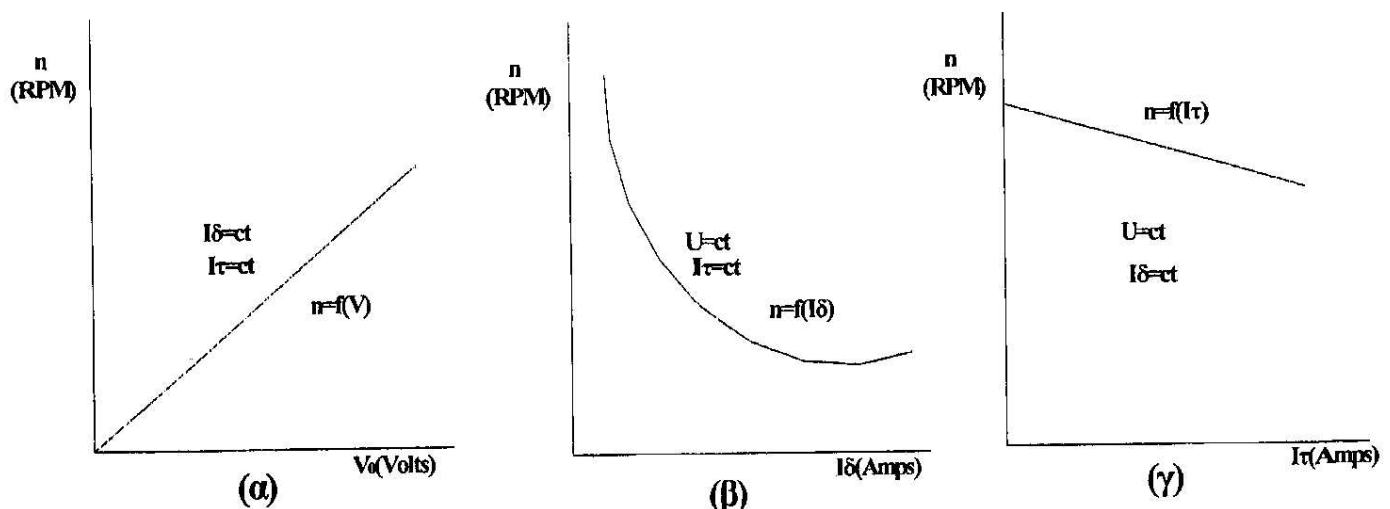
Η χαρακτηριστική της μεταβολής των στροφών ανά λεπτό συναρτήσει της μεταβολής της τάσης εφαρμογής τους [ $n=f(U)$ ], σχ.7.2α με ρεύματα διέγερσης και φόρτισης σταθερά, είναι περίπου όμοια με εκείνη της παράλληλης διέγερσης δηλαδή είναι γραμμική. Η μορφή της εν λόγω χαρακτηριστικής είναι δυνατόν να δικαιολογηθεί από την σχέση:  $n=(U-I_t R_t) / (K\Phi)$  (1)

Η ποσότητα  $I_t R_t$  καλύπτει ένα μικρό ποσοστό της εφαρμοζόμενης τάσης και επειδή το ρεύμα φόρτισης  $I_t$  παραμένει σταθερό όπως επίσης σταθερή παραμένει και η τιμή της αντίστασης  $R_t$  του επαγωγικού τύμπανου, έπεται ότι ο αριθμός των στροφών ανά λεπτό του κινητήρα μεταβάλλεται συναρτήσει της εφαρμοζόμενης τάσης  $U$  και εξαρτάται μόνο από αυτήν. Όσο αυξάνεται λοιπόν η εφαρμοζόμενη τάση  $U$ , τόσο θα αυξάνονται και οι στροφές ανά λεπτό του κινητήρα.

Αντίθετα όταν αυξάνεται το ρεύμα διέγερσης  $I_\delta$  και διατηρείται σταθερή η τάση τροφοδοσίας του κινητήρα και το ρεύμα φόρτισης  $I_t$ , οι στροφές ανά λεπτό του κινητήρα μειώνονται [ $n=f(I_\delta)$ ], γιατί στην σχέση (1) όλοι οι παράγοντες είναι σταθεροί και μόνο η μαγνητική ροή  $\Phi$  μεταβάλλεται ανάλογα με το ρεύμα διέγερσης. Όταν όμως η μαγνητική ροή  $\Phi$  αυξάνεται τότε το κλάσμα ελαττώνεται και επομένως ελαττώνεται και ο αριθμός στροφών ανά λεπτό του κινητήρα.

Τώρα αν στην σχέση (1) κρατήσουμε σταθερή την τάση τροφοδοσίας του κινητήρα  $U$  και την ένταση διέγερσης  $I_\delta$  (αρά και την μαγνητική ροή  $\Phi$ ) θα δούμε ότι οι στροφές ανά λεπτό του κινητήρα θα μειώνονται πολύ λίγο όσο θα αυξάνεται η ένταση του φορτίου, δηλαδή οι στροφές ανά λεπτό του κινητήρα συνεχούς ρεύματος ξένης διέγερσης είναι πρακτικά ανεξάρτητες του φορτίου. Αυτό δικαιολογείται από τα γεγονότα ότι το κύκλωμα διέγερσης είναι ανεξάρτητο από το κύκλωμα του επαγωγικού τύμπανου.

Η ελάχιστη μείωση του αριθμού στροφών ανά λεπτό, η οποία συναντάται στην περιοχή υψηλού φορτίου, οφείλεται στην πτώση τάσης και στην αντίδραση του επαγωγικού τυμπάνου.

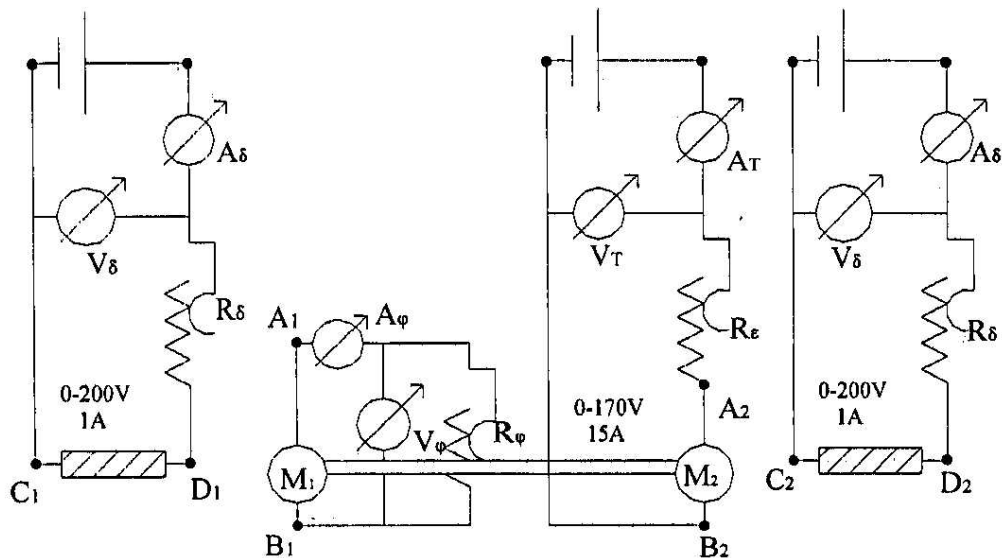


Σχήμα 7.2

### 3. ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΑ ΟΡΓΑΝΑ, ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ

- 1.Κινητήρας ξένης διέγερσης.
- 2 Γεννήτρια Σ.Ρ. ξένης διέγερσης
- 3.Στροφόμετρο.
- 4 Πίνακας οργάνων και υποδοχών συνδέσεων.
- 5.Βολτόμετρα.
- 6.Αμπερόμετρο.
- 7.Ρυθμιστική αντίσταση διέγερσης.
- 8 Ρυθμιστική αντίσταση φορτίου.
- 9.Καλώδια με βύσματα.

### 4. ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ



### 5. ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ - ΧΕΙΡΙΣΜΟΙ

Αφού μελετήσετε το θεωρητικό μέρος της άσκησης πρέπει:

1. Να αναγνωρίσετε τα κατάλληλα όργανα και μηχανήματα
2. Να τοποθετήσετε σε κατάλληλη θέση πάνω στον πάγκο τα όργανα ώστε να διευκολύνονται οι συνδέσεις και να γίνεται άνετα η αναγνώριση των ενδείξεων των οργάνων.
3. Να πραγματοποιήσετε την συνδεσμολογία του κυκλώματος όπως στο σχέδιο του τμήματος 4, χωρίς να εφαρμόσετε τάση.
4. Να ελέγξετε την συνδεσμολογία παρουσία του εκπαιδευτικού προσωπικού.
5. Να ελέγξετε αν η αντίσταση εκκίνησης  $R_e$  του κινητήρα και η αντίσταση διέγερσης  $R_d$  της γεννήτριας είναι ολόκληρες μέσα στο κύκλωμα (δηλαδή να έχουμε ένταση 0A, και τάση 0V), η δε αντίσταση διέγερσης  $R_d$  του κινητήρα να έχει την απαιτούμενη ονομαστική τιμή ώστε η ένταση να είναι 1A.
6. Ξεκινήστε τώρα το ζεύγος Κινητήρα Συνεχούς Ρεύματος ξένης διέγερσης - Γεννήτριας Σ.Ρ. ξένης διέγερσης, δίνοντας σταδιακά τάση στην κινητήρια μηχανή, μέχρις ότου ο κινητήρας πάρει τις ονομαστικές του στροφές, διατηρώντας σταθερή την ένταση διέγερσης του κινητήρα.

7.Καταγράψτε σε πίνακα τις σταδιακές τιμές της τάσης τροφοδότησης του κινητήρα και τις αντίστοιχες στροφές του.

8.Ρυθμίζοντας στη συνέχεια την αντίσταση διέγερσης του κινητήρα, διατηρώντας σταθερή την τάση τροφοδοσίας του, καταγράψτε σε πίνακα τις αντίστοιχες τιμές του ρεύματος διέγερσης  $I_d$  και των στροφών του  $n$ . Προσοχή! Δεν πρέπει να μηδενιστεί το ρεύμα διέγερσης.

9.Επαναφέρετε την ένταση διέγερσης στην ονομαστική της τιμή. Κρατώντας σταθερή την τάση τροφοδοσίας του κινητήρα στην ονομαστική της τιμή, φορτίστε τον κινητήρα ρυθμίζοντας την αντίσταση φορτίου σταδιακά.

10.Προσοχή. Δεν πρέπει να υπερβείτε την ονομαστική ένταση φορτίου της γεννήτριας και του κινητήρα.

11.Καταγράψτε σε πίνακα τις αντίστοιχες τιμές των στροφών  $n$  του κινητήρα και της έντασης του φορτίου  $I_t$ .

12.Σταματείστε την τροφοδοσία του κινητήρα αφού προηγουμένως μειώσετε την ένταση του φορτίου, παρεμβάλλετε όλη την αντίσταση διέγερσης της γεννήτριας στο κύκλωμα καθώς επίσης και την αντίσταση εκκίνησης του κινητήρα.

13.Αποσυναρμολογήστε το κύκλωμα και επιστρέψτε τα όργανα και τα υλικά.

14.Στο μιλιμετρέ χαρτί χαράξτε τις χαρακτηριστικές καμπύλες του κινητήρα Σ.Ρ. ξένης διέγερσης;  $n=f(U)$ ,  $n=f(I_d)$ ,  $n=f(I_t)$ .

### ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1.Σχόλια - Συμπεράσματα.

2.Γιατί ο κινητήρας Σ.Ρ. ξένης διέγερσης δεν πρέπει να βρεθεί με μηδενικό ρεύμα διέγερσης;

3.Περιγράψτε τους τρόπους με τους οποίους μπορεί κανείς να μεταβάλλει την ταχύτητα περιστροφής ενός κινητήρα Σ.Ρ. ξένης διέγερσης.

4.Να βρεθεί η διακύμανση των στροφών ανά λεπτό του εξετασθέντα κινητήρα Σ.Ρ.Ξ.Δ. από μηδενικό έως πλήρες φορτίο και να εξηγηθεί η μικρή διαφορά σε σχέση με αυτή του κινητήρα Σ.Ρ. παράλληλης διέγερσης της προηγούμενης άσκησης.

## ΑΣΚΗΣΗ 8η

Χαρακτηριστική καμπύλη μεταβολής των στροφών κινητήρα Συνεχούς Ρεύματος διέγερσης σειράς σε συνάρτηση του ρεύματος φορτίου,  $n=f(I_T)$ , με τάση τροφοδοσίας σταθερή.

### 1. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

Σκοπός της άσκησης είναι η απόκτηση ικανότητας:

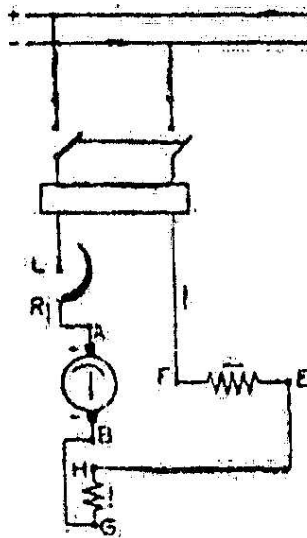
- 1.Στον τρόπο σύνδεσης κινητήρα Σ.Ρ. διέγερσης σειράς για λειτουργία στο κενό και με φορτίο.
- 2.Στους απαιτούμενους χειρισμούς για την λειτουργία του ζεύγους κινητήρα-γεννήτριας.
- 3.Στην μέθοδο που ακολουθούμε για την απεικόνιση των χαρακτηριστικών του.

### 2. ΘΕΩΡΙΑ

Στους κινητήρες αυτούς το τύλιγμα διέγερσης συνδέεται σε σειρά με το τύλιγμα του επαγωγικού τύμπανου όπως και στις γεννήτριες Σ.Ρ. σειράς διέγερσης.

Το τύλιγμα διέγερσης αποτελείται από μικρό αριθμό σπειρών και αγωγό μεγάλης διατομής, αφού διαμέσου αυτού διέρχεται όλο το ρεύμα της μηχανής. Είναι δηλαδή το ρεύμα διέγερσης του κινητήρα σειράς ολόκληρο το ρεύμα τροφοδότησης του κινητήρα.

Στο σχήμα 8.1 φαίνεται η συνδεσμολογία ενός κινητήρα διέγερσης σειράς.



**Σχήμα 8.1**

Συνδεσμολογία κινητήρα Σ.Ρ. διέγερσης σειράς

Και σ' αυτούς τους κινητήρες ο εκκινητής συνδέεται σε σειρά με το τύλιγμα του επαγωγικού τύμπανου. Για να αλλάξουμε την φορά περιστροφής του κινητήρα αλλάζουμε την φορά του ρεύματος στο τύλιγμα του επαγωγικού τύμπανου χωρίς να αλλάξουμε την φορά του ρεύματος στην διέγερση. Εάν η αλλαγή της φοράς περιστροφής πρέπει να γίνεται συχνά κατά την λειτουργία του κινητήρα τότε χρησιμοποιούμε έναν ειδικό εκκινητή-αναστροφέα, ή ειδικό ρυθμιστή στροφών-

αναστροφέα. Στους κινητήρες αυτούς η τάση τροφοδότησης (U) έχει να αντιμετωπίσει την αντιηλεκτρεγερτική δύναμη (Eα) και την πτώση τάσης στο ρυθμιστή στροφών (εκκινητή), στο τύλιγμα του τύμπανου και στο τύλιγμα σειράς, δηλαδή είναι:

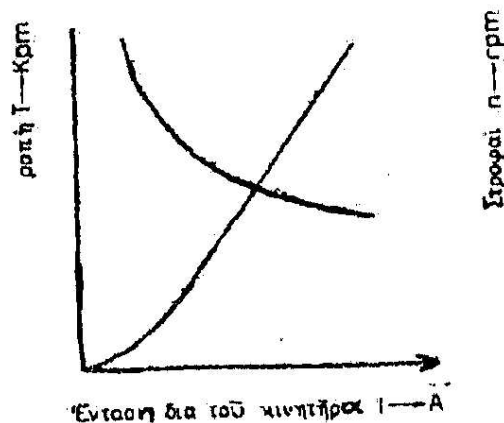
$$U = E_a + I_t(R_e + R_t + R_s)$$

Όταν η αντίσταση του εκκινητή είναι εκτός τότε η τάση U δίνεται από την σχέση:

$$U = E_a + I_t(R_e + R_t) \text{ και οι στροφές:}$$

$$n = [U - I_t(R_t + R_e)] / (K\Phi)$$

Η μαγνητική ροή  $\Phi$  των πόλων δεν είναι δυνατόν να θεωρηθεί σταθερή, όπως στους κινητήρες ξένης και παράλληλης διέγερσης, και αυτό γιατί μεταβάλλεται ευρύτατα με το ρεύμα φόρτισης. Επομένως αν εξετάσουμε την σχέση αυτή από μαθηματική άποψη συμπεραίνουμε ότι οι στροφές μειώνονται όταν αυξάνεται το φορτίο και αυξάνονται όταν ελαττώνεται το φορτίο, γιατί αυξάνεται ή μειώνεται αντίστοιχα η μαγνητική ροή  $\Phi$ .



Σχήμα 8.2

Χαρακτηριστική ροπής και στροφών κινητήρα Σ.Ρ. διέγερσης σειράς

Όταν δεν υπάρχει φορτίο συνδεδεμένο στον κινητήρα Σ.Ρ. σειράς διέγερσης η ένταση  $I_t$  γίνεται πολύ μικρή. Κατά συνέπεια, ο αριθμητής γίνεται πολύ μεγάλος και ο παρονομαστής πολύ μικρός, οι στροφές αυξάνονται πολύ και μάλιστα τόσο ώστε να είναι δυνατό να προκληθεί καταστροφή του κινητήρα λόγω των μεγάλων φυγόκεντρων δυνάμεων που αναπτύσσονται. Για τον λόγο αυτό οι κινητήρες Σ.Ρ. διέγερσης σειράς δεν πρέπει να υπάρξει περίπτωση λειτουργίας τους χωρίς φορτίο. Τότε ο κινητήρας αυτός αποκτά πολλές στροφές για να δώσει την απαιτούμενη αντιηλεκτρική δύναμη:

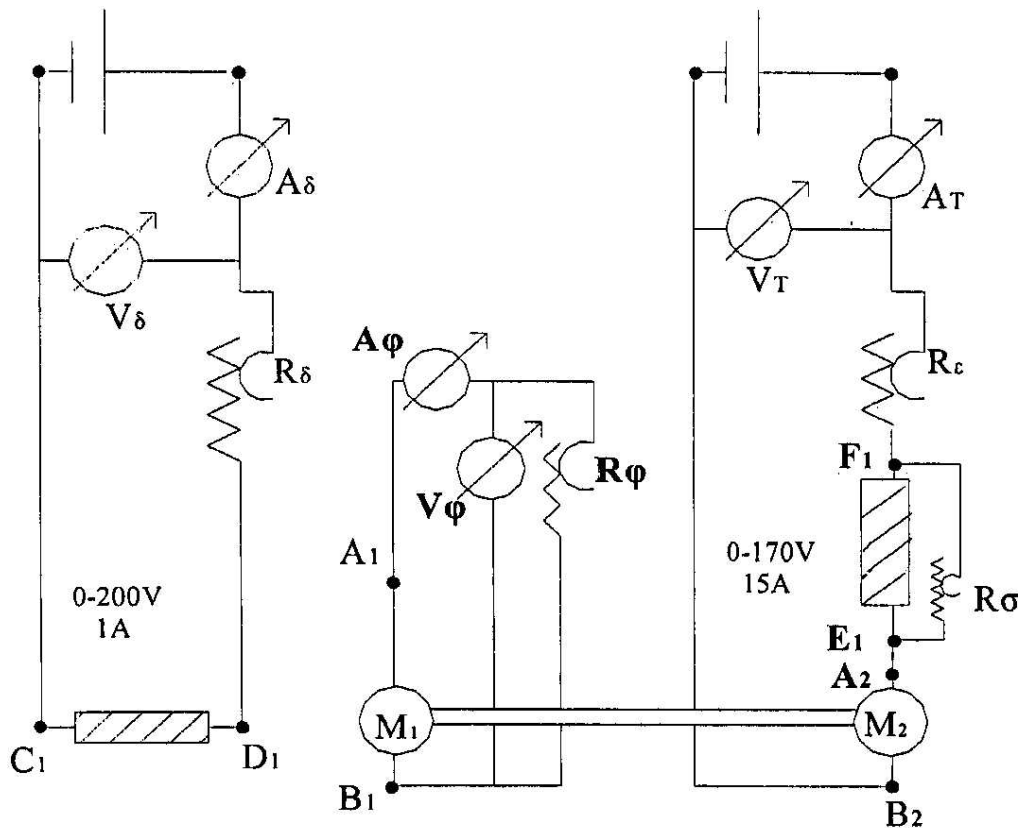
$$E_a = K\Phi n$$

### 3. ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΑ ΟΡΓΑΝΑ, ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ

1. Κινητήρας σειράς διέγερσης.
2. Γεννήτρια Σ.Ρ. ξένης διέγερσης
3. Στροφόμετρο.
4. Πίνακας οργάνων και υποδοχών συνδέσεων.
5. Βολτόμετρο.

6. Αμπερόμετρο.
7. Ρυθμιστική αντίσταση διέγερσης.
8. Ρυθμιστική αντίσταση φορτίου.
9. Καλώδια με βύσματα.

### 5. ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ



### 5. ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ - ΧΕΙΡΙΣΜΟΙ

Αφού μελετήσετε το θεωρητικό μέρος της άσκησης πρέπει:

1. Να αναγνωρίσετε τα κατάλληλα όργανα και μηχανήματα.
2. Να τοποθετήσετε σε κατάλληλη θέση πάνω στον πάγκο τα όργανα ώστε να διευκολύνονται οι συνδέσεις και να γίνεται άνετα η αναγνώριση των ενδείξεων των οργάνων.
3. Να πραγματοποιήσετε την συνδεσμολογία του κυκλώματος όπως στο σχέδιο του τμήματος 4, χωρίς να εφαρμόσετε τάση.
4. Να ελέγξετε την συνδεσμολογία παρουσία του εκπαιδευτικού προσωπικού.
5. Να ελέγξετε αν η αντίσταση εκκίνησης  $R_e$  του κινητήρα και οι αντιστάσεις διέγερσης  $R_\sigma$  του κινητήρα και  $R_\delta$  της γεννήτριας είναι ολόκληρες μέσα στο κύκλωμα (δηλαδή να έχουμε ένταση 0A, και τάση 0V).
6. Ξεκινήστε τώρα το ζεύγος κινητήρα Συνεχούς Ρεύματος διέγερσης σειράς-γεννήτριας τροφοδοτώντας σταδιακά με τάση τον κινητήρα μέχρις ότου η τάση τροφοδοσίας και οι στροφές του γίνουν ίσες με τις ονομαστικές τους τιμές.

(Φροντίστε ώστε κατά την διάρκεια της άσκησης η τάση τροφοδότησης του κινητήρα να είναι η ονομαστική).

7.Πριν συνδέσετε κάποιο φορτίο στην γεννήτρια πάρτε την ένδειξη του αμπερόμετρου φορτίου και του στροφόμετρου του κινητήρα.

8.Συνδέστε τώρα το φορτίο στην γεννήτρια και μεταβάλλοντάς το διαδοχικά να σημειώνετε τις αντίστοιχες τιμές της έντασης του φορτίου του κινητήρα και τις στροφές του, διατηρώντας σταθερή την τάση τροφοδοσίας του κινητήρα.

9.Προσοχή.Δεν πρέπει να υπερβείτε την ονομαστική ένταση φορτίου της γεννήτριας και του κινητήρα.

11.Σταματείστε την τροφοδοσία του κινητήρα αφού προηγουμένως μειώσετε την ένταση του φορτίου, παρεμβάλλετε όλη την αντίσταση διέγερσης της γεννήτριας στο κύκλωμα καθώς επίσης και την αντίσταση εκκίνησης του κινητήρα.

12.Αποσυναρμολογήστε το κύκλωμα και επιστρέψτε τα όργανα και τα υλικά .

13.Στο μιλιμετρέ χαρτί χαράξτε την χαρακτηριστική καμπύλη φορτίου  $n=f(I_T)$  του κινητήρα με βάση τα ζεύγη τιμών που έχετε πάρει.

### **ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ**

1.Σχόλια - Συμπεράσματα.

2.Εξηγήστε γιατί πρέπει να γίνονται οι ρυθμίσεις της π.5 του τμήματος 5 της άσκησης;(εξηγήστε για κάθε μία χωριστά).



## ΑΣΚΗΣΗ 9η

Χαρακτηριστική καμπύλη μεταβολής των στροφών κινητήρα Συνεχούς Ρεύματος σύνθετης διέγερσης σε συνάρτηση με το ρεύμα φορτίου, [ $n=f(I_T)$ ], με τάση τροφοδοσίας σταθερή.

### 1. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

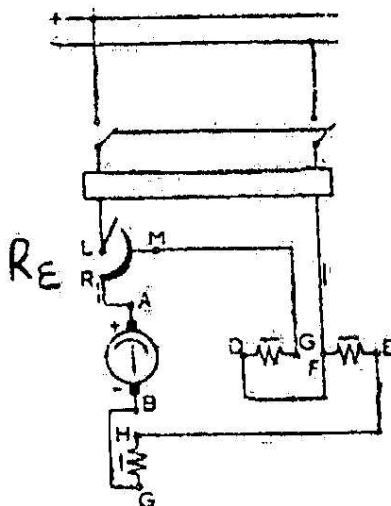
Σκοπός της άσκησης είναι η απόκτηση ικανότητας:

- 1.Στον τρόπο σύνδεσης κινητήρα Σ.Ρ. σύνθετης διέγερσης για λειτουργία με φορτίο.
- 2.Στους απαιτούμενους χειρισμούς για την λειτουργία του ζεύγους κινητήρα-γεννήτριας.
- 3.Στην μέθοδο που ακολουθούμε για την απεικόνιση των χαρακτηριστικών του.

### 2. ΘΕΩΡΙΑ

Ο κινητήρας Σ.Ρ. σύνθετης διέγερσης φέρει σε κάθε κύριο μαγνητικό πόλο δύο τύλιγματα. Το παράλληλο τύλιγμα και το τύλιγμα σειράς.

Το παράλληλο τύλιγμα (χαρακτηριζόμενο σαν CD) είναι συνδεδεμένο παράλληλα με τύλιγμα του επαγωγικού τύμπανου και αποτελείται από μονωμένο αγωγό μικρής διατομής και μεγάλου αριθμού σπειρών.



Σχήμα 9.1

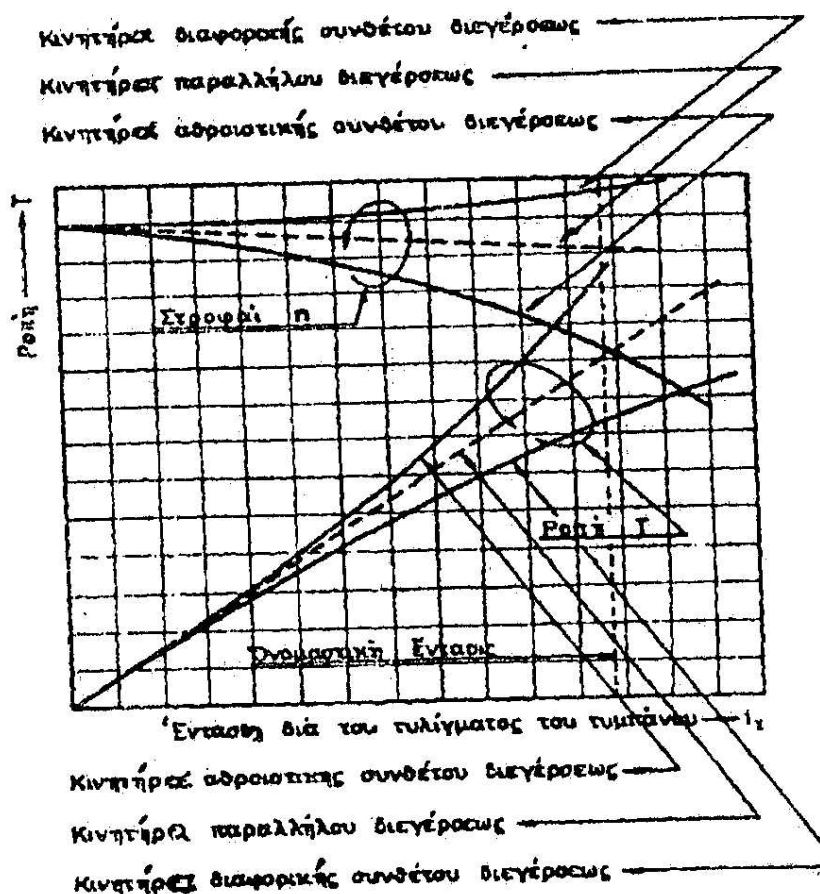
Συνδεσμολογία κινητήρα Σ.Ρ. σύνθετης διέγερσης

Το τύλιγμα σειράς (χαρακτηριζόμενο σαν EF) είναι συνδεδεμένα σε σειρά με το επαγωγικό τύμπανο και αποτελείται από μονωμένο αγωγό μεγάλης διατομής και μικρού αριθμού σπειρών

Οι κινητήρες Σ.Ρ. σύνθετης διέγερσης παρουσιάζουν μια ενδιάμεση συμπεριφορά, ανάμεσα στους κινητήρες σειράς και στους παράλληλης διέγερσης. Γενικά μπορούμε να πούμε ότι οι κινητήρες αυτοί παρουσιάζουν τα πλεονεκτήματα των δύο άλλων ειδών κινητήρων.

Όταν το τύλιγμα σειράς συνδέεται έτσι ώστε να εξασφαλίζει μαγνητική ροή  $\Phi_2$  ομόρροπο της μαγνητικής ροής  $\Phi_1$  του παράλληλου τυλίγματος, τότε οι μαγνητικές ροές  $\Phi_1$  και  $\Phi_2$  αθροίζονται και ο κινητήρας ονομάζεται αθροιστικής σύνθετης διέγερσης ή αθροιζόμενης ροής. Η δε ταχύτητα περιστροφής ( $n$ ) του κινητήρα θα δίνεται από την σχέση:

$$n = (U - I_a R_t - I_a R_\phi) / K(\Phi_1 + \Phi_2) \quad (9.1)$$



Σχήμα 9.2

Χαρακτηριστικές ροπής και στροφών κινητήρα σύνθετης διέγερσης

Όταν το τύλιγμα σειράς συνδέεται έτσι ώστε να εξασφαλίζει μαγνητική ροή  $\Phi_2$  αντίρροπο της μαγνητικής ροής  $\Phi_1$  του παράλληλου τυλίγματος, τότε οι μαγνητικές ροές  $\Phi_1$  και  $\Phi_2$  αφαιρούνται και ο κινητήρας ονομάζεται διαφορικής σύνθετης διέγερσης ή αφαιρούμενης ροής.

Η δε ταχύτητα περιστροφής ( $n$ ) του κινητήρα θα δίνεται από την σχέση:  
$$n = (U - I_t R_t - I_s R_s) / K(\Phi_1 - \Phi_2) \quad (9.2)$$

Οι κινητήρες αθροιστικής σύνθετης διέγερσης οι οποίοι είναι και οι περισσότερο χρησιμοποιούμενοι στην πράξη μπορούν να συμπεριφερθούν ή σαν κινητήρες σειράς ή σαν κινητήρες παράλληλης διέγερσης, ανάλογα με το αν υπερισχύει η δράση του μαγνητικού πεδίου του τυλίγματος σειράς, διέγερσης ( $\Phi_2$ ) ή της παράλληλης διέγερσης ( $\Phi_1$ ).

Οι κινητήρες διαφορικής σύνθετης διέγερσης δεν πολυχρησιμοποιούνται γιατί παρουσιάζουν σοβαρά προβλήματα όταν υπερφορτωθούν.

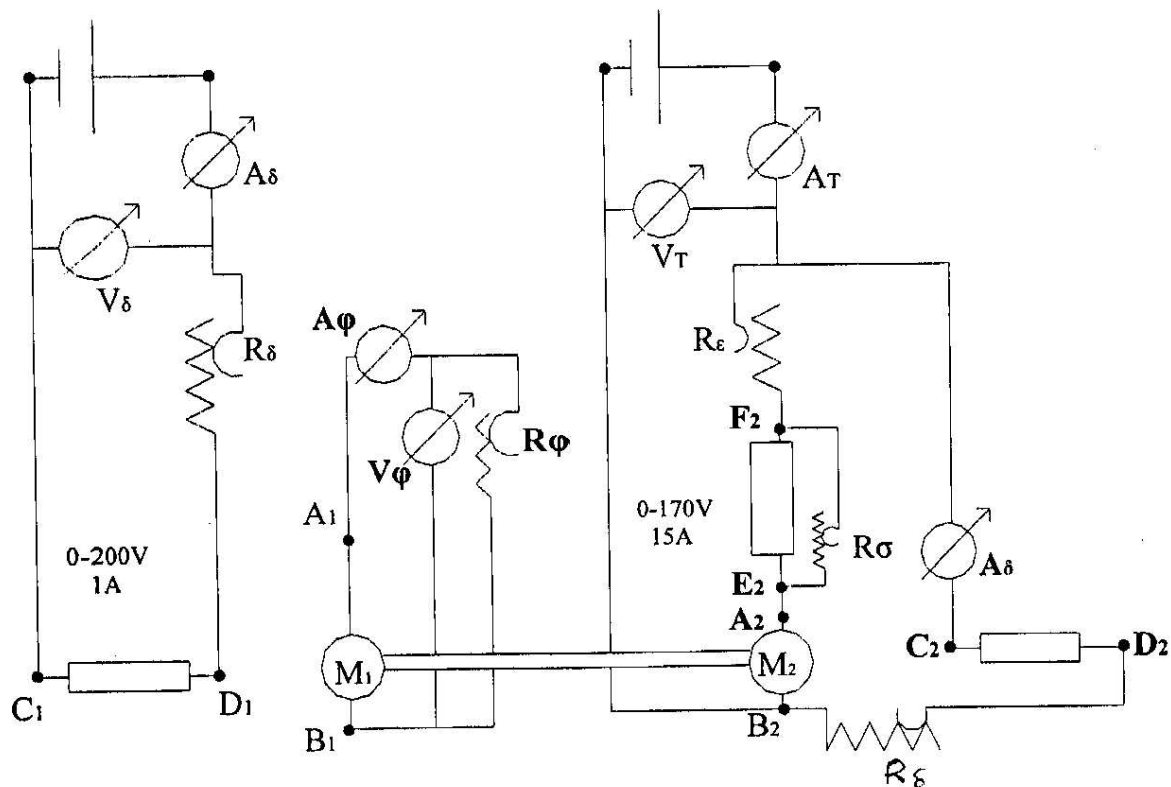
Στην σχέση (9.1) βλέπουμε ότι όταν αυξάνεται η ένταση του φορτίου ελαττώνεται ο αριθμητής και αυξάνει ο παρονομαστής με αποτέλεσμα να μειώνονται οι στροφές. Μάλιστα ο ρυθμός πτώσης των στροφών του κινητήρα αυτού είναι γρηγορότερος απ' ότι σε έναν κινητήρα παράλληλης διέγερσης με το ίδιο φορτίο, επειδή η μείωση του αριθμητή είναι λίγο μεγαλύτερη και επί πλέον αυξάνεται και ο παρονομαστής (σχήμα 9.2).

Στην σχέση (9.2) βλέπουμε ότι έχουμε μεν μείωση του αριθμητή, έχουμε όμως και μείωση του παρονομαστή, με αποτέλεσμα την αργή πτώση ή και καθόλου πτώση ή και ακόμη ανύψωση των στροφών του κινητήρα κατά την φόρτιση (σχήμα 9.2).

### **3. ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΑ ΟΡΓΑΝΑ, ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ**

1. Κινητήρας Σ.Ρ. σύνθετης διέγερσης.
2. Γεννήτρια Σ.Ρ. ξένης διέγερσης
3. Στροφόμετρο.
4. Πίνακας οργάνων και υποδοχών συνδέσεων.
5. Βολτόμετρο.
6. Αμπερόμετρο.
7. Ρυθμιστική αντίσταση διέγερσης.
8. Ρυθμιστική αντίσταση φορτίου.
9. Καλώδια με βύσματα.

#### 4.ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ



#### 5.ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ - ΧΕΙΡΙΣΜΟΙ

Αφού μελετήσετε τα θεωρητικό μέρος της άσκησης πρέπει:

1. Να αναγνωρίσετε τα κατάλληλα όργανα και μηχανήματα.
2. Να τοποθετήσετε σε κατάλληλη θέση πάνω στον πάγκο τα όργανα ώστε να διευκολύνονται οι συνδέσεις και να γίνεται άνετα η αναγνώριση των ενδείξεων των οργάνων.
3. Να πραγματοποιήσετε την συνδεσμολογία του κυκλώματος όπως στο σχέδιο του τμήματος 4, χωρίς να εφαρμόσετε τάση.
4. Να ελέγξετε την συνδεσμολογία παρουσία του εκπαιδευτικού προσωπικού.
5. Να ελέγξετε αν οι αντιστάσεις εκκίνησης  $R_e$  και διέγερσης  $R_\sigma$ , του κινητήρα και η αντίσταση διέγερσης  $R_d$  της γεννήτριας είναι ολόκληρες μέσα στο κύκλωμα (δηλαδή να έχουμε ένταση 0A, και τάση 0V), η δε αντίσταση διέγερσης  $R_d$  του κινητήρα να έχει την απαιτούμενη ονομαστική τιμή ώστε η ένταση διέγερσης να είναι 1A.
6. Ξεκινήστε τώρα το ζεύγος κινητήρα Συνεχούς Ρεύματος σύνθετης διέγερσης-γεννήτριας τροφοδοτώντας σταδιακά με τάση τον κινητήρα μέχρις ότου η τάση τροφοδοσίας και οι στροφές του γίνουν ίσες με τις ονομαστικές τους τιμές. (Φροντίστε ώστε κατά την διάρκεια της άσκησης η τάση τροφοδότησης του κινητήρα να είναι η ονομαστική).
7. Πριν συνδέσετε κάποιο φορτίο στην γεννήτρια πάρτε την ένδειξη του αμπερομέτρου φορτίου και του στροφόμετρου του κινητήρα.

8. Συνδέστε τώρα το φορτίο στην γεννήτρια και μεταβάλλοντας το διαδοχικά να σημειώνετε τις αντίστοιχες τιμές της έντασης του φορτίου του κινητήρα και τις στροφές του, διατηρώντας σταθερή την τάση τροφοδοσίας του κινητήρα.

9. Προσοχή. Δεν πρέπει να υπερβείτε την ονομαστική ένταση διέγερσης ούτε την ονομαστική ένταση φορτίου της γεννήτριας και του κινητήρα και οι σταδιακές τιμές έντασης φορτίου και στροφών ανά λεπτό του κινητήρα πρέπει να παρθούν κρατώντας σταθερές την τάση τροφοδοσίας του κινητήρα και την ένταση διέγερσης.

10. Σταματείστε την τροφοδοσία του κινητήρα αφού προηγουμένως μειώσετε την ένταση του φορτίου, παρεμβάλλετε όλη την αντίσταση διέγερσης της γεννήτριας στο κύκλωμα καθώς επίσης και την αντίσταση εκκίνησης του κινητήρα.

11. Αποσυναρμολογήστε το κύκλωμα και επιστρέψτε τα όργανα και τα υλικά

12. Στο μιλιμετρέ χαρτί χαράξτε την χαρακτηριστική καμπύλη φορτίου  $n=f(I_t)$  του κινητήρα με βάση τα ζεύγη τιμών που έχετε πάρει.

### **ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ**

1. Σχόλια - Συμπεράσματα.

2. Εξηγήστε γιατί στους κινητήρες αθροιστικής σύνθετης διέγερσης οι στροφές μειώνονται περισσότερο όταν αυξάνεται το ρεύμα φορτίου, από τους κινητήρες παράλληλης διέγερσης;

3. Εξηγήστε γιατί στους κινητήρες διαφορικής σύνθετης διέγερσης όταν αυξάνει η ένταση φορτίου έχουμε αργή πτώση ή και καθόλου πτώση ή και ανύψωση των στροφών;

4. Πώς επιτυγχάνεται η αλλαγή της φοράς περιστροφής στους κινητήρες Σ.Ρ. σύνθετης διέγερσης;

## ΑΣΚΗΣΗ 10η

### Ρύθμιση στροφών με το σύστημα Ward-Leonard.

#### 1. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

Σκοπός της άσκησης είναι η απόκτηση ικανότητας:

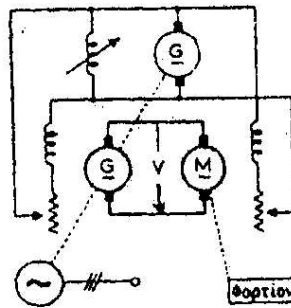
1. Στην ζεύξη μηχανών κατά Ward-Leonard, και
2. Στους απαιτούμενους χειρισμούς για την λειτουργία του συστήματος Ward-Leonard και την ρύθμιση των στροφών.

#### 2. ΘΕΩΡΙΑ

Το σύστημα Ward-Leonard αποτελείται από μια γεννήτρια Σ.Ρ. ξένης διέγερσης και έναν κινητήρα Σ.Ρ. ξένης διέγερσης με περίπου ίσες ισχείς.

Η γεννήτρια μπορεί να κινείται με οποιαδήποτε κινητήρια μηχανή περίπου σταθερού αριθμού στροφών (συνήθως χρησιμοποιείται ασύγχρονος τριφασικός κινητήρας).

Επίσης χρειάζεται πηγή συνεχούς ρεύματος (ή γεννήτρια παράλληλης διέγερσης κινούμενη από τον παραπάνω ασύγχρονο τριφασικό κινητήρα) για την διέγερση της γεννήτριας και του κινητήρα.



Σχήμα 10.1  
Σύστημα Ward-Leonard

Το σύστημα Ward-Leonard χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις που χρειαζόμαστε γραμμική μεταβολή των στροφών σε μεγάλη έκταση.

Η ρύθμιση των στροφών του κινητήρα γίνεται με μεταβολή της τάσης τροφοδοσίας του.

Με την ρυθμιστική αντίσταση  $R_{d1}$  μεταβάλλουμε την ηλεκτρεγερτική δύναμη που παράγει η γεννήτρια και συνεπώς την τάση  $U$  με την οποία η γεννήτρια τροφοδοτεί τον κινητήρα.

Δηλαδή με το σύστημα Ward-Leonard μεταβάλλουμε την τάση τροφοδοσίας του κινητήρα (άρα και τις στροφές του) χωρίς να χρησιμοποιούμε ωμική αντίσταση και επομένως χωρίς να έχουμε απώλειες (οι απώλειες στην  $R_{d1}$  είναι μηδαμινές).

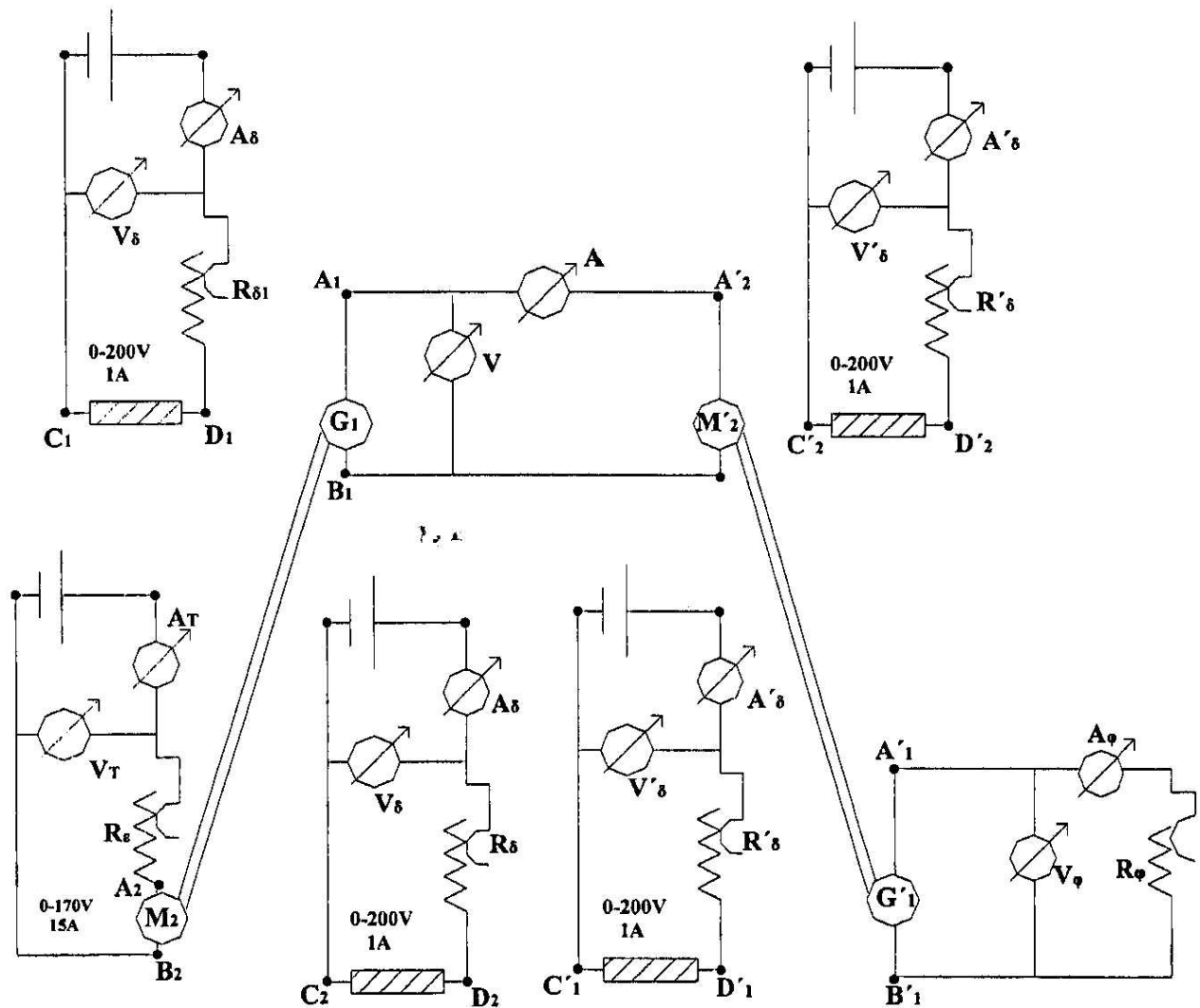
Το ρεύμα διέγερσης του κινητήρα πρέπει να παραμένει σταθερό και μάλιστα στην ονομαστική του τιμή.

Επιπλέον με το σύστημα Ward-Leonard μπορεί να επιτύχουμε περιστροφή του δρομέα προς οποιαδήποτε κατεύθυνση αν χρησιμοποιήσουμε διακόπτη αναστροφής της φοράς του ρεύματος διέγερσης.

### 3. ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΑ ΟΡΓΑΝΑ, ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ

1. Γεννήτρια Σ.Ρ. ξένης διέγερσης.
2. Κινητήρας Σ.Ρ. ξένης διέγερσης.
3. Κινητήρια μηχανή σταθερού αριθμού στροφών (εδώ κινητήρας Σ.Ρ. ξένης διέγερσης).
4. Πηγή Σ.Ρ. η διεγέρτρια για την διέγερση των γεννητριών και των κινητήρων (εδώ πηγή Σ. Ρ.).
5. Δύο στροφόμετρα.
6. Δύο πίνακες οργάνων και υποδοχών συνδέσεων μετά ρυθμιστικών αντιστάσεων διέγερσης και εκκίνησης.
7. Δύο βολτόμετρα
8. Δύο αμπερόμετρα.
9. Μηχανισμός φόρτισης του κινητήρα (εδώ γεννήτρια Σ.Ρ. ξένης διέγερσης).
10. Ρυθμιστική αντίσταση φορτίου.
11. Καλώδια με βύσματα.

### 4. ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ



## **5. ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ – ΧΕΙΡΙΣΜΟΙ**

Αφού μελετήσετε το θεωρητικό μέρος της άσκησης πρέπει:

1. Να αναγνωρίσετε τα κατάλληλα όργανα και μηχανήματα.
2. Να τοποθετήσετε σε κατάλληλη θέση πάνω στον πάγκο τα όργανα ώστε να διευκολύνονται οι συνδέσεις και να γίνεται άνετα η ανάγνωση των ενδείξεων των οργάνων.
3. Να πραγματοποιήσετε την συνδεσμολογία του κυκλώματος όπως στο σχέδιο του τμήματος 4, χωρίς να εφαρμόσετε τάση.
4. Να ελέγξετε την συνδεσμολογία παρουσία του εκπαιδευτικού προσωπικού.
5. Να ελέγξετε αν η αντίσταση εκκίνησης  $R_e$  του κινητήρα  $M_2$ , και οι αντιστάσεις διέγερσης  $R_d$  των κινητήρων  $M_2$  και  $M_2'$  και των γεννητριών  $G_1$  και  $G_1'$  είναι ολόκληρες μέσα στο κύκλωμα (δηλαδή να έχουμε ένταση  $OA$ , και τάση  $OV$ ).
6. Ξεκινήστε τώρα το  $\alpha'$  ζεύγος κινητήρα-γεννήτριας Συνεχούς Ρεύματος ξένης διέγερσης τροφοδοτώντας σταδιακά με τάση την κινητήρια μηχανή  $M_2$  μέχρις ότου η γεννήτρια  $G_1$  πάρει τις ονομαστικές της στροφές. (Φροντίστε ώστε κατά την διάρκεια της άσκησης η τάση τροφοδότησης του κινητήρα να είναι η ονομαστική).
7. Δώστε στην συνέχεια τάση στο κύκλωμα διέγερσης της γεννήτριας  $G_1$  και ρυθμίστε σταδιακά το ρεύμα διέγερσης.
8. Παρατηρήστε ότι οι στροφές του κινητήρα  $M_2'$  του  $\beta'$  ζεύγους μεταβάλλονται ανάλογα με τις μεταβολές της ένδειξης του βολτομέτρου  $V$ .
9. Σημειώστε στο φύλλο μετρήσεων τις μεταβολές της ένδειξης του βολτομέτρου και τις αντίστοιχες στροφές του  $\beta'$  ζεύγους.
10. **Προσοχή.** Δεν πρέπει να υπερβείτε την ονομαστική ένταση διέγερσης ούτε την ονομαστική ένταση φορτίου της γεννήτριας  $G_1$  του  $\alpha'$  ζεύγους και οι παραπάνω μεταβολές πρέπει να παρθούν κρατώντας σταθερές τις στροφές της γεννήτριας  $G_1$  του  $\alpha'$  ζεύγους.
11. **Προσοχή.** Το ρεύμα διέγερσης των κινητήρων  $M_2$ , και  $M_2'$  πρέπει να μένει σταθερό στην ονομαστική του τιμή.
12. Οι χειρισμοί 7,8,9,10,11 μπορούν να ξαναγίνουν αφού πρώτα ρυθμίσουμε την ένταση διέγερσης της γεννήτριας  $G_1'$  του  $\beta'$  ζεύγους στο 1Α.
13. Διακόψτε την λειτουργία της ζεύξης Ward-Leonard κάνοντας τους ίδιους χειρισμούς κατά αντίστροφη φορά.
14. Αποσυναρμολογήστε το κύκλωμα και επιστρέψτε τα όργανα και τα υλικά.

## **ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ**

1. Σχόλια - Συμπεράσματα.



## ΑΣΚΗΣΗ 11η

Χαρακτηριστική καμπύλη της μεταβολής της τάσης  $U_0$  (Volts) στο κενό, σύγχρονης τριφασικής γεννήτριας σε συνάρτηση του ρεύματος διέγερσης  $I_d$  (A), όταν η ταχύτητα περιστροφής μένει σταθερή.  $U_0=f(I_d)$  με  $n$ =σταθερό.

### 1. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

Σκοπός της άσκησης είναι η απόκτηση ικανότητας:

- 1.Στον τρόπο σύνδεσης τριφασικής σύγχρονης γεννήτριας για λειτουργία στο κενό.
- 2.Στους απαιτούμενους χειρισμούς για την λειτουργία της γεννήτριας.
- 3.Στην μέθοδο που ακολουθούμε για την απεικόνιση της χαρακτηριστικής της.

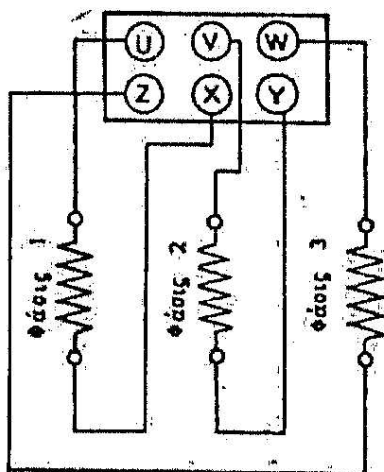
### 2.ΘΕΩΡΙΑ

Οι γεννήτριες εναλλασσόμενου ρεύματος χωρίζονται σε δυο κατηγορίες:

- α)Σύγχρονες γεννήτριες ή εναλλακτήρες.
- β)Ασύγχρονες γεννήτριες.

Κύρια χαρακτηριστικά των σύγχρονων γεννητριών είναι ότι παράγουν εναλλασσόμενο ρεύμα του οποίου η συχνότητα εξαρτάται από την ταχύτητα περιστροφής της μηχανής και ότι η διέγερση τους γίνεται με συνεχές ρεύμα.

Κύρια χαρακτηριστικά των ασύγχρονων γεννητριών είναι ότι παράγουν εναλλασσόμενο ρεύμα του οποίου η συχνότητα δεν εξαρτάται από την ταχύτητα περιστροφής της μηχανής και ότι η διέγερση τους γίνεται με εναλλασσόμενο ρεύμα.



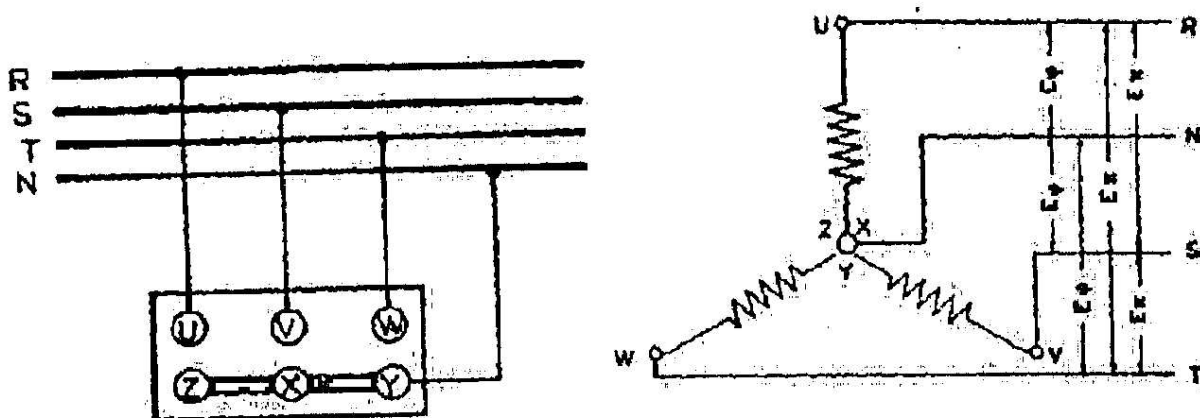
Σχήμα 11.1

Σύνδεση των τυλιγμάτων των τριών φάσεων στους ακροδέκτες.

Οι σύγχρονες γεννήτριες ή εναλλακτήρες από άποψη κατασκευής χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

- A) Εναλλακτήρες με εξωτερικούς πόλους.
- B) Εναλλακτήρες με εσωτερικούς ή περιστρεφόμενους πόλους. Σε αυτήν την κατηγορία ανήκουν και οι στροβιλοεναλλακτήρες.

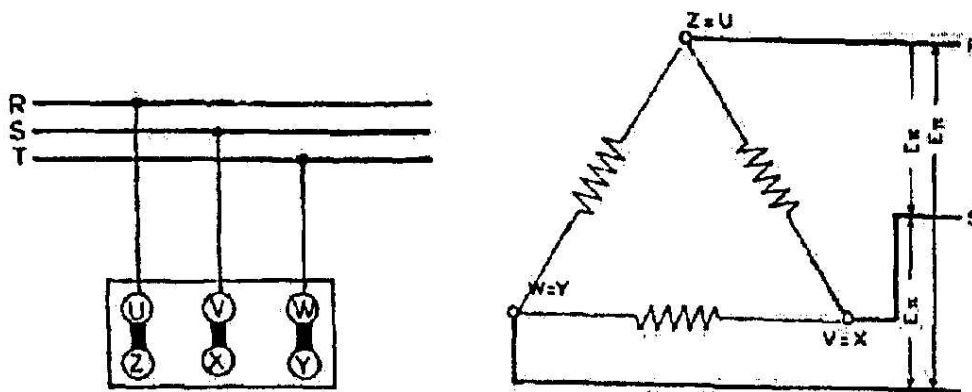
Η αρχή λειτουργίας των εναλλακτών είτε είναι με εξωτερικούς είτε είναι με στρεφόμενους πόλους είναι η ίδια, διότι όπως ξέρουμε από την ηλεκτροτεχνία όταν αγωγός κινείται μέσα σε μαγνητικό πεδίο, δημιουργείται σ' αυτόν ηλεκτρεγερτική δύναμη εξ' επαγωγής. Μπορεί όμως αντί για τον αγωγό να κινείται το μαγνητικό πεδίο κατά την αντίθετη διεύθυνση. Πάλι στον αγωγό θα δημιουργηθεί ηλεκτρεγερτική δύναμη εξ' επαγωγής και μάλιστα με την ίδια διεύθυνση.



Σχήμα 11.2  
Σύνδεση κατ' αστέρα

Σε αυτήν την άσκηση θα ασχοληθούμε με τους τριφασικούς εναλλακτές και θα εξετάσουμε την λειτουργία τους στο κενό. Οι τριφασικοί εναλλακτές έχουν στο επαγωγικό τύμπανό τους τρία όμοια και ανεξάρτητα μεταξύ τους μονοφασικά τυλίγματα. Το μονοφασικό τύλιγμα U-X αποτελεί την πρώτη φάση, το V-Y την δεύτερη φάση, και το W-Z στην τρίτη φάση, (σχήμα 11.1). Στους τριφασικούς εναλλακτές οι εναλλασσόμενες ηλεκτρεγερτικές δυνάμεις που αναπτύσσονται στις τρεις παραπάνω φάσεις έχουν την ίδια τιμή και ίδια συχνότητα. Στην πραγματικότητα τα τρία παραπάνω μονοφασικά τυλίγματα δεν τα αφήνουμε ποτέ ανεξάρτητα μεταξύ τους.

Η συνδέουμε μεταξύ τους, τους ακροδέκτες Z, X, Y, και τους ακροδέκτες U, V, W, με το τριφασικό δίκτυο οπότε έχουμε την λεγόμενη «σύνδεση κατ' αστέρα» (σχήμα 11.2), ή συνδέουμε μεταξύ τους, τους ακροδέκτες U-Z, V-X, W-Y και συγχρόνως με το δίκτυο οπότε έχουμε την σύνδεση «κατά τρίγωνο» (σχήμα 11.3). Στην σύνδεση κατ' αστέρα, οι ακροδέκτες Z, X, Y αποτελούν τον ουδέτερο κόμβο. Μεταξύ του ουδέτερου κόμβου και μιας φάσης παίρνουμε την φασική ηλεκτρεγερτική δύναμη  $E_{\phi}$ , και μεταξύ δύο φάσεων παίρνουμε την πολική ηλεκτρεγερτική δύναμη  $E_{\pi}$  η οποία έχει την εξής σχέση με την φασική:  $E_{\pi} = \sqrt{3} E_{\phi}$ . Στην σύνδεση κατά τρίγωνο η φασική ηλεκτρεγερτική δύναμη  $E_{\phi}$  του εναλλακτήρα ισούται με την πολική, δηλαδή:  $E_{\phi} = E_{\pi}$ .

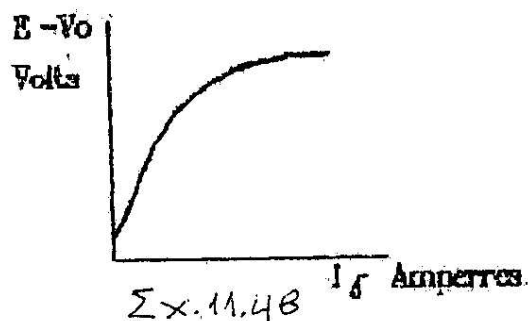
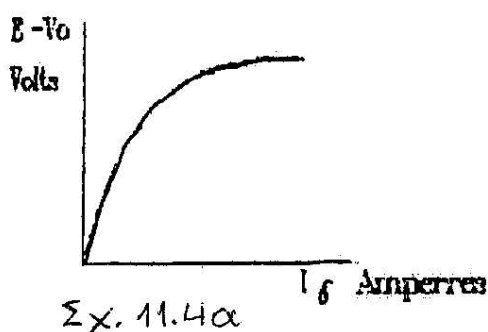


Σχήμα 11.3  
Σύνδεση κατά τρίγωνο

Η τιμή της ηλεκτρεγερτικής δύναμης που αναπτύσσεται σε κάθε φάση ενός εναλλακτήρα δίνεται από την σχέση  $E_{\phi} = K \omega \Phi$  με  $\omega = 2\pi f$  (συχνότητα της ηλεκτρεγερτικής δύναμης) και  $K, \Phi$  σταθερές εξαρτώμενες από τα κατασκευαστικά στοιχεία του εναλλακτήρα.

Συνεπώς για να μεταβάλλουμε την ηλεκτρεγερτική δύναμη του εναλλακτήρα θα πρέπει να μεταβάλλουμε τη μαγνητική ροή  $\Phi$  (η οποία βέβαια εξαρτάται από το ρεύμα διέγερσης).

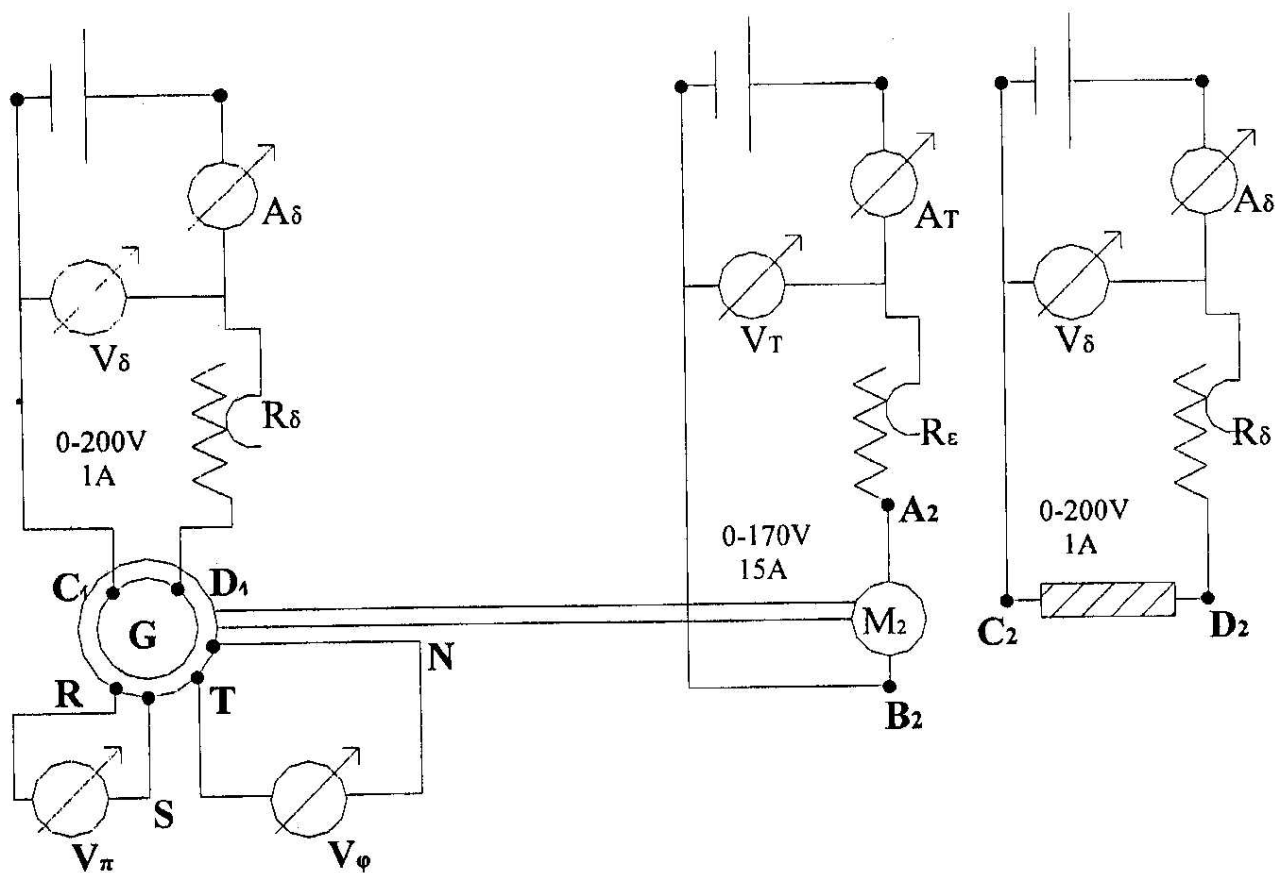
Η καμπύλη που δείχνει πως μεταβάλλεται η ηλεκτρεγερτική δύναμη  $E$  (είτε αυτή είναι φασική είτε πολική), ενώ η ταχύτητα περιστροφής διατηρείται σταθερή και ίση με την σύγχρονη ταχύτητα λέγεται «στατική χαρακτηριστική» ή «χαρακτηριστική εν κενώ» του εναλλακτήρα. Είναι δε της παρακάτω μορφής:



### 3. ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΑ ΟΡΓΑΝΑ, ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ

1. Κινητήρας Σ.Ρ ξένης διέγερσης .
2. Τριφασική σύγχρονη γεννήτρια.
3. Στροφόμετρο.
4. Πίνακας οργάνων και υποδοχών συνδέσεων.
5. Βολτόμετρο.
6. Αμπερόμετρο.
7. Ρυθμιστική αντίσταση διέγερσης.
8. Καλώδια με βύσματα.

#### 4. ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ



#### 5. ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ - ΧΕΙΡΙΣΜΟΙ

Αφού μελετήσετε το θεωρητικό μέρος της άσκησης πρέπει:

1. Να αναγνωρίσετε τα κατάλληλα όργανα και μηχανήματα.
2. Να τοποθετήσετε σε κατάλληλη θέση πάνω στον πάγκο τα όργανα ώστε να διευκολύνονται οι συνδέσεις και να γίνεται άνετα η ανάγνωση των ενδείξεων των οργάνων.
3. Να πραγματοποιήσετε την συνδεσμολογία του κυκλώματος όπως στο σχέδιο του τμήματος 4, χωρίς να εφαρμόσετε τάση.
4. Να ελέγξετε την συνδεσμολογία παρουσία του εκπαιδευτικού προσωπικού.
5. Να ελέγξετε αν η αντίσταση εκκίνησης  $R_{\epsilon}$  του κινητήρα και η αντίσταση διέγερσης  $R_{\delta}$  της γεννήτριας είναι ολόκληρη μέσα στο κύκλωμα (δηλαδή να έχουμε ένταση 0A και τάση 0V), η δε αντίσταση διέγερσης  $R_{\delta}$  του κινητήρα να έχει την απαιτούμενη ονομαστική τιμή ώστε η ένταση να είναι 1A.
6. Ξεκινήστε τώρα το ζεύγος κινητήρα Σ.Ρ ξένης διέγερσης – τριφασικής σύγχρονης γεννήτριας. Ρυθμίστε την ταχύτητα περιστροφής της κινητήριας μηχανής έτσι ώστε να αποκτήσει τις σύγχρονες στροφές της γεννήτριας και φροντίστε ώστε κατά την διάρκεια της άσκησης να είναι σταθερή.
7. Με ανοιχτό το κύκλωμα διέγερσης της γεννήτριας ( $I_{\delta}=0$ ) διαβάστε στο βολτόμετρο την τάση.

8. Συνδέστε το κύκλωμα διέγερσης με ολόκληρη την ρυθμιστική αντίσταση στην αρχή στο κύκλωμα, διαλέξτε τμηματικά τιμές της αντίστασης μικρότερες της αρχικής και σημειώνετε κάθε φορά τις αντίστοιχες  $I_{\delta}$  και  $V_o$  τιμές από τα όργανα μέχρι που η  $I_{\delta}$  να γίνει 1A.

9. Προσοχή. Δεν πρέπει να υπερβείτε την ονομαστική ένταση διέγερσης.

10. Σταματείστε την τροφοδοσία του κινητήρα, αφού προηγουμένως παρεμβάλλετε όλη την αντίσταση διέγερσης της γεννήτριας στο κύκλωμα, καθώς επίσης και την αντίσταση εκκίνησης του κινητήρα.

11. Αποσυναρμολογήστε το κύκλωμα και επιστρέψτε τα όργανα και υλικά.

12. Στο μιλιμετρέ χαρτί χαράξτε την στατική χαρακτηριστική καμπύλη  $V_o=f(I_{\delta})$  της γεννήτριας με βάση τα ζεύγη τιμών που έχετε πάρει.

### ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Σχόλια – Συμπεράσματα.

2. Εξηγείστε που οφείλεται η διαφορά ανάμεσα στα σχήματα 11.4α και 11.4β και πότε ισχύει το καθένα.

3. Γιατί στην εν κενώ λειτουργία της σύγχρονης γεννήτριας για να μεταβάλλουμε την ηλεκτρεγερτική δύναμη της πρέπει να μεταβάλλουμε την μαγνητική ροή  $\Phi$  ή το ρεύμα διέγερσης ( $I_{\delta}$ ) και όχι κάποιο άλλο μέγεθος της σχέσης  $E=K_{\rho}\omega\Phi$ .

4. Εξηγείστε γιατί στην εν κενώ λειτουργία της τριφασικής σύγχρονης γεννήτριας όσο αυξάνεται το ρεύμα διέγερσης αυξάνεται και η παραγόμενη ηλεκτρεγερτική δύναμη μέχρι το σημείο κορεσμού της με  $n=ct$ .

## ΑΣΚΗΣΗ 12η

Χαρακτηριστική καμπύλη της μεταβολής της τάσης  $U$  (Volts), σύγχρονης τριφασικής γεννήτριας σε συνάρτηση του ρεύματος φορτίου  $I\phi$  (A), όταν η ταχύτητα περιστροφής και το ρεύμα διέγερσης μένουν σταθερά.  $U=f(I\phi)$  με  $n=ct$ ,  $I\delta=ct$ .

### 1. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

Σκοπός της άσκησης είναι η απόκτηση ικανότητας:

1. Στον τρόπο σύνδεσης τριφασικής σύγχρονης γεννήτριας για λειτουργία με φορτίο.
2. Στους απαιτούμενους χειρισμούς για την λειτουργία της γεννήτριας.
3. Στην μέθοδο που ακολουθούμε για την απεικόνιση της χαρακτηριστικής της.

### 2. ΘΕΩΡΙΑ

Κατ' αρχήν θα πρέπει να πούμε ότι όπου αναφέρεται ο όρος «τάση (V)» της σύγχρονης τριφασικής γεννήτριας στην άσκηση αυτή, εννοείται η πολιτική τάση, δηλαδή η τάση μεταξύ δύο φάσεων. Επίσης όπου αναφέρεται ο όρος «ρεύμα φορτίου (I)» ή «ένταση φορτίου», εννοείται η ένταση της γραμμής.

Στην άσκηση αυτή θα ασχοληθούμε με την χαρακτηριστική υπό φορτίο μιας σύγχρονης τριφασικής γεννήτριας. Δηλαδή με τα χαρακτηριστικά μιας σύγχρονης τριφασικής γεννήτριας όταν λειτουργεί υπό φορτίο, ή πιο ειδικά, πως μεταβάλλεται η τάση της όταν μεταβάλλεται η ένταση του φορτίου της και παραμένει σταθερή η διέγερση της και οι στροφές της.

Στις γεννήτριες συνεχούς ρεύματος είδαμε ότι παράγοντες υποβιβασμού της τάσης που παρήγαγαν ήταν:

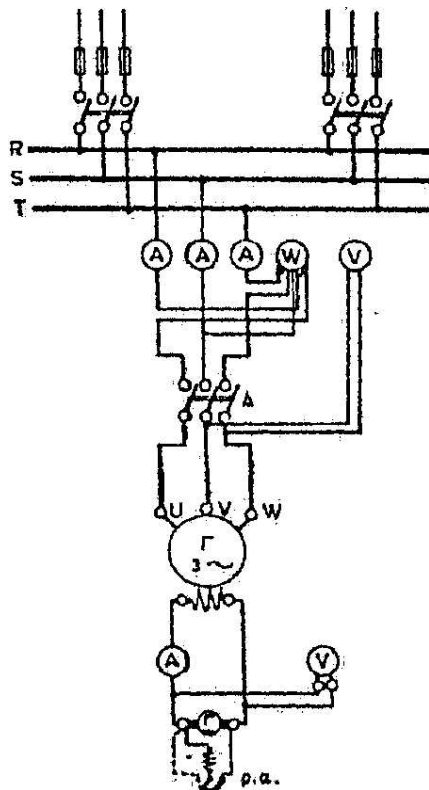
α) Η ωμική πτώση τάσης στους αγωγούς του τυλίγματος του επαγωγικού τύμπανου και

β) Η αντίδραση του επαγωγικού τύμπανου. Το μαγνητικό πεδίο του οποίου παραμορφώνει το μαγνητικό πεδίο των πόλων.

Τώρα στους εναλλακτήρες (όταν λειτουργούν με φορτίο) συντελεί στον υποβιβασμό της τάσης, εκτός από τους παραπάνω παράγοντες και το είδος του φορτίου (σχ. 12.2).

Αν το φορτίο είναι καθαρά ωμικό (όπως π.χ. λαμπτήρες πυρακτώσεως, συσκευές ηλεκτρικής θέρμανσης κλπ.) οπότε ο συντελεστής ισχύος είναι ίσος με τη μονάδα, τότε παρατηρείται πτώση της τάσης κατά τη φόρτιση του εναλλακτήρα που φθάνει περίπου τα 8 μέχρι 15% της ηλεκτρεγερτικής δύναμης της λειτουργίας εν κενώ.

Αν το φορτίο είναι επαγωγικό (όπως π.χ. λαμπτήρες φθορισμού, ασύγχρονοι κινητήρες, ηλεκτρομαγνητικές συσκευές κλπ.) οπότε ο συντελεστής ισχύος είναι μικρότερος από τη μονάδα και έχουμε ρεύμα σε καθυστέρηση, τότε παρατηρείται και πάλι πτώση της τάσης κατά την φόρτιση του εναλλακτήρα που μπορεί να φθάσει περίπου τα 25 μέχρι 40% της ηλεκτρεγερτικής δύναμης της λειτουργίας εν κενώ.



Σχήμα 12.1

Συνδεσμολογία τριφασικής σύγχρονης γεννήτριας

Τέλος αν το φορτίο είναι χωρητικό (όπως π.χ. ειδικοί σύγχρονοι κινητήρες, χωρητικές συσκευές κλπ.) οπότε ο συντελεστής ισχύος είναι πάλι μικρότερος από τη μονάδα αλλά το ρεύμα είναι τώρα σε προπορεία, τότε παρατηρείται αύξηση της τάσης κατά την φόρτιση του εναλλακτήρα σε τιμές υψηλότερες από την ηλεκτρεγερτική δύναμη της λειτουργίας εν κενώ.

Όταν ο εναλλακτήρας λειτουργεί με φορτία που έχουν συντελεστή ισχύος πολύ μικρό (μικρότερο από 0.8), σε μεγάλες φορτίσεις το φαινόμενο της αντίδρασης του επαγωγικού τύμπανου είναι πολύ έντονο και τότε η τάση πέφτει πολύ απότομα. Συνήθως δεν πρέπει να λειτουργούν οι εναλλακτήρες με φορτίο που έχουν συντελεστή ισχύος μικρότερο από 0.8.

Χαρακτηριστικό μέγεθος για τους εναλλακτήρες είναι και η διακύμανση της τάσης τους, που είναι η μεταβολή της τάσης τους από την εν κενώ λειτουργία στο κανονικό φορτίο με σταθερή ένταση διέγερσης και στροφές και ορισμένο συντελεστή ισχύος.

$$\varepsilon\% = (U_0 - U_n) / U_0 \cdot 100\%$$

Η πραγματική ισχύς για τον εναλλακτήρα είναι η αποδιδόμενη στον καταναλωτή που τροφοδοτεί και δίνεται από την σχέση:

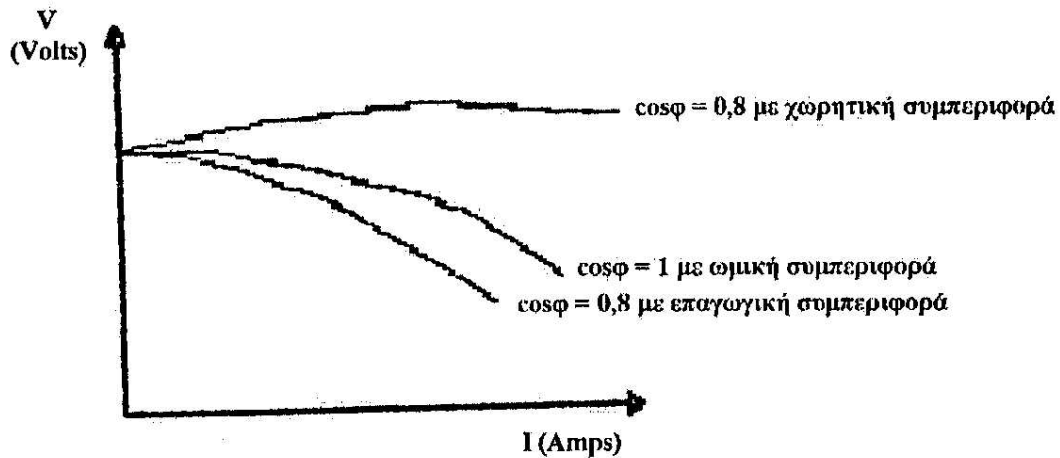
$$P_p = \sqrt{3} U I \cos\phi$$

Η ισχύς με την οποία φαίνεται ότι φορτίζεται η κινητήρια μηχανή του εναλλακτήρα είναι η φαινομενική ισχύς:

$$P\phi = \sqrt{3} UI$$

Η άεργος ισχύς θα είναι:

$$P\alpha = \sqrt{3} UI \sin\phi$$



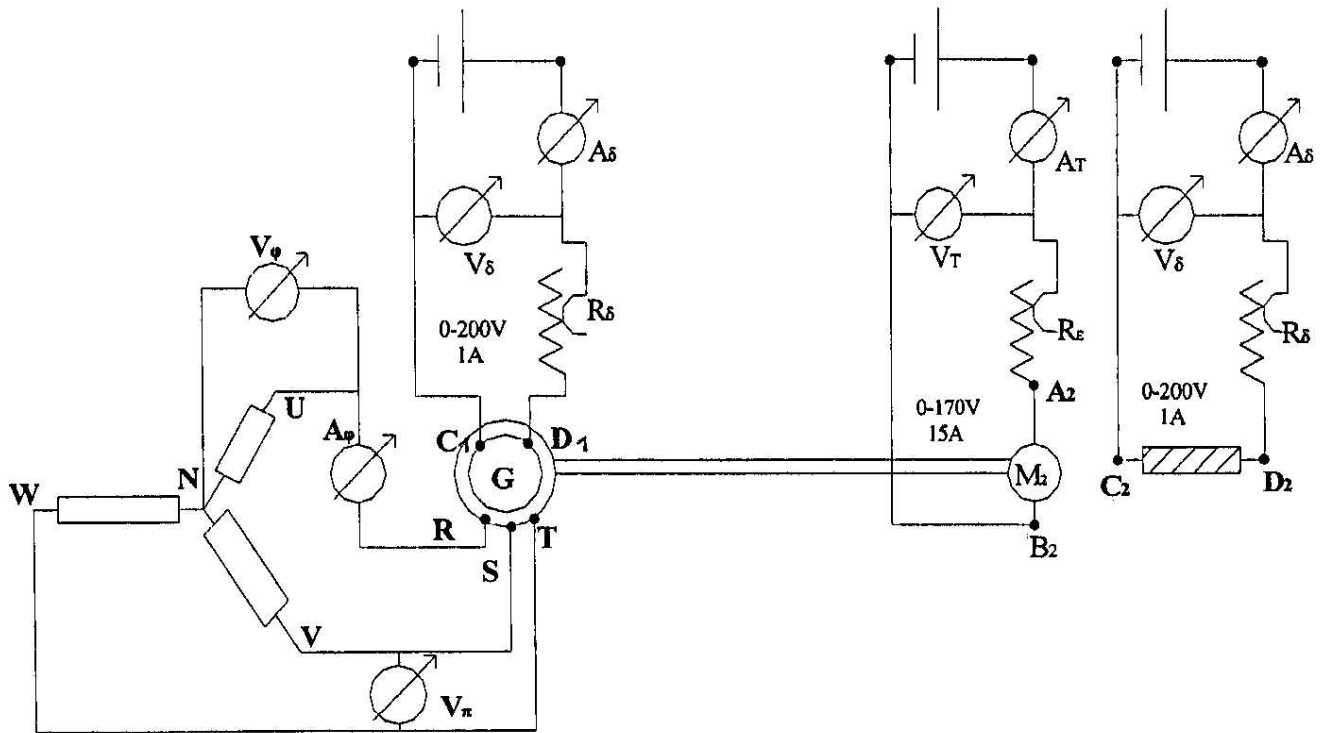
Σχήμα 12.2

### 3. ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΑ ΟΡΓΑΝΑ, ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ

- 1.Κινητήρας Σ.Ρ. ξένης διέγερσης.
- 2.Τριφασική σύγχρονη γεννήτρια.
- 3.Στροφόμετρο.
- 4.Πίνακας οργάνων, ρυθμιστικών αντιστάσεων διέγερσης, εκκίνησης και υποδοχών συνδέσεων.
- 5.Βολτόμετρο.
- 6.Αμπερόμετρο.
- 7.Ρυθμιστική αντίσταση διέγερσης.
- 8.Κιβώτιο με τριφασικές ωμικές - επαγωγικές- χωρητικές αντιστάσεις φορτίου.
- 9.Καλώδια με βύσματα.



#### 4. ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ



#### 5. ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ- ΧΕΙΡΙΣΜΟΙ

Αφού μελετήσετε το θεωρητικό μέρος της άσκησης πρέπει:

1. Να αναγνωρίσετε τα κατάλληλα όργανα και μηχανήματα.
2. Να τοποθετήσετε σε κατάλληλη θέση πάνω στο πάγκο τα όργανα ώστε να διευκολύνονται οι συνδέσεις και να γίνεται άνετα η ανάγνωση των ενδείξεων των οργάνων.
3. Να πραγματοποιήσετε την συνδεσμολογία του κυκλώματος όπως στο σχέδιο του τμήματος 4, χωρίς να εφαρμόσετε τάση.
4. Να ελέγξετε την συνδεσμολογία παρουσία του εκπαιδευτικού προσωπικού.
5. Να ελέγξετε αν η αντίσταση εκκίνησης  $R_e$  του κινητήρα και η αντίσταση διέγερσης  $R_\delta$  της γεννήτριας είναι ολόκληρες μέσα στο κύκλωμα ( δηλαδή να έχουμε ένταση 0A, και τάση 0V ), η δε αντίσταση διέγερσης  $R_\delta$  του κινητήρα να έχει την απαιτούμενη ονομαστική τιμή ώστε η ένταση να είναι 1A.
6. Ξεκινήστε τώρα το ζεύγος κινητήρα Συνεχούς Ρεύματος ξένης διέγερσης – τριφασικής σύγχρονης γεννήτριας. Ρυθμίστε την ταχύτητα περιστροφής της κινητήριας μηχανής έτσι ώστε να πάρει τις ονομαστικές στροφές της γεννήτριας και φροντίστε κατά την διάρκεια της άσκησης να είναι σταθερή.
7. Δώστε στη συνέχεια τάση στο κύκλωμα διέγερσης της γεννήτριας , μέχρις ότου η ένταση διέγερσης της γεννήτριας γίνει ίση με την ονομαστική.
8. Πριν συνδέσετε κάποιο φορτίο στην γεννήτρια πάρτε την ένδειξη του βολτόμετρου ( τάση στο κενό της γεννήτριας ).
9. Συνδέστε τώρα το ωμικό φορτίο στην γεννήτρια και μεταβάλλοντάς το διαδοχικά να σημειώνετε τις αντίστοιχες τιμές τάσης της γεννήτριας και της

έντασης του φορτίου, διατηρώντας σταθερά την ένταση διέγερσης της γεννήτριας και τις στροφές του κινητήρα.

10. **Προσοχή.** Δεν πρέπει να υπερβείτε την ονομαστική ένταση φορτίου της γεννήτριας και του κινητήρα.
11. Επαναλάβετε τους χειρισμούς των παραγράφων 5,6,7,8,9,10 για τα άλλα δύο φορτία.
12. Σταματείστε την τροφοδοσία του κινητήρα αφού προηγουμένως μειώσετε την ένταση του φορτίου, παρεμβάλλεται όλη την αντίσταση διέγερσης της γεννήτριας στο κύκλωμα καθώς επίσης και την αντίσταση εκκίνησης του κινητήρα.
13. Αποσυναρμολογήστε το κύκλωμα και επιστρέψτε τα όργανα και τα υλικά.
14. Στο μιλιμετρέ χαρτί χαράξτε τις χαρακτηριστικές καμπύλες φορτίου  $V=f(I\phi)$  της γεννήτριας με βάση τα ζεύγη τιμών που έχετε πάρει.

### **ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ**

1. Σχόλια – Συμπεράσματα.
2. Ποιες είναι οι αιτίες υποβιβασμού της τάσης που παράγει ο εναλλακτήρας όταν λειτουργεί υπό φορτίο, με σταθερή διέγερση και σταθερές στροφές.
3. Να ευρεθεί η διακύμανση της τάσης της εξετασθείσας γεννήτριας και για τα τρία φορτία.
4. Να υπολογίσετε από τις τιμές της σταδιακής φόρτισης την εκάστοτε αποδιδόμενη ισχύ  $P$  και να χαράξετε την καμπύλη  $P=f(I)$  για όλα τα φορτία ( Ωμικό, Επαγωγικό, Χωρητικό ), της εξετασθείσας γεννήτριας.

## ΑΣΚΗΣΗ 13η

**Σύγχρονος κινητήρας εναλλασσόμενου ρεύματος.  
Διόρθωση Συμφέροντος.**

### 1. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

Σκοπός της άσκησης είναι η απόκτηση ικανότητας:

1. Στον τρόπο σύνδεσης σύγχρονου τριφασικού κινητήρα Ε.Ρ.
2. Στην εκκίνηση του με την βοήθεια κινητήρα Σ.Ρ.
3. Στην διόρθωση του συμφέροντος της εγκατάστασης με την βοήθεια του σύγχρονου κινητήρα.

### 2.ΘΕΩΡΙΑ

Οι σύγχρονοι κινητήρες εναλλασσόμενου ρεύματος κατασκευαστικά είναι όμοιοι με τις σύγχρονες γεννήτριες. Αν τροφοδοτήσουμε έναν εναλλακτήρα με ηλεκτρικό ρεύμα θα λειτουργήσει σαν σύγχρονος κινητήρας. Επειδή όμως οι σύγχρονοι κινητήρες δεν ξεκινούν μόνοι τους, θα πρέπει να πάρουμε ορισμένα μέτρα.

Μονοφασικοί σύγχρονοι κινητήρες κατασκευάζονται πολύ σπάνια και για αυτό θα ασχοληθούμε μόνο με τριφασικούς.

Στους κινητήρες αυτούς το τύλιγμα του στάτη τροφοδοτείται με ηλεκτρικό ρεύμα το οποίο δημιουργεί στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο, που στρέφεται με την σύγχρονη ταχύτητα του μαγνητικού πεδίου. Τα τυλίγματα του δρομέα τροφοδοτούνται με συνεχές ρεύμα που δημιουργεί σε αυτόν μαγνητικούς πόλους, οι οποίοι ελκίζονται από τους ετερόνυμους πόλους του στάτη στρέφουν και τον δρομέα με την σύγχρονη ταχύτητα.

Οι σύγχρονοι κινητήρες στρέφονται πάντα με την σύγχρονη ταχύτητα, και δεν μπορούν να ξεκινήσουν μόνοι τους. Για να ξεκινήσουν χρειάζονται έναν βοηθητικό κινητήρα, με τον οποίο τους θέτουμε σε κίνηση μέχρι την σύγχρονη ταχύτητα, και κατόπιν τροφοδοτούμε την διέγερση τους με συνεχές ρεύμα και συνδέουμε το φορτίο, επειδή ο βοηθητικός κινητήρας έχει μικρή ισχύ.

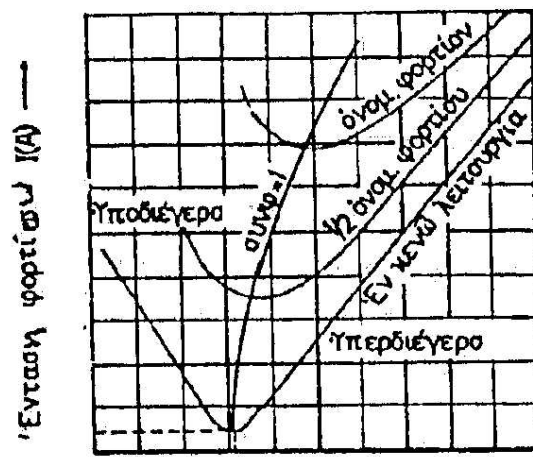
Όταν ο σύγχρονος κινητήρας χρησιμοποιείται για να κινεί γεννήτρια συνεχούς ρεύματος, ένας τρόπος για να τον θέσουμε σε κίνηση είναι να χρησιμοποιήσουμε στην εκκίνηση την γεννήτρια σαν κινητήρα, βέβαια με την προϋπόθεση ότι διαθέτουμε και μια πηγή συνεχούς ρεύματος για να τροφοδοτήσουμε το τύλιγμα του επαγωγικού της τύμπανου και να γίνει κινητήρας.

Όταν ο σύγχρονος κινητήρας λειτουργεί είτε στο κενό είτε με φορτίο, η ένταση που απορροφά από το δίκτυο του εναλλασσόμενου ρεύματος εξαρτάται από την ένταση διέγερσης των μαγνητικών πόλων του δρομέα. Όπως βλέπουμε και στο σχήμα 13.1 οι καμπύλες έχουν σχήμα V. Σε μια συγκεκριμένη τιμή του ρεύματος διέγερσης  $I_d$  η ένταση φόρτισης γίνεται ελάχιστη. Η διέγερση αυτή λέγεται «κανονική διέγερση», σ' αυτήν η τάση του δικτύου και η ένταση φόρτισης είναι σε φάση, συνεπώς ο συντελεστής ισχύος του κινητήρα είναι 1 (συνφ=1), και το δίκτυο φορτίζεται ωμικά.

Όταν ο κινητήρας «υποδιεγείρεται», ( δηλαδή η ένταση διέγερσης είναι μικρότερη της κανονικής ), η ένταση φόρτισης μεγαλώνει οπότε το συνφ γίνεται

μικρότερο της μονάδας, αντιστρόφως ανάλογα της έντασης φόρτισης, η οποία επιπλέον έπεται της τάσης και το δίκτυο φορτίζεται επαγωγικά.

Όταν ο κινητήρας «υπερδιεγείρεται», ( δηλαδή η ένταση διέγερσης είναι μεγαλύτερη της κανονικής ), η ένταση φόρτισης μεγαλώνει οπότε πάλι το συνφ γίνεται μικρότερο της μονάδας, η ένταση φόρτισης προηγείται της τάσης και το δίκτυο φορτίζεται χωρητικά.

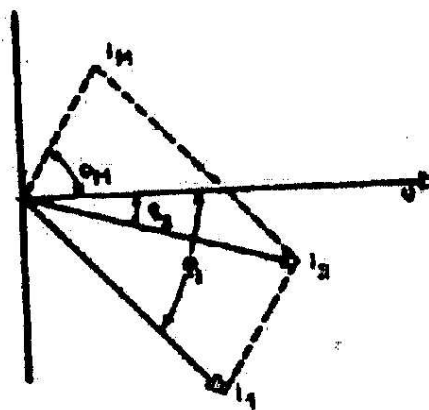


Iδ 1

Ένταση διέγερσης Iδ (A)

Σχήμα 13.1

Οι σύγχρονοι κινητήρες χρησιμοποιούνται σε μεγάλες βιομηχανικές εγκαταστάσεις όπου χρειάζεται πολύ σταθερή ταχύτητα περιστροφής και μεγάλος βαθμός απόδοσης. Μια άλλη εφαρμογή των σύγχρονων κινητήρων είναι η βελτίωση του συνφ (συντελεστή ισχύος ή συμφέροντος) μιας εγκατάστασης ή ενός δικτύου.

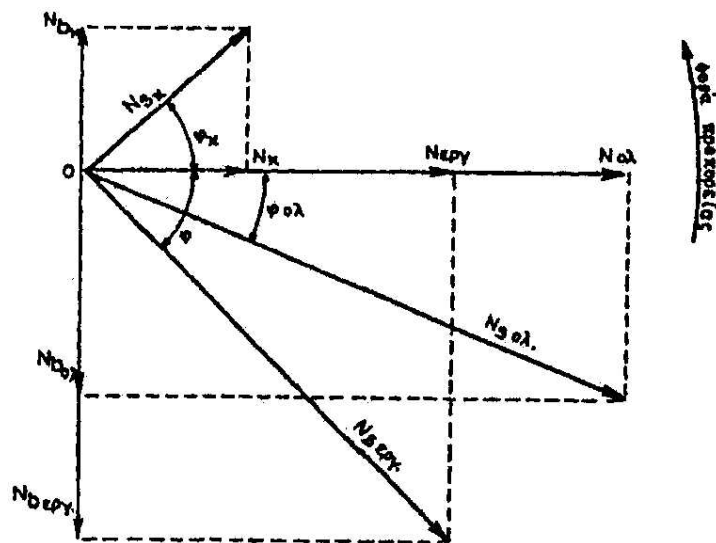


Σχήμα 13.2

Σ' αυτήν την περίπτωση ο κινητήρας υπερδιεγείρεται και λειτουργεί χωρητικά. Τότε η ένταση του σύγχρονου κινητήρα  $I_M$  προπορεύεται από την τάση  $V$  κατά γωνία  $\Phi_M$  και μειώνει την γωνία  $\Phi_1$  της έντασης  $I_1$  του δικτύου στην γωνία

$\Phi_2$  της συνισταμένης έντασης  $I_2$ , με αποτέλεσμα την αύξηση του συνφ, όπως φαίνεται στο σχήμα 13.2.

Με την βελτίωση του συνφ επιτυγχάνεται βελτίωση και της πραγματικής ισχύος όλης της εγκατάστασης. Σ' αυτές τις περιπτώσεις ο σύγχρονος κινητήρας μπορεί να δίνει κίνηση σε κάποια μηχανήματα και συγχρόνως να διορθώνει το συμφέρον της εγκατάστασης. Στο σχήμα 13.3 φαίνεται η διόρθωση του συμφέροντος της πραγματικής ισχύος μιας εγκατάστασης με χρήση σύγχρονου κινητήρα.

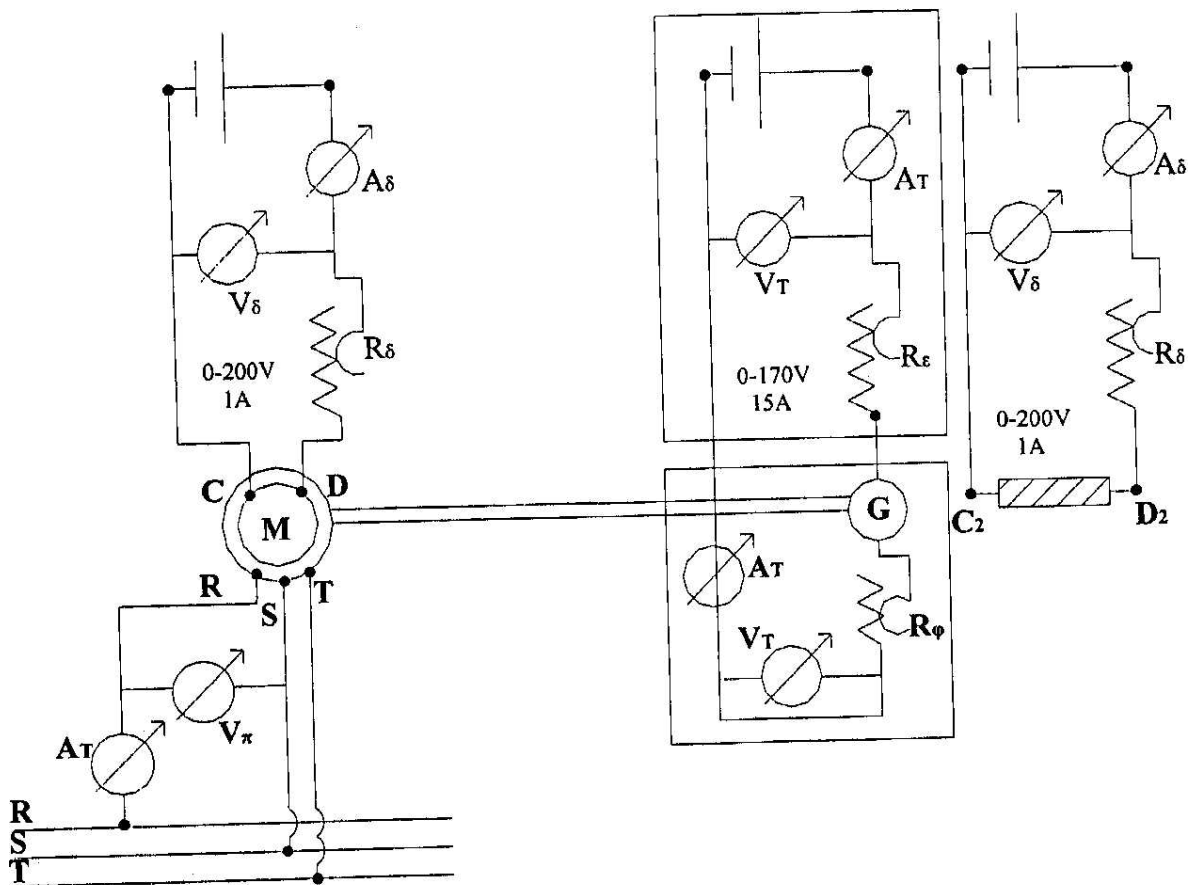


Σχήμα 13.3

### 3.ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΑ ΟΡΓΑΝΑ, ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ

1. Σύγχρονος Κινητήρας Εναλλασσόμενου Ρεύματος .
2. Γεννήτρια Συνεχούς Ρεύματος Ξένης Διέγερσης.
3. Στροφόμετρο.
4. Πίνακας οργάνων και υποδοχών συνδέσεων.
5. Βολτόμετρο.
6. Αμπερόμετρο.
7. Ρυθμιστική αντίσταση διέγερσης.
8. Ρυθμιστική αντίσταση φορτίου.
9. Καλώδια με βύσματα.
10. Βαττόμετρο.

#### 4. ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ



#### 5. ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ-ΧΕΙΡΙΣΜΟΙ

Αφού μελετήσετε το θεωρητικό μέρος της άσκησης πρέπει:

1. Να αναγνωρίσετε τα κατάλληλα όργανα και μηχανήματα.
2. Να τοποθετήσετε σε κατάλληλη θέση πάνω στον πάγκο τα όργανα ώστε να διευκολύνονται οι συνδέσεις και να γίνεται άνετα η ανάγνωση των ενδείξεων των οργάνων.
3. Να πραγματοποιήσετε την συνδεσμολογία του κυκλώματος όπως στο σχέδιο του τμήματος 4, χωρίς να εφαρμόσετε τάση.
4. Να ελέγξετε την συνδεσμολογία παρουσία του εκπαιδευτικού προσωπικού.
5. Να συνδέσετε την γεννήτρια Σ.Ρ. για να λειτουργήσει σαν κινητήρας Σ.Ρ. ξένης διέγερσης.
6. Να ελέγξετε αν η αντίσταση εκκίνησης  $R_\epsilon$  του κινητήρα Σ.Ρ. είναι ολόκληρη μέσα στο κύκλωμα (δηλαδή να έχουμε ένταση 0A και τάση 0V), η δε αντίσταση διέγερσής του  $R_\delta$  να έχει την απαιτούμενη ονομαστική τιμή ώστε η ένταση διέγερσης να είναι 1A.
7. Ξεκινήστε τώρα τον Κινητήρα Συνεχούς Ρεύματος Ξένης Διέγερσης. Ρυθμίστε την ταχύτητα περιστροφής της κινητήριας μηχανής έτσι ώστε να πάρει την σύγχρονη τιμή.

8. Δώστε στη συνέχεια τάση στο κύκλωμα διέγερσης του σύγχρονου κινητήρα και εναλλασσόμενη τάση στο επαγωγικό του τύμπανο. Κατόπιν αποσυνδέστε τον κινητήρα εκκίνησης και συνδέστε τον κανονικά σαν γεννήτρια Σ.Ρ. ξένης διέγερσης.

9. Μετρήστε με την βοήθεια του βαττόμετρου, του βολτόμετρου και του αμπερομέτρου την πραγματική και την φαινομενική ισχύ και υπολογίστε το συνφ της εγκατάστασης.

10. Αυξήστε την διέγερση του σύγχρονου κινητήρα ώστε να υπερδιεγερθεί και ξαναυπολογίστε το συνφ της εγκατάστασης.

11. Σταματήστε την τροφοδοσία του κινητήρα αφού προηγουμένως μειώσετε την ένταση του φορτίου, παρεμβάλλετε όλη την αντίσταση διέγερσης της γεννήτριας στο κύκλωμα καθώς επίσης και την αντίσταση εκκίνησης του κινητήρα.

12. Αποσυναρμολογήστε το κύκλωμα και επιστρέψτε τα όργανα και τα υλικά.

13. Στο μιλιμετρέ χαρτί χαράξτε τα τρίγωνα των ισχύων και δείξτε την βελτίωση του συνφ της εγκατάστασης.

### **ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ**

1. Σχόλια- Συμπεράσματα.

2. Γιατί οι σύγχρονοι κινητήρες δεν ξεκινούν από μόνοι τους;

3. Από τι καθορίζεται και πώς αλλάζει η φορά περιστροφής ενός σύγχρονου κινητήρα.

## ΑΣΚΗΣΗ 14η

**Τριφασικός ασύγχρονος κινητήρας βραχυκυκλωμένου δρομέα.  
Τρόποι εκκίνησης.**

### 1. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

Σκοπός της άσκησης είναι η απόκτηση ικανότητας στους τρόπους σύνδεσης τριφασικού ασύγχρονου κινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα για την εκκίνησή του.

### 2. ΘΕΩΡΙΑ

Τα κύρια προβλήματα της εκκίνησης του τριφασικού ασύγχρονου κινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα είναι η ροπή στρέψης και το ρεύμα εκκίνησης.

Η μεν ροπή στρέψης επιζητείται συνήθως να είναι μεγάλη για να υπερνικήσει τις παθητικές αντιστάσεις των μηχανικών μαζών και να τις επιταχύνει μέχρι την τελική ταχύτητα, το δε ρεύμα εκκίνησης (του στάτη) δεν επιτρέπεται να υπερβεί ορισμένα όρια. Οι μεγάλες εντάσεις εκκίνησης προκαλούν στιγμιαίες πτώσεις τάσης (βυθίσεις) στα δίκτυα που τροφοδοτούν τους κινητήρες.

Στην χώρα μας η ΔΕΗ επιτρέπει την εγκατάσταση τριφασικού κινητήρα εφ' όσον η σχέση του ρεύματος εκκίνησης προς το ονομαστικό ρεύμα του κινητήρα είναι για κινητήρες μέχρι 10HP μικρότερη του 2, και για κινητήρες μεγαλύτερους των 10HP μικρότερη του 1.6. Επίσης επιτρέπεται η εγκατάσταση κινητήρων ανελκυστήρων εάν η ισχύς τους δεν υπερβαίνει τους 5HP ή 8.5HP για εναέρια ή υπόγεια δίκτυα εκκίνησης αντίστοιχα, και η σχέση του ρεύματος εκκίνησης προς το ονομαστικό ρεύμα δεν υπερβαίνει το 3.5. Γι' αυτό για την εκκίνηση των τριφασικών κινητήρων με βραχυκυκλωμένο δρομέα χρησιμοποιούνται οι ακόλουθοι τρόποι εκκίνησης, οι οποίοι βασίζονται (εκτός από τον πρώτο τρόπο) στην ελάττωση της τάσης τροφοδότησης του κινητήρα με διάφορες συσκευές που παρεμβάλλουμε στην εκκίνηση. Η ελάττωση της τάσης τροφοδότησης στην εκκίνηση του κινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα ελαττώνει όμως σημαντικά και την ροπή εκκίνησης.

#### 1. Απ' ευθείας εκκίνηση

Ο τρόπος αυτός δεν έχει γενική εφαρμογή στους κινητήρες με βραχυκυκλωμένο δρομέα, γιατί γίνεται μόνο με την χρησιμοποίηση ενός απλού τριπολικού διακόπτη (σχ.14.1).

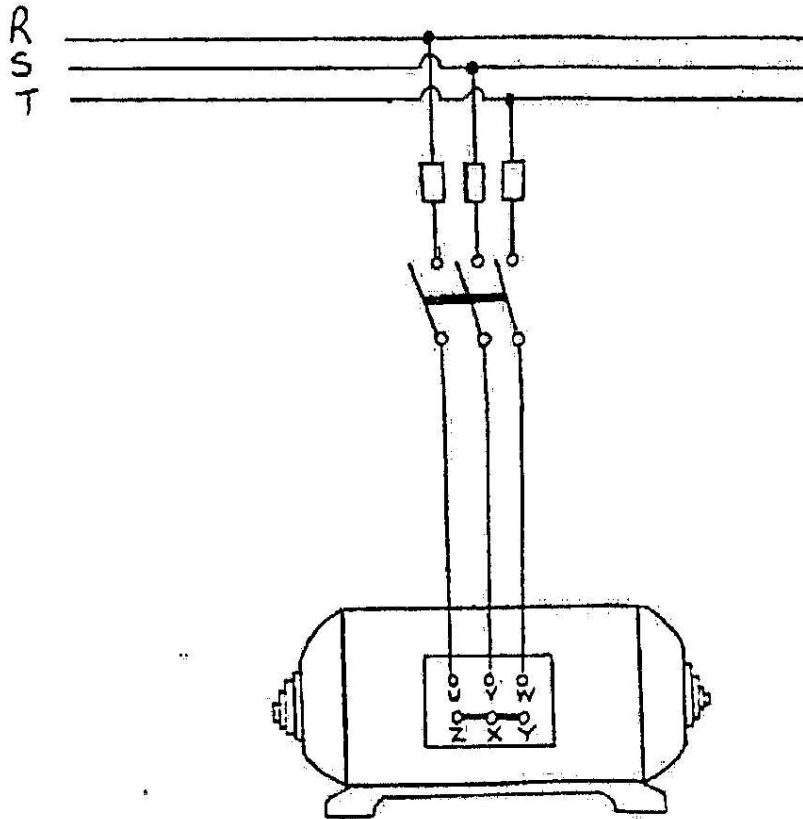
#### 2. Εκκίνηση με αντιστάσεις στο στάτη

Στον τρόπο αυτό παρεμβάλλουμε στο κύκλωμα που τροφοδοτεί τον στάτη του κινητήρα με βραχυκυκλωμένο δρομέα έναν εκκινητή που αποτελείται από τρεις ρυθμιζόμενες αντιστάσεις οι οποίες συνδέονται ανάλογα με την κατασκευή του κινητήρα (σχ.14.2α,β). Στην αρχή οι αντιστάσεις αυτές είναι ολόκληρες μέσα στο κύκλωμα και προοδευτικά όσο αυξάνει η ταχύτητα του κινητήρα αφαιρούμε τις αντιστάσεις μέχρις ότου ο κινητήρας αποκτήσει



τις κανονικές του στροφές, οπότε οι αντιστάσεις βγαίνουν έξω από το κύκλωμα.

Ο κινητήρας έτσι ξεκινά με ελαττωμένη τάση και συνεπώς ελαττωμένη ένταση. Αποδεικνύεται όμως ότι με τον τρόπο αυτό η λαμβανόμενη ροπή στρέψης είναι πολύ μικρή. Γι' αυτό ο τρόπος αυτός είναι κατάλληλος μόνον για περιπτώσεις που δεν μας ενδιαφέρει το μέγεθος της ροπής εκκίνησης.



Σχήμα 14.1 Απ' ευθείας εκκίνηση

### 3. Εκκίνηση με αυτομετασχηματιστή

Σ' αυτό τον τρόπο συνδέουμε, κατά την εκκίνηση, με την βοήθεια του διακόπτη διπλής ενέργειας Δ2 τον κινητήρα με τον αυτομετασχηματιστή στις λήψεις U, V, W (σχ.14.3). Έπειτα κλείνουμε τον διακόπτη Δ1 ο οποίος τροφοδοτεί τον αυτομετασχηματιστή. Έτσι ο κινητήρας ξεκινά με ελαττωμένη τάση.

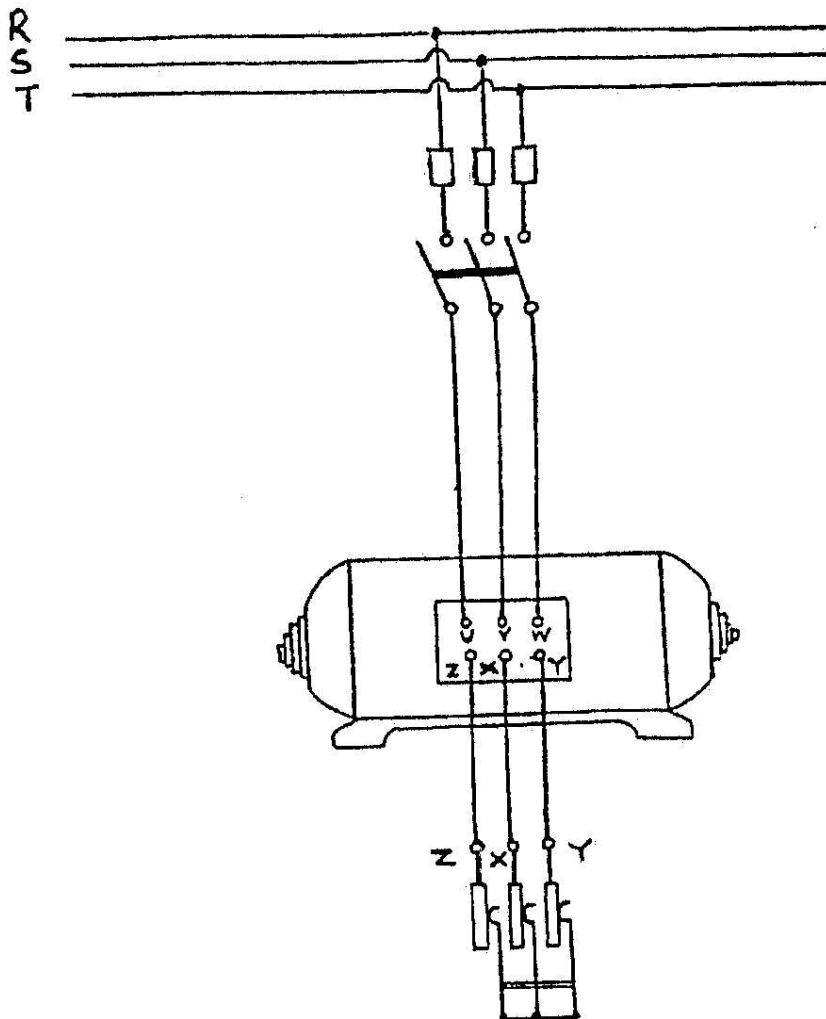
Μόλις ο κινητήρας φθάσει τον κανονικό αριθμό στροφών, πάλι με την βοήθεια του διακόπτη Δ2 (μεταθέτοντας τον προς τα δεξιά) ο κινητήρας τίθεται υπό την πλήρη τάση του δικτύου για την κανονική λειτουργία.

Τέλος ανοίγουμε τον διακόπτη Δ1 για να μην είναι υπό τάση ο αυτομετασχηματιστής.

Μ' αυτό τον τρόπο εκκίνησης του κινητήρα με βραχυκυκλωμένο δρομέα αποδεικνύεται ότι έχουμε μεγαλύτερη ροπή εκκίνησης από την προηγούμενη.

#### 4. Εκκίνηση με διακόπτη αστέρα - τριγώνου

Ο διακόπτης αστέρα - τριγώνου είναι ένας διακόπτης δύο θέσεων. Στην μια θέση συνδέει το τύλιγμα του στάτη, που είναι κατασκευασμένο να εργάζεται κανονικά σε ζεύξη τριγώνου, σε αστέρα και στην άλλη θέση το συνδέει σε τρίγωνο. Κατά την εκκίνηση κλείνουν οι επαφές Γ και Υ οπότε βραχυκυκλώνονται τα X,Y,Z (σύνδεση σε αστέρα), το τύλιγμα του στάτη τίθεται υπό τάση και ο κινητήρας εκκινεί (σχ.14.4).



**Σχήμα 14.2α.**

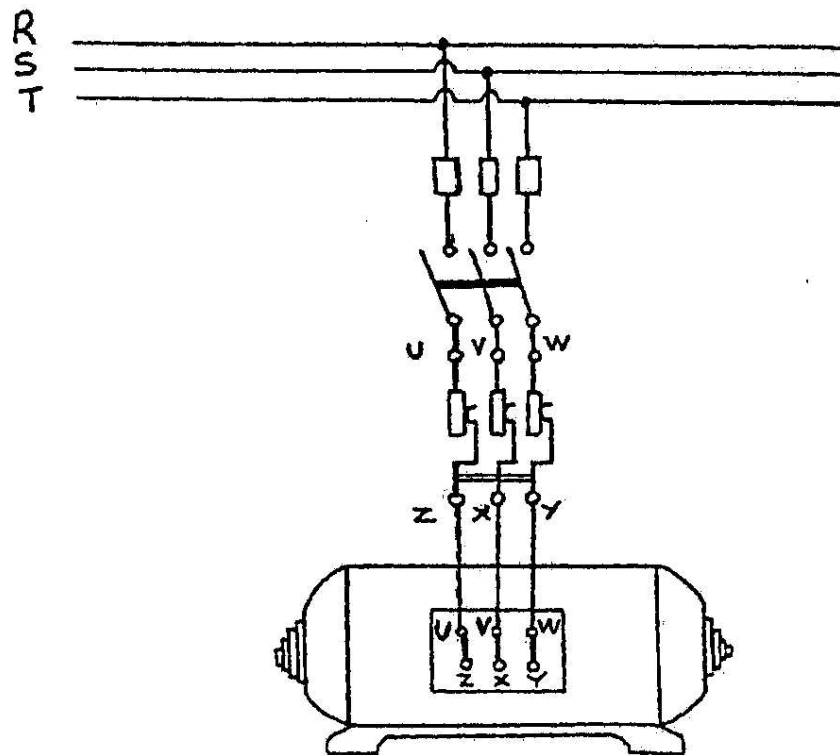
Εκκίνηση με αντιστάσεις στον στάτη για λειτουργία σε αστέρα.

Η σύνδεση κατά τρίγωνο γίνεται όταν ο κινητήρας φθάσει τον ονομαστικό αριθμό στροφών οπότε ανοίγουμε τις επαφές Υ και κλείνουμε τις επαφές Δ. Με την ζεύξη αυτή κάθε φάση του τυλίγματος του τίθεται υπό την πολική τάση του δικτύου για την οποία και έχει κατασκευασθεί να λειτουργεί.

Στην σύνδεση κατά τρίγωνο η απορροφούμενη ένταση (ένταση γραμμής ή πολική) και η δημιουργούμενη ροπή είναι τρεις φορές μεγαλύτερες από την απορροφούμενη ένταση και δημιουργούμενη ροπή κατά αστέρα.

Δηλαδή  $I(\Pi Y)/I(\Pi \Delta)=1/3$  και  $M(Y)/M(\Delta)=1/3$


Όταν χρησιμοποιούμε διακόπτη αστέρα - τριγώνου πρέπει να δίνουμε ιδιαίτερη προσοχή στην χρονική στιγμή της ζεύξης του διακόπτη από αστέρα σε τρίγωνο. Πρέπει ο κινητήρας να έχει αποκτήσει αρκετές στροφές για να αποφύγουμε τις λεγόμενες υπερεντάσεις πρόωρης ζεύξης του κινητήρα στο δίκτυο.

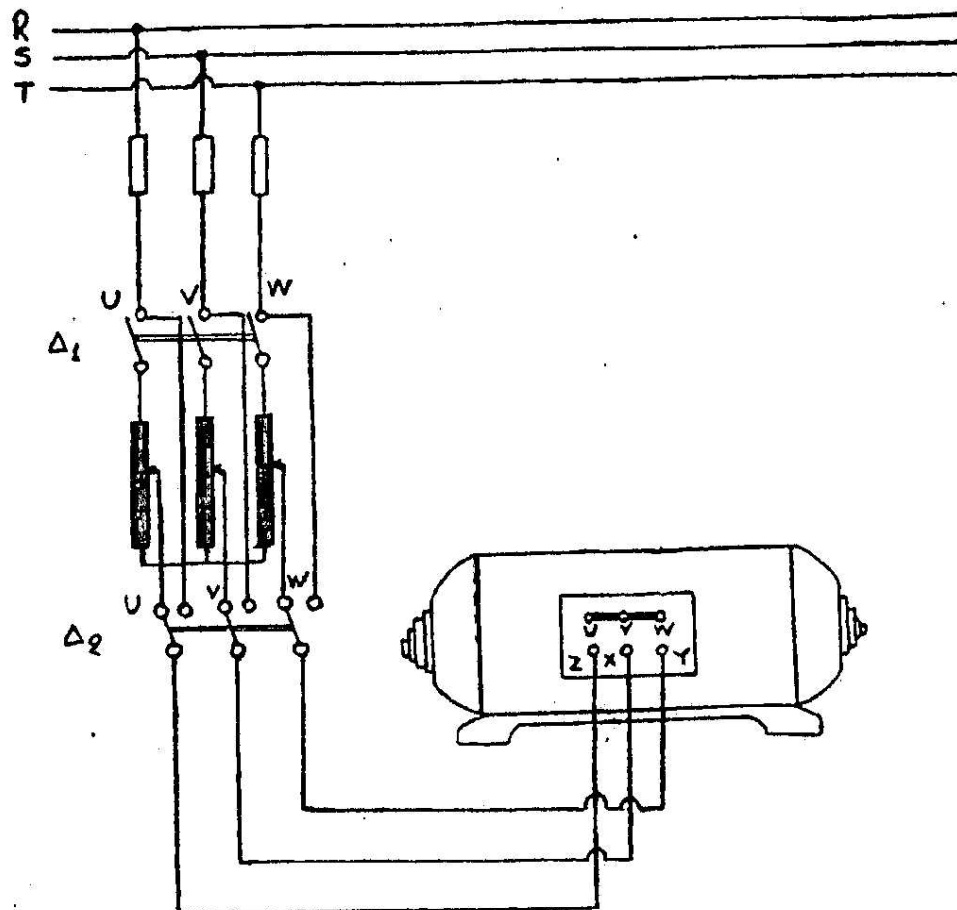


**Σχήμα 14.2β.**

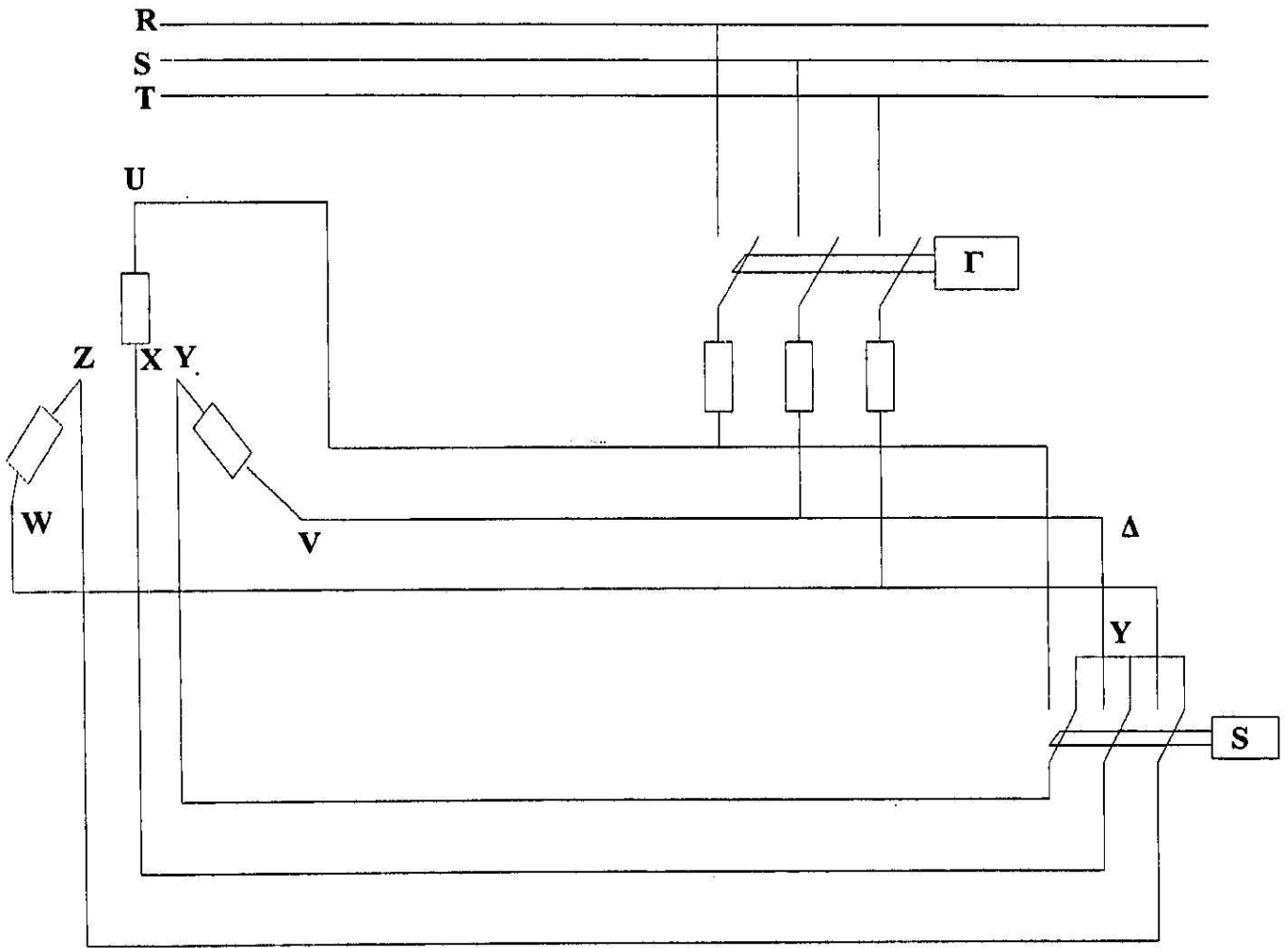
Εκκίνηση με αντιστάσεις στο στάτη για λειτουργία σε τρίγωνο.

Η συνδεσμολογία του σχήματος 14.4 αποτελεί το κύκλωμα ισχύος, όπως λέγεται, του διακόπτη αστέρα - τριγώνου. Εάν τώρα θέλουμε όλες οι προηγούμενες ενέργειες που επιτυγχάνουμε με την βοήθεια του κυκλώματος του διακόπτη αστέρα - τριγώνου να γίνονται αυτόματα, πρέπει να κάνουμε και την συνδεσμολογία του κυκλώματος αυτοματισμού του διακόπτη αστέρα - τριγώνου. Το κύκλωμα αυτοματισμού περιλαμβάνει χρονικό με το οποίο κανονίζουμε τον χρόνο αλλαγής λειτουργίας από αστέρα σε τρίγωνο, του ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα. Επίσης μπορεί να περιλαμβάνει start-stop, ανοικτές (ή αργίας) και κλειστές (η εργασίας)

επαφές αστέρα - τριγώνου, της διέγερσης του αστέρα και του τριγώνου, γενικό διακόπτη, διέγερση γενικού διακόπτη και θερμικό. Οι ανοικτές επαφές συμβολίζονται με τους αριθμούς 11-12, 21-22, 31-32, οι κλειστές επαφές με 13-14, 23-24, 33-34 αλλά και οι διεγέρσεις με το σχήμα 

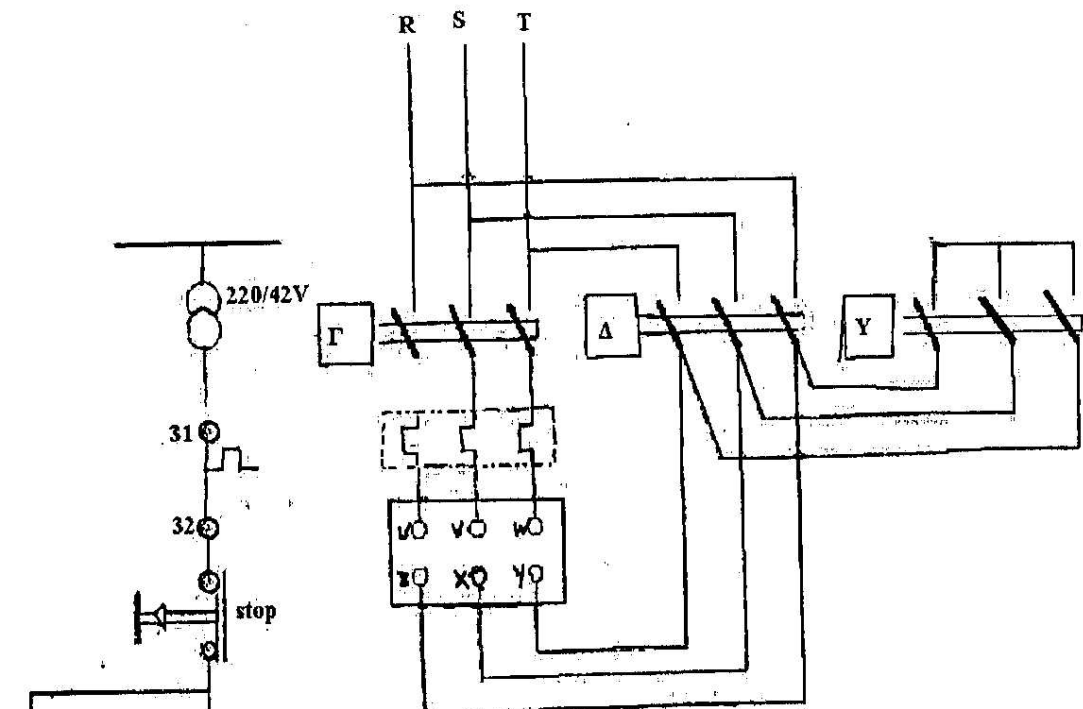


**Σχήμα 14.3.**  
Εκκίνηση με αυτομετασχηματιστή.

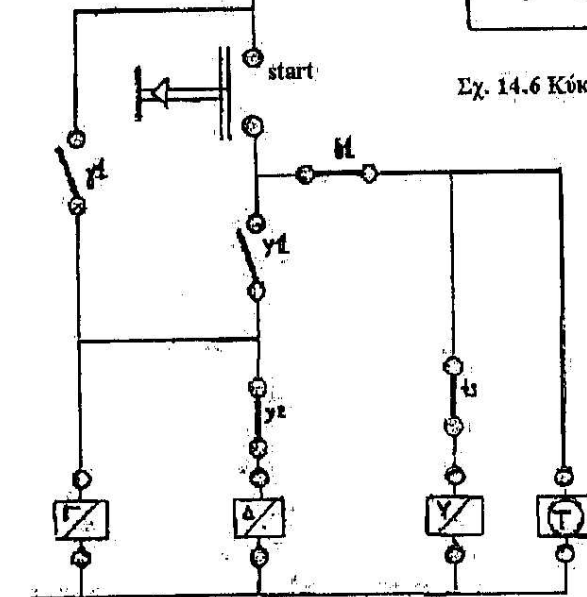


**Σχήμα 14.4**  
 Εκκίνηση με διακόπτη αστέρα τριγώνου

### 3. ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ



Εχ. 14.6 Κόκλωμα ισχύος Y/Δ διακόπτη



Εχ. 14.5 Κόκλωμα αυτοματισμού Y/Δ διακόπτη

#### **4. ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ - ΧΕΙΡΙΣΜΟΙ**

Αφού μελετήσετε το θεωρητικό μέρος της άσκησης πρέπει :

1. Να αναγνωρίσετε τα κατάλληλα όργανα και μηχανήματα.
2. Να τοποθετήσετε σε κατάλληλη θέση πάνω στον πάγκο τα όργανα ώστε να διευκολύνονται οι συνδέσεις και να γίνεται άνετα η ανάγνωση των ενδείξεων των οργάνων.
3. Να πραγματοποιήσετε την συνδεσμολογία του κυκλώματος όπως στο σχέδιο του τμήματος 4, χωρίς να εφαρμόσετε τάση.
4. Να ελέγξετε την συνδεσμολογία παρουσία του εκπαιδευτικού προσωπικού.
5. Ξεκινήστε τώρα τον κινητήρα πατώντας το START, αφού πρώτα ρυθμίσετε το χρονικό.

#### **ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ**

1. Σχόλια - Συμπεράσματα.
- 2- Δώστε λεπτομερή περιγραφή λειτουργίας του κυκλώματος ισχύος και του κυκλώματος αυτοματισμού διακόπτη αστήρα τριγώνου για την εκκίνηση ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα.
3. Να αποδείξετε ότι ο τριφασικός ασύγχρονος κινητήρας βραχυκυκλωμένου δρομέα σε σύνδεση τριγώνου απορροφά ένταση τρεις φορές μεγαλύτερη από ότι απορροφά σε σύνδεση αστήρα.

## ΑΣΚΗΣΗ 15η

### **Εγκατάσταση και σύνδεση κινητήρα.**

#### **1.ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ**

Σκοπός της άσκησης είναι η απόκτηση ικανότητας:

- 1.Στον τρόπο εγκατάστασης κινητήρα.
- 2.Στα απαιτούμενα μέτρα για την προστασία του.
- 3.Στους τρόπους σύνδεσης του.

#### **2.ΘΕΩΡΙΑ**

Κινητήρες εναλλασσομένου ρεύματος υπάρχουν δύο ειδών: μονοφασικοί, και τριφασικοί κινητήρες.

α) Οι μονοφασικοί κινητήρες είναι μικρής ισχύος και για την τροφοδότηση τους χρησιμοποιούμε φάση και ουδέτερο αδιαφορώντας σε ποιόν ακροδέκτη της μονάδας τροφοδοσίας θα συνδέσουμε το καθένα από αυτά.

Για την τροφοδότηση μονοφασικού κινητήρα δεν είναι απαραίτητο να χρησιμοποιήσουμε γραμμή κινήσεως αλλά μπορούμε και φωτισμού.

β) Οι τριφασικοί κινητήρες είναι μικρής αλλά και μεγάλης ισχύος. Πρέπει να έχουμε πίνακα κίνησης και για την λειτουργία τους χρησιμοποιούμε και τις τρεις φάσεις όχι όμως τον ουδέτερο.

Η γραμμή τροφοδότησης των μονοφασικών και των τριφασικών κινητήρων πρέπει να είναι χαλύβδινη ή ανθυγρή.

Απαραίτητα πρέπει να γειώνουμε και τις δύο κατηγορίες κινητήρων και προκειμένου για χαλύβδινη γραμμή τροφοδότησης να γειώνεται και αυτή. Στην πινακίδα κάθε κινητήρα αναγράφονται από τον κατασκευαστή τα στοιχεία του κινητήρα, δηλαδή η ισχύς σε KWatt και ίππους, ο αριθμός στροφών, το συνφ, οι τάσεις λειτουργίας (220/380 ή 380/660 ή 380)και ανάλογα με την εφαρμοζόμενη τάση εκλέγεται και ο κατάλληλος τρόπος σύνδεσης (Υ ή Δ).

Την προστασία των κινητήρων την πετυχαίνουμε με τους αυτόματους διακόπτες και με τους ασφαλειοδιακόπτες. Οι αυτόματοι προστατεύουν τον κινητήρα από έλλειψη τάσης και από υπερτάσεις, οι δε ασφάλειες του ασφαλειοδιακόπτη προστατεύουν την γραμμή του κινητήρα και τον ίδιο από βραχυκυκλώματα. Οι αυτόματοι αποτελούνται από τα ρελαί (που προστατεύουν τον κινητήρα από έλλειψη τάσης) και τα θερμικά στοιχεία που τον προστατεύουν από υπερεντάσεις. Γι' αυτό, πρέπει να προσέξουμε ιδιαίτερα την ρύθμιση του θερμικού.

Κανονικά θα πρέπει να το ρυθμίσουμε στο ονομαστικό ρεύμα που αναφέρει η πινακίδα του κινητήρα. Αν το ρυθμίσουμε σε μεγαλύτερη τιμή από το ονομαστικό ρεύμα, τότε δεν θα προστατεύει τον κινητήρα.

Όταν ο τριφασικός κινητήρας εκκινεί απ' ευθείας τότε τα θερμικά στοιχεία είναι σε σειρά με την γραμμή τροφοδότησης και το θερμικό ρυθμίζεται στο Ικαν.



Πίνακας 15.1

**ΕΓΕΘΗ ΑΣΦΑΛΕΙΩΝ & ΑΓΩΓΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ  
 ΝΗΤΗΡΩΝ ΣΕ ΤΡΙΦΑΣΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ 380V, 50 Hz**

Κινητήρας			Απ' ευθείας εκκίνηση		Εκκίν. Μέσω διακ. Αστέρα τριγώνου	
Ισχύ (KW)	Ισχύ (PS)	Ονομαστικό ρεύμα (A)	Ασφάλ. Βραδείας τήξης (A)	Διατομή αγωγού (mm <sup>2</sup> )	Ασφάλ. Βραδείας τήξης (A)	Διατομή αγωγού (mm <sup>2</sup> )
0,135	0,18	0,5	2	2,5	2	2,5
0,22	0,3	0,72	2	2,5	2	2,5
0,4	0,54	1,1	2	2,5	2	2,5
0,55	0,75	1,5	4	2,5	2	2,5
0,8	1	2	4	2,5	4	2,5
1	1,36	2,01	4	2,5	4	2,5
1,5	2,01	3,5	6	2,5	4	2,5
2,2	3	5	10	2,5	6	2,5
3	4,1	6,7	10	2,5	10	2,5
4	5,4	8,8	15	2,5	10	2,5
5,5	7,5	10,8	20	2,5	15	2,5
7,5	10,2	15,6	25	4	20	2,5
10	13,6	20	35	6	25	4
11	15	24	35	6	25	4
12	16,3	25	35	6	25	4
14	19	30	50	10	35	6
15	20,4	32	50	10	35	6
19	25,6	39	60	16	50	10
22	30	45	60	16	50	10
28	38	55	80	25	60	16
32	44	64	100	35	80	25
38	52	74	100	35	80	25
43	58	83	125	50	100	35
50	68	96	125	50	100	35
57	78	110	160	70	125	50
62	84	120	160	70	125	50
70	95	130	160	70	160	70
80	102	150	200	95	160	70
100	136	190	225	120	200	95
110	150	205	250-400	120	250	95
132	180	245	315	120	250	120
160	220	290	400	150	315	150
200	270	360	500	185 ή 2X70	400	185 ή 2X70

Όταν όμως έχουμε εκκίνηση με αυτόματο διακόπτη αστέρα - τριγώνου η ρύθμιση του θερμικού γίνεται στο  $I_{ον} / \sqrt{3} = 0.58 I_{ον}$ .

Επίσης ανάλογα με τα είδος εκκίνησης του κινητήρα κάνουμε την εκλογή των ασφαλειών και της διατομής των αγωγών, (πίνακας 15.1).

Σύμφωνα με τους κανονισμούς της ΔΕΗ για ύψος κάτω από 2 μέτρα οι αγωγοί που καταλήγουν σε κινητήρες πρέπει να προφυλάσσονται μέσα σε χαλυβδοσωλήνες. Για αγωγούς ΝΥΑ η εκλογή του χαλυβδοσωλήνα γίνεται με βάση τον πίνακα 15.2. Για καλώδια ΝΥΜ που έχουν εξωτερική διάμετρο  $d_k$  η εσωτερική διάμετρος του χαλυβδοσωλήνα βρίσκεται από τον τύπο  $DXE = 1.5 d_k$  (DXE είναι η εσωτερική διάμετρος του χαλυβδοσωλήνα).

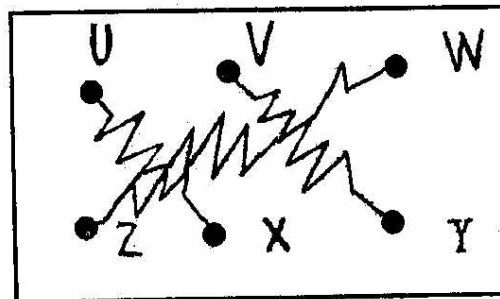
Τέλος πρέπει πριν συνδέσουμε τον κινητήρα στο δίκτυο να συμβουλευτούμε την πινακίδα του όπου δίνεται η τάση που μπορούν να δεχτούν τα τυλίγματα του. Οι τριφασικοί κινητήρες κατασκευάζονται για δύο διαφορετικές τάσεις λειτουργίας, και ανάλογα με τα αναγραφόμενα στοιχεία του κινητήρα θα εξαρτηθεί και ο τρόπος σύνδεσης και λειτουργίας του.

#### Σωλήνες ηλεκτρικών γραμμών ΝΥΑ

Πίνακας 15.2

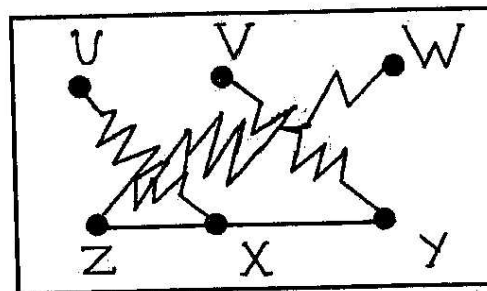
Διατομή mm <sup>2</sup>	Εσωτερική διάμετρος σωλήνων mm ορατοί σωλήνες	Χωνευτοί σωλήνες
1 X 1	9	11
1 X 1,5	9	11
1 X 2,5	9	11
1 X 4	9	11
1 X 6	11	11
1 X 10	11	11
1 X 16	13,5	13,5
2 X 1	9	11
2 X 1,5	11	13,5
2 X 2,5	13,5	16
2X4	13,5	16
2X6	16	16
2 X 10	23	23
2 X 16	23	23
3 X 1	11	11
3 X 1,5	13,5	16
3 X 2,5	13,5	16
3X4	16	23
3X6	16	23
3 X 10	23	23
1 X 16	29	29
4 X 1	13,5	13,5
4 X 1,5	13,5	16
4 X 2,5	16	16
4X4	16	23
4X6	23	23
4 X 10	29	29
4 X 16	29	29

Τα άκρα των τυλιγμάτων τα οποία καταλήγουν στην πινακίδα έχουν την διάταξη του σχήματος 15.3. ανάλογα με την μεταξύ τους σύνδεση (των τυλιγμάτων) θα έχουμε την σύνδεση αστέρα (σχήμα 15.4) και την σύνδεση τριγώνου (σχήμα 15.5).



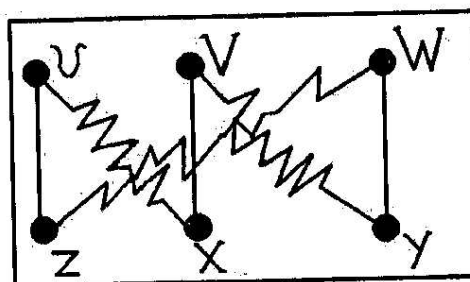
Σχήμα 15.3

Στην σύνδεση αστέρα, η τροφοδότηση γίνεται στους ακροδέκτες U,V,W, ενώ τους ακροδέκτες X,Y,Z τους γεφυρώνουμε με ένα μεταλλικό έλασμα (σχήμα 15.4).



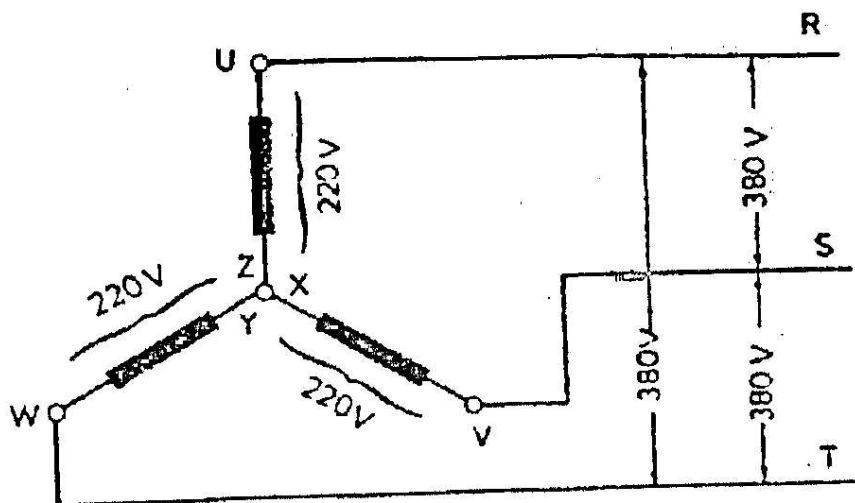
Σχήμα 15.4

Στην σύνδεση τριγώνου η τροφοδότηση γίνεται και πάλι στους ακροδέκτες U,V,W, όμως τώρα γεφυρώνουμε καθέτως και ανά δύο τους ακροδέκτες με τρία μεταλλικά ελάσματα, ως εξής: UZ, VX, WY (σχήμα 15.5).



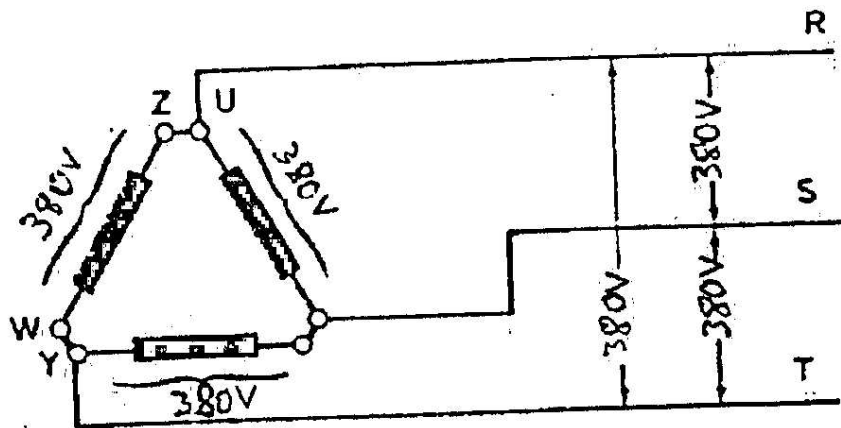
Σχήμα 15.5

Όταν η ένδειξη της πινακίδας είναι  $\Delta 220\text{V}/\text{Y}380\text{V}$  τότε πρέπει να συνδέσουμε τον κινητήρα σε κανονική λειτουργία κατά αστέρα μόνον (σχήμα 15.6).



Σχήμα 15.6

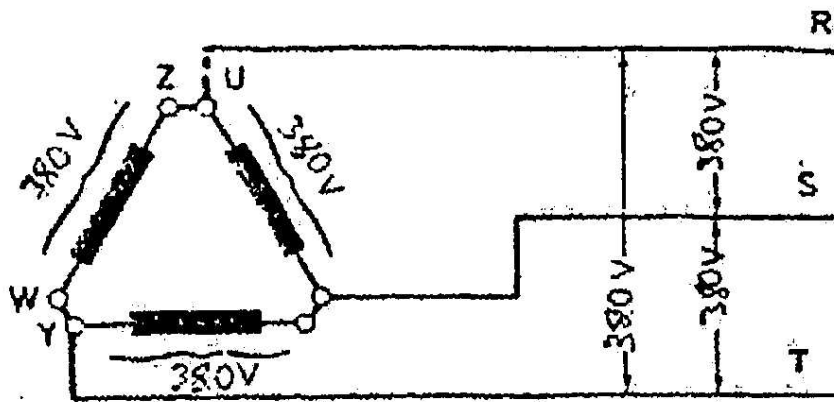
Όταν η ένδειξη της πινακίδας είναι  $\Delta 380\text{V}$  τότε μπορούμε να συνδέσουμε τον κινητήρα μόνο κατά τρίγωνο για μικρή ισχύ (σχήμα 15.7). Όταν η ισχύς είναι πάνω από 3KW σύμφωνα με τους κανονισμούς της ΔΕΗ μπορούμε να κάνουμε σύνδεση Y/Δ. Στην δεύτερη περίπτωση κατά την εκκίνηση τα τυλίγματα θα έχουν σύνδεση αστέρα και στην κανονική λειτουργία σύνδεση τριγώνου.



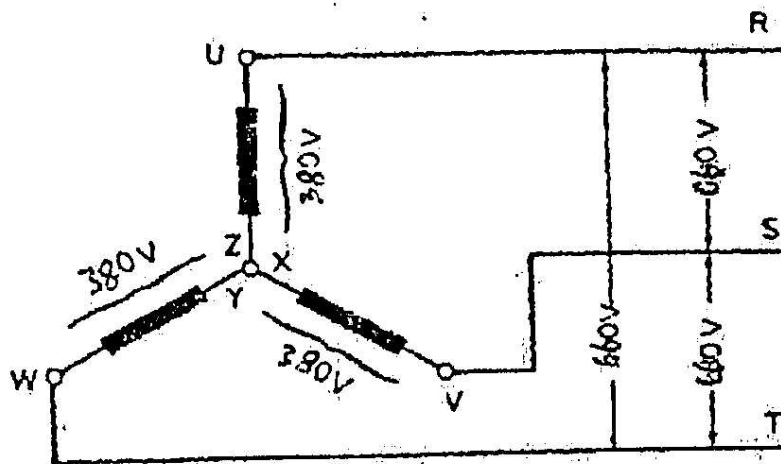
Σχήμα 15.7

Όταν η ένδειξη της πινακίδας είναι  $\Delta 380\text{V}/\text{Y}660\text{V}$ , τότε για μικρή ισχύ μπορούμε να συνδέσουμε τον κινητήρα μόνο κατά τρίγωνο (σχήμα 15.8), ενώ για πάνω από 3KW πρέπει να χρησιμοποιούμε διακόπτη αστέρα τριγώνου (σχήμα 15.9).

Όλα τα παραπάνω βέβαια ισχύουν για τάση δικτύου φασική 220V και πολική 380V.



Σχήμα 15.8



Σχήμα 15.9

### 3. ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ – ΧΕΙΡΙΣΜΟΙ

Αφού μελετήσετε το θεωρητικό μέρος της άσκησης πρέπει:

Να αναγνωρίσετε την εγκατάσταση, την προστασία και την σύνδεση που έχει γίνει για κάθε κινητήρα του εργαστηρίου.

#### ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Σχόλια – Συμπεράσματα.

2. Γιατί στην εκκίνηση τριφασικού κινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα με αυτόματο διακόπτη αστέρα – τριγώνου την ρύθμιση του θερμικού την κάνουμε στο

$$I_{0n}/\sqrt{3}=0.58I_{0n}$$

3. Γιατί όταν ένδειξη της πινακίδας τριφασικού κινητήρα είναι Δ220/380Volts πρέπει να τον συνδέσουμε σε κανονική λειτουργία κατά αστέρα μόνο;

## ΑΣΚΗΣΗ 16η

**Τριφασικός ασύγχρονος κινητήρας δακτυλιοφόρου δρομέα.  
Μέτρηση απωλειών και βαθμού απόδοσης.**

### 1. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

Σκοπός της άσκησης είναι η απόκτηση ικανότητας:

- 1.Στον τρόπο σύνδεσης τριφασικού ασύγχρονου κινητήρα δακτυλιοφόρου δρομέα.
- 2.Στους απαιτούμενους χειρισμούς για την εκκίνηση του.
- 3.Στην γραφική μέθοδο που ακολουθούμε για την εύρεση των απωλειών του κινητήρα αυτού όταν λειτουργεί χωρίς φορτίο.
- 4.Στην εύρεση του βαθμού απόδοσης του.

### 2. ΘΕΩΡΙΑ

Γενικά μπορεί να πει κανείς ότι σε ένα ασύγχρονο κινητήρα η ισχύς  $P_1$  που απορροφά από το δίκτυο ελαττωμένη κατά τις ηλεκτρικές απώλειες στο τύλιγμα του στάτη μεταφέρεται μέσω των ηλεκτρομαγνητικών δυνάμεων στον δρομέα. Ο δρομέας με την σειρά του χρησιμοποιεί την ισχύ αυτή για να κινήσει το φορτίο που έχει στον άξονα του και να αντιμετωπίσει τις ηλεκτρικές απώλειες στο τύλιγμα του.

Όταν όμως ο κινητήρας λειτουργεί χωρίς φορτίο τότε η απορροφούμενη ισχύς  $P_0$  χρησιμοποιείται αποκλειστικά για να καλύψει τις απώλειές του.

Οι απώλειες αυτές είναι:

- α) Απώλειες τριβών  $P_r$  και απώλειες σιδήρου  $P_{fe}$  ( $P_{o1}=P_r+P_{fe}$ )
- β) Απώλειες ηλεκτρικές στο τύλιγμα του στάτη  $P_{o2\eta\lambda\sigma\tau}$  και
- γ) Απώλειες ηλεκτρικές στο τύλιγμα του δρομέα  $P_{o3\eta\lambda\delta\rho}$ .

Επομένως η ισχύς θα είναι:

$$P_0 = P_{o1} + P_{o2\eta\lambda\sigma\tau} + P_{o3\eta\lambda\delta\rho}$$

Οι ηλεκτρικές απώλειες στον στάτη όμως δίνονται από την σχέση:  
 $P_{o2\eta\lambda\sigma\tau} = 3 I^2_{\sigma\gamma} R_{κλ}$

όπου  $I_{\sigma\gamma}$  = ρεύμα γραμμής και

$R_{κλ}$  = ωμική αντίσταση του τυλίγματος μεταξύ δύο ακροδεκτών για οποιαδήποτε συνδεσμολογία (τρίγωνο ή αστέρα) των τριών φάσεων του στάτη.

Οι ηλεκτρικές απώλειες στον δρομέα αποδεικνύεται ότι είναι:

$$P_{o3\eta\lambda\delta\rho} = S (P_1 - P_{o2\eta\lambda\sigma\tau}) = S (P_1 - 3 I^2_{\sigma\gamma} R_{κλ})$$

(όπου  $P_1$  είναι η ισχύς που απορροφά από το δίκτυο όταν λειτουργεί με φορτίο και  $S = (n_s - n)/n_s$ )

αλλά εδώ είναι αμελητέες,

αρά οι απώλειες τριβών  $P_r$  και οι απώλειες σιδήρου  $P_{fe}$ , δηλαδή οι σταθερές όπως λέγονται απώλειες ( $P_{o1}$ ) ή απώλειες ανεξάρτητες του φορτίου θα δίνονται από την σχέση:

$$P_{o1} = P_r + P_{fe} = P_0 - P_{o2\eta\lambda\sigma\tau} = P_0 - 3 I^2_{\sigma\gamma} R_{κλ}$$

Επομένως οι σταθερές απώλειες ενός ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα δακτυλιοφόρου δρομέα μπορούν να προσδιορισθούν με πείραμα λειτουργίας

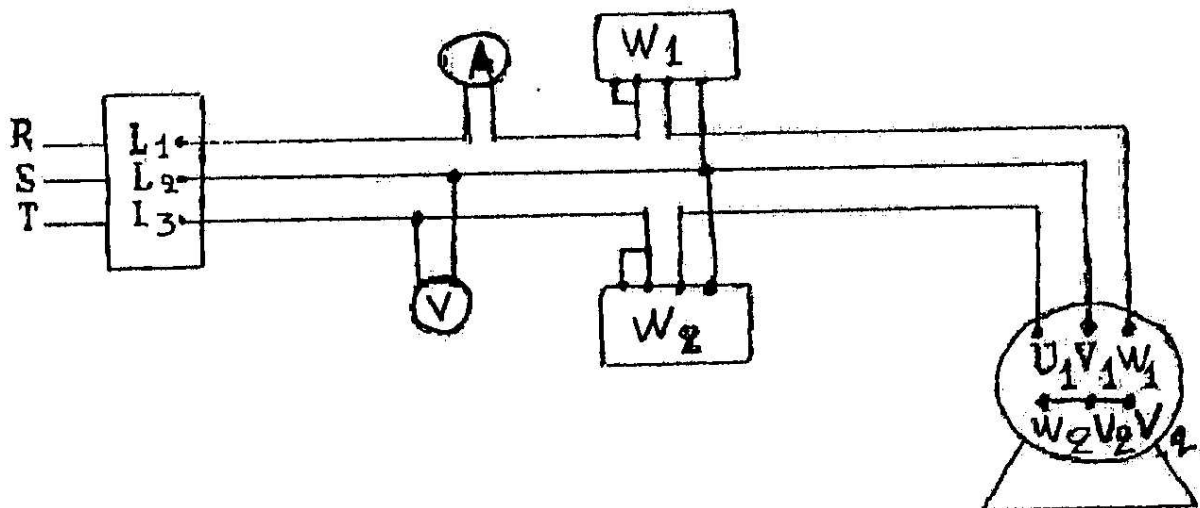
του χωρίς φορτίο και με μέτρησή της απορροφούμενης ισχύος  $P_0$  με βαττόμετρο και της έντασης γραμμής  $I_{0g}$  με αμπερόμετρο.

Μετά τον προσδιορισμό των απωλειών του ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα δακτυλιοφόρου δρομέα ο βαθμός απόδοσης του μπορεί να υπολογισθεί από την σχέση:

$$n = P/P_1 = (P_1 - P_0)/P_1 = (P_1 - (P_{01} + P_{02\eta\lambda\sigma\tau} + P_{03\eta\lambda\delta\rho}))/P_1 = (P_1 - (P_r + P_{fe} + P_{02\eta\lambda\sigma\tau} + P_{03\eta\lambda\delta\rho}))/P_1$$

όπου  $P$  είναι η μηχανική ισχύς που αποδίδει ο κινητήρας στον άξονα του.

### 3. ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗ



### 4. ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ - ΧΕΙΡΙΣΜΟΙ

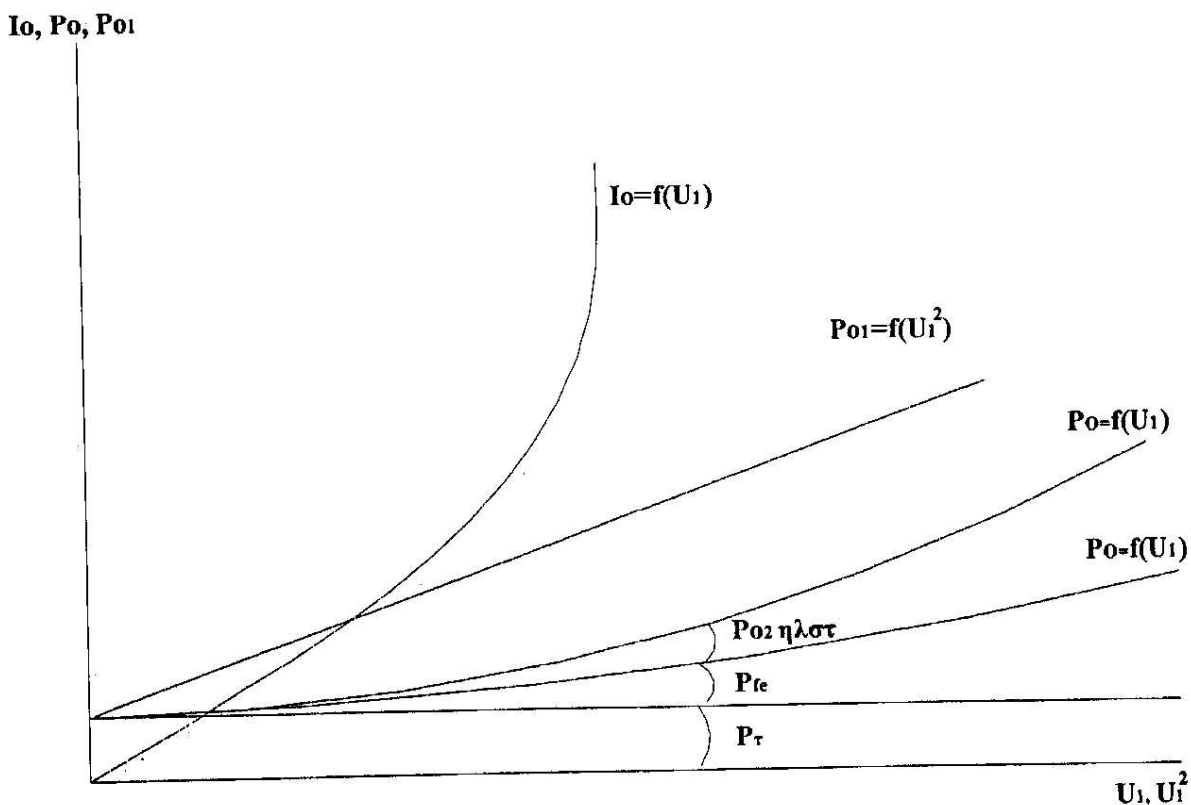
Αφού μελετήσετε το θεωρητικό μέρος της άσκησης πρέπει:

1. Να αναγνωρίσετε τα κατάλληλα όργανα και μηχανήματα.
2. Να τοποθετήσετε σε κατάλληλη θέση πάνω στον πάγκο τα όργανα ώστε να διευκολύνονται οι συνδέσεις και να γίνεται άνετα η αναγνώριση των ενδείξεων των οργάνων.
3. Πριν ξεκινήσετε οποιαδήποτε άλλη διαδικασία πρέπει να μετρήσετε με την βοήθεια της γέφυρας την ωμική αντίσταση του κινητήρα για να χρησιμοποιηθεί στην συνέχεια για τον καθορισμό των ηλεκτρικών απωλειών του στάτη.
4. Να πραγματοποιήσετε την συνδεσμολογία του κυκλώματος όπως στο σχέδιο του τμήματος 3, χωρίς να εφαρμόσετε τάση.
5. Να ελέγξετε την συνδεσμολογία παρουσία του εκπαιδευτικού προσωπικού.
6. Ξεκινήστε τώρα τον ασύγχρονο τριφασικό κινητήρα δακτυλιοφόρου δρομέα ρυθμίζοντας την τάση μέχρι το 1.2  $U_n$  του.

7. Μειώνοντας τώρα σταδιακά την τάση τροφοδοσίας του κινητήρα μέχρι το 0,2 ή 0,3 της  $U_N$ , καταγράψτε στον 1<sup>ο</sup> πίνακα τις ενδείξεις του αμπερομέτρου, του βολτομέτρου και των δύο βαττομέτρων.
8. Σταματείστε την τροφοδοσία του ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα δακτυλιοφόρου δρομέα.
9. Αποσυναρμολογήστε το κύκλωμα και επιστρέψτε τα όργανα και τα υλικά.
10. Υπολογίστε από τα μετρηθέντα μεγέθη  $U_1$  και  $I$  στις τιμές  $U_1^2$  και  $I_0^2$ .
11. Υπολογίστε στη συνέχεια τις ηλεκτρικές απώλειες του στάτη  $P_{02\eta\lambda\sigma\tau}$  και τις σταθερές απώλειες  $P_{01}$  και καταγράψτε όλα τα υπολογισθέντα μεγέθη στον 2<sup>ο</sup> πίνακα.
12. Τέλος χαράξτε τις χαρακτηριστικές :  $I_0=f(U_1)$ ,  $P_0=f(U_1)$ ,  $P_{01}=f(U_1)$  και  $P_{01}=f(U_1^2)$ .

Αφού οι απώλειες  $P_{01}$  είναι ανάλογες του τετραγώνου της τάσης  $U_1$  τότε η συνάρτηση  $P_{01}=f(U_1^2)$  είναι μια ευθεία.

Εάν προεκτείνουμε την ευθεία  $P_{01}=f(U_1^2)$  προς τα κάτω, αυτή τέμνει τον άξονα των τεταγμένων σε ένα σημείο που καθορίζει τις απώλειες τριβών που είναι ανεξάρτητες της τάσης.



Σχήμα 16.1



## ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Σχόλια – Συμπεράσματα.

2. Αποδείξτε ότι σε ένα ασύγχρονο τριφασικό κινητήρα δακτυλιοφόρου δρομέα οι ηλεκτρικές απώλειες στον δρομέα δίνονται από τη σχέση:

$$P_{03\eta\lambda\delta\rho} = S(P_1 - P_{02\eta\lambda\sigma\tau}).$$

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

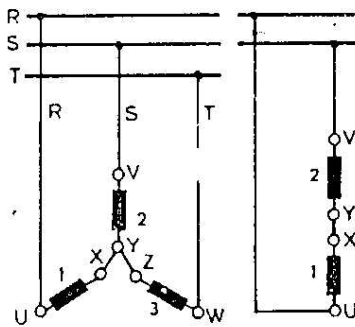
- Δ. Ψωμιάδη, καθηγητή εφαρμογών ΤΕΙ Καβάλας  
"Εργαστήριο Ηλεκτρικών Μηχανών"
- Σπ.Ν. Βασιλακόπουλου, μηχανολόγου - ηλεκτρολόγου ΕΜΠ.  
"Ηλεκτρικές Μηχανές"
- Γ. Κράνα - Ε. Δασκαλόπουλου, "Βιομηχανικοί Αυτοματισμοί."
- Κ. Φωτιάδη, καθηγητή ΤΕΙ Θεσσαλονίκης  
"Ηλεκτρικές Μηχανές Ι"
- Α.Ι. Τσακίρη, μηχανολόγου - ηλεκτρολόγου ΕΜΠ.  
"Ασύγχρονοι Μηχαναί"
- Α.Ν. Σαφάκα, καθηγητή Πολυτεχνικής σχολής Πανεπιστημίου Πατρών  
"Ηλεκτρικές Μηχανές Γ"
- Γ .Βουδούρη, "Ηλεκτροτεχνία"

## ΑΣΚΗΣΗ 17

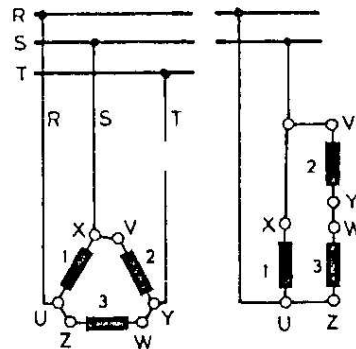
### ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΙ ΜΟΝΟΦΑΣΙΚΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΤΡΟΠΟΙ ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ - ΑΛΛΑΓΗ ΦΟΡΑΣ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ

#### Γενικά

Αν σε ένα ασύγχρονο τριφασικό κινητήρα, ο οποίος εργάζεται με μικρό φορτίο ή χωρίς φορτίο, διακοπεί ένας από τους τρεις τροφοδοτικούς αγωγούς, παρατηρούμε ότι ο κινητήρας εξακολουθεί να περιστρέφεται. Αν όμως σταματήσουμε τον κινητήρα και θελήσουμε πάλι να τον θέσουμε σε κίνηση, παρατηρούμε ότι δεν είναι δυνατό πια να ξεκινήσει μόνος του. Ο κινητήρας ξεκινά πάλι, αν με το χέρι ή με άλλο μέσο του δώσουμε περιστροφική ώθηση προς τη μία ή την άλλη κατεύθυνση. Παρατηρούμε επίσης, ότι τώρα ο κινητήρας στη λειτουργία του δεν μπορεί να αποδώσει όλη την ονομαστική του ισχύ, ούτε την αντίστοιχη ροπή.



Σχ. 17.1



Σχ. 17.2

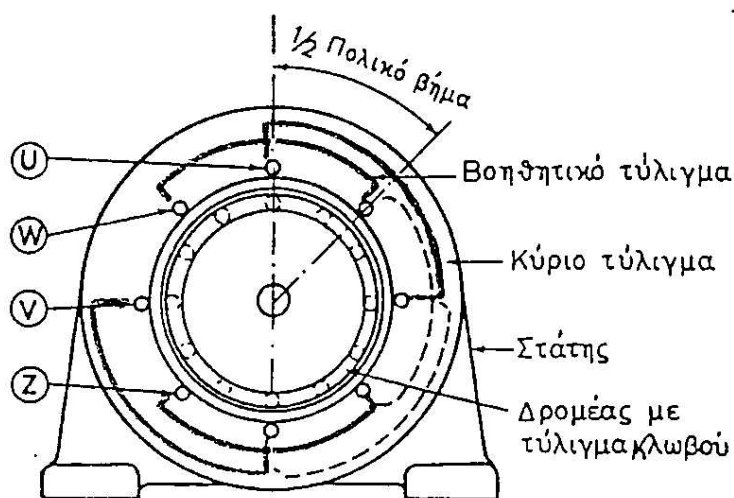
Στο σχήμα 17.1 το οποίο παριστάνει τις τρεις φάσεις του στάτη συνδεσμολογημένες σε αστέρα, έχει διακοπεί ο τροφοδοτικός αγωγός T. Άρα η φάση 3 είναι εκτός κυκλώματος. Οι άλλες δύο είναι τώρα σε σειρά, σαν μονοφασικό τύλιγμα .

Στο σχήμα 17.2 όπου οι τρεις φάσεις του στάτη είναι συνδεσμολογημένες σε τρίγωνο, μετά τη διακοπή του αγωγού T η φάση 3 δεν είναι εκτός κυκλώματος. Εδώ οι φάσεις 2

και 3 είναι σε σειρά και η φάση 1 βρίσκεται συνδεδεμένη παράλληλα προς αυτές. Τα τυλίγματα των τριών φάσεων αποτελούν πάλι όλα μαζί ένα μονοφασικό τύλιγμα.

Άρα λοιπόν ο ασύγχρονος μονοφασικός κινητήρας δεν μπορεί να ξεκινήσει μόνος του. Αυτό οφείλεται στο ότι το μονοφασικό τύλιγμα, όταν τροφοδοτείται με μονοφασικό ρεύμα, δεν δημιουργεί μόνο του περιστρεφόμενο μαγνητικό πεδίο. Το μαγνητικό πεδίο, που δημιουργείται στην περίπτωση αυτή, είναι εναλλασσόμενο, δηλαδή πάλλεται με σταθερό προσανατολισμό. Όταν όμως με κάποιον άλλο τρόπο θέσουμε σε κίνηση τον μονοφασικό κινητήρα, τότε αυτός συνεχίζει να περιστρέφεται. Αυτό οφείλεται στο ότι δημιουργείται τώρα περιστρεφόμενο μαγνητικό πεδίο με την επίδραση και του ρεύματος που κυκλοφορεί μέσα στους αγωγούς του δρομέα ή ακριβέστερα με την επίδραση και του μαγνητικού πεδίου, που δημιουργεί το ρεύμα αυτό.

Για να μπορούν λοιπόν οι μονοφασικοί κινητήρες να ξεκινούν μόνοι τους, πρέπει με κάποιο τρόπο να δημιουργήσουμε κατά τη διάρκεια της εκκίνησης περιστρεφόμενο μαγνητικό πεδίο.



σχ. 17.3

Μονοφασικός κινητήρας με βοηθητικό τύλιγμα.

Αυτό γίνεται με τη βοήθεια ενός δευτέρου τυλίγματος, το οποίο τοποθετείται στο στάτη του κινητήρα και ονομάζεται **βοηθητικό τύλιγμα ή βοηθητική φάση** για να το διακρίνουμε από το **κύριο τύλιγμα** του κινητήρα. Το βοηθητικό αυτό τύλιγμα είναι μετατοπισμένο κατά 90 ηλεκτρικές μοίρες (1/2 πολικό βήμα) ως προς το κύριο τύλιγμα και όπως φαίνεται παραστατικά στο σχήμα 17.3. Τα δύο τυλίγματα συνδέονται μεταξύ τους παράλληλα και τροφοδοτούνται από το ίδιο μονοφασικό δίκτυο.

Για τη δημιουργία περιστρεφόμενου μαγνητικού πεδίου στην εκκίνηση δεν αρκεί το βοηθητικό τύλιγμα να είναι μετατοπισμένο, σχετικά με το κύριο τύλιγμα, αλλά πρέπει και το ρεύμα που το διαρρέει να έχει **φασική απόκλιση**, ως προς το ρεύμα που διαρρέει το κύριο τύλιγμα. Αυτό το πετυχαίνουμε κυρίως με δύο τρόπους και αντίστοιχα έχουμε τους **μονοφασικούς κινητήρες με αντίσταση και τους μονοφασικούς κινητήρες με πυκνωτή**.

### Παρατηρήσεις

1. Ο κύριος και βοηθητικός κλάδος των τυλιγμάτων του στάτη του ΑΜΚ τροφοδοτούνται με ρεύμα από το μονοφασικό δίκτυο, οπότε δημιουργείται σ' αυτά στρεφόμενο ελλειπτικό μαγνητικό πεδίο ταχύτητας:

$$n_s = 60f/p$$

Το στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο δημιουργείται επειδή υπάρχει η φασική απόκλιση  $\theta$  μεταξύ των εντάσεων των ρευμάτων που διαρρέουν τον κύριο και τον βοηθητικό κλάδο των τυλιγμάτων του στάτη του ΑΜΚ βραχυκυκλωμένου δρομέα

2. Οι αγωγοί του τυλίγματος κλωβού του δρομέα – που αρχικά είναι ακίνητος – τέμνονται από τις μαγνητικές γραμμές του στρεφόμενου ελλειπτικού πεδίου, οπότε σ' αυτούς αναπτύσσεται ΗΕΔ που η φορά της προσδιορίζεται με τον κανόνα του δεξιού χεριού.

Οι αγωγοί αυτοί – όμως – διαρρέονται και από το επαγωγικό ρεύμα, γιατί το ηλεκτρικό κύκλωμα του δρομέα κλείνει μέσα από τα στεφάνια βραχυκύκλωσης.

3. Στους ρευματοφόρους – πλέον – αγωγούς του δρομέα που βρίσκονται μέσα στο στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο του στάτη αναπτύσσονται δυνάμεις **Laplace**. Οι αντιδιαμετρικές από τις δυνάμεις αυτές αποτελούν μεταξύ τους ζεύγη που δημιουργούν ροπή στρέψης και περιστρέφουν το δρομέα του κινητήρα. Η ταχύτητα περιστροφής που αναπτύσσει ο δρομέας του ΑΜΚ είναι η **ασύγχρονη  $n$**  και είναι μικρότερη από την ταχύτητα περιστροφής  **$n_s$**  του στρεφόμενου ελλειπτικού μαγνητικού πεδίου.

### Διολίσθηση ΑΜΚ

Στους ΑΜΚ βραχυκυκλωμένου δρομέα – όπως και στους ΑΤΚ – υπάρχουν δύο ταχύτητες περιστροφής :

$n_s$ του στρεφόμενου ελλειπτικού μαγνητικού πεδίου του στάτη
---

$n$ που αναπτύσσει ο δρομέας του κινητήρα
--

Ισχύει – δε- πως :  $n_s > n$

Η **διολίσθηση**: - είναι η απόκλιση μεταξύ των δύο παραπάνω ταχυτήτων  $n_s$  και  $n$   
- **δίνεται** από τη σχέση :

$$S = \frac{n_s - n}{n_s}$$

- είναι καθαρός αριθμός μικρότερος από τη μονάδα και

- χαρακτηρίζει την ποιότητα του ΑΜΚ

Αν η διολίσθηση σε έναν ΑΜΚ βραχυκυκλωμένου δρομέα είναι μεγαλύτερη από 5% τότε κατά τη λειτουργία του υπάρχει θόρυβος.

### Ροπή ασύγχρονου μονοφασικού κινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα

Η ροπή που αναπτύσσει ένας ΑΜΚ δίνεται από τη σχέση:

$$T = \frac{P}{\omega} = \frac{P}{2\pi \cdot n / 60} \quad \text{ή} \quad T = 9,554 \frac{P}{n} \quad [\text{N}\cdot\text{m}]$$

Όπου:  $P$  = ισχύς (w) που αποδίδει στον άξονα του ο μονοφασικός κινητήρας

$\omega$  = γωνιακή ταχύτητα (rad/sec)

$n$  = ασύγχρονη ταχύτητα περιστροφής (στρ/min)

Από την παραπάνω σχέση είναι προφανές πως η ροπή στρέψης εξαρτάται από:

- την ισχύ που αποδίδει στον άξονα του ο κινητήρας και
- την ταχύτητα περιστροφής ( $n$ ) για την οποία είναι:

$$n = 1 - S \quad \text{όπου} \quad S = \text{διολίσθηση}$$

Δηλαδή είναι ακόμη:

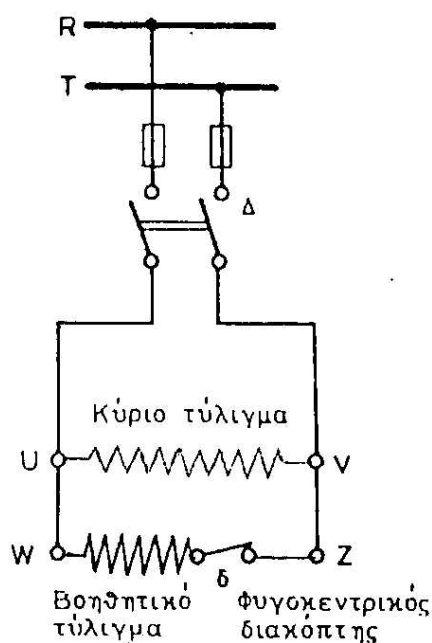
$$T = 9,554 \frac{P}{1 - S}$$

### 17.1 Μονοφασικοί κινητήρες με αντίσταση

Στους κινητήρες αυτούς που είναι βασικά μικροί κινητήρες βραχυκυκλωμένου δρομέα με απευθείας εκκίνηση, το βοηθητικό τύλιγμα έχει μεγάλη αντίσταση. Αποτελείται δηλαδή από πολλές σπείρες λεπτού σύρματος και είναι συνδεσμολογημένο όπως φαίνεται στο σχήμα 17.4.

Σε ορισμένους κινητήρες σε σειρά με το βοηθητικό τύλιγμα υπάρχει και μια ωμική αντίσταση.

Ο διακόπτης δ που συνδέεται σε σειρά με το βοηθητικό τύλιγμα είναι ένας φυγοκεντρικός διακόπτης στερεωμένος στον άξονα του δρομέα. Με τη βοήθεια του διακόπτη αυτού το βοηθητικό τύλιγμα τίθεται εκτός κυκλώματος μετά την εκκίνηση, όταν δηλαδή ο κινητήρας αποκτήσει περίπου τα 80 % της κανονικής ταχύτητας περιστροφής, οπότε εργάζεται πια μόνο με το κύριο τύλιγμα.

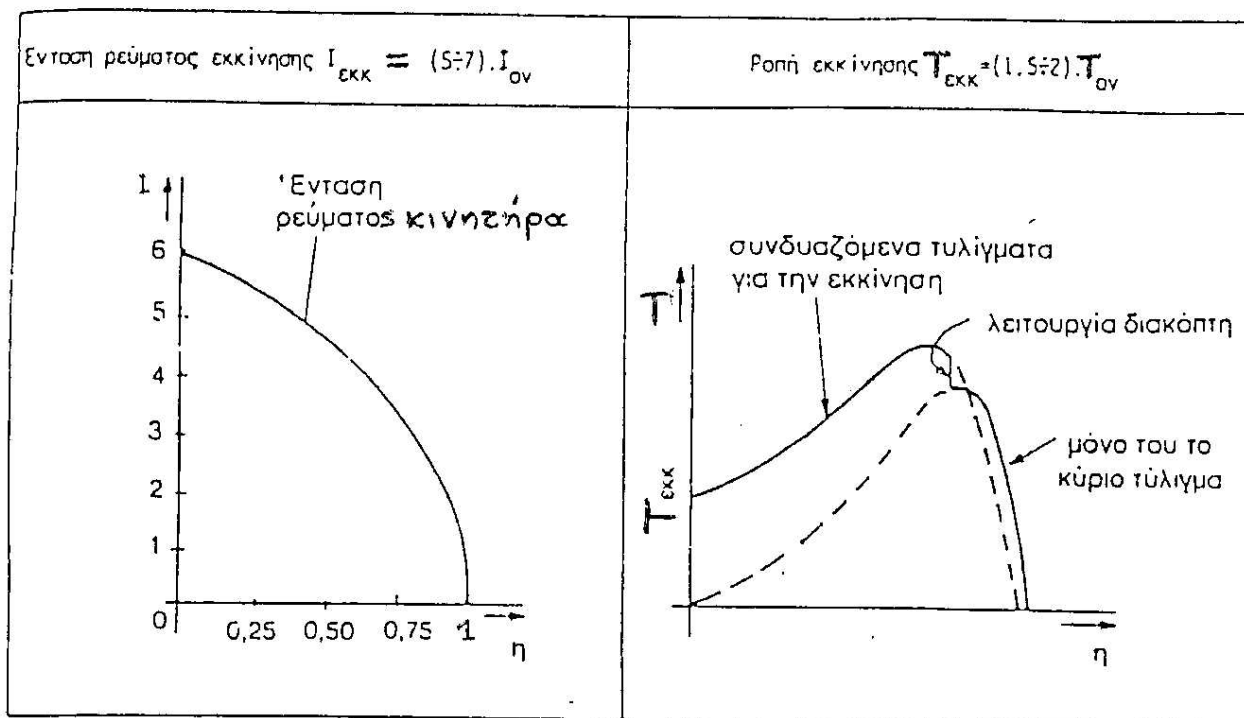


Σχ. 17.4

Για την αλλαγή της φοράς περιστροφής στο μονοφασικό κινητήρα με βοηθητικό τύλιγμα, πρέπει να αντιμεταθέσουμε τις συνδέσεις των δύο άκρων του βοηθητικού τυλίγματος με το κύριο τύλιγμα.

Οι μονοφασικοί κινητήρες αντιστάσεως έχουν μεγάλο πεδίο εφαρμογής ως κινητήρες μικρής ισχύος (μέχρι 1/2 HP) για την κίνηση ανεμιστήρων, μηχανών γραφείου, συσκευών μουσικής, εργαλείων στιλβώσεως και λειάνσεως κ.τ.λ.





## 17.2 Μονοφασικοί κινητήρες με πυκνωτή

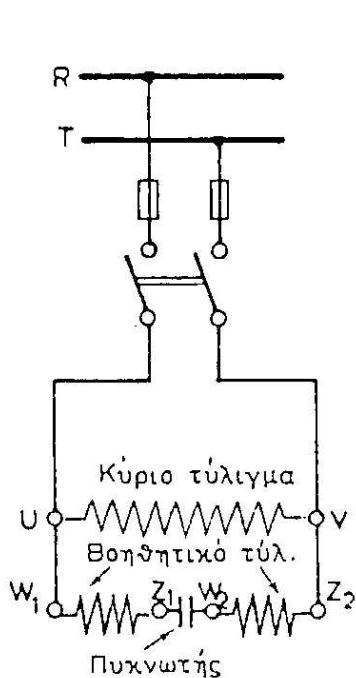
Είναι και αυτοί κινητήρες με βραχυκυκλωμένο δρομέα και έχουν σε σειρά με το βοηθητικό τύλιγμα συνδεδεμένο ένα πυκνωτή (σχ.17.5). Ο πυκνωτής αυτός συντελεί ώστε το ρεύμα μέσα στο βοηθητικό τύλιγμα να προηγείται της τάσεως (χωρητική φόρτιση), ενώ το ρεύμα στο κύριο τύλιγμα ακολουθεί την τάση (επαγωγική φόρτιση). Έτσι τα δύο ρεύματα παρουσιάζουν μεταξύ τους σημαντική φασική απόκλιση, ώστε να δημιουργείται περιστρεφόμενο μαγνητικό πεδίο. Οι μονοφασικοί κινητήρες με πυκνωτή χρησιμοποιούνται για μεγαλύτερες ισχείς (μέχρι 1,5 kW) από ό,τι οι κινητήρες αντιστάσεως.

Στους κινητήρες με πυκνωτή η ροπή εκκίνησης για ορισμένη τάση τροφοδοτήσεως, εξαρτάται από τη χωρητικότητα του πυκνωτή. Όταν αυξάνει η χωρητικότητα αυξάνεται

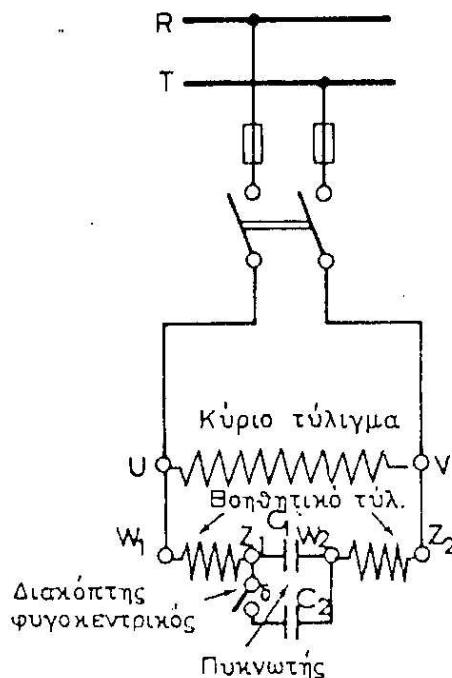
και η ροπή εκκίνησης. Όταν απαιτείται ροπή εκκίνησης 50% έως 70% της ονομαστικής ροπής, ο πυκνωτής και το βοηθητικό τύλιγμα μπορούν να παραμένουν συνδεδεμένα και στην κανονική λειτουργία του κινητήρα (σχ. 17.6). Στις περιπτώσεις αυτές ο συντελεστής ισχύος του κινητήρα είναι περίπου ίσος με 1.

Όταν απαιτείται μεγάλη ροπή εκκίνησης, π.χ. 2 ή 2 ½ φορές μεγαλύτερη από την ονομαστική ροπή, χρησιμοποιούνται δύο πυκνωτές (σχ. 17.6). Ο ένας είναι πυκνωτής λειτουργίας (C1), δηλαδή παραμένει στο κύκλωμα κατά τη λειτουργία του κινητήρα συνδεδεμένος σε σειρά με το βοηθητικό κύκλωμα για να βελτιώσει το συντελεστή ισχύος του κινητήρα. Ο άλλος είναι πυκνωτής εκκίνησης (C2), δηλαδή τίθεται εκτός κυκλώματος μετά την εκκίνηση από το φυγοκεντρικό διακόπτη δ.

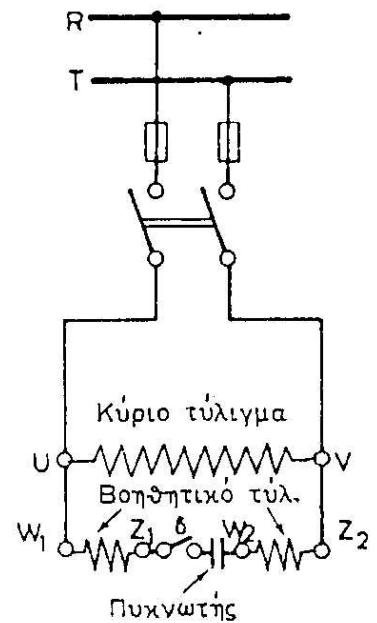
Τέλος υπάρχουν μονοφασικοί κινητήρες, στους οποίους τόσο το βοηθητικό τύλιγμα όσο και ο πυκνωτής που είναι σε σειρά με αυτό βγαίνουν εκτός κυκλώματος μετά την εκκίνηση του κινητήρα (σχ. 17.7)



Σχ. 17.5



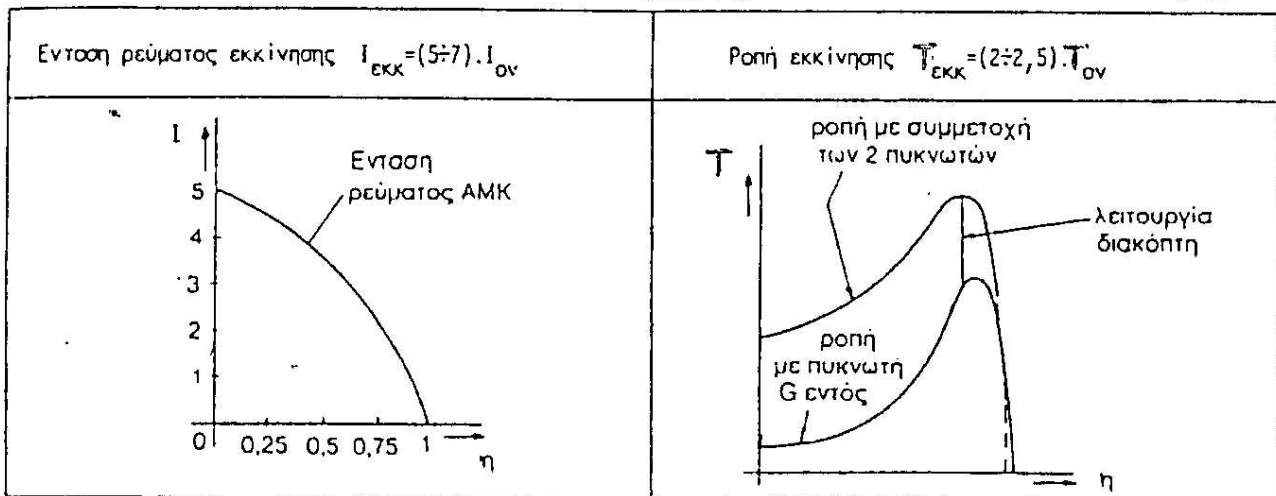
Σχ. 17.6



Σχ. 17.7

Ως πυκνωτές εκκίνησης είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν και ηλεκτρολυτικοί πυκνωτές. Πρέπει όμως να έχουμε υπόψη μας, ότι αν για οποιαδήποτε λόγο δεν ανοίξει μετά την εκκίνηση ο φυγοκεντρικός διακόπτης, ο ηλεκτρολυτικός πυκνωτής θα καταστραφεί κατά τη λειτουργία του κινητήρα. Γι αυτό είναι σκόπιμο να χρησιμοποιούμε πυκνωτές χάρτου, είτε πρόκειται για πυκνωτές λειτουργίας είτε για πυκνωτές εκκίνησης.

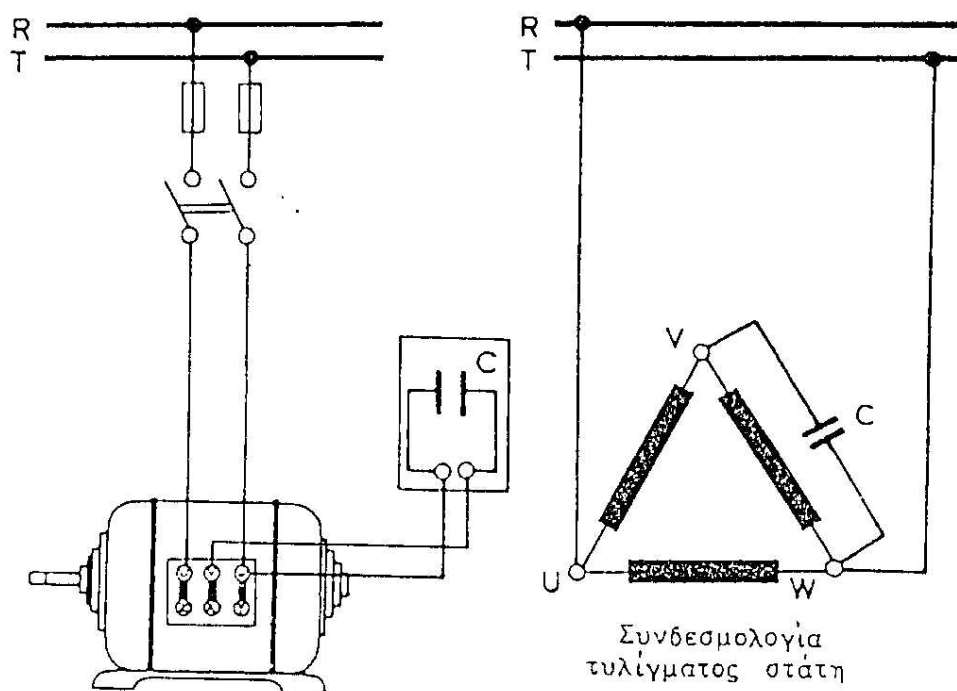
Η αλλαγή της φοράς περιστροφής σε κινητήρα με πυκνωτή γίνεται, όπως και στους κινητήρες αντιστάσεως, με αντιμετάθεση των δυο άκρων του βοηθητικού τυλίγματος στη σύνδεση τους με το κύριο τύλιγμα.



## ΑΣΚΗΣΗ 18

### ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΡΙΦΑΣΙΚΩΝ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΩΣ ΜΟΝΟΦΑΣΙΚΩΝ-ΑΛΛΑΓΗ ΦΟΡΑΣ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ

Μικροί τριφασικοί κινητήρες είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν και σαν μονοφασικοί, δηλαδή να λειτουργήσουν τροφοδοτούμενοι από μονοφασικό δίκτυο όταν η τάση του δικτύου είναι ίση με τη φασική ή την πολική τάση του κινητήρα. Για να μπορούν να εκκινούν μόνοι τους πρέπει να τους εφοδιάσουμε με ένα πυκνωτή, ο οποίος στην περίπτωση ζεύξης του τυλίγματος του στάτη σε τρίγωνο, συνδέεται παράλληλα προς μία φάση, όπως φαίνεται στο σχήμα 18.1. Αν η ζεύξη του τυλίγματος του στάτη είναι σε αστέρα, τότε ο πυκνωτής συνδέεται όπως δείχνει το σχήμα 18.2, δηλαδή σε σειρά με μία φάση. Η φάση αυτή λειτουργεί όπως το βοηθητικό τύλιγμα των μονοφασικών κινητήρων και χρησιμεύει, για την εκκίνηση.



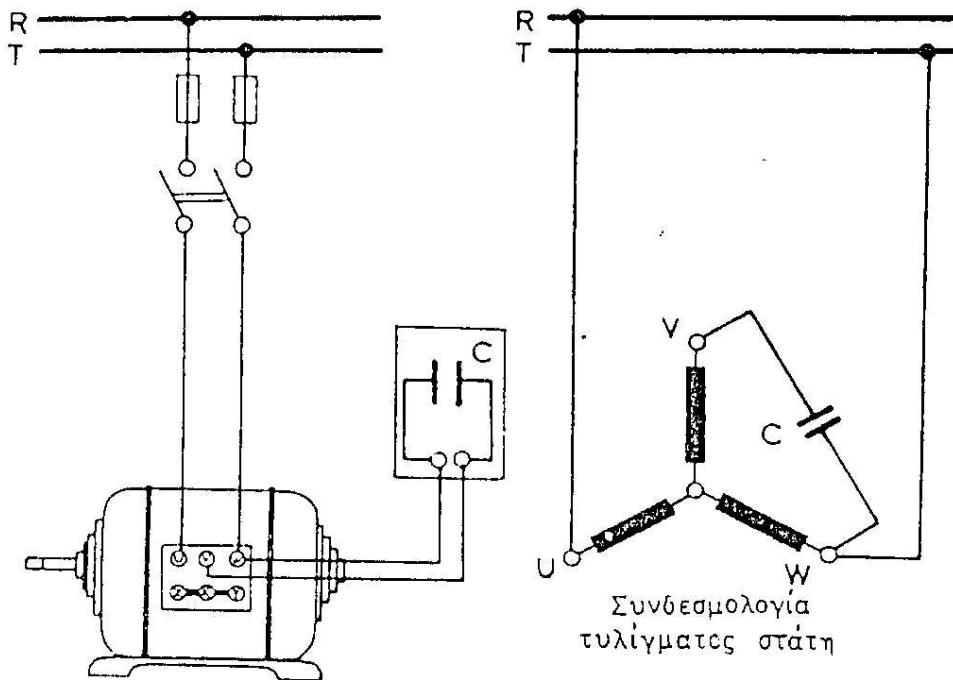
Σχ. 18.1

Τριφασικός κινητήρας ζεύξεως τριγώνου που χρησιμοποιείται σαν μονοφασικός.

Η αλλαγή φοράς περιστροφής στους κινητήρες αυτούς γίνεται αν μεταθέσουμε τη σύνδεση του ενός άκρου του πυκνωτή από τον ακροδέκτη W στον ακροδέκτη U (σχ. 18.1 και 18.2)

Με κατάλληλη εκλογή του πυκνωτή η ροπή εκκίνησης του κινητήρα, που χρησιμοποιείται σαν μονοφασικός, μπορεί να φθάσει το 40% ως 50% της ονομαστικής ροπής του τριφασικού κινητήρα. Αυτό πετυχαίνεται με πυκνωτή χωρητικότητας περίπου 70 $\mu$ F ανά kW ισχύος του κινητήρα και με τάση δικτύου 220 V. Για τάση του δικτύου τροφοδοτήσεως 380V η αντίστοιχη χωρητικότητα του πυκνωτή είναι περίπου 20 $\mu$ F ανά kW.

Η ισχύς του κινητήρα όταν λειτουργεί σαν μονοφασικός είναι περίπου τα 80% της ονομαστικής ισχύος του τριφασικού κινητήρα. Η περίπτωση της χρησιμοποίησης τριφασικών κινητήρων σαν μονοφασικών, παρουσιάζεται συνήθως όταν μια μηχανή είναι εφοδιασμένη με μικρό τριφασικό κινητήρα και δεν υπάρχει διαθέσιμο τριφασικό δίκτυο.



Σχ. 18.2

Τριφασικός κινητήρας ζεύξεως αστέρα που χρησιμοποιείται σαν μονοφασικός.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Δ. Ψωμιάδη, Καθηγητή Εφαρμογών ΤΕΙ Καβαλάς  
"Εργαστήριο Ηλεκτρικών Μηχανών".
- Σπ.Ν. Βασιλακόπουλου, Μηχανολόγου - Ηλεκτρολόγου ΕΜΠ.  
"Ηλεκτρικές Μηχανές".
- Γ. Κράνα - Ε. Δασκαλόπουλου, "Βιομηχανικοί Αυτοματισμοί."
- Κ. Φωτιάδη, Καθηγητή ΤΕΙ Θεσσαλονίκης  
"Ηλεκτρικές Μηχανές Ι".
- Α.Ι. Τσακίρη, Μηχανολόγου - Ηλεκτρολόγου ΕΜΠ.  
"Ασύγχρονοι Μηχαναί".
- Α.Ν. Σαφάκα, Καθηγητή Πολυτεχνικής Σχολής Πανεπιστημίου Πατρών  
"Ηλεκτρικές Μηχανές Γ".
- Γ .Βουδούρη, "Ηλεκτροτεχνία".
- Stephen J. Charman "Ηλεκτρικές Μηχανές".

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

### ΑΣΚΗΣΗ 1η

Στατική χαρακτηριστική γεννήτριας Συνεχούς Ρεύματος ξένης διέγερσης, με σταθερή ταχύτητα περιστροφής.  $U_o=f(I\delta)$ , με  $n$ =σταθερό. Σελίδα 1

### ΑΣΚΗΣΗ 2η

Στατική χαρακτηριστική γεννήτριας Συνεχούς Ρεύματος παράλληλης διέγερσης, με σταθερή ταχύτητα περιστροφής.  $U_o=f(I\delta)$ , με  $n$ =σταθερό. Σελίδα 5

### ΑΣΚΗΣΗ 3η

Χαρακτηριστική καμπύλη φορτίου γεννήτριας Συνεχούς Ρεύματος ξένης διέγερσης, με σταθερή ταχύτητα περιστροφής.  $U_o=f(I\phi)$ , με  $n$ =σταθερό. Σελίδα 9

### ΑΣΚΗΣΗ 4η

Χαρακτηριστική καμπύλη φορτίου γεννήτριας Συνεχούς Ρεύματος παράλληλης διέγερσης, με σταθερή ταχύτητα περιστροφής.  $U_o=f(I\phi)$ , με  $n$ =σταθερό. Σελίδα 13

### ΑΣΚΗΣΗ 5η

Χαρακτηριστική καμπύλη φορτίου γεννήτριας Συνεχούς Ρεύματος σύνθετης διέγερσης, με σταθερή ταχύτητα περιστροφής.  $U_o=f(I\phi)$ , με  $n$ =σταθερό. Σελίδα 16

### ΑΣΚΗΣΗ 6η

Εκκίνηση, λειτουργία, αλλαγή φοράς περιστροφής και χαρακτηριστικές καμπύλες κινητήρα Συνεχούς Ρεύματος παράλληλης διέγερσης. Σελίδα 20

### ΑΣΚΗΣΗ 7η

Εκκίνηση, λειτουργία, αλλαγή φοράς περιστροφής και χαρακτηριστικές καμπύλες κινητήρα Συνεχούς Ρεύματος ξένης διέγερσης. Σελίδα 25

### ΑΣΚΗΣΗ 8η

Χαρακτηριστική καμπύλη μεταβολής των στροφών κινητήρα Συνεχούς Ρεύματος διέγερσης σειράς σε συνάρτηση του ρεύματος φορτίου,  $[n=f(I\phi)]$ , με τάση τροφοδοσίας σταθερή. Σελίδα 29

### ΑΣΚΗΣΗ 9η

Χαρακτηριστική καμπύλη μεταβολής των στροφών κινητήρα Συνεχούς Ρεύματος σύνθετης διέγερσης σε συνάρτηση με το ρεύμα φορτίου,  $[n=f(I\phi)]$ , με τάση τροφοδοσίας σταθερή. Σελίδα 33

### ΑΣΚΗΣΗ 10η

Ρύθμιση στροφών με το σύστημα Ward-Leonard. Σελίδα 38

### ΑΣΚΗΣΗ 11η

Χαρακτηριστική καμπύλη της μεταβολής της τάσης  $U_0$ (Volts) στο κενό, σύγχρονης τριφασικής γεννήτριας, σε συνάρτηση του ρεύματος διέγερσης  $I_\delta$ (A), όταν η ταχύτητα περιστροφής μένει σταθερή.  $U_0=f(I_\delta)$ , με  $n=ct$ . Σελίδα 41

### ΑΣΚΗΣΗ 12η

Χαρακτηριστική καμπύλη της μεταβολής της τάσης  $U_0$ (Volts), σύγχρονης τριφασικής γεννήτριας σε συνάρτηση του ρεύματος φορτίου  $I_\varphi$ (A), όταν η ταχύτητα περιστροφής και το ρεύμα διέγερσης μένουν σταθερά.  $U_0=f(I_\varphi)$ , με  $n=ct$ ,  $I_\delta=ct$ . Σελίδα 46

### ΑΣΚΗΣΗ 13η

Σύγχρονος κινητήρας εναλλασσόμενου ρεύματος. Διόρθωση Συμφέροντος. Σελίδα 51

### ΑΣΚΗΣΗ 14η

Τριφασικός ασύγχρονος κινητήρας βραχυκυκλωμένου δρομέα. Τρόποι εκκίνησης. Σελίδα 56

### ΑΣΚΗΣΗ 15η

Εγκατάσταση και σύνδεση κινητήρα. Σελίδα 64

### ΑΣΚΗΣΗ 16η

Τριφασικός ασύγχρονος κινητήρας δακτυλιοφόρου δρομέα. Μέτρηση απωλειών και βαθμού απόδοσης. Σελίδα 70

### ΑΣΚΗΣΗ 17η

Ασύγχρονοι μονοφασικοί κινητήρες (με αντίσταση – με πυκνωτή) : Τρόποι εκκίνησης – Αλλαγή φοράς περιστροφής. Λειτουργία τριφασικών κινητήρων ως μονοφασικών. Σελίδα 74

### ΑΣΚΗΣΗ 18η

Λειτουργία τριφασικών κινητήρων ως μονοφασικών. – Αλλαγή φοράς περιστροφής. Σελίδα 83

### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Σελίδα 85

### ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Σελίδα 86

### ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ:ΦΥΛΛΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ