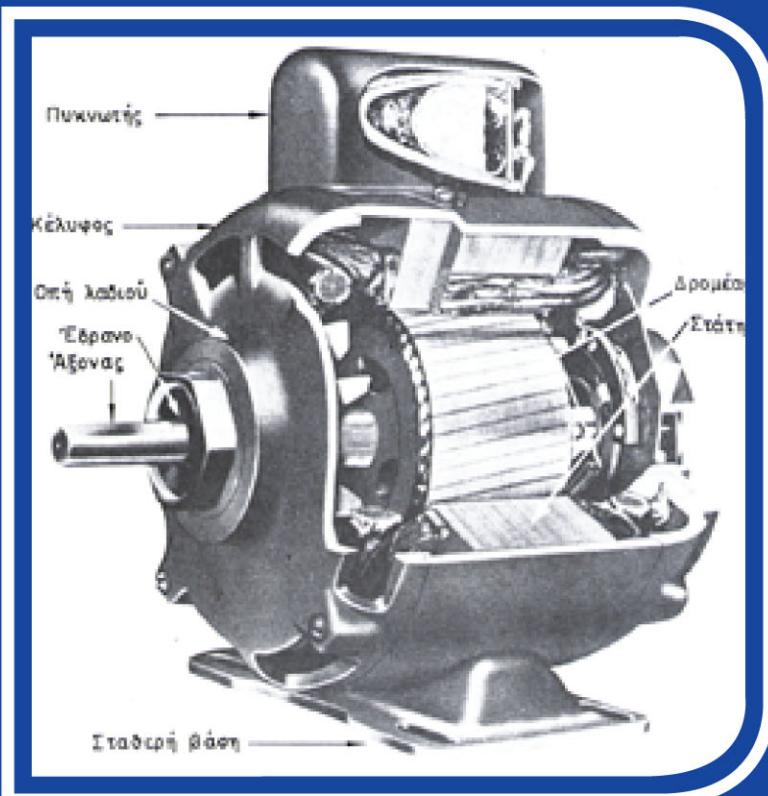




ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ

Σπυρ. Ν. Βασιλακόπουλος

ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΟΥ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ Ε.Μ.Π.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Είδη ηλεκτρικών μηχανών.

Για την ικανοποίηση των αναγκών του, ο άνθρωπος χρησιμοποιεί ενέργεια σε διάφορες μορφές. Μια από τις πιο σημαντικές μορφές ενέργειας είναι η **ηλεκτρική ενέργεια**, η οποία, σήμερα, χρησιμοποιείται σε μεγάλη έκταση παντού, στα σπίτια, στα μαγαζιά, στα εργοστάσια, στους αγρούς, για φωτισμό, για κίνηση, για θέρμανση και για πολλές άλλες χρήσεις.

Η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται σε ειδικά εργοστάσια που ονομάζονται **σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας** ή απλά **σταθμοί παραγωγής**. Στους σταθμούς αυτούς η θερμική ενέργεια που εκλύεται από την καύση του άνθρακα ή του πετρελαίου ή από τη διάσπαση (σχάση) του ατόμου του ουρανίου ή η υδραυλική ενέργεια από την πτώση του νερού μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια.

Για την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιούνται ειδικές μηχανές που ονομάζονται **ηλεκτρικές γεννήτριες** ή απλά **γεννήτριες**. Για να δώσουν ηλεκτρική ενέργεια, οι γεννήτριες πρέπει να πάρουν περιστροφική κίνηση (μηχανική ενέργεια) από άλλες μηχανές που ονομάζονται **κινητήριες μηχανές**. Οι κινητήριες μηχανές για την κίνησή τους χρησιμοποιούν τη θερμική ενέργεια κάποιου καυσίμου, όπως είπαμε παραπάνω, ή την υδραυλική ενέργεια του νερού. Αντίστοιχα οι κινητήριες μηχανές ονομάζονται **ατμοστρόβιλοι ή υδροστρόβιλοι**. Άλλες κινητήριες μηχανές που χρησιμοποιούνται σε μικρούς σχετικά σταθμούς παραγωγής είναι οι **αεριοστρόβιλοι** και οι **πετρελαιομηχανές ή μηχανές εσωτερικής καύσεως**.

Μια από τις πολλές χρήσεις της ηλεκτρικής ενέργειας είναι και για την κίνηση διαφόρων μηχανημάτων. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούμε ειδικές μηχανές που ονομάζονται **ηλεκτρικοί κινητήρες** ή απλά **κινητήρες**. Οι κινητήρες παίρνουν δηλαδή ηλεκτρική ενέργεια και δίνουν μηχανική (κινητική) ενέργεια.

Ανάλογα με το είδος του ηλεκτρικού ρεύματος που παράγουν, οι γεννήτριες διακρίνονται σε **γεννήτριες συνεχούς ρεύματος** και **γεννήτριες εναλλασσόμενου ρεύματος**. Όμοια οι κινητήρες διακρίνονται σε **κινητήρες συνεχούς ρεύματος**, όταν είναι κατασκευασμένοι για να εργάζονται με συνεχές ρεύμα και **κινητήρες εναλλασσόμενου ρεύματος**, όταν είναι κατασκευασμένοι για να εργάζονται με εναλλασσόμενο ρεύμα.

Εκτός από τις γεννήτριες και τους κινητήρες υπάρχουν και άλλες ηλεκτρικές μηχανές που χρησιμεύουν για να μετατρέπομε το είδος ή τα χαρακτηριστικά του ηλεκτρικού ρεύματος. Τέτοιες μηχανές που θα εξετασθούν σε ειδικά κεφάλαια του βιβλίου αυτού είναι:

το ρεύμα μέσα στο φορτίο R κατευθύνεται από την ψήκτρα ψ_1 , προς την ψήκτρα ψ_2 . Αντίθετα, τη χρονική στιγμή που παριστάνει το δεξιό μέρος στο ίδιο σχήμα, δη λαδή όταν το τύμπανο θα έχει στραφεί κατά 180° σε σχέση με την προηγούμενη θέση, το ρεύμα μέσα στο φορτίο θα κατευθύνεται αντίθετα, δηλαδή από την ψήκτρα ψ_2 προς την ψ_1 .

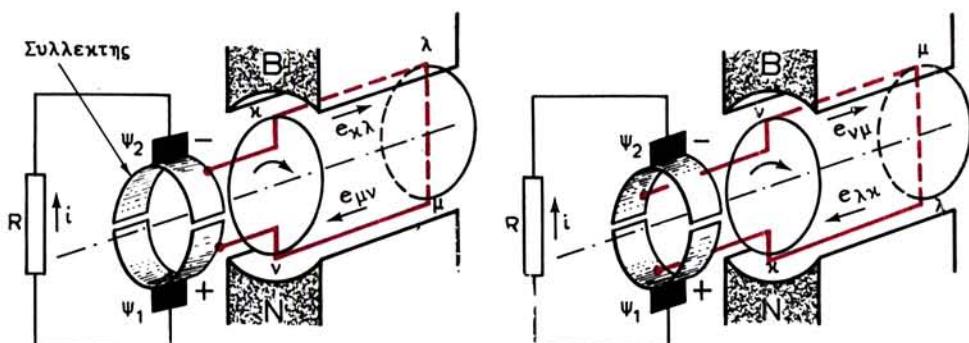
Γενικά η εναλλασσόμενη ηλεκτρεγερτική δύναμη της σπείρας θα δώσει στο φορτίο ένα ρεύμα που θα είναι και αυτό εναλλασσόμενο και μάλιστα ταυτόχρονο και ίδιας μορφής με την καμπύλη του σχήματος 2.1στ, όταν το φορτίο R είναι καθαρή αωμική αντίσταση. Δηλαδή η μηχανή αυτή είναι μια στοιχειώδης γεννήτρια εναλλασσόμενου ρεύματος.

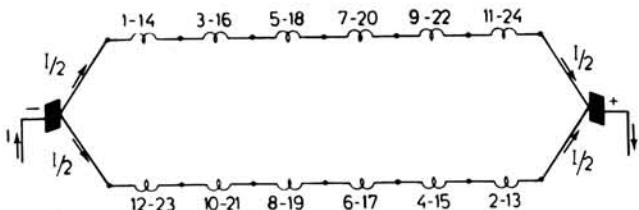
2.1.4 Μετατροπή του παραγόμενου ρεύματος σε συνεχές.

Στις γεννήτριες συνεχούς ρεύματος, όταν περιστρέφεται το επαγωγικό τύμπανο, δημιουργείται μέσα στις σπείρες των αγωγών εναλλασσόμενη ηλεκτρεγερτική δύναμη, όπως την περιγράψαμε στην προηγούμενη. Στο εξωτερικό φορτίο όμως τη μηχανής παίρνουμε συνεχές ρεύμα και αυτό γίνεται με τη βοήθεια του **συλλέκτη**. (συλλέκτης που αντικαθιστά τα δακτυλίδια των γεννητριών εναλλασσόμενου ρεύματος, στην απλούστερή του μορφή, όπως φαίνεται και στο σχήμα 2.1η, αποτελεί ται από ένα δακτυλίδιο κομμένο σε δυο μισά (**τομείς του συλλέκτη**), που είναι στερεωμένα στον άξονα του επαγωγικού τυμπάνου, περιστρέφονται μαζί με αυτόν και είναι μονωμένα μεταξύ τους και προς τον άξονα. Τα άκρα της σπείρας των δυο αγωγών τα συνδέομε μόνιμα με τους τομείς του συλλέκτη).

Οι ψήκτρες ψ_1 και ψ_2 είναι και εδώ στερεωμένες στο ακίνητο μέρος της μηχανής και εφάπτονται στους τομείς του συλλέκτη. Όπως φαίνεται στο σχήμα 2.1η είναι τοποθετημένες σε δυο σημεία εκ διαμέτρου αντίθετα ως προς τον άξονα.

Όταν η περιστρεφόμενη μαζί με το τύμπανο σπείρα των δυο αγωγών βρίσκεται στη θέση που φαίνεται αριστερά στο σχήμα 2.1η, όπως είδαμε στην προηγούμενη δημιουργούνται στους δύο αγωγούς ηλεκτρεγερτικές δυνάμεις που έχουν τη σημειώμενη με τα βέλη φορά και που αθροίζονται. Το ηλεκτρικό ρεύμα που θα περάσει από το εξωτερικό φορτίο R θα διευθύνεται από την ψήκτρα ψ_1 , προς την ψήκτρα ψ_2 . Δηλαδή τη χρονική αυτή στιγμή η ψ_1 είναι θετική και η ψ_2 αρνητική





Σχ. 2.7γ.
Παράλληλοι κλάδοι βροχοτυλίγματος.

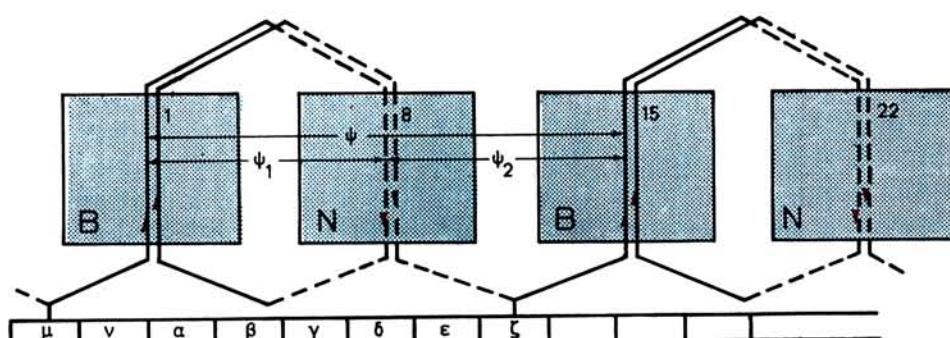
ψήκτρες είναι στην ουδέτερη ζώνη ενώ στην πραγματικότητα βρίσκονται τοποθετημένες στους άξονες των πόλων.

Αν σχεδιάσομε τις ομάδες του τυλίγματος του σχήματος 2.7β, όπως είναι συνδεμένες σε σειρά μεταξύ των ψηκτρών, θα δούμε ότι όλο το τύλιγμα της μηχανής αιποτελείται από δυο παράλληλους κλάδους, όπως φαίνεται στο σχ. 2.7γ. **Στα απλά βροχοτυλίγματα ο αριθμός των παραλλήλων κλάδων είναι ίσος με τον αριθμό των πόλων της μηχανής.** Παράδειγμα: Μια οκταπολική μηχανή με βροχοτύλιγμα θα έχει οκτώ παράλληλους κλάδους.

β) Κυματοτυλίγματα.

Στα τυλίγματα αυτά, τα άκρα των ομάδων δεν συνδέονται σε γειτονικούς τομείς του συλλέκτη (όπως στα βροχοτυλίγματα) αλλά σε τομείς που απέχουν πολύ μεταξύ τους. Το σχήμα 2.4δ δίνει ένα παράδειγμα ομάδων που ανήκουν σε κυματοτύλιγμα. Τα άκρα της ομάδας 1-8 συνδέονται στους τομείς μ και ζ που απέχουν μεταξύ τους επάνω τομείς του συλλέκτη. Στον τομέα ζ συνδέεται και η αρχή της επόμενης ομάδας 15-22, όπως και στα βροχοτυλίγματα.

Στα κυματοτυλίγματα το βήμα του τυλίγματος ψ είναι ίσο με το άθροισμα των μερικών βημάτων ψ_1 και ψ_2 :



Σχ. 2.7δ.
Ομάδες από κυματοτύλιγμα.

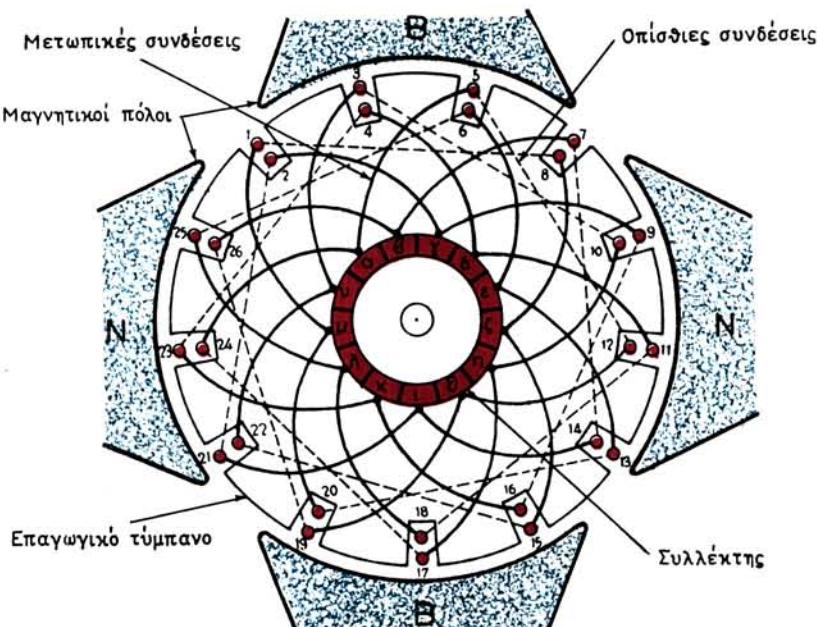
$$\text{βήμα συλλέκτη } \psi_{\sigma} = \frac{\Psi}{2} = \frac{12}{2} = 6 \text{ τομείς συλλέκτη}$$

Σε μια μηχανή με το κυματοτύλιγμα του σχήματος 2.7ε θα αρκούσαν για τη λειτουργία της δύο ψήκτρες που εφάπονται στους τομείς ζ και ι του συλλέκτη. Αυτό ισχύει για κάθε μηχανή με κυματοτύλιγμα, γιατί **τα τυλίγματα αυτά έχουν πάντα δύο παράλληλους κλάδους**, ανεξάρτητα από τον αριθμό των πόλων που έχει η μηχανή. Συνήθως όμως τοποθετούνται και στις περιπτώσεις αυτές τόσες ψήκτρες όσοι είναι οι πόλοι της μηχανής. Στο παράδειγμα έχουν τοποθετηθεί τέσσερις ψήκτρες και ανά δύο έχουν συνδεθεί ώστε να λειτουργούν παράλληλα και να περνά το μισό ρεύμα από κάθε ψήκτρα.

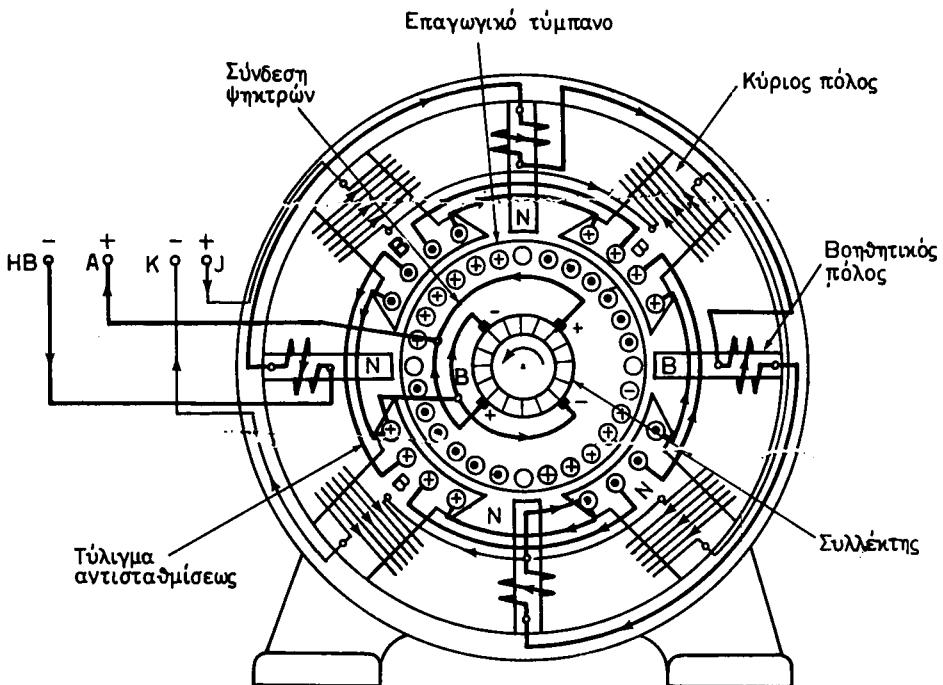
Το σχήμα 2.7στ δίνει ένα άλλο τρόπο σχεδιάσεως των τυλιγμάτων — με την **κυλινδρική τους μορφή** — και παριστάνει με τον τρόπο αυτό κυματοτύλιγμα με $\psi_1 = 7$, $\psi_2 = 7$ και $s = 26$ στοιχεία.

Ο τρόπος αυτός είναι πιο παραστατικός γιατί δείχνει την πραγματική θέση των στοιχείων των ομάδων μέσα στα αυλάκια των οδοντώσεων του τυμπάνου. Δείχνει επίσης τις μετωπικές και τις οπίσθιες συνδέσεις στην πραγματική τους θέση σε σχέση με το συλλέκτη.

Δεν θα επεκταθούμε περισσότερο στο βιβλίο αυτό στα τυλίγματα των μηχανών συνεχούς ρεύματος. Αναφέρομε μονάχα, πως εκτός από τα απλά βροχοτυλίγματα και κυματοτυλίγματα που περιγράψαμε υπάρχει ένας σημαντικός αριθμός παραλαγών αυτών των τυλιγμάτων, που είναι ενδεχόμενο να τα συναντήσει κανείς στην πράξη.



Σχ. 2.7στ.
Κυματοτύλιγμα τετραπολικής μηχανής.



Σχ. 3.26.

Εσωτερική συνδεσμολογία γεννήτριας με τύλιγμα αντισταθμίσεως και βοηθητικούς πόλους.

3.3 Είδη γεννήτριών συνεχούς ρεύματος.

Στη μηχανή του σχήματος 3.1β είχαμε δεχθεί ότι η διέγερσή της τροφοδοτείται από μια ξένη πηγή Π. Στην πραγματικότητα αυτό συμβαίνει σπάνια, γιατί το τύλιγμα διεγέρσεως είναι δυνατό να τροφοδοτηθεί και από την ίδια τη γεννήτρια και μάλιστα με διάφορους τρόπους. Ανάλογα με τον τρόπο που είναι συνδεμένο το τύλιγμα διεγέρσεως, τις γεννήτριες τις διακρίνομε σε τέσσερα είδη:

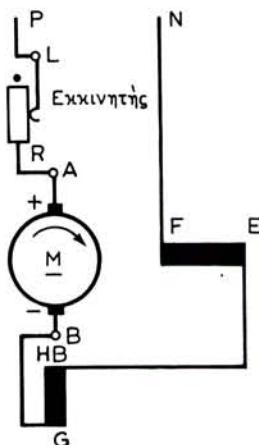
- α) Γεννήτριες με ξένη διέγερση.
- β) Γεννήτριες με παράλληλη διέγερση.
- γ) Γεννήτριες με διέγερση σειράς.
- δ) Γεννήτριες με σύνθετη διέγερση.

Εκτός από τις γεννήτριες με ξένη διέγερση, όλες οι άλλες ονομάζονται και **αυτοδιεγειρόμενες** γεννήτριες, για το λόγο ότι αυτές δίνουν το ρεύμα που χρειάζεται η διέγερσή τους.

3.3.1 Γεννήτριες με ξένη διέγερση.

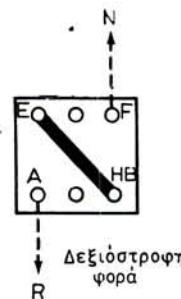
Η συνδεσμολογία μιας γεννήτριας με ξένη διέγερση φαίνεται στο σχήμα 3.1β. Στο σχήμα αυτό το τύλιγμα διεγέρσεως παριστάνεται με το Κ-Ι.

Αν αλλάξομε τη φορά του ρεύματος διεγέρσεως σε μια γεννήτρια με ξένη διέ-



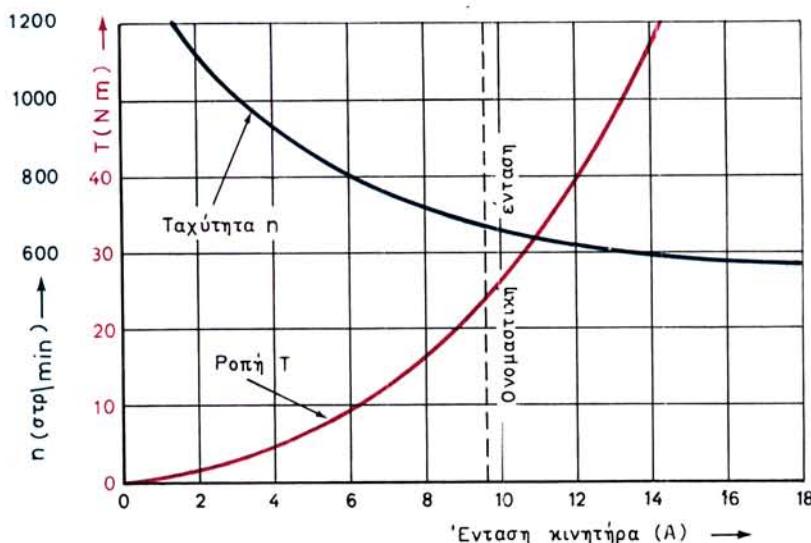
Σχ. 4.5δ.

Κινητήρας με διέγερση σειράς.



Σχ. 4.5ε.

Αλλαγή φοράς περιστροφής σε κινητήρα με διέγερση σειράς.

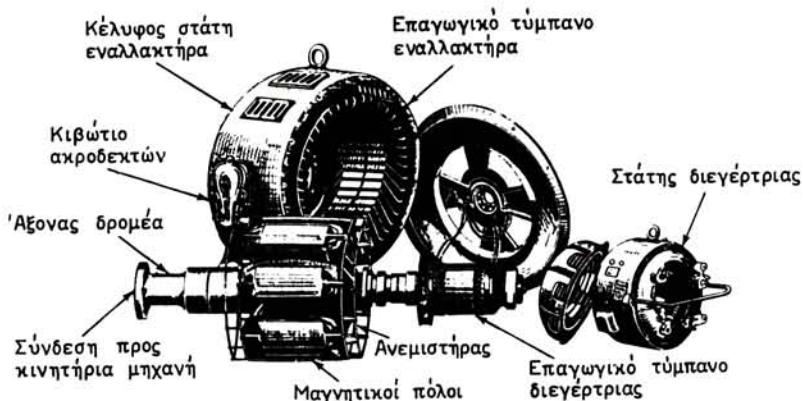


Σχ. 4.5στ.

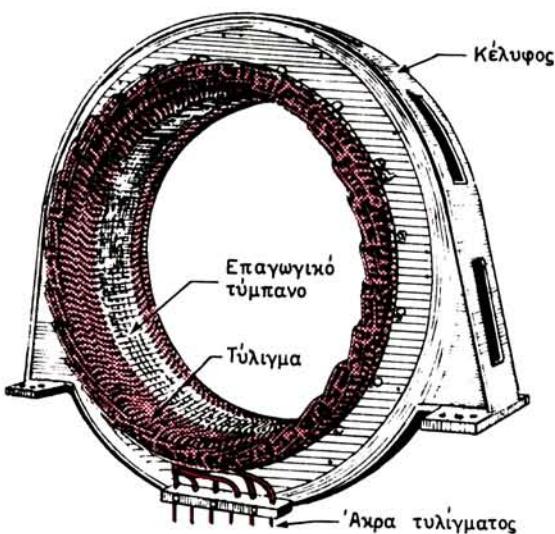
Χαρακτηριστικές καμπύλες κινητήρα με διέγερση σειράς.

κινητήρες με παράλληλη διέγερση, είτε ένα **εκκινητή-αναστροφέα** είτε ένα **ρυθμιστή στροφών-αναστροφέα**, που θα τους περιγράψουμε στα επόμενα.

Στο διάγραμμα του σχήματος 4.5στ παριστάνονται οι χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας ενός κινητήρα με διέγερση σειράς, οταν η ταση του δίκτυου που τροφοδοτεί τον κινητήρα, παραμένει σταθερή. Στους κινητήρες αυτούς η ένταση που περνά μέσα από το τύμπανο (I_T) είναι η ίδια με την ένταση διεγέρσεως (αν δεν



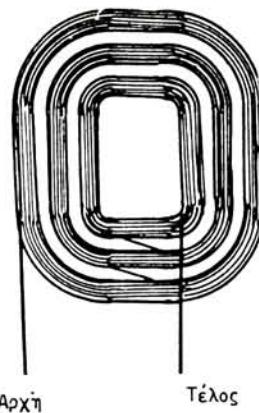
Σχ. 5.2δ.
Εναλλακτήρας με εσωτερικούς πόλους.



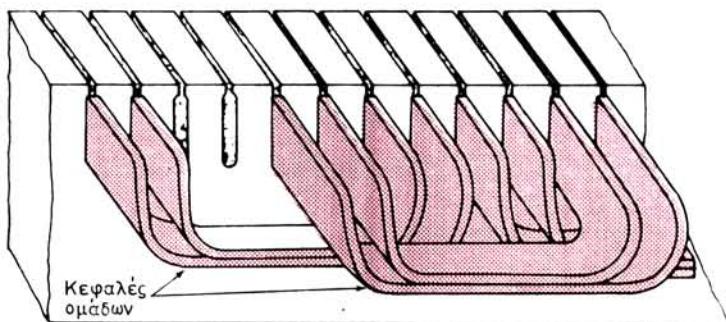
Σχ. 5.2ε.
Στάτης από μεγάλο εναλλακτήρα με εσωτερικούς πόλους.

ποθετείται και στερεώνεται το επαγωγικό τύμπανο.

Το επαγωγικό τύμπανο αποτελείται από τον πυρήνα και το τύλιγμα. Ο πυρήνας του τυμπάνου κατασκευάζεται, όπως και στις μηχανές συνεχούς ρεύματος, από πολλούς δίσκους, που έχουν όμως τη μορφή του σχήματος 5.2στ. Οι δίσκοι αυτοί είναι κατασκευασμένοι από μαγνητικά ελάσματα πάχους συνήθως 0,5 mm, με επιφανειακή μόνωση από ειδικό βερνίκι. Τα δόντια, που έχουν οι δίσκοι, σχηματίζουν κατά τη συγκρότηση του πυρήνα οδοντώσεις παράλληλες προς τον άξονα της μηχανής, μέσα στα αυλάκια των οποίων τοποθετείται το τύλιγμα.



Σχ. 5.2η.
Συγκρότημα οιμάδων τυλίγματος σε μια στρώση.



Σχ. 5.2θ.
Διαμόρφωση κεφαλών σε τύλιγμα μιάς στρώσεως.

πως φαίνεται στο σχήμα 5.2θ. Τα άκρα των συγκροτημάτων συνδέονται μεταξύ τους και μένουν ελεύθερα τα άκρα του τυλίγοστος.

Ο δρομέας των εναλλακτήρων με εσωτερικούς πόλους φέρει, όπως αναφέρθηκε, μαγνητικούς πόλους στερεωμένους ακτινικά. Το σχήμα 5.2ι δείχνει τον τρόπο στερεώσεως των μαγνητικών πόλων στον άξονα του δρομέα με τη βοήθεια ειδικής **πλήμνης**.

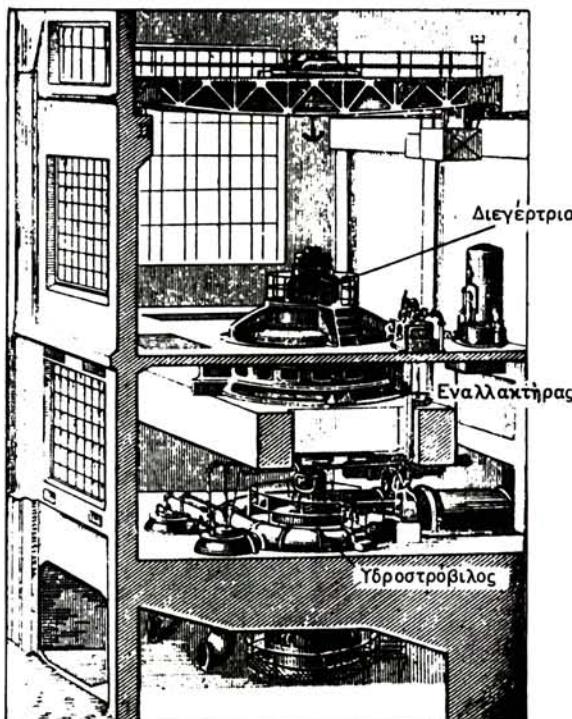
Στους τριφασικούς εναλλακτήρες, όπως είναι όλοι οι εναλλακτήρες των σταθμών παραγωγής, οι πυρήνες των πόλων και τα πέδιλά τους είναι κατασκευασμένα από συμπαγή μαλακό χάλυβα. Το **διάκενο** πάχους μερικών mm, που υπάρχει μεταξύ των πεδίλων των μαγνητικών πόλων και του επαγωγικού τυμπάνου, επιτρέπει την ελεύθερη περιστροφή του δρομέα μέσα στο στάτη (σχ. 5.2ια).

Τα τυλίγματα των πόλων τοποθετούνται επάνω στους πυρήνες πριν από την τοποθέτηση των πεδίλων και συνδέονται μεταξύ τους, συνήθως σε σειρά, με τρόπο, ώστε να δημιουργούνται διαδοχικά μαγνητικοί πόλοι με αντίθετη πολικότητα, όπως φαίνεται στο σχήμα 5.2ια. Το ίδιο σχήμα δείχνει και τη διαδρομή της μαγνητι-

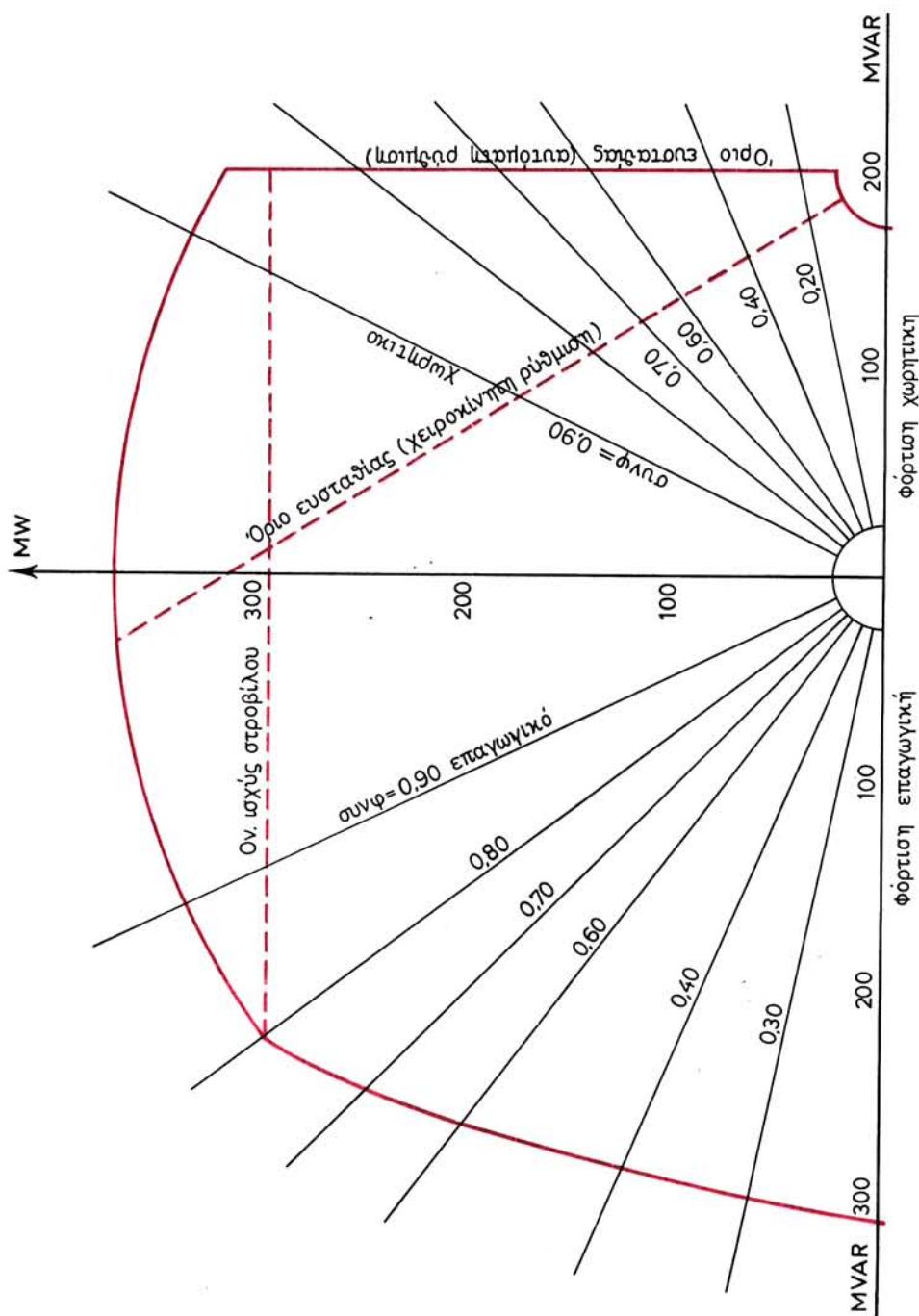
στον άξονα του δρομέα. Το ρεύμα διεγέρσεως έχει ένταση και τάση πολύ μικρότερες από το κύριο ρεύμα του εναλλακτήρα και συνεπώς η κατασκευή των δακτυλιδίων αυτών δεν παρουσιάζει δυσκολίες.

Στους εναλλακτήρες με περιστρεφόμενους πόλους, με την τοποθέτηση του επαγωγικού τυμπάνου στο στάτη και όχι στο δρομέα, διατίθεται πολύ περισσότερος χώρος για τις οδοντώσεις του πυρήνα. Έτσι γίνεται εύκολα η μόνωση των αγωγών του τυλίγματος και όταν ακόμα ο εναλλακτήρας πρόκειται να παράγει ρεύμα υψηλής τάσεως (π.χ. 15000 V).

Με την τοποθέτηση όμως των μαγνητικών πόλων επάνω στο δρομέα δημιουργείται καταπόνηση σε αυτούς από τις φυγόκεντρες δυνάμεις, που αναπτύσσονται κατά τη λειτουργία. Για το λόγο αυτό οι εναλλακτήρες με εσωτερικούς πόλους δεν είναι κατάλληλοι για μεγάλες ταχύτητες περιστροφής. Τους χρησιμοποιούμε όταν η κινητήρια μηχανή είναι σχετικά βραδύστροφη, όπως είναι οι μεγάλες μηχανές εσωτερικής καύσεως και οι υδροστρόβιλοι των υδροηλεκτρικών σταθμών. Στην περίπτωση μάλιστα των υδροηλεκτρικών σταθμών ο εναλλακτήρας συχνά κατασκευάζεται με τον άξονά του κατακόρυφο, όπως φαίνεται στο σχήμα 5.2ιβ. Από αποψη διαστάσεων χαρακτηριστικό των εναλλακτήρων αυτών, είναι ότι έχουν μεγάλη διάμετρο (π.χ. 7 m) και μικρό σχετικά μήκος κατά τον άξονα.

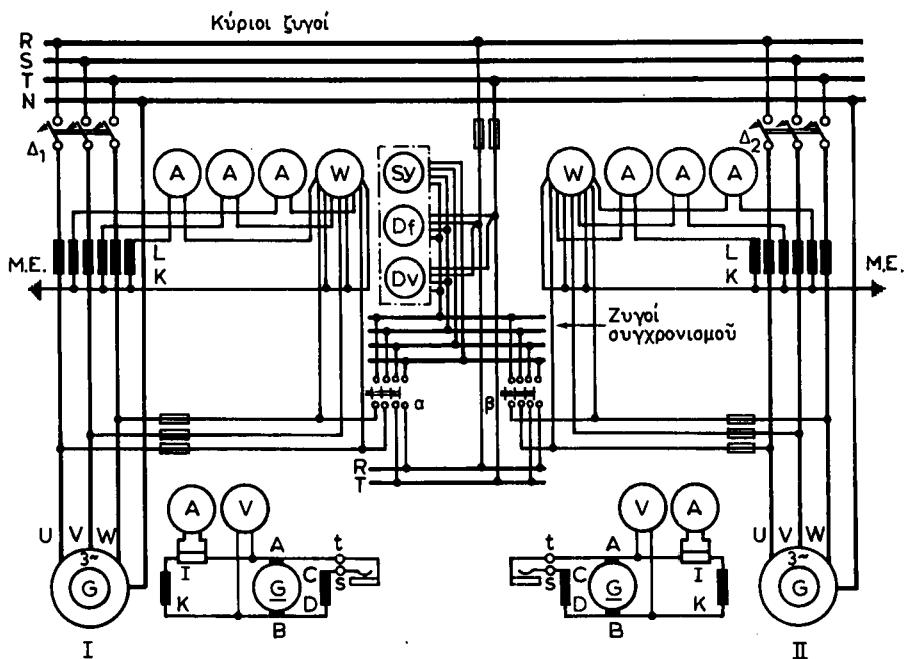


Σχ. 5.2ιβ.
Εναλλακτήρας με υδροστρόβιλο.

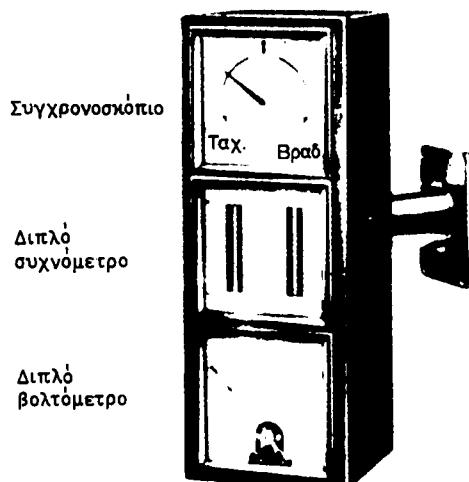


Σχ. 5.10β.

Μεταβολή της ισχύος εναλλακτήρα για διάφορα συνφ και τάση σταθερή.



Σχ. 5.12δ.
Παράλληλη ζεύξη εναλλακτήρων χαμηλής τάσεως.



Σχ. 5.12ε.
Όργανα συγχρονισμού.

όργανα, όπως μετρητές ενέργειας, μετρητές άεργης ισχύος και ενέργειας κλπ.

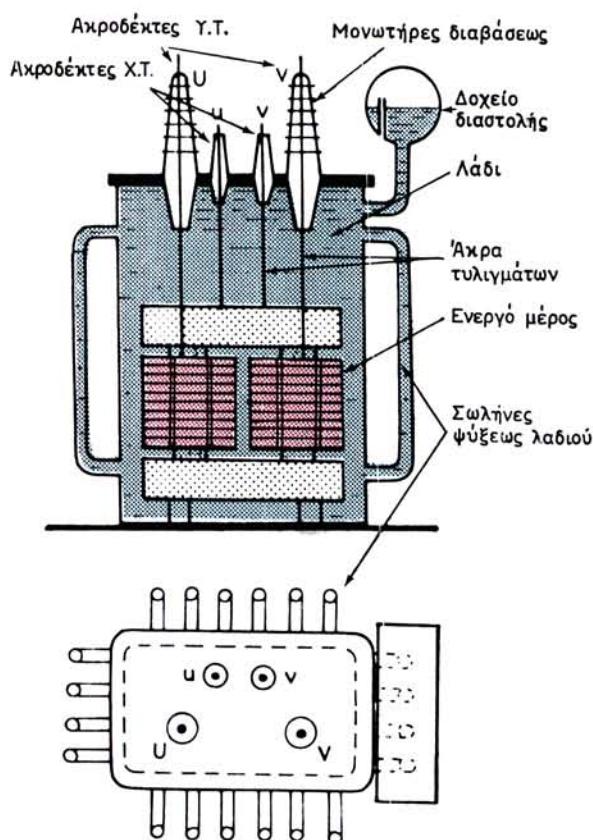
Τα όργανα συγχρονισμού συνήθως είναι τοποθετημένα σε ιδιαίτερη κατασκευή, ώστε να εξέχουν από τους πίνακες ελέγχου των γεννητριών (σχ. 5.12ε). Το διπλό βολτόμετρο και το διπλό συχνόμετρο δείχνουν ταυτόχρονα την τάση και τη συχνότητα των ζυγών και του εναλλακτήρα που πρόκειται να παραλληλισθεί.

χομε πάλι δύο άκρα του τυλίγματος X.T. του μετασχηματιστή. Το ίδιο γίνεται και με τους δίσκους Y.T.

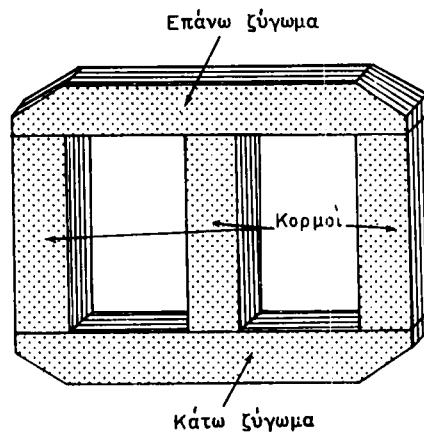
Οι μετασχηματιστές, που έχουν τα τυλίγματα στους δύο κορμούς, όπως στο σχήμα 6.2α, ονομάζονται **μετασχηματιστές τύπου πυρήνα**. Άλλος τύπος μετασχηματιστών είναι οι **μετασχηματιστές τύπου μανδύα**. Σε αυτούς ο πυρήνας έχει τρεις κορμούς, από τους οποίους ο μεσαίος έχει διπλάσια διατομή από τους ακραίους. Στον κορμό αυτό τοποθετούνται τα τυλίγματα, τα οποία μπορεί να είναι διαμορφωμένα σε κυλίνδρους ή δίσκους, όπως δείχνει το σχήμα 6.2ε. Οι ακραίοι κορμοί χρησιμεύουν μόνο για να κλείνει το μαγνητικό κύκλωμα και συνεπώς περιβάλλουν τα τυλίγματα σαν μανδύας.

Στους μικρούς μονοφασικούς μετασχηματιστές τύπου μανδύα κάθε μαγνητικό έλασμα κόβεται σε ένα κομμάτι, που έχει τη μορφή του σχήματος 6.2ε. Στην περίπτωση αυτή ο μεσαίος κορμός είναι κομμένος στο τμήμα αβ, ώστε η τοποθέτηση των τυλιγμάτων σε αυτόν να γίνεται όπως φαίνεται στο σχήμα 6.2στ.

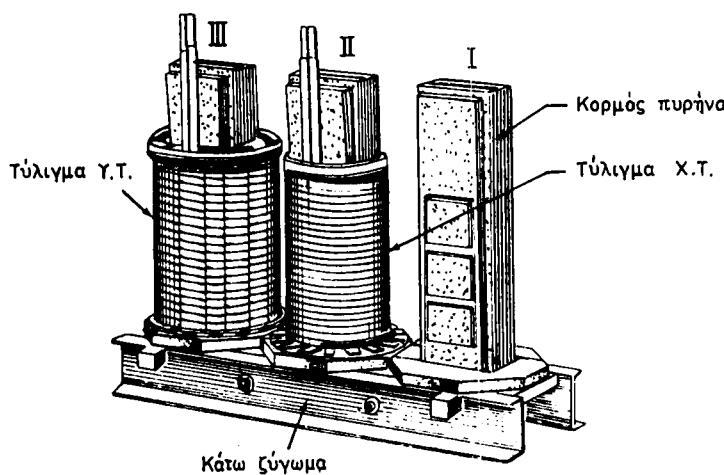
Τα τυλίγματα των μετασχηματιστών, μετά την τοποθέτησή τους στους πυρήνες, διαιποτίζονται με βερνίκι και στη συνέχεια ξηραίνονται σε ειδικούς κλιβάνους. Με τον τρόπο αυτό όχι μόνο πετυχαίνομε καλύτερη μόνωση αλλά επίσης τα τυλίγματα



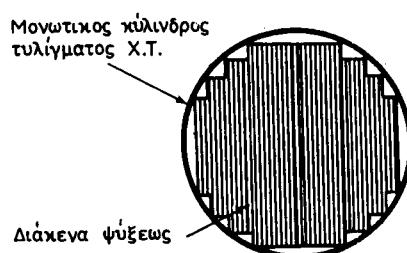
Σχ. 6.2ζ.
Μονοφασικός μετασχηματιστής λαδιού.



Σχ. 6.3α.
Πυρήνας τριφασικού μετασχηματιστή.



Σχ. 6.3β.



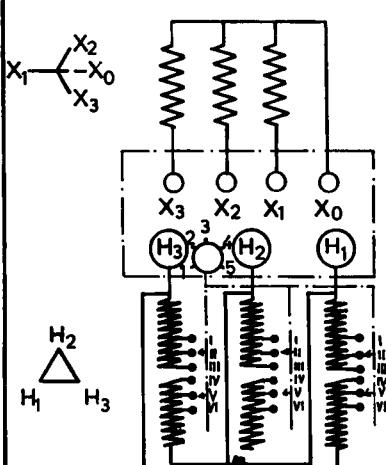
Σχ. 6.3γ.
Διατομή ενός κορμού από πυρήνα μετασχηματιστή.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.8.1
Συνδεσμολογίες τριφασικών μετασχηματιστών

Αριθμός διμάδας	Συμβολισμός	Διανυσματικό διάγραμμα Υ.Τ. X.Τ.	Συνδεσμολογία Υ.Τ. X.Τ.
0	Dd 0		
	Yy 0		
	Dz 0		
5	Dy 5		
	Yd 5		
	Yz 5		
6	Dd 6		
	Yy 6		
	Dz 6		
11	Dy 11		
	Yd 11		
	Yz 11		

Μετά τα δύο γράμματα ακολουθεί ένας αριθμός (0,5,6,11), που είναι ο αριθμός της ομάδας, στην οποία ανήκει ο μετασχηματιστής και έχει την ακόλουθη σημασία: Αν τον αριθμό αυτό τον πολλαπλασιάσουμε επί 30°, μας δίνει τη γωνία κατά την ο-

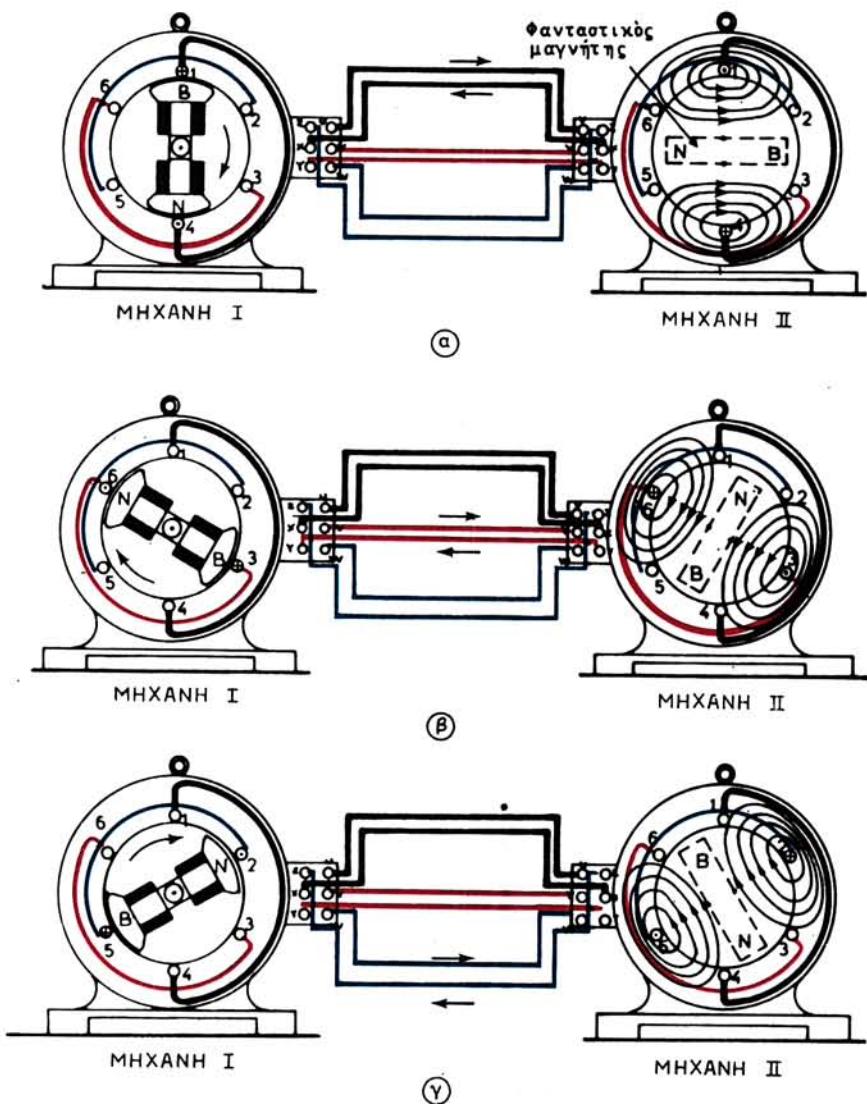
(ΟΝΟΜΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗ)			
ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗΣ ΔΙΑΝΟΜΗΣ DISTRIBUTION TRANSFORMER			
Ιδιοκτησία Property of	Δ.Ε.Η.	Τάση βραχυκυκλ. Impedance	4,5 %
Αυξοντας αριθμός Serial number		Αύξηση θερμ. λαδιού Oil temperature rise	55 °C
Κ ΒΑ KVA	150	Ζεύξη Vector relation	DY 1
Τύπος Type		Οδηγίες Instruction card	
Φάσεις Phase	3	Πατέντα Αριθ. Patent No	
Συχνότητα Frequency	50	Ολικού βάρους Total weight	
Ονομ. τάση Rated voltage	20 000 231/400V	Βάρος ανυψώσεως Untanking weight	
Λήψεις Υ.Τ. H.V. Tappings	$\pm 25\%$ $\pm 5\%$	Βάρος λαδιού Oil weight	
		Έτος κατασκευής YEAR of construction	
		Αριθμ. συμβάσεως Contract No	



Θέση διακοπής Switch position	Συνδεσμολογία Υ.Τ. HV Connection	Λήψεις Taps
1	I - VI	-5 %
2	I - V	-25 %
3	II - V	0 %
4	II - IV	+25 %
5	III - IV	+5 %

130

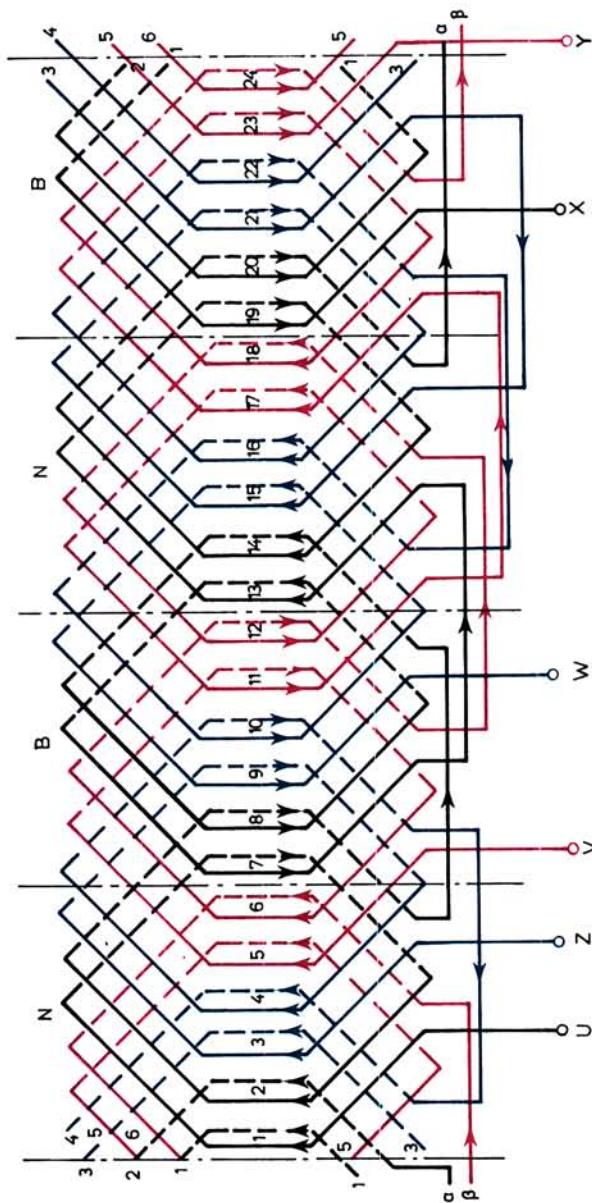
Σχ. 6.11.
Ενδεικτική πινακίδα μετασχηματιστή Δ.Ε.Η.



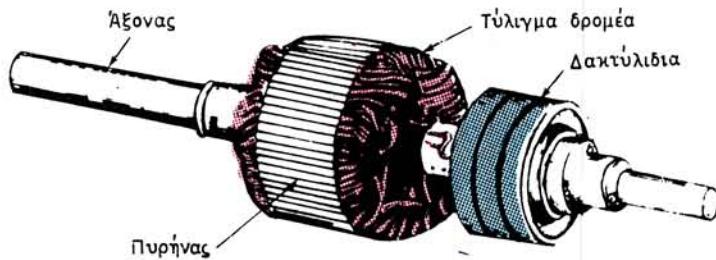
Σχ. 7.2.
Δημιουργία περιστρεφόμενου μαγνητικού πεδίου.

σχήμα 7.2 (β), δηλαδή θα έχει στραφεί σε σχέση με την κατεύθυνση, που είχε τη χρονική στιγμή του σχήματος 7.2(α) κατά γωνία ίση με τη γωνία στροφής του δρομέα του εναλλακτήρα.

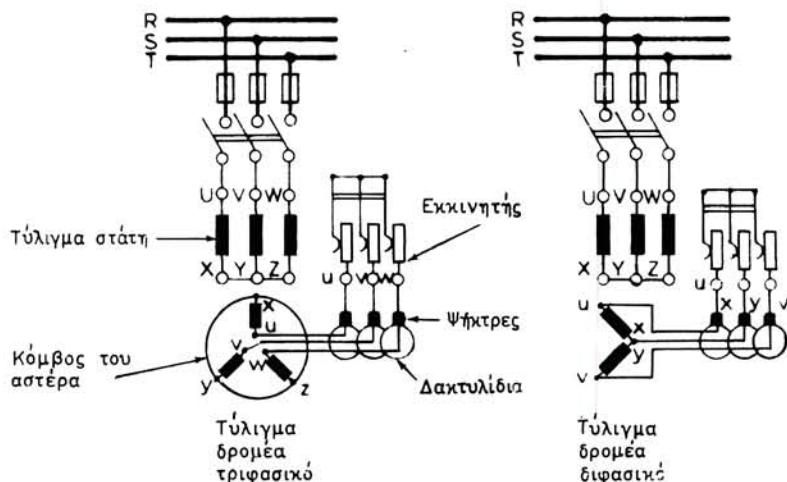
Την ίδια παρατήρηση κάνουμε και για την κατεύθυνση, την οποία έχει το μαγνητικό πεδίο του τυλίγματος της μηχανής II τη χρονική στιγμή, που παριστάνει το σχήμα 7.2(γ), σε σχέση με αυτή του σχήματος 7.2(β). Το ίδιο διαπιστώνομε και αν εξετάσουμε ενδιάμεσες θέσεις από αυτές, που παριστάνουν τα παραπάνω σχήματα. Μπορούμε συνεπώς να διατυπώσουμε το ακόλουθο συμπέρασμα:



Σχ. 7.30.
Τριφασικό τύλιγμα σε δύο στρώσεις, τετραπολικής μηχανής.

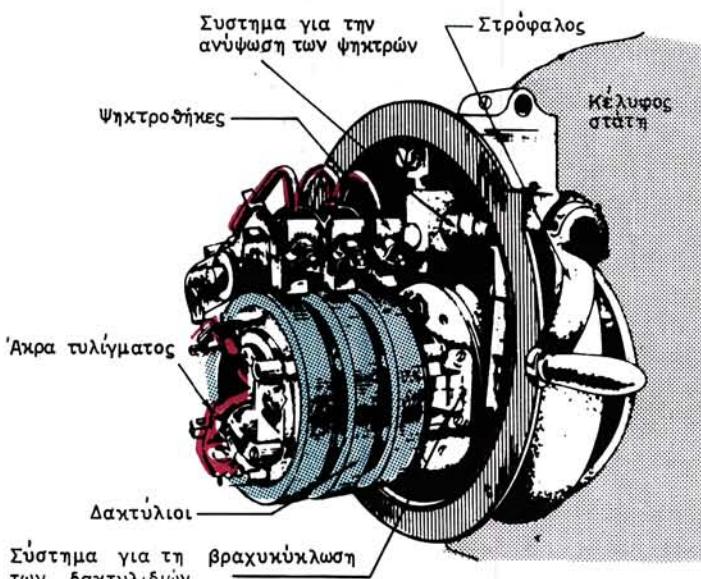


Σχ. 8.2στ.
Δρομέας κινητήρα με δακτυλίδια.



Σχ. 8.2ζ.

Συνδεσμολογία ασύγχρονου κινητήρα με δακτυλίδια (τριφασικό ή διφασικό τύλιγμα δρομέα).



Σχ. 8.2η.

Σύστημα ανυψώσεως ψηκτρών κινητήρα με δακτυλίδια.

κλιμακωτή ζεύξη, όταν ο αριθμός των ζευγών πόλων των τυλιγμάτων τους είναι $p_1 = 4$, $p_2 = 3$ και η συχνότητα του ρεύματος τροφοτήσεως $f = 50 \text{ Hz}$.

Λύση.

$$n_s = \frac{f}{p_1 + p_2} = \frac{50}{4+3} = \frac{50}{4} \text{ στρ/s} \quad \text{ή} \quad \frac{3000}{7} = 428 \text{ στρ/min}$$

$$n'_s = \frac{f}{p_1 - p_2} = \frac{50}{4 - 3} = 50 \text{ στρ/s} \quad \text{ή} \quad 3000 \text{ στρ/min}$$

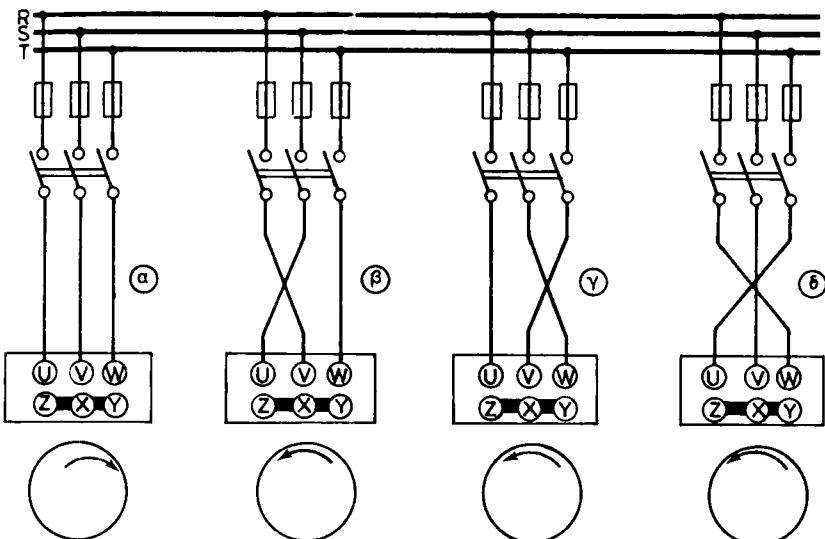
$$n_{s_1} = \frac{f}{p_1} = \frac{50}{4} \text{ στρ/s} \quad \text{ή} \quad \frac{3000}{4} = 750 \text{ στρ/min}$$

$$n_{s_2} = \frac{f}{p_2} = \frac{50}{3} \text{ στρ/s} \quad \text{ή} \quad \frac{3000}{3} = 1000 \text{ στρ/min}$$

8.14 Αλλαγή της φοράς περιστροφής.

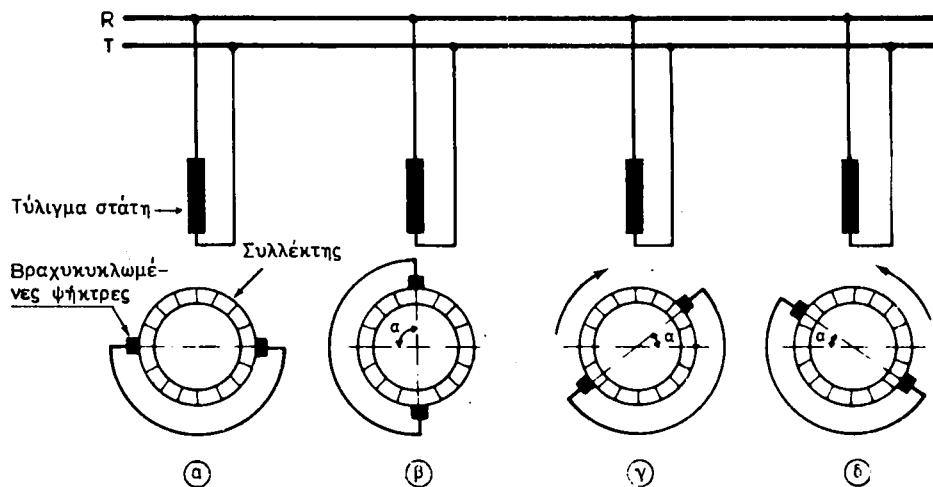
Η φορά περιστροφής ενός ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα, όπως εξηγήσαμε στην παράγραφο 8.3, είναι η ίδια με τη φορά περιστροφής του μαγνητικού πεδίου του στάτη. Για να αλλάξουμε τη φορά περιστροφής του κινητήρα, πρέπει να αλλάξουμε τη φορά περιστροφής του μαγνητικού πεδίου. Αυτό γίνεται (παράγρ. 7.2) με αντιμετάθεση των συνδέσεων με τους ακροδεκτες σε δυο από τους τρεις αγωγούς τροφοδοτήσεως του κινητήρα.

Αν η αλλαγή της φοράς περιστροφής πρέπει να γίνει μια μόνο φορά, τότε η παραπάνω αντιμετάθεση των αγωγών γίνεται στο κιβώτιο των ακροδεκτών του κινητήρα, όπως δείχνει το σχήμα 8.14α. Οποιαδήποτε από τις συνδεσμολογίες β, γ, δ



Σχ. 8.14α.

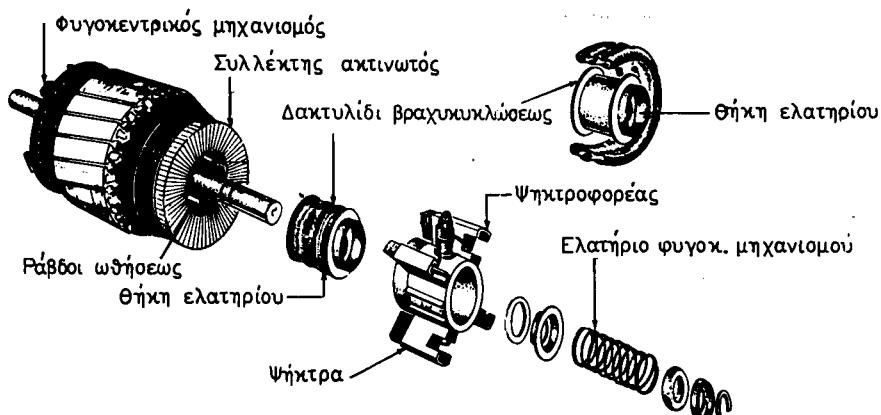
Αλλαγή της φοράς περιστροφής ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα.



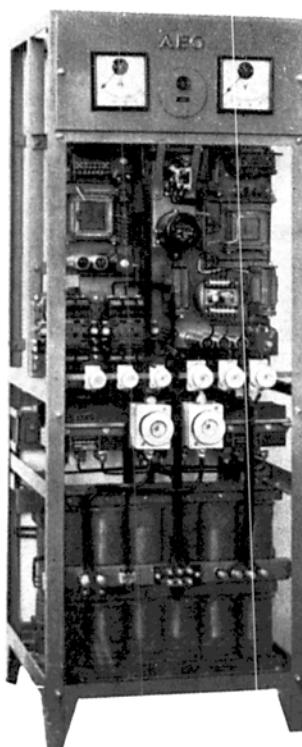
Σχ. 10.4a.
Κινητήρας αντιδράσεως.

τίο είναι ενδεχόμενο να καταστραφεί ο κινητήρας από υπερβολική ταχύτητα περιστροφής. Στο κανονικό φορτίο είναι δυνατό να πετύχομε ρύθμιση στροφών, με τον τρόπο που αναφέραμε, μεταξύ 60% και 130% του ονομαστικού αριθμού στροφών.

Στους κινητήρες αντιδράσεως χρησιμοποιείται η μέθοδος της απευθείας εκκινήσεως επειδή έχουν μικρή ένταση εκκινήσεως και μάλιστα με σχετικά μεγάλη ροπή. Ο συντελεστής ισχύος στη λειτουργία με το κανονικό φορτίο είναι μικρότερος από τους μονοφασικούς κινητήρες σειράς. Οι κινητήρες αντιδράσεως που περιγράψαμε



Σχ. 10.4b.
Δρομέας κινητήρα αντιδράσεως με σύστημα ανυψώσεως των ψηκτρών.



Σχ. 11.7δ.

Ανορθωτική μονάδα σεληνίου 96V,120A για φόρτιση συσσωρευτών.

τών σεληνίου είναι 85 ως 90%. Οι ανορθωτές σεληνίου χρησιμοποιούνται είτε για μικρές εντάσεις και μεγάλες τάσεις (μέχρι 100 kV) είτε για χαμηλές τάσεις (μέχρι 250 V) και μεγάλες εντάσεις (σχ. 11.7δ).

β) Ανορθωτές γερμανίου και πυριτίου.

Τα ανορθωτικά στοιχεία γερμανίου και πυριτίου αποτελούνται από ένα λεπτό δίσκο από γερμάνιο (germanium) ή πυρίτιο (silicon) επάνω στον οποίο έχει τοποθετηθεί με τήξη ένα άλλο κατάλληλο υλικό (ίνδιο για το γερμάνιο, αλουμίνιο για το πυριτίο). Στην ένωση των δύο υλικών σχηματίζεται από τη σύντηξή τους στρώση που αποτελείται και από τα δυο υλικά. Η στρώση αυτή, που είναι εδώ η στρώση φραγμού, έχει ιδιότητες ηλεκτρικής βαλβίδας. Η αντιστασή της κατά τη μια διεύθυνση είναι 5000 φορές μεγαλύτερη από την αντίθετη. Έτσι σ' αυτά τα ανορθωτικά στοιχεία το αρνητικό ρεύμα είναι πολύ μικρότερο από ό,τι είναι στα στοιχεία σεληνίου.

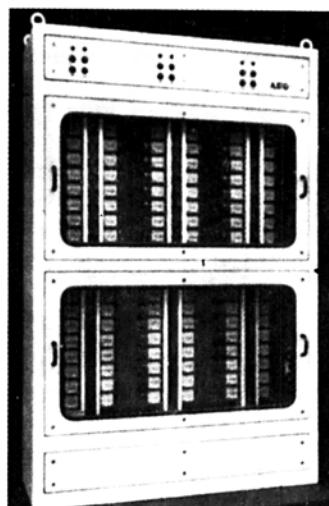
Η επιτρεπόμενη τάση λειτουργίας (ενδεικνύμενη τιμή) στα ανορθωτικά στοιχεία γερμανίου είναι 160 V, ενώ στα στοιχεία πυριτίου 380 V περίπου για κάθε στοιχείο. Η επιτρεπόμενη ένταση φορτίσεως στο γερμάνιο και πυρίτιο φθάνει σε 50 ως 150 A/cm², δηλαδή είναι μεγαλύτερη κατά 1000 φορές περίπου από τα στοιχεία σεληνίου. Στους ανορθωτές γερμανίου και πυριτίου για τάσεις πάνω από 100 V ο βαθμός αποδόσεως περνά το 95%.

Αυτά τα ανορθωτικά στοιχεία (σχ. 11.7ε) μπορούμε να τα χρησιμοποιήσουμε και



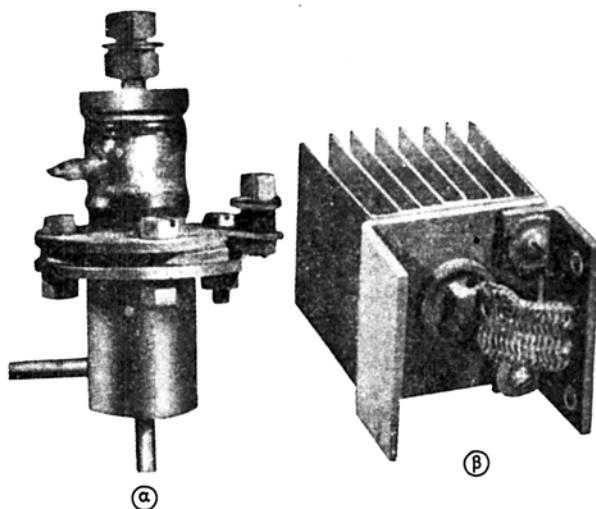
Σχ. 11.7ε.

Ανορθωτικό στοιχείο πυριτίου 100A.



Σχ. 11.7στ.

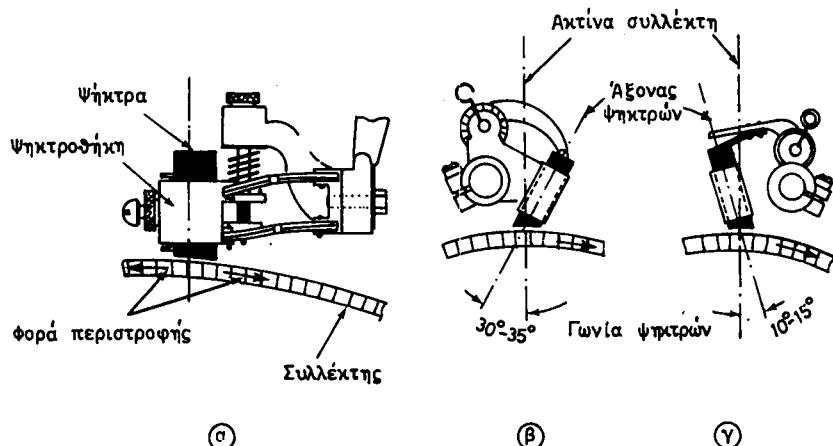
Ανορθωτική μονάδα πυριτίου (ψύξη με νερό).



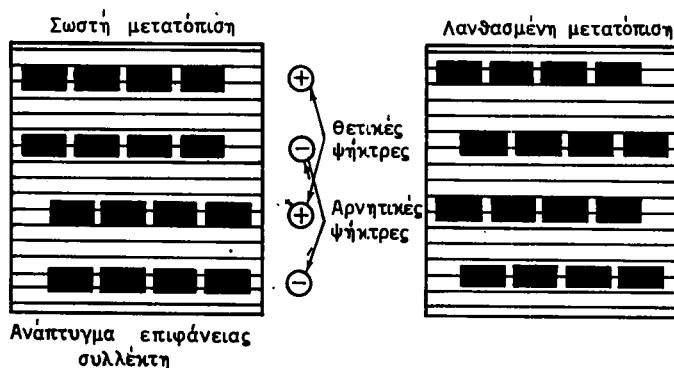
Σχ. 11.7ζ.

Ανορθωτικά στοιχεία γερμανίου 150A. α) Ψύξη με νερό. β) Ψύξη με αέρα.

για μεγάλες ισχείς. Ένα μειονέκτημα που παρουσιάζουν είναι η μεγάλη ευαισθησία τους στη θερμότητα. Η οριακή θερμοκρασία στα στοιχεία γερμανίου είναι μόνο 65° C ενώ στους ανορθωτές πυριτίου είναι 140° C. Επίσης, λόγω των μικρών διαστάσεων των στοιχείων η θερμοχωρητικότητά τους είναι μικρή, με συνέπεια σε μια υπερφόρτιση η θερμοκρασία τους να ανεβαίνει γρήγορα. Για τους λόγους αυτούς, τα στοιχεία είναι εφοδιασμένα με ψυκτικά σώματα για να ψύχονται με εξαναγκασμένη κυκλοφορία του αέρα ή ψύχονται με κυκλοφορία νερού (σχ. 11.7ζ). Επίσης, οι αντίστοιχοι ανορθωτές είναι εφοδιασμένοι με αυτόματες διατάξεις για τη γρήγορη διακοπή της τροφοδοτήσεως σε περίπτωση ανυψώσεως της θερμοκρασίας.



Σχ. 12.2δ.
Γωνίες ψηκτρών.

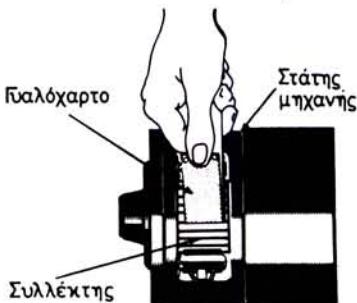


Σχ. 12.2ε.
Σωστή και λανθασμένη μετατόπιση ψηκτρών.

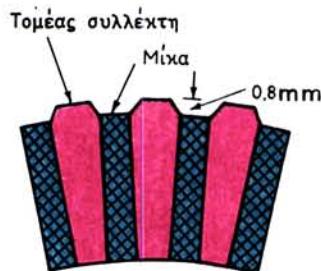
ομοιόμορφη φθορά του συλλέκτη. Το σχήμα 12.2ε εξηγεί ποιά είναι η σωστή και ποιά η λανθασμένη μετατόπιση των ψηκτρών.

Η πίεση, με την οποία το ελατήριο πιέζει την ψήκτρα επάνω στο συλλέκτη ή το δακτυλίδιο επηρεάζει επίσης την καλή λειτουργία της μηχανής και πρέπει να ελέγχεται με ιτροσοχή κατά τη συντήρηση. Υπερβολικά μεγάλη πίεση έχει σαν αποτέλεσμα τη γρήγορη φθορά τόσο του συλλέκτη όσο και των ψηκτρών, ενώ πίεση μικρότερη από την κανονική έχει σαν αποτέλεσμα σπινθηρισμούς και επομένως πάλι φθορά (κάψιμο) του συλλέκτη ή του δακτυλιδιού και των ψηκτρών.

Η μέτρηση της πιέσεως γίνεται, όπως δείχνει το σχήμα 12.2στ, με τη βοήθεια **δυναμόμετρου**. Η ανάγνωση γίνεται τη στιγμή που το δυναμόμετρο μόλις αναση-



Σχ. 12.2η.
Καθάρισμα συλλέκτη.



Σχ. 12.2θ.
Τμήμα συλλέκτη.

μηχανή να εργασθεί για ορισμένο διάστημα χωρίς φορτίο για να έχομε τελείως «γυαλισμένη» την επιφάνεια του συλλέκτη.

Εδώ πρέπει να τονίσουμε ότι για το καθάρισμα του συλλέκτη δεν πρέπει να χρησιμοποιούμε σμυριδόπανο, λιπαντικό λάδι, βενζίνη ή άλλο αναφλέξιμο υγρό.

Αν οι ανωμαλίες του συλλέκτη είναι σημαντικές, όπως όταν υπάρχει εκκεντρότητα, προεξέχοντες τομείς, προεξέχοντα τεμάχια μίκας, αυλάκια (που δημιουργούνται συνήθως από τη μη σωστή μετατόπιση των θετικών και αρνητικών ψηκτρών) κλπ., τότε πρέπει να αφαιρεθούν οι ανωμαλίες αυτές στον τόρνο, αφού εξαλειφθεί και η αιτία που τις προκάλεσε.

Μετά το τορνίρισμα, με κατάλληλο εργαλείο, π.χ. με λάμα από σιδηροπρίονο, αφαιρούμε τμήμα της μίκας, ώστε η επιφάνεια της να βρίσκεται περίπου 0,8 mm κάτω από την επιφάνεια του συλλέκτη. Επίσης, αν χρειάζεται, στρογγυλεύομε (σπάζομε) τις γωνίες των τομέων του συλλέκτη, όπως φαίνεται στο σχήμα 12.2θ. Γελος «γυαλίζομε» την επιφάνεια του συλλέκτη με τη διαδικασία που αναφέραμε.

Για δακτυλίδια των μηχανών παρουσιάζουν πολύ λιγότερες περιπτώσεις ανωμαλιών από τους συλλέκτες. Συνήθως έχουν ανάγκη από καθάρισμα. Σε περιπτώσεις εξαιρετικής φθοράς ή σχηματισμού αυλακιών χρειάζονται τορνίρισμα. Κατά τη συντήρηση των δακτυλίδιών πρέπει να ελέγχονται και οι συνδέσεις των αγωγών με τα δακτυλίδια καθώς και η κατάσταση στην οποία βρίσκεται η μόνωση των δακτυλίδιών και των αγωγών.

ε) Συντήρηση μετασχηματιστών.

Για την καλή συντήρηση των μετασχηματιστών, πρέπει να εκτελούνται οι ακόλουθες εργασίες:

– Καθάρισμα.

Να γίνεται περιοδικό καθάρισμα των εξωτερικών μερών του μετασχηματιστή και κυρίως του καλύμματος του λέβητα και των μονωτήρων διαβάσεως που βρίσκονται επάνω σ' αυτό (σχ. 12.2ι).

Η εργασία εκτελείται αφού προηγουμένως διακοπεί το ρεύμα, δηλαδή αφού ανοίξουμε τους διακόπτες, τόσο στην πλευρά της υψηλής τάσεως όσο και στην πλευρά της χαμηλής τάσεως.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Είδη ηλεκτρικών μηχανών	1
1.2 Πεδία εφαρμογής των ηλεκτρικών μηχανών	2

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

Ηλεκτρικές μηχανές συνεχούς ρεύματος

2.1 Αρχή λειτουργίας των γεννητριών συνεχούς ρεύματος	4
2.1.1 Ηλεκτρεγερτική δύναμη σε κινούμενο αγωγό	4
2.1.2 Ηλεκτρεγερτική δύναμη σε πείρα (στοιχειώδης γεννήτρια)	6
2.1.3 Παραγωγή εναλλασσόμενου ρεύματος	9
2.1.4 Μετατροπή του παραγόμενου ρεύματος σε συνεχές	10
2.2 Αρχή λειτουργίας των κινητήρων συνεχούς ρεύματος	12
2.2.1 Δύναμη ασκούμενη σε ρευματοφόρο αγωγό	12
2.2.2 Ροπή ασκούμενη σε ρευματοφόρα σπείρα (στοιχειώδης κινητήρας)	13
2.3 Αντιλεκτρεγερτική δύναμη	14
2.4 Δυνάμεις πεδήσεως στις γεννήτριες	15
2.5 Κατασκευή των μηχανών συνεχούς ρεύματος	16
2.6 Διέγερση των μηχανών συνεχούς ρεύματος	20
2.7 Τυλίγματα μηχανών συνεχούς ρεύματος	21
2.8 Ανακεφαλαίωση	28

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

Γεννήτριες συνεχούς ρεύματος

3.1 Λειτουργία γεννήτριας χωρίς φορτίο	30
3.2 Λειτουργία γεννήτριας με φορτίο	32
3.2.1 Αντίδραση του επαγωγικού τυμπάνου και τρόποι αντιμετωπίσεώς της	33
3.3 Είδη γεννητριών συνεχούς ρεύματος	36
3.3.1 Γεννήτριες με ξένη διέγερση	36
3.3.2 Γεννήτριες με παράλληλη διέγερση	38
3.3.3 Γεννήτριες με διέγερση σειράς	41
3.3.4 Γεννήτριες με σύνθετη διέγερση	41
3.4 Παράλληλη λειτουργία γεννητριών συνεχούς ρεύματος	45
3.5 Ισχύς, απώλειες, βαθμός αποδόσεως γεννητριών	46
3.6 Βλάβες και επισκευή γεννητριών συνεχούς ρεύματος	48
3.7 Ανακεφαλαίωση	50

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

Κινητήρες συνεχούς ρεύματος

4.1	Εκκίνηση κινητήρων συνεχούς ρεύματος	53
4.1.1	Αντιηλεκτρεγερτική δύναμη κινητήρα	53
4.1.2	Ένταση εκκινήσεως – Εκκινητές	54
4.2	Ροπή των κινητήρων συνεχούς ρεύματος	59
4.3	Λειτουργία κινητήρων με φορτίο	59
4.3.1	Αντίδραση του επαγγελματικού τυμπάνου	61
4.4	Ταχύτητα περιστροφής των κινητήρων	62
4.5	Ειδή κινητήρων συνεχούς ρεύματος	63
4.5.1	Κινητήρες με ξένη διέγερση	63
4.5.2	Κινητήρες με παράλληλη διέγερση	63
4.5.3	Κινητήρες με διέγερση σειράς	65
4.5.4	Κινητήρες με σύνθετη διέγερση	67
4.6	Μέθοδοι ρυθμίσεως της ταχύτητας περιστροφής κινητήρων συνεχούς ρεύματος	69
4.7	Ισχύς, απώλειες, βαθμός αποδόσεως κινητήρων συνεχούς ρεύματος	74
4.8	Βλάβες και επισκευή κινητήρων συνεχούς ρεύματος	75
4.9	Ανακεφαλαίωση	79

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

Γεννήτερες εναλλασσόμενου ρεύματος

5.1	Είδη και χρήση γεννητηριών εναλλασσόμενου ρεύματος	82
5.2	Κατασκευή συγχρόνων γεννητηριών ή εναλλακτήρων	83
5.2.1	Εναλλακτήρες με εξωτερικούς πόλους	83
5.2.2	Εναλλακτήρες με εσωτερικούς πόλους	84
5.2.3	Στροβιλοεναλλακτήρες	90
5.3	Ψύξη των εναλλακτήρων	91
5.4	Παραγωγή εναλλασσόμενου ρεύματος	92
5.4.1	Αρχή λειτουργίας των εναλλακτήρων	92
5.4.2	Συχνότητα και ταχύτητα περιστροφής	94
5.5	Μονοφασικοί εναλλακτήρες	96
5.6	Τριφασικοί εναλλακτήρες	97
5.7	Τιμή ηλεκτρεγερτικής δυνάμεως εναλλακτήρα	100
5.8	Μέθοδοι για ρύθμιση της ηλεκτρεγερτικής δυνάμεως εναλλακτήρα	101
5.9	Λειτουργία εναλλακτήρα χωρίς φορτίο	103
5.10	Λειτουργία εναλλακτήρων με φορτίο	104
5.10.1	Χαρακτηριστική φορτίου – Διακύμανση τάσεως	104
5.10.2	Ρύθμιση της τάσεως του εναλλακτήρα	106
5.11	Θέση σε λειτουργία εναλλακτήρα	108
5.11.1	Προκαταρκτικές εργασίες και μέτρα ασφάλειας	108
5.11.2	Εκκίνηση και παραγωγή ονομαστικής τάσεως	108
5.11.3	Συνδεση με καταναλωτές – Διόρθωση τάσεως	108
5.11.4	Σταμάτημα εναλλακτήρα	110
5.12	Παράλληλη λειτουργία εναλλακτήρων	110
5.12.1	Λόγοι που την επιβάλλουν	110
5.12.2	Συνθήκες παραλληλισμού	110
5.12.3	Περιγραφή εγκαταστάσεως παραλληλισμού	113
5.12.4	Παραλληλισμός εναλλακτήρων	115
5.12.5	Κατανομή του φορτίου	115
5.13	Χαρακτηριστικά στοιχεία εναλλακτήρων	117
5.14	Ισχύς, απώλειες και βαθμός αποδόσεως εναλλακτήρα	118
5.15	Βλάβες και επισκευή γεννητηριών Ε.Ρ.	120
5.16	Ανακεφαλαίωση	121

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ

Μετασχηματιστές

6.1	Χρήση και είδη μετασχηματιστών	125
6.2	Κατασκευή μονοφασικών μετασχηματιστών	127
6.3	Κατασκευή τριφασικών μετασχηματιστών	131
6.4	Ψύξη μετασχηματιστών	133
6.5	Αρχή λειτουργίας μετασχηματιστών	135
6.5.1	Αρχή λειτουργίας μονοφασικών μετασχηματιστών	135
6.5.2	Αρχή λειτουργίας τριφασικών μετασχηματιστών	138
6.6	Λειτουργία των μετασχηματιστών χωρίς φορτίο - Σχέση μεταφοράς	139
6.7	Λειτουργία μετασχηματιστών με φορτίο	140
6.7.1	Φόρτιση μετασχηματιστή	140
6.7.2	Σχέσεις μεταξύ εντάσεων και τάσεων	141
6.7.3	Χαρακτηριστική φορτίου – Πτώση τάσεων	143
6.7.4	Τάση βραχυκυκλώσεως	144
6.8	Συνδεσμολογία των τυλιγμάτων μετασχηματιστών	146
6.8.1	Συνδεσμολογία των τυλιγμάτων μονοφασικών μετασχηματιστών	146
6.8.2	Συνδεσμολογία των τυλιγμάτων τριφασικών μετασχηματιστών	149
6.8.3	Κατάταξη των τριφασικών μετασχηματιστών σε ομάδες	153
6.9	Παράλληλη λειτουργία μετασχηματιστών	155
6.10	Αυτομετασχηματιστές	157
6.11	Χαρακτηριστικά στοιχεία των μετασχηματιστών	159
6.12	Ισχύς, απώλεις και βαθμός αποδόσεως μετασχηματιστών	161
6.13	Βλάβες και επισκευές μετασχηματιστών	163
6.14	Ανακεφαλαίωση	164

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ

Κινητήρες εναλλασσόμενου ρεύματος, σύγχρονοι κινητήρες

7.1	Είδη και τύποι κινητήρων εναλλασσόμενου ρεύματος	167
7.2	Περιστρεφόμενα μαγνητικά πεδία. Σύγχρονη ταχύτητα	168
7.3	Τυλίγματα μηχανών εναλλασσόμενου ρεύματος	170
7.4	Κατασκευή των σύγχρονων κινητήρων	179
7.5	Αρχή λειτουργίας των σύγχρονων τριφασικών κινητήρων	180
7.6	Εκκίνηση των σύγχρονων κινητήρων	182
7.7	Λειτουργία των σύγχρονων κινητήρων	183
7.8	Χρήση των σύγχρονων κινητήρων	184
7.9	Βλάβες και επισκευή σύγχρονων κινητήρων	186
7.10	Ανακεφαλαίωση	188

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΟΓΔΟΟ

Ασύγχρονοι τριφασικοί κινητήρες

8.1	Είδη ασύγχρονων τριφασικών κινητήρων	191
8.2	Κατασκευή των ασύγχρονων τριφασικών κινητήρων	191
8.2.1	Κινητήρες με βραχυκυκλωμένο δρομέα	191
8.2.2	Κινητήρες με δακτυλίδια	194
8.3	Αρχή λειτουργίας ασύγχρονων τριφασικών κινητήρων	196
8.4	Διολίσθηση	197
8.5	Τάση και ένταση του δρομέα	198
8.6	Ροπή των ασύγχρονων τριφασικών κινητήρων	202
8.7	Ισχύς ασύγχρονου κινητήρα	205

8.8 Τάση λειτουργίας ασύγχρονων τριφασικών κινητήρων	207
8.9 Εκκίνηση τριφασικών κινητήρων βραχυκυκλωμένου δρομέα	208
8.10 Κινητήρες διπλού κλωβού	214
8.11 Κινητήρες με βαθιά αυλάκια	216
8.12 Εκκίνηση κινητήρων με δακτυλίδια	217
8.13 Ρύθμιση της ταχύτητας στους ασύγχρονους τριφασικούς κινητήρες	219
8.14 Άλλαγή της φοράς περιστροφής	225
8.15 Απώλειες, βαθμός αποδόσεως και συντελεστής ισχύος	226
8.16 Χαρακτηριστικά στοιχεία των ασύγχρονων τριφασικών κινητήρων	230
8.17 Μεταβολή της τάσεως και της συχνότητας του δικτύου ηλεκτροδοτήσεως	231
8.18 Χρήσεις των ασύγχρονων τριφασικών κινητήρων	232
8.19 Βλάβες και επισκευή ασύγχρονων τριφασικών κινητήρων	233
8.20 Ανακεφαλαίωση	235

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΑΤΟ

Ασύγχρονοι μονοφασικοί κινητήρες

9.1 Γενικά	239
9.2 Μονοφασικοί κινητήρες αντιστάσεως	240
9.3 Μονοφασικοί κινητήρες με πυκνωτή	241
9.4 Μονοφασικοί κινητήρες με βραχυκυκλωμένες σπείρες στο στάτη	243
9.5 Ισχύς μονοφασικού κινητήρα	244
9.6 Βλάβες και επισκευή ασύγχρονων μονοφασικών κινητήρων	244
9.7 Λειτουργία τριφασικών κινητήρων ως μονοφασικών	246
9.8 Ανακεφαλαίωση	248

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΚΑΤΟ

Κινητήρες εναλλασσομένου ρεύματος με συλλέκτη

10.1 Γενικά	249
10.2 Μονοφασικοί κινητήρες σειράς	249
10.3 Κινητήρες Γιουνιβέρσαλ (Universal)	251
10.4 Κινητήρες αντιδράσεως	253
10.5 Βλάβες και επισκευή μονοφασικών κινητήρων με συλλέκτη	256
10.6 Τριφασικοί κινητήρες σειράς χαμηλής και υψηλής τάσεως	258
10.7 Τριφασικοί κινητήρες διακλαδώσεως, με τροφοδότηση από το στάτη	260
10.8 Τριφασικοί κινητήρες διακλαδώσεως με τροφοδότηση από το δρομέα	261
10.9 Βλάβες και επισκευή τριφασικών κινητήρων με συλλέκτη	263
10.10 Ανακεφαλαίωση	263

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΔΕΚΑΤΟ

Μετατροπές – Ανορθωτές

11.1 Γενικά	265
11.2 Ζεύγος κινητήρα - γεννήτριας	265
11.3 Στρεφόμενος μετατροπέας	266
11.4 Ανορθωτικά στοιχεία – Ηλεκτρική βαλβίδα	269
11.5 Ανορθωτικές διατάξεις μονοφασικές	269
11.6 Ανορθωτικές διατάξεις τριφασικές	272
11.7 Ανορθωτές με ημιαγωγούς	274
11.8 Ανορθωτές υδραργύρου. Μονοφασικοί και τριφασικοί	280
11.9 Ανορθωτές υδραργύρου με μεταλλική λυχνία	283
11.10 Ρύθμιση της τάσεως των ανορθωτών υδραργύρου	284
11.11 Ανορθωτές θερμής καθόδου	287