



ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΤΟΥ ΤΕΧΝΙΚΟΥ
ΗΛΕΚΤΡΙΚΑΙ ΜΗΧΑΝΑΙ
ΤΟΜΟΣ Β'
ΜΗΧΑΝΑΙ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ



1954

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ
ΧΡΥΣΟΥΝ ΜΕΤΑΛΛΙΟΝ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΤΟΥ ΤΕΧΝΙΚΟΥ

- 1.— *Μαθηματικά A', B'*
- 2.— *Φυσική A', B'*
- 3.— *Χημεία*
- 4.— *Μηχανική A', B', Γ'*
- 5.— *Μηχανουργική Τεχνολογία A', B'*
- 6.— *Ηλεκτρολογία A', B', Γ'*
- 7.— *Ραδιοτεχνία A', B'*
- 8.— *Εισαγωγή στήν Τεχνική τῆς Τηλεφωνίας*
- 9.— *Ηλεκτρολογία Μηχανολόγου*
- 10.— *Έργα στηριακοί Ασκήσεις Ηλεκτρολογίας*
- 11.— *Έφηρμοσμένη Ηλεκτροχημεία*
- 12.— *Κινητήριαι Μηχαναι A', B'*
- 13.— *Στοιχεῖα Μηχανῶν*
- 14.— *Δομικά Υλικά A', B'*
- 15.— *Γενική Δομική A', B', Γ'*
- 16.— *Οικοδομική A', B', Γ', Δ'*
- 17.— *Υδραυλικά Έργα A', B'*
- 18.— *Συγκοινωνιακά Έργα A', B', Γ'*
- 19.— *Τοπογραφία*
- 20.— *Οικοδομικαὶ Σχεδιάσεις*
- 21.— *Σχεδιάσεις Τεχνικῶν Έργων*
- 22.— *Όργανωσις - Διοίκησις Έργων*
- 23.— *Τεχνικὸν Σχέδιον*
- 24.— *Τεχνολογία Αὐτοκινήτου A', B'*
- 25.— *Μεταλλογνωσία*
- 26.— *Κλιματισμὸς*
- 27.— *Άνυψωτικὰ Μηχανήματα*

‘Ο Εύγενιος Εύγενιδης, ιδρυτής και χορηγός του «΄Ιδρυματος Εύγενιδου» προείδεν ένωρίτατα και έσχημάτισε τὴν βαθεῖαν πεποίθησιν, ότι ἀναγκαῖον παράγοντα διὰ τὴν πρόοδον τοῦ ἔθνους θὰ ἀπετέλει ἡ ἀρτία κατάρτισις τῶν τεχνικῶν μας ἐν συνδυασμῷ πρὸς τὴν ἡθικὴν ἀγωγὴν αὐτῶν.

Τὴν πεποίθησίν του αὐτὴν τὴν μετέτρεψεν εἰς γενναιόφρονα πρᾶξιν εὐδεργεσίας, δταν ἐκληροδότησε σεβαστὸν ποσὸν διὰ τὴν σύστασιν ‘Ιδρυματος, ποὺ θὰ είχε σκοπὸν νὰ συμβάλῃ εἰς τὴν τεχνικὴν ἐκπαίδευσιν τῶν νέων τῆς Ελλάδος.

Διὰ τοῦ Β. Διατάγματος τῆς 10ης Φεβρουαρίου 1956, συνεστήθη τὸ ‘Ιδρυμα Εύγενιδου καὶ κατὰ τὴν ἐπιθυμίαν τοῦ διαθέτου ἐτέθη ὑπὸ τὴν διοίκησιν τῆς ἀδελφῆς του Κυρίας Μαρ. Σίμου. Ἀπὸ τὴν στιγμὴν ἐκείνην ἥρχισαν πραγματοποιούμενοι οἱ σκοποὶ ποὺ ὠραματίσθη ὁ Εύγενιος Εύγενιδης καὶ συγχρόνως ἡ πλήρωσις μιᾶς ἀπὸ τὰς βασικωτέρας ἀνάγκας τοῦ ἔθνικοῦ μας βίου.

* * *

Κατὰ τὴν κλιμάκωσιν τῶν σκοπῶν του, τὸ ‘Ιδρυμα προέταξε τὴν ἔκδοσιν τεχνικῶν βιβλίων τόσον διὰ λόγους θεωρητικοὺς δσον καὶ πρακτικούς. Ἐκριθη, πράγματι, ότι ἀπετέλει πρωταρχικὴν ἀνάγκην ὁ ἐφοδιασμὸς τῶν μαθητῶν μὲ σειρὰς βιβλίων, αἱ ὅποιαι θὰ ἔθετον ὅρθὰ θεμέλια εἰς τὴν παιδείαν των καὶ αἱ ὅποιαι θὰ ἀπετέλουν συγχρόνως πολύτιμον βιβλιοθήκην διὰ κάθε τεχνικού.

Τὸ δλον ἔργον ἥρχισε μὲ τὴν ὑποστήριξιν τοῦ ‘Υπουργείου Βιομηχανίας, τότε ἀρμοδίου διὰ τὴν τεχνικὴν ἐκπαίδευσιν, καὶ συνεχίζεται ἡδη μὲ τὴν ἔγκρισιν καὶ τὴν συνεργασίαν τοῦ ‘Υπουργείου Ἐθνικῆς Παιδείας, βάσει τοῦ Νομοθετικοῦ Διατάγματος 3970/1959.

Αἱ ἔκδόσεις τοῦ ‘Ιδρυματος διαιροῦνται εἰς τὰς ἀκολούθους βασικὰς σειράς, αἱ ὅποιαι φέρουν τοὺς τίτλους:

«Βιβλιοθήκη τοῦ Τεχνίτη», «Βιβλιοθήκη τοῦ Τεχνικοῦ», «Βιβλιοθήκη τοῦ Τεχνικοῦ βοηθοῦ Χημικοῦ», «Τεχνικὴ Βιβλιοθήκη».

Ἐξ αὐτῶν ἡ πρώτη περιλαμβάνει τὰ βιβλία τῶν Σχολῶν Τεχνιτῶν,

ἡ δευτέρα τὰ βιβλία τῶν Μέσων Τεχνικῶν Σχολῶν, ἡ τρίτη τῶν Σχολῶν Τεχνικῶν βοηθῶν Χημικῶν, ἡ τετάρτη τὰ βιβλία τὰ προοριζόμενα διὰ τὰς ἀνωτέρας Τεχνικὰς Σχολὰς (ΚΑΤΕ, ΣΕΛΕΤΕ, Σχολὴ Ὑπομηχανικῶν). Παραλλήλως, ἀπὸ τοῦ 1966 τὸ "Ιδρυμα ἀνέλαβε καὶ τὴν ἐκδοσιν βιβλίων διὰ τὰς Δημοσίας Σχολὰς Ε.Ν.

Αἱ σειραὶ αὗται θὰ ἐμπλουτισθοῦν καὶ μὲ βιβλία εὐρυτέρου τεχνικοῦ ἐνδιαφέροντος χρήσιμα κατὰ τὴν ἀσκησιν τοῦ ἐπαγγέλματος.

* * *

Οἱ συγγραφεῖς καὶ ἡ Ἐπιτροπὴ ἐκδόσεων τοῦ Ἰδρύματος καταβάλλονταν κάθε προσπάθειαν, ὥστε τὰ βιβλία νὰ εἰναι ἐπιστημονικῶς ἀρτιαίαλλὰ καὶ προσηρμοσμένα εἰς τὰς ἀνάγκας καὶ τὰς δυνατότητας τῶν μαθητῶν. Δι' αὐτὸ καὶ τὰ βιβλία αὗτα ἔχουν γραφῆ εἰς ἀπλῆν γλώσσαν καὶ ἀνάλογον πρὸς τὴν στάθμην τῆς ἐκπαίδευσεως δι' ἣν προορίζεται ἐκάστη σειρὰ τῶν βιβλίων. Ἡ τιμὴ των ὠρίσθη τόσον χαμηλή, ὥστε νὰ εἰναι προσιτὰ καὶ εἰς τοὺς ἀπόρους μαθητάς.

Οὕτω προσφέρονται εἰς τὸ εὐρύ κοινὸν τῶν καθηγητῶν καὶ τῶν μαθητῶν τῆς τεχνικῆς μας παιδείας αἱ ἐκδόσεις τοῦ Ἰδρύματος, τῶν δοπίων ἡ συμβολὴ εἰς τὴν πραγματοποίησιν τοῦ σκοποῦ τοῦ Εὐγενίου Εὐγενίδου ἐλπίζεται νὰ εἰναι μεγάλη.

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΕΚΔΟΣΕΩΝ ΙΑΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

Ἀλέξανδρος Ι. Παππᾶς, Ὁμ. Καθηγητὴς ΕΜΠ, Πρόεδρος
Χρυσόστομος Φ. Καβουνίδης, Διπλ. - Μηχ. - Ήλ. ΕΜΠ, Διοικητὴς Ο.Τ.Ε., Ἀντι-
πρόεδρος
Μιχαὴλ Γ. Ἀγγελόπουλος, Τακτικὸς Καθηγητὴς ΕΜΠ, Διοικητὴς ΔΕΗ
Παναγιώτης Χατζηιωάννου, Μηχ. - Ήλ. ΕΜΠ, Γεν. Δ/ντης Ἐπαγκῆς Ἐκπ. Ὑπ.
Παιδείας
Ἐπιστημ. Σύμβουλος, Γ. Ροδοσσός, Χημ. - Μηχ. ΕΜΠ
Σύμβουλος ἐπὶ τῶν ἐκδόσεων τοῦ Ἰδρύματος, Κ. Α. Μανάφης, Μόν. Ἐπικ. Κα-
θηγητὴς Παν/μίου Ἀθηνῶν
Γραμματεὺς, Δ. Π. Μεγαρίτης

Διατελέσαντα μέλη ἡ σύμβουλοι τῆς Ἐπιτροπῆς

Γεώργιος Κακριδῆς † (1955 - 1959) Καθηγητὴς ΕΜΠ, Ἀγγελος Καλο-
γερᾶς † (1957 - 1970) Καθηγητὴς ΕΜΠ, Δημήτριος Νιάνιας (1957 - 1965)
Καθηγητὴς ΕΜΠ, Μιχαὴλ Σπετσιέρης (1956 - 1959), Νικόλαος Βασιώ-
της (1960 - 1967)

I ΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΤΟΥ ΤΕΧΝΙΚΟΥ

ΣΠΥΡΙΔΩΝΟΣ ΝΙΚ. ΒΑΣΙΛΑΚΟΠΟΥΛΟΥ
ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΥ - ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΟΥ
ΔΙΠΛΩΜΑΤΟΥΧΟΥ Ε.Μ.Π.

ΗΛΕΚΤΡΙΚΑΙ ΜΗΧΑΝΑΙ

ΤΟΜΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟΣ

ΜΗΧΑΝΑΙ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

Α ΘΗΝΑΙ

1976





1954

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Τὸ ἀνὰ χεῖρας βιβλίον ἀποτελεῖ τὸν Β' τόμον τῶν Ἡλεκτρικῶν Μηχανῶν εἰς τὴν σεράν τῶν ἑκδόσεων «Βιβλιοθήκη τοῦ Τεχνικοῦ τοῦ Ἰδρύματος Εὐγενίδου, καὶ περιλαμβάνει τὰς Μηχανὰς Ἐναλλασσομένου Ρεύματος. Κατὰ τὴν διατραγμάτευσιν τοῦ θέματος, καὶ δοσάκις ἀπαιτεῖται, γίνεται παραπομπὴ εἰς τὸν Α' τόμον τῶν Ἡλεκτρικῶν Μηχανῶν τῆς Ιδίας σειρᾶς ἑκδόσεων (Μηχαναὶ Συνεχοῦς Ρεύματος), πρὸς ἀποφυγὴν ἐπεξηγήσεως γνωστῶν ἥδη ἐννοιῶν. Τὸ αὐτὸν ισχύει καὶ διὰ τὰς θεμελιώδεις ἡλεκτροτεχνικάς ἐννοιας, αἱ ὅποιαι περιλαμβάνονται εἰς τοὺς τρεῖς τόμους τῆς Ἡλεκτρολογίας, τοὺς ἑκδοθέντας ὑπὸ τοῦ Ἰδρύματος.

Τὸ σύστημα μονάδων, τὸ ὅποιον ἔχρησιμοποιήθη εἰς τὸ παρὸν βιβλίον, είναι τὸ Διεθνὲς Σύστημα Μονάδων, τὸ ὅποιον καθιερώθη ἥδη ἐπισήμως ἀπὸ πλειστας χώρας καὶ τὸ ὅποιον ἀκολουθεῖ καὶ τὸ Ἰδρυμα Εὐγενίδου. Εἰς τὴν Εἰσαγωγὴν τοῦ βιβλίου, γίνεται σύντομος ἀνάπτυξις τοῦ συστήματος τούτου, δίδεται δὲ καὶ ἡ σχέσις τῶν μονάδων αὐτοῦ μὲ τὰς μονάδας ἄλλων συστημάτων. Οὕτω διευκολύνεται ἡ ἀπαίτουμένη ἐκ μέρους τῶν σπουδαστῶν τοῦ βιβλίου προσπάθεια διὰ τὴν μετατροπὴν τῶν χρησιμοποιουμένων ὑπὸ ἑτέρων βιβλίων μονάδων ἄλλων συστημάτων.

Ἐκτὸς τῆς Εἰσαγωγῆς τὸ βιβλίον ὑποδιαιρεῖται εἰς 9 κεφάλαια, ἐκ τῶν δόποιών τὸ πρῶτον περιλαμβάνει τὰς γεννητρίας ἐναλλασσομένου ρεύματος καὶ τὸ δεύτερον τοὺς μετασχηματιστάς. Τὸ τρίτον περιλαμβάνει τὰ τυλίγματα στάτου τῶν μηχανῶν ἐναλλασσομένου ρεύματος. Παρὰ τὴν ἀπλότητα τῆς θεωρίας τῶν τυλιγμάτων αὐτῶν, ἡ μεγάλη ποικιλία των, ἡ ὅποια κάθε ὅλο παρὰ ἔξαντλεῖται εἰς τὸ βιβλίον αὐτό, μᾶς ὀδήγησεν εἰς συγγραφὴν ὀλοκλήρου κεφαλαίου. Τὰ κεφάλαια τέταρτον ἔως καὶ ἔβδομον περιλαμβάνουν τὰ κυριώτερα εἶδη κινητήρων ἐναλλασσομένου ρεύματος. Οἱ μετατροπεῖς καὶ ἀνορθωταὶ ἀποτελοῦν τὸ περιεχόμενον τοῦ δύγδου κεφαλαίου. Τέλος τὸ ἔνατον κεφάλαιον περιλαμβάνει τὴν συντήρησιν καὶ τὰς βλάβες τόσον τῶν μηχανῶν συνεχοῦς δσον καὶ τῶν μηχανῶν ἐναλλασσομένου ρεύματος.

Εἰς τὰ ἀνωτέρω κεφάλαια ἐκτὸς τοῦ τελευταίου κατεβλήθη προσπάθεια νὰ δοθοῦν εἰς τὸν σπουδαστὴν καὶ τὸν τεχνικὸν τῆς πράξεως, μετὰ ἀπὸ σύντομον περιγραφὴν τῆς κατασκευῆς ἑκάστης μηχανῆς, αἱ ἀρχαὶ τῆς λειτουργίας τῆς διὰ τῆς χρησιμοποιήσεως ἀπλῶν τύπων, ἡ συμπεριφορά τῆς κατὰ τὴν λειτουργίαν καὶ αἱ λοιπαὶ ιδιότητές της καθὼς καὶ τὰ πλεονεκτήματα ἡ μειονεκτήματα ἑκάστου τύπου μηχανῆς. Οὕτως ὁ μελετητὴς τοῦ βιβλίου θὰ καταστῇ ἰκανὸς νὰ χρησιμοποιῇ ὀρθῶς τὰς μηχανὰς ἐναλλασσομένου ρεύματος καὶ νὰ προβαίνῃ εἰς ὅπλᾶς τουλάχιστον περιπτώσεις εἰς ὀρθὴν ἐκλογὴν αὐτῶν. Ἐπίσης μὲ τὴν βοήθειαν τῶν περιλαμβανομένων εἰς τὸ τελευταίον κεφάλαιον, νὰ μεριμνᾷ διὰ τὴν καλὴν συντήρησιν τῶν μηχανῶν καὶ τὴν ἐπισκευὴν τῶν ἐμφανιζομένων βλαβῶν.

Ὑπολογιστικὰ στοιχεῖα δὲν περιλαμβάνονται εἰς τὸ βιβλίον. Παρὰ ταῦτα

έδόθησαν μερικά στοιχεία διά τὴν μετατροπήν, μόνον εἰς ἀπλᾶς περιπτώσεις, τῶν τυλιγμάτων τῶν μετασχηματιστῶν καὶ τῶν ἡλεκτρικῶν κινητήρων.

Εἰς δτι ἀφορᾶ εἰς τὴν ρύμαισιν καὶ τὸν ἔλεγχον τῶν ἡλεκτρικῶν μηχανῶν περιελήφθησαν εἰς τὸ βιβλίον αὐτὸν αἱ χειροκίνητοι διατάξεις αἱ ἐπεξηγουσαι τὰς βασικὰς ἀρχὰς των. Ἡ ἐκτεταμένη χρησιμοποίησις ὅμως εἰς τὰς συγχρόνους ἐγκαταστάσεις τῶν αὐτομάτων συστημάτων ρυθμίσεως καὶ ἔλεγχου ἐπιβάλλει τὴν ἀνάγκην συγγραφῆς ἐνὸς ειδικοῦ βιβλίου πρὸς τὸν σκοπὸν αὐτόν.

Μεγίστην ίκανοποίησιν τοῦ συγγραφέως θὰ ἀποτελέσῃ τὸ γεγονός, ἐὰν τὸ παρὸν βιβλίον ἀποδειχθῇ ἔνας χρήσιμος κρίκος εἰς τὴν πολύτιμον ἀλυσιν τῶν ἐκδόσεων τοῦ Ἱδρύματος Εὐγενίδου.

’Αθῆναι Μάιος 1972

‘Ο Συγγραφεὺς

Π Ι Ν Α Ξ Π Ε Ρ Ι Ξ Ο Μ Ε Ν Ω Ν

Ε Ι Σ Α Γ Ω Γ Η

0 - 1	Τό διεθνές σύστημα μονάδων	1
0 - 2	Δεκαδικά πολλαπλάσια και ύποπολλαπλάσια	2
0 - 3	"Άλλαι μονάδες	4
0 - 4	Τρόπος γραφής μονάδων και συμβόλων	6

Κ Ε Φ. 1 Γεννήτριαι έναλλασσομένου ρεύματος

1 - 1	Γενικά	7
1 - 2	Τύποι και κατασκευή έναλλακτήρων	7
1 - 3	Ψύξης τῶν έναλλακτήρων	16
1 - 4	'Η ἀρχὴ λειτουργίας τῶν έναλλακτήρων	18
1 - 5	Συχνότης και ταχύτης περιστροφῆς	24
1 - 6	Μονοφασικοί έναλλακτήρες	25
1 - 7	Διφασικοί έναλλακτήρες	27
1 - 8	Τριφασικοί έναλλακτήρες	29
1 - 9	Τιμὴ τῆς ἡλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως έναλλακτῆρος	33
1 - 10	Ρύθμισης τῆς ἡλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως έναλλακτῆρος	34
1 - 11	Λειτουργία έναλλακτῆρος ύπό φορτίον	37
1 - 12	Θέσης εἰς λειτουργίαν έναλλακτῆρος	41
1 - 13	Παράλληλος λειτουργία έναλλακτήρων	43
1 - 14	Χαρακτηριστικά στοιχεία έναλλακτήρων	52
1 - 15	'Απώλειαι και βαθμὸς διποδόσεως έναλλακτῆρος	54
1 - 16	'Ανακεφαλαίωσις	56
1 - 17	'Ερωτήσεις	60
1 - 18	Προβλήματα και ὀσκήσεις	61

Κ Ε Φ. 2

Μετασχηματισταὶ

2 - 1	Χρῆσις και εἶδη μετασχηματιστῶν	63
2 - 2	Κατασκευὴ μετασχηματιστῶν	65
2 - 3	Ψύξη μετασχηματιστῶν	73
2 - 4	'Η ἀρχὴ τῆς λειτουργίας τῶν μετασχηματιστῶν	75
2 - 5	Λειτουργία τῶν μετασχηματιστῶν ἐν κενῷ	80
2 - 6	Λειτουργία τῶν μετασχηματιστῶν ύπό φορτίον	82
2 - 7	Συνδεσμολογία τῶν τυλιγμάτων τῶν μετασχηματιστῶν	88
2 - 8	Παράλληλος λειτουργία μετασχηματιστῶν	100

2 - 9	Αύτομετασχηματισταί	102
2 - 10	Χαρακτηριστικά σποιχεία τῶν μετασχηματιστῶν	105
2 - 11	Όρια φορτίσεως τῶν μετασχηματιστῶν	106
2 - 12	Βαθμὸς ἀποδόσεως μετασχηματιστοῦ	108
2 - 13	Ἄλλαγή τῶν χαρακτηριστικῶν τυλίγματος	111
2 - 14	Μετασχηματισταὶ μετρήσεων	113
2 - 15	Ἀνακεφαλαίωσις	117
2 - 16	Ἐρωτήσεις	122
2 - 17	Προβλήματα καὶ ἀσκήσεις	124

**Κ Ε Φ. 3 Τυλίγματα στάτου μηχανῶν ἐναλλασσομένου
ρεύματος**

3 - 1	Γενικά	126
3 - 2	Εἴδη τυλιγμάτων	128
3 - 3	Πολυφασικά τυλίγματα	135
3 - 4	Σχεδίασις τυλίγματος ἐναλλασσομένου ρεύματος	140
3 - 5	Κανονικὰ καὶ μὴ κανονικὰ τυλίγματα	149
3 - 6	Τυλίγματα μὲν μεταβλητὸν ἀριθμὸν πόλων	152
3 - 7	Πᾶς εἶναι κατεσκευασμένα τὰ τυλίγματα ἐναλλασσομένου ρεύματος ..	157
3 - 8	Ἄλλαγή χαρακτηριστικῶν τυλίγματος	162
3 - 9	Ἀνακεφαλαίωσις	167
3 - 10	Ἐρωτήσεις	170
3 - 11	Προβλήματα καὶ ἀσκήσεις	171

Κ Ε Φ. 4 Σύγχρονοι κινητῆρες

4 - 1	Ἡ κατασκευὴ τῶν συγχρόνων κινητήρων	173
4 - 2	Περιστρεφόμενα μαγνητικὰ πεδία	173
4 - 3	Ἡ ἀρχὴ τῆς λειτουργίας τῶν συγχρόνων τριφασικῶν κινητήρων ..	178
4 - 4	Ἐκκίνησις τῶν συγχρόνων κινητήρων	180
4 - 5	Λειτουργία ἐν κενῷ καὶ ὑπὸ φορτίου	182
4 - 6	Χρῆσις τῶν συγχρόνων κινητήρων	184
4 - 7	Ἀνακεφαλαίωσις	186
4 - 8	Ἐρωτήσεις	188
4 - 9	Προβλήματα καὶ ἀσκήσεις	189

Κ Ε Φ. 5 Ἀσύγχρονοι τριφασικοὶ κινητῆρες

5 - 1	Γενικά	190
5 - 2	Κατασκευὴ τῶν ἀσυγχρόνων τριφασικῶν κινητήρων	191
5 - 3	Ἡ ἀρχὴ τῆς λειτουργίας	196
5 - 4	Διολίσθησις	198
5 - 5	Τάσις καὶ ἔντασις δρομέως	200

5 - 6	Ροπή τῶν ἀσυγχρόνων τριφασικῶν κινητήρων	204
5 - 7	Ἀνθισταμένη ροπή τοῦ φορτίου	209
5 - 8	Ἀπορροφουμένη καὶ ἀποδιδούμενη Ἰσχύς	211
5 - 9	Ἐκκίνησις κινητήρων βραχυκυκλωμένου δρομέως	212
5 - 10	Κινητήρες διπλοῦ κλωβοῦ	222
5 - 11	Κινητήρες βαθέων αὐλάκων	223
5 - 12	Ἐκκίνησις κινητήρων μετὰ δακτυλίων	224
5 - 13	Ρύθμισις τῆς ταχύτητος περιστροφῆς	227
5 - 14	Ἄλλαγή τῆς φορᾶς περιστροφῆς	234
5 - 15	Βαθμὸς ἀποδόσεως καὶ συντελεστὴς Ἰσχύος	236
5 - 16	Χαρακτηριστικά στοιχεῖα τῶν ἀσυγχρόνων κινητήρων	240
5 - 17	Μεταβολὴ τῆς τάσεως καὶ συχνότητος τοῦ δικτύου ἡλεκτροδοτήσεως	241
5 - 18	Ἀνακεφαλαίωσις	242
5 - 19	Ἐρωτήσεις	245
5 - 20	Προβλήματα καὶ δοκήσεις	247

Κ Ε Φ. 6 Ἐσύγχρονοι μονοφασικοί κινητήρες

6 - 1	Γενικά	249
6 - 2	Μονοφασικοί κινητήρες ἀντιστάσεως	250
6 - 3	Μονοφασικοί κινητήρες πυκνωτοῦ	251
6 - 4	Κινητήρες μὲν βραχυκυκλωμένας σπείρας εἰς τὸν στάτην	253
6 - 5	Οἱ τριφασικοὶ κινητήρες ὡς μονοφασικοί	253
6 - 6	Ἴσχὺς μονοφασικοῦ κινητήρος	255
6 - 7	Ἀνακεφαλαίωσις	256
6 - 8	Ἐρωτήσεις	256
6 - 9	Προβλήματα καὶ δοκήσεις	256

Κ Ε Φ. 7 Κινητήρες ἐναλλασσομένου ρεύματος μετὰ συλλέκτου

7 - 1	Γενικά	258
7 - 2	Μονοφασικοὶ κινητήρες σειρᾶς	258
7 - 3	Κινητήρες Γιουνιβέρσαλ (Universal)	261
7 - 4	Κινητήρες ἀντιδράσεως	263
7 - 5	Τριφασικοὶ κινητήρες σειρᾶς	265
7 - 6	Τριφασικοὶ κινητήρες διακλαδώσεως	268
7 - 7	Ἀνακεφαλαίωσις	272
7 - 8	Ἐρωτήσεις	273

Κ Ε Φ. 8 Μετατροπεῖς - Ἀνορθωταὶ

8 - 1	Γενικά	274
8 - 2	Ζεῦγος κινητῆρος - γεννητρίας	274

8 - 3	Στρεφόμενος μετατροπεύς	275
8 - 4	'Η ήλεκτρική βαλβίς	279
8 - 5	'Ανορθωτικαὶ διστάξεις	279
8 - 6	'Ανορθωταὶ δι' ἡμισγωγῶν	285
8 - 7	'Ανορθωταὶ ὑδραργύρου	288
8 - 8	'Ανορθωταὶ ὑδραργύρου μὲν μεταλλικὴν λυχνίαν	293
8 - 9	Ρύθμισις τῆς τάσεως τῶν ἀνορθωτῶν ὑδραργύρου	293
8 - 10	Χρησιμοποίησις τῶν ἀνορθωτῶν ὑδραργύρου	295
8 - 11	'Ανορθωταὶ ὑδραργύρου μιᾶς ἀνόδου ("Ιγνιτρον)	296
8 - 12	'Ανορθωταὶ θερμῆς καθόδου	297
8 - 13	'Ανακεφαλαίωσις	299
8 - 14	'Ἐρωτήσεις	301
Κ Ε Φ. 9 Συντήρησις καὶ βλάβαι ἡλεκτρικῶν μηχανῶν		
9 - 1	'Η ἐννοία καὶ τὸ πρόγραμμα τῆς συντήρησεως	302
9 - 2	'Η λίπανσις τῶν ἡλεκτρικῶν μηχανῶν	304
9 - 3	Συντήρησις τῶν μηχανικῶν μερῶν	307
9 - 4	Συντήρησις τῶν ψηκτρῶν	308
9 - 5	Συντήρησις συλλέκτου καὶ δακτυλίων	311
9 - 6	Συντήρησις τῶν βοηθητικῶν συσκευῶν	312
9 - 7	'Αποσυναρμολόγησις τῶν ἡλεκτρικῶν μηχανῶν	313
9 - 8	Βλάβαι τῶν ἡλεκτρικῶν μηχανῶν	315
Πίναξ τῶν εἰς τὸ βιβλίον περιεχομένων Πινάκων		323
Εύρετήριον		324

Ε Ι Σ Α Γ Ω Γ Η

0 · 1 Τὸ διεθνὲς σύστημα μονάδων.

Τὸ σύστημα μονάδων, τὸ ὅποιον θὰ χρησιμοποιηθῇ εἰς τὸ βιβλίον αὐτό, είναι τὸ Διεθνὲς Σύστημα Μονάδων (ἐν συντομίᾳ SI μονάδες), τὸ ὅποιον υἱοθετήθη ἀπὸ τὴν 11ην Γενικὴν Συνέλευσιν τῶν Μέτρων καὶ Σταθμῶν κατὰ τὸ 1960 καὶ καθιερώθη ἐπισήμως ἀπὸ πολλὰ κράτη. Τελευταίως ἡ Διεύθυνσις Τυποποιήσεως τοῦ 'Υπουργείου Βιομηχανίας τῆς χώρας μας ἔξεδωκε Σχέδιον Ἐθνικῆς Ἐλληνικῆς Προδιαγραφῆς περιλαμβάνον τὸ Διεθνὲς Σύστημα Μονάδων καὶ κανόνας διὰ τὴν χρῆσιν τῶν μονάδων αὐτῶν.

Τὸ σύστημα αὐτὸ ἀκολουθεῖ καὶ ὁ πρῶτος τόμος τῶν Ἡλεκτρικῶν Μηχανῶν (ἀποκαλούμενον ἐκεῖ σύστημα MKS), εἰς τὴν Εισαγωγὴν τοῦ ὅποιου γίνεται σύντομος ἀνάπτυξις τῶν διαφόρων συστημάτων μονάδων καὶ συσχετισμὸς μεταξύ των.

Τὸ Διεθνὲς Σύστημα Μονάδων περιλαμβάνει τὰς ἀκολούθους ἔξι βασικὰς μονάδας (Πίναξ 0 · 1 · 1).

Π Ι Ν Α Ζ 0 · 1 · 1

Βασικαὶ μονάδες διεθνοῦς συστήματος

Μέγεθος	Σύμβολον μεγέθους *	Μονὰς	Σύμβολον μονάδος
Μῆκος	<i>l</i>	μέτρον	m
Μᾶζα	m	χιλιόγραμμον	kg
Χρόνος	t	δευτερόλεπτον	s
Ἐντασις ἡλ. ρεύματος	I	άμπερ	A
Θερμοκρασία	T	κέλβιν	K
Φωτεινὴ ἔντασις	—	καντέλα	cd

Ἡ SI μονὰς διὰ τὰς ἐπιπέδους γωνίας είναι τὸ ἀκτίνιον (rad)

* Τὸ σύμβολον μεγέθους δὲν είναι καθωρισμένον ἀπὸ τὸ Διεθνὲς Σύστημα Μονάδων. Είναι τὸ σύμβολον ποὺ χρησιμοποιεῖται εἰς τὸ βιβλίον αὐτό.

καὶ διὰ τὰς στερεάς γωνίας τὸ στερεακτίνιον (sr), όνομάζονται δὲ συμπληρωματικαὶ μονάδες τοῦ ΔιεθνοῦΣ Συστήματος.

Αἱ παράγωγοι SI μονάδες ἐκφράζονται, κατὰ τὰ γνωστά, μὲ τὰς βασικὰς SI μονάδας. Π.χ. ἡ μονὰς τῆς ταχύτητος εἶναι τὸ μέτρον ἀνὰ δευτερόλεπτον (m/s), ἡ μονὰς τῆς ἐπιφανείας εἶναι τὸ τετραγωνικὸν μέτρον (m^2) κ.ο.κ. Εἰς ώρισμένας ὅμως παραγώγους SI μονάδας ἔχει δοθῆ ἴδιαίτερον ὄνομα καὶ σύμβολον, ὅπως ἀναγράφονται εἰς τὸν Πίνακα 0 · 1 · 2.

Π Ι Ν Α Ξ 0 · 1 · 2

Παράγωγοι SI μονάδες μὲ ίδιαιτέραν ὄνομασίαν

Μέγεθος	Σύμβολον μεγέθους *	Μονὰς	Σύμβολον μονάδος	’Αντιστοιχία μὲ βασικὰς SI μονάδας
Συχνότης	f	χέρτς	Hz	1 Hz = 1/s
Δύναμις	F	νιούτον	N	1 N = 1 kg m/s ²
Ἐργον, Ἐνέργεια, Ποσότης θερμότητος	A	τζούλ	J	1 J = 1 N m
Ισχὺς	N	βάττ	W	1 W = 1 J/s
Ηλεκτρικὸν φορτίον	Q	κουλόμπ	C	1 C = 1 A s
Ηλεκτρεγερτικὴ δύναμις, Τάσις, Διαφορὰ δυναμικοῦ	E, U	βόλτ	V	1 V = 1 W/A
Ηλεκτρικὴ χωρητικότης	C	φαράντ	F	1 F = 1 A s/V
Ηλεκτρικὴ ἀντίστασις	R	ῶμ	Ω	1 Ω = 1 V/A
Ηλεκτρικὴ ἀγωγιμότης	G	ζῆμενς	S	1 S = 1/Ω
Μαγνητικὴ ροή	Φ	βέμπερ	Wb	1 Wb = 1 V s
Μαγνητικὴ ἐπαγωγὴ	B	τέσλα	T	1 T = 1 Wb/m ²
Αύτεπαγωγὴ	L	ἀνρύ	H	1 H = 1 V s/A
Φωτεινὴ ισχὺς	Φ	λούμεν	/m	1 /m = 1 cd sr
Φωτισμὸς	E	λούξ	/x	1 /x = 1 /m/m ²

0 · 2 Δεκαδικὰ πολλαπλάσια καὶ ύποπολλαπλάσια.

Τὰ δεκαδικὰ πολλαπλάσια καὶ ύποπολλαπλάσια τῶν SI μονάδων σχηματίζονται διὰ τῆς χρήσεως τῶν ἀναφερομένων εἰς τὸν Πίνακα 0 · 2 · 1 προθεμάτων.

* Βλέπε σημείωσιν Πίνακος 0 · 1 · 1.

Π Ι Ν Α Ε 0·2·1

Προθέματα δεκαδικῶν πολλαπλασίων και ί ύποπολλαπλασίων τῶν SI μονάδων

Συντελεστής ἐπὶ τὸν ὅποιον πολλαπλασιάζεται ή μονάς	Πρόθεμα	Σύμβολον προθέματος
1 000 000 000 000 = 10^{12}	τέρα (tera)	T
1 000 000 000 = 10^9	γίγα (giga)	G
1 000 000 = 10^6	μέγα (mega)	M
1 000 = 10^3	χίλιο (kilo)	k
100 = 10^2	έκατό (hecto)	h
10 = 10^1	δεκά (deca)	da
0,1 = 10^{-1}	δεκατό (deci)	d
0,01 = 10^{-2}	έκατοστό (centi)	c
0,001 = 10^{-3}	χιλιοστό (milli)	m
0,000 001 = 10^{-6}	μικρό (micro)	μ
0,000 000 001 = 10^{-9}	νάνο (nano)	n
0,000 000 000 001 = 10^{-12}	πίκο (pico)	p

Τὸ σύμβολον τοῦ προθέματος τίθεται ἀμέσως πρὸ τοῦ συμβόλου τῆς μονάδος και οὕτω σχηματίζεται τὸ σύμβολον μιᾶς νέας μονάδος, ἡ ὅποια ὡς πολλαπλάσιον ή ύποπολλαπλάσιον μιᾶς SI μονάδος ἀνήκει και αὐτὴ εἰς τὸ Διεθνὲς Σύστημα Μονάδων. Π.χ. τὸ ἔνα ἑκατοστόν (10^{-2}) τοῦ μέτρου ἔχει ὡς σύμβολον τὸ cm και ὁνομάζεται ἑκατοστόμετρον. "Ἐνα ἑκατομύριον (10^6) βάττη ἔχουν ὡς σύμβολον τὸ MW, ποὺ ὁνομάζεται μεγαβάττη.

Εἰς τὴν Ἡλεκτροτεχνίαν εἰς πολλὰς περιπτώσεις ἔχει ἐπικρατήσει ἀντὶ νὰ χρησιμοποιοῦμεν διὰ τὸ πρόθεμα τὴν ἑλληνικήν του πραφορὰν νὰ χρησιμοποιοῦμε τὴν ξενικήν. Π.χ. τὸ mF ἀντὶ χιλιοστοφαρὰν τὸ λέγομεν μιλλιφαράντ.

Κατὰ τὴν ἐφαρμογὴν τῶν διαφόρων τύπων πρὸς λύσιν προβλημάτων ἡ ἀσκήσεων συνιστᾶται νὰ χρησιμοποιοῦνται αἱ SI μονάδες και ὅχι τὰ δεκαδικὰ πολλαπλάσια ή ύποπολλαπλάσιά των, πρὸς ἀποφυγὴν λαθῶν.

Παράδειγμα.

Νὰ ύπολογισθῇ ἡ ἡλεκτρικὴ ἀντίστασις σύρματος, ἀπὸ τὸ ὅποιον διέρχεται ἔντασις ρεύματος 10 mA (μιλλιαμπέρ), ὅταν εἰς τὰ ἄκρα του ἐφαρμόζεται τάσις συνεχοῦς ρεύματος 100 µV (μικροβόλτ).

Λύσις:

Η άντιστασις του σύρματος θα ύπολογισθῇ ἀπὸ τὸν νόμον τοῦ "Ωμ:

$$R = \frac{U}{I} \text{ εἰς } \Omega$$

ὅπου: U είναι ἡ τάσις εἰς βόλτη (V) καὶ I ἡ ἔντασις εἰς ἀμπέρ (A).

Ἐδῶ είναι $U = 100 \mu V = 100 \times 0,000\,001 V = 0,000\,1 V$

$$I = 10 mA = 10 \times 0,001 A = 0,01 A.$$

Συνεπῶς:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{0,000\,1}{0,01} = 0,01 \Omega$$

Τὸ ἀποτέλεσμα, ἐφ' ὅσον ἡ ἀριθμητικὴ τιμὴ είναι μικροτέρα τοῦ 0,1 ἢ μεγαλυτέρα τοῦ 1000, δυνάμεθα νὰ τὸ γράψωμεν καὶ ὡς δεκαδικὸν πολλαπλάσιον ἢ ὑποπολλαπλάσιον τῆς SI μονάδος. Π.χ. εἰς τὸ προηγούμενον παράδειγμα θὰ εἴχομεν:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{0,000\,1}{0,01} = 0,01 \Omega = 10 m\Omega$$

0 · 3 Ἀλλαι μονάδες.

Διὰ πρακτικοὺς λόγους ἔγινε δεκτὸν ὅτι, ἐκτὸς ἀπὸ τὰς SI μονάδας, δι’ ὧρισμένα μεγέθη είναι ἐπιτρεπτὸν νὰ χρησιμοποιοῦνται καὶ ἄλλαι μονάδες. Αἱ μονάδες αὐταί, διὰ τὰ μεγέθη ποὺ ἐνδιαφέρουν ἀμέσως ἢ ἐμμέσως τὴν Ἡλεκτροτεχνίαν, καὶ ἡ σχέσις των πρὸς τὰς SI μονάδας περιλαμβάνονται εἰς τὸν Πίνακα 0 · 3 · 1.

Τέλος, εἰς τὸν Πίνακα 0 · 3 · 2 δίδεται ἡ σχέσις, ἡ ὁποίᾳ συνδέει τὰς SI μονάδας μὲ ὧρισμένας μονάδας ἄλλων συστημάτων, αἱ ὁποῖαι παλαιότερον ἔχρησιμοποιοῦντο συχνὰ εἰς τὴν Ἡλεκτροτεχνίαν. Μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ πίνακος αὐτοῦ θὰ είναι δυνατὸν εἰς τὸν σπουδαστὴν νὰ τὰς μετατρέπῃ εἰς SI μονάδας, ὥστε νὰ ἐφαρμόζῃ ὁρθῶς τοὺς τύπους, ποὺ δίδονται εἰς τὸ βιβλίον αὐτό.

Πρέπει νὰ ἔχωμεν πάντοτε κατὰ νοῦν ὅτι, διὰ νὰ ἀποφύγωμεν τυχὸν λάθη, κατὰ τὴν ἐφαρμογὴν τῶν τύπων πρὸς λύσιν τῶν προβλημάτων, δὲν πρέπει ποτὲ νὰ χρησιμοποιοῦμεν μονάδας διαφόρων συστημάτων, οὕτε, ὅπως ἀνεφέραμεν εἰς τὴν παράγραφον 0 · 2, τὰ δεκαδικὰ πολλαπλάσια ἢ ὑποπολλαπλάσια τῶν SI μονάδων.

Π Ι Ν Α Ε 0.3.1

Άλλαι μονάδες δυνάμεναι νὰ χρησιμοποιηθοῦν

Μέγεθος	Μονάς	Σύμβολον μονάδος	Αντιστοιχία μὲ SI μονάδας
Γωνία	μοιρα	...	$1^\circ = \frac{\pi}{180} \text{ rad}$
	λεπτόν	...	$1' = \left(\frac{1}{60}\right)^\circ$
	δεύτερον	...	$1'' = \left(\frac{1}{60}\right)'$
'Ογκος Χρόνου	λίτρον	l	$1 l = 0,001 \text{ m}^3$
	λεπτόν	min	$1 \text{ min} = 60 \text{ s}$
	ώρα	h	$1 \text{ h} = 60 \text{ min}$
	ἡμέρα	d	$1 \text{ d} = 24 \text{ h}$
Γωνιακή ταχύτης	στροφή ἀνά δε/πτον	στρ/s	$1 \text{ str/s} = 2 \pi \text{ rad/s}$
	στροφή ἀνά λεπτόν	στρ/min	$1 \text{ str/min} = \frac{1}{60} \text{ str/s}$
'Εργον, 'Ενέργεια 'Ηλεκτρικὸν φορτίον Ποσὸν θερμότητος Θερμοκρασία	βαττώριον	Wh	$1 \text{ Wh} = 3600 \text{ J}$
	άμπερώριον	Ah	$1 \text{ Ah} = 3600 \text{ C}$
	θερμις	cal	$1 \text{ cal} = 4,18 \text{ J}$
	βαθμὸς Κελσίου	°C	
Ειδικὴ ἀντίστασις		$\frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}}$	$1 \frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}} = \frac{1}{10^6} \frac{\Omega}{\text{m}}$

Π Ι Ν Α Ε 0.3.2

Σχέσις ώρισμένων μονάδων ἄλλων συστημάτων μὲ SI μονάδας

Μέγεθος	Μονάς	Σύμβολον μονάδος	Αντιστοιχία μὲ SI μονάδας
Δύναμις	κιλοπόντ ἢ χιλιογράμμων δυνάμεως		
'Εργον, 'Ενέργεια	κιλοπόντ μέτρον ἢ χιλιογράμμομέτρον	kp	$1 \text{ kp} = 9,8 \text{ N}$
	μετρικὸς ἵππος	kpm PS ἢ HP	$1 \text{ kpm} = 9,8 \text{ J}$ $1 \text{ PS} = 736 \text{ W}$
Ισχὺς	μάξουελ	Mx	$1 \text{ Mx} = \frac{1}{10^8} \text{ Wb}$
Μαγνητικὴ ροή	γκάους	Gs	$1 \text{ Gs} = \frac{1}{10^4} \text{ Wb/m}^2$
Μαγνητικὴ ἐπαγωγὴ	έρστεντ	Oe	$1 \text{ Oe} = \frac{1000}{4\pi} \text{ A/m}$
'Εντασις μαγν. πεδίου	γκίλμπερτ	Gb	$1 \text{ Gb} = \frac{10}{4\pi} \text{ A}$
Μαγνητεγρητικὴ δύναμις (άμπερελίγματα)			

0 · 4 Τρόπος γραφῆς μονάδων καὶ συμβόλων.

Τὰ ὄνόματα τῶν μονάδων, καὶ ὅταν ἀκόμη προέρχωνται ἀπὸ κύρια ὄνόματα ἐπιστημόνων κ.λπ., γράφονται μὲν μικρὸν τὸ ἀρχικόν των γράμματα. Π.χ. γράφομεν ἀμπέρ, μέτρον, βάττ, κ.ο.κ.

Διὰ τὰ σύμβολα τῶν μονάδων ἴσχύουν τὰ κάτωθι:

α) Πρέπει νὰ συνοδεύωνται μόνον ἀπὸ ἀριθμούς, ποὺ ἐκφράζονται μὲ ἀριθμητικὰ ψηφία καὶ ὅχι μὲ γράμματα. Π.χ. ὅταν θέλωμεν νὰ γράψωμεν δέκα μέτρα, θὰ γράψωμεν $10\ m$ καὶ ὅχι δέκα m .

β) Οὐδέποτε παίρνουν τὸ s , τὸ ὁποῖον εἶναι τὸ σύμβολον τοῦ πληθυντικοῦ εἰς ὡρισμένας ξένας γλώσσας. Π.χ. γράφομεν $10\ kg$ καὶ ὅχι $10\ kgs$.

γ) Γράφονται εἰς τὴν ἰδίαν ὅριζοντίαν γραμμὴν μὲ τοὺς ἀριθμούς ποὺ προηγοῦνται. Π.χ. γράφομεν $10\ kg$ καὶ ὅχι $10\ kg$.

δ) Γράφονται πάντοτε μετὰ τὰς ἀριθμητικὰς τιμὰς καὶ ὅχι πρὸ αὐτῶν ἢ εἰς τὸ μέσον. Π.χ. γράφομεν $240,3\ m$ καὶ ὅχι $m\ 240,3$ ἢ $240\ m\ 3$. Ἐξαίρεσις τοῦ κανόνος αὐτοῦ γίνεται μόνον εἰς τὴν Λογιστικήν, ὅπου εἶναι δυνατὸν νὰ γράψωμεν δρχ 2400 , ἀντὶ τοῦ 2400 δρχ.

ε) Κατὰ τὴν ἀναγραφὴν τοῦ χρόνου δὲν πρέπει νὰ χρησιμοποιοῦμεν κόμματα ἢ τόνους. Π.χ. γράφομεν $4\ h\ 17\ min$ καὶ ὅχι $4\ h\ 17'$ ἢ $4,17\ h$.

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ Ι

ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΙ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

1 · 1 Γενικά.

Αἱ γεννήτριαι ἐναλλασσομένου ρεύματος εἰναι δύο εἰδῶν:

- α) Αἱ σύγχρονοι γεννήτριαι ἢ ἐναλλακτῆρες.
- β) Αἱ ἀσύγχρονοι γεννήτριαι.

Αἱ σύγχρονοι γεννήτριαι παράγουν ἐναλλασσόμενον ρεῦμα, τοῦ ὅποιου ἢ συχνότης εἰναι ἀνάλογος τῆς ταχύτητος περιστροφῆς τῆς μηχανῆς. Ἡ διέγερσις τῶν γεννητριῶν αὐτῶν, δπως θὰ ἔξηγηθῇ καὶ εἰς τὰ ἐπόμενα, τροφοδοτεῖται διὰ συνεχοῦς ρεύματος.

Αἱ ἀσύγχρονοι γεννήτριαι παράγουν ἐναλλασσόμενον ρεῦμα, τοῦ ὅποιου ἢ συχνότης εἰναι ἀνεξάρτητος τῆς ταχύτητος περιστροφῆς. Ἡ διέγερσις τῶν μηχανῶν αὐτῶν τροφοδοτεῖται δι' ἐναλλασσόμενου ρεύματος.

Εἰς τοὺς σταθμοὺς παραγωγῆς ἡλεκτρικῆς ἐνεργείας χρησιμοποιοῦνται πάντοτε σύγχρονοι γεννήτριαι διὰ τὴν παραγωγὴν ἐναλλασσόμενου ρεύματος. Αἱ ἀσύγχρονοι μηχαναὶ ὡς γεννήτριαι χρησιμοποιοῦνται σπανίως καὶ εἰς εἰδικὰς μόνον περιπτώσεις. Εἰς τὸ κεφάλαιον αὐτὸ θὰ ἀσχοληθῶμεν μόνον μὲ τὰς συγχρόνους γεννητρίας, δηλαδὴ μὲ τοὺς ἐναλλακτῆρας.

1 · 2 Τύποι καὶ κατασκευὴ ἐναλλακτήρων.

Ἄπὸ ἀπόψεως κατασκευῆς οἱ ἐναλλακτῆρες διακρίνονται εἰς δύο κατηγορίας:

α) Ἐναλλακτῆρας μὲ ἐξωτερικοὺς πόλους.

β) Ἐναλλακτῆρας μὲ ἐσωτερικοὺς ἢ περιστρεφομένους πόλους.

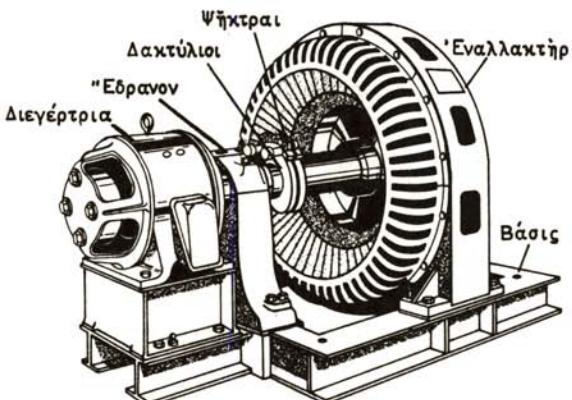
Ίδιαιτέρα ὁμάς ἐναλλακτήρων μὲ περιστρεφομένους πόλους εἰναι οἱ στροβιλοεναλλακτῆρες.

Εἰς τὰ ἐπόμενα ἐδάφια θὰ ἔξετάσωμεν πῶς εἰναι κατεσκευασμένος ἕκαστος τύπος ἐναλλακτῆρος καὶ διὰ ποίας χρήσεις εἰναι κατάλληλος.

I) Ἐναλλακτῆρες μὲ ἐξωτερικοὺς πόλους.

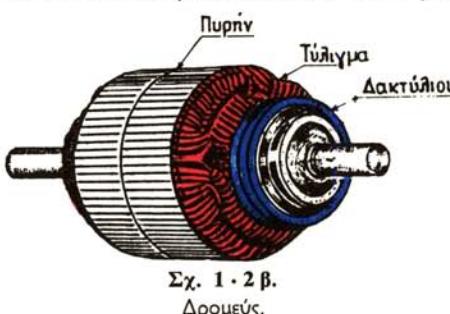
Εἰς τοὺς ἐναλλακτῆρας αὐτοὺς ἢ διέγερσις τῆς μηχανῆς, δηλαδὴ

ή δημιουργία τοῦ μαγνητικοῦ της πεδίου, γίνεται άπό μαγνητικοὺς πόλους, οἱ ὅποιοι εἰναι στερεωμένοι εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ ζυγώματος τοῦ στάτου, ὅπως δηλαδὴ γίνεται καὶ εἰς τὰς μηχανὰς συνεχοῦς ρεύματος. Τὰ τυλίγματα τῶν μαγνητικῶν πόλων τροφοδοτοῦνται μὲ συνε-



Σχ. 1·2 α.
Σύγχρονος γεννήτρια.

χεῖς ρεῦμα άπό μηχανὴν συνεχοῦς ρεύματος, ή ὅποια συνήθως εἶναι συνδεδεμένη ἀπ' εὐθείας εἰς τὸν ἄξονα τοῦ ἐναλλακτῆρος, άπό τὸν ὅποιον καὶ λαμβάνει κίνησιν, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 1·2 α. Ἡ μη-



χανὴ αὐτὴ συνεχοῦς ρεύματος ὀνομάζεται διεγέρτρια τοῦ ἐναλλακτῆρος.

‘Ο δρομεὺς τῶν ἐναλλακτῆρων μὲ ἔξωτερικοὺς πόλους φέρει τὸ ἐπαγωγικὸν τύμπανον, ὅπως ὁ δρομεὺς τῶν μηχανῶν συνεχοῦς ρεύματος. Εἰς τὰ διάκενα τῶν ὁδοντώσεων (αὔλακας) τοῦ

πυρῆνος τοῦ ἐπαγωγικοῦ τυμπάνου εἶναι τοποθετημένον τὸ τύλιγμα (σχ. 1·2 β.).

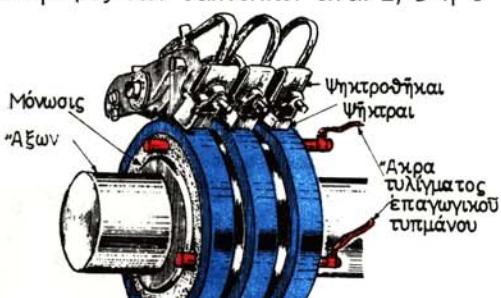
Συλλέκτης δὲν ὑπάρχει. Ἀντὶ συλλέκτου εἰς τοὺς ἐναλλακτῆρας μὲ ἔξωτερικοὺς πόλους ἔχομεν δακτυλίους κατεσκευασμένους άπό ὁρεί-

χαλκον. Οἱ δακτύλιοι αὐτοὶ εἶναι στερεωμένοι εἰς τὸν ἄξονα τοῦ δρομέως, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 1·2 γ, καὶ εἶναι μονωμένοι μεταξύ των καὶ πρὸς τὸν ἄξονα. Ὁ ἀριθμὸς τῶν δακτυλίων εἶναι 2, 3 ἢ 4 ἀναλόγως τοῦ ἀριθμοῦ τῶν φάσεων τοῦ ἐναλλακτήρος.

Οἱ δακτύλιοι συνδέονται μὲ τὰ ἄκρα τοῦ τυλίγματος τοῦ ἐπαγγειακοῦ τυμπάνου. Τὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα, τὸ ὅποιον παράγεται, ὅπως θὰ ἔξηγήσωμεν, ἀπὸ τὴν ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν ποὺ ἀναπτύσσεται μέσα εἰς τὸ τύλιγμα, δόηγεῖται ἀπὸ τοὺς δακτυλίους εἰς τὰς ψήκτρας, ποὺ ἐφάπτονται μὲ αὐτοὺς (σχ. 1·2 γ), καὶ ἀπὸ τὰς ψήκτρας εἰς τοὺς ἀκροδέκτας τοῦ ἐναλλακτῆρος. Εἰς τοὺς ἀκροδέκτας αὐτοὺς συνδέομεν τὸ φορτίον, τὸ ὅποιον θέλομεν νὰ τροφοδοτήσωμεν δι' ἐναλλασσομένου ρεύματος.

Σημαντικὸν μειονέκτημα, ποὺ ἔχουν ἐκ κατασκευῆς οἱ ἐναλλακτῆρες μὲ ἔξωτερικοὺς πόλους, τοὺς ὅποίους περιεγράψαμεν, εἶναι ὅτι ὅλον τὸ ρεῦμα τοῦ φορτίου διέρχεται διὰ τῶν δακτυλίων καὶ τῶν ψηκτρῶν. Ἀλλα μειονεκτήματα εἶναι ὅτι ὁ διατιθέμενος χῶρος δι' ὀδοντώσεις εἰς τὸ τύμπανον εἶναι περιωρισμένος καὶ ὅτι αἱ μονώσεις τοῦ τυλίγματος τοῦ ἐπαγγειακοῦ τυμπάνου καταπονοῦνται κατὰ τὴν λειτουργίαν τῆς μηχανῆς ἀπὸ τὰς μεγάλας φυγοκέντρους δυνάμεις ποὺ ἀναπτύσσονται, ὅταν ὁ ἐναλλακτήρος εἶναι πολύστροφος.

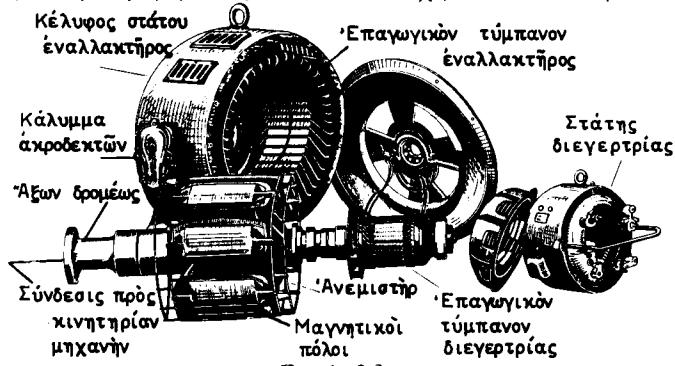
Δι' ὅλους αὐτοὺς τοὺς λόγους οἱ ἐναλλακτῆρες μὲ ἔξωτερικοὺς πόλους οὐδέποτε χρησιμοποιοῦνται εἰς τοὺς κεντρικοὺς σταθμοὺς παραγωγῆς, ὅπου τὸ παραγόμενον ρεῦμα εἶναι μεγάλης ἐντάσεως καὶ ὑψηλῆς τάσεως καὶ συνεπῶς οἱ ἐναλλακτῆρες πρέπει νὰ ἔχουν μεγάλα διάκενα ὀδοντώσεων, διὰ νὰ χωροῦν οἱ ἀγωγοὶ καὶ αἱ μονώσεις των. Οἱ ἐναλλακτῆρες μὲ ἔξωτερικοὺς πόλους κατασκευάζονται μόνον διὰ πολὺ μικρὰς ἰσχῦς καὶ διὰ χαμηλὴν τάσιν.



Σχ. 1·2 γ.
Δακτύλιοι.

2) 'Έναλλακτήρες μὲ έσωτερικοὺς πόλους.

Εἰς τοὺς ἔναλλακτῆρας αὐτοὺς τὸ ἐπαγωγικὸν τύμπανον εἶναι τοποθετημένον εἰς τὸ ἀκίνητον μέρος τῆς μηχανῆς, δηλαδὴ τὸν στάτην. Οἱ μαγνητικοὶ πόλοι εἶναι τοποθετημένοι ἀκτινικῶς ἐπὶ τοῦ ὅξονος τοῦ περιστρεφομένου δρομέως καὶ δι' αὐτὸν ὄνομάζονται καὶ ἔναλλακτῆρες μὲ περιστρεφομένους πόλους. Τὸ σχῆμα 1 · 2 δ παριστᾶ ἔναλ-



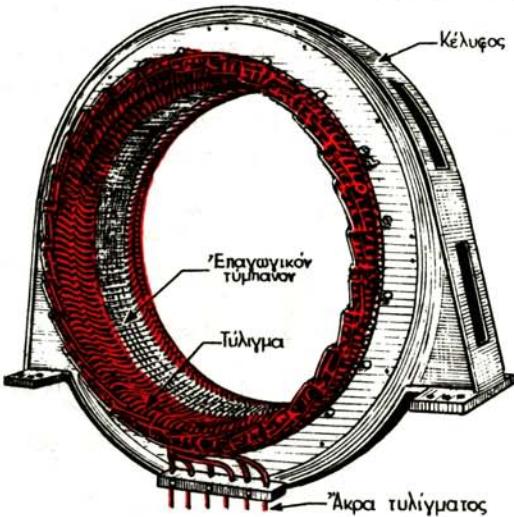
'Έναλλακτήρ μὲ έσωτερικοὺς πόλους.

λακτῆρα μὲ έσωτερικοὺς πόλους ἀποσυναρμολογημένον, ὥστε νὰ φαίνωνται τὰ διάφορα μέρη, ἀπὸ τὰ δόποια ἀποτελεῖται. 'Η διεγέρτρια καὶ εἰς τοὺς ἔναλλακτῆρας αὐτοὺς εἶναι συνδεδεμένη συνήθως ἀπ' εὐθείας εἰς τὸν ὅξονα τοῦ ἔναλλακτῆρος, ἀπὸ τὸν δόποιον καὶ λαμβάνει κίνησιν. Εἰς τὰ ἐπόμενα θὰ ἔξετάσωμεν λεπτομέρεστερον τὴν κατασκευὴν τῶν διαφόρων μερῶν τῆς μηχανῆς.

Εἰς τὸ σχῆμα 1 · 2 ε δεικνύεται ὁ στάτης ἐνὸς ἄλλου ἔναλλακτῆρος μὲ έσωτερικοὺς πόλους. "Οπως φαίνεται καὶ εἰς τὸ σχῆμα, ὁ στάτης ἀποτελεῖται ἀπὸ ἔνα ἔξωτερικὸν κέλυφος, κατεσκευασμένον συνήθως ἀπὸ χαλύβδινα ἐλάσματα, ἐντὸς τοῦ δόποιου τοποθετεῖται καὶ στερεώνεται τὸ ἐπαγωγικὸν τύμπανον.

Τὸ ἐπαγωγικὸν τύμπανον ἀποτελεῖται ἀπὸ τὸν πυρῆνα καὶ τὸ τύλιγμα. 'Ο πυρὴν τοῦ τυμπάνου κατασκεύαζεται, ὅπως καὶ εἰς τὰς μηχανὰς συνεχοῦς ρεύματος, ἀπὸ πολλοὺς δίσκους, ποὺ ἔχουν ὅμως τὴν μορφὴν τοῦ σχήματος 1 · 2 στ. Οἱ δίσκοι αὐτοὶ εἶναι κατεσκευασμένοι ἀπὸ μαγνητικά ἐλάσματα πάχους συνήθως 0,5 mm μὲ ἐπιφανειακὴν μόνωσιν ἀπὸ εἰδικὸν βερνίκι. Οἱ ὁδόντες, ποὺ ἔχουν οἱ δίσκοι,

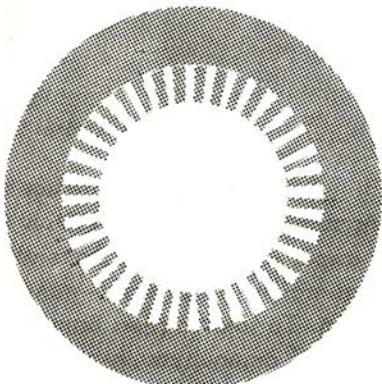
σχηματίζουν κατὰ τὴν συγκρότησιν τοῦ πυρῆνος ὀδοντώσεις παραλ-



Σχ. 1·2 ε.
Στάτης ἐναλλακτῆρος μὲ ἐσωτερικοὺς πόλους.

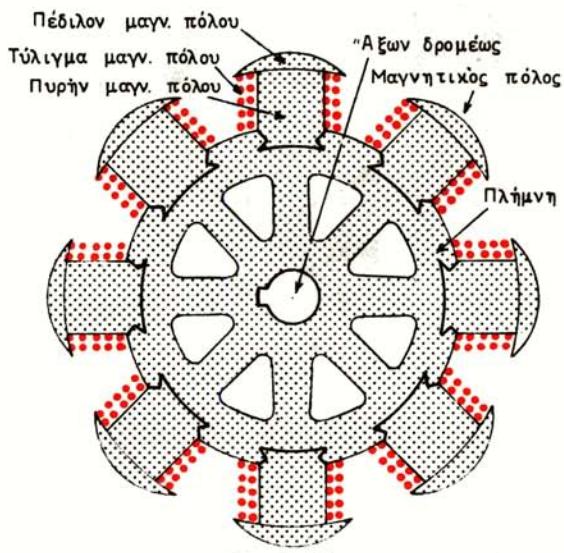
λήλους πρὸς τὸν ἄξονα τῆς μηχανῆς, μέσα εἰς τὰ διάκενα (αὐλακας) τῶν ὁποίων τοποθετεῖται τὸ τύλιγμα τοῦ ἐπαγωγικοῦ τυμπάνου. Τὰ ἄκρα τοῦ τυλίγματος, ὅπως φαίνεται καὶ εἰς τὸ σχῆμα 1·2 ε., καταλήγουν ἀπὸ εὐθείας εἰς τοὺς ἀκροδέκτας τοῦ ἐναλλακτῆρος, εἰς τοὺς ὁποίους συνδέεται τὸ φορτίον, χωρὶς τὴν παρεμβολὴν δακτυλίων καὶ ψηκτρῶν.

Οἱ δρομεὺς τῶν ἐναλλακτήρων μὲ ἐσωτερικοὺς πόλους φέρει, ὅπως ἀνεφέρθη, τοὺς μαγνητικοὺς πόλους στερεωμένους ἀκτινικῶς. Τὸ σχῆμα 1·2 ζ δεικνύει τὸν τρόπον στερεώσεως τῶν μαγνητικῶν πόλων ἐπὶ τοῦ ἄξονος τοῦ δρομέως μὲ τὴν βοήθειαν εἰδικῆς πλήμνης.



Σχ. 1·2 στ.
Ἐλασμα πυρῆνος ἐπαγωγικοῦ τυμπάνου.

Είς τούς τριφασικούς έναλλακτήρας, δηπως είναι όλοι οι έναλλακτήρες τῶν κεντρικῶν σταθμῶν παραγωγῆς, οι πυρήνες τῶν πόλων καὶ τὰ πέδιλα αὐτῶν είναι κατεσκευασμένα ἀπὸ συμπαγῆ μαλακὸν χάλυβα. Τὸ διάκενον πάχους μερικῶν mm, ποὺ ὑπάρχει μεταξὺ τῶν πεδίλων τῶν μαγνητικῶν πόλων καὶ τοῦ ἐπαγωγικοῦ τυμπάνου, ἐπιτρέπει τὴν ἔλευθέραν περιστροφὴν τοῦ δρομέως ἐντὸς τοῦ στάτου.



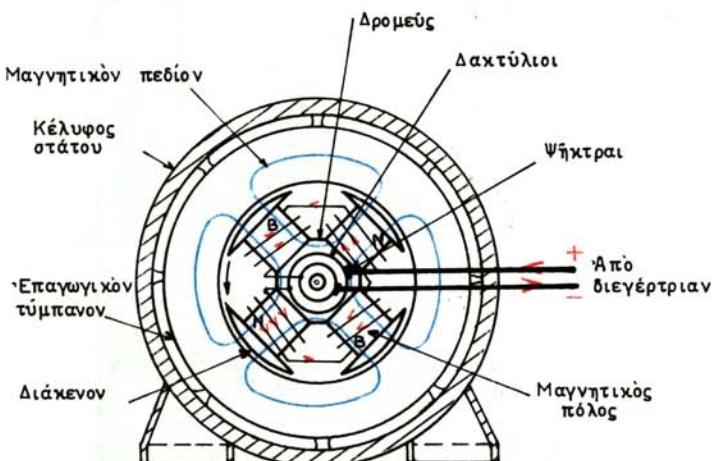
Σχ. 1·2 ζ.

Μαγνητικοὶ πόλοι δικταπολικοῦ έναλλακτήρος.

Τὰ τυλίγματα τῶν πόλων τοποθετοῦνται ἐπὶ τῶν πυρήνων πρὸ τῆς τοποθετήσεως τῶν πεδίλων καὶ συνδέονται μεταξὺ των, συνήθως ἐν σειρᾷ, κατὰ τρόπον, ὥστε νὰ δημιουργοῦνται διαδοχικῶς μαγνητικοὶ πόλοι μὲ ἀντίθετον πολικότητα, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 1·2 η. Τὸ ᾖδιον σχῆμα δεικνύει καὶ τὴν διαδρομὴν τῆς μαγνητικῆς ροῆς τοῦ δημιουργουμένου μαγνητικοῦ πεδίου, ἡ δποία κλείει τὸ κύκλωμα μέσω τοῦ πυρήνος τοῦ ἐπαγωγικοῦ τυμπάνου. Δηλαδὴ δεικνύει τὴν χρήσιμον μαγνητικὴν ροήν. 'Η μαγνητικὴ ροὴ σκεδάσεως δὲν παριστάνεται εἰς τὸ σχῆμα (βλέπε καὶ Ἡλεκτρικαὶ Μηχαναὶ, Ἐκδόσεως Ἰδρύματος Εὐγενίδου, Τόμος Α, παράγρ. 3·1).

Διὰ τὴν δημιουργίαν τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, δηλαδὴ διὰ τὴν

διέγερσιν τῆς μηχανῆς, τὰ τυλίγματα τῶν πόλων τροφοδοτοῦνται μὲ συνεχὲς ρεῦμα ἀπὸ τὴν διεγέρτριαν μέσω ψηκτρῶν καὶ δύο δακτυλίων, οἱ ὅποιοι εἶναι στερεωμένοι ἐπὶ τοῦ ἄξονος τοῦ δρομέως. Τὸ ρεῦμα αὐτὸς εἶναι πολὺ μικροτέρας ἐντάσεως καὶ τάσεως ἀπὸ τὸ κύριον ρεῦμα τοῦ ἑναλλακτῆρος καὶ συνεπῶς ἡ κατασκευὴ τῶν δακτυλίων αὐτῶν δὲν παρουσιάζει δυσκολίας.



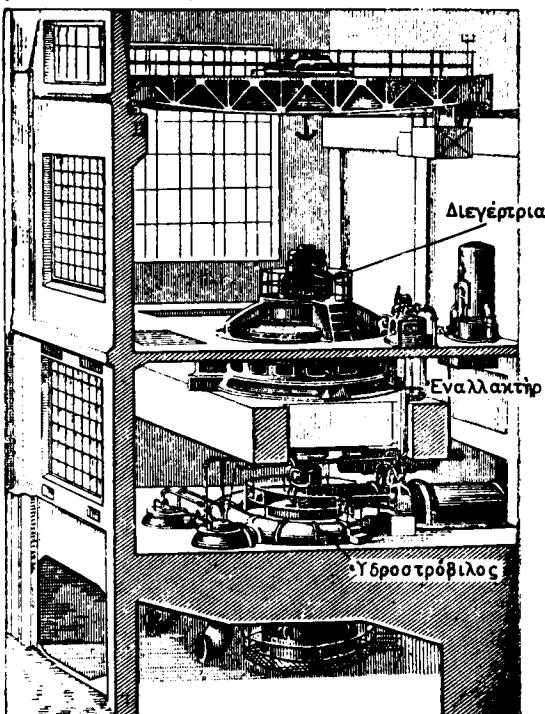
Σχ. 1·2 η.

Διέγερσις ἑναλλακτῆρος μὲ ἐσωτερικούς πόλους.

Εἰς τοὺς ἑναλλακτῆρας μὲ περιστρεφομένους πόλους μὲ τὴν τοποθέτησιν τοῦ ἐπαγγειού τύμπανον εἰς τὸν στάτην καὶ ὅχι εἰς τὸν δρομέα, διατίθεται πολὺ περισσότερος χῶρος διὰ τὰς ὁδοντώσεις τοῦ πυρῆνος. Ἐτσι εἶναι εὐχερής ἡ μόνωσις τῶν ἀγωγῶν τοῦ τυλίγματος καὶ ὅταν ἀκόμη ὁ ἑναλλακτήριος πρόκειται νὰ παράγῃ ρεῦμα ὑψηλῆς τάσεως.

Λόγω τῆς τοποθετήσεως ὅμως τῶν μαγνητικῶν πόλων ἐπὶ τοῦ δρομέως, δημιουργεῖται καταπόνησις εἰς αὐτοὺς ἀπὸ τὰς φυγοκέντρους δυνάμεις, ποὺ ἀναπτύσσονται κατὰ τὴν λειτουργίαν. Διὰ τὸν λόγον αὐτὸν οἱ ἑναλλακτῆρες μὲ ἐσωτερικούς πόλους δὲν εἶναι κατάλληλοι διὰ μεγάλας ταχύτητας περιστροφῆς· τοὺς χρησιμοποιοῦμεν, ὅταν ἡ κινητηρία μηχανὴ εἶναι σχετικῶς βραδύστροφος, ὅπως εἶναι αἱ μεγάλαι μηχαναὶ ἐσωτερικῆς καύσεως καὶ οἱ ὑδροστρόβιλοι τῶν ὑδρο-

λεκτρικῶν σταθμῶν. Εἰς τὴν περίπτωσιν μάλιστα τῶν ὑδροηλεκτρικῶν σταθμῶν συχνὰ δὲ ἐναλλακτήρι κατασκευάζεται μὲ τὸν ἄξονά του κατα-



Σχ. 1 · 2θ.
Ἐναλλακτήρ μετὰ ὑδροστροβίλου.

κόρυφον, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 1 · 2θ. Ἀπὸ ἀπόψεως διαστάσεων χαρακτηριστικὸν τῶν ἐναλλακτήρων αὐτῶν εἶναι ὅτι ἔχουν μεγάλην διάμετρον (π.χ. 7 m) καὶ μικρὸν σχετικῶς μῆκος κατὰ τὸν ἄξονα.

3) Στροβιλοεναλλακτῆρες.

Οἱ στροβιλοεναλλακτῆρες ἀνήκουν εἰς τὴν κατηγορίαν τῶν ἐναλλακτήρων μὲ περιστρεφομένους πόλους, κατασκευάζονται δὲ διὰ νὰ λειτουργοῦν μὲ κινητηρίας μηχανὰς μεγάλης ταχύτητος περιστροφῆς (π.χ. 3000 στρ./min), ὅπως εἶναι οἱ ἀτμοστρόβιλοι. Ἀπὸ ἀπόψεως διαστάσεων χαρακτηριστικὸν τῶν ἐναλλακτήρων αὐτῶν εἶναι ὅτι

ἔχουν μικρὰν σχετικῶς διάμετρον δρομέως (π.χ. 1 m) ἀλλὰ μέγα μῆκος κατὰ τὸν ἄξονα (π.χ. 5 m).

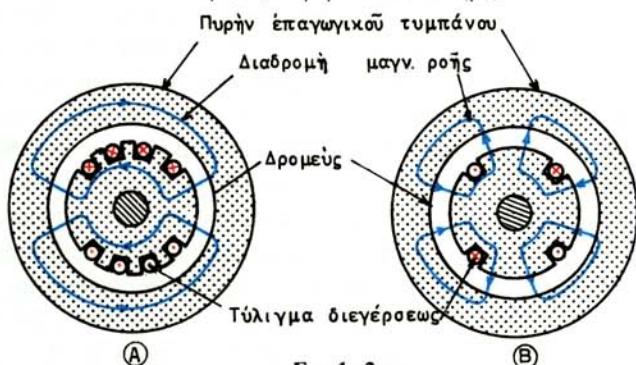
Οἱ στάτης τῶν στροβιλοεναλλακτήρων δὲν διαφέρει κατασκευαστικῶς ἀπὸ τὸν στάτην τῶν ἐναλλακτήρων μὲν ἐσωτερικοὺς πόλους. Ἡ διαφορετικὴ μορφὴ, ποὺ ἔχει τὸ κέλυφός των, ὁφείλεται εἰς τὰς ἀνάγκας ψύξεως τῆς μηχανῆς, ποὺ θὰ ἔξετάσωμεν εἰς τὴν ἐπομένην παράγραφον.

Ἀντιθέτως ἡ κατασκευὴ τοῦ δρομέως τῶν στροβιλοεναλλακτήρων διαφέρει οὐσιαστικῶς ἀπὸ τοὺς δρομεῖς τῶν ἐναλλακτήρων μὲν ἐσωτερικοὺς πόλους. Εἰς αὐτοὺς ὁ δρομεὺς δὲν φέρει ὄρατοὺς πόλους, ὅπως φαίνονται εἰς τὸ σχῆμα 1·2ζ, ἀλλὰ ἀποτελεῖται ἀπὸ ἔνα συμπαγὲς κυλινδρικὸν τύμπανον ἐκ χυτοχάλυβος κοινὸν μὲ τὸν ἄξονα, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 1·2ι.



Σχ. 1·2ι.

Δρομεὺς στροβιλοεναλλακτήρος.



Σχ. 1·2ια.

Μαγνητικὸν πεδίον διεγέρσεως στροβιλοεναλλακτήρων.

Κατὰ μῆκος τῆς κυλινδρικῆς ἐπιφανείας ὑπάρχουν αὔλακες, ἐντὸς τῶν δποίων τοποθετεῖται τὸ τύλιγμα διεγέρσεως, τὸ δποῖον στερεώνεται μὲ μεγάλην ἐπιμέλειαν. Αἱ σπεῖραι τοῦ τυλίγματος αὐτοῦ, συν-

δεδεμέναι μεταξύ των ἐν σειρᾷ, τροφοδοτοῦνται μὲ συνεχὲς ρεῦμα ἀπὸ τὴν διεγέρτριαν. Τοῦτο γίνεται καὶ ἔδω μὲ τὴν βοήθειαν δύο δακτυλίων στερεωμένων ἐπὶ τοῦ ὅξονος τοῦ δρομέως. "Ετσι, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 1 · 2 ια (Α), δημιουργεῖται τὸ μαγνητικὸν πεδίον διεγέρσεως μὲ δύο πόλους, τὸ ὅποιον περιστρέφεται μαζὶ μὲ τὸν δρομέα. Σπανίως κατασκευάζονται καὶ τετραπολικοὶ στροβίλοεναλλακτῆρες, ὅπότε τὸ τύλιγμα διεγέρσεως είναι διαμορφωμένον, ὥστε νὰ σχηματίζεται μαγνητικὸν πεδίον μὲ τέσσαρας πόλους [σχ. 1 · 2 ια (Β)].

1 · 3 Ψυξὶς τῶν ἐναλλακτήρων.

Κατὰ τὴν λειτουργίαν των αἱ γεννήτριαι ἐναλλασσομένου ρεύματος, ὅπως καὶ κάθε ἄλλῃ ἡλεκτρικῇ μηχανῇ, θερμαίνονται ἀπὸ τὴν θερμότητα, ποὺ παράγεται λόγω τῶν ἀπωλειῶν. Ἡ θέρμανσις αὐτὴ ἐκδηλώνεται μὲ ἀνύψωσιν τῆς θερμοκρασίας τῶν διαφόρων μερῶν τῆς μηχανῆς.

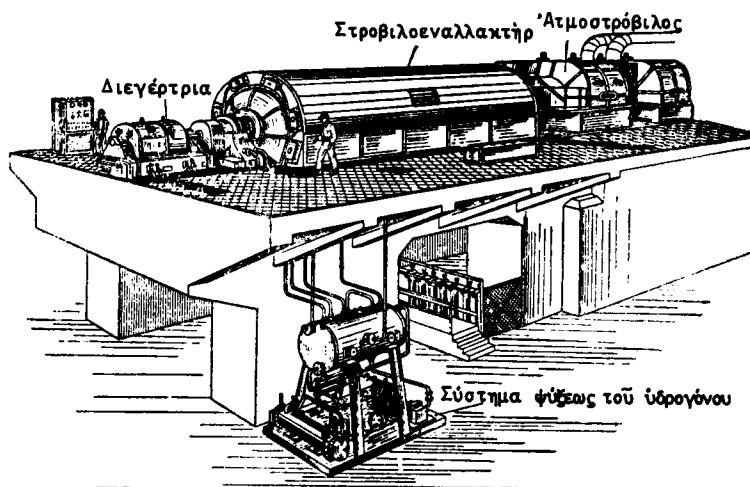
Ἡ θερμοκρασία μιᾶς λειτουργούσης μηχανῆς παύει νὰ αὐξάνεται καὶ σταθεροποιεῖται εἰς ὧρισμένην τιμήν, ὅταν ἡ θερμότης, ποὺ ἀποβάλλει εἰς τὸν περιβάλλοντα χῶρον, γίνη ἵση μὲ τὴν θερμότητα ποὺ παράγουν αἱ ἀπώλειαι. Ἡ ἀποβολὴ τῆς θερμότητος εἰς τὸν περιβάλλοντα χῶρον καλεῖται ψυξὶς τῆς μηχανῆς.

Κατὰ τὴν κατασκευὴν κάθε ἡλεκτρικῆς μηχανῆς λαμβάνονται ὅλα τὰ ἀπαραίτητα μέτρα, ὥστε ἡ ψυξὶς τῆς νὰ γίνεται κανονικῶς. "Ετσι, κατὰ τὴν λειτουργίαν τῆς ἡ μηχανὴ φθάνει εἰς μίαν προκαθωρισμένην μεγίστην θερμοκρασίαν, εἰς τὴν ὅποιαν δὲν διατρέχουν κίνδυνον καταστροφῆς αἱ μονώσεις τῆς. Ἡ προκαθωρισμένη αὐτὴ θερμοκρασία ἔξαρτᾶται ἀπὸ τὸ εἶδος τῶν χρησιμοποιηθέντων μονωτικῶν κατὰ τὴν κατασκευὴν τῆς μηχανῆς. Ἐδῶ πρέπει νὰ σημειώσωμεν ὅτι αἱ μονώσεις μιᾶς ἡλεκτρικῆς μηχανῆς είναι δυνατὸν εἴτε α) νὰ ὑποστοῦν ἄμεσον καταστροφὴν (καῦσιν) λόγω πολὺ ὑψηλῆς θερμοκρασίας, εἴτε β) νὰ ἐλαττωθῇ ἡ διάρκεια τῆς ζωῆς των καὶ συνεπῶς καὶ ἡ διάρκεια ζωῆς τῆς μηχανῆς, λόγω παρατεταμένης θερμάνσεως εἰς θερμοκρασίαν ὅχι μὲν πολὺ μεγάλην, ἀλλὰ ὅμως μεγαλυτέραν ἀπὸ ἐκείνην ποὺ ἔχει καθορίσει ὁ κατασκευαστής της. Τὰ χρησιμοποιούμενα σήμερον μονωτικὰ πάντως ἐπιτρέπουν σημαντικῶς ὑψηλοτέρας θερμοκρασίας λειτουργίας τῶν μηχανῶν ἀπὸ ὅ, τι τὰ παλαιότερα.

"Οπως ἀνεφέραμεν, ἡ ψυξὶς τῶν μηχανῶν γίνεται διὰ μεταδό-

σεως είς τὸν περιβάλλοντα χῶρον, δηλαδὴ εἰς τὸν περιβάλλοντα ἀέρα, τῆς θερμότητος τῶν ἀπωλειῶν. Οἱ κατασκευασταὶ τῶν έναλλακτήρων διὰ νὰ ἔξασφαλίσουν τὴν μετάδοσιν αὐτὴν ἀφήνουν: α) Διάκενον μεταξὺ κελύφους τοῦ στάτου καὶ πυρῆνος τοῦ ἐπαγωγικοῦ τυμπάνου (σχ. 1·2 η). β) Ὁρισμένα διάκενα ἀερισμοῦ μεταξὺ τῶν μαγνητικῶν ἔλασμάτων, ἐκ τῶν ὅποιών κατασκευάζεται ὁ πυρὴν τοῦ ἐπαγωγικοῦ τυμπάνου, καὶ γ) κανάλια κυκλοφορίας τοῦ ἀέρος κατὰ μῆκος τῶν δρομέων τῶν στροβιλοεναλλακτήρων.

Οἱ ἄτρη, τὸν ὅποιον στροβιλίζει ὁ περιστρεφόμενος δρομεὺς τῆς μηχανῆς, ἔξασφαλίζει τὴν ψῦξιν τῶν έναλλακτήρων μὲ μεγάλην διάμετρον, ὅπως εἶναι οἱ έναλλακτῆρες μὲ ἔξωτερικούς ἢ μὲ ὀρατούς ἐσωτερικούς πόλους. Ἡ προσθήκη μάλιστα ἐνὸς ἀνεμιστῆρος εἰς τὸν δρόμεα (σχ. 1·2 δ) διευκολύνει τὴν ψῦξιν ἀκόμη περισσότερον.



Σχ. 1·3
Στροβιλοεναλλακτήρ μεγάλης ίσχύος.

Εἰς τοὺς στροβιλοεναλλακτῆρας ὅμως, ὅπου αἱ ἐπιφάνειαι μεταδόσεως τῆς θερμότητος εἶναι περιωρισμέναι, λαμβάνονται πρόσθετα μέτρα, τὰ ὅποια δίδουν ἴδιαιτέραν μορφὴν εἰς τὸ κέλυφος τῶν μηχανῶν αὐτῶν (σχ. 1·3). Περικλείουν δηλαδὴ τὴν μηχανὴν ἐντὸς ἀεροστεγοῦς κελύφους, τὸ ὅποιον ἀποτελεῖ μέρος κλειστοῦ κυκλώματος

κυκλοφορίας τοῦ ἀέρος, ὁ ὅποιος ψύχει τὴν μηχανήν. Ἡ κυκλοφορία τοῦ ἀέρος ἐντὸς τοῦ κλειστοῦ κυκλώματος γίνεται μὲ τὴν βοήθειαν ἀνεμιστήρων. Ὁ ἀήρ διερχόμενος διὰ τοῦ ἐναλλακτῆρος παραλαμβάνει τὴν θερμότητα τῶν ἀπωλειῶν καὶ θερμαίνεται. Ἀπὸ ἐκεῖ ὁδηγεῖται εἰς τὸ ψυγεῖον, ὅπου ψύχεται μὲ τὴν βοήθειαν συνήθως ὕδατος, καὶ κατόπιν ὁδηγεῖται πάλιν εἰς τὸν ἐναλλακτῆρα διὰ νὰ ἐπαναλάβῃ τὸν κύκλον.

Μέγα πλεονέκτημα τοῦ κλειστοῦ συστήματος ἀέρος ψύξεως εἶναι, ὅτι ὁ ἀήρ ποὺ κυκλοφορεῖ εἶναι φιλτραρισμένος καὶ ἀπηλλαγμένος ἀπὸ μόρια κόρνεως. Ἔτοι τὰ τυλίγματα τῆς μηχανῆς εἶναι πάντοτε καθαρά.

Τὸ σύστημα αὐτὸς εἰς τοὺς μεγάλους στροβιλοεναλλακτῆρας (ἄνω τῶν 30 000 kVA) ἔχει καλυτέραν ἀπόδοσιν, ἢν ἀντὶ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος ἐντὸς τοῦ κλειστοῦ κυκλώματος ὑπάρχη ὑδρογόνον. Τὸ ὑδρογόνον ἔχει καλυτέρας θερμικάς ιδιότητας ἀπὸ τὸν ἀέρα. 1 m³ ὑδρογόνου διερχόμενον διὰ τοῦ ἐναλλακτῆρος παραλαμβάνει μεγαλύτερον ποσὸν θερμότητος, ἀπὸ ὅσον παραλαμβάνει 1 m³ ἀέρος, διὰ τὴν αὐτὴν ἀνύψωσιν τῆς θερμοκρασίας. Ἐπίστης τὸ ὑδρογόνον λόγω τῆς μικροτέρας του πυκνότητος ἀπαιτεῖ μικροτέραν ἴσχυν ἀπὸ τὸν ἀνεμιστῆρα κυκλοφορίας, ἀπὸ δὲ τι θὰ ἀπήτει ἡ κυκλοφορία ἀέρος μὲ τὴν ίδιαν ταχύτητα καὶ τὴν ίδιαν πίεσιν. Τοῦτο βελτιώνει τὸν βαθμὸν ἀποδόσεως τοῦ ἐναλλακτῆρος.

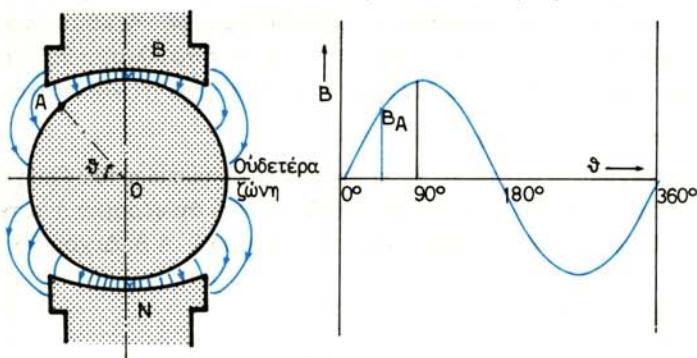
Πάντως ἡ χρησιμοποίησις ὑδρογόνου ὡς ψυκτικοῦ ἀερίου, ποὺ εἶναι σχετικῶς νέα μέθοδος, ἀπαιτεῖ νὰ εἶναι ἀπολύτως στεγανὸν τὸ κλειστὸν σύστημα κυκλοφορίας, ὅχι μόνον διὰ νὰ μὴ ἔχωμεν διαφυγὰς ὑδρογόνου, ἀλλὰ πρὸ παντὸς διὰ νὰ ἀποφεύγεται ἡ εἰσοδος ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος εἰς αὐτὸ καὶ ὁ κίνδυνος ἐκρήξεως, ποὺ ὑφίσταται εἰς αὐτὴν τὴν περίπτωσιν. Λόγω τῶν ὀπαίτουμένων πολυπλόκων ὀργάνων παρακολουθήσεως καὶ ἐλέγχου, τὸ σύστημα αὐτὸς εἶναι οἰκονομικῶς συμφέρον μόνον εἰς τοὺς πολὺ μεγάλους στροβιλοεναλλακτῆρας.

1.4 Ἡ ἀρχὴ λειτουργίας τῶν ἐναλλακτήρων.

1) Τὸ μαγνητικὸν πεδίον εἰς τὸ διάκενον.

“Οπως γνωρίζομεν, αἱ μαγνητικαὶ γραμμαὶ τοῦ πεδίου, τὸ ὅποιον δημιουργοῦν οἱ μαγνητικοὶ πόλοι τοῦ ἐναλλακτῆρος, διέρχονται καὶ ἀπὸ τὸ διάκενον, τὸ ὅποιον ὑπάρχει μεταξὺ τῶν πεδίλων τῶν πόλων καὶ τοῦ ἐπαγωγικοῦ τυμπάνου (σχ. 1 · 2 η).

Η μορφή, τήν όποιαν οί κατασκευασταὶ τῶν έναλλακτήρων δίδουν εἰς τὰ πέδιλα τῶν μαγνητικῶν πόλων, συντελεῖ, ὥστε τὸ μαγνητικὸν πεδίον εἰς τὸ διάκενον νὰ μὴ εἴναι δύοιόμορφον. "Οπως φαίνεται καὶ εἰς τὸ ἀριστερὸν μέρος τοῦ σχήματος $1 \cdot 4\alpha$, τὸ όποιον δεικνύει τὸ μαγνητικὸν πεδίον εἰς τὸ διάκενον διπολικοῦ ($p = 1$) έναλλακτῆρος μὲ ἔξωτερούς πόλους, λόγῳ τῆς μορφῆς τῶν πεδιλῶν τῶν πόλων ὑπάρχουν πολλαὶ μαγνητικαὶ γραμμαὶ (μεγάλη μαγνητικὴ ἐπαγωγὴ B) εἰς τὸ μέρος τοῦ διακένου πλησίον τοῦ ἄξονος τῶν πόλων καὶ δίλιγώτεραι (μικρὴ μαγνητικὴ ἐπαγωγὴ B), δσον πλησιάζομεν πρὸς τὴν οὐδετέραν ζώνην, ὅπου ἡ μαγνητικὴ ἐπαγωγὴ εἴναι μηδενική.



Σχ. 1 · 4 α.

Μαγνητικὸν πεδίον εἰς τὸ διάκενον.

Η καμπύλη τοῦ δεξιοῦ μέρους τοῦ σχήματος $1 \cdot 4\alpha$ παριστάνει πῶς μεταβάλλεται ἡ μαγνητικὴ ἐπαγωγὴ εἰς τὸ διάκενον τοῦ διπολικοῦ έναλλακτῆρος συναρτήσει τῆς γωνίας θ . Δηλαδὴ μᾶς δίδει τὴν μαγνητικὴν ἐπαγωγὴν εἰς τὰ διάφορα σημεῖα A τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἐπαγωγικοῦ τυμπάνου, ὅταν ἡ γωνία θ , ποὺ σχηματίζει ἡ ἀκτὶς OA μὲ τὴν οὐδετέραν ζώνην, μεταβάλλεται ἀπὸ 0° μέχρι 360° . Οἱ κατασκευασταὶ τῶν έναλλακτήρων προσπαθοῦν, ὥστε ἡ καμπύλη αὐτὴ νὰ πλησιάζῃ δσον τὸ δυνατὸν τὴν γνωστὴν ἡμιτονοειδῆ καμπύλην ('Ηλεκτρολογία, Τόμος B, παράγρ. 22 · 6).

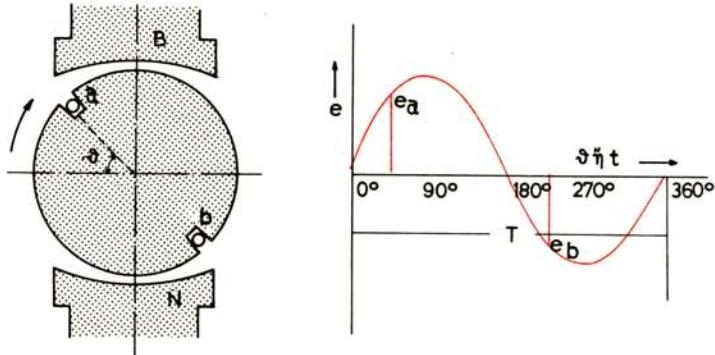
"Οταν δὲ έναλλακτήρος ἔχῃ περισσοτέρους ἀπὸ δύο μαγνητικοὺς πόλους, τότε ἡ καμπύλη τοῦ δεξιοῦ μέρους τοῦ σχήματος $1 \cdot 4\alpha$ παριστάνει πῶς μεταβάλλεται ἡ μαγνητικὴ ἐπαγωγὴ εἰς τὸ διάκενον μεταξύ δύο διαδοχικῶν πόλων, π.χ. ἀπὸ ἕνα βόρειον πό-

λον ᾔως τὸν ἐπόμενον βόρειον πόλον. Συνεπῶς διὰ νὰ παραστήσωμεν τὴν μεταβολὴν τοῦ B εἰς δλην τὴν περιφέρειαν τοῦ ἐπαγωγικοῦ τυμπάνου θὰ πρέπει νὰ ἐπαναλάβωμεν τὴν καμπύλην ρ φοράς, δηλαδὴ ὅσος εἶναι ὁ ἀριθμὸς τῶν ζευγῶν τῶν μαγνητικῶν πόλων τῆς μηχανῆς.

“Οπως θὰ ἔξηγήσωμεν ἀκολούθως, ἀπὸ τὴν μορφὴν ποὺ ἔχει ἡ καμπύλη τῆς μαγνητικῆς ἐπαγωγῆς εἰς τὸ διάκενον ἔξαρτᾶται ἡ παραγομένη ὑπὸ τοῦ ἐναλλακτῆρος ἡλεκτρεγερτική δύναμις. Συνεπῶς θὰ πρέπει, εἰς τὴν περίπτωσιν ὀποσυναρμολογήσεως ἐναλλακτῆρος πρὸς ἐπισκεύην, κατὰ τὴν ἐπανασυναρμολόγησιν οἱ μαγνητικοὶ πόλοι νὰ τοποθετηθοῦν ἀκριβῶς εἰς τὴν θέσιν τὴν προβλεπομένην ὑπὸ τοῦ κατασκευαστοῦ. Διαφορετικὰ θὰ μεταβληθῇ ἡ μορφὴ τῆς καμπύλης τῆς μαγνητικῆς ἐπαγωγῆς εἰς τὸ διάκενον. Τὸ αὐτὸ ἀποτέλεσμα θὰ ἔχῃ καὶ ἐνδεχομένη μεταβολὴ εἰς τὸ τύλιγμα π.χ. ἐνδὲ μαγνητικοῦ πόλου.

2) Ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἀγωγοῦ.

“Ἄσ δεχθῶμεν ὅτι εἰς τὸ διάκενον μιᾶς ὁδοντώσεως τοῦ ἐπαγωγικοῦ τυμπάνου τοῦ διπολικοῦ ἐναλλακτῆρος, ποὺ ἀνεφέραιμεν ἀνωτέρω, ὑπάρχει ἀγωγός a, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 1 · 4 β. Δεχόμεθα ἐπί-



Σχ. 1 · 4 β.
Ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἀγωγοῦ.

στις ὅτι ὁ δρομεὺς περιστρέφεται ἀπὸ κινητηρίαν μηχανὴν μὲ σταθερὰν ταχύτητα, κατὰ τὴν φορὰν ποὺ δεικνύει τὸ τόξον ἐπὶ τοῦ σχήματος. Ὁ ἀγωγὸς κατὰ τὴν κίνησίν του θὰ τέμνῃ τὰς μαγνητικὰς γραμμὰς τοῦ πεδίου τοῦ διακένου. Συνεπῶς, ὅπως γνωρίζομεν ἀπὸ τὴν Ἡλεκτροτεχνίαν, θὰ δημιουργηθῇ εἰς αὐτὸν ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις

ξέ έπαγωγής, τῆς όποιας ή στιγμιαία τιμή δίδεται άπό την σχέσιν:

$$e = B \cdot I \cdot n \cdot \eta_m \text{ εἰς } V$$

όπου: B είναι ή μαγνητική έπαγωγή τοῦ πεδίου εἰς T (Vs/m^2), I τὸ μῆκος τοῦ άγωγοῦ εἰς m , n ή ταχύτης τοῦ άγωγοῦ εἰς m/s καὶ η ή γωνία ποὺ σχηματίζει ή κατεύθυνσις κινήσεως τοῦ άγωγοῦ μὲ τὴν κατεύθυνσιν τῆς μαγνητικῆς έπαγωγῆς.

*Εδώ αἱ μαγνητικαὶ γραφμαὶ εἰσέρχονται καθέτως εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ έπαγωγικοῦ τυμπάνου. *Αρα εἶναι: $a = 90^\circ$ καὶ $\eta_m = 1$.

*Η φορὰ τῆς ἡλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως προσδιορίζεται άπό τὸν γνωστὸν κανόνα τῆς δεξιᾶς χειρὸς (*Ηλεκτρολογία, Τόμος Β, παράγρ. 22 · 4). Τὴν χρονικὴν στιγμήν, ποὺ παριστάνει τὸ ἀριστερὸν τοῦ σχήματος $1 \cdot 4 \beta$, ή φορὰ τῆς ἡλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως εἰς τὸν άγωγὸν α διευθύνεται άπό ἐμπρὸς πρὸς τὰ ὅπίσω, ὅπως εἶναι σημειωμένη ἐπὶ τοῦ σχήματος.

Εἰς τὴν σχέσιν ποὺ δίδει τὴν e , παρατηροῦμεν ὅτι τὰ I , n καὶ η_m εἶναι σταθερά. Συμπεραίνομεν, λοιπόν, ὅτι ή ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις διὰ τὰς διαφόρους θέσεις, άπὸ τὰς δρούσας διέρχεται οὐ άγωγός, μεταβάλλεται, ὅπως μεταβάλλεται καὶ ή μαγνητικὴ έπαγωγὴ B . Δηλαδὴ εἰς τὸν άγωγὸν δημιουργεῖται ξέ έπαγωγής ήμιτονοειδῆς έναλλασσομένη ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις, τὴν όποιαν συνήθως ονομάζομεν ἀπλῶς έναλλασσομένη ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμιν.

Εἰς τὸ δεξιὸν μέρος τοῦ σχήματος $1 \cdot 4 \beta$ παρισταται ή μεταβολὴ τῆς ἡλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως μὲ καμπύλην μορφῆς όμοίας μὲ ἔκείνην τοῦ σχήματος $1 \cdot 4 \alpha$. Εἰς τὸν ὁρίζόντιον ἄξονα ἀντὶ τῆς γωνίας θ δυνάμεθα νὰ θέσωμεν τὸν χρόνον t , ποὺ ἔχειάσθη οὐ άγωγός διὰ νὰ ἔλθῃ άπό τὴν οὐδετέραν ζώνην εἰς τὴν ἀντίστοιχον θέσιν. *Οταν τὸ έπαγωγικὸν τύμπανον κάμνη μίαν πλήρη στροφὴν (360 γεωμετρικὰς μοίρας), ή ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις εἰς τὸν άγωγὸν συμπληρώνει ἓνα πλήρη κύκλον. Δηλαδὴ τὸ παραστατικὸν διάνυσμα τῆς ἡλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως διαγράφει γωνίαν 360 ἡλεκτρικῶν μοιρῶν (*Ηλεκτρολογία, Τόμος Γ, παράγρ. 26 · 3 καὶ 26 · 9).

*Ἐάν οὖν οὐ έναλλακτήριο ἔχῃ ρ ζεύγη μαγνητικῶν πόλων, τότε, συμφώνως πρὸς ὅσα ἀνεφέραμεν εἰς τὸ προηγούμενον ἐδάφιον, εἰς μίαν πλήρη στροφὴν τοῦ έπαγωγικοῦ τυμπάνου ή ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις τοῦ άγωγοῦ θὰ ἐκτελῇ ρ κύκλους. Δηλαδὴ ἓνας πλήρης κύκλος τῆς

ήλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως (360 ήλεκτρικαὶ μοῖραι) συμπληροῦται διὰ στροφῆς τοῦ ἐπαγωγικοῦ τυμπάνου κατὰ $\frac{360}{p}$ γεωμετρικὰς μοίρας. Συνεπῶς, ὅταν τὸ ἐπαγωγικὸν τύμπανον διαγράφῃ γεωμετρικὴν γωνίαν θ , τὸ παραστατικὸν διάνυσμα τῆς ήλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως διαγράφει ήλεκτρικὴν γωνίαν:

$$\theta_{\eta\lambda} = p \cdot \theta \text{ εἰς ήλεκτρικὰς μοίρας}$$

*Αρα μεταξὺ τῶν γεωμετρικῶν καὶ ήλεκτρικῶν γωνιῶν ὑφίσταται ἡ σχέσις:

$$\theta = \frac{\theta_{\eta\lambda}}{p} \text{ εἰς γεωμετρικὰς μοίρας}$$

3) Ήλεκτρεγερτικὴ δύναμις τυλίγματος.

*Ἄσ δεχθῶμεν τώρα ὅτι τὸ ἐπαγωγικὸν τύμπανον τοῦ ἀπλοῦ ἐναλλακτῆρος τοῦ σχήματος $1 \cdot 4 \beta$ φέρει καὶ δεύτερον ἀγωγὸν b , εἰς ἕκ διαμέτρου ἀντίθετον σημεῖον πρὸς τὸν ἀγωγὸν a . Συμφώνως πρὸς ὅσα ἀνεφέραμεν, κατὰ τὴν περιστροφὴν τοῦ τυμπάνου θὰ δημιουργῆθῇ καὶ εἰς τὸν ἀγωγὸν αὐτὸν ήλεκτρεγερτικὴ δύναμις, ἡ ὅποια θὰ είναι κάθε στιγμὴν ἴση καὶ ἀντίθετος πρὸς τὴν ήλεκτρεγερτικὴν δύναμιν τοῦ a . Π.χ. τὴν χρονικὴν στιγμὴν, ποὺ παριστάνει τὸ σχῆμα $1 \cdot 4 \beta$, θὰ διευθύνεται ἐκ τῶν ὅπισθεν πρὸς τὰ ἐμπρὸς καὶ τὸ μέγεθός της θὰ είναι:

$$e_b = e_a$$

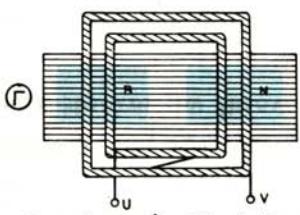
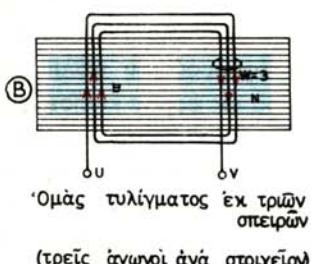
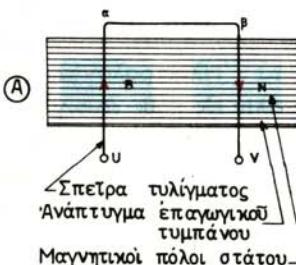
Οἱ ἀγωγοὶ a καὶ b είναι δυνατὸν νὰ συνδεθοῦν ἐν σειρᾶ, ὥστε νὰ ἀποτελέσουν μίαν σπεῖραν τοῦ τυλίγματος, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα $1 \cdot 4 \gamma$ (A), ποὺ παριστάνει τὸ ἀνάπτυγμα τοῦ ἐπαγωγικοῦ τυμπάνου τοῦ διπολικοῦ ἐναλλακτῆρος τοῦ σχήματος $1 \cdot 4 \beta$. *Η ήλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς σπείρας τῶν δύο ἀγωγῶν θὰ είναι πάλιν ἐναλλασσομένη, τῆς αὐτῆς συχνότητος, διπλασίας ὅμως στιγμιαίας τιμῆς τῆς ήλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως τοῦ ἐνὸς ἀγωγοῦ.

*Ἀν μέσα εἰς τὰς δύο αὔλακας τοῦ τυμπάνου τοποθετήσωμεν μίαν ὁμάδα τυλίγματος ἀποτελουμένην ἀπὸ w σπείρας, δηλαδὴ μὲν ἀγωγούς ἀνὰ στοιχεῖον, ὅπως δεικνύει τὸ σχῆμα $1 \cdot 4 \gamma$ (B), είναι εὔκολον νὰ ἀντιληφθῶμεν, ὅτι ἡ ήλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς ὁμάδος είναι πάλιν ἐναλλασσομένη τῆς αὐτῆς συχνότητος, ἡ στιγμιαία ὅμως τιμή της θὰ είναι w φοράς μεγαλυτέρα ἀπὸ τὴν στιγμιαίαν τιμὴν τῆς μιᾶς

σπείρας. Ή ίδια σχέσις ύπάρχει καὶ μεταξὺ τῶν ἐνδεικνυμένων τιμῶν τῶν ἡλεκτρεγερτικῶν δυνάμεων τῆς σπείρας καὶ τῆς ὁμάδος. Ἀπὸ τὰ δύο ἄκρα U καὶ V τῆς ὁμάδος δυνάμεθα νὰ τροφοδοτήσωμεν φορτίον μὲ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα, ποὺ θὰ ἔχῃ τὴν μορφὴν τῆς καμπύλης τοῦ σχήματος $1 \cdot 4\beta$.

Ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις, τὴν δποίαν εἶναι δυνατὸν νὰ λάβωμεν ἀπὸ μίαν ὁμάδα τυλίγματος, δὲν ἐπαρκεῖ διὰ τὰς ἀνάγκας τῆς πράξεως, διότι ὁ ἀριθμὸς τῶν ἀγωγῶν, ποὺ δυνάμεθα νὰ τοποθετήσωμεν εἰς τὸ διάκενον μιᾶς ὁδοντώσεως, εἶναι περιωρισμένος. Δι' αὐτὸν τὸν λόγον εἰς τὰ πραγματικὰ τυλίγματα τῶν ἐναλλακτήρων συνδέομεν ἐν σειρᾶ περισσοτέρας τῆς μιᾶς ὁμάδας τοποθετημένας εἰς γειτονικὰς ὁδοντώσεις, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα $1 \cdot 4\gamma$ (Γ). Εἰς τὸ σχῆμα εἰς ἔνα διπλοῦν πολικὸν βῆμα ύπάρχουν δύο ὁμάδες τοῦ τυλίγματος. Τὸ σύνολον τῶν ἐν σειρᾶ συνδεμένων ὁμάδων εἰς ἔνα διπλοῦν πολικὸν βῆμα τὸ ὀνομάζομεν συγκρότημα ὁμάδων. Ἀποδεικνύεται ὅτι ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις τοῦ συγκροτήματος ὁμάδων εἶναι καὶ αὐτὴ ἐναλλασσομένη, ἡ ἐνδεικνυμένη τῆς τιμῆς ὅμως εἶναι μικροτέρα τοῦ ἀθροίσματος τῶν ἐνδεικνυμένων τιμῶν τῶν ἡλεκτρεγερτικῶν δυνάμεων τῶν ὁμάδων, ἀπὸ τὰς δποίας ἀποτελεῖται, ἀλλὰ μεγαλυτέρα ἔκεινης τῆς μιᾶς ὁμάδος.

Εἰς τοὺς ἐναλλακτήρας μὲ ἐσωτερικοὺς πόλους ἡ μεταβολὴ τῆς μαγνητικῆς ἐπαγωγῆς εἰς τὸ διάκενον ἀκολουθεῖ πάλιν τὴν καμπύλην



Συγκρότημα ἐκ δύο ὁμάδων

$\Sigma\chi. 1 \cdot 4\gamma$.

τοῦ σχήματος $1 \cdot 4\alpha$, ὅταν δὲ δρομεὺς δὲν περιστρέφεται. Κατὰ τὴν λειτουργίαν ὅμως τοῦ ἐναλλακτῆρος, ἐνῷ οἱ ἀγωγοὶ εἰναι ἀκίνητοι, περιστρέφονται οἱ μαγνητικοὶ πόλοι καὶ μαζὶ μὲν αὐτοὺς τὸ μαγνητικὸν πεδίον. Οἱ ἀγωγοὶ τέμνουν τότε τὰς μαγνητικὰς γραμμὰς τοῦ πεδίου ἥ ἀκριβέστερον οἱ μαγνητικαὶ γραμμαὶ τέμνουν τοὺς ἀγωγούς. Κατὰ τὰ γνωστὰ (Ἡλεκτρολογία, Τόμος Β, παράγρ. 22 · 5), δημιουργεῖται καὶ πάλιν εἰς κάθε ἀγωγὸν τοῦ τυλίγματος ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἔξι ἐπαγωγῆς, τῆς ὅποιας ἥ στιγμαία τιμὴ ἔξαρτᾶται ἀπὸ τὴν ἀντίστοιχον τιμὴν τῆς μαγνητικῆς ἐπαγωγῆς. "Ἄρα ἥ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις κάθε ἀγωγοῦ θὰ μεταβάλλεται συναρτήσει τοῦ χρόνου συμφώνως πρὸς τὴν καμπύλην τοῦ σχήματος $1 \cdot 4\beta$. Δηλαδὴ θὰ εἰναι ἡμιτονοειδής ἐναλλασσομένη ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις.

'Εὰν θέλωμεν νὰ προσδιορίσωμεν τὴν κατεύθυνσιν, ποὺ ἔχει εἰς ὡρισμένην χρονικὴν στιγμὴν ἥ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις μέσα εἰς ἓνα ἀγωγόν, ἐφαρμόζομεν πάλιν τὸν κανόνα τῆς δεξιᾶς χειρός. Πρέπει ὅμως τώρα ὡς φοράν κινήσεως τοῦ ἀγωγοῦ νὰ λάβωμεν τὴν ὀντίθετον τῆς φορᾶς κινήσεως τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου.

"Οπως ἔξηγήθη διὰ τοὺς ἐναλλακτῆρας μὲ ἔξωτερικοὺς πόλους, ἔτσι προκύπτει καὶ ἔδῶ ὅτι ἥ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις, ἥ ὅποια ἀναπτύσσεται εἰς μίαν σπείραν ἥ μίαν ὅμάδα τοῦ τυλίγματος, εἰναι ἐναλλασσομένη. Τέλος, ἥ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις ὅλου τοῦ ἐναλλακτῆρος, ἥ ὅποια προκύπτει ἀπὸ τὰ συγκροτήματα ὅμάδων τοῦ τυλίγματος, εἰναι καὶ αὐτῇ ἐναλλασσομένη καὶ ἔχει τὴν μορφὴν τῆς καμπύλης τοῦ σχήματος $1 \cdot 4\beta$.

1 · 5 Συχνότης καὶ ταχύτης περιστροφῆς.

Κατόπιν τῶν ὅσων ἀνεφέραμεν εἰς τὴν προηγουμένην παράγραφον, εἰναι εὔκολον νὰ συμπεράνωμεν ὅτι ἥ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἐναλλακτῆρος, ὁ ὅποιος ἔχει ρ ζεύγη μαγνητικῶν πόλων, ἐκτελεῖ ρ πλήρεις κύκλους εἰς ἑκάστην στροφὴν τοῦ δρομέως.

'Εὰν δὲ δρομεὺς περιστρέφεται μὲ ταχύτητα n_s στροφῶν ἀνὰ s, δὲ ἀριθμὸς τῶν κύκλων ἀνὰ s, δηλαδὴ ἥ συχνότης f τῆς ἡλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως, θὰ δίδεται ἀπὸ τὴν σχέσιν:

$$f = p \cdot n_s \text{ εἰς Hz}$$

ὅπου: ρ εἰναι δὲ ἀριθμὸς τῶν ζευγῶν τῶν μαγνητικῶν πόλων καὶ n_s δὲ ἀριθμὸς στροφῶν τοῦ ἐναλλακτῆρος ἀνὰ δευτερόλεπτον.

"Όταν τήν ταχύτητα περιστροφής τήν έκφράζωμεν είς στροφάς άνα λεπτόν (στρ/min), ή άνωτέρω σχέσις γίνεται:

$$f = \frac{p \cdot n_s}{60} \quad \text{εις Hz}$$

Π.χ. έτσι έξιπολικός έναλλακτήρ (p = 3) περιστρέφεται μὲ ταχύτητα $n_s = 500$ στρ/min, θὰ δίδη ρεῦμα συχνότητος:

$$f = \frac{p \cdot n_s}{60} = \frac{3 \times 500}{60} = 25 \text{ Hz}$$

'Απὸ τὸν τύπον, ποὺ δίδει τὴν συχνότητα, προκύπτει ἡ ταχύτης περιστροφῆς, τὴν δόποιαν πρέπει νὰ ἔχῃ έναλλακτήρ διὰ νὰ παράγη ρεῦμα ὥρισμένης συχνότητος. Ἡ ταχύτης αὐτή, ποὺ δονομάζεται σύγχρονος ταχύτης είναι:

$$n_s = \frac{f}{p} \quad \text{εις στρ/s} \quad \text{ή}$$

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} \quad \text{εις στρ/min}$$

ὅπου: f είναι ἡ συχνότης τοῦ έναλλασσομένου ρεύματος εἰς Hz καὶ p ὁ ἀριθμὸς τῶν ζευγῶν τῶν μαγνητικῶν πόλων.

Εἰς τὴν Ἑλλάδα, καθώς καὶ εἰς ὅλην τὴν Εὐρώπην, ἔχει καθιερωθῆ ἡ συχνότητα έναλλασσομένου ρεύματος ἡ συχνότης νὰ είναι $f = 50$ Hz. 'Απὸ τὴν άνωτέρω σχέσιν προκύπτει ὁ ἀκόλουθος πίναξ, ὁ δόποιος δίδει τὴν άντιστοιχίαν τῶν συγχρόνων ταχυτήτων τῶν έναλλακτήρων πρὸς τὸν ἀριθμὸν τῶν ζευγῶν μαγνητικῶν πόλων ποὺ ἔχουν:

Διὰ $p = 1$ ἔχομεν $n_s = 3000$ στρ/min

» $p = 2$ » $n_s = 1500$ »

» $p = 3$ » $n_s = 1000$ »

» $p = 4$ » $n_s = 750$ »

» $p = 5$ » $n_s = 600$ »

» $p = 6$ » $n_s = 500$ »

» $p = 8$ » $n_s = 375$ »

» $p = 10$ » $n_s = 300$ »

κ.λπ.

1 · 6 Μονοφασικοί έναλλακτήρες.

'Ο έναλλακτήρ, τὸν δόποιον περιεγράψαμεν εἰς τὴν παράγραφον 1 · 4, είναι διπολικὸς έναλλακτήρ, ὁ δόποιος ἔχει ἑνα μόνον τύλιγμα εἰς

τὸ ἐπαγωγικόν του τύμπανον [σχ. 1 · 4 γ(Γ)]. Τὰ ἄκρα U καὶ V τοῦ τυλίγματος συνδέονται μὲ τοὺς ἀκροδέκτας τοῦ ἐναλλακτῆρος. Ἡ σύνδεσις αὐτὴ γίνεται, ὅπως ἀνεφέραμεν εἰς τὴν παράγραφον 1 · 2, μέσω δακτυλίων, ὅταν ὁ ἐναλλακτήρος εἴναι μὲ ἔξωτερικούς πόλους, ἢ ἀπ' εὐθείας, ὅταν ὁ ἐναλλακτήρος εἴναι μὲ περιστρεφόμενους πόλους. Εἰς τοὺς ἀκροδέκτας τοῦ ἐναλλακτῆρος εἴναι δυνατὸν νὰ συνδέσωμεν μονοφασικὸν φορτίον, καὶ νὰ τὸ τροφοδοτήσωμεν μὲ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα.

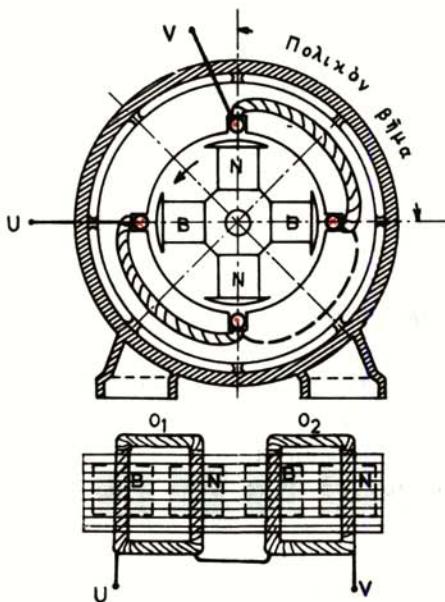
Ο ἐναλλακτήρος τότε ὀνομάζεται μονοφασικὸς ἐναλλακτήρ, τὸ δὲ τύλιγμα τοῦ ἐπαγωγικοῦ του τυμπάνου μονοφασικὸν τύλιγμα.

Μονοφασικοὶ ἐναλλακτῆρες εἴναι δυνατὸν νὰ κατασκευασθοῦν καὶ μὲ περισσοτέρους ἀπὸ δύο πόλους. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν εἰς κάθε διπλοῦν πολικὸν βῆμα ἔχομεν ἓνα συγκρότημα δμάδων, ὡς αὐτὸ τοῦ σχήματος 1 · 4 γ (Γ). Τὰ συγκροτήματα αὗτὰ συνδέονται μεταξύ των συνήθως ἐν σειρᾶ, ὥστε νὰ σχηματίζεται ἓνα μονοφασικὸν τύλιγμα, τὰ ἄκρα τοῦ ὅποιου συνδέονται εἰς τοὺς δύο ἀκροδέκτας τῆς μηχανῆς.

Τὸ σχῆμα 1 · 6 παριστάνει, ὑπὸ τὴν ἀπλουστέραν του

μορφήν, ἓνα τετραπολικὸν μονοφασικὸν ἐναλλακτῆρα μὲ ἔσωτερικούς πόλους. Εἰς τὸ κάτω μέρος τοῦ σχήματος φαίνεται τὸ τύλιγμα εἰς τὸ δινάπτυγμα τοῦ ἐπαγωγικοῦ τυμπάνου.

Χάριν ἀπλότητος τοῦ σχεδίου ὁ ἐναλλακτήρος αὐτὸς παρίσταται μὲ τέσσαρας αὔλακας εἰς τὸ ἐπαγωγικὸν τύμπανον, δηλαδὴ μὲ μίαν αὔλακα ἀνὰ πολικὸν βῆμα. Συνεπῶς ἔχομεν μίαν δμάδα ἀνὰ διπλοῦν πολικὸν βῆμα ἀντὶ ἑνὸς συγκροτήματος δμάδων, ὅπως συμβαίνει εἰς τὴν πραγματικότητα. Αἱ δμάδες αὗται (O_1 καὶ O_2 εἰς τὸ σχῆμα), συν-



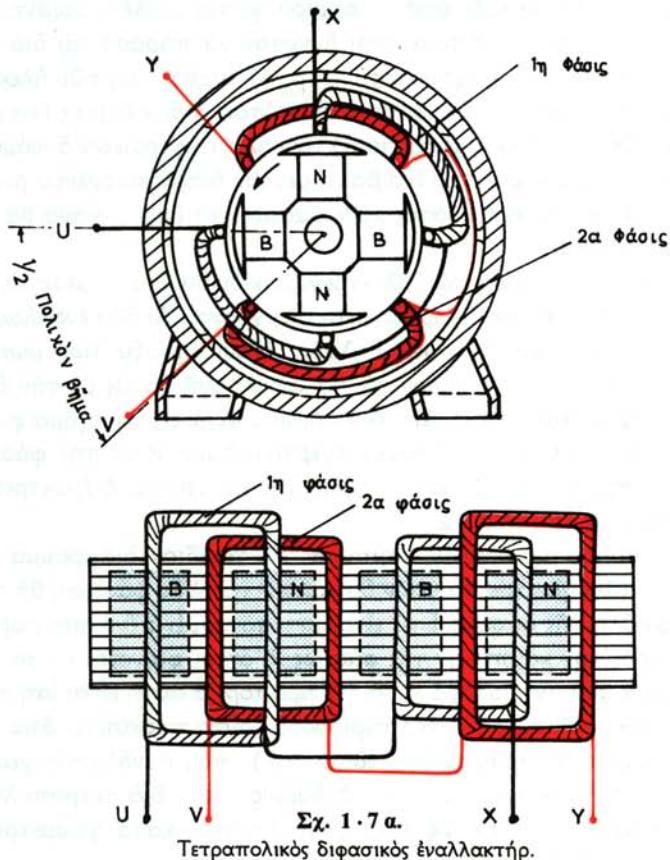
Σχ. 1 · 6.

Τετραπολικὸς μονοφασικὸς ἐναλλακτήρ.

δέονται μεταξύ των έν σειρά. Τὰ ἐλεύθερα ἄκρα των U καὶ V συνδέονται εἰς τοὺς δύο ἀκροδέκτας τοῦ έναλλακτῆρος.

1.7 Διφασικοί έναλλακτήρες.

"Αν εἰς τὸ ἥμισυ τῶν ἀποστάσεων μεταξὺ τῶν αὐλάκων τοῦ ἔπαγωγικοῦ τυμπάνου τοῦ τετραπολικοῦ μονοφασικοῦ έναλλακτῆρος



τοῦ σχήματος 1·6 τοποθετήσωμεν δόμοιως ἐντὸς αὐλάκων ἕνα τύλιγμα συνδεσμολογημένον ὅπως τὸ πρῶτον, ἀλλὰ τελείως ἀνεξάρτητον αὐτοῦ, θὰ ἔχωμεν ἕνα διφασικὸν έναλλακτήρα. Εἰς τὸ ἄνω μέρος τοῦ σχήματος 1·7 α παρίσταται ἀπλοῦς τετραπολικὸς διφασικὸς έναλλα-

κτήρ. Είς τὸ κάτω μέρος τοῦ ἴδιου σχήματος φαίνεται τὸ ἀνάπτυγμα τοῦ ἐπαγωγικοῦ του τυμπάνου.

Τὸ διφασικὸν τύλιγμα τοῦ ἐπαγωγικοῦ τυμπάνου ἔχει τώρα τέσσαρα ἐλεύθερα ἄκρα, τὰ U καὶ X τοῦ τυλίγματος τῆς πρώτης φάσεως καὶ τὰ V καὶ Y τοῦ τυλίγματος τῆς δευτέρας φάσεως, τὰ ὅποια συνδέονται εἰς τὸν τέσσαρας ἀκροδέκτας τῆς μηχανῆς.

Εἰς τὸ τύλιγμα κάθε φάσεως δημιουργεῖται ἐναλλασσομένη ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις, ἡ ὅποια εἶναι δυνατὸν νὰ παρασταθῇ διὰ μιᾶς καμπύλης, ὡς αὐτὴ τοῦ σχήματος $1 \cdot 4 \beta$. Αἱ συχνότητες τῶν ἡλεκτρεγερτικῶν δυνάμεων τῶν δύο φάσεων εἶναι ἵσαι, καθὼς ἐπίστης ἵσα εἶναι καὶ τὰ μεγέθη (αἱ ἐνδεικνυμέναι τιμαὶ) τῶν ἡλεκτρεγερτικῶν δυνάμεων. "Αν δηλαδὴ συνδέσωμεν ἀπὸ ἓνα βολτόμετρον ἐναλλασσομένου ρεύματος εἰς τὰ ἄκρα τοῦ τυλίγματος κάθε φάσεως, τὰ δύο ὅργανα θὰ δώσουν ἵσας ἐνδείξεις.

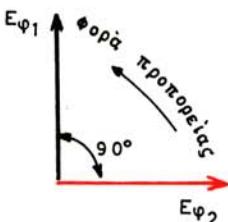
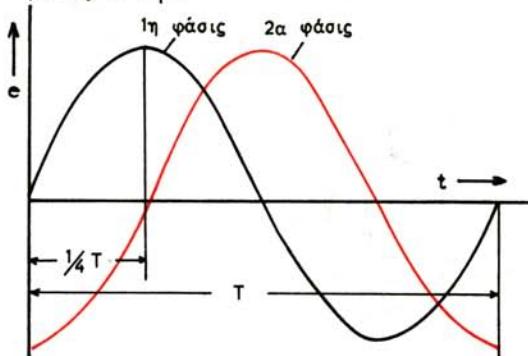
Αἱ μεταβολαὶ ὅμως τῶν ἡλεκτρεγερτικῶν δυνάμεων μέσα εἰς τὰς δύο φάσεις τοῦ ἐναλλακτῆρος δὲν εἶναι σύγχρονοι. Αἱ δύο ἐναλλασσόμεναι ἡλεκτρεγερτικαὶ δυνάμεις δηλαδὴ ἔχουν μεταξὺ των φασικὴν ἀπόκλισιν. Τοῦτο εἶναι εὔκολον νὰ τὸ ἀντιληφθῇ κανεὶς μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ σχήματος $1 \cdot 7 \alpha$. Διὰ τὴν σημειουμένην εἰς τὸ σχῆμα φορὰν περιστροφῆς τοῦ δρομέως, ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις εἰς τὴν φάσιν 1 θὰ ἀποκτᾶ πρώτη τὴν μεγίστην τιμήν της καὶ ἔπειτα ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις εἰς τὴν φάσιν 2.

"Αν παραστήσωμεν μὲ καμπύλας εἰς τὸ ἴδιον διάγραμμα τὴν μεταβολὴν τῶν ἡλεκτρεγερτικῶν δυνάμεων τῶν δύο φάσεων, θὰ πρέπει ἡ καμπύλη τῆς φάσεως 1 νὰ εἴναι μετατοπισμένη (νὰ προπορεύεται) ὡς πρὸς τὴν καμπύλην τῆς φάσεως 2, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ ἀριστερὸν μέρος τοῦ σχήματος $1 \cdot 7 \beta$. Ἡ προπορεία αὐτὴ εἶναι ἵση πρὸς 90 ἡλεκτρικὰς μοίρας ἢ $1/4$ τῆς περιόδου. Τοῦτο προκύπτει ἀπὸ τὴν γνωστὴν σχέσιν (παράγρ. $1 \cdot 4$, ἐδάφιον 2), ποὺ συνδέει τὰς γεωμετρικὰς μὲ τὰς ἡλεκτρικὰς γωνίας. Δεδομένου ὅτι διὰ τετραπολικὸν ἐναλλακτῆρα ($p = 2$) τὰ δύο τυλίγματα ἀπέχουν κατὰ γεωμετρικὴν γωνίαν $\theta = 45^\circ$, ἔχομεν:

$$\theta_{\eta\lambda} = p \cdot \theta = 2 \times 45 = 90 \text{ ἡλεκτρικαὶ μοῖραι}$$

Δηλαδὴ τὸ παραστατικὸν διάνυσμα τῆς ἡλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως τῆς πρώτης φάσεως θὰ προπορεύεται κατὰ 90° τοῦ διανύσματος

τῆς δευτέρας φάσεως, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ δεξιὸν μέρος τοῦ σχήματος 1·7β.



Σχ. 1·7β.

Ήλεκτρεγερτικαὶ δυνάμεις διφασικοῦ έναλλακτήρος.

1·8 Τριφασικοί έναλλακτήρες.

Οἱ τριφασικοὶ έναλλακτῆρες φέρουν εἰς τὸ ἐπαγωγικόν τῶν τύμπανον τρία ὄμοια καὶ ἀνεξάρτητα μεταξύ τῶν μονοφασικὰ τυλίγματα, τὰς τρεῖς φάσεις τοῦ έναλλακτῆρος. Τὸ σχῆμα 1·8 α εἰς τὸ ἐπάνω μέρος δεικνύει ἀπλοῦν τριφασικὸν έναλλακτήρα, δ ὁποῖος ἔχει μίαν διμάδα τυλίγματος ἀπὸ κάθε φάσιν ἀνὰ διπλοῦν πολικὸν βῆμα. Εἰς τὸ κάτω μέρος τοῦ ίδίου σχήματος φαίνεται τὸ ἀνάπτυγμα τοῦ ἐπαγωγικοῦ τυμπάνου.

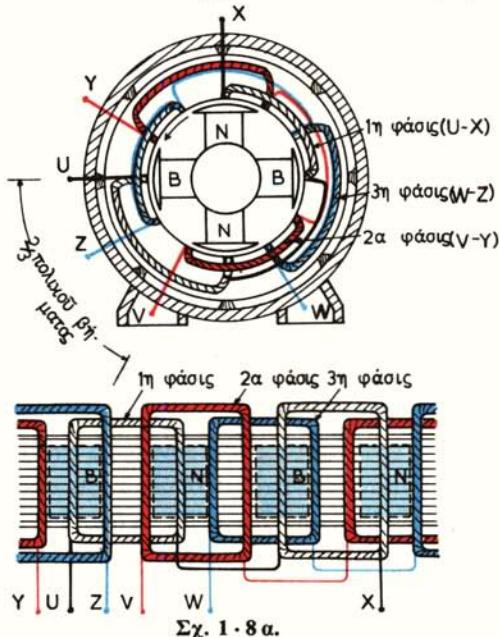
Εἰς τὰ τριφασικὰ τυλίγματα ἔχομεν συνεπῶς ἔξ ἄκρα. Τρεῖς ἀρχὰς τὰς U, V, W, καὶ τρία πέρατα, τὰ X, Y, Z. Τὸ τύλιγμα U - X ἀποτελεῖ τὴν πρώτην φάσιν, τὸ V - Y τὴν δευτέραν φάσιν καὶ τὸ W - Z τὴν τρίτην φάσιν.

Εἰς τοὺς τριφασικοὺς έναλλακτῆρας, ὅπως καὶ εἰς τοὺς διφασικούς, αἱ έναλλασσόμεναι ἡλεκτρεγερτικαὶ δυνάμεις, ποὺ ἀναπτύσσονται εἰς τὰς τρεῖς φάσεις, ἔχουν τὸ ίδιον μέγεθος (τὰς ίδιας ἐνδεικνυμένας τιμὰς) καὶ τὴν αὐτὴν συχνότητα. Αἱ ἡλεκτρεγερτικαὶ αύται δυνάμεις δονομάζονται φασικαὶ ἡλεκτρεγερτικαὶ δυνάμεις τοῦ έναλλακτῆρος.

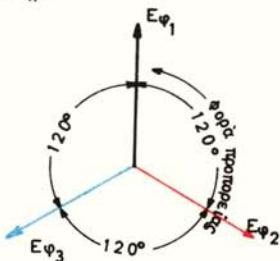
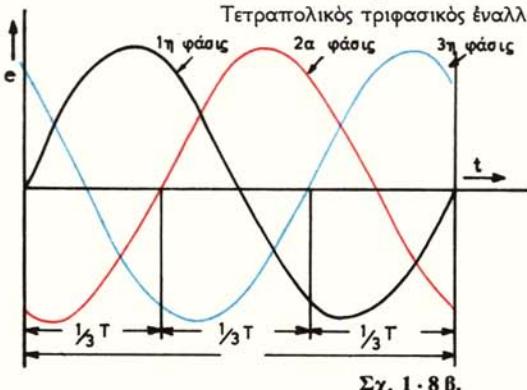
Τὸ τύλιγμα κάθε φάσεως ἀπέχει ἀπὸ τὰς ἄλλας ἀπόστασιν ἵσην πρὸς 2/3 τοῦ πολικοῦ βῆματος ἢ κατὰ γεωμετρικὴν γωνίαν $\theta = 60^\circ$. Ἀρα αἱ ἡλεκτρεγερτικαὶ δυνάμεις, ποὺ ἀναπτύσσονται εἰς τὰ τρία τυλίγματα, ἔχουν μεταξύ τῶν φασικὴν ἀπόκλισιν:

$\theta_{\eta\lambda} = p \cdot \theta = 2 \times 60 = 120$ ήλεκτρικάς μοίρας ή $1/3$ της περιόδου T .

"Όταν δορυφεύει της μηχανῆς περιστρέφεται κατά τὴν φοράν, πού δεικνύει τὸ τόξον εἰς τὸ σχῆμα $1 \cdot 8 \alpha$, τότε ήλεκτρεγερτική



Τετραπολικός τριφασικός έναλλακτήρ.



Ηλεκτρεγερτικαὶ δυνάμεις τριφασικοῦ έναλλακτῆρος.

Δύναμις τῆς φάσεως 1 προηγεῖται τῆς ήλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως τῆς φάσεως 2 καὶ αὐτὴ τῆς φάσεως 3. Τὸ σχῆμα $1 \cdot 8 \beta$ παριστάνει, κατὰ

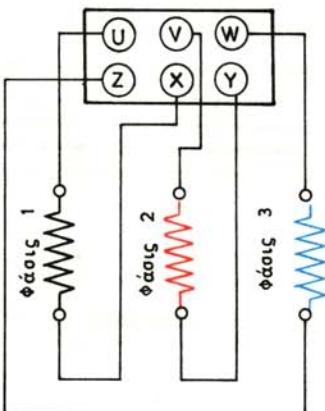
τὰ γνωστά, μὲ καμπύλας καὶ μὲ διανύσματα τὰς ἡλεκτρεγερτικὰς δυνάμεις τῶν τριῶν φάσεων τριφασικοῦ έναλλακτῆρος.

Τὰ ἔξ εἰλεύθερα ἄκρα τῶν τριῶν φάσεων τοῦ τριφασικοῦ έναλλακτῆρος συνδέονται εἰς τοὺς ἔξ ἀκροδέκτας τῆς μηχανῆς, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 1·8 γ. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτῆν οἵ τρεῖς φάσεις εἶναι τελείως ἀνεξάρτητοι μεταξύ των καὶ ἀν συνδέσωμεν ἔνα βολτόμετρον μεταξύ δύο ἀκροδεκτῶν, που ἀνήκουν εἰς διαφορετικὰς φάσεις, οὐδεμίαν τάσιν θὰ δείξῃ. Εἰναι ή περίπτωσις τοῦ ἀνεξαρτήτου τριφασικοῦ συστήματος.

Εἰς τὴν πρᾶξιν τὰ τυλίγματα τῶν τριῶν φάσεων τῶν τριφασικῶν έναλλακτήρων δὲν τὰ ἀφήνομεν ἀνεξάρτητα, ἀλλὰ τὰ συνδέομεν μεταξύ των μὲ δρειχάλκινα ἢ χάλκινα ἐλάσματα, τὰ ὅποια τοποθετοῦμεν εἰς τοὺς ἀκροδέκτας τῆς μηχανῆς. Πραγματοποιοῦμεν ἔτσι τὸ δόνομαζόμενον ἀλληλένδετον τριφασικὸν σύστημα, τὸ ὅποιον παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα εἰς τὰ δίκτυα, ποὺ τροφοδοτοῦνται ἀπὸ παρομίους τριφασικούς έναλλακτῆρας.

Ὑπάρχουν δύο τρόποι συνδέσεως μεταξύ των τῶν φάσεων τριφασικοῦ έναλλακτῆρος: ἡ σύνδεσις ἢ ζεῦξις κατ' ἀστέρα καὶ ἡ σύνδεσις ἢ ζεῦξις κατὰ τρίγωνον.

Εἰς τὴν σύνδεσιν κατ' ἀστέρα συνδέομεν μεταξύ των τοὺς ἀκροδέκτας Z , X , Y , ὅπως φαίνεται εἰς τὸ ἀριστερὸν μέρος τοῦ σχήματος 1·8 δ, οἱ ὅποιοι ἔτσι ἀποτελοῦν τὸν δόνομαζόμενον οὐδέτερον κόμβον τῆς μηχανῆς. Εἰς τοὺς τρεῖς ἀλλούς ἀκροδέκτας U , V , W , συνδέεται τὸ τριφασικὸν δίκτυον. "Οταν τὸ τριφασικὸν δίκτυον εἶναι τεσσάρων ἀγωγῶν, δούλετερος ἀγωγὸς συνδέεται εἰς τὸν οὐδέτερον κόμβον τῆς μηχανῆς. Μεταξύ τοῦ ἀκροδέκτου μιᾶς φάσεως (U , V , W) καὶ τοῦ οὐδετέρου κόμβου ἔχομεν τὴν φασικὴν ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν τοῦ έναλλακτῆρος E_{φ} . Μεταξὺ τῶν ἀκροδεκτῶν δύο φάσεων ἔχομεν τὴν πολικὴν ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν E_{π} , ἢ ὅποια, ὅπως γνωρίζομεν ('Ηλε-



Σχ. 1·8 γ.

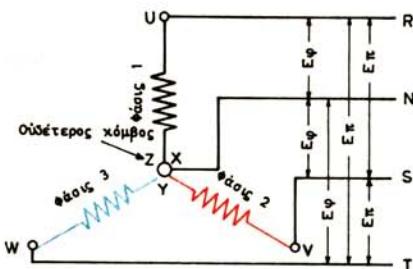
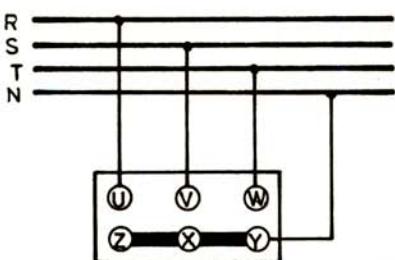
Σύνδεσις τῶν τυλίγμάτων τῶν τριῶν φάσεων εἰς τοὺς ἀκροδέκτας.

κτρολογία, Τόμος Γ, παράγρ. 29 · 7), εἰς τὴν σύνδεσιν κατ' ἀστέρα είναι:

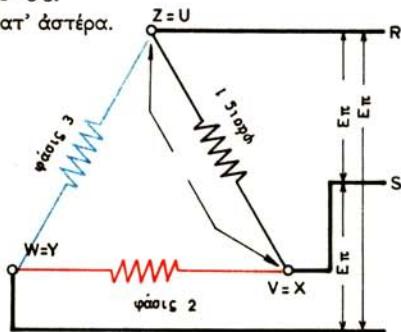
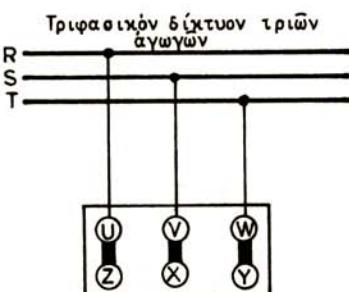
$$E_\pi = \sqrt{3} \cdot E_\phi = 1,73 \cdot E_\phi$$

Ἡ σύνδεσις κατὰ τρίγωνον πραγματοποιεῖται διὰ τῆς τοποθετήσεως τριῶν ἔλασμάτων μεταξὺ τῶν ἀκροδεκτῶν, ὅπως φαίνεται εἰς

Τριφασικὸν δίκτυον τεσσάρων ἀγωγῶν



Σχ. 1 · 8 δ.
Σύνδεσις κατ' ἀστέρα.



Σχ. 1 · 8 ε.
Σύνδεσις κατὰ τρίγωνον.

τὸ ἀριστερὸν μέρος τοῦ σχήματος 1 · 8 ε. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἡ φασικὴ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις τοῦ ἐναλλακτῆρος ίσοῦται μὲ τὴν πολικήν:

$$E_\phi = E_\pi$$

Εἰς τὴν σύνδεσιν κατὰ τρίγωνον μόνον τριφασικὸν δίκτυον τριῶν ἀγωγῶν είναι δυνατὸν νὰ τροφοδοτηθῇ ἀπὸ τὸν τριφασικὸν ἐναλλακτῆρα. Ἐναλλακτῆρες μονοφασικοὶ καὶ διφασικοὶ σπανίως χρησιμοποιοῦνται. Σήμερον εἰς ὅλους τοὺς κεντρικούς σταθμοὺς παραγωγῆς ἡλεκτρικῆς ἐνέργειας χρησιμοποιοῦνται μόνον τριφασικοὶ ἐναλλακτῆρες.

1.9 Τιμή της ήλεκτρεγερτικής δυνάμεως έναλλακτήρος.

Η ένδεικνυμένη τιμή της ήλεκτρεγερτικής δυνάμεως, που δημιουργείται μέσα εις τό τύλιγμα κάθε φάσεως ένος έναλλακτήρος, δηλαδή ή φασική ήλεκτρεγερτική δύναμις, δίδεται άπο τήν σχέσιν:

$$E_\phi = K \cdot p \cdot n_s \cdot w_0 \cdot \Phi \quad \text{εις V}$$

όπου: p είναι ό αριθμός τῶν ζευγῶν μαγνητικῶν πόλων, n_s ή ταχύτης περιστροφῆς εις στρ/s, w_0 ό αριθμός τῶν έν σειρᾶ συνδεδεμένων άγωγῶν τοῦ τυλίγματος άνα φάσιν, Φ ή χρήσιμος μαγνητική ροή άνα πόλον εις Wb καὶ K συντελεστής έξαρτώμενος άπο τὰ γεωμετρικὰ στοιχεῖα τοῦ τυλίγματος καὶ άπο τὸ πραγματικὸν σχῆμα τῆς καμπύλης μεταβολῆς τῆς μαγνητικῆς έπαγωγῆς εις τὸ διάκενον. Τὸ K εις τοὺς τριφασικοὺς έναλλακτήρας κυμαίνεται μεταξὺ 1,9 καὶ 3,4. Συνήθως λαμβάνεται τὸ K περὶ τὸ 2,22.

Ἐάν εις τήν άνωτέρω σχέσιν θέσωμεν:

$$f = p \cdot n_s$$

ἔχομεν:

$$E_\phi = K \cdot f \cdot w_0 \cdot \Phi \quad \text{εις V}$$

όπου: f είναι ή συχνότης τῆς ήλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως εις Hz.

Παράδειγμα.

Νὰ ύπολογισθῇ ή πολική ήλεκτρεγερτική δύναμις έξαπολικοῦ τριφασικοῦ έναλλακτήρος περιστρεφομένου μὲ ταχύτητα 1000 στρ/min, τοῦ όποίου τὸ έπαγωγικὸν τύμπανον ἔχει 36 αύλακας μὲ 5 άγωγούς άνα αύλακα. Τὰ τυλίγματα τοῦ έναλλακτήρος είναι συνδεσμολογημένα κατ' άστέρα, ή δὲ χρήσιμος μαγνητική ροή άνα πόλον είναι 0,018 Wb (νὰ ληφθῇ $K = 2,24$).

Λύσις:

Η συχνότης τῆς ήλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως θὰ είναι:

$$f = \frac{p \cdot n_s}{60} = \frac{3 \times 1000}{60} = 50 \text{ Hz}$$

Ο αριθμός τῶν αύλακων άνα φάσιν είναι:

$$z_0 = \frac{z}{3} = \frac{36}{3} = 12 \text{ αύλακες}$$

"Αρα δ' ἀριθμὸς τῶν ἐν σειρᾷ συνδεδεμένων ἀγωγῶν ἀνὰ φάσιν θὰ είναι:

$$w_0 = 5 \times 12 = 60 \text{ ἀγωγοὶ}$$

Συνεπῶς ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις τοῦ ἐναλλακτῆρος θὰ είναι:

$$E_\phi = 2,24 \times 50 \times 60 \times 0,018 = 121 \text{ V}$$

'Η πολικὴ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις (ἢ τάσις ἐν κενῷ) λόγω τῆς συνδέσεως κατ' ἀστέρα θὰ είναι:

$$E_\pi = \sqrt{3} \cdot E_\phi = 1,73 \times 121 = 210 \text{ V}$$

Εἰς τὰ ἐπόμενα, ὅταν ἀναφερώμεθα εἰς τὴν ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν ἐναλλακτῆρος E , θὰ ἔννοοῦμεν τὴν μεταξὺ τῶν ἀκροδεκτῶν του ἐπικρατοῦσαν, δηλαδὴ τὴν πολικὴν ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν. Ἀναλόγως μὲ τὸν τρόπον συνδεσμολογίας τῶν τριῶν φάσεων τοῦ ἐναλλακτῆρος, ἡ E ισοῦται μὲ τὴν E_ϕ (σύνδεσις κατὰ τρίγωνον) ἢ μὲ 1,73 E_ϕ (σύνδεσις κατ' ἀστέρα).

1 · 10 Ρύθμισις τῆς ἡλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως ἐναλλακτῆρος.

'Απὸ τὸν τύπον, δ' ὅποιος δίδει τὴν φασικὴν ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν (παράγρ. 1 · 9) συμπεραίνομεν, ὅτι, διὰ νὰ μεταβάλωμεν τὴν ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν λειτουργοῦντος ἐναλλακτῆρος, θὰ πρέπει νὰ μεταβάλωμεν εἴτε τὴν ταχύτητα περιστροφῆς εἴτε τὴν μαγνητικὴν ροὴν Φ . Οἱ λοιποὶ παράγοντες ἀναφέρονται εἰς τὰ κατασκευαστικὰ στοιχεῖα τοῦ ἐναλλακτῆρος καὶ δὲν είναι δυνατὸν νὰ μεταβληθοῦν.

Εἰς τὴν πρᾶξιν ὅμως, οὔτε τὴν ταχύτητα περιστροφῆς δυνάμεθα νὰ μεταβάλωμεν, διότι, ὅπως εἶδομεν εἰς τὴν παράγραφον 1 · 5, ἡ ταχύτης καθορίζεται ἀκριβῶς ἀπὸ τὴν συχνότητα τοῦ ρεύματος, ποὺ θέλομεν νὰ παράγῃ δὲ ἐναλλακτήρ. Συνεπῶς θὰ πρέπει νὰ μεταβάλωμεν τὴν μαγνητικὴν ροὴν Φ , ἡ ὅποια ὅμως, ὅπως γνωρίζομεν, ἔξαρταται ἀπὸ τὴν ἔντασιν τοῦ ρεύματος διεγέρσεως. "Αρα θὰ πρέπει νὰ μεταβάλωμεν τὴν ἔντασιν διεγέρσεως, δηλαδὴ τὴν ἔντασιν, ποὺ δίδει ἡ διεγέρτρια εἰς τὸ τύλιγμα τῶν μαγνητικῶν πόλων τοῦ ἐναλλακτῆρος.

'Η διεγέρτρια είναι μία γεννήτρια συνεχοῦς ρεύματος παραλλήλου ἢ συνθέτου διεγέρσεως. Διὰ νὰ ρυθμίσωμεν τὴν ἔντασιν, ποὺ δίδει εἰς τὸ τύλιγμα τῶν μαγνητικῶν πόλων τοῦ ἐναλλακτῆρος, δυνάμεθα

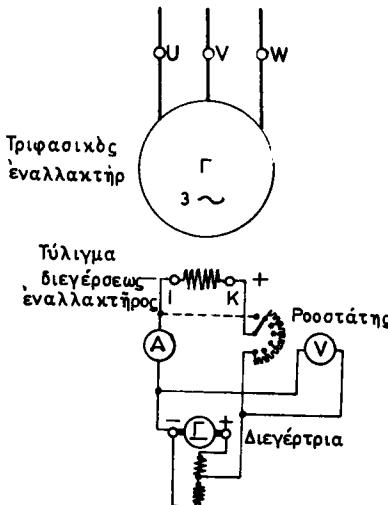
νὰ παρεμβάλωμεν ρυθμιστικήν ἀντίστασιν (ροοστάτην) ἐν σειρᾶ εἰς τὸ κύκλωμα, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 1 · 10 α.

Ἡ μέθοδος αὐτὴ εἶναι δυνατὸν νὰ χρησιμοποιηθῇ μόνον εἰς ἐναλλακτήρας μικροῦ μεγέθους, προτιμᾶται δὲ ὅταν ἀπὸ τὴν ἴδιαν διεγέρτριαν τροφοδοτοῦνται αἱ διεγέρσεις περισσοτέρων τοῦ ἐνὸς ἐναλλακτήρος, ὅποτε ἔκαστος ἔχει τὸν ἴδιον τοῦ ροοστάτην. Εἰς τὴν τελευταῖαν περίπτωσιν ἡ κοινὴ διεγέρτρια δὲν εἶναι ἔξεγμένη μὲν ἐναλλακτήρα, ἀλλὰ ἔχει ἴδιαιτέραν κινητηρίαν μηχανήν.

Εἰς τοὺς μεγάλους ἐναλλακτήρας ἡ ἔντασις διεγέρσεως φθάνει εἰς ὑψηλὰς τιμὰς (π.χ. 300 A), ὅπότε ἡ ρύθμισις τῆς διεγέρσεως διὰ τῆς παρεμβολῆς τοῦ ροοστάτου παρουσιάζει σημαντικὰ μειονεκτήματα. Εἰς τὰς περιπτώσεις αὐτάς, ὅπου κάθε ἐναλλακτήρος ἔχει τὴν ἴδικήν του διεγέρτριαν, ἡ ρύθμισις τῆς ἔντασεως τοῦ ρεύματος, μὲν τὸ δόποιον τροφοδοτοῦνται οἱ μαγνητικοὶ πόλοι τοῦ ἐναλλακτήρος, γίνεται διὰ τῆς ρυθμίσεως τῆς τάσεως τῆς διεγερτρίας. Τοῦτο γίνεται, ὅπως εἶναι γνωστὸν ἀπὸ τὰς μηχανὰς συνεχοῦς ρεύματος, δι’ ἐπιδράσεως ἐπὶ τῆς ρυθμιστικῆς ἀντίστασεως διεγέρσεως ρ. α., ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 1 · 10 β.

Τὸ σχῆμα 1 · 10 γ δεικνύει ἔνα ἄλλο σύστημα ρυθμίσεως τῆς διεγέρσεως ἐναλλακτήρος. Εἰς αὐτό, τὸ κύριον τύλιγμα διεγέρσεως τῆς διεγερτρίας τροφοδοτεῖται ἀπὸ ἄλλην μηχανὴν συνεχοῦς ρεύματος, τὴν διεγέρτριαν-πιλότον, ἡ ὅποια λαμβάνει καὶ αὐτὴ κίνησιν ἀπὸ τὸν ἄξονα τοῦ ἐναλλακτήρος. Ἡ ρύθμισις τῆς τάσεως τοῦ ἐναλλακτήρος γίνεται διὰ μεταβολῆς τῆς ρυθμιστικῆς ἀντίστασεως ρ. α. Τὸ σύστημα τοῦτο εἶναι ἔξαιρετικῶς εύσταθές, ἀπὸ ἀπόψεως σταθερότητος τάσεως.

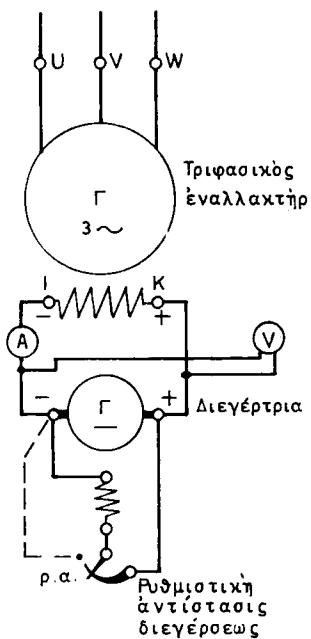
Αἱ διεγέρτριαι ὡς μηχαναὶ συνεχοῦς ρεύματος, μὲ τὸν συλλέκτην καὶ τὰς ψήκτρας, τὰς δόποιας ἔχουν, ἀποτελοῦν συχνὰ πηγὴν ἀνωμα-



Σχ. 1 · 10 α.

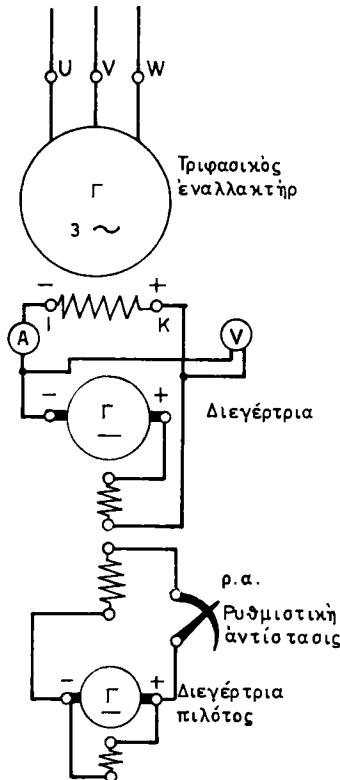
Ρύθμιση διεγέρσεως ἐναλλακτήρος διὰ ροοστάτου.

λιών είς τὴν λειτουργίαν τῶν ἐναλλακτήρων. Διὰ τὸν λόγον αὐτὸν τὰ τελευταῖα ἔτη μερικοὶ κατασκευασταὶ μεγάλων ἐναλλακτήρων χρησιμοποιοῦν ὡς διεγέρτριαν γεννήτριαν ἐναλλασσομένου ρεύματος, τῆς ὅποιας τὸ ρεύμα μετατρέπουν εἰς συνεχὲς δι’ ἀνορθωτῶν, προκειμένου νὰ τροφοδοτήσουν τὸ τύλιγμα διεγέρσεως τοῦ ἐναλλακτῆρος. Μία διεγέρτρια-πιλότος τροφοδοτεῖ εἰς τὰς περιπτώσεις αὐτὰς τὴν διέγερσιν τῆς διεγέρτριας ἐναλλασσομένου ρεύματος.



Σχ. 1 · 10 β.

Ρύθμισις διεγέρσεως ἐναλλακτῆρος διὰ μεταβολῆς τῆς τάσεως τῆς διεγέρτριας.



Σχ. 1 · 10 γ.

Ρύθμισις διεγέρσεως ἐναλλακτῆρος διὰ διεγέρτριας-πιλότου.

‘Η καμπύλη, ἡ ὅποια δεικνύει πῶς μεταβάλλεται ἡ ἐνδεικνυμένη τιμὴ τῆς ἡλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως Ε ἐνὸς ἐναλλακτῆρος (πού, ὅπως γνωρίζομεν, ἰσοῦται μὲ τὴν τάσιν ἐν κενῷ U_0), ὅταν μεταβάλλεται ἡ ἔντασις διεγέρσεως του I_d , ἐνῷ ἡ ταχύτης περιστροφῆς παραμένη σταθερὰ καὶ ἵση πρὸς τὴν σύγχρονον ταχύτητα, ὀνομάζεται

χαρακτηριστική ἐν κενῷ ή στατική χαρακτηριστική τοῦ έναλλακτήρος.

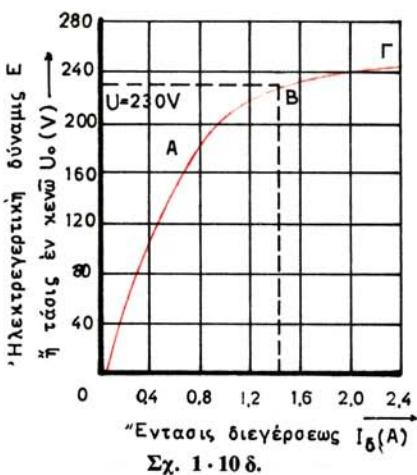
"Οπως παρατηρούμεν ἀπὸ τὸ σχῆμα 1 · 10 δ, ἡ χαρακτηριστική ἐν κενῷ ἀποτελεῖται: α) ἀπὸ ἔνα σχεδὸν εὐθύγραμμον τμῆμα OA, εἰς τὸ ὅποιον ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις εἶναι περίπου ἀνάλογος πρὸς τὸ ρεῦμα διεγέρσεως, β) ἀπὸ ἔνα καμπύλον μέρος AB, τὸ ὄνομαζόμενον γόνυ τῆς καμπύλης καὶ γ) ἀπὸ ἔνα σχεδὸν εὐθύγραμμον τμῆμα BG. Εἰς τὸ τελευταῖον αὐτὸ τμῆμα ἐπέρχεται ὁ κορεσμὸς τοῦ μαγνητικοῦ κυκλώματος τῆς μηχανῆς καὶ ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις τῆς ἐλάχιστα αὐξάνεται ἔστω καὶ ἂν ἡ ἐντασις διεγέρσεως αὐξηθῇ σημαντικῶς. Οἱ ἑναλλακτῆρες συνήθως κατασκευάζονται ἔτσι, ὥστε νὰ ἐργάζωνται εἰς τὴν ἀρχὴν τοῦ τμήματος κορεσμοῦ, δηλαδὴ ἀμέσως μετὰ τὸ γόνυ τῆς καμπύλης.

'Ἐπειδὴ, ὅπως ἔξηγήσαμεν εἰς τὴν παράγραφον 1 · 9, ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις εἶναι ἀνάλογος τῆς μαγνητικῆς ροῆς Φ , εἶναι εὔκολον νὰ ἀντιληφθῇ κανεὶς, ὅτι ἡ καμπύλη τοῦσχήματος $1 \cdot 10 \delta$ μὲ ἄλλην κλίμακα παριστάνει καὶ τὴν μεταβολὴν τοῦ Φ , ὅταν μεταβόλλεται ἡ ἐντασις διεγέρσεως. Ἡ καμπύλη τότε ὄνομάζεται μαγνητικὴ χαρακτηριστικὴ τοῦ ἑναλλακτῆρος.

1.11 Λειτουργία έναλλακτήρος ύπό φορτίον.

1) Πτῶσις τάσεως.

"Οταν ἔνας ἑναλλακτήρης ἐργάζεται ἐν κενῷ μὲ τὸν κανονικὸν ἀριθμὸν στροφῶν, ἡ τάσις U_0 , ποὺ ἐπικρατεῖ μεταξὺ τῶν ἀκροδεκτῶν, ὅπως ἀνεφέραμεν, ισοῦται μὲ τὴν ἡλεκτρεγερτικήν του δύναμιν E καὶ ἔξαρτᾶται μόνον ἀπὸ τὴν τιμὴν ποὺ ἔχει ἡ ἐντασις διεγέρσεως. Εάν φορτίσωμεν τὸν ἑναλλακτήρα διατηροῦντες σταθερὰν τὴν τιμὴν τῆς ἐντάσεως διεγέρσεως καὶ τὴν ταχύτητα περιστροφῆς, ἡ τάσις τοῦ ἑναλλακτῆρος μεταβάλλεται. Ἐνῶ ὅμως εἰς τὰς γεννητρίας συνεχοῦς ρεύμα-



Χαρακτηριστική ἐν κενῷ ἑναλλακτῆρος.

τος ή μεταβολή τῆς τάσεως ἔξαρτᾶται μόνον ἀπὸ τὴν ἔντασιν φορτίσεως, εἰς τοὺς ἐναλλακτῆρας ἔξαρτᾶται βεβαίως καὶ ἀπὸ τὴν ἔντασιν φορτίσεως ἀλλὰ καὶ ἀπὸ τὸν συντελεστὴν ἴσχυος (συνφ) τοῦ φορτίου.

Ἐδῶ πρέπει νὰ σημειώσωμεν, δτι, ὅταν λέγωμεν τάσιν τοῦ ἐναλλακτῆρος U , θὰ ἐννοοῦμεν τὴν πολικήν του τάσιν, δηλαδὴ τὴν τάσιν μεταξὺ τῶν ἀκροδεκτῶν δύο φάσεων. Ἐπίσης, ὅταν λέγωμεν ἔντασιν φορτίσεως I ἐναλλακτῆρος, θὰ ἐννοοῦμεν τὴν ἔντασιν γραμμῆς. Εἰς τοὺς τριφασικοὺς ἐναλλακτῆρας, παραδεχόμενοι συμμετρικὴν φόρτισιν ($I_R = I_S = I_T = I$) κατὰ τὰ γνωστὰ ('Ηλεκτρολογία, Τόμος Γ, Κεφάλ. 29), ή φασική τάσις U_ϕ καὶ ή φασική ἔντασις I_ϕ ὑπολογίζονται ἀπὸ τὰς σχέσεις:

Διὰ συνδεσμολογίαν τοῦ ἐναλλακτῆρος κατ' ἀστέρα:

$$U_\phi = \frac{U}{1,73} \quad \text{καὶ} \quad I_\phi = I$$

Διὰ συνδεσμολογίαν τοῦ ἐναλλακτῆρος κατὰ τρίγωνον:

$$U_\phi = U \quad \text{καὶ} \quad I_\phi = \frac{I}{1,73}$$

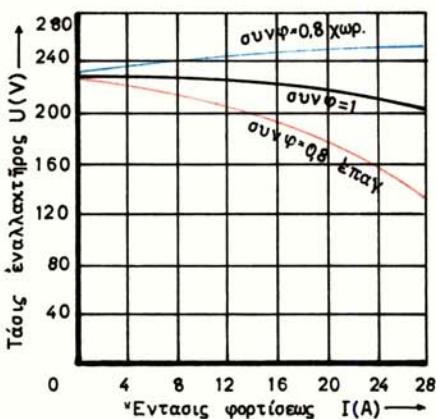
'Ονομάζομεν χαρακτηριστικὴν ὑπὸ φορτίου ἐνὸς ἐναλλακτῆρος τὴν καμπύλην, ή ὅποια παριστάνει πῶς μεταβάλλεται ή τάσις του (ή ἐνδεικνυμένη τιμὴ τῆς), ὅταν μεταβάλλεται

Σχ. 1 · 11.
Χαρακτηριστικὴ ὑπὸ φορτίου ἐναλλακτῆρος.

ἡ ἔντασις φορτίσεως (ή ἐνδεικνυμένη τιμὴ τῆς), ἐνῶ δ συντελεστὴς ἴσχυος τοῦ φορτίου καὶ ή ἔντασις διεγέρσεως παραμένουν σταθερά καὶ δ ἐναλλακτήρ περιστρέφεται μὲ τὴν κανονικήν του ταχύτητα.

Τὸ σχῆμα 1 · 11 δίδει τρεῖς χαρακτηριστικὰς φορτίου ἐνὸς ἐναλλακτῆρος, δηλαδὴ διὰ τρεῖς συντελεστὰς ἴσχυος τοῦ φορτίου, ἥτοι: δι' ὡμικὴν φόρτισιν (συνφ = 1), δι' ἐπαγωγικὴν φόρτισιν μὲ συνφ = 0,8 καὶ διὰ χωρητικὴν φόρτισιν τοῦ ἐναλλακτῆρος μὲ συνφ = 0,8.

"Οπως παρατηροῦμεν ἀπὸ τὰς καμπύλας τοῦ σχήματος 1 · 11 εἰς τὴν περίπτωσιν τῆς ὡμικῆς φορτίσεως ή τάσις τοῦ ἐναλλακτῆρος πίπτει, ὅταν αὐξάνεται ή ἔντασις φορτίσεως. 'Η πτῶσις αὐτὴ τῆς



τάσεως είναι σημαντικώς μεγαλυτέρα, όταν ή φόρτισις είναι έπαγωγική. Αντιθέτως, όταν ή φόρτισις είναι χωρητική, περίπτωσις πού σπανίως παρουσιάζεται είς τὴν πρᾶξιν, έχομεν αύξησιν τῆς τάσεως τοῦ έναλλακτήρος, όταν αύξανεται ή ἔντασις φορτίσεως.

Είναι φανερόν, ότι διὰ $I = 0$ ὅλαι αἱ χαρακτηριστικαὶ ύπὸ φορτίον ἐνὸς έναλλακτήρος διὰ τὴν αὐτὴν ἔντασιν διεγέρσεως καὶ τὸν κανονικὸν ἀριθμὸν στροφῶν, διέρχονται ἀπὸ τὸ ἴδιον σημεῖον, δηλαδὴ τὸ σημεῖον ποὺ παριστάνει τὴν τάσιν ἐν κενῷ U_0 , διότι τότε τὸ συνφ τοῦ καταναλωτοῦ δὲν ἔχει καμμίαν ἐπίδρασιν.

Τὴν μεταβολὴν τῆς τάσεως τοῦ έναλλακτήρος ἀπὸ τὴν ἐν κενῷ λειτουργίᾳν εἰς τὸ κανονικὸν φορτίον αὐτοῦ (δι' ὧρισμένον συντελεστὴν ἰσχύος τοῦ φορτίου) καὶ σταθερὰν ἔντασιν διεγέρσεως, τὴν ὀνομάζομεν διακύμανσιν τάσεως καὶ τὴν ἐκφράζομεν ὡς ποσοστὸν ἐπὶ τοῖς ἑκατὸν τῆς τάσεως τοῦ έναλλακτήρος ύπὸ τὸ κανονικὸν φορτίον.

"Αν U_0 είναι ή τάσις τοῦ έναλλακτήρος ἐν κενῷ καὶ U_N ή τάσις του ύπὸ τὸ κανονικὸν φορτίον, τότε ή διακύμανσις τάσεως δίδεται ύπὸ τῆς σχέσεως:

$$\varepsilon \% = \frac{U_0 - U_N}{U_N} \cdot 100\%$$

Παράδειγμα.

"Εστω έναλλακτήρος, ὁ ὄποιος ἔχει χαρακτηριστικὰς φορτίου τὰς καμπύλας τοῦ σχήμαστος $1 \cdot 11$ ἐὸν ή κανονικὴ ἔντασίς του είναι $I = 24$ A, ποία είναι ή διακύμανσις τάσεως διὰ τοὺς τρεῖς διαφόρους συντελεστὰς ἰσχύος τοῦ φορτίου;

Λύσις:

$$\text{Διὰ συνφ} = 0,8 \text{ ἐπαγ. } \varepsilon_1 \% = \frac{230 - 160}{160} \times 100 \% = 44 \%$$

$$\text{Διὰ συνφ} = 1 \quad \varepsilon_2 \% = \frac{230 - 210}{210} \times 100 \% = 9,5 \%$$

$$\text{Διὰ συνφ} = 0,8 \text{ χωρ. } \varepsilon_3 \% = \frac{230 - 246}{246} \times 100 \% = - 6,5 \%$$

Τὸ ἀρνητικὸν σημεῖον εἰς τὴν τελευταίαν περίπτωσιν σημαίνει αὔξησιν τῆς τάσεως κατὰ τὴν ύπὸ φορτίον λειτουργίᾳν, πρᾶγμα τὸ δηποτὸν οὐδέποτε συμβαίνει εἰς τὰς μηχανὰς συνεχοῦς ρεύματος.

Ἡ πτῶσις τάσεως εἰς τοὺς ἐναλλακτῆρας ὀφείλεται εἰς τοὺς ἀκολούθους λόγους:

α) Εἰς τὴν ὡμικὴν πτῶσιν τάσεως ἐντὸς τῶν ἀγωγῶν τοῦ τυλίγματος τοῦ ἐπαγωγικοῦ τυμπάνου, ὅπως εἰς τὰς μηχανὰς συνεχοῦς ρεύματος.

β) Εἰς τὴν ἀντίδρασιν τοῦ ἐπαγωγικοῦ τυμπάνου, τοῦ ὅποιον τὸ μαγνητικὸν πεδίον παραμορφώνει τὸ μαγνητικὸν πεδίον τῶν πόλων τῆς μηχανῆς.

γ) Εἰς φαινόμενα αὐτεπαγωγῆς ὀφειλόμενα εἰς τὸ γεγονός ὅτι τὸ τύλιγμα τοῦ ἐπαγωγικοῦ τυμπάνου διαρρέεται ἀπὸ μεταβαλλόμενον ἡλεκτρικὸν ρεῦμα.

Δὲν θὰ ἔξηγήσωμεν περισσότερον τοὺς λόγους αὐτούς, διότι τοῦτο εἶναι ἔξω ἀπὸ τοὺς σκοπούς τοῦ βιβλίου.

2) Ρύθμισις τῆς τάσεως ἐναλλακτῆρος.

Ἄν θέλωμεν μὲ τὴν μεταβολὴν τοῦ φορτίου νὰ διατηροῦμεν σταθερὰν τὴν τάσιν τοῦ ἐναλλακτῆρος (ἴσην μὲ τὴν ὄνομαστικήν του τάσιν), θὰ πρέπει νὰ ρυθμίζωμεν καταλλήλως τὴν ἔντασιν διεγέρσεως του, δηλαδὴ νὰ ρυθμίζωμεν τὴν ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν συμφώνως πρὸς ὅσα ἀνεφέραμεν εἰς τὴν παράγραφον 1 · 10.

Ἡ ρύθμισις αὐτὴ τῆς ἐντάσεως διεγέρσεως δύναται νὰ γίνη εἴτε διὰ τῆς χειρός, ὅπότε μεταβάλλομεν τὴν θέσιν τοῦ στροφάλου τοῦ ροοστάτου (σχ. 1 · 10 α) ἢ τῆς ρυθμιστικῆς ἀντιδράσεως ρ. α. (σχ. 1 · 10 β καὶ 1 · 10 γ), εἴτε αὐτομάτως, ὅταν ὁ ἐναλλακτήρ εἶναι ἐφωδιασμένος μὲ αὐτόματον ρυθμιστὴν τάσεως.

Οταν ὁ ἐναλλακτήρ τροφοδοτῇ ἐπαγωγικὸν φορτίον μὲ ὥρισμένον συντελεστὴν ἰσχύος, πρέπει, ὅταν αὐξάνεται ἡ ἔντασις φορτίσεως, νὰ αὐξάνωμεν καὶ τὴν ἔντασιν διεγέρσεως διὰ νὰ διατηρῇ ὁ ἐναλλακτήρ τὴν ὄνομαστικήν του τάσιν. Λέγομεν τότε ὅτι ὁ ἐναλλακτήρ ὑπερδιεγείρεται. Ἀντιθέτως, ὅταν τροφοδοτῇ χωρητικὸν καταναλωτὴν, θὰ πρέπει νὰ ἐλαττώνωμεν τὴν ἔντασιν διεγέρσεως, δηλαδὴ νὰ ὑποδιεγείρωμεν τὸν ἐναλλακτῆρα.

Εἰς περίπτωσιν ἐπαγωγικῆς φορτίσεως τοῦ ἐναλλακτῆρος μὲ πολὺ μικρὸν συντελεστὴν ἰσχύος (π.χ. συνφ = 0,5), ὅπότε ἡ ἀντίδρασις τοῦ ἐπαγωγικοῦ του τυμπάνου εἶναι μεγάλη, εἶναι ἐνδεχόμενον τὰ περιθώρια ποὺ ἔχει ἡ διέγερσις τοῦ ἐναλλακτῆρος νὰ μὴ ἐπαρ-

κοῦν διὰ νὰ καλυφθῇ ἢ πτῶσις τῆς τάσεως εἰς τὸ κανονικὸν φορτίον. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν εἴμεθα ὑποχρεωμένοι, διὰ νὰ διατηρήσωμεν τὴν ὀνομαστικὴν τάσιν τοῦ ἐναλλακτῆρος, νὰ τὸν φορτίσωμεν μὲ ἔντασιν κάτω τῆς κανονικῆς. Δηλαδὴ εἰς τὰς περιπτώσεις πολὺ μικροῦ συνφρόνου ἐναλλακτήρος δὲν δύναται νὰ ἀποδώσῃ τὴν κανονικὴν ἰσχύν, διὰ τὴν ὁποίαν ἔχει ὑπολογισθῆ.

Φανερὸν εἶναι, ἀπὸ ὅσα ἀνεφέραμεν εἰς τὸ ἐδάφιον 1 αὐτῆς τῆς παραγράφου, ὅτι ἡ τάσις τοῦ ἐναλλακτῆρος μεταβάλλεται ὅχι μόνον ὅταν αὐξάνεται ἡ ἔντασις φορτίσεως μὲ σταθερὸν συντελεστὴν ἰσχύος ἀλλὰ καὶ ὅταν μεταβάλλεται ὁ συντελεστὴς ἰσχύος τοῦ φορτίου, ἐνῶ ἡ ἔντασίς του παραμένει σταθερά. Καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτῆν, ἀνθέλωμεν νὰ διατηροῦμεν τὴν τάσιν τοῦ ἐναλλακτῆρος ἵσην μὲ τὴν ὀνομαστικὴν του τάσιν, θὰ πρέπει νὰ ρυθμίζωμεν καταλλήλως τὴν ἔντασιν διεγέρσεως. Εἰς τὴν πρᾶξιν ἔχομεν συνήθως ταυτόχρονον μεταβολὴν καὶ τῆς ἔντασεως φορτίσεως καὶ τοῦ συντελεστοῦ ἰσχύος.

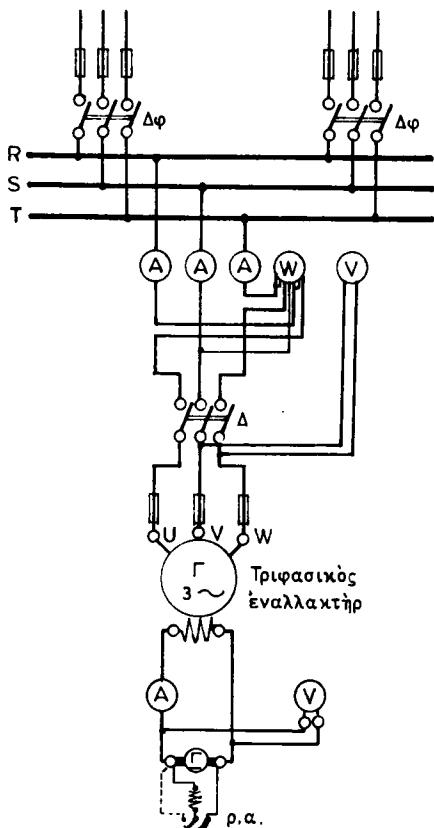
1.12 Θέσις εἰς λειτουργίαν ἐναλλακτῆρος.

Διὰ νὰ θέσωμεν εἰς λειτουργίαν ἐναλλακτῆρα, δὸποῖος πρόκειται νὰ τροφοδοτήσῃ μόνος του ἔνα φορτίον, π.χ. ἔνα δίκτυον (σχ. 1 · 12), ἐργαζόμεθα ὡς ἀκολούθως: Βεβαιωνόμεθα ὅτι ὁ κύριος διακόπτης Δ τοῦ ἐναλλακτῆρος καὶ οἱ διακόπται Δ_φ τῶν γραμμῶν φορτίου εἶναι ἀνοικτοί, καὶ ὅτι ὁ στρόφαλος τῆς ρυθμιστικῆς ἀντιστάσεως ρ. α εἶναι εἰς τὴν θέσιν διακοπῆς τοῦ κυκλώματος διεγέρσεως τῆς διεγέρτριας.

Κατόπιν θέτομεν εἰς κίνησιν τὴν κινητηρίαν μηχανὴν τοῦ ἐναλλακτῆρος καὶ ρυθμίζομεν τὴν ταχύτητα της, ὥστε νὰ γίνη ἵση μὲ τὴν σύγχρονον ταχύτητα τοῦ ἐναλλακτῆρος (παράγρ. 1 · 5). "Οπως διαπιστώνομεν ἀπὸ τὸ βολτόμετρον V, ὁ ἐναλλακτήρος οὐδεμίαν τάσιν παράγει, διότι δὲν τροφοδοτεῖται τὸ τύλιγμα διεγέρσεως του. Στρέφομεν βραδέως τὸν στρόφαλον τῆς ρυθμιστικῆς ἀντιστάσεως ρ. α., ὥστε ἡ διεγέρτρια νὰ ἀρχίσῃ νὰ παράγῃ τάσιν καὶ νὰ τροφοδοτῇ τὸ τύλιγμα διεγέρσεως τοῦ ἐναλλακτῆρος. Παρακολουθοῦμεν τὸ βολτόμετρον τοῦ ἐναλλακτῆρος καὶ ρυθμίζομεν τὴν ἔντασιν διεγέρσεώς του, ὥστε ἡ τάσις του ἐν κενῷ νὰ γίνη ἵση μὲ τὴν ὀνομαστικὴν τάσιν τοῦ ἐναλλακτῆρος.

'Εφ' ὅσον ὁ ἐναλλακτήρ, ὅπως ἔδεχθημεν, πρόκειται νὰ τροφοδοτήσῃ μόνος του τὸ δίκτυον, κλείσομεν τὸν διακόπτην Δ καὶ

κατόπιν ένα - ένα τοὺς διακόπτας φορτίου Δ_φ. "Οπως διαπιστώνομεν ἀπὸ τὰ ἀμπερόμετρα A καὶ τὸ τριφασικὸν βαττόμετρον W, δὲ οὐαλλακτῆρος ἀρχίζει νὰ φορτίζεται. "Οσον αὐξάνεται τὸ φορτίον, πρέπει νὰ ρυθμίζωμεν τὴν ἔντασιν διεγέρσεως, ὥστε νὰ διατηροῦμεν τὴν τά-



Σχ. 1 · 12.

Συνδεσμολογία τριφασικοῦ έναλλακτῆρος χαμηλῆς τάσεως.

έναλλακτῆρος νὰ είναι κατὰ τὸ δυνατὸν συμμετρική, δηλαδὴ οἱ ἔντάσεις τῶν τριῶν φάσεων νὰ είναι κατὰ τὸ δυνατὸν ἵσσαι μεταξύ των.

Διὰ νὰ σταματήσωμεν έναλλακτῆρα λειτουργοῦντα πρέπει πρῶτα νὰ τὸν ἐκφορτίσωμεν. Ἀνοίγομεν δηλαδὴ ένα - ένα τοὺς διακόπτας

τοῦ έναλλακτῆρος σταθερὰν καὶ ἵσην μὲ τὴν ὀνομαστικήν του τάσιν.

Κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς λειτουργίας τοῦ έναλλακτῆρος, ἐὰν δὲν είναι ἐφωδιασμένος μὲ αὐτόματον ρυθμιστὴν τάσεως, θὰ πρέπει νὰ παρακολουθῶμεν τὴν τάσιν του καὶ νὰ ἐπειβαίνωμεν εἰς τὴν διέγερσιν κάθε φοράν, ποὺ λόγω μεταβολῆς τοῦ φορτίου, ἡ τάσις μεταβάλλεται. Ἐπίσης θὰ πρέπει νὰ παρακολουθῶμεν διὰ τῶν ἀμπερομέτρων τὴν ἔντασιν φορτίσεως τοῦ έναλλακτῆρος. Εἰς καμίαν ἀπὸ τὰς τρεῖς φάσεις του ἡ ἔντασις δὲν πρέπει νὰ ὑπερβαίνῃ τὴν ὀνομαστικήν ἔντασιν τοῦ έναλλακτῆρος, τὴν δόποίαν ἀναγράφει ἡ πινακίδα του. Τέλος μὲ κατάλληλον κατανομὴν τοῦ φορτίου πρέπει νὰ φροντίζωμεν, ὥστε ἡ φόρτισις τοῦ

φορτίου Δφ, διατηρούντες τὴν τάσιν τοῦ ἐναλλακτῆρος σταθεράν δι' ἐπιδράσεως ἐπὶ τῆς διεγέρσεώς του. Κατόπιν, ἀφοῦ ἀνοίξωμεν καὶ τὸν διακόπτην Δ, μηδενίζομεν τὴν τάσιν τοῦ ἐναλλακτῆρος καὶ σταματῶμεν τὴν κινητηρίαν μηχανήν.

1 · 13 Παράλληλος λειτουργία έναλλακτήρων.

1) Συνθῆκαι συγχρονισμοῦ.

“Οπως συμβαίνει καὶ μὲ τὰς γεννητρίας συνεχοῦς ρεύματος, διὰ νὰ τροφοδοτήσωμεν ἔνα φορτίον (π.χ. ἔνα δίκτυον), δὲν ἀρκεῖ πάντοτε ἡ ἰσχὺς ἐνὸς ἐναλλακτῆρος. Χρησιμοποιοῦμεν τότε δύο ἢ περισσότερους ἐναλλακτῆρας, οἱ ὅποιοι, ὅπως λέγομεν, λειτουργοῦν παραλλήλως.

Διὰ νὰ συνδέσωμεν ἔνα ἐναλλακτήρα εἰς δίκτυον, τὸ ὅποιον τροφοδοτεῖται ἡδη ἀπὸ ἄλλον ἐναλλακτῆρα, ὥστε νὰ ἐργασθῇ παραλλήλως πρὸς αὐτόν, πρέπει πρῶτα νὰ τὸν συγχρονίσωμεν πρὸς τὸν λειτουργοῦντα ἐναλλακτῆρα ἢ (πρᾶγμα πού εἶναι τὸ ἴδιον) πρὸς τὸ δίκτυον. ‘Ο συγχρονισμὸς εἰς τοὺς ἐναλλακτῆρας δὲν εἶναι τόσον ἀπλοῦς, ὃσον ὁ παραλληλισμὸς τῶν γεννητριῶν συνεχοῦς ρεύματος. Ἐδῶ πρέπει νὰ ἐπιτύχωμεν ἰσότητα τῶν στιγμιαίων τιμῶν τῶν τάσεων τῶν δύο ἐναλλακτήρων καὶ ἡ ἰσότης αὐτὴ πρέπει νὰ διατηρηθῇ καὶ μετὰ τὸ κλείσιμον τοῦ διακόπτου παραλληλισμοῦ.

Διὰ νὰ ἔχωμεν συγχρονισμὸν ἐνὸς ἐναλλακτῆρος πρὸς ἄλλον πρέπει νὰ πληροῦνται αἱ ἀκόλουθοι συνθῆκαι:

α) Αἱ τάσεις (ἐνδεικνυμέναι τιμαὶ) τῶν δύο ἐναλλακτήρων νὰ εἶναι ἴσαι.

β) Αἱ συχνότητες τῶν δύο ἐναλλακτήρων νὰ εἶναι ἴσαι.

γ) Ἡ διαδοχὴ τῶν φάσεων τῶν δύο ἐναλλακτήρων νὰ εἶναι ἡ ἴδια καὶ

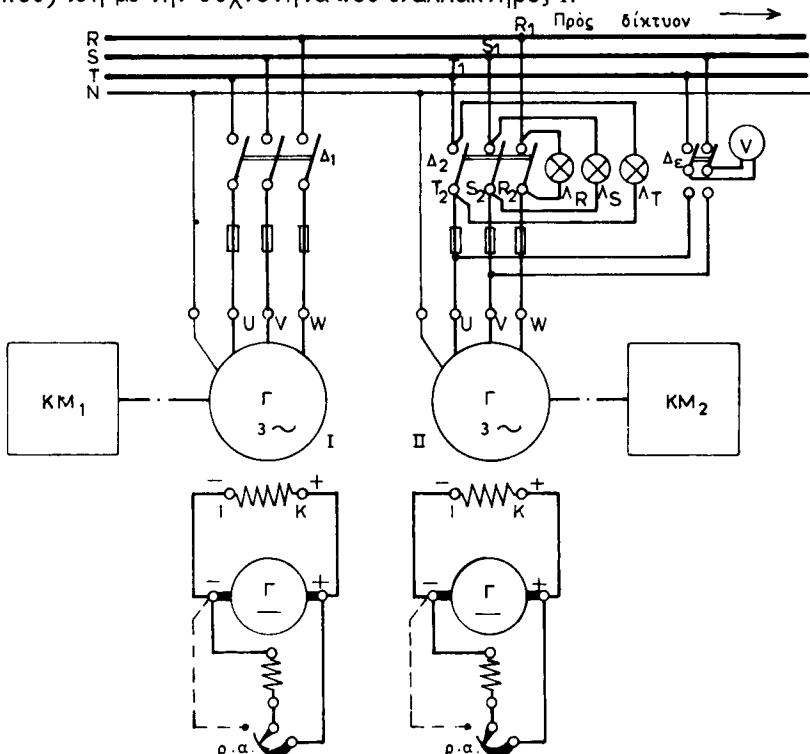
δ) αἱ τάσεις τῶν ἀντιστοίχων φάσεων τῶν δύο ἐναλλακτήρων νὰ εἶναι ἐν φάσει.

Διὰ νὰ ἔξηγήσωμεν πῶς ἐλέγχομεν, ἂν πληροῦνται αἱ συνθῆκαι αὐταὶ κατὰ τὸν συγχρονισμόν, θὰ χρησιμοποιήσωμεν τὸ σχῆμα 1 · 13 α. Τὸ σχῆμα αὐτὸν παριστάνει ἀπλῆν διάταξιν δύο τριφασικῶν ἐναλλακτήρων, I καὶ II, οἱ ὅποιοι δύνανται νὰ λειτουργήσουν παραλλήλως καὶ νὰ τροφοδοτήσουν μέσω τῶν ζυγῶν ἔνα δίκτυον.

“Ἄσ ύποθέσωμεν ὅτι λειτουργεῖ ὁ ἐναλλακτήρ I (ὁ διακόπτης

Δ_1 είναι κλειστός) καὶ ὅτι θέλομεν νὰ συγχρονίσωμεν πρὸς αὐτὸν τὸν ἐναλλακτῆρα II.

Ἄφοῦ θέσωμεν εἰς κίνησιν τὴν κινητηρίαν μηχανὴν KM_2 τοῦ ἐναλλακτῆρος II μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ ρυθμιστοῦ στροφῶν της, ρυθμίζομεν τὴν ταχύτητα περιστροφῆς, ὥστε νὰ γίγη ἵση μὲ τὴν σύγχρονον ταχύτητα. Τότε ἡ συχνότητης τοῦ ἐναλλακτῆρος II θὰ είναι (περίπου) ἵση μὲ τὴν συχνότητα ποῦ ἐναλλακτῆρος I.

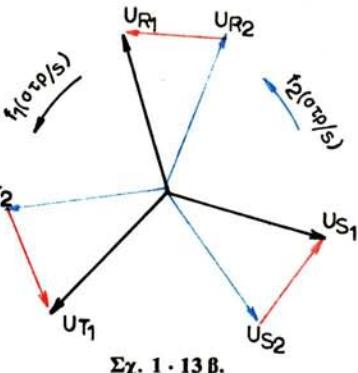


Σχ. 1 · 13 a.
Συγχρονισμὸς τριφασικῶν ἐναλλακτήρων.

Κατόπιν ρυθμίζομεν τὴν ἔντασιν διεγέρσεως τοῦ ἐναλλακτῆρος II, ὥστε ἡ τάσις του νὰ γίνη ἵση μὲ τὴν τάσιν τῶν ζυγῶν, δηλαδὴ μὲ τὴν τάσιν τοῦ ἐναλλακτῆρος I (α' συνθήκη συγχρονισμοῦ). Τοῦτο γίνεται μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ βολτομέτρου V καὶ τοῦ διακόπτου διπλῆς ἐνέργειας Δ_e .

‘Ο ελεγχός τῶν ύπολοίπων συνθηκῶν συγχρονισμοῦ γίνεται μὲ τοὺς λαμπτῆρας Λ_R , Λ_S καὶ Λ_T , οἱ δόποιοι δύνομάζονται λαμπτῆρες συγχρονισμοῦ καὶ συνδέονται, ὅπως δεικνύει τὸ σχῆμα 1 · 13 α.

Διὰ νὰ ἔξηγήσωμεν τὴν χρησιμοποίησιν τῶν λαμπτήρων αὐτῶν δεχόμεθα, ὅτι αἱ τρεῖς φάσεις τῶν τυλιγμάτων τῶν δύο έναλλακτήρων εἰναι συνδεσμολογημέναι κατ’ ἀστέρα καὶ ὅτι οἱ οὐδέτεροι κόμβοι τῶν εἰναι συνδεδεμένοι μεταξύ τῶν μέσω τοῦ ζυγοῦ τοῦ οὐδετέρου N . Αἱ φασικαὶ τάσεις U_{R_1} , U_S , καὶ U_T , τοῦ έναλλακτῆρος I (συνεπῶς καὶ τῶν ζυγῶν) παριστάνονται, κατὰ τὰ γνωστά, εἰς τὸ σχῆμα 1 · 13 β μὲ τὰ τρία διανύσματα, ποὺ περιστρέφονται μὲ ταχύτητα f_1 (στρ/ს) ἵσην μὲ τὴν συχνότητα τοῦ ρεύματος τοῦ έναλλακτῆρος I. Κατὰ τὸν ἴδιον τρόπον αἱ φασικαὶ τάσεις U_{R_2} , U_S , καὶ U_T , τοῦ έναλλακτῆρος II παριστάνονται μὲ τρία ἀντίστοιχα διανύσματα, ποὺ περιστρέφονται ὅμως μὲ ταχύτητα (στρ/ს) ἵσην μὲ τὴν συχνότητα f_2 τοῦ έναλλακτῆρος II. Τὸ f_2 εἰναι διάφορον τοῦ f_1 , διότι ὅσην προσοχὴν καὶ ἀν U_{T_2} καταβάλλωμεν κατὰ τὴν ρύθμισιν τῶν στροφῶν τῆς κινητηρίας μηχανῆς τοῦ έναλλακτῆρος II, οὐδέποτε δὲ ἀριθμὸς στροφῶν της θὰ εἰναι ἀκριβῶς ἵσος μὲ τὴν σύγχρονον ταχύτητα.



Σχ. 1 · 13 β.

‘Η στιγμιαία τιμὴ τῆς τάσεως εἰς τὰ ἄκρα ἐνὸς λαμπτῆρος, π.χ. τοῦ Λ_R , θὰ εἰναι:

$$u_R = u_{R_1} - u_{R_2},$$

καὶ συνεπῶς εἰς τὸ διάγραμμα τῶν τάσεων τοῦ σχήματος 1 · 13 β θὰ παριστάνεται μὲ τὸ διάνυσμα $U_{R_1}U_{R_2}$. Τὸ διάνυσμα τοῦτο μεταβάλλεται κατὰ μέγεθος, ὅταν τὰ δύο συστήματα τῶν διανυσμάτων τῶν τάσεων δὲν περιστρέφονται μὲ τὴν ἴδιαν ταχύτητα, ὅταν δηλαδὴ ἡ ἴσοτης τῶν συχνοτήτων f_1 καὶ f_2 δὲν ἔχῃ ἐπιτευχθῆ. Κατὰ τὸν ἴδιον τρόπον αἱ τάσεις εἰς τὰ ἄκρα τῶν δύο ἄλλων λαμπτήρων Λ_S καὶ Λ_T θὰ παριστάνωνται ἀντίστοιχως μὲ τὰ διανύσματα U_S, U_S , καὶ U_T, U_T .

Καθὼς τὰ δύο συστήματα διανυσμάτων περιστρέφονται μὲ δια-

φορετικάς ταχύτητας (π.χ. ἀν τοῦ ἐναλλακτῆρος II περιστρέφεται ταχύτερον), θὰ ἔρχωνται στιγμαὶ (μὲ συχνότητα $f_2 - f_1$), κατὰ τὰς ὅποιας τὰ διανύσματα U_R, U_{R_1} , κ.λπ. Θὰ μηδενίζωνται. Τότε ὅλοι οἱ λαμπτῆρες θὰ εἰναι σβηστοί. Μὲ τὴν ἴδιαν συχνότητα ὅμως θὰ ὑπάρχουν καὶ στιγμαὶ, κατὰ τὰς ὅποιας τὸ διάνυσμα $O U_R$, θὰ εἰναι ἀκριβῶς ἀντίθετον τοῦ $O U_{R_2}$. Τότε εἰς τὸν λαμπτῆρα Λ_R θὰ ἐφαρμόζεται τάσις U_R, U_{R_1} , ποὺ θὰ εἰναι διπλασία τῆς φασικῆς τάσεως τοῦ ἐνὸς ἐναλλακτῆρος (οἱ λαμπτῆρες πρέπει νὰ ἔχουν ἐκλεγῆ, ὥστε νὰ ἀντέχουν εἰς τὴν τάσιν αὐτήν). Τότε ὁ λαμπτήρας αὐτός, καθὼς καὶ οἱ ὑπόλοιποι, θὰ ἀνάβουν μὲ τὴν μεγίστην ἔντασιν.

’Απὸ τὰ ἀνωτέρω συμπεραίνομεν ὅτι οἱ τρεῖς λαμπτῆρες συγχρονισμοῦ θὰ ἀναβοσθήνουν ταυτοχρόνως μὲ συχνότητα ἵσην μὲ $f_2 - f_1$, δηλαδὴ μὲ τὴν διαφορὰν τῶν συχνοτήτων τῶν δύο ἐναλλακτήρων. Διὰ νὰ ἐπιτύχωμεν νὰ εἰναι τὸ ἀναβόσθημα αὐτὸ ἀρκετὰ ἀργὸν (περίπου ἔνα ἀναβόσθημα κάθε δύο δευτερόλεπτα) δὲν ἔχομεν παρὰ νὰ ἐπιδράσωμεν εἰς τὸν ρυθμιστὴν στροφῶν τῆς κινητηρίας μηχανῆς τοῦ ἐναλλακτῆρος II (ἢ τοῦ ἐναλλακτῆρος I κατὰ τὴν ἀντίστροφον ἔννοιαν). ’Οταν γίνη αὐτό, τότε εἰς μίαν στιγμήν, κατὰ τὴν ὅποιαν οἱ λαμπτῆρες εἰναι σβηστοί, κλείσομεν τὸν διακόπτην Δ_2 τοῦ ἐναλλακτῆρος II. ’Απὸ τὴν στιγμὴν αὐτήν οἱ δύο ἐναλλακτῆρες ἐργάζονται παραλλήλως μὲ τὴν αὐτήν συχνότητα.

’Απὸ ὅσα ἔξετέθησαν ἀνωτέρω προκύπτει, ὅτι κατὰ τὴν στιγμὴν τοῦ συγχρονισμοῦ ἐπληροῦντο ὅλαι αἱ συνθῆκαι, ποὺ ἀνεφέρομεν εἰς τὴν ἀρχὴν τῆς παραγράφου. Εἰδικώτερον ἔχομεν νὰ παρατηρήσωμεν ὅτι, ἀν δὲν ἐπληροῦτο ἡ τρίτη συνθήκη (τῆς αὐτῆς διαδοχῆς τῶν φάσεων), οἱ τρεῖς λαμπτῆρες δὲν θὰ ἀναβόσθηναν ταυτοχρόνως. Τότε θὰ ἐπρεπε, ἀφοῦ σταματήσωμεν τὸν ἐναλλακτῆρα II, νὰ ἀλλάξωμεν μεταξύ των τὴν σύνδεσιν δύο ἀγωγῶν φάσεως τοῦ ἐναλλακτῆρος πρὸς τοὺς ζυγούς. Αὐτονόητον εἶναι ὅτι ἡ συνθήκη αὐτὴ πρέπει νὰ ἐλέγχεται μίαν μόνον φοράν, ὅταν ἐγκαθίσταται διὰ πρώτην φορὰν ὁ ἐναλλακτήρ. ’Ο ἔλεγχος αὐτὸς εἶναι δυνατὸν νὰ γίνη καὶ μὲ εἰδικὸν ὄργανον, ποὺ δύνομάζεται δείκτης διαδοχῆς φάσεων. Κατὰ τοὺς ἐπομένους μετὰ τὸν πρῶτον συγχρονισμοὺς ἀρκεῖ ἡ σύνδεσις λαμπτήρων εἰς δύο φάσεις ἢ ἀκόμη καὶ εἰς μίαν μόνον φάσιν, ἀναλόγως τῆς ἐφαρμοζομένης συνδεσμολογίας.

’Η σύνδεσις τῶν λαμπτήρων συγχρονισμοῦ, ὅπως φαίνεται εἰς

τὸ σχῆμα 1 · 13 α, δύναμέται σκοτεινὴ σύνδεσις, διότι μὲ τὴν σύνδεσιν αὐτὴν κατὰ τὴν στιγμὴν τοῦ συγχρονισμοῦ οἱ λαμπτήρες εἶναι σβηστοί. Εἰς ώρισμένας περιπτώσεις προτιμῶμεν τὴν δύναμαζομένην φωτεινὴν σύνδεσιν (σχ. 1 · 13 γ), μὲ τὴν δόποιαν ἐπιτυγχάνομεν κατὰ τὴν στιγμὴν τοῦ συγχρονισμοῦ, οἱ λαμπτήρες νὰ φωτίζουν μὲ τὴν μεγαλυτέραν τῶν ἔντασιν.

2) Κατανομὴ τοῦ φορτίου εἰς τοὺς ἔναλλακτῆρας.

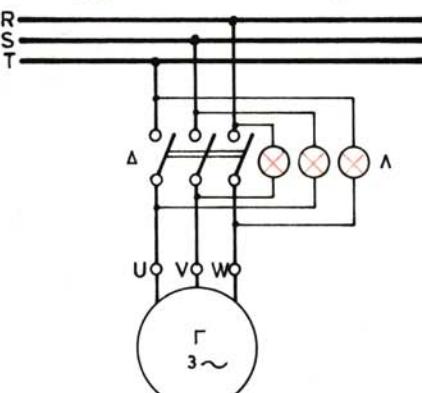
Μετὰ τὸ κλείσιμον τοῦ διακόπτου Δ_2 , ὁ ἔναλλακτήρ Γ

II, παραλληλισμένος μὲ τὸν Φωτεινὴ σύνδεσις λαμπτήρων συγχρονισμοῦ. ἔναλλακτῆρα I, περιστρέφεται ἐν κενῷ, δηλαδὴ οὐδεμίαν ἰσχύν δίδει εἰς τὸ δίκτυον. Συνεπῶς ἡ κινητήρια μηχανὴ KM_2 δίδει μόνον τὴν ἰσχὺν τὴν ἀπαιτουμένην διὰ τὰς ἀπωλείας.

Διὰ νὰ μεταβιβάσωμεν μέρος τῆς πραγματικῆς ἰσχύος ἀπὸ τὸν ἔναλλακτῆρα I εἰς τὸν ἔναλλακτῆρα II, θὰ πρέπει νὰ ἐπιδράσωμεν εἰς τὸν ρυθμιστὴν στροφῶν τῆς κινητήριας μηχανῆς KM_2 κατὰ τὴν ἔννοιαν τῆς αὔξησεως τῶν στροφῶν. Δηλαδὴ θὰ πρέπει νὰ δώσωμεν περισσότερον πετρέλαιον (ἄν εἶναι μηχανὴ ἐσωτερικῆς καύσεως) ἢ περισσότερον ἀτμὸν (ἄν εἶναι ἀτμοστρόβιλος) κ.λπ. εἰς τὴν κινητήριαν μηχανήν. Μὲ τὴν βοήθειαν τῶν βαττομέτρων, ποὺ φέρει κάθε παρομοία ἐγκατάστασις (σχ. 1 · 13 ε), βεβαιωνόμεθα ὅτι μέρος τοῦ πραγματικοῦ φορτίου τὸ ἀνέλαβεν ὁ ἔναλλακτήρ II καὶ ὅτι ἡ λαττώθη ἀντιστοίχως τὸ φορτίον τοῦ I.

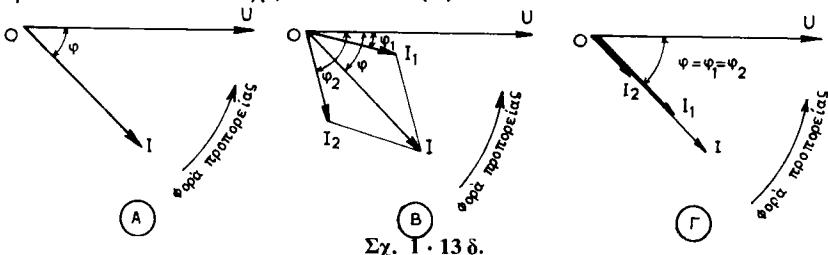
"Οταν ἔνας ἔναλλακτήρ τροφοδοτῇ μόνος του ἔνα φορτίον, τότε τοῦτο μὲ τὸν συντελεστὴν ἰσχύος καθορίζει τὴν φασικὴν ἀπόκλισιν φ τοῦ ρεύματος I, ποὺ δίδει ὁ ἔναλλακτήρ ως πρὸς τὴν τάσιν U [σχ. 1 · 13 δ (Α)]. Ἡ ἔντασις διεγέρσεως τοῦ ἔναλλακτῆρος εἰς τὴν περιπτώσιν αὐτὴν ρυθμίζει μόνον τὸ μέγεθος τῆς τάσεως U.

"Οταν ὅμως περισσότεροι ἔναλλακτῆρες (π.χ. δύο) λειτουργοῦν



Σχ. 1 · 13 γ.

παραλλήλως, έχουν μὲν ὅλοι τὴν ἴδιαν στιγμὴν τὴν ἴδιαν τάσιν, εἶναι δυνατὸν ὅμως νὰ δίδουν ἐντάσεις, ποὺ νὰ παρουσιάζουν διαφορετικὰς φασικὰς ἀποκλίσεις ὡς πρὸς τὴν κοινὴν τάσιν. Π.χ. ἂν τὸ φορτίον ζητῇ μὲ τάσιν U ἐντασιν I οὐ πότε φασικὴν ἀποκλίσιν φ, εἶναι δυνατὸν ὁ ἔνας ἐναλλακτήρης νὰ δίδῃ ἐντασιν I_1 μὲ φασικὴν ἀποκλίσιν φ_1 καὶ ὁ ἄλλος νὰ δίδῃ ἐντασιν I_2 μὲ φασικὴν ἀποκλίσιν φ_2 . Εἰς τὴν περίπτωσιν ὅμως αὐτὴν θὰ πρέπει ἡ I_2 νὰ εἶναι τοιαύτη, ὥστε τὸ γεωμετρικὸν ἀθροισμά της μὲ τὴν I_1 νὰ δίδῃ τὴν ἐντασιν I τοῦ φορτίου, ὅπως φαίνεται καὶ εἰς τὸ σχῆμα 1 · 13 δ (B).



Τὸ ἀθροισμα τῶν I_1 καὶ I_2 γίνεται ἐλάχιστον, ὅταν τὰ διανύσματα OI_1 καὶ OI_2 συμπέσουν μὲ τὸ διάνυσμα τῆς I, ὡς εἰς τὸ (Γ) τοῦ σχήματος 1 · 13 δ, δηλαδὴ ὅταν οἱ δύο ἐναλλακτῆρες ἐργάζωνται μὲ τὴν ἴδιαν φασικὴν ἀποκλίσιν φ τῶν ἐντάσεών των ὡς πρὸς τὴν κοινὴν τάσιν. Τοῦτο πρέπει νὰ τὸ ἐπιδιώκωμεν κατὰ τὴν παράλληλον λειτουργίαν ἐναλλακτήρων. Τότε ὁ πρῶτος ἐναλλακτήρης θὰ δίδῃ πραγματικὴν ἰσχὺν $U \cdot I_1 \cdot \sin\varphi$ καὶ ὁ δεύτερος $U \cdot I_2 \cdot \sin\varphi$. Ἡ κατανομὴ τῆς πραγματικῆς ἰσχύος εἰς τοὺς δύο ἐναλλακτῆρας ρυθμίζεται, ὅπως ἀνεφέραμεν, μὲ τοὺς ρυθμιστὰς στροφῶν τῶν κινητηρίων των μηχανῶν, ἐνῶ ἡ κοινὴ τάσις U ρυθμίζεται διὰ κάθε ἐναλλακτῆρα μὲ τὴν διέγερσίν του. Διὰ νὰ ἐπιτύχωμεν συνεπῶς φόρτισιν τῶν ἐναλλακτήρων, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 1 · 13 δ (Γ), θὰ πρέπει νὰ ἐπενεργήσωμεν ταυτοχρόνως ἐπὶ τῶν ρυθμιστῶν τῶν στροφῶν καὶ ἐπὶ τῶν διεγέρσεών των. Εἰς τὴν φόρτισιν αὐτὴν τῶν ἐναλλακτήρων ἔχομεν:

$$I_1 + I_2 = I$$

Τὴν συνθήκην αὐτὴν εὐκόλως ἐλέγχομεν μὲ τὴν βοήθειαν τῶν ἀμπερομέτρων τῶν ἐναλλακτήρων καὶ τοῦ φορτίου. Συνήθως μάλιστα εἰς τοὺς σταθμοὺς παραγωγῆς ἐγκαθίστανται ὅμοιοι ἐναλλακτῆρες, διπότε εἶναι καὶ $I_1 = I_2$.

Ἐὰν διὰ μίαν σταθερὰν ζήτησιν φορτίου ἐπιδράσωμεν μόνον ἐπὶ τῶν διεγέρσεων τῶν ἐναλλακτήρων, θὰ μεταβάλωμεν τὰς ἐντάσεις των καὶ τὰς φασικάς των ἀποκλίσεις, χωρὶς νὰ μεταβάλωμεν τὴν πραγματικὴν ἰσχύν, τὴν ὅποιαν παρέχει κάθε ἔνας ἀπὸ αὐτούς.

Ἐν συντομίᾳ δυνάμεθα νὰ εἴπωμεν, δτι, ὅταν ἐναλλακτῆρες ἔργά-
ζωνται παραλλήλως ἐπὶ ἑνὸς κοινοῦ δικτύου σταθερᾶς τάσεως, ἡ πρα-
γματικὴ ἰσχύς, τὴν ὅποιαν δίδουν, ρυθμίζεται μὲ τοὺς ρυθμιστὰς στρο-
φῶν τῶν κινητηρίων των μηχανῶν. Ἡ διέγερσί των ρυθμίζει μόνον
τὸ μέγεθος τῆς ἐντάσεως φορτίσεως καὶ τὴν φασικήν της ἀπόκλισιν,
δηλαδὴ τὴν ἄεργον ἰσχύν, διὰ τῆς ὅποιας φορτίζονται οἱ ἐναλλακτῆρες.

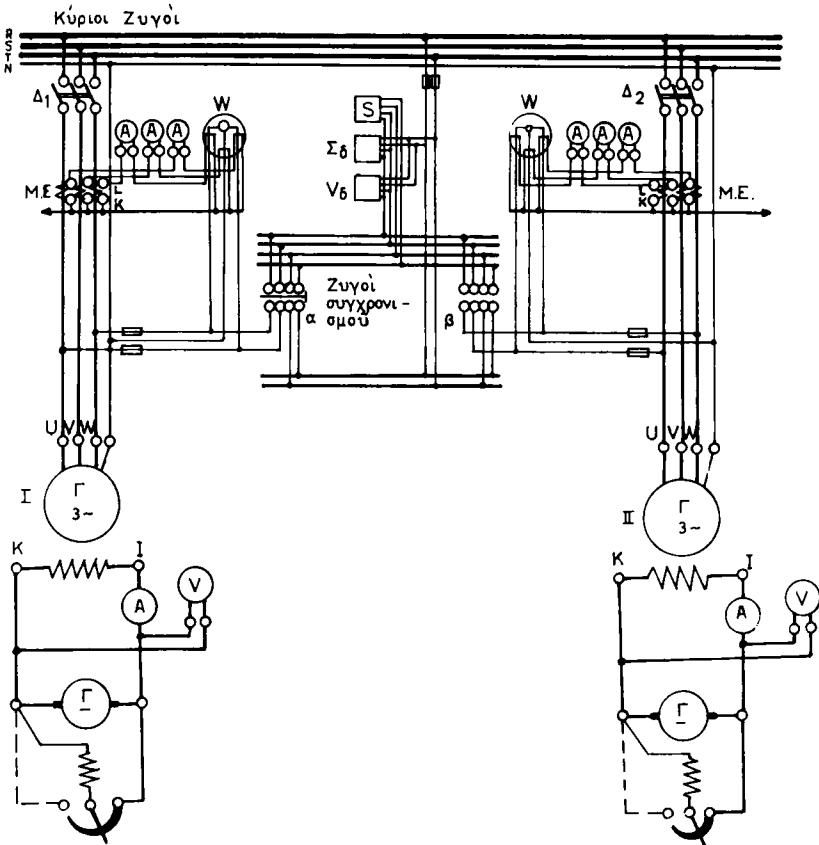
Διὰ νὰ διακόψωμεν τὴν λειτουργίαν ἑνὸς ἐναλλακτῆρος, ποὺ ἔρ-
γάζεται παραλλήλως πρὸς ἄλλους, πρέπει πρῶτα νὰ τὸν ἐκφορτί-
σωμεν κάμνοντες ἀκριβῶς τοὺς ἀντιθέτους χειρισμοὺς ἀπὸ δ, τι κατὰ
τὴν φόρτισίν του. "Οταν τὸ φορτίον του μηδενισθῇ, ὅταν δηλαδὴ τὸ
μεταβιβάσωμεν εἰς τοὺς ἄλλους ἐναλλακτῆρας, ἀνοίγομεν τὸν διακό-
πτην Δ τοῦ ἐναλλακτῆρος καὶ ἔτσι τὸν ἀποσυνδέομεν ἀπὸ τοὺς ζυ-
γούς. Κατόπιν μηδενίζομεν τὴν τάσιν του καὶ σταματῶμεν τὴν κινη-
τηρίαν μηχανήν του.

3) Ἐγκαταστάσεις παραλλήλου ζεύξεως ἐναλλακτήρων.

"Οπως εἴδομεν εἰς τὸ ἔδαφιον 1 τῆς παραγράφου αὐτῆς, διὰ τὸν
συγχρονισμὸν δύο ἐναλλακτήρων, ἡ (πρᾶγμα ποὺ εἶναι τὸ ἴδιον) διὰ
τὸν συγχρονισμὸν ἑνὸς ἐναλλακτῆρος πρὸς ζυγοὺς εύρισκομένους ὑπὸ
τάσιν, ἀρκοῦν ἔνα βολτόμετρον καὶ οἱ λαμπτῆρες συγχρονισμοῦ (σχ.
1·13 α). Εἰς τὰς πραγματικὰς ἐγκαταστάσεις παραλλήλου ζεύξεως
ἐναλλακτήρων, διὰ νὰ διευκολυνθοῦν οἱ χειρισμοὶ χρησιμοποιοῦνται
ώρισμένα ὅργανα, μὲ τὰ ὅποια ἔξασφαλίζομεν κατὰ ταχύτερον τρόπον
τὰς συνθήκας συγχρονισμοῦ. Σήμερον μάλιστα εἰς τὰς μεγάλας μονά-
δας τοποθετοῦνται συστήματα αὐτομάτου συγχρονισμοῦ.

Τὸ σχῆμα 1·13 ε παριστάνει τὴν συνδεσμολογίαν μιᾶς μέ-
σου μεγέθους ἐγκαταστάσεως παραλλήλου λειτουργίας δύο ἐναλλα-
κτήρων χαμηλῆς τάσεως. Τὰ ὅργανα συγχρονισμοῦ ἀποτελοῦνται ἐδῶ
ἀπὸ τὸ διπλοῦν βολτόμετρον V_s , τὸ διπλοῦν συχνόμετρον Σ_d καὶ τὸ
συγχρονοσκόπιον S . Αὔτα συνδέονται μὲ τοὺς κυρίους ζυγούς καὶ μὲ
τοὺς ζυγοὺς συγχρονισμοῦ μέσω τετραπλοῦ βύσματος. Τὸ βύσμα αὐτὸ
τίθεται εἰς τὴν θέσιν α, ὅταν πρόκειται νὰ συγχρονισθῇ πρὸς τοὺς ζυ-

γούς δ ἐναλλακτήρ I, καὶ εἰς τὴν θέσιν β, ὅταν πρόκειται νὰ συγχρονι-
σθῇ δ II. Τὰ λοιπὰ ὄργανα εἰναι ἀμπερόμετρα A καὶ βαττόμετρα
W συνδεδεμένα μέσω μετασχηματιστῶν ἐντάσεως M.E. διὰ τὴν μέ-



Σχ. 1 · 13 ε.

Παράλληλος ζεῦξις ἐναλλακτήρων χαμηλῆς τάσεως.

τρησιν τῆς ἐντάσεως καὶ ἰσχύος τῶν ἐναλλακτήρων καὶ ἀμπερόμετρα A καὶ βολτόμετρα V συνεχοῦς ρεύματος διὰ τὴν μέτρησιν τῆς ἐν-
τάσεως καὶ τάσεως τῶν διεγέρσεων. Βεβαίως εἰναι δυνατὸν νὰ ὑπάρ-
χουν καὶ ἄλλα ὄργανα, ως μετρητὰ ἐνεργείας, μετρητὰ ἀέργου
ἰσχύος καὶ ἐνεργείας, δεῖκται συντελεστοῦ ἰσχύος κ.λπ.

Τὰ ὄργανα συγχρονισμοῦ συνήθως εἰναι τοποθετημένα ἐπὶ ίδιαι-

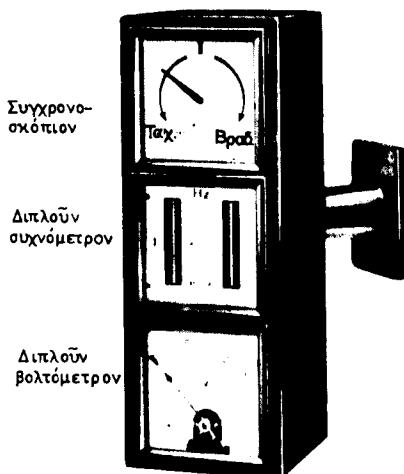
τέρας κατασκευῆς, ὥστε νὰ προεξέχουν ἀπὸ τοὺς πίνακας ἐλέγχου τῶν γεννητριῶν (σχ. 1·13 στ.). Τὸ διπλοῦν βολτόμετρον καὶ τὸ διπλοῦν συχνόμετρον δεικνύουν ταυτοχρόνως τὴν τάσιν καὶ τὴν συχνότητα τῶν ζυγῶν καὶ τοῦ πρὸς παραλληλισμὸν ἔναλλακτῆρος.

Τὸ συγχρονοσκόπιον συνδέεται, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 1·13 ε, μὲ τοὺς κυρίους ζυγούς καὶ μὲ τὴν πρὸς συγχρονισμὸν γεννήτριαν, τῶν ὁποίων ἔτσι συγκρίνει τὰς συχνότητας. "Οταν αἱ συχνότητες δὲν εἶναι ίσαι, ὁ δείκτης τοῦ ὀργάνου περιστρέφεται κατὰ τὴν μίαν ἢ τὴν ἄλλην φοράν. 'Η φορὰ περιστροφῆς τοῦ δείκτου φανερώνει ἂν ὁ πρὸς συγχρονισμὸν ἔναλλακτὴρ πρέπει νὰ κινηθῇ ταχύτερον ἢ βραδύτερον διὸ νὰ ἐπιτευχθῇ ὁ συγχρονισμός. Τὴν στιγμὴν τοῦ συγχρονισμοῦ ὁ δείκτης τοῦ ὀργάνου παραμένει ἀκίνητος εἰς τὴν κατακόρυφον θέσιν. Τότε εἰμεθα βέβαιοι ὅτι καὶ αἱ τάσεις εἶναι ἐν φάσει καὶ δυνάμεθα νὰ κλείσωμεν τὸν διακόπτην Δ τοῦ ἔναλλακτῆρος.

Συνήθως ἐντὸς τοῦ συγχρονοσκοπίου ὑπάρχει καὶ ἔνας λαμπτήρ συγχρονισμοῦ εἰς φωτεινὴν σύνδεσιν. "Ἐτσι, τὴν στιγμὴν τοῦ συγχρονισμοῦ ὁ λαμπτήρ ἀνάβει μὲ τὴν μεγίστην ἰσχύν του καὶ φωτίζει τὸν πίνακα τοῦ ὀργάνου.

Εἰς ὡρισμένας ἐγκαταστάσεις παραλλήλου λειτουργίας ἔναλλακτήρων, ἀντὶ τοῦ συγχρονοσκοπίου ὑπάρχει βολτόμετρον φασικῆς ἀποκλίσεως. Τὸ βολτόμετρον αὐτό, τὸ ὁποῖον συνδέεται παραλλήλως πρὸς ἓνα λαμπτήρα συγχρονισμοῦ, δεικνύει τὴν τάσιν μεταξὺ μιᾶς φάσεως τοῦ ἔναλλακτῆρος καὶ τῆς ἀντιστοίχου φάσεως τῶν ζυγῶν (δηλαδὴ τὴν τάσιν $U_{R_2} U_R$, τοῦ σχήματος 1·13 β). Τὴν στιγμὴν τοῦ συγχρονισμοῦ, ὅταν ὁ λαμπτήρ εἴναι σβηστός, τὸ βολτόμετρον φασικῆς ἀποκλίσεως δεικνύει τάσιν μηδενικήν.

"Οταν οἱ ἔναλλακτῆρες εἶναι ὑψηλῆς τάσεως (π.χ. 15 000 V),



Σχ. 1·13 στ.
"Οργανα συγχρονισμοῦ.

τότε τόσον τὰ ὅργανα συγχρονισμοῦ ὅσον καὶ τὰ λοιπὰ ὅργανα τῆς ἐγκαταστάσεως συνδέονται μέσω καταλλήλων μετασχηματιστῶν τάσεως καὶ ἐντάσεως.

1 · 14 Χαρακτηριστικὰ στοιχεῖα ἐναλλακτήρων.

1) Ισχὺς ἐναλλακτῆρος.

Μὲ τὴν βοήθειαν τῶν ὅργανων, ποὺ ἔχει κάθε ἐγκατάστασις ἐναλλακτῆρος (σχ. 1 · 12 α καὶ σχ. 1 · 13 ε), δυνάμεθα νὰ μετρήσωμεν κατὰ τὴν λειτουργίαν του τὴν (πολικήν) τάσιν U , τὴν ἔντασιν γραμμῆς I καὶ τὴν πραγματικὴν ίσχὺν N , ποὺ παρέχει εἰς τὸ δίκτυον. Ἀπὸ τὰ μεγέθη αὐτὰ εἶναι δυνατὸν νὰ ύπολογίσωμεν τὴν φαινομένην N_s καὶ τὴν ἄεργον N_b ίσχύν, ποὺ παρέχει ὁ ἐναλλακτήρος, καθὼς καὶ τὸν συντελεστὴν ίσχύος συνφ διὰ τῶν γνωστῶν ἀπὸ τὴν Ἡλεκτροτεχνίαν σχέσεων, τῶν δόποίων ἀνακεφαλαίωσιν ἀποτελεῖ ὁ ἀκόλουθος Πίναξ.

Σχέσεις ύπολογισμοῦ τῆς ίσχύος.

	Μονοφασικὸς ἐναλλακτήρ	Τριφασικὸς ἐναλλακτήρ	Διὰ μονοφασικὸν καὶ τριφασικὸν ἐναλλακτῆρα
Φαινομένη ίσχύς (VA)	$N_s = U \cdot I$	$N_s = 1,73 \cdot U \cdot I$	$N_s = \sqrt{N^2 + N_b^2}$ $N_s = \frac{N}{\text{συνφ}}$
Πραγματικὴ ίσχύς (W)	$N = U \cdot I \cdot \text{συνφ}$	$N = 1,73 \cdot U \cdot I \cdot \text{συνφ}$	$N = \sqrt{N_s^2 - N_b^2}$ $N = N_s \cdot \text{συνφ}$
Ἄεργος ίσχύος (var)	$N_b = U \cdot I \cdot \text{ημφ}$	$N_b = 1,73 \cdot U \cdot I \cdot \text{ημφ}$	$N_b = \sqrt{N_s^2 - N^2}$ $N_b = N_s \cdot \text{ημφ}$
Συντελεστὴς ίσχύος	$\text{συνφ} = \frac{N}{U \cdot I}$	$\text{συνφ} = \frac{N}{1,73 \cdot U \cdot I}$	$\text{συνφ} = \frac{N}{N_s}$

2) Χαρακτηριστικὰ στοιχεῖα.

Οἱ ἐναλλακτῆρες κατασκευάζονται διὰ μίαν ὡρισμένην ὀνομαστικὴν τάσιν λειτουργίας, ποὺ δίδεται πάντοτε ἀπὸ τὸν κατασκευαστὴν ὡς πολικὴ τάσις, π.χ. 380 V, 15 000 V κ.λπ. Τὸ μέγεθος ἐνὸς ἐναλλα-

κτήρος χαρακτηρίζεται άπό τὴν ὀνομαστικὴν ἰσχύν του, ἡ ὅποια εἶναι ἡ φαινομένη ἰσχὺς πού ὁ ἐναλλακτήρ δύναται νὰ δίδῃ συνεχῶς, ἔργα-ζόμενος μὲ τὴν ὀνομαστικήν του τάσιν, χωρὶς νὰ ὑφίσταται κίνδυνος καταστροφῆς τῶν μονώσεών του ἀπὸ ὑπερθέρμανσιν. Ἡ ἰσχὺς αὐτὴ καὶ ἡ ἀντίστοιχος ὀνομαστικὴ ἐντασις ἀναγράφονται ὑπὸ τοῦ κατα-σκευαστοῦ εἰς τὴν πινακίδα, πού φέρει κάθε ἐναλλακτήρ. Σήμερον κατα-σκευάζονται ἐναλλακτῆρες μὲ ἰσχὺν ἀπὸ ὀλίγα κιλοβολταμπέρ μέχρι 500 000 kVA.

ΕΝΑΛΛΑΚΤΗΡ	
("Ονομα στικής)	
ΤΥΠΟΣ	Νº
Κ Ν Α 6,6	ΦΑΣΕΙΣ 3
ΣΥΧΝΟΤΗΣ 50 Hz	ΣΤΡ./MIN 1500
ΤΑΣΙΣ 380 V	ΕΝΤΑΣΙΣ 10 A
συν φ 0,8	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΣΥΝΕΧΗΣ
ΜΕΓΙΣΤΗ ΔΙΕΓΕΡΣΙΣ 110 V - 3,5 A	

Σχ. 1·14.
Πινακίς ἐναλλακτῆρος.

Εἰς τὴν πινακίδα τοῦ ἐναλλακτῆρος ἐκτὸς ἀπὸ τὴν ὀνομαστικὴν ἰσχύν, τάσιν, ἐντασιν, τὸ ὄνομα τοῦ κατασκευαστοῦ, τὸν ἀριθμὸν τῆς κατασκευῆς, ἀναγράφονται καὶ τὰ ἀκόλουθα στοιχεῖα:

α) Ὁ ἀριθμὸς τῶν φάσεων τοῦ ἐναλλακτῆρος.

β) Ἡ συχνότης τοῦ ρεύματος εἰς Hz.

γ) Τὸ ὀνομαστικὸν συνφ, δηλαδὴ ὁ συντελεστὴς ἰσχύος, βάσει τοῦ ὅποιου ἔχει ὑπολογισθῇ ἡ ἰσχὺς τῆς κινητηρίας μηχανῆς. Ταυτοχρόνως εἶναι καὶ ὁ ἐλάχιστος συντελεστὴς ἰσχύος, ὑπὸ τὸν ὅποιον, ὅταν ἔργαζεται ὁ ἐναλλακτήρ, εἶναι βέβαιον ὅτι ἀποδίδει τὴν ὀνομαστικὴν ἰσχύν του (παράγρ. 1·11, ἐδάφ. 2).

δ) Ἡ σύγχρονος ταχύτης περιστροφῆς εἰς στρ./min.

ε) Ἡ μεγίστη ἐπιτρεπομένη ἐντασις καὶ τάσις διεγέρσεως διὰ νὰ μὴ ἔχωμεν ὑπερθέρμανσιν εἰς τὸ τύλιγμα διεγέρσεως.

Παράδειγμα πινακίδος ἐνὸς μικροῦ ἐναλλακτῆρος ἀποτελεῖ τὸ σχῆμα 1 · 14.

Ἐάν εἰς τὴν πινακίδα τοῦ ἐναλλακτῆρος ἀναγράφεται *Λειτουργία διακοπομένη*, τότε ὁ ἐναλλακτήρος δὲν δύναται νὰ φορτίζεται συνεχῶς μὲ τὴν ὄνομαστικήν του ἔντασιν. Εἰς τὰς περιπτώσεις αὐτὰς ἡ φόρτισις πρέπει νὰ γίνεται συμφώνως πρὸς τὰς ὀδηγίας τοῦ κατασκευαστοῦ διὰ νὰ μὴ ὑπάρξῃ κίνδυνος καταστροφῆς του ἐξ ὑπερθερμάνσεως. "Οταν δὲν ἀναγράφεται τὸ εἶδος λειτουργίας ἐπὶ τῆς πινακίδος, τότε ἡ λειτουργία πρέπει νὰ θεωρῆται συνεχής.

1 · 15 Ἀπώλειαι καὶ βαθμὸς ἀποδόσεως ἐναλλακτῆρος.

Αἱ ἀπώλειαι τῶν ἐναλλακτήρων, οἱ ὅποιοι λειτουργοῦν μὲ σταθερὰν τάσιν καὶ σταθερὰν συχνότητα, δηλαδὴ μὲ σταθερὰν ταχύτητα περιστροφῆς, ὅπως καὶ τῶν γεννητριῶν συνεχοῦς ρεύματος (Ἡλεκτρικαὶ Μηχαναί, Τόμος Α', παράγρ. 4 · 27), διακρίνονται εἰς:

α) Ἀπώλειας σταθεράς, δηλαδὴ ἀνεξαρτήτους τοῦ φορτίου τοῦ ἐναλλακτῆρος καὶ

β) ἀπώλειας μεταβλητάς, δηλαδὴ μεταβαλλομένας ἀναλόγως τοῦ φορτίου.

Σταθεραὶ ἀπώλειαι N_1 εἶναι καὶ ἐδῶ αἱ μηχανικαὶ ἀπώλειαι καὶ αἱ μαγνητικαὶ ἀπώλειαι ἡ ἀπώλεια σιδήρου. Αἱ τελευταῖαι διακρίνονται εἰς ἀπώλειας ὑστερήσεως καὶ ἀπώλειας δινορρευμάτων. Εἰς τὰς σταθερὰς ἀπώλειας προστίθενται ἐπίσης καὶ αἱ ἡλεκτρικαὶ ἀπώλειαι διεγέρσεως, αἱ ὅποιαι ἰσοῦνται μὲ τὸ γινόμενον τῆς ἐντάσεως διεγέρσεως I_d ἐπὶ τὴν τάσιν διεγέρσεως U_d .

Μεταβληταὶ ἀπώλειαι N_2 εἶναι μόνον αἱ ἡλεκτρικαὶ ἀπώλειαι ἡ ἀπώλεια χαλκοῦ τοῦ τυλίγματος τοῦ ἐπαγωγικοῦ τυμπάνου τοῦ ἐναλλακτῆρος. "Αν R εἶναι ἡ ωμικὴ ἀντίστασις ἀνὰ φάσιν τοῦ τυλίγματος τοῦ ἐπαγωγικοῦ τυμπάνου καὶ I ἡ ἔντασις φορτίσεως (γραμμῆς) τριφασικοῦ ἐναλλακτῆρος, τότε εἶναι εὔκολον νὰ ἀποδειχθῇ ὅτι τὸ N_2 διὰ ζεῦξιν τοῦ ἐναλλακτῆρος:

$$-\text{ κατ' ἀστέρα εἶναι: } N_2 = 3 \cdot R \cdot I^2$$

$$-\text{ κατὰ τρίγωνον εἶναι: } N_2 = R \cdot I^2$$

Αἱ ὀλικαὶ ἀπώλειαι $N_{\alpha\pi}$ τοῦ ἐναλλακτῆρος εἶναι συνεπῶς:

$$N_{\alpha\pi} = N_1 + N_2$$

‘Ο βαθμὸς ἀποδόσεως τοῦ ἐναλλακτῆρος εἶναι, κατὰ τὰ γνωστὰ (‘Ηλεκτρικαὶ Μηχαναὶ, Τόμος Α’, παράγρ. 4·28), δὲ λόγος τῆς πραγματικῆς ἴσχύος, τὴν ὅποιαν ἀποδίδει, πρὸς τὴν ἴσχυν, τὴν ὅποιαν λαμβάνει ἀπὸ τὴν κινητηρίαν μηχανήν:

$$\eta = \frac{N}{N_{\text{εἰσ}}} = \frac{N}{N + N_{\text{απ}}}$$

Εἶναι αὐτονόητον ὅτι εἰς τὴν σχέσιν αὐτήν, ὅπου τὸ η προκύπτει πάντοτε ἀριθμὸς μικρότερος τοῦ 1, δλαι αἱ τιμαὶ τῶν ἴσχυών πρέπει νὰ λαμβάνωνται μὲ τὴν αὐτὴν μονάδας (βάττη ἢ κιλοβάττη).

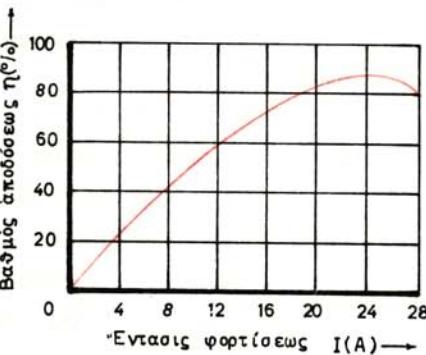
‘Ο βαθμὸς ἀποδόσεως ἔξαρταται ἀπὸ τὸ φορτίον τοῦ ἐναλλακτῆρος. Ή καμπύλη τοῦ σχήματος 1·15 δεικνύει πῶς μεταβάλλεται ὁ βαθμὸς ἀποδόσεως ἐνὸς ἐναλλακτῆρος, ὅταν μεταβάλλεται ἡ ἔντασις φορτίσεως του μὲ σταθερὸν συντελεστὴν ἴσχυος. ‘Ο ἐναλλακτῆρος ἔχει τὸν μέγιστον βαθμὸν ἀποδόσεως, ὅταν ἡ ἔντασις φορτίσεως εἶναι περίπου ἵση μὲ τὴν ὀνομαστικὴν του ἔντασιν καὶ ὁ συντελεστὴς ἴσχυος τοῦ φορτίου ἵσος μὲ τὸ ὀνομαστικὸν συνφ. Αὔτὸς ὁ βαθμὸς ἀποδόσεως εἰς τοὺς μεγάλους ἐναλλακτῆρας φθάνει τὸ 0,95, ἐνῷ εἰς τοὺς μικροτέρους εἶναι περίπου 0,85.

Παράδειγμα.

Νὰ ὑπολογισθῇ ὁ βαθμὸς ἀποδόσεως εἰς τὸ ὀνομαστικὸν φορτίον τοῦ ἐναλλακτῆρος, ὁ ὅποιος ἔχει τὴν πινακίδα τοῦ σχήματος 1·14, καὶ τοῦ ὅποιου δίδεται τὸ ἀθροισμα τῶν μηχανικῶν καὶ μαγνητικῶν ἀπωλειῶν του ἵσον μὲ 320 W. ‘Ο ἐναλλακτῆρος εἶναι ζεύξεως ὀστέρος καὶ ἡ ὡμικὴ ἀντίστασις ἀνὰ φάσιν τοῦ τυλίγματός του μετρηθεῖσα εὑρέθη ἵση μὲ 1 Ω.

Λύσις:

‘Ο βαθμὸς ἀποδόσεως θὰ ὑπολογισθῇ ἀπὸ τὴν σχέσιν:



Σχ. 1·15.
Μεταβολὴ βαθμοῦ ἀποδόσεως ἐναλλακτῆρος.

$$\eta = \frac{N}{N + N_{ap}}$$

Διὰ τὸ ὄνομαστικὸν φορτίον ἔχομεν:

$$N = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \sin \varphi = 1,73 \times 380 \times 10 \times 0,8 = 5259 \quad \text{η} \\ \simeq 5260 \text{ W}$$

Αἱ ἡλεκτρικαὶ ἀπώλειαι τοῦ τυλίγματος διεγέρσεως εἰναι:

$$N_d = U_d \cdot I_d = 110 \times 3,5 = 385 \text{ W}$$

Ἄρα αἱ σταθεραὶ ἀπώλειαι θὰ εἰναι:

$$N_1 = 320 + 385 = 705 \text{ W}$$

Αἱ μεταβληταὶ ἀπώλειαι διὰ ζεῦξιν ἀστέροις ὑπολογίζονται ἀπὸ τὴν σχέσιν:

$$N_2 = 3 \cdot R \cdot I^2 = 3 \times 1 \times 10^2 = 300 \text{ W}$$

Συνεπῶς αἱ ὅλικαι ἀπώλειαι θὰ εἰναι:

$$N_{ap} = N_1 + N_2 = 705 + 300 = 1005 \text{ W}$$

καὶ ὁ βαθμὸς ἀποδόσεως:

$$\eta = \frac{N}{N + N_{ap}} = \frac{5260}{5260 + 1005} = \frac{5260}{6265} = 0,84$$

$$\text{η} \quad \eta = 84 \%$$

1 · 16 Ἀνακεφαλαίωσις.

α) Αἱ γεννήτριαι ἐναλλασσομένου ρεύματος εἰναι δύο εἰδῶν, αἱ σύγχρονοι γεννήτριαι ἢ ἐναλλακτῆρες καὶ αἱ ἀσύγχρονοι γεννήτριαι. Διὰ τὴν παραγωγὴν ἡλεκτρικῆς ἐνεργείας χρησιμοποιοῦνται μόνον σύγχρονοι γεννήτριαι. Κύρια χαρακτηριστικὰ τῶν συγχρόνων γεννητρῶν εἰναι ὅτι ἡ διέγερσί των τροφοδοτεῖται μὲ συνεχὲς ρεῦμα καὶ ὅτι ἡ συχνότης τοῦ παραγομένου ὑπ' αὐτῶν ἐναλλασσομένου ρεύματος εἰναι ἀνάλογος τῆς ταχύτητος περιστροφῆς τῆς μηχανῆς.

β) Αἱ σύγχρονοι γεννήτριαι ἢ ἐναλλακτῆρες διακρίνονται εἰς ἐναλλακτῆρας μὲ ἔξωτερικοὺς πόλους καὶ εἰς ἐναλλακτῆρας μὲ ἔσωτερικοὺς ἢ περιστρεφομένους πόλους. Ἐδιαίτερα δμὰς ἐναλλακτήρων μὲ περιστρεφομένους πόλους εἰναι οἱ στροβιλοεναλλακτῆρες.

γ) Εἰς τοὺς ἐναλλακτῆρας μὲ ἔξωτερικοὺς πόλους, οἱ μαγνητικοὶ πόλοι εἰναι τοποθετημένοι εἰς τὸν στάτην τῆς μηχανῆς, ὅπως εἰς

τὰς μηχανὰς συνεχοῦς ρεύματος. Οἱ ἐναλλακτῆρες αὐτοὶ εἰναι κατάλληλοι μόνον διὰ μικρὰς ἴσχυς καὶ χαμηλὴν τάσιν.

δ) Εἰς τοὺς ἐναλλακτῆρας μὲν ἐσωτερικοὺς πόλους τὸ ἐπαγωγικὸν τύμπανον εἰναι τοποθετημένον εἰς τὸν στάτην, ἐνῶ οἱ μαγνητικοὶ πόλοι εἰς τὸν δρομέα. Οἱ ἐναλλακτῆρες αὐτοὶ εἰναι κατάλληλοι διὰ μεγάλας ἴσχυς καὶ ὑψηλὴν τάσιν. Δὲν εἰναι κατάλληλοι διὰ μεγάλας ταχύτητας περιστροφῆς.

ε) Ὁ στάτης τῶν στροβιλοεναλλακτήρων δμοιάζει κατασκευαστικῶς μὲ τὸν στάτην τῶν ἐναλλακτήρων μὲ ἐσωτερικοὺς πόλους. Ὁ δρομεὺς δὲν φέρει δρατοὺς μαγνητικοὺς πόλους, ἀλλὰ ἐνα τύλιγμα διεγέρσεως τοποθετημένον μέσα εἰς ὁδοντώσεις. Εἰναι κατάλληλοι διὰ μεγάλας ταχύτητας περιστροφῆς καὶ κινοῦνται ἀπὸ ἀτμοστροβίλους.

στ) Ψῦξις ἡλεκτρικῆς μηχανῆς εἰναι ἡ μετάδοσις εἰς τὸν περιβάλλοντα χῶρον τῆς θερμότητος τῶν ἀπωλειῶν. Λόγω τῆς ψύξεως ἡ θερμοκρασία τῶν διαφόρων μερῶν τῆς μηχανῆς δὲν ὑπερβαίνει ὠρισμένον ὄριον, καθωρισμένον ἀπὸ τὸν κατασκευαστήν της βάσει τῶν χρησιμοποιηθέντων μονωτικῶν.

Εἰς τοὺς ἐναλλακτῆρας ἡ ψῦξις ἐπιτυγχάνεται εἴτε διὰ φυσικοῦ στροβιλισμοῦ τοῦ ἀέρος ὑπὸ τοῦ δρομέως τῆς μηχανῆς εἴτε δι' ἀνεμιστῆρος τοποθετημένου εἰς τὸν δρομέα εἴτε τέλος διὰ κλειστοῦ κυκλώματος κυκλοφορίας τοῦ ἀέρος, εἰς τὸ ὅποιον παρεμβάλλεται ψυγεῖον ὕδατος. Εἰς τοὺς πολὺ μεγάλους στροβιλοεναλλακτῆρας εἰναι οἰκονομικῶς συμφέρουσα ἡ χρησιμοποίησις ὑδρογόνου ἀντὶ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος ἐντὸς τοῦ κλειστοῦ κυκλώματος.

ζ) Εἰς τὸ διάκενον τοῦ ἐναλλακτῆρος, τὸ μαγνητικὸν πεδίον, ποὺ δημιουργεῖ ἡ διέγερσις, μεταβάλλεται ἡμιτονοειδῶς συναρτήσει τῆς γωνίας ἀπὸ τὴν οὐδετέραν ζώνην. Μία πλήρης περίοδος συμπληροῦται εἰς ἔνα διπλοῦν πολικὸν βῆμα.

η) Ἡμιτονοειδής ἐναλλασσομένη ἡλεκτρεγερτική δύναμις ἀναπτύσσεται ἐξ ἐπαγωγῆς εἰς κάθε ἀγωγὸν τοῦ τυλίγματος τοῦ ἐπαγωγικοῦ τυμπάνου, ὅταν ὁ δρομεὺς περιστρέφεται μὲ σταθερὰν ταχύτητα. Ὄμοίως ἐναλλασσομένη εἰναι καὶ ἡ ἡλεκτρεγερτική δύναμις, ποὺ ἀναπτύσσεται εἰς μίαν ἥ περισσοτέρας ὁμάδας τοῦ τυλίγματος συνδεδεμένας ἐν σειρᾶ.

θ) Μεταξύ τῆς συχνότητος f, τοῦ ἀριθμοῦ στροφῶν ἀνὰ λε-

πτὸν n_s καὶ τοῦ ἀριθμοῦ ζευγῶν μαγνητικῶν πόλων ρ τοῦ ἐναλλακτῆρος ισχύει ἢ σχέσις:

$$f = \frac{p \cdot n_s}{60} \quad \text{εἰς Hz}$$

Σύγχρονος ταχύτης ἐναλλακτῆρος καλεῖται ἢ ταχύτης περιστροφῆς τοῦ δρομέως, μὲ τὴν δόποίαν ὁ ἐναλλακτήρος δίδει ὠρισμένην συχνότητα.

ι) Μονοφασικὸν τύλιγμα εἶναι ἔκεινο, ποὺ ἔχει ὅλας τὰς ὄμάδας του συνδεδεμένας μεταξύ των (συνήθως ἐν σειρᾷ), ὡστε νὰ μένουν ἐλεύθερα δύο ἄκρα, τὰ ὅποια συνδέονται εἰς τοὺς ἄκροδέκτας τῆς μηχανῆς. Ο ἐναλλακτήρος, ποὺ ἔχει μονοφασικὸν τύλιγμα εἰς τὸ ἐπαγωγικόν του τύμπανον, δύνομάζεται μονοφασικὸς ἐναλλακτήρος καὶ δύναται νὰ τροφοδοτήσῃ μονοφασικὰ φορτία.

ια) Ο διφασικὸς ἐναλλακτήρος ἔχει εἰς τὸ ἐπαγωγικόν του τύμπανον δύο ὅμοια μονοφασικὰ τυλίγματα τοποθετημένα εἰς ἀπόστασιν 1/2 πολικοῦ βήματος. Αἱ παραγόμεναι εἰς αὐτὰ ἡλεκτρεγερτικαὶ δυνάμεις εἶναι τοῦ αὐτοῦ μεγέθους, τῆς αὐτῆς συχνότητος καὶ ἔχουν μεταξύ των φασικὴν ἀπόκλισιν 90° ἢ 1/4 τῆς περιόδου.

ιβ) Ο τριφασικὸς ἐναλλακτήρος ἔχει εἰς τὸ ἐπαγωγικόν του τύμπανον τρία ὅμοια μονοφασικὰ τυλίγματα τοποθετημένα εἰς ἀπόστασιν 2/3 πολικοῦ βήματος. Αἱ ἡλεκτρεγερτικαὶ δυνάμεις τῶν τυλιγμάτων εἶναι μεταξύ των ἵσαι, τῆς αὐτῆς συχνότητος καὶ ἔχουν φασικὴν ἀπόκλισιν 120° ἢ 1/3 τῆς περιόδου. Τὰ τυλίγματα αὐτὰ (αἱ τρεῖς φάσεις) συνδέονται κατὰ τρίγωνον ἢ κατ' ἀστέρα.

ιγ) Η ἐνδεικνυμένη τιμὴ τῆς φασικῆς ἡλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως ἐναλλακτῆρος δίδεται ύπο τῆς σχέσεως:

$$E_\phi = K \cdot f \cdot w_0 \cdot \Phi \quad \text{εἰς V}$$

ιδ) Η ρύθμισις τῆς ἡλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως ἐναλλακτῆρος γίνεται διὰ ρυθμίσεως τῆς διεγέρσεώς του. Η καμπύλη, ἢ δόποία δίδει τὴν μεταβολὴν τῆς ἡλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως, ὅταν μεταβάλλεται ἢ ἔντασις διεγέρσεως μὲ τὴν κανονικὴν ταχύτητα περιστροφῆς τοῦ ἐναλλακτῆρος, δύνομάζεται στατικὴ χαρακτηριστικὴ ἢ χαρακτηριστικὴ ἐν κενῷ.

ιε) Χαρακτηριστικὴ ύπο φορτίον δύνομάζεται ἢ καμπύλη, ἢ δόποία δίδει τὴν μεταβολὴν τῆς τάσεως τοῦ ἐναλλακτῆρος, ὅταν μετα-

βάλλεται ή ἔντασις φορτίσεως, ἐνῶ τὸ συνφ τοῦ φορτίου καὶ ή ἔντασις διεγέρσεως παραμένουν σταθερὰ καὶ δὲναλλακτήρ περιστρέφεται μὲ τὴν κανονικήν του ταχύτητα. Διὰ διάφορα συνφ ἔχομεν διαφόρους χαρακτηριστικὰς ὑπὸ φορτίον.

ιστ) Ἡ πτῶσις τάσεως εἰς τοὺς ἐναλλακτήρας ὀφείλεται: 1) Εἰς τὴν ὁμικήν πτῶσιν τάσεως ἐντὸς τοῦ τυλίγματος τοῦ ἐπαγωγικοῦ τυμπάνου. 2) Εἰς τὴν ἀντίδρασιν τοῦ ἐπαγωγικοῦ τυμπάνου καὶ 3) εἰς φαινόμενα αὐτεπαγωγῆς.

ιζ) Τὴν μεταβολὴν τῆς τάσεως τοῦ ἐναλλακτήρος ἀπὸ τὴν ἐν κενῷ λειτουργίαν εἰς τὸ κανονικὸν φορτίον, διὰ σταθερὸν συνφ καὶ ἔντασιν διεγέρσεως, τὴν ὀνομάζομεν διακύμανσιν τάσεως. Αὕτη διδέται ὑπὸ τῆς σχέσεως:

$$\epsilon \% = \frac{U_0 - U_N}{U_N} \cdot 100 \%$$

ιη) Ἡ ρύθμισις τῆς τάσεως εἰς τοὺς ἐναλλακτήρας γίνεται διὰ μεταβολῆς τῆς ἔντασεως διεγέρσεως.

ιθ) Αἱ συνθῆκαι συγχρονισμοῦ ἐναλλακτήρων εἶναι: 1) Ἰσότης τάσεων. 2) Ἰσότης συχνοτήτων. 3) Ἰδία διαδοχὴ φάσεων. 4) Φασικὴ ἀπόκλισις μηδενικὴ μεταξὺ τῶν τάσεων τῶν ἀντιστοίχων φάσεων.

Ἡ πρώτη τῶν ἀνωτέρω συνθηκῶν ἐλέγχεται δι' ἐνὸς βολτομέτρου μὲ διακόπτην διπλῆς ἐνεργείας. Αἱ ύπολοιποι ἐλέγχονται διὰ τῶν λαμπτήρων συγχρονισμοῦ.

κ) Σκοτεινὴ σύνδεσις τῶν λαμπτήρων συγχρονισμοῦ λέγεται ἔκεινη, εἰς τὴν δποίαν τὴν στιγμὴν τοῦ συγχρονισμοῦ οἱ λαμπτήρες εἶναι σβηστοί. Φωτεινὴ λέγεται ἡ σύνδεσις ἔκεινη, εἰς τὴν δποίαν οἱ λαμπτήρες τὴν στιγμὴν τοῦ συγχρονισμοῦ εἶναι ἀναμμένοι.

κα) Ἡ κατανομὴ τῆς πραγματικῆς ἰσχύος μεταξὺ ἐναλλακτήρων λειτουργούντων παραλλήλως ἐπὶ ἐνὸς δικτύου σταθερᾶς τάσεως γίνεται δι' ἐπιδράσεως ἐπὶ τῶν ρυθμιστῶν στροφῶν τῶν κινητηρίων των μηχανῶν. Ἡ διέγερσίς των δὲν δύναται νὰ μεταβάλῃ παρὰ μόνον τὴν ἄεργον ἰσχύν των.

κβ) Ὁνομαστικὰ μεγέθη ἐναλλακτῆρος εἶναι τὰ ἀναγραφόμενα ἐπὶ τῆς πινακίδος του ὑπὸ τοῦ κατασκευαστοῦ. Αὕτα εἶναι: ἡ φαινόμενη ἰσχύς, ἡ ἔντασις, ἡ τάσις, δὲ ἀριθμὸς φάσεων, ἡ συχνότης, τὸ συνφ καὶ ἡ σύγχρονος ταχύτης. Ἐπίστης εἰς τὴν πινακίδα ἀναγράφονται αἱ μέγισται τιμαὶ τῆς τάσεως καὶ ἔντασεως διεγέρσεως.

κγ) Βαθμὸς ἀποδόσεως ἐναλλακτῆρος εἶναι ὁ λόγος τῆς πραγματικῆς ἰσχύος, τὴν ὁποίαν ἀποδίδει, πρὸς τὴν ἰσχύν, τὴν ὁποίαν λαμβάνει ἀπὸ τὴν κινητηρίαν μηχανῆν, δίδεται δὲ ὑπὸ τῆς σχέσεως:

$$\eta = \frac{N}{N_{\text{εισ}}} = \frac{N}{N + N_{\text{απ}}}$$

1 · 17 Ἐρωτήσεις.

- α) Ποῖα τὰ κύρια χαρακτηριστικὰ τῶν συγχρόνων γεννητριῶν;
- β) Ποῖαι εἶναι αἱ δύο κατηγορίαι ἐναλλακτήρων καὶ ποῖα τὰ κύρια κατασκευαστικὰ χαρακτηριστικὰ ἔκαστου εἴδους;
- γ) Εἰς τί πλεονεκτοῦν οἱ ἐναλλακτῆρες μὲν ἐσωτερικοὺς πόλους ἔναντι τῶν ἐναλλακτήρων μὲν ἔξωτερικοὺς πόλους;
- δ) Τί ὀνομάζομεν στροβιλοεναλλακτῆρας καὶ εἰς τί διαφέρουν κατασκευαστικῶς ἀπὸ τοὺς κοινοὺς ἐναλλακτῆρας μὲν περιστρεφομένους πόλους;
- ε) Ποῖοι οἱ ἐν χρήσει τρόποι ψύξεως τῶν ἐναλλακτήρων καὶ εἰς τί συνίσταται ἔκαστος;
- στ) Ποία εἶναι ἡ μορφὴ τῆς ἡλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως τῆς ἀναπτυσσομένης εἰς ἀγωγὸν τοῦ τυλίγματος τοῦ ἐπαγωγικοῦ τυμπάνου; (Νὰ χαραχθῇ ἡ καμπύλη). Εἰς τί ὀφείλεται ἡ μορφὴ αὐτῆς;
- ζ) Τί θὰ συμβῇ καὶ διατί, ἐὰν ὁ ἔνας πόλος διπολικοῦ ἐναλλακτῆρος δὲν ἔχῃ τοποθετηθῆνας εἰς τὴν θέσιν του ἢ ἐὰν ἔχῃ ὀλιγώτερα ἀμπερελίγματα ἀπὸ τὸν ἄλλον;
- η) Εἰς τὰς γεννητρίας ἐναλλασσομένου ρεύματος τί εἶναι γεωμετρικὴ γωνία καὶ τί ἡλεκτρικὴ γωνία; Ποία σχέσις τὰς συνδέει μεταξύ των;
- θ) Τί ὀνομάζομεν σύγχρονον ταχύτητα καὶ ποία σχέσις τὴν συνδέει μὲ τὴν συχνότητα;
- ι) Πῶς ὀνομάζεται ἡ καμπύλη, ποὺ δίδει τὴν μεταβολὴν τῆς ἡλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως ἐναλλακτῆρος, ὅταν μεταβόλλεται ἡ ἔντασις διεγέρσεως; (Νὰ χαραχθῇ μία παρομοία καμπύλη). Ἀπὸ ποία μέρη ἀποτελεῖται; Διατί ὅν διπλασιάσωμεν τὸ ρεῦμα διεγέρσεως, δὲν διπλασιάζεται ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἐναλλακτῆρος;
- ια) Τί ὀνομάζομεν διακύμανσιν τάσεως ἐναλλακτῆρος καὶ ὑπὸ ποίας σχέσεως δίδεται;

ιβ) Ποια είναι αἱ συνθῆκαι συγχρονισμοῦ δύο ἐναλλακτήρων; Μὲ ποια ὅργανα ἐλέγχονται καὶ πῶς;

ιγ) Τί ὀνομάζομεν φωτεινὴν σύνδεσιν τῶν λαμπτήρων συγχρονισμοῦ; Πῶς γίνεται ἡ σχετικὴ συνδεσμολογία τῶν λαμπτήρων;

ιδ) Πῶς γίνεται ἡ κατανομὴ τῆς πραγματικῆς καὶ πῶς τῆς ἀέρου ίσχύος, εἰς δύο ἐναλλακτήρας λειτουργοῦντας παραλλήλως ἐπὶ δικτύου σταθερᾶς τάσεως;

ιε) Ποια αἱ ἀπαιτούμεναι ἔργασίαι διὰ νὰ τεθῇ ἐναλλακτήρ εἰς λειτουργίαν; (Νὰ γίνη καὶ ἡ σχετικὴ συνδεσμολογία).

ιστ) Ποία σχέσις δίδει τὸν βαθμὸν ἀποδόσεως ἐναλλακτῆρος συναρτήσει τῆς ἀποδιδομένης ίσχύος καὶ τῆς ίσχύος τῶν ἀπωλειῶν; Ἀπὸ ποίας ἐπὶ μέρους ἀπωλείας ἀποτελοῦνται αἱ συνολικαὶ ἀπώλειαι;

1 · 18 Προβλήματα και άσκήσεις.

α) Ἐξαπολικὸς ἐναλλακτήρ περιστρέφεται μὲ 1000 στρ/min. Ποια είναι ἡ συχνότης τῆς παραγομένης ἡλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως; Μὲ ποίαν ταχύτητα πρέπει νὰ περιστρέφεται διὰ νὰ είναι ἡ συχνότης 60 Hz.

(Απάντ.: 50 Hz, 1200 στρ/min)

β) Μονοφασικὸς Ἐξαπολικὸς ἐναλλακτήρ παράγει ρεῦμα συχνότητος 50 Hz. Τὸ ἐπαγωγικὸν τύμπανον ἔχει 48 αὔλακας μὲ 2 ἀγωγοὺς ἀνὰ αὔλακα. Ἡ χρήσιμος μαγνητικὴ ροὴ ἀνὰ πόλον είναι 0,021 Wb. Ποια είναι ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις τοῦ ἐναλλακτῆρος; (Νὰ ληφθῇ $K = 2,05$).

(Απάντ.: 207 V)

γ) Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἑκατοστιαία διακύμανσις τάσεως τοῦ ἐναλλακτῆρος, ὁ ὅποιος ἔχει χαρακτηριστικὰς ὑπὸ φορτίον τὰς καμπύλας τοῦ σχήματος $1 \cdot 11$, δι' ἕντασιν φορτίσεως 20 A μὲ συνφ = 0,8 ἐπαγ., συνφ = 1 καὶ συνφ = 0,8 χωρητ.

(Απάντ.: 27,8 %, 5,5 %, - 6 %)

δ) Ἐναλλακτήρ 500 kVA τροφοδοτεῖ μὲ τὸ πλῆρες του φορτίου καταναλωτήν, τοῦ ὅποιου ὁ συντελεστὴς ίσχύος είναι 0,8. Ἀν ὁ βαθμὸς ἀποδόσεως τοῦ ἐναλλακτῆρος τότε είναι 0,85, νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ίσχύς ποὺ δίδει ἡ κινητηρία μηχανὴ εἰς τὸν ἐναλλακτῆρα.

(Απάντ.: 470 kW)

ε) Τριφασικός έναλλακτήρ τάσεως $U = 380 \text{ V}$ τροφοδοτεί καταναλωτήν συντελεστού ίσχύος συνφ = 0,85 μὲν έντασιν 60 A. Ζητεῖται ἡ παρεχομένη ύπότη τοῦ έναλλακτήρος πραγματική, διεργος καὶ φαινομένη ίσχὺς καὶ αἱ μεταξύ των σχέσεις.

(Απάντ.: $N = 33,66 \text{ kW}$, $N_b = 20,86 \text{ kvar}$, $N_s = 39,6 \text{ kVA}$,

$$\frac{N}{N_s} = 0,85, \quad \frac{N_b}{N_s} = 0,527, \quad \frac{N_b}{N} = 0,62)$$

στ) Έναλλακτήρ παρέχει φαινομένην ίσχὺν 250 kVA εἰς καταναλωτήν, τοῦ ὅποιου δ συντελεστής ίσχύος είναι 0,8. Ὁ βαθμὸς ἀποδόσεως τοῦ έναλλακτήρος τότε είναι 0,9. Νὰ ύπολογισθοῦν αἱ δλικαὶ ἀπώλειαι τοῦ έναλλακτήρος.

(Απάντ.: 22 kW)

ζ) Τριφασικός έναλλακτήρ 2000 kVA, 2300 V, 50 Hz, ζεύξεως ἀστέρος, τροφοδοτεί φορτίον μὲ συνφ = 0,85. Τὸ τύλιγμα τῆς διεγέρσεώς του ἀπορροφεῖ έντασιν 160 A μὲ τάσιν 250 V. Ἡ ώμικὴ ἀντίστασις ἀνὰ φάσιν τοῦ τυλίγματος είναι 0,1 Ω. Ἀν αἱ σταθεραὶ (μηχανικαὶ καὶ μαγνητικαὶ) ἀπώλειαι τοῦ έναλλακτήρος είναι 33 kW, νὰ ύπολογισθοῦν ἡ έντασις τοῦ ρεύματος τοῦ έναλλακτήρος καὶ δ βαθμὸς ἀποδόσεώς του εἰς τὸ δινομαστικὸν φορτίον.

(Απάντ.: 500 A, 92 %)

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ 2

ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΑΙ

2 · 1 Χρήσις και είδη μετασχηματιστῶν.

Παρουσιάζεται συχνά ή περίπτωσις νὰ ἔχωμεν ἀνάγκην ἡλεκτρικοῦ ρεύματος ὑπὸ τάσιν διαφορετικὴν τῆς τάσεως τοῦ δικτύου, ἀπὸ τὸ ὅποιον γίνεται ή τροφοδότησις μὲ ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν. Π.χ. ἐνῶ ἔχομεν ἀνάγκην ἡλεκτρικοῦ ρεύματος μὲ τάσιν 12 V, τὸ δίκτυον τροφοδοτήσεως ἔχει τάσιν 220 V.

Εἰς τὸ συνεχὲς ρεῦμα ή περίπτωσις αὐτὴ εἶναι δυνατὸν νὰ ἀντιμετωπισθῇ μὲ μίαν ἀντίστασιν, εἰς τὴν ὅποιαν δημιουργοῦμεν τὴν ἀπαίτουμένην πτῶσιν τάσεως. Τότε ὅμως ἔχομεν σημαντικὴν ἀπώλειαν ἐνέργειας, λόγω τῆς ἀναπτυσσομένης θερμότητος εἰς τὴν ἀντίστασιν. Εἰς σοβαρὰς περιπτώσεις ἀναγκαζόμεθα νὰ χρησιμοποιήσωμεν ἓνα ζεῦγος κινητῆρος - γεννητρίας, ὅπότε ἡ γεννήτρια μᾶς δίδει συνεχὲς ρεῦμα μὲ τὴν ἐπιθυμητὴν τάσιν, ἐνῶ ὁ κινητήρας τροφοδοτεῖται ἀπὸ τὸ δίκτυον ἡλεκτροδοτήσεως. Καὶ εἰς τὰς δύο περιπτώσεις ὁ βαθμὸς ἀποδόσεως τοῦ συστήματος εἶναι χαμηλὸς ή τὸ πολὺ μέτριος.

Ἡ μεταφορὰ μεγάλων ποσοτήτων ἡλεκτρικῆς ἐνέργειας διὰ νὰ εἶναι οἰκονομικῶς συμφέρουσα πρέπει νὰ γίνεται μὲ ὑψηλὴν τάσιν. Ἐν συνεχείᾳ ή τάσις τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος πρέπει νὰ ὑποβιβάζεται, ὥστε νὰ εἶναι δυνατὴ ή διανομὴ του εἰς τοὺς καταναλωτὰς καὶ μὲ λογικὰς προφυλάξεις ή ἀκίνδυνος χρησιμοποίησίς του ἀπὸ αὐτούς. Τὸ σοβαρὸν αὐτὸν πρόβλημα δὲν ἔχει λυθῆ ἀκόμη κατὰ οἰκονομικῶς συμφέροντα τρόπον διὰ τὸ συνεχὲς ρεῦμα.

‘Αντιθέτως διὰ τὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα ὑπάρχουν κατάλληλα μηχανήματα, τὰ ὅποια μάλιστα δὲν ἔχουν κινούμενα μέρη καὶ τὰ ὅποια μᾶς ἐπιτρέπουν νὰ ἀνυψώνωμεν ἢ νὰ ὑποβιβάζωμεν τὴν τάσιν τοῦ ρεύματος. Εἰς τὰ μηχανήματα αὐτά, ποὺ ὀνομάζονται στατοὶ μετασχηματισταὶ ἢ ἀπλῶς μετασχηματισταὶ, ἢ μεταβολὴ τῆς τάσεως τοῦ ρεύματος γίνεται μὲ ἐλοχίστην ἀπώλειαν τῆς μεταβιβαζομένης ἴσχυος. Κατασκευάζονται σήμερον μεγάλοι μετασχηματισταὶ μὲ βαθμὸν ἀπο-

δόσεως ἄνω τοῦ 98 %, δηλαδὴ μὲν ἀπώλειαν κάτω τοῦ 2 % τῆς μεταβιβαζούμενης ἴσχύος.

Κατ’ αὐτὸν τὸν τρόπον κατέστη δυνατή ἡ παραγωγὴ τῆς ἡλεκτρικῆς ἐνεργείας εἰς τοὺς μεγάλους κεντρικούς σταθμούς εἰς τὴν πλέον συμφέρουσαν τάσιν (π.χ. 15 000 V ἢ 20 000 V). Ἐν συνεχείᾳ διὰ τῆς χρησιμοποιήσεως μετασχηματιστῶν ἀνυψώσεως ἡ τάσις τοῦ ρεύματος μετατρέπεται εἰς ὑψηλὴν (π.χ. 150 000 V) ἢ ὑπερυψηλὴν τάσιν (π.χ. 380 000 V). Ὅπο τὴν τάσιν αὐτὴν γίνεται κατὰ οἰκονομικὸν τρόπον ἡ μεταφορὰ μεγάλων ποσοτήτων ἡλεκτρικῆς ἐνεργείας εἰς τοὺς τόπους καταναλώσεως, οἱ δόποιοι εὑρίσκονται συνήθως εἰς μεγάλας ἀποστάσεις ἀπὸ τοὺς σταθμούς παραγωγῆς. Ἐκεῖ διὰ τῆς χρησιμοποιήσεως μετασχηματιστῶν ὑποβιβασμοῦ ἡ τάσις τοῦ ρεύματος μετατρέπεται εἰς τὴν τάσιν τῶν δικτύων πρωτευούσης διανομῆς (π.χ. 20 000 V, 15 000 V κ.λπ.). Τέλος ἀπὸ τὰ δίκτυα αὐτά, μὲ τὴν μεσολάβησιν πάλιν μετασχηματιστῶν ὑποβιβασμοῦ, τροφοδοτοῦνται τὰ δίκτυα διανομῆς χαμηλῆς τάσεως (π.χ. 380/220 V), μὲ τὰ δόποια ἡ ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια φθάνει μέχρι τοὺς μικροτέρους καταναλωτάς.

Ἐὰν ἔνας καταναλωτής ἔχῃ ἀνάγκην ἡλεκτρικῆς ἐνεργείας ὑπὸ διαφορετικὴν τάσιν (π.χ. 110 V) ἀπὸ τὴν τάσιν τοῦ δικτύου διανομῆς, ἡ χρησιμοποίησις ἐνὸς μετασχηματιστοῦ τοῦ δίδει μίαν ἀπλῆν καὶ οἰκονομικήν λύσιν.

Συνεπῶς ἡ δυνατότης χρησιμοποιήσεως μετασχηματιστῶν μὲ τὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα, ἔδωσε εἰς αὐτὸν τὰ πλεονεκτήματα, τὰ δόποια τὸ καθιέρωσαν ως τὸ εἶδος τοῦ ρεύματος, τὸ δόποιον χρησιμοποιοῦν πλέον ὅλαι αἱ χῶραι εἰς τὰ δίκτυα ἡλεκτροδοτήσεως τῶν πάστης φύσεως καταναλωτῶν. Τὸ συνεχὲς ρεῦμα χρησιμοποιεῖται σήμερον μόνον εἰς εἰδικὰς χρήσεις. Εἰς τὰς περιπτώσεις αὐτὰς μετατρέπομεν τὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα τοῦ δικτύου ἡλεκτροδοτήσεως εἰς συνεχὲς μὲ τὴν βοήθειαν καταλλήλων μηχανημάτων, ποὺ θὰ ἔξετάσωμεν εἰς ἴδιαίτερον κεφάλαιον.

“Οταν οἱ μετασχηματισταὶ εἴναι κατεσκευασμένοι διὰ νὰ χρησιμοποιοῦνται εἰς τὴν μετατροπὴν τῆς τάσεως τριφασικοῦ συστήματος, ὀνομάζονται τριφασικοὶ μετασχηματισταί. Κατασκευάζονται ἐπίστης καὶ μονοφασικοὶ μετασχηματισταί, οἱ δόποιοι χρησιμοποιοῦνται εἰς μονοφασικὸν ρεῦμα, ἢ (πρᾶγμα ποὺ εἴναι τὸ ἵδιον) διὰ τὴν μετατροπὴν τῆς τάσεως μιᾶς φάσεως τριφασικοῦ συστήματος.

2.2 Κατασκευή τῶν μετασχηματιστῶν.

1) Γενικά.

Τὸ κύριον μέρος κάθε μετασχηματιστοῦ, τὸ δποῖον ὀνομάζεται καὶ ἐνεργὸν μέρος, ἀποτελεῖται ἀπὸ ἕνα μαγνητικὸν κύκλωμα, ἐπὶ τοῦ δποίου εἶναι περιειγμένα δύο τυλίγματα, τὸ τύλιγμα ὑψηλῆς τάσεως (Y.T.) καὶ τὸ τύλιγμα χαμηλῆς τάσεως (X.T.).

Τὸ μαγνητικὸν κύκλωμα, τὸ δποῖον ὀνομάζεται καὶ πυρὴν τοῦ μετασχηματιστοῦ, κατασκευάζεται ἀπὸ πολλὰ μαγνητικὰ ἔλασματα, ὅπως αὐτὰ ποὺ χρησιμοποιοῦνται εἰς τὴν κατασκευὴν τοῦ πυρῆνος τοῦ ἐπαγωγικοῦ τυμπάνου τῶν ἐναλλακτήρων. Τὸ πάχος τῶν ἔλασμάτων αὐτῶν εἶναι 0,35 ἔως 0,5 mm καὶ φέρουν ἐπιφανειακὴν μόνωσίν ἀπὸ εἰδικὸν βερνίκι πρὸς περιορισμὸν τῶν δινορρευμάτων. Σήμερον κατασκευάζονται μαγνητικὰ ἔλασματα διὰ μετασχηματιστάς, τὰ δποῖα ἔχουν ἔξαιρετικῶς χαμηλὰς ὀλικὰς ἀπωλείας. Τοῦτο ἐπέτρεψε τὴν κατασκευὴν μετασχηματιστῶν μὲ πολὺ καλὸν βαθμὸν ἀποδόσεως.

Τὸ τύλιγμα ὑψηλῆς τάσεως τῶν μετασχηματιστῶν ἀποτελεῖται ἀπὸ πολλὰς σπείρας μονωμένου χαλκίνου ἀγωγοῦ κυκλικῆς διατομῆς. Τὸ τύλιγμα χαμηλῆς τάσεως κατασκευάζεται συνήθως ἀπὸ ἀγωγὸν τετραγωνικῆς ἢ ὁρθογωνικῆς διατομῆς μονωμένον μὲ ταινίαν ἐκ χάρτου ἢ βάμβακος. Τοῦτο ἔχει πάντοτε μικρότερον ἀριθμὸν σπειρῶν ἀπὸ τὸ τύλιγμα Y.T. καὶ μεγαλυτέραν διατομὴν ἀγωγοῦ. Τὰ δύο τυλίγματα εἶναι ἐπιμελῶς μονωμένα μεταξύ των.

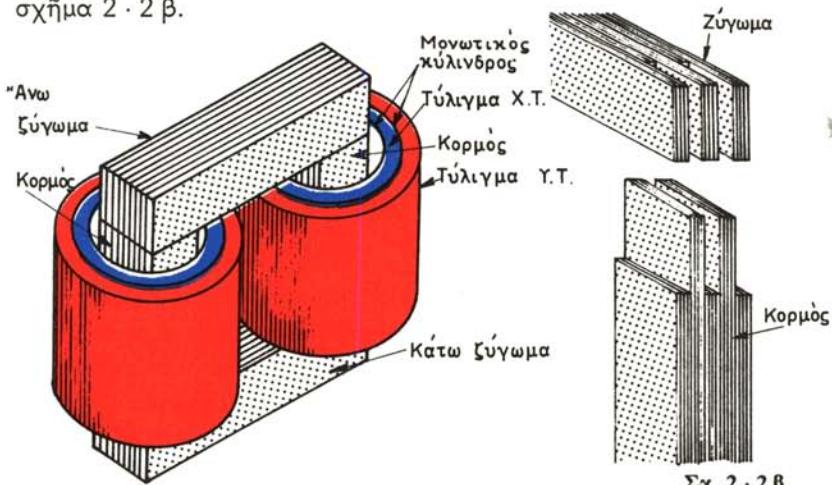
Εἰς τὴν περίπτωσιν μετασχηματιστῶν ὑποβιβασμοῦ τάσεως, τὸ τύλιγμα Y.T. συνδέεται μὲ τὴν πηγὴν τῆς ἡλεκτρικῆς ἐνεργείας, ἐνῷ ἀπὸ τὸ τύλιγμα X.T. τροφοδοτεῖται ἡ κατανάλωσις. Εἰς αὐτὴν τὴν περίπτωσιν τὸ τύλιγμα Y.T. ὀνομάζεται πρωτεῦον τύλιγμα ἢ ἀπλῶς πρωτεῦον, τὸ δὲ τύλιγμα X.T. ὀνομάζεται δευτερεῦον τύλιγμα ἢ δευτερεῦον.¹ Αντιθέτως εἰς τοὺς μετασχηματιστάς ἀνυψώσεως τάσεως πρωτεῦον ὀνομάζομεν τὸ τύλιγμα X.T. καὶ δευτερεῦον τὸ τύλιγμα Y.T.

Εἰς τὰ ἐπόμενα θὰ ἔξετάσωμεν ἀναλυτικῶς τὴν μορφὴν καὶ τὸν τρόπον κατασκευῆς τῶν διαφόρων μερῶν τῶν μετασχηματιστῶν, ἀρχίζοντες ἀπὸ τοὺς μονοφασικοὺς μετασχηματιστάς.

2) *Μονοφασικοὶ μετασχηματισταί.*

Τὸ σχῆμα 2.2 α παριστάνει μικρὸν μονοφασικὸν μετασχηματιστήν. Ο πυρὴν τοῦ μετασχηματιστοῦ κατεσκευασμένος, ὅπως ἀνε-

φέρθη, ἀπὸ μαγνητικὰ ἔλάσματα, ἀποτελεῖται ἀπὸ τοὺς δύο κορμούς, δηλαδὴ τὰ κατακόρυφα μέρη καὶ ἀπὸ τὰ δύο ζυγώματα, δηλαδὴ τὰ ὀριζόντια μέρη. Τὸ ἄνω ζύγωμα ἀποχωρίζεται ἀπὸ τὸν ύπόλοιπον πυρῆνα διὰ νὰ εἰναι δυνατὴ ἡ τοποθέτησις τῶν τυλιγμάτων ἐπὶ τῶν κορμῶν. Εἰς τοὺς μεγάλους μετασχηματιστάς, καὶ τὸ κάτω ζύγωμα ἀποτελεῖ ἴδιαίτερον τμῆμα τοῦ πυρῆνος. Ὁρισμένοι κατασκευασταὶ κάμνουν τὰς ἑνώσεις τοῦ ζυγώματος μετὰ τῶν κορμῶν ὅχι ἐπιπέδους, ὅπως εἰς τὸ σχῆμα $2 \cdot 2\alpha$, ἀλλὰ θηλυκωτάς, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα $2 \cdot 2\beta$.



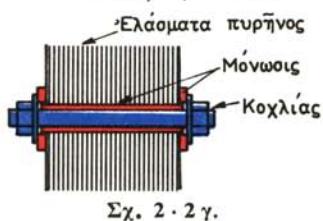
Σχ. 2 · 2 α.

Μονοφασικὸς μετασχηματιστής.

Σχ. 2 · 2 β.

Θηλυκωτὴ σύνδεσις κορμοῦ - ζυγώματος.

Τὰ μαγνητικὰ ἔλάσματα τοῦ πυρῆνος εἰς τοὺς κορμούς συσφίγ-



Σχ. 2 · 2 γ.

γονται μεταξύ των μὲν ἥλους ἡ κοχλίας, οἱ δποῖοι μονώνονται ὡς πρὸς τὸν πυρῆνα, ὅπως δεικνύει τὸ σχῆμα $2 \cdot 2\gamma$, διὰ νὰ μὴ εύρισκουν δίοδον διελεύσεως τὰ δινορρεύματα. Εἰς τοὺς μεγάλους μετασχηματιστάς, ἡ σύσφιγξις εἰς τὰ ζυγώματα γίνεται μὲν σιδηροελάσματα

. σχήματος Σ καὶ κοχλίας (σχ. 2 · 2 η).

Εἰς κάθε κορμὸν τοῦ μετασχηματιστοῦ τοῦ σχήματος $2 \cdot 2\alpha$ ὑπάρχει ἔνα τύλιγμα X.T. διαμορφωμένον ὑπὸ μορφὴν κυλίνδρου καὶ

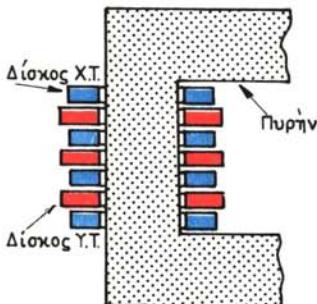
énα τύλιγμα Y.T. ἐπίστης μὲ κυλινδρικὴν μορφὴν. Τὸ τύλιγμα Y.T. περιβάλλει τὸ τύλιγμα X.T., μονώνονται δὲ μεταξύ των καὶ πρὸς τὸν κορμὸν μὲ μονωτικοὺς κυλίνδρους. Τὰ τυλίγματα X.T. τῶν δύο κορμῶν συνδέονται μεταξύ των ἐν σειρᾷ, ὥστε τελικῶς νὰ μένουν ἐλεύθερα δύο ἄκρα τοῦ τυλίγματος X.T. τοῦ μετασχηματιστοῦ. Κατὰ τὸν αὐτὸν τρόπον ἔχομεν δύο ἄκρα τοῦ τυλίγματος Y.T. "Ολα αὐτὰ τὰ ἄκρα συνδέονται εἰς τοὺς ἀκροδέκτας τοῦ μετασχηματιστοῦ.

Τὰ τυλίγματα Y.T. καὶ X.T. ὅταν κατασκευάζωνται κατὰ τὸν τρόπον ποὺ ἀνεφέραμεν, δηλαδὴ τὸ ἔνα ἐντὸς τοῦ ἄλλου, δονομάζονται συγκεντρικὰ ἢ κυλινδρικὰ τυλίγματα.

"Ἄλλος τρόπος κατασκευῆς τῶν τυλίγμάτων εἶναι κατὰ δίσκους, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 2 · 2 δ. Κάθε τύλιγμα ἀποτελεῖται ἀπὸ πολλὰ τμῆματα διαμορφωμένα εἰς δίσκους. Οἱ δίσκοι τοποθετοῦνται εἰς τοὺς κορμοὺς ἐναλλάξ, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα. Τὰ τυλίγματα δὲ τῶν δίσκων X.T. συνδέονται (συνήθως) ἐν σειρᾷ, ὥστε νὰ ἔχωμεν πάλιν δύο ἄκρα τοῦ τυλίγματος X.T. τοῦ μετασχηματιστοῦ. Τὸ αὐτὸ συμβαίνει καὶ μὲ τοὺς δίσκους Y.T.

Οἱ μετασχηματισταὶ, ποὺ ἔχουν τὰ τυλίγματα εἰς τοὺς δύο κορμούς, ὅπως εἰς τὸ σχῆμα 2 · 2 α, δονομάζονται μετασχηματισταὶ τύπου πυρῆνος. "Άλλος τύπος μετασχηματιστῶν εἶναι οἱ μετασχηματισταὶ τύπου μανδύου. Εἰς αὐτοὺς ὁ πυρήνη ἔχει τρεῖς κορμούς, ἐκ τῶν δῆποιών διεστίσιας διατομῆς τῶν ἀκραίων. Εἰς τὸν κορμὸν αὐτὸν τοποθετοῦνται τὰ τυλίγματα, τὰ δῆποια δυνατὸν νὰ είναι διαμορφωμένα εἰς κυλίνδρους ἢ δίσκους, ὅπως δεικνύει τὸ σχῆμα 2 · 2 ε. Οἱ ἀκραῖοι κορμοὶ χρησιμεύουν μόνον διὰ νὰ κλείη τὸ μαγνητικὸν κύκλωμα καὶ συνεπῶς περιβάλλουν τὰ τυλίγματα ὡς μανδύας.

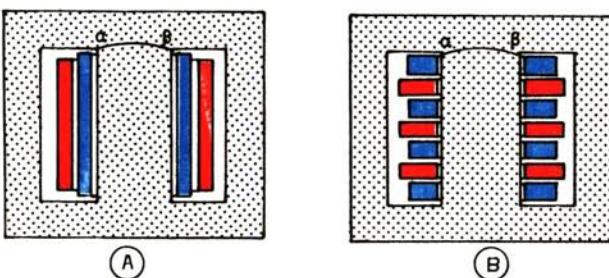
Εἰς τοὺς μικροὺς μονοφασικοὺς μετασχηματιστὰς τύπου μανδύου κάθε μαγνητικὸν ἔλασμα κόπτεται εἰς ἔνα τεμάχιον, ποὺ ἔχει τὴν μορφὴν τοῦ σχήματος 2 · 2 ε. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν διεστίσιας κορμὸς είναι κομμένος εἰς τὸ τμῆμα αβ, ὥστε ἡ τοποθέτησις τῶν τυλίγμάτων εἰς αὐτὸν νὰ γίνεται ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 2 · 2 στ.



Σχ. 2 · 2 δ.
Τύλιγμα κατὰ δίσκους.

3) Τριφασικοὶ μετασχηματισταὶ.

Τὸ ἐνεργὸν μέρος τῶν τριφασικῶν μετασχηματιστῶν ἀποτελεῖ-



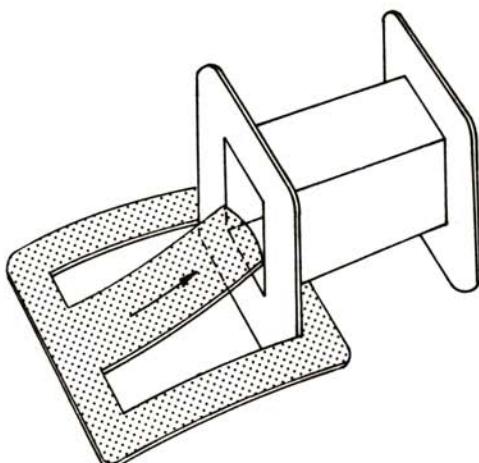
Σχ. 2 · 2 ε.

Μονοφασικοὶ μετασχηματισταὶ τύπου μανδύου: A) Μὲ κυλινδρικὰ τυλίγματα.
B) Μὲ τυλίγματα κατὰ δίσκους.

ται, ὅπως καὶ εἰς τοὺς μονοφασικούς, ἀπὸ τὸν πυρῆνα καὶ τὰ τυλί-

γματα. Τὸ σχῆμα 2 · 2 ζ δεικνύει τὴν μορφὴν τοῦ πυρῆνος ἐνὸς τριφασικοῦ μετα-
σχηματιστοῦ τύπου πυρῆ-
νος (τριφασικοὶ μετασχη-
ματισταὶ τύπου μανδύου σπανίως κατασκευάζονται). “Οπως παρατηροῦμεν, ὁ
πυρήνης ἔχει τώρα τρεῖς ὅμοί-
ους κορμούς. Πρὸ τῆς θέσεως
τοῦ ἄνω ζυγώματος τοπο-
θετοῦνται ἐπὶ τῶν κορμῶν
τὰ τυλίγματα X.T. καὶ Y.T.
“Οπως καὶ εἰς τοὺς μονοφα-
σικούς μετασχηματιστὰς εἰς
κάθε κορμὸν ἔχομεν ἓνα τύ-

λιγμα X.T. καὶ ἓνα τύλιγμα Y.T. Ἐτσι ἔχομεν συνολικῶς τρία τυλί-
γματα, τὰς τρεῖς φάσεις τῆς X.T. καὶ τρία τυλίγματα, τὰς τρεῖς φά-
σεις τῆς Y.T. Δηλαδὴ ἔχομεν ἑξ ἄκρα ἀπὸ τὰ τυλίγματα X.T. καὶ ἑξ
ἄκρα ἀπὸ τὰ τυλίγματα Y.T. Ἡ σύνδεσις τῶν ἄκρων αὐτῶν μεταξύ



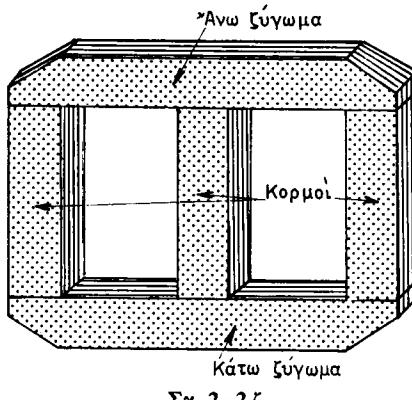
Σχ. 2 · 2 στ.

των καὶ πρὸς τοὺς ἀκροδέκτας τοῦ μετασχηματιστοῦ θὰ ἔξηγηθῇ εἰς ἄλλην παράγραφον.

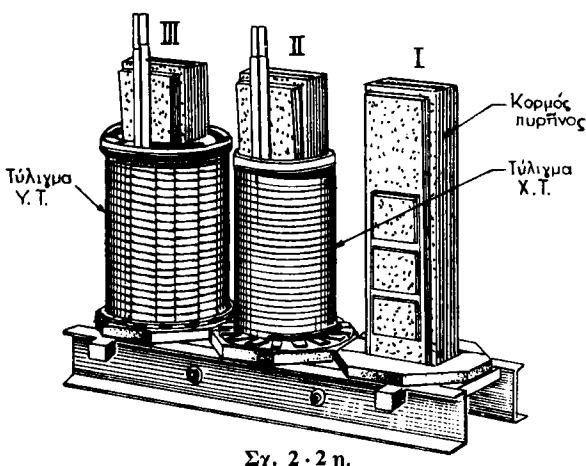
Εἰς τὸ σχῆμα $2 \cdot 2 \eta$, εἰς τὸν κορμὸν I δὲν ἔχει τοποθετηθῆ ἀκόμη κανένα τύλιγμα. Εἰς τὸν κορμὸν II ἔχει τοποθετηθῆ μόνον τὸ τύλιγμα X.T. Εἰς τὸν κορμὸν III ἔχουν τοποθετηθῆ καὶ τὰ δύο τυλίγματα. Εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ σχήματος πρόκειται διὰ τυλίγματα συγκεντρικά.

Ἐφ' ὅσον ὁ μετασχηματιστής προορίζεται διὰ δίκτυα ὑψηλῆς τάσεως (π.χ. 15 000 V), τὸ τύλιγμα Y.T. κάθε φάσεως δὲν κατασκευάζεται σὰν κύλινδρος, ὅπως π.χ. εἰς τὸ σχῆμα $2 \cdot 2 \alpha$, ἔστω καὶ ἄν πρόκειται διὰ συγκεντρικὸν τύλιγμα. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν τὸ τύλιγμα Y.T.

κάθε φάσεως κατασκευάζεται ἀπὸ πολλὰ ἀνεξάρτητα πηνία (γαλέτ-



Πυρήν τριφασικοῦ μετασχηματιστοῦ.

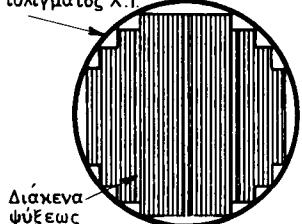


τες), ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα $2 \cdot 2 \eta$, τὰ ὅποια τοποθετοῦται τὸ ἓνα πλησίον τοῦ ἄλλου καὶ συνδέονται ἐν σειρᾷ. Κατ' αὐτὸν τὸν τρό-

πον ἐπιτυγχάνομεν νὰ μὴ ἔχωμεν μεγάλην τάσιν μεταξὺ τῶν σπειρῶν, ποὺ εύρισκονται εἰς τὰς διαδοχικὰς στρώσεις τοῦ τυλίγματος.

Πρέπει νὰ ἀναφέρωμεν ἐπίσης ὅτι διὰ τὴν καλυτέραν ἐκμετάλ-

Μονωτικὸς κύλινδρος
τυλίγματος Χ.Τ.



Διατομὴ ἐνὸς κορμοῦ πυρῆνος.

λευσιν τοῦ χώρου, ποὺ ἀφήνει ὁ ἐσωτερικὸς κύλινδρος τοῦ τυλίγματος Χ.Τ., εἰς τοὺς μεγάλους μετασχηματιστὰς οἱ κορμοὶ δὲν ἔχουν συνήθως τετραγωνικὴν διατομὴν, ὅπως εἰς τὸ σχῆμα $2 \cdot 2\alpha$, ἀλλὰ μεταβλητήν. Τοῦτο ἐπιτυγχάνεται διὰ τῆς κοπῆς τῶν μαγνητικῶν ἐλασμάτων μὲν ἀνισα πλάτη, ὡστε νὰ σχηματίζουν διατομὴν κορμοῦ, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα $2 \cdot 2\theta$. Μεταξὺ τῶν ἐλασμάτων ἀφήνονται μερικὰ διάκενα ψύξεως διὰ τὴν κυκλοφορίαν τοῦ ἀέρος ἢ τοῦ ἑλαίου.

4) Μονώσεις καὶ ἀκροδέκται.

Τὰ τυλίγματα τῶν μετασχηματιστῶν, μετὰ τὴν τοποθέτησίν των ἐπὶ τῶν πυρῆνων, διαποτίζονται μὲ βερνίκι καὶ ἐν συνεχείᾳ ἡραίνονται εἰς εἰδικοὺς κλιβάνους. Κατ’ αὐτὸν τὸν τρόπον ὅχι μόνον ἐπιτυγχάνεται καλυτέρα μόνωσις τῶν τυλιγμάτων, ἀλλὰ ἐπίσης ἀποκτοῦν καὶ μεγαλυτέραν δυσκαμψίαν, ἢ ὅποια ἐλαττώνει τὰς δονήσεις τῶν ἀγωγῶν κατὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ μετασχηματιστοῦ.

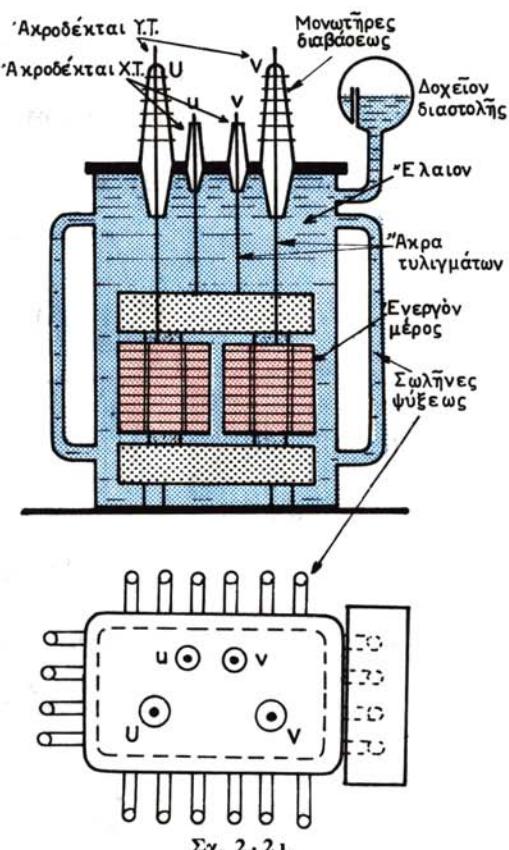
Ἡ μόνωσις τῶν μεταξὺ τῶν τυλιγμάτων συνδέσεων, καθὼς καὶ τῶν ἀκροδεκτῶν δὲν παρουσιάζει δυσκολίας εἰς τὴν πλευρὰν τῆς χαμηλῆς τάσεως. Τὰς συνδέσεις τῶν τυλιγμάτων ύψηλῆς τάσεως τὰς τοποθετοῦμεν μέσα εἰς μονωτικοὺς κυλίνδρους (π.χ. ἀπὸ βακελίτην). Τὰ ἄκρα τῶν τυλιγμάτων αὐτῶν στηρίζονται ἐπὶ μονωτήρων ἐκ πορσελάνης καὶ ἀποτελοῦν τοὺς ἀκροδέκτας Υ.Τ. τοῦ μετασχηματιστοῦ.

“Οταν ὁ μετασχηματιστής είναι κατεσκευασμένος διὰ χαμηλᾶς τάσεις, τότε συνήθως τὸ ἐνεργόν του μέρος είναι ἐκτεθειμένον εἰς τὸν ἀέρα τοῦ περιβάλλοντος. Οἱ μετασχηματισταὶ αὐτοὶ ὀνομάζονται ζηροὶ μετασχηματισταὶ.” “Οταν ὅμως είναι κατεσκευασμένος διὰ δίκτυα ύψηλῆς τάσεως, τὸ ἐνεργόν μέρος τοῦ μετασχηματιστοῦ είναι τοποθετημένον ἐντὸς λέβητος πλήρους εἰδικοῦ μονωτικοῦ ὄρυκτελαίου, τελείως

ἀπηλλαγμένου ύγρασίας. Οἱ μετασχηματισταὶ αὐτοὶ ὀνομάζονται μετασχηματισταὶ ἔλαιον. "Οπως βλέπομεν εἰς τὸ σχῆμα 2 · 2 i, ποὺ δεικνύει παραστατικῶς ἐν τομῇ μετασχηματιστὴν αὐτοῦ τοῦ εἴδους, οἱ μονωτῆρες διαβάσεως, ποὺ ἀποτελοῦν καὶ τοὺς ἀκροδέκτας τῶν τυλιγμάτων τοῦ μετασχηματιστοῦ, εἶναι στερεωμένοι ἐπὶ τοῦ καλύμματος τοῦ λέβητος. Τὸ ὑπὸ τὸ κάλυμμα μέρος τῶν μονωτῶν εἶναι βυθισμένον ἐντὸς τοῦ ἔλαιου, ἐνῶ τὸ ἔκτὸς τοῦ καλύμματος μέρος εἶναι διαμορφωμένον κατὰ τρόπον, ὡστε νὰ μὴ προκαλοῦνται ὑπερπηδήσεις, λόγῳ τῆς ὑψηλῆς τάσεως.

Εἰς ὥρισμένους μετασχηματιστάς, ὅπως αὐτὸς τοῦ σχήματος 2 · 2 i, ὁ λέβητς ἐπικοινωνεῖ μὲ δοχεῖον διαστολῆς, τὸ δόποιον εἶναι ἔως τὸ μέσον πλῆρες ἔλαιου καὶ ἐπικοινωνεῖ μὲ τὸν ἀτμοσφαιρικὸν ἀέρα, ὡστε νὰ εἶναι δυνατὸν τὸ ἔλαιον τοῦ μετασχηματιστοῦ νὰ διαστέλλεται ἐλευθέρως, ὅταν αὐξάνεται ἡ θερμοκρασία του. Ταυτοχρόνως τὸ ἔλαιον ἐντὸς τοῦ δοχείου διαστολῆς ἔχει χαμηλοτέραν θερμοκρασίαν καὶ δὲν ὑφίσταται ἀλλοιώσεις ἀπὸ τὸν ἀτμοσφαιρικὸν ἀέρα, μὲ τὸν δόποιον εὑρίσκεται εἰς ἐπαφήν.

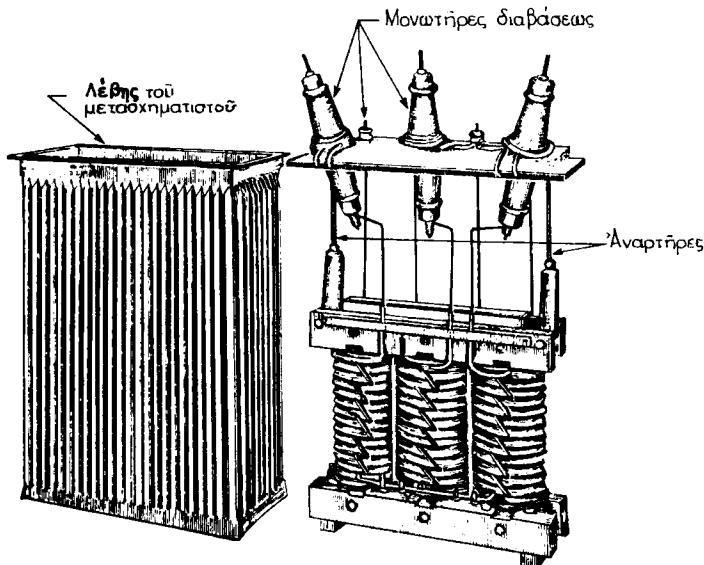
Μὲ τὸ δοχεῖον διαστολῆς ἐπιτυγχάνεται νὰ εἶναι πάντοτε πλή-



Σχ. 2 · 2 i.
Μονοφασικὸς μετασχηματιστὴς ἔλαιου.

ρης ἐλαίου ὁ λέβης τοῦ μετασχηματιστοῦ. "Ετσι δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ σχηματισθοῦν ὑπὸ τὸ κάλυμμα τοῦ λέβητος φυσαλίδες ἀπὸ ἀέρια ἐλαίου καὶ ἀέρος, αἱ ὅποιαι εἶναι δυνατὸν νὰ προκαλέσουν ἔκρηξιν, ὅταν δημιουργηθῇ κάποιος σπινθήρ.

Εἰς ἄλλους μετασχηματιστάς, οἱ ὅποιοι δὲν ἔχουν δοχεῖον διαστολῆς, ὁ λέβης εἶναι ἀεροστεγῶς κλεισμένος καὶ εἰς τὸ ἄνω μέρος του ὑπάρχει στρῶμα ἀζώτου, τὸ ὅποιον ἐπιτρέπει τὴν διαστολὴν τοῦ ἐλαίου. Μὲ τὴν χρησιμοποίησιν τοῦ ἀζώτου τὸ θερμὸν ἔλαιον τοῦ μετασχηματιστοῦ δὲν ἔρχεται εἰς ἐπαφὴν μὲ διτμοσφαιρικὸν ἀέρα καὶ διατηρεῖται εἰς καλὴν κατάστασιν ἐπὶ μεγάλα χρονικὰ διαστήματα.



Σχ. 2 · 2 ια.
Τριφασικὸς μετασχηματιστὴς ἐλαίου.

Εἰς τοὺς μετασχηματιστὰς ἐλαίου τὸ ἐνεργὸν μέρος τοῦ μετασχηματιστοῦ εἴτε στηρίζεται ἐπὶ τοῦ πυθμένος τοῦ λέβητος, ὅπως εἰς τὸν μετασχηματιστὴν τοῦ σχήματος 2 · 2 ι, εἴτε ἀναρτᾶται ἀπὸ τὸ κάλυμμα τοῦ λέβητος μὲ δύο ἀναρτῆρας, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 2 · 2 ια. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτήν, ἐὰν χρειασθῇ νὰ ἀποσυναρμολογήσωμεν τὸν μετασχηματιστήν, θὰ πρέπει νὰ ἔχωμεν ὑπ’ ὅψει μας ὅτι μὲ τὸ κάλυμμα θὰ ἀνυψώσωμεν καὶ τὸ ἐνεργὸν μέρος.

2.3 Ψύξις τῶν μετασχηματιστῶν.

"Αν καὶ οἱ μετασχηματισταὶ συγκαταλέγονται μεταξὺ τῶν ἡλεκτρικῶν μηχανῶν, ποὺ ἔχουν τοὺς καλυτέρους βαθμοὺς ἀπόδοσεως, ὅμως κατὰ τὴν λειτουργίαν τῶν θερμαίνονται καὶ αὐτοὶ, ὥπως κάθε ἡλεκτρικὴ μηχανή, ἀπὸ τὴν θερμότητα ποὺ παράγεται λόγῳ τῶν μαγνητικῶν καὶ ἡλεκτρικῶν ἀπωλειῶν, τὰς ὅποιας θὰ ἔξετάσωμεν εἰς ἄλλην παράγραφον.

Κατὰ τὴν κατασκευὴν τῶν μετασχηματιστῶν λαμβάνονται κατάλληλα μέτρα, ὥστε νὰ διευκολύνεται ἡ μετάδοσις τῆς θερμότητος τῶν ἀπωλειῶν εἰς τὸν περιβάλλοντα χώρον. Δηλαδὴ λαμβάνονται μέτρα διὰ τὴν ψύξιν τῶν μετασχηματιστῶν, ὥστε ἡ θερμοκρασία τῶν κατὰ τὴν λειτουργίαν νὰ μὴ ἀνέρχεται εἰς ὅρια ἐπικίνδυνα διὰ τὰς μονώσεις. Πρέπει νὰ σημειωθῇ πάντως ὅτι τὰ ὅρια αὐτὰ ἔχουν σημαντικῶς αὔξηθη κατὰ τὰ τελευταῖα ἔτη χάρις εἰς τὴν χρησιμοποίησιν νέων μονωτικῶν ὑλικῶν.

'Αναλόγως πρὸς τὸν τρόπον ψύξεως τοὺς μετασχηματιστὰς τοὺς διακρίνομεν εἰς:

α) Ξηροὺς μὲ φυσικὴν ψύξιν.

Εἰς τοὺς μετασχηματιστὰς αὐτοὺς ἡ ἔξωτερικὴ ἐπιφάνεια τοῦ ἐνεργοῦ μέρους (ἐπιφάνεια ψύξεως), διὰ τῆς ὅποιας ἔρχονται εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸν ἀέρα τοῦ περιβάλλοντος, είναι ἀρκετὴ διὰ τὴν ἔξασφάλισιν ἰκανοποιητικῆς ψύξεως.

'Ο τρόπος αὐτὸς είναι ὁ πλέον οἰκονομικός, δὲν δύναται ὅμως νὰ ἐφαρμοσθῇ παρὰ μόνον εἰς μετασχηματιστὰς μικρᾶς ἴσχύος (τὸ πολὺ μέχρι 25 kVA). "Οταν ἡ ἴσχυς τοῦ μετασχηματιστοῦ είναι μεγαλυτέρα, τότε ἡ ἔξωτερικὴ του ἐπιφάνεια δὲν ἐπαρκεῖ διὰ τὴν ἔξασφάλισιν τῆς ψύξεως, ἔστω καὶ ἂν ἐλαττώσωμεν τὴν μαγνητικὴν ἐπαγωγὴν εἰς τὸν πυρῆνα τοῦ μετασχηματιστοῦ καὶ τὴν πυκνότητα τοῦ ρεύματος εἰς τοὺς ἀγωγούς, δηλαδὴ ἔστω καὶ ἂν αὔξησωμεν τὰς διαστάσεις του, μὲ ἀποτέλεσμα ὁ μετασχηματιστὴς νὰ γίνη πολὺ ἀκριβός.

β) Ξηροὺς μὲ βεβιασμένην κυκλοφορίαν ἀέρος ψύξεως.

Εἰς αὐτοὺς ἔνας ἀνεμιστὴρ ἐπιταχύνει τὴν μετάδοσιν τῆς θερμότητος τῶν ἀπωλειῶν ἀπὸ τὸν μετασχηματιστὴν εἰς τὸν περιβάλλοντα ἀέρα. 'Ο μετασχηματιστὴς φέρει τότε διόδους (κανάλια) διὰ τὴν κυκλοφορίαν τοῦ ἀέρος εἰς τὸν πυρῆνα καὶ τὰ τυλίγματα καὶ είναι κλει-

σμένος μέσα είς μεταλλικὸν περίβλημα. Εἰς τοὺς μετασχηματιστὰς αὐτούς ἐπιβάλλεται ἡ λῆψις μέτρων προστασίας, ὥστε νὰ τίθενται ἑκτὸς λειτουργίας, ἀν δὶ' οἰονδήποτε λόγον σταματήσῃ νὰ λειτουργῇ ὁ ἀνεμιστήρ, ποὺ κυκλοφορεῖ τὸν ἀέρα ψύξεως.

γ) Ἐλαίου μὲ φυσικὴν κυκλοφορίαν τοῦ ἔλαιου.

Εἰς τοὺς μετασχηματιστὰς ἔλαιου, τὸ ἔλαιον, ποὺ εύρισκεται εἰς ἐπαφὴν μὲ τὰ τυλίγματα καὶ τὸν πυρῆνα τοῦ μετασχηματιστοῦ, θερμαίνεται ἀπὸ τὴν θερμότητα τῶν ἀπωλειῶν, γίνεται ἀραιότερον καὶ ἀνέρχεται. Τὸ ἔλαιον, τὸ ὅποιον εύρισκεται εἰς ἐπαφὴν μὲ τὰ τοιχώματα τοῦ λέβητος καὶ ποὺ ἔχει μεταδώσει εἰς αὐτὰ μέρος τῆς θερμότητός του, ἔχει μεγαλυτέραν πυκνότητα καὶ συνεπῶς κατέρχεται καὶ παίρνει τὴν θέσιν τοῦ θερμοῦ ἔλαιου. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον σχηματίζεται ρεῦμα ἔλαιου, τὸ ὅποιον παραλαμβάνει τὴν θερμότητα τῶν ἀπωλειῶν ἀπὸ τὸ ἐνεργὸν μέρος τοῦ μετασχηματιστοῦ καὶ τὴν μεταφέρει εἰς τὰ τοιχώματα τοῦ λέβητος, ὅπότε ἀπὸ ἐκεῖ μεταδίδεται εἰς τὸν περιβάλλοντα ἀτμοσφαιρικὸν ἀέρα.

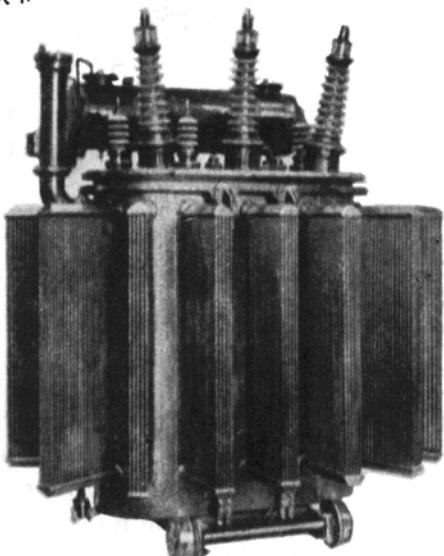
Διὰ νὰ αὐξηθῇ ἡ ταχύτης μεταδόσεως τῆς θερμότητος πρὸς τὸν ἀτμοσφαιρικὸν ἀέρα τῶν μετασχηματιστῶν ἔλαιου, ἰσχύος μεγαλύτερας τῶν 25 kVA περίπου, οἱ κατασκευασταὶ τοποθετοῦν εἰς τὰ πλευρὰ τοῦ λέβητος σωλῆνας (σχ. 2 · 2 1), πτερύγια (σχ. 2 · 2 1α) ἢ σώματα ψύξεως παρόμοια μὲ τὰ σώματα τῶν κεντρικῶν θερμάνσεων (σχ. 2 · 3), τὰ ὅποια ἐπικοινωνοῦν μὲ τὸ ἄνω καὶ κάτω μέρος τῶν πλευρῶν τοῦ λέβητος. Μὲ τὸν τρόπον αὐτὸν αὐξάνεται σημαντικῶς ἡ ἐπιφάνεια ἐπαφῆς τοῦ ἔλαιου μὲ τὰ τοιχώματα τοῦ λέβητος, καὶ τῶν τοιχωμάτων μὲ τὸν ἀτμοσφαιρικὸν ἀέρα. Οἱ ἀνωτέρω τρόποι ἐφαρμόζονται συνήθως εἰς τοὺς μετασχηματιστὰς μετρίας ἰσχύος (15 ἔως 1000 kVA).

Διὰ νὰ αὐξηθῇ ἀκόμη περισσότερον ἡ ταχύτης ψύξεως εἰς τοὺς μεγάλους μετασχηματιστὰς (π.χ. ἰσχύος 10 000 kVA) χρησιμοποιοῦνται ἀνεμιστῆρες, οἱ ὅποιοι θέτουν εἰς κίνησιν τὸν ἀέρα, ποὺ περιβάλλει τὰς σωληνώσεις ἢ τὰ σώματα ψύξεως. Οἱ ἀνεμιστῆρες αὐτοὶ τίθενται εἰς λειτουργίαν, ὅταν τὸ φορτίον τοῦ μετασχηματιστοῦ ὑπερβῇ ἔνα ὄριον, π.χ. τὸ ἥμισυ τοῦ κανονικοῦ φορτίου.

δ) Ἐλαίου μὲ ψῦξιν διὰ βεβιασμένης κυκλοφορίας τοῦ ἔλαιου.

Εἰς αὐτὴν τὴν μέθοδον ψύξεως, ποὺ ἐφαρμόζεται εἰς μετασχημα-

τιστάς μεγάλης ίσχύος (π.χ. 50 000 kVA), τὸ ἔλαιον δδηγεῖται μὲ τὴν βοήθειαν ἀντλίας καὶ σωληνώσεων ἀπὸ τὸ ἄνω μέρος τοῦ μετασχηματιστοῦ εἰς ἴδιαίτερον ψυγεῖον εύρισκόμενον ἐκτὸς αὐτοῦ. Εἰς τὸ ψυγεῖον τὸ ἔλαιον ψύχεται εἴτε διὰ τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος μὲ τὴν βοήθειαν ἀνεμιστήρων, εἴτε διὰ κυκλοφοροῦντος ψυχροῦ ὕδατος. Μετὰ τὴν ἀποβολὴν τῆς θερμότητός του τὸ ἔλαιον ἐπανέρχεται εἰς τὸ κάτω μέρος τοῦ μετασχηματιστοῦ.



Σχ. 2·3.

Μετασχηματιστής ἔλαιου μὲ σώματα ψύξεως.

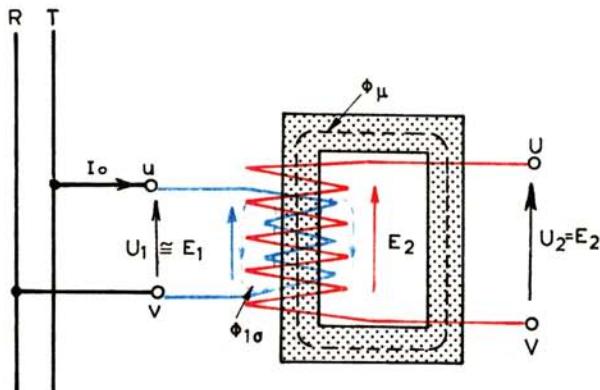
2·4 Η άρχη τῆς λειτουργίας τῶν μετασχηματιστῶν.

1) Μονοφασικοὶ μετασχηματισταὶ.

Τὸ σχῆμα 2·4 α παριστάνει μονοφασικὸν μετασχηματιστήν, εἰς τὸν δόποιον χάριν ἀπλότητος δεχόμεθα ὅτι ὑπάρχουν τυλίγματα μόνον εἰς τὸν ἔνα κορμὸν τοῦ πυρῆνος. Τὸ πρωτεῦον τύλιγμα (X.T. εἰς τὸ σχῆμα) τροφοδοτεῖται ἀπὸ δίκτυον μὲ ἐναλλασσομένην τάσιν ἐνδεικνυμένης τιμῆς U_1 . Τὸ δευτερεῦον τύλιγμα (Y.T. εἰς τὸ σχῆμα) είναι ἀνοικτόν, δηλαδὴ δὲν ἔχει συνδεθῆ καταναλωτής εἰς αὐτό.

Λόγω τῆς τάσεως U_1 θὰ κυκλοφορήσῃ εἰς τὸ πρωτεῦον τύλιγμα ἐναλλασσομένη ἔντασις I_0 . Ἀποτέλεσμα τῆς ἐντάσεως αὐτῆς είναι,

κατά τὰ γνωστὰ ἀπὸ τὴν Ἡλεκτροτεχνίαν, νὰ ἀναπτυχθῇ ἐντὸς τοῦ πυρῆνος τοῦ μετασχηματιστοῦ μαγνητικὴ ροή, ἢ ὅποια κλείει κύκλωμα, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα. Είναι δυνατὸν νὰ δεχθῶμεν, ὅτι ἡ μαγνητικὴ ἀντίστασις τοῦ κυκλώματος αὐτοῦ εἶναι σταθερά. Τοῦτο



Σχ. 2 · 4 α.

Ἐν κενῷ λειτουργία μετασχηματιστοῦ.

πλησιάζει πρὸς τὴν πραγματικότητα, ὅταν ἡ τιμὴ τῆς μεγίστης μαγνητικῆς ἐπαγωγῆς εἰς τὸν πυρῆνα δὲν εἶναι πολὺ μεγάλη. Τότε ἡ ἀναπτυσσομένη μαγνητικὴ ροή ἀπὸ τὴν ἐναλλασσομένην ἔντασιν I₀ θὰ εἶναι καὶ αὐτὴ ἐναλλασσομένη, δηλαδὴ ἡ μεταβολή τῆς συναρτήσει τοῦ χρόνου θὰ παρίσταται ἀπὸ μίαν ἡμιτονοειδῆ καμπύλην. Ἡ συχνότης f τῆς ἐναλλασσομένης αὐτῆς μαγνητικῆς ροῆς θὰ εἶναι ἡ ἴδια μὲ τὴν συχνότητα τῆς I₀, δηλαδὴ μὲ τὴν συχνότητα τοῦ δικτύου τροφοδοτήσεως.

Μέσα ἀπὸ τὸ δευτερεύον τύλιγμα περνᾶ συνεπῶς μία ἐναλλασσομένη, δηλαδὴ μεταβαλλομένη μὲ τὸν χρόνον μαγνητικὴ ροή. Γνωρίζομεν, ὅτι ἐντὸς αὐτοῦ θὰ ἀναπτυχθῇ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἐξ ἐπαγωγῆς, ποὺ εἶναι καὶ αὐτὴ ἐναλλασσομένη τῆς αὐτῆς συχνότητος f. Ἡ ἐνδεικνυμένη τιμὴ τῆς δίδεται ἀπὸ τὴν σχέσιν:

$$E_2 = 4,44 \cdot f \cdot w_2 \cdot \Phi_{\mu} \quad \text{εἰς βόλτ (V)}$$

ὅπου: f εἶναι ἡ συχνότης εἰς Hz, w₂ ὁ ἀριθμὸς σπειρῶν τοῦ δευτερεύοντος τυλίγματος καὶ Φ_μ ἡ μεγίστη τιμὴ τῆς ἡμιτονοειδῶς μεταβαλλομένης μαγνητικῆς ροῆς εἰς Wb.

Συνεπῶς τὸ δευτερεῦον τύλιγμα λειτουργεῖ ὡς μονοφασική γεννήτρια ἡλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως E_2 , ἀπὸ τὴν ὅποιαν δυνάμεθα νὰ τροφοδοτήσωμεν μονοφασικὸν καταναλωτὴν, συνδέοντες τὰ ἄκρα του εἰς τοὺς ἀκροδέκτας U καὶ V.

“Οπως παρατηροῦμεν, ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις E_2 εἶναι ἀνάλογος τοῦ ἀριθμοῦ τῶν σπειρῶν w_2 τοῦ δευτερεύοντος. Ἀρα εἴναι δυνατὸν νὰ γίνη ὅσον θέλομεν μεγάλη, ἀρκεῖ νὰ τοποθετηθῇ ὁ κατάλληλος ἀριθμὸς σπειρῶν (καὶ μονώσεις, ποὺ νὰ ἀντέχουν εἰς τὴν τάσιν ποὺ θὰ προκύψῃ).

Ἡ μαγνητικὴ ροὴ Φ_μ ὑπολογίζεται ἀπὸ τὴν μεγίστην τιμὴν B_μ τῆς μαγνητικῆς ἐπαγωγῆς, τὴν ὅποιαν θέλομεν νὰ ἔχωμεν εἰς τὸν κορμὸν τοῦ πυρῆνος, ἐπὶ τὴν πραγματικὴν διατομὴν (διατομὴν σιδήρου) τοῦ κορμοῦ:

$$\Phi_\mu = s \cdot B_\mu \quad \text{εἰς βέμπερ (Wb)}$$

ὅπου: s εἶναι ἡ πραγματικὴ διατομὴ τοῦ πυρῆνος εἰς m^2 καὶ B_μ ἡ μεγίστη τιμὴ τῆς μαγνητικῆς ἐπαγωγῆς εἰς T.

Εἰς τοὺς μετασχηματιστὰς μεγάλης ἴσχυός ἡ διατομὴ τοῦ κορμοῦ τοῦ πυρῆνος εἶναι μεγάλη. Συνεπῶς καὶ ἡ μαγνητικὴ ροὴ εἴναι μεγάλη, δεδομένου ὅτι τὸ B_μ ἐκλέγεται συνήθως μέσα εἰς ὠρισμένα ὅρια. Ἀρα δι’ ὀρισμένην τάσιν δευτερεύοντος E_2 , ὁ μεγάλος μετασχηματιστής θὰ ἔχῃ μικρότερον ἀριθμὸν σπειρῶν w_2 ἀπὸ τὸν μικρὸν μετασχηματιστήν.

Παράδειγμα.

Μετασχηματιστής ἔχει διατομὴν κορμοῦ $10\text{ cm} \times 10\text{ cm}$. Εὰν ἡ μεγίστη μαγνητικὴ ἐπαγωγὴ εἴναι $B_\mu = 1\text{ T}$ καὶ ἡ συχνότης τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος, ποὺ τροφοδοτεῖ τὸ πρωτεῦον $f = 50\text{ Hz}$:

α) Ποία ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις ἀναπτύσσεται εἰς τὸ δευτερεῦον, ὅταν τοῦτο ἔχῃ $w_2 = 200$ σπείρας; β) Ποῖος πρέπει νὰ εἴναι ὁ ἀριθμὸς τῶν σπειρῶν w_2 τοῦ δευτερεύοντος διὰ νὰ δίδῃ τὴν ἰδίαν ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν, ὅταν ἡ διατομὴ τοῦ κορμοῦ εἴναι διαστάσεων $15\text{ cm} \times 15\text{ cm}$;

Λύσις:

α) ‘Η διατομὴ τοῦ κορμοῦ εἴναι:

$$s' = 0,1 \times 0,1 = 0,01\text{ m}^2$$

Διὰ τὴν εὔρεσιν τῆς πραγματικῆς διατομῆς τοῦ πυρῆνος εἰς τὸν κορμόν, λόγω τῶν ἐπιφανειακῶν μονώσεων τῶν ἔλασμάτων, λαμβάνομεν συνήθως τὰ 9/10 τῆς s' . Δηλαδὴ εἶναι:

$$s = 0,9 \cdot s' = 0,9 \times 0,01 = 0,009 \text{ m}^2$$

$$\text{ἄρα } \Phi_{\mu} = s \cdot B_{\mu} = 0,009 \times 1 = 0,009 \text{ Wb}$$

$$\text{καὶ } E_2 = 4,44 \cdot f \cdot w_z \cdot \Phi_{\mu} = 4,44 \times 50 \times 200 \times 0,009 = 399 \text{ V}$$

$$\beta) \text{ Τώρα εἴναι: } s = 0,9 \cdot s' = 0,9 \times 0,015 \times 0,015 = 0,02 \text{ m}^2$$

$$\text{ἄρα } \Phi_{\mu} = s \cdot B_{\mu} = 0,02 \times 1 = 0,02 \text{ Wb} \quad \text{καὶ}$$

$$w_2 = \frac{E_2}{4,44 \cdot f \cdot \Phi_{\mu}} = \frac{399}{4,44 \times 50 \times 0,02} \simeq 90 \text{ σπεῖραι.}$$

Καθ' ὅμοιον τρόπον, ως ἔξηγήθη διὰ τὸ δευτερεῦον τύλιγμα, δημιουργεῖται καὶ εἰς τὸ πρωτεύον ἡλεκτρεγερτική δύναμις ἐξ ἐπαγγηλίης, ἡ ὅποια ὅμως δρᾶ ώς ἀντιληκτρεγερτική δύναμις πρὸς τὴν τάσιν U_1 . Ἡ ἐνδεικνυμένη τιμὴ τῆς δίδεται ὑπὸ τῆς σχέσεως:

$$E_1 = 4,44 \cdot f \cdot w_1 \cdot \Phi_{\mu}$$

ὅπου: w_1 εἴναι ὁ ἀριθμὸς σπειρῶν τοῦ πρωτεύοντος τυλίγματος.

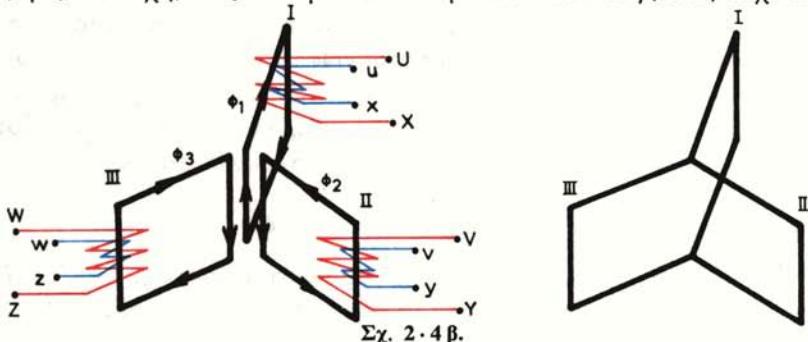
Ἡ μαγνητικὴ ροὴ Φ_{μ} (σχ. 2 · 4 α) εἴναι ἡ χρήσιμος μαγνητικὴ ροὴ τοῦ μετασχηματιστοῦ, διότι συντελεῖ εἰς τὴν δημιουργίαν τῶν ἡλεκτρεγερτικῶν δυνάμεων. Ἡ ἔντασις I_0 ὅμως διερχομένη διὰ τοῦ πρωτεύοντος τυλίγματος δημιουργεῖ καὶ μίαν πρωτεύουσαν ροὴν σκεδάσεως, ἡ ὅποια δὲν διέρχεται διὰ τοῦ πυρῆνος, ἀλλὰ κλείει κύκλωμα διὰ τοῦ ἀέρος (Φ_1 εἴς τὸ σχῆμα 2 · 4 α). Ἀν καὶ ἡ ροὴ αὐτὴ εἴναι μικρὸν προσοστὸν τῆς χρησίμου μαγνητικῆς ροῆς (κάτω τοῦ 0,5 %), ἔχει ἴδιαιτέρων σημασίαν εἰς τὴν λειτουργίαν τοῦ μετασχηματιστοῦ, διότι δημιουργεῖ αὐτεπαγγικήν πτῶσιν τάσεως.

2) Τριφασικοὶ μετασχηματισταί.

Τρεῖς ὅμοιοι μονοφασικοὶ μετασχηματισταί εἴναι δυνατὸν νὰ χρησιμοποιηθοῦν εἰς τριφασικὸν σύστημα διὰ τὴν μετατροπὴν τῆς τάσεως. Ἡ λύσις αὐτὴ χρησιμοποιεῖται διὰ μεγάλας ἵσχυς καὶ πολὺ ὑψηλάς τάσεις. Εἰς ὅλας τὰς ἄλλας περιπτώσεις χρησιμοποιοῦνται οἱ τριφασικοὶ μετασχηματισταί, ποὺ περιεγράψαμεν εἰς τὴν παράγραφον 2 · 2, ἐδάφιον 3.

Διὰ νὰ ἀντιληφθῶμεν τὴν ἀρχὴν λειτουργίας τῶν τριφασικῶν

μετασχηματιστών, ጋς φαντασθῶμεν τρεῖς μονοφασικούς μετασχηματιστὰς μὲ τυλίγματα μόνον εἰς τὸν ἕνα κορμόν. Οἱ μετασχηματισταὶ ἔχουν τοποθετηθῆ ἀστεροειδῶς οὔτως, ὥστε οἱ κορμοί, οἱ ὅποιοι δὲν ἔχουν τυλίγματα, νὰ εἶναι ἐνωμένοι, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ ἀριστερὸν μέρος τοῦ σχήματος 2 · 4 β. Ἀν τὰ πρωτεύοντα τυλίγματα, π.χ. τὰ



τυλίγματα χαμηλῆς τάσεως $u - x$, $v - y$ καὶ $w - z$ τὰ ἐνώσωμεν μεταξύ των κατ' ἀστέρα ἢ κατὰ τρίγωνον καὶ τὰ συνδέσωμεν εἰς τριφασικὸν δίκτυον, τότε, ὅπως γνωρίζομεν ἀπὸ τὴν Ἡλεκτροτεχνίαν, αἱ ἐντάσεις, ποὺ θὰ διέλθουν δι' αὐτῶν, θὰ ἔχουν κάθε στιγμὴν ἄθροισμα μηδέν. Ἀρα μηδενικὸν ἄθροισμα θὰ ἔχουν καὶ αἱ στιγμαῖαι τιμαὶ Φ_1 , Φ_2 καὶ Φ_3 τῶν μαγνητικῶν ροῶν, ποὺ θὰ δημιουργηθοῦν εἰς τοὺς τρεῖς πυρῆνας ἀπὸ τὰς ἐντάσεις αὐτάς. Δηλαδὴ διὰ τῶν τριῶν ἡνωμένων κορμῶν δὲν θὰ διέρχεται μαγνητικὴ ροή. Συνεπῶς δυνάμεθα νὰ ἀφαιρέσωμεν τοὺς κορμούς τούτους καὶ νὰ ἔχωμεν τριφασικὸν μετασχηματιστὴν μὲ πυρῆνα, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ δεξιὸν μέρος τοῦ σχήματος 2 · 4 β.

Ἡ κατασκευὴ πυρῆνος ὅπως αὐτὸς τοῦ σχήματος παρουσιάζει σημαντικάς δυσχερείας, ἐνῶ ταυτοχρόνως ὁ μετασχηματιστὴς θὰ κατελάμβανε σημαντικὸν ὅγκον. Δι' αὐτοὺς τοὺς λόγους τοὺς τριφασικούς μετασχηματιστὰς τοὺς κατασκευάζουν μὲ πυρῆνα, ποὺ ἔχει τὴν μορφὴν τοῦ σχήματος 2 · 2 ζ, ἀν καὶ τοῦτο συνεπάγεται μικρὰν ἀσυμμετρίαν εἰς τὰς μαγνητικὰς ροάς, χωρὶς ὅμως ἴδιαιτέραν σημασίαν.

Εἰς κάθε κορμὸν τοῦ πυρῆνος τοῦ τριφασικοῦ μετασχηματιστοῦ τοποθετεῖται, ὅπως ἔξηγήσαμεν, ἕνα τύλιγμα X.T. καὶ ἕνα Y.T. Ἐτοι κάθε κορμὸς συμπεριφέρεται ὡσάν μονοφασικὸς μετασχηματιστὴς. Εἰς

τὰ ἔπομενα, ὅπου θὰ ἀσχοληθῶμεν μὲ τὴν ἐν κενῷ καὶ ὑπὸ φορτίον λειτουργίαν τῶν μετασχηματιστῶν, θὰ ἀναφερθῶμεν εἰς τοὺς μονοφασικοὺς μετασχηματιστάς. Τὰ συμπεράσματα ὅμως, εἰς τὰ δόποια θὰ καταλήξωμεν, ἐφαρμόζονται εὐκόλως καὶ εἰς τοὺς τριφασικοὺς μετασχηματιστάς· ἀρκεῖ νὰ ἔχωμεν ύπ' ὄψιν μας, ὅτι ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις, ἡ τάσις καὶ ἡ ἔντασις τοῦ μονοφασικοῦ μετασχηματιστοῦ εἴναι τὰ ἀντίστοιχα φασικὰ μεγέθη διὰ τοὺς τριφασικοὺς μετασχηματιστάς. Ἀναλόγως πρὸς τὴν ζεῦξιν τῶν τυλιγμάτων τῶν μετασχηματιστῶν αὐτῶν, τὴν δόποιαν θὰ ἔξετάσωμεν εἰς ἐπομένην παράγραφον, εἴναι εὔκολον τὰ φασικὰ αὐτὰ μεγέθη νὰ μετατραποῦν εἰς πολικά.

2 · 5 Λειτουργία τῶν μετασχηματιστῶν ἐν κενῷ.

"Οταν ὁ μετασχηματιστής ἐργάζεται ἐν κενῷ (σχ. 2 · 4 α), ἡ ἔντασις I_0 εἴναι μικρὸν ποσοστὸν τῆς ὀνομαστικῆς του ἐντάσεως (1 ἔως 5 % διὰ τοὺς μετρίους καὶ μεγάλου μεγέθους μετασχηματιστάς, φθάνει μέχρι 10 % διὰ τοὺς μικρούς). Συνεπῶς τόσον ἡ ὡμικὴ πτῶσις τάσεως ($I_0 \cdot R_1$) εἰς τὸ πρωτεῦον τύλιγμα λόγω τῆς ὡμικῆς ἀντιστάσεως R_1 τοῦ ἀγωγοῦ, ὅσον καὶ ἡ αὐτεπαγωγικὴ πτῶσις τάσεως ($I_0 \cdot X_1$) λόγω τῆς ροῆς σκεδάσεως, εἴναι πολὺ μικρά.

"Αρα κατὰ τὴν ἐν κενῷ λειτουργίαν ἡ τάσις U_1 ἰσοῦται κατὰ μεγάλην προσέγγισιν πρὸς τὴν ἀναπτυσσομένην εἰς τὸ πρωτεῦον ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν E_1 :

$$U_1 = E_1$$

Εἰς τὸ δευτερεῦον τύλιγμα κατὰ τὴν ἐν κενῷ λειτουργίαν εἴναι:

$$U_2 = E_2$$

Συνεπῶς δυνάμεθα νὰ γράψωμεν:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{4,44 \cdot f \cdot w_1 \cdot \Phi_{\mu}}{4,44 \cdot f \cdot w_2 \cdot \Phi_{\mu}} = \frac{w_1}{w_2} = K$$

Δηλαδὴ κατὰ τὴν ἐν κενῷ λειτουργίαν μετασχηματιστοῦ ὁ λόγος τῶν τάσεων πρωτεύοντος καὶ δευτερεύοντος ἰσοῦται πρὸς τὸν λόγον τῶν ἀριθμῶν σπειρῶν τῶν ἀντιστοίχων τυλιγμάτων. Ὁ τελευταῖος αὐτὸς λόγος $\frac{w_1}{w_2}$ καλεῖται σχέσις μεταφορᾶς K τοῦ μετασχηματιστοῦ.

Παράδειγμα.

Ποιος ὁ ἀριθμὸς σπειρῶν w_1 μετασχηματιστοῦ, ὁ ὅποιος ἔχει $w_2 = 2000$. Κατὰ τὴν ἐν κενῷ λειτουργίαν ὁ μετασχηματιστῆς αὐτὸς τροφοδοτηθεὶς μὲ τάσιν $U_1 = 12 \text{ V}$ ἔδωσεν $U_2 = 120 \text{ V}$. Ποία ἡ σχέσις μεταφορᾶς τοῦ μετασχηματιστοῦ;

Λύσις:

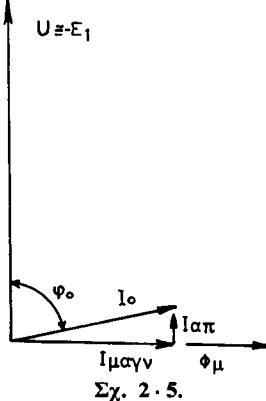
$$\text{Είναι } \frac{U_1}{U_2} = \frac{w_1}{w_2} \quad \text{ἄρα:}$$

$$w_1 = w_2 \cdot \frac{U_1}{U_2} = 2000 \times \frac{12}{120} = 200 \text{ σπεῖραι.}$$

Ἡ σχέσις μεταφορᾶς εἶναι:

$$K = \frac{w_1}{w_2} = \frac{200}{2000} = 0,1 \quad \text{ἢ} \quad \frac{1}{10}$$

Ἡ ἐντασίς I_0 κατὰ τὴν ἐν κενῷ λειτουργίαν ἔχει φασικήν ἀπόκλισιν ϕ_0 ὡς πρὸς τὴν τάσιν U_1 περίπου 90°. Εἰς τὴν πραγματικότητα λόγω τῶν μαγνητικῶν ἀπωλειῶν τοῦ μετασχηματιστοῦ ἡ ϕ_0 εἶναι μικροτέρα τῶν 90°, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 2·5. Ἡ I_0 ἀναλύεται εἰς μίαν ἐντασίν $I_{\mu\alphaγν}$, ἡ ὅποια προκαλεῖ τὴν μαγνήτισιν τοῦ πυρῆνος καὶ δὲν καταναλίσκει ἵσχυν, καὶ εἰς μίαν ἐντασίν $I_{\alpha\pi}$, ἡ ὅποια εἶναι ἐν φάσει μὲ τὴν τάσιν U_1 καὶ ἀντιμετωπίζει τὰς μαγνητικὰς ἀπωλείας εἰς τὸν πυρῆνα (ἔξ $\dot{\gamma}$ ύστερήσεως καὶ δινορρευμάτων). Ἡ $I_{\alpha\pi}$ εἶναι περίπου 10% τῆς I_0 , διότε εἶναι συνφ.
 $\phi_0 \approx 0,1$.



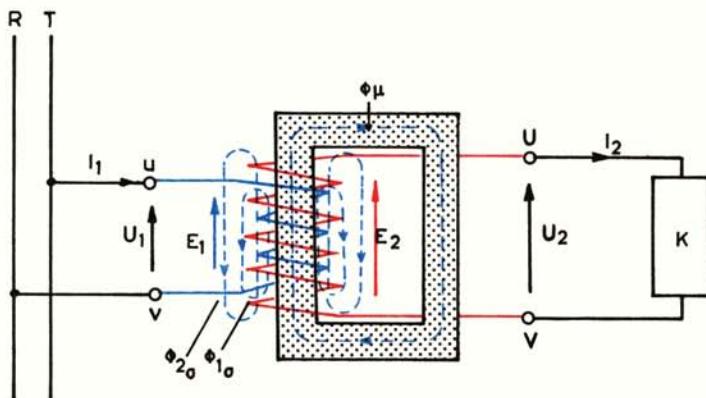
Αἱ μαγνητικαὶ ἀπώλειαι τοῦ μετασχηματιστοῦ εἶναι πρακτικῶς αἱ ἴδιαι ἐν κενῷ καὶ ὑπὸ φορτίον, δύνανται δὲ νὰ μετρηθοῦν δι’ ἐνὸς βαττομέτρου, τὸ ὅποιον συνδέομεν εἰς τὸ πρωτεῦον τύλιγμα. Κατὰ τὴν ἐν κενῷ λειτουργίαν, ἡ ἔνδειξις τοῦ βαττομέτρου εἶναι ἵση μὲ τὰς μαγνητικὰς ἀπωλείας, διότι αἱ ἡλεκτρικαὶ ἀπώλειαι ($I_0^2 \cdot R_1$) εἶναι ἀμελητέαι. Αἱ μαγνητικαὶ ἀπώλειαι εἰς τοὺς μετασχηματιστὰς μὲ

μέτριον βαθμὸν ἀποδόσεως δὲν ὑπερβαίνουν τὰ 4 ἔως 5% τῆς ὀνομαστικῆς ἴσχύος, κατέρχονται δὲ μέχρις 1% εἰς τοὺς μετασχηματιστὰς μὲ καλὸν βαθμὸν ἀποδόσεως. Λόγω ἀκριβῶς τῶν πολὺ μικρῶν μαγνητικῶν ἀπωλειῶν, τοὺς μετασχηματιστὰς δυνάμεθα νὰ τοὺς ἀφήνωμεν συνδεδεμένους εἰς τὸ δίκτυον τροφοδοτήσεως καὶ κατὰ τὰς ὥρας, κατὰ τὰς ὁποίας δὲν ὑπάρχει φορτίον τροφοδοτούμενον ἀπὸ τὸ δευτερεῦον τῶν.

2 · 6 Λειτουργία τῶν μετασχηματιστῶν ὑπὸ φορτίον.

1) Φόρτισις μετασχηματιστοῦ.

"Οταν συνδέσωμεν ἔνα καταναλωτὴν K εἰς τὸ δευτερεῦον τοῦ μετασχηματιστοῦ (σχ. 2 · 6 α), ἐνῷ τὸ πρωτεῦον του τροφοδοτεῖται



Σχ. 2 · 6 α.
Λειτουργία μετασχηματιστοῦ ὑπὸ φορτίον.

μὲ σταθερὰν τάσιν U_1 , διὰ τοῦ δευτερεύοντος τυλίγματος θὰ διέλθῃ ἐναλλασσομένη ἔντασις ἐνδεικνυμένης τιμῆς I_2 . Ταυτοχρόνως ἡ ἔντασις, τὴν ὅποιαν τὸ πρωτεῦον ἀπορροφεῖ ἀπὸ τὸ δίκτυον τροφοδοτήσεως, θὰ αὔξηθῇ αὐτομάτως ἀπὸ I_0 εἰς I_1 . Τοῦτο διαπιστοῦται πειραματικῶς καὶ ἔξηγεῖται καὶ θεωρητικῶς, δφείλεται δὲ εἰς τὴν παρεμβολὴν τῶν φαινομένων τῆς ἡλεκτρομαγνητικῆς ἐπαγωγῆς. Τελικῶς τὴν ἴσχύν, τὴν ὅποιαν ἀπορροφεῖ δὲ καταναλωτὴς ἐκ τοῦ δευτερεύοντος τυλίγματος, μαζὶ μὲ τὰς ἀπωλείας τοῦ μετασχηματιστοῦ, τὴν παρέχει τὸ δίκτυον, ποὺ τροφοδοτεῖ τὸ πρωτεῦον.

Χωρὶς νὰ ἐπεκταθῶμεν περισσότερον, θὰ ἀναφέρωμεν μόνον, ὅτι κατὰ τὴν φόρτισιν τοῦ μετασχηματιστοῦ ἡ μαγνητικὴ ροή Φ_{μ} διὰ τοῦ πυρῆνος παραμένει περίπου ἡ ἴδια, ὅση ἦτο κατὰ τὴν ἐν κενῷ λειτουργίαν. Αὐτὴ ἔξαρτᾶται μόνον ἀπὸ τὰ κατασκευαστικὰ στοιχεῖα τοῦ μετασχηματιστοῦ καὶ ὅχι ἀπὸ τὰς συνθήκας φορτίσεως του. Τοῦτο γίνεται, διότι τὰ περισσότερα ἀμπερελίγματα τοῦ πρωτεύοντος τοῦ μετασχηματιστοῦ (ὅταν ἡ I_0 γίνη I_1) ἔξουδετερώνονται ἀπὸ τὰ ἀντίθετα ἀμπερελίγματα τὰ δημιουργούμενα ἀπὸ τὸ δευτερεῦον τύλιγμα λόγω τῆς ἐντάσεως φορτίσεως I_2 .

2) Σχέσεις μεταξὺ ἐντάσεων καὶ τάσεων.

Ἄν μετρήσωμεν τὰς ἐντάσεις I_1 καὶ I_2 , θὰ διαπιστώσωμεν ὅτι μὲ ἀρκετὴν προσέγγισιν ἰσχύει ἡ σχέσις:

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{w_1}{w_2} = K \quad \text{ἢ} \quad I_2 = K \cdot I_1$$

Μὲ προσέγγισιν ἐπίστης ἰσχύει καὶ ὑπὸ φορτίου ἡ σχέσις:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{w_1}{w_2} = K \quad \text{ἢ} \quad U_2 = \frac{U_1}{K}$$

Ἡ προσέγγισις εἰς τὰς σχέσεις αὐτὰς εἶναι τόσον μεγαλυτέρα, ὅσον αἱ ἀπώλειαι καὶ αἱ ροαὶ σκεδάσεως τοῦ μετασχηματιστοῦ εἶναι μικρότεραι. Δηλαδὴ εἰς ἴδανικὸν μετασχηματιστήν, χωρὶς ἀπώλειας καὶ σκεδάσεις, αἱ σχέσεις θὰ ἴσχουν ἐπακριβῶς.

Ἀπὸ τὰς ἀνωτέρω σχέσεις διαπιστώνομεν, ὅτι, ἀν μετασχηματιστῆς ἀνυψώνη τὴν τάσιν εἰς τὸ δευτερεῦον, ὑποβιβάζει κατὰ τὴν ἴδιαν περίπου σχέσιν τὴν ἐντασιν, ποὺ κυκλοφορεῖ εἰς αὐτό. Δεδομένου δέ, ὅτι ἡ πυκνότης τοῦ ρεύματος πρέπει νὰ εἶναι ἡ ἴδια καὶ εἰς τὰ δύο τυλίγματα, δυνάμεθα νὰ εἴπωμεν ὅτι: Τὸ τύλιγμα χαμηλῆς τάσεως καὶ μεγάλης ἐντάσεως ἔχει μικρὸν ἀριθμὸν σπειρῶν καὶ ἀγωγὸν μεγάλης διατομῆς. Τὸ τύλιγμα ὑψηλῆς τάσεως καὶ χαμηλῆς ἐντάσεως ἔχει μέγαν ἀριθμὸν σπειρῶν καὶ ὀγωγὸν μικρᾶς διατομῆς.

Ἄν θεωρήσωμεν ἀμελητέας τὰς ἀπώλειας τοῦ μετασχηματιστοῦ, τότε ἡ ἴσχυς N_1 , ποὺ ἀπορροφεῖ τὸ πρωτεῦον ἀπὸ τὸ δίκτυον, ἰσοῦται περίπου μὲ τὴν ἴσχυν N_2 , ποὺ δίδει τὸ δευτερεῦον:

$$N_1 = N_2 \quad \text{ἢ} \quad U_1 \cdot I_1 \cdot \sigma_{\text{νη}} = U_2 \cdot I_2 \cdot \sigma_{\text{νη}}$$

$$\text{Ἐχομεν ὅμως } U_2 = \frac{U_1}{K} \quad \text{καὶ} \quad I_2 = K \cdot I_1$$

*Αρα $U_2 \cdot I_2 = U_1 \cdot I_1$ και συνεπώς:

$$\sigma_{\text{υνφ1}} = \sigma_{\text{υνφ2}}$$

Δηλαδή ή φασική άποκλισις μεταξύ τάσεως και έντασεως του πρωτεύοντος του μετασχηματιστού ισοῦται περίπου μὲ τὴν προκύπτουσαν άπό τὸν συντελεστὴν ίσχυος τοῦ καταναλωτοῦ ($\sigma_{\text{υνφ2}}$). Περίπου ίση είναι και ή φαινομένη ίσχυς τοῦ πρωτεύοντος ($N_{S1} = U_1 \cdot I_1$) μὲ τὴν φαινομένη ίσχυν τοῦ δευτερεύοντος ($N_{S2} = U_2 \cdot I_2$), $N_{S1} = N_{S2}$.

Παράδειγμα.

Μονοφασικὸς μετασχηματιστής φορτιζόμενος μὲ ἔντασιν $I_2 = 2 \text{ A}$ ἔχει τάσιν δευτερεύοντος $U_2 = 40 \text{ V}$, ὅταν ή τάσις τοῦ δικτύου τροφοδοτήσεως είναι $U_1 = 440 \text{ V}$. Ποίαν σύνθετον ἀντίστασιν παρουσιάζει ὁ μετασχηματιστής αὐτὸς εἰς τὸ δίκτυον τροφοδοτήσεως, ἢνθι θεωρηθοῦν ἀμελητέαι αἱ ἀπώλειαι του;

Λύσις:

*Η ζητουμένη σύνθετος ἀντίστασις είναι:

$$Z_1 = \frac{U_1}{I_1} = \frac{K \cdot U_2}{I_2/K} = K^2 \cdot \frac{U_2}{I_2}$$

$$\text{ὅπου: } K = \frac{U_1}{U_2} = \frac{440}{40} = 11$$

$$*\text{Αρα: } Z_1 = 11^2 \times \frac{40}{2} = 2420 \Omega$$

Κατὰ τὴν λύσιν προέκυψεν ή πολὺ ἐνδιαφέρουσα σχέσις ὅτι:

$$Z_1 = K^2 \cdot Z_2$$

$$\text{ὅπου: } Z_2 \text{ ή σύνθετος ἀντίστασις τοῦ καταναλωτοῦ \left(Z_2 = \frac{U_2}{I_2} \right).$$

Οπως ἀνεφέραμεν, ὅλαι αἱ σχέσεις, ποὺ ἔδοθησαν εἰς τὴν παράγραφον αὐτήν, είναι σχέσεις προσεγγίσεως. Τὰ πραγματικὰ μεγέθη διαφέρουν κατὰ μικρὸν ἐκατοστιαῖον ποσοστὸν ἀπό ἑκεῖνα, ποὺ προκύπτουν ἀπό τὰς σχέσεις αὐτάς. Συνεπῶς δυνάμεθα νὰ τὰς χρησιμο-

ποιοῦμεν, ὅταν δὲν ὑπάρχῃ ἀνάγκη μεγάλης ἀκριβείας. Σημειώνομεν ὅτι ὁ ἀκριβής ὑπολογισμὸς τῶν μεγεθῶν ἀπαιτεῖ τὴν χρῆσιν συνθέτων διανυσματικῶν διαγραμμάτων, τῶν ὅποιων ἡ ἀνάπτυξις ἐκφεύγει ἀπὸ τοὺς σκοποὺς τοῦ βιβλίου. Λόγω ὅμως τοῦ ἴδιαιτέρου ἐνδιαφέροντος, εἰς τὸ ἐπόμενον ἐδάφιον θὰ ἔξετάσωμεν τὸ φαινόμενον τῆς πτώσεως τάσεως εἰς τοὺς μετασχηματιστάς, ἀποτέλεσμα τοῦ ὅποιου εἶναι ἡ τάσις U_2 ὑπὸ φορτίου νὰ μὴ εἶναι ἄκριβῶς ἵση μὲ τὴν ἐν κενῷ τάσιν. Δηλαδὴ ἡ U_2 ὑπὸ φορτίου νὰ μὴ εἶναι ἄκριβῶς ἵση μὲ $\frac{U_1}{K}$.

3) Πτῶσις τάσεως.

Κάθε ἔνα ἀπὸ τὰ δύο τυλίγματα πραγματικοῦ μετασχηματιστοῦ ἔχει ὡρισμένην ὡμικήν ἀντίστασιν καὶ δημιουργεῖ ὡρισμένην ροήν σκεδάσεως (Φ_{1_σ} καὶ Φ_{2_σ} εἰς τὸ σχ. 2·6 α). Ἀποτέλεσμα αὐτῶν εἶναι, ὅταν ὁ μετασχηματιστής ἐργάζεται ὑπὸ φορτίου, νὰ δημιουργῆται εἰς κάθε τύλιγμά του ὡμικὴ καὶ αύτεπαγωγικὴ (λόγω τῆς ροῆς σκεδάσεως) πτῶσις τάσεως. Συνεπῶς ἡ τάσις U_2 ὑπὸ φορτίου οὐδέποτε εἶναι ἄκριβῶς ἵση μὲ τὴν τάσιν τοῦ δευτερεύοντος κατὰ τὴν ἐν κενῷ λειτουργίαν.

Τὴν μεταβολὴν τῆς τάσεως τοῦ δευτερεύοντος τοῦ μετασχηματιστοῦ ἀπὸ τὴν ἐν κενῷ λειτουργίαν εἰς τὸ κανονικὸν φορτίον αὐτοῦ (δι’ ὡρισμένον συντελεστὴν ἰσχύος τοῦ φορτίου καὶ σταθερὰν τάσιν πρωτεύοντος) τὴν ὀνομάζομεν διακύμανσιν τάσεως καὶ τὴν ἐκφράζομεν ὡς ποσοστὸν ἐπὶ τοῖς ἑκατὸν τῆς τάσεως τοῦ δευτερεύοντος ὑπὸ τὸ κανονικὸν φορτίον.

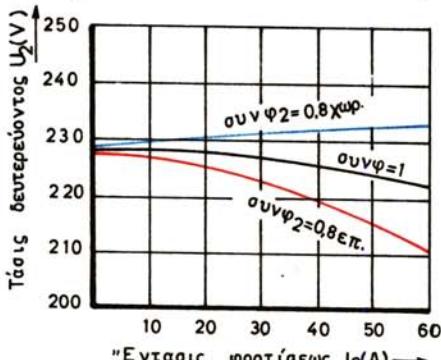
Ἐπειδὴ κατὰ τὴν ἐν κενῷ λειτουργίαν, ἡ τάσις ἐν κενῷ τοῦ δευτερεύοντος ἰσοῦται μὲ τὴν ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν αὐτοῦ, θὰ ἔχωμεν διὰ τὴν διακύμανσιν τάσεως:

$$\epsilon \% = \frac{E_2 - U_{2N}}{U_{2N}} \cdot 100\%$$

Τὸ μέγεθος διακυμάνσεως τῆς τάσεως ἐνὸς μετασχηματιστοῦ εἶναι χαρακτηριστικὸν τῆς ποιότητος αὐτοῦ. Τοῦτο συνήθως δὲν ὑπερβαίνει τὸ 5 % διὰ μετασχηματιστὰς μέσου καὶ μεγάλου μεγέθους.

Χαρακτηριστικὴν ὑπὸ φορτίον ἐνὸς μετασχηματιστοῦ ὀνομάζομεν τὴν καμπύλην, ἡ ὥποια δεικνύει πῶς μεταβάλλεται ἡ τάσις τοῦ δευτερεύοντος του, ὅταν μεταβάλλεται τὸ φορτίον του, ἐνῷ ἡ τάσις

τοῦ πρωτεύοντος καὶ ὁ συντελεστής ίσχύος τοῦ φορτίου παραμένουν σταθερά.



Σχ. 2 · 6 β.

Χαρακτηριστικά ύπό φορτίου μετασχηματιστοῦ.

καταναλωτής είναι πυκνωτής.

Παράδειγμα.

Νὰ ύπολογισθῇ ἡ διακύμανσις τάσεως τοῦ μετασχηματιστοῦ, ὁ ὅποιος ἔχει χαρακτηριστικά ύπό φορτίου τὰς καμπύλας τοῦ σχήματος 2 · 6 β, ἐὰν τὸ κανονικόν του φορτίου είναι $I_{2N} = 50 \text{ A}$.

Λύσις:

$$\text{Διὰ } \sigma_{\text{υν}}\varphi_2 = 0,8 \text{ ἐπαγ. } \varepsilon_1 \% = \frac{228 - 217}{217} \times 100 \% = 5 \%$$

$$\text{διὰ } \sigma_{\text{υν}}\varphi_2 = 1 \quad \varepsilon_2 \% = \frac{228 - 224}{224} \times 100 \% = 1,8 \%$$

$$\text{διὰ } \sigma_{\text{υν}}\varphi_2 = 0,8 \text{ χωρ. } \varepsilon_3 \% = \frac{228 - 232}{232} \times 100 \% = -1,7 \%$$

Σημειωτέον ὅτι εἰς τὸ διάγραμμα τοῦ σχήματος 2 · 6 β, ἐπειδὴν αἱ πτώσεις τάσεως εἰς τοὺς μετασχηματιστὰς είναι πολὺ μικραὶ (συνήθως δὲν ύπερβαίνουν τὸ 5 %), ἡ βαθμολόγησις τοῦ ἀξονος τῶν τάσεων ἔχει ἀρχίσει ἀπὸ τὰ 200 V. Τοῦτο πρέπει πάντοτε νὰ τὸ προσέχωμεν, διὰ νὰ μὴ παρασυρώμεθα εἰς φυεδεῖς ἐντυπώσεις, ὃσον ἀφορᾶ εἰς τὴν ποσοστιαίαν μεταβολὴν ἐνὸς μεγέθους (π.χ. ἐδῶ τῆς τάσεως U_2).

Τὸ σχῆμα 2 · 6 β δίδει τὰς χαρακτηριστικὰς ύπό φορτίου ἐνὸς μετασχηματιστοῦ διὰ τρεῖς διαφόρους συντελεστὰς ίσχύος τοῦ φορτίου, δηλαδὴ διὰ $\sigma_{\text{υν}}\varphi_2 = 0,8$ χωρητικόν, διὰ $\sigma_{\text{υν}}\varphi_2 = 1$ καὶ διὰ $\sigma_{\text{υν}}\varphi_2 = 0,8$ ἐπαγωγικόν. Γενικῶς ἡ τάσις ύπό φορτίου είναι χαμηλοτέρα τῆς ἐν κενῷ λειτουργίας. Ἐν τούτοις είναι δυνατὸν νὰ παρουσιασθῇ καὶ μεγαλυτέρα τάσις, ἵδιως ὅταν ὁ

4) Τάσις βραχυκυκλώσεως.

ΗΕΚΤΕΛΟῦμεν τὸ ἀκόλουθον πείραμα: Εἰς μετασχηματιστὴν βραχυκυκλώνομεν τὸ δευτερεῦον τύλιγμα παρεμβάλλοντες ἔνα ἀμπερόμετρον εἰς τὸν ἀγωγὸν τῆς βραχυκυκλώσεως. Κατόπιν τροφοδοτοῦμεν τὸ πρωτεῦον τύλιγμα μὲ τάσιν (συχνότητος ἵστης πρὸς τὴν ὀνομαστικήν), τὴν δποίαν αὐξάνομεν προοδευτικῶς ἀρχίζοντες ἀπὸ πολὺ μικρὰς τιμάς. Διὰ κάποιαν τιμὴν τῆς τάσεως τοῦ πρωτεύοντος U_{1K} , τὴν δποίαν μετροῦμεν μὲ βολτόμετρον, ἡ ἔντασις εἰς τὸ βραχυκυκλωμένον δευτερεῦον θὰ γίνη ἵστη μὲ τὴν ὀνομαστικὴν ἔντασιν I_{2N} τοῦ μετασχηματιστοῦ. Τότε καὶ ἡ ἔντασις τοῦ πρωτεύοντος θὰ εἴναι ἵστη μὲ τὴν ὀνομαστικήν του ἔντασιν I_{1N} . Τὴν τάσιν αὐτὴν U_{1K} , ἡ δποία δαπανᾶται δλόκληρος ὡς ἐσωτερικὴ πτῶσις τάσεως ἐντὸς τοῦ μετασχηματιστοῦ, τὴν ὀνομάζομεν τάσιν βραχυκυκλώσεως. Συνήθως τὴν ἐκφράζομεν ὡς ποσοστὸν ἐπὶ τοῖς ἑκατὸν τῆς ὀνομαστικῆς τάσεως τοῦ πρωτεύοντος τοῦ μετασχηματιστοῦ:

$$u_K \% = \frac{U_{1K}}{U_{1N}} \cdot 100\%$$

Παράδειγμα.

Ποία είναι ἡ τάσις βραχυκυκλώσεως μετασχηματιστοῦ 6000/400 V, εἰς τὸν δποίον κατὰ τὸ πείραμα βραχυκυκλώσεως, διὰ νὰ ἐπιτευχθῇ ἡ ὀνομαστικὴ ἔντασις εἰς τὸ δευτερεῦον, ἔχρειάσθη νὰ τροφοδοτηθῇ τὸ πρωτεῦον μὲ τάσιν 240 V;

Λύσις:

$$u_K \% = \frac{U_{1K}}{U_{1N}} \cdot 100 \% = \frac{240}{6000} \times 100 \% = 4\%$$

“Οπως θὰ μάθωμεν εἰς ἐπομένην παράγραφον, ἡ τάσις βραχυκυκλώσεως καθορίζει τὴν διανομὴν τῶν φορτίων εἰς μετασχηματιστὰς λειτουργοῦντας παραλλήλως.

“Οταν γνωρίζωμεν τὴν τάσιν βραχυκυκλώσεως, δυνάμεθα νὰ ὑπολογίσωμεν τὴν πιθανὴν ἔντασιν ἐνὸς βραχυκυκλώματος εἰς τὸ δευτερεῦον τοῦ μετασχηματιστοῦ, ὅταν τὸ πρωτεῦον τροφοδοτῆται μὲ τὴν ὀνομαστικήν του τάσιν, διὰ τῆς σχέσεως:

$$I_{2K} = \frac{I_{2N}}{u_K} \cdot 100$$

Παράδειγμα.

Είς τὸν μετασχηματιστὴν τοῦ προηγουμένου ^{πράσινο} γιγαντού τοῦ μετασχηματιστοῦ οὐ πάλιν εἰς ποίαν τιμὴν δύναται νὰ φθάσῃ ἢ ἔντασις βραχικυκλώσεως εἰς τὸ δευτερεῦον μὲ τὴν ὀνομαστικὴν τάσιν τροφοδοτήσεως εἰς τὸ πρωτεῦον, ὅταν ἢ ὀνομαστικὴ ἔντασις τοῦ δευτερεύοντος είναι $I_{2N} = 200 \text{ A}$.

Αύσις:

$$\text{Είναι: } I_{2K} = \frac{I_{2N} \cdot 100}{u_K} = \frac{200 \times 100}{4} = 5000 \text{ A}$$

Τέλος μὲ τὸ πείραμα βραχικυκλώσεως, ποὺ περιεγράψαμεν εἰς τὴν ἀρχὴν αὐτοῦ τοῦ ἐδαφίου, δυνάμεθα νὰ μετρήσωμεν καὶ τὰς ἡλεκτρικὰς ἀπωλείας τοῦ μετασχηματιστοῦ ὑπὸ τὸ κανονικόν του φορτίον. Ἡ ἔνδειξις ἐνὸς βαττομέτρου συνδεδεμένου εἰς τὸ πρωτεῦον τοῦ μετασχηματιστοῦ δίδει τὰς ἀπωλείας αὐτάς, ὅταν ἢ ἔντασις εἰς τὸ βραχικυκλωμένον δευτερεῦον γίνη ἵστη μὲ τὴν ὀνομαστικὴν ἔντασιν I_{2N} .

Κατὰ τὸ πείραμα τῆς βραχικυκλώσεως αἱ μαγνητικαὶ ἀπώλειαι είναι πολὺ μικραὶ καὶ συνεπῶς ἀμελητέαι, λόγῳ τῆς μικρᾶς τιμῆς τῆς τάσεως βραχικυκλώσεως (συνήθως δὲν ὑπερβαίνει τὸ 6 ἢ 7%).

2 · 7 Συνδεσμολογία τῶν τυλιγμάτων τῶν μετασχηματιστῶν.

1) Μονοφασικοὶ μετασχηματισταί.

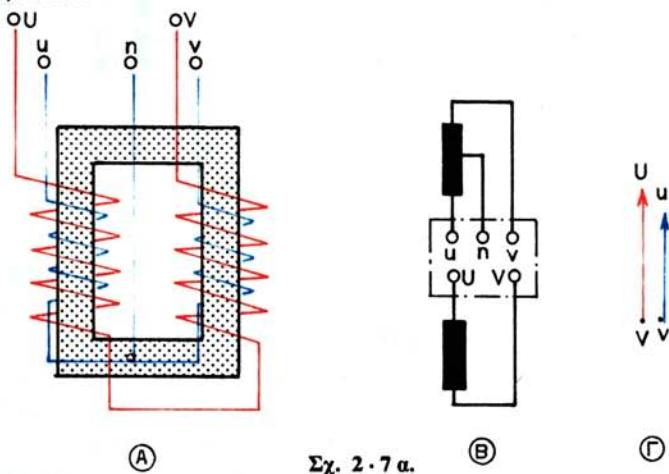
Τὸ σχῆμα 2 · 7 α (Α) παριστάνει πῶς είναι συνδεσμολογημένα τὰ τυλίγματα ἐνὸς μονοφασικοῦ μετασχηματιστοῦ, τὰ ὅποια δεχόμεθα ὅτι είναι περιελιγμένα κατὰ τὴν ἴδιαν φορὰν καὶ, ὅπως γνωρίζομεν, είναι τοποθετημένα εἰς τοὺς δύο κορμοὺς τοῦ πυρῆνος. Εἰς τὸ (Β) τοῦ σχήματος φαίνεται μία ἄλλη (συμβολικὴ) σχεδίασις τῶν τυλιγμάτων τοῦ μετασχηματιστοῦ. Εἰς τὴν σχεδίασιν αὐτὴν τὰ τυλίγματα πρέπει νὰ θεωρηθοῦν ὅτι πηγαίνουν εἰς τὴν πραγματικὴν των (φυσικὴν) θέσιν, ἀν στραφοῦν πρὸς τὰ κάτω.

Οἱ ἀκροδέκται τοῦ τυλίγματος Y.T. σημειοῦνται ἐπὶ τοῦ καλύμματος τοῦ μετασχηματιστοῦ διὰ τῶν κεφαλαίων γραμμάτων U καὶ V (ἢ A καὶ B ἢ H₁ καὶ H₂), οἱ δὲ ἀκροδέκται τοῦ τυλίγματος X.T. διὰ τῶν μικρῶν γραμμάτων u καὶ v (ἢ a καὶ b ἢ x₁ καὶ x₂). Ἐὰν γίνεται καὶ μεσαία λῆψις, ὡς εἰς τὸ σχῆμα, ὁ ἀντίστοιχος ἀκροδέκτης τοποθε-

τείται μεταξύ τῶν ἄλλων δύο καὶ σημειοῦται μὲ τὰ μικρὰ γράμματα π ἢ πρ ἢ χρ.

Ἄπειναντι ἀκριβῶς τοῦ ἀκροδέκτου U τῆς Y.T. τοποθετεῖται ὁ ἀκροδέκτης υ τῆς X.T., ὁ δόποιος ἔχει πάντοτε τὴν ἴδιαν πολικότητα μὲ τὸν U. Δηλαδὴ τὰ παραστατικὰ διανύσματα τῶν τάσεων VU καὶ vu εἰναι ἐν φάσει [σχ. 2.7 α (Γ)].

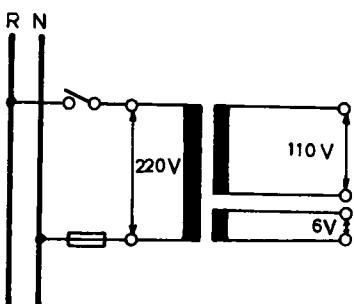
Εἰς τοὺς μετασχηματιστὰς μὲ μεσαίαν λῆψιν, μεταξύ τοῦ ἀκροδέκτου αὐτῆς π καὶ ἐνὸς ἐκ τῶν δύο ἄλλων ἀκροδεκτῶν υ καὶ ν ἐπικρατεῖ τὸ ἥμισυ τῆς τάσεως τοῦ δευτερεύοντος. "Αν π.χ. ἡ τάσις τοῦ δευτερεύοντος εἰναι 220 V, τότε μεταξύ π καὶ υ καθὼς καὶ μεταξύ π καὶ ν ἔχομεν τάσιν 110 V. Δηλαδὴ ὁ μετασχηματιστής δίδει εἰς τὰς περιπτώσεις αὐτὰς δύο τάσεις δυναμένας νὰ χρησιμοποιηθοῦν (110 καὶ 220 V). Μικροὶ μετασχηματισταὶ μὲ μεσαίαν λῆψιν χρησιμοποιοῦνται πολὺ εἰς τὰς ἀνορθωτικὰς διατάξεις τῶν ἡλεκτρονικῶν κυκλωμάτων.



Σχ. 2.7 α. Ζεῦξις τυλιγμάτων μονοφασικοῦ μετασχηματιστοῦ.

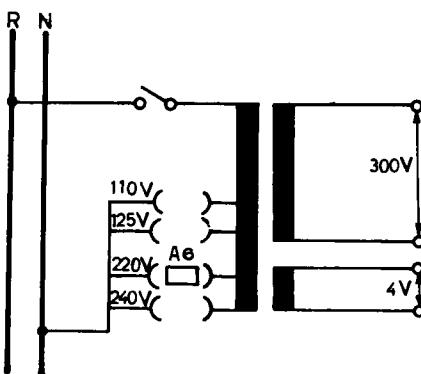
Κατὰ τὸν ἴδιον τρόπον, ὅπως ἔχομεν τὴν μεσαίαν λῆψιν, εἰναι δυνατὸν ἀπὸ τὸ δευτερεύον τοῦ μετασχηματιστοῦ νὰ λάβωμεν περισσοτέρας λήψεις. "Έχομεν τότε ἔνα μετασχηματιστήν, ὁ δόποιος δύναται νὰ δώσῃ περισσοτέρας τάσεις εἰς τὸ δευτερεύον του. Τὸ μέγεθος κάθε μιᾶς ἀπὸ τὰς τάσεις αὐτὰς ἔξαρτᾶται ἀπὸ τὸν ἀριθμὸν τῶν σπειρῶν τοῦ ἀντιστοίχου σημείου λήψεως.

Είς ώρισμένας περιπτώσεις θέλομεν νὰ ἔχωμεν περισσοτέρας τάσεις ἀνεξαρτήτους μεταξύ των. Τὸ δευτερεῦον τοῦ μετασχηματιστοῦ ἔχει τότε ἀντίστοιχον ἀριθμὸν τυλιγμάτων ἀνεξαρτήτων ἐπίσης μεταξύ των. Π.χ. ὁ μετασχηματιστὴς τοῦ σχήματος 2 · 7 β ἔχει εἰς τὸ δευτερεῦον δύο τυλίγματα, τὰ δόποια δίδουν τάσεις 110 V καὶ 6 V, ὅταν τὸ πρωτεῦον του τροφοδοτῆται μὲ τάσιν 220 V. Ὁ ἀριθμὸς τῶν σπειρῶν ἑκάστου τυλίγματος καθορίζεται ἀπὸ τὰς σχέσεις μεταφορᾶς 220/110 V καὶ 220/6 V.



Σχ. 2 · 7 β.

Μετασχηματιστὴς μὲ δύο τυλίγματα
εἰς τὸ δευτερεῦον.



Σχ. 2 · 7 γ.

Μετασχηματιστὴς διὰ διαφόρους τάσεις
πρωτεύοντος.

“Οταν θέλωμεν ὁ μετασχηματιστὴς νὰ είναι κατάλληλος νὰ λειτουργήσῃ μὲ περισσοτέρας τάσεις πρωτεύοντος, δηλαδὴ εἰς διάφορα δίκτυα ἡλεκτροδοτήσεως, τότε ἔξαγομεν λήψεις ἐκ τοῦ πρωτεύοντος τυλίγματος. Ὁ μετασχηματιστὴς τοῦ σχήματος 2 · 7 γ δύναται νὰ λειτουργήσῃ μὲ τάσεις πρωτεύοντος 110, 125, 220 καὶ 240 V, ἀρκεῖ νὰ τοποθετήσωμεν εἰς τὴν κατάλληλον λῆψιν τὴν ἀσφάλειαν Ασ. Ἀπὸ τὸ δευτερεῦον τοῦ μετασχηματιστοῦ, τὸ ὅποιον ἔχει δύο τυλίγματα, λαμβάνομεν τάσεις 300 V καὶ 4 V.

Παράδειγμα.

Μετασχηματιστὴς ραδιοφώνου, ὡς αὐτὸς τοῦ σχήματος 2 · 7 γ, τροφοδοτεῖ ἀπὸ τὸ τύλιγμα τῶν 300 V τὰς ἀνόδους τῶν λυχνιῶν μὲ ἔντασιν 100 mA καὶ ἀπὸ τὸ τύλιγμα τῶν 4 V τὰς ἀνόδους τῶν λυχνιῶν μὲ ἔντασιν 6 A. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἰσχὺς τοῦ

μετασχηματιστοῦ καὶ ἡ ἔντασις πρωτεύοντος δι' τὰς διαφόρους λήψεις, ἐὰν αἱ ἀπώλειαι θεωρηθοῦν ἀμελητέαι.

Λύσις:

Τὸ τύλιγμα ἀνόδου δίδει φαινομένην ἴσχυν:

$$N_s' = U_2' \cdot I_2' = 300 \times 0,1 = 30 \text{ VA}$$

Τὸ τύλιγμα θερμάνσεως δίδει φαινομένην ἴσχυν:

$$N_s'' = U_2'' \cdot I_2'' = 4 \times 6 = 24 \text{ VA}$$

*Ἀρα ἡ ἴσχυς τοῦ μετασχηματιστοῦ εἶναι:

$$N_s = 30 + 24 = 54 \text{ VA}$$

*Ἡ ἔντασις πρωτεύοντος θὰ ὑπολογισθῇ ἐκ τῆς σχέσεως:

$$I_1 = \frac{N_s}{U_1}$$

*Ἀρα ἔχομεν:

$$\text{διὰ τάσιν } 240 \text{ V, } I_1 = \frac{54}{240} = 0,22 \text{ A}$$

$$\text{διὰ τάσιν } 220 \text{ V, } I_1 = \frac{54}{220} = 0,24 \text{ A}$$

$$\text{διὰ τάσιν } 125 \text{ V, } I_1 = \frac{54}{125} = 0,43 \text{ A}$$

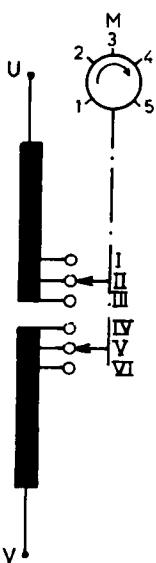
$$\text{διὰ τάσιν } 110 \text{ V, } I_1 = \frac{54}{110} = 0,49 \text{ A}$$

*Ἡ τάσις ἔνδει δικτύου, ἀπὸ τὸ δόπιον τροφοδοτοῦνται μετασχηματισταὶ διανομῆς, δὲν εἶναι ἡ ἴδια εἰς δῆμην τὴν ἔκτασιν τοῦ δικτύου, λόγω πτώσεως τῆς τάσεως (ἡ τάσις εἰς τὴν ἀρχὴν κάθε γραμμῆς εἶναι μεγαλυτέρα ἀπὸ ὅ,τι εἰς τὸ τέλος τῆς). Διὰ νὰ μὴ ἐπιδρᾶ ἡ ἀνομοιομορφία αὐτὴ εἰς τὰς τάσεις τοῦ δευτερεύοντος, οἱ μετασχηματισταὶ τῶν δικτύων διανομῆς κοτασκευάζονται μὲ λήψεις εἰς τὸ πρωτεῦον, πτού, μὲ τάσεις τροφοδοτήσεως κυματομένας ἐντὸς ὠρισμένων δρίων, τοὺς ἐπιτρέπουν νὰ δίδουν τὴν αὐτὴν τάσιν δευτερεύοντος.

Οἱ μετασχηματισταὶ διανομῆς τῆς ΔΕΗ, ποὺ εἶναι δύνομαστικῆς τάσεως πρωτεύοντος 15 000 V, ἔχουν λήψεις $\pm 5\%$ καὶ $\pm 2,5\%$. Τοῦτο

σημαίνει, ότι, όταν ή τάσις τοῦ δικτύου είς τὴν θέσιν ποὺ θὰ τοποθετηθῇ ὁ μετασχηματιστής είναι π.χ. 14 250 V, θὰ χρησιμοποιηθῇ ἡ λήψις

— 5 %. Ἀν είναι 15 375 V, θὰ χρησιμοποιηθῇ ἡ λήψις + 2,5 % κ.ο.κ.



Σχ. 2 · 7 δ.

Λήψεις πρωτεύοντος μετασχηματιστοῦ διαυομῆς.

Διαφορὰ τάσεως εἰς Y.T.	Συνδεσμολογία λήψεων	Θέσις μεταγένεως
— 5 %	I - VI	1
— 2,5 %	I - V	2
0 %	II - V	3
+ 2,5 %	II - IV	4
+ 5 %	III - IV	5

Τὸ σχῆμα 2 · 7 δ δεικνύει τὸ τύλιγμα Y.T. ἐνὸς μετασχηματιστοῦ (τῆς μιᾶς φάσεως, ἀν ὁ μετασχηματιστής είναι τριφασικὸς) καὶ τὸν τρόπον, κατὰ τὸν ὅποιον λαμβάνονται αἱ λήψεις. Τὸ τύλιγμα είναι διηρημένον εἰς δύο ἡμίση,

καὶ ἡ συνδεσμολογία τῶν λήψεων γίνεται μὲν μηχανισμόν, ὁ ὅποιος κινεῖται ἀπὸ μεταγωγέα M, ποὺ εύρισκεται ἐπὶ τοῦ καλύμματος τοῦ μετασχηματιστοῦ. Διὰ τὴν θέσιν τοῦ μεταγωγέως, ποὺ δεικνύει τὸ σχῆμα, συνδέονται αἱ λήψεις II καὶ V. "Οπως βλέπομεν ἀπὸ τὸν πίνακα, ποὺ είναι εἰς τὸ δεξιὸν τοῦ σχήματος 2 · 7 δ, ἡ σύνδεσις αὐτῇ δίδει διαφορὰν τάσεως εἰς τὸ πρωτεύον 0 %, δηλαδὴ είναι ἡ θέσις τοῦ μεταγωγέως, ὅταν ἡ τάσις τοῦ δικτύου Y.T. είναι 15 000 V.

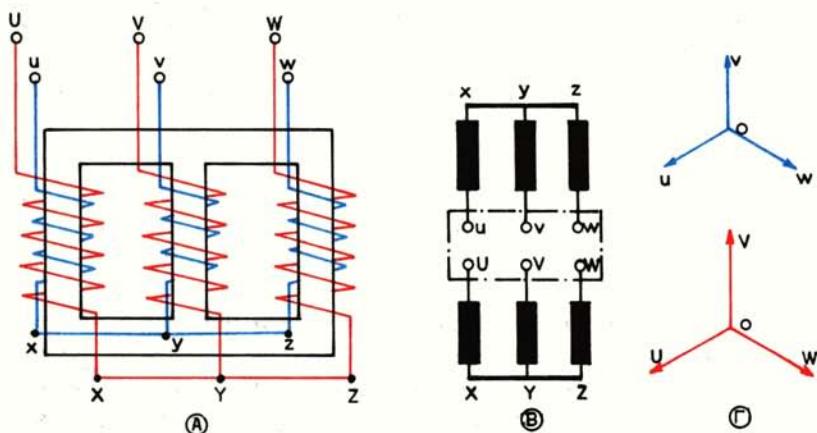
Τέλος σημειώνομεν ὅτι εἰς τὴν κατασκευὴν αὐτὴν ἡ ἀλλαγὴ λήψεων προβλέπεται νὰ γίνεται, ὅταν ὁ μετασχηματιστής είναι ἔκτὸς λειτουργίας. "Υπάρχουν ἄλλαι κατασκευαί, ποὺ ἐπιτρέπουν τὴν ὑπὸ φορτίον ἀλλαγὴν τῶν λήψεων τοῦ μετασχηματιστοῦ ἢ ἀκόμη καὶ τὴν αὐτόματον ἀλλαγὴν λήψεων, ὅταν ἡ τάσις τοῦ δικτύου μεταβάλλεται.

"Οσα ἀνεφέραμεν εἰς τὸ ἔδαφοιν αὐτὸ διὰ τὰς λήψεις τῶν μετασχηματιστῶν καὶ διὰ τὰ πολλαπλᾶ τυλίγματα, είναι εὔκολον νὰ ἀντι-

ληφθῆ κανεὶς πῶς ἐφαρμόζονται καὶ εἰς τοὺς τριφασικοὺς μετασχηματιστάς. Διὰ τὸν λόγον αὐτὸν εἰς τὸ ἐπόμενον ἐδάφιον, ποὺ θὰ ἔχετάσσωμεν τὴν συνδεσμολογίαν τῶν τυλιγμάτων τῶν τριφασικῶν μετασχηματιστῶν, δὲν θὰ τὰ ἐπαναλάβωμεν.

2) Τριφασικοὶ μετασχηματισταῖ.

Τὸ σχῆμα 2·7 ε (Α) παριστάνει σχηματικῶς πῶς εἰναι τοποθετημένα τὰ τρία τυλίγματα (φάσεις) Y.T. καὶ τὰ τρία τυλίγματα



Σχ. 2·7 ε.

Τριφασικὸς μετασχηματιστής ζεύξεως ἀστέρος - ἀστέρος.

(φάσεις) X.T. εἰς τὸν τριφασικὸν μετασχηματιστήν· τὰ τυλίγματα αὐτὰ δεχόμεθα ὅτι εἴναι περιελιγμένα κατὰ τὴν ἴδιαν φοράν, ως συμβαίνει συνήθως εἰς τὴν πρᾶξιν. Εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ σχήματος, τόσον τὰ τυλίγματα Y.T., ὅσον καὶ τὰ τυλίγματα X.T. εἴναι συνδεσμολογημένα κατ' ἀστέρα. Δηλαδὴ πρόκειται περὶ μετασχηματιστοῦ ζεύξεως ἀστέρος - ἀστέρος, ὅπως λέγομεν.

Τὰ ἐλεύθερα ἄκρα τῶν τριῶν φάσεων τῆς Y.T. ἔχουν συνδεθῆ εἰς τοὺς τρεῖς ἀντιστοίχους ἄκροδέκτας τοῦ καλύμματος τοῦ μετασχηματιστοῦ, οἱ ὅποιοι εἴναι χαρακτηρισμένοι μὲ τὰ κεφαλαῖα γράμματα U, V, W, (ἢ A, B, C, ἢ H₁, H₂, H₃). Ἀντιστοίχως οἱ τρεῖς ἄκροδέκται τῆς X.T. εἴναι χαρακτηρισμένοι μὲ τὰ μικρὰ γράμματα u, v, w (ἢ a, b, c, ἢ x₁, x₂, x₃). Αἱ συνδέσεις τῶν ἄκρων X, Y, Z, καὶ x, y, z, γίνονται ἐντὸς τοῦ μετασχηματιστοῦ καὶ σχηματίζουν τοὺς οὐδετέρους

κόμβους Υ.Τ. και Χ.Τ.. Εις ώρισμένους μετασχηματιστάς οἱ ούδέτεροι αύτοὶ κόμβοι συνδέονται μὲ ίδιαιτέρους ἀκροδέκτας ἐπὶ τοῦ καλύμματος, οἱ ὅποιοι φέρουν τότε τὸ γράμμα N (ἢ Mp η H₀) διὰ τὴν Υ.Τ. καὶ n (ἢ m_p η x₀) διὰ τὴν Χ.Τ.

Τὸ σχῆμα 2 · 7 ε (B) δίδει τὴν συμβολικὴν σχεδίασιν τῶν τυλιγμάτων μετασχηματιστοῦ ζεῦξεως ἀστέρος - ἀστέρος. Εἰς τὸ (Γ) τοῦ ίδιου σχήματος φαίνεται τὸ διανυσματικὸν διάγραμμα ὑψηλῆς καὶ χαμηλῆς τάσεως. "Οπως παρατηροῦμεν, εἰς τὴν ζεῦξιν αὐτὴν ἡ φασικὴ ἀπόκλισις μεταξὺ τῶν διανυσμάτων τῶν ἀντιστοίχων φάσεων είναι μηδενική.

Εἰς τὴν συνδεσμολογίαν ἀστέρος (διὰ τὴν ὑψηλὴν η χαμηλὴν τάσιν) ισχύουν αἱ γνωσταὶ σχέσεις:

$$U_\phi = \frac{U}{1,73}$$

$$I_\phi = I$$

Παράδειγμα.

Τριφασικὸς μετασχηματιστής κατεσκευάσθη διὰ νὰ τροφοδοτήται ἀπὸ δίκτυον τάσεως 380 V. Εἰς τὸ πλῆρες φορτίον του τὸ πρωτεῦον τύλιγμα ἀπορροφεῖ ἀπὸ τὸ δίκτυον ἔντασιν 10 A. Ἐὰν τοῦτο είναι συνδεσμολογημένον κατ' ἀστέρα, διὰ ποίαν τάσιν καὶ ποίαν ἔντασιν κατεσκευάσθη ἐκάστη φάσις τοῦ πρωτεύοντος τυλίγματος;

Λύσις:

'Ο ἀριθμὸς τῶν σπειρῶν ἐκάστης φάσεως τοῦ πρωτεύοντος τυλίγματος ὑπελογίσθη διὰ τάσιν:

$$U_{I_\phi} = \frac{U_1}{1,73} = \frac{380}{1,73} = 220 \text{ V}$$

'Η διατομὴ τοῦ ἀγωγοῦ, ἀπὸ τὸν ὅποιον είναι κατεσκευασμένη ἐκάστη φάσις τοῦ πρωτεύοντος τυλίγματος, ὑπελογίσθη δι' ἔντασιν:

$$I_{I_\phi} = I_1 = 10 \text{ A}$$

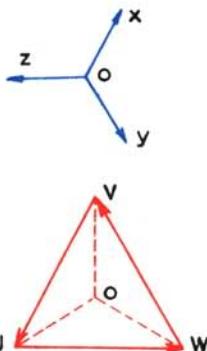
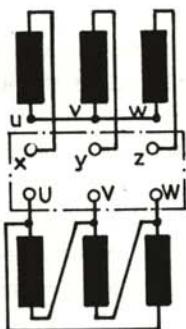
Εἰς τοὺς τριφασικούς μετασχηματιστὰς τὰ τυλίγματα Υ.Τ. η Χ.Τ. η καὶ τὰ δύο δύνανται νὰ συνδεσμολογηθοῦν καὶ κατὰ τρίγωνον.

Εἰς τὸ σχῆμα 2 · 7 στ παρίσταται μετασχηματιστής ζεύξεως τριγώνου-ἀστέρος, δηλαδὴ τριγώνου εἰς τὴν Y.Τ. καὶ ἀστέρος εἰς τὴν X.Τ.

Εἰς κάθε φάσιν τοῦ τυλίγματος Y.Τ. ἐφαρμόζονται τώρα αἱ πολικαὶ τάσεις τοῦ δικτύου. Συνεπῶς ισχύουν αἱ γνωσταὶ σχέσεις:

$$U_\phi = U$$

$$I_\phi = \frac{I}{1,73}$$



Σχ. 2 · 7 στ.

Τριφασικὸς μετασχηματιστής ζεύξεως τριγώνου - ἀστέρος.

Παράδειγμα.

Ἐάν δὲ μετασχηματιστής τοῦ προηγουμένου παραδείγματος ἔχῃ τὸ πρωτεῦον τύλιγμα συνδεσμολογημένον κατὰ τρίγωνον, διὰ ποίαν τάσιν καὶ διὰ ποίαν ἔντασιν κατεσκευάσθη ἐκάστη φάσις του;

Λύσις:

‘Ο ἀριθμὸς τῶν σπειρῶν ἐκάστης φάσεως τοῦ πρωτεύοντος τυλίγματος ὑπελογίσθη τώρα διὰ τάσιν:

$$U_{1\phi} = U_1 = 380 \text{ V}$$

‘Η διατομὴ τοῦ ἀγωγοῦ, ἀπὸ τὸν ὅποιον εἶναι κατεσκευασμένη ἐκάστη φάσις τοῦ πρωτεύοντος τυλίγματος, ὑπελογίσθη δι’ ἔντασιν:

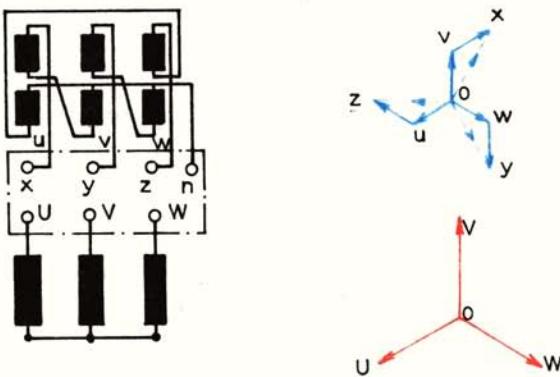
$$I_{1\phi} = \frac{I_1}{1,73} = \frac{10}{1,73} = 5,78 \text{ A}$$

Δηλαδὴ τώρα ἐκάστη φάσις τοῦ πρωτεύοντος τυλίγμα-

τος θά ἔχη μεγαλύτερον ἀριθμὸν σπειρῶν ἐξ ἀγωγοῦ μικροτέρας διατομῆς ἀπὸ ὅ, τι ὁ μετασχηματιστὴς τοῦ προτιγουμένου παραδείγματος.

Πρέπει νὰ παρατηρήσωμεν, ὅτι ὁ μετασχηματιστὴς τοῦ σχήματος 2 · 7 στὸ ἔχει τὸν οὐδέτερον κόμβον εἰς τὰ ὅνω ἄκρα u, v, w, τῶν τυλιγμάτων X.T. Τοῦτο ἔχει ὡς ἐπακόλουθον, αἱ τάσεις εἰς τὰ τυλιγματα αὐτὰ νὰ ἔχουν φασικὴν ἀπόκλισιν 180° ὡς πρὸς τὰς τάσεις τῶν ἀντιστοίχων τυλιγμάτων Y.T., δηλαδὴ τὸ διανυσματικὸν διάγραμμα τοῦ μετασχηματιστοῦ αὐτοῦ εἶναι ὅπως φαίνεται εἰς τὸ δεξιὸν μέρος τοῦ σχήματος 2 · 7 στ.

Εἰς τὰ τριφασικὰ δίκτυα διανομῆς ἡλεκτρικῆς ἐνέργειας μὲ οὐδέτερον, πολλάκις χρησιμοποιοῦνται μετασχηματισταὶ ὑποβιβασμοῦ, οἱ δόποιοι ἔχουν τὸ δευτερεῦον τῶν, δηλαδὴ τὴν X.T., συνδεσμολογημένον κατὰ τεθλασμένον ἀστέρα (ζὶγκ - ζάγκ). Εἰς τὴν συνδεσμολογίαν αὐτὴν τὸ τύλιγμα X.T. κάθε κορμοῦ εἶναι διηρημένον εἰς δύο τμήματα. "Ἐκαστὸν τμῆμα συνδέεται ἐν σειρᾶ μὲ μέρος ἀπὸ τὸ τύλιγμα χαμηλῆς τάσεως ἄλλου κορμοῦ. Τὸ σχῆμα 2 · 7 ζ δεικνύει μετασχηματιστὴν ζεύξεως ἀστέρος - τεθλασμένου ἀστέρος.



Σχ. 2 · 7 ζ.

Τριφασικὸς μετασχηματιστὴς ζεύξεως ἀστέρος - τεθλασμένου ἀστέρος.

Εἰς τὸ δεξιὸν μέρος τοῦ ἴδιου σχήματος φαίνεται τὸ διανυσματικὸν διάγραμμα τῶν τάσεων. "Οπως παρατηροῦμεν, τὸ διάνυσμα τῆς φασικῆς τάσεως $U_2 = \omega x$ τοῦ δευτερεύοντος τοῦ μετασχηματιστοῦ ἀποτελεῖται ἀπὸ ἓνα διάνυσμα ον παράλληλον πρὸς τὴν πρωτεύου-

σαν τάσιν ΟV καὶ ἀπὸ ἔνα διάνυσμα νχ μὲ φασικὴν ἀπόκλισιν 180° πρὸς τὴν πρωτεύουσαν τάσιν ΟU. Τοῦτο προκύπτει ἀπὸ τὸν τρόπον, ποὺ εἶναι συνδεσμολογημένα τὰ δύο μέρη, ἀπὸ τὰ ὅποια ἀποτελεῖται τὸ τύλιγμα X.T. τῆς φάσεως νχ (ἀριστερὸν μέρος τοῦ σχ. 2 · 7 ζ). Τὸ αὐτὸ συμβαίνει καὶ μὲ τὰς λοιπὰς φάσεις. Συνεπῶς κάθε ἔνα ἀπὸ τὰ δύο μέρη τοῦ τυλίγματος X.T., ποὺ φέρει κάθε κορμός, εἶναι κατεσκευασμένον διὰ τάσιν:

$$u_{2\phi} = ov = vx = \frac{ox}{1,73} = \frac{U_{2\phi}}{1,73}$$

Παράδειγμα.

Διὰ ποίαν τάσιν πρέπει νὰ κατασκευασθῇ ἔκαστον μέρος τοῦ δευτερεύοντος τυλίγματος ζεύξεως τεθλασμένου ἀστέρος μετασχηματιστοῦ, ὁ ὅποιος πρέπει νὰ δίδῃ πολικὴν τάσιν 400 V; Πόσον τοῖς ἔκαστον περισσοτέρας σπείρας ἔχει ἔναντι μετασχηματιστοῦ μὲ ζεῦξιν δευτερεύοντος κατ' ἀστέρα;

Λύσις:

$$\text{"Εχομεν: } U_{2\phi} = \frac{U_2}{1,73} = \frac{400}{1,73} = 231 \text{ V}$$

$$\text{"Ἄρα: } ov = vx = \frac{U_{2\phi}}{1,73} = \frac{231}{1,73} = 133 \text{ V}$$

Εἰς τὴν ζεῦξιν τεθλασμένου ἀστέρος εἰς κάθε κορμὸν ἔχομεν δύο τυλίγματα, ἔκαστον τῶν ὅποιών δίδει τάσιν 133 V, ὅπως προέκυψεν ἀπὸ τὸ παράδειγμα. Δηλαδὴ ὁ ἀριθμὸς σπειρῶν καὶ τῶν δύο τυλιγμάτων θὰ ἀντιστοιχῇ εἰς τάσιν $2 \times 133 = 266$ V, ἔναντι 231 V, εἰς τὴν ὅποιαν ἀντιστοιχεῖ ὁ ἀριθμὸς σπειρῶν ἔκαστου τυλίγματος X.T. εἰς τὴν συνδεσμολογίαν ἀστέρος. Συνεπῶς ἡ συνδεσμολογία διπλοῦ ἀστέρος ἀπαιτεῖ περισσοτέρας σπείρας κατά:

$$\frac{266 - 231}{231} \times 100 \% = \frac{35}{231} \times 100 \% = 15 \%$$

Τὸ ὅτι ἀπαιτοῦν περισσοτέρας σπείρας ἀποτελεῖ μειονέκτημα τῶν μετασχηματιστῶν τεθλασμένου ἀστέρος. Χρησιμοποιοῦνται ὅμως, ὅταν ἔχωμεν μεγάλην ἀνομοιομορφίαν εἰς τὴν φόρτισιν τῶν τριῶν

φάσεων τοῦ δευτερεύοντος τοῦ μετασχηματιστοῦ, ὅπότε περιορίζουν τὴν προκαλουμένην, ἀπὸ τὴν ἀνομοιόμορφον φόρτισιν, κακὴν λειτουργίαν τοῦ μετασχηματιστοῦ. Ἐπίσης μὲ τὴν συνδεσμολογίαν τεθλασμένου ἀστέρος, ὅπως καὶ μὲ τὴν συνδεσμολογίαν ἀστέρος, ἔχομεν τὴν δυνατότητα ἑξαγωγῆς οὐδετέρου, ποὺ εἶναι ἀπαραίτητος εἰς τὰ τριφασικὰ δίκτυα διανομῆς τεσσάρων ἀγωγῶν.

3) Κατάταξις τριφασικῶν μετασχηματιστῶν εἰς ὁμάδας.

Ἐξ ὅσων ἀνεφέραμεν εἰς τὸ προηγούμενον ἐδάφιον συμπεραίνομεν, ὅτι ὑπάρχουν πολλοὶ συνδυασμοὶ εἰς τὴν συνδεσμολογίαν τῶν τυλιγμάτων τῶν τριφασικῶν μετασχηματιστῶν. Ὁ Πίνακς 2 · 7 · 1 δίδει ὅλας τὰς συνδεσμολογίας, αἱ ὅποιαι χρησιμοποιοῦνται εἰς τὴν πρᾶξιν. Ὁ ἀναφερόμενος εἰς τὸν πίνακα αὐτὸν συμβολισμὸς ἐκάστου μετασχηματιστοῦ εἶναι ὁ διεθνῆς συμβολισμός. Τὰ χρησιμοποιούμενα γράμματα δίδουν ἀμέσως καὶ τὸ εἶδος τῆς συνδεσμολογίας. Τὸ πρῶτον γράμμα (κεφαλαῖον) δίδει τὴν ζεῦξιν τοῦ τυλίγματος Y.T., τὸ δὲ δεύτερον (μικρὸν) τοῦ τυλίγματος X.T., ἥτοι:

Κατὰ τρίγωνον = D, d

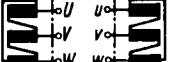
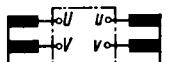
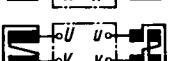
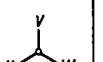
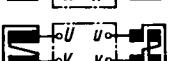
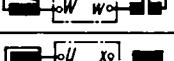
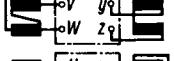
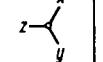
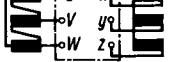
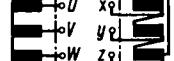
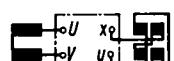
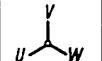
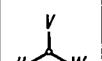
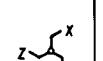
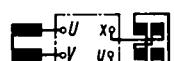
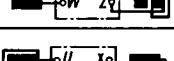
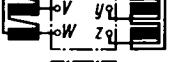
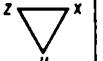
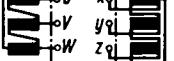
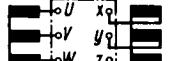
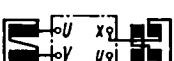
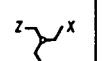
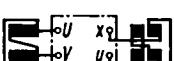
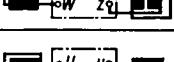
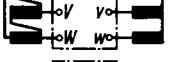
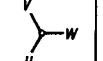
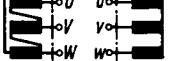
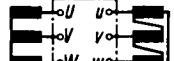
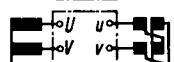
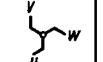
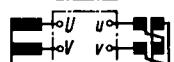
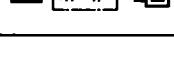
Κατ' ἀστέρα = Y, y

Κατὰ τεθλασμένον ἀστέρα = Z, z

Μετὰ τὰ δύο γράμματα ἀκολουθεῖ ἔνας ἀριθμὸς (0, 5, 6, 11), ὃ ὅποιος εἶναι ὁ ἀριθμὸς τῆς ὁμάδος, εἰς τὴν ὅποιαν ἀνήκει ὁ μετασχηματιστής καὶ ἔχει τὴν ἀκόλουθον σημασίαν: Ἐάν τὸν πολλαπλασιάσωμεν ἐπὶ 30°, μᾶς δίδει τὴν γωνίαν κατὰ τὴν ὅποιαν τὰ διανύσματα τῶν τάσεων τῆς X.T. καθυστεροῦν ἔναντι τῶν ἀντιστοίχων διανυσμάτων τῆς Y.T. (π.χ. ὁ μετασχηματιστής τοῦ σχήματος 2 · 7 εἴχει συμβολισμὸν Yy 0, διότι ἡ γωνία μεταξύ τῶν ἀντιστοίχων διανυσμάτων Y.T. καὶ X.T. εἶναι μηδενική).

Ἄπὸ τὴν σημασίαν, ποὺ ἔχει ὁ χαρακτηριστικὸς ἀριθμὸς τῆς ὁμάδος, συμπεραίνομεν ὅτι ὅλοι οἱ μετασχηματισταί, ποὺ ἀνήκουν εἰς μίαν ὁμάδα, ἔχουν τάσεις εἰς τὸ δευτερεῦον, αἱ ὅποιαι εἶναι ἐν φάσει μεταξύ των, ὅταν τὰ πρωτεύοντά των τροφοδοτοῦνται ἀπὸ τὸ ἴδιον δίκτυον. Τοῦτο φαίνεται καὶ ἀπὸ τὰ διανυσματικὰ διαγράμματα τοῦ Πίνακος 2 · 7 · 1, εἰς τὰ ὅποια δὲν ἔχουν σημειωθῆ ᝧάριν ἀπλότητος τὰ βέλη τῶν διανυσμάτων.

Συνδεσμολογίαι τριφασικῶν μετασχηματιστῶν

Όμάς	Συμβολισμός	Διανυσματικὸν διάγραμμα Y.T. X.T.	Συνδεσμολογία Y.T. X.T.
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	 	  

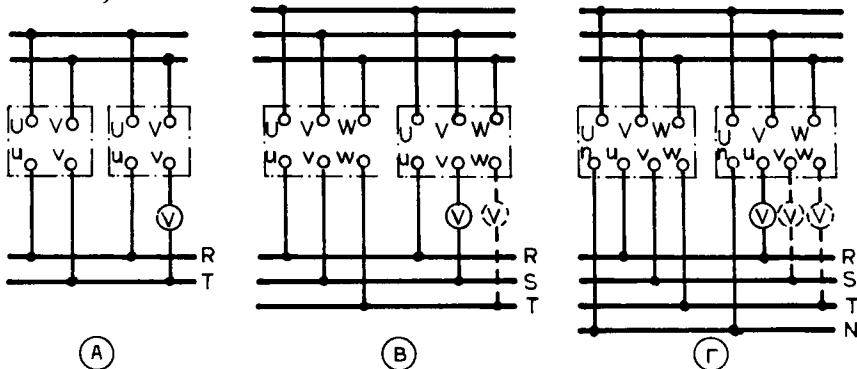
2 · 8 Παράλληλος λειτουργία μετασχηματιστῶν.

"Όταν ἔνας μετασχηματιστής δὲν ἐπαρκῇ διὰ τὴν τροφοδότησιν ἐνὸς φωρτίου, π.χ. ἐνὸς δικτύου, τότε πρέπει νὰ τὸν ἀντικαταστήσωμεν μὲ ἄλλον μεγαλυτέρας ἴσχυος ἢ παραλλήλως πρὸς αὐτὸν νὰ συνδέσωμεν ἔνα δεύτερον μετασχηματιστήν, ὁ ὅποιος νὰ ἀναλάβῃ μέρος τοῦ φορτίου.

Διὰ νὰ είναι δυνατὴ ἡ παραλλήλος λειτουργία μετασχηματιστῶν πρέπει νὰ πληροῦνται αἱ ἀκόλουθοι συνθῆκαι:

α) Νὰ είναι κατεσκευασμένοι διὰ τὴν αὐτὴν τάσιν πρωτεύοντος καὶ διὰ τὴν αὐτὴν τάσιν δευτερεύοντος.

β) Νὰ ἀνήκουν εἰς τὴν αὐτὴν ὁμάδα συνδεσμολογίας (Πίναξ 2 · 7 · 1).



Σχ. 2 · 8.

Ορθὴ σύνδεσις ἀκροδεκτῶν.

γ) Νὰ ἔχουν ἵσας τάσεις βραχυκυκλώσεως.

δ) Νὰ γίνη σωστὴ σύνδεσις τῶν ἀντιστοίχων ἀκροδεκτῶν.

Αἱ τρεῖς πρῶται συνθῆκαι δύνανται εὐκόλως νὰ ἔξακριβωθοῦν ἀπὸ τὰ στοιχεῖα, ποὺ ἀναγράφονται εἰς τὰς πινακίδας τῶν μετασχηματιστῶν. Ἡ ἔξακριβωσις τῆς τετάρτης συνθήκης, ἐὰν δὲν εἴμεθα βέβαιοι διὰ τὴν ἀντιστοίχιαν τῶν ἀκροδεκτῶν, γίνεται μὲ τὴν βολτομέτρου μὲ κλίμακα μετρήσεων διπλασίαν τῆς τάσεως τοῦ δευτερεύοντος τῶν μετασχηματιστῶν. Τὸ σχῆμα 2 · 8 δεικνύει τὴν χρῆσιν τοῦ βολτομέτρου διὰ τὸν σκοπὸν αὐτόν, ὅταν χρησιμοποιῆται μονοφασικὸς μετασχηματιστής (Α), τριφασικὸς μετασχηματιστής ἀνευ οὐδετέρου (Β) καὶ τριφασικὸς μετασχηματιστής μετ' οὐδετέρου (Γ).

Συνδέομεν δηλαδή τὸν ἔνα ἀκροδέκτην τῆς X.T. τοῦ πρὸς παραλληλισμὸν μετασχηματιστοῦ μὲ τὸν ἀντίστοιχον ζυγὸν X.T. καὶ κατόπιν τοποθετοῦμεν τὸ βολτόμετρον διαδοχικῶς μεταξὺ τῶν ὑπολοίπων ἀκροδεκτῶν καὶ τῶν ἀντίστοιχων ζυγῶν X.T. Εἰς καμμίαν περίπτωσιν τὸ βολτόμετρον δὲν πρέπει νὰ δείξῃ τάσιν.

Ἐάν πληροῦνται ὅλαι αἱ συνθῆκαι, ποὺ ἀνεφέραμεν, τότε οἱ μετασχηματισταὶ θὰ λειτουργήσουν ἐν παραλλήλῳ κατὰ ἀπολύτως ἰκανοποιητικὸν τρόπον καὶ ἔκαστος θὰ ἀναλάβῃ ἀπὸ τὸ συνολικὸν φορτίον μέρος ἀνάλογον πρὸς τὴν ὄνομαστικὴν ἴσχύν του.

Εἰς τὴν πρᾶξιν ὅμως σπανίως συμβαίνει νὰ ἔχωμεν μετασχηματιστὰς μὲ ἀπολύτως ἵσας τάσεις βραχυκυκλώσεως. Δεχόμεθα τότε ὅτι ἡ τρίτη συνθήκη πληροῦται, ὅταν αἱ τάσεις βραχυκυκλώσεως δὲν διαφέρουν μεταξὺ τῶν περισσότερον ἀπὸ 10 %. "Οταν ἡ διαφορὰ εἴναι μεγαλυτέρα, ὁ μετασχηματιστὴς μὲ τὴν μικροτέραν τάσιν βραχυκυκλώσεως θὰ ἀναλάβῃ φορτίον μεγαλύτερον ἀπὸ αὐτὸ ποὺ τοῦ ἀναλογεῖ βάσει τῆς ἴσχύος του. "Ετσι ὑπάρχει ἐνδεχόμενον ἔνας μικρὸς μετασχηματιστής, ἐργαζόμενος ἐν παραλλήλῳ μὲ ἔνα μεγάλον νὰ ὑπερφορτωθῇ. Διὰ τὸν λόγον αὐτὸν δὲν θέτομεν εἰς παράλληλον λειτουργίαν μετασχηματιστάς, ποὺ ἔχουν σχέσιν ὄνομαστικῆς ἴσχύος μεγαλυτέραν τοῦ 3 : 1. Θὰ πρέπει μάλιστα ὁ μικρότερος μετασχηματιστὴς νὰ ἔχῃ κατά τι μεγαλυτέραν τάσιν βραχυκυκλώσεως διὰ νὰ μὴ δημιουργοῦνται συνθῆκαι ὑπερφορτώσεώς του.

"Οταν ἔχωμεν μεγάλας διαφορὰς εἰς τὰς τάσεις βραχυκυκλώσεως, συνδέομεν ἐν σειρᾶ μὲ τὸν μετασχηματιστήν, ποὺ ἔχει τὴν μικροτέραν τάσιν βραχυκυκλώσεως, εἰδικὰ στραγγαλιστικὰ πηνία. Τὸ μέγεθος αὐτῶν τῶν πηνίων προσδιορίζεται ἐκ τῆς διαφορᾶς τῶν τάσεων βραχυκυκλώσεως καὶ ἐκ τῆς ἴσχύος.

Παράδειγμα.

Δύο μετασχηματισταὶ ὄνομαστικῆς ἴσχύος $N_1 = 40 \text{ kVA}$ καὶ $N_{II} = 80 \text{ kVA}$ ἔχουν τὴν ἴδιαν τάσιν βραχυκυκλώσεως 4 %. "Αν οἱ μετασχηματισταὶ αὐτοὶ παραλλήλως ἐργαζόμενοι τροφοδοτοῦν φορτίον $N' = 90 \text{ kVA}$, πόσην ἴσχὺν δίδει ἔκαστος;

Λύσις:

Συμφώνως πρὸς τὰ ἀνωτέρω ἔκαστος ἀναλαμβάνει μέρος τῆς ἴσχύος ἀνάλογον πρὸς τὴν ὄνομαστικήν του ἴσχύν. "Αν ὁν-

μάσωμεν τὰ μέρη αὐτὰ N'_I καὶ N'_II ἀντιστοίχως θὰ ἔχωμεν:

$$\frac{N'_I}{N_I} = \frac{N'_II}{N_{II}} \quad \text{καὶ} \quad N'_I + N'_II = N'$$

$$\text{ἢ} \quad \frac{N'_I}{40} = \frac{N'_II}{80} \quad \text{καὶ} \quad N'_I + N'_II = 90 \text{ kVA}$$

$$\text{ἢ} \quad N'_II = 2 N'_I \quad \text{καὶ} \quad N'_I + 2 N'_I = 90 \text{ kVA}$$

$$\text{ἢ} \quad N'_I = \frac{90}{3} = 30 \text{ kVA} \quad \text{καὶ} \quad N'_II = 2 \times 30 = 60 \text{ kVA}$$

Τέλος πρέπει νὰ σημειώσωμεν ὅτι, ὅταν οἱ μετασχηματισταὶ ἔχουν μεταγωγεῖς μὲν λήψεις τυλιγμάτων (παράγρ. 2 · 7, ἑδάφιον 1), θὰ πρέπει οἱ μεταγωγεῖς εἰς ὅλους τοὺς μετασχηματιστὰς ποὺ λειτουργοῦν παραλλήλως νὰ εἰναι εἰς τὴν αὐτὴν θέσιν. Διαφορετικὰ θὰ ἔχωμεν κυκλοφοροῦντα ρεύματα μεταξὺ τῶν δευτερεύοντων τῶν μετασχηματιστῶν, ἐστω καὶ ἀν πληροῦνται αἱ συνθῆκαι παραλλήλου λειτουργίας, ποὺ ἀνεφέραμεν εἰς τὴν ἀρχὴν αὐτῆς τῆς παραγράφου.

2 · 9 Αὐτομετασχηματισταί.

Μονοφασικὸς αὐτομετασχηματιστὴς εἶναι ὁ μετασχηματιστής, ὁ ὅποιος ἀπὸ ἡλεκτρικῆς ἀπόψεως ἔξεταζόμενος, ἔχει ἔνα μόνον τύλιγμα, τοῦ ὅποιου τὰ ἄκρα ἀποτελοῦν τοὺς ἀκροδέκτας U καὶ V τῆς ὑψηλῆς τάσεως. Οἱ ἀκροδέκται u καὶ v τῆς χαμηλῆς τάσεως εἶναι συνδεδεμένοι μὲ τὸ ἔνα ἄκρον A τοῦ τυλίγματος καὶ μὲ μίσαν ἐνδιάμεσον λῆψιν B αὐτοῦ, ὅπως φαίνεται εἰς σχῆμα 2 · 9 α. "Αρα τὸ τμῆμα AB τοῦ τυλίγματος ἀνήκει καὶ εἰς τὸ πρωτεῦον καὶ εἰς τὸ δευτερεῦον τοῦ μετασχηματιστοῦ.

"Οσα ἔχομεν ἀναφέρει διὰ τὸν μονοφασικὸν μετασχηματιστὴν μὲ δύο ξεχωριστὰ τυλίγματα (παράγραφοι 2 · 5 καὶ 2 · 6), ισχύουν καὶ διὰ τὸν μονοφασικὸν αὐτομετασχηματιστὴν. Ισχύουν συνεπῶς κατὰ προσέγγισιν καὶ αἱ σχέσεις:

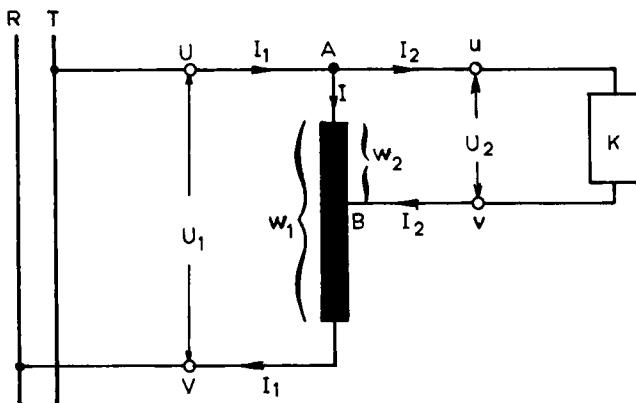
$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{w_1}{w_2} = K \quad \text{ἢ} \quad U_2 = \frac{U_1}{K}$$

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{w_1}{w_2} = K \quad \text{ἢ} \quad I_2 = K I_1$$

ὅπου: U_1 , I_1 και w_1 είναι τὰ γνωστά μεγέθη τοῦ πρωτεύοντος τοῦ μετασχηματιστοῦ καὶ U_2 , I_2 , w_2 , τὰ ἀντίστοιχα τοῦ δευτερεύοντος.

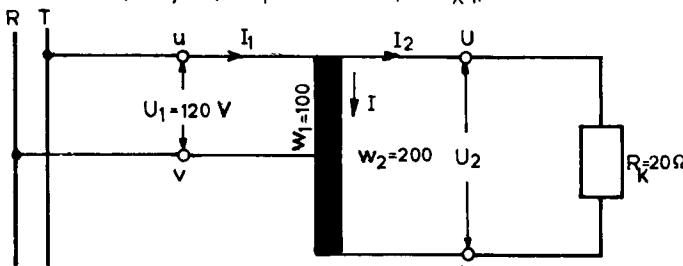
Τὸ κοινὸν τμῆμα AB τοῦ τυλίγματος διαρρέεται ἀπὸ ἔντασιν I , ποὺ είναι περίπου ἵση μὲ τὴν διαφορὰν τῶν δύο ἐντάσεων I_1 καὶ I_2 :

$$I = I_1 - I_2$$



Σχ. 2·9 α.

Συνδεσμολογία μονοφασικοῦ αύτομετασχηματιστοῦ.



Σχ. 2·9 β.

Παράδειγμα.

Αύτομετασχηματιστής τροφοδοτεῖται μὲ τάσιν $U_1 = 120 \text{ V}$. Οἱ ὀριθμὸι σπειρῶν τοῦ πρωτεύοντος είναι $w_1 = 100$. Τὸ ὅλον τύλιγμα ἔχει $w_2 = 200$ σπείρας. Εὰν εἰς τὸ δευτερεύον τοῦ μετασχηματιστοῦ είναι συνδεδεμένος καταναλωτής ὡμικῆς ἀντίστασεως 20Ω , νὰ ὑπολογισθῇ ἡ ἐντασις, ποὺ ὁ αύτομετασχηματιστής ἀπορροφεῖ ἀπὸ τὸ δίκτυον καθὼς καὶ ἡ ἐντασις εἰς τὸ κοινὸν μέρος τοῦ τυλίγματός του.

Λύσις:

Ό ο αύτομετασχηματιστής αύτός έχει τό δευτερεύον ώς Υ.Τ. (σχ. 2 · 9 β). Αἱ σχέσεις ισχύουν ώς έδόθησαν. Συνεπώς έχομεν:

$$K = \frac{w_1}{w_2} = \frac{100}{200} = \frac{1}{2}$$

*Αρα: $U_2 = \frac{U_1}{K} = \frac{120}{1/2} = 240 \text{ V}$

Μάς δίδεται ή όμική άντιστασις τοῦ καταναλωτοῦ $R_k = 20 \Omega$

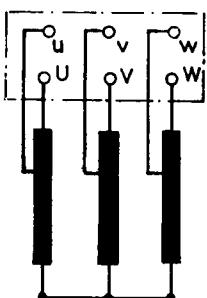
*Αρα: $I_2 = \frac{U_2}{R_k} = \frac{240}{20} = 12 \text{ A}$

Συνεπώς ή εντασις, ποὺ δ αύτομετασχηματιστής ἀπορροφεῖ ἀπὸ τὸ δίκτυον τροφοδοτήσεως, είναι:

$$I_1 = \frac{I_2}{K} = \frac{12}{1/2} = 24 \text{ A}$$

καὶ $I = I_1 - I_2 = 24 - 12 = 12 \text{ A}$

Αποτέλεσμα τῆς μειωμένης ἐντάσεως εἰς τὸ κοινὸν τμῆμα τοῦ



Σχ. 2 · 9 γ.

Τριφασικὸς αύτομετασχηματιστής.

ποιοῦνται εἰς ειδικὰς μόνον περιπτώσεις καὶ κατασκευάζονται διὰ σχέσεις μεταφορᾶς ποὺ πλησιάζουν τὴν μονάδα (π.χ. 1/2).

Τὸ σχῆμα 2 · 9 γ δεικνύει τὴν συνδεσμολογίαν τριφασικοῦ αὐτομετασχηματιστοῦ, δ ὅποιος, συμφώνως πρὸς ὅσα ἀνεφέρθησαν εἰς τοὺς μονοφασικοὺς αὐτομετασχηματιστάς, ἔχει εἰς κάθε κορμὸν τοῦ πυρῆνος ἐνα μόνον τύλιγμα.

2 · 10 Χαρακτηριστικά στοιχεία τῶν μετασχηματιστῶν.

Ἐπὶ τῆς πινακίδος, ποὺ φέρει κάθε μετασχηματιστής, ἐκτὸς τοῦ ὀνόματος τοῦ ἔργοστασίου κατασκευῆς καὶ τοῦ ἀριθμοῦ κατασκευῆς, ἀναγράφονται συνήθως καὶ τὰ ἀκόλουθα χαρακτηριστικά στοιχεῖα:

α) Ἡ ὀνομαστικὴ ἴσχυς τοῦ μετασχηματιστοῦ εἰς VA ἢ kVA. Εἰναι ἡ φαινομένη ἴσχυς, τὴν ὅποιαν δύναται νὰ ἀποδίδῃ συνεχῶς τὸ δευτερεῦον τοῦ μετασχηματιστοῦ ὑπὸ τὴν ὀνομαστικὴν τάσιν, χωρὶς κίνδυνον ὑπερθερμάνσεως, ὅταν ἡ θερμοκρασία τοῦ περιβάλλοντος δὲν ὑπερβαίνῃ ὥρισμένα δρια.

β) Ὁ ἀριθμὸς τῶν φάσεων τοῦ μετασχηματιστοῦ.

γ) Ἡ ὀνομαστικὴ συχνότης, δηλαδὴ ἡ συχνότης τοῦ ρεύματος, διὰ τὴν ὅποιαν ἴσχύουν τὰ χαρακτηριστικὰ στοιχεῖα τοῦ μετασχηματιστοῦ.

δ) Ἡ ὀνομαστικὴ τάσις πρωτεύοντος καὶ ἡ ὀνομαστικὴ τάσις δευτερεύοντος διὰ τὴν ἐν κενῷ λειτουργίαν εἰς V. "Οταν π.χ. ἀναγράφῃ ἡ πινακίς ὀνομαστικὴν τάσιν 20 000 – 231/400 V, σημαίνει ὅτι ὁ μετασχηματιστής (πρόκειται προφανῶς διὰ τριφασικὸν μετασχηματιστήν), ὅταν τροφοδοτηθῇ εἰς τὸ πρωτεύον ἀπὸ τριφασικὸν δίκτυον (πολικῆς) τάσεως 20 000 V, θὰ ἀποδώσῃ εἰς τὸ δευτερεῦον τάσιν ἐν κενῷ φασικὴν μὲν 231 V, πολικὴν δὲ 400 V. Εἰς ὥρισμένους μετασχηματιστὰς ἀντὶ τῆς ἐν κενῷ τάσεως τοῦ δευτερεύοντος δίδεται ἡ τάσις ὑπὸ τὸ ὄνομαστικὸν φορτίον.

ε) Ἡ τάσις βραχυκυκλώσεως τοῦ μετασχηματιστοῦ ἐπὶ τοῖς ἑκατόν, συμφώνως πρὸς ὅσα ἀνεφέρθησαν εἰς τὴν παράγραφον 2 · 6, ἐδάφιον 4.

στ) Ἡ ὁμάς, εἰς τὴν ὅποιαν ἀνήκει ἀπὸ ἀπόψεως συνδεσμολογίας τῶν τυλιγμάτων του ὁ (τριφασικὸς) μετασχηματιστής, π.χ. Dy1 (παράγρ. 2 · 7, ἐδάφιον 3).

Ἡ πινακίς τῶν μετασχηματιστῶν δὲν ἀναγράφει συνήθως τὰς ὀνομαστικὰς ἐντάσεις πρωτεύοντος καὶ δευτερεύοντος τοῦ μετασχημα-

τιστοῦ, είναι ὅμως εὔκολον νὰ τὰς ὑπολογίσωμεν ἀπὸ τὴν ὀνομαστικὴν ἰσχὺν καὶ τὰς ὀνομαστικὰς τάσεις.

2 · 11 "Ορια φορτίσεως τῶν μετασχηματιστῶν.

"Οπως ἀνεφέραμεν, ἡ ὀνομαστικὴ ἰσχὺς ἐνὸς μετασχηματιστοῦ είναι ἡ φαινομένη ἰσχύς, τὴν ὅποιαν δύναται νὰ παρέχῃ συνεχῶς τὸ δευτερεῦον τοῦ μετασχηματιστοῦ ὑπὸ τὴν ὀνομαστικὴν τάσιν του, χωρὶς ἡ θερμοκρασία τῶν τυλιγμάτων του εἰς τὸ θερμότερον σημεῖον νὰ ὑπερβῇ ἔνα ὄριον καθωρισμένον ἀπὸ τὸν κατασκευαστὴν βάσει τῆς ποιότητος τῶν χρησιμοποιηθέντων μονωτικῶν.

Διὰ τὸν καθορισμὸν τῆς θερμοκρασίας αὐτῆς οἱ κατασκευασταὶ λαμβάνουν ὑπ' ὄψιν των ὥρισμένην θερμοκρασίαν τοῦ περιβάλλοντος, βάσει τῶν σχετικῶν κανονισμῶν, καὶ τὴν ἀνύψωσιν τῆς θερμοκρασίας ποὺ προκαλεῖται κατὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ μετασχηματιστοῦ ἀπὸ τὴν θερμότητα τῶν ἀπωλειῶν.

Αἱ θερμοκρασίαι αὐταὶ κατὰ τοὺς Γερμανικοὺς Κανονισμοὺς είναι :

α) Διὰ τὸ περιβάλλον. Μεγίστη θερμοκρασία ἀέρος 40°C . Μέση θερμοκρασία ἀέρος εἰς 24 ὥρας 30°C . Μέση ἔτησία θερμοκρασία ἀέρος 20°C .

β) Διὰ τὴν ἀνύψωσιν τῆς θερμοκρασίας τοῦ μετασχηματιστοῦ λαμβάνονται ὑπ' ὄψιν αἱ τιμαὶ τοῦ Πίνακος 2 · 11 · 1.

Π Ι Ν Α Ε 2 · 11 · 1

'Επιτρεπομένη ἀνύψωσις τῆς θερμοκρασίας μετασχηματιστῶν (εἰς $^{\circ}\text{C}$)

	Κλάσις μονωτικῶν ὄλικῶν					
	A	A_0	E	B	F	H
Εἰς τὰ τυλίγματα	60	65	75	80	100	135
Εἰς τὸ ἀνω μέρος τοῦ ἔλαιου	—	60	—	—	—	—

Αἱ εἰς τὸν πίνακα ἀναφερόμεναι κλάσεις μονωτικῶν ὄλικῶν περιλαμβάνουν:

Κλάσις A. 'Οργανικὰ ὄλικὰ (ώς βάμβαξ, μέταξα, χάρτης, ἐμποτισμένα μὲν μονωτικάς ούσιας).

Κλάσις A₀. 'Οργανικὰ ὄλικὰ (ώς ἀνωτέρω καὶ μονωτικαὶ βαφαὶ ἐπὶ τῶν ἀγωγῶν ἐμβαπτισμένα ἐντὸς ἔλαιου).

Κλάσις E. Συνθετικὸς χάρτης (*Kraft Paper*) καὶ μονωτικαὶ βαφαὶ ἐπὶ τῶν ἀγωγῶν ἀνευ ἐμποτίσεως μὲν μονωτικάς ούσιας.

Κλάσις Β. Ἀνόργανα ύλικά (ώς μίκα, ἀμίαντος, υάλος, ἐμποτισμένα μὲ συνθετικὴν ρητίνην).

Κλάσις Φ. Ὡς ἡ κλάσις Β ἐμποτισμένα μὲ εἰδικάσ ούσιας.

Κλάσις Η. Ὡς ἡ κλάσις Β ἐμποτισμένα μὲ καθαρὰς σιλικόνας.

"Οταν ἡ θερμοκρασία τοῦ περιβάλλοντος δὲν εἶναι αὐτή ποὺ ἔλαβεν ὑπ' ὄψιν του ὁ κατασκευαστής ἢ ὅταν ἡ προηγηθεῖσα φόρτισις τοῦ μετασχηματιστοῦ δὲν ἥτο συνεχῆς καὶ ἵση πρὸς τὴν ὀνομαστικὴν ἴσχυν τοῦ μετασχηματιστοῦ, τότε ἡ ἴσχυς, τὴν ὁποίαν δύναται νὰ μᾶς δώσῃ διαφορούσσης, χωρὶς κίνδυνον νὰ ὑποστῇ μεταβολὴν ἡ διάρκεια ζωῆς του, εἶναι διάφορος τῆς ὀνομαστικῆς του. Δύναται νὰ εἶναι μεγαλυτέρα ἢ καὶ μικροτέρα αὐτῆς.

Ἡ ἔξετασις τῶν παραγόντων, οἱ ὁποῖοι καθορίζουν τὸ πόσον μεγαλυτέρα ἢ μικροτέρα δύναται νὰ εἶναι ἡ φόρτισις ἐνὸς μετασχηματιστοῦ δὲν ἐμπίπτει εἰς τοὺς σκοπούς τοῦ βιβλίου αὐτοῦ. Ἀναφέρομεν μόνον, ὅτι εἰς ἐγκαταστάσεις μεγάλων μετασχηματιστῶν ὑπάρχουν κατάλληλα ὅργανα, τὰ ὅποια μᾶς δίδουν τὰ στοιχεῖα ἐκεῖνα, ποὺ χρειαζόμεθα διὰ νὰ καθορίζωμεν τὴν ἐπιτρεπομένην κάθε φορὰν φόρτισιν τοῦ μετασχηματιστοῦ.

*Ενδεικτικῶς δίδομεν κατωτέρω μερικὰ στοιχεῖα διὰ τὴν ἐπιτρεπομένην ὑπερφόρτισιν τῶν μετασχηματιστῶν, τὰ ὅποια εἶναι σύμφωνα μὲ τοὺς Γερμανικοὺς Κανονισμούς.

Ο Πίναξ 2 · 11 · 2 δίδει τὴν ἐπιτρεπομένην ὑπερφόρτισιν ξηρῶν μετασχηματιστῶν μὲ μονωτικὰ κλάσεως Α ώς καὶ τὴν διάρκειαν αὐτῆς, ὅταν ἡ μέση θερμοκρασία τοῦ ἀέρος ψύξεως δὲν ὑπερβαίνῃ τοὺς 25° C καὶ ἡ προηγηθεῖσα φόρτισις τοῦ μετασχηματιστοῦ ἥτο μικροτέρα τῆς ὀνομαστικῆς. Διὰ μονωτικὰ κλάσεως Ε καὶ Β πρέπει νὰ ληφθῇ ὡς διάρκεια ὑπερφορτίσεως τὸ 90% καὶ 85% ἀντιστοίχως.

Π Ι Ν Α Ε 2.11.2

Διάρκεια ὑπερφορτίσεως ξηρῶν μετασχηματιστῶν

Προηγηθεῖσα συνεχῆς φόρτισις % τῆς ὀνομαστικῆς ἴσχυος	Διάρκεια ὑπερφορτίσεως, δι' ὑπερφόρτισιν % τῆς ὀνομαστικῆς ἴσχυος				
	10% min	20% min	30% min	40% min	50% min
50	60	30	20	15	12
75	55	23	15	11	9
90	45	16	10	7	5

‘Ο Πίναξ 2 · 11 · 3 δίδει τὰ αύτὰ στοιχεῖα διὰ μετασχηματιστάς ἑλαίου μὲ φυσικήν κυκλοφορίαν ἑλαίου καὶ ἄνευ ἀνεμιστήρων διὰ τὸν ἀέρα, εἰς τοὺς ὅποιους λαμβάνεται ὑπ’ ὅψιν καὶ ἡ θερμοκρασία τοῦ ἑλαίου κατὰ τὴν ἔναρξιν τῆς ὑπερφορτίσεως. ‘Η θερμοκρασία τοῦ ἀέρος ψύξεως κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς ὑπερφορτίσεως δὲν πρέπει νὰ ὑπερβαίνῃ τοὺς 25° C.

Π Ι Ν Α Ζ 2.11.3

Διάρκεια ὑπερφορτίσεως μετασχηματιστῶν ἑλαίου

Προηγηθεῖσα συνεχής φόρτιση % τῆς ὀνομαστικῆς ισχύος	Θερμοκρασία ἑλαίου κατὰ τὴν ἔναρξιν ὑπερφορτίσεως	Διάρκεια ὑπερφορτίσεως, δι’ ὑπερφορτισμού % τῆς ὀνομαστικῆς ισχύος				
		10% h	20% h	30% min	40% min	50% min
50	55	3	1,5	60	30	15
75	68	2	1	30	15	8
90	78	1	0,5	15	8	4

Ἐὰν ἡ θερμοκρασία τοῦ ἀέρος τοῦ περιβάλλοντος διαφέρῃ ἀπὸ αὐτὴν ποὺ ἐλήφθη ὡς βάσις διὰ τὸν καθορισμὸν τῆς ισχύος τοῦ μετασχηματιστοῦ (παράγρ. 2.11), τότε οἱ μετασχηματισταὶ ἑλαίου μὲ φυσικήν κυκλοφορίαν ἑλαίου καὶ ἄνευ ἀνεμιστήρων διὰ τὸν ἀέρα, δύνανται νὰ φορτισθοῦν συνεχῶς σύμφωνα μὲ τὰ στοιχεῖα ποὺ δίδει ὁ Πίναξ 2 · 11 · 4.

Π Ι Ν Α Ζ 2.11.4

Ἐπιτρεπομένη συνεχής φόρτισις μετασχηματιστῶν ἑλαίου διὰ θερμοκρασίαν ἀέρος διάφορον τῆς ληφθείσης ὡς βάσεως

Διαφορὰ θερμοκρασίας ἀέρος ἀπὸ ληφθείσαν ὡς βάσιν	- 20° C	- 10° C	0° C	+ 10° C	+ 20° C
Συνεχής φόρτιση % τῆς ὀνομαστικῆς ισχύος	121	111	100	91	81

2 · 12 Βαθμὸς ἀποδόσεως μετασχηματιστοῦ.

“Οπως ἔξι γῆσαμεν, ὁ μετασχηματιστὴς δὲν ἔχει κινούμενα μέρη. Συνεπῶς δὲν ὑπάρχουν μηχανικαὶ ἀπώλειαι κατὰ τὴν λειτουργίαν του. ‘Ἐν τούτοις κατὰ τὸν μετασχηματισμὸν τῆς ἡλεκτρικῆς ἐνέργειας εἰς ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν διαφορετικῆς τάσεως καὶ ἐντάσεως, ἡ ἴσχυς ποὺ λαμβάνομεν δὲν εἶναι ἵση μὲ τὴν ἴσχυν ποὺ δίδομεν εἰς τὸν μετασχημα-

τιστήν. Τοῦτο ὁφείλεται εἰς τὰς ἀπωλείας ἐντὸς τοῦ μετασχηματιστοῦ, αἱ ὅποιαι εἶναι δύο εἰδῶν:

α) Ἡλεκτρικαὶ ἀπώλειαι λόγω τοῦ φαινομένου τζούλ ἐντὸς τῶν τυλιγμάτων, ποὺ καλοῦνται καὶ ἀπώλειαι χαλκοῦ (N_{η}).

β) Μαγνητικαὶ ἀπώλειαι λόγω ὑστερήσεως καὶ δινορρευμάτων ἐντὸς τοῦ σιδηροῦ πυρῆνος τοῦ μαγνητικοῦ κυκλώματος, ποὺ καλοῦνται καὶ ἀπώλειαι σιδήρου (N_{μ}).

Όνομάζομεν βαθμὸν ἀποδόσεως ἐνὸς μετασχηματιστοῦ τὸν λόγον τῆς πραγματικῆς ἰσχύος ποὺ ἀποδίδει τὸ δευτερεῦον, πρὸς τὴν πραγματικὴν ἰσχὺν ποὺ ἀπορροφεῖ τὸ πρωτεῦον, ὅταν τοῦτο τροφοδοτᾶται ὑπὸ τὴν ὄνομαστικὴν του τάσιν:

$$\eta = \frac{N_2}{N_1} = \frac{N_2}{N_2 + N_{\eta} + N_{\mu}}$$

Συνεπῶς διὰ νὰ προσδιορίσωμεν τὰς ἀκριβεῖς συνθήκας, ὑπὸ τὰς ὅποιας ἰσχύει ωρίσμένος βαθμὸς ἀποδόσεως, πρέπει νὰ γνωρίζωμεν τὴν ἔντασιν φορτίσεως τοῦ δευτερεύοντος καθὼς καὶ τὸν συντελεστὴν ἰσχύος τοῦ φορτίου. Διότι, ὅταν μεταβάλλεται εἴτε ἡ ἔντασις φορτίσεως, εἴτε ὁ συντελεστὴς ἰσχύος, εἴτε καὶ τὰ δύο μαζί, μεταβάλλεται καὶ ὁ βαθμὸς ἀποδόσεως τοῦ μετασχηματιστοῦ.

Τὸ σχῆμα 2 · 12 δίδει τὴν μεταβολὴν τοῦ βαθμοῦ ἀποδόσεως ἐνὸς μετασχηματιστοῦ, ὅταν μεταβάλλεται ἡ ἔντασις φορτίσεως τοῦ δευτερεύοντος μὲ σταθερὸν συντελεστὴν ἰσχύος τοῦ φορτίου $\sigma_{\text{v}} = 1$. Ὅταν ὁ συντελεστὴς ἰσχύος τοῦ φορτίου εἶναι μικρότερος, π.χ. $\sigma_{\text{v}} = 0,8$, ἔχομεν ἄλλην καμπύλην (διακεκομμένη εἰς τὸ σχῆμα), ἡ ὅποια δίδει μικροτέρας τιμὰς τοῦ βαθμοῦ ἀποδόσεως. Εἰς κάθε περίπτωσιν ὁ μέγιστος βαθμὸς ἀποδόσεως, δηλαδὴ τὸ μέγιστον τῆς καμπύλης, εύρισκεται συνήθως πλησίον τοῦ ὄνομαστικοῦ φορτίου τοῦ μετασχηματιστοῦ.

Τὰς καμπύλας τοῦ σχήματος 2 · 12 δυνάμεθα νὰ τὰς προσδιορίσωμεν πειραματικῶς διὰ μετρήσεως (μὲ βαττόμετρα) τῶν ἰσχύων N_1 καὶ N_2 , διὰ διαφόρους ἐντάσεις φορτίσεως τοῦ δευτερεύοντος, μὲ σταθερὸν συντελεστὴν ἰσχύος τοῦ καταναλωτοῦ. Ὁ τρόπος αὐτὸς ἀπαιτεῖ φυσικὰ τὴν ὑπαρξιν καταλλήλου καταναλωτοῦ καὶ δαπάνην σημαντικῆς ἡλεκτρικῆς ἐνεργείας.

Ἄλλος τρόπος εἶναι, ἐὰν γνωρίζωμεν τὰς ἀπωλείας N_{η} καὶ N_{μ} , νὰ ὑπολογίσωμεν τὸ βαθμὸν ἀποδόσεως ἐκ τῆς σχέσεως:



$$\eta = \frac{N_2}{N_2 + N_\eta + N_\mu}$$

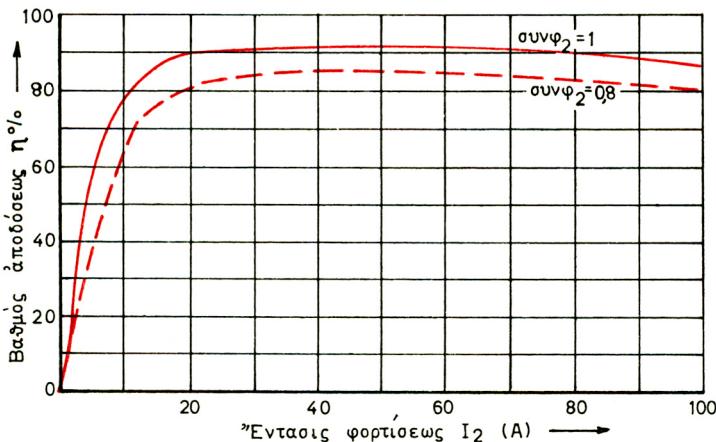
ή όποια διὰ τοὺς μονοφασικούς μετασχηματιστάς γίνεται:

$$\eta = \frac{U_2 \cdot I_2 \cdot \sin\varphi_2}{U_2 \cdot I_2 \cdot \sin\varphi_2 + N_\eta + N_\mu}$$

καὶ διὰ τοὺς τριφασικούς μετασχηματιστάς:

$$\eta = \frac{1,73 \cdot U_2 \cdot I_2 \cdot \sin\varphi_2}{1,73 \cdot U_2 \cdot I_2 \cdot \sin\varphi_2 + N_\eta + N_\mu}$$

Αἱ μαγνητικαὶ ἀπώλειαι N_μ προσδιορίζονται εὐκόλως κατὰ τὴν ἐν κενῷ λειτουργίᾳν τοῦ μετασχηματιστοῦ, ὅπως ἔξηγήσαμεν εἰς τὴν παράγραφον 2 · 5.



Σχ. 2 · 12.

Μεταβολὴ βαθμοῦ ἀποδόσεως μετασχηματιστοῦ.

Αἱ ἡλεκτρικαὶ ἀπώλειαι N_η προσδιορίζονται μὲ τὸ πείραμα βραχυκυκλώσεως τοῦ μετασχηματιστοῦ, τὸ ὅποιον ἀνεφέραμεν εἰς τὴν παράγραφον 2 · 6, ἐδάφιον 4, διὰ διαφόρους ἐντάσεις I_2 .

Παράδειγμα.

Εἰς τριφασικὸν μετασχηματιστὴν (πολικῆς) τάσεως δευτερεύοντος 220 V, διὰ τοῦ πειράματος βραχυκυκλώσεως ἐμετρήθησαν αἱ ἀπώλειαι χαλκοῦ ὡς ἀκολούθως:

διάτ.	I_2	=	100	200	300 A
	N_η	=	1200	2800	11 000 W

Νὰ προσδιορισθοῦν οἱ βαθμοὶ ἀποδόσεως τοῦ μετασχηματιστοῦ διὰ τὰς αὐτὰς τιμὰς τῆς ἐντάσεως δευτερέυοντος καὶ διὰ συντελεστὴν ἰσχύος τῆς καταναλώσεως ἵσον πρὸς τὴν μονάδα. Ἀπὸ τὴν ἐν κενῷ λειτουργίᾳ τοῦ μετασχηματιστοῦ προέκυψεν $N_\mu = 3000$ W.

Λύσις:

$$\text{Διὰ } I_2 = 100 \text{ A} \text{ ἔχομεν } N_2 = 1,73 \times 220 \times 100 \times 1 = 38\,000 \text{ W}$$

$$\rightarrow I_2 = 200 \text{ A} \quad \rightarrow N_2 = 1,73 \times 220 \times 200 \times 1 = 76\,000 \text{ W}$$

$$\rightarrow I_2 = 300 \text{ A} \quad \rightarrow N_2 = 1,73 \times 220 \times 300 \times 1 = 114\,000 \text{ W}$$

*Αρα διάτ:

$$I_2 = 100 \text{ A} \quad \eta = \frac{38\,000}{38\,000 + 1200 + 3000} = \frac{38\,000}{42\,200} = 0,90$$

$$I_2 = 200 \text{ A} \quad \eta = \frac{76\,000}{76\,000 + 2800 + 3000} = \frac{76\,000}{81\,800} = 0,93$$

$$I_2 = 300 \text{ A} \quad \eta = \frac{114\,000}{114\,000 + 11\,000 + 3000} = \frac{114\,000}{128\,000} = 0,89$$

2.13 Άλλαγὴ τῶν χαρακτηριστικῶν τυλίγματος.

Ἐνίστε συμβαίνει νὰ ἔχωμεν μετασχηματιστήν, δ ὅποιος εἶναι κατεσκευασμένος διὰ τάσιν πρωτεύοντος ἢ δευτερέυοντος διαφορετικὴν ἀπὸ ἑκείνην ποὺ θὰ ἐπρεπει νὰ ἔχῃ διὸ τὴν χρῆσιν ποὺ τὸν προορίζομεν. Εἰς τὰς περιπτώσεις αὐτὰς πρέπει νὰ ἀντικαταστήσωμεν τὸ ἀντίστοιχον τύλιγμα μὲ ἄλλο, τὸ ὅποιον νὰ ἔχῃ τὰ ἐπιθυμητὰ χαρακτηριστικά.

Μερικοὶ ἀπλοὶ τύποι μᾶς δίδουν τὰ στοιχεῖα τοῦ νέου τυλίγματος μὲ βάσιν τὰ στοιχεῖα τοῦ παλαιοῦ τυλίγματος. Οἱ τύποι αὗτοι ἐφαρμόζονται δχι μόνον εἰς τὰ τυλίγματα τῶν μετασχηματιστῶν, ἄλλα καὶ εἰς κάθε τύλιγμα παντὸς τύπου μαγνητικοῦ κυκλώματος, τοῦ ὅποιου ἐπιθυμοῦμεν ἄλλαγὴν τῆς τάσεως. Ἐπίστης, δηλαδὴ εἰς τὰ τυλίγματα τῶν περιστρεφομένων ἡλεκτρικῶν μηχανῶν, δταν μὲ τὴν ἀλλαγὴν τῆς τάσεως δὲν χρειάζεται νὰ ἀλλάξῃ καὶ ἡ ταχύτης περιστροφῆς των.

Διὰ τοὺς τριφασικούς μετασχηματιστὰς οἱ τύποι πρέπει νὰ ἐφαρμόζωνται εἰς τὰ φασικὰ μεγέθη τῆς τάσεως καὶ ἐντάσεως.

Κατ' ἀρχὴν ὑπολογίζομεν τὸν λόγον τῆς νέας τάσεως U' πρὸς τὴν παλαιὰν τάσιν τοῦ τυλίγματος U . Τὸν λόγον αὐτὸν τὸν συμβολίζομεν μὲ τὸ γράμμα λ . Εἶναι:

$$\lambda = \frac{U'}{U} \quad \text{ή} \quad U' = \lambda \cdot U$$

Διὰ τὴν νέαν τάσιν, ἡ ὁποία εἶναι λ φορὰς μεγαλυτέρα ἀπὸ τὴν παλαιάν, τὸ νέον τύλιγμα πρέπει νὰ ἔχῃ ἀριθμὸν σπειρῶν w' ἵσον πρὸς λ φορὰς μεγαλύτερον ἀπὸ τὸν ἀριθμὸν σπειρῶν w τοῦ παλαιοῦ τυλίγματος:

$$w' = \lambda \cdot w$$

Ἡ ἔντασις I' τοῦ νέου τυλίγματος θὰ εἶναι ἵση μὲ τὴν ἔντασιν τοῦ παλαιοῦ τυλίγματος I διηρημένη διά λ:

$$I' = \frac{I}{\lambda}$$

Ἄρα ἡ διατομὴ F' τοῦ ἀγωγοῦ τοῦ νέου τυλίγματος θὰ εἶναι λ φορὰς μικροτέρα ἀπὸ τὴν διατομὴν F τοῦ ἀγωγοῦ τοῦ παλαιοῦ τυλίγματος, διά νὰ ἔχωμεν τὴν ίδιαν πυκνότητα ρεύματος:

$$F' = \frac{F}{\lambda}$$

Συνεπῶς ἡ διάμετρος d' τοῦ ἀγωγοῦ τοῦ νέου τυλίγματος θὰ δίδεται συναρτήσει τῆς διαμέτρου d τοῦ παλαιοῦ ἀγωγοῦ ἀπὸ τὴν σχέσιν:

$$d' = \frac{d}{\sqrt{\lambda}}$$

Τέλος ἡ ὀλικὴ ὡμικὴ ἀντίστασις τοῦ ἀγωγοῦ τοῦ νέου τυλίγματος R' θὰ δίδεται κατὰ προσέγγισιν ἀπὸ τὴν σχέσιν:

$$R' = \lambda^2 \cdot R$$

ὅπου : R ἡ ὀλικὴ ὡμικὴ ἀντίστασις τοῦ ἀγωγοῦ τοῦ παλαιοῦ τυλίγματος (εἰς τὴν ίδιαν θερμοκρασίαν).

Παράδειγμα.

Τὸ ἔνα ἐκ τῶν τυλιγμάτων μονοφασικοῦ μετασχηματιστοῦ εἶναι κατεσκευασμένον διὰ τάσιν 220 V καὶ ἀποτελεῖται ἀπὸ 640 σπείρας ἐξ ἀγωγοῦ διαμέτρου 0,35 mm. Ἡ ὀλικὴ ὡμικὴ ἀντίστασις τοῦ τυλίγματος εἰς τοὺς 20° C εἶναι 24 Ω. Ποιὰ εἶναι τὰ ἀντίστοιχα στοιχεῖα τοῦ νέου τυλίγματος, μὲ τὸ ὅποιον πρέπει νὰ ἀντικαταστήσωμεν τὸ τύλιγμα τοῦτο, ὥστε νὰ λειτουργῇ μὲ τάσιν 110 V;

Αύστοι :

Εἶναι $U = 220 V$ καὶ $U' = 110 V$, ἀρα:

$$\lambda = \frac{U'}{U} = \frac{110}{220} = \frac{1}{2}$$

Ο ἀριθμὸς τῶν σπειρῶν τοῦ νέου τυλίγματος θὰ εἰναι:

$$w' = \lambda \cdot w = \frac{1}{2} \times 640 = 320 \text{ σπεῖραι}$$

Η διάμετρος τοῦ ἀγωγοῦ τοῦ νέου τυλίγματος θὰ εἰναι:

$$d' = \frac{d}{\sqrt{\lambda}} = \frac{0,35}{\sqrt{\frac{1}{2}}} = \sqrt{2} \times 0,35 = 1,414 \times 0,35 = 0,495 \text{ mm}$$

Ἐκλέγομεν $d' = 0,5 \text{ mm}$.

Η δλικὴ ώμικὴ ὄντιστασις τοῦ νέου τυλίγματος εἰς τοὺς 20°C θὰ εἰναι περίπου:

$$R' = \lambda^2 \cdot R = \left(\frac{1}{2}\right)^2 \times 24 = \frac{1}{4} \times 24 = 6 \Omega$$

2 · 14 Μετασχηματισταὶ μετρήσεων.

1) Γενικά.

Ολοι οἱ μετασχηματισταὶ, τοὺς ὅποίους ἔξητάσαμεν εἰς τὰ προγούμενα, ὀνομάζονται μετασχηματισταὶ ἰσχύος πρὸς διάκρισιν ἀπὸ τοὺς μετασχηματιστὰς μετρήσεων, οἱ ὅποιοι χρησιμεύουν μόνον εἰς τὸ νὰ ὑποβιθάζουν κατὰ ἔνα γνωστὸν λόγον μίαν τάσιν ἢ ἔντασιν, τὴν ὅποίαν θέλομεν νὰ μετρήσωμεν. Ἐτοι δυνάμεθα νὰ μετρήσωμεν π.χ. μὲ βιολτόμετρον, ποὺ ἔχει κλίμακα μέχρι 150 V, μίαν ὑψηλὴν τάσιν 10 000 V. Όμοιώς δυνάμεθα νὰ μετρήσωμεν μίαν μεγάλην ἔντασιν, π.χ. 200 A, μὲ ἀμπερόμετρον βαθμολογημένον μέχρι 5 A. Ἀντιστοίχως πρὸς τὸν προορισμὸν τῶν οἱ μετασχηματισταὶ μετρήσεων διακρίνονται εἰς μετασχηματιστὰς τάσεως καὶ μετασχηματιστὰς ἐντάσεως.

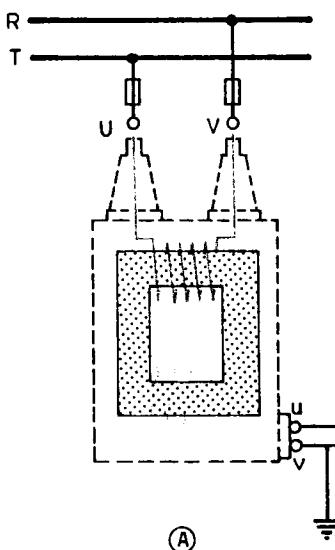
2) Μετασχηματισταὶ τάσεως.

Τὸ πρωτεῦον τῶν μετασχηματιστῶν αὐτῶν συνδέεται εἰς τοὺς ζυγοὺς τῆς πρὸς μέτρησιν Y.T., ἐνῶ εἰς τὸ δευτερεῦον τῶν συνδέονται οἱ ἀκροδέκται τοῦ βιολτομέτρου, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 2 · 14 α (A). Εἰς τὸ (B) τοῦ ἴδιου σχήματος φαίνεται ἡ συμβολικὴ παράστασις ἐνὸς μονοφασικοῦ μετασχηματιστοῦ τάσεως.

Οἱ μετασχηματισταὶ αὐτοὶ ἐργάζονται μὲ πολὺ μικρὸν φορτίον, σχεδὸν ἐν κενῷ, διότι ἔχουν νὰ δώσουν μόνον τὸ πολὺ ἀσθενὲς ρεῦμα, ποὺ χρειάζεται τὸ βιολτόμετρον. Πρέπει ὅμως νὰ διατηροῦν αὐστηρῶς σταθερὰν σχέσιν μεταφορᾶς καθ' ὅλην τὴν κλίμακα τῆς μετρήσεως.

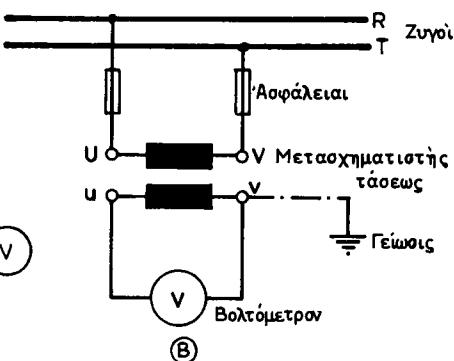
Τούτο ἀπαιτεῖ τὴν κατασκευὴν τοῦ μαγνητικοῦ τῶν κυκλώματος μὲ ἔξαιρετικὴν ἐπιμέλειαν.

Οπως φαίνεται καὶ εἰς τὸ σχῆμα $2 \cdot 14\alpha$, ὁ ἔνας ἀκροδέκτης τῆς X.T. τῶν μετασχηματιστῶν τάσεως γειοῦται. Τοῦτο γίνεται διὰ τὴν ἀσφάλειαν τῶν χειριζομένων τὸ βολτόμετρον ἢ τὰ λοιπὰ ὄργανα, ποὺ εἶναι δυνατὸν νὰ συνδεθοῦν εἰς τὸ δευτερεῦον, ὅπως βαττόμετρα,



μετρηταὶ ἐνεργείας, ρυθμισταὶ, κ.λπ.

Ἐπίστης εἰς τοὺς μετασχηματιστὰς αὐτοὺς τοποθετοῦνται πάντοτε ἀσφάλειαι εἰς τὴν σύνδεσιν τοῦ πρωτεύοντος μὲ τὴν Y.T.



Σχ. 2 · 14 α.

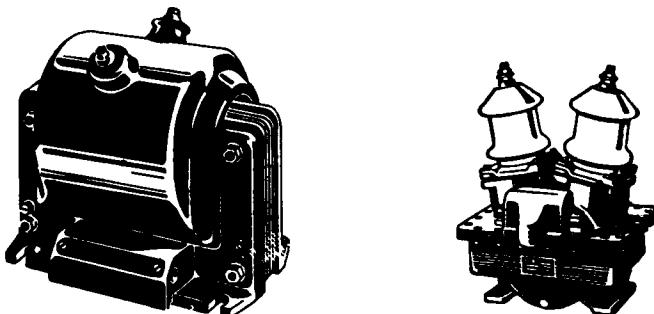
Συνδεσμολογία μονοφασικοῦ μετασχηματιστοῦ τάσεως.

Ἡ κλῖμαξ τοῦ βολτομέτρου εἶναι βαθμολογημένη εἴτε ὡς χαμηλὴ τάσις, ὅπότε διὰ νὰ εὔρωμεν τὴν μετρουμένην Y.T. πρέπει νὰ πολλαπλασιάσωμεν τὴν ἔνδειξιν ἐπὶ τὴν σχέσιν μεταφορᾶς K, εἴτε ὡς Y.T., ὅπότε γίνεται ἀπ' εὐθείας ἀνάγνωσις τῆς τάσεως.

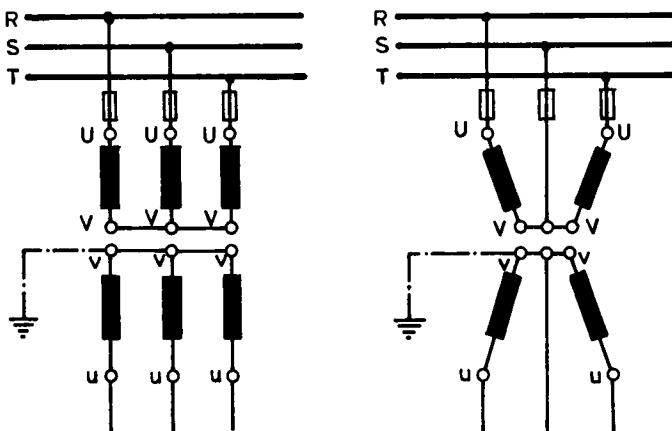
Οταν ἡ πρὸς μέτρησιν Y.T. τὸ ἀπαιτή, οἱ μετασχηματισταὶ τάσεως εἶναι τοποθετημένοι ἐντὸς μονωτικοῦ ἔλασίου. Τὸ σχῆμα $2 \cdot 14\beta$ δεξιά δεικνύει ἓνα μετασχηματιστὴν τάσεως αὐτοῦ τοῦ εἶδος καὶ ἀριστερὰ ἓνα μετασχηματιστὴν τάσεως ξηροῦ τύπου.

Εἰς τὰ τριφασικὰ συστήματα συνδέομεν τρεῖς μονοφασικοὺς μετασχηματιστὰς τάσεως (ἢ ἓνα τριφασικὸν) εἰς ζεῦξιν κατ' ἀστέρα, ὅπως φαίνεται ἀριστερὰ εἰς τὸ σχῆμα $2 \cdot 14\gamma$. Μία ἄλλη συνδεσμολο-

γία, ποὺ χρησιμοποιεῖται συχνὰ εἰς τὰ τριφασικὰ συστήματα, εἶναι



Σχ. 2·14 β.
Μετασχηματισταὶ τάσεως.



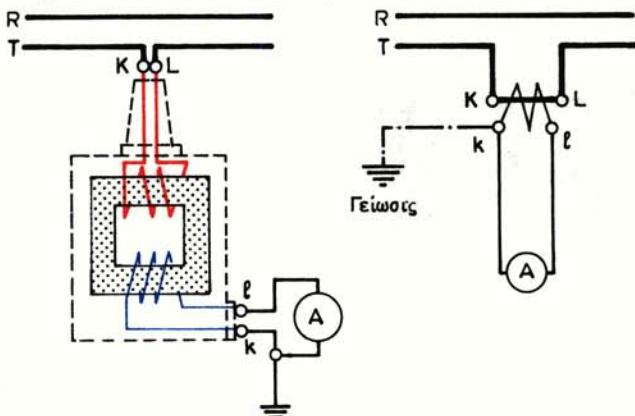
Σχ. 2·14 γ.
Τριφασικὴ ζεῦξις μετασχηματιστῶν τάσεως.

ἡ ζεῦξις V δύο μονοφασικῶν μετασχηματιστῶν τάσεως, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ δεξιὸν τοῦ σχῆματος 2·14 γ.

3) Μετασχηματισταὶ ἐντάσεως.

Τὸ πρωτεῦον τῶν μετασχηματιστῶν ἐντάσεως συνδέεται ἐν σειρᾶ ἐις τὸ κύκλωμα, τοῦ ὅποιού θέλομεν νὰ μετρήσωμεν τὴν ἔντασιν, ὅπως δεικνύει τὸ σχῆμα 2·14 δ. Εἰς τὸ δεξιὸν μέρος τοῦ σχῆματος φαίνεται ἡ συμβολικὴ παράστασις τοῦ μετασχηματιστοῦ ἐντάσεως.

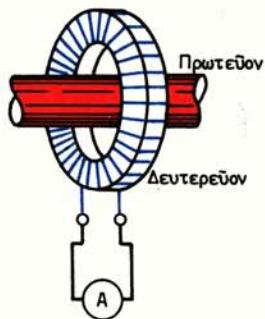
Η σύνθετος άντίστασις τοῦ πρωτεύοντος τοῦ μετασχηματιστοῦ ἐντάσεως πρέπει νὰ είναι πολὺ μικρά, ὅπως είναι ή ἀντίστασις ἐνὸς



Σχ. 2 · 14 δ.

Συνδεσμολογία μετασχηματιστοῦ ἐντάσεως.

ἀμπερομέτρου συνεχοῦς ρεύματος. Διὰ τὸν λόγον αὐτὸν τὸ πρωτεῦον ἔχει δλίγας σπείρας ἢ ἀγωγοῦ διατομῆς ίκανῆς νὰ φέρῃ ὅλον τὸ πρὸς μέτρησιν ρεῦμα.



Σχ. 2 · 14 ε.

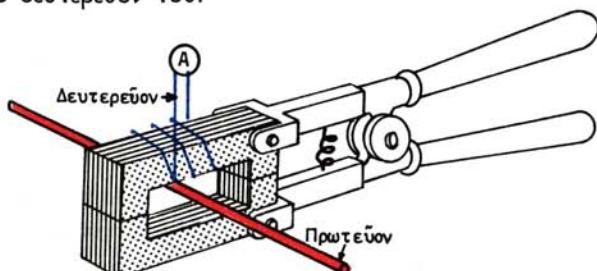
Μετασχηματιστής ἐντάσεως διὰ μεγάλας ἐντάσεις.

μεν νὰ μετρήσωμεν τὴν ἐντασιν (σχ. 2 · 14 στ).

Οἰαδήποτε καὶ ἀν είναι ἡ διάταξις τοῦ πρωτεύοντος καὶ δευτερεύοντος τυλίγματος τοῦ μετασχηματιστοῦ ἐντάσεως, πρέπει νὰ ἔχωμεν ὑπ' ὄψει μας, ὅτι τὸ δευτερεύον τύλιγμα οὐδέποτε πρέπει νὰ μένῃ ἀνοικτόν, ὅταν διὰ τοῦ πρωτεύοντος διέρχεται ρεῦμα. Κατὰ τὴν

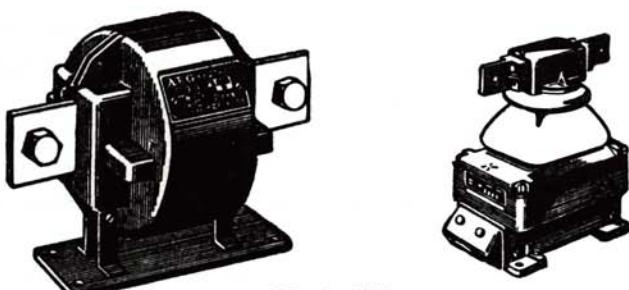
Εἰς ὠρισμένας κατασκευὰς τὸ δευτερεύον αὐτὸ ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο ήμισή, τὰ ὅποια ἀνοίγουν ὅπως ἡ ἀρπάγη, μέσα ἀπὸ τὴν ὅποιαν περνᾶ ἡ ἀγωγός, τοῦ ὅποιου θέλο-

λειτουργίαν τοῦ μετασχηματιστοῦ ἐντάσεως τὸ δευτερεῦον του εἶναι σχεδὸν βραχυκυκλωμένον ἀπὸ τὸ ἀμπερόμετρον, τὸ δόποιον ἔχει μικρὰν σύνθετον ἀντίστασιν. Έὰν ὅμως τὸ δευτερεῦον μείνῃ ἀνοικτόν, θὰ δημιουργῆθῇ μεταξὺ τῶν ἄκρων του μεγάλη ἐπικίνδυνος τάσις. Συνεπῶς, ἂν θέλωμεν ἀπὸ λειτουργοῦντα μετασχηματιστὴν ἐντάσεως νὰ ἀφαιρέσωμεν τὸ ἀμπερόμετρον, θὰ πρέπει πρῶτα νὰ βραχυκυκλώσωμεν τὸ δευτερεῦον του.



Σχ. 2·14 στ.

Μετασχηματιστὴς ἐντάσεως τύπου ἀρπάγης.



Σχ. 2·14 ζ.

Μετασχηματισταὶ ἐντάσεως.

Τὸ σχῆμα 2·14 ζ δεικνύει τὴν ἔξωτερικὴν μορφὴν ἐνὸς συνήθους μετασχηματιστοῦ ἐντάσεως προοριζομένου διὰ μετρήσεις εἰς δίκτυα X.T. (ἀριστερά) καὶ ἐνὸς προοριζομένου διὰ δίκτυα Y.T. (δεξιά).

2·15 Ανακεφαλαίωσις.

α) Οἱ μετασχηματισταὶ, ποὺ εἶναι ἡλεκτρικαὶ μηχαναὶ χωρὶς κινούμενα μέρη, χρησιμοποιοῦνται διὰ τὴν ἀνύψωσιν ἢ τὸν ὑποβιβασμὸν τῆς τάσεως τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος. Οἱ μετασχηματισμὸς

αὐτὸς τῆς τάσεως γίνεται μὲν ἐλαχίστην ἀπώλειαν ἴσχυος. Χάρις εἰς τὴν δυνατότητα χρησιμοποιήσεως τῶν μετασχηματιστῶν τὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα πλεονεκτεῖ ἔναντι τοῦ συνεχοῦς, ὃστε σήμερον νὰ ἔχῃ καθιερωθῆ ὡς τὸ εἶδος τοῦ ρεύματος, ποὺ χρησιμοποιεῖται εἰς τὰ ἡλεκτρικὰ δίκτυα ὅλων τῶν χωρῶν.

β) Τὸ κύριον μέρος κάθε μετασχηματιστοῦ είναι τὸ ἐνεργὸν μέρος, τὸ ὅποιον ἀποτελεῖται ἀπὸ τὸ μαγνητικὸν κύκλωμα (ἢ πυρῆνα), καὶ ἀπὸ δύο τυλίγματα.

Τὸ τύλιγμα Y.T. ἀποτελεῖται ἀπὸ πολλὰς σπείρας ἐκ μονωμένου χαλκίνου ἀγωγοῦ μικρᾶς διατομῆς. Τὸ τύλιγμα X.T. ἀποτελεῖται ἀπὸ ὄλιγας σπείρας ἐκ μονωμένου χαλκίνου ἀγωγοῦ μεγαλυτέρας διατομῆς.

Τὸ τύλιγμα, ποὺ συνδέεται μὲ τὴν πηγὴν ἡλεκτρικῆς ἐνεργείας ὀνομάζεται πρωτεῦον τύλιγμα. Τὸ ἄλλον, εἰς τὸ ὅποιον συνδέεται ὁ καταναλωτής, ὀνομάζεται δευτερεῦον.

Τὰ τυλίγματα διατάσσονται εἰς τοὺς κορμοὺς τοῦ πυρῆνος κατὰ συγκεντρικούς κυλίνδρους (κυλινδρικὰ ἢ συγκεντρικὰ τυλίγματα) ἢ κατὰ ἐναλλασσομένους δίσκους (τυλίγματα κατὰ δίσκους).

γ) Οἱ μονοφασικοὶ μετασχηματισταὶ κατασκευάζονται εἴτε ὡς μετασχηματισταὶ τύπου πυρῆνος, εἰς τοὺς ὅποιους τὰ τυλίγματα είναι τοποθετημένα εἰς τοὺς δύο κορμοὺς τοῦ πυρῆνος, εἴτε ὡς μετασχηματισταὶ τύπου μανδύου, εἰς τοὺς ὅποιους ὁ πυρὴν ἔχει τρεῖς κορμοὺς καὶ τὰ τυλίγματα είναι τοποθετημένα μόνον εἰς τὸν μεσαῖον κορμόν. Τριφασικοὶ μετασχηματισταὶ τύπου μανδύου σπανίως κατασκευάζονται.

δ) Εἰς τοὺς ξηροὺς μετασχηματιστὰς τὸ ἐνεργὸν μέρος εύρισκεται εἰς ἐπαφὴν μὲ τὸν ἀτμοσφαιρικὸν ἀέρα. Οἱ μετασχηματισταὶ αὐτοὶ κατασκευάζονται διὸ χαμηλὰς τάσεις. Εἰς τοὺς μετασχηματιστὰς ἐλαίου τὸ ἐνεργὸν μέρος τοποθετεῖται ἐντὸς λέβητος πλήρους ἐλαίου, τὸ ὅποιον ἔξασφαλίζει τὴν διατήρησιν τῆς κολῆς μονώσεως τῶν τυλιγμάτων, δεδομένου ὅτι οἱ μετασχηματισταὶ αὐτοὶ κατασκευάζονται δι’ ὑψηλὰς τάσεις.

ε) Ψῦξις τῶν μετασχηματιστῶν είναι ἡ μετάδοσις εἰς τὸν περιβάλλοντα χῶρον τῆς θερμότητος τῶν ἀπωλειῶν. Ἀναλόγως τοῦ τρόπου ψύξεως ἔχομεν:

1) Ξηροὺς μετασχηματιστὰς μὲ φυσικὴν ψῦξιν. 2) Ξηροὺς μετα-

σχηματιστάς μὲ βεβιασμένην κυκλοφορίαν τοῦ ἀέρος ψύξεως. 3) Μετα- σχηματιστάς ἔλαιου μὲ φυσικήν κυκλοφορίαν ἔλαιου καὶ 4) μετασχημα- τιστάς ἔλαιου μὲ βεβιασμένην κυκλοφορίαν ἔλαιου.

στ) Ἡ ἀναπτυσσόμενή ἔξ ἐπαγωγῆς εἰς τὸ πρωτεῦον ἡ δευτε- ρεῦον τύλιγμα τοῦ μετασχηματιστοῦ ἡλεκτρεγερτική δύναμις δίδεται ὑπὸ τῆς σχέσεως:

$$E = 4,44 \cdot f \cdot w \cdot \Phi_{\mu} \quad \text{εἰς βόλτα (V)}$$

ὅπου: w είναι ὁ ἀριθμὸς σπειρῶν τοῦ τυλίγματος καὶ Φ_{μ} ἡ μεγίστη τιμὴ τῆς μαγνητικῆς ροῆς εἰς βέμπερ (Wb).

Ἡ τιμὴ τῆς Φ_{μ} προσδιορίζεται ἀπὸ τὴν διατομὴν τοῦ κορμοῦ καὶ τὴν μεγίστην τιμὴν τῆς μαγνητικῆς ἐπαγωγῆς B_{μ} , τὴν δόποίαν θέλομεν νὰ ἔχωμεν εἰς αὐτόν.

ζ) Ὁνομάζομεν σχέσιν μεταφορᾶς τοῦ μετασχηματιστοῦ K τὸν λόγον τοῦ ἀριθμοῦ σπειρῶν τοῦ πρωτεύοντος τυλίγματος πρὸς τὸν ἀριθμὸν σπειρῶν τοῦ δευτερεύοντος τυλίγματος:

$$\frac{w_1}{w_2} = K$$

η) Κατὰ τὴν ἐν κενῷ λειτουργίαν τοῦ μετασχηματιστοῦ είναι:

$$U_1 = E_1 \quad U_2 = E_2 \quad \text{καὶ}$$

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{w_1}{w_2} = K$$

Ἡ ἐν κενῷ ἔντασις τοῦ μετασχηματιστοῦ είναι μικρὸν ποσοστὸν τῆς κανονικῆς του ἔντασεως καὶ ἔχει φασικήν ἀπόκλισιν ὡς πρὸς τὴν τάσιν U_1 περίπου 90°.

θ) Κατὰ τὴν ὑπὸ φορτίον λειτουργίαν μετασχηματιστοῦ ἴσχύ- σουν αἱ κατὰ προσέγγισιν σχέσεις:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{w_1}{w_2} = K \quad \text{καὶ} \quad \sigma_{\nu\phi_1} = \sigma_{\nu\phi_2}$$

ι) Διακύμανσιν τάσεως μετασχηματιστοῦ ὄνομάζομεν τὴν μετα- βολὴν τῆς τάσεως τοῦ δευτερεύοντος του ἀπὸ τὴν ἐν κενῷ λειτουρ- γίαν εἰς τὸ κανονικὸν φορτίον, δι' ὧρισμένον συντελεστὴν ἴσχύος καὶ σταθερὰν τάσιν πρωτεύοντος. Τὴν ἐκφράζομεν ὡς ποσοστὸν % τῆς τάσεως τοῦ δευτερεύοντος ὑπὸ τὸ κανονικὸν φορτίον:

$$\epsilon \% = \frac{E_2 - U_{2N}}{U_{2N}} \cdot 100 \%$$

ια) Χαρακτηριστικήν ύπο το φορτίον όνομάζομεν τήν καμπύλην, ή όποια μᾶς δίδει τήν μεταβολήν τῆς τάσεως τοῦ δευτερεύοντος μετασχηματιστοῦ, όποια μεταβάλλεται τό φορτίον του μὲ σταθερόν συντελεστήν ίσχυός καὶ σταθεράν τάσιν πρωτεύοντος.

ιβ) Τάσις βραχυκυκλώσεως μετασχηματιστοῦ εἶναι ἡ τάσις, ἡ όποια πρέπει νὰ ἔφαρμοσθῇ εἰς τὸ πρωτεῦον του μὲ βραχυκυκλώμένον τὸ δευτερεῦον, ώστε νὰ κυκλοφορήσῃ εἰς αὐτὸν ἡ όνομαστική του ἔντασις. Τήν ἐκφράζομεν ως ποσοστὸν % τῆς όνομαστικῆς τάσεως πρωτεύοντος:

$$u_k \% = \frac{U_{1K}}{U_{1N}} \cdot 100 \%$$

Ἡ τάσις βραχυκυκλώσεως δαπανᾶται όλόκληρος ως ἐσωτερικὴ πτῶσις τάσεως εἰς τὸν μετασχηματιστήν. "Οταν τήν γνωρίζωμεν, δυνάμεθα νὰ ύπολογίσωμεν τήν διανομήν τοῦ φορτίου εἰς μετασχηματιστὰς λειτουργοῦντας παραλλήλως καθὼς καὶ τήν ἀναμενομένην μεγίστην ἔντασιν εἰς περίπτωσιν βραχυκυκλώματος εἰς τὸ δευτερεῦον ἐνὸς μετασχηματιστοῦ, ποὺ λειτουργεῖ ύπο τήν όνομαστικήν τάσιν πρωτεύοντος.

ιγ) Διὰ νὰ ἔχωμεν διαφόρους τάσεις εἰς τὸ δευτερεῦον τῶν μετασχηματιστῶν ἡ διὰ νὰ ἔχωμεν τήν δυνατότητα τροφοδοτήσεως τῶν μετασχηματιστῶν μὲ διαφόρους τάσεις εἰς τὸ πρωτεῦον των, ἔξαγομεν λήψεις. Δηλαδὴ διὰ τῶν λήψεων ἐπιτυγχάνομεν, ώστε διαφοράς μετασχηματιστής νὰ ἔχῃ διαφόρους σχέσεις μεταφορᾶς.

Εἰς τοὺς μετασχηματιστὰς διανομῆς αἱ λήψεις μᾶς ἐπιτρέπουν νὰ ἀντιμετωπίζωμεν τήν μεταβολὴν τῆς τάσεως εἰς τὰ δίκτυα. Συνήθεις λήψεις εἰς τοὺς μετασχηματιστὰς αὐτοὺς εἶναι $\pm 5\%$ καὶ $\pm 2,5\%$.

ιδ) Εἰς τοὺς τριφασικοὺς μετασχηματιστὰς τὰ τυλίγματα πρωτεύοντος καὶ δευτερεύοντος συνδεσμολογοῦνται κατὰ τρίγωνον, κατ' ἀστέρα ἡ κατὰ τεθλασμένον ἀστέρα.

Αναλόγως τῆς συνδεσμολογίας, ίσχύουν αἱ σχέσεις:

$$\text{Κατ' ἀστέρα: } U_\phi = \frac{U}{1,73} \quad \text{καὶ} \quad I_\phi = I$$

$$\text{Κατά τρίγωνον: } U_\phi = U \quad \text{καὶ} \quad I_\phi = \frac{I}{1,73}$$

$$\text{Κατά τεθλασμένον ἀστέρα: } U_\phi = \frac{U}{1,73}, \quad u_\phi = \frac{U_\phi}{1,73} \quad \text{καὶ} \quad I_\phi = I$$

ὅπου: u_ϕ ἡ τάσις ἐκάστου ἐκ τῶν δύο μερῶν, ἐκ τῶν ὅποιων ἀποτελεῖται τὸ τύλιγμα ἐνὸς κορμοῦ τοῦ πυρῆνος εἰς τὴν συνδεσμολογίαν τεθλασμένου ἀστέρος.

ιε) Οἱ τριφασικοὶ μετασχηματισταί, ἀναλόγως τῆς συνδεσμολογίας τῶν τυλιγμάτων πρωτεύοντος καὶ δευτερεύοντος, κατατάσσονται εἰς διάδασ. Μετασχηματισταὶ ἀνήκοντες εἰς τὴν ἴδιαν διάδα ἔχουν τάσεις εἰς τὸ δευτερεύον τῶν, ποὺ εἶναι ἐν φάσει μεταξύ τῶν, ὅταν τὰ πρωτεύοντά των τροφοδοτοῦνται ἀπὸ τὸ ἴδιον δίκτυον.

ιστ) Λέγομεν ὅτι δύο ἢ περισσότεροι μετασχηματισταὶ ἐργάζονται ἐν παραλλήλῳ, ὅταν τὰ πρωτεύοντά των τυλίγματα εἶναι συνδεδεμένα εἰς κοινὸν δίκτυον καὶ τὰ δευτερεύοντά των ἐπίστης εἰς κοινὸν δίκτυον.

Αἱ συνθῆκαι παραλλήλου λειτουργίας τῶν μετασχηματιστῶν εἶναι:

1) Νὰ ἔχουν ἵσας τάσεις πρωτεύοντος καθὼς καὶ ἵσας τάσεις δευτερεύοντος. 2) Νὰ ἀνήκουν εἰς τὴν ἴδιαν διάδα ἀπὸ ἀπόψεως συνδεσμολογίας. 3) Νὰ ἔχουν ἵσας τάσεις βραχυκυκλώσεως. 4) Νὰ γίνη σωστὴ σύνδεσις τῶν ἀντιστοίχων ἀκροδεκτῶν.

‘Ο ἔλεγχος τῶν τριῶν πρώτων συνθηκῶν γίνεται ἐκ τῶν στοιχείων τῶν πινακίδων τῶν μετασχηματιστῶν. ‘Ο ἔλεγχος τῆς τετάρτης συνθήκης γίνεται μὲ βολτόμετρον. Θεωροῦμεν ὅτι πληροῦται ἡ τρίτη συνθήκη, ὅταν αἱ τάσεις βραχυκυκλώσεως δὲν διαφέρουν περισσότερον τοῦ 10% μεταξύ τῶν.

ιε) Οἱ αὐτομετασχηματισταὶ ἔχουν ἐναὶ μόνον τύλιγμα. Μεταξὺ τάσεων καὶ ἐντάσεων πρωτεύοντος καὶ δευτερεύοντος ἰσχύουν αἱ σχέσεις τῶν κοινῶν μετασχηματιστῶν (βλέπε ὀνωτέρω ἐδάφιον θ). Οἱ αὐτομετασχηματισταὶ πλεονεκτοῦν ἀπὸ ἀπόψεως κόστους καὶ βαθμοῦ ἀποδόσεως ἔναντι τῶν μετασχηματιστῶν μὲ δύο τυλίγματα. Μειονεκτοῦν σοβαρῶς ὅμως εἰς τὸ διτὶ ἡ πλευρὰ Y.T. δὲν εἶναι ἡλεκτρικῶς μονωμένη ἀπὸ τὴν πλευρὰν X.T.

ιη) Τὰ χαρακτηριστικὰ στοιχεῖα ἐνὸς μετασχηματιστοῦ, τὰ

όποια ἀναγράφει ἡ πινακίς του, εἶναι: ἡ ὄνομαστικὴ ἴσχυς, ὁ ἀριθμὸς τῶν φάσεων, ἡ ὄνομαστικὴ συχνότης, αἱ ὄνομαστικαὶ τάσεις πρωτεύοντος καὶ δευτερεύοντος καὶ ἡ ὁμάς, εἰς τὴν ὅποιαν ἀνήκει ἀπὸ ἀπόψεως συνδεσμολογίας ὁ μετασχηματιστής.

ιθ) Τὸ φορτίον, τὸ ὅποιον δύναται νὰ ἀναλάβῃ μετασχηματιστὴς ὥρισμένης ὄνομαστικῆς ἴσχυος, ἔξαρτᾶται ἀπὸ τὴν θερμοκρασίαν τοῦ περιβάλλοντος καὶ ἀπὸ τὴν προηγουμένην φόρτισίν του. Τοῦτο δύναται νὰ εἶναι μεγαλύτερον ἢ μικρότερον ἀπὸ τὴν ὄνομαστικήν του ἴσχυν.

κ) Αἱ ἀπώλειαι ἐνὸς μετασχηματιστοῦ εἶναι: 1) Ἡλεκτρικαὶ ἢ ἀπώλειαι χαλκοῦ, αἱ ὅποιαι προσδιορίζονται μὲ τὸ πείραμα τῆς βραχυκυκλώσεως καὶ 2) μαγνητικαὶ ἢ ἀπώλειαι σιδήρου, αἱ ὅποιαι προσδιορίζονται κατὰ τὴν ἐν κενῷ λειτουργίαν τοῦ μετασχηματιστοῦ.

κα) Βαθμὸς ἀποδόσεως ἐνὸς μετασχηματιστοῦ εἶναι ὁ λόγος τῆς ἀποδιδομένης πραγματικῆς ἴσχυος πρὸς τὴν πραγματικήν ἴσχυν, τὴν ὅποιαν ὁ μετασχηματιστὴς ἀπορροφεῖ ἀπὸ τὸ δίκτυον ποὺ τὸν τροφοδοτεῖ.

‘Ο βαθμὸς ἀποδόσεως μεταβάλλεται μὲ τὸ φορτίον καὶ μὲ τὸν συντελεστὴν ἴσχυος τοῦ φορτίου.

·κβ) Οἱ μετασχηματισταὶ μετρήσεων χρησιμεύουν εἰς τὸ·νὰ ὑποβιβάζουν κατὰ γνωστὸν λόγον μίαν τάσιν ἢ ἔντασιν, τὴν ὅποιαν θέλομεν νὰ μετρήσωμεν. ‘Αντιστοίχως ὁνομάζονται μετασχηματισταὶ τάσεως καὶ μετασχηματισταὶ ἐντάσεως. Πρὸς διάκρισιν ἀπὸ αὐτοὺς οἱ λοιποὶ μετασχηματισταὶ ὁνομάζονται μετασχηματισταὶ ἴσχυος.

κγ) Εἰς τοὺς μετασχηματιστὰς τάσεως τὸ πρωτεῦον συνδέεται μέσω ἀσφαλειῶν μὲ τὴν πρὸς μέτρησιν ὑψηλὴν τάσιν, ἐνῷ εἰς τὸ δευτερεῦον συνδέεται τὸ βολτόμετρον.

Εἰς τοὺς μετασχηματιστὰς ἐντάσεως τὸ πρωτεῦον συνδέεται ἐν σειρᾷ εἰς τὸ κύκλωμα, τοῦ ὅποιου θέλομεν νὰ μετρήσωμεν τὴν ἔντασιν, ἐνῷ εἰς τὸ δευτερεῦον συνδέεται τὸ ἀμπερόμετρον. Οὐδέποτε εἰς ἓνα λειτουργοῦντα μετασχηματιστὴν ἐντάσεως τὸ δευτερεῦον πρέπει νὰ μένῃ ἀνοικτόν.

2 · 16 Ἐρωτήσεις.

α) Τὶ πλεονεκτήματα δίδει εἰς τὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα ἡ δυνατότης χρησιμοποιήσεως τῶν μετασχηματιστῶν;

β) Άπο τί άποτελείται τὸ ἐνεργὸν μέρος ἐνὸς μονοφασικοῦ μετασχηματιστοῦ;

γ) Κατὰ ποίους τρόπους τοποθετοῦνται τὰ τυλίγματα εἰς τοὺς πυρῆνας τῶν μετασχηματιστῶν;

δ) Τί ὀνομάζομεν μετασχηματιστὰς τύπου πυρῆνος καὶ τί μετασχηματιστὰς τύπου μανδύου;

ε) Ποῖοι οἱ τρόποι ψύξεως τῶν μετασχηματιστῶν;

στ) Ποία ἡ ἀρχὴ λειτουργίας τῶν μονοφασικῶν μετασχηματιστῶν καὶ ποία ἡ τιμὴ τῆς ἀναπτυσσομένης ἐξ ἐπαγωγῆς ἡλεκτρικῆς δυνάμεως εἰς τὰ τυλίγματα;

ζ) Τί ὀνομάζομεν σχέσιν μεταφορᾶς μετασχηματιστοῦ. Πῶς συνδέεται αὐτὴ μὲ τὰς τάσεις ἐν κενῷ τοῦ μετασχηματιστοῦ;

η) Κατὰ τὴν ὑπὸ φορτίον λειτουργίαν μετασχηματιστοῦ ποῖαι κατὰ προσέγγισιν σχέσεις συνδέουν τὰς τάσεις καὶ ἐντάσεις πρωτεύοντος καὶ δευτερεύοντος;

θ) Διὰ ποίας σχέσεως ἐκφράζεται ἡ διακύμανσις τάσεως εἰς τοὺς μετασχηματιστὰς;

ι) Τί εἶναι τάσις βραχυκυκλώσεως μετασχηματιστοῦ; Εἰς τί μᾶς χρησιμεύει;

ια) Τί ἐπιτυγχάνομεν μὲ τὰς λήψεις εἰς τοὺς μετασχηματιστὰς;

ιβ) Ποῖα τὰ πλεονεκτήματα καὶ ποῖα τὰ μειονεκτήματα τῆς συνδεσμολογίας κατὰ τεθλασμένον ἀστέρα τῶν τυλιγμάτων τῶν μετασχηματιστῶν;

ιγ) Τί σημαίνει συνδεσμολογία μετασχηματιστοῦ Yy 0 κατὰ τὸν διεθνῆ συμβολισμόν;

ιδ) Ποῖον εἶναι τὸ κύριον χαρακτηριστικὸν τῶν μετασχηματιστῶν, ποὺ ἀνήκουν εἰς τὴν αὐτὴν ὁμάδα ἀπὸ ἀπόψεως συνδεσμολογίας τυλιγμάτων;

ιε) Πότε δύο ἡ περισσότεροι μετασχηματισταὶ λέγομεν ὅτι λειτουργοῦν παραλλήλως;

ιστ) Ποῖαι αἱ συνθῆκαι παραλλήλου λειτουργίας τῶν μετασχηματιστῶν καὶ πῶς ἐλέγχονται;

ιζ) Τί εἶναι αὐτομετασχηματισταὶ καὶ ποῖα τὰ πλεονεκτήματα καὶ μειονεκτήματά των ἔναντι τῶν μετασχηματιστῶν μὲ δύο τυλιγμάτα;

ιη) Τί είναι όνομαστική ίσχύς μετασχηματιστοῦ καὶ εἰς ποίας μονάδας μετρεῖται;

ιθ) Ποια χαρακτηριστικὰ στοιχεῖα ἀναγράφει ἡ πινακίς κάθε μετασχηματιστοῦ;

κ) Ποῖαι είναι αἱ ἀπώλειαι μετασχηματιστοῦ καὶ μὲ ποῖα πειράματα μετροῦνται;

κα) Διὰ ποίας σχέσεως ἐκφράζεται ὁ βαθμὸς ἀποδόσεως μετασχηματιστοῦ συναρτήσει τῆς ίσχύος δευτερεύοντος καὶ τῶν ἀπωλειῶν;

κβ) Τί είναι οἱ μετασχηματισταὶ μετρήσεων; (Περιγραφὴ καὶ τρόπος χρησιμοποιήσεως).

2 · 17 Προβλήματα καὶ ἀσκήσεις.

α) Μονοφασικὸς μετασχηματιστής $6600/230$ V ἔχει εἰς τὸ πρωτεῦον $w_1 = 1650$ σπείρας. Νὰ ὑπολογισθῇ ἡ μεγίστη τιμὴ τῆς μαγνητικῆς ροῆς εἰς τὸν πυρῆνα, ὅταν συνδεθῇ εἰς δίκτυον 6600 V συχνότητος 50 Hz.

(Απάντ.: $0,018$ Wb)

β) Ὁ ἀριθμὸς σπειρῶν τοῦ πρωτεύοντος μονοφασικοῦ μετασχηματιστοῦ είναι $w_1 = 1200$, τοῦ δὲ δευτερεύοντος $w_2 = 350$. Ἡ μεγίστη τιμὴ τῆς ἡμιτονοειδῶς μεταβαλλομένης (συχνότητος 50 Hz) μαγνητικῆς ροῆς εἰς τὸν πυρῆνα είναι $\Phi_{\mu} = 0,005$ Wb. Νὰ ὑπολογισθοῦν αἱ ἐπαγόμεναι ἡλεκτρεγερτικαὶ δυνάμεις εἰς τὰ δύο τυλίγματα.

(Απάντ.: $E_1 = 1332$ V, $E_2 = 388$ V)

γ) Εἰς μονοφασικὸν μετασχηματιστὴν ἐμετρήθησαν ἐν κενῷ αἱ τάσεις πρωτεύοντος καὶ δευτερεύοντος καὶ εὐρέθησαν $U_1 = 2800$ V καὶ $U_2 = 220$ V ἀντιστοίχως. Ἐάν τὸ δευτερεῦον ἔχῃ $w_2 = 52$ σπείρας, πόσας σπείρας ἔχει τὸ πρωτεῦον;

(Απάντ.: $w_1 = 662$ σπείρας)

δ) Τριφασικὸς μετασχηματιστής ζεύξεως ἀστέρος - ἀστέρος ἔχει σχέσιν όνομαστικῶν τάσεων $2200/115$ V. Ἐάν ἡ ἔντασις γραμμῆς εἰς τὸ δευτερεῦον είναι 72 A, ποία είναι ἡ ἔντασις γραμμῆς εἰς τὸ πρωτεῦον τοῦ μετασχηματιστοῦ, ἐὰν ἀγνοηθοῦν αἱ ἀπώλειαι του;

(Απάντ.: $3,76$ A)

ε) Ἐναέριος ύποσταθμὸς ἔχει πηρετεῖται ύπο τριφασικοῦ μετασχηματιστοῦ $15\,000/380/220$ V, 160 kVA, βαθμοῦ ἀποδόσεως $0,96$.

Εις τὴν πλευρὰν τῆς καταναλώσεως ἐμετρήθη ἴσχὺς 135 kW ύπό συνφ = 0,8. Νὰ εύρεθοῦν: 1) Η συνδεσμολογία τοῦ δευτερέυοντος τοῦ μετασχηματιστοῦ. 2) Εάν δὲ μετασχηματιστής ύπερφορτίζεται καὶ πόσον. 3) Η ἔντασις γραμμῆς εἰς τὸ πρωτεῦον.

(Απάντ.: 1) Κατ' ἀστέρα ἡ κατὰ τεθλασμένον ἀστέρα. 2) Είναι $N_{s_2} = 168,75 \text{ kVA}$, ἅρα ύπερφορτίζεται κατὰ 8,75 kVA ἢ 5,4%. 3) $I_1 = 6,77 \text{ A}$)

στ) Μονοφασικὸς μετασχηματιστής 6600/220 V ἔχει λήψεις εἰς τὸ πρωτεῦον $\pm 5\%$. Διὰ ποίας τάσεις πρωτεύοντος είναι κατεσκευασμένος;

(Απάντ.: 6930 V, 6600 V, 6270 V)

ζ) Μονοφασικὸς μετασχηματιστής 1250/230 V είναι γνωστὸν ὅτι ἔχει διακύμανσιν τάσεως 5 %. Ποία είναι ἡ τάσις τοῦ δευτερέυοντος τοῦ μετασχηματιστοῦ κατὰ τὴν λειτουργίαν ύπὸ κανονικὸν φορτίον;

(Απάντ.: 219 V)

η) Μονοφασικὸς μετασχηματιστής 2200/220 V, 4 kVA, 50 Hz ἀπορροφεῖ ἴσχὺν $N_\mu = 80 \text{ W}$ κατὰ τὴν ἐν κενῷ λειτουργίαν ύπὸ τάσιν 2200 V. Κατὰ τὸ πείραμα βραχυκυκλώσεως μὲ τὴν ὀνομαστικὴν ἔντασιν δευτερεύοντος $I_2 = 18,2 \text{ A}$ ἀπορροφεῖ ἴσχὺν $N_\eta = 112 \text{ W}$.

Νὰ ύπολογισθῇ δὲ βαθμὸς ἀποδόσεως τοῦ μετασχηματιστοῦ διὰ συνφ₂ = 0,8 διὰ τὴν ὀνομαστικὴν ἔντασιν τοῦ δευτερεύοντος.

(Απάντ.: 94,4 %)

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ 3

ΤΥΛΙΓΜΑΤΑ ΣΤΑΤΟΥ ΜΗΧΑΝΩΝ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

3 · 1 Γενικά.

Είς τὸ κεφάλαιον 1 εἰδομεν ὅτι ἐκτὸς τῆς περιπτώσεως τῶν σπανίων χρησιμοποιουμένων ἐναλλακτήρων μὲ ἔξωτερικούς πόλους, εἰς τὸν στάτην τῶν συγχρόνων γεννητριῶν εἶναι τοποθετημένον τὸ ἐπαγωγικὸν τύμπανον, τὸ δποῖον φέρει τὸ τύλιγμα. Τοῦτο συνδέεται μὲ τὸ δίκτυον, τὸ δποῖον κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον τροφοδοτεῖται μὲ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα.

Είς τὴν περίπτωσιν τῶν συγχρόνων κινητήρων, οἱ δποῖοι εἶναι μηχαναὶ ὅμοιαι μὲ τοὺς ἐναλλακτῆρας, ὅπως θὰ ἴδωμεν εἰς τὸ ἐπόμενον κεφάλαιον, τὸ δίκτυον τροφοδοτεῖ μὲ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα τὸ τύλιγμα τῆς μηχανῆς, τὸ δποῖον εύρισκεται πάλιν συνήθως εἰς τὸν στάτην. 'Ο δρομεὺς φέρει τοὺς μαγνητικούς πόλους, τῶν δποίων τὸ τύλιγμα τροφοδοτεῖται μὲ συνεχὲς ρεῦμα ἀπὸ τὴν διεγέρτριαν.

'Ο στάτης τῶν ἀσυγχρόνων μηχανῶν, αἱ δποῖαι ἐκτὸς ἐλαχίστων ἔξαιρέσεων χρησιμοποιοῦνται μόνον ὡς κινητῆρες, εἶναι ὅμοιοι μὲ τὸν στάτην τῶν συγχρόνων. Δηλαδὴ φέρει τύλιγμα, κατεσκευασμένον βάσει τῶν ἴδιων ἀρχῶν, τὸ δποῖον τροφοδοτεῖται μὲ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα ἀπὸ τὸ δίκτυον. 'Ο δρομεὺς ὅμως τῶν μηχανῶν αὐτῶν διαφέρει ριζικὰ ἀπὸ τὸν δρομέα τῶν συγχρόνων μηχανῶν. Τὸ τύλιγμα τοῦ δρομέως δὲν συνδέεται μὲ κανενὸς εἰδούς πηγὴν ἡλεκτρικῆς ἐνέργειας. 'Απὸ τὴν ἄποψιν αὐτὴν ὁ ἀσύγχρονος κινητήρος δμοιάζει μὲ μετασχηματιστήν, τοῦ δποίου τὸ πρωτεῦον εἶναι τὸ τύλιγμα τοῦ στάτου καὶ τὸ δευτερεῦον τὸ τύλιγμα τοῦ δρομέως.

Είς τὸ κεφάλαιον αὐτὸν θὰ ἔξετάσωμεν τὰ τυλίγματα τοῦ στάτου τῶν συγχρόνων καὶ ἀσυγχρόνων μηχανῶν καὶ θὰ δώσωμεν παραδείγματα, ποὺ ἀναφέρονται κυρίως εἰς εἰδη τυλιγμάτων χρησιμοποιούμενα εἰς κινητῆρας. Τὰ τυλίγματα τοῦ δρομέως τῶν ἀσυγχρόνων κινητήρων θὰ τὰ ἔξετάσωμεν εἰς τὰ εἰδικὰ κεφάλαια τὰ ἀναφερόμενα εἰς τοὺς κινητῆρας αὐτούς.

“Υπενθυμίζομεν ἐδῶ, ὅτι εἰς τὰς συγχρόνους μηχανὰς ὀνομάζομεν σύγχρονον ταχύτητα (παράγρ. 1 · 5), τὴν ταχύτητα ποὺ προκύπτει ἀπὸ τὴν σχέσιν:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} \quad \text{εἰς στρ/min}$$

ὅπου: f είναι ἡ συχνότης τοῦ ρεύματος καὶ p ὁ ἀριθμὸς τῶν ζευγῶν τῶν μαγνητικῶν πόλων τῆς μηχανῆς, βάσει τοῦ ὄποιού ἔχει κατασκευασθῆ καὶ τὸ τύλιγμα τοῦ στάτου τῆς.

Οἱ σύγχρονοι κινητῆρες περιστρέφονται μὲ ταχύτητα, ἡ ὄποια είναι αὐστηρῶς ἵστη πρὸς τὴν σύγχρονον ταχύτητα τῆς μηχανῆς ἀνεξαρτήτως τοῦ φορτίου τῆς.

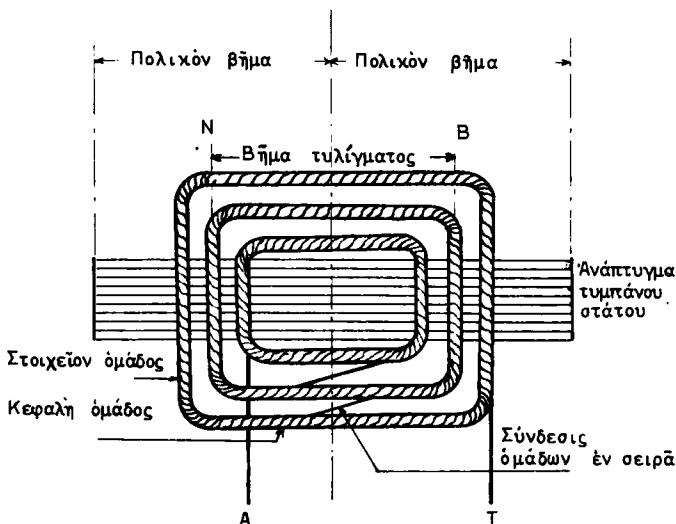
Οἱ ἀσύγχρονοι κινητῆρες περιστρέφονται μὲ ταχύτητα, ἡ ὄποια ἔξαρτᾶται μὲν ἀπὸ τὸ φορτίον τῆς μηχανῆς, δὲν διαφέρει ὅμως παρὰ κατὰ μικρὸν ποσοστὸν ἀπὸ τὴν σύγχρονον ταχύτητα, ἡ ὄποια προκύπτει καὶ αὐτὴ ἀπὸ τὴν ὀνωτέρω σχέσιν. Εἰς τὰς μηχανὰς αὐτάς, αἱ ὄποιαι δὲν ἔχουν μαγνητικοὺς πόλους, τὸ p είναι ὁ ἀριθμὸς ζευγῶν πόλων τοῦ τυλίγματός των. Δηλαδὴ καὶ διὰ τὰ τυλίγματα τῶν ἀσυγχρόνων μηχανῶν δεχόμεθα ἔνα ἀριθμὸν ζευγῶν μαγνητικῶν πόλων καὶ βάσει αὐτοῦ, ὅπως εἰς τὰς συγχρόνους μηχανάς, διαμορφώνομεν τὸ τύλιγμα ὡς διπολικόν, τετραπολικόν κ.λπ. “Οταν τὸ τύλιγμα αὐτὸ τροφοδοτηθῇ μὲ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα ἀπὸ τὸ δίκτυον, δημιουργεῖ μαγνητικὸν πεδίον, τὸ ὄποιον είναι καὶ αὐτὸ ἀντιστοίχως διπολικόν, τετραπολικόν κ.λπ.

“Οπως εἰς τὰς συγχρόνους μηχανάς, ἔτσι καὶ εἰς τὰς ἀσυγχρόνους ἔχομεν μονοφασικάς, διφασικάς καὶ τριφασικάς μηχανάς, ποὺ φέρουν εἰς τὸν στάτην τῶν ἀντιστοίχως μονοφασικά, διφασικά ἢ τριφασικά τυλίγματα. Τὰ τριφασικὰ τυλίγματα συνδεσμολογοῦνται καὶ εἰς τὰς ἀσυγχρόνους μηχανὰς κατ’ ἀστέρα ἢ κατὰ τρίγωνον ὅπως εἰς τὰς συγχρόνους. Εἰς τὴν ἐπομένην παράγραφον, ὅπου θὰ ἔξετάσωμεν τὰ εἰδη τῶν τυλιγμάτων τῶν μηχανῶν ἐναλλασσόμενου ρεύματος, θὰ ἀναφερώμεθα εἰς μονοφασικὰ τυλίγματα. Τὰ εἰδη ὅμως, εἰς τὰ ὄποια θὰ κατατάξωμεν τὰ τυλίγματα, ἰσχύουν καὶ διὰ τὰ πολυφασικὰ τυλίγματα, τῶν ὄποιων τὰ ἴδιαίτερα χαρακτηριστικὰ θὰ ἔξετάσωμεν εἰς ἄλλην παράγραφον.

3 · 2 Είδη τυλιγμάτων.

1) Τυλίγματα εἰς μίαν στρῶσιν.

Τὰ τυλίγματα, ποὺ περιεγράψαμεν εἰς τὰς παραγράφους 1 · 6, 1 · 7 καὶ 1 · 8 (σχ. 1 · 6, 1 · 7 α, 1 · 8 α), ἀνήκουν εἰς τὴν κατηγορίαν τῶν τυλιγμάτων ἐναλλασσομένου ρεύματος, ποὺ δύνομάζονται τυλίγματα εἰς μίαν στρῶσιν. Χαρακτηριστικὸν αὐτῶν εἶναι ὅτι εἰς κάθε δύνοντασιν (αὐλακα) ὑπάρχει μόνον ἔνα στοιχεῖον τοῦ τυλίγματος. "Οπως ἀνεφέραμεν ἔκει, τὰ τυλίγματα αὐτὰ ἀποτελοῦνται ἀπὸ συγκροτήματα δύμάδων ὡς αὐτὸ τοῦ σχῆματος 3 · 2 α. Αἱ δύμαδες τοῦ συγκροτήματος (τρεῖς εἰς τὸ σχῆμα) εἶναι συνδεδεμέναι ἐν σειρᾷ, ὡστε τελικῶς νὰ μένουν ἐλεύθερα πρὸς σύνδεσιν τὰ δύο ἄκρα τοῦ συγκροτήματος Α (ἀρχὴ) καὶ Τ (τέλος).

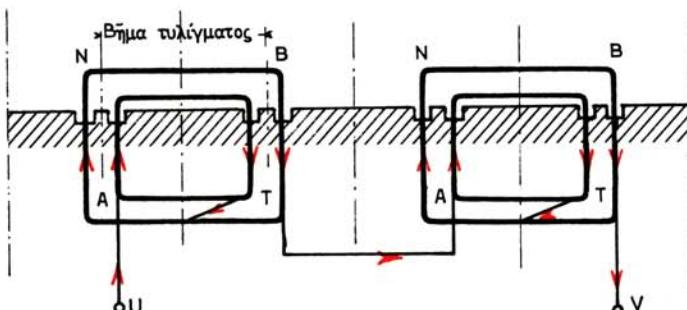


Σχ. 3 · 2 α.
Συγκρότημα δύμάδων συγκεντρικοῦ τυλίγματος.

"Οπως παρατηροῦμεν ἀπὸ τὸ σχῆμα 3 · 2 α, αἱ δύμαδες τοῦ συγκροτήματος, ποὺ ἡ μία περιβάλλει τὴν ἄλλην, δὲν ἔχουν ὅλαι τὸ ἴδιον βῆμα, δηλαδὴ τὴν ἴδιαν ἀπόστασιν μεταξὺ τῶν δύο στοιχείων των. Τὰ τυλίγματα τὰ ὅποια ἀποτελοῦνται ἀπὸ παρόμοια συγκροτήματα δύμάδων, δύνομάζονται εἰδικώτερον συγκεντρικὰ τυλίγματα. Εἰς αὐτὰ

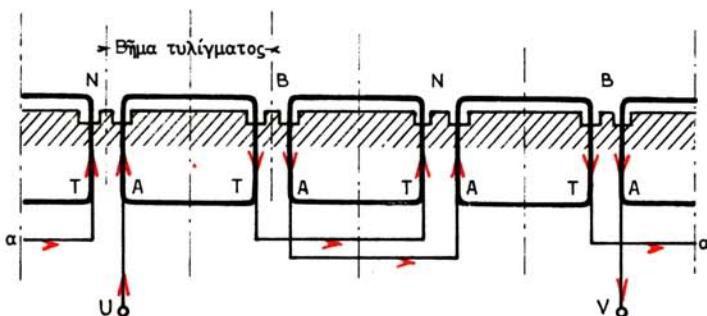
τὸ βῆμα τοῦ τυλίγματος ἴσοῦται μὲ τὸ βῆμα τῆς μέσης ὁμάδος τοῦ συγκροτήματος, ὅπως δεικνύει τὸ σχῆμα. Ἐπίσης ἀπὸ τὸ ἴδιον σχῆμα παρατηροῦμεν ὅτι τὸ βῆμα τοῦ τυλίγματος ἴσοῦται μὲ τὸ πολικὸν βῆμα.

Ὑπόρχουν δύο τρόποι κατασκευῆς τῶν τυλιγμάτων εἰς μίαν στρῶσιν. Κατὰ τὸν ἕνα τρόπον εἰς κάθε διπλοῦν πολικὸν βῆμα ἔχομεν ἕνα συγκρότημα ὁμάδων ἀπὸ τὸ τύλιγμα κάθε φάσεως. Δηλαδὴ ἔχ-



Σχ. 3·2β.

Μονοφασικὸν τύλιγμα εἰς μίαν στρῶσιν, ἡμισείας περιελίξεως ($p = 2$).



Σχ. 3·2γ.

Μονοφασικὸν τύλιγμα εἰς μίαν στρῶσιν, πλήρους περιελίξεως ($p = 2$).

μεν p συγκροτήματα ὁμάδων ἀνὰ φάσιν εἰς ὅλον τὸ τύλιγμα. Τὸ σχῆμα 3·2β δεικνύει ἀπλοῦν μονοφασικὸν τύλιγμα αὐτοῦ τοῦ εἶδους διὰ μίαν τετραπολικὴν μηχανὴν ($p = 2$). Τὰ τυλίγματα αὗτὰ ὀνομάζονται ἡμισείας περιελίξεως, διότι αἱ κεφαλαὶ τῶν ὁμάδων καλύ-

πτουν περίπου τὸ ἥμισυ τῆς μετωπικῆς περιφερείας τοῦ τυμπάνου.

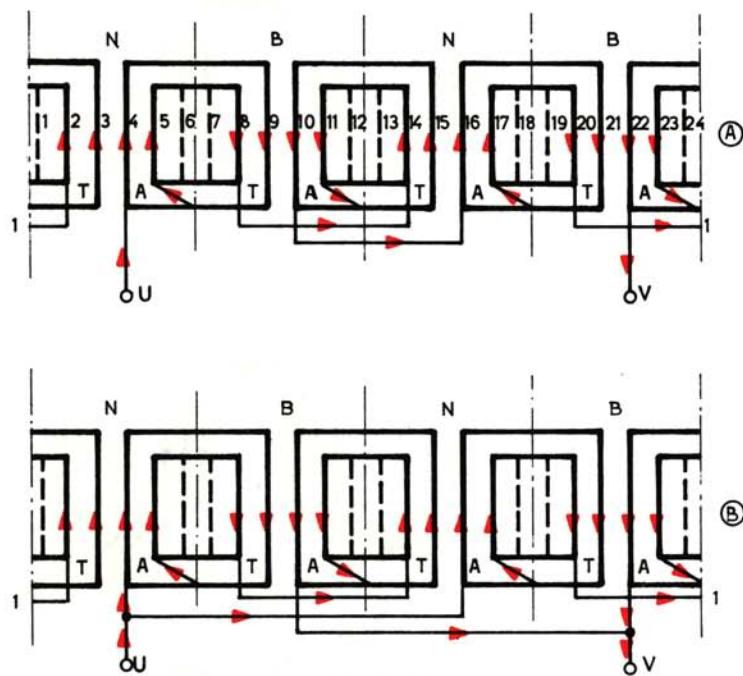
Κατὰ τὸν δεύτερον τρόπον κατασκευῆς τῶν τυλιγμάτων, κάθε συγκρότημα τοῦ πρώτου τρόπου ἔχει διασπασθῆ εἰς δύο συγκροτήματα, ἕκαστον τῶν δύοιων ἔχει τὸν ἥμισυ ἀριθμὸν δμάδων, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 3 · 2 γ. Εἰς τὸ παράδειγμα αὐτὸν κάθε συγκρότημα ἀποτελεῖται ἀπὸ μίαν δμάδα, δεδομένου ὅτι εἰς τὸ τύλιγμα τοῦ σχήματος 3 · 2 β τὰ συγκροτήματα ἀποτελοῦνται ἀπὸ δύο δμάδας ἕκαστον. Εἰς τὰ τυλίγματα αὐτά, ποὺ δονομάζονται πλήρους περιελίξεως, ἔχουμεν 2 · ρ συγκροτήματα ἀνὰ φάσιν. Τὸ βῆμα τοῦ τυλίγματος είναι τὸ ίδιον μὲ τὸ βῆμα τοῦ τυλίγματος ἡμισείας περιελίξεως, ἐκ τοῦ ὅποιου προῆλθον.

Τὸ δύο τυλίγματα τῶν σχημάτων 3 · 2 β καὶ 3 · 2 γ είναι ἡλεκτρικῶς τελείως ίσοδύναμα. Ἡ μόνη των διαφορὰ είναι ὅτι ἀντὶ νὰ ἔχωμεν ρ συγκροτήματα μὲ πολλὰς δμάδας ἕκαστον, ὅπως εἰς τὸ σχῆμα 3 · 2β, ἔχουμεν 2 · ρ συγκροτήματα, ὅπως εἰς τὸ σχῆμα 3 · 2 γ, μὲ τὰς ἡμισείας δμάδας ἕκαστον. Ἔτσι τὸ δεύτερον τύλιγμα ἀπαιτεῖ μικρότερον χῶρον διὰ τὰς κεφαλὰς τῶν δμάδων καὶ δλιγώτερον χάλκινον ἀγωγόν, ἀπὸ ὅ, τι τὸ τύλιγμα ἡμισείας περιελίξεως.

Εἰς τὰ τυλίγματα τῶν κινητήρων ἐναλλασσομένου ρεύματος τὰ βέλη ἐπὶ τῶν ἀγωγῶν (σχ. 3 · 2 β καὶ 3 · 2 γ) δεικνύουν τὴν φορὰν τοῦ ρεύματος κατὰ μίαν χρονικήν στιγμήν. Ἡ σύνδεσις τῶν συγκροτημάτων μεταξὺ των πρέπει νὰ γίνεται κατὰ τρόπον, ὥστε οἱ ἀγωγοί, ποὺ εύρισκονται ἐντὸς ἑνὸς πόλου, νὰ διαρρέωνται ἀπὸ ρεῦμα τῆς αὐτῆς φορᾶς. Διὰ νὰ ἐπιτευχθῇ αὐτό, ὅπως παρατηροῦμεν ἀπὸ τὸ σχῆμα 3 · 2 β, εἰς τὰ τυλίγματα ἡμισείας περιελίξεως κατὰ τὴν ἐν σειρᾷ σύνδεσιν τῶν συγκροτημάτων συνδέομεν τὸ τέλος Τ τοῦ ἑνὸς συγκροτήματος μὲ τὴν ἀρχὴν Α τοῦ ἐπομένου. Ἀντιθέτως εἰς τὰ τυλίγματα πλήρους περιελίξεως συνδέομεν τὸ τέλος Τ τοῦ πρώτου συγκροτήματος μὲ τὸ τέλος Τ τοῦ δευτέρου, κατόπιν τὴν ἀρχὴν Α αὐτοῦ μὲ τὴν ἀρχὴν Α τοῦ ἐπομένου κ.ο.κ., ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 3 · 2 γ.

Τὰ συγκροτήματα ἑνὸς τυλίγματος δύνανται νὰ συνδεθοῦν μεταξύ των ἐν σειρᾷ, ἐν παραλλήλῳ ἢ καὶ κατὰ μικτὸν τρόπον. Συνδέομεν τὰ συγκροτήματα ἐν σειρᾷ εἰς τὴν περίπτωσιν τῶν ἐναλλακτήρων, ὅταν ἐπιθυμοῦμεν νὰ ἐπιτύχωμεν ὑψηλὰς τάσεις. Εἰς τοὺς κινητῆρας είναι ὁ πλέον συνήθης τρόπος συνδέσεως τῶν συγκροτημάτων

μεταξύ των. Τὸ σχῆμα 3 · 2 δ δεικνύει μονοφασικὸν τύλιγμα πλήρους περιελίξεως τετραπολικῆς μηχανῆς μὲ συγκροτήματα ἀποτελούμενα ἀπὸ δύο διμάδας ἔκαστον. Εἰς τὸ ἄνω μέρος τοῦ σχήματος φαίνεται ἡ σύνδεσις τῶν συγκροτημάτων ἐν σειρᾷ, κάτω δὲ ἡ μικτὴ σύνδεσις μὲ δύο παραλλήλους κλάδους. Τὸ τύμπανον τῆς μηχανῆς ἔχει 24 δόντωσεις καὶ, ὅπως παρατηροῦμεν, τὸ 1/3 τῶν δόντωσεων δὲν φέρει ἀγωγούς. Αὐτὸ συμβαίνει συχνὰ εἰς τὰ τυλίγματα μονοφασικῶν κινητήρων χωρὶς βοηθητικὸν τύλιγμα.



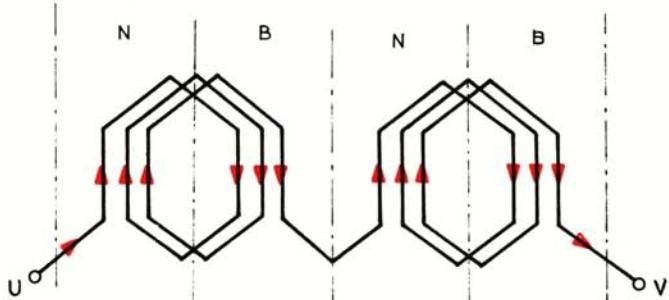
Σχ. 3 · 2 δ.

Ἐν σειρᾷ (A) καὶ μικτὴ σύνδεσις (B) τῶν συγκροτημάτων τυλίγματος.

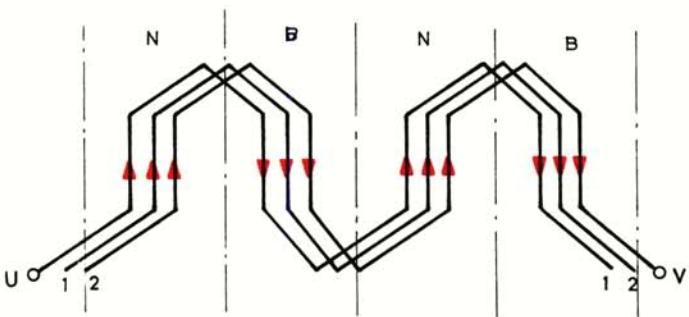
Εἶναι εὔκολον νὰ ἐννοήσῃ κανεὶς, ὅτι τὸ κάτω τύλιγμα B τοῦ σχήματος 3 · 2 δ εἶναι κατάλληλον διὰ νὰ λειτουργῇ μὲ τάσιν ἵστην πρὸς τὸ ἥμισυ τῆς τάσεως τοῦ A καὶ ὅτι ἀπορροφεῖ διπλασίαν ἔντασιν.

“Οπως εἴδομεν, τὰ συγκεντρικὰ τυλίγματα ἔχουν συγκροτήματα, τῶν δποίων αἱ διμάδες εἶναι ἄνισοι μεταξύ των. Τοῦτο ἀπο-

τελεῖ μειονέκτημα διὰ τὴν βιομηχανικὴν κατασκευὴν των μὲ τὴν βοήθειαν αὐτομάτων περιελικτικῶν μηχανῶν. Διὰ τὸν λόγον αὐτὸν ἐπενοήθησαν καὶ τυλίγματα μιᾶς στρώσεως, ὅπου ὅλαι αἱ ὄμάδες εἰναι ὅμοιαι μεταξύ τῶν. Τὰ τυλίγματα αὐτὰ διαμορφώνονται ὡς *βροχοειδῆ* (σχ. 3·2ε) ή ὡς *κυματοειδῆ* (σχ. 3·2στ). Εἰς τὰ σχήματα



Σχ. 3·2ε.
Μονοφασικὸν βροχοειδὲς τύλιγμα μιᾶς στρώσεως.



Σχ. 3·2στ.
Μονοφασικὸν κυματοειδὲς τύλιγμα μιᾶς στρώσεως.

διὰ νὰ φανῇ καλύτερον ἡ ἀρχή, βάσει τῆς ὅποιας κατασκευάζονται τὰ ἀντίστοιχα τυλίγματα, αἱ ὄμάδες παριστάνονται μὲ μίαν μόνον σπείραν. Εἰναι ἡ περίπτωσις τυλίγματος μὲ ράβδους (μπάρες). "Οταν αἱ ὄμάδες ἀποτελοῦνται ἀπὸ πολλὰς σπείρας μονωμένου σύρματος, ἐνώνονται τὰ ἄκρα τῶν διαδοχικῶν ὄμάδων κατὰ τὰ γνωστά.

Ἐπίστης πρέπει νὰ σημειωθῇ ὅτι τὰ τυλίγματα τῶν σχημάτων 3·2ε καὶ 3·2στ εἰναι τυλίγματα ἡμισείας περιελίξεως. Φυσικὰ εἰναι

δυνατὸν νὰ κατασκευασθοῦν καὶ τυλίγματα αὐτοῦ τοῦ εἴδους πλήρους περιελίξεως.

2) *Tυλίγματα εἰς δύο στρώσεις.*

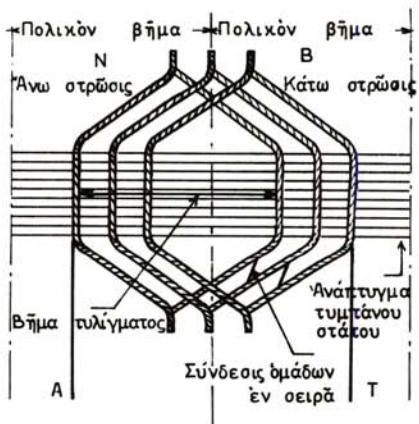
Τυλίγματα διὰ μηχανᾶς ἐναλλασσομένου ρεύματος κατασκευάζονται καὶ εἰς δύο στρώσεις· δηλαδὴ μὲ δύο στοιχεῖα ἀπὸ δύο διαφορετικὰς ὁμάδας μέσα εἰς κάθε αὔλακα τοῦ τυμπάνου, ὅπως ἀκριβῶς κατασκευάζονται τὰ τυλίγματα τῶν μηχανῶν συνεχοῦς ρεύματος, μὲ τὰ ὅποια ὁμοιάζουν ὡς πρὸς τὴν διάταξιν τῶν ὁμάδων.

Τὰ τυλίγματα μιᾶς στρώσεως, καὶ μάλιστα τὰ συγκεντρικά, χρονολογικῶς ἔξεταζόμενα προτιγήθησαν τῶν λοιπῶν τυλιγμάτων. Κατόπιν ἐχρησιμοποιήθησαν τὰ τυλίγματα εἰς μίαν στρῶσιν μὲ ὁμάδας ἴσου βήματος κατασκευαζομένας εἰς περιελικτικὰς μηχανᾶς. Τέλος ἡ ἔξελιξις ὡδήγησεν εἰς τὰ τυλίγματα εἰς δύο στρώσεις, τὰ ὅποια μὲ τὴν πάροδον τοῦ χρόνου ὀλονέν καὶ περισσότερον προτιμῶνται ἀπὸ τοὺς κατασκευαστὰς τῶν κινητήρων ἐναλλασσομένου ρεύματος.

Τὰ κύρια πλεονεκτήματα τῶν τυλιγμάτων εἰς μίαν στρῶσιν εἶναι τὰ ἔξης: 1) Ἡ λειτουργία τῶν μηχανῶν καὶ ἰδιαιτέρως τῶν κινητήρων παρουσιάζει μέγαν βαθμὸν ἀσφαλείας. 2) Αἱ συνδέσεις των εἶναι ἀπλαῖ καὶ 3) εἶναι εύκολος ἡ ἀντικατάστασις ἐνὸς μέρους τοῦ τυλιγμάτος ποὺ ὑπέστη βλάβην. Μειονεκτοῦν ὅμως ἔναντι τῶν τυλιγμάτων εἰς δύο στρώσεις, διότι τὰ τελευταῖα αὐτὰ καταλαμβάνουν μικρότερον χῶρον καὶ συνεπῶς αἱ διαστάσεις τῆς μηχανῆς γίνονται μικρότεραι, μὲ ἀποτέλεσμα νὰ ἀπαιτοῦνται ὀλιγώτερα ὄλικά διὰ τὴν κατασκευήν της. Ἐπίσης αἱ ὁμάδες τῶν τυλιγμάτων εἰς δύο στρώσεις, ποὺ εἶναι ὅλαι ὁμοιαι μεταξύ των εἶναι δυνατὸν νὰ προκατασκευασθοῦν καὶ νὰ διαμορφωθοῦν εἰς περιελικτικὰς μηχανᾶς μὲ χαμηλὸν κόστος.

Τὰ τυλίγματα εἰς δύο στρώσεις κατασκευάζονται συνήθως ὡς βροχοειδῆ τυλίγματα, σπανίως δὲ ὡς κυματοειδῆ ἢ συγκεντρικά. Τὸ σχῆμα 3 · 2 ζ παριστάνει συγκρότημα ὁμάδων ἀπὸ βροχοειδὲς τύλιγμα εἰς δύο στρώσεις. Τὸ συγκρότημα αὐτὸν ἀποτελεῖται ἀπὸ τρεῖς ἐν σειρᾷ συνδεδεμένας ὁμάδας. Αἱ ὁμάδες εἶναι ὅλαι ὁμοιαι μεταξύ των, τὸ δὲ βῆμα τοῦ τυλιγμάτος εἶναι τώρα ἵσον μὲ τὸ βῆμα μιᾶς ὁμάδος, μετρούμενον εἰς ἀριθμὸν ὁδοντώσεων τοῦ τυμπάνου. Εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ σχήματος, τὸ βῆμα τοῦ τυλιγμάτος ἴσουται μὲ τὸ πολικὸν βῆμα.

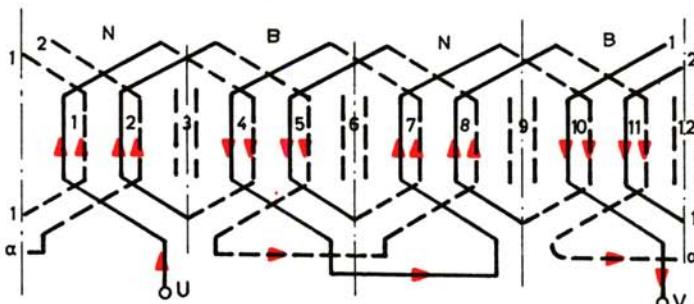
Μὲ τὴν ἀρχὴν Α καὶ τὸ τέλος Τ τὸ συγκρότημα αὐτὸ συνδέεται μὲ τὰ λοιπὰ συγκροτήματα τῆς αὐτῆς φάσεως τοῦ τυλίγματος. Εἰς τὰ τυλίγματα εἰς δύο στρώσεις αἱ συνδέσεις μεταξὺ τῶν συγκροτημάτων γίνονται:



Σχ. 3.2ζ.

Συγκρότημα διμάδων τυλίγματος εἰς δύο στρώσεις.

γμα ἀποτελεῖται ἀπὸ $2 \cdot p = 4$ συγκροτήματα τῶν δύο διμάδων, συνδεδεμένα ἐν σειρᾷ. Μὲ συνεχῆ γραμμὴν παριστάνονται τὰ στοιχεῖα



Σχ. 3.2η.

Μονοφασικὸν τύλιγμα εἰς δύο στρώσεις.

τῶν διμάδων, ποὺ ἀνήκουν εἰς τὴν ἐπάνω στρῶσιν καὶ μὲ διακεκομένην γραμμὴν τὰ ἀνήκοντα εἰς τὴν κάτω στρῶσιν. Τὸ τύμπανον τῆς μηχανῆς ἔχει συνολικῶς 12 δύοντώσεις, εἰς τὸ 1/3 τῶν διποίων δὲν ἔχουν τοποθετηθῆ στοιχεῖα.

3.3 Πολυφασικά τυλίγματα.

"Οπως ἐπεξηγήθη καὶ εἰς τὰς παραγράφους 1 · 7 καὶ 1 · 8, τὸ διφασικὸν τύλιγμα ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο ὅμοια μονοφασικὰ μεταποιητικά τὸ ἔνα ὡς πρὸς τὸ ἄλλο κατὰ 90 ἡλεκτρικὰς μοίρας. Ὁμοίως τὸ τριφασικὸν τύλιγμα ἀποτελεῖται ἀπὸ τρία ὅμοια μονοφασικὰ μεταποιητικά τὸ ἔνα ὡς πρὸς τὸ ἄλλο κατὰ 120 ἡλεκτρικὰς μοίρας. Μὲ πολυφασικά τυλίγματα ἀνω τῶν τριῶν φάσεων δὲν θὰ ἀσχοληθῶμεν εἰς τὸ βιβλίον αὐτό.

'Η ἐπὶ τοῦ τυμπάνου γεωμετρικὴ γωνία μεταποίησεως τοῦ ἔνδος μονοφασικοῦ τυλίγματος ὡς πρὸς τὸ ἄλλο ἔξαρτᾶται ἀπὸ τὸν ἀριθμὸν p τῶν ζευγῶν τῶν πόλων τοῦ τυλίγματος καὶ δίδεται ἀπὸ τὸν τύπον (παράγρ. 1 · 4, ἔδαφιον 2):

$$\theta = \frac{\theta_{ηλ}}{p} \quad \text{εἰς γεωμετρικὰς μοίρας}$$

Π.χ. εἰς διφασικὸν τετραπολικὸν τύλιγμα ($p = 2$) ἡ μεταπόπισις τῶν δύο μονοφασικῶν τυλιγμάτων μεταξύ των είναι:

$$\theta = \frac{\theta_{ηλ}}{p} = \frac{90}{2} = 45 \text{ γεωμετρικαὶ μοίραι}$$

Παρόμοιον τύλιγμα εἰς μίαν στρῶσιν ὑπὸ τὴν στοιχειώδη του μορφὴν δεικνύει τὸ σχῆμα 1 · 7 α.

"Αν τὸ τύμπανον ἔχῃ συνολικῶς z ὁδοντώσεις, τότε ἡ μεταπόπισις τῶν θ γεωμετρικῶν μοιρῶν ἀντιστοιχεῖ εἰς:

$$z \cdot \frac{\theta}{360} \quad \text{ὁδοντώσεις}$$

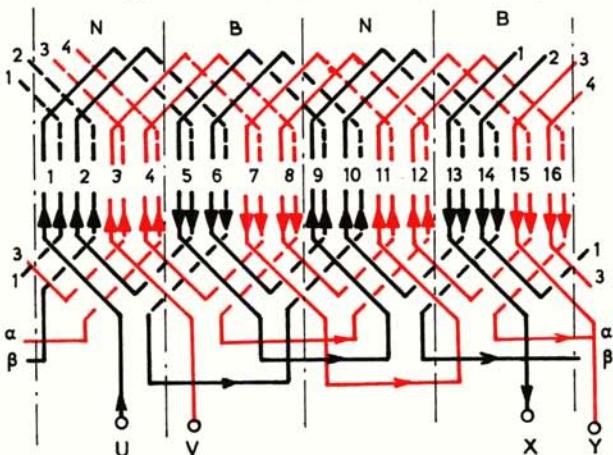
Εἰς τὸ διφασικὸν τετραπολικὸν τύλιγμα εἰς δύο στρῶσεις τοῦ σχήματος 3 · 3 α, τοῦ ὅποιου τὸ τύμπανον ἔχει $z = 16$ ὁδοντώσεις, ἡ ἀρχὴ V τῆς δευτέρας φάσεως είναι μεταποιητική ὡς πρὸς τὴν ἀρχὴν U τῆς πρώτης φάσεως κατά:

$$z \cdot \frac{\theta}{360} = 16 \times \frac{45}{360} = 2 \text{ ὁδοντώσεις}$$

Σημειώνομεν ἐπίσης ὅτι εἰς τὸ τύλιγμα αὐτό, ποὺ είναι βροχοει-

δές μὲ συγκροτήματα ἀποτελούμενα ἀπὸ δύο δμάδας, ἔχομεν $2 p = 4$ συγκροτήματα δμάδων ἀνὰ φάσιν.

Μὲ τὰ διφασικὰ δμοιάζουν καὶ τὰ τυλίγματα τῶν μονοφασικῶν κινητήρων μὲ βοηθητικὸν τύλιγμα. Οἱ κινητῆρες αὐτοὶ ἐκτὸς ἀπὸ τὸ κύριον μονοφασικὸν τύλιγμα, τὸ δποῖον κατεσκευάζεται μὲ ἔνα ἀπὸ τοὺς τρόπους ποὺ ἀνεφέραμεν εἰς τὴν προηγουμένην παράγραφον, φέρουν καὶ ἔνα βοηθητικὸν τύλιγμα. Τοῦτο εἶναι τοποθετημένον ἐπίστης ἐντὸς τῶν ὀδοντώσεων τοῦ στάτου, ἀλλὰ μετατοπισμένον κατὰ 90 ἡλεκτρικὰς ὡς πρὸς τὸ κύριον τύλιγμα. Οἱ ἀγωγοὶ τοῦ βοηθητικοῦ τυλίγματος τοποθετοῦνται ἐντὸς τῶν αὐλάκων, αἱ δποῖαι δὲν καταλαμβάνονται ἀπὸ τὸ κύριον τύλιγμα καὶ ἐνίστε καὶ ἐντὸς αὐλάκων, εἰς τὰς δποίας ὑπάρχουν καὶ ἀγωγοὶ τοῦ κυρίου τυλίγματος. Πάντως



Σχ. 3 · 3 α.
Διφασικὸν τύλιγμα εἰς δύο στρώσεις.

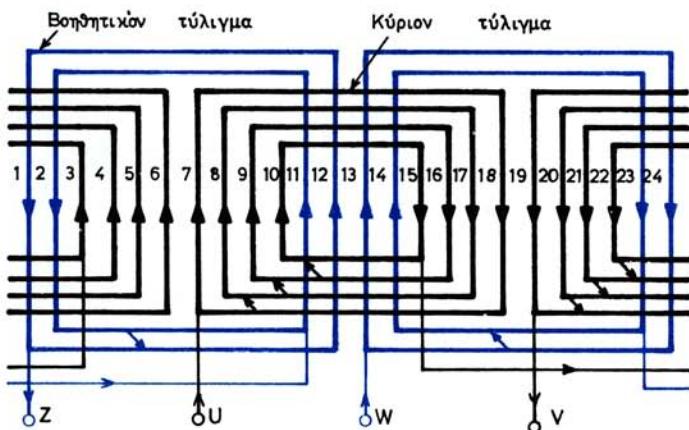
τὸ βοηθητικὸν τύλιγμα δὲν ἀποτελεῖ δευτέραν φάσιν, διότι οὔτε εἶναι δμοιον ἀκριβῶς μὲ τὸ κύριον μονοφασικὸν τύλιγμα, οὔτε συνδέεται εἰς τὴν δευτέραν φάσιν δικτύου, ὅπως θὰ ἔξηγήσωμεν, ὅταν θὰ ἔξετάσωμεν τοὺς κινητῆρας αὐτούς.

‘Ως παράδειγμα τὸ σχῆμα 3 · 3 β δεικνύει τὸ κύριον καὶ βοηθητικὸν τύλιγμα μονοφασικοῦ διπολικοῦ κινητῆρος μὲ 24 ὀδοντώσεις εἰς τὸν στάτην. Κάθε τύλιγμα εἶναι κατεσκευασμένον ὡς συγκεντρικὸν πλήρους περιελίξεως. Τὸ κύριον τύλιγμα καταλαμβάνει 16 ὀδοντώσεις

καὶ τὸ βοηθητικὸν τὰς ὑπολοίπους 8. Ἡ ἀρχὴ W τοῦ βοηθητικοῦ τυλίγματος εἶναι μετατοπισμένη ὡς πρὸς τὴν ἀρχὴν U τοῦ κυρίου τυλίγματος κατά:

$$z \cdot \frac{\theta}{360} = 24 \times \frac{90}{360} = 6 \text{ ὁδοντώσεις}$$

Εἰς τὰ τριφασικά τυλίγματα, ὅπως ἀνεφέρθη εἰς τὴν ἀρχὴν τῆς παραγράφου, αἱ τρεῖς φάσεις εἶναι μετατοπισμέναι μεταξύ τῶν κατὰ 120 ἡλεκτρικάς μοίρας. Τὸ σχῆμα 1 · 8 α παριστάνει τριφασικὸν τύλιγμα εἰς μίαν στρῶσιν ὑπὸ τὴν στοιχειώδη του μορφήν.



Σχ. 3 · 3 β.

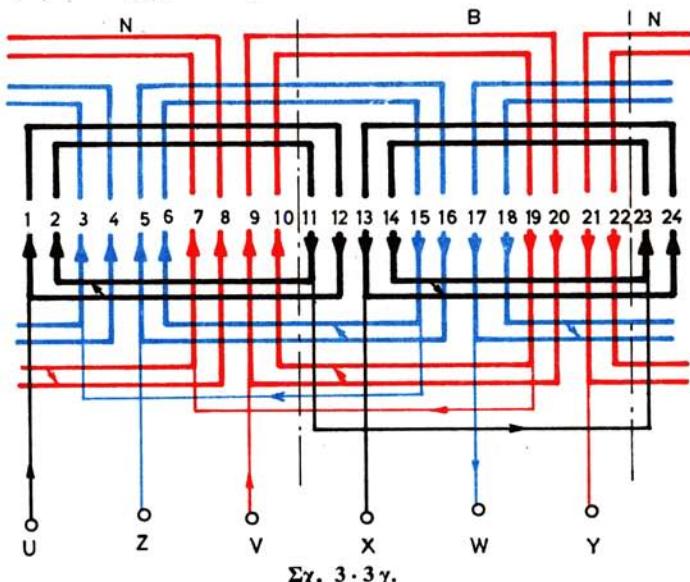
Διπολικὸν τύλιγμα εἰς μίαν στρῶσιν μονοφασικοῦ κινητῆρος μετὰ βοηθητικοῦ τυλίγματος.

Τὸ σχῆμα 3 · 3 γ παριστάνει ἄλλο τριφασικὸν συγκεντρικὸν τύλιγμα εἰς μίαν στρῶσιν. Τὸ τύλιγμα αὐτὸν εἶναι διπολικόν, πλήρους περιελίξεως μὲ z = 24 ὁδοντώσεις. Συνεπῶς ἡ μετατόπισις τῆς ἀρχῆς V τῆς δευτέρας φάσεως ἀπὸ τὴν ἀρχὴν U τῆς πρώτης φάσεως καὶ τῆς ἀρχῆς W τῆς τρίτης φάσεως ἀπὸ τὴν ἀρχὴν V τῆς δευτέρας θὰ εἴναι:

$$\theta = \frac{\theta_{\eta\lambda}}{p} = \frac{120}{1} = 120 \text{ γεωμετρικαὶ μοῖραι}$$

$$\text{ἢ } z \cdot \frac{\theta}{360} = 24 \times \frac{120}{360} = 8 \text{ ὁδοντώσεις}$$

Κάθε φάσις ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο συγκροτήματα (δόσα ὁ ἀριθμὸς τῶν πόλων) συνδεδεμένα μεταξύ των ἐν σειρᾷ. "Οπως εἶναι γνωστόν, τὰ ἔξ ἄκρα U-X, V-Y, W-Z τῶν τριῶν φάσεων καταλήγουν εἰς τοὺς ἔξι ἄκροδέκτας τῆς μηχανῆς (σχ. 1·8γ). Ἐκεῖ μὲ ἐλάσματα γίνεται ἡ συνδεσμολογία τῶν φάσεων κατ' ἀστέρα (σχ. 1·8δ) ἢ κατὰ τρίγωνον (σχ. 1·8ε).



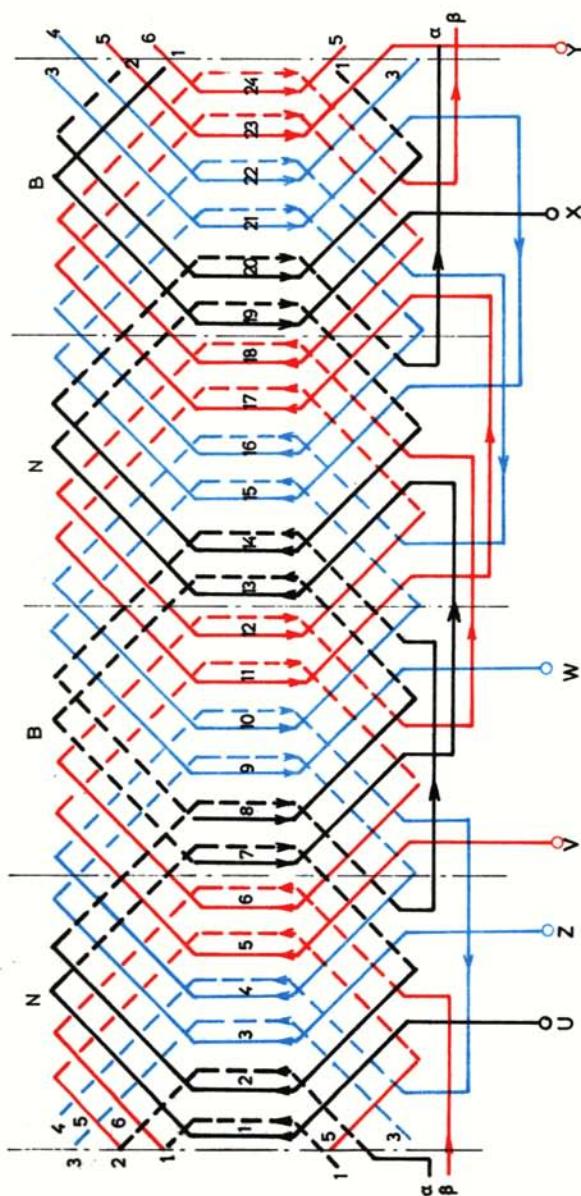
Σχ. 3·3γ.

Τριφασικὸν συγκεντρικὸν τύλιγμα εἰς μίαν στρῶσιν, διπολικῆς μηχανῆς.

Εἰς τὰ τριφασικὰ τυλίγματα εἰς μίαν στρῶσιν, ὁ συνολικὸς ἀριθμὸς τῶν δμάδων ἰσοῦται μὲ τὸ ἥμισυ τοῦ ἀριθμοῦ τῶν δδοντώσεων τοῦ τυμπάνου. Εἰς τὸ παράδειγμα αὐτὸ μὲ 24 δδοντώσεις ἔχομεν τύλιγμα ἀποτελούμενον ἀπὸ 12 δμάδας.

Τὸ σχῆμα 3·3δ δεικνύει τριφασικὸν τύλιγμα εἰς δύο στρῶσεις τετραπολικῆς μηχανῆς μὲ 24 δδοντώσεις. "Η μετατόπισις τῆς μιᾶς φάσεως ὡς πρὸς τὴν ἄλλην εἶναι ἵση μὲ 4 δδοντώσεις. "Οπως παρατηροῦμεν, τὸ τύλιγμα ἀποτελεῖται ἀπὸ $2 \cdot p = 4$ συγκροτήματα δμάδων ἀνὰ φάσιν, ἔκαστον τῶν δποίων ἔχει δύο δμάδας.

Εἰς τὰ τριφασικὰ τυλίγματα εἰς δύο στρῶσεις ὁ ἀριθμὸς τῶν δμάδων εἶναι ἵσος μὲ τὸν ἀριθμὸν τῶν δδοντώσεων, δηλαδὴ ἔδω ἔχομεν 24 δμάδας.



Σχ. 3.3 δ.
Τριφασικόν τυλίγματος δύο στρώσεως, τετραπολικής μηχανής.

3 · 4 Σχεδίασις τυλιγμάτων ἐναλλασσομένου ρεύματος.

Διὰ νὰ γίνη ἡ σχεδίασις ἑνὸς τυλίγματος μηχανῆς ἐναλλασσομένου ρεύματος πρέπει νὰ γνωρίζωμεν:

- Τὸν ἀριθμὸν τῶν αὐλάκων (ὅδοντώσεων) z .
- Τὸν ἀριθμὸν τῶν ζευγῶν πόλων p .
- Τὸν ἀριθμὸν τῶν φάσεων m .
- Τὸν ἀριθμὸν τῶν στοιχείων ἀνὰ αὐλακα (τύλιγμα εἰς μίαν στρῶσιν ἢ εἰς δύο στρώσεις).

Ἐπίσης πρέπει νὰ γνωρίζωμεν τὸ εἶδος τοῦ τυλίγματος (παράγρ. 3 · 2) καὶ τὸν τρόπον τῆς συνδέσεως τῶν συγκροτημάτων τῶν ὁμάδων ἐκάστης φάσεως μεταξύ των (ἐν σειρᾶ ἢ παραλλήλως). Φυσικὰ διὰ τὴν κατασκευὴν τοῦ τυλίγματος πρέπει νὰ είναι γνωστὸς καὶ ὁ ἀριθμὸς τῶν ἀγωγῶν ἀνὰ στοιχεῖον w , δηλαδὴ ἀπὸ πόσας σπείρας ἀποτελεῖται κάθε ὁμάς.

Βάσει τῶν ἀνωτέρω στοιχείων ὑπολογίζομεν πρῶτα τὸν ἀριθμὸν τῶν ὁδοντώσεων ἀνὰ πολικὸν βῆμα ἀπὸ τὴν σχέσιν:

$$z_1 = \frac{z}{2 \cdot p}$$

Ο ἀριθμὸς τῶν ὁδοντώσεων ἀνὰ πολικὸν βῆμα καὶ φάσιν z_2 είναι τότε:

$$z_2 = \frac{z_1}{3} \quad \text{διὰ τὰ τριφασικὰ τυλίγματα.}$$

$$z_2 = \frac{z_1}{2} \quad \text{διὰ τὰ διφασικὰ τυλίγματα.}$$

$$z_2 = \frac{2}{3} \cdot z_1 \quad \text{διὰ τὰ μονοφασικὰ τυλίγματα (συνήθως).}$$

Τὸ z_2 είναι καὶ ὁ ἀριθμὸς τῶν ὁμάδων, ἀπὸ τὰς ὁποίας ἀποτελεῖται κάθε συγκρότημα τοῦ τυλίγματος. Ἐξαίρεσιν ἀποτελοῦν τὰ τυλίγματα μιᾶς στρώσεως πλήρους περιελίξεως (σχ. 3 · 3γ), ὅπου ὁ ἀριθμὸς τῶν ὁμάδων κάθε συγκρότηματος είναι ἴσος μὲ $z_2/2$.

Τὸ βῆμα τοῦ τυλίγματος, τὸ ὅποιον εἰς δλα τὰ προηγούμενα παραδείγματα ἥτο ἴσον μὲ τὸ πολικὸν βῆμα z_1 , μετρεῖται ἐπίσης εἰς ἀριθμὸν ὁδοντώσεων τοῦ τυμπάνου. Π.χ. εἰς τὸ τύλιγμα τοῦ σχήματος 3 · 3δ ἔχομεν πολικὸν βῆμα:

$$z_1 = \frac{z}{2 \cdot p} = \frac{24}{2 \times 2} = 6 \text{ όδοντώσεις}$$

Τὸ βῆμα τοῦ τυλίγματος ἰσοῦται καὶ αὐτὸ μὲ 6 όδοντώσεις. Δηλαδή, ὅταν τὸ πρῶτον στοιχεῖον μιᾶς όμάδος τοποθετηθῇ εἰς τὴν όδόντωσιν ὑπ’ ἀρ. 1, τὸ δεύτερον στοιχεῖον θὰ τοποθετηθῇ εἰς τὴν όδόντωσιν ὑπ’ ἀρ. 1 + 6 = 7. Αὐτὸς εἶναι ὁ λόγος ποὺ εἰς τὴν πρᾶξιν ἔνα βῆμα τυλίγματος αὐτοῦ τοῦ εἰδους τὸ χαρακτηρίζομεν ὡς «βῆμα 1 - 7».

Μὲ βάσιν τὰ ἀνωτέρω στοιχεῖα καὶ μὲ τὴν βοήθειαν ὅσων ἀνεφέρθησαν εἰς τὰς προηγουμένας δύο παραγράφους, εἶναι δυνατὸν νὰ σχεδιασθῇ τὸ τύλιγμα μιᾶς δοθείσης μηχανῆς ἐναλλασσομένου ρεύματος, ὅπως θὰ ἔξηγήσωμεν καὶ εἰς τὰ παραδείγματα ποὺ ἀκολουθοῦν.

Παράδειγμα 1ον.

Νὰ σχεδιασθῇ τριφασικὸν τύλιγμα διὰ στάτην ἀσυγχρόνου κινητῆρος μὲ 24 όδοντώσεις. Τὸ τύλιγμα πρέπει νὰ εἶναι τετραπολικὸν εἰς μίαν στρῶσιν, συγκεντρικὸν ἡμισείας περιελίξεως, μὲ συγκροτήματα όμάδων συνδεδεμένα ἐν σειρᾶ.

Αύσις:

Τὸ πολικὸν βῆμα εἶναι:

$$z_1 = \frac{z}{2 \cdot p} = \frac{24}{2 \times 2} = 6 \text{ όδοντώσεις}$$

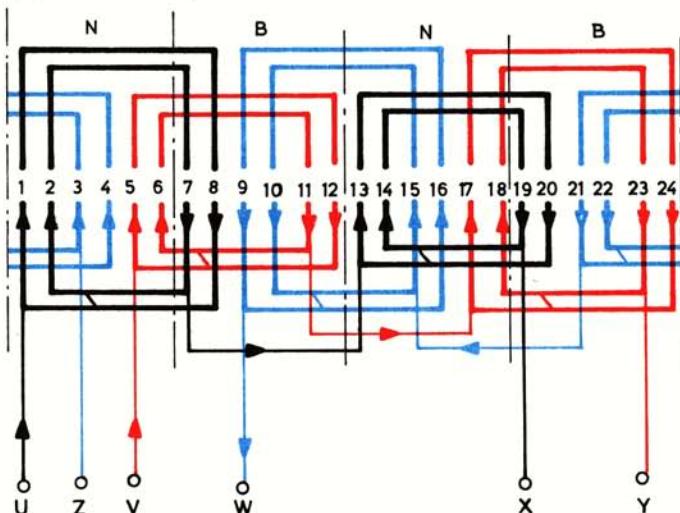
‘Ο ἀριθμὸς τῶν όδοντώσεων ἀνὰ πολικὸν βῆμα καὶ φάσιν εἶναι:

$$z_2 = \frac{z_1}{3} = \frac{6}{3} = 2 \text{ όδοντώσεις}$$

‘Εφ’ ὅσον τὸ τύλιγμα εἶναι ἡμισείας περιελίξεως θὰ ὑπάρχουν $p = 2$ συγκροτήματα όμάδων ἀνὰ φάσιν καὶ κάθε συγκρότημα θὰ ἀποτελῇται ἀπὸ $z_2 = 2$ συγκεντρικάς όμάδας.

Διὰ τὴν σχεδίασιν τοῦ τυλίγματος εἰς τὸ ἀνάπτυγμα τοῦ τυμπάνου, χαράσσομεν πρῶτον 24 παραλλήλους γραμμὰς εἰς ἵσας ἀποστάσεις μεταξύ των, αἱ ὅποιαι παριστάνουν τὰ 24 στοιχεῖα τοῦ τυλίγματος ἐντὸς τῶν ἴσαρθμων όδοντώσεων (σχ. 3 · 4 α). Τὰ στοιχεῖα τῶν $z_2 = 2$ πρώτων όδοντώσεων,

δηλαδὴ τὰ στοιχεῖα 1 καὶ 2, τὰ χρωματίζομεν μὲ τὸ χρῶμα τῆς πρώτης φάσεως (μαῦρο εἰς τὸ σχῆμα). Κατόπιν, ἀφοῦ ἀφήσωμεν τὰ στοιχεῖα τῶν $2 \cdot z_2 = 2 \times 2 = 4$ ἐπομένων δόνοτώσεων διὰ τὴν δευτέραν καὶ τρίτην φάσιν, δηλαδὴ τὰ στοιχεῖα 3, 4, 5, 6, χρωματίζομεν πάλιν μὲ τὸ χρῶμα τῆς πρώτης φάσεως τὰ δύο στοιχεῖα ποὺ ἀκολουθοῦν, 7 καὶ 8. Ἀπὸ αὐτὰ ἀρχίζει ὁ δεύτερος πόλος τοῦ τυλίγματος, ἀφοῦ, ὅπως εἴδομεν, τὸ πολικὸν βῆμα εἶναι $z_2 = 6$ δόνοτώσεις. Ἡ σύνδεσις τῶν στοιχείων 1,2 καὶ 7,8, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα $3 \cdot 4 \alpha$, μᾶς δίδει τὸ πρῶτον συγκρότημα τῆς φάσεως 1 τοῦ τυλίγματος.



Σχ. 3.4 α.

Τριφασικὸν συγκεντρικὸν τύλιγμα εἰς μίαν στρῶσιν, τετραπολικῆς μηχανῆς.

Διὰ τὴν σχεδίασιν τοῦ δευτέρου συγκροτήματος δύμάδων τῆς πρώτης φάσεως, πρέπει νὰ ἀφήσωμεν $2 \cdot z_2 = 2 \times 2 = 4$ πάλιν στοιχεῖα μετὰ τὸ στοιχεῖον 8. Ἐτσι τὸ συγκρότημα αὐτὸ ἀποτελεῖται ἀπὸ τὰ στοιχεῖα 13, 14 καὶ 19, 20, ὅπως δεικνύει τὸ σχῆμα. Ἡ σύνδεσις τῶν δύο συγκροτημάτων γίνεται ἐν σειρᾷ, ὅπως ἀπαίτει τὸ παράδειγμα. Τὰ ἔλευθερα ἄκρα, δηλαδὴ ἡ ἀρχὴ U καὶ τὸ τέλος X συνδέονται εἰς τοὺς ἄκροδέκτας τῆς μηχανῆς, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα $1 \cdot 8 \gamma$.

‘Η άρχη τῆς δευτέρας φάσεως θὰ ἀπέχῃ ἀπὸ τὴν ἄρχην τῆς πρώτης φάσεως, συμφώνως πρὸς ὅσα ἀνεφέραιμεν εἰς τὴν προηγουμένην παράγραφον, κατά:

$$\theta = \frac{\theta_{\eta\lambda}}{p} = \frac{120}{2} = 60 \text{ γεωμετρικάς μοίρας} \quad \text{ἢ}$$

$$\text{κατὰ } z \cdot \frac{\theta}{360} = 24 \times \frac{60}{360} = 4 \text{ ὀδοντώσεις}$$

Δηλαδὴ ἡ δευτέρα φάσις (ἔρυθρὰ εἰς τὸ σχῆμα) θὰ ἀρχίζῃ ἀπὸ τὴν ὀδόντωσιν $1 + 4 = 5$. ‘Η σχεδίασις της γίνεται ὡς καὶ τῆς πρώτης φάσεως. Τὸ πρῶτον συγκρότημα ὁμάδων ἀποτελεῖται ἀπὸ τὰ στοιχεῖα 5, 6 καὶ 11, 12 καὶ τὸ δεύτερον ἀπὸ τὰ στοιχεῖα 17, 18 καὶ 23, 24.

Τέλος, ἡ τρίτη φάσις (κυανῆ εἰς τὸ σχῆμα) ἀποτελεῖται ἀπὸ τὸ συγκρότημα ὁμάδων 9, 10 καὶ 15, 16 καὶ ἀπὸ τὸ συγκρότημα 21, 22 καὶ 3, 4.

“Οπως παρατηροῦμεν εἰς τὸ σχῆμα $3 \cdot 4 \alpha$, ὅλοι οἱ ἀγωγοί, ποὺ εὑρίσκονται εἰς τὴν περιοχὴν ἐνὸς πόλου, διαρρέονται ἀπὸ ρεῦμα τῆς αὐτῆς κατευθύνσεως. Ἐπίσης παρατηροῦμεν ὅτι, ἐνῷ εἰς τὴν πρώτην καὶ δευτέραν φάσιν τὸ ρεῦμα εἰσέρχεται ἀπὸ τὰς ἀρχὰς τῶν U καὶ V, κατὰ τὴν αὐτὴν χρονικὴν στιγμὴν τὸ ρεῦμα ἔξερχεται ἀπὸ τὴν ἀρχὴν W τῆς τρίτης φάσεως. Τοῦτο εἶναι σύμφωνον μὲ τὰ γνωστὰ ἀπὸ τὴν Ἡλεκτροτεχνίαν διὰ τὴν κατεύθυνσιν, ποὺ ἔχουν τὰ ρεύματα κατὰ μίαν ὠρισμένην χρονικὴν στιγμὴν εἰς τριφασικὸν σύστημα.

Παράδειγμα 2ον.

Νὰ σχεδιασθῇ τριφασικὸν τύλιγμα διὰ στάτην ἀσυγχρόνου κινητῆρος μὲ 24 ὀδοντώσεις. Τὸ τύλιγμα πρέπει νὰ εἶναι διπολικὸν εἰς μίαν στρῶσιν, συγκεντρικὸν πλήρους περιελίξεως.

Λύσις:

Τὸ πολικὸν βῆμα εἶναι:

$$z_1 = \frac{z}{2 \cdot p} = \frac{24}{2 \times 1} = 12 \text{ ὀδοντώσεις}$$

‘Ο ἀριθμὸς τῶν ὀδοντώσεων ἀνὰ πολικὸν βῆμα καὶ φάσιν εἶναι:

$$z_2 = \frac{z_1}{3} = \frac{12}{3} = 4 \text{ ὀδοντώσεις}$$

Ἐφ' ὅσον τὸ τύλιγμα εἴναι πλήρους περιελίξεως, θὰ ὑπάρχουν $2 \cdot p = 2 \times 1 = 2$ συγκροτήματα ὁμάδων ἀνὰ φάσιν καὶ κάθε συγκρότημα θὰ ἀποτελῆται ἀπὸ $\frac{z_2}{2} = \frac{4}{2} = 2$ συγ-

κεντρικὰς ὁμάδας. Ἡ μικροτέρα ἀπὸ τὰς δύο αὐτὰς ὁμάδας θὰ πρέπει νὰ περιλαμβάνῃ $2 \cdot z_2 = 2 \times 4 = 8$ ὀδοντώσεις, διὰ τὰ στοιχεῖα τῶν ἄλλων δύο φάσεων.

Εἰς τὸ σχῆμα $3 \cdot 3$ γ φαίνεται σχεδιασμένον τὸ ζητούμενον τύλιγμα. Τὸ πρῶτον συγκρότημα ὁμάδων τῆς πρώτης φάσεως ἀποτελεῖται ἀπὸ τὰ στοιχεῖα 1, 2 καὶ 11, 12. Ὁπως παρατηροῦμεν, ἡ μικροτέρα ὁμάδας τοῦ συγκροτήματος ($2 - 11$) ἔχει βῆμα $11 - 2 = 9$ ὀδοντώσεων, διὰ νὰ περιλαμβάνῃ τὰ 8 στοιχεῖα τῶν δύο ἄλλων φάσεων. Τὸ δεύτερον συγκρότημα ὁμάδων τῆς πρώτης φάσεως ἀρχίζει ἀμέσως μετὰ τὸ πρῶτον. Δηλαδὴ καταλαμβάνει τὰς ὀδοντώσεις 13, 14 καὶ 23, 24. Τοῦτο γίνεται διὰ νὰ ἔχωμεν συνεχόμενα τὰ $z_2 = 4$ στοιχεῖα ἀνὰ πολικὸν βῆμα καὶ φάσιν, ὅπως καὶ εἰς τὰ συγκεντρικὰ τυλίγματα πλήρους περιελίξεως. Ἐδῶ τὰ συνεχόμενα στοιχεῖα τῆς πρώτης φάσεως εἴναι τὰ 11, 12, 13, 14 διὰ τὸ ἓνα πολικὸν βῆμα καὶ τὰ στοιχεῖα 23, 24 καὶ 1, 2 διὰ τὸ ἄλλο. Κατὰ τὰ λοιπὰ ἰσχύουν, ὅσα ἀνεφέρθησαν καὶ εἰς τὸ προηγούμενον παράδειγμα.

Παράδειγμα 3ον.

Νὰ σχεδιασθῇ τὸ τύλιγμα τοῦ στάτου μονοφασικοῦ διπολικοῦ κινητῆρος μὲ 24 ὀδοντώσεις. Τὸ τύλιγμα πρέπει νὰ εἴναι συγκεντρικὸν εἰς μίαν στρῶσιν, πλήρους περιελίξεως.

Λύσις:

Τὸ πολικὸν βῆμα εἴναι:

$$z_1 = \frac{z}{2 \cdot p} = \frac{24}{2 \times 1} = 12 \text{ ὀδοντώσεις}$$

Ο ἀριθμὸς τῶν ὀδοντώσεων ἀνὰ πολικὸν βῆμα, ποὺ καταλαμβάνονται ἀπὸ στοιχεῖα τοῦ τυλίγματος εἴναι:

$$z_2 = \frac{2}{3} \cdot z_1 = \frac{2}{3} \times 12 = 8 \text{ όδοντώσεις.}$$

Έφ' όσον τὸ τύλιγμα είναι πλήρους περιελίξεως, θὰ ὑπάρχουν $2 \cdot p = 2 \times 1 = 2$ συγκροτήματα διμάδων καὶ τὸ κάθε ἔνα θὰ ἀποτελῆται ὡς:

$$\frac{z_2}{2} = \frac{8}{2} = 4 \text{ διμάδας.}$$

Ο ἀριθμὸς τῶν κενῶν όδοντώσεων ἀνὰ πολικὸν βῆμα είναι:

$$z_1 - z_2 = 12 - 8 = 4 \text{ όδοντώσεις.}$$

Τὰ δύο συγκροτήματα διμάδων τοῦ μονοφασικοῦ τύλιγματος, συμφώνως πρὸς τὰ ἀναφερόμενα εἰς τὸ προηγούμενον παράδειγμα, θὰ είναι συνεχόμενα. Συνεπῶς τὸ ζητούμενον τύλιγμα θὰ ἔχῃ τὴν μορφὴν τοῦ κυρίου τυλίγματος τοῦ σχήματος $3 \cdot 3\beta$ (νὰ ἀγνοηθῇ τὸ βοηθητικὸν τύλιγμα).

Παράδειγμα 4ον.

Νὰ σχεδιασθῇ τὸ τύλιγμα τοῦ κινητῆρος τοῦ παραδείγματος 3 ὡς βροχοειδὲς εἰς μίαν στρῶσιν μὲ ὅλας τὰς διμάδας ὁμοίας μεταξύ των.

Λύσις:

Τὰ στοιχεῖα τοῦ τυλίγματος (z, z_1, z_2), ὁ ἀριθμὸς συγκροτημάτων καὶ ὁ ἀριθμὸς διμάδων ἀνὰ συγκρότημα είναι τὰ ἕδια μὲ τοῦ προηγούμενου παραδείγματος. Μὲ βῆμα τῶν διμάδων τοῦ τυλίγματος 8 όδοντώσεων (βῆμα 1 - 9) τὸ τύλιγμα ἔχει τὴν μορφὴν τοῦ σχήματος $3 \cdot 4\beta$.

Ἐάν ἐκλέξωμεν ὡς βῆμα τῶν διμάδων τοῦ τυλίγματος 12 όδοντώσεις (βῆμα 1 - 13), τὸ τύλιγμα λαμβάνει τὴν μορφὴν τοῦ σχήματος $3 \cdot 4\gamma$.

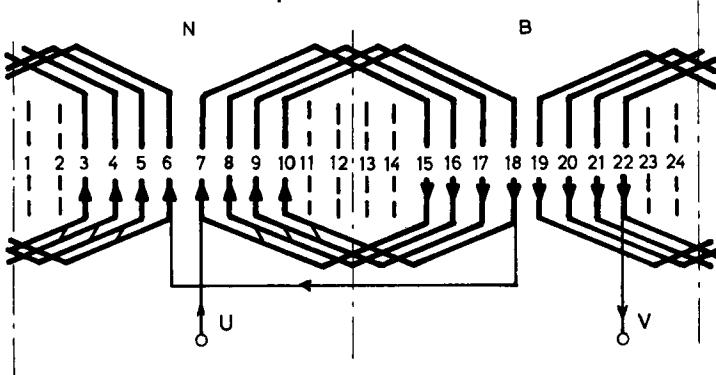
Παράδειγμα 5ον.

Νὰ σχεδιασθῇ τὸ τύλιγμα στάτου μονοφασικοῦ τετραπολικοῦ κινητῆρος μὲ 12 όδοντώσεις. Τὸ τύλιγμα πρέπει νὰ είναι εἰς δύο στρῶσεις, βροχοειδές, μὲ τὰ συγκροτήματα διμάδων συνδεδεμένα ἐν σειρᾷ.

Λύσις:

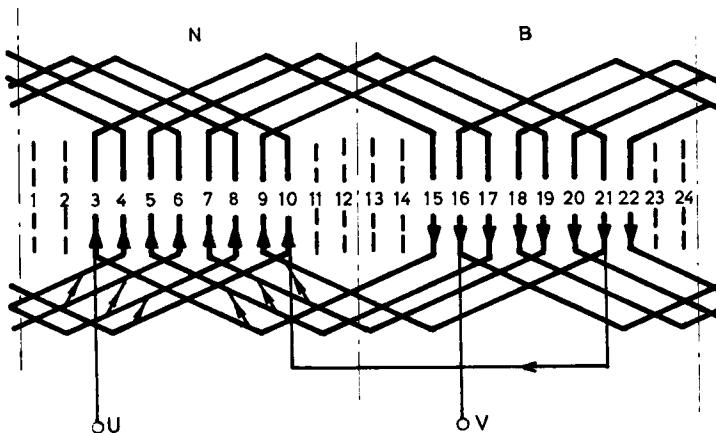
Τὸ πολικὸν βῆμα εἶναι:

$$z_1 = \frac{z}{2 \cdot p} = \frac{12}{2 \times 2} = 3 \text{ δύοντώσεις.}$$



Σχ. 3.4 β.

Διπολικὸν μονοφασικὸν τύλιγμα εἰς μίαν στρῶσιν μὲ βῆμα δύμάδων 1 - 9.



Σχ. 3.4 γ.

Διπολικὸν μονοφασικὸν τύλιγμα εἰς μίαν στρῶσιν, μὲ βῆμα δύμάδων 1 - 13.

‘Ο ἀριθμὸς τῶν δύοντώσεων ἀνὰ πολικὸν βῆμα, ποὺ καταλαμβάνονται ἀπὸ στοιχεῖα τοῦ τυλίγματος, εἶναι:

$$z_2 = \frac{2}{3} \cdot z_1 = \frac{2}{3} \times 3 = 2 \text{ δύοντώσεις.}$$

Συνεπώς είς κάθε πολικόν βῆμα μία δδόντωσις θὰ παραμένη κενή.

Έφ' ὅσον τὸ τύλιγμα εἰναι εἰς δύο στρώσεις, ὁ ἀριθμὸς τῶν συγκροτημάτων τῶν δμάδων θὰ εἴναι $2 \cdot p = 2 \times 2 = 4$. Κάθε συγκρότημα θὰ ἀποτελῆται ἀπὸ δύο δμάδας, δηλαδὴ ὅσος εἴναι ὁ ἀριθμὸς τῶν δδόντωσεων ἀνὰ πολικόν βῆμα καὶ φάστιν.

Τὸ βῆμα τοῦ τυλίγματος λαμβάνεται ἵσον πρὸς τὸ πολικόν βῆμα, δηλαδὴ 3 δδόντωσεις (βῆμα δμάδων 1 - 4 εἰς δδόντωσεις).

Εἰς τὰ τυλίγματα εἰς δύο στρώσεις, διὰ τὴν σχεδίασιν τοῦ τυλίγματος χαράσσομεν εἰς κάθε δδόντωσιν (αὐλακα) δύο γραμμάς, αἱ ὁποῖαι παριστάνουν τὰ στοιχεῖα, ποὺ τοποθετοῦνται ἐντὸς αὐτῆς. Ἡ ἀριστερὰ εἴναι συνεχῆς καὶ παριστάνει τὸ ἄνω στοιχεῖον, ἐνῶ ἡ δεξιὰ εἴναι διακεκομμένη καὶ παριστάνει τὸ κάτω στοιχεῖον, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα $3 \cdot 2$ η. Ἐπίσης σημειώνομεν μὲ διακεκομμένας γραμμὰς τὰς κενὰς δδόντωσεις (δύο γραμμαὶ ἀνὰ αὐλακα). Τέλος σημειώνομεν τὰ βέλη ἐπὶ τῶν στοιχείων, ποὺ παριστάνουν τὴν φορὰν τοῦ ρεύματος εἰς μίαν χρονικὴν στιγμήν.

Έφ' ὅσον τὸ βῆμα τοῦ τυλίγματος εἴναι 1 - 4, διὰ τὸν σχηματισμὸν τῶν δμάδων συνδέομεν τὸ ἄνω στοιχεῖον τῆς δδόντωσεως 1 μὲ τὸ κάτω στοιχεῖον τῆς δδόντωσεως 4 κ.ο.κ., κατὰ τὰ γνωστὰ καὶ ἀπὸ τὰς μηχανὰς συνεχοῦς ρεύματος. Ἡ σύνδεσις ἐν σειρᾶ τῶν συγκροτημάτων μεταξύ των γίνεται καὶ μὲ τὴν βοήθειαν τῶν βελῶν ἐπὶ τῶν στοιχείων, τὰ ὁποῖα πρέπει νὰ ἔχουν τὴν ἴδιαν κατεύθυνσιν κατὰ τὴν διαδρομὴν ὅλης τῆς φάσεως, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα $3 \cdot 2$ η, ποὺ παριστάνει τὸ ζητούμενον τύλιγμα.

Παράδειγμα 6ον.

Νὰ σχεδιασθῇ τὸ τύλιγμα τοῦ στάτου διφασικοῦ τετραπολικοῦ κινητῆρος μὲ 16 δδόντωσεις. Τὸ τύλιγμα πρέπει νὰ εἴναι εἰς δύο στρώσεις, βροχοειδές, μὲ τὰ συγκροτήματα δμάδων συνδεδεμένα ἐν σειρᾶ.

Λύσις:

Τὸ πολικόν βῆμα εἴναι:

$$z_1 = \frac{z}{2 \cdot p} = \frac{16}{2 \times 2} = 4 \text{ όδοντώσεις.}$$

‘Ο άριθμός τῶν όδοντώσεων ἀνὰ πολικὸν βῆμα καὶ φάσιν εἶναι :

$$z_2 = \frac{z_1}{2} = \frac{4}{2} = 2 \text{ όδοντώσεις.}$$

Συνεπῶς κάθε συγκρότημα θὰ ἀποτελῆται ἀπὸ 2 όμάδας. ‘Ο άριθμὸς τῶν ἐν σειρᾶ συνδεδεμένων συγκροτημάτων ἀνὰ φάσιν θὰ εἴναι $2 \cdot p = 2 \times 2 = 4$. Τὸ βῆμα κάθε όμάδος τοῦ τυλίγματος θὰ εἴναι ἵσον μὲ τὸ πολικὸν βῆμα $z_1 = 4$ όδοντώσεις (βῆμα 1 - 5 εἰς όδοντώσεις).

Τὸ ζητούμενον τύλιγμα φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 3 · 3 α. Σημειώνομεν, ἐκτὸς τῶν ἀναφερθέντων εἰς τὸ προηγούμενον παράδειγμα, ὅτι τὰ στοιχεῖα, ποὺ ἀνήκουν εἰς διαφορετικὰς φάσεις, τὰ παριστάνομεν μὲ διαφορετικὸν χρῶμα, ὅπως καὶ εἰς τὰ συγκεντρικὰ τυλίγματα. Π.χ. ἀρχίζομεν ἀπὸ τὰ στοιχεῖα τῶν $z_2 = 2$ πρώτων όδοντώσεων καὶ τὰ σημειώνομεν μὲ μαύρον χρῶμα, ὡς ἀνήκοντα εἰς τὴν πρώτην φάσιν. Τὰ στοιχεῖα τῶν ἔπομένων δύο όδοντώσεων θὰ γίνουν ἐρυθρὰ ὡς ἀνήκοντα εἰς τὴν δευτέραν φάσιν κ.ο.κ.

Παράδειγμα 7ον.

Νὰ σχεδιασθῇ τριφασικὸν τύλιγμα τετραπολικῆς μηχανῆς μὲ στάτην 24 όδοντώσεων. Τὸ τύλιγμα πρέπει νὰ εἴναι εἰς δύο στρώσεις, διαμορφωμένον ὡς βροχοειδὲς μὲ συγκροτήματα όμάδων συνδεδεμένα ἐν σειρᾶ.

Λίσις:

Τὸ πολικὸν βῆμα εἶναι :

$$z_1 = \frac{z}{2 \cdot p} = \frac{24}{2 \times 2} = 6 \text{ όδοντώσεις.}$$

‘Ο άριθμὸς τῶν όδοντώσεων ἀνὰ πολικὸν βῆμα καὶ φάσιν εἶναι :

$$z_2 = \frac{z_1}{3} = \frac{6}{3} = 2 \text{ όδοντώσεις.}$$

Συνεπῶς κάθε συγκρότημα θὰ ἀποτελῆται ἀπὸ δύο ὁμάδας. 'Ο ἀριθμὸς τῶν ἐν σειρᾶ συνδεδεμένων συγκροτημάτων ἀνὰ φάσιν θὰ εἰναι $2 \cdot p = 2 \times 2 = 4$. Τὸ βῆμα κάθε ὁμάδος τοῦ τυλίγματος θὰ εἰναι ἵσον μὲ τὸ πολικὸν βῆμα, δηλαδὴ 6 ὁδοντώσεις (βῆμα 1 - 7 εἰς ὁδοντώσεις).

'Η μετατόπισις τῶν φάσεων μεταξύ των θὰ εἰναι 4 ὁδοντώσεις, συμφώνως πρὸς τὰ ἀναφερθέντα εἰς τὴν παράγραφον 3 · 3. Τὸ σχῆμα 3 · 3 δὲ παριστάνει τὸ ζητούμενον τύλιγμα.

3 · 5 Κανονικὰ καὶ μὴ κανονικὰ τυλίγματα.

Εἰς τὰ τυλίγματα μιᾶς ἢ δύο στρώσεων, ποὺ ἔξητάσαμεν μέχρις ἄδων, εἶναι εὔκολον νὰ διαπιστώσωμεν ὅτι ἰσχύουν αἱ ἀκόλουθοι συνθῆκαι:

α) Τὸ βῆμα τοῦ τυλίγματος εἶναι ἵσον μὲ τὸ πολικὸν βῆμα z_1 , ποὺ εἶναι ἀριθμὸς ἀκέραιος.

β) 'Ο ἀριθμὸς z_2 τῶν ὁδοντώσεων ἀνὰ πολικὸν βῆμα καὶ φάσιν εἶναι ἀριθμὸς ἀκέραιος.

γ) 'Η μετατόπισις τῶν φάσεων μεταξύ των εἶναι ἀκριβῶς ἵση μὲ γωνίαν ἀντιστοιχοῦσαν πρὸς 90 ἡλεκτρικάς μοίρας διὰ τὰ διφασικὰ τυλίγματα καὶ πρὸς 120 ἡλεκτρ. μοίρας διὰ τὰ τριφασικὰ τυλίγματα.

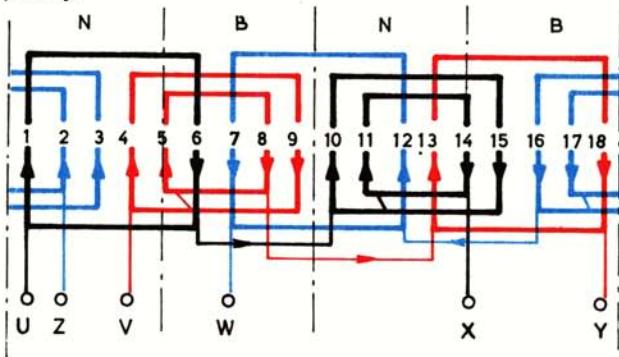
Κάθε τύλιγμα ἐναλλασσόμενο ρεύματος, τὸ ὅποιον πληροῖ τὰς ἀνωτέρω συνθήκας δύνομάζεται κανονικὸν τύλιγμα. Χαρακτηριστικὰ τῶν κανονικῶν τυλιγμάτων εἶναι: 1) Κάθε φάσις καταλαμβάνει τὸ $1/m$ τῶν ὁδοντώσεων τοῦ πολικοῦ βήματος ($m = \delta$ ἀριθμὸς φάσεων). 2) Εἰς ἑκ διαμέτρου ἀντίθετα σημεῖα ἐπὶ τοῦ τυμπάνου εύρισκονται στοιχεῖα ἀνήκοντα εἰς τὴν ἴδιαν φάσιν καὶ 3) εἰς τὰ τυλίγματα εἰς δύο στρώσεις ἐντὸς τῆς ἴδιας αὐλακος ὑπάρχουν στοιχεῖα ἀνήκοντα ἐπίστης εἰς τὴν ἴδιαν φάσιν.

Ἐκτὸς ἀπὸ τὰ κανονικὰ τυλίγματα κατασκευάζονται καὶ μὴ κανονικὰ τυλίγματα. Εἰς αὐτὰ δὲν ἰσχύει μία ἢ περισσότεραι ἀπὸ τὰς συνθήκας ποὺ ἀνεφέραμεν. Π.χ. ἂν ζητηθῇ νὰ κατασκευασθῇ τριφασικὸν συγκεντρικὸν τύλιγμα μὲ 4 πόλους καὶ 18 ὁδοντώσεις, θὰ ἔχωμεν:

$$z_1 = \frac{z}{2 \cdot p} = \frac{18}{2 \times 2} = 4,5 \text{ ὁδοντώσεις}$$

$$\text{καὶ } z_2 = \frac{z_1}{3} = \frac{4,5}{3} = 1,5 \text{ ὁδοντώσεις.}$$

Δηλαδὴ τόσον τὸ z_1 ὅσον καὶ τὸ z_2 δὲν εἶναι ἀριθμοὶ ἀκέραιοι. "Ἐνα τύλιγμα αὐτοῦ τοῦ εἴδους κατασκευάζεται ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 3 · 5 α. "Οπως παρατηροῦμεν, κάθε φάσις ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο συγκροτήματα, ἐκ τῶν ὅποιων τὸ ἔνα μὲ μίαν ὄμάδα καὶ τὸ ἄλλο μὲ δύο ὄμάδας.



Σχ. 3 · 5 α.

Τετραπολικὸν τριφασικὸν τύλιγμα μὲ $z_2 = 1,5$.

Τὰ τυλίγματα μὲ z_2 μὴ ἀκέραιον ἀριθμὸν κατασκευάζονται τόσον εἰς μίαν στρῶσιν ὅσον καὶ εἰς δύο στρῶσεις. Πάντως διὰ νὰ εἶναι εἰς τὰς τριφασικὰς μηχανὰς τὰ τυλίγματα τῶν τριῶν φάσεων συμμετρικά, πρέπει ὁ ἀριθμὸς ὄδοντώσεων z τοῦ τυμπάνου νὰ εἶναι διαιρετὸς διὰ τοῦ 3. Σημειωτέον ὅμως, ὅτι κατασκευάζονται σπανίως καὶ μὴ ἀπολύτως συμμετρικὰ τυλίγματα. Ἐπίσης ὅτι ἐνίστε τόσον εἰς τὰ συμμετρικά, ὅσον καὶ εἰς τὰ μὴ συμμετρικὰ τυλίγματα ἀφήνονται ὄδοντώσεις κεναὶ ἀγωγῶν.

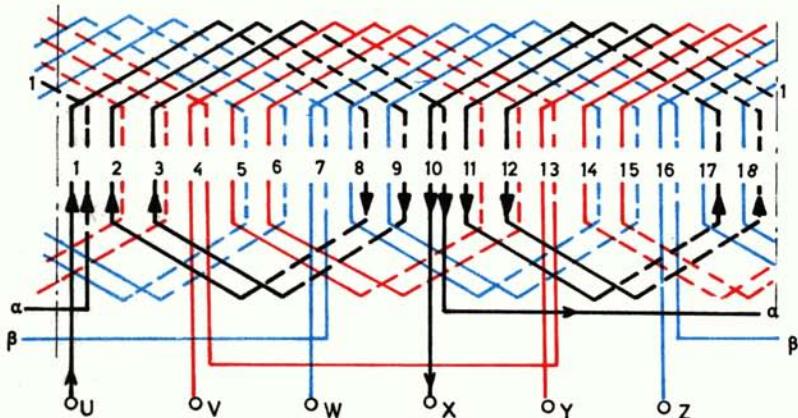
Τὰ τυλίγματα μὲ z_2 μὴ ἀκέραιον παρουσιάζουν ὡρισμένα πλεονεκτήματα, κυρίως εἰς τοὺς ἐναλλακτῆρας, ὅπως εἶναι ὄμαλωτέρα καμπύλη τῆς ἡλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως, ποὺ πλησιάζει περισσότερον τὴν ἡμιτονοειδῆ μορφὴν κ.λπ.

Τὸ σχῆμα 3 · 5 β δίδει ὅλο παράδειγμα μὴ κανονικοῦ τυλίγματος. Εἰς αὐτὸ ἔχομεν:

$$z_1 = \frac{z}{2 \cdot p} = \frac{18}{2 \times 1} = 9 \text{ ὄδοντώσεις}$$

$$\text{καὶ } z_2 = \frac{z_1}{3} = \frac{9}{3} = 3 \text{ ὄδοντώσεις.}$$

Δηλαδή τὰ z_1 καὶ z_2 εἶναι ἀριθμοὶ ἀκέραιοι, τὸ βῆμα ὅμως τοῦ τυλίγματος εἶναι 7 δόντωσεις (βῆμα 1 - 8), δηλαδὴ μικρότερον τοῦ πολικοῦ βήματος $z_1 = 9$. "Οπως παρατηροῦμεν εἰς τὸ τύλιγμα αὐτό, εἰς ὡρισμένας δόντωσεις ὑπάρχουν στοιχεῖα ἀπὸ διάδασις, αἱ ὁποῖαι ἀνήκουν εἰς διαφορετικάς φάσεις. Συνεπῶς εἰς τὰς περιπτώσεις αὐτὰς ἡ τάσις μεταξὺ τῶν δύο στοιχείων μιᾶς αὔλακος εἶναι δυνατὸν νὰ φθάσῃ καὶ μέχρι τῆς πολικῆς τάσεως τοῦ δικτύου τροφοδοτήσεως. Δηλαδὴ εἰς αὐτὰ τὰ τυλίγματα ἀπαιτεῖται καλὴ καὶ ἀσφαλής μόνωσις μεταξὺ τῶν στοιχείων τῆς αὐτῆς αὔλακος.



Διπολικὸν τριφασικὸν τύλιγμα εἰς δύο στρώσεις μὲ 18 δόντωσεις καὶ βῆμα 1 - 8.

'Ἐπίστης ἀπὸ τὸ σχῆμα 3 · 5 β παρατηροῦμεν ὅτι τὸ ρεῦμα εἰς τὰ στοιχεῖα, τὰ ὁποῖα εὑρίσκονται εἰς τὰς δόντωσεις 8, 9 καὶ 17, 18, εἶναι ἀνεστραμμένον.

Τυλίγματα μὲ βῆμα μικρότερον τοῦ πολικοῦ βήματος κατασκευάζονται σχεδὸν ἀποκλειστικῶς εἰς δύο στρώσεις. Εἰς τοὺς τριφασικοὺς κινητῆρας τὰ τυλίγματα αὐτὰ παρουσιάζουν ὡρισμένα πλεονεκτήματα, ὅπως οἰκονομίαν ὑλικοῦ, καλύτερον βαθμὸν ἀποδόσεως τοῦ κινητῆρος, μικρότερον συντελεστὴν σκεδάσεως κ.λπ.

"Οπως διαπιστώνομεν, ὑπάρχει μεγάλη ποικιλία μὴ κανονικῶν τυλιγμάτων, ὅπως ἄλλωστε ὑπάρχουν καὶ ἄλλαι παραλλαγαὶ κανονικῶν τυλιγμάτων, τὰς ὁποίας δὲν ἔξητάσαμεν εἰς τὰ προηγούμενα.

Μὲ ὅλας αὐτὰς τὰς ποικιλίας δὲν πρόκειται νὰ ἀσχοληθῶμεν περισσότερον εἰς τὸ βιβλίον αὐτό. Ἐπισημαίνομεν μόνον τὴν ὑπαρξίν των, δεδομένου ὅτι ἐνδέχεται νὰ τὰς συναντήσῃ ὁ ἀσχολούμενος μὲ ἐπισκευὰς τυλιγμάτων ποὺ ὑπέστησαν βλάβην. Εἰς τὰς περιπτώσεις αὐτὰς θὰ πρέπει μετὰ προσοχῆς νὰ ἀντιγράψῃ τὸ σχέδιον τοῦ τυλίγματος, ποὺ ὑπέστη βλάβην, βοηθούμενος ἀπὸ τὰς γενικάς του γνώσεις ἐπὶ τῶν τυλιγμάτων ἐναλλασσομένου ρεύματος καὶ νὰ φροντίσῃ νὰ ἀνακατασκευάσῃ τοῦτο, ὡς ἀκριβῶς ἥτο ἀρχικῶς.

3 · 6 Τυλίγματα μὲ μεταβλητὸν ἀριθμὸν πόλων.

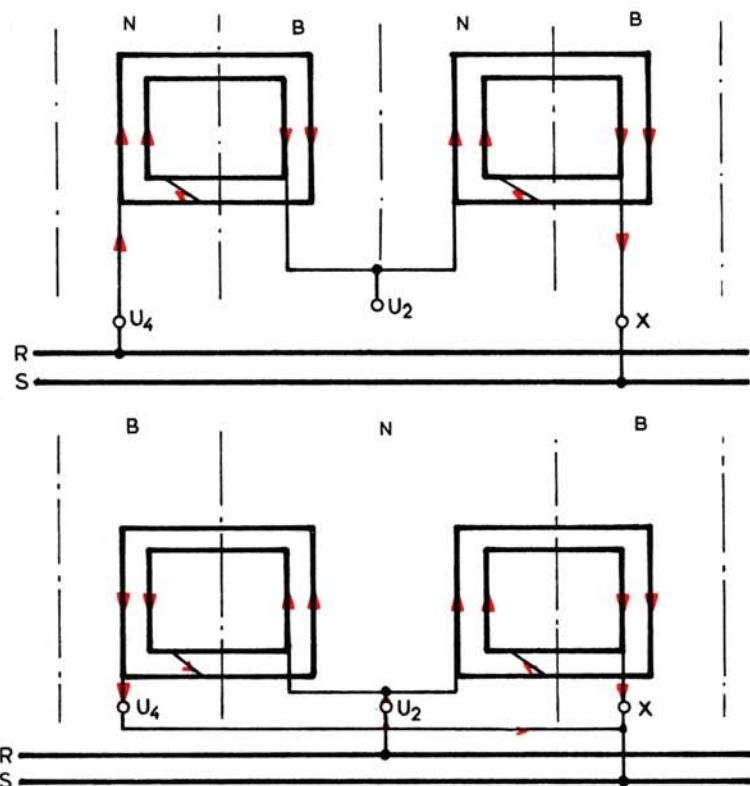
“Οπως ἀνεφέραμεν εἰς τὴν παράγραφον 3 · 1, ἀπὸ τὸν ἀριθμὸν τῶν πόλων τοῦ τυλίγματος τοῦ στάτου ἔξαρτᾶται ἡ ταχύτης περιστροφῆς τῶν συγχρόνων καὶ ἀσυγχρόνων κινητήρων. Συνεπῶς εἶναι δυνατὸν νὰ ἀλλάξωμεν τὴν ταχύτητα περιστροφῆς ἐνὸς κινητῆρος, ἐὰν μεταβάλωμεν τὸν ἀριθμὸν τῶν πόλων τοῦ τυλίγματός του.

Οἱ κινητῆρες μὲ περισσοτέρας ἀπὸ μίαν ταχύτητας, π.χ. μὲ 2, 3 ἥ καὶ 4 ταχύτητας περιστροφῆς ἔχουν σήμερον σημαντικὸν πεδίον ἐφαρμογῶν. Δι’ αὐτὸν τὸν λόγον θὰ τοὺς ἔξετάσωμεν ἀναλυτικῶτερον. Εἰδικῶς θὰ ἀσχοληθῶμεν μὲ τὸν τύπον τῶν τυλιγμάτων, ποὺ δονομάζονται Dahlander καὶ Lindström, ἀπὸ τὰ δύοματα αὐτῶν ποὺ τὰ ἐπενόησαν. Τὰ τυλίγματα αὐτὰ μᾶς δίδουν σχέσιν ἀριθμοῦ πόλων 2/1, δηλαδὴ σχέσιν ταχυτήτων τοῦ κινητῆρος 1/2 καὶ στηρίζονται εἰς τὴν μεταβολὴν τῆς συνδεσμολογίας τῶν συγκροτημάτων των, ὥπως θὰ ἴδωμεν ἀμέσως κατωτέρω.

Τὸ σχῆμα 3 · 6 α δεικνύει εἰς τὸ ἄνω μέρος ὑπὸ τὴν ἀπλουστέραν μορφὴν τετραπολικὸν μονοφασικὸν τύλιγμα, τοῦ δποίου τὰ συγκροτήματα ὁμάδων εἶναι συνδεσμολογημένα ἐν σειρᾷ. Ἡ τροφοδότησις τοῦ τυλίγματος γίνεται διὰ τῶν ἀκροδεκτῶν U_4 καὶ X. Ἐὰν ὅμως τὸ τύλιγμα αὐτὸ τὸ τροφοδοτήσωμεν διὰ τῆς μεσαίας λήψεως U_2 , μὲ ἐπιστροφὴν τοὺς δύο ἀκροδέκτας U_4 καὶ X, ὥπως φαίνεται εἰς τὸ κάτω μέρος τοῦ ἴδιου σχήματος, τότε τὰ δύο συγκροτήματα ὁμάδων συνδέονται ἐν παραλλήλῳ. Ταυτοχρόνως τὸ τύλιγμα μετατρέπεται εἰς διπολικόν, ὥπως φαίνεται ἀπὸ τὴν φορὰν ποὺ ἔχει τὸ ρεῦμα εἰς μίαν χρονικὴν στιγμὴν ἐντὸς τῶν στοιχείων τοῦ τυλίγματος.

Ἐπὶ τῆς ἀρχῆς αὐτῆς, δηλαδὴ τῆς χρησιμοποίησεως μεσαίας λήψεως εἰς κάθε φάσιν, στηρίζονται τὰ τυλίγματα Dahlander, τὰ

ὅποῖα, ὅπως εἴπομεν, χρησιμοποιοῦνται συχνὰ εἰς τοὺς κινητῆρας μὲ δύο ταχύτητας περιστροφῆς.



Σχ. 3·6 α.

Μετατροπή τετραπολικοῦ τυλίγματος εἰς διπολικόν.

Εἰς ἔνα τριφασικὸν τύλιγμα μὲ δύο ἀριθμοὺς πόλων θὰ ἔχωμεν 9 ἄκρα (τὰ 6 ἄκρα τῶν τριῶν φάσεων καὶ τὰς 3 μεσαίας λήψεις), τὰ δύοτοια πρέπει νὰ συνδέσωμεν εἰς ίσαρθμους ἀκροδέκτας ἐπὶ τοῦ πινακιδίου τοῦ κινητῆρος. Συνήθως οἱ κατασκευασταὶ κάμνουν μερικὰς ἀπὸ τὰς συνδέσεις μεταξὺ τῶν φάσεων ἐντὸς τοῦ κινητῆρος, δόποτε εἰς τὸ πινακίδιον τοῦ ἔχομεν πάλιν ἔξι ἀκροδέκτας, μέσω τῶν δύοτοιων είναι δυνατὴ ἡ μεταβολὴ τοῦ ἀριθμοῦ τῶν πόλων τοῦ τυλίγματος.

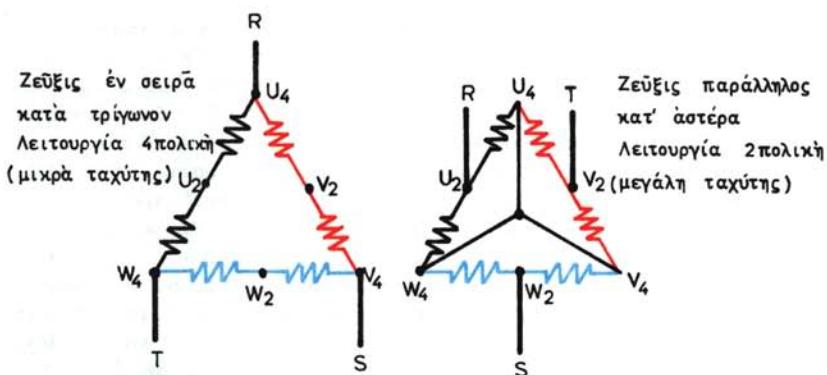
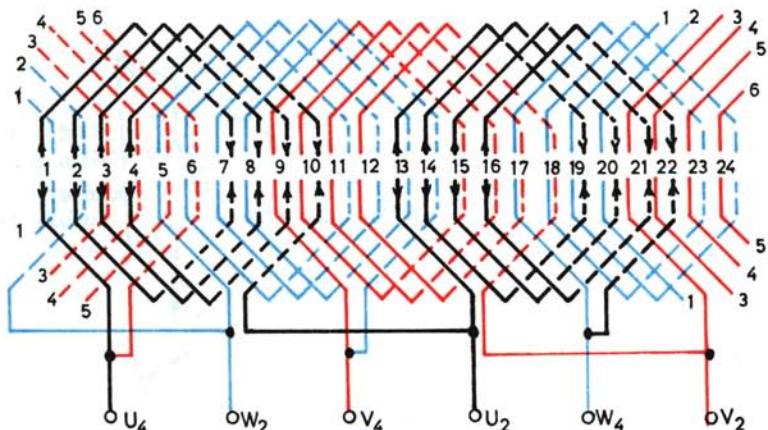
Τὰ τυλίγματα μὲ δύο ἀριθμοὺς πόλων ὑπολογίζονται βασικῶς διὰ τὸν μεγαλύτερον ἀριθμὸν πόλων (μικροτέραν ταχύτητα). Ἡ λειτουργία τοῦ κινητῆρος εἰς τὴν ταχύτητα αὐτὴν εἶναι κανονική. Εἰς τὴν μεγάλην ταχύτητα (μικρὸς ἀριθμὸς πόλων) ἔχομεν μειωμένην χρησιμοποίησιν τοῦ κινητῆρος καὶ κυρίως εἰς τὴν ἐκκίνησιν, ὅπου δὲ κινητὴρ παρουσιάζει μειωμένην ροπήν. Ἐὰν χρησιμοποιήσωμεν ὅμως τυλίγματα εἰς δύο στρώσεις, ἡ ροπὴ ἐκκινήσεως τοῦ κινητῆρος βελτιοῦται σημαντικῶς.

Τὸ σχῆμα 3 · 6 β δεικνύει πλῆρες τριφασικὸν τύλιγμα εἰς δύο στρώσεις κινητῆρος δύο ταχυτήτων μὲ ἀριθμοὺς πόλων 2/4, καὶ 24 ὀδοντώσεις. Οἱ ἀρχὲς U_4 , V_4 , W_4 τῶν τριῶν φάσεων λαμβάνονται οὕτως, ὥστε νὰ ἀπέχουν κατὰ 120 ἡλεκτρικὰς μοίρας διὰ τὸν μικρὸν ἀριθμὸν πόλων ($p = 1$ εἰς τὸ παράδειγμα τοῦ σχήματος). Τὸ τέλος τῆς φάσεως 1 ἔχει συνδεθῆ μέσα εἰς τὸν κινητῆρα μὲ τὴν ἀρχὴν W_4 τῆς τρίτης φάσεως. Τὸ τέλος τῆς τρίτης φάσεως μὲ τὴν ἀρχὴν V_4 τῆς δευτέρας καὶ τὸ τέλος αὐτῆς μὲ τὴν ἀρχὴν U_4 τῆς πρώτης φάσεως. Ἐτοι εἰς τὸ πινακίδιον τοῦ κινητῆρος ἔχομεν δὲ ἀκροδέκτας, τοὺς U_4 , V_4 , W_4 καὶ τὰ μέσα U_2 , V_2 καὶ W_2 τῶν τριῶν φάσεων.

Διὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ κινητῆρος ὡς τετραπολικοῦ (μικρὰ ταχύτης), οἱ ἀκροδέκται U_2 , V_2 , W_2 μένουν ἐλεύθεροι καὶ ἡ τροφοδότησις ἐκ τῶν τριῶν φάσεων R , S , T τοῦ δικτύου γίνεται εἰς τοὺς U_4 , V_4 , W_4 , ὅπως φαίνεται εἰς τὸ κάτω ἀριστερὸν μέρος τοῦ σχήματος 3 · 6 β. Αἱ τρεῖς φάσεις εἶναι συνδεσμολογημέναι ἐν σειρᾶ κατὰ τρίγωνον. Ἀν παρακολουθήσωμεν τὴν φοράν τοῦ ρεύματος εἰς τὰ στοιχεῖα τῆς πρώτης φάσεως (βέλη εἰς τὸ ἄνω μέρος τοῦ τυλίγματος), θὰ διαπιστώσωμεν, ὅτι πραγματικά ἔχομεν τετραπολικὸν τύλιγμα.

Διὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ κινητῆρος ὡς διπολικοῦ (μεγάλη ταχύτης), ἡ τροφοδότησις ἐκ τῶν τριῶν φάσεων R , S , T τοῦ δικτύου γίνεται εἰς τοὺς ἀκροδέκτας U_2 , V_2 , W_2 , ὅπως φαίνεται εἰς τὸ κάτω δεξιὸν μέρος τοῦ σχήματος 3 · 6 β. Οἱ ἀκροδέκται U_4 , V_4 , W_4 βραχυκυκλοῦνται διὰ νὰ ἀποτελέσουν τὸν κόμβον τοῦ ἀστέρος. Αἱ τρεῖς φάσεις εἶναι συνδεσμολογημέναι τώρα ἐν παραλλήλῳ κατ' ἀστέρα. Ἀν παρακολουθήσωμεν τὴν φάσιν 1, θὰ ἴδωμεν ὅτι τὸ ρεῦμα, ποὺ εἰσέρχεται τώρα ἀπὸ τὸν ἀκροδέκτην U_2 καὶ ἔξερχεται ἀπὸ τοὺς ἀκροδέκτας U_4 καὶ W_4 , σχηματίζει 2 πόλους, ὅπως δεικνύουν τὰ βέλη ἐπὶ τῶν στοιχείων εἰς τὸ κάτω μέρος τοῦ τυλίγματος.

Ἡ ἀνωτέρῳ συνδεσμολογίᾳ τῶν ἀκροδεκτῶν γίνεται ἡ ἀπ' εὐθείας ἐπὶ τοῦ πινακιδίου τοῦ κινητῆρος ἡ μέσω καταλλήλου διακόπτου ἀλλαγῆς ταχύτητος. Σημειωτέον ὅτι, ὅταν ἡ σύνδεσις τῶν ἀκροδεκτῶν U_4 , V_4 , W_4 μὲ τὸ δίκτυον διὰ τὴν μικρὰν ταχύτητα εἶναι R , S , T , ἡ

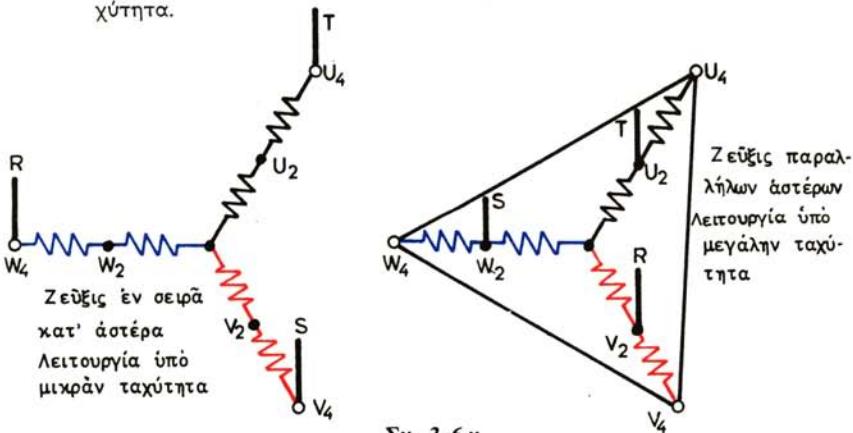


Σχ. 3·6·β.

Τύλιγμα ἀσυγχρόνου τριφασικοῦ κινητῆρος δύο ταχυτήτων.

σύνδεσις τῶν ἀκροδεκτῶν U_2 , V_2 , W_2 διὰ τὴν μεγάλην ταχύτητα πρέπει νὰ εἶναι R , T , S , ὅπως ἔχει γίνει εἰς τὸ σχῆμα 3·6·β. "Αν δὲν γίνῃ ἡ σωστὴ συνδεσμολογία, τότε ὁ κινητήρος κατὰ τὴν μεγάλην ταχύτητα θὰ περιστρέφεται ἀντιστρόφως ἀπὸ ὅ, τι περιστρέφεται κατὰ τὴν χαμηλήν ταχύτητα.

Ἡ συνδεσμολογία τῶν τυλιγμάτων, ὅπως παριστάνεται εἰς τὸ σχῆμα 3 · 6 β, ὀνομάζεται συνδεσμολογία σταθερᾶς ἰσχύος. Εἰς τὴν συνδεσμολογίαν αὐτὴν ἡ ἰσχὺς τοῦ κινητῆρος κατὰ τὴν μεγάλην ταχύτητα εἶναι περίπου 1,5 φοράν μεγαλύτερά ἀπό τὴν ἰσχύν, ποὺ ἔχει κατὰ τὴν μικρὰν ταχύτητα.



Σχ. 3 · 6 γ.

Συνδεσμολογία σταθερᾶς ροπῆς κινητῆρος δύο ταχυτήτων.

Εἰς τοὺς κινητῆρας δύο ταχυτήτων πραγματοποιεῖται σπανίως καὶ ἡ δύνομαζομένη συνδεσμολογία σταθερᾶς ροπῆς. Κατ' αὐτήν, εἰς τὸν μέγαν ἀριθμὸν πόλων (μικρὰ ταχύτητα), τὰ συγκροτήματα κάθε φάσεως εἶναι πάλιν συνδεσμολογημένα μεταξύ τῶν ἐν σειρᾷ. Αἱ τρεῖς φάσεις δύμως εἶναι συνδεσμολογημέναις κατ' ἀστέρα, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ ἀριστερὸν μέρος τοῦ σχήματος 3 · 6 γ. Ὁ οὐδέτερος κόμβος τοῦ ἀστέρος εἶναι μονίμως πραγματοποιημένος ἐντὸς τοῦ κινητῆρος. Εἰς τὸ πινακίδιον τῶν ἀκροδεκτῶν ἔχομεν πάλιν τὰς τρεῖς μεσαίας λήψεις U₂, V₂, W₂ καὶ τὰς τρεῖς ἀρχάς U₄, V₄, W₄. Ἡ τροφοδότησις ἐκ τῶν τριῶν φάσεων R, S, T τοῦ δικτύου γίνεται εἰς τοὺς τελευταίους αὐτούς ἀκροδέκτας, ἐνῶ αἱ μεσαίαι λήψεις μένουν ἐλεύθεραι.

Εἰς τὸν μικρὸν ἀριθμὸν πόλων (μεγάλη ταχύτητα) σχηματίζονται δύο παράλληλοι ἀστέρες, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ δεξιὸν μέρος τοῦ σχήματος 3 · 6 γ. Διὰ νὰ γίνῃ αὐτὸς τροφοδοτούμεν τὸν κινητῆρα ὀπότε τοὺς ἀκροδέκτας U₂, V₂, W₂ καὶ βραχυκυκλώνομεν τοὺς ἀκροδέκτας U₄, V₄, W₄ διὰ τὸν σχηματισμὸν τοῦ κόμβου τοῦ δευτέρου ἀστέρος.

Εἰς τὴν συνδεσμολογίαν σταθερᾶς ροπῆς ἐνὸς κινητῆρος π.χ. 4/8 πόλων, ἡ χρήσιμος ἰσχὺς εἰς τοὺς 8 πόλους ισοῦται μὲ τὴν ἰσχὺν εἰς τοὺς 4 πόλους διηρημένην μὲ τὸν λόγον :

$$\left(\frac{\text{ταχύτης } 4 \text{ πόλων}}{\text{ταχύτης } 8 \text{ πόλων}} \right)^3$$

δηλαδὴ διηρημένην μὲ τὸ 8.

Οἱ δύο ἀριθμοὶ πόλων ἐνὸς κινητῆρος είναι δυνατὸν νὰ ἐπιτευχθοῦν καὶ μὲ τὴν τοποθέτησιν ἐντὸς τῶν ὁδοντώσεων τοῦ στάτου δύο τελείως ἀνεξαρτήτων μεταξύ των τυλιγμάτων. Τοῦτο γίνεται κυρίως, ὅταν αἱ δύο ταχύτητες, ποὺ ἐπιθυμοῦμεν νὰ ἐπιτύχωμεν, δὲν ἔχουν μεταξύ των τὴν ἀπλῆν σχέσιν 1/2.

Συνήθως τοποθετεῖται πρῶτα τὸ τύλιγμα μὲ τὸν μικρὸν ἀριθμὸν πόλων καὶ κατόπιν τὸ τύλιγμα μὲ τὸν μέγαν ἀριθμὸν πόλων. "Ἐτσι είναι δυνατὸν νὰ κατασκευασθοῦν κινητῆρες μὲ 2/6 πόλους ἢ 2/8 πόλους κ.λπ. Εἰς τοὺς κινητῆρας αὐτοὺς ἡ συνδεσμολογία κάθε τυλίγματος (κατ' ἀστέρα ἢ τρίγωνον) γίνεται συνήθως ἐντὸς τοῦ κινητῆρος. "Ἐτσι εἰς τὸ πινακίδιον ἔχομεν πάλιν 6 ἀκροδέκτας, τρεῖς διὰ τὴν τροφοδότησιν τοῦ ἐνὸς τυλίγματος καὶ τρεῖς διὰ τὴν τροφοδότησιν τοῦ ὄπλου.

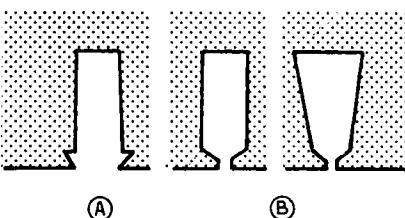
Τέλος κατασκευάζονται καὶ κινητῆρες μὲ 3 ἢ 4 ταχύτητας. Αὐτοὶ ἔχουν δύο τυλίγματα, ἐκ τῶν ὁποίων τὸ ἕνα είναι τύπου Dahlander μὲ δύο ἀριθμοὺς πόλων καὶ τὸ ὄπλον ἀπλοῦν τύλιγμα ὥρισμένου ἀριθμοῦ πόλων, ὅταν θέλωμεν 3 ταχύτητας, ἢ τύλιγμα Dahlander, ὅταν θέλωμεν 4 ταχύτητας.

3.7 Πῶς είναι κατεσκευασμένα τὰ τυλίγματα ἐναλλασσομένου ρεύματος.

Τὸ τύμπανον τοῦ στάτου τῶν μηχανῶν ἐναλλασσομένου ρεύματος, ἐκτὸς τῆς περιπτώσεως τῶν ἐναλλακτήρων μὲ ἔξωτερικοὺς πόλους, ἀποτελεῖται ἀπὸ πολλὰ μαγνητικὰ ἐλάσματα, ὅπως τὸ περιεγράψαμεν εἰς τὸ ἐδάφιον 2 τῆς παραγράφου 1 · 2.

Αἱ ὁδοντώσεις τοῦ τυμπάνου, εἰς τὰ διάκενα (αὔλακες) τῶν ὁποίων τοποθετοῦνται τὰ στοιχεῖα τῶν ὁμάδων τοῦ τυλίγματος, ἔχουν διάφορα σχήματα. Συνήθως τὰς κατατάσσομεν εἰς δύο κατηγορίας: α) Ἀνοικτάς ὁδοντώσεις καὶ β) ἡμικλείστους ὁδοντώσεις, ὅπως παρουσιάζονται εἰς τὸ σχῆμα 3 · 7 α.

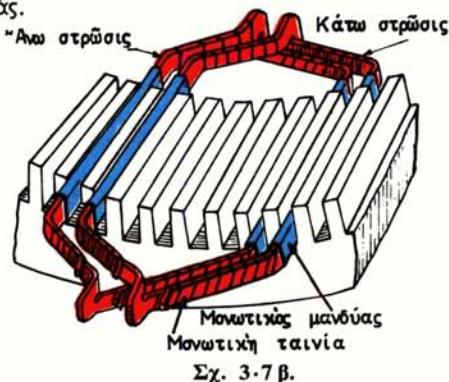
Αἱ ἀνοικταὶ ὁδοντώσεις χρησιμοποιοῦνται γενικῶς εἰς τοὺς μεγάλους κινητῆρας (ἄνω τῶν 150 kW) καὶ εἰς τοὺς ἐναλλακτῆρας. Εἰς τὰς περιπτώσεις αὐτὰς τὸ τύλιγμα κατασκευάζεται συνήθως εἰς δύο στρώσεις μὲ ράβδους ἀπὸ χαλκὸν (μπάρες) ἢ μὲ ὁμάδας ἀπὸ ἀγωγὸν κυ-



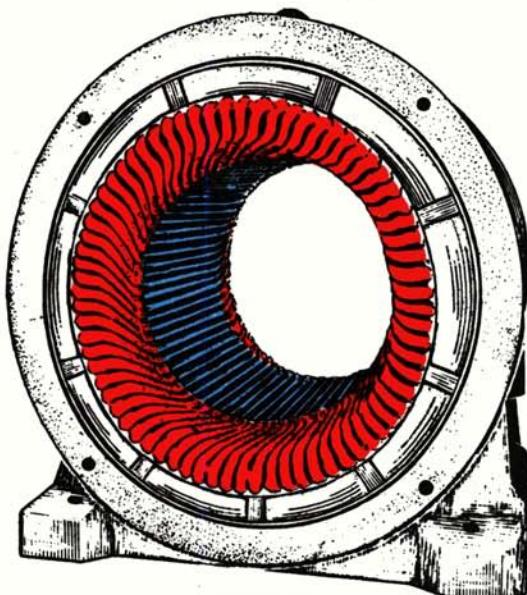
Σχ. 3.7 α.

'Οδοντώσεις στάτου μηχανῶν ἐναλλασσομένου ρεύματος: A) Ἀνοικταί. B) Ἡμικλείστοι.

κλικῆς διατομῆς προκατεσκευασμένας καὶ διαμορφωμένας εἰς περιελικτικὰς μηχανᾶς.



Τύλιγμα εἰς δύο στρώσεις μὲ διαμορφωμένας ὁμάδας.

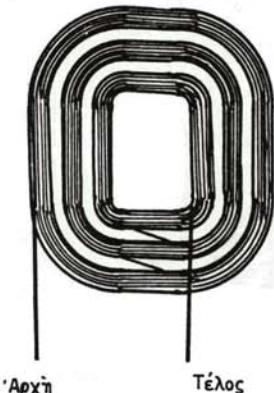


Τύλιγμα εἰς δύο στρώσεις τριφασικοῦ κινητῆρος.

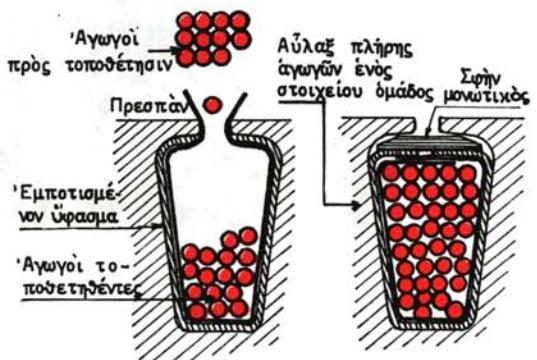
Αἱ διαμορφωμέναι ὁμάδες πρὸ τῆς τοποθετήσεώς των ἐντὸς τῶν αὐλάκων περιβάλλονται ἔξωτερικῶς ἀπὸ ἕνα ἢ περισσότερα στρώματα μονωτικοῦ, ὅπως δεικνύει τὸ σχῆμα 3·7 β.

Μὲ τὸν ἀνωτέρῳ τρόπῳ κατασκευάζονται καὶ τὰ τυλίγματα τῶν μηχανῶν ἐναλλασσομένου ρεύματος ὑψηλῆς τάσεως (ἄνω τῶν 3000 V), ποὺ τοποθετοῦνται ἐπίσης ἐντὸς ἀνοικτῶν ὀδοντώσεων. Ἡ μορφή, ποὺ ἔχει τὸ τύλιγμα εἰς δύο στρώσεις φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 3·7 γ.

Αἱ ἡμίκλειστοι ὀδοντώσεις χρησιμοποιοῦνται κυρίως εἰς τοὺς κινητῆρας μικρᾶς καὶ μέσης ἴσχύος. Τὸ τύλιγμα κατασκευάζεται ἀπὸ ἀγωγὸν κυκλικῆς διατομῆς καὶ εἶναι συνήθως μιᾶς στρώσεως. Εἰς τὰς περιπτώσεις αὐτὰς τὰ συγκροτήματα τῶν ὀδάδων κατασκευάζονται, ὅπως δεικνύει τὸ σχῆμα 3·7 δ, δηλαδὴ ὅλον τὸ συγκρότημα ἀποτελεῖται ἀπὸ πολλὰς σπείρας ἐνὸς ἀγωγοῦ, τοῦ ὅποιου τὰ ἄκρα ἀποτελοῦν τὰ ἄκρα τοῦ συγκροτήματος. Κατὰ τὸν τρόπον αὐτὸν ἀποφεύγονται αἱ ἐνώσεις τῶν ἄκρων τῶν ὀδάδων. Τὸ συγκρότημα τοῦ σχήματος 3·7 δ εἶναι ἀπὸ συγκεντρικὸν τύλιγμα.



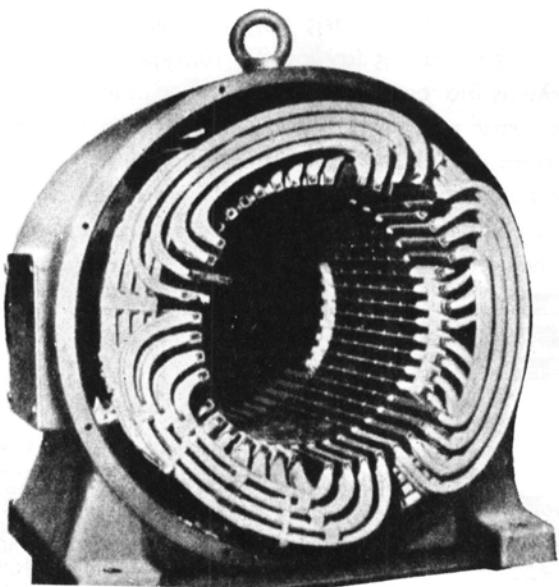
Σχ. 3·7 δ.
Συγκρότημα ὀδάδων συγκεντρικοῦ τυλίγματος.



Σχ. 3·7 ε.
Τοποθέτησις ἀγωγῶν εἰς ἡμικλείστους ὀδοντώσεις.

Τὰ στοιχεῖα τῶν ὀδάδων δὲν περιβάλλονται ἐδῶ ἀπὸ μονωτικούς μανδύας, ὅπως εἰς τὰ τυλίγματα μὲ διαμορφωμένας ὀδάδας. Οἱ ἀγωγοὶ τῶν στοιχείων εἶναι ἐλεύθεροι καὶ διέρχονται ἔνας - ἔνας ἀπὸ τὸ στόμιον τοῦ ὀδόντος, ὅπως δεικνύει τὸ σχῆμα 3·7 ε. Μέσα εἰς τὴν αὔλακα οἱ ἀγωγοὶ τακτοποιοῦνται κατὰ στρώσεις καὶ ὁ ἔνας παραπλεύρως τοῦ ἄλλου. Πρὶν ἀρχίσῃ ἡ τοποθέτησις τῶν ἀγωγῶν, αἱ πλευραὶ τῆς αὔλακος ἔχουν καλυφθῆ μὲ μονωτικά (έμποτισμένον ψφασμα, πρεσπάλι κ.λπ.), ὅπως ἐπίσης φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 3·7 ε.

‘Ο ἴδιος τρόπος κατασκευῆς τοῦ τυλίγματος ἀκολουθεῖται, ὅταν αἱ ὁδοντώσεις εἶναι ἡμίκλειστοι, καὶ εἰς τὰ τυλίγματα εἰς μίαν στρῶσιν μὲ δμάδας δόμοίας μεταξύ των.



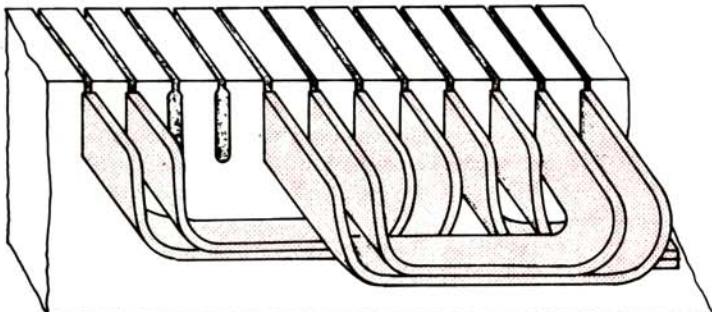
Σχ. 3.7 στ.

Στάτης τριφασικοῦ κινητῆρος μὲ συγκεντρικὸν τύλιγμα εἰς μίαν στρῶσιν.

Τὸ σχῆμα 3·7 στ δεικνύει τὸν στάτην ἐνὸς κινητῆρος, δ ὅποιος ἔχει συγκεντρικὸν τύλιγμα εἰς μίαν στρῶσιν. Εἰς τὸ σχῆμα 3·7 ζ φαίνεται λεπτομερέστερα, πῶς γίνεται ἡ διαμόρφωσις τῶν κεφαλῶν τῶν δμάδων εἰς τὰ τυλίγματα αὐτά.

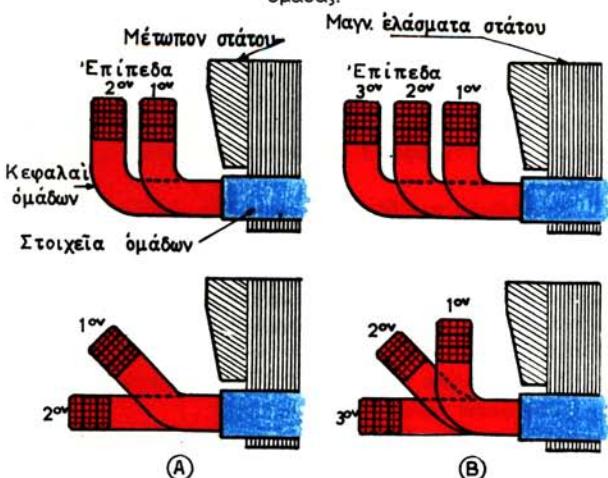
“Οπως παρατηροῦμεν εἰς τὸ σχῆμα 3·7 ζ, διὰ νὰ εἶναι δυνατὴ ἡ ἔκτελεσις τῶν συγκεντρικῶν τριφασικῶν τυλιγμάτων, πρέπει αἱ ἔκτος τῶν αὐλάκων κεφαλαὶ τῶν δμάδων νὰ κάμπτωνται, δπως δεικνύει τὸ σχῆμα. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν αἱ κεφαλαὶ τῶν δμάδων διατάσσονται εἰς δύο ἐπίπεδα παράλληλα πρὸς τὰ μέτωπα τοῦ στάτου. Τὸ τύλιγμα ὀνομάζεται δύο ἐπίπεδων. Τύλιγμα αὐτοῦ τοῦ εἴδους εἶναι καὶ αὐτὸς ποὺ δεικνύει τὸ σχῆμα 3·4 α.

Εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ σχήματος $3 \cdot 3\gamma$, τὸ τύλιγμα ὀνομάζεται τριῶν ἐπιπέδων, διότι αἱ κεφαλαὶ τῶν ὀμάδων, διὰ νὰ εἴναι δυνατὴ ἡ κατασκευὴ τοῦ τυλίγματος, πρέπει νὰ διαταχθοῦν εἰς τρία



Σχ. 3.7 ζ.

Διαμόρφωσις κεφαλῶν εἰς τριφασικὸν τύλιγμα μιᾶς στρώσεως μὲ συγκεντρικὰς ὀμάδας.



Σχ. 3.7 η.

Διατάξεις μὲ κεφαλὰς ὀμάδων εἰς δύο ἐπίπεδα (Α) καὶ τρία ἐπίπεδα (Β).

ἐπίπεδα παράλληλα πρὸς τὰ μέτωπα τοῦ στάτου. Τὸ σχῆμα $3 \cdot 7$ η παρουσιάζει διαφόρους διατάξεις συγκεντρικῶν τυλιγμάτων μὲ κεφαλὰς ὀμάδων εἰς δύο ἢ τρία ἐπίπεδα.

"Οταν δὲ ἀγωγός, ἀπὸ τὸν ὅποιον πρέπει νὰ κατασκευασθοῦν

αἱ σπεῖραι τῶν δμάδων, δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ διέλθῃ ἀπὸ τὸ ἄνοιγμα τοῦ ὀδόντος τῶν ἡμικλείστων ὀδοντώσεων, τότε κατασκευάζομεν τὸ τύλιγμα μὲ δύο (ἢ περισσοτέρους) παραλλήλους ἀγωγούς, ὅποτε κάθε ἀγωγὸς ἔχει διατομὴν ἵσην πρὸς τὸ ἥμισυ τῆς ἀπαιτουμένης.

3.8 Ἀλλαγὴ χαρακτηριστικῶν τυλίγματος.

‘Υπάρχουν περιπτώσεις, ποὺ χρειάζεται δι’ εἰδικούς λόγους νὰ ἀλλάξωμεν τὰ ἡλεκτρικὰ χαρακτηριστικὰ ἐνὸς κινητῆρος.’ Ή ἀλλαγὴ αὐτὴ δύναται νὰ γίνῃ διὰ κατασκευῆς νέου τυλίγματος τοῦ στάτου. Τοῦτο μᾶς ἐπιτρέπει:

α) Νὰ ἀλλάξωμεν τὴν τάσιν τοῦ κινητῆρος καὶ ἡ ἰσχὺς του νὰ παραμείνῃ ἡ ίδια.

β) Νὰ ἀλλάξωμεν τὴν ἰσχὺν τοῦ κινητῆρος καὶ ἡ τάσις του νὰ παραμείνῃ ἡ ίδια.

γ) Νὰ ἀλλάξωμεν τὴν τάσιν καὶ τὴν ἰσχὺν τοῦ κινητῆρος.

Αἱ ἀνωτέρω μετατροπαὶ γίνονται, χωρὶς τὸ τύλιγμα νὰ ἀλλάξῃ τύπον, ἀριθμὸν πόλων καὶ συχνότητα ρεύματος καὶ συνεπῶς, χωρὶς ὁ κινητῆρος νὰ ἀλλάξῃ ταχύτητα. Εἰς τὰ ἐπόμενα θὰ ἀσχοληθῶμεν ἀναλυτικῶς μόνον μὲ τὴν πρώτην περίπτωσιν, δηλαδὴ μὲ τὴν ἀλλαγὴν τῆς τάσεως τοῦ κινητῆρος, ὅταν ἡ ἰσχὺς του παραμένῃ ἡ ίδια.

Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν τὰ στοιχεῖα τοῦ νέου τυλίγματος τοῦ στάτου θὰ προκύψουν ἀπὸ τὰ στοιχεῖα τοῦ παλαιοῦ τυλίγματος μὲ τὴν βοήθειαν τῶν κάτωθι τύπων, οἱ δόποιοι εἶναι ἀνάλογοι μὲ τοὺς τύπους, ποὺ ἐδώσαμεν εἰς τὴν παράγραφον 2 · 13 διὰ τὴν ἀλλαγὴν τῆς τάσεως τυλίγματος μετασχηματιστοῦ.

Τὰ σύμβολα ποὺ θὰ χρησιμοποιηθοῦν εἶναι:

N = ἡ ἀποδιδομένη ὑπὸ τοῦ κινητῆρος ἰσχὺς εἰς kW

w_1 = δ ἀριθμὸς τῶν ἀγωγῶν ἀνὰ αὔλακα

R = ἡ ἀντίστασις ἀνὰ φάσιν τοῦ τυλίγματος

D = ἡ διάμετρος τοῦ μονωμένου ἀγωγοῦ

d = ἡ διάμετρος τοῦ ἀγωγοῦ ἀνευ μονώσεως

B = τὸ δλικὸν βάρος τῶν ἀγωγῶν τοῦ τυλίγματος

U_{Φ} = ἡ ἀνὰ φάσιν τάσις τοῦ τυλίγματος

I_{Δ} = ἡ ἔντασις γραμμῆς διὰ ζεῦξιν τοῦ τυλίγματος κατὰ τρίγωνον

I_Y = ἡ ἔντασις γραμμῆς διὰ ζεῦξιν τοῦ τυλίγματος κατ’ ἀστέρα.

‘Ἄν ἡ ἀνὰ φάσιν τάσις τοῦ τυλίγματος τοῦ κινητῆρος ἀπὸ U_{Φ} θέλωμεν νὰ γίνῃ U_{Φ} ὑπὸ τὴν ίδιαν ἰσχὺν N , τότε τὰ χαρακτηριστικὰ τοῦ νέου τυλίγματος θὰ εἴναι:

— ‘Ο νέος ἀριθμὸς ἀγωγῶν ἀνὰ αὔλακα:

$$w_1' = w_1 \cdot \frac{U_{\Phi}}{U_{\Phi}}$$

“Οταν δ ἀριθμὸς w_1' , ποὺ θὰ προκύψῃ ἀπὸ τὴν σχέσιν αὐτήν, δὲν εἶ-

ναι άκέραιος, λαμβάνομεν ώς w_1 τὸν πλησιέστερον άκέραιον άριθμόν. Αύτὸν τὸν w_1 θὰ λαμβάνεται εἰς τοὺς παρακάτω τύπους.

— ‘Η νέα διάμετρος τοῦ μονωμένου ἀγωγοῦ:

$$D' = D \cdot \sqrt{\frac{w_1}{w'_1}}$$

’Απὸ τοὺς καταλόγους τῶν κατασκευαστῶν δι’ ἀγωγούς μὲ τὴν ἐπιθυμητὴν μόνωσιν ἐκλέγομεν τὴν πλησιεστέραν διάμετρον D' , πρὸς αὐτὴν ποὺ προέκυψεν ἀπὸ τὴν παραπάνω σχέσιν. Οἱ ἴδιοι κατάλογοι δίδουν καὶ τὴν διάμετρον d' τοῦ γυμνοῦ ἀγωγοῦ, ἀναλόγως μὲ τὴν χρησιμοποιουμένην μόνωσιν (ἐμαγιέ, βαμβάκι, μέταξα κ.λπ.).

— ‘Η νέα ἀντίστασις ἀνὰ φάσιν τοῦ τυλίγματος εἰς ὡρισμένην θερμοκρασίαν:

$$R' = R \cdot \frac{w'_1}{w_1} \cdot \left(\frac{d}{d'} \right)^2$$

— Τὸ νέον δλικὸν βάρος τοῦ γυμνοῦ ἀγωγοῦ τοῦ τυλίγματος:

$$B' = B \cdot \frac{w'_1}{w_1} \cdot \left(\frac{d'}{d} \right)^2$$

— ‘Η ἔντασις γραμμῆς διὰ ζεῦξιν τοῦ νέου τυλίγματος κατὰ τρίγωνον:

$$I'_\Delta = I_\Delta \cdot \frac{U_\phi}{U'_\phi}$$

— ‘Η ἔντασις γραμμῆς διὰ ζεῦξιν τοῦ νέου τυλίγματος κατ’ ἀστέρα:

$$I'_Y = I_Y \cdot \frac{U_\phi}{U'_\phi}$$

— ‘Η ἔντασις αὐτὴ εἶναι δυνατὸν νὰ προκύψῃ καὶ ἀπὸ τὴν σχέσιν:

$$I'_Y = \frac{I'_\Delta}{\sqrt{3}}$$

”Αν γνωρίζωμεν τὸν βαθμὸν ἀποδόσεως τοῦ κινητῆρος η καὶ τὸν συντελεστὴν ισχύος συνφ μὲ τὴν παλαιὰν τάσιν, δεδομένου ὅτι τὰ μεγέθη αὐτὰ δὲν ἀλλάσσουν κατὰ τὴν μετατροπὴν εἰς τὴν νέαν τάσιν, δυνάμεθα τὸ I'_Δ νὰ τὸ ὑπολογίσωμεν καὶ ἀπὸ τὴν σχέσιν:

$$I'_\Delta = \frac{N}{\sqrt{3} \cdot U'_\phi \cdot \eta \cdot \sigma \nu \omega}$$

Σημείωσις. Κατὰ τὴν μετατροπὴν τοῦ τυλίγματος ἐνὸς κινητῆρος ἐνδέχεται ἡ διάμετρος D' τοῦ ἀγωγοῦ, ποὺ θὰ προκύψῃ ἀπὸ τὴν σχέσιν ποὺ ἔδωσαμεν, νὰ εἴναι σημαντικῶς μεγαλυτέρα ἀπὸ τὴν διάμετρον τοῦ προϋπάρχοντος ἀγωγοῦ καὶ ὁ νέος ἀγωγὸς νὰ μὴ εἴναι δυνατὸν νὰ διέλθῃ διὰ τοῦ ἀνοίγματος τῆς αὔλακος. Τούτο συμβαίνει κυρίως, ὅταν ἡ νέα τάσις λειτουργίας τοῦ κινητῆρος εἴναι σημαντικῶς μικροτέρα ἀπὸ τὴν παλαιὰν τάσιν.

Εις τὰς περιπτώσεις αὐτάς, ὅπως ἀνεφέραμεν καὶ εἰς τὴν παράγραφον 3 · 7, χρησιμοποιοῦμεν δύο ἡ περισσοτέρους ἀγωγούς ἐν παραλλήλῳ, τῶν ὅποιων τὸ ἀθροισμα τῶν διατομῶν μὲ μόνωσιν νὰ είναι ἵσον μὲ τὴν διατομὴν τὴν ἀντίστοιχούσαν εἰς τὴν ὑπολογισθεῖσαν διάμετρον D' .

Σημειωτέον ὅτι, ὅταν ἡ μετατροπὴ γίνεται ἀπὸ χαμηλὴν τάσιν εἰς ἀλλην ἀρκετά ὑψηλοτέραν, π.χ. ἀπὸ 115 V εἰς 500 V, πρέπει νὰ ἔλαττωνωμεν τὸν νέον ἀριθμὸν ἀγωγῶν ἀνὰ αὐλακα, ὁ ὅποιος προκύπτει ἀπὸ τὸν ὑπολογισμὸν κατὰ 3 ἥως 5% διὰ κινητῆρας μικρᾶς ἰσχύος καὶ μεγάλου ἀριθμοῦ πόλων.

Παράδειγμα.

Τετραπολικός, τριφασικὸς κινητήρ, ἰσχύος $N = 2,2 \text{ kW}$, τάσεως 220/380 V ἔχει τύλιγμα στάτου μὲ $w_1 = 53$ ἀγωγούς ἀνὰ αὐλακα. Οἱ ἀγωγοὶ ἔχουν διάμετρον $D = 1,24 \text{ mm}$ μαζὶ μὲ τὴν μόνωσιν (χωρὶς τὴν μόνωσιν $d = 1,05 \text{ mm}$). Ἡ ἀντίστασις ἀνὰ φάσιν τοῦ τυλίγματος εἰς τοὺς 200 C είναι $R = 2,5 \Omega$ καὶ τὸ δλικὸν βάρος τοῦ ἀγωγοῦ τοῦ τυλίγματος $B = 2,9 \text{ kg}$. Ἡ ἔντασις γραμμῆς διὰ συνδεσμολογίαν τοῦ τυλίγματος κατ' ἀστέρα είναι $I_Y = 5 \text{ A}$ (μὲ τάσιν τοῦ δικτύου τροφοδοτήσεως 380 V). Ποια πρέπει νὰ είναι τὰ χαρακτηριστικὰ τοῦ νέου τυλίγματος, διὰ νὰ γίνῃ ὁ κινητήρ τάσεως 115/200 V ὑπὸ τὴν ἴδιαν ἰσχύν καὶ τὸν ἴδιον ἀριθμὸν πόλων:

Αύσις :

Ἡ φασικὴ τάσις τοῦ παλαιοῦ τυλίγματος είναι $U_\phi = 220 \text{ V}$, ἐνῶ ἡ φασικὴ τάσις τοῦ νέου είναι $U'_\phi = 115 \text{ V}$.

"Ἄρα ὁ νέος ἀριθμὸς ἀγωγῶν ἀνὰ αὐλακα θὰ είναι:

$$w'_1 = w_1 \cdot \frac{U'_\phi}{U_\phi} = 53 \times \frac{115}{220} = 27,7$$

Λαμβάνομεν $w_1 = 28$ ἀγωγούς ἀνὰ αὐλακα.

Ἡ νέα διάμετρος τοῦ ἀγωγοῦ μὲ τὴν μόνωσιν θὰ είναι:

$$D' = D \cdot \sqrt{\frac{w_1}{w'_1}} = 1,24 \times \sqrt{\frac{53}{28}} = 1,7 \text{ mm}$$

'Απὸ τοὺς πίνακας τῶν κατασκευαστῶν λαμβάνομεν διάμετρον $D' = 1,72 \text{ mm}$ δι' ἀγωγὸν μονωμένον διὰ δύο στρώσεων ἐκ βάμβακος (Πίναξ 3 · 8 · 2), εἰς τὴν ὅποιαν ἀντίστοιχει διάμετρος γυμνοῦ ἀγωγοῦ $d = 1,5 \text{ mm}$.

Ἡ νέα ἀντίστασις ἀνὰ φάσιν τοῦ τυλίγματος εἰς τοὺς 200 C θὰ είναι:

$$R' = R \cdot \frac{w'_1}{w_1} \cdot \left(\frac{d}{d'} \right)^2 = 2,5 \times \frac{28}{53} \times \left(\frac{1,05}{1,5} \right)^2 = 0,648 \Omega$$

Τὸ νέον βάρος τοῦ ἀγωγοῦ τοῦ τυλίγματος θὰ είναι:

$$B' = B \cdot \frac{w'_1}{w_1} \cdot \left(\frac{d'}{d} \right)^2 = 2,9 \times \frac{28}{53} \times \left(\frac{1,5}{1,05} \right)^2 = 3,12 \text{ kg}$$

Ἡ νέα ἔντασις γραμμῆς διὰ ζεῦξιν τοῦ τυλίγματος κατ' ἀστέρα θὰ εἴναι:

$$I_Y' = I_Y \cdot \frac{U_\phi}{U_\phi} = 5 \times \frac{220}{115} = 9,5 \text{ A}$$

Διὰ ζεῦξιν τοῦ τυλίγματος κατὰ τρίγωνον ὁ κινητήρας θὰ ἀπορροφῇ:

$$I_\Delta = \sqrt{3} \cdot I_Y' = 1,73 \times 9,5 = 16,5 \text{ A}$$

Ἄντι νὰ ὑπολογίζωμεν τὸν νέον ἀριθμὸν ἀγωγῶν ἀνὰ αὐλακα ἀπὸ τὸν τύπον ποὺ ἀνεφέραμεν, δυνάμεθα νὰ χρησιμοποιοῦμεν τὸν Πίνακα 3.8.1.

Π Ι Ν Α Ξ 3.8.1

Ἄριθμὸς ἀγωγῶν ἀνὰ αὐλακα διὰ διαφόρους τάσεις τριφασικῶν κινητήρων

Τάσης κινητήρος εἰς βόλτα (V)	110/190	115/200	127/220	220/380	380/660
Αριθμὸς ἀγωγῶν διὰ την αὐλακα.	10	10	11	20	34
	11	11	13	22	38
	12	12	14	24	41
	13	13	15	26	45
	14	15	16	28	48
	15	16	17	30	52
	16	17	18	32	55
	17	18	20	34	59
	18	19	21	36	62
	19	20	22	38	66
	20	21	23	40	69
	21	22	24	42	72
	22	23	25	44	76
	23	24	26	46	80
	24	25	28	48	83
	25	26	29	50	86
	26	27	30	52	90
	27	28	31	54	93
	28	29	32	56	97
	29	30	33	58	100
	30	31	35	60	104
	31	32	36	62	107
	32	33	37	64	110
	33	35	38	66	114
	34	36	39	68	118
	35	37	40	70	121
	36	38	41	72	124
	37	39	43	74	128
	38	40	44	76	131
	39	41	45	78	135
	40	42	46	80	138
	41	43	47	82	142
	42	44	48	84	145

Π Ι Ν Α Ξ 3.8.2

Διάμετροι καὶ διατομαὶ ἀγωγῶν περιελίξεων ἡλεκτρικῶν μηχανῶν

Διατομὴ γυμνοῦ ἀγωγοῦ mm ²	Διάμετρος γυμνοῦ ἀγωγοῦ mm	Διάμετρος ἀγωγοῦ ἐμαγιὲ mm	Διάμετρος ἀγωγοῦ μὲν στρῶσιν ραιγιὸν mm	Διάμετρος ἀγωγοῦ μὲν δύο στρώσεις βάμβακος mm	Αντίστασις εἰς 150° C. Ω/km .
0,384	0,70	0,76	0,79	0,86	45,212
0,441	0,75	0,81	0,84	0,91	39,385
0,502	0,80	0,865	0,89	0,96	34,616
0,636	0,90	0,975	1,03	1,08	27,351
0,785	1,00	1,08	1,13	1,18	22,154
0,950	1,10	1,18	1,23	1,28	18,309
1,130	1,20	1,28	1,33	1,38	15,384
1,227	1,25	1,33	1,38	1,43	14,178
1,327	1,30	1,38	1,43	1,48	13,109
1,539	1,40	1,48	1,53	1,58	11,303
1,767	1,50	1,585	1,63	1,72	9,846
2,010	1,60	1,685	1,75	1,82	8,654
2,269	1,70	1,785	1,85	1,92	7,665
2,544	1,80	1,885	1,95	2,02	6,837
3,141	2,00	2,09	2,15	2,22	5,585
3,463	2,10	2,19	2,25	2,34	5,023
3,801	2,20	2,29	2,35	2,44	4,577
3,976	2,25	2,34	2,40	2,49	4,376
4,154	2,30	2,39	2,45	2,54	4,187
4,524	2,40	2,49	2,55	2,64	3,846
4,908	2,50	2,59	2,65	2,74	3,544
5,309	2,60	2,69	2,76	2,86	3,277
6,157	2,80	2,89	2,96	3,06	2,826
7,068	3,00	3,09	3,16	3,26	2,461

‘Ο Πίναξ 3 · 8 · 1 χρησιμοποιεῖται ὡς ἔξῆς:

Εἰς τὴν στήλην, ἣ ὅποιᾳ ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν παλαιὰν τάσιν τοῦ κινητῆρος, εὐρίσκομεν τὸν ἀριθμὸν, ὃ ὅποιος εἴναι ἵσος μὲ τὸν παλαιὸν ἀριθμὸν ἀγωγῶν ἀνὰ αὐλακα. Κινούμενοι ἀπὸ τὸν ἀριθμὸν αὐτὸν ὄριζοντίως διαβάζομεν εἰς τὴν στήλην τῆς νέας τάσεως τοῦ κινητῆρος τὸν ἀριθμὸν ἀγωγῶν ἀνὰ αὐλακα τοῦ νέου τυλίγματος.

Παράδειγμα.

Κινητὴρ τριφασικὸς τάσεως 127/220 V ἔχει 30 ἀγωγοὺς ἀνὰ αὐλακα.

"Αν δὲ κινητήριο πρέπει νὰ γίνη τάσεως 220/380 V, ποῖος ἀριθμὸς ἀγωγῶν πρέπει νὰ τοποθετηθῇ ἀνὰ αὐλακα εἰς τὸ τύλιγμα;

Ἄνσις :

Εἰς τὸν Πίνακα 3 · 8 · 1 καὶ εἰς τὴν στήλην τῆς τάσεως κινητῆρος 127/220 V ἀνευρίσκομεν τὸν ἀριθμὸν 30. Κινούμενοι ὅριζοντιώς ἀπὸ τὸν ἀριθμὸν 30 διαβάζομεν εἰς τὴν στήλην τῆς τάσεως 220/380 V τὸν ἀριθμὸν 52. "Άρα μὲν 52 ἀγωγοὺς ἀνὰ αὐλακα πρέπει νὰ κατασκευασθῇ τὸ νέον τύλιγμα.

3.9 Ἀνακεφαλαίωσις.

α) Τὰ τυλίγματα τοῦ στάτου τῶν συγχρόνων καὶ ἀσυγχρόνων μηχανῶν εἰναι ὅμοια, δηλαδὴ εἰναι κατεσκευασμένα ἐπὶ τῇ βάσει τῶν ἴδιων ἀρχῶν καὶ ἐπιτρέπουν εἰς τὰς μηχανὰς αὐτὰς νὰ ἐργασθοῦν εἴτε ὡς γεννήτριαι εἴτε ὡς κινητῆρες.

β) Ἀπὸ τὸν ἀριθμὸν τῶν πόλων τοῦ τυλίγματος τοῦ στάτου ἔξαρτᾶται ἡ ταχύτης περιστροφῆς τῶν κινητήρων ἐναλλασσομένου ρεύματος.

γ) Τὰ τυλίγματα ἐναλλασσομένου ρεύματος διακρίνονται βασικῶς εἰς δύο κατηγορίας: 1) Τυλίγματα εἰς μίαν στρῶσιν, τὰ ὅποια ἔχουν ἕνα στοιχεῖον ἀνὰ ὀδόντωσιν τοῦ τυμπάνου καὶ 2) τυλίγματα εἰς δύο στρῶσεις, τὰ ὅποια ἔχουν ἀνὰ ὀδόντωσιν τοῦ τυμπάνου δύο στοιχεῖα ἀπὸ δύο διαφορετικὰς ὅμαδας.

δ) Τὰ τυλίγματα εἰς μίαν στρῶσιν κατασκευάζονται εἴτε ὡς συγκεντρικὰ μὲ δόμαδας ἀνίσους εἴτε ὡς βροχοειδῆς ἡ κυματοειδῆς μὲ δόμαδας ὁμοίας μεταξύ των. Τὰ τυλίγματα εἰς δύο στρῶσεις κατασκευάζονται συνήθως ὡς βροχοειδῆς, σπανιότερον δὲ ὡς κυματοειδῆς ἡ συγκεντρικά.

ε) Αἱ δόμαδες τῆς αὐτῆς φάσεως αἱ εύρισκόμεναι μέσα εἰς ἕνα διπλοῦν πολικὸν βῆμα συνδέονται μεταξύ των ἐν σειρᾷ καὶ ἀποτελοῦν ἕνα συγκρότημα δόμαδων.

στ) Τὰ τυλίγματα εἰς μίαν στρῶσιν τὰ διακρίνομεν ἐπίστης εἰς τυλίγματα ἡμισείας περιελίξεως καὶ τυλίγματα πλήρους περιελίξεως. Τὰ τυλίγματα εἰς δύο στρῶσεις εἰναι συνήθως τυλίγματα πλήρους περιελίξεως. Εἰς τὰ τυλίγματα ἡμισείας περιελίξεως ὁ ἀριθμὸς τῶν συγκροτημάτων ἀνὰ φάσιν ἰσοῦται μὲ τὸν ἀριθμὸν τῶν ζευγῶν τῶν μαγνητικῶν πόλων p, ἐνῶ εἰς τὰ τυλίγματα πλήρους περιελίξεως ἰσοῦται μὲ τὸν ἀριθμὸν τῶν πόλων 2 · p.

ζ) Εις τὰ τυλίγματα ἡμισείας περιελίξεως ἢ σύνδεσις τῶν ἄκρων τῶν συγκροτημάτων γίνεται τέλος - ἀρχή. Εις τὰ τυλίγματα πλήρους περιελίξεως ἢ σύνδεσις γίνεται τέλος - τέλος καὶ ἀρχὴ - ἀρχή.

η) Εις τὰ τριφασικὰ τυλίγματα αἱ ἀρχαὶ τῶν τριῶν φάσεων είναι μετατοπισμέναι μεταξύ τῶν κατά:

$$\theta = \frac{\theta_{ηλ}}{p} = \frac{120}{p} \quad \text{γεωμετρικὰς μοίρας}$$

$$\text{ἢ} \quad z \cdot \frac{\theta}{360} \quad \text{δδοντώσεις}$$

θ) "Οταν πολυφασικὸν τύλιγμα είναι εἰς μίαν στρῶσιν, ὁ ἀριθμὸς τῶν ὁμάδων τοῦ τυλίγματος ίσοῦται μὲ τὸ ἥμισυ τοῦ ἀριθμοῦ τῶν δδοντώσεων ($z/2$), ἐνῶ ὅταν είναι εἰς δύο στρῶσεις, ίσοῦται μὲ τὸν ἀριθμὸν τῶν δδοντώσεων z .

ι) Διὰ τὴν σχεδίασιν τυλίγματος ἀπαιτεῖται νὰ γνωρίζωμεν, ἐκτὸς ἀπὸ τὸ εἶδος αὐτοῦ, τὸν ἀριθμόν: α) τῶν δδοντώσεων z , β) τῶν ζευγῶν πόλων p , γ) τῶν φάσεων m καὶ δ) τῶν στοιχείων ἀνὰ δδόντωσιν.

ια) Τὸ πολικὸν βῆμα τοῦ τυλίγματος εἰς ἀριθμὸν δδοντώσεων ὑπολογίζεται ἀπὸ τὴν σχέσιν:

$$z_1 = \frac{z}{2 \cdot p}$$

‘Ο ἀριθμὸς δδοντώσεων ἀνὰ πολικὸν βῆμα καὶ φάσιν ὑπολογίζεται ἀπὸ τὴν σχέσιν:

$$z_2 = \frac{z_1}{m}$$

Εἰδικῶς διὰ τὰ μονοφασικὰ τυλίγματα είναι συνήθως:

$$z_2 = \frac{2}{3} \cdot z_1$$

ιβ) Τὸ z_2 μᾶς δίδει καὶ τὸν ἀριθμὸν τῶν ὁμάδων, ἀπὸ τὰς ὅποιας ἀποτελεῖται κάθε συγκρότημα τοῦ τυλίγματος ἐκτὸς ἀπὸ τὰ τυλίγματα ἡμισείας περιελίξεως, ὅπου ὁ ἀριθμὸς αὐτὸς είναι $z_2/2$.

ιγ) Κανονικὰ ὀνομάζονται τὰ τυλίγματα, τὰ ὅποια ἔχουν βῆμα

τυλίγματος ίσον μὲ τὸ πολικὸν βῆμα, ἀριθμὸν αὐλάκων ὅντα πολικὸν βῆμα καὶ φάσιν z_2 ἀκέραιον καὶ μετατόπισιν μεταξὺ τῶν φάσεων ἀκριβῶς ίσην πρὸς 90 ἢ 120 ἡλεκτρικὰς μοίρας διὰ τὰ διφασικὰ ἥ τριφασικὰ τυλίγματα ἀντιστοίχως.

ιδ) Τὰ τυλίγματα, ποὺ δὲν πληροῦν μίαν ἀπὸ τὰς συνθήκας τῶν κανονικῶν τυλιγμάτων, ὄνομάζονται μὴ κανονικὰ τυλίγματα.

ιε) Τὰ τυλίγματα μὲ μεταβλητὸν ἀριθμὸν πόλων ἐπιτρέπουν τὴν κατασκευὴν κινητήρων, ποὺ ἔχουν περισσοτέρας ἀπὸ μίαν ταχύτητα περιστροφῆς.

ιστ) Τὰ τυλίγματα Dahlander στηρίζονται εἰς τὴν μεταβολὴν τῆς συνδεσμολογίας τῶν συγκροτημάτων κάθε φάσεως ἀπὸ ἐν σειρᾷ εἰς δύο παραλλήλους κλάδους διὰ τῆς χρησιμοποιήσεως μεσαίας λήψεως. "Ἐτσι ἔχομεν τυλίγματα μὲ δύο ἀριθμοὺς πόλων, ποὺ ἔχουν μεταξὺ των σχέσιν 2/1, δηλαδὴ ἔχομεν κινητῆρας μὲ σχέσιν ταχυτήτων 1/2. Ἡ ἀντίστοιχος σχέσις ἰσχύων τοῦ κινητῆρος εἶναι περίπου 1/1,5.

ιζ) Αἱ ὁδοντώσεις τοῦ στάτου τῶν μηχανῶν ἐναλλασσομένου ρεύματος διακρίνονται εἰς ἀνοικτὰς καὶ ἡμίκλειστους.

ιη) Αἱ ἀνοικτὰὶ ὁδοντώσεις χρησιμοποιοῦνται κυρίως εἰς τοὺς μεγάλους κινητῆρας καὶ εἰς τοὺς κινητῆρας ὑψηλῆς τάσεως. Εἰς τὰς περιπτώσεις αὐτὰς χρησιμοποιοῦνται συνήθως τυλίγματα εἰς δύο στρώσεις μὲ δύμαδας διαμορφωμένας εἰς περιελικτικὰς μηχανὰς ἢ μὲ στοιχεῖα ἀπὸ ράβδους ἐκ χαλκοῦ (μπάρες). Αἱ δύμαδες πρὸ τῆς τοποθετήσεως των ἐντὸς τῶν αὐλάκων φέρουν καὶ τὴν ἔξωτερικήν των μόνωσιν.

ιθ) Αἱ ἡμίκλειστοι ὁδοντώσεις χρησιμοποιοῦνται κυρίως εἰς κινητῆρας μικρᾶς καὶ μέσης ἰσχύος χαμηλῆς τάσεως. Κάθε διάκενον ὁδοντώσεως φέρει κατάλληλον μόνωσιν καὶ οἱ ἀγωγοὶ τῶν δύμάδων τοῦ τυλίγματος τοποθετοῦνται ἐντὸς αὐτοῦ, διερχόμενοι ἔνας - ἔνας διὰ τοῦ ἀνοίγματος τοῦ ὁδοντοῦ.

κ) Εἰς τὰ τριφασικὰ συγκεντρικὰ τυλίγματα, διὰ νὰ εἶναι δυνατή ἡ πραγματοποίησίς των, πρέπει αἱ κεφαλαὶ τῶν δύμάδων νὰ κάμπτωνται κατὰ ωρισμένον τρόπον εἰς τὰ μέτωπα τοῦ στάτου. "Ἐτσι ἔχομεν τυλίγματα εἰς δύο ἐπίπεδα καὶ τυλίγματα εἰς τρία ἐπίπεδα.

3 · 10 Ἐρωτήσεις.

- α) Μὲ ποίαν σχέσιν συνδέεται ἡ σύγχρονος ταχύτης κινητῆρος μὲ τὸν ἀριθμὸν ζευγῶν πόλων τοῦ τυλίγματός του;
- β) Ποῖαι εἰναι αἱ δύο βασικαὶ κατηγορίαι τυλιγμάτων ἐναλλασσομένου ρεύματος καὶ ποίον τὸ κύριον χαρακτηριστικὸν κάθε μιᾶς;
- γ) Ποῖα εἰναι τὰ πλεονεκτήματά καὶ τὰ μειονεκτήματα τῶν τυλιγμάτων εἰς μίαν στρῶσιν ἔναντι τῶν τυλιγμάτων εἰς δύο στρώσεις;
- δ) Πῶς διατάσσονται αἱ ὅμαδες ἐνὸς συγκροτήματος εἰς τὰ συγκεντρικὰ τυλίγματα εἰς μίαν στρῶσιν ἡμισείας περιελίξεως; "Ἐχουν ὅλαι τὸ αὐτὸν βῆμα; Ποῖον εἰναι τὸ βῆμα τοῦ τυλίγματος;
- ε) Ποῖα εἰναι τὰ πλεονεκτήματα τῶν τυλιγμάτων πλήρους περιελίξεως ἔναντι τῶν τυλιγμάτων ἡμισείας περιελίξεως;
- στ) Μὲ τί ἰσοῦται ὁ ἀριθμὸς τῶν συγκροτημάτων ἀνὰ φάσιν εἰς τὰ τυλίγματα εἰς μίαν στρῶσιν: 1) πλήρους περιελίξεως καὶ 2) ἡμισείας περιελίξεως; Μὲ τί ἰσοῦται ὁ αὐτὸς ἀριθμὸς εἰς τὰ τυλίγματα εἰς δύο στρώσεις;
- ζ) Εἰς τὰ διφασικὰ τυλίγματα μὲ ρ ζεύγη πόλων, πόσον εἰναι μεταποισμένη ἡ ἀρχὴ τῆς δευτέρας φάσεως ἀπὸ τὴν ἀρχὴν τῆς πρώτης (εἰς γεωμετρικάς μοίρας καὶ εἰς δόδοντώσεις);
- η) Ποῖα στοιχεῖα εἰναι ἀπαραίτητον νὰ γνωρίζωμεν διὰ νὰ δυνηθῶμεν νὰ σχεδιάσωμεν συγκεντρικὸν τριφασικὸν τύλιγμα εἰς μίαν στρῶσιν;
- θ) Μὲ τί ἰσοῦται ὁ ἀριθμὸς τῶν ὅμαδων, ἀπὸ τὰς ὅποιας ἀποτελεῖται ἔνα συγκρότημα τυλίγματος εἰς δύο στρώσεις;
- ι) Τὸ κανονικὸν τύλιγμα, δηλαδὴ τύλιγμα ποὺ πληροῖ τὰς τρεῖς συνθήκας τῶν κανονικῶν τυλιγμάτων, ποῖα ἄλλα χαρακτηριστικὰ ἔχει;
- ια) Διατί χρησιμοποιοῦνται εἰς τὴν κατασκευὴν τῶν ἐναλλακτήρων τὰ μὴ κανονικὰ τυλίγματα μὲ z_2 μὴ ἀκέραιον;
- ιβ) Διατί χρησιμοποιοῦνται εἰς τὴν κατασκευὴν τῶν κινητήρων ἐναλλασσομένου ρεύματος τὰ μὴ κανονικὰ τυλίγματα μὲ βῆμα μικρότερον τοῦ πολικοῦ βήματος;
- ιγ) Τύλιγμα μὲ 4/8 πόλους πόσας ταχύτητας κινητῆρος δίδει καὶ ποίαν σχέσιν ἔχουν μεταξύ των; Ποία εἰναι ἡ σχέσις μεταξύ τῶν ἴσχυων, ποὺ ἀποδίδει ὁ κινητὴρ εἰς τὰς ταχύτητας αὐτάς;

ιδ) 'Αναφέρατε ένα άπό τους τρόπους, πού δυνάμεθα νὰ έχωμεν κινητήρα μὲ τρεῖς ταχύτητας, αἱ ὅποιαι νὰ έχουν μεταξύ των σχέσιν 1/2/3.

3.11 Προβλήματα και άσκήσεις.

α) Πόσας δύμαδας έχει συνολικῶς τριφασικὸν τύλιγμα εἰς δύο στρώσεις μὲ ἀριθμὸν δύοντώσεων $z = 36$; 'Από πόσα συγκροτήματα δύμάδων ἀποτελεῖται κάθε φάσις του, ὅταν ὁ ἀριθμὸς τῶν ζευγῶν πόλων είναι $p = 2$;

('Απάντ.: 36 δύμαδας, 4 συγκροτήματα)

β) Προκειμένου νὰ κατασκευασθῇ τριφασικὸν βροχοειδὲς τύλιγμα εἰς μίαν στρῶσιν ἡμισείσις περιελίξεως ἐπὶ τυμπάνου τετραπολικῆς μηχανῆς μὲ 24 αὐλακας νὰ ὑπολογισθοῦν: 1) 'Ο ἀριθμὸς τῶν αὐλάκων ἀνὰ πολικὸν βῆμα. 2) 'Ο ἀριθμὸς τῶν αὐλάκων ἀνὰ πολικὸν βῆμα καὶ φάσιν. 3) 'Η μετατόπισης εἰς ἀριθμὸν αὐλάκων τῶν ἀρχῶν δύο διαδοχικῶν φάσεων καὶ 4) νὰ δοθῇ ὁ πίναξ τῶν στοιχείων, ἀπὸ τὰ ὅποια ἀποτελεῖται κάθε φάσις, ἃν τὰ συγκροτήματα δύμάδων είναι συνδεδεμένα ἐν σειρᾷ.

('Απάντ.: 1) 6 αὐλακες. 2) 2 αὐλακες. 3) 4 αὐλακες 4) Φάσις U - X στοιχεία 1 - 7 - 2 - 8 - 13 - 19 - 14 - 20, φάσις V - Y στοιχεία 5 - 11 - 6 - 12 - 17 - 23 - 18 - 24, φάσις W - Z στοιχεία 9 - 15 - 10 - 16 - 21 - 3 - 22 - 4)

γ) Τὸ συγκεντρικὸν τύλιγμα εἰς μίαν στρῶσιν συγχρόνου τριφασικῆς γεννητρίας μὲ 6 πόλους ἀποτελεῖται ἀπὸ τρία συγκροτήματα δύμάδων ἀνὰ φάσιν. Κάθε συγκρότημα περιλαμβάνει 2 δύμαδας. Νὰ σχεδιασθῇ ἡ συνδεσμολογία τῶν συγκροτημάτων ἐσωτερικῶς: 1) 'Εν παραλλήλω. 2) 'Εν σειρᾶς καὶ ἔξωτερικῶς κατὰ τρίγωνον καὶ κατ' ἀστέρα. Νὰ ἔξηγηθῇ πότε συνιστᾶται κάθε σύνδεσις.

('Απάντ.: Βλέπε εἰς τόμον «Απαντήσεις ἐπὶ τῶν θεμάτων τῶν πτυχιακῶν ἔξετάσεων», 'Ομάδα 8η, 1β τοῦ κεφαλαίου 'Ηλεκτρικαὶ Μηχανοὶ σελ. 202, "Εκδοσις 'Ιδρυματος Εὔγενιδου")

δ) Νὰ σχεδιασθῇ τετραπολικὸν μονοφασικὸν τύλιγμα εἰς δύο στρώσεις μὲ 24 δύοντώσεις καὶ σύνδεσιν τῶν συγκροτημάτων ἐν σειρᾷ.

('Απάντ.: $z_1 = 6$ δύοντ., $z_2 = 4$ δύοντ. Θὰ ὑπάρχουν $2 \cdot p = 4$ συγκροτήματα ἀπὸ 4 δύμαδας κάθε ἓνα. Κεναὶ δύον-

τώσεις αἱ ὑπ' ἀρ. 1, 6, 7, 12, 13, 18, 19, 24. Διὰ σχεδίασιν βλέπε καὶ σχῆμα 3·2 ζ)

ε) Νὰ σχεδιασθῇ τὸ κύριον καὶ βοηθητικὸν τύλιγμα διπολικοῦ μονοιφασικοῦ κινητῆρος μὲ 24 ὀδοντώσεις. Τὰ τυλίγματα θὰ εἰναι εἰς μίαν στρῶσιν πλήρους περιελίξεως, διαμορφωμένα εἰς βροχοειδῆ μὲ δμοίας ὄμάδας.

(΄Απάντ.: Τὸ κύριον τύλιγμα θὰ εἰναι ὄμοιον μὲ τὸ τοῦ σχήματος 3·4 β. Τὸ βοηθητικὸν τύλιγμα θὰ καταλαμβάνῃ τὰς κενὰς ὀδοντώσεις ὡς εἰς τὸ σχῆμα 3·3 β, ἀλλὰ θὰ ἔχῃ ὄμοιας μεταξύ των ὄμάδας μὲ βῆμα 1-11)

στ.) Νὰ σχεδιασθῇ τριφασικὸν τετραπολικὸν τύλιγμα εἰς μίαν στρῶσιν ἀποτελούμενον ἀπὸ συγκροτήματα συγκεντρικῶν ὄμάδων συνδεδεμένων ἐν σειρᾶ. Τὸ τύλιγμα θὰ εἰναι ἡμισείας περιελίξεως διὰ τύμπανον μὲ 36 ὀδοντώσεις.

(΄Απάντ.: $z_1 = 9, z_2 = 3$. Θὰ ὑπάρχουν ἀνὰ φάσιν $p = 2$ συγκροτήματα ἐκ τριῶν ὄμάδων κάθε ἓνα συνδεδεμένα ἐν σειρᾶ.

Διὰ σχεδίασιν βλέπε καὶ σχῆμα 3·4 α)

ζ) Νὰ σχεδιασθῇ τριφασικὸν διπολικὸν τύλιγμα εἰς δύο στρώσεις διὰ μηχανὴν μὲ 12 ὀδοντώσεις. Σύνδεσις τῶν συγκροτημάτων τῶν ὄμάδων ἐν σειρᾶ.

(΄Απάντ.: $z_1 = 6, z_2 = 2$. Θὰ ὑπάρχουν ἀνὰ φάσιν $2 \cdot p = 2$ συγκροτήματα ἐκ δύο ὄμάδων κάθε ἓνα συνδεδεμένα ἐν σειρᾶ.

Διὰ σχεδίασιν βλέπε καὶ σχῆμα 3·3 δ)

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ 4

ΣΥΓΧΡΟΝΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

4 · 1 Ἡ κατασκευὴ τῶν συγχρόνων κινητήρων.

Οἱ σύγχρονοι κινητῆρες εἰναι μηχαναὶ ὅμοιαι εἰς τὴν κατασκευὴν των μὲ τὰς συγχρόνους γεννητρίας ἢ ἐναλλακτῆρας. “Οταν ἐναλλακτήρ τροφοδοτήθῃ μὲ ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν ἀπὸ τὸ δίκτυον, δίδει μηχανικὴν ἐνέργειαν εἰς τὸν ἄξονά του, διηλασδὴ γίνεται σύγχρονος κινητήρ. Διὰ τὴν ἑκκίνησιν ὅμως τοῦ συγχρόνου κινητῆρος, ὅπως θὰ ἔξηγήσωμεν εἰς ἐπομένην παράγραφον, πρέπει νὰ ληφθοῦν ὧρισμένα μέτρα, διότι αἱ σύγχρονοι μηχαναὶ, ὅταν λειτουργοῦν ὡς κινητῆρες, δὲν εἰναι δυνατὸν νὰ ἑκκινοῦν μόναι των.

Ἡ περιγραφὴ τῆς κατασκευῆς τῶν ἐναλλακτήρων (παράγρ. 1 · 2) ἴσχει καὶ διὰ τοὺς συγχρόνους κινητῆρας. Συνεπῶς τὸ σχῆμα 1 · 2 α εἰναι δυνατὸν νὰ παριστάνῃ ἐναλλακτήρα, ὅπως ἀνεφέραμεν ἔκει, δυνατὸν ὅμως νὰ παριστάνῃ καὶ σύγχρονον κινητῆρα.

Μονοφασικοὶ σύγχρονοι κινητῆρες διὰ βιομηχανικὴν χρῆσιν σπανίως κατασκευάζονται. Διὰ τὸν λόγον αὐτὸν θὰ ἀσχοληθῶμεν μόνον μὲ τοὺς τριφασικοὺς συγχρόνους κινητῆρας. Πρὶν ἔξετάσωμεν τὴν ἀρχὴν τῆς λειτουργίας τῶν κινητῶν αὐτῶν, θὰ ἴδωμεν πῶς δημιουργοῦνται περιστρεφόμενα μαγνητικὰ πεδία ἀπὸ τὰ πολυφασικὰ τυλίγματα τοῦ στάτου τῶν μηχανῶν ἐναλλασσομένου ρεύματος. Τὰ περιστρεφόμενα μαγνητικὰ πεδία ἔξηγοῦν τὴν λειτουργίαν ὅχι μόνον τῶν συγχρόνων ἀλλὰ καὶ τῶν ἀσυγχρόνων κινητήρων.

4 · 2 Περιστρεφόμενα μαγνητικὰ πεδία.

“Οταν τροφοδοτήσωμεν διφασικὸν τύλιγμα στάτου μηχανῆς ἐναλλασσομένου ρεύματος μὲ ρεῦμα ἀπὸ ἀντίστοιχον δίκτυου, θὰ δημιουργηθῇ εἰς τὸ διάκενον τῆς μηχανῆς μαγνητικὸν πεδίον, τὸ ὅποιον θὰ περιστρέφεται περὶ τὸν ἄξονά της. Τὸ πεδίον αὐτὸ δύοιαζει μὲ τὸ μαγνητικὸν πεδίον, ποὺ δημιουργεῖ ὁ περιστρεφόμενος δρομεὺς ἐναλλακτῆρος μὲ ἐσωτερικοὺς πόλους. Ἡ οὐσιαστικὴ διαφορὰ εἰς τὴν περίπτωσιν ποὺ ἔξετάζομεν, εἰναι ὅτι τὸ περιστρε-

φόμενον μαγνητικὸν πεδίον δημιουργεῖται ἀπὸ ἀκίνητον πολυφασικὸν τύλιγμα. Τὰ μονοφασικὰ τυλίγματα δὲν δύνανται νὰ δημιουργήσουν μόνα των περιστρεφόμενα μαγνητικὰ πεδία.

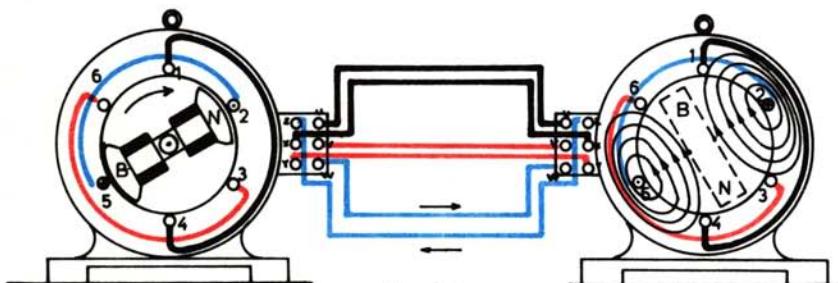
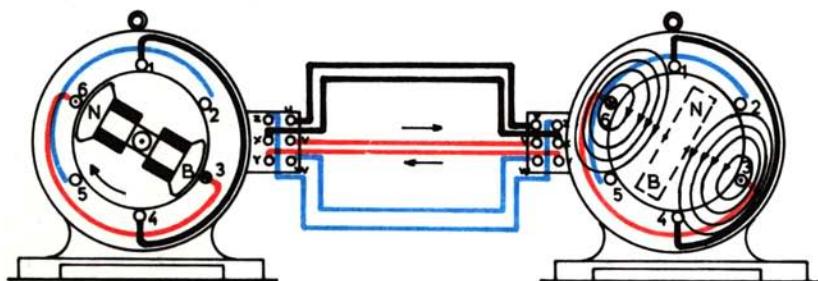
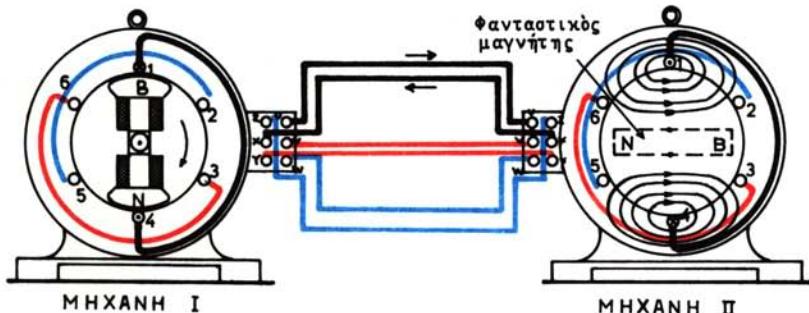
Διὰ νὰ ἔξηγήσωμεν πῶς δημιουργεῖται τὸ περιστρεφόμενον μαγνητικὸν πεδίον, θὰ χρησιμοποιήσωμεν τὴν ἀπλῆν μηχανήν, τὴν ὅποιαν δεικνύει τὸ σχῆμα 4 · 2 (A) εἰς τὸ δεξιὸν μέρος (μηχανὴ II). Ἡ μηχανὴ αὐτὴ ἔχει εἰς τὸν στάτην διπολικὸν τριφασικὸν τύλιγμα ἐντὸς 6 αὐλάκων. Κάθε φάσις τοῦ τυλίγματος ἀποτελεῖται ἀπὸ μίαν δύμαδα. Χάριν ἀπλότητος δεχόμεθα ἐπίστης ὅτι ἡ μηχανὴ αὐτὴ δὲν ἔχει δρομέα καὶ ὅτι τὸ τύλιγμά της τροφοδοτεῖται μὲ τριφασικὸν ρεῦμα μέσω 6 ἀγωγῶν (δύο διὰ κάθε φάσιν) ἀπὸ διπολικὸν ἐναλλακτῆρα τελείως ὅμοιον εἰς τὴν κατασκευὴν τοῦ τυλίγματος (μηχανὴ I εἰς τὸ σχῆμα). Διὰ τὸν λόγον δεχόμεθα, ὅτι ἡ ἐντασις φορτίσεως τοῦ ἐναλλακτῆρος εἶναι ἐν φάσει μὲ τὴν ἀντίστοιχον ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν. Δηλαδή, ὅταν γίνεται μεγίστη ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις εἰς τὸ τύλιγμα μιᾶς φάσεως τοῦ ἐναλλακτῆρος, γίνεται μεγίστη καὶ ἡ ἐντασις εἰς τὸ τύλιγμα τῆς ἀντίστοιχου φάσεως τῆς μηχανῆς II.

Τὴν χρονικὴν στιγμήν, ποὺ παριστάνει τὸ σχῆμα 4 · 2 (A), ἡ ἐντασις εἰς τὴν φάσιν 1 ἔως 4 τῆς μηχανῆς II εἶναι μεγίστη. Ἡ φορὰ τῆς ἐντάσεως ἔχει σημειωθῆ ἐπὶ τῶν ἀντίστοιχων ἀγωγῶν τοῦ τυλίγματος. "Οπως παρατηροῦμεν, ἀπὸ τοὺς ἀγωγοὺς αὐτοὺς δημιουργεῖται διπολικὸν μαγνητικὸν πεδίον ὡς αὐτό, ποὺ θὰ ἐδημιουργεῖ διπολικὸς μαγνήτης, δ ὅποιος θὰ εἴχε τὴν κατεύθυνσιν τοῦ φανταστικοῦ μαγνήτου N - B ἐντὸς τῆς μηχανῆς II.

Διὰ λόγους ἀπλότητος ἐπίστης εἰς τὸ σχῆμα 4 · 2 (A) δὲν παριστάνονται αἱ ἐντάσεις εἰς τὰς ἄλλας δύο φάσεις (3 ἔως 6 καὶ 5 ἔως 2). "Οπως γνωρίζομεν, τὴν χρονικὴν στιγμήν, ποὺ ἡ ἐντασις εἰς τὴν φάσιν 1 ἔως 4 γίνεται μεγίστη, αἱ ἐντάσεις εἰς τὰς ἄλλας φάσεις ἔχουν τιμὴν τὸ 1/2 τῆς μεγίστης καὶ ἀντίθετον κατεύθυνσιν. Αἱ ἐντάσεις αὐταὶ ἐνισχύουν τὸ μαγνητικὸν πεδίον, ποὺ δημιουργεῖ ἡ φάσις 1 ἔως 4, ἀλλὰ δὲν τοῦ ἀλλάσσουν κατεύθυνσιν.

Καθὼς περιστρέφεται ὁ δρομεὺς τοῦ ἐναλλακτῆρος, δηλαδὴ τῆς μηχανῆς I, μετὰ ἀπὸ ὀρισμένον χρόνον, ἔξαρτώμενον ἀπὸ τὴν ταχύτητα περιστροφῆς του, θὰ εὑρεθῇ εἰς τὴν θέσιν ποὺ δεικνύει τὸ σχῆμα 4 · 2 (B). Τώρα θὰ εἶναι μεγίστη ἡ ἐντασις εἰς τὴν φάσιν 3 ἔως 6 τῆς μηχανῆς II. Τὸ μαγνητικὸν πεδίον θὰ ἔχῃ τὴν κατεύθυνσιν, ποὺ δει-

κυνεί τὸ σχῆμα 4 · 2 (B), δηλαδὴ θὰ ἔχῃ στραφῆ ἐν σχέσει μὲ τὴν κατεύθυνσιν, ποὺ εἶχε τὴν χρονικήν στιγμὴν τοῦ σχήματος 4 · 2 (A)



Σχ. 4-2.

Δημιουργία περιστρεφομένου μαγνητικοῦ πεδίου.

κατὰ γωνίαν ἵσην μὲ τὴν γωνίαν στροφῆς τοῦ δρομέως τοῦ ἐναλλακτήρος.

Τὴν ἴδιαν παρατήρησιν κάμνομεν καὶ διὰ τὴν κατεύθυνσιν, τὴν ὅποιαν ἔχει τὸ μαγνητικὸν πεδίον τοῦ τυλίγματος τῆς μηχανῆς II κατὰ τὴν χρονικὴν στιγμήν, ποὺ παριστάνει τὸ σχῆμα 4 · 2 (Γ), ἐν σχέσει πρὸς αὐτὴν τοῦ σχήματος 4 · 2 (Β). Τὸ ἴδιον διαπιστώνομεν καὶ ἀν ἔξετάσωμεν ἐνδιαμέσους θέσεις ἀπὸ αὐτάς, ποὺ παριστάνουν τὰ ἀνωτέρω σχήματα. Δυνάμεθα συνεπῶς νὰ διατυπώσωμεν τὸ ἀκόλουθον συμπέρασμα:

Τὸ μαγνητικὸν πεδίον, ποὺ δημιουργεῖ τὸ τριφασικὸν τύλιγμα τῆς μηχανῆς II, στρέφεται περὶ τὸν ἄξονα τῆς μηχανῆς μὲ τὴν ἴδιαν ταχύτητα, ποὺ περιστρέφεται καὶ ὁ δρομεὺς τῆς ὁμοίας συγχρόνου γεννητρίας I, ποὺ τὸ τροφοδοτεῖ. Τὸ συμπέρασμα παραμένει τὸ ἴδιον, ἂν ὑποθέσωμεν, ὅτι τὰ τυλίγματα τῶν φάσεων τῶν μηχανῶν I καὶ II εἶναι ἀλληλένδετα (κατὰ τρίγωνον ἢ ἀστέρα) καὶ ἡ τροφοδότησις γίνεται μὲ 3 ἀγωγούς ἀντὶ τῶν 6 τοῦ σχήματος 4 · 2.

Τὸ ἀνωτέρω συμπέρασμα ἰσχύει καὶ ἀν ἡ μηχανὴ II ἔχῃ τύλιγμα μὲ $2 \cdot p$ πόλους. Δημιουργεῖται πάλιν περιστρεφόμενον μαγνητικὸν πεδίον, ὅπως εἶναι τὸ μαγνητικὸν πεδίον ποὺ δημιουργεῖ εἰς τὸ διάκενον ὁ περιστρεφόμενος δρομεὺς ἐναλλακτῆρος μὲ $2 \cdot p$ πόλους. Π.χ. διὰ τετραπολικὸν τύλιγμα τὸ περιστρεφόμενον μαγνητικὸν πεδίον, ποὺ δημιουργεῖ τὸ τύλιγμα, θὰ ἔχῃ τὴν μορφὴν ποὺ δεικνύει τὸ σχῆμα 1 · 2 η.

Συνεπῶς μεταξὺ τῆς συχνότητος f τοῦ ρεύματος, ποὺ τροφοδοτεῖ τὸ τύλιγμα, τοῦ ἀριθμοῦ ζευγῶν τῶν πόλων p τοῦ τυλίγματος καὶ τῆς ταχύτητος περιστροφῆς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου θὰ ἴσχύῃ ἡ ἴδια σχέσις, ἡ ὅποια δίδει τὴν σύγχρονον ταχύτητα τοῦ ἐναλλακτῆρος (παράγρ. 1 · 5):

$$n_s = \frac{f}{p} \quad \text{εἰς στρ/s} \quad \eta$$

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} \quad \text{εἰς στρ/min}$$

‘Η ταχύτης αὐτή, ποὺ ὀνομάζεται σύγχρονος ταχύτης τοῦ περιστρεφομένου μαγνητικοῦ πεδίου, ἔξαρτᾶται μόνον ἀπὸ τὴν συχνότητα τοῦ ρεύματος τοῦ δικτύου τροφοδοτήσεως καὶ βεβαίως καὶ ἀπὸ τὸν ἀριθμὸν τῶν πόλων τοῦ τυλίγματος τοῦ κινητῆρος. Εἰς τὴν πραγματικότητα συνεπῶς δὲν ἔχει σημασίαν ὁ ἀριθμὸς τῶν πόλων καὶ

ή ταχύτης περιστροφής τοῦ έναλλακτήρος, που τροφοδοτεῖ τὸ δίκτυον, ἀλλὰ μόνον ή συχνότης τοῦ ρεύματος που παράγει.

Ἡ σύγχρονος ταχύτης τοῦ περιστρεφομένου μαγνητικοῦ πεδίου ἔχει μεγάλην σημασίαν εἰς τοὺς κινητήρας έναλλασσομένου ρεύματος, διότι, ὅπως θὰ ἴδωμεν, καθορίζει τὴν ταχύτητα περιστροφῆς τόσον τῶν συγχρόνων, ὅσον καὶ τῶν ἀσυγχρόνων κινητήρων.

Ο Πίναξ 4·2·1 δίδει τὰς συγχρόνους ταχύτητας περιστρεφομένων μαγνητικῶν πεδίων εἰς στρ/min διὰ διαφόρους συχνότητας τοῦ ρεύματος τροφοδοτήσεως καὶ διαφόρους ἀριθμούς πόλων (2·p).

Π Ι Ν Α Ε · 4 · 2 · 1

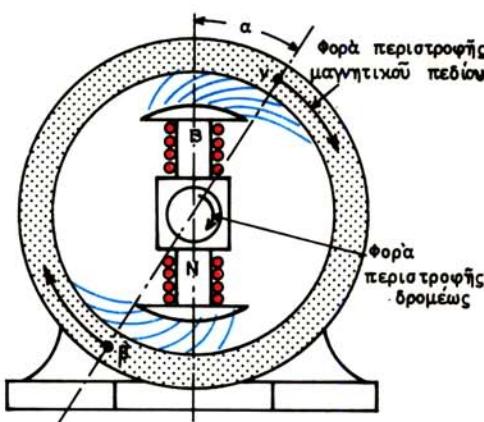
Σύγχρονοι ταχύτητες n_s εἰς στρ/min

'Αριθμός πόλων 2·p	Διὰ συχνότητα f		
	60 Hz	50 Hz	25 Hz
2	3600	3000	1500
4	1800	1500	750
6	1200	1000	500
8	900	750	375
10	720	600	300
12	600	500	250
14	514,2	428,6	214,3
16	450	375	187,5
18	400	333,3	166,6
20	360	300	150
22	327,2	272,7	136,3
24	300	250	125
26	277	230,8	115,4
28	257,1	214,3	107,1
30	240	200	100
32	225	187,5	93,7
34	212	176,5	88,2
36	200	166,6	83,3
38	189,5	157,9	78,9
40	180	150	75

Ἡ φορὰ περιστροφῆς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου μετάβαλλεται, ὅταν ἀντιμεταθέσωμεν τὴν σύνδεσιν μὲ τοὺς ἀκροδέκτας τοῦ τυλίγματος εἰς δύο ἀπὸ τοὺς τρεῖς τροφοδοτικούς ἀγωγούς. Χρῆσις αὐτοῦ γίνεται, ὅπως θὰ ἴδωμεν, εἰς τὴν ἀλλαγὴν τῆς φορᾶς περιστροφῆς τῶν συγχρόνων καὶ ἀσυγχρόνων τριφασικῶν κινητήρων.

4.3 Ἡ ἀρχὴ λειτουργίας τῶν συγχρόνων τριφασικῶν κινητήρων.

Διὰ νὰ ἔξηγήσωμεν τὴν ἀρχὴν λειτουργίας τῶν κινητήρων αὐτῶν θὰ χρησιμοποιήσωμεν τὸ σχῆμα 4·3, εἰς τὸ ὅποιον εἰκονί-



Σχ. 4·3.

ζεται διπολικὸς σύγχρονος κινητήρος ὑπὸ ἀπλοποιημένην μορφήν. Εἰς τὸ σχῆμα δὲν ἔχει σχεδιασθῆ τὸ τύλιγμα τοῦ στάτου, δεχόμεθα ὅμως ὅτι τὸ τύλιγμα αὐτὸν τροφοδοτεῖται μὲ τριφασικὸν ρεῦμα καὶ ὅτι συνεπῶς δημιουργεῖ διπολικὸν μαγνητικὸν πεδίον. Χάριν ἀπλότητος τὸ παριστάνομεν εἰς τὸ σχῆμα μὲ τοὺς δύο (φανταστικούς) πόλους ν καὶ β, οἱ ὅποιοι περιστρέφονται,

συμφώνως πρὸς ὅσα ἀνεφέραμεν εἰς τὴν προηγουμένην παράγραφον, μὲ τὴν σύγχρονον ταχύτητα τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου κατὰ τὴν φορὰν ποὺ δεικνύει τὸ τόξον εἰς τὸ σχῆμα.

Δεχόμεθα ἐπίσης, ὅτι ὁ δρομεὺς τοῦ συγχρόνου κινητῆρος περιστρέφεται καὶ αὐτὸς μὲ τὴν σύγχρονον ταχύτητα κατὰ τὴν ἴδιαν φορὰν μὲ τὸ μαγνητικὸν πεδίον. Τὰ τυλίγματα τοῦ δρομέως τροφοδοτοῦνται μὲ συνεχὲς ρεῦμα καὶ συνεπῶς δημιουργοῦν τοὺς δύο (πραγματικούς) μαγνητικούς πόλους Β καὶ Ν.

Μὲ τὰς ἀνωτέρω παραδοχὰς εἶναι εὔκολον νὰ ἀντιληφθῶμεν, ὅτι οἱ περιστρεφόμενοι πόλοι ν καὶ β τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ τυλίγματος ἀσκοῦν ἐλκτικὰς δυνάμεις ἐπὶ τῶν ἐτερωνύμων πόλων Β καὶ Ν τοῦ δρομέως, ποὺ περιστρέφονται καὶ αὐτοὶ μὲ τὴν ἴδιαν ταχύτητα.

Αἱ ἐλκτικαὶ αὐταὶ δυνάμεις ἔχουν σημειωθῆ παραστατικῶς εἰς τὸ σχῆμα 4 · 3 μὲ κυανᾶς γραμμάς. Αἱ ἐφαπτομενικαὶ συνιστῶσαι (κάθετοι πρὸς τὸν ἄξονα Β - Ν τῶν πόλων) τῶν δυνάμεων αὐτῶν ἀσκοῦν ροπὴν ἐπὶ τοῦ δρομέως, ὁ ὅποιος δύναται ἔτσι νὰ κινήσῃ φορτίον συνδεδεμένον εἰς τὸν ἄξονά του.

Ἄν θεωρήσωμεν ἀμελητέαν τὴν ὡμικήν ὀντίστασιν τοῦ τυλίγματος τοῦ στάτου, δηλαδὴ ἂν θεωρήσωμεν εἰς τὸ τύλιγμα αὐτὸ ἀμελητέας τὰς ἡλεκτρικὰς ἀπωλείας, αἱ ὅποιαι ἀποτελοῦν μικρὸν προστὸν τῆς ἀπορροφουμένης ὑπὸ τοῦ κινητῆρος ἰσχύος, εἶναι εὔκολον νὰ ὑπολογίσωμεν τὴν ροπὴν Τ, τὴν ὅποιαν τὸ περιστρεφόμενον μαγνητικὸν πεδίον ἀσκεῖ ἐπὶ τοῦ δρομέως. Ή πραγματικὴ ἰσχύς, τὴν ὅποιαν ὁ κινητήρης ἀπορροφεῖ ἀπὸ τὸ τριφασικὸν δίκτυον, εἶναι:

$$N_1 = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \sin\varphi$$

Ἡ ἰσχύς αὐτὴ μεταβιβάζεται ὅλη (ἐφ' ὅσον ἀμελοῦμεν τὰς ἡλεκτρικὰς ἀπωλείας) εἰς τὸν δρομέα μέσω τῶν ἡλεκτρομαγνητικῶν δυνάμεων ὡς μηχανικὴ ἰσχύς, ἡ ὅποια, ὅπως γνωρίζομεν, εἶναι ἵση μὲ 2 · π · n_s · T.

*Αρα:

$$N_1 = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \sin\varphi = 2 \cdot \pi \cdot n_s \cdot T \quad \text{ἢ}$$

$$T = \frac{N_1}{2 \cdot \pi \cdot n_s} = \frac{\sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \sin\varphi}{2 \cdot \pi \cdot n_s} \quad \text{εἰς N m}$$

ὅπου: N₁ εἶναι ἡ ἀπορροφουμένη πραγματικὴ ἰσχύς εἰς βάττ (W), U ἡ πολικὴ τάσις τοῦ δικτύου εἰς βόλτ (V), I ἡ ἀπορροφουμένη ὑπὸ τοῦ κινητῆρος ἔντασις γραμμῆς εἰς ἀμπέρ (A), sinφ ὁ συντελεστὴς ἰσχύος τοῦ κινητῆρος καὶ n_s ἡ σύγχρονος ταχύτης τοῦ κινητῆρος εἰς στροφὰς ἀνὰ δευτερόλεπτον (στρ/с).

Ἄπὸ τὴν ροπὴν αὐτὴν μικρὸν μέρος δαπανᾶται διὰ τὴν ὑπερνίκησιν τῶν μηχανικῶν καὶ τῶν μαγνητικῶν ἀπωλειῶν τοῦ δρομέως, ἐνῶ τὸ ὑπόλοιπον κινεῖ τὸ φορτίον, ποὺ εἶναι συνδεδεμένον εἰς τὸν ἄξονα τοῦ κινητῆρος.

“Οταν τὸ φορτίον εἶναι μηδενικόν, οἱ ἄξονες τῶν πόλων ν, β καὶ Β, Ν συμπίπτουν. Δηλαδὴ ἡ γωνία α τοῦ σχήματος 4 · 3 γίνεται μηδενική. Συνεπῶς αἱ ἐφαπτομενικαὶ συνιστῶσαι τῶν ἐλκτικῶν δυνάμεων μηδενίζονται, ὁπότε μηδενίζεται καὶ ἡ ἀσκούμενη εἰς τὸν δρομέα

ροπή. Εἰς τὴν πραγματικότητα οὐδέποτε εἶναι μηδενική ἡ γωνία α, διότι αἱ δυνάμεις ἔχουν νὰ ὑπερνικήσουν τὰς μηχανικὰς καὶ μαγνητικὰς ἀπωλείας τοῦ κινητῆρος.

“Οταν τὸ φορτίον τοῦ κινητῆρος αὐξάνεται, ὁ δρομεὺς καθυστερεῖ ἐπ’ ὀλίγον, ὥστε νὰ αὐξηθῇ ἡ γωνία α. Ἡ γωνία αὐτῇ δὲν δύναται νὰ ὑπερβῇ τὸ ἥμισυ τῆς γωνιακῆς ἀποστάσεως μεταξὺ δύο διαδοχικῶν πόλων ν καὶ β (τὰς 90° εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ σχήματος 4 · 3), ὅπότε γίνεται μεγίστη ἡ ροπή τοῦ κινητῆρος. Ἀν ἡ γωνία αὐτῇ γίνηται μεγαλυτέρα, λόγω αὐξήσεως τοῦ φορτίου πέρα ἐνὸς ὅρίου, ἡ περιστροφὴ τοῦ δρομέως τοῦ συγχρόνου κινητῆρος δὲν εἶναι πλέον δυνατή. Ὁ δρομεὺς ἀπαγκιστρώνεται ἀπὸ τὸ περιστρεφόμενον μαγνητικὸν πεδίον καὶ σταματᾶ ἀποτόμως.

Δηλαδὴ οἱ σύγχρονοι κινητῆρες δὲν εἶναι δυνατὸν νὰ λειτουργήσουν παρὰ μόνον περιστρεφόμενοι μὲ ταχύτητα ἀκριβῶς ἵσην μὲ τὴν σύγχρονον ταχύτητα. Συνεπῶς ἡ ταχύτης περιστροφῆς ἐνὸς συγχρόνου κινητῆρος δίδεται ἀπὸ τὴν ἴδιαν σχέσιν, ποὺ δίδει τὴν σύγχρονον ταχύτητα τοῦ περιστρεφομένου μαγνητικοῦ πεδίου (παράγρ. 4 · 2).

Τὸ συμπέρασμα αὐτὸ ἔξηγει ἐπίσης καὶ τὸ διατὶ οἱ σύγχρονοι κινητῆρες δὲν δύνανται νὰ ἐκκινήσουν μόνοι των. “Οταν κατὰ τὴν ἐκκίνησιν κλείσωμεν τὸν διακόπτην, ὁ ὄποιος τροφοδοτεῖ τὸ τύλιγμα τοῦ κινητῆρος μὲ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα, ἀποκαθίσταται ἀμέσως τὸ περιστρεφόμενον μαγνητικὸν πεδίον. Ὁ δρομεὺς ὅμως τοῦ κινητῆρος δὲν εἶναι δυνατόν, λόγω τῶν δυνάμεων τῆς ἀδρανείας, νὰ ἀποκτήσῃ καὶ αὐτὸς ἀμέσως τὴν σύγχρονον ταχύτητα. Συνεπῶς θὰ ἐπρεπε ὁ κινητὴρ νὰ λειτουργήσῃ κατὰ τὴν ἐκκίνησιν ἐπὶ ὥρισμένον χρονικὸν διάστημα μὲ ταχύτητα διάφορον τῆς συγχρόνου ταχύτητος. Αὐτὸ ὅμως, ὅπως εἴδομεν, εἶναι ὀδύνατον διὰ τοὺς κινητῆρας αὐτούς.

Κατὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ συγχρόνου κινητῆρος ἡ φορὰ περιστροφῆς εἶναι ἡ ἴδια μὲ τὴν φορὰν περιστροφῆς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου.” Άρα διὰ νὰ μεταβάλωμεν τὴν φορὰν περιστροφῆς τοῦ κινητῆρος, πρέπει νὰ μεταβάλωμεν τὴν φορὰν περιστροφῆς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ τυλίγματος. Εἰς τὴν παράγραφον 4 · 2 ἀναφέρομεν μὲ ποίαν μεταβολὴν εἴς τοὺς τροφοδοτικοὺς ὀγωγοὺς τὸ ἐπιτυγχάνομεν αὐτό.

4 · 4 Ἐκκίνησις τῶν συγχρόνων κινητήρων.

Διὰ τὴν ἐκκίνησίν των οἱ σύγχρονοι κινητῆρες ἔχουν ἀνάγκην

ἐνὸς ἔξωτερικοῦ μέσου, π.χ. ἐνὸς μικροῦ βιοθητικοῦ ἀσυγχρόνου κινητῆρος, ὡστε μὲ αὐτὸν νὰ τοὺς θέσωμεν προοδευτικά εἰς κίνησιν καὶ νὰ τοὺς φέρωμεν εἰς τὴν σύγχρονον ταχύτητα. Ἐπειδὴ ἀκριβῶς ὁ βιοθητικὸς αὐτὸς κινητήρης ἔχει μικρὰν ἴσχυν, πρέπει ἡ ἐκκίνησις νὰ γίνεται ἐν κενῷ, δηλαδὴ χωρὶς φορτίον εἰς τὸν ἄξονα τοῦ συγχρόνου κινητῆρος.

“Οταν ὁ σύγχρονος κινητήρης φθάσῃ εἰς τὴν σύγχρονον ταχύτητα, τροφοδοτοῦμεν τὴν διέγερσίν του μὲ συνεχὲς ρεῦμα. Τώρα ὁ σύγχρονος κινητήρης συμπεριφέρεται ὡς ἐναλλακτήρη, δεδομένου ὅτι ἀκόμη κινεῖται ἀπὸ τὸν βιοθητικὸν κινητῆρα. Διὰ νὰ τὸν συνδέσωμεν λοιπὸν εἰς τὸ δίκτυον ἐναλλασσομένου ρεύματος, δηλαδὴ διὰ νὰ τροφοδοτήσωμεν τὸ τύλιγμα τοῦ στάτου, πρέπει προηγουμένως νὰ τὸν συγχρονίσωμεν μὲ τὸ δίκτυον, ὅπως ἀκριβῶς κάμνομεν μὲ τοὺς ἐναλλακτήρας. Δηλαδὴ πρέπει νὰ ἔξασφαλίσωμεν ὅτι πληροῦνται αἱ συνθῆκαι συγχρονισμοῦ, ποὺ ἀνεφέραμεν εἰς τὴν παράγραφον 1 · 13. Αἱ ἐγκαταστάσεις τῶν συγχρόνων κινητήρων περιλαμβάνουν τὰ ἀπαιτούμενα διὰ τὸν λόγον αὐτὸν ὅργανα συγχρονισμοῦ, π.χ. λυχνίας συγχρονισμοῦ, συγχρονοσκόπια κ.λπ. (σχ. 1 · 13 α, 1 · 13 ε, 1 · 13 στ.).

Μετὰ τὸν συγχρονισμὸν διακόπτομεν τὴν τροφοδότησιν τοῦ βιοθητικοῦ κινητῆρος, ποὺ ἔχρησιμοποιήσαμεν διὰ τὴν ἐκκίνησιν καί, ἀν ὑπάρχη κατάλληλος διάταξις, τὸν ἀποσυμπλέκομεν ἀπὸ τὸν ἄξονα τοῦ συγχρόνου κινητῆρος. Ὁ βιοθητικὸς αὐτὸς κινητήρης, ἐάν εἴναι ἀσύγχρονος, πρέπει νὰ ἔχῃ τύλιγμα στάτου μὲ τουλάχιστον ἕνα ζεῦγος πόλων δλιγώτερον ἀπὸ τὸν σύγχρονον, τὸν ὅποιον ἐκκινεῖ, ὡστε νὰ δύναται νὰ ἀποκτᾶ τὴν σύγχρονον ταχύτητα τοῦ τελευταίου.

“Οταν ὁ σύγχρονος κινητήρης χρησιμεύῃ διὰ νὰ κινῇ γεννήτριαν συνεχοῦς ρεύματος, ἄλλος τρόπος διὰ νὰ τὸν θέτωμεν εἰς κίνησιν εἴναι νὰ μετατρέπωμεν κατὰ τὴν ἐκκίνησιν τὴν γεννήτριαν συνεχοῦς ρεύματος εἰς κινητῆρα. Αὐτὸς βεβαίως προϋποθέτει ὅτι διαθέτομεν κατάλληλον πηγὴν συνεχοῦς ρεύματος.

Τέλος ἄλλος τρόπος εἴναι νὰ γίνῃ ἡ ἐκκίνησις τοῦ συγχρόνου κινητῆρος ὡς ἀσυγχρόνου. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ὁ κινητήρης φέρει ἀπὸ κατασκευῆς εἰς τὰ πέδιλα τῶν μαγνητικῶν πόλων ἓνα τύλιγμα κλωβοῦ, ὡς αὐτὸ πού, ὅπως θὰ ἰδωμεν, φέρουν οἱ ἀσύγχρονοι κινητῆρες μετὰ βραχυκυκλωμένου δρομέως. Ἡ ἐκκίνησις τοῦ συγχρόνου κινητῆρος γίνεται τώρα μὲ ἓνα ἀπὸ τοὺς τρόπους, μὲ τοὺς ὅποιους ἐκκινοῦν οἱ ἀσύγχρονοι κινητῆρες (θὰ τοὺς περιγράψωμεν εἰς τὸ ἐπό-

μενον κεφάλαιον) καὶ χωρὶς νὰ τροφοδοτῆται ἡ διέγερσί του μὲ συνεχὲς ρεῦμα. Κατ’ αὐτὸν τὸν τρόπον ἡ ταχύτης περιστροφῆς τοῦ συγχρόνου κινητῆρος φθάνει εἰς μίαν τιμὴν 2 ἔως 5 % μικροτέραν τῆς συγχρόνου. Τότε κλείομεν τὸ κύκλωμα, ποὺ τροφοδοτεῖ τὸ τύλιγμα τοῦ δρομέως μὲ συνεχὲς ρεῦμα καὶ ὁ κινητὴρ αὐτὸσυγχρονίζεται, δηπότε περιστρέφεται πλέον μὲ τὸν σύγχρονον ἀριθμὸν στροφῶν. Ἡ μέθοδος αὐτὴ τῆς ἐκκινήσεως τῶν συγχρόνων κινητήρων ἐφαρμόζεται σήμερον πολύ, διότι ἔχει τὸ πλεονέκτημα ὅτι δὲν ἀπαιτεῖ βοηθητικὸν κινητῆρα οὔτε πηγὴν συνεχοῦς ρεύματος. Ἐπίσης ἀποφεύγεται μὲ αὐτὴν ἡ διαδικασία τοῦ συγχρονισμοῦ καὶ τὰ ἀπαιτούμενα πρὸς τὸν σκοπὸν αὐτὸν ὅργανα. Τέλος ὁ κινητὴρ δύναται νὰ ἐκκινῇ ὑπὸ φορτίου, ὅπως γίνεται καὶ μὲ τοὺς ἀσυγχρόνους κινητῆρας.

4 · 5 Λειτουργία ἐν κενῷ καὶ ὑπὸ φορτίου.

“Οταν ὁ σύγχρονος κινητὴρ λειτουργῇ ἐν κενῷ, δηλαδὴ χωρὶς φορτίον συνδεδεμένον εἰς τὸν ἄξονά του, ἡ ἔντασις I, ποὺ ἀπορροφεῖ ἀπὸ τὸ δίκτυον ἐναλλασσομένου ρεύματος, ἔξαρτᾶται ἀπὸ τὴν ἔντασιν διεγέρσεως I₈, μὲ τὴν ὃποίαν τροφοδοτεῖται τὸ τύλιγμα τῶν πόλων τοῦ δρομέως.

‘Η καμπύλη 1 εἰς τὸ σχῆμα 4 · 5 δεικνύει πῶς μεταβάλλεται ἡ ἔντασις I, ποὺ ὀνομάζεται καὶ ἔντασις φορτίσεως, ὅταν μεταβάλλεται ἡ ἔντασις διεγέρσεως I₈, κατὰ τὴν ἐν κενῷ λειτουργίαν τοῦ συγχρόνου κινητῆρος. Τὴν I₈ τὴν ρυθμίζομεν μὲ ἕνα ἀπὸ τοὺς τρόπους, ποὺ ἀνεφέραμεν εἰς τὴν παράγραφον 1 · 10, διὰ τὴν ρύθμισιν τῆς διεγέρσεως τῶν ἐνολλακτήρων.

“Οπως παρατηροῦμεν ἀπὸ τὸ σχῆμα 4 · 5, ἡ καμπύλη 1 ἔχει περίπου σχῆμα V. Διὰ μίαν ὥρισμένην τιμὴν I₈, τῆς ἐντάσεως διεγέρσεως ἡ ἔντασις φορτίσεως γίνεται ἐλαχίστη (I₁). Μὲ τὴν διέγερσιν αὐτήν, ποὺ ὀνομάζεται κανονικὴ διέγερσις, ὁ σύγχρονος κινητὴρ φορτίζει τὸ δίκτυον ὠμικῶς. Τότε ἡ τάσις τοῦ δικτύου καὶ ἡ ἔντασις I₁ είναι ἐν φάσει καὶ συνεπῶς ὁ συντελεστής ἰσχύος τοῦ κινητῆρος είναι ἴσος μὲ 1 (συνφ = 1).

Διὰ κάθε ἀλλην τιμὴν τῆς ἐντάσεως διεγέρσεως, μικροτέραν ἢ μεγαλυτέραν τῆς I₈, ἡ ἔντασις φορτίσεως μεγαλώνει. Συνεπῶς τὸ συνφ τοῦ κινητῆρος γίνεται μικρότερον τῆς μονάδος καὶ μάλιστα τόσον μικρότερον, ὅσον ἡ I είναι μεγαλυτέρα. “Οταν ἡ ἔντασις διεγέρσεως

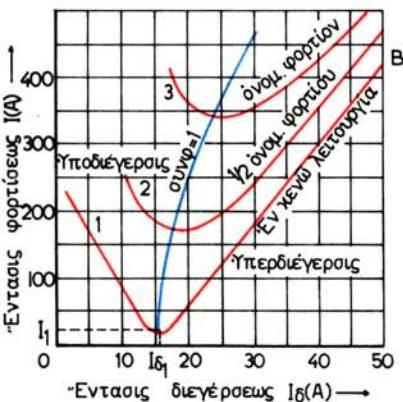
γίνη μικρότερα τῆς I_d , λέγομεν ὅτι ὁ σύγχρονος κινητήρ^{ος} ὑποδιεγείρεται, ὅταν δὲ γίνη μεγαλυτέρα, ὅτι ὑπερδιεγείρεται.

"Οταν ὁ σύγχρονος κινητήρ^{ος} φορτισθῇ καὶ λειτουργῇ μὲ σταθερὸν φορτίον, πάλιν ἡ ἔντασις, τὴν ὅποιαν ἀπορροφεῖ ἀπὸ τὸ δίκτυον, ἔξαρτᾶται ἀπὸ τὴν διέγερσιν, ὅπως γίνεται καὶ κατὰ τὴν ἐν κενῷ λειτουργίαν. Δηλαδὴ διὰ κάθε φορτίου ἔχομεν μίαν καμπύλην σχήματος V. Τὸ σχῆμα 4.5 δεικνύει τὰς καμπύλας αὐτὰς διὰ τὸ 1/2 τοῦ ὀνομαστικοῦ φορτίου καὶ διὰ τὸ πλῆρες φορτίον.

Διὰ κάθε καμπύλην V ὑπάρχει μία κανονικὴ ἔντασις διεγέρσεως, διὰ τὴν ὅποιαν ἡ ἔντασις φορτίσεως γίνεται ἐλαχίστη καὶ τὸ συνφ^ο τοῦ κινητῆρος ἵσον μὲ τὴν μονάδα. Δηλαδὴ ὁ κινητήρ^{ος} τότε φορτίζει τὸ δίκτυον ὡμικῶς. Τὰ σημεῖα, ποὺ παριστάνουν τὴν λειτουργίαν τοῦ κινητῆρος μὲ συνφ = 1 διὰ τὰ διάφορα φορτία, κείνται ἐπὶ μιᾶς καμπύλης (κυανῆς εἰς τὸ σχῆμα 4.5). Δεξιά τῆς καμπύλης αὐτῆς ὁ σύγχρονος κινητήρ^{ος} εύρισκεται εἰς ὑπερδιέγερσιν, ἀριστερὰ δὲ εἰς ὑποδιέγερσιν.

"Οταν σύγχρονος κινητήρ^{ος}, ποὺ ἐργάζεται μὲ σταθερὸν φορτίον, ὑποδιεγείρεται, ἡ ἔντασις, τὴν ὅποιαν ἀπορροφεῖ ἀπὸ τὸ δίκτυον, ὑστερεῖ ὡς πρὸς τὴν τάσιν τοῦ δικτύου, δηλαδὴ ὁ κινητήρ^{ος} φορτίζει τὸ δίκτυον ἐπαγωγικῶς. Ἡ ἔντασις αὐτὴ εἶναι τόσον μεγαλυτέρα, ὅσον ἡ ὑποδιέγερσις εἶναι μεγαλυτέρα. Ἀντιστοίχως ἐλαττοῦται καὶ τὸ συνφ^ο τοῦ κινητῆρος.

"Οταν σύγχρονος κινητήρ^{ος} ἐργαζόμενος μὲ σταθερὸν φορτίον ὑπερδιεγείρεται, ἡ ἔντασις, τὴν ὅποιαν ἀπορροφεῖ, προπορεύεται τῆς τάσεως καὶ ὁ κινητήρ^{ος} φορτίζει τὸ δίκτυον χωρητικῶς. Ἡ ἔντασις χωρητικῆς φορτίσεως τοῦ δικτύου εἶναι τόσον μεγαλυτέρα, ὅσον μεγαλυτέρα εἶναι ἡ ὑπερδιέγερσις τοῦ κινητῆρος. Ἐπίσης ὅσον μεγαλώνει



Σχ. 4.5.

Καμπύλαι V ἐνδεικνύοντας τὴν κινητήρος.

ή ύπερδιέγερσις, τόσον ἐλαττοῦται τὸ (χωρητικὸν) συνφ, μὲ τὸ ὄποιον δ σύγχρονος κινητὴρ φορτίζει τὸ δίκτυον.

4 · 6 Χρῆσις τῶν συγχρόνων κινητήρων.

Οἱ σύγχρονοι κινητῆρες εἰναι ἀκριβοὶ κινητῆρες συγκρινόμενοι μὲ τοὺς ἀσυγχρόνους. Ἐχουν ὅμως ὡρισμένας ἰδιότητας, χάρις εἰς τὰς ὄποιας προτιμῶνται εἰς εἰδικὰς περιπτώσεις. Πάντως σύγχρονοι κινητῆρες κάτω τῶν 20 kW σπανίως κατασκευάζονται. Συνήθως οἱ χρησιμοποιούμενοι εἰς τὴν βιομηχανίαν σύγχρονοι κινητῆρες εἰναι ἄνω τῶν 100 kW.

Οἱ κινητῆρες αὐτοὶ προτιμῶνται, ὅταν ἀπαιτῆται ἀπολύτως σταθερὰ ταχύτης περιστροφῆς, ἐν συνδυασμῷ μὲ μέγαν βαθμὸν ἀποδόσεως. Ὡς παράδειγμα ἐφαρμογῶν ἀναφέρομεν τὴν κίνησιν ἐναλλακτήρων, ποὺ παράγουν ρεῦμα συχνότητος διαφορετικῆς ἀπὸ τὴν συχνότητα τοῦ δικτύου, τὴν κίνησιν ἐλάσσοντα, τὴν κίνησιν ὡρισμένων μεγάλων φυγοκεντρικῶν ἀντλιῶν, συμπιεστῶν κ.λπ.

Ἄλλο πεδίον ἐφαρμογῆς τῶν συγχρόνων κινητήρων εἰναι ἡ βελτίωσις τοῦ συντελεστοῦ ἴσχύος μιᾶς ἐγκαταστάσεως ἢ γενικώτερον ἐνὸς δικτύου. Εἰς τὰς περιπτώσεις αὐτὰς δ σύγχρονος κινητὴρ εἰναι δυνατὸν νὰ κινῇ φορτίον (μηχάνημα) καὶ νὰ βελτιώνῃ ταυτοχρόνως τὸν συντελεστὴν ἴσχύος τῆς ἐγκαταστάσεως, ἢ νὰ χρησιμοποιῆται μόνον διὰ τὴν βελτίωσιν τοῦ συντελεστοῦ ἴσχύος, χωρὶς νὰ κινῇ κανένα μηχάνημα. Εἰς τὴν τελευταίαν αὐτὴν περίπτωσιν ὀνομάζεται σύγχρονος πυκνωτής ἢ σύγχρονος ἀντισταθμιστής.

Διὰ τὴν διόρθωσιν τοῦ συντελεστοῦ ἴσχύος γίνεται ἐκμετάλλευσις τῆς ἰδιότητος, ποὺ ἔχουν οἱ σύγχρονοι κινητῆρες νὰ φορτίζουν τὸ δίκτυον χωρητικῶς, ὅταν ύπερδιεγέρωνται, ὅπως ἔξηγήσαμεν εἰς τὴν προηγουμένην παράγραφον.

Παράδειγμα.

Ἐργοστάσιον ἀπορροφεῖ ἴσχὺν $N_{\text{εργ}} = 500 \text{ kW}$ μὲ συνφ = 0,7. Διὰ τὴν κίνησιν νέου μηχανήματος, ποὺ ἀπαιτεῖ ἴσχὺν $N_{\mu} = 200 \text{ kW}$, θὰ χρησιμοποιηθῇ σύγχρονος κινητὴρ βαθμοῦ ἀποδόσεως $\eta_k = 0,9$. Ποίου μεγέθους πρέπει νὰ εἰναι δ σύγχρονος κινητὴρ διὰ νὰ δύναται νὰ βελτιώνῃ τὸν συντελεστὴν ἴσχύος ὅλης τῆς ἐγκαταστάσεως εἰς συνφ_{ολ} = 0,92;

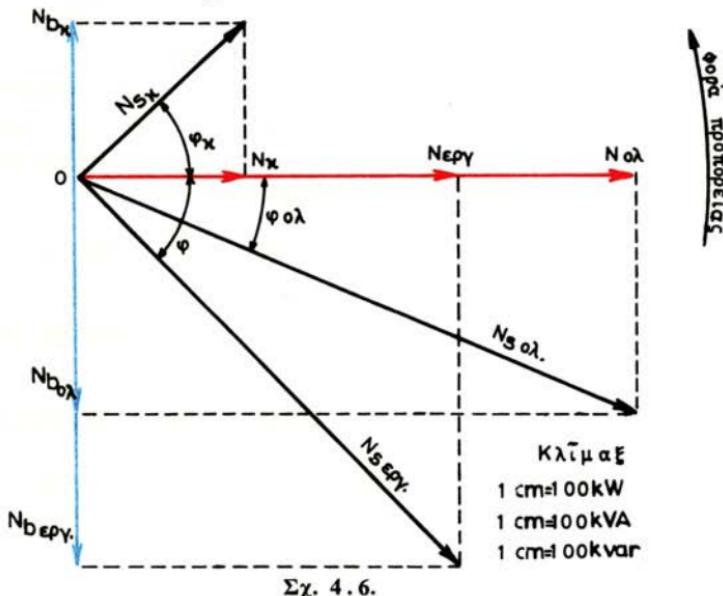
Λύσις:

Η φαινομένη ισχύς $N_{\text{sep}\gamma}$ του έργοστασίου πρὸ τῆς τοποθετήσεως τοῦ συγχρόνου κινητῆρος εἶναι:

$$N_{\text{sep}\gamma} = \frac{N_{\text{ep}\gamma}}{\text{συνφ}} = \frac{500}{0,7} = 714 \text{ kVA}$$

Όμοίως ἡ ἀεργος ισχύς (ἐπαγωγική) εἶναι:

$$N_{\text{bep}\gamma} = \sqrt{N_{\text{sep}\gamma}^2 - N_{\text{ep}\gamma}^2} = \sqrt{714^2 - 500^2} = 510 \text{ kvar}$$



Διὰ τὴν καλυτέραν κατανόησιν τῆς λύσεως κάμινομεν τὸ διανυσματικὸν διάγραμμα τῶν ισχύων, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 4 · 6 ('Ηλεκτρολογία, Τόμος Γ', παράγρ. 28 · 5).

Ο σύγχρονος κινητήρ θὰ ἀπορροφῇ ἀπὸ τὸ δίκτυον πραγματικὴν ισχύν:

$$N_k = \frac{N_\mu}{\eta_k} = \frac{200}{0,9} = 222 \text{ kW}$$

Ἄρα ἡ ὀλικὴ πραγματικὴ ισχύς τοῦ έργοστασίου μετὰ τὴν τοποθέτησιν τοῦ συγχρόνου κινητῆρος, θὰ εἶναι:

$$N_{\text{ολ}} = N_{\text{εργ}} + N_{\kappa} = 500 + 222 = 722 \text{ kW}$$

Έπειδη θέλουμεν ή σλη έγκατάστασις νὰ ᔁχη συνφ_{ολ} = 0,92, θὰ είναι:

$$N_{\text{s}_\text{ολ}} = \frac{N_{\text{ολ}}}{\text{συνφ}_{\text{ολ}}} = \frac{722}{0,92} = 785 \text{ kVA} \quad \text{καὶ}$$

$$N_{\text{b}_\text{ολ}} = \sqrt{N_{\text{s}_\text{ολ}}^2 - N_{\kappa}^2} = \sqrt{785^2 - 722^2} = 308 \text{ kvar}$$

Εἰς τὸ σχῆμα 4 · 6 κατασκευάζομεν ἐπίστης τὸ διανυσματικὸν διάγραμμα τῶν ίσχύων εἰς τὴν τελικὴν κατάστασιν τοῦ ἐργοστασίου. Τὸ διανυσματικὸν διάγραμμα τῶν ίσχύων τοῦ συγχρόνου κινητῆρος είναι δυνατὸν νὰ κατασκευασθῇ εἰς τὸ ἴδιον σχῆμα, ἐφ' ὅσον γνωρίζομεν ὅτι δὲ κινητήριο πρέπει νὰ φορτίζῃ τὸ δίκτυον χωρητικῶς διὰ νὰ βελτιώνη τὸ συνφ. Ἐπίστης γνωρίζομεν τὸ N_κ = 222 kW καὶ τὸ

$$N_{\text{b}_\kappa} = N_{\text{b}_\text{εργ}} - N_{\text{b}_\text{ολ}} = 510 - 308 = 202 \text{ kvar}$$

Ἡ φαινομένη ίσχὺς τοῦ συγχρόνου κινητῆρος, διὰ τὴν δόποιαν πρέπει νὰ παραγγελθῇ αὐτός, προκύπτει ἀπὸ τὴν σχέσιν:

$$N_{\text{s}_\kappa} = \sqrt{N_{\kappa}^2 + N_{\text{b}_\kappa}^2} = \sqrt{222^2 + 202^2} = 300 \text{ kVA}$$

Διὰ νὰ ᔁχη σλη έγκατάστασις συνφ_{ολ} = 0,92, δὲ σύγχρονος κινητήριο πρέπει νὰ λειτουργῇ μέ:

$$\text{συνφ}_\kappa = \frac{N_\kappa}{N_{\text{s}_\kappa}} = \frac{222}{300} = 0,74$$

Εἰς τὴν λύσιν τοῦ παραδείγματος τὸ διανυσματικὸν διάγραμμα τῶν ίσχύων ἔχρησιμοποιήθη ἐπεξηγηματικῶς, είναι δυνατὸν ὅμως, κατὰ τὰ γνωστὰ ἀπὸ τὴν Ἡλεκτροτεχνίαν, ὅταν σχεδιασθῇ ὑπὸ κλίμακα, ὅπως εἰς τὸ σχῆμα 4 · 6, νὰ δώσῃ τὴν ζητουμένην ἀπάντησιν, χωρὶς νὰ χρειάζεται νὰ γίνουν σλαι αἱ ἀνωτέρω πράξεις.

4 · 7 Ἀνακεφαλαίωσις.

α) Οἱ σύγχρονοι κινητῆρες είναι μηχαναὶ ὅμοιαι εἰς τὴν κατα-

σκευήν μὲ τοὺς ἐναλλακτῆρας. Ὁ ἐναλλακτὴρ λειτουργεῖ ως σύγχρονος γεννήτρια, δταν δίδωμεν μηχανικήν ἐνέργειαν εἰς τὸν ἄξονά του μὲ κινητηρίαν μηχανήν, λειτουργεῖ δὲ ως σύγχρονος κινητήριος, δταν τροφοδοτούμενον τὸ τύλιγμα τοῦ στάτου του μὲ ἡλεκτρικήν ἐνέργειαν ἀπὸ κατάλληλον δίκτυον.

β) Τριφασικὸν τύλιγμα στάτου τροφοδοτούμενον ἀπὸ τριφασικὸν δίκτυον δημιουργεῖ περιστρεφόμενον μαγνητικὸν πεδίον. Ὁ ἀριθμὸς τῶν πόλων τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου ἰσοῦται μὲ τὸν ἐκ κατασκευῆς ἀριθμὸν τῶν πόλων τοῦ τυλίγματος.

γ) Ἡ ταχύτης περιστροφῆς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ τυλίγματος τοῦ στάτου ἔξαρτᾶται ἀπὸ τὴν συχνότητα τοῦ ρεύματος καὶ ἀπὸ τὸν ἀριθμὸν ζευγῶν τῶν πόλων τοῦ τυλίγματος καὶ δίδεται ἀπὸ τὴν σχέσιν:

$$n_s = \frac{f}{p} \quad \text{εἰς στρ/s} \quad \text{ἢ}$$

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} \quad \text{εἰς στρ/min}$$

δ) Ἡ λειτουργία τῶν συγχρόνων κινητήρων βασίζεται εἰς τὰς δυνάμεις, ποὺ ἀναπτύσσονται μεταξὺ τοῦ περιστρεφομένου μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ τυλίγματος τοῦ στάτου καὶ τῶν μαγνητικῶν πόλων τοῦ δρομέως, δ ὅποιος περιστρέφεται ἐπίσης μὲ τὴν ἴδιαν ταχύτητα καὶ τὴν ἴδιαν φοράν.

ε) Ἡ ἀσκουμένη ὑπὸ τῶν δυνάμεων αὐτῶν ροπή ἐπὶ τοῦ δρομέως, ἀν ἀγνοηθοῦν αἱ ἡλεκτρικαὶ ἀπώλειαι τοῦ τυλίγματος τοῦ στάτου, δίδεται ὑπὸ τῆς σχέσεως:

$$T = \frac{N_1}{2 \cdot \pi \cdot n_s} = \frac{\sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \text{συνφ}}{2 \cdot \pi \cdot n_s} \quad \text{εἰς N m}$$

στ) Οἱ σύγχρονοι κινητῆρες: 1) Δὲν δύνανται νὰ ἔκκινήσουν μόνοι των, ἐκτὸς ἀν διαθέτουν τύλιγμα κλωβοῦ. 2) Κατὰ τὴν λειτουργίαν των περιστρέφονται μὲ ταχύτητα αὐστηρῶς ἵσην μὲ τὴν σύγχρονον ταχύτητα. 3) Ὅταν τὸ φορτίον εἰς τὸν ἄξονα τοῦ κινητῆρος αὔξηθῇ πέρα ἐνὸς δρίου, δ σύγχρονος κινητήριος σταματᾷ.

ζ) Ἡ ἔκκινησις τῶν ἀσυγχρόνων κινητήρων γίνεται μὲ ἔνα ἀπὸ τοὺς ἀκολούθους τρόπους: 1) Μὲ μικρὸν βοηθητικὸν κινητῆρα.

2) Άπο τὴν πλευρὰν συνεχοῦς ρεύματος, ἃν εἰς τὸν ἄξονά του εἶναι συνδεδεμένη γεννήτρια συνεχοῦς ρεύματος. 3) Μὲ τύλιγμα κλωβοῦ ὡς ἀσύγχρονος.

Εἰς τὰς δύο πρώτας περιπτώσεις ἡ ἐκκίνησις γίνεται μὲ τὸν σύγχρονον κινητῆρα ἐν κενῷ καὶ ἀπαιτεῖται διάταξις συγχρονισμοῦ πρὸς τὸ δίκτυον.

η) Κατὰ τὴν λειτουργίαν συγχρόνου κινητῆρος ἐν κενῷ ἢ ὑπὸ σταθερὸν φορτίον, ὅταν μεταβάλλεται ἡ ἔντασις διεγέρσεως, μεταβάλλεται καὶ ἡ ἔντασις φορτίσεως καὶ τὸ συνφ τοῦ κινητῆρος.

θ) Διὰ τὴν κανονικὴν ἔντασιν διεγέρσεως, διὰ τὴν ὅποιαν ὑπὸ ὥρισμένον φορτίον ἡ ἔντασις φορτίσεως γίνεται ἐλαχίστη, δ συντελεστὴς ἰσχύος συνφ τοῦ κινητῆρος γίνεται ἵσος μὲ τὴν μονάδα. "Οταν δικτήρης ὑπερδιεγείρεται, φορτίζει τὸ δίκτυον χωρητικῶς, ὅταν δὲ ὑποδιεγείρεται, φορτίζει τὸ δίκτυον ἐπαγωγικῶς.

ι) Οἱ σύγχρονοι κινητῆρες χρησιμοποιοῦνται εἰς περιπτώσεις, ὅπου ἀπαιτεῖται ἀπόλυτος σταθερότης στροφῶν μὲ καλὸν βαθμὸν ἀποδόσεως καὶ κυρίως δι' ἰσχὺν ἀνω τῶν 100 kW. Ἐπίσης χρησιμοποιοῦνται εἰς περιπτώσεις, κατὰ τὰς ὅποιας ἀπαιτεῖται διόρθωσις τοῦ συντελεστοῦ ἰσχύος μιᾶς ἐγκαταστάσεως ἢ ἐνὸς δικτύου.

4 · 8 Ἐρωτήσεις.

α) Ἀπὸ ποια κύρια μέρη ἀποτελεῖται ὁ σύγχρονος κινητήρ;

β) Τί μαγνητικὸν πεδίον δημιουργεῖ τριφασικὸν τύλιγμα στάτου μὲ ρ ζεύγη πόλων, ὅταν τροφοδοτῆται ἀπὸ τριφασικὸν δίκτυον;

γ) Ἀπὸ ποιαν σχέσιν δίδεται ἡ ταχύτης περιστροφῆς συγχρόνου κινητῆρος εἰς στρ/πιν;

δ) Ἀπὸ τί καθορίζεται καὶ πῶς ἀλλάσσει ἡ φορὰ περιστροφῆς τῶν συγχρόνων τριφασικῶν κινητήρων;

ε) Κατὰ τὴν ἐν κενῷ λειτουργίαν συγχρόνου κινητῆρος τὸ περιστρεφόμενον μαγνητικὸν πεδίον τοῦ στάτου ἀσκεῖ ροπὴν ἐπὶ τοῦ δρομέως καὶ διατί; Ἀπὸ ποιαν σχέσιν δίδεται ἡ ροπὴ, ἃν N_{1_0} εἶναι ἡ ἀπορροφουμένη ὑπὸ τοῦ κινητῆρος ἐκ τοῦ δικτύου πραγματικὴ ἰσχὺς κατὰ τὴν ἐν κενῷ λειτουργίαν;

στ) Διατί οἱ σύγχρονοι κινητῆρες δὲν ἔκκινοῦν μόνοι τῶν; Ἐξηγήσατε τὸ φαινόμενον καὶ ἀναφέρατε τοὺς ἐν χρήσει τρόπους ἔκκινήσεώς των.

ζ) Τί είναι καμπύλαι V τῶν συγχρόνων τριφασικῶν κινητήρων και ποιά τὰ συμπεράσματα ἐκ τῆς μελέτης αὐτῶν;

η) Διατί δ σύγχρονος κινητήρ είναι δυνατὸν νὰ χρησιμοποιηθῇ διὰ τὴν βελτίωσιν τοῦ συντελεστοῦ ίσχύος μιᾶς ἑγκαταστάσεως;

4.9 Προβλήματα και άσκήσεις.

α) Σύγχρονος τετραπολικὸς τριφασικὸς κινητήρ τροφοδοτεῖται ἀπὸ δίκτυου τάσεως 380 V, συχνότητος 50 Hz. Ἐν δ κινητήρ ἀπορροφῇ ἀπὸ τὸ δίκτυον ίσχὺν 40 kW ὑπὸ συνφ = 1, νὰ προσδιορισθοῦν:

1) Ἡ ταχύτης περιστροφῆς τοῦ κινητῆρος. 2) Ἡ ἀσκουμένη ἐπὶ τοῦ δρομέως ροπή, ἐάν ἡ ὡμική ἀντίστασις τοῦ τυλίγματος τοῦ στάτου είναι ἀμελητέα. 3) Ἡ ἔντασις ρεύματος, ποὺ ἀπορροφεῖ δ κινητήρ ἀπὸ τὸ δίκτυον.

('Απάντ.: 1) 25 στρ/s. 2) 255 N m. 3) 61 A)

β) Ἐνὸς ἐργοστασίου τὸ ὀλικὸν φορτίον είναι 420 kW ὑπὸ συνφ = 0,6. Πρόκειται νὰ ἑγκατασταθῇ πρόσθετος ίσχὺς 250 HP και ἀποφασίζεται πρὸς τοῦτο ἡ ἑγκατάστασις ἐνὸς συγχρόνου κινητῆρος, διὰ νὰ ἐπιτευχθῇ ταυτοχρόνως και βελτίωσις τοῦ συντελεστοῦ ίσχύος τῆς ἑγκαταστάσεως. Ἐάν δ συντελεστής ίσχύος τοῦ ἐργοστασίου πρόκειται νὰ βελτιωθῇ εἰς 0,9, ζητεῖται νὰ εύρεθῃ ὑπὸ ποῖον συνφ θὰ πρέπει νὰ λειτουργῇ δ σύγχρονος κινητήρ. Δίδεται βαθμὸς ἀποδόσεως τοῦ συγχρόνου κινητῆρος $\eta = 0,92$. (Τὸ πρόβλημα νὰ λυθῇ γραφικῶς και ἀναλυτικῶς).

('Απάντ.: συνφ = 0,61)

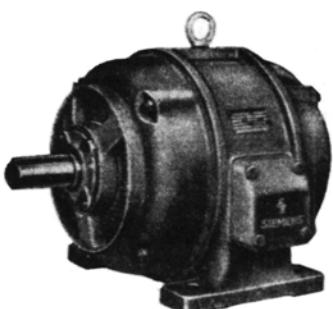
ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ 5

ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΙ ΤΡΙΦΑΣΙΚΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

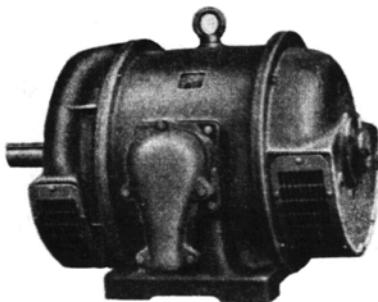
5 · 1 Γενικά.

Οι άσυγχρονοι κινητήρες, που δύναμαζονται και έπαγωγικοί κινητήρες, διακρίνονται είς μονοφασικούς και τριφασικούς. Εις τὸ κεφάλαιον αύτὸ θὰ ἔξετάσωμεν τοὺς τριφασικούς ἀσυγχρόνους κινητῆρας, ἐνῶ μὲ τοὺς μονοφασικούς θὰ ἀσχοληθῶμεν εἰς τὸ ἐπόμενον κεφάλαιον.

Οἱ ἀσυγχρονοὶ τριφασικοὶ κινητῆρες ὑποδιαιροῦνται εἰς δύο κυρίας κατηγορίας, τοὺς κινητῆρας μετὰ βραχυκυκλωμένου δρομέως (σχ. 5 · 1 α) καὶ τοὺς κινητῆρας μετὰ δακτυλίων (σχ. 5 · 1 β).



Σχ. 5 · 1 α.
Κινητήρ μετὰ βραχυκυκλωμένου
δρομέως.



Σχ. 5 · 1 β.
Κινητήρ μετὰ δακτυλίων.

Οἱ ἀσυγχρονοὶ κινητῆρες εἶναι κινητῆρες γενικῆς χρήσεως. Δηλαδὴ χρησιμοποιοῦνται εἰς κάθε περίπτωσιν, ὅπου εἰδικαὶ ἀπαιτήσεις δὲν ἐπιβάλλουν τὴν χρησιμοποίησιν ὅλου τύπου κινητῆρος. Οἱ κινητῆρες αὐτοὶ καὶ ἴδιως οἱ κινητῆρες μετὰ βραχυκυκλωμένου δρομέως, ἐπεβλήθησαν τῶν ὅλων τύπων κινητήρων, διότι εἶναι ἀπλοὶ εἰς τὴν κατασκευὴν των καὶ συνεπῶς οἰκονομικοί, εὔκολοι εἰς τὴν συντήρησίν των, ἀσφαλεῖς εἰς τὴν λειτουργίαν καὶ ἔχουν καλὸν βαθμὸν ἀποδόσεως.

5.2 Κατασκευὴ τῶν ἀσυγχρόνων τριφασικῶν κινητήρων.

1) Ὁ στάτης.

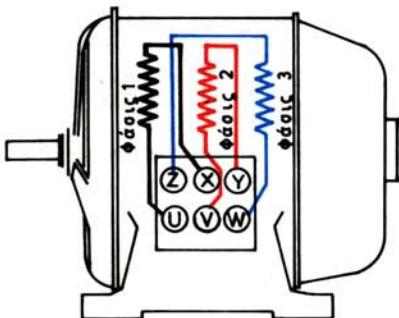
Ἡ κατασκευὴ τοῦ στάτου τόσον τῶν κινητήρων μετὰ βραχυκύκλωμένου δρομέως, ὃσον καὶ τῶν κινητήρων μετὰ δακτυλίων εἰναι δόμοια μὲ τὴν κατασκευὴν τοῦ στάτου τῶν συγχρόνων κινητήρων μὲ ἐσωτερικοὺς πόλους. Διαφορὰ εἰναι δυνατὸν νὰ ὑπάρχῃ εἰς τὴν διαμόρφωσιν τοῦ κελύφους, τὸ δποῖον προσαρμόζεται εἰς τὰς συνθήκας, ὑπὸ τὰς δποίας πρόκειται νὰ ἔργασθῇ ὁ ἀσύγχρονος κινητήρ. Ἐντὸς τοῦ κελύφους εἰναι τοποθετημένος ὁ πυρήνη τοῦ τυμπάνου, ποὺ κατασκευάζεται ἀπὸ πολλὰ μαγνητικὰ ἔλάσματα. Εἰς τὰς αὔλακας τοῦ τυμπάνου τοποθετεῖται τριφασικὸν τύλιγμα, ὅπως αὐτὰ ποὺ περιεγράψαμεν εἰς τὸ Κεφάλαιον 3.

Τὰ σχῆματα 3 · 7 γ καὶ 3 · 7 στ δεικνύουν τὸν στάτην δύο ἀσυγχρόνων κινητήρων μὲ διαφορετικὰ τυλίγματα.

“Οπως ἀνεφέραμεν εἰς τὴν παράγραφον 3 · 3, τὰ ἔξ ἄκρα τῶν τριῶν φάσεων τοῦ τυλίγματος καταλήγουν εἰς τοὺς ἔξ ἄκροδέκτας τοῦ πινακιδίου τοῦ κινητῆρος, ὅπως φαίνεται παραστατικῶς εἰς τὸ σχῆμα 5 · 2 α. Ἡ συνδεσμολογία τῶν τριῶν φάσεων τοῦ στάτου κατὰ τρίγωνον ἢ κατ’ ἀστέρα γίνεται εἴτε μὲ ὀρειχαλκίνας ράβδους (λαμάκια), τὰ δποῖα τοποθετοῦνται μεταξὺ τῶν ἄκροδεκτῶν εἰς τὸ πινακίδιον τοῦ κινητῆρος (σχ. 5 · 2 β), εἴτε μέσω καταλλήλων διακοπτῶν, ὅπως θὰ ἴδωμεν εἰς ἐπομένην παράγραφον.

2) Ὁ δρομεὺς τῶν κινητήρων μετὰ βραχυκύκλωμένου δρομέως.

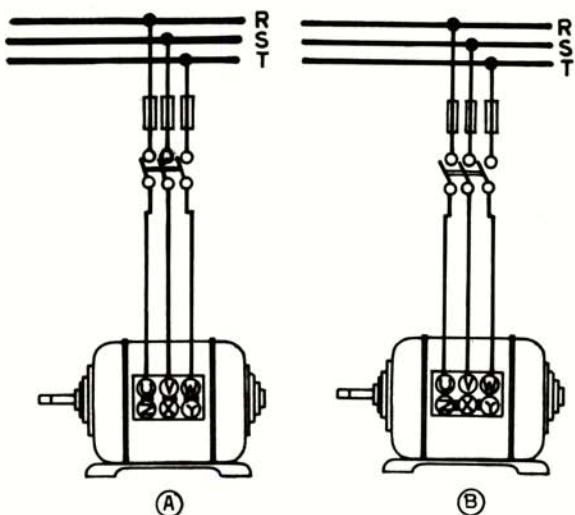
Ὁ δρομεὺς τῶν ἀσυγχρόνων κινητήρων δὲν εἰναι συνδεδεμένος ἡλεκτρικῶς μὲ οἰουδήποτε εἴδους πηγὴν ἡλεκτρικῆς ἐνέργειας. Τοῦτο ἀπλοποιεῖ πολὺ τὴν κατασκευὴν των, ὥστε οἱ κινητῆρες αὐτοὶ νὰ παρουσιάζουν τὰ πλεονεκτήματα, ποὺ ἀνεφέραμεν εἰς τὴν παράγραφον 5 · 1.



Σχ. 5 · 2 α.

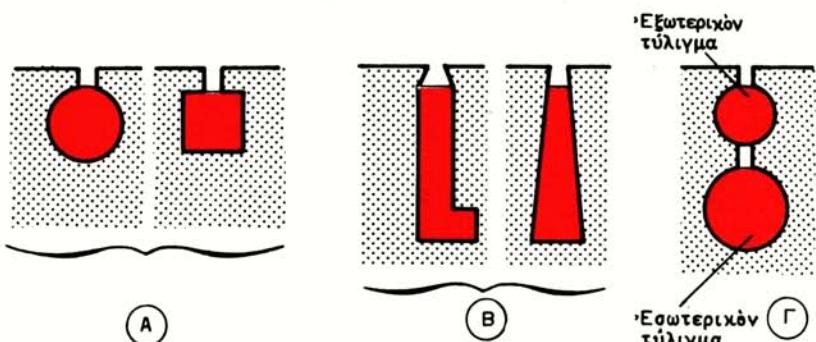
Τύλιγμα στάτου ἀσυγχρόνου τριφασικοῦ κινητῆρος.

Ό δρομεύς τῶν κινητήρων μὲ βραχυκυκλωμένον δρομέα φέρει ἐπὶ τοῦ ἄξονος τὸν πυρῆνα, δὲ δόποιος ἀποτελεῖται ἀπὸ πολλὰ μαγνητικὰ ἔλάσματα. Τὰ ἔλάσματα αὐτὰ ἔχουν ὁδοντώσεις, αἱ δόποιαι σχη-



Σχ. 5 · 2 β.

Σύνδεσις κατὰ τρίγωνον (Α) καὶ κατ' ἀστέρα (Β) τῶν τριῶν φάσεων τοῦ στάτου.



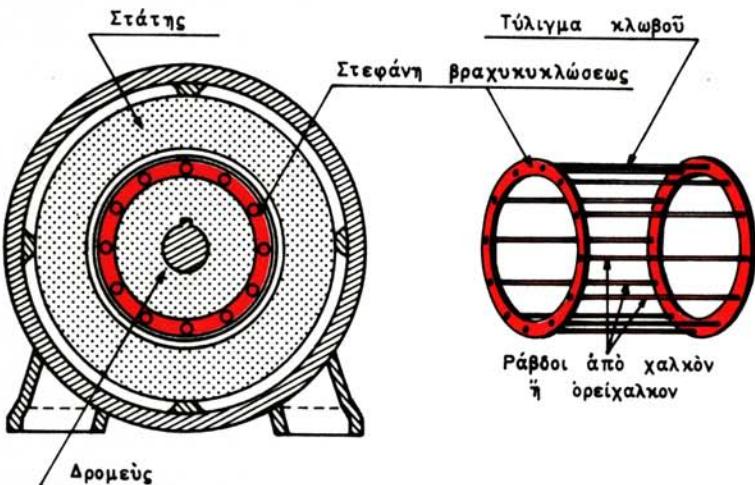
Σχ. 5 · 2 γ.

‘Οδοντώσεις βραχυκυκλωμένου δρομέως, ἀπλαῖ (Α), βαθεῖαι (Β), διπλαῖ (Γ).

ματίζουν αὔλακας. Ἡ μορφή, ποὺ ἔχουν αἱ ὁδοντώσεις καὶ συνεπῶς καὶ αἱ αὔλακες, ἔχει ἐπίδρασιν ἐπὶ τῶν ἡλεκτρικῶν χαρακτηριστικῶν τῶν κινητήρων. Συνήθως τὰς κατατάσσομεν εἰς τρεῖς κατηγορίας: τὰς

άπλας, τὰς βαθείας καὶ τὰς διπλᾶς ὁδοντώσεις, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 5 · 2 γ.

Ἐντὸς τῶν αὐλάκων τοῦ δρομέως τοποθετοῦνται ράβδοι ἐκ χαλκοῦ ἢ ὄρειχαλκου χωρὶς μόνωσιν. Αἱ ράβδοι αὗται συγκολοῦνται



Σχ. 5 · 2 δ.
Τύλιγμα κλωβοῦ κινητῆρος βραχυκυκλωμένου δρομέως.

εἰς τὰ δύο ἄκρα τῶν εἰς δύο στεφάνας βραχυκυκλώσεως, ὥστε νὰ σχηματίζεται τὸ τύλιγμα κλωβοῦ, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 5 · 2 δ.

Εἰς τοὺς μικροὺς κινητῆρας τὸ τύλιγμα κλωβοῦ κατασκευάζεται συνήθως ἀπὸ καθαρὸν ἀλουμίνιον, τὸ δόποιον χύνεται ὑπὸ πίεσιν ἀπ' εὐθείας ἐντὸς τῶν αὐλάκων. Εἰς τὰς περιπτώσεις αὐτὰς εἰς τὰς στεφάνας βραχυκυκλώσεως σχηματίζονται καὶ τὰ πτερύγια τοῦ ἀνεμιστῆρος, δόποτε ὁ δρομεὺς λαμβάνει τὴν μορφὴν τοῦ σχήματος 5 · 2 ε.



Σχ. 5 · 2 ε.
Βραχυκυκλωμένος δρομεὺς μὲ τύλιγμα κλωβοῦ ἀπὸ ἀλουμίνιον.

Εἰς τὴν περίπτωσιν ποὺ εἰς τὸν πυρῆνα τοῦ δρομέως ἔχομεν διπλᾶς ὁδοντώσεις, κατασκευάζονται δύο τυλίγματα κλωβοῦ, ἓνα ἀξωτερικὸν καὶ ἔνα ἐσωτερικόν, τὰ δόποια εἶναι ἀνεξάρτητα μεταξύ των

[σχ. 5 · 2 γ (Γ)]. Οἱ κινητῆρες αὐτοὶ δνομάζονται κινητῆρες διπλοῦ κλωβοῦ.

Τὰ τελευταῖα ἔτη ἡ προτίμησις τῶν κατασκευαστῶν στρέφεται δόλονέν περισσότερον πρὸς τοὺς δρομεῖς μὲ τυλίγματα κλωβοῦ βαθέων αὐλάκων, οἱ δόποιοι δνομάζονται καὶ δρομεῖς μετατοπίσεως ρεύματος. Οἱ δρομεῖς αὐτοὶ ἔχουν περίπου τὰ ἡλεκτρικὰ χαρακτηριστικὰ τῶν δρομέων διπλοῦ κλωβοῦ, εἰναι ὅμως ἀπλούστεροι εἰς τὴν κατασκευὴν τῶν.

Διὰ τὴν ἐλάττωσιν τοῦ μαγνητικοῦ θορύβου τῶν ἀσυγχρόνων τριφασικῶν κινητήρων, δ ἀριθμὸς τῶν δδοντώσεων τοῦ δρομέως πρέπει νὰ εἰναι διάφορος ἀπὸ τὸν ἀριθμὸν τῶν δδοντώσεων τοῦ στάτου. Τὸ αὐτὸ ἐπιτυγχάνεται καὶ ἀν αἱ αὐλάκες τοῦ δρομέως δὲν εἰναι ἀπολύτως παράλληλοι πρὸς τὸν ἄξονα, ἀλλὰ ἔχουν μικρὰν κλίσιν, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 5 · 2 ε.

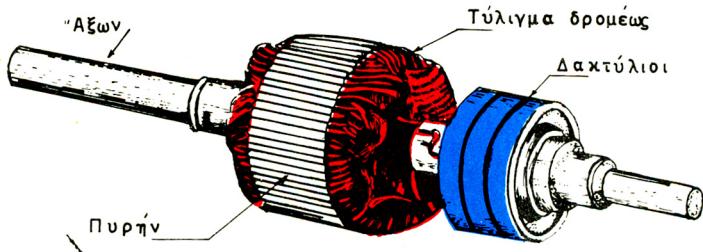
3) Ὁ δρομεὺς τῶν κινητήρων μετὰ δακτυλίων.

‘Ο πυρὴν τῶν δρομέων αὐτῶν ἀποτελεῖται ἐπίστης ἀπὸ πολλὰ μαγνητικὰ ἐλάσματα, ποὺ φέρουν ἡμικλείστους δδοντώσεις. Ἐντὸς τῶν αὐλάκων, ποὺ σχηματίζουν αἱ δδοντώσεις, τοποθετεῖται διφασικὸν ἡ τριφασικὸν τύλιγμα, ὅπως αὐτὰ ποὺ τοποθετοῦνται εἰς τὸν στάτην τῶν μηχανῶν ἐναλλασσομένου ρεύματος. ‘Ο ἀριθμὸς τῶν πόλων τοῦ τυλίγματος αὐτοῦ εἰναι ὑποχρεωτικῶς δ ἴδιος μὲ τὸν ἀριθμὸν τῶν πόλων τοῦ τυλίγματος τοῦ στάτου. ‘Ο ἀριθμὸς τῶν φάσεων εἰναι δυνατὸν νὰ εἰναι διάφορος, π.χ. εἰς τριφασικὸν στάτην δυνατὸν νὰ ὑπάρχῃ διφασικὸν τύλιγμα εἰς τὸν δρομέα. Συνήθως καὶ τὸ τύλιγμα τοῦ δρομέως εἰναι τριφασικὸν καὶ μάλιστα συνδεσμολογημένον κατ’ ἀστέρα (σχ. 5 · 2 ζ).

Τὸ σχῆμα 5 · 2 στ παριστάνει τὸν δρομέα ἐνὸς ἀσυγχρόνου τριφασικοῦ κινητῆρος μετὰ δακτυλίων. ‘Οπως παρατηροῦμεν, ἐπὶ τοῦ ἄξονος τοῦ δρομέως εἰναι στερεωμένοι καὶ τρεῖς δακτύλιοι. Εἰς τοὺς δακτυλίους αὐτούς, οἱ δόποιοι εἰναι μονωμένοι μεταξύ τῶν καὶ πρὸς τὸν ἄξονα, συνδέονται τὰ τρία ἐλεύθερα ἄκρα τοῦ τυλίγματος τοῦ δρομέως.

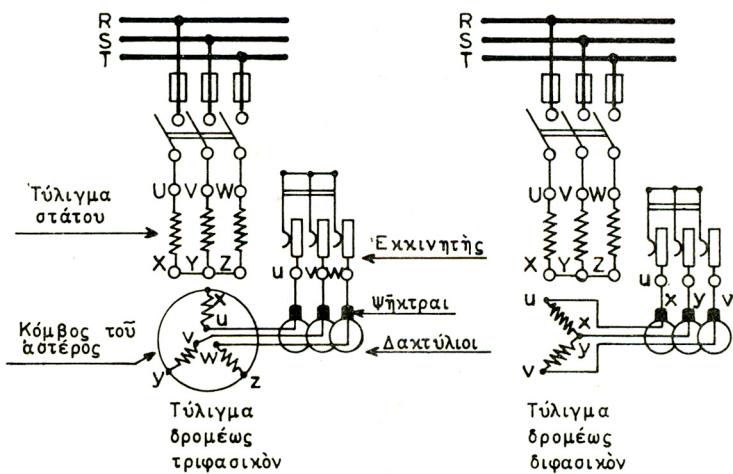
‘Ἐπὶ τῶν δακτυλίων ἐφάπτονται ἀντίστοιχοι ψηκτραι, τῶν δόποιών αἱ ψηκτροθήκαι εἰναι στερεωμέναι ἐπὶ τοῦ στάτου τῆς μηχανῆς (σχ. 5 · 2 η). Μέσω τῶν δακτυλίων καὶ τῶν ψηκτρῶν αὐτῶν κάθε

φάσις τοῦ τυλίγματος τοῦ δρομέως συνδέεται ἐν σειρᾶ μὲ τὴν ἀντίστοιχον ὀντίστασιν ἐνὸς τριφασικοῦ ἐκκινητοῦ (σχ. 5 · 2 ζ).



Σχ. 5 · 2 στ.

Δρομέυς κινητῆρος μετὰ δακτυλίων.

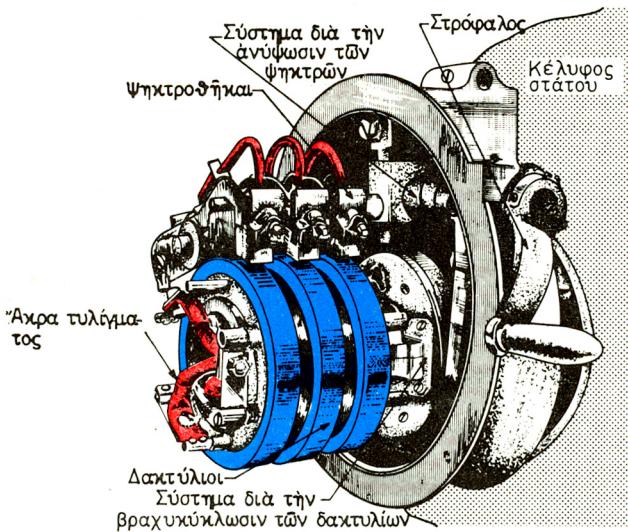


Σχ. 5 · 2 ζ.

Συνδεσμολογία ἀσυγχρόνου κινητῆρος μετὰ δακτυλίων μὲ τριφασικὸν καὶ διφασικὸν τύλιγμα δρομέως.

Πολλοὶ κινητῆρες μετὰ δακτυλίων διαθέτουν σύστημα ἀνυψώσεως τῶν ψηκτρῶν, ὡς αὐτὸ ποὺ παριστάνει τὸ σχῆμα 5 · 2 η. Μὲ τὸ σύστημα αὐτό, μετὰ τὴν ἐκκίνησιν τοῦ κινητῆρος, δόποτε αἱ τρεῖς ἀντίστασεις τοῦ ἐκκινητοῦ πρέπει νὰ εἴναι βραχυκυκλωμέναι, ἀνυψώνομεν τὰς ψήκτρας, ὥστε νὰ μὴ ἐφάπτωνται μὲ τοὺς δακτυλίους. Ταυτοχρόνως, μὲ τὸν ἴδιον μηχανισμὸν βραχυκυκλώνονται μεταξύ των οἱ τρεῖς δακτύλιοι. Κατ’ αὐτὸν τὸν τρόπον ἀποφεύγεται ἡ φθορὰ

τῶν ψηκτρῶν κατὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ κινητῆρος καὶ βελτιώνεται ὁ βαθμὸς ἀποδόσεώς του λόγω ἐλαττώσεως τῶν τριβῶν.



Σχ. 5 · 2 η.

Σύστημα ἀνυψώσεως ψηκτρῶν κινητῆρος μετὰ δακτυλίων.

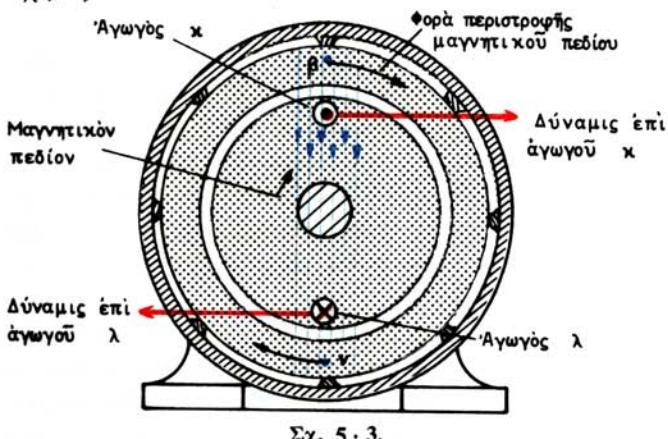
5 . 3 Ἡ ἀρχὴ τῆς λειτουργίας.

Ἡ λειτουργία τῶν ἀσυγχρόνων τριφασικῶν κινητήρων βασίζεται ἐπὶ τοῦ φαινομένου τῆς ἀναπτύξεως ἡλεκτρεγερτικῶν δυνάμεων ἐξ ἐπαγωγῆς ἐπὶ τῶν ἀγωγῶν τοῦ δρομέως. Αὐτὸς εἶναι ὁ λόγος ποὺ οἱ κινητῆρες αὐτοὶ ὀνομάζονται, ὅπως εἴπομεν, καὶ ἐπαγωγικοὶ κινητῆρες.

“Ἄσ οὐποθέσωμεν ὅτι ἔχομεν ἀπλοῦν κινητῆρα βραχυκυκλωμένου δρομέως, ὅπως τὸν δεικνύει τὸ σχῆμα 5 · 3. Τὸ τύλιγμα κλωθοῦ τοῦ δρομέως τοῦ κινητῆρος αὐτοῦ ἔχει δύο μόνον ἀγωγοὺς (ράβδους), τοὺς κ καὶ λ. Τὸ τύλιγμα τοῦ στάτου, τὸ ὅποιον δὲν παριστάνεται εἰς τὸ σχῆμα, εἶναι τριφασικὸν μὲ ἔνα ζεῦγος πόλων. “Οταν τροφοδοτήσωμεν τὸ τύλιγμα αὐτὸν μὲ τριφασικὸν ρεῦμα, θὰ δημιουργηθῇ περιστρεφόμενον μαγνητικὸν πεδίον μὲ δύο πόλους β καὶ ν, συμφώνως πρὸς ὅσα ἀνεπτύξαμεν εἰς τὴν παράγραφον 4 · 2.

Αἱ μαγνητικαὶ γραμμαὶ τοῦ πεδίου τέμνουν τοὺς ἀγωγοὺς κ

καὶ λ τοῦ ἀκινήτου ὀκόμη δρομέως. Συνεπῶς, κατὰ τὰ γνωστὰ ('Ηλεκτρολογία, Τόμος Β', παράγρ. 22 · 5), θὰ δημιουργηθοῦν ἐντὸς τῶν ἀγωγῶν ἡλεκτρεγερτικοὶ δυνάμεις ἔξ ἐπαγωγῆς, αἱ ὅποιαι κατὰ τὸν κανόνα τῆς δεξιᾶς χειρὸς θὰ διευθύνωνται, ὥπως δεικνύουν τὰ σύμβολα ἐπὶ τῶν ἀγωγῶν εἰς τὸ σχῆμα 5 · 3. Αἱ ἡλεκτρεγερτικοὶ αὐταὶ δυνάμεις δημιουργοῦν τῆς αὐτῆς διευθύνσεως ρεύματα, τὰ ὅποια κλείουν κύκλωμα μέσω τῶν στεφανῶν βραχυκυκλώσεως (δὲν παριστάνονται εἰς τὸ σχῆμα).



Σχ. 5 · 3.

Τώρα πλέον ἔμφανίζεται τὸ γνωστὸν φαινόμενον κινητῆρος ('Ηλεκτρολογία, Τόμος Β', παράγρ. 24 · 2 καὶ 24 · 3). Ἐπὶ τῶν διαρρεομένων ὑπὸ τοῦ ρεύματος ἀγωγῶν, ποὺ εὑρίσκονται ἐντὸς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, ἀναπτύσσονται δυνάμεις, τῶν ὅποιων ἡ διεύθυνσις δρίζεται ἀπὸ τὸν κανόνα τῆς ἀριστερᾶς χειρός. "Οπως παρατηροῦμεν ἀπὸ τὸ σχῆμα 5 · 3, αἱ δυνάμεις αὐταὶ δημιουργοῦν ροπήν, ἡ ὅποια θέτει εἰς κίνησιν τὸν δρομέα κατὰ τὴν φορὰν ποὺ περιστρέφεται τὸ μαγνητικὸν πεδίον.

Τὰ δημιουργούμενα ἔξ ἐπαγωγῆς ρεύματα ἐντὸς τῶν ἀγωγῶν τοῦ δρομέως εἶναι ἐναλλασσόμενα. Η φορὰ ὅμως τῆς ροπῆς τῶν ἀναπτυσσομένων ὑπ' αὐτῶν δυνάμεων εἶναι πάντοτε ἡ ἴδια. Τοῦτο εἶναι εὔκολον νὰ τὸ διαπιστώσῃ κανεῖς, ἀν ἔξετάσῃ μίαν χρονικήν στιγμὴν ἐπομένην ἀπὸ αὐτὴν ποὺ δεικνύει τὸ σχῆμα 5 · 3, κατὰ τὴν ὅποιαν ἀπέναντι ἀπὸ τὸν ἀγωγὸν κ θὰ εύρισκεται ὁ νότιος πόλος τοῦ περι-

στρεφομένου μαγνητικοῦ πεδίου καὶ ἀπέναντι ἀπὸ τὸν ἄγωγὸν λόβορειος.

Εἰς τὸ παράδειγμα τοῦ σχήματος 5 · 3 ὁ δρομεὺς διὰ λόγους ἀπλότητος ἔχει τύλιγμα κλωβοῦ μὲν δύο ἄγωγούς. Τὰ πραγματικὰ τυλίγματα κλωβοῦ ἔχουν πολὺ περισσοτέρους ἀπὸ δύο ἄγωγούς. Εἰς ἕκαστον ἄγωγὸν ἀναπτύσσονται δυνάμεις, αἱ ὅποιαι ἀσκοῦν ροπὴν ἐπὶ τοῦ δρομέως κατὰ τὴν αὐτὴν φοράν, δηλαδὴ τὴν φορὰν περιστροφῆς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Τὸ αὐτὸν συμβαίνει καὶ ἂν τὸ τύλιγμα τοῦ στάτου ἔχῃ περισσοτέρους ἀπὸ δύο πόλους.

"Αν οἱ ἄγωγοὶ καὶ λοτοῦ σχήματος 5 · 3 δὲν είναι ἄγωγοὶ ἐνὸς τυλίγματος κλωβοῦ ἀλλὰ ἄγωγοὶ τοῦ τυλίγματος τοῦ δρομέως ἐνὸς κινητῆρος μετὰ δακτυλίων, οἱ ἄγωγοὶ αὐτοὶ κλείουν κύκλωμα ὃχι πλέον μέσω τῶν στεφανῶν βραχυκυκλώσεως ἀλλὰ μέσω τῶν ἀντιστάσεων τοῦ ἐκκινητοῦ (σχ. 5 · 2 ζ). Συνεπῶς ὅλα τὰ ἀνωτέρω συμπεράσματα ἴσχυουν καὶ διὰ τοὺς κινητῆρας μετὰ δακτυλίων, τῶν ὅποιων ἡ ἀρχὴ τῆς λειτουργίας είναι δμοία μὲ τοὺς κινητῆρας βραχυκυκλωμένου δρομέως.

'Υπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῶν δυνάμεων, ποὺ τὸ περιστρεφόμενον μαγνητικὸν πεδίον ἀσκεῖ ἐπὶ τοῦ δρομέως, ὁ ἀσύγχρονος κινητήρ *ἐκκινεῖ* καὶ ἐπιταχύνεται, μέχρις ὅτου φθάσῃ εἰς μίαν ταχύτητα n , ποὺ εἶναι πάντοτε μικροτέρα ἀπὸ τὴν σύγχρονον ταχύτητα n_s τοῦ περιστρεφομένου μαγνητικοῦ πεδίου. Δι' αὐτὸν οἱ κινητῆρες αὐτοὶ ὀνομάζονται *ἀσύγχρονοι κινητῆρες*.

'Ο λόγος, διὰ τὸν ὅποιον ἡ ταχύτης τοῦ ἀσυγχρόνου κινητῆρος δὲν είναι δυνατὸν νὰ γίνη ἵστη μὲ τὴν σύγχρονον ταχύτητα, εἶναι σχεδὸν προφανής. "Αν ὁ δρομεὺς ἐφθανε τὴν ταχύτητα n_s , τότε αἱ μαγνητικαὶ γραμμαὶ τοῦ περιστρεφομένου πεδίου δὲν θὰ ἔτεμον ἄγωγούς τοῦ τυλίγματος τοῦ δρομέως. Συνεπῶς δὲν θὰ ἀνεπτύσσοντο οὕτε δυνάμεις οὔτε ροπὴ ἐπὶ τοῦ δρομέως. 'Η ἀνάπτυξις δμως ροπῆς εἶναι ἀπαραίτητος διὰ νὰ περιστρέφεται ὁ κινητήρ, ἔστω καὶ ἂν ἐργάζεται ἐν κενῷ, διότι πρέπει νὰ ὑπερνικηθοῦν αἱ μηχανικαὶ ἀπώλειαι τοῦ δρομέως.

5 · 4 Διολίσθησις.

'Η διαφορὰ n_s – *–* ἔξαρταται ἀπὸ τὸ συνδεδεμένον εἰς τὸν ἄξονα φορτίον τοῦ κινητῆρος καὶ αὐξάνεται μὲ τὴν αὔξησιν τοῦ φορτίου.

Πάντως ύπό τὸ κανονικὸν φορτίον ἡ διαφορὰ αὐτὴ εἶναι μικρά. Ὁνομάζομεν διολίσθησιν ἢ ὀλίσθησιν σ τὸν λόγον τῆς διαφορᾶς $n_s - n$ πρὸς τὴν σύγχρονον ταχύτητα n_s :

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

Ἡ διολίσθησις τὴν στιγμὴν τῆς ἐκκινήσεως εἶναι ἵση μὲ 1 (ἢ 100 %), διότι τότε εἶναι $n = 0$. Κατὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ κινητῆρος ἡ διολίσθησις ἔξαρταται ἀπὸ τὸ φορτίον, διότι ἀπὸ αὐτό, ὅπως θὰ ἔξηγήσωμεν, ἔξαρταται ἡ ταχύτης περιστροφῆς n . Κατὰ τὴν ἐν κενῷ λειτουργίαν εἶναι περίπου ἵση μὲ μηδὲν (0,5 %). Ὑπὸ τὸ κανονικὸν φορτίον, ἀναλόγως τοῦ τύπου τοῦ κινητῆρος, κυμαίνεται περὶ τὸ 0,05 (5 %), ὅπως φαίνεται καὶ εἰς τὸν Πίνακα 5 · 4 · 1. Ἡ διολίσθησις ύπὸ τὸ κανονικὸν φορτίον ἔχει μεγάλην σημασίαν εἰς τοὺς ἀσυγχρόνους κινητῆρας καὶ χαρακτηρίζει τὴν ποιότητά των.

Π Ι Ν Α Ξ 5 · 4 · 1

Μέσαι ταχύτητες ἀσυγχρόνων τριφασικῶν κινητήρων ύπὸ πληρες φορτίον (στρ/min)

Αριθμὸς ζευγῶν πόλων	1	2	3	4	5	6
Σύγχρονος ταχύτης	3000	1500	1000	750	600	500
Ταχύτης ἀσυγχρόνου κινητῆρος	2850	1425	950	710	570	475

Παράδειγμα.

Ἄσυγχρονος τριφασικὸς κινητήρος μὲ τετραπολικὸν ($p = 2$) τύλιγμα τροφοδοτούμενος ἀπὸ δίκτυου συχνότητος 50 Hz περιστρέφεται ύπὸ τὸ κανονικόν του φορτίον μὲ ταχύτητα 1440 στρ/min. Πόση εἶναι ἡ διολίσθησίς του;

Λύσις:

Ἡ σύγχρονος ταχύτης τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου εἶναι:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \times 50}{2} = 1500 \text{ στρ/min}$$

"Αρα ή διολίσθησις θά είναι:

$$s = \frac{n_s - n}{n_s} = \frac{1500 - 1440}{1500} = 0,04 \quad \text{ή} \quad 4\%$$

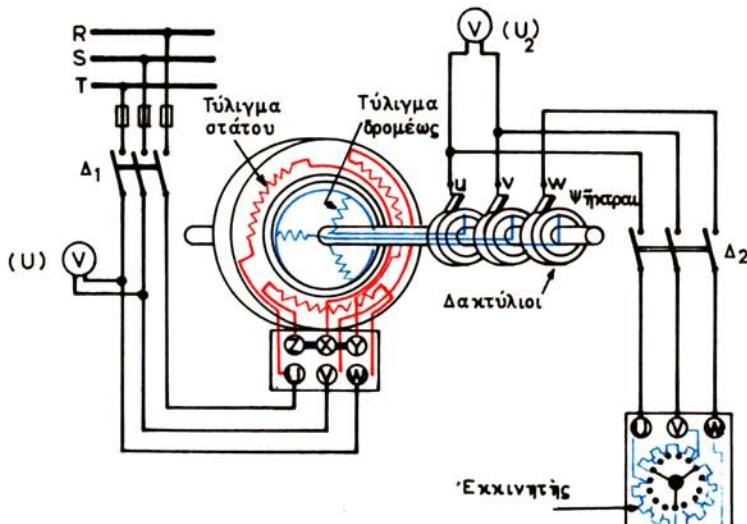
"Αν γνωρίζωμεν τήν διολίσθησιν κινητήρος ύπό δώρισμένον φορτίον, είναι εύκολον νά εύρωμεν τήν ταχύτητά του ύπό τὸ φορτίον αύτὸ ἀπό τήν σχέσιν:

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

'Από τὰ ἀνωτέρω συμπεραίνομεν, ὅτι οἱ ἀσύγχρονοι κινητῆρες ἔχουν περίπου χαρακτηριστικὰ κινητήρων συνεχοῦς ρεύματος παραλλήλου διεγέρσεως. Δηλαδὴ ή ταχύτης τῶν μεταξὺ μηδενικοῦ καὶ κανονικοῦ φορτίου μεταβάλλεται πολὺ ὀλίγον. Συνεπῶς είναι κινητῆρες κατάλληλοι διὰ κινήσεις μὲ σταθερὰς περίπου ταχύτητας.

5 · 5 Τάσις καὶ ἔντασις δρομέως.

Διὰ νὰ ἔξηγήσωμεν τί συμβαίνει εἰς τοὺς δρομεῖς τῶν ἀσυγχρό-



Σχ. 5 · 5.

Συνδεσμολογία κινητήρος μετά δακτυλίων.

νων τριφασικῶν κινητήρων θὰ χρησιμοποιήσωμεν τὸ σχῆμα 5 · 5,

τὸ ὅποιον παριστάνει τὴν συνδεσμολογίαν κινητῆρος μετὰ δακτυλίων. Εἰς τὸ κύκλωμα, τὸ ὅποιον συνδέει τὰς ψήκτρας μετὰ τοῦ ἐκκινητοῦ, ἔχουν παρεμβληθῆ ὁ διακόπτης Δ_2 καὶ τὸ βολτόμετρον V. Τὰ ὅργανα αὐτὰ δὲν χρησιμοποιούνται συνήθως εἰς τὰς προγραμματικὰς ἔγκαταστάσεις.

"Οταν ὁ διακόπτης Δ_2 είναι ἀνοικτὸς καὶ κλείσωμεν τὸν Δ_1 , ὁ κινητὴρ δὲν ἐκκινεῖ, διότι ἔντασις ρεύματος δὲν διαρρέει τὸ τύλιγμα τοῦ δρομέως. Τὸ περιστρεφόμενον ὄμως μαγνητικὸν πεδίον, ποὺ δημιουργεῖ τὸ τύλιγμα τοῦ στάτου, ἐπάγει, ὅπως ἔξηγήσαμεν εἰς τὴν παράγραφον 5·3, μίαν ἡλεκτρεγερτικὴν δύναμιν εἰς τὸ τύλιγμα τοῦ δρομέως, τὴν ὅποιαν μᾶς δεικνύει τὸ βολτόμετρον, ποὺ ἔχομεν τοποθετήσει μεταξὺ τῶν ψηκτρῶν ὡς τάσιν U₂. Τὴν U₂ τὴν ὀνομάζομεν τάσιν τοῦ δρομέως καὶ ἀποτελεῖ ἔνα ἀπὸ τὰ χαρακτηριστικὰ στοιχεῖα τοῦ κινητῆρος μετὰ δακτυλίων καὶ δι' αὐτὸ ἀναγράφεται συνήθως ὑπὸ τοῦ κατασκευαστοῦ εἰς τὴν πινακίδα τοῦ κινητῆρος.

Εἰς τὴν προηγουμένην περίπτωσιν ὁ ἀσύγχρονος κινητὴρ συμπεριφέρεται ὡς μετασχηματιστής λειτουργῶν ἐν κενῷ. Πράγματι, καθὼς δυνάμεθα νὰ διαπιστώσωμεν ἀπὸ τὰς ἐνδείξεις τῶν βολτομέτρων, μεταξὺ τῆς τάσεως U τοῦ στάτου καὶ τῆς τάσεως U₂ τοῦ δρομέως ἴσχυει ἡ γνωστὴ ἀπὸ τοὺς μετασχηματιστὰς σχέσις:

$$U_2 = U \cdot \frac{w_2}{w_1}$$

ὅπου: w₁ είναι ὁ ἀριθμὸς ἀγωγῶν τοῦ τυλίγματος τοῦ στάτου καὶ w₂ ὁ ἀριθμὸς ἀγωγῶν τοῦ τυλίγματος τοῦ δρομέως.

Σημειώνομεν ὅτι, ὅταν ἡ ζεῦξις τῶν φάσεων στάτου καὶ δρομέως δὲν είναι ἡ αὐτή, τότε ἡ ἀνωτέρω σχέσις ἴσχυει διὰ τὰς φασικὰς τάσεις.

"Η συχνότης τῆς ἡλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως τοῦ δρομέως f₂ είναι κατὰ τὴν ἐν στάσει λειτουργίαν τοῦ κινητῆρος (ὅπως καὶ κατὰ τὴν πρώτην στιγμὴν τῆς ἐκκινήσεως) ἵση μὲ τὴν συχνότητα f τοῦ δικτύου τροφοδοτήσεως. Τοῦτο συμβαίνει, διότι ὁ ἀριθμὸς τῶν πόλων τοῦ τυλίγματος τοῦ δρομέως είναι ὁ ἕδιος μὲ τὸν ἀριθμὸν τῶν πόλων τοῦ τυλίγματος τοῦ στάτου.

"Ἐὰν κλείσωμεν τὸν διακόπτην Δ_2 , ρεῦμα θὰ διέλθῃ διὰ τοῦ τυλίγματος τοῦ δρομέως καὶ τῶν ἀντιστάσεων τοῦ ἐκκινητοῦ καὶ συνεπῶς ὁ κινητὴρ θὰ ἐκκινήσῃ. "Οσον αὐξάνεται ἡ ταχύτης τοῦ δρομέως,

τόσον έλαττούται ή άναπτυσσομένη είς τὸ τύλιγμά του ἡλεκτρεγερτική δύναμις. Τοῦτο δφείλεται είς τὸ ὅτι ἡ ταχύτης, μὲ τὴν ὁποίαν αἱ μαγνητικαὶ γραμμαὶ τοῦ περιστρεφομένου μαγνητικοῦ πεδίου τέμνουν τοὺς ἀγωγοὺς τοῦ δρομέως, ἔλαττούται, ὅσον αὐξάνονται αἱ στροφαὶ τοῦ δρομέως.

"Οταν ὁ δρομεὺς ὑπὸ ὠρισμένον φορτίον περιστρέφεται μὲ διολίσθησιν s , ἡ πολικὴ ἡλεκτρεγερτικὴ του δύναμις (τάσις) δίδεται ὑπὸ τῆς σχέσεως:

$$U_{2s} = s \cdot U_2$$

'Ομοίως ἡ συχνότης τοῦ ρεύματος τοῦ δρομέως είναι τότε:

$$f_2 = s \cdot f$$

Τέλος ἡ αύτεπαγωγικὴ ἀντίστασις λόγω σκεδάσεως ἀνὰ φάσιν τοῦ δρομέως θὰ είναι:

$$X_{2s} = s \cdot X_2$$

ὅπου: X_2 ἡ ιδία ἀντίστασις διὰ συχνότητα f , δηλαδὴ μὲ τὸν δρομέα ἐν στάσει.

Είναι εὔκολον νὰ ὑπολογίσωμεν τῷρα τὴν ἔντασιν ρεύματος εἰς τὸ τύλιγμα ἑκάστης φάσεως τοῦ δρομέως. Διὰ ζεῦξιν τοῦ τυλίγματος τοῦ δρομέως κατ' ἀστέρα, ἡ φασικὴ τάσις (ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις) αὐτοῦ θὰ είναι:

$$U_{\Phi_{2s}} = \frac{U_{2s}}{1,73}$$

*Αρα:

$$I_2 = \frac{U_{2s}}{1,73 \cdot Z_s} = \frac{U_{2s}}{1,73 \cdot \sqrt{R_2^2 + X_{2s}^2}} = \frac{s \cdot U_2}{1,73 \cdot \sqrt{R_2^2 + (s \cdot X_2)^2}}$$

$$\text{καὶ } I_2 = \frac{U_2}{1,73 \cdot \sqrt{\left(\frac{R_2}{s}\right)^2 + X_2^2}}$$

ὅπου: R_2 είναι ἡ συνολικὴ ἀντίστασις ἀνὰ φάσιν τοῦ τυλίγματος τοῦ δρομέως καὶ τοῦ ἑκκινητοῦ. *Αν αἱ ἀντιστάσεις τοῦ ἑκκινητοῦ είναι βραχυκυκλωμέναι ἡ ἀν δ κινητήρ φέρῃ εἰς τὸν δρομέα τύλιγμα κλωβοῦ, τότε τὸ R_2 είναι ἡ ἀντίστασις ἀνὰ φάσιν μόνον τοῦ τυλίγματος τοῦ δρομέως.

Από τήν σχέσιν, που δίδει τήν έντασιν τοῦ δρομέως, ξέραμεν τὰ ἀκόλουθα συμπεράσματα:

Δι' ὠρισμένην τιμὴν τῆς R_2 ή έντασις I_2 γίνεται μεγίστη τήν στιγμὴν τῆς ἐκκινήσεως, διπότε εἰναι $s = 1$. Εἰς τοὺς κινητῆρας μετὰ δακτυλίων τὸ μέγεθος τῆς I_2 κατὰ τήν ἐκκίνησιν εἶναι δυνατὸν νὰ τὸ ρυθμίσωμεν μὲ παρεμβολὴν καταλλήλων ἀντιστάσεων τοῦ ἐκκινητοῦ. Εἰς τοὺς κινητῆρας βραχυκυλωμένου δρομέως ὅμως, ὅπου δὲν ὑπάρχει ἐκκινητὴς συνδεδεμένος εἰς τὸν δρομέα καὶ ή R_2 εἶναι συνήθως μικρά, ἡ I_2 κατὰ τὴν ἐκκίνησιν φθάνει εἰς μεγάλας τιμὰς (μερικὰς ἐκαποντάδας ὀμπέρ). Ἀκόμη μεγαλύτερας τιμὰς λαμβάνει ή έντασις μέσα εἰς τὰς στεφάνας βραχυκυλώσεως.

Τόσον εἰς τοὺς κινητῆρας μὲ τύλιγμα κλωβοῦ, ὅσον καὶ εἰς τοὺς κινητῆρας μετὰ δακτυλίων μὲ βραχυκυλωμένας τὰς ἀντιστάσεις τοῦ ἐκκινητοῦ, ή έντασις I_2 ἐλαττούται ὅσον αὐξάνεται ή ταχύτης τοῦ κινητῆρος, δηλαδὴ ὅσον μειοῦται ή διολίσθησις s , γίνεται δὲ σχεδὸν μηδενικὴ κατὰ τὴν ἐν κενῷ λειτουργίαν αὐτοῦ ($s = 0$). Ἐπίστης ὑπὸ τὸ κανονικὸν (ὄνομαστικὸν) φορτίον τοῦ κινητῆρος, διπότε αὐτὸς ἔχει τὴν ὄνομαστικήν του διολίσθησιν, ή έντασις I_2 ἔχει ὠρισμένην τιμὴν, ή ὅποια ὄνομάζεται έντασις τοῦ δρομέως καὶ εἰς τοὺς κινητῆρας μετὰ δακτυλίων ἀναγράφεται ἐπὶ τῆς πινακίδος τοῦ κατασκευαστοῦ. "Οταν τὸ φορτίον αὐξηθῇ η ἐλαττωθῇ ἐν σχέσει πρὸς τὸ κανονικόν, αὐξάνεται ἐπίσης η ἐλαττούται ἀντιστοίχως καὶ ή I_2 . Ἀν εἶναι γνωστὰ τὰ R_2 (ἀνευ ἀντιστάσεων ἐκκινητοῦ) καὶ X_2 καθὼς καὶ ή διολίσθησις ὑπὸ τὸ κανονικὸν φορτίον, τότε η έντασις τοῦ δρομέως ὑπολογίζεται ἀπὸ τὸν τύπον ποὺ ἐδώσαμεν ἀνωτέρω, ἄλλως εἶναι δυνατὸν νὰ ὑπολογισθῇ κατὰ προσέγγισιν ἀπὸ τὴν σχέσιν:

$$I_2 \simeq \frac{650 \cdot N}{U_2} \quad \text{εἰς ὀμπέρ (A)}$$

ὅπου: N εἶναι η ἀποδιδομένη ὑπὸ τοῦ κινητῆρος ὄνομαστικὴ ἴσχυς εἰς κιλοβάττ (kW) καὶ U_2 η τάσις τοῦ δρομέως μεταξὺ τῶν δακτυλίων (μὲ τὰς ψήκτρας ἀνυψωμένας) εἰς βόλτ (V).

Μὲ τὴν έντασιν αὐτὴν I_2 , η ὅποια συνήθως εἶναι μεγαλυτέρα τῆς έντάσεως ποὺ ἀπορροφεῖ ὁ στάτης ἀπὸ τὸ δίκτυον, πρέπει νὰ ὑπολογίζωνται οἱ ἀγωγοί, οἱ ὅποιοι συνδέουν τὰς ψήκτρας μὲ τὸν ἐκκινητήν.

Παράδειγμα.

Έξαπολικός τριφασικός κινητήρας μετά δακτυλίων ίσχύος 5 kW, με τάσιν δρομέως 140 V, τροφοδοτεῖται από δίκτυον συχνότητος 50 Hz. Έάν το τύλιγμα του δρομέως είναι συνδεσμολογημένον κατ' άστέρα, ποία είναι ή άναπτυσσομένη είς αύτό τάσις άνα φάσιν, όταν ο κινητήρας λειτουργεί ύπο το δύναμη του φορτίου με ταχύτητα 950 στρ/min; Ποία είναι τότε ή έντασης και ή συχνότητας του ρεύματος του δρομέως;

Λύσις:

Διά ρ = 3 και f = 50 Hz, είναι $n_s = 1000$ στρ/min.

* Άρα ή διολίσθησις είς το δύναμη του φορτίου θά είναι:

$$s = \frac{n_s - n}{n_s} = \frac{1000 - 950}{1000} = 0,05$$

Η άνα φάσιν τάσις (ήλεκτρεγερτική δύναμης) του δρομέως θά είναι:

$$U_{\phi_{2s}} = \frac{U_{2s}}{1,73} = \frac{s \cdot U_2}{1,73} = \frac{0,05 \times 140}{1,73} = 4,05 \text{ V}$$

Η συχνότητας του ρεύματος του δρομέως θά είναι:

$$f_2 = s \cdot f = 0,05 \times 50 = 2,5 \text{ Hz}$$

Τέλος ή έντασης του ρεύματος του δρομέως θά είναι:

$$I_2 \approx \frac{650 \cdot N}{U_2} = \frac{650 \times 5}{140} = 23 \text{ A}$$

5 · 6 Ροπή τῶν ἀσυγχρόνων τριφασικῶν κινητήρων.

1) Σχέσις ροπῆς και ἀποδιδομένης ισχύος.

"Οπως είναι γνωστόν, ή ροπή T, τὴν ὅποιαν κινητήρα άναπτύσσει είς τὸν ἄξονά του, δίδεται από τὴν σχέσιν:

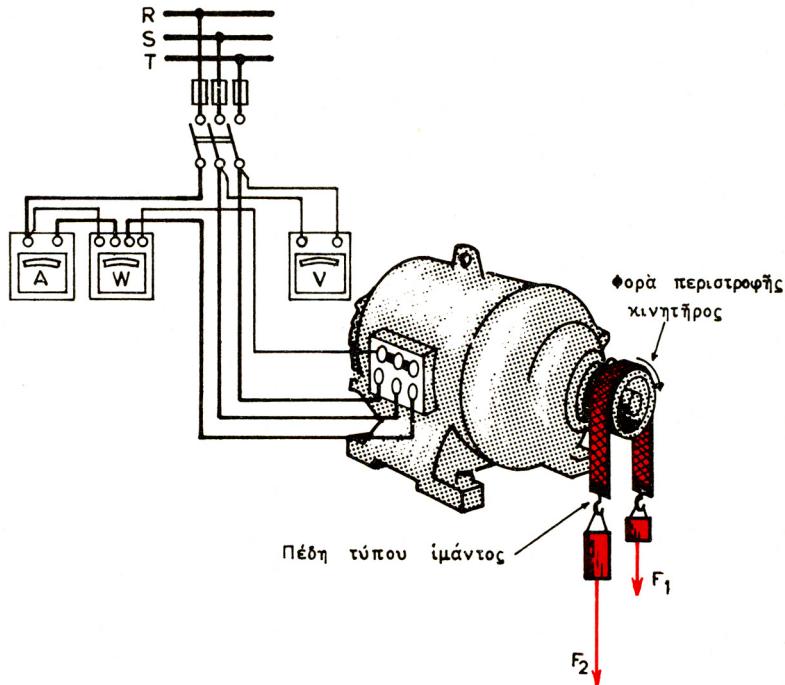
$$T = F \cdot r \quad \text{εἰς νιοῦτον} \times \text{μέτρα (N m)}$$

ὅπου: F είναι ή περιφερειακή δύναμη εἰς νιοῦτον (N) και r ή ἀπόστασις τῆς δυνάμεως από τὸν ἄξονα εἰς μέτρα (m).

Ο κινητήρας του σχήματος 5 · 6 α φέρει ἐπὶ τῆς τροχαλίας του

ἄξονός του μίαν πέδην τύπου ίμάντος. Εἰς τὴν πέδην αὐτὴν ἡ περιφερειακή δύναμις F μεταβιβάζεται διὰ τῆς τριβῆς ἐπὶ τοῦ ίμάντος. Ἔτσι, ὅταν ὁ κινητήρος περιστρέφεται, ὁ ίμας ίσορροπεῖ μὲ δύο διαφορετικὰ βάρη F_1 καὶ F_2 . Τότε είναι:

$$\mathbf{F} = \mathbf{F}_2 - \mathbf{F}_1$$



Σχ. 5·6 α.
Μέτρησις ροπῆς κινητῆρος.

‘Η ἀκτὶς γ τῆς τροχαλίας είναι ἡ ἀπόστασις τῆς περιφερειακῆς δυνάμεως ἀπὸ τὸν ἄξονα. ’Αρα μὲ τὴν διάταξιν αὐτὴν τῆς πέδης είναι δυνατὸν νὰ μετρήσωμεν τὴν ροπήν, τὴν ὅποιαν ὁ κινητήρος ἀναπτύσσει εἰς τὸν ἄξονά του.

Ἐὰν ὁ κινητήρος περιστρέφεται μὲ π στρ./s, τότε ἡ μηχανικὴ ισχύς, ποὺ ἀποδίδει εἰς τὸν ἄξονά του, είναι:

$$N = 2 \cdot \pi \cdot n \cdot T \quad \text{εἰς βάττ (W)}$$

Έάν λύσωμεν ώς πρός T έχομεν:

$$T = \frac{N}{2 \cdot \pi \cdot n} \quad \text{είς νιοῦτον} \times \text{μέτρα (N m)}$$

όπου: N είναι ή άποδιδομένη είς τὸν ἄξονα τοῦ κινητῆρος ίσχὺς είς βάττ (W) καὶ n ή ταχύτης περιστροφῆς τοῦ κινητῆρος είς στροφάς ἀνὰ δευτερόλεπτον (στρ/s).

"Όταν ή άποδιδομένη ύπό τοῦ κινητῆρος ίσχὺς είναι ή όνομαστική του ίσχὺς (ύπό τὴν όνομαστικὴν ταχύτητα καὶ τάσιν), τότε ή ροπή, ποὺ προκύπτει ἀπὸ τὴν ἀνωτέρω σχέσιν, όνομάζεται όνομαστικὴ ροπὴ τοῦ κινητῆρος T_{ov} . Σημειωτέον ὅτι ή ροπὴ ἐνὸς άσυγχρόνου κινητῆρος είναι ἀνάλογος τοῦ τετραγώνου τῆς τάσεως τοῦ δικτύου τροφοδοτήσεως.

Παράδειγμα.

"Η όνομαστικὴ ίσχὺς ἐνὸς διπολικοῦ τριφασικοῦ κινητῆρος είναι 8 kW μὲ ταχύτητα περιστροφῆς 2880 στρ/min . Έάν ή ἀκτὶς τῆς τροχαλίας μιᾶς πέδης τύπου ίμάντος είναι $0,14 \text{ m}$, νὰ εὐρεθοῦν ή όνομαστικὴ ροπὴ τοῦ κινητῆρος καὶ ή δύναμις, ή ὅποια ἀσκεῖται ἐπὶ τοῦ ίμάντος.

Λύσις:

$$\text{Έχομεν } n = \frac{2880}{60} = 48 \text{ στρ/s} \quad \text{καὶ} \quad N = 8000 \text{ W.}$$

Συνεπῶς είναι:

$$T_{ov} = \frac{N}{2 \cdot \pi \cdot n} = \frac{8000}{2 \times 3,14 \times 48} = 26,5 \text{ N m}$$

$$\text{καὶ} \quad F = \frac{T_{ov}}{r} = \frac{26,5}{0,14} = 189 \text{ N}$$

"Αν θέλωμεν νὰ ύπολογίσωμεν τὴν δύναμιν είς kp (ἢ χιλιόγραμμα δυνάμεως), ἐπειδὴ $1 \text{ N} = 0,102 \text{ kp}$, θὰ έχωμεν:

$$F = 189 \times 0,102 = 19,3 \text{ kp.}$$

2) Μεταβολαι τῆς ροπῆς καὶ τῆς ἐντάσεως τοῦ στάτου.

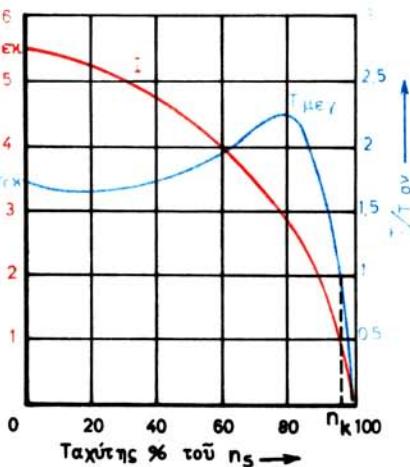
Εἰς τὸ σχῆμα $5 \cdot 6 \beta$ φαίνεται πῶς μεταβάλλεται ή ροπὴ T ἐνὸς



ώρισμένου τριφασικοῦ κινητῆρος βραχυκυκλωμένου δρομέως, ὅταν μεταβάλλεται ἡ ταχύτης του. Εἰς αὐτὸ τὸ διάγραμμα ἡ ταχύτης, τὴν δποίαν ἔχει κάθε στιγμὴν δ κινητήρ, ἐκφράζεται ὡς ποσοστὸν ἐπὶ τοῖς % τῆς συγχρόνου ταχύτητος n_s . Ἡ ροπὴ ἐκφράζεται διὰ τοῦ λόγου τῆς πρὸς τὴν ὀνομαστικὴν ροπὴν τοῦ κινητῆρος $\left(\frac{T}{T_{ov}} \right)$. Εἰς τὸ σχῆμα φαίνεται ἐπίστης κατὰ τὸν αὐτὸν τρόπον καὶ ἡ ἀντίστοιχος μεταβολὴ τῆς ἑντάσεως I, τὴν δποίαν δ κινητήρ ἀπορροφεῖ ἀπὸ τὸ δίκτυον ποὺ τὸν τροφοδοτεῖ.

Όπως παρατηροῦμεν ἀπὸ τὴν καμπύλην τῆς ἑντάσεως εἰς τὸ σχῆμα 5·6 β, τὴν πρώτην στιγμὴν τῆς ἑκκινήσεως ($n = 0$) δ κινητήρ ἀπορροφεῖ ἑντασιν I_{ek} , ἡ δποία εἶναι 5,5 φορᾶς μεγαλυτέρα ἀπὸ τὴν ὀνομαστικὴν του ἑντασιν $\left(\frac{I_{ek}}{I_{ov}} = 5,5 \right)$. Τὴν στιγμὴν αὐτήν, ποὺ δ δρομέυς δὲν ἔχει ἑκκινήσει, δ κινητήρ συμπεριφέρεται ὡς μετασχηματιστής μὲ βραχυκυκλωμένον τὸ δευτερεύον. Τὸ αὐτὸ ἰσχύει καὶ διὰ τοὺς κινητῆρας μετὰ δακτυλίων, ἔân αἱ ἀντιστάσεις τοῦ ἑκκινητοῦ εἶναι βραχυκυκλωμέναι. Ἐπειδὴ τὰ τυλίγματα τοῦ δρομέως ἔχουν μικρὰν ἀντίστασιν, ἀναπτύσσονται εἰς αὐτὰ κατὰ τὴν στιγμὴν τῆς ἑκκινήσεως μεγάλαι ἑντάσεις, ὅπως εἴδομεν εἰς τὴν παράγραφον 5·5. Ἀποτέλεσμα αὐτῶν εἶναι ὅτι ἔχομεν σημαντικάς ἑντάσεις ἑκκινήσεως καὶ εἰς τὸ πρωτεῦον, δηλαδὴ εἰς τὸν στάτην τῶν κινητήρων. Εἰς ὠρισμένους κινητῆρας βραχυκυκλωμένου δρομέως ἔχομεν $\frac{I_{ek}}{I_{ov}} = 6$ ἕως 8.

Διὰ τὸν περιορισμὸν τῶν σημαντικῶν αὐτῶν ἑντάσεων ἑκκινήσεως, αἱ δποῖαι ἀποτελοῦν μειονέκτημα τῶν κινητήρων μετὰ βραχυ-



Σχ. 5·6 β.

Μεταβολὴ τῆς ἑντάσεως καὶ τῆς ροπῆς κινητῆρος βραχυκυκλωμένου δρομέως.

κυκλωμένου δρομέως, λαμβάνομεν διάφορα μέτρα, τὰ όποια θὰ ἔξετάσωμεν εἰς τὰ ἐπόμενα. Εἰς τοὺς κινητῆρας μετὰ δακτυλίων ἡ παρεμβολὴ τῶν ἀντιστάσεων τοῦ ἐκκινητοῦ εἰς τὸ τύλιγμα τοῦ δρομέως προκαλεῖ τὴν ἐλάττωσιν τοῦ $I_{\epsilon k}$ εἰς τὸ ἐπιθυμητὸν μέγεθος, π.χ. είναι δυνατὸν νὰ γίνῃ $\frac{I_{\epsilon k}}{I_{ov}} = 1$.

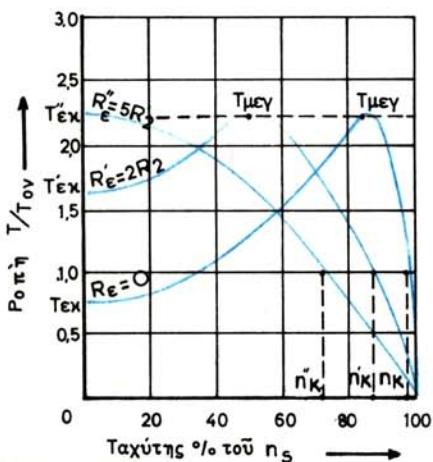
Ἄπο τὸ ᾥδιον σχῆμα $5 \cdot 6 \beta$ παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ροπὴ ἐκκινήσεως τοῦ κινητῆρος αὐτοῦ είναι 1,7 φορᾶς μεγαλυτέρα ἀπὸ τὴν ὄνομαστικὴν ροπὴν $\left(\frac{T_{\epsilon k}}{T_{ov}} = 1,7 \right)$. "Οσον αὐξάνονται αἱ στροφαὶ τοῦ κινητῆρος, ἡ ἔντασις, ποὺ ἀπορροφεῖ ἀπὸ τὸ δίκτυον, ἐλαττοῦται, ἡ ροπὴ τοῦ ὅμως αὐξάνεται μέχρι μιᾶς τιμῆς $T_{μεγ}$. Ἡ ροπὴ αὐτὴ είναι ἡ μεγίστη ροπὴ, ποὺ είναι δυνατὸν νὰ ἀναπτύξῃ ὁ κινητήρ, καὶ δημιουργεῖται πάντοτε εἰς ἀριθμὸν στροφῶν μικρότερον ἀπὸ τὸν κανονικὸν ἀριθμὸν στροφῶν n_k τοῦ κινητῆρος. Εἰς τὸν τελευταῖον αὐτὸν ἀριθμὸν στροφῶν ὁ κινητήρ ἀναπτύσσει τὴν ὄνομαστικὴν ροπὴν $\left(\frac{T}{T_{ov}} = 1 \right)$, ἡ ὅποια είναι σημαντικῶς μικροτέρα ἀπὸ τὴν $T_{μεγ}$ καὶ ἀπορροφεῖ τὴν ὄνομαστικὴν του ἔντασιν $\left(\frac{I}{I_{ov}} = 1 \right)$.

Ἡ λειτουργία τοῦ κινητῆρος εἰς τὸ τμῆμα τῆς καμπύλης μετὰ τὴν $T_{μεγ}$ είναι εὐσταθῆς λειτουργία. Δηλαδή, ἐὰν ὁ κινητήρ ἐργάζεται εἰς ἓνα σημεῖον τοῦ τμήματος αὐτοῦ τῆς καμπύλης καὶ δι' οίονδήποτε λόγον αὐξηθῇ τὸ φορτίον του, ἡ ταχύτης τοῦ κινητῆρος θὰ ἐλαττωθῇ. Τότε ὅμως θὰ αὐξηθῇ ἡ ροπὴ ποὺ ἀναπτύσσει καὶ ἔτσι θὰ δυνηθῇ νὰ ἀντιμετωπίσῃ τὴν αὔξησιν τοῦ φορτίου. Ἀντιστοίχως θὰ αὐξηθῇ καὶ ἡ ἔντασις, ποὺ ἀπορροφεῖ ἀπὸ τὸ δίκτυον. 'Ο κινητήρ κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον προσαρμόζεται αὐτομάτως εἰς τὰς διακυμάνσεις τοῦ φορτίου.

"Οταν τὸ φορτίον αὐξηθῇ πέρα τῆς τιμῆς $T_{μεγ}$, τότε ὁ κινητήρ ἀποτόμως σταματᾷ. Διὰ τὸν λόγον αὐτὸν ἡ μεγίστη ροπὴ $T_{μεγ}$ ὄνομαζεται καὶ ροπὴ ἀνατροπῆς. Λειτουργία τοῦ κινητῆρος εἰς τὸ τμῆμα τῆς καμπύλης πρὸ τῆς $T_{μεγ}$ δὲν είναι δυνατή, παρὰ μόνον ὡς μεταβατική κατὰ τὴν ἐκκίνησιν. Εἰς τὸ τμῆμα αὐτὸν ἡ λειτουργία εἶναι ἀσταθῆς, δηλαδὴ δὲν είναι δυνατή ἡ συνεχῆς λειτουργία εἰς αὐτό.

Ἡ μορφή, ποὺ ἔχει ἡ καμπύλη τῆς μεταβολῆς τῆς ροπῆς ἐνὸς

άσυγχρόνου κινητήρος, έξαρτάται άπό τήν όλικήν άντιστασιν τοῦ τυλίγματος κάθε φάσεως τοῦ δρομέως R_2 καὶ άπό τήν συνδεδεμένην εἰς αὐτὸ έξωτερικήν άντιστασιν R_e . "Οπως ἐπεξηγεῖται καὶ μὲ τήν βοήθειαν τοῦ σχήματος $5 \cdot 6$ γ, ὅσον αύξανομεν τήν άντιστασιν αύτήν ($R_2 + R_e$), συμβαίνουν τὰ έξῆς: Μεγαλώνει (μέχρις ἐνὸς όρίου) ή T_{ek} . β) Η μεγίστη ροπή T_{max} , τῆς ὅποιας τὸ μέγεθος δὲν έξαρτάται άπό τήν όλικήν άντιστασιν τοῦ δρομέως, ἐπιτυγχάνεται εἰς μικρότερον ἀριθμὸν στροφῶν καὶ γ) ή διολίσθησις τοῦ κινητήρος διὰ τὸ κανονικὸν φορτίον αύξανεται, δηλαδὴ μειούνται ή ταχύτης π.κ.



Σχ. 5 · 6 γ.

Μεταβολὴ τῆς ροπῆς εἰς κινητήρα 100 kW μετά δακτυλίων διὰ διαφόρους τιμᾶς τῆς έξωτερικῆς άντιστάσεως.

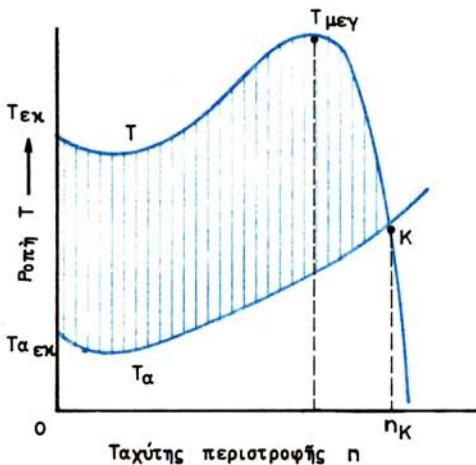
5.7 Άνθισταμένη ροπή του φορτίου.

Διὰ νὰ τεθῇ εἰς κίνησιν ὁ κινητήρη, πρέπει προφανῶς ή άνθισταμένη ροπή τοῦ φορτίου κατὰ τήν έκκινησιν T_{aek} , νὰ είναι μικροτέρα άπό τήν ροπήν T_{ek} τοῦ κινητήρος. Ἀλλὰ καὶ ἐν συνεχείᾳ ή άναπτυσσομένη ὑπὸ τοῦ κινητήρος ροπή T πρέπει νὰ είναι μεγαλυτέρα τῆς ροπῆς τοῦ φορτίου T_a , ὥστε ὁ κινητήρης ἐπιταχυνόμενος, νὰ φθάσῃ τὸν κανονικὸν ἀριθμὸν στροφῶν του π.κ. "Οσον μεγαλυτέρα είναι ή διαφορὰ $T - T_a$, τόσον ταχύτερον ὁ κινητήρης φθάνει αὐτὸν τὸν ἀριθμὸν στροφῶν.

Εἰς τὸ σχῆμα 5 · 7 α παριστάνεται ή καμπύλη μεταβολῆς τῆς ροπῆς T τοῦ κινητήρος, ὅταν μεταβάλλεται ή ταχύτης του. Εἰς τὸ ίδιον σχῆμα παριστάνεται καὶ ή άντιστοιχος καμπύλη μεταβολῆς τῆς άνθισταμένης ροπῆς T_a τοῦ φορτίου. Τὸ διαγραμμισμένον τμῆμα μεταξὺ τῶν δύο καμπυλῶν δίδει διὰ κάθε ταχύτητα τήν διαφορὰν $T - T_a$. Τὸ σημεῖον K , εἰς τὸ ὅποιον τέμνονται αἱ δύο καμπύλαι, είναι τὸ σημεῖον λειτουργίας τοῦ κινητήρος ὑπὸ ταχύτητα περιστροφῆς π.κ. Εἰς τήν ταχύτητα αύτήν ή κινητηρία ροπή είναι ίση μὲ τήν άνθισταμένην ροπήν τοῦ φορτίου.

"Η μορφή, ποὺ ἔχει ή καμπύλη τῆς άνθισταμένης ροπῆς, έξαρτάται άπό τὸ εἶδος τοῦ φορτίου. Τὸ σχῆμα 5 · 7 β δίδει τρεῖς χαρακτηριστικὰς καμπύλας άνθισταμένης ροπῆς διαφόρων φορτίων.

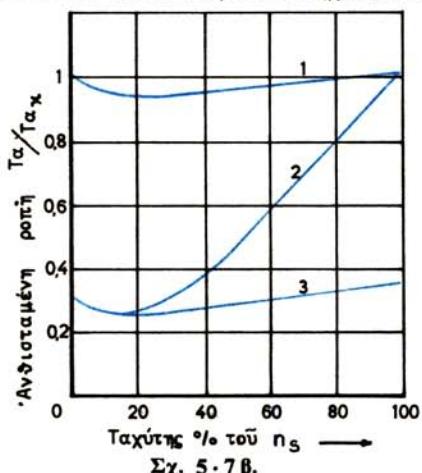
Η καμπύλη 1 άντιστοιχεί εις φορτία, τά όποια παρουσιάζουν κατά τήν διάρκειαν τῆς έκκινησεως ροπήν περίπου ίσην μὲ τήν ροπήν πού έχουν



Σχ. 5.7 α.

Μεταβολή τῆς κινητηρίας καὶ ἀνθισταμένης ροπῆς.

εἰς τὸν κανονικὸν ἀριθμὸν στροφῶν (T_{α_K}). Φορτία αὐτοῦ τοῦ εἶδους παρουσιάζονται εἰς τὰ ἀνυψωτικὰ μηχανήματα, εἰς τὰς ἐμβολοφόρους ἀντλίας, εἰς τοὺς μεταφορικοὺς ἴμαντας κ.λπ. Ή καμπύλη 2 ἀντιστοιχεῖ εις φορτία, τῶν όποιών ἡ ροπὴ αὔξανεται αἰσθητῶς μὲ τήν αὔξησιν τῶν στροφῶν τοῦ κινητῆρος, δῆπος εἶναι οἱ ἀνεμιστῆρες, οἱ κεντρόφυγες ἀντλίες, οἱ στροβιλοσυμπιεσταὶ κ.λπ. Τέλος ή καμπύλη 3 ἀντιστοιχεῖ εις τήν ἐν κενῷ ἔκκινησιν τοῦ κινητῆρος. Δηλαδὴ τὸ φορτίον εἰς τήν περίπτωσιν αὐτήν ἐμφανίζεται, ἀφοῦ δὲ κινητήριος λάβῃ τήν κανονικήν ταχύτητα περιστροφῆς του. Φορτία αὐτοῦ τοῦ εἶδους παρουσιάζονται εἰς τοὺς τόρνους, πρέσσας, κ.λπ.



Σχ. 5.7 β.

Χαρακτηριστικαὶ καμπύλαι ἀνθισταμένης ροπῆς διαφόρων φορτίων.

5.8 Απορροφουμένη και άποδιδομένη ίσχυς.

"Αν N_1 είναι ή άπορροφουμένη ύπό τούς άσυγχρόνους τριφασικούς κινητήρος ίσχυς, ως γνωστόν είναι:

$$N_1 = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \sin \varphi \quad \text{εις βάση (W)}$$

Τό N_1 δύναται νά μετρηθῇ μὲ βαστόμετρον, τὰ δὲ U καὶ I μὲ τὰ δινήστοιχα δργανα (σχ. 5 · 6 α).

"Οπως έξηγήσαμεν εις τὴν παράγραφον 4 · 3, ὅτι άγνοησωμεν τὰς ήλεκτρικὰς ἀπώλειας εἰς τὸ τύλιγμα τοῦ στάτου τοῦ κινητῆρος, ή ίσχὺς N_1 μέσω τῶν ήλεκτρομαγνητικῶν δυνάμεων μεταφέρεται εἰς τὸν δρομέα. Ο δρομένυς χρησιμοποιεῖ τὴν ίσχυν αὔτὴν διὰ νά κινησῃ τὸ εἰς τὸν ἀξονά του συνδεδεμένον φορτίον (ίσχυος N) καὶ διὰ νά ἀντιμετωπίσῃ τὰς ήλεκτρικὰς ἀπώλειας εἰς τὸ τύλιγμα τοῦ δρομέως ($N_{n \cdot \delta}$), αἱ ὅποιαι διεθίλονται εἰς τὸ φαινόμενον τζούλ. Τὰς ἀπώλειας σιδήρου καὶ τριβῶν τοῦ δρομέως τὰς δεχόμεθα ως ἀμελητέας: δηλαδὴ μὲ σημαντικήν προσέγγισιν είναι:

$$N_1 = N + N_{n \cdot \delta}$$

Εἰς τὴν παράγραφον 4 · 3 εἶχομεν έξηγήσει ἐπίσης ὅτι είναι:

$$N_1 = 2 \cdot \pi \cdot n_s \cdot T$$

ὅπου: Τ είναι ή ροτή, ποὺ ἀσκεῖ εἰς τὸν δρομέα τὸ περιστρεφόμενον μαγνητικὸν πεδίον τοῦ στάτου. Μὲ ἀρκετὴν προσέγγισιν (άγνοοῦντες τὰς ἀπώλειας) δυνάμεθα νά εἴπωμεν διὰ ή T είναι καὶ ή ροτή, μὲ τὴν ὅποιαν ὁ κινητὴρ κινεῖ τὸ φορτίον του καὶ διὰ τὴν ὅποιαν, ὅπως είδομεν, ίσχύει ή σχέσις:

$$N = 2 \cdot \pi \cdot n \cdot T$$

Ἄρα:

$$N_{n \cdot \delta} = N_1 - N = 2 \cdot \pi \cdot n_s \cdot T - 2 \cdot \pi \cdot n \cdot T = 2 \cdot \pi \cdot T \cdot (n_s - n)$$

Είναι διμως (παράγρ. 5 · 4):

$$n_s - n = s \cdot n_s$$

Συνεπῶς:

$$N_{n \cdot \delta} = 2 \cdot \pi \cdot T \cdot n_s \cdot s = N_1 \cdot s$$

Δηλαδὴ αἱ ήλεκτρικαι ἀπώλειαι εἰς τὸ τύλιγμα τοῦ δρομέως είναι ἀνάλογοι τῆς διολισθήσεως s καὶ τῆς ἀπορροφουμένης ύπό τοῦ κινητῆρος ίσχύος N_1 .

Ο βαθμὸς ἀποδόσεως τοῦ κινητῆρος είναι ως γνωστόν:

$$\eta = \frac{N}{N_1}$$

Μὲ τὰς ἀπλουστευτικὰς παραδοχάς, ποὺ ἔκαμαμεν προηγουμένως, ἔχομεν κατὰ προσέγγισιν:

$$\eta = \frac{N}{N_1} = \frac{N_1 - N_n \cdot s}{N_1} = \frac{N_1 - N_1 \cdot s}{N_1} = 1 - s$$

Δηλαδή ό βαθμός Δ ποδόσεως ένδος άσυγχρόνου κινητήρος κατά τήν κανονικήν του λειτουργίαν είναι τόσον καλύτερος, όσον μικρότερά είναι ή διολίσθησίς του. "Οπως θά ίδωμεν, είς τούς άσυγχρόνους κινητήρας μετά δακτυλίων είναι δυνατόν νά έλαττώσωμεν τήν ταχύτητα περιστροφής των μέ τήν βοήθειαν ένδος ρυθμιστού στροφών, δύποιος συνδέεται σ' πως ό έκκινητής. Πρέπει όμως νά έχωμεν ύπ' όψει μας, δτι είς τήν περίπτωσιν αύτήν έλαττώνυμεν τὸν βαθμὸν Δ ποδόσεως τοῦ κινητῆρος, διότι ή διολίσθησίς του αύξανεται.

Παράδειγμα.

Εις τὸν κινητήρα τοῦ παραδείγματος τῆς παραγράφου 5 · 6 νά Δ πολογισθῇ κατά προσέγγισιν ό βαθμὸς Δ ποδόσεώς του. Πόσος γίνεται αύτός, δν ό κανονικὸς Δ ριθμὸς στροφῶν τοῦ κινητῆρος είναι $n = 2700$ στρ/min; (N_{Δ} ληφθῇ $f = 50$ Hz).

Διάσις:

Διὰ $n = 2880$ στρ/min είναι:

$$s = \frac{n_s - n}{n_s} = \frac{3000 - 2880}{3000} = \frac{120}{3000} = 0,04$$

"Αρα ό βαθμὸς Δ ποδόσεως θά είναι:

$$\eta = 1 - s = 1 - 0,04 = 0,96$$

Διὰ $n = 2700$ στρ/min είναι:

$$s = \frac{3000 - 2700}{3000} = \frac{300}{3000} = 0,1 \quad \text{καὶ}$$

συνεπῶς ό βαθμὸς Δ ποδόσεως είναι τώρα:

$$\eta = 1 - 0,1 = 0,9$$

5 · 9 Έκκίνησις κινητήρων βραχυκυκλωμένου δρομέως.

I) 'Απ' εὐθείας έκκίνησις.

'Η ἀπ' εὐθείας έκκίνησις, δηλαδή μὲ τήν χρῆσιν μόνον ένδος Δ πλοῦ τριπολικοῦ διακόπτου (σχ. 5 · 9 α), είναι ή Δ πλουστέρα μέθοδος διὰ νά θέσωμεν είς λειτουργίαν τριφασικὸν κινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέως. 'Η μέθοδος αύτὴ χρησιμοποιεῖται πράγματι είς σημαντικὸν βαθμὸν είς τήν βιομηχανίαν.

'Ο λόγος, διὰ τὸν όποιον δὲν έχει γενικήν έφαρμογὴν είς τοὺς κινητῆρας βραχυκυκλωμένου δρομέως, είναι δτι, σ' πως έξιγήσαμεν

είς τὴν παρόγραφον 5 · 6, οἱ κινητῆρες αὐτοὶ ἔχουν μεγάλας ἐντάσεις ἐκκινήσεως, I_{ek} . Αἱ ἐντάσεις αὐταὶ προκαλοῦν στιγμαίας πτώσεις τάσεως εἰς τὰ δίκτυα ποὺ τροφοδοτοῦν τοὺς κινητῆρας, αἱ δοποῖαι ὀνομάζονται βυθίσεις τάσεως. Αἱ βυθίσεις τάσεως, ὅταν μάλιστα εἶναι τακτικαὶ, εἶναι ἐνοχλητικαὶ εἰς τοὺς λοιποὺς καταναλωτὰς (φωτισμοῦ, τηλεοράσεως κ.λπ.), δύνανται δὲ νὰ προκαλέσουν καὶ γενικωτέρας ἀνωμαλίας εἰς τὰ δίκτυα. Τὸ μέγεθος τῆς βυθίσεως τάσεως δὲν ἔξαρτᾶται μόνον ἀπὸ τὸ I_{ek} ἀλλὰ καὶ ἀπὸ τὴν ἰκανότητα τοῦ δικτύου ἡλεκτροδοτήσεως.

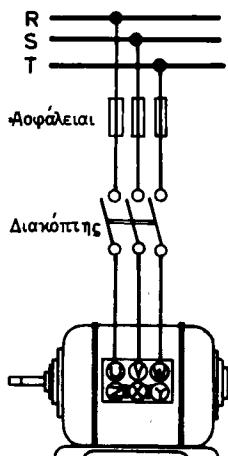
Συνεπῶς πρὸ τῆς ἐγκαταστάσεως κινητῆρος θὰ πρέπει νὰ προηγήται συνεννόησις μὲ τὴν ἐπιχείρησιν, ἡ δοποίᾳ παρέχει τὴν ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν (μὲ τὴν ΔΕΗ εἰς τὴν χώραν μας), ἀν εἴναι ἐπιτρεπτὴ ἡ ἀπ' εὐθείας ἐκκίνησις τοῦ κινητῆρος ἢ ὅπατιτῇται ἡ τοποθέτησις διστάξεως, μὲ τὴν δοποίαν, ὅπως θὰ ἔξηγήσωμεν ἀμέσως κατωτέρω, δυνάμεθα νὰ ἐλαστάσωμεν τὸ I_{ek} τῶν ἀσυγχρόνων κινητήρων.

Διὰ νὰ περιορισθῇ ἡ ἀνάγκη παρομοίων συνεννοήσεων, τουλάχιστον διὰ τὴν ἐγκατάστασιν τῶν μικρῶν κυρίως κινητήρων, ἡ ΔΕΗ διὰ σχετικῆς ὁδηγίας της τοῦ ἔτους 1970 καθώρισε τὰς μεγίστας ἐπιτρεπομένας ἐντάσεις ἐκκινήσεως οἰασδήποτε φύσεως κινητήρων, διὰ τὴν ἐγκατάστασιν τῶν δοποίων δὲν ἀπαιτεῖται προηγουμένη συνεννόησις μετὰ τῶν ‘Υπηρεσιῶν αὐτῆς.

Εἰς τὸν Πίνακα 5 · 1 καὶ εἰς τὰ ἀκολουθοῦντα αὐτὸν συνοψίζονται αἱ σχετικαὶ ὁδηγίαι τῆς ΔΕΗ.

Ἐπιτρέπεται ἐπίστης, χωρὶς προηγουμένην ἔγκρισιν τῶν ‘Υπηρεσιῶν τῆς ΔΕΗ, ἡ ἐγκατάστασις τριφασικῶν κινητήρων, ἐφ' ὅσον ἡ σχέσις τοῦ ρεύματος ἐκκινήσεως πρὸς τὸ ὀνομαστικὸν ρεῦμα τοῦ κινητῆρος εἶναι μικρότερα τοῦ 2 διὰ κινητῆρας μέχρι 10 HP καὶ τοῦ 1,6 διὰ μεγαλυτέρους τῶν 10 HP.

‘Ομοίως χωρὶς προηγουμένην ἔγκρισιν δύνανται νὰ ἐγκαθίστανται κινητῆρες ἀνελκυστήρων, ἐαν ἡ Ισχύς των δὲν ὑπερβαίνῃ τοὺς 5 HP διὰ τὴν περίπτωσιν ἐναερίου καὶ τοὺς 8,5 HP διὰ τὴν περίπτωσιν ὑπογείου δικτύου,



Σχ. 5 · 9 α.
‘Απ’ εὐθείας ἐκκίνησις.

έπι πλέον δὲ έαν ή σχέσις τοῦ ρεύματος έκκινήσεως πρὸς τὸ όνομαστικὸν ρεῦμα δὲν ύπερβαίνῃ τὸ 3,5.

Π Ι Ν Α Ξ 5.9.1

Μέγισται έπιτρεπόμεναι έντασεις έκκινήσεως κινητήρων μετὰ ή ἀνευ διατάξεως έκκινήσεως

Τροφοδότησις ἀπὸ δίκτυου	Τριφασικοὶ κινητῆρες μὲ έκκινήσεις		Μονοφασικοὶ κινητῆρες
	Σπανίας (*)	Συχνάς (*)	
Έναέριον 220/380 V	50 A	30 A	27 A
Υπόγειον 220/380 V	70 A	50 A	40 A

Διὰ τὴν περίπτωσιν καταναλωτῶν τροφοδοτούμένων μέσω ιδιαιτέρου μετασχηματιστοῦ τῆς ΔΕΗ ή μέσω ιδιωτικοῦ ύποσταθμοῦ, ή ἔντασις έκκινήσεως τῶν κινητήρων μετὰ ή ἀνευ διατάξεως έκκινήσεως δὲν πρέπει νὰ ύπερβαίνῃ τὰς τιμὰς τοῦ Πίνακος 5.9.2 ἀναλόγως τῆς ίσχύος τοῦ μετασχηματιστοῦ.

Π Ι Ν Α Ξ 5.9.2

Μέγισται έπιτρεπόμεναι έντασεις έκκινήσεως κινητήρων ἀπὸ ιδιαιτέρου μετασχηματιστὴν

Ίσχυς μετασχηματιστοῦ εἰς kVA	Μεγίστη έπιτρεπομένη έντασις έκκινήσεως εἰς A
15	30
25	42
50	85
75	127
100	170
150	255
200	300
250	300
400	300
500	300
600	300

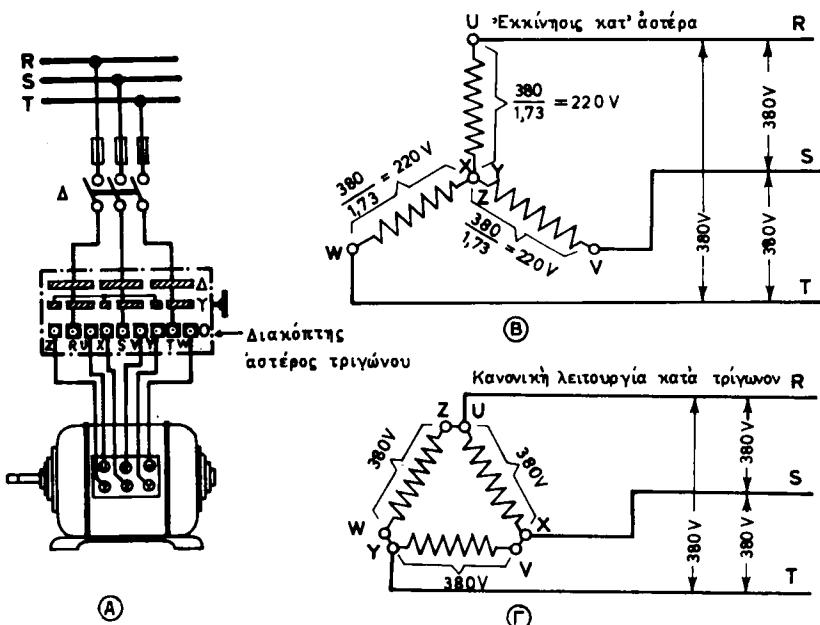
Βάσει τῶν ἀνωτέρω καὶ τῶν στοιχείων τοῦ πρὸς ἐγκατάστασιν κι-

(*) Σπάνιαι έκκινήσεις θεωροῦνται αἱ ἐμφανιζόμεναι τὸ πολὺ μίαν φορὰν ἀνὰ ώραν. Πυκνότεραι έκκινήσεις ύπαγονται εἰς τὰς συχνάς.

νητήρος δύναται νά άποφασισθή ἀν αύτός θὰ είναι ἀπ' εύθειας ἐκκινήσεως, ἀν ἀπαιτῆται κατάλληλος ἐκκινητής ἢ ἀν τέλος θὰ πρέπει νά προηγηθῇ συνενόησις μετά τῶν Ὅπτρεσιῶν τῆς ΔΕΗ. Τὸ τελευταῖον θὰ γίνη εἰς τὴν περίπτωσιν, ποὺ ἡ ἔντασις ἐκκινήσεως είναι ὀπωσδήποτε μεγαλυτέρα τῶν καθοριζομένων δρίων.

2) Έκκινησις μὲ διακόπτην ἀστέρος - τριγώνου.

Κατὰ τὴν μέθοδον αὐτήν, μέσω καταλλήλου διακόπτου [σχ. 5.9 β(Α)], ποὺ ὀνομάζεται διακόπτης ἀστέρος - τριγώνου, τὸ τύλιγμα τοῦ στάτου, τὸ ὅποιον είναι κατεσκευασμένον διὰ νά ἐργάζεται κανονικῶς εἰς ζεῦξιν τριγώνου, κατὰ τὴν ἐκκίνησιν συνδεσμολογεῖται κατ' ἀστέρα.



Σχ. 5.9 β.
Έκκινησις μέσω διακόπτου ἀστέρος - τριγώνου.

"Οταν δείκτης τοῦ στροφάλου τοῦ διακόπτου εύρισκεται εἰς τὴν θέσιν 0, οὐδεμία τροφοδότησις τοῦ κινητήρος ἔκ τοῦ δικτύου γίνεται, ἔστω καὶ ἀν δ διακόπτης Δ είναι κλειστός. 'Ο κινητήρος είναι ἀκίνητος. "Οταν περιστρέψωμεν τὸν στρόφαλον, ὥστε δ δείκτης του

νὰ ἀντιστοιχῇ εἰς τὸ σύμβολον Y , μέσω τῶν ἀντιστοίχων μεταλλικῶν τομέων τοῦ διακόπτου αἱ τρεῖς φάσεις τοῦ τυλίγματος τοῦ στάτου τοῦ κινητῆρος συνδεσμολογοῦνται κατ' ἀστέρα, ὅπως δεικνύει τὸ σχῆμα $5 \cdot 9 \beta$ (B). Συνεπῶς τὸ τύλιγμα τίθεται ὑπὸ τάσιν καὶ ὁ κινητήρος ἔκκινει.

Ἄφοῦ ἔκκινησῃ ὁ κινητήρος καὶ αἱ στροφαὶ του δὲν αὐξάνονται περισσότερον, στρέφομεν τὸν στρόφαλον τοῦ διακόπτου ἀστέρος - τριγώνου, ὡστε ὁ δείκτης του νὰ ἔλθῃ εἰς τὴν θέσιν Δ . Αἱ φάσεις τοῦ τυλίγματος τοῦ στάτου μέσω τῶν τομέων τοῦ διακόπτου συνδεσμολογοῦνται τώρα κατὰ τρίγωνον, ὅπως δεικνύει τὸ σχῆμα $5 \cdot 9 \beta$ (G). Μὲ τὴν ζεῦξιν αὐτὴν ἐκάστη φάσις τοῦ τυλίγματος τίθεται ὑπὸ τὴν πολικὴν τάσιν τοῦ δικτύου, διὰ τὴν ὅποιαν καὶ ἔχει κατασκευασθῆ. Συνεπῶς ὁ κινητήρος δύναται τώρα νὰ ἐργασθῇ μὲ τὸ κανονικόν του φορτίον.

"Αν ἡ ἔκκινησις τοῦ κινητῆρος ἐγένετο χωρὶς διακοπὴν ἀστέρος - τριγώνου μὲ ἀπ' εύθειας ζεῦξιν τῶν τριῶν φάσεών του κατὰ τρίγωνον, ἡ ἔντασις, ποὺ θὰ διέρρεεν (κατὰ τὴν ἔκκινησιν) τὸ τύλιγμα κάθε φάσεως, θὰ ἐδίδετο ἀπὸ τὴν σχέσιν:

$$I_\phi = \frac{U}{Z} \quad \text{εἰς ἀμπέρ (A)}$$

ὅπου: U εἶναι ἡ πολικὴ τάσις τοῦ δικτύου εἰς V καὶ Z εἶναι ἡ σύνθετος ἀντίστασις κάθε φάσεως τοῦ κινητῆρος ἐν στάσει εἰς Ω .

Συνεπῶς ἡ ἔντασις γραμμῆς (εἰς τὸ δίκτυον) θὰ ἦτο:

$$I_\Delta = \sqrt{3} \cdot I_\phi = \frac{\sqrt{3} \cdot U}{Z}$$

Τώρα ποὺ ἡ ἔκκινησις τοῦ κινητῆρος γίνεται μὲ ζεῦξιν κατ' ἀστέρα, εἰς ἐκάστην φάσιν ἐπικρατεῖ τάσις:

$$U_\phi = \frac{U}{\sqrt{3}}$$

"Αρα ἡ ἔντασις ἀνὰ φάσιν, ἡ ὅποια εἶναι τώρα καὶ ἔντασις γραμμῆς, θὰ εἶναι:

$$I_Y = \frac{U_\phi}{Z} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot Z}$$

Συνεπῶς εἶναι:

$$I_Y = \frac{I_\Delta}{3}$$

Δηλαδή ή έντασις, τήν όποιαν ό κινητήρ απορροφεῖ άπό τό δίκτυον κατά τήν έκκινησιν μὲ ζεῦξιν ἀστέρος, είναι τρεῖς φοράς μικροτέρα άπό τήν έντασιν, ποὺ ἀπορροφεῖ μὲ ἀπ' εὐθείας ζεῦξιν κατά τρίγωνον. Κατά τὸ ὅδιον ποσοστὸν μειοῦται καὶ ἡ ροπὴ ἐκκινήσεως τοῦ κινητῆρος (βλ. καὶ καμπύλας εἰς σχ. 5.9 γ), δεδομένου ὅτι αὐτῇ είναι ἀνάλογος τοῦ τετραγώνου τῆς τάσεως.

Διὰ τήν χρησιμοποίησιν τοῦ διακόπτου ἀστέρος - τριγώνου πρέπει, ὅπως ἥδη ἀνεφέραμεν, ό κινητήρ νὰ είναι κατεσκευασμένος διὰ νὰ ἐργάζεται κανονικῶς ὑπὸ τήν τάσιν τοῦ δικτύου μὲ ζεῦξιν τῶν φάσεων κατά τρίγωνον, ἄλλως ἡ χρησιμοποίησις διακόπτου αὐτοῦ τοῦ εἴδους δὲν είναι δυνατή.

Παράδειγμα.

Εἰς τριφασικὸν δίκτυον τάσεως 220/380 V (ώς είναι τὰ δίκτυα X.T. τῆς ΔΕΗ) δύναται νὰ χρησιμοποιηθῇ διακόπτης ἀστέρος - τριγώνου: α) Εἰς κινητῆρα τάσεως 380 V Δ. β) Εἰς κινητῆρα τάσεως 220/380 V ;

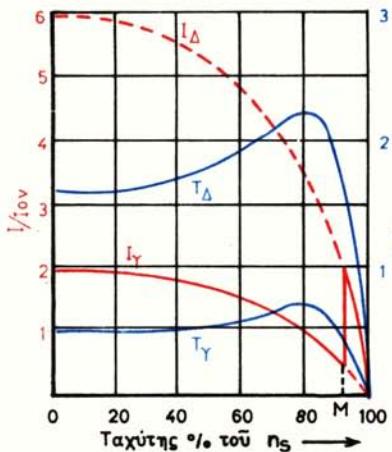
Λύσις:

α) 'Ο κινητήρ τάσεως 380 V Δ, ποὺ συχνὰ γράφεται καὶ ώς τάσεως 380/660 V, είναι κατεσκευασμένος διὰ νὰ ἐργάζεται κανονικῶς μὲ ζεῦξιν τῶν τυλιγμάτων του κατά τρίγωνον, ὅταν ἡ πολικὴ τάσις τοῦ δικτύου είναι 380 V (ώς είναι τὰ δίκτυα X.T. τῆς ΔΕΗ) καὶ μὲ ζεῦξιν τῶν τυλιγμάτων του κατ' ἀστέρα, ὅταν ἡ πολικὴ τάσις τοῦ δικτύου είναι 660 V. "Αρα, συμφώνως πρὸς ὅσα ἀνεφέραμεν, εἰς τὸν κινητῆρα αὐτὸν δυνάμεθα νὰ χρησιμοποιήσωμεν τὸν διακόπτην ἀστέρος - τριγώνου διὰ νὰ ἐκκινῇ μὲ ἡλαττωμένην τάσιν, δηλαδὴ μὲ ἡλαττωμένην έντασιν ἐκκινήσεως [σχ. 5.9 β (Β) καὶ (Γ)].

β) Εἰς κινητῆρα τάσεως 220/380 V, ποὺ συχνὰ γράφεται καὶ ώς τάσεως 220 V Δ, δὲν είναι δυνατόν, συμφώνως πρὸς ὅσα ἀνεφέραμεν, νὰ χρησιμοποιήσωμεν διακόπτην ἀστέρος - τριγώνου εἰς δίκτυον πολικῆς τάσεως 380 V.

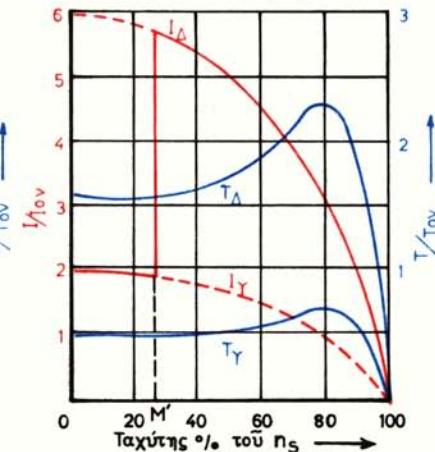
Κατά τὸν χειρισμὸν τοῦ διακόπτου ἀστέρος - τριγώνου πρέπει νὰ δίδεται μεγάλη προσοχὴ εἰς τήν ἔκλογὴν τῆς χρονικῆς στιγμῆς, κατά τήν όποιαν θὰ στρέψωμεν τὸν στρόφαλον, ὥστε νὰ μεταβῶμεν ἀπὸ τήν ζεῦξιν ἀστέρος εἰς τήν ζεῦξιν τριγώνου. "Οπως ἀνεφέραμεν,

αύτή πρέπει νὰ είναι ή στιγμή, κατὰ τὴν ὅποιαν δὲ κινητήρος μὲ ζεῦξιν ἀστέρος μόλις ἔχει παύσει νὰ αὔξανῃ τὰς στροφάς του. "Αν ἡ μετάβασις γίνη πολὺ ἐνωρίτερον, ή χρησιμοποιήσις τοῦ διακόπτου ἀστέρος - τριγώνου σχεδὸν παύει νὰ ἔχῃ οἰλανδήποτε σημασίαν, ὅπως ἔξηγουν τὰ δύο σχήματα 5 · 9 γ καὶ 5 · δ.



Σχ. 5 · 9 γ.

Όρθὴ στιγμὴ μεταβολῆς τῆς ζεύξεως ἀπὸ ἀστέρα εἰς τρίγωνον.



Σχ. 5 · 9 δ.

Πρόωρος μεταβολὴ τῆς ζεύξεως ἀπὸ ἀστέρα εἰς τρίγωνον.

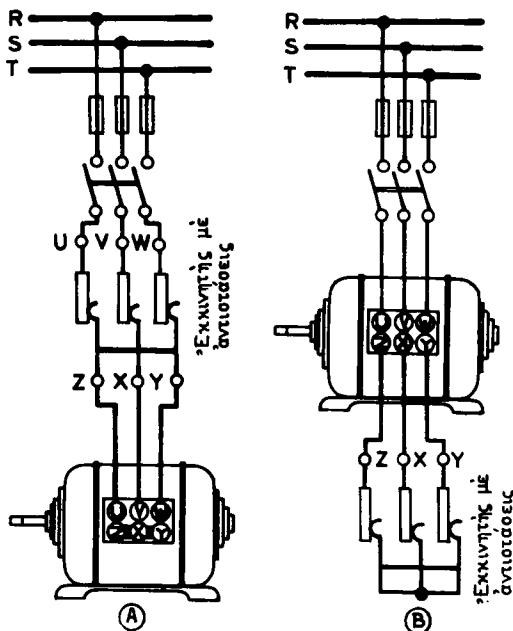
Εἰς τὰ σχήματα αὐτὰ αἱ καμπύλαι μὲ δείκτην Δ ἀναφέρονται εἰς λειτουργίαν τοῦ κινητῆρος μὲ ζεῦξιν τῶν φάσεών του κατὰ τρίγωνον καὶ αἱ καμπύλαι μὲ δείκτην Y εἰς ζεῦξιν τῶν φάσεών τοῦ ιδίου κινητῆρος κατ' ἀστέρα. Καὶ εἰς τὰς δύο περιπτώσεις ἡ τάσις τοῦ δικτύου παραμένει ἡ ίδια, δηλαδὴ ἡ κανονικὴ τάσις τροφοδοτήσεως τοῦ κινητῆρος.

Εἰς τὸ σχῆμα 5 · 9 γ παρατηροῦμεν, ὅτι κατὰ τὴν χρονικὴν στιγμὴν M τῆς μεταβολῆς ἀπὸ ἀστέρα εἰς τρίγωνον, ἡ ἔντασις αὔξανεται ἀποτόμως, ἀλλὰ δὲν ὑπερβαίνει τὴν ἀρχικὴν τιμὴν τοῦ I_{ek} (περίπου διπλάσιον τοῦ I_{ov}). Εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ σχήματος 5 · 9 δ ἡ μεταβολὴ τῆς ζεύξεως ἀπὸ ἀστέρα εἰς τρίγωνον ἔγινε προώρως (χρονικὴ στιγμὴ M'), ὅταν δὲ κινητήρος εἶχε μόλις τὰ 25% τῆς κανονικῆς ταχύτητός του. Παρατηροῦμεν ὅτι ἡ ἔντασις αὔξανεται τώρα ἀποτόμως 5,7 φορᾶς περισσότερον ἀπὸ τὴν I_{ov}. Δηλαδὴ ἡ

παρεμβολή τοῦ διακόπτου ἀστέρος - τριγώνου ούδεμίαν σχεδὸν ἐπίδρασιν εἶχε, δεδομένου ὅτι χωρὶς αὐτὸν θὰ ήτο $I_{ek}/I_{ov} = 6$, ὡς προκύπτει ἀπὸ τὴν σχετικὴν καμπύλην τοῦ σχήματος $5 \cdot 9 \delta$.

3) Έκκινησις μὲν ἀντιστάσεις εἰς τὸν στάτην.

Εἰς τὴν μέθοδον αὐτὴν τῆς ἔκκινησεως χρησιμοποιοῦμεν ἐκκινητὴν ἀποτελούμενον ἀπὸ τρεῖς ἀντιστάσεις, τὰς ὁποίας παρεμβάλλομεν εἰς τὸ κύκλωμα τροφοδοτήσεως τοῦ στάτου τοῦ κινητῆρος βραχυκυκλωμένου δρομέως, ὅπως δεικνύεται εἰς τὸ σχῆμα $5 \cdot 9 \epsilon$ (A).



Σχ. 5 · 9 ε.

Έκκινησις μὲν ἀντιστάσεις εἰς τὸν στάτην.

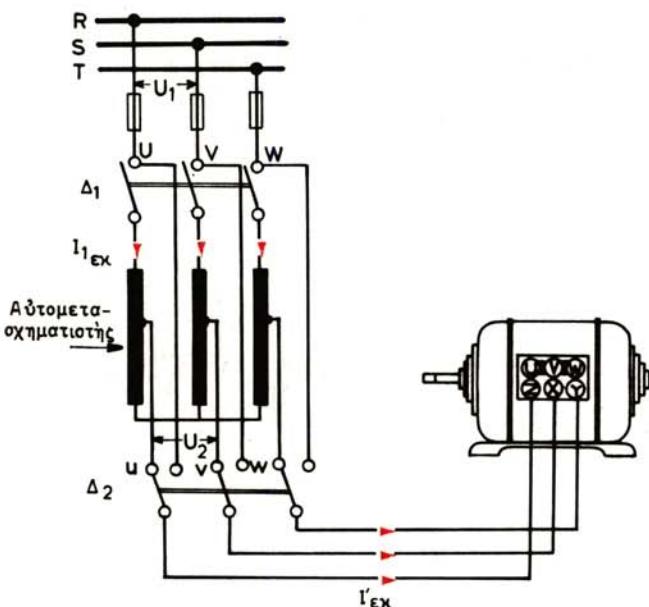
‘Ο κινητήρ κατ’ αὐτὸν τὸν τρόπον ἔκκινει μὲν ἡλαττωμένην τάσιν καὶ συνεπῶς καὶ μὲν ἡλαττωμένην ἔντασιν. Προοδευτικῶς, ὅσον αὔξανεται ἡ ταχύτης του, ἀφαιροῦμεν τὰς ἀντιστάσεις, ὥστε κατὰ τὴν κανονικὴν λειτουργίαν τοῦ κινητῆρος ὅλαι αἱ ἀντιστάσεις τοῦ ἔκκινητοῦ νὰ είναι ἔκτὸς κυκλώματος.

‘Αν δὲ κινητήρ είναι κατεσκευασμένος, ὥστε νὰ λειτουργῇ κανο-

νικῶς μὲ ζεῦξιν τῶν φάσεών του κατ' ἀστέρα, τότε ἡ τοποθέτησις τοῦ ἐκκινητοῦ γίνεται, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 5 · 9 ε (B). Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ὁ οὐδέτερος κόμβος τῶν τριῶν φάσεων τοῦ κινητῆρος γίνεται μέσω τοῦ ἐκκινητοῦ.

4) Ἐκκίνησις μὲ αὐτομετασχηματιστήν.

Διὰ τὴν ἐκκίνησιν μεγάλων κινητήρων βραχυκυκλωμένου δρόμεως χρησιμοποιεῖται συνήθως τριφασικὸς αὐτομετασχηματιστής, ὃ



Σχ. 5 · 9 στ.

Ἐκκίνησις μὲ αὐτομετασχηματιστήν.

ὅποιος συνδεσμολογεῖται, ὅπως δεικνύει τὸ σχῆμα 5 · 9 στ. Κατὰ τὴν ἐκκίνησιν συνδέομεν τὸν κινητῆρα μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ διακόπτου διπλῆς ἐνεργείας Δ_2 μὲ τὰς λήψεις u , v , w τοῦ αὐτομετασχηματιστοῦ. Ἔν συνεχείᾳ κλείσομεν τὸν διακόπτην Δ_1 , ὃ ὅποιος τροφοδοτεῖ τὸν αὐτομετασχηματιστήν. Ἔτσι ὁ κινητήρας ἐκκινεῖ μὲ ήλαττωμένην τάσιν, ἥ ὅποια φθάνει μέχρι τοῦ $1/3$ τῆς τάσεως τοῦ δικτύου (ἀναλόγως τῆς κατασκευῆς τοῦ αὐτομετασχηματιστοῦ).

Μετὰ τὴν ἐκκίνησιν τοῦ κινητῆρος μεταθέτομεν τὰς ἐπαφὰς τοῦ

διακόπτου Δ_2 πρὸς τὰ δεξιά, ὥστε ὁ κινητὴρ νὰ εὐρεθῇ ὑπὸ τὴν πλήρη τάσιν τοῦ δικτύου διὰ τὴν κανονικήν του λειτουργίαν. Τέλος ἀνοίγομεν τὸν διακόπτην Δ_1 διὰ νὰ τεθῇ ἐκτὸς τάσεως ὁ αὐτομετασχηματιστής.

Ἐὰν μὲ τὴν χρῆσιν τοῦ αὐτομετασχηματιστοῦ ἡ ἔφαρμοζομένη εἰς τὸν κινητῆρα τάσις εἶναι π.χ. τὸ $1/2$ τῆς τάσεως τοῦ δικτύου, τότε καὶ τὸ ρεῦμα I_{ek} , ποὺ ἀπορροφεῖ ὁ κινητὴρ κατὰ τὴν ἐκκίνησιν, ἐλαττοῦται κατὰ τὴν ἴδιαν ἀναλογίαν, ἔναντι τοῦ ρεύματος I_{ov} , ποὺ θὰ ἀπερρόφει κατὰ τὴν ἀπ' εὐθείας ἐκκίνησιν. Τὸ πρωτεῦον ὅμως ρεῦμα $I_{I_{ek}}$ (σχ. 5.9 στ.), ποὺ ὁ αὐτομετασχηματιστής ἀπορροφεῖ ἀπὸ τὸ δίκτυον, ἐλαττοῦται εἰς τὸ $1/4$. Δηλαδὴ τὸ ρεῦμα αὐτὸ ἔναντι τοῦ I_{ek} ἐλαττοῦται μὲ τὸ τετράγωνον τῆς σχέσεως μεταφορᾶς K τοῦ αὐτομετασχηματιστοῦ (παράγρ. 2.9). Ὁμοίως ἐλαττοῦται καὶ ἡ ροπὴ ἐκκινήσεως τοῦ κινητῆρος.

Παράδειγμα.

Τριφασικὸς κινητὴρ 6000 V , 400 kW βραχυκυκλωμένου δρομέως ἔχει ρεῦμα ἐκκινήσεως I_{ov} πρὸς τὸ ἔξαπλάσιον τοῦ ὀνομαστικοῦ του ρεύματος, ὅταν ἡ ἐκκίνησις γίνεται ἀπ' εὐθείας

($\frac{I_{ek}}{I_{ov}} = 6$), καὶ ἀναπτύσσει ροπὴν ἐκκινήσεως $1,5$ φορᾶς με-

γαλυτέραν ἀπὸ τὴν ὀνομαστικὴν ροπὴν ($\frac{T_{ek}}{T_{ov}} = 1,5$). Ποία

πρέπει νὰ εἶναι ἡ σχέσις μεταφορᾶς τοῦ αὐτομετασχηματιστοῦ ἐκκινήσεως, ὥστε τὸ ρεῦμα, ποὺ θὰ ἀπορροφῇ ὁ κινητὴρ ἀπὸ τὸ δίκτυον ($I_{I_{ek}}$) κατὰ τὴν ἐκκίνησιν, νὰ εἶναι διπλάσιον ἀπὸ τὸ ὀνομαστικόν του ρεῦμα; Ποία θὰ εἶναι τότε ἡ ροπὴ ἐκκινήσεως τοῦ κινητῆρος;

Λύσις:

Ἡ σχέσις μεταφορᾶς τοῦ αὐτομετασχηματιστοῦ θὰ προκύψῃ ἀπὸ τὸν τύπον:

$$\frac{I_{ek}}{I_{I_{ek}}} = K^2 \quad \text{ἢ} \quad K = \sqrt{\frac{I_{ek}}{I_{I_{ek}}}}$$

Δίδεται ὅμως ὅτι $I_{ek} = 6 \cdot I_{ov}$ καὶ ὅτι πρέπει νὰ εἶναι $I_{I_{ek}} = 2 \cdot I_{ov}$. Συνεπῶς θὰ ἔχωμεν:

$$K = \sqrt{\frac{I_{ek}}{I_{1ek}}} = \sqrt{\frac{6 \cdot I_{ov}}{2 \cdot I_{ov}}} = \sqrt{3} = 1,73$$

Δηλαδή ή τάσις δευτερεύοντος U_2 τοῦ αὐτομετασχηματιστοῦ πρέπει νὰ είναι:

$$U_2 = \frac{U_1}{K} = \frac{U_1}{1,73} = \frac{6000}{1,73} = 3500 \text{ V}$$

Η ροπή ἐκκινήσεως τοῦ κινητῆρος μετὰ τὴν παρεμβολὴν τοῦ αὐτομετασχηματιστοῦ θὰ είναι:

$$T'_{ek} = \frac{T_{ek}}{K^2} = \frac{1,5 \cdot T_{ov}}{1,73^2} = \frac{1,5 \cdot T_{ov}}{3} = 0,5 \cdot T_{ov}$$

5 · 10 Κινητῆρες διπλοῦ κλωβοῦ.

Όπως άνεφέραμεν, ὁ κινητήρος μὲ τύλιγμα κλωβοῦ είναι πολὺ ἀπλοὺς εἰς τὴν κατασκευὴν του, ἔχει μικρὸν κόστος καὶ καλὸν βαθμὸν ἀποδόσεως. Ἐχει ὅμως τὸ μειονέκτημα ὅτι τὸ ρεῦμα τῆς ἀπ’ εὐθείας ἐκκινήσεως είναι σημαντικῶς μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ ὄνομαστικόν του ρεῦμα. Τοῦτο ἐπιβάλλει, ἐκτὸς ἀπὸ τὴν περίπτωσιν τῶν μικρῶν κινητήρων, τὴν χρησιμοποίησιν τῶν μέσων ἐκκινήσεως, ποὺ περιεγράψαμεν εἰς τὴν προηγουμένην παράγραφον. Ἀποτέλεσμα ὅμως τῆς χρησιμοποιήσεως τῶν μέσων αὐτῶν, τὰ ὅποια, ὅπως εἴδομεν, ἐλαττώνουν κατὰ τὴν ἐκκίνησιν τὴν ἐφαρμοζομένην τάσιν, είναι νὰ ἐλαττούται καὶ ἡ ροπὴ ἐκκινήσεως τοῦ κινητῆρος. Συνεπῶς οἱ κινητῆρες αὐτοὶ δύνανται νὰ ἐκκινοῦν μόνον ἐν κενῷ ἢ μὲ πολὺ ἡλαττωμένον φορτίον καὶ δι’ αὐτὸν χρησιμοποιοῦνται δι’ ισχὺν μέχρι μερικῶν κιλοβάττ.

Τὸ μειονέκτημα τοῦτο ἀντεμετωπίσθη μὲ τὴν κατασκευὴν κινητήρων βραχυκυκλωμένου δρομέως μὲ διπλοῦ τύλιγμα κλωβοῦ (παράγρ. 5 · 2). Τὸ ἔξωτερικὸν τύλιγμα (σχ. 5 · 2 γ) ἔχει ράβδους μικρᾶς διατομῆς καὶ συνεπῶς μεγάλης ώμικῆς ἀντιστάσεως. Ἐπίστης, ἐπειδὴ εύρισκεται πλησίον τῆς περιφερείας, ἡ αὐτεπαγωγική του ἀντίστασις λόγω σκεδάσεως είναι μικρά. Τὸ ἔσωτερικὸν τύλιγμα κλωβοῦ ἀποτελεῖται ἀπὸ ὀλιγωτέρας ράβδους μεγάλης διατομῆς. Ἐχει συνεπῶς μικρὰν ώμικὴν ἀντίστασιν, ἐνῷ ἡ αὐτεπαγωγική του ἀντίστασις είναι μεγάλη.

Μὲ τὴν βοήθειαν τῶν σχέσεων, ποὺ ἐδώσαμεν εἰς τὴν παράγρα-

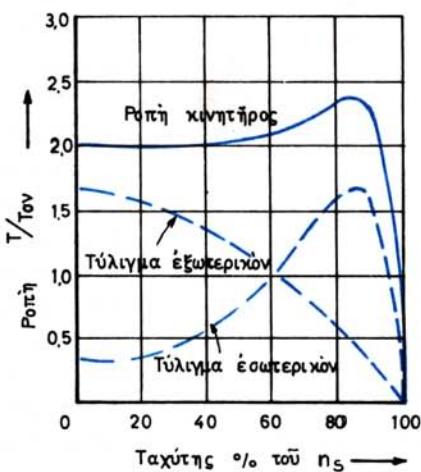
φον 5 · 5, είναι εύκολον νὰ συμπεράνῃ κανείς, ότι κατά τὴν ἐκκίνησιν, ὅπότε ἡ συχνότης τοῦ ρεύματος εἰς τὸ δρομέα είναι μεγάλη, ρεῦμα κυκλοφορεῖ κυρίως εἰς τὸ ἔξωτερικὸν τύλιγμα κλωβοῦ, τοῦ ὅποιου ἡ αὐτεπαγωγικὴ ἀντίστασις είναι μικρά. Κατὰ τὴν κανονικὴν λειτουργίαν, ἡ συχνότης τοῦ ρεύματος εἰς τὰ τυλίγματα κλωβοῦ τοῦ κινητῆρος είναι μικρά. Αἱ αὐτεπαγωγαὶ τῶν τυλιγμάτων αὐτῶν είναι τότε ἀμελητέαι ἔναντι τῶν ὡμικῶν ἀντίστασεών των. Συνεπῶς ρεῦμα κυκλοφορεῖ τότε κυρίως εἰς τὸ ἔσωτερικὸν τύλιγμα κλωβοῦ, τοῦ ὅποιου ἡ ὡμικὴ ἀντίστασις είναι πολὺ πιὸ μικρά.

Ἡ ροπή τοῦ κινητῆρος κάθε στιγμὴν είναι τὸ ἄθροισμα τῶν ροπῶν, ποὺ ἀναπτύσσονται εἰς ἕκαστον τύλιγμα κλωβοῦ, ὅπως δεικνύει ἡ σχετικὴ καμπύλη εἰς τὸ σχῆμα 5 · 10. Δίδοντες τὰς καταλλήλους διαστάσεις εἰς τὰ δύο τυλίγματα, είναι δυνατὸν νὰ διαμορφώσωμεν τὴν καμπύλην αὐτήν, ὥστε ὁ κινητήρος νὰ προσαρμόζεται ἀρισταὶ εἰς τὸ μηχάνημα, τὸ ὅποιον πρόκειται νὰ κινήσῃ. Τὸ ρεῦμα ἀπ' εύθειας ἐκκινήσεως εἰς τοὺς κινητῆρας αὐτοὺς είναι 2 ἔως 3,5 φοράς μεγαλύτερον ἀπὸ τὸ ὀνομαστικὸν ρεῦμα τοῦ κινητῆρος, ἐνῶ ὁ βαθμὸς ἀποδόσεώς των εἰς τὴν κανονικὴν λειτουργίαν είναι ἰκανοποιητικός.

5.11 Κινητήρες βαθέων αύλακων.

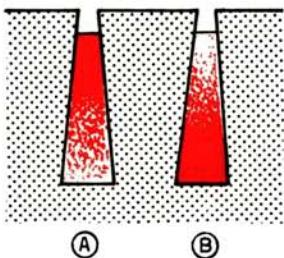
Οἱ κινητῆρες μετὰ διπλοῦ κλωβοῦ ἀντικαθίσταται ὀλονέν περισσότερον ἀπὸ τὸν κινητήρα βαθέων αύλακων (παράγρ. 5 · 2, σχ. 5 · 2 γ), ὁ ὅποιος είναι ἀπλούστερος εἰς τὴν κατασκευὴν καὶ είναι δυνατὸν νὰ ἔχῃ τὰ χαρακτηριστικὰ τοῦ πρώτου.

Ἡ αὐτεπαγωγὴ τῶν ράβδων μεταβάλλεται, ὅπως καὶ εἰς τὸν διπλοῦν κλωβόν, μὲ τὸ βάθος τῆς ὁδοντώσεως. Κατὰ τὴν ἐκκίνησιν,



Συνισταμένη ροπή κινητῆρος μετά διπλοῦ κλωβοῦ.

ἡ σύνθετος ἀντίστασις είναι μεγαλυτέρα διά τὰ μέρη τῶν ράβδων τὰ εύρισκόμενα εἰς τὸ βάθος. Συνεπῶς τὰ ἐπαγόμενα ρεύματα κυκλοφοροῦν κυρίως εἰς τὸ μέρος τῶν ράβδων τοῦ τυλίγματος πού είναι πρὸς τὴν περιφέρειαν, δηλαδὴ εἰς τὸ μέρος, ὅπου αἱ ράβδοι ἔχουν τὴν μικρότεραν διατομὴν καὶ συνεπῶς τὴν μεγαλυτέραν ὡμικήν ἀντίστασιν [σχ.



Σχ. 5 · 11.

Διανομὴ τοῦ ρεύματος εἰς κινητῆρας βαθέων αὐλάκων.

5 · 11 (A)]. Τοιουτορόπως ἀναπτύσσεται ίκανοποιητική ροτὴ ἐκκινήσεως.

“Οταν ἡ ταχύτης αὔξηθῇ κατὰ τὴν κανονικὴν λειτουργίαν, ὅπότε ἐλαττοῦται ἡ συχνότης τοῦ ἐπαγομένου εἰς τὸ τύλιγμα τοῦ δρομέως ρεύματος, ἡ σύνθετος ἀντίστασις είναι μικρότερα εἰς τὸ μέρος τῶν ράβδων, πού εύρισκονται πρὸς τὸ ἐσωτερικὸν τοῦ δρομέως. Τώρα ρεῦμα κυκλοφορεῖ κυρίως εἰς τὸ μέρος αὐτὸν τῶν ράβδων [σχ. 5 · 11 (B)]. Κατ’ αὐτὸν τὸν τρόπον ἔχασφαλίζεται ἡ κανονικὴ λειτουργία τοῦ κινητῆρος μὲ καλὸν βαθμὸν ἀποδόσεως.

Παρατηροῦμεν δηλαδὴ, ὅτι εἰς τοὺς κινητῆρας αὐτοὺς γίνεται μετατόπισις τοῦ ρεύματος ἐντὸς τῶν ράβδων τοῦ τυλίγματος κλωβοῦ. Αὐτὸς είναι ὁ λόγος πού, ὅπως ἀνεφέραμεν καὶ εἰς τὴν παράγραφον 5 · 2, οἱ δρομεῖς αὐτοὶ ὀνομάζονται δρομεῖς μετατοπίσεως ρεύματος.

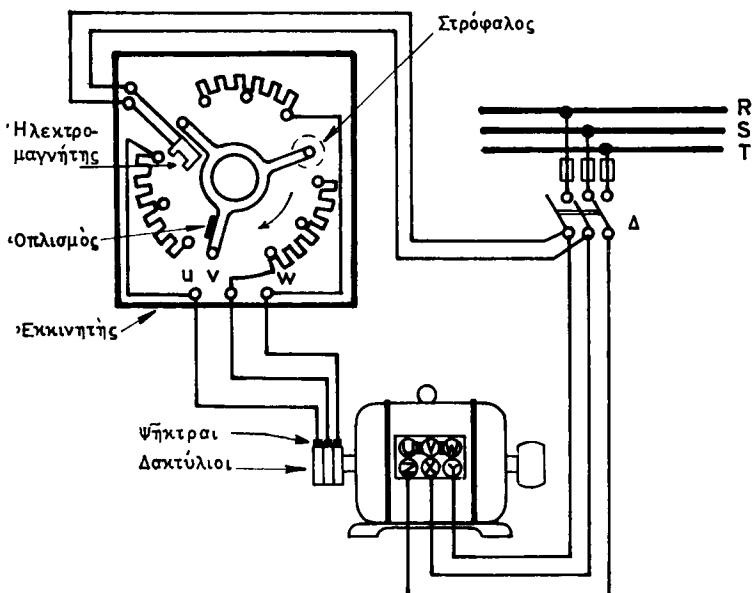
Οἱ κινητῆρες βαθέων αὐλάκων χρησιμοποιοῦνται σήμερον εἰς σημαντικὴν ἔκτασιν καὶ μάλιστα εἰς περιπτώσεις μὲ ἀπ’ εύθειας ἐκκίνησιν δι’ ἵσχυν μέχρι μερικῶν ἑκατοντάδων κιλοβάττ.

5 · 12 Ἐκκίνησις κινητήρων μετὰ δακτυλίων.

Εἰς τοὺς κινητῆρας μετὰ δακτυλίων διὰ νὰ ἐλαττώσωμεν τὴν ἔντασιν ἐκκινήσεως, ποὺ ἀπορροφοῦν ἀπὸ τὸ δίκτυον, ἔργαζόμεθα, ὅπως ἀνεφέραμεν καὶ εἰς τὴν παράγραφον 5 · 6, ἐδάφιον 2, ὡς ἔχης: συνδέομεν ἔνα τριφασικὸν ἐκκινητὴν ἐν σειρᾶ μὲ τὸ τύλιγμα τοῦ δρομέως μὲ τὴν βοήθειαν τῶν δακτυλίων καὶ τῶν ψηκτρῶν, ποὺ ἐφάπτονται εἰς αὐτοὺς (σχ. 5 · 12 α).

‘Ο ἐκκινητὴς τοῦ σχήματος 5 · 12 α παριστάνεται εἰς τὴν θέσιν ἡρεμίας. Διὰ τὴν ἐκκίνησιν τοῦ κινητῆρος, ἀφοῦ κλείσωμεν τὸν διακόπτην Δ, στρέφομεν τὸν στρόφαλον τοῦ ἐκκινητοῦ, ὥστε οἱ τρεῖς βραχίονές του νὰ ἔλθουν εἰς τὰς πρώτας ἐπαφάς. ‘Ολόκληροι αἱ ἀντιστά-

σεις τοῦ ἐκκινητοῦ είναι τότε ἐν σειρᾷ συνδεδεμέναι μὲ τὸ τύλιγμα τοῦ δρομέως. Μετὰ τὴν ἐκκίνησιν τοῦ κινητῆρος στρέφομεν σιγά-σιγά τὸν στρόφαλον εἰς τὰς δευτέρας ἐπαφὰς κ.λπ. μέχρι τὰς τελευταίας, ὅπότε ὅλαι αἱ ἀντιστάσεις τοῦ ἐκκινητοῦ θὰ είναι ἔκτος κυκλώματος. Τώρα δὲ στρόφαλος τοῦ ἐκκινητοῦ βραχυκυκλώνει τοὺς τρεῖς δακτυλίους.



Σχ. 5·12 α.

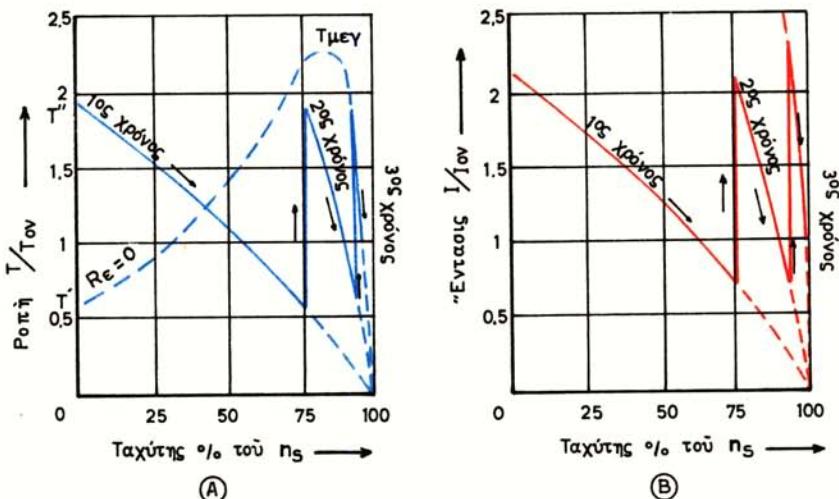
Συνδεσμολογία τριφασικοῦ ἐκκινητοῦ ἀντιστάσεων εἰς ἀσύγχρονον κινητῆρα μετά δακτυλίων.

"Αν δὲ κινητήρος φέρῃ σύστημα ἀνυψώσεως τῶν ψηκτρῶν, ὡς αὐτὸ τοῦ σχήματος 5·2 η, τότε, ἀφοῦ μέσω αὐτοῦ βραχυκυκλώσωμεν τοὺς δακτυλίους (παράγρ. 5·2), ἀφήνομεν τὸν στρόφαλον τοῦ ἐκκινητοῦ, δὲ ὅποιος μέσω ἐνὸς ἐλαστηρίου ἐπαναφορᾶς ἐπανέρχεται εἰς τὴν θέσιν ἡρεμίας, ἐνῶ δὲ κινητήρος ἐργάζεται κανονικά.

"Αν δὲ κινητήρος δὲν διαθέτῃ σύστημα ἀνυψώσεως τῶν ψηκτρῶν, δὲ στρόφαλος τοῦ ἐκκινητοῦ κρατεῖται εἰς τὴν τελευταίαν ἐπαφὴν μέσω ἐνὸς ἡλεκτρομαγνήτου ἐλαχίστου καὶ ἐνὸς ὁπλισμοῦ (σχ. 5·12 α). 'Εὰν δὲ' οἰονδήποτε λόγον ἐλαττωθῇ ἢ τάσις τοῦ δικτύου, δὲ ἡλεκτρο-

μαγνήτης έλαχίστου έλευθερώνει τὸν διπλισμόν του καὶ ὁ στρόφαλος ἐπιανέρχεται εἰς τὴν θέσιν ἡρεμίας. Τὸ αὐτὸ συμβαίνει καὶ ἀνά ἀνοίξωμεν τὸν διακόπτην Δ. Ἔτσι δὲν ὑπάρχει κίνδυνος νὰ ἐκκινήσῃ ὁ κινητήρος μὲ τὰς ἀντιστάσεις τοῦ ἐκκινητοῦ βραχυκυκλωμένας.

‘Ο ἐκκινητής τοῦ σχήματος 5 · 12 α φέρει τρεῖς ἐπαφὰς ἀνὰ ἀντίστασιν, δηλαδὴ ἡ ἐκκίνησις γίνεται εἰς τρεῖς χρόνους. Εἰς κάθε ἐπαφὴν τοῦ στροφάλου, δηλαδὴ εἰς κάθε χρόνον, είναι συνδεδεμένη διαφορετική ἀντίστασις ἐν σειρᾷ μὲ τὸ τύλιγμα τοῦ δρομέως. ‘Οπως εἰδούμεν δῆμως εἰς τὴν παράγραφον 5 · 6,



Σχ. 5 · 12 β.
Μεταβολὴ τῆς ροπῆς καὶ τῆς ἐντάσεως τοῦ στάτου, κατὰ τὴν ἐκκίνησιν κινητῆρος μετὰ δακτυλίων.

διὰ κάθε τιμὴν τῆς ἔξωτερικῆς ἀντιστάσεως ἔχομεν καὶ διαφορετικὴν καμπύλην μεταβολῆς τῆς ροπῆς συναρτήσει τοῦ ἀριθμοῦ στροφῶν (σχ. 5 · 6 γ). ‘Αρα κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς ἐκκίνησεως ἡ ροπὴ τοῦ κινητῆρος θὰ μεταβάλλεται, δῆπος δεικνύει τὸ σχῆμα 5 · 12 β (Α). Κατὰ τὸν τελευταῖον χρόνον, δῆτα δῆλη ἡ ἀντίστασις τοῦ ἐκκινητοῦ θὰ είναι ἐκτὸς κυκλώματος, ὅπότε ἔχομεν τὴν κανονικὴν λειτουργίαν τοῦ κινητῆρος, ἡ ροπὴ θὰ μεταβάλλεται ἐπὶ τῆς καμπύλης $R_e = 0$ τῶν σχημάτων 5 · 6 γ καὶ 5 · 12 β.

Εἰς τὸ σχῆμα 5 · 12 β (Β) παρίσταται ἡ ἀντίστοιχος μεταβολὴ τῆς ἐντάσεως, ποὺ ἀπορροφεῖ ὁ κινητήρος ἀπὸ τὸ δίκτυον καθ’ ὅλην τὴν διάρκειαν τῆς ἐκκίνησεως μέχρι καὶ τῆς κανονικῆς λειτουργίας (3ος χρόνος).

Παρατηροῦμεν ὅτι κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς ἐκκίνησεως ἡ ροπὴ τοῦ

κινητήρος κυμαίνεται μεταξύ δύο όριων T' και T'' . Τὰ δρια αύτὰ ρυθμίζονται μὲ κατάλληλον έκλογήν τῶν ἀντιστάσεων καὶ τοῦ ἀριθμοῦ τῶν χρόνων τοῦ ἔκκινητοῦ. Πάντως πρέπει νὰ σημειώσωμεν, ὅτι ὅσον τὸ διάνοια όριον T'' είναι μεγαλύτερον καὶ πλησιάζει τὸ $T_{μεγ}$, τόσον καὶ ἡ ἔντασις ἔκκινήσεως θὰ είναι μεγαλύτερά. Μόνον εἰς περιπτώσεις, πού ἀπαιτεῖται πολὺ μεγάλη ροπή ἔκκινήσεως, ἡ διλική ἀντίστασις τοῦ ἔκκινητοῦ ἐκλέγεται οὕτως, ὥστε τὸ T'' νὰ είναι ίσον μὲ τὸ $T_{μεγ}$. Π.χ. διὰ κινητῆρα, διὰ τὸν ὅποιον ισχύουν αἱ καμπύλαι τοῦ σχήματος $5 \cdot 6 \gamma$, θὰ πρέπει νὰ ληφθῇ διλική ἀντίστασις τοῦ ἔκκινητοῦ $R_E = 5 R_2$.

Ἡ ἔντασις ἔκκινήσεως είναι δυνατόν νὰ γίνῃ ὅσον θέλομεν μικρὰ διὰ καταλλήλου έκλογῆς τῆς διλικῆς ἀντίστασεως τοῦ ἔκκινητοῦ. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ὅμως ἐλαττώνεται καὶ ἡ ροπή ἔκκινήσεως T'' .

Παρὰ τὸ γεγονός ὅτι μὲ τὴν χρῆσιν τοῦ ἔκκινητοῦ εἰς τοὺς κινητῆρας μετὰ δακτυλίων βελτιώνονται σημαντικῶς αἱ συνθῆκαι ἔκκινήσεως, δι’ αὐξήσεως τῆς ροπῆς καὶ μειώσεως τοῦ ρεύματος, ἡ χρῆσις τῶν κινητήρων αὐτῶν είναι σχετικῶς περιωρισμένη. Τὸ κόστος των είναι ὑψηλότερον ἔναντι τῶν κινητήρων βραχυκυκλωμένου δρομέως καὶ ἡ συντήρησίς των είναι περισσότερον πολύπλοκος λόγω τῆς ὑπάρχεως τῶν δακτυλίων, ψηκτρῶν, κ.λπ. Χρησιμοποιοῦνται δι’ ισχύν μέχρι μερικῶν χιλιάδων κιλοβάττ.

5.13 Ρύθμισις της ταχύτητος περιστροφῆς.

“Οπως εἴδομεν εἰς τὴν παράγραφον 5.4, ἡ ταχύτης περιστροφῆς ἔνδει ἀσυγχρόνου κινητῆρος δίδεται ὑπὸ τῆς σχέσεως:

$$n = n_s (1 - s) \quad \text{εἰς στρ/s}$$

ὅπου: n_s είναι ἡ σύγχρονος ταχύτης εἰς στρ/s καὶ s ἡ διολίσθησις τοῦ κινητῆρος.

Εἶναι ὅμως:

$$n_s = \frac{f}{p} \quad \text{εἰς στρ/s}$$

ὅπου: f είναι ἡ συχνότης δικτύου τροφοδοτήσεως εἰς Hz καὶ p ὁ ἀριθμὸς ζευγῶν πόλων τοῦ τυλίγματος τοῦ κινητῆρος.

*Αρα:

$$n = \frac{f}{p} (1 - s) \quad \text{εἰς στρ/s}$$

’Απὸ τὴν σχέσιν αὐτὴν συμπεραίνομεν ὅτι διὰ νὰ μεταβάλωμεν τὴν ταχύτητα περιστροφῆς ἐνὸς ἀσυγχρόνου κινητῆρος, πρέπει νὰ μεταβάλωμεν ἔνα ἀπὸ τὰ μεγέθη s, p, f.

1) Ρύθμισις τῆς ταχύτητος διὰ μεταβολῆς τῆς διολισθήσεως.

’Η μέθοδος αὐτὴ εἶναι δυνατὸν νὰ ἐφαρμοσθῇ εἰς τοὺς κινητῆρας μετὰ δακτυλίων. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ἀπαιτεῖται ρυθμιστὴς στροφῶν, οἱ ὁποῖος συνδέεται ἀκριβῶς ὅπως ὁ ἐκκινητής (σχ. 5 · 12 α). ’Η μόνη διαφορὰ εἶναι, ὅτι αἱ ἀντιστάσεις τοῦ ρυθμιστοῦ στροφῶν εἶναι ὑπολογισμέναι, ὡστε νὰ δύνανται νὰ παραμένουν διὰ μεγάλα χρονικὰ διαστήματα εἰς τὸ κύκλωμα, χωρὶς κίνδυνον νὰ καταστραφοῦν ἀπὸ τὴν θερμότητα ποὺ παράγεται. Αἱ ἀντιστάσεις τοῦ ἐκκινητοῦ ἀντέχουν μόνον εἰς τὴν θερμότητα, ποὺ παράγεται κατὰ τὸ σύντομον χρονικὸν διάστημα κατὰ τὸ ὁποῖον διαφρεῖ ἡ ἐκκίνησις.

’Εὰν θέλωμεν νὰ ἐλαττώσωμεν τὴν ταχύτητα περιστροφῆς τοῦ κινητῆρος, εἰσάγομεν ἐν σειρᾷ μὲ τὸ τύλιγμα τοῦ δρομέως ἀντιστάσεις τοῦ ρυθμιστοῦ στροφῶν. ”Οσον μεγαλύτεραι εἶναι αἱ ἀντιστάσεις, τόσον μικροτέρα εἶναι ἡ ταχύτης τοῦ κινητῆρος δι’ ὥρισμένον φορτίον. Τοῦτο ἔξηγεῖται εὐκόλως μὲ τὴν βοήθειαν τῶν καμπυλῶν τοῦ σχήματος 5 · 6 γ. Διὰ φορτίον π.χ. ἵσον πρὸς τὸ T_{ov} ($\frac{T}{T_{ov}} = 1$) καὶ διὰ μηδενικὴν ἀντίστασιν τοῦ ρυθμιστοῦ στροφῶν ($R_e = 0$) ἔχομεν ταχύτητα τοῦ κινητῆρος n_k . ’Η ταχύτης τοῦ κινητῆρος ὑπὸ τὸ αὐτὸ φορτίον ἐλαττοῦται εἰς n_k' ἢ n_k'' , ἐὰν εἰσαγάγωμεν ἀντιστάσεις τοῦ ρυθμιστοῦ $R_e' = 2 R_2$ ἢ $R_e'' = 5 R_2$.

’Η μέθοδος αὐτὴ ρυθμίσεως τῶν στροφῶν τοῦ ἀσυγχρόνου κινητῆρος εἶναι ἀντιοικονομική, διότι ἐλαττοῦται σημαντικῶς ὁ βαθμὸς ἀποδόσεως τοῦ κινητῆρος, λόγω τῆς ἀπωλείας ἐνεργείας ὑπὸ μορφὴν θερμότητος, τὴν ὅποιαν ἔχομεν εἰς τὸν ρυθμιστὴν στροφῶν.

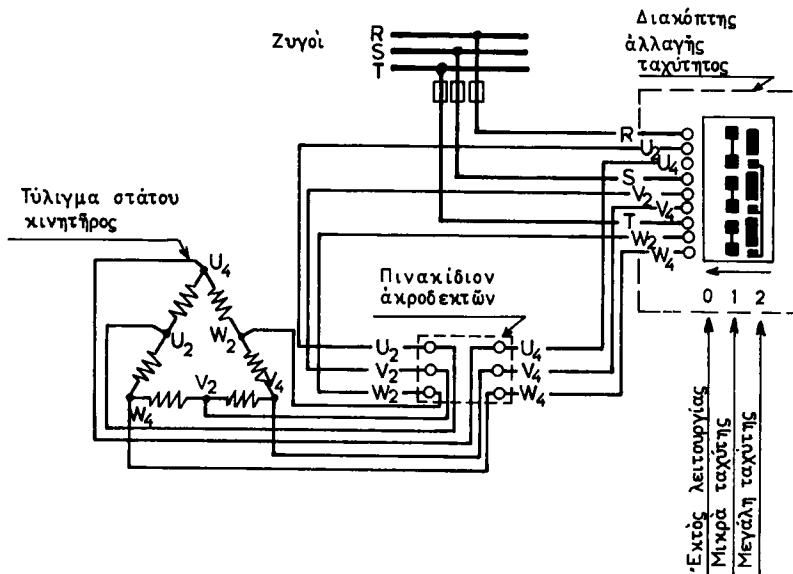
Πρέπει τέλος νὰ σημειώσωμεν ὅτι εἰς τὴν περίπτωσιν χρησιμοποιήσεως ρυθμιστοῦ στροφῶν, μεταβολὴ τοῦ φορτίου τοῦ κινητῆρος συνεπάγεται καὶ μεταβολὴ τῆς ταχύτητος περιστροφῆς του. ’Επίσης, ὅτι αὔξησις τῆς ταχύτητος τοῦ κινητῆρος πέρα τῆς συγχρόνου ταχύτητος δὲν εἶναι δυνατὴ διὰ τῆς μεθόδου αὐτῆς.

2) Μεταβολὴ τοῦ ἀριθμοῦ ζευγῶν πόλων τοῦ τυλίγματος.

’Η μέθοδος αὐτὴ ἔξητάσθη ἀναλυτικῶς εἰς τὴν παράγραφον

3·6, έφαρμόζεται δὲ εἰς τὴν περίπτωσιν κινητήρων βραχυκυκλωμένου δρομέως μὲ ἀπ' εὐθείας ἐκκίνησιν. "Οπως ἀνεφέραμεν ἔκει, διὸ τὴν ἀπόκτησιν κινητήρων μὲ δύο ἀριθμοὺς ταχυτήτων, πού νὰ ᾖχουν λόγον 1/2, χρησιμοποιοῦνται τυλίγματα Dahlander.

"Οταν ἡ ἀλλαγὴ ταχύτητος ἀπαιτῆται νὰ γίνεται τακτικὰ κατὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ κινητῆρος, τότε χρησιμοποιεῖται εἰδικὸς διακόπτης ἀλλαγῆς ταχύτητος, τοῦ ὅποιου τὴν πλήρη συνδεσμολογίαν δεικνύει τὸ σχῆμα 5·13 α.



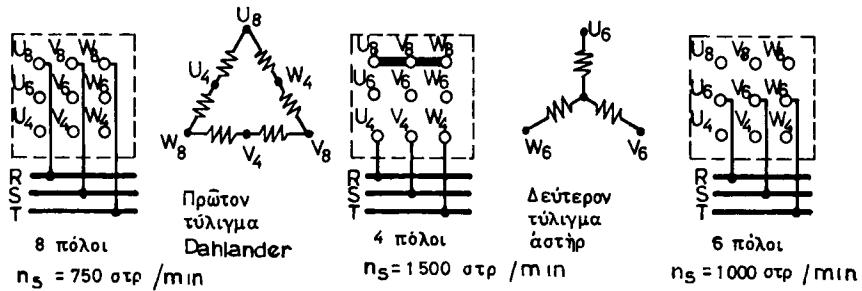
Σχ. 5·13 α.

Συνδεσμολογία διακόπτου ἀλλαγῆς ταχύτητος κινητήρος δύο ταχυτήτων.

'Η κατασκευὴ κινητήρων μὲ περισσοτέρας ἀπὸ δύο ταχύτητας, π.χ. μὲ τρεῖς ἢ τέσσαρας ταχύτητας, ἐπιτυγχάνεται μὲ τὴν τοποθέτησιν δύο τυλιγμάτων εἰς τὸν στάτην, ἐκ τῶν ὅποιών τὸ ἔνα είναι Dahlander (διὸ τρεῖς ταχύτητας) ἢ καὶ τὰ δύο (διὸ τέσσαρας ταχύτητας). Τὸ σχῆμα 5·13 β δεικνύει τὰ 2 τυλίγματα, τὸ πινακίδιον τῶν 9 ἀκροδεκτῶν καὶ τὴν σύνδεσιν μετὰ τῶν ζυγῶν ἐνὸς κινητῆρος τριῶν ταχυτήτων μὲ 8/6/4 πόλους.

4) Άλλαγή τῆς συχνότητος τοῦ ρεύματος τροφοδοτήσεως.

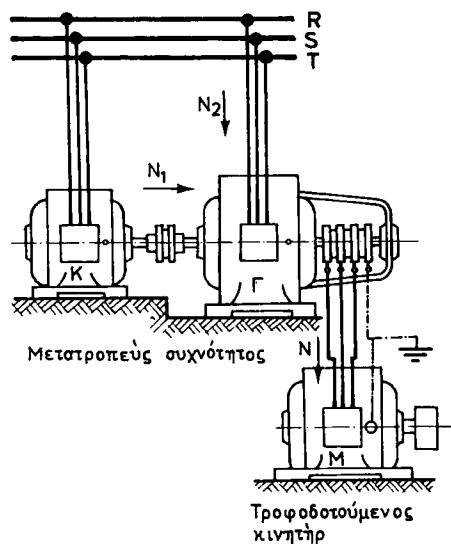
Η μέθοδος αύτή χρησιμοποιεῖται κυρίως, όταν θέλωμεν νὰ ἔχωμεν κινητήρας περιστρεφομένους μὲ ταχύτητας ἄνω τῶν 3000 στρ./min.



Σχ. 5 · 13 β.

Διπλοῦν τύλιγμα κινητήρος τριῶν ταχυτήτων 8/6/4 πόλων, 9 άκροδεκτῶν.

"Όπως είναι γνωστόν, μὲ ρεῦμα συχνότητος 50 Hz καὶ διπολικὸν κινη-



Σχ. 5 · 13 γ.

Μετατροπεύσ συχνότητος.

ται (σχ. 5 · 13 γ) ἀπὸ κινητῆρα βραχικυκλωμένου δρομέως K , ὁ ὅποιος κινεῖ τὸν δρομέα ἐνὸς κινητῆρος μετὰ δακτυλίων Γ , ποὺ χρη- σιμοποιεῖται ως γεννήτρια. Τὰ τυλίγματα τοῦ στάτου καὶ τῶν δύο

τῆρα ἔχομεν σύγχρονον τα- χύτητα 3000 στρ./min, πρα- γματικὴν δὲ ταχύτητα τοῦ κινητῆρος ὀλίγον μικροτέραν (κατὰ τὴν διολίσθησιν). Διὰ τὴν κίνησιν ὅμως ὡρισμένων μηχανημάτων, ὅπως π.χ. μη- χανημάτων ἐπεξεργασίας ξύ- λου, μηχανημάτων τῆς ὑφαν- τουργικῆς βιομηχανίας κ.λπ. ἀπαιτοῦνται ταχύτητες με- γαλύτεραι. Εἰς τὰς περιπτώ- σεις αὐτὰς τροφοδοτοῦμεν τοὺς κινητῆρας μὲ συχνότητα μεγαλυτέραν τῶν 50 Hz, τὴν ὅποιαν λαμβάνομεν συνήθως ἀπὸ ἀσύγχρονον μετατροπέα συχνότητος. Αὐτὸς ἀποτελεῖ-

μηχανῶν τροφοδοτοῦνται ἀπὸ τὸ δίκτυον ἡλεκτροδοτήσεως R, S, T (380 V, 50 Hz).

"Οταν ἡ μηχανὴ Γ εἶναι ἀκίνητος (διολίσθησις $s = 1$), ἐνῷ τὸ τύλιγμα τοῦ στάτου τῆς τροφοδοτεῖται μὲν ρεῦμα $f = 50 \text{ Hz}$, ἡ συχνότης f_2 τῆς ἡλεκτρεγερτικῆς δυνάμεως, ποὺ ἀναπτύσσεται εἰς τὸν δρόμεα, θὰ εἶναι, ὡς γνωστὸν (παράγρ. 5 · 5), ᾧση μὲ τὴν τοῦ δικτύου:

$$f_2 = s \cdot f = f$$

"Οταν ὁ κινητὴρ K κινῇ τὸν δρομέα τοῦ κινητῆρος μετὰ δακτυλίων Γ μὲ ταχύτητα n_K (στρ/s) κατὰ φορὰν ἀντίθετον ἀπὸ τὴν φορὰν περιστροφῆς τοῦ μαγνητικοῦ του πεδίου, ἡ συχνότης τοῦ ρεύματος τοῦ δρομέως τῆς μηχανῆς Γ αὔξανεται εἰς:

$$f_2 = f + p_G \cdot n_K$$

ὅπου: p_G εἶναι ὁ ἀριθμὸς ζευγῶν πόλων τοῦ κινητῆρος μετὰ δακτυλίων Γ.

Εἶναι ὅμως κατὰ προσέγγισιν:

$$n_K = \frac{f}{p_K}$$

ὅπου: p_K εἶναι ὁ ἀριθμὸς ζευγῶν πόλων τοῦ κινητῆρος K.

"Ἄρα:

$$f_2 = f + p_G \cdot \frac{f}{p_K} = f \left(1 + \frac{p_G}{p_K} \right)$$

"Ἄν π.χ. $p_G = 2$, $p_K = 2$ καὶ $f = 50 \text{ Hz}$ θὰ ἔχωμεν:

$$f_2 = 50 \left(1 + \frac{2}{2} \right) = 50 \times 2 = 100 \text{ Hz}$$

"Ο κινητὴρ M τροφοδοτούμενος ἀπὸ τοὺς δακτυλίους τοῦ μετατροπέως συχνότητος (σχ. 5 · 13 γ) θὰ ἔχῃ σύγχρονον ταχύτητα:

$$n_{sM} = \frac{f_2}{p_M} \quad \text{εἰς στρ/s}$$

ὅπου: p_M εἶναι ὁ ἀριθμὸς ζευγῶν πόλων τοῦ κινητῆρος M.

Π.χ. διὰ $p_M = 1$ καὶ $f_2 = 100 \text{ Hz}$ ἔχομεν:

$$n_{sM} = \frac{f_2}{p_M} = \frac{100}{1} = 100 \text{ στρ/s} \quad \text{ἢ}$$

$$n_{sM} = \frac{60 \cdot f_2}{p_M} = \frac{60 \times 100}{1} = 6000 \text{ στρ/min}$$

Η άποδιδομένη ύπό τοῦ μετατροπέως συχνότητος ίσχύς N λαμβάνεται κατά ένα μέρος N_1 άπό τὸν κινητῆρα K καὶ κατὰ τὸ ύπόλοιπον N_2 ἀπ' εύθειας άπό τὸ δίκτυον ἡλεκτροδοτήσεως. "Αν ἀγνοήσωμεν τὰς ἀπωλείας, ή ίσχύς τοῦ κινητῆρος K εἴναι:

$$N_1 = N \cdot \frac{f_2 - f}{f}$$

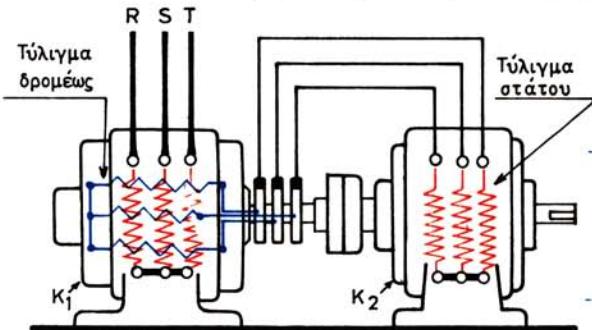
Π.χ. διὰ $f_2 = 100 \text{ Hz}$ καὶ $f = 50 \text{ Hz}$ εἴναι:

$$N_1 = N \cdot \frac{100 - 50}{100} = \frac{N}{2}$$

Δηλαδὴ ή ίσχύς τοῦ κινητῆρος πρέπει νὰ είναι τὸ ήμισυ τῆς ἀποδιδομένης ύπό τοῦ μετατροπέως ίσχύος.

5) Κλιμακωτὴ ζεῦξις.

Μία ἄλλη μέθοδος ρυθμίσεως τῆς ταχύτητος ἀσυγχρόνων κινητήρων, ή δοποία είναι συνδυασμὸς τῶν μεθόδων, ποὺ περιεγράφησαν



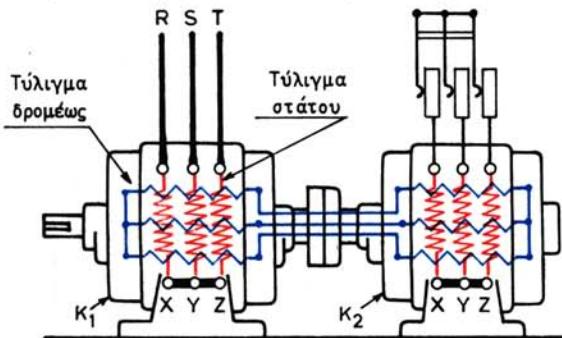
Σχ. 5 · 13 δ.

Κλιμακωτὴ ζεῦξις κινητῆρος μετὰ δακτυλίων μὲ κινητῆρα βραχυκυκλωμένου δρομέως.

προηγουμένως, είναι ή ὁνομαζομένη κλιμακωτὴ ζεῦξις δύο ή περισσοτέρων κινητήρων. Η ἐφαρμογὴ τῆς μεθόδου αὐτῆς μὲ δύο ἀσυγχρόνους κινητῆρας φαίνεται εἰς τὰ σχήματα 5 · 13 δ καὶ 5 · 13 ε. Αἱ δύο μηχαναὶ ἔχουν τοὺς ἀξονάς των μηχανικῶν συνδεδέμους.

Εἰς τὸ σχῆμα 5 · 13 δ ή μηχανὴ K_1 είναι κινητὴρ μετὰ δακτυλίων,

τοῦ ὅποίου τὸ τύλιγμα τοῦ στάτου τροφοδοτεῖται ἀπὸ τὸ δίκτυον. Ἡ K_2 εἶναι κινητὴρ βραχυκυκλωμένου δρομέως, τοῦ ὅποίου ὁ στάτης τροφοδοτεῖται ἀπὸ τοὺς δακτυλίους τοῦ δρομέως τῆς μηχανῆς K_1 . Εἰς τὸ σχῆμα 5·13ε καὶ αἱ δύο μηχαναὶ ἔχουν δρομέα μὲ τύλιγμα ἐναλλασσομένου ρεύματος. Ὁ δρομεὺς τῆς μηχανῆς K_2 τροφοδοτεῖται ἀπὸ τὸν δρομέα τῆς K_1 δι' ἀγωγῶν, οἱ ὅποιοι διέρχονται διὰ τοῦ κοίλου ἄξονος. Ἔτοι ἀποφεύγομεν τὴν χρησιμοποίησιν δακτυλίων καὶ ψηκτρῶν. Ὁ στάτης τῆς μηχανῆς K_2 συνδέεται εἰς μίαν ρυθμιστικὴν ἀντίστασιν, ἡ ὅποια χρησιμεύει διὰ τὴν ἐκκίνησιν.



Σχ. 5·13ε.

Κλιμακωτὴ ζεῦξις δύο ἀσυγχρόνων κινητήρων μετὰ δακτυλίων.

Ἐὰν p_1 καὶ p_2 εἶναι ὁ ἀριθμὸς ζευγῶν πόλων τῶν κινητήρων K_1 καὶ K_2 ἀντιστοίχως καὶ ἔὰν αἱ δύο μηχαναὶ εἶναι συνδεσμολογημέναι οὔτως, ὥστε αἱ ροπαὶ τῶν νὰ ἔχουν τὴν ἴδιαν φοράν, τότε ἡ σύγχρονος ταχύτης τῆς κλιμακωτῆς ζεύξεως δίδεται ὑπὸ τῆς σχέσεως:

$$\eta_s = \frac{f}{p_1 + p_2} \quad \text{εἰς στρ/ს}$$

Ἐὰν αἱ ροπαὶ τῶν δύο μηχανῶν ἔχουν ἀντιθέτους φορὰς (ἀρκεῖ δι' αὐτὸν νὰ ἀντιμεταθέσωμεν δύο ἀπὸ τοὺς τροφοδοτικοὺς ἀγωγοὺς τοῦ κινητῆρος K_2), τότε ἡ σύγχρονος ταχύτης τῆς διαφορικῆς κλιμακωτῆς ζεύξεως θὰ εἶναι:

$$\eta'_s = \frac{f}{p_1 - p_2} \quad \text{εἰς στρ/ს}$$

Ἐὰν τροφοδοτῆται μόνον ὁ κινητὴρ K_1 , τὸ συγκρότημα θὰ ἔχῃ σύγχρονον ταχύτητα:

$$n_{s_1} = \frac{f}{p_1} \quad \text{εἰς στρ/ს}$$

καὶ ἐὰν τροφοδοτῆται μόνον ὁ κινητήρ K_2 ἀπ' εὐθείας ἀπὸ τὸ δίκτυον, θὰ ἔχῃ σύγχρονον ταχύτητα:

$$n_{s_2} = \frac{f}{p_2} \quad \text{εἰς στρ/ს}$$

Παρατηροῦμεν δηλαδὴ ὅτι μὲ τὴν κλιμακωτὴν ζεῦξιν καὶ μὲ κατάλληλον διάταξιν διακοπτῶν εἶναι δυνατὸν νὰ ἔχωμεν τέσσαρας ταχύτητας. Ἐὰν $p_1 = p_2$, αἱ ταχύτητες αὐτὰὶ περιορίζονται εἰς δύο.

Εἰς τὴν κλιμακωτὴν ζεῦξιν ἡ ἐνέργεια, ἡ ὅποια ἔμφανίζεται ώς ἀπώλεια, ὅπως εἴδομεν εἰς τὸν ρυθμιστὴν στροφῶν τῶν κινητήρων μετὰ δακτυλίων, χρησιμοποιεῖται ἐπωφελῶς εἰς τὴν δευτέραν μηχανὴν K_2 .

Παράδειγμα.

Ποίας ταχύτητας εἶναι δυνατὸν νὰ ἔπιτύχωμεν μὲ δύο ἀσυγχρόνους κινητῆρας εἰς κλιμακωτὴν ζεῦξιν, ὅταν ὁ ἀριθμὸς τῶν ζευγῶν πόλων αὐτῶν εἶναι $p_1 = 4$, $p_2 = 3$ καὶ ἡ συχνότης τοῦ ρεύματος τροφοδοτήσεως $f = 50$ Hz.

Λύσις:

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

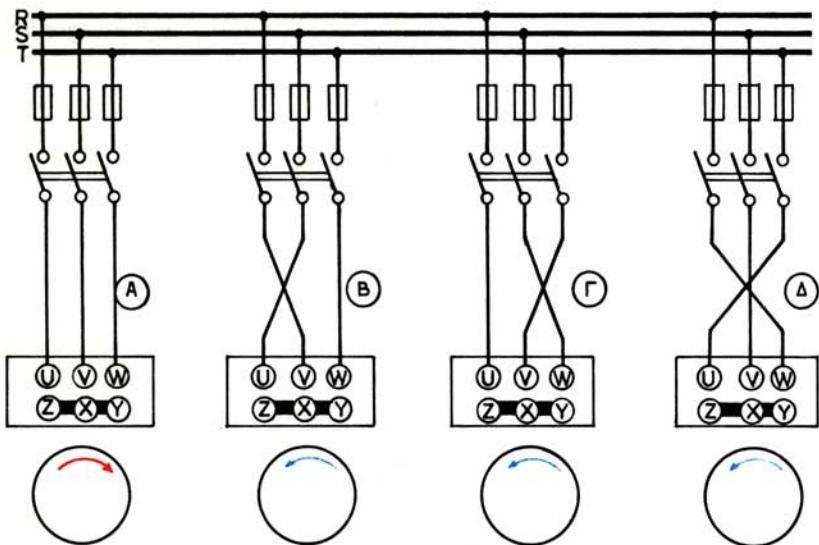
$$n'_s = \frac{f}{p_1 - p_2} = \frac{50}{4-3} = 50 \text{ στρ/ს} \quad \text{ἢ} \quad 3000 \text{ στρ/min}$$

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

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

5 · 14 Ἀλλαγὴ τῆς φορᾶς περιστροφῆς.

Ἡ φορὰ περιστροφῆς ἔνδος ἀσυγχρόνου τριφασικοῦ κινητῆρος, ὅπως ἔξηγήσαμεν εἰς τὴν παράγραφον 5 · 3, εἶναι ἡ ἴδια μὲ τὴν φορὰν περιστροφῆς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ στάτου. Συνεπῶς, διὰ νὰ



Σχ. 5.14 α.

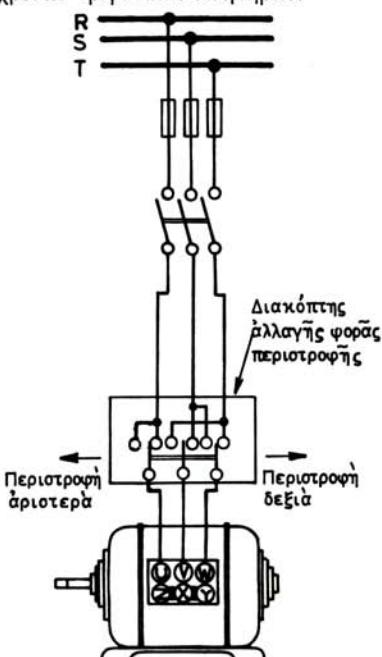
Άλλαγή φοράς περιστροφής άσυγχρόνων τριφασικών κινητήρων.

διλλάξωμεν τὴν φορὰν περιστροφῆς τοῦ κινητῆρος, πρέπει νὰ διλλάξωμεν τὴν φορὰν περιστροφῆς τοῦ μαγνητικοῦ του πεδίου. Τοῦτο γίνεται (παράγρ. 4·2) δι' ἀντιμεταθέσεως τῶν συνδέσεων μὲ τοὺς ἀκροδέκτας εἰς δύο ἀπὸ τοὺς τρεῖς ἀγωγοὺς τροφοδοτήσεως τοῦ κινητῆρος.

Ἐάν ἡ ἀλλαγὴ τῆς φορᾶς περιστροφῆς πρέπει νὰ γίνῃ μίαν μόνον φοράν, τότε ἡ ἀνωτέρω ἀντιμετάθεσις τῶν ἀγωγῶν γίνεται εἰς τὸ πινακίδιον ἀκροδεκτῶν τοῦ κινητῆρος, δῆπος δεικνύει τὸ σχῆμα

Σχ. 5.14 β.

Συνδεσμολογία διακόπτου ἀλλαγῆς φορᾶς περιστροφῆς.



5 · 14 α. Οίαδήποτε ἀπό τάς συνδεσμολογίας Β, Γ, Δ δίδει φοράν περιστροφῆς ἀντίθετον τῆς Α.

Ἐάν ἡ ἀλλαγὴ τῆς φορᾶς περιστροφῆς ἀπαιτήται νὰ γίνεται τακτικὰ κατὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ κινητῆρος, τότε χρησιμοποιεῖται εἰδικὸς διακόπτης ἀλλαγῆς φορᾶς περιστροφῆς, τοῦ ὅποίου τὴν συνδεσμολογίαν δεικνύει τὸ σχῆμα 5 · 14 β.

5 · 15 Βαθμὸς ἀποδόσεως καὶ συντελεστὴς ἰσχύος.

1) Βαθμὸς ἀποδόσεως.

Ο ἀκριβῆς ὑπολογισμὸς τοῦ βαθμοῦ ἀποδόσεως ἐνὸς κινητῆρος γίνεται διὰ τοῦ προσδιορισμοῦ τῶν ἀπωλειῶν του. Εἶναι, ὡς γνωστόν:

$$\eta = \frac{N}{N_1} = \frac{N_1 - N_{ap}}{N_1}$$

ὅπου: N εἶναι ἡ ἀποδιδομένη ὑπὸ τοῦ κινητῆρος ἰσχύς, N_1 ἡ ἀπορροφουμένη ἐκ τοῦ δικτύου ἰσχύς καὶ N_{ap} ἡ ἰσχύς τῶν ἀπωλειῶν.

Αἱ ἀπώλειαι τοῦ κινητῆρος δύνανται νὰ διαχωρισθοῦν εἰς δύο εἴδη: εἰς ἀπωλείας σταθεράς, δηλαδὴ ἀνεξαρτήτους τοῦ φορτίου τοῦ κινητῆρος καὶ εἰς ἀπωλείας ἔξαρτωμένας ἀπὸ τὸ φορτίον.

Σταθεραὶ ἀπώλειαι εἶναι αἱ μαγνητικαὶ ἀπώλειαι $N_{μαγ}$ (ἐξ ὑστερήσεως καὶ δινορεψμάτων) καὶ αἱ μηχανικαὶ ἀπώλειαι $N_{μη}$ (λόγω τριβῶν καὶ ἀερισμοῦ). Αἱ ἀπώλειαι αὐταὶ εἶναι σταθεραί, ἀν παραδεχθῶμεν ὅτι ἡ τάσις τροφοδοτήσεως τοῦ κινητῆρος εἶναι σταθερὰ καὶ ἡ ταχύτης περιστροφῆς του ἐπίστης περίπου σταθερά. Αἱ παραδοχαὶ αὗται ἰσχύουν πράγματι εἰς τὴν πρᾶξιν.

Ἀπώλειαι ἔξαρτωμεναι ἀπὸ τὸ φορτίον τοῦ κινητῆρος εἶναι αἱ ἡλεκτρικαὶ ἀπώλειαι τοῦ στάτου $N_{η·σ}$, αἱ ὄφειλόμεναι εἰς τὸ φαινόμενον τζούλ καὶ αἱ ἀντίστοιχοι ἀπώλειαι τοῦ δρομέως $N_{η·δ}$.

Εἶναι εὔκολον νὰ ἀποδειχθῇ, ὅτι οίαδήποτε καὶ ἀν εἶναι ἡ συνδεσμολογία (κατὰ τρίγωνον ἢ κατ' ἀστέρα) τῶν τριῶν φάσεων τοῦ στάτου καὶ μετρήσωμεν τὴν ὁμικήν ἀντίστασιν R_1 τοῦ τυλίγματος μεταξὺ δύο ἀκροδεκτῶν καὶ τὴν ἀπορροφουμένην κατὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ κινητῆρος ἔντασιν γραμμῆς I, αἱ ἡλεκτρικαὶ ἀπώλειαι τοῦ στάτου θὰ εἶναι:

$$N_{η·σ} = \frac{3}{2} \cdot R_1 \cdot I^2$$

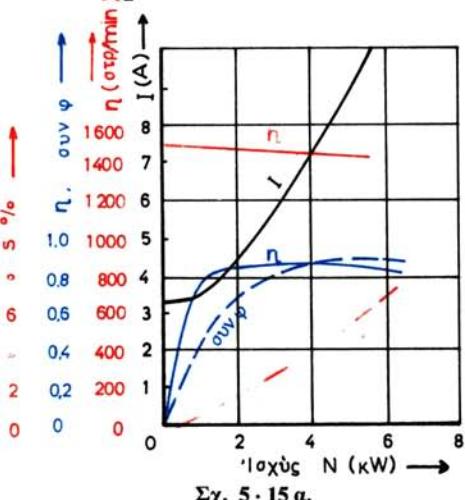
Αἱ ἡλεκτρικαὶ ἀπώλειαι τοῦ δρομέως ἀποδεικνύεται ὅτι εἶναι:

$$N_{\eta} \cdot \delta = s \cdot (N_1 - N_{\eta} \cdot \sigma) = s \cdot (N_1 - \frac{3}{2} \cdot R_1 \cdot I^2)$$

Αἱ σταθεραὶ ἀπώλειαι τοῦ κινητῆρος εἶναι δυνατὸν νὰ προσδιορισθοῦν μὲ τὸ πείραμα λειτουργίας ἐν κενῷ, κατὰ τὸ ὅποιον μετρεῖται ἡ ἀπορροφουμένη ὑπὸ τοῦ κινητῆρος ίσχὺς N_0 καὶ ἡ ἔντασις γραμμῆς I_0 . Εἶναι:

$$N_{\mu\alpha\gamma} + N_{\mu\eta\chi} = N_0 - \frac{3}{2} \cdot R_1 \cdot I_0^2$$

Ἡ μεταβολὴ τοῦ βαθμοῦ ἀποδόσεως ἐνὸς ἀσύγχρόνου κινητῆρος, ὅταν μεταβάλλεται τὸ φορτίον του, φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 5.15 α. "Οπως παρατηροῦμεν, εἰς μέγα περιθώριον μεταβολῶν τῆς ίσχύος τοῦ κινητῆρος ὁ βαθμὸς ἀποδόσεως παραμένει περίπου σταθερός. Τοῦτο ισχύει κυρίως διὰ κινητῆρας μικρᾶς καὶ μέσης ίσχυος καὶ ἔχει πρακτικὴν σημασίαν, διότι δίδει περιθώρια ἀσφολείας διὰ περιπτωσιν ὑπερφορτίσεως.



Καμπύλαι λειτουργίας κινητῆρος βραχυκυκλωμένου δρομέως 4 kW, 1500 στρ/мин.

Παράδειγμα.

Ἄσύγχρονος τριφασικὸς τετραπολικὸς κινητὴρ τάσεως 220 V Δ, 50 Hz περιστρέφεται μὲ ταχύτητα $n = 1450$ στρ/mino καὶ ἀπορροφεῖ ἔντασιν ρεύματος γραμμῆς 15 A μὲ συντελεστὴν ίσχυο $\sigma = 0.82$. Νὰ προσδιορισθῇ ὁ βαθμὸς ἀποδόσεως του ὑπὸ φορτίου, βάσει τῶν ἀποτελεσμάτων τῶν ἀκολούθων μετρήσεων: Ίσχὺς ἐν κενῷ $N_0 = 430$ W, ἔντασις ἐν κενῷ $I_0 = 2$ A, ἀντίστασις τοῦ τυλίγματος τοῦ στάτου ἐν θερμῷ μεταξὺ ἀκροδεκτῶν $R_1 = 0.8 \Omega$.

Αύσις:

‘Η άπορροφουμένη ύπό τοῦ κινητήρος ίσχὺς κατά τὴν λειτουργίαν ύπό φορτίον είναι:

$$N_1 = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \sigma_{\text{vph}} = 1,73 \times 220 \times 15 \times 0,82 = 4700 \text{ W}$$

Αἱ ἡλεκτρικαὶ ἀπώλειαι τοῦ στάτου κατά τὴν ἐν κενῷ λειτουργίαν είναι:

$$\frac{3}{2} \cdot R_1 \cdot I_0^2 = 1,5 \times 0,8 \times 2^2 = 5 \text{ W}$$

‘Η διολίσθησις κατά τὴν λειτουργίαν ύπό φορτίον είναι:

$$s = \frac{n_s - n}{n_s} = \frac{1500 - 1450}{1500} = 0,033$$

Συνεπῶς ἔχομεν:

$$N_{\mu\alpha\gamma\nu} + N_{\mu\eta\chi} = N_0 - \frac{3}{2} \cdot R_1 \cdot I_0^2 = 430 - 5 = 425 \text{ W}$$

$$N_{n \cdot \sigma} = \frac{3}{2} \cdot R_1 \cdot I^2 = 1,5 \times 0,8 \times 15^2 = 270 \text{ W}$$

$$N_{n \cdot \delta} = s \cdot (N_1 - \frac{3}{2} \cdot R_1 \cdot I^2) = 0,033 \cdot (4700 - 270) = 146 \text{ W}$$

Συνολικαὶ ἀπώλειαι $N_{\alpha\pi} = \overline{841 \text{ W}}$

Τέλος ὁ βαθμὸς ἀποδόσεως θὰ είναι:

$$\eta = \frac{N_1 - N_{\alpha\pi}}{N_1} = \frac{4700 - 841}{4700} = 0,82 \quad \text{ἢ} \quad 82\%$$

2) Συντελεστὴς ίσχύος.

Συντελεστὴς ίσχύος κινητῆρος ύπό ώρισμένον φορτίον είναι ὁ λόγος τῆς ἀπορροφουμένης ἐκ τοῦ δικτύου πραγματικῆς ίσχύος πρὸς τὴν φαινομένην ίσχύν:

$$\sigma_{\text{vph}} = \frac{N_1}{N_{1s}}$$

Διὰ τὴν μέτρησιν τοῦ συνφ ἀρκοῦν τὰ ὅργανα τοῦ σχήματος

5.6 α. Μὲ τὸ βαττόμετρον μετροῦμεν τὴν ίσχὺν N_1 (εἶναι τὸ τριπλάσιον τῆς ἐνδείξεως) καὶ μὲ τὸ βολτόμετρον καὶ ἀμπερόμετρον τὰ U καὶ I . Εἶναι τότε:

$$\sigma_{\text{υνφ}} = \frac{N_1}{\sqrt{3} \cdot U \cdot I}$$

*Ἐπίσης ἔχουμεν:

$$N_1 = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \sigma_{\text{υνφ}} \quad \text{καὶ}$$

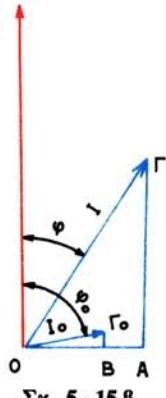
$$N = N_1 \cdot \eta = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \eta \cdot \sigma_{\text{υνφ}}$$

Αἱ τελευταῖαι δύο σχέσεις συνδέουν τὴν ἀπορροφουμένην ἢ ἀποδιδούμενην ίσχὺν τοῦ τριφασικοῦ κινητῆρος μὲ τὰ λοιπὰ στοιχεῖα καὶ μᾶς ἐπιτρέπουν νὰ ὑπολογίσωμεν οἰονδήποτε ἀπὸ αὐτά, ὅταν εἶναι γνωστὰ τὰ ἄλλα δι' ὧρισμένον φορτίον τοῦ κινητῆρος.

*Οπως παρατηροῦμεν ἀπὸ τὴν σχετικὴν καμπύλην (σχ. 5.15 α), τὸ συνφ μεταβάλλεται, ὅταν μεταβάλλεται τὸ φορτίον τοῦ κινητῆρος. Εἰς τοὺς συνήθεις κινητῆρας φθάνει τὸ 0,80 ἔως 0,90 εἰς τὸ κανονικὸν φορτίον. Κατὰ τὴν ἐν κενῷ λειτουργίαν τὸ συνφ τοῦ κινητῆρος εἶναι πολὺ μικρόν. *Η ἀπορροφουμένη τότε ἔντασις I_0 (σχ. 5.15 β) σχηματίζει μὲ τὴν τάσιν γωνίαν φ_0 , ἢ ὅποια πλησιάζει τὰς 90°. *Η I_0 εἶναι σημαντικὸν ποσοστὸν τῆς ἔντάσεως ὑπὸ τὸ ὀνομαστικὸν φορτίον, φθάνει δὲ τὰ 40% ἔως 50% αὐτῆς εἰς τοὺς μικροὺς κινητῆρας. Εἰς τοὺς μέσους καὶ μεγαλυτέρους κινητῆρας εἶναι περὶ τὰ 25% ἔως 30% τοῦ ὀνομαστικοῦ ρεύματος.

*Η I_0 ἀναλύεται εἰς μίαν μικρὰν ἐνεργὸν συνιστῶσαν BG_0 , ἢ ὅποια ἀντιμετωπίζει τὰς μικρὰς ἀπωλείας τοῦ κινητῆρος λειτουργοῦντος ἐν κενῷ καὶ εἰς μίαν ἔντασιν μαγνητίσεως OB , ἢ ὅποια σχηματίζει γωνίαν 90° μὲ τὴν τάσιν. *Η OB δὲν καταναλίσκει πραγματικὴν ίσχύν.

*Ομοίως ἡ ἔντασις I , τὴν ὅποιαν δὲ κινητὴρ ἀπορροφεῖ ἀπὸ τὸ δίκτυον, ὅταν λειτουργῇ ὑπὸ φορτίον, ἀναλύεται εἰς μίαν ἐνεργὸν συνιστῶσαν $A\Gamma$ καὶ εἰς μίαν ἀεργον (ἐπαγωγικὴν) συνιστῶσαν OA . *Η OA εἶναι ὀλίγον μεγαλυτέρα τῆς ἐν κενῷ OB . *Η ίσχύς, ἢ ὅποια μετατρέπεται εἰς μηχανικὴν ίσχὺν εἰς τὸν ἄξονα τοῦ κινητῆρος, εἶναι



Σχ. 5.15 β.

άναλογος πρὸς τὸ γινόμενον τῆς τάσεως ἐπὶ τὴν ἐνεργὸν συνιστῶσαν τοῦ ρεύματος ΑΓ.

5 · 16 Χαρακτηριστικὰ στοιχεῖα τῶν ἀσυγχρόνων κινητήρων.

Εἰς τὴν πινακίδα τοῦ κατασκευαστοῦ, ποὺ φέρει κάθε κινητήρ, ἀναγράφονται ἔκτὸς τῶν συνήθων ἐνδείξεων (ὄνομα κατασκευαστοῦ, ἀριθμὸς κατασκευῆς κ.λπ.) καὶ τὰ ἀκόλουθα χαρακτηριστικὰ στοιχεῖα:

α) Ἡ ὀνομαστικὴ ἴσχυς τοῦ κινητῆρος εἰς kW, ποὺ εἶναι ἡ χρήσιμος ἴσχυς, τὴν δποίαν ἀποδίδει ὁ κινητήρ εἰς τὸν ἄξονά του ὑπὸ τὸν ὀνομαστικὸν ἀριθμὸν στροφῶν. Ἐνίστε ἡ ὀνομαστικὴ ἴσχυς τοῦ κινητῆρος ἐκφράζεται εἰς ἵππους ($1 \text{ HP} = 0,736 \text{ kW}$).

β) Ὁ ἀριθμὸς τῶν φάσεων τοῦ κινητῆρος.

γ) Ἡ ὀνομαστικὴ συχνότης εἰς Hz, δηλαδὴ ἡ συχνότης τοῦ ρεύματος, ὑπὸ τὴν δποίαν ἐργαζόμενος ὁ κινητήρ ἀποδίδει τὰ ὀνομαστικά του μεγέθη.

δ) Ἡ ὀνομαστικὴ τάσις τοῦ κινητῆρος εἰς V. Δεδομένου ὅτι εἰς τοὺς τριφασικοὺς κινητῆρας εἶναι δυνατή ἡ κανονικὴ λειτουργία εἴτε ὑπὸ σύνδεσιν κατὰ τρίγωνον εἴτε κατ' ἀστέρα, ἡ ὀνομαστικὴ τάσις δίδεται διὰ δύο ἀριθμῶν, ἐκ τῶν δποίων ὁ πρώτος δίδει τὴν πολικήν τάσιν τοῦ δικτύου ἡλεκτροδοτήσεως διὰ κανονικήν λειτουργίαν τοῦ κινητῆρος μὲ σύνδεσιν κατὰ τρίγωνον, ὁ δὲ δεύτερος κατ' ἀστέρα, π.χ. 220/380 V. Ἡ τάσις ἔκτὸς τοῦ τρόπου αὐτοῦ, εἶναι δυνατὸν νὰ γραφῇ 220 V Δ, ποὺ σημαίνει ὅτι ὁ κινητήρ εἶναι κατεσκευασμένος διὰ νὰ ἐργάζεται κανονικῶς εἰς δίκτυον πολικῆς τάσεως 220 V, ὅταν εἶναι συνδεσμολογημένος κατὰ τρίγωνον. Αὔτονότον εἶναι ὅτι ὁ ἴδιος κινητήρ συνδεσμολογημένος κατ' ἀστέρα δύναται νὰ ἐργασθῇ κανονικῶς εἰς δίκτυον πολικῆς τάσεως 380 V. Δι' αὐτὸν εἰς τὸν ἴδιον κινητῆρα δύναται νὰ ἀναγραφῇ τάσις 380 V Y.

ε) Ἡ ὀνομαστικὴ ἔντασις τοῦ κινητῆρος, δηλαδὴ ἡ ἔντασις γραμμῆς ποὺ ἀπορροφεῖ ἀπὸ τὸ δίκτυον ἡλεκτροδοτήσεως ὑπὸ τὸ δονομαστικόν του φορτίον.

στ) Ὁ συντελεστής ἴσχυος ὑπὸ τὴν ὀνομαστικὴν ἴσχυν.

ζ) Ἡ ταχύτης περιστροφῆς εἰς στρ./min ὑπὸ τὴν ὀνομαστικὴν ἴσχυν.

η) Εἰς τοὺς κινητῆρας μετὰ δακτυλίων ἀναφέρονται ἐπίσης ἡ τάσις καὶ ἡ ἔντασις δρομέως (παράγρ. 5 · 5).

‘Ο Πίναξ 5 · 16 · 1 περιέχει μέσας τιμάς τῶν κυριωτέρων χαρακτηριστικῶν στοιχείων ἀσυγχρόνων τριφασικῶν κινητήρων. Τὰς τιμὰς αὐτὰς δυνάμεθα νὰ τὰς συμβούλευμάθεα μόνον ὡς τάξιν μεγέθους κάθε στοιχείου. Δι’ ἀκριβεῖς ύπολογισμοὺς πρέπει νὰ χρησιμοποιοῦμεν τὰ πραγματικὰ στοιχεῖα, ποὺ δίδουν οἱ κατασκευασταὶ διὰ τοὺς ὑπ’ αὐτῶν κατασκευαζομένους τύπους κινητήρων.

Π Ι Ν Α Ε 5 · 16 · 1

Μέσαι τιμαὶ τῶν χαρακτηριστικῶν στοιχείων ἀσυγχρόνων τριφασικῶν κινητήρων

'Όνομαστικὴ Ἰσχὺς kW	HP	Βαθμὸς ἀποδόσεως η	Συντελεστὴς ἰσχύος συνφ	'Απορροφου- μένη Ἰσχὺς ἐκ τοῦ δικτύου kW	'Όνομαστικὴ ἐντασίς εἰς Α διὰ πολικήν τάσιν	
					220 V	380 V
0,5	0,68	0,70	0,72	0,72	2,7	1,6
1	1,36	0,75	0,75	1,34	4,7	2,7
1,5	2,04	0,78	0,79	1,92	6,4	3,7
2	2,73	0,79	0,80	2,53	8,3	4,8
3	4,08	0,80	0,82	3,75	12,1	7
4	5,44	0,82	0,83	4,88	15,5	9
5	6,80	0,84	0,83	5,95	18,9	11
6	8,16	0,85	0,84	7,06	22,1	13
7	9,52	0,85	0,84	8,24	25,7	15
8	10,88	0,85	0,84	9,40	29,5	17
9	12,2	0,86	0,85	10,47	32,5	19
10	13,6	0,86	0,85	11,64	36	21
15	20,4	0,88	0,86	17,05	52	30
20	27,2	0,89	0,87	22,5	68	39
30	40,8	0,9	0,88	33,3	100	58
40	54,4	0,9	0,89	44,5	132	77
50	68,0	0,91	0,89	55	163	95
60	81,6	0,91	0,89	66	195	113
80	108,8	0,915	0,89	87,5	259	150
100	136,0	0,915	0,89	110	323	187
150	204,0	0,92	0,90	163	477	276
200	272,0	0,92	0,90	217	637	370

5.17 Μεταβολὴ τῆς τάσεως καὶ συχνότητος του δικτύου ήλεκτροδοτήσεως.

1) *Μεταβολὴ τῆς τάσεως ὑπὸ σταθερὰν συχνότητα.*

Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν δλαι αἱ ροπαὶ καὶ ιδιαιτέρως ἡ ροπὴ ἐκ-

κινήσεως καὶ ἡ μεγίστη ροπὴ (ροπὴ ἀνατροπῆς) τοῦ κινητῆρος μεταβάλλονται μὲ τὸ τετράγωνον τῆς τάσεως. Ἡ ἔντασις ἐκκινήσεως μεταβάλλεται δυναλόγως πρὸς τὴν τάσιν.

“Οταν ἡ τάσις τοῦ δικτύου αύξάνεται μὲ σταθερὰν τὴν ἀνθισταμένην ροπὴν τοῦ φορτίου, ἡ ἀποδιδομένη ἴσχὺς καὶ ἡ ταχύτης τοῦ κινητῆρος αύξάνονται ἐπίσης. Ἡ ἀπορροφουμένη ἔντασις ρεύματος παραμένει περίπου σταθερά καθὼς καὶ ἡ θερμοκρασία τοῦ κινητῆρος. “Οταν ἀντιθέτως ἡ τάσις μειοῦται μὲ σταθερὰν πάλιν τὴν ροπὴν τοῦ φορτίου, ἡ ἴσχὺς καὶ ἡ ταχύτης τοῦ κινητῆρος μειοῦνται ἐπίσης, ἐνώ ἡ ἔντασις ρεύματος καὶ ἡ θερμοκρασία τοῦ αὔξανονται.

‘Ο κινητὴρ ἀναπτύσσει τὴν δύναμαστικήν του ἴσχυν, ὅταν αἱ μεταβολαὶ τῆς τάσεως τοῦ δικτύου δέν ὑπερβαίνουν τὸ ± 5% τῆς δύναμαστικῆς τάσεως.

2) Μεταβολὴ τῆς συχνότητος ὑπὸ σταθερὰν τάσιν.

Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτήν, ἐὰν ἡ ἀνθισταμένη ροπὴ τοῦ φορτίου είναι σταθερά, ἡ ταχύτης καὶ ἡ ἴσχὺς τοῦ κινητῆρος μεταβάλλονται δυναλόγως πρὸς τὴν συχνότητα. “Ολα τὰ λοιπὰ χαρακτηριστικὰ στοιχεῖα ὑφίστανται τὴν ἐπίδρασιν τῆς μεταβολῆς τῆς συχνότητος κατὰ τὸ ἕδιον ποσοστόν, ἀλλὰ ἀντιστρόφως, μὲ ἀντίστοιχον μεταβολὴν τῆς τάσεως.

3) Μεταβολὴ τῆς τάσεως καὶ τῆς συχνότητος.

Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν κινητῆρες κατεσκευασμένοι διὰ νὰ ἐργάζωνται ὑπὸ συχνότητα 50 Hz δύνανται νὰ ἐργασθοῦν καὶ ὑπὸ συχνότητα 40 Hz ἢ 60 Hz, ὑπὸ τὰς τάσεις ποὺ ἀναγράφονται εἰς τὸν Πίνακα 5.17.1.

Π Ι Ν Α Ε 5.17.1

Μεταβολαὶ τῆς τάσεως καὶ τῆς συχνότητος κινητῆρος

Κινητὴρ κατεσκευασμένος διὰ 50 Hz καὶ τάσιν	Δύναται νὰ ἐργασθῇ μὲ	
	40 Hz καὶ τάσιν	60 Hz καὶ τάσιν
220 V	180 V	255 V
380 V	315 V	440 V
500 V	415 V	570 V
‘Η ἀντίστοιχος ἴσχὺς τοῦ κινητῆρος θὰ είναι:		
100%	80%	115%
‘Η ἀντίστοιχος ταχύτης τοῦ κινητῆρος θὰ είναι:		
100%	80%	120%

5 · 18 Ανακεφαλαίωσις.

α) Οἱ ἀσύγχρονοι ἢ ἐπαγωγικοὶ τριφασικοὶ κινητῆρες είναι δύο εἰδῶν: 1) Κινητῆρες μετὰ βραχυκυκλωμένου δρομέως. 2) Κινητῆρες μετὰ διακτυλίων.

β) Κατασκευαστικῶς ὁ στάτης τῶν κινητήρων αὐτῶν εἰναι ὅμοιος μὲ τὸν στάτην τῶν συγχρόνων τριφασικῶν κινητήρων. 'Ο δρομεὺς τῶν κινητήρων βραχυκυλωμένου δρομέως φέρει τύλιγμα κλωβοῦ ἀπλοῦν, διπλοῦν ἢ βαθέων αὐλάκων. 'Ο δρομεὺς τῶν κινητήρων μετὰ δακτυλίων φέρει κανονικὸν τριφασικὸν ἢ διφασικὸν τύλιγμα, τοῦ δποίου τὰ ἄκρα συνδέονται εἰς τοὺς τρεῖς δακτυλίους.

γ) 'Η λειτουργία τῶν ἀσυγχρόνων κινητήρων βασίζεται ἐπὶ τῆς δημιουργίας περιστρεφομένου μαγνητικοῦ πεδίου ὑπὸ τοῦ τριφασικοῦ τυλίγματος τοῦ στάτου. Τὸ πεδίον τοῦτο δημιουργεῖ ἔξι ἐπαγγγῆς ρεύματα ἐντὸς τῶν ἀγωγῶν τοῦ δρομέως, μὲ ἀποτέλεσμα τὴν ἀνάπτυξιν δυνάμεων, αἱ δποίαι ἀσκοῦν ροπὴν ἐπὶ τοῦ δρομέως. 'Η ροπὴ αὐτὴ κινεῖ τὸν δρομέα καὶ τὸ συνδεδεμένον εἰς αὐτὸν φορτίον.

δ) 'Η ταχύτης τοῦ δρομέως οὐδέποτε φθάνει τὴν σύγχρονον ταχύτητα, ὑπὸ τὸ κανονικὸν ὅμως φορτίον δὲν ἀπέχει πολὺ αὐτῆς. 'Ονομάζομεν διολίσθησιν τὸν λόγον:

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

ε) 'Η τάσις καὶ ἡ ἔντασις, ποὺ ἀναπτύσσονται εἰς τὸ τύλιγμα τοῦ δρομέως, καὶ ἡ συχνότης αὐτῶν ἔξαρτῶνται ἀπὸ τὴν διολίσθησιν. Αἱ μέγισται τιμαί των σημειούνται εἰς τὴν ἀρχὴν τῆς ἐκκινήσεως ($s = 1$) καὶ ἐλαττούνται ὅσον ἡ s ἐλαττούται.

στ) Εἰς κινητῆρα μετὰ δακτυλίων ὀνομάζομεν τάσιν δρομέως τὴν τάσιν μεταξὺ τῶν δακτυλίων μὲ ἀνυψωμένας τὰς ψήκτρας (ὅπότε ὁ δρομεὺς εἶναι ἐν στάσει), ὅταν τὸ τύλιγμα τοῦ στάτου τροφοδοτῆται μὲ τὴν κανονικὴν τάσιν. 'Ομοίως ὀνομάζομεν ἔντασιν δρομέως τὴν ἔντασιν εἰς τὸ τύλιγμα τοῦ δρομέως κατὰ τὴν λειτουργίαν ὑπὸ τὸ ὀνομαστικὸν φορτίον τοῦ κινητῆρος καὶ τὴν ὀνομαστικὴν ταχύτητα.

ζ) 'Η ροπὴ ἐνὸς ἀσυγχρόνου κινητῆρος, ἡ ὁποία ἔξαρτᾶται ἀπὸ τὸ τετράγωνον τῆς ἐφαρμοζομένης τάσεως, δίδεται ὑπὸ τοῦ τύπου:

$$T = \frac{N}{2 \cdot \pi \cdot n}$$

'Η μεγίστη τιμὴ τῆς ροπῆς αὐτῆς δὲν ἔξαρτᾶται ἀπὸ τὴν ἀντίστασιν τοῦ δρομέως. 'Αντιθέτως ἡ διολίσθησις ἢ ἡ ταχύτης, ὑπὸ τὴν

όποίαν έχομεν τήν μεγίστην ροπήν, έξαρτάται άπό τήν άντιστασιν τοῦ δρομέως.

η) Κατὰ τήν έκκινησιν δ ἀσύγχρονος κινητήρ συμπεριφέρεται ως μετασχηματιστής, τοῦ ὅποίου τὸ δευτερεῦον εἶναι βραχυκυκλωμένον καὶ ως ἐκ τούτου ἡ ἔντασις ἐκκινήσεως εἶναι πολὺ μεγάλη. Δυνάμεθα νὰ τὴν ἐλαττώσωμεν εἰς τοὺς κινητῆρας μετὰ δακτυλίων, αὐξάνοντες τήν άντιστασιν τοῦ δρομέως.

θ) Διὰ τήν ἐκκίνησιν τῶν κινητήρων βραχυκυκλωμένου δρομέως χρησιμοποιοῦνται αἱ ἀκόλουθοι μέθοδοι: 1) Ἀπ' εύθειας ἐκκίνησις. 2) Ἐκκίνησις μὲ διακόπτην ἀστέρος - τριγώνου. 3) Ἐκκίνησις μὲ ἀντιστάσεις εἰς τὸν στάτην. 4) Ἐκκίνησις μὲ αὐτομετασχηματιστήν.

ι) Οἱ κινητῆρες ἀπλοῦ κλωβοῦ εἶναι ἀσφαλεῖς εἰς τὴν λειτουργίαν, ἔχουν χαμηλὸν κόστος, καλὸν βαθμὸν ἀποδόσεως καὶ ἀπλῆν συντήρησιν. Μειονεκτοῦν ὅμως ως πρὸς τὰς συνθήκας ἐκκινήσεως. Ἐχουν μεγάλην ἔντασιν ἐκκινήσεως καὶ μικρὰν ροπήν. Διὰ τὴν ἐλάττωσιν τῆς ἔντάσεως ἐκκινήσεως μὲ τὰς ἀναφερθείσας εἰς τὴν προηγουμένην παράγραφον μεθόδους, ἐλαττώνομεν τὴν ἐφαρμοζομένην κατὰ τὴν ἐκκίνησιν τάσιν. Τοῦτο ὅμως ἔχει ως ἀποτέλεσμα ἐλάττωσιν καὶ τῆς ροπῆς ἐκκινήσεως. Οἱ κινητῆρες αὐτοὶ χρησιμοποιοῦνται δι' ἵσχυν μέχρι μερικῶν κιλοβάττ.

ια) Οἱ κινητῆρες διπλοῦ κλωβοῦ καὶ οἱ νεώτεροι αὐτῶν κινητῆρες βαθέων αὐλάκων ἔχουν ροπήν ἐκκινήσεως ἀρκετὰ ὑψηλὴν μὲ ἔντασιν ἐκκινήσεως περιωρισμένην. Ἐπίσης ἔχουν καλὸν βαθμὸν ἀποδόσεως εἰς τὴν κανονικὴν λειτουργίαν. Χρησιμοποιοῦνται δι' ἵσχυν μέχρι μερικῶν ἑκατοντάδων κιλοβάττ.

ιβ) Οἱ κινητῆρες μετὰ δακτυλίων ἐκκινοῦν μὲ τὴν βοήθειαν ἐκκινητῶν ἀπὸ ἀντιστάσεις, αἱ ὅποιαι συνδέονται εἰς τὸ τύλιγμα τοῦ δρομέως. Τοιουτορόπως διὰ τῆς μεταβολῆς τῆς ἀντιστάσεως τοῦ δρομέως δυνάμεθα νὰ ἐλαττώσωμεν τὴν ἔντασιν ἐκκινήσεως καὶ νὰ αὐξήσωμεν ταυτοχρόνως τὴν ροπήν ἐκκινήσεως. Μειονέκτημα τῶν κινητήρων αὐτῶν εἶναι ὅτι ἔχουν ὑψηλὸν κόστος καὶ ἀπαιτοῦν προσεκτικὴν συντήρησιν. Χρησιμοποιοῦνται μέχρι τὰς μεγαλυτέρας ἴσχυς.

ιγ) Ἡ ρύθμισις τῆς ταχύτητος εἰς τοὺς ἀσυγχρόνους κινητῆρας γίνεται: 1) Διὰ μεταβολῆς τῆς διολισθήσεως, δηλαδὴ δι' εἰσαγωγῆς ἀντιστάσεων εἰς τὸ τύλιγμα τοῦ δρομέως τῶν κινητήρων μετὰ δακτυλίων. Ἡ μέθοδος εἶναι ἀντιοικονομική. 2) Διὰ μεταβολῆς τοῦ ἀριθμοῦ

ζευγῶν πόλων τοῦ τυλίγματος τοῦ στάτου εἴτε διὰ τῆς μεθόδου Dahlander εἴτε διὰ τοποθετήσεως περισσοτέρων τοῦ ἐνὸς τυλιγμάτων.

3) Δι' ἀλλαγῆς τῆς συχνότητος τοῦ ρεύματος τροφοδοτήσεως. Ἡ μέθοδος αὐτὴ χρησιμοποιεῖται κυρίως, ὅταν θέλωμεν νὰ ἐπιτύχωμεν ταχύτητας ἄνω τῶν 3000 στρ./min.

ιδ) Ἡ ἀλλαγὴ τῆς φορᾶς περιστροφῆς εἰς τοὺς ἀσυγχρόνους τριφασικοὺς κινητῆρας γίνεται δι' ἀντιμεταθέσεως τῶν συνδέσεων μὲ τοὺς ἀκροδέκτας εἰς δύο ἀπὸ τοὺς τρεῖς ἀγωγούς τροφοδοτήσεως τοῦ κινητῆρος.

ιε) Ὁ βαθμὸς ἀποδόσεως κινητῆρος δίδεται ὑπὸ τῆς σχέσεως:

$$\eta = \frac{\text{ἀποδιδομένη ἰσχὺς}}{\text{ἀπορροφουμένη ἰσχὺς}} = \frac{N_1 - N_{ap}}{N_1}$$

ιστ) Ὁ συντελεστὴς ἰσχύος τριφασικοῦ κινητῆρος δίδεται ὑπὸ τῆς σχέσεως:

$$\sigma_{\text{υνφ}} = \frac{\text{ἀπορροφουμένη πραγματικὴ ἰσχὺς}}{\text{ἀπορροφουμένη φαινομένη ἰσχὺς}} = \frac{N_1}{\sqrt{3} \cdot U \cdot I}$$

ιζ) Τὰ χαρακτηριστικὰ στοιχεῖα τῶν συγχρόνων κινητήρων είναι:

1) Ἡ ὀνομαστικὴ ἰσχὺς (kW). 2) Ὁ ἀριθμὸς φάσεων. 3) Ἡ ὀνομαστικὴ συχνότης (Hz). 4) Ἡ ὀνομαστικὴ τάσις (V). 5) Ἡ ὀνομαστικὴ ἔντασις (A). 6) Ὁ συντελεστὴς ἰσχύος ὑπὸ τὸ ὀνομαστικὸν φορτίον. 7) Ἡ ταχύτης περιστροφῆς (στρ./min). 8) Ἡ τάσις καὶ ἡ ἔντασις δρομέως εἰς τοὺς κινητῆρας μετὰ δακτυλίων.

5 · 19 Έρωτήσεις.

α) Ποια τὰ εἶδη τῶν τριφασικῶν ἐπαγωγικῶν κινητήρων καὶ εἰς τί διαφέρουν κατασκευαστικῶς μεταξύ των;

β) Ποία ἡ ἀρχὴ λειτουργίας τῶν τριφασικῶν κινητήρων βραχυκυκλωμένου δρομέως;

γ) Τί είναι διολίσθησις ἀσυγχρόνου κινητῆρος, μὲ ποίαν σχέσιν ἐκφράζεται καὶ ἀπὸ τί ἔχαρτάται; Δύναται κινητήρας αὐτοῦ τοῦ εἶδους νὰ λειτουργήσῃ μὲ μηδενικήν διολίσθησιν; Ναι ἢ ὅχι καὶ διατί;

δ) Είναι δυνατὸν οἱ ἀγωγοί, ποὺ συνδέουν τὸν ἔκκινητήν μὲ τὰς ψήκτρας κινητῆρος μετὰ δακτυλίων, νὰ είναι μεγαλυτέρας διατο-

μῆς ἀπὸ τοὺς τροφοδοτικοὺς ἀγωγοὺς τοῦ κινητῆρος καὶ διατί;
ε) Ἀπὸ τί ἔκαρτάται ἡ συχνότης τοῦ ρεύματος τοῦ δρομέως
εἰς τοὺς ἐπαγωγικοὺς κινητῆρας;

στ) Πῶς μεταβάλλεται ἡ ροπὴ ἀσυγχρόνου τριφασικοῦ κινητῆρος συναρτήσει τῆς ταχύτητος του, ὅταν ἡ ἀντίστασις τοῦ δρομέως εἴναι σταθερά; (Νὰ χαραχθῇ μία σχετικὴ καμπύλη). Τί ὄνομάζομεν ροπὴν ἀνατροπῆς καὶ ποία ἡ σημασία της κατὰ τὰς διακυμάνσεις τοῦ φορτίου;

ζ) Πῶς προσαρμόζεται αὐτομάτως ἡ ἀπορροφουμένη ἵσχυς ἐνὸς ἀσυγχρόνου κινητῆρος πρὸς τὸ φορτίον του;

η) Πῶς μεταβάλλεται ἡ ροπὴ ἐκκινήσεως ἐν σχέσει μὲ τὴν τάσιν τροφοδοτήσεως ἐνὸς ἀσυγχρόνου κινητῆρος;

θ) Διατί δὲν χρησιμοποιεῖται ἡ ἀπ' εὐθείας ἐκκίνησις εἰς ὅλους τοὺς κινητῆρας βραχυκυκλωμένου δρομέως;

ι) Νὰ σχεδιασθῇ καὶ νὰ περιγραφῇ ὁ τρόπος ἐκκινήσεως κινητῆρος βραχυκυκλωμένου δρομέως μὲ διακόπτην ἀστέρος - τριγώνου. Τί ἐπιτυγχάνεται διὰ τοῦ τρόπου αὐτοῦ ἐκκινήσεως καὶ πῶς;

ια) Εἰς τὴν πινακίδα κινητῆρος βραχυκυκλωμένου δρομέως ἀναγράφεται τάσις 220/380 V. Τί σημαίνει αὐτό; Εἴναι δυνατὸν νὰ χρησιμοποιηθῇ διὰ τὴν ἐκκίνησιν τοῦ κινητῆρος αὐτοῦ διακόπτης ἀστέρος - τριγώνου εἰς τὸ δίκτυον X.T. τῆς ΔΕΗ; Ναι ἢ ὅχι καὶ διατί;

ιβ) Ποία τὰ πλεονεκτήματα καὶ τὰ μειονεκτήματα τῶν κινητήρων βραχυκυκλωμένου δρομέως καὶ τῶν κινητήρων μετὰ δακτυλίων;

ιγ) Ποία ἀπὸ τὰ μειονεκτήματα τῶν κινητήρων βραχυκυκλωμένου δρομέως δὲν ἔχουν οἱ κινητῆρες διπλοῦ κλωβοῦ ἢ βαθέων αὐλάκων;

ιδ) Τί ἐπιτυγχάνεται δι' αὐξήσεως τῆς ἀντιστάσεως τοῦ δρομέως κατὰ τὴν ἐκκίνησιν ἐνὸς τριφασικοῦ κινητῆρος μετὰ δακτυλίων;

ιε) Κατὰ ποίους τρόπους δυνάμεθα νὰ μεταβάλλωμεν τὴν ταχύτητα περιστροφῆς τῶν ἐπαγωγικῶν κινητήρων καὶ ὑπὸ ποίας σχέσεως δίδεται αὐτὴ συναρτήσει τῶν f, p καὶ s;

ιστ) Πῶς γίνεται ἡ ρύθμισις τῆς ταχύτητος περιστροφῆς εἰς τοὺς τριφασικοὺς κινητῆρας βραχυκυκλωμένου δρομέως;

ιζ) Πῶς γίνεται ἡ ἀλλαγὴ τῆς φορᾶς περιστροφῆς εἰς τριφασικὸν ἐπαγωγικὸν κινητῆρα;

ιη) Διατί κατὰ τὴν ἐν κενῷ λειτουργίᾳν ἀσυγχρόνου τριφασικοῦ

κινητήρος, ένω ή έντασις πού άπορροφεί άπό τὸ δίκτυον είναι σημαντικόν ποσὸν τοῦ I_{ov} , ή άντιστοιχος ίσχύς είναι πολὺ μικρότερον ποσοστὸν τῆς όνομαστικῆς ίσχύος;

ιθ) Τί στοιχεῖα άναγράφονται εἰς τὴν πινακίδα ένὸς άσυγχρόνου τριφασικοῦ κινητήρος και τί σημαίνει ἔκαστον στοιχεῖον;

5 · 20 Προβλήματα και άσκήσεις.

α) Τετραπολικός έπαγωγικός κινητήρ $\dot{\theta}$ ργάζεται εἰς δίκτυον συχνότητος 60 Hz μὲ $1710 \text{ στρ}/\text{min}$. Ζητεῖται νὰ ύπολογισθῇ ή διολίσθησίς του και ή συχνότης τοῦ ρεύματος τοῦ δρομέως.

(Απάντ.: $0,05, 3 \text{ Hz}$)

β) Οκταπολικός τριφασικός κινητήρ μετὰ δακτυλίων τροφοδοτούμενος άπό δίκτυον συχνότητος 50 Hz έχει δρομέα συνδεδεμένον κατ' άστέρα ωμικῆς άντιστάσεως ἀνὰ φάσιν $R_2 = 0,5 \Omega$ και αύτεπαγωγικῆς $X_2 = 2 \Omega$. Μὲ άνυψωμένας τὰς ψήκτρας άναπτύσσει (εὐρισκόμενος ἐν στάσει) μεταξὺ τῶν δακτυλίων τάσιν 100 V . "Οταν ὁ κινητήρ $\dot{\theta}$ ργάζεται ύπὸ τὸ κανονικὸν φορτίον, έχει ταχύτητα $n = 735 \text{ στρ}/\text{min}$. Ζητεῖται νὰ εύρεθοῦν: 1) Η διολίσθησίς τοῦ κινητήρος. 2) Η φασική ήλεκτρεγερτική δύναμις τοῦ δρομέως μὲ άνυψωμένας τὰς ψήκτρας. 3) Η φασική τάσις τοῦ δρομέως ύπὸ τὸ κανονικὸν φορτίον μὲ βραχυκύλωμένους τούς δακτυλίους. 4) Η αύτεπαγωγική άντιστασίς τοῦ δρομέως ἀνὰ φάσιν ύπὸ τὸ κανονικὸν φορτίον και 5) ή έντασις τοῦ δρομέως ύπὸ τὸ κανονικὸν ἐπίστης φορτίον.

(Απάντ.: 1) $s = 0,02$. 2) $U_{\phi_1} = 57,8 \text{ V}$. 3) $U_{\phi_2_s} = 1,156 \text{ V}$.

4) $X_{2_s} = 0,04 \Omega$. 5) $I_2 = 2,3 \text{ A}$)

γ) Ζητεῖται νὰ ύπολογισθῇ ή ίσχύς, ποὺ πρέπει νὰ έχῃ άσύγχρονος τριφασικός κινητήρ κατάλληλος διὰ νὰ κινῇ τόρνον μεγίστης ροπῆς στρέψεως $T = 372 \text{ N m}$ μὲ $30 \text{ στρ}/\text{min}$. Ο βαθμὸς ἀποδόσεως τοῦ τόρνου είναι $0,65$. Εὰν ὁ βαθμὸς ἀποδόσεως τοῦ καταλήλου κινητήρος είναι $0,7$ και ὁ συντελεστὴς ίσχύος $0,8$, ποίαν έντασιν θὰ ἀπορροφῇ αὐτὸς άπὸ τριφασικὸν δίκτυον πολικῆς τάσεως 220 V ;

(Απάντ.: $1,8 \text{ kW}, 8,5 \text{ A}$)

δ) Νὰ εύρεθῇ ὁ βαθμὸς ἀποδόσεως άσυγχρόνου τριφασικοῦ κινητήρος, δ ὅποιος τροφοδοτούμενος άπὸ δίκτυον πολικῆς τάσεως 380 V ἀπορροφεῖ έντασιν (γραμμῆς) 10 A και άναπτύσσει εἰς τὸν ἄξονά του ροπὴν $T = 3230 \text{ N m}$ μὲ ταχύτητα $1480 \text{ στρ}/\text{min}$. Ο

συντελεστής ίσχύος τοῦ κινητήρος ύπό τὸ φορτίον αὐτὸν νὰ ληφθῇ ἵσος μὲ 0,8.

(Απάντ.: 0,95 ή 95 %)

ε) Τριφασικὸς κινητήρος μετὰ δακτυλίων 200 V Δ, 50 Hz, 1440 στρ/min ἔχει τὸ τύλιγμα τοῦ στάτου συνδεσμολογημένον κατὰ τρίγωνον, τοῦ δὲ δρομέως κατ' ἀστέρα. Ἐὰν ὁ ἀριθμὸς ἀγωγῶν τοῦ δρομέως εἴναι τὰ τρία τέταρτα τῶν ἀγωγῶν τοῦ στάτου, νὰ προσδιορισθοῦν ἡ διολίσθησις, ἡ πολικὴ τάσις (ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις) τοῦ δρομέως ύπὸ φορτίον καὶ ἡ συχνότης τῆς.

(Απάντ.: 0,04, 10,4 V, 2 Hz)

στ.) Ζητεῖται νὰ ύπολογισθῇ ἡ ίσχὺς τοῦ κινητήρος, ποὺ ἀπαιτεῖται διὰ νὰ ἀνυψώσῃ μὲ ταχύτητα $v = 0,3 \text{ m/s}$ ἀνελκυστήρα συνολικοῦ βάρους $B = 3930 \text{ N}$ (400 kg βάρους). Ὁ δόλικὸς βαθμὸς ἀποδόσεως τοῦ μηχανισμοῦ κινήσεως εἴναι $\eta_{\text{ολ}} = 0,6$. Ἐὰν ὁ ἐκλεγεὶς κινητήρος εἴναι τριφασικὸς βαθμοῦ ἀποδόσεως $\eta = 0,85$ καὶ συντελεστοῦ ίσχύος 0,8, ζητεῖται νὰ εὑρεθῇ ἡ ἀπορροφουμένη ύπ' αὐτοῦ ἔντασις ρεύματος ἀπὸ δίκτυον τάσεως 220/380 V.

Σημείωσις: Ἡ ἀπαιτουμένη ίσχὺς ύπολογίζεται ἀπὸ τὸν τύπον: .

$$N = \frac{B \cdot v}{\eta_{\text{ολ}}} \quad \text{εἰς βάττ (W)}$$

(Απάντ.: 1,96 kW, 4,37 A)

ζ) Τριφασικὸς κινητήρος 100 HP τροφοδοτεῖται ύπὸ ἐναλλασσομένου ρεύματος τάσεως 600 V. Ὁ συντελεστής ίσχύος τοῦ κινητήρος εἴναι 0,8 καὶ ὁ βαθμὸς ἀποδόσεώς του 0,95. Ποία ἡ φαινομένη ίσχὺς τοῦ κινητήρος καὶ ποίαν ἔντασιν ἀπορροφεῖ ἀπὸ τὸ δίκτυον;

(Απάντ.: 102 kVA, 98 A)

η) Εἰς τὴν πινακίδα ἐνὸς τριφασικοῦ κινητήρος βραχυκυκλωμένου δρομέως ἀναγράφεται τάσις 380/660 V. Τί σύνδεσιν θὰ πρέπει νὰ κάμωμεν εἰς τοὺς ἀκροδέκτας του, ὅταν πρόκειται νὰ τροφοδοτηθῇ ἀπὸ δίκτυον τάσεως 220/380 V καὶ διατί;

(Απάντ.: Σύνδεσιν κατὰ τρίγωνον)

θ) Πόσας ταχύτητας δυνάμεθα νὰ λάβωμεν ἀπὸ δύο κινητήρας ἡνωμένους εἰς κλιμακωτὴν ζεῦξιν, ἐὰν ὁ ἔνας ἔχῃ $p_1 = 8$ καὶ ὁ ἄλλος $p_2 = 2$ ζεύγη πόλων καὶ ἐὰν ἡ συχνότης τοῦ ρεύματος τροφοδοτήσεως εἴναι 60 Hz;

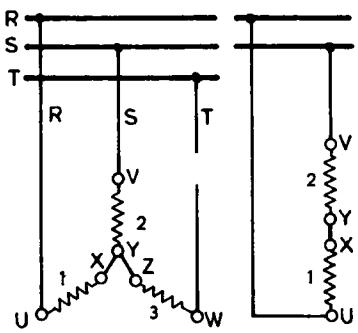
(Απάντ.: 450 στρ/min, 1800 στρ/min, 600 στρ/min, 360 στρ/min)

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ 6

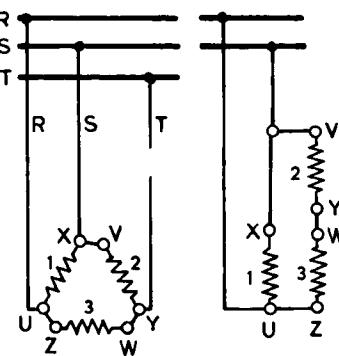
ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΙ ΜΟΝΟΦΑΣΙΚΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

6 · 1 Γενικά.

Έάν είς άσυγχρονον τριφασικὸν κινητῆρα, δόποιος ἐργάζεται ἐν κενῷ ή μὲν μικρὸν φορτίον, διακοπῆ ἔνας ἀπὸ τοὺς τρεῖς τροφοδοτικοὺς ἀγωγούς, παρατηροῦμεν ὅτι ὁ κινητὴρ ἔξακολουθεῖ νὰ περιστρέφεται. Έάν δὲ σταματήσωμεν τὸν κινητῆρα καὶ θελήσωμεν πάλιν νὰ τὸν θέσωμεν εἰς κίνησιν, παρατηροῦμεν ὅτι δὲν εἶναι δυνατὸν πλέον νὰ ἔκκινήσῃ μόνος του. Ο κινητὴρ ἔκκινει δὲν, διὰ τῆς χειρὸς ή μὲν ἄλλο μέσον τοῦ δώσωμεν περιστροφικὴν ἀθησιν πρὸς τὴν μίαν ή τὴν ἄλλην κατεύθυνσιν. Παρατηροῦμεν ἐπίστης, ὅτι τώρα δόκιμη κατὰ τὴν λειτουργίαν του δὲν δύναται νὰ ἀποδώσῃ ὅλην τὴν δύναμαστικὴν του ίσχυν καὶ τὴν ἀντίστοιχον ροπήν.



Σχ. 6 · 1 α.



Σχ. 6 · 1 β.

Εἰς τὸ σχῆμα 6 · 1 α, τὸ δόποιον παριστάνει τὰς τρεῖς φάσεις τοῦ στάτου εἰς σύνδεσιν κατ' ἀστέρα, ἔχει διακοπῆ δ τροφοδοτικὸς ἀγωγὸς Τ. Συνεπῶς ή φάσις 3 εἶναι ἔκτὸς κυκλώματος, ἐνῶ αἱ ἄλλαι δύο εἶναι συνδεδεμέναι ἐν σειρᾷ, ὡς μονοφασικὸν τύλιγμα. Εἰς τὸ σχῆμα 6 · 1 β, ὅπου αἱ τρεῖς φάσεις τοῦ στάτου εἶναι συνδεδεμέναι κατὰ τρίγωνον, μετὰ τὴν διακοπὴν τοῦ ἀγωγοῦ Τ ή φάσις 3 δὲν τίθεται ἔκτὸς κυκλώματος. Εδῶ αἱ φάσεις 2 καὶ 3 εἶναι ἐν σειρᾷ, ἐνῶ ή φάσις 1 εὐρίσκεται

συνδεδεμένη ἐν παραλλήλω πρὸς αὐτάς. Τὰ τυλίγματα τῶν τριῶν φάσεων ἀποτελοῦν πάλιν ὅλα μαζὶ μονοφασικὸν τύλιγμα.

Ἄπο δοῦσα ἀνεφέραμεν εἰς τὰ προηγούμενα, προκύπτει τὸ συμπέρασμα, ὅτι ὁ κινητὴρ μὲν μονοφασικὸν τύλιγμα δὲν δύναται νὰ ἔκκινησῃ μόνος του. Αὐτὸ δόφείλεται εἰς τὸ ὅτι τὸ μονοφασικὸν τύλιγμα τροφοδοτούμενον μὲν μονοφασικὸν ρεῦμα δὲν δημιουργεῖ μόνον του περιστρεφόμενον μαγνητικὸν πεδίον. Τὸ μαγνητικὸν πεδίον, ποὺ δημιουργεῖται εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτήν, εἶναι ἐναλλασσόμενον σταθεροῦ προσανατολισμοῦ. "Οταν ὅμως μὲ ἄλλον τρόπον θέσωμεν εἰς κίνησιν τὸν μονοφασικὸν κινητῆρα, τότε αὐτὸς συνεχίζει νὰ περιστρέφεται. Τοῦτο δόφείλεται εἰς τὸ ὅτι δημιουργεῖται τώρα περιστρεφόμενον μαγνητικὸν πεδίον μὲ τὴν ἐπίδρασιν καὶ τοῦ ρεύματος, ποὺ κυκλοφορεῖ μέσα εἰς τοὺς δύγωγοὺς τοῦ δρομέως ἢ ἀκριβέστερον μὲ τὴν ἐπίδρασιν καὶ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, ποὺ δημιουργεῖ τὸ ρεῦμα αὐτό.

Διὰ νὰ δύνανται λοιπὸν οἱ μονοφασικοὶ κινητῆρες νὰ ἔκκινοῦν μόνοι των, πρέπει μὲ κάποιον τρόπον νὰ δημιουργήσωμεν κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς ἔκκινησεως περιστρεφόμενον μαγνητικὸν πεδίον. Τοῦτο γίνεται μὲ τὴν βοήθειαν ἐνὸς δευτέρου τυλίγματος, τὸ ὅποιον τοποθετεῖται εἰς τὸν στάτην τοῦ κινητῆρος καὶ ὀνομάζεται βοηθητικὸν τύλιγμα ἢ βοηθητικὴ φάσις πρὸς διάκρισιν ἀπὸ τὸ κύριον τύλιγμα τοῦ κινητῆρος. Τὸ βοηθητικὸν αὐτὸ τύλιγμα εἶναι μετατοπισμένον κατὰ 90 ἡλεκτρικὰς μοίρας ὡς πρὸς τὸ κύριον τύλιγμα, ὅπως ἔξηγήσαμεν εἰς τὴν παράγραφον 3 · 3 (σχ. 3 · 3 β). Τὰ δύο τυλίγματα συνδέονται μεταξύ των ἐν παραλλήλω καὶ τροφοδοτοῦνται ἀπὸ τὸ ἴδιον μονοφασικὸν δίκτυον.

Διὰ τὴν δημιουργίαν περιστρεφομένου μαγνητικοῦ πεδίου κατὰ τὴν ἔκκινησιν δὲν ἀρκεῖ τὸ βοηθητικὸν τύλιγμα νὰ εἶναι μετατοπισμένον, ὅπως δεικνύει τὸ σχῆμα 3 · 3 β, ὡς πρὸς τὸ κύριον τύλιγμα, ἀλλὰ πρέπει καὶ τὸ ρεῦμα ποὺ τὸ διαρρέει νὰ ἔχῃ φασικὴν ἀπόκλισιν, ὡς πρὸς τὸ ρεῦμα ποὺ διαρρέει τὸ κύριον τύλιγμα. Αὐτὸ τὸ ἐπιτυγχάνομεν κυρίως μὲ δύο τρόπους καὶ ἀντιστοίχως ἔχομεν τοὺς μονοφασικοὺς κινητῆρας ἀντιστάσεως καὶ τοὺς μονοφασικοὺς κινητῆρας πυκνωτοῦ.

6 · 2 Μονοφασικοὶ κινητῆρες ἀντιστάσεως.

Εἰς τοὺς κινητῆρας αὐτούς, ποὺ εἶναι βασικῶς κινητῆρες βραχυ-

κυκλωμένου δρομέως ἀπ' εύθειας ἐκκινήσεως, τὸ βοηθητικὸν τύλιγμα ἔχει μεγάλην ἀντίστασιν. Ἀποτελεῖται δηλαδὴ ἀπὸ πολλὰς σπείρας λεπτοῦ σύρματος καὶ εἰναι συνδεσμολογημένον, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 6 · 2. Εἰς ώρισμένους κινητῆρας ἐν σειρᾷ μὲ τὸ βοηθητικὸν τύλιγμα ὑπάρχει καὶ μία ὡμικὴ ἀντίστασις.

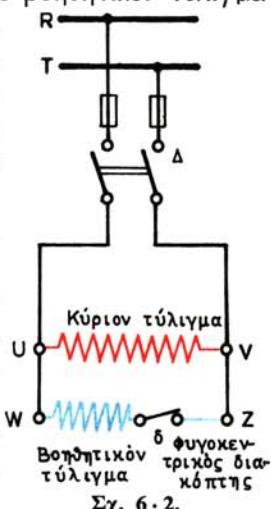
‘Ο διακόπτης δ εἰς τὸ βοηθητικὸν τύλιγμα εἶναι φυγοκεντρικὸς διακόπτης στερεωμένος εἰς τὸν ἄξονα τοῦ δρομέως. Μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ διακόπτου αὐτοῦ τὸ βοηθητικὸν τύλιγμα τίθεται ἐκτὸς κυκλώματος μετὰ τὴν ἐκκίνησιν, ὅταν δηλαδὴ δ κινητὴρ ἀποκτήσῃ περίπου τὰ 80 % τῆς κανονικῆς ταχύτητος περιστροφῆς, διπότε ἐργάζεται πλέον μόνον μὲ τὸ κύριον τύλιγμα.

Διὰ τὴν ἀλλαγὴν τῆς φορᾶς περιστροφῆς εἰς τὸν μονοφασικὸν κινητῆρα μὲ βοηθητικὸν τύλιγμα, πρέπει νὰ ἀντιμεταθέσωμεν τὰς συνδεσίεις τῶν δύο ἄκρων τοῦ βοηθητικοῦ τυλίγματος μὲ τὸ κύριον τύλιγμα.

6.3 Μονοφασικοί κινητῆρες πυκνωτοῦ.

Εἰς τοὺς κινητῆρας αὐτοὺς τὸ βοηθητικὸν τύλιγμα φέρει ἐν σειρᾷ συνδεδεμένον ἔνα πυκνωτήν. ‘Ο πυκνωτής αὐτὸς συντελεῖ, ὥστε τὸ ρεῦμα ἐντὸς τοῦ βοηθητικοῦ τυλίγματος νὰ προηγήται τῆς τάσεως (χωρητικὴ φόρτισις), ἐνῶ τὸ ρεῦμα εἰς τὸ κύριον τύλιγμα ἔπειται τῆς τάσεως (ἐπαγγωγικὴ φόρτισις). ‘Ετσι τὰ δύο ρεύματα παρουσιάζουν μεταξύ των σημαντικὴν φασικὴν ἀπόκλισιν, ὥστε νὰ δημιουργῆται περιστρεφόμενον μαγνητικὸν πεδίον. Οἱ μονοφασικοί κινητῆρες πυκνωτοῦ χρησιμοποιοῦνται διὰ μεγαλυτέραν ἴσχυν (μέχρι 1,5 kW), ἀπὸ δ, τι οἱ κινητῆρες ἀντιστάσεως.

Εἰς τοὺς κινητῆρας πυκνωτοῦ ἡ ροπὴ ἐκκινήσεως, δι' ώρισμένην τάσιν τροφοδοτήσεως, ἔξαρτᾶται ἀπὸ τὴν χωρητικότητα τοῦ πυκνωτοῦ. Αὔξανομένης τῆς χωρητικότητος αὔξανεται καὶ ἡ ροπὴ ἐκκινήσεως. ‘Οταν ἀπαιτήται ροπὴ ἐκκινήσεως 50 % ἔως 70 % τῆς ὀνομα-

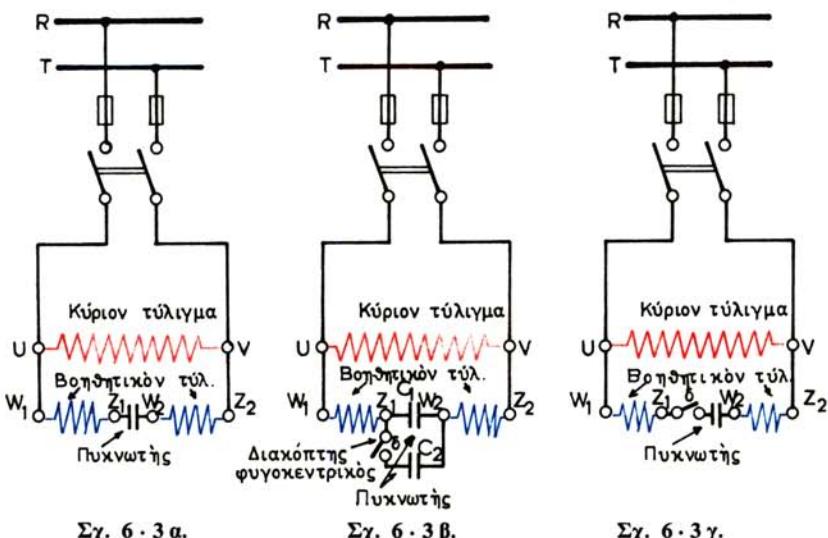


Σχ. 6 · 2.

Τυλίγματα στάτου μονοφασικοῦ κινητῆρος ἀντιστάσεως.

στικής ροπής, δύο πυκνωτής και τό βοηθητικόν τύλιγμα δύνανται νά παραμένουν συνδεδεμένα και κατά τήν κανονικήν λειτουργίαν τοῦ κινητῆρος (σχ. 6 · 3 α). Εἰς τὰς περιπτώσεις αύτάς δύο συντελεστής ίσχύος τοῦ κινητῆρος είναι περίπου ἴσος μὲ 1.

Όταν ἀπαιτήται μεγάλη ροπή ἐκκίνησεως, π.χ. 2 ἢ 2,5 φοράς μεγαλυτέρα ἀπὸ τήν δύναμαστικήν ροπήν, χρησιμοποιοῦνται δύο πυκνωταί (σχ. 6 · 3 β). Ό ένας είναι πυκνωτής λειτουργίας C_1 , δηλαδὴ



παραμένει εἰς τὸ κύκλωμα κατά τήν λειτουργίαν τοῦ κινητῆρος συνδεδεμένος ἐν σειρᾶ μὲ τὸ βοηθητικὸν κύκλωμα διὰ νὰ βελτιώνῃ τὸν συντελεστὴν ίσχύος τοῦ κινητῆρος. Ό άλλος είναι πυκνωτής ἐκκίνησεως C_2 , δηλαδὴ τίθεται ἔκτὸς κυκλώματος μετά τήν ἐκκίνησιν ἀπὸ τὸν φυγοκεντρικὸν διακόπτην δ.

Τέλος ὑπάρχουν μονοφασικοί κινητῆρες, εἰς τοὺς ὅποίους τὸ βοηθητικὸν τύλιγμα μὲ τὸν ἐν σειρᾶ συνδεδεμένον πυκνωτὴν τίθεται ἔκτὸς κυκλώματος μετά τήν ἐκκίνησιν τοῦ κινητῆρος (σχ. 6 · 3 γ).

Ως πυκνωταὶ ἐκκίνησεως είναι δυνατὸν νὰ χρησιμοποιηθοῦν καὶ ἡλεκτρολυτικοὶ πυκνωταί. Πρέπει ὅμως νὰ ἔχωμεν ὑπ’ ὅψει μας, ὅτι ἔὰν δι’ οίονδήποτε λόγον δὲν λειτουργήσῃ ὁ φυγοκεντρικὸς διακόπτης, δηλαδὴ πυκνωτής θὰ καταστραφῇ κατά τήν λει-

τουργίαν τοῦ κινητῆρος. Ός ἐκ τούτου, σκόπιμος εἶναι ἡ χρησιμόποιησις πυκνωτῶν χάρτου, εἴτε πρόκειται διὰ πυκνωτὰς λειτουργίας εἴτε διὰ πυκνωτὰς ἑκκινήσεως.

6·4 Κινητήρες μὲ βραχυκυκλωμένας σπείρας εἰς τὸν στάτην.

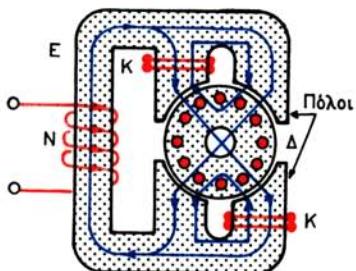
Οι κινητήρες αὐτοί, ποὺ χρησιμοποιοῦνται διὰ πολὺ μικράν ίσχύν (π.χ. 30 W), ἔχουν στάτην μὲ πολλὰ μαγνητικὰ ἐλάσματα, τὰ δόποια ἔχουν τὴν μορφὴν E, ποὺ δεικνύει τὸ σχῆμα 6·4. Οἱ σχηματιζόμενοι πόλοι διχάζονται καὶ εἰς τὸ ἕνα σκέλος φέρουν 2 ἔως 3 βραχυκυκλωμένας σπείρας K ἐκ χονδροῦ σύρματος. Τὸ κύριον τύλιγμα ἀποτελεῖται ἀπὸ κυλινδρικὸν πηνίον N. Ο δρομεὺς Δ φέρει τύλιγμα κλωβοῦ.

Ἡ μαγνητικὴ ροή, ποὺ δημιουργεῖ τὸ κύριον τύλιγμα, κατὰ ἕνα ποσοστὸν διέρχεται μέσα ἀπὸ τὰς βραχυκυκλωμένας σπείρας καὶ δημιουργεῖ ἐξ ἐπαγωγῆς ἐντὸς αὐτῶν ἐναλλασσόμενον ρεῦμα, τὸ δόποιον ἔχει σημαντικὴν φασικὴν ἀπόκλισιν ὡς πρὸς τὸ ρεῦμα τοῦ κυρίου τυλίγματος. Συνεπῶς δημιουργεῖται ἀπὸ αὐτὸ δευτέρα ἐναλλασσομένη μαγνητικὴ ροή, ἡ δόποια ἔχει φασικὴν ἀπόκλισιν ὡς πρὸς τὴν μαγνητικὴν ροήν τοῦ κυρίου τυλίγματος καὶ εἶναι μετατοπισμένη ὡς πρὸς αὐτήν. Οὕτω δημιουργεῖται περιστρεφόμενον μαγνητικὸν πεδίον, τὸ δόποιον θέτει εἰς κίνησιν τὸν κινητῆρα κατὰ τὰ γνωστά.

Οι κινητήρες αὐτοὶ ἔχουν μικρὸν βαθμὸν ἀποδόσεως (10%) καὶ χρησιμοποιοῦνται εἰς πολλὰς συσκευάς, ὅπου ὁ βαθμὸς ἀποδόσεως δὲν ἔχει σοβαράν σημασίαν.

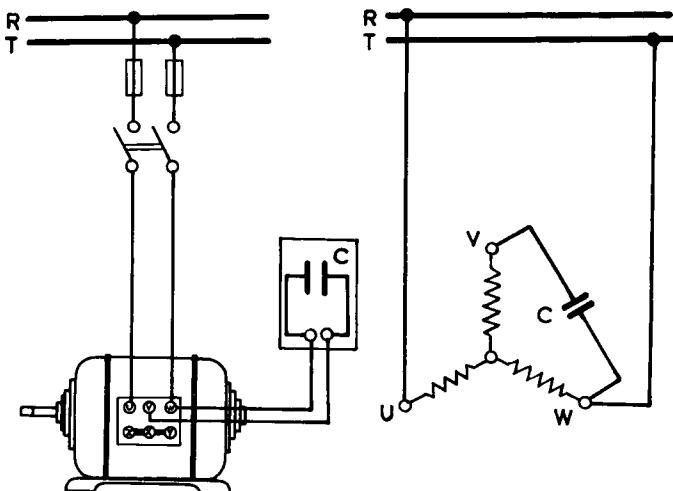
6·5 Οι τριφασικοί κινητῆρες ως μονοφασικοί.

Μικροὶ τριφασικοί κινητῆρες εἶναι δυνατὸν νὰ χρησιμοποιηθοῦν καὶ ὡς μονοφασικοί, δηλαδὴ νὰ λειτουργήσουν τροφοδοτούμενοι ἀπὸ μονοφασικὸν δίκτυον. Διὰ νὰ δύνανται νὰ ἑκκινοῦν μόνοι τῶν πρέπει νὰ τοὺς ἐφοδιάσωμεν μὲ πυκνωτήν, δ ὅποιος εἰς τὴν περίπτωσιν ζεύξεως τοῦ τυλίγματος τοῦ στάτου κατὰ τρίγωνον, συνδέεται ἐν παραλ-



Σχ. 6·4.
Κινητήρης μὲ βραχυκυκλωμένας
σπείρας.

λήλω πρὸς μίαν φάσιν, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 6 · 5 α. Ἐὰν ἡ ζεῦξις τοῦ τυλίγματος τοῦ στάτου εἶναι κατ' ἀστέρα, τότε ὁ πυκνωτὴς συνδέεται ὅπως δεικνύει τὸ σχῆμα 6 · 5 β, δηλαδὴ ἐν σειρᾷ μὲ μίαν φάσιν. Ἡ φάσις αὐτὴ λειτουργεῖ ὅπως τὸ βιοθητικὸν τύλιγμα τῶν μονοφασικῶν κινητήρων, καὶ χρησιμεύει, ὅπως ἀνεφέραμεν, διὰ τὴν ἔκκινησιν.



Σχ. 6 · 5 α.

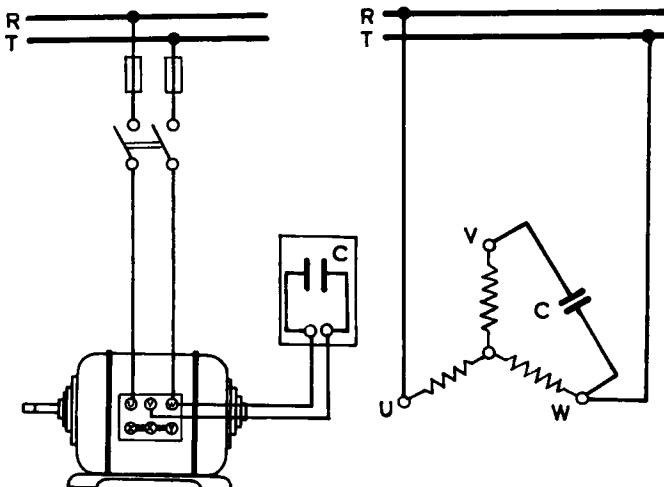
Τριφασικὸς κινητήρος ζεῦξεως τριγώνου χρησιμοποιούμενος ὡς μονοφασικός.

Ἡ ἀλλαγὴ τῆς φορᾶς περιστροφῆς εἰς τοὺς κινητῆρας αὐτοὺς ἐπιτυγχάνεται διὰ μεταθέσεως τῆς συνδέσεως τοῦ πυκνωτοῦ ἀπὸ τὸν ἀκροδέκτην W εἰς τὸν ἀκροδέκτην U (σχ. 6 · 5 α, 6 · 5 β).

Διὰ καταλλήλου ἐκλογῆς τοῦ πυκνωτοῦ ἡ ροπὴ ἔκκινησεως τοῦ κινητῆρος, ποὺ χρησιμοποιεῖται ὡς μονοφασικός, ἀνέρχεται εἰς 40 % ἔως 50 % τῆς ὀνομαστικῆς ροπῆς τοῦ τριφασικοῦ κινητῆρος. Τοῦτο ἐπιτυγχάνεται διὰ πυκνωτοῦ χωρητικότητος περίπου 70 μF ἀνὰ kW ἴσχύος τοῦ κινητῆρος καὶ μὲ τάσιν δικτύου 220 V. Διὰ τάσιν τοῦ δικτύου τροφοδοτήσεως 380 V ἡ ἀντίστοιχος χωρητικότης τοῦ πυκνωτοῦ εἶναι περίπου 20 μF ἀνὰ kW.

Ἡ ἴσχύς τοῦ κινητῆρος ὑπὸ μονοφασικὴν ζεῦξιν εἶναι περίπου τὰ 80 % τῆς ὀνομαστικῆς ἴσχύος τοῦ τριφασικοῦ κινητῆρος. Ἡ περίπτωσις τῆς χρησιμοποίησεως τριφασικῶν κινητήρων ὡς μονοφασι-

κῶν παρουσιάζεται συνήθως, όταν μηχανὴ εἶναι ἐφωδιασμένη μὲ μικρὸν τριφασικὸν κινητῆρα, ἐνῶ δὲν ὑπάρχει διαθέσιμον τριφασικὸν δίκτυον.



Σχ. 6·5 β.

Τριφασικὸς κινητῆρ ζεύξεως ἀστέρος χρησιμοποιούμενος ὡς μονοφασικός.

6·6 Ισχὺς μονοφασικοῦ κινητῆρος.

Ἡ ἀποδιδομένη εἰς τὸν ἀξονα τοῦ μονοφασικοῦ κινητῆρος ισχὺς δίδεται ὑπὸ τῆς σχέσεως:

$$N = U \cdot I \cdot \eta \cdot \text{συνφ} \quad \text{εἰς βάττ (W)}$$

ὅπου: U εἶναι ἡ τάσις τοῦ δικτύου τροφοδοτήσεως εἰς V , I ἡ ἀπορροφουμένη ἔντασις εἰς A , η ὁ βαθμὸς ἀποδόσεως τοῦ κινητῆρος καὶ συνφ ὁ συντελεστὴς ισχύος τοῦ κινητῆρος.

Οπως καὶ εἰς τοὺς τριφασικοὺς κινητῆρας, τὰ η καὶ συνφ ἔξαρτῶνται ἐκ τοῦ φορτίου τοῦ κινητῆρος.

Ἐκ τῆς ἀνωτέρω σχέσεως προκύπτουν αἱ ἀκόλουθοι:

$$I = \frac{N}{U \cdot \eta \cdot \text{συνφ}}$$

$$\text{συνφ} = \frac{N}{U \cdot I \cdot \eta}$$

$$\eta = \frac{N}{U \cdot I \cdot \text{συνφ}}$$

6 · 7 Ανακεφαλαίωσις.

α) Οι άσύγχρονοι μονοφασικοί κινητήρες, έκτός του κυρίου μονοφασικού τυλίγματος, έχουν άνάγκην διὰ τὴν ἐκκίνησίν των καὶ ἐνὸς βοηθητικοῦ τυλίγματος.

β) Ὁνομάζονται κινητῆρες ἀντιστάσεως οἱ ἀσύγχρονοι μονοφασικοί κινητῆρες, τῶν ὅποιων τὸ βοηθητικὸν τύλιγμα ἔχει μεγάλην ἀντίστασιν ἢ φέρει ἐν σειρᾷ συνδεδεμένην πρὸς αὐτὸν μίαν κατάλληλον ὡμικήν ἀντίστασιν.

γ) Ὁνομάζονται κινητῆρες πυκνωτοῦ οἱ ἀσύγχρονοι μονοφασικοί κινητῆρες, οἱ ὅποιοι φέρουν ἐνα ἢ δύο πυκνωτάς ἐν σειρᾷ μὲ τὸ βοηθητικὸν τύλιγμα.

δ) Ἡ ἀλλαγὴ τῆς φορᾶς περιστροφῆς τοῦ μονοφασικοῦ κινητῆρος γίνεται δι' ἀντιμεταθέσεως τῶν συνδέσεων τῶν δύο ἄκρων τοῦ βοηθητικοῦ τυλίγματος μὲ τὸ κύριον τύλιγμα.

ε) Μικροὶ τριφασικοί κινητῆρες εἰναι δυνατὸν νὰ λειτουργήσουν ὡς μονοφασικοὶ ὑπὸ μειωμένην ἰσχύν, καὶ νὰ ἐκκινοῦν μόνοι των διὰ καταλλήλου συνδέσεως ἐνὸς πυκνωτοῦ.

στ) Ἡ ροπὴ ἐκκινήσεως τῶν μονοφασικῶν κινητήρων δι' ὡρισμένην τάσιν τροφοδοτήσεως ἔξαρτᾶται ἀπὸ τὴν τιμὴν τῆς χωρητικότητος τοῦ πυκνωτοῦ.

ζ) Ἡ ἀποδιδομένη εἰς τὸν ἀξονα τοῦ μονοφασικοῦ κινητῆρος ἰσχὺς δίδεται ὑπὸ τῆς σχέσεως:

$$N = U \cdot I \cdot \eta \cdot \text{συνφ}$$

6 · 8 Ερωτήσεις.

α) Ἐὰν κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς λειτουργίας ἐνὸς τριφασικοῦ κινητῆρος τακῇ ἢ μία ἀπὸ τὰς τρεῖς ἀσφαλείας, τί θὰ συμβῇ καὶ διατί;

β) Πῶς ἀλλάσσει ἡ φορὰ περιστροφῆς τῶν ἀσυγχρόνων μονοφασικῶν κινητήρων μετὰ βοηθητικοῦ τυλίγματος;

γ) Πῶς είναι συνδεσμολογημένοι οἱ δύο πυκνωταί, τοὺς ὅποίους φέρουν ὡρισμένοι κινητῆρες πυκνωτοῦ, καὶ εἰς τί χρησιμεύει ἔκαστος;

δ) Πῶς συνδέεται ὁ πυκνωτὴς εἰς τριφασικὸν κινητῆρα, ὁ ὅποιος λειτουργεῖ ὡς μονοφασικός;

6 · 9 Προβλήματα καὶ ἀσκήσεις.

α) Ποίας χωρητικότητος πυκνωτὴν πρέπει νὰ συνδέσωμεν εἰς

τριφασικὸν κινητῆρα τάσεως 220/380 V, ίσχυος 1,5 kW διὰ νὰ ἐργασθῇ ὡς μονοφασικὸς εἰς δίκτυον τάσεως 220 V; Ποίαν ζεῦξιν τῶν φάσεων τοῦ στάτου πρέπει νὰ κάμωμεν;

(Απάντ.: 105 μ F, κατὰ τρίγωνον)

β) Ποίαν ἔντασιν ἀπορροφεῖ ἀπὸ τὸ δίκτυον μονοφασικὸς κινητὴρ 1,1 kW, 220 V μὲ βαθμὸν ἀποδόσεως 0,74 καὶ συντελεστὴν ίσχυος 0,72;

(Απάντ.: 9,4 A)

γ) Μονοφασικὸς κινητὴρ δίδει εἰς τὸν ὅξονά του ίσχὺν 1,5 kW, ὅταν ἀπορροφῇ ἀπὸ τὸ δίκτυον ίσχὺν 2,1 kW καὶ ἔντασιν 12,5 A ὑπὸ τάσιν 220 V. Νὰ ύπολογισθῇ ὁ βαθμὸς ἀποδόσεως καὶ ὁ συντελεστὴς ίσχυος.

(Απάντ.: $\eta = 0,71$, συνφ = 0,76)

ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΜΕΤΑ ΣΥΛΛΕΚΤΟΥ

7.1 Γενικά.

Τόσον οί σύγχρονοι ὅσον καὶ οἱ ἀσύγχρονοι κινητῆρες, τοὺς ὅποιους ἔξετάσαμεν εἰς τὰ προηγούμενα κεφάλαια, ἀν καὶ ἔχουν πολὺ καλὰ χαρακτηριστικὰ λειτουργίας, δὲν εἶναι βασικῶς κινητῆρες μεταβλητῆς ταχύτητος. Τὸ μειονέκτημα αὐτό, τὸ ὅποιον εἰς ὥρισμένας εἰδικὰς περιπτώσεις ἀποτελεῖ λόγον ἀποκλεισμοῦ τῶν κινητήρων αὐτῶν, καλύπτουν οἱ κινητῆρες ἐναλλασσομένου ρεύματος μετὰ συλλέκτου. Οἱ κινητῆρες αὐτοὶ ἔκτὸς τοῦ ὅτι ἐπιτρέπουν λεπτομερῆ ρύθμισιν τῆς ταχύτητος περιστροφῆς, ἔχουν ἐπίσης ίκανοποιητικήν ροπήν ἐκκινήσεως καὶ ὑψηλὸν συντελεστὴν ἰσχύος καὶ βαθμὸν ἀποδόσεως.

Βασικῶς οἱ κινητῆρες μετὰ συλλέκτου διακρίνονται εἰς δύο κατηγορίας: Εἰς τοὺς μονοφασικοὺς καὶ εἰς τοὺς τριφασικούς. Εἰς κάθε κατηγορίαν ὑπάρχουν πολλοὶ τύποι. Εἰς τὸ βιβλίον αὐτὸν θὰ ἔξετάσωμεν τοὺς πλέον συνήθεις. Συγκεκριμένως ἀπὸ τοὺς μονοφασικούς κινητῆρας μετὰ συλλέκτου θὰ ἔξετάσωμεν: α) Τοὺς κινητῆρας σειρᾶς. β) Τοὺς κινητῆρας Γιουνιβέρσαλ, ποὺ εἶναι μία παραλλαγὴ τῶν κινητήρων σειρᾶς καὶ γ) τοὺς κινητῆρας ἀντιδράσεως. Ἀπὸ τοὺς τριφασικούς κινητῆρας μετὰ συλλέκτου θὰ ἔξετάσωμεν: α) Τοὺς κινητῆρας σειρᾶς καὶ β) τοὺς κινητῆρας διακλαδώσεως.

7.2 Μονοφασικοὶ κινητῆρες σειρᾶς.

1) Ἡ ἀρχὴ τῆς λειτουργίας των.

Εἰς τοὺς κινητῆρας διεγέρσεως σειρᾶς τοῦ συνεχοῦς ρεύματος τί ἔδιον ρεῦμα διέρχεται καὶ ἀπὸ τὸ τύλιγμα τῶν μαγνητικῶν πόλων καὶ ἀπὸ τὸ ἐπαγωγικὸν τύμπανον μὲ τὴν βοήθειαν τῶν ψηκτρῶν "Οπως εἶναι γνωστὸν ('Ηλεκτρικαὶ Μηχαναί, Τόμος Α', παράγ. 5 · 12), ὅταν εἴς κινητῆρα διεγέρσεως σειρᾶς ἀλλάξωμεν τὴν φορὰν τοῦ ρεύματος ποὺ τὸν τροφοδοτεῖ, ἡ φορὰ περιστροφῆς του δὲν ἀλλάσσει διότι ταυτοχρόνως ἀλλάσσει καὶ ἡ φορὰ τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου ἡ φορὰ τοῦ ρεύματος μέσα εἰς τοὺς ἀγωγοὺς τοῦ τυμπάνου. Συνεπ-

ή φορά της άσκουμένης έπειτα τοῦ τυμπάνου ροπῆς παραμένει ή ίδια.

Από τὰ ἀνωτέρω θά δύναται κανεὶς νὰ συμπεράνῃ, ὅτι ὁ κινητήρης διεγέρσεως σειρᾶς συνεχοῦς ρεύματος εἶναι δυνατὸν νὰ ἔργασθῇ καὶ ὅταν τροφοδοτήται μὲ μονοφασικὸν ἐναλλασσόμενον ρεῦμα (σχ.

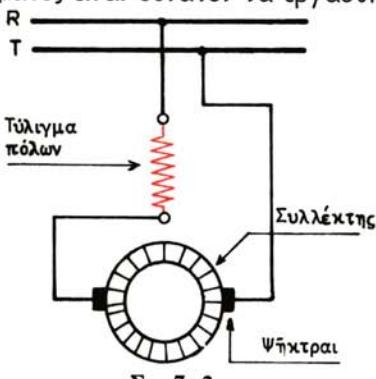
7.2 α) τάσεως ἵστης μὲ τὴν τάσιν τοῦ συνεχοῦς ρεύματος, διὰ τὴν δποίαν εἶναι κατεσκευασμένος. Τοῦτο εἶναι ἀληθὲς μὲ τὴν διαφοράν, ὅτι ή λειτουργία τοῦ κινητήρος εἶναι κακή. Τὸ ἀπορροφούμενον ἐναλλασσόμενον ρεῦμα εἶναι μικρότερον ἀπὸ ὅ, τι τὸ ἀντίστοιχον συνεχῆς ρεῦμα, ή ἀναπτυσσόμενη ροπὴ εἶναι μικροτέρα, δημιουργοῦνται σπινθηρισμοὶ εἰς τὸν συλλέκτην καὶ ὁ συντελεστὴς ἴσχυος καὶ ὁ βαθμὸς ἀποδόσεως τοῦ κινητήρος δὲν εἶναι διόλου ἰκανοποιητικοί. Ἐξ ἄλλου ὁ κινητήρης θερμαίνεται πάρα πολὺ καὶ ιδιαιτέρως εἰς τοὺς μαγνητικούς του πόλους.

2) Η κατασκευή των.

Διὰ τὴν καλὴν λειτουργίαν τοῦ κινητήρος διεγέρσεως σειρᾶς μὲ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα, πρέπει νὰ γίνουν ὡρισμέναι τροποποιήσεις εἰς τὴν γνωστὴν κατασκευὴν τῶν κινητήρων συνεχοῦς ρεύματος:

α) Αἴτια τῆς ὑπερβολικῆς θερμάνσεως τῶν μαγνητικῶν πόλων, ὅταν τὰ τυλίγματά των διαρρέωνται ἀπὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα, εἶναι τὰ δινορρεύματα καὶ ή ὑστέρησις λόγω τῆς ἐναλλασσομένης μαγνητίσεως των. Διὰ τὸν λόγον αὐτὸν εἰς τοὺς μονοφασικοὺς κινητήρας σειρᾶς οἱ πυρῆνες τῶν μαγνητικῶν πόλων κατασκευάζονται ἀπὸ πολλὰ λεπτὰ μαγνητικὰ ἐλάσματα καὶ ὁ ὑπολογισμός των γίνεται μὲ μικροτέραν μαγνητικὴν ἐπαγωγὴν ἀπὸ ὅ, τι εἰς τὸ συνεχὲς ρεῦμα.

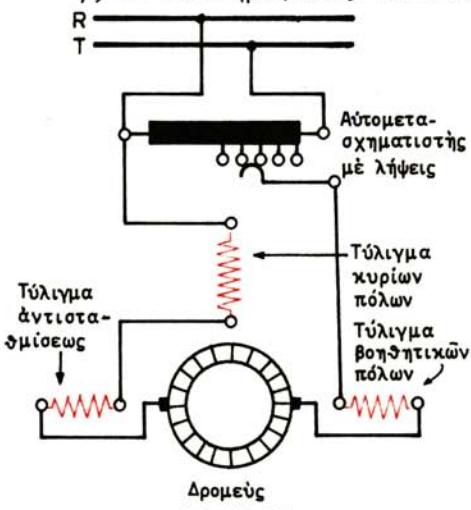
Εἰς τὴν ἐλάττωσιν τῶν ἀπωλειῶν, ποὺ ἀνεφέραμεν, συντελεῖ καὶ ή χρησιμοποίησις μονοφασικοῦ ρεύματος μικροτέρας κατὰ τὸ δυνατὸν συχνότητος. Αὐτὸς εἶναι δὲ λόγος, διὰ τὸν δποίον εἰς ὡρισμένας περιπτώσεις χρησιμοποιοῦνται συχνότητες 25 Hz ή 16 2/3 Hz.



Σχ. 7.2 α.
Μονοφασικὸς κινητήρης σειρᾶς.

β) Η άπορρόφησις μικροτέρου ρεύματος και ο μικρός συντελεστής ισχύος διφείλονται εἰς τὰ φαινόμενα αύτεπαγωγῆς, τὰ διποϊα ἐμφανίζονται όταν ο κινητήρ σειρᾶς τροφοδοτήθηται μὲ έναλλασσόμενον ρεῦμα. Δέν θὰ προχωρήσωμεν εἰς λεπτομερῆ ἔξέτασιν τῶν φαινομένων αὐτῶν, θὰ ἀναφέρωμεν μόνον ότι οι μονοφασικοὶ κινητῆρες σειρᾶς κατασκευάζονται μὲ μικρὸν ἀριθμὸν σπειρῶν εἰς τὰ τυλίγματα τῶν πόλων καὶ μέγαν ἀριθμὸν σπειρῶν εἰς τὸ ἐπαγωγικὸν τύμπανον. Ἐπίσης, ότι διὰ τὴν μείωσιν τῆς ἀντιδράσεως τοῦ ἐπαγωγικοῦ τυμπάνου, τοποθετεῖται εἰς τὰ πέδιλα τῶν μαγνητικῶν πόλων τύλιγμα ἀντισταθμίσεως, ὡς αὐτὸ ποὺ τοποθετεῖται καὶ εἰς ὡρισμένας μηχανὰς συνεχοῦς ρεύματος ('Ηλεκτρικαὶ Μηχαναὶ, Τόμος Α', παράγρ. 3·4). Τὸ τύλιγμα αὐτὸ συνδέεται ἐν σειρᾷ μὲ τὸ ἐπαγωγικὸν τύμπανον καὶ τὰ τυλίγματα τῶν πόλων.

γ) Οι σπινθηρισμοὶ εἰς τὸν συλλέκτην, οἱ διποϊοὶ ύφίστανται



Σχ. 7·2β.

Μονοφασικὸς κινητήρ σειρᾶς μὲ αὐτομετασχηματιστήν.

λογία τῶν τυλιγμάτων, ποὺ φέρει ο μονοφασικὸς κινητήρ σειρᾶς, φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 7·2β.

Ἀναφέρομεν τέλος, ότι ἡ κατασκευὴ μὲ προεξέχοντας μαγνητικοὺς πόλους, ὅπως εἰς τὰς μηχανὰς συνεχοῦς ρεύματος, γίνεται μόνον

καὶ εἰς τὰς μηχανὰς συνεχοῦς ρεύματος, ἐδῶ ἐμφανίζονται ύπὸ πολὺ σοβαρωτέραν μορφὴν μὲ ἀποτέλεσμα τὴν ὑπερβολικὴν θέρμανσιν τοῦ συλλέκτου. Διὰ τὴν ἀντιμετώπισιν τοῦ φαινομένου αὐτοῦ χρησιμοποιοῦνται καὶ εἰς τοὺς μονοφασικοὺς κινητῆρας σειρᾶς βοηθητικοὶ πόλοι ('Ηλεκτρικαὶ Μηχαναὶ, Τόμος Α', παράγρ. 3·7), τῶν διποίων τὰ τυλίγματα συνδέονται ἐν σειρᾷ πρὸς τὸ ἐπαγωγικὸν τύμπανον. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον αἱ ψῆκτραι εἶναι πάντοτε στερεωμέναι εἰς τὴν οὐδετέραν ζώνην. Ἡ συνδεσμολογία τῶν τυλιγμάτων, ποὺ φέρει ο μονοφασικὸς κινητήρ σειρᾶς, φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 7·2β.

είς τούς μικρούς μονοφασικούς κινητήρας σειρᾶς. Είς τούς λοιπούς κινητήρας διατάξεις κατασκευάζεται χωρὶς προεξέχοντας πόλους, ὅπως είς τούς άσυγχρόνους κινητήρας. Είς τάς περιπτώσεις αὐτάς τὸ τύλιγμα τῶν κυρίων πόλων τοποθετεῖται ἐντὸς τῶν ὁδοντώσεων, διαμορφωμένον ὡς μονοφασικὸν τύλιγμα ἐναλλασσομένου ρεύματος. Είς ἀπόστασιν 90 ἡλεκτρικῶν μοιρῶν ἀπὸ αὐτὸν τοποθετεῖται τὸ τύλιγμα τῶν βοηθητικῶν πόλων, διαμορφωμένον ἐπίσης ὡς τύλιγμα ἐναλλασσομένου ρεύματος. Ἐντὸς τῶν ὁδοντώσεων τοῦ πρώτου τυλίγματος τοποθετοῦνται καὶ αἱ σπεῖραι τοῦ τυλίγματος ἀντισταθμίσεως.

3) Λειτουργία καὶ χρῆσις.

Αἱ χαρακτηριστικαὶ καμπύλαι λειτουργίας τῶν μονοφασικῶν κινητήρων σειρᾶς ὁμοιάζουν πολὺ μὲ τὰς ἀντιστοίχους τῶν κινητήρων συνεχοῦς ρεύματος μὲ διέγερσιν σειρᾶς. "Εχουν δηλαδὴ καὶ οἱ κινητῆρες αὐτοὶ σημαντικὴν ροπὴν ἐκκινήσεως, ἡ δοποίᾳ ἐν συνεχείᾳ μεταβάλλεται μὲ τὴν μεταβολὴν τῆς ταχύτητος τοῦ κινητῆρος. Ὅποιοι μηδενικὸν φορτίον ἡ ταχύτης τοῦ κινητῆρος αὐξάνεται ἐπικινδύνως.

Διὰ τὴν ἐκκίνησιν τῶν μονοφασικῶν κινητήρων σειρᾶς ἐλαττώνομεν τὴν ἐφαρμοζομένην τάσιν, εἴτε δι' ἐνὸς ἐκκινητοῦ μὲ ἀντιστάσεις συνδεομένας ἐν σειρᾷ μὲ τὸ ἐπαγωγικὸν τύμπανον, εἴτε συνηθέστερον είς τοὺς μεγάλους κινητῆρας δι' ἐνὸς αὐτομετασχηματιστοῦ μὲ λήψεις, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 7 · 2 β.

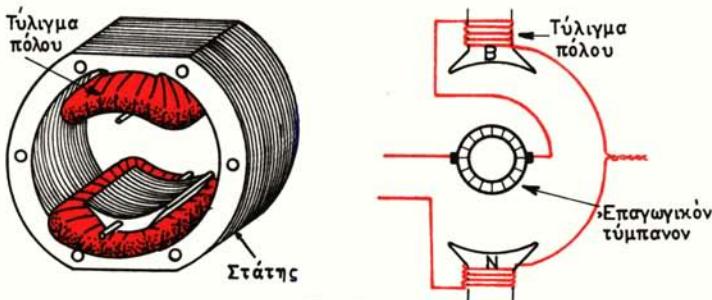
Διὰ νὰ ρυθμίζωμεν τὴν ταχύτητα περιστροφῆς κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς λειτουργίας χρησιμοποιοῦμεν ρυθμιστὴν στροφῶν (ό δοποῖος εἰναι καὶ ἐκκινητής), ὅπως γίνεται εἰς τὰς ἀντιστοίχους μηχανὰς συνεχοῦς ρεύματος. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ὁ αὐτομετασχηματιστὴς μὲ τὰς λήψεις ποὺ ἀνεφέραμεν εἰναι κατεσκευασμένος, ὥστε νὰ δύναται νὰ παραμένῃ συνεχῶς εἰς τὸ κύκλωμα (σχ. 7 · 2 β).

Οἱ μονοφασικοὶ κινητῆρες σειρᾶς χρησιμοποιοῦνται κυρίως εἰς τὴν ἡλεκτρικὴν ἔλξιν (σιδηρόδρομοι κ.λπ.), ὅπως καὶ οἱ ἀντίστοιχοι κινητῆρες συνεχοῦς ρεύματος καὶ μάλιστα εἰς μεγάλας ἀποστάσεις, ὅποτε χρησιμοποιεῖται ρεῦμα Υ.Τ. (π.χ. 15 000 V), τὸ δοποῖον ὑποβιβάζομεν εἰς τὴν κατάλληλον διὰ τοὺς κινητῆρας τάσιν διὰ μετασχηματιστοῦ μὲ λήψεις.

7.3 Κινητῆρες Γιουνιβέρσαλ (Universal).

Οἱ κινητῆρες αὐτοὶ εἰναι μικροὶ μονοφασικοὶ κινητῆρες σειρᾶς

(ίσχυος μέχρι 500 W) μὲ προεξέχοντας μαγνητικούς πόλους (άριστερὸν μέρος τοῦ σχ. 7 · 3) καὶ κατασκευάζονται διὰ ταχύτητας λειτουργίας 3000 ἔως 8000 στρ./min. Εἰς τὰς ταχύτητας αὐτὰς ἡ λειτουργία τοῦ κινητῆρος εἶναι ίκανοποιητική καὶ χωρὶς τύλιγμα ἀντισταθμίσεως καὶ βοηθητικούς πόλους.



Σχ. 7 · 3.

Κινητήρ Γιουνιβέρσαλ.

Ο δρομεὺς τῶν κινητήρων Γιουνιβέρσαλ εἶναι κατεσκευασμένος δπως δ συνήθης δρομεὺς κινητῆρος συνεχοῦς ρεύματος μὲ συλλέκτην καὶ ψήκτρας. Εἰς τὸ δεξιὸν μέρος τοῦ σχήματος 7 · 3 φαίνεται ἡ συνδεσμολογία κινητῆρος αὐτοῦ τοῦ εἴδους.

Οι κινητῆρες Γιουνιβέρσαλ ἔχουν ἴσχυρὰν ροπὴν ἐκκινήσεως. Ἡ ταχύτης περιστροφῆς των ἔξαρταται ἀπὸ τὸ φορτίον, ὅπως εἰς δόλους τοὺς κινητῆρας σειρᾶς. "Οταν ἀφαιρέσωμεν τελείως τὸ φορτίον, ἡ ταχύτης αὐξάνεται παρὰ πολὺ καὶ ὑπάρχει κίνδυνος καταστροφῆς τοῦ κινητῆρος. Διὰ τὴν ρύθμισιν τῶν στροφῶν χρησιμοποιοῦνται ἀντιστάσεις ἡ αὐτομετασχηματιστάι.

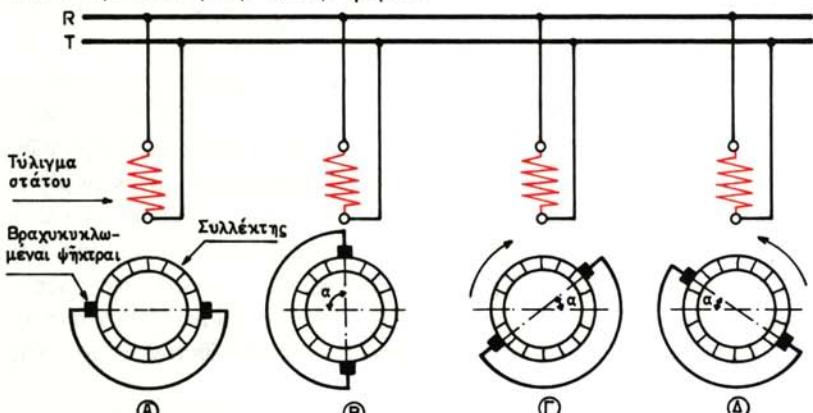
Οι μικροὶ κινητῆρες Γιουνιβέρσαλ δύναται νὰ λειτουργήσουν τόσον μὲ ἔναλλασσόμενον ρεῦμα συχνότητος 25 ἔως 60 Hz, ὅσον καὶ μὲ συνεχὲς ρεῦμα. Κατὰ τὴν λειτουργίαν μὲ συνεχὲς ρεῦμα ἡ ταχύτης περιστροφῆς εἶναι κατὰ 15 % μεγαλυτέρα. Κατὰ τὴν λειτουργίαν μὲ ἔναλλασσόμενον ρεῦμα ἔχουν συντελεστὴν ἴσχυος μεταξὺ 0,5 καὶ 0,8.

Οι κινητῆρες Γιουνιβέρσαλ χρησιμοποιοῦνται εύρυτατα εἰς μικρὰ ἔργαλεῖα, π.χ. εἰς ἡλεκτρικὰ τρυπάνια, εἰς ἀνεμιστῆρας, εἰς συσκευὰς οἰκιακῆς χρήσεως κ.λπ.

7.4 Κινητήρες άντιδράσεως.

Είς τήν άπλουστέραν μορφήν των οί κινητήρες αύτοί έχουν στάτην μὲ μονοφασικὸν τύλιγμα ἐναλλασσομένου ρεύματος, ως αύτὰ ποὺ περιεγράψαμεν εἰς τὸ Κεφάλαιον 3, καὶ δρομέα μὲ τύλιγμα συνεχοῦς ρεύματος, τὰ ἄκρα τῶν διμάδων τοῦ ὅποίου εἶναι συνδεδεμένα εἰς τὸν συλλέκτην. Τὸ τύλιγμα τοῦ στάτου συνδέεται εἰς τὸ δίκτυον τροφοδοτήσεως καὶ παράγει ἐναλλασσόμενον (μὴ περιστρεφόμενον) μαγνητικὸν πεδίον. Τὸ τύλιγμα τοῦ δρομέως δὲν συνδέεται ἡλεκτρικῶς οὔτε μὲ τὸ τύλιγμα τοῦ στάτου οὔτε μὲ τὸ δίκτυον ἡλεκτροδοτήσεως.

Αἱ ψῆκτραι, αἱ δόποιαι ἐφάπτονται εἰς τὸν συλλέκτην, εἶναι μεταξύ των βραχυκυκλωμέναι ἀνὰ δύο καὶ εἶναι ὅλαι στερεωμέναι ἐπάνω εἰς μηχανισμόν, δ ὁπόιος μᾶς ἐπιτρέπει μὲ τὴν βοήθειαν ἐνὸς χειροστροφάλου νὰ τὰς μεταθέτωμεν. Δηλαδὴ δυνάμεθα νὰ μεταβάλλωμεν τὴν θέσιν των ἐπὶ τοῦ συλλέκτου, ἀν στρέψωμεν τὸν μηχανισμὸν κατὰ τὴν μίαν ἢ τὴν ἄλλην φοράν.



Σχ. 7.4.
Κινητήρης άντιδράσεως.

Εἰς τὸ σχῆμα 7.4 τὸ διπολικὸν τύλιγμα τοῦ στάτου παρίσταται μὲ πηνίον, τοῦ δόποίου δ ἄξων συμπίπτει μὲ τὸν ἄξονα τοῦ δημιουργουμένου ύπὸ τοῦ τυλίγματος ἐναλλασσομένου μαγνητικοῦ πεδίου. "Οταν δ ἄξων τῶν δύο βραχυκυκλωμένων ψηκτρῶν συμπίπτῃ μὲ τὴν οὐδετέραν ζώνην, ὅπως δεικνύει τὸ σχῆμα 7.4 (A), τότε εἰς τὸ ἄνω ἥμισυ τοῦ τυλίγματος τοῦ δρομέως ἀναπτύσσονται ἡλεκτρεγερ-

τικαὶ δυνάμεις ἐξ ἐπαγωγῆς, αἱ ὅποιαι ὅμως ἀλληλοεξουδετερώνονται. Τὸ αὐτὸ δυνάμεις καὶ εἰς τὸ τύλιγμα τοῦ κάτω ἡμίσεος τοῦ δρομέως. Συνεπῶς ὅλον τὸ τύλιγμα δὲν διαρρέεται ὑπὸ ρεύματος, οὔτε ἀναπτύσσονται ἡλεκτρομαγνητικαὶ δυνάμεις ἐπὶ τῶν ἀγωγῶν του, δηλαδὴ δὲν ἀσκεῖται ροπὴ ἐπὶ τοῦ δρομέως. 'Ο κινητὴρ δὲν ἔκκινει καὶ τὸ τύλιγμα τοῦ στάτου του ἀπλῶς ἀπορροφεῖ μικρὸν σχετικῶς ρεῦμα μαγνητίσεως ἀπὸ τὸ δίκτυον.

"Αν δὲ ἄξων τῶν ψηκτρῶν συμπίπτη μὲ τὸν ἄξονα τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ στάτου, ἀν δηλαδὴ ἡ γωνία $\alpha = 90^\circ$, ὅπως δεικνύει τὸ σχῆμα 7 · 4 (Β), τότε οἱ ἀγωγοὶ τοῦ τυλίγματος τοῦ δρομέως διαρρέονται ἀπὸ ἐντασιν ρεύματος, ἡ ὅποια μάλιστα λόγω τῆς βραχυκυκλώσεως τῶν ψηκτρῶν φθάνει εἰς μεγάλας τιμάς, ίκανὰς νὰ καταστρέψουν τὸν κινητῆρα. Ροπὴ ὅμως ἐπὶ τοῦ δρομέως δὲν ἀσκεῖται πάλιν, διότι αἱ ροπαὶ τῶν δυνάμεων, ποὺ ἀναπτύσσονται εἰς τὸ ἄνω ἡμίσυ τοῦ τυλίγματος τοῦ δρομέως, ἀλληλοεξουδετερώνονται. Τὸ αὐτὸ δυνάμεις καὶ μὲ τὸ κάτω ἡμίσυ τοῦ δρομέως. Δηλαδὴ καὶ εἰς τὴν θέσιν αὐτὴν τῶν ψηκτρῶν δὲν κινητὴρ δὲν δύναται νὰ ἔκκινησῃ.

"Οταν δὲ ἄξων τῶν βραχυκυκλωμένων ψηκτρῶν σχηματίζῃ γωνίαν αἱ μεταξὺ 0° καὶ 90° , ὅπως εἰς τὸ σχῆμα 7 · 4 (Γ), αἱ δημιουργούμεναι ἐξ ἐπαγωγῆς ἡλεκτρεγερτικαὶ δυνάμεις ἐντὸς τῶν ἀγωγῶν τοῦ τυλίγματος τοῦ δρομέως ἀλληλοεξουδετερώνονται μόνον ἐν μέρει. Συνεπῶς λόγω τοῦ ρεύματος, ποὺ διαρρέει τοὺς ἀγωγοὺς καὶ κλείει κύκλωμα μέσω τῶν βραχυκυκλωμένων ψηκτρῶν, ἀσκεῖται ροπὴ ἐπὶ τοῦ δρομέως, ἡ ὅποια τὸν θέτει εἰς κίνησιν κατὰ τὴν φοράν τοῦ τόξου. "Οταν δὲ μετάθεσις τῶν ψηκτρῶν εἴναι ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 7 · 4 (Δ), τότε δὲ κινητὴρ περιστρέφεται κατ' ἀντίθετον φοράν τῆς προτιγουμένης.

"Η ταχύτης καὶ ἡ ροπὴ τοῦ κινητῆρος ἀντιδράσεως ἔξαρτᾶται ἀπὸ τὴν γωνίαν μεταθέσεως τῶν ψηκτρῶν του α. "Οσον αὐξάνομεν (μέχρις ἐνὸς δρίου) τὴν γωνίαν αἱ μεταθέσεις ποὺ ἀνεφέραμεν, τόσον αὐξάνεται ἡ ταχύτης περιστροφῆς τοῦ κινητῆρος. Συνεπῶς δὲ κινητὴρ ἀντιδράσεως παρέχει εὔκολον τρόπον ρυθμίσεως τῆς ταχύτητός του. 'Επίστης εὔκολος εἴναι εἰς τοὺς κινητῆρας αὐτοὺς ἡ ἀλλαγὴ τῆς φορᾶς περιστροφῆς, ἡ ὅποια πραγματοποιεῖται μὲ τὸν ἴδιον μηχανισμὸν, διὰ περιστροφῆς τοῦ χειροστροφάλου κατὰ τὴν ἀντίθετον φοράν.

‘Ο κινητήρ άντιδράσεως δι’ ώρισμένην μετάθεσιν τῶν ψηκτρῶν ἔχει χαρακτηριστικὰ λειτουργίας ὡς αὐτὰ τοῦ κινητῆρος σειρᾶς. Δηλαδὴ ἡ ταχύτης μεταβάλλεται εἰς μεγάλα ὄρια, ὅταν μεταβάλλεται τὸ φορτίον. Ἐπίσης κατὰ τὴν ἐν κενῷ λειτουργίᾳν εἶναι ἐνδεχόμενον νὰ καταστραφῇ δικινητήριο λόγω ὑπερβολικῆς ταχύτητος περιστροφῆς. Εἰς τὸ κανονικὸν φορτίον εἶναι δυνατὸν νὰ ἐπιτύχωμεν ρύθμισιν στροφῶν, μὲ τὸν τρόπον ποὺ ἀνεφέραμεν, μεταξὺ 60% καὶ 130% τοῦ ὀνομαστικοῦ ἀριθμοῦ στροφῶν.

Εἰς τοὺς κινητῆρας ἀντιδράσεως χρησιμοποιεῖται ἡ μέθοδος τῆς ἀπ’ εύθείας ἐκκινήσεως λόγω τῆς μικρᾶς ἐντάσεως ἐκκινήσεως, τὴν ὁποίαν ἔχουν μὲ σχετικῶς μεγάλην ροπήν. Ὁ συντελεστὴς ἴσχυος κατὰ τὴν λειτουργίᾳν ὑπὸ τὸ κανονικὸν φορτίον εἶναι μικρότερος ἀπὸ τοὺς μονοφασικοὺς κινητῆρας σειρᾶς. Οἱ κινητῆρες ἀντιδράσεως χρησιμοποιοῦνται, ὅπου ἀπαιτεῖται λεπτομερής ρύθμισις τῆς ταχύτητος περιστροφῆς.

7.5 Τριφασικοί κινητῆρες σειρᾶς.

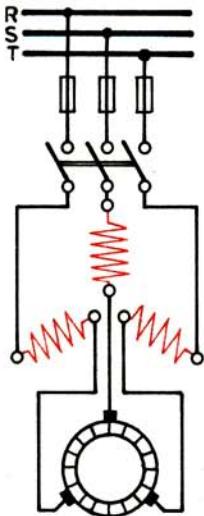
Οἱ κινητῆρες αὐτοί, ποὺ ἀνήκουν εἰς τὴν κατηγορίαν τῶν τριφασικῶν κινητήρων μετὰ συλλέκτου, ἔχουν στάτην ὅμοιον ἀκριβῶς μὲ τὸν στάτην ἐνὸς ὀσυγχρόνου τριφασικοῦ κινητῆρος. Ὁ δρομεύς των φέρει τύλιγμα συνεχούς ρεύματος μὲ τὰ ἄκρα τῶν ὁμάδων συνδεδεμένα εἰς τοὺς τομεῖς τοῦ συλλέκτου. Ὁ ἀριθμὸς τῶν πόλων τοῦ τυλίγματος τοῦ στάτου εἶναι διαφορετικός μὲ τὸν ἀριθμὸν τῶν πόλων τοῦ τυλίγματος τοῦ δρομέως.

Ἐπὶ τοῦ συλλέκτου ἐφάπτονται τρεῖς ψήκτραι εἰς ἀποστάσεις ἴσοστασεις μεταξύ των, δηλαδὴ εἰς ἀποστάσεις 120° . Αἱ ψήκτραι αὐταὶ εἶναι στερεωμέναι ἐπὶ ἐνὸς μηχανισμοῦ, διόποιος ἐπιτρέπει τὴν μετάθεσιν των, ὅπως εἰς τοὺς κινητῆρας ἀντιδράσεως.

Τὰ ἄκρα τοῦ τυλίγματος κάθε φάσεως τοῦ στάτου συνδέονται μὲ τὸ δίκτυον καὶ μὲ μίαν ἀπὸ τὰς ψήκτρας, ὅπως δεικνύει τὸ σχῆμα 7.5 α. Δηλαδὴ ἔχομεν σύνδεσιν ἐν σειρᾷ τῶν τριῶν φάσεων τοῦ στάτου μὲ τὰς τρεῖς φάσεις τοῦ δρομέως, δεδομένου διτὶ τὸ τύλιγμα τοῦ δρομέως δύναται νὰ θεωρηθῇ ὡς τριφασικὸν τύλιγμα συνδεσμολογημένον κατὰ τρίγωνον.

‘Η ἀρχὴ λειτουργίας τῶν κινητήρων αὐτῶν εἶναι ἡ ἀκόλουθος: “Οταν ὁ στάτης τροφοδοτήται ἀπὸ τὸ δίκτυον, δημιουργεῖ περιστρε-

φόμενον μαγνητικὸν πεδίον (παράγρ. 4·2) μὲ ταχύτητα $n_s = \frac{f}{p}$. Τὸ τύλιγμα τοῦ δρομέως συνδεδεμένον, ὅπως ἀνεφέραμεν, ἐν σειρᾶ μὲ τὸ τύλιγμα τοῦ στάτου, τροφοδοτεῖται καὶ αὐτὸ μὲ τριφασικὸν ρεῦμα τῆς ἴδιας συχνότητος f . Συνεπῶς δημιουργεῖ καθ' ὅμοιον τρόπον περιστρεφόμενον μαγνητικὸν πεδίον μὲ ταχύτητα ἐπίσης $n_s = \frac{f}{p}$, δεδομένου ὅτι τὸ τύλιγμα αὐτὸ ἔχει τὸν ἴδιον ἀριθμὸν ζευγῶν πόλων p μὲ τὸ τύλιγμα τοῦ στάτου.



Σχ. 7·5 α.

Τριφασικὸς κινητὴρός σειρᾶς X.T.

Οἰαδήποτε καὶ ἂν εἴναι ἡ ταχύτης περιστροφῆς τοῦ δρομέως, τὸ τύλιγμά του συμπεριφέρεται πάντοτε ἀπὸ ἀπόψεως μαγνητικοῦ πεδίου, ὡς νὰ ἥτο ἀκίνητον εἰς τὸν χῶρον, καὶ τὸ μαγνητικὸν πεδίον ποὺ παράγει περιστρέφεται πάντοτε μὲ τὴν σύγχρονον ταχύτητα n_s . Τοῦτο δφείλεται εἰς τὸ γεγονὸς ὅτι ἡ διανομὴ τοῦ ρεύματος μέσα εἰς τοὺς ἀγωγοὺς τοῦ τυλίγματος τοῦ δρομέως γίνεται διὰ τοῦ συλλέκτου ἀπὸ τὰς ἀκινήτους (μὴ περιστρεφομένας) ψήκτρας.

Συνεπῶς τὰ περιστρεφόμενα μαγνητικὰ πεδία τοῦ στάτου καὶ τοῦ δρομέως ἔχουν τὴν ἴδιαν γωνιακὴν ταχύτητα καὶ ὅταν εἴναι ἐν φάσει εἰς τὸν χῶρον, δηλαδὴ τὸ ἔνα ἀκριβῶς ἀπέναντι τοῦ ἄλλου, οὐδεμία ροπὴ ἀσκεῖται ἐπὶ τοῦ δρομέως. "Αν ὅμως μὲ τὸν μηχανισμὸν μεταθέσωμεν τὰς ψήκτρας κατὰ μίαν ὠρισμένην γωνίαν, δημιουργεῖται ἀντίστοιχος φασικὴ ἀπόκλισις εἰς τὸν χῶρον μεταξὺ τῶν δύο πεδίων, τὰ δόποια διὰ τῆς μεταξύ των ἀντιδράσεως ἀσκοῦν ροπὴν ἐπὶ τοῦ δρομέως μὲ φορὰν ἀντίθετον τῆς μεταθέσεως τῶν ψηκτρῶν. "Εὰν ἡ ἀνθισταμένη ροπὴ τοῦ φορτίου είναι μικροτέρα τῆς ροπῆς αὐτῆς, ὁ κινητὴρ θὰ ἔκκινήσῃ.

"Επειδὴ ἡ λειτουργία τοῦ κινητῆρος ἀπαιτεῖ νὰ συμπίπτῃ ἡ φορὰ περιστροφῆς του μὲ τὴν φορὰν περιστροφῆς τῶν μαγνητικῶν πεδίων, διὰ τοῦτο ἡ μετάθεσις τῶν ψηκτρῶν γίνεται πάντοτε κατὰ φορὰν ἀντίθετον ἀπὸ τὴν φορὰν περιστροφῆς αὐτῶν. "Αν θέλωμεν νὰ ἀλλάξωμεν τὴν φορὰν περιστροφῆς τοῦ κινητῆρος, ὅπως καὶ εἰς τοὺς

άσυγχρόνους τριφασικούς κινητήρες, άντιμεταθέτομεν δύο άπό τους τροφοδοτικούς άγωγούς διὰ νὰ ἀλλάξῃ ἡ φορά περιστροφῆς τῶν μαγνητικῶν πεδίων, καὶ δίδομεν ἀντίθετον ἀπὸ προηγουμένως μετάθεσιν εἰς τὰς ψήκτρας.

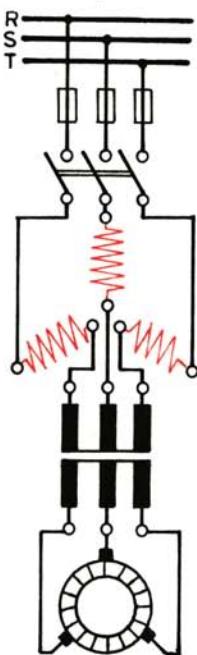
Ἡ μεγίστη ροπὴ τοῦ κινητῆρος ἐπιτυγχάνεται, ὅταν ἡ μετάθεσις τῶν ψηκτρῶν εἴναι ἵστη περίπου πρὸς 90 ἡλεκτρικὰς μοίρας. Αὐτὸς εἴναι καὶ τὸ ὄριον, μέχρι τὸ ὅποιον εἴναι ἐπιτρεπτὴ ἡ μετάθεσις τῶν ψηκτρῶν.

Δι’ ὧρισμένην μετάθεσιν ψηκτρῶν, δικινητήρος συμπεριφέρεται ὡς κινητήρος συνεχοῦς ρεύματος μὲ διέγερσιν σειρᾶς, δηλαδὴ ἡ ταχύτης περιστροφῆς ἔξαρτᾶται ἐκ τοῦ φορτίου κ.λπ.

Δι’ ὧρισμένον φορτίον σταθερᾶς ροπῆς ἡ ταχύτης περιστροφῆς τοῦ κινητῆρος αὔξανεται, ὅσον αὔξανεται (μέχρις ἐνὸς ὄριου) ἡ μετάθεσις τῶν ψηκτρῶν κατὰς φορὰν ἀντίθετον πρὸς τὴν φορὰν κινήσεως. Ἡ ἐκκίνησις τῶν κινητήρων αὐτῶν, ὅταν εἴναι μικρᾶς ἴσχύος, γίνεται μὲ τοποθέτησιν τῶν ψηκτρῶν εἰς τὴν θέσιν τῆς χαμηλῆς ταχύτητος, διὰ νὰ ἐλαττώσωμεν τὴν ἔντασιν ἐκκινήσεως, ἡ ὅποια διαφορετικὰ εἴναι σημαντική. Διὰ τὴν ἐκκίνησιν κινητήρων μεγάλης ἴσχύος χρησιμοποιοῦμεν αὐτομετασχηματιστάς.

“Οταν ἡ τάσις τοῦ δικτύου τροφοδοτήσεως τοῦ κινητῆρος εἴναι ἀρκετὰ ὑψηλὴ (ἄνω τῶν 380 V), παρεμβάλλομεν μετασχηματιστὴν ὑποβιβασμοῦ τῆς τάσεως μεταξὺ τῶν τυλιγμάτων τοῦ στάτου καὶ τοῦ δρομέως, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 7·5 β. Τοῦτο γίνεται, διότι εἴναι τεχνικῶς πολὺ δύσκολος ἡ κατασκευὴ συλλεκτῶν δι’ ὑψηλὰς τάσεις.

Ἡ ρύθμισις τῆς ταχύτητος τῶν τριφασικῶν κινητήρων σειρᾶς μόνον μὲ τὴν μετάθεσιν τῶν ψηκτρῶν, δηλαδὴ ἀνευ τῆς χρησιμοποιήσεως ἔξωτερικῶν ἀντιστάσεων καὶ τῶν ἀπωλειῶν, τὰς ὅποιας συνεπάγεται ἡ χρῆσις των, ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα οἱ κινητῆρες αὐτοὶ νὰ ἔχουν ὑψηλὸν βαθμὸν ἀποδόσεως εἰς ὅλην τὴν κλίμακα τῶν ταχυτήτων των. Ὁ συντελεστὴς ἴσχυος εἴναι ἐπίσης ὑψηλὸς καὶ πλησιάζει τὴν μονάδα



Σχ. 7·5 β.
Τριφασικός κινητήρος σειρᾶς Y.T.

διὰ ταχύτητας τοῦ κινητῆρος πλησίον ἢ καὶ ὅνω τῆς συγχρόνου ταχύτητος.

7 · 6 Τριφασικοὶ κινητῆρες διακλαδώσεως.

Οἱ τριφασικοὶ κινητῆρες διακλαδώσεως, ποὺ εἰναι καὶ αὔτοὶ κινητῆρες μετά συλλέκτου, ὡνομάσθησαν ἔτσι διότι ἔχουν χαρακτηριστικὰ κινητήρων συνεχοῦς ρεύματος παραλλήλου διεγέρσεως (διακλαδώσεως). Ταυτοχρόνως παρέχουν τὴν δυνατότητα ρυθμίσεως τῆς ταχύτητος εἰς μεγάλα ὄρια. Δύο εἰναι οἱ ἀντιπροσωπευτικώτεροι τύποι τῶν κινητήρων αὐτῶν: *Oἱ τριφασικοὶ κινητῆρες διακλαδώσεως τροφοδοτούμενοι ἀπὸ τὸν στάτην καὶ οἱ τριφασικοὶ κινητῆρες διακλαδώσεως τροφοδοτούμενοι ἀπὸ τὸν δρομέα.*

1) Τριφασικοὶ κινητῆρες διακλαδώσεως τροφοδοτούμενοι ἀπὸ τὸν στάτην.

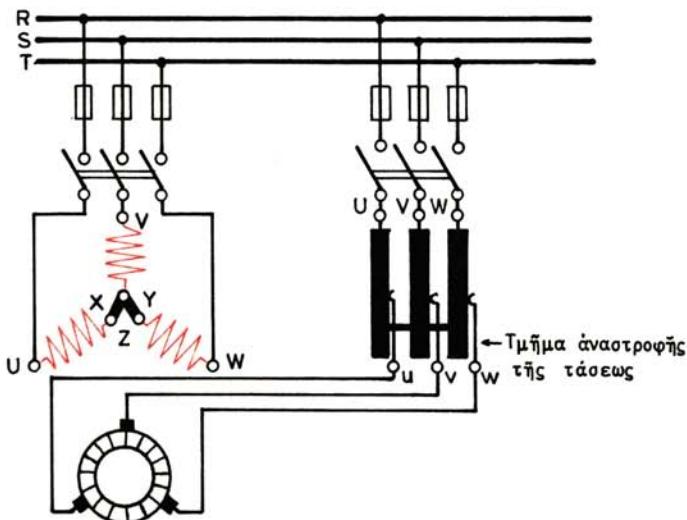
Τὸ τύλιγμα τοῦ στάτου τῶν κινητήρων αὐτῶν τροφοδοτεῖται ἀπ’ εὐθείας ἀπὸ τὸ δίκτυον. Τὸ τύλιγμα τοῦ δρομέως τροφοδοτεῖται ἐπίσης ἀπὸ τὸ δίκτυον μέσω μετασχηματιστοῦ ἢ αὐτομετασχηματιστοῦ ὑποβιβασμοῦ τάσεως, ὅπως δεικνύει τὸ σχῆμα 7 · 6 α.

‘Η ἀρχὴ τῆς λειτουργίας τῶν κινητήρων αὐτῶν εἰναι ἡ ἴδια, ὅπως τῶν τριφασικῶν κινητήρων σειρᾶς. ‘Η ροπὴ δημιουργεῖται καὶ ἐδῶ ἀπὸ τὴν μετάθεσιν εἰς τὸν χῶρον μεταξὺ τῶν δύο περιστρεφομένων μαγνητικῶν πεδίων τοῦ στάτου καὶ τοῦ δρομέως. ‘Η μετάθεσις αὐτὴ ἔχειται πάλιν ἀπὸ τὴν θέσιν τῶν ψηκτρῶν ἐπὶ τοῦ συλλέκτου, ἀλλὰ καὶ ἀπὸ τὴν φασικὴν ἀπόκλισιν τοῦ ρεύματος τοῦ δρομέως ὡς πρὸς τὸ ρεῦμα τοῦ στάτου. Αὐτὴ ἡ φασικὴ ἀπόκλισις δημιουργεῖται ἀπὸ τὸ γεγονός, ὅτι τὰ τυλίγματα τοῦ στάτου καὶ τοῦ δρομέως τροφοδοτοῦνται ἐδῶ ἐν παραλλήλῳ ἀπὸ τὸ δίκτυον καὶ μάλιστα τὸ ἔνα μέσω μετασχηματιστοῦ ἢ αὐτομετασχηματιστοῦ.

‘Η μεταβολὴ τῆς ταχύτητος τοῦ κινητῆρος γίνεται διὰ μεταβολῆς τῆς σχέσεως μεταφορᾶς τοῦ μετασχηματιστοῦ ἢ αὐτομετασχηματιστοῦ, οἱ ὅποιοι διὰ τὸν σκοπὸν αὐτὸν κατασκευάζονται μὲ λήψεις (σχ. 7 · 6 α). “Οταν ἡ τάσις εἰς τὸ δευτερεύον τοῦ μετασχηματιστοῦ ἐλαττοῦται, αὔξανεται ἡ ταχύτης τοῦ κινητῆρος. Διὰ νὰ αὔξηθῃ ἡ ταχύτης πέρα τῆς συγχρόνου, ἡ τάσις τοῦ δευτερεύοντος τοῦ μετασχηματιστοῦ ἀναστρέφεται. Εἰς τὴν πρᾶξιν ἡ ταχύτης τοῦ κινητῆρος μεταβάλλεται μεταξὺ 20 % καὶ 130 % τῆς δύναμιστικῆς ταχύτητος.

Δι' ώρισμένην τάσιν τοῦ δευτερεύοντος τοῦ μετασχηματιστοῦ ή ταχύτης τοῦ κινητήρος είναι πολὺ σταθερά καὶ ὅταν ἀκόμη ἡ ἀνθισταμένη ροπή τοῦ φορτίου μεταβάλλεται εἰς μεγάλα ὄρια.

Οἱ κινητῆρες αὐτοί, ποὺ ἔχουν πολὺ καλὸν βαθμὸν ἀποδόσεως καὶ συντελεστὴν ἴσχυος εἰς δλην τὴν κλίμακα τῶν ταχυτήτων των, χρησιμοποιοῦνται εἰς νηματουργεῖα, ὑφαντουργεῖα, μικρὰ ἔλαστρα, χαρτοποιητικὰς μηχανάς, κ.λπ.



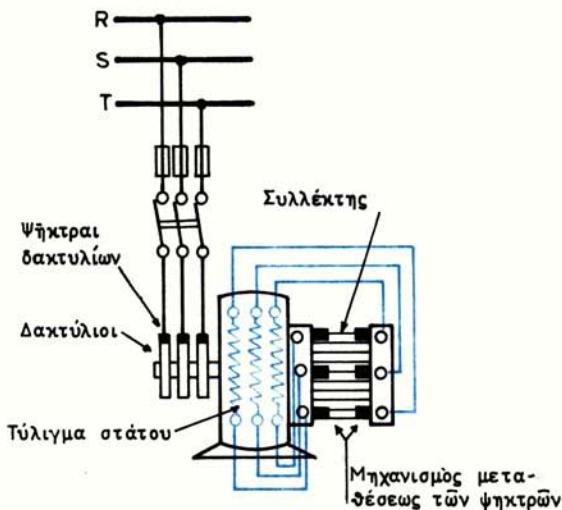
Σχ. 7·6 α.

Τριφασικὸς κινητήρης διακλαδώσεως τροφοδοτούμενος ἀπὸ τὸν στάτην.

2) Τριφασικοὶ κινητῆρες διακλαδώσεως τροφοδοτούμενοι ἀπὸ τὸν δρομέα.

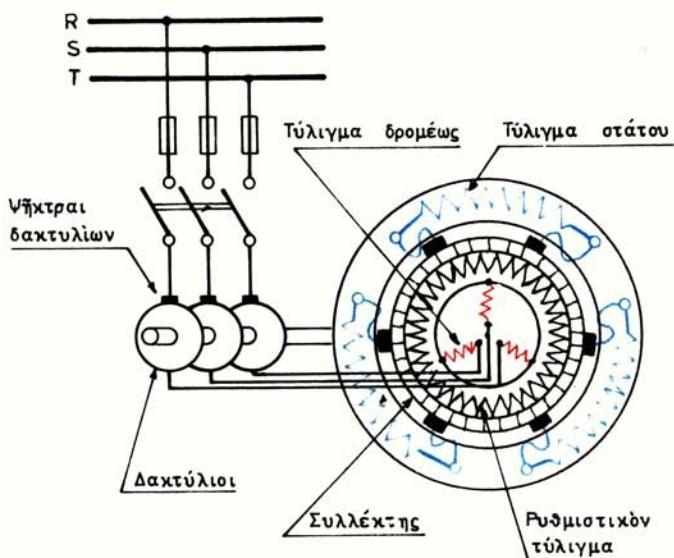
Ἡ γενικὴ διάταξις τῶν κινητήρων αὐτῶν, ποὺ ὀνομάζονται καὶ κινητῆρες Schrage, ἀπὸ τὸ ὄνομα τοῦ ἐφευρέτου των, φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 7·6 β. Ὁπως παρατηροῦμεν, ἀντιθέτως ἀπὸ ὅ, τι συμβαίνει μὲ ὅλους τοὺς λοιποὺς κινητῆρας, ἐδῶ ἡ τροφοδότησις ἀπὸ τὸ δίκτυον γίνεται εἰς τὸν δρομέα τοῦ κινητῆρος μέσω τριῶν δακτυλίων. Εἰς τοὺς δακτυλίους αὐτοὺς είναι συνδεδεμένα τὰ τρία ἄκρα τριφασικοῦ τυλίγματος τοποθετημένου εἰς τὰς ὁδοντώσεις τοῦ δρομέως. Ἐντὸς τῶν ὁδοντώσεων αὐτῶν ὑπάρχει τοποθετημένον καὶ δεύτερον τύλιγμα, τὸ ρυθμιστικὸν τύλιγμα, τὸ δποῖον συνδέεται πρὸς τοὺς τομεῖς τοῦ συλλέκτου, ὅπως τὸ τύλιγμα τοῦ ἐπαγωγικοῦ τυμπάνου κινητῆρος

συνεχούς ρεύματος. Τὸ σχῆμα 7 · 6 γ δίδει τὸ διάγραμμα τῶν συνδε-



Σχ. 7 · 6 β.

Τριφασικός κινητήρος διακλαδώσεως τροφοδοτούμενος ἀπό τὸν δρομέα.



Σχ. 7 · 6 γ.

Τυλίγματα κινητῆρος διακλαδώσεως τροφοδοτουμένου ἀπό τὸν δρομέα.

σμολογιῶν τῶν τυλιγμάτων κινητῆρος διακλαδώσεως τροφοδοτουμένου ἀπὸ τὸν δρομέα.

Ο στάτης τοῦ κινητῆρος φέρει τριφασικὸν τύλιγμα, τὰ ἄκρα τοῦ ὁποίου συνδέονται εἰς δύο σειρὰς ψηκτρῶν. Κάθε σειρὰ ἀποτελεῖται ἀπὸ τρεῖς ἵσαπεχούσας ψήκτρας (κατὰ 120°) στερεωμένας εἰς ἓνα μηχανισμὸν μεταθέσεως. "Ἐτσι ὑπάρχουν δύο τέτοιοι μηχανισμοί, οἱ ὁποίοι περιστρέφονται ταυτοχρόνως ἀλλὰ κατ' ἀντιθέτους φορὰς μὲ ἓνα κοινὸν χειροστρόφαλον. Μὲ τὸν τρόπον αὐτὸν εἴναι δυνατὸν νὰ αὐξήσωμεν ἥ τὸν ἐλαττώσωμεν τὴν ἀπόστασιν μεταξὺ τῶν δύο ψηκτρῶν, ποὺ συνδέονται εἰς τὰ δύο ἄκρα κάθε φάσεως τοῦ στάτου, ὡστε νὰ παρεμβάλλεται μεταξύ των μεγαλύτερον ἥ μικρότερον τμῆμα τοῦ ρυθμιστικοῦ τυλίγματος.

"Οταν οἱ μηχανισμοὶ εἴναι εἰς θέσιν τοιαύτην, ὡστε οἱ ἀντίστοιχοι ψήκτραι τῶν φάσεων τοῦ στάτου νὰ είναι ἥ μία ἀπέναντι εἰς τὴν ἄλλην (σχ. 7·6 β), ὅταν δηλαδὴ ἐφάπτωνται εἰς τὸν αὐτὸν τομέα τοῦ συλλέκτου, τότε κάθε φάσις τοῦ τυλίγματος τοῦ στάτου είναι βραχυκυκλωμένη μέσω τοῦ τομέως αὐτοῦ. 'Ο κινητήρος συμπεριφέρεται ὡς ἀσύγχρονος (τροφοδοτούμενος ἀπὸ τὸν δρομέα) καὶ συνεπῶς περιστρέφεται μὲ ταχύτητα δλίγον μικροτέραν τῆς συγχρόνου.

"Ἐὰν μὲ τὸν χειροστρόφαλον ἀπομακρύνωμεν τὰς ἀντίστοιχους ψήκτρας, ὡστε μεταξὺ τῶν ψηκτρῶν κάθε φάσεως νὰ παρεμβάλλωνται ὠρισμέναι σπεῖραι τοῦ ρυθμιστικοῦ τυλίγματος, τότε μέσα εἰς κάθε φάσιν εἰσέρχεται τάσις, τὸ μέγεθος τῆς ὁποίας ἔξαρταται ἀκριβῶς ἀπὸ τὸν ἀριθμὸν τῶν σπειρῶν αὐτῶν τοῦ ρυθμιστικοῦ τυλίγματος. Αὔξανοντες ἥ ἐλαττώνοντες τὴν τάσιν μὲ τὸν μηχανισμὸν ποὺ περιεγράψαμεν, αὔξανομεν ἥ ἐλαττώνομεν τὴν ταχύτητα τοῦ κινητῆρος ἄνω ἥ καὶ κάτω τῆς συγχρόνου ταχύτητος. Συνήθως τὰ ἀκραῖα ὄρια τῶν ἐπιτυγχανομένων διὰ τοῦ τρόπου αὐτοῦ ταχυτήτων ἔχουν μεταξύ των σχέσιν 1 πρὸς 3, ὑπάρχουν ὅμως κινητῆρες αὐτοῦ τοῦ εἶδους μὲ ὄρια 1 πρὸς 15 ἥ καὶ περισσότερον.

"Ο κινητήρος ἔκκινεī ὅπ' εύθείας μὲ τοποθέτησιν τῶν ψηκτρῶν εἰς τὴν θέσιν ἐλαχίστης ταχύτητος. Κατὰ τὴν λειτουργίαν του ἔχει πολὺ καλὸν συντελεστὴν ἴσχυος διὰ ταχύτητας ἄνω τῆς συγχρόνου, ἐνῶ διὰ ταχύτητας κάτω τῆς συγχρόνου ὁ συντελεστὴς ἴσχυος ἐλαττοῦται. 'Ο βαθμὸς ἀποδόσεως τοῦ κινητῆρος είναι πολὺ καλός. 'Η ἀλλαγὴ τῆς φορᾶς περιστροφῆς τοῦ κινητῆρος γίνεται, ὅπως καὶ εἰς

τούς ἀσυγχρόνους τριφασικούς κινητήρας, δι' ἀντιμεταθέσεως τῶν δύο ἄγωγῶν, ἀπὸ τοὺς τρεῖς τροφοδοτικούς ἄγωγούς.

Οἱ κινητῆρες Schrage χρησιμοποιοῦνται εἰς περιπτώσεις, ὅπου ἀπαιτεῖται λεπτομερής ρύθμισις τῆς ταχύτητος, ὅπως εἰς τυπογραφίκας καὶ χαρτοποιητικὰς μηχανάς, ἐργοστάσια ἐλαστικοῦ, φυσητῆρας λεβήτων, συμπιεστάς, γερανούς, εἰς μεγάλας ἐργαλειομηχανὰς κ.λπ.

7 · 7 Ἀνακεφαλαίωσις.

α) Ἡ ἀνδργκη ὑπάρχεως κινητήρων ἔναλλασσομένου ρεύματος μὲ λεπτομερῆ ρύθμισιν τῆς ταχύτητος περιστροφῆς ὡδήγησεν εἰς τὴν ἐπινόσιν τῶν κινητήρων μετὰ συλλέκτου. Οἱ κινητῆρες αὐτοὶ ἔχουν μεγάλην ροπήν ἐκκινήσεως, ὑψηλὸν συντελεστὴν ἴσχυος καὶ καλὸν βαθμὸν ἀποδόσεως.

β) Οἱ μονοφασικοὶ κινητῆρες σειρᾶς ἔχουν χαρακτηριστικὰ λειτουργίας ὅμοια μὲ τοὺς κινητῆρας συνεχοῦς ρεύματος μὲ διέγερσιν σειρᾶς. Ἐπειδὴ ἡ ταχύτης των αὔξανεται πολύ, ὅταν ἐλαττοῦται τὸ φορτίον, κατὰ τὴν ἐν κενῷ λειτουργίαιν ὑπάρχει κίνδυνος μηχανικῆς καταστροφῆς των ἀπὸ ὑπερβολικήν ταχύτητα. Ἡ ρύθμισις τῆς ταχύτητος τῶν κινητήρων αὐτῶν κατὰ τὴν λειτουργίαιν των γίνεται δι' ἐνὸς ρυθμιστοῦ στροφῶν, ὁ ὅποιος συνήθως είναι αὐτομετασχηματιστής μὲ λήψεις.

γ) Οἱ κινητῆρες Γιουνιβέρσαλ είναι μικροὶ μονοφασικοὶ κινητῆρες σειρᾶς μὲ προεξέχοντας μαγνητικούς πόλους εἰς τὸν στάτην. Χρησιμοποιοῦνται εἰς τὸ συνεχὲς καὶ εἰς τὸ ἔναλλασσόμενον ρεῦμα διὰ ταχύτητας ἄνω τῶν 3000 στρ./min.

δ) Εἰς τοὺς κινητῆρας ἀντιδράσεως τροφοδοτεῖται μόνον τὸ τύλιγμα τοῦ στάτου. Αἱ ψῆκτραι, ποὺ ἐφάπτονται εἰς τὸν δρομέα, είναι βραχυκυκλωμέναι ἀνὰ δύο καὶ στερεώνονται ἐπάνω εἰς μηχανισμόν, ὁ ὅποιος ἐπιτρέπει τὴν μετάθεσίν των. Μὲ τὴν μετάθεσιν αὐτὴν πραγματοποιεῖται ἡ ρύθμισις τῆς ταχύτητος τοῦ κινητῆρος ὡς καὶ ἡ ἀλλαγὴ τῆς φορᾶς περιστροφῆς. Δι' ὥρισμένην θέσιν τῶν ψηκτρῶν, ὁ κινητήρας ἔχει χαρακτηριστικὰ λειτουργίας κινητῆρος συνεχοῦς ρεύματος μὲ διέγερσιν σειρᾶς.

ε) Εἰς τοὺς τριφασικούς κινητῆρας σειρᾶς ἡ ρύθμισις τῆς ταχύτητος περιστροφῆς γίνεται διὰ μεταθέσεως τῶν ψηκτρῶν κατὰ φορὰν ἀντίθετον πρὸς τὴν φορὰν κινήσεως. Ἡ ταχύτης αὔξανεται, ὅσον

αὐξάνεται ἡ μετάθεσις αὐτῇ. Δι’ ὧρισμένην θέσιν τῶν ψηκτρῶν τὰ χαρακτηριστικὰ λειτουργίας τοῦ κινητῆρος εἶναι ὅμοια μὲ τῶν κινητήρων συνεχοῦς ρεύματος μὲ διέγερσιν σειρᾶς. Ἡ ἀλλαγὴ τῆς φορᾶς περιστροφῆς τοῦ κινητῆρος γίνεται δι’ ἀντιμεταθέσεως δύο τροφοδοτικῶν ἀγωγῶν καὶ ταυτοχρόνου μεταθέσεως τῶν ψηκτρῶν πρὸς τὴν ἀντίθετον ἀπὸ προηγουμένως κατεύθυνσιν.

στ) Οἱ τριφασικοὶ κινητῆρες διακλαδώσεως ἔχουν χαρακτηριστικὰ λειτουργίας ὅμοια μὲ τὰ χαρακτηριστικὰ τῶν κινητήρων συνεχοῦς μὲ παράλληλον διέγερσιν, δηλαδὴ σταθερότητα εἰς τὴν ταχύτητα περιστροφῆς κατὰ τὰς διακυμάνσεις τοῦ φορτίου. Ἡ ρύθμισις τῆς ταχύτητος περιστροφῆς εἰς τοὺς τροφοδοτουμένους ἀπὸ τὸν στάτην κινητῆρας γίνεται διὰ μεταβολῆς τῆς τάσεως τροφοδοτήσεως τοῦ δρομέως. Εἰς τοὺς τροφοδοτουμένους ἀπὸ τὸν δρομέα, ἡ ρύθμισις τῆς ταχύτητος περιστροφῆς γίνεται διὰ μηχανισμοῦ μεταθέσεως τῶν ψηκτρῶν.

7 · 8 Ἐρωτήσεις.

α) Εἰς τί διαφέρει κατασκευαστικῶς ὁ κινητήρος συνεχοῦς ρεύματος μὲ διέγερσιν σειρᾶς, ἀπὸ τὸν μονοφασικὸν κινητῆρα σειρᾶς μὲ συλλέκτην;

β) Τί εἶναι οἱ κινητῆρες Γιουνιβέρσαλ καὶ ποῦ χρησιμοποιοῦνται;

γ) Τί γνωρίζετε περὶ τῶν κινητήρων ἀντιδράσεως (περιγραφή, ἀρχὴ λειτουργίας, φορὰ ἐκκινήσεως, ἀλλαγὴ φορᾶς περιστροφῆς);

δ) Ποῖα εἴδη κινητήρων ἐναλλασσομένου ρεύματος μετὰ συλλέκτου γνωρίζετε;

ε) Νὰ περιγραφῇ ἡ ἀρχὴ λειτουργίας τῶν μονοφασικῶν κινητήρων σειρᾶς.

στ) Τί γνωρίζετε διὰ τοὺς τριφασικοὺς κινητῆρας σειρᾶς μὲ συλλέκτην (σχηματικὴ παράστασις, τρόπος ἐκκινήσεως, μεταβολὴ στροφῶν, ἀλλαγὴ φορᾶς περιστροφῆς);

ζ) Πῶς γίνεται ἡ ρύθμισις τῆς ταχύτητος περιστροφῆς εἰς τὸν τριφασικὸν κινητῆρα διακλαδώσεως τροφοδοτούμενον ἀπὸ τὸν στάτην καὶ πῶς ἐπιτυγχάνονται ταχύτητες ἀνω τῆς συγχρόνου ταχύτητος;

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ 8

ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ — ΑΝΟΡΘΩΤΑΙ

8 · 1 Γενικά.

‘Η πρόοδος είς τὴν τεχνικὴν τῆς ἡλεκτρικῆς ἐνεργείας, ὅπως ἀνεφέραμεν ἡδη, ὡδήγησεν εἰς τὴν ἀποκλειστικὴν χρησιμοποίησιν τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος εἰς τὰ δίκτυα διανομῆς ἡλεκτρικῆς ἐνεργείας. ‘Υπάρχουν ὅμως περιπτώσεις, εἰς τὰς ὁποίας εἴμεθα ὑποχρεωμένοι νὰ χρησιμοποιήσωμεν ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν ὑπὸ μορφὴν συνεχοῦς ρεύματος. ‘Ως παραδείγματα ἀναφέρομεν τὴν φόρτισιν τῶν συσσωρευτῶν, τὴν γαλβανοπλαστικήν, τὴν ἡλεκτρολυστικήν παραγωγὴν τοῦ ἀλουμινίου καὶ τοῦ χαλκοῦ, τὴν ἡλεκτρικὴν ἔλξιν (τρόλλεύ, ἡλεκτρικοὶ σιδηρόδρομοι), τὴν τροφοδότησιν τηλεφωνικῶν καὶ τηλεγραφικῶν ἐγκαταστάσεων κ.λπ. Εἰς τὰς περιπτώσεις αὐτὰς εἴμεθα ὑποχρεωμένοι νὰ μετατρέπωμεν τὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα εἰς συνεχές.

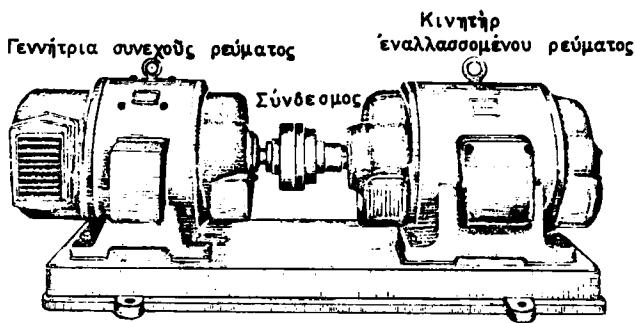
Παλαιότερον ἡ μετατροπὴ αὐτὴ ἐγένετο μὲ τὴν βοήθειαν ζευγῶν κινητῆρος - γεννητρίας, στρεφομένων μετατροπέων ἡ μετατροπέων διὰ μηχανικῶν ἐπαφῶν. ‘Η ἐπινόσησις ὅμως τῶν ἀνορθωτῶν ὑδραργύρους καὶ ἐν συνεχείᾳ τῶν ζηρῶν ἀνορθωτῶν, μὲ τὴν χρησιμοποίησιν τῶν ἡμιαγωγῶν ἀπὸ ὑποξείδιον τοῦ χαλκοῦ ἡ ἀπὸ σελήνιον καὶ τῶν ἀκόμη νεωτέρων ἀπὸ γερμάνιον ἡ πυρίτιον, ὡδήγησεν εἰς τὴν βαθμιαίαν ἐγκατάλειψιν, ἐκτὸς ἐλαχίστων περιπτώσεων, τῶν ζευγῶν καὶ τῶν μετατροπέων.

Εἰς τὰ ἐπόμενα θὰ δώσωμεν σύντομον περιγραφὴν τῶν ζευγῶν κινητῆρος - γεννητρίας καὶ τῶν μετατροπέων, ἐκτὸς τῶν μετατροπέων διὰ μηχανικῶν ἐπαφῶν, τῶν ὁποίων ἡ χρησιμοποίησις ἔχει σχεδὸν ἐντελῶς ἐγκαταλειφθῇ. ‘Ἐν συνεχείᾳ θὰ ἀσχοληθῶμεν μὲ τοὺς ἀνορθωτὰς δι’ ἡμιαγωγῶν, διὰ λυχνιῶν ὑδραργύρους καὶ διὰ λυχνιῶν θερμῆς καθόδου.

8 · 2 Ζεῦγος κινητῆρος - γεννητρίας.

Τὸ ζεῦγος κινητῆρος - γεννητρίας ἀποτελεῖται ἀπὸ κινητῆρα ἐναλλασσομένου ρεύματος, ὃ ὁποῖος είναι μηχανικῶς συνεζευγμένος

μὲ γεννήτριαν συνεχοῦς ρεύματος (σχ. 8 · 2), τὴν ὅποιαν καὶ κινεῖ. Δηλαδὴ ἐδῶ ἡ ἡλεκτρικὴ ἐνέργεια τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος μετατρέπεται ἀπὸ τὸν κινητῆρα εἰς μηχανικὴν διὰ νὰ μετατραπῇ ἐν συνεχείᾳ ἀπὸ τὴν γεννήτριαν εἰς ἡλεκτρικὴν ἐνέργειαν συνεχοῦς ρεύματος.



Σχ. 8 · 2.
Ζεῦγος κινητῆρος - γεννητρίας.

Ἐὰν ἡ ἀπαιτουμένη ἰσχὺς συνεχοῦς ρεύματος εἶναι μικρά, ὁ κινητήρος εἶναι συνήθως ἀσύγχρονος μηχανή, ἡ ὅποια, ἀν ὑπάρχουν ἀπότομοι μεταβολαὶ τοῦ φορτίου συνεχοῦς ρεύματος, ἐφοδιάζεται καὶ μὲ σφόνδυλον. Ἐὰν ἡ ἰσχὺς εἶναι μεγάλη, προτιμᾶται ἡ χρησιμοποίησις συγχρόνου κινητῆρος, ὁ ὅποιος ἔχει μεγαλύτερον βαθμὸν ἀποδόσεως καὶ ἐπιτρέπει τὴν βελτίωσιν τοῦ συντελεστοῦ ἰσχύος ὅλης τῆς ἔγκατταστάσεως, ὅπως ἔξηγήσαμεν.

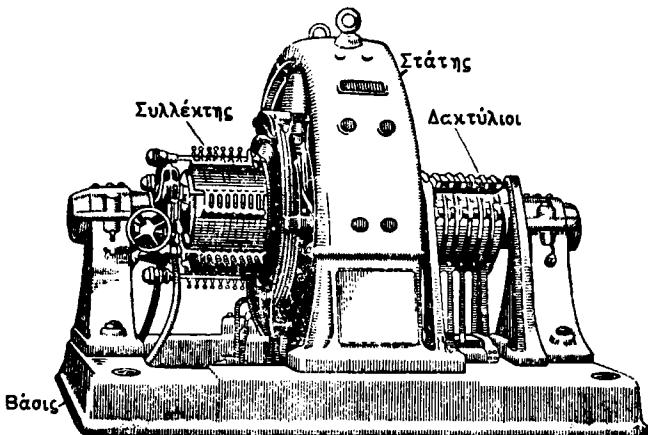
Τὸ κύριον μειονέκτημα τοῦ ζεύγους κινητῆρος - γεννητρίας εἶναι ὁ χαμηλὸς δλικὸς βαθμὸς ἀποδόσεώς του η, ὁ ὅποιος ὑπολογίζεται ως γινόμενον τοῦ βαθμοῦ ἀποδόσεως η_K τοῦ κινητῆρος ἐπὶ τὸν βαθμὸν ἀποδόσεως η_G τῆς γεννητρίας. Π.χ. ἂν η_K = η_G = 0,90 εἶναι:

$$\eta = \eta_K \cdot \eta_G = 0,90 \times 0,90 = 0,81 \quad \text{ἢ} \quad 81\%$$

8 · 3 Στρεφόμενος μετατροπεύς.

Ο στρεφόμενος μετατροπεύς, ὁ ὅποιος ὀνομάζεται καὶ μεταλλάκτης (commutatrice), εἶναι ἡλεκτρικὴ μηχανή, ἡ ὅποια μετατρέπει τὸ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα ἀπ' εὐθείας εἰς συνεχές, δηλαδὴ χωρὶς τὴν μεσολάβησιν τῆς μηχανικῆς ἐνέργειας, ἀλλὰ καὶ τὸ συνεχές εἰς ἐναλλασσόμενον. Διὰ τὸν λόγον αὐτὸν ἔχει καλύτερον βαθμὸν ἀποδόσεως ἀπὸ ζεῦγος κινητῆρος - γεννητρίας ἀντιστοίχου ἰσχύος.

‘Ο στρεφόμενος μετατροπεὺς βασικῶς είναι μηχανὴ συνεχοῦς ρεύματος παραλλήλου διεγέρσεως, ἢ ὅποια ὄμως, εἰς τὴν πλευρὰν τοῦ ἐπαγωγικοῦ τυμπάνου, ποὺ δὲν εύρισκεται ὁ συλλέκτης, φέρει ἐπὶ τοῦ ἄξονος δακτυλίους διὰ τὴν σύνδεσιν μὲ τὸ δίκτυον ἐναλλασσομένου ρεύματος (σχ. 8 · 3 α). ‘Ο ἀριθμὸς τῶν δακτυλίων ἔξαρταται ἀπὸ τὸν

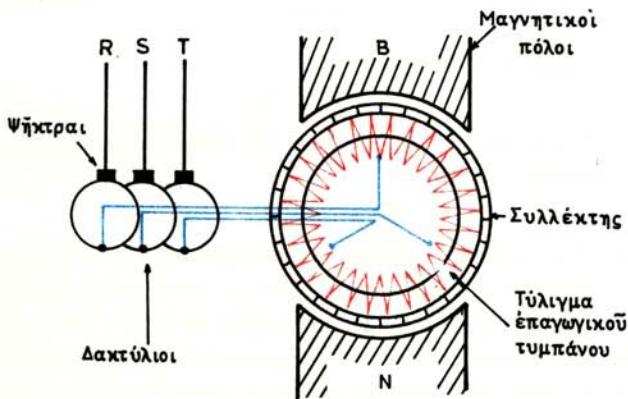


Σχ. 8 · 3 α.
Στρεφόμενος μετατροπεύς.

ἀριθμὸν τῶν φάσεων τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος, τὸ ὅποιον πρόκειται νὰ μετατραπῇ εἰς συνεχές. Διὰ μονοφασικὸν ρεῦμα ἀπαιτοῦνται δύο δακτύλιοι, διὰ τριφασικὸν τρεῖς καὶ δι’ ἔξαρσικὸν ἔξ. Τὸ σχῆμα 8 · 3 β δεικνύει διαγραμματικῶς τὴν σύνδεσιν τῶν δακτυλίων τριφασικοῦ μετατροπέως μὲ τὸ τύλιγμα τοῦ ἐπαγωγικοῦ τυμπάνου, ἢ ὅποια πραγματοποιεῖται εἰς τρία ίσαπέχοντα σημεῖα. “Οταν ὁ μετατροπεὺς δὲν είναι διπολικὸς ὥπως εἰς τὸ σχῆμα, τότε ἡ σύνδεσις γίνεται εἰς σημεῖα ἀπέχοντα μεταξύ των κατὰ 120 ἡλεκτρικὰς μοίρας.

Κατὰ τὴν μετατροπὴν τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος εἰς συνεχές, ὁ στρεφόμενος μετατροπεὺς λαμβάνει ἐναλλασσόμενον ρεῦμα ἀπὸ τὴν πλευρὰν τῶν δακτυλίων καὶ ἀποδίδει συνεχές ρεῦμα εἰς τὴν πλευρὰν τοῦ συλλέκτου. Αὐτὸς λειτουργεῖ τότε ὡς σύγχρονος κινητήρ, ὅσον ἀφορᾶ εἰς τοὺς ζυγοὺς τροφοδοτήσεως μὲ ἐναλλασσόμενον ρεῦμα καὶ ὡς γεννήτρια συνεχοῦς ρεύματος, ὅσον ἀφορᾶ εἰς τοὺς ζυγοὺς συνεχοῦς ρεύματος. Εἰς τὸ σχῆμα 8 · 3 γ φαίνεται ἡ σύνδεσμολογία ἐνὸς τριφα-

σικοῦ στρεφομένου μετατροπέως. Η έκκινησις τοῦ στρεφομένου μετα-



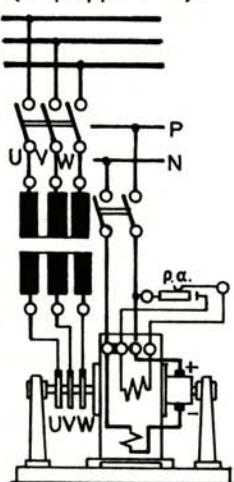
Σχ. 8 · 3 β.

Τύλιγμα τριφασικοῦ στρεφομένου μετατροπέως.

τροπέως εἰς τὰς περιπτώσεις αὐτὰς γίνεται μὲν ἀπὸ τοὺς γνωστοὺς τρόπους ἔκκινήσεως τῶν συγχρόνων κινητήρων (παράγρ. 4 · 4).

Οἱ στρεφόμενοι μετατροπεῖς χρησιμοποιοῦνται ἐπίσης διὰ τὴν μετατροπὴν συνεχοῦς ρεύματος εἰς ἐναλλασσόμενον. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν ὁ μετατροπεὺς λειτουργεῖ ως κινητήρ παραλλήλου διεγέρσεως, ὅσον ἀφορᾶ εἰς τὴν πλευρὰν τοῦ συνεχοῦς ρεύματος, καὶ ὡς ἐναλλακτήρ, ὅσον ἀφορᾶ εἰς τὴν πλευρὰν τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος. Συνεπῶς ἀπαιτεῖ συγχρονισμὸν πρὸ τῆς συνδεσεως εἰς τὸ δίκτυον ἐναλλασσομένου ρεύματος, ἐὰν πρόκειται νὰ ἐργασθῇ παραλλήλως καὶ πρὸς ἄλλας μηχανάς.

Μεταξὺ τῶν τάσεων συνεχοῦς καὶ ἐναλλασσομένου ρεύματος στρεφομένου μετατροπέως ὑφίσταται καθωρισμένη σχέσις, ἡ διοία πολὺ δίλιγον μεταβάλλεται μὲν τὸ φορτίον. Η Συνδεσμολογία τριφασικοῦ ἐνδεικνυμένη τιμὴ τῆς πολικῆς τάσεως τοῦ στρεφομένου μετατροπέως. ἐναλλασσομένου ρεύματος U_e προκύπτει ἀπὸ τὴν τάσιν U_o τοῦ συνεχοῦς ρεύματος μὲ τὴν βοήθειαν τῶν ἀκολούθων σχέσεων:



Σχ. 8 · 3 γ.

Διὰ μονοφασικὸν μετατροπέα:

$$U_e = 0,707 \cdot U_\sigma$$

Διὰ τριφασικὸν μετατροπέα:

$$U_e = 0,65 \cdot U_\sigma$$

Δι᾽ ἔξαφασικὸν μετατροπέα μὲν ἔξ δακτυλίους ἡ ἐνδεικνυμένη τιμὴ τῆς φασικῆς τάσεως εἶναι:

$$U_{\Phi_e} = 0,73 \cdot U_\sigma$$

Π.χ. διὰ νὰ δίδῃ ὁ τριφασικὸς στρεφόμενος μετατροπεὺς τάσιν συνεχοῦς 230 V πρέπει νὰ τροφοδοτήται μὲ τάσιν (πολικὴν) ἀπὸ τὴν πλευρὰν τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος ἵσην μὲ $0,65 \times 230 = 150$ V.

Διὰ τὴν τροφοδότησιν τοῦ στρεφομένου μετατροπέως μὲ τὴν κατάλληλον τάσιν ἐναλλασσομένου παρεμβάλλεται ἔνας μετασχηματιστής, ὅπως δεικνύει τὸ σχῆμα 8 · 3 γ. Ὁ μετασχηματιστής αὐτὸς κατασκευάζεται μὲ λήψεις εἰς τὸ δευτερεῦον, ὅταν θέλωμεν νὰ ἔχωμεν ρύθμισιν τῆς τάσεως τοῦ συνεχοῦς, διότι ἡ μεταβολὴ τῆς ἐντάσεως διεγέρσεως διὰ τῆς ρυθμιστικῆς ἀντιστάσεως p.a. δὲν προκαλεῖ μεταβολὴν τῆς τάσεως τοῦ συνεχοῦς ρεύματος. Ἀντιθέτως μεταβολὴ τῆς ἐντάσεως διεγέρσεως προκαλεῖ, ὅπως εἴδομεν καὶ εἰς τοὺς συγχρόνους κινητῆρας (παράγρ. 4 · 5), μεταβολὴν τοῦ συντελεστοῦ ἴσχύος, μὲ τὸν ὅποιον δὲ μετατροπεὺς φορτίζει τὸ δίκτυον ἐναλλασσομένου ρεύματος. Συνεπῶς μὲ τὸν τρόπον αὐτὸν εἶναι δυνατὸν νὰ ἐπιτύχωμεν, ὥστε δὲ στρεφόμενος μετατροπεὺς νὰ λειτουργῇ μὲ συνφ. = 1.

Ἄλλοι τρόποι ρυθμίσεως τῆς τάσεως τοῦ συνεχοῦς, ὅταν ὁ μετασχηματιστής δὲν ἔχῃ λήψεις εἰς τὸ δευτερεῦον, εἶναι ἡ παρεμβολὴ στραγγαλιστικῶν πηγῶν μεταξὺ τοῦ δευτερεύοντος τοῦ μετασχηματιστοῦ καὶ τῶν δακτυλίων (ρύθμισις τῆς τάσεως τοῦ συνεχοῦς μέχρι 5 %) ἢ ἡ παρεμβολὴ ἐπαγωγικοῦ ρυθμιστοῦ τάσεως (παράγρ. 8 · 9).

“Οπως ἀνεφέραμεν, οἱ στρεφόμενοι μετατροπεῖς ἐλάχιστα χρησιμοποιοῦνται σήμερον διὰ τὴν μετατροπὴν ἐναλλασσομένου ρεύματος εἰς συνεχές. Σημειώνομεν δῆμως, ὅτι στρεφόμενοι μετατροπεῖς μικρᾶς ἴσχύος χρησιμοποιοῦνται εἰς ἀρκετάς περιπτώσεις διὰ τὴν μετατροπὴν συνεχοῦς ρεύματος εἰς ἐναλλασσόμενον εἰς συστήματα συνεχοῦς ρεύματος, εἰς τὰ ὅποια ὑπάρχει ἀνάγκη τροφοδοτήσεως συσκευῶν ἐναλλασσομένου (π.χ. εἰς τὴν ἀεροπορίαν, εἰς ὄχηματα κινούμενα διὰ συνεχοῦς ρεύματος κ.λπ.).

8 · 4 Ἡ ἡλεκτρικὴ βαλβίς.

Ὑπάρχουν ὡρισμένα στοιχεῖα, χρησιμοποιούμενα εἰς τὴν τεχνικὴν τῶν ἀνορθωτῶν, τὰ ὅποια ἔχουν τὴν χαρακτηριστικὴν ἴδιότητα νὰ μὴ παρουσιάζουν τὴν αὐτὴν ἀντίστασιν εἰς τὴν διέλευσιν τοῦ ρεύματος καὶ κατὰ τὴν μίαν φορὰν καὶ κατὰ τὴν ἀντίθετον. Δηλαδὴ παρουσιάζουν ἴδιότητας ἡλεκτρικῆς βαλβίδος, ὥστε λέγομεν.

Τὸ σχῆμα 8 · 4 δίδει τὴν σχηματικὴν παράστασιν ἡλεκτρικῆς βαλβίδος. Κατὰ τὴν φορὰν ἀπὸ τὴν ἄνοδον A πρὸς τὴν κάθοδον K, ἡ ἀντίστασις R_{AK} εἶναι πολὺ μικρὰ καὶ θεωρητικῶς δύναται νὰ ληφθῇ ἵση μὲ μηδέν. Συνεπῶς ρεῦμα i δύναται νὰ διέλθῃ κατὰ τὴν φορὰν αὐτήν, ἡ ὅποια λαμβάνεται καὶ ὡς θετικὴ φορὰ τῶν ἐντάσεων καὶ τάσεων. Κατὰ τὴν ἀντίθετον φοράν, δηλαδὴ ἀπὸ τὴν κάθοδον πρὸς τὴν ἄνοδον, ἡ ἀντίστασις R_{KA} εἶναι πολὺ μεγάλη καὶ θεωρητικῶς λαμβάνεται ἄπειρος. Συνεπῶς ρεῦμα δὲν δύναται νὰ διέλθῃ διὰ τῆς ἡλεκτρικῆς βαλβίδος κατὰ τὴν φορὰν αὐτήν. Δηλαδὴ, ἀν ἐφαρμοσθῇ ἀρνητικὴ τάσις μεταξύ τῶν ἡλεκτροδίων τῆς βαλβίδος, ἡ ἐντασις θὰ εἶναι ἵση μὲ μηδέν.

Εἰς τὴν πρᾶξιν ἡ ἀντίστασις R_{AK} οὐδέποτε εἶναι ἵση μὲ μηδέν. Συνεπῶς κατὰ τὴν διέλευσιν τοῦ ρεύματος διὰ τῆς βαλβίδος ἔχομεν πτῶσιν τάσεως ἐντὸς αὐτῆς, ἡ ὅποια ἔξαρτάται ἀπὸ τὸ εἶδος τῆς βαλβίδος. Ἐπίσης ἡ R_{KA} οὐδέποτε εἶναι ἄπειρος, εἰς ὡρισμένα δὲ εἴδη βαλβίδων ὑπάρχει πάντοτε κατὰ τὴν λειτουργίαν μία μὴ σημαντικὴ ἀρνητικὴ ἐντασις (σχ. 8 · 6 α).

Εἰς τὰ ἐπόμενα θὰ περιγράψωμεν τὰς ἡλεκτρικὰς βαλβίδας, αἱ ὅποιαι χρησιμοποιοῦνται εἰς τοὺς ἀνορθωτὰς, ἀφοῦ προηγουμένως δώσωμεν μίαν σύντομον περιγραφὴν τῶν ἀνορθωτικῶν διατάξεων. Δηλαδὴ τῶν χρησιμοποιουμένων συνδεσμολογιῶν ἀνεξαρτήτως τοῦ εἴδους τῶν ἡλεκτρικῶν βαλβίδων.

8 · 5 Ἀνορθωτικαὶ διατάξεις.

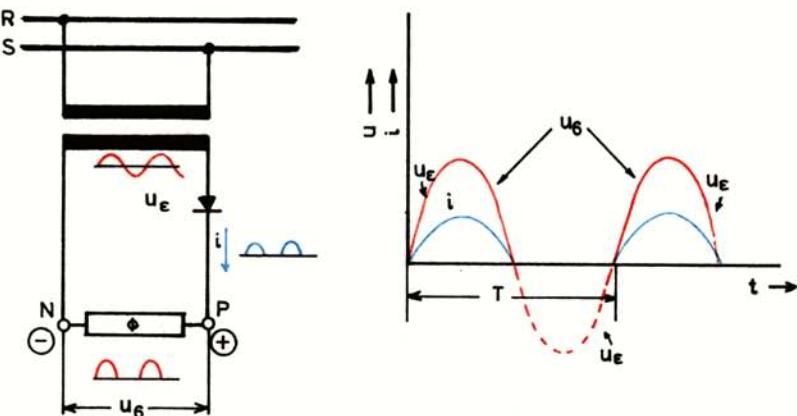
1) Ἀνόρθωσις ἡμίσεος κύματος.

Ἡ ἀπλουστέρα μορφὴ ἀνορθωτικοῦ κυκλώματος εἶναι αὐτὴ ποὺ δεικνύει τὸ ἀριστερὸν μέρος τοῦ σχήματος 8 · 5 α. Ἀπὸ τὸ δευτερεῦον



Σχ. 8 · 4
Ἡλεκτρικὴ βαλβίς.

μονοφασικοῦ μετασχηματιστοῦ τροφοδοτεῖται δι' ἡμιτονοειδοῦς τάσεως u_e τὸ κύκλωμα, τὸ δόποιον περιλαμβάνει τὸν καταναλωτὴν Φ καὶ ἐν σειρᾷ μίαν ἡλεκτρικὴν βαλβίδα. Τὸ ρεῦμα i κατὰ τὰς θετικὰς ἡμι-



Σχ. 8 · 5 α.
Μονοφασική ἀνόρθωσις ἡμίσεος κύματος.

περιόδους τῆς τάσεως θὰ ἔχῃ καὶ αὐτὸς ἡμιτονοειδῆς μορφὴν καὶ μάλιστα θὰ εἶναι ἐν φάσει πρὸς τὴν τάσιν, ἀν τὸ φορτίον Φ εἶναι ὠμικὴ ἀντίστασις. Κατὰ τὴν διάρκειαν τῶν ἀρνητικῶν ἡμιπεριόδων τῆς τάσεως, δὲν θὰ κυκλοφορῇ ρεῦμα εἰς τὸ κύκλωμα. Συνεπῶς ἡ μορφὴ, ποὺ θὰ ἔχῃ τὸ κυκλοφοροῦν ρεῦμα, εἶναι αὐτὴ ποὺ φαίνεται εἰς τὸ δεξιὸν μέρος τοῦ σχήματος 8 · 5 α. Τὸ ρεῦμα αὐτὸς ὀνομάζεται ἀνωρθωμένον ρεῦμα.

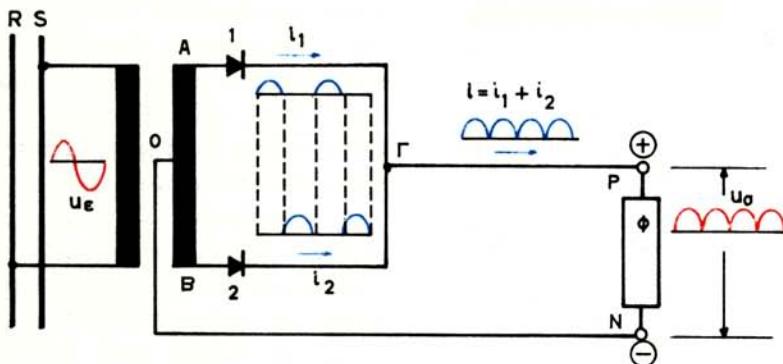
‘Ομοίως μόνον ἀπὸ τὰς θετικὰς ἡμιπεριόδους τῆς τάσεως θὰ ἀποτελῆται καὶ ἡ τάσις u_b , ποὺ ἐφαρμόζεται εἰς τὰ ἄκρα τοῦ καταναλωτοῦ Φ , ὅπως φαίνεται εἰς τὸ δεξιὸν μέρος τοῦ σχήματος, καὶ ποὺ ὀνομάζεται καὶ αὐτὴ ἀνωρθωμένη τάσις. ‘Η ἡλεκτρικὴ βαλβίς θεωρεῖται ἐδῶ διὰ λόγους ἀπλότητος ὅτι ἔχει $R_{AK} = 0$.

‘Η ἀνόρθωσις, ποὺ περιεγράψαμεν, ὀνομάζεται ἀνόρθωσις ἡμίσεος κύματος, διότι, ὅπως εἴδομεν, χρησιμοποιοῦνται μόνον αἱ ἡμίσειαι (αἱ θετικαὶ) ἡμιπερίοδοι τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος. Δηλαδὴ μὲ τὴν ἀνόρθωσιν ἡμίσεος κύματος ἐπιτυγχάνομεν, ὥστε τὸ ρεῦμα, ποὺ διέρχεται μέσα ἀπὸ τὸν καταναλωτὴν, νὰ ἔχῃ πάντοτε τὴν ἴδιαν φοράν. ‘Η ἀνορθωτικὴ αὐτὴ διάταξις χρησιμοποιεῖται διὰ πολὺ μικρὰς

ἐντάσεις ρεύματος καὶ ὅταν δὲν μᾶς ἐνδιαφέρῃ ἡ κυμάτωσις τοῦ ἀνωρθωμένου ρεύματος.

2) Ἀνόρθωσις πλήρους κύματος.

Εἰς τὸ σχῆμα 8 · 5 β φαίνεται ἀλλη διάταξις μὲ δύο ἡλεκτρικὰς βαλβίδας, μὲ τὴν δποίαν ἐπιτυγχάνομεν ἀνόρθωσιν πλήρους κύματος. Ἐδῶ δὲ μετασχηματιστής εἰς τὸ δευτερεύον του ἔχει μεσαίαν λῆψιν Ο, ἡ δποία ἀποτελεῖ τὸν ἕνα πόλον τροφοδοτήσεως τοῦ καταναλωτοῦ. Ὁ ἄλλος πόλος προέρχεται ἀπὸ τὸ σημεῖον ἐνώσεως Γ τῶν δύο καθόδων τῶν ἡλεκτρικῶν βαλβίδων.



Σχ. 8 · 5 β.

Μονοφασικὴ ἀνόρθωσις πλήρους κύματος.

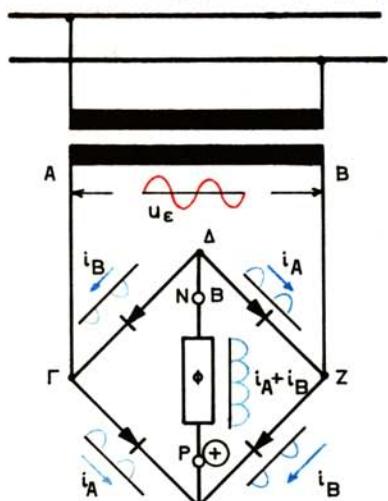
Μὲ τὴν διάταξιν αὐτὴν ἐπιτυγχάνομεν, ὥστε κατὰ τὴν μίαν ἡμιπερίοδον τῆς ἐναλλασσομένης τάσεως τοῦ δευτερεύοντος τοῦ μετασχηματιστοῦ τὸ ρεῦμα νὰ διέρχεται διὰ τῆς ἡλεκτρικῆς βαλβίδος 1 μέσω τοῦ κυκλώματος ΟΑΓΡΝΟ. Κατὰ τὴν ἐπομένην ἡμιπερίοδον τὸ ρεῦμα διέρχεται διὰ τῆς βαλβίδος 2 μέσω τοῦ κυκλώματος ΟΒΓΡΝΟ. Διὰ τοῦ καταναλωτοῦ διέρχεται τὸ ὅθροισμα τῶν ρευμάτων i_1 καὶ i_2 , τὸ δποίον παρίσταται μὲ μίαν καμπύλην, ὡς αὐτὴ ποὺ φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 8 · 5 β. Τὸ ἀνωρθωμένον ρεῦμα i εἶναι εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν κυματόρρευμα. Τὴν αὐτὴν μορφὴν ἔχει καὶ ἡ ἐφαρμοζομένη τάσις u_o εἰς τὸν καταναλωτὴν Φ .

Παρατηροῦμεν ὅτι εἰς κάθε ἡμιπερίοδον γίνεται χρῆσις τῆς τάσεως, ποὺ παράγει τὸ ἡμισύ τοῦ δευτερεύοντος τοῦ μετασχηματιστοῦ. Δηλαδὴ δὲν γίνεται πλήρης ἐκμετάλλευσις τοῦ μετασχηματιστοῦ καὶ

δι' αύτὸν τὸν λόγον ἡ διάταξις αὐτὴ χρησιμοποιεῖται μόνον διὰ μικρᾶς τάσεως.

3) Διάταξις μονοφασικῆς γεφύρας.

Άλλη άνορθωτική διάταξις πλήρους άνορθώσεως, ἡ δοποία δὲν ἀπαιτεῖ μετασχηματιστὴν τροφοδοτήσεως μὲν μεσαίαν λῆψιν καὶ ἡ δοποία ἀξιοποιεῖ πλήρως τὸν μετασχηματιστὴν, εἰναι ἡ ὀνομαζομένη διάταξις γεφύρας (σχ. 8·5 γ).



Σχ. 8·5 γ.

Άνορθωτική διάταξις γεφύρας.

Σημειώνομεν ἐδῶ ὅτι ἔνας τρόπος διὰ νὰ ἐπιτύχωμεν ρύθμισιν τῆς τάσεως τοῦ άνωρθωμένου ρεύματος εἰς μίαν διάταξιν άνορθώσεως, εἰναι νὰ φέρῃ ὁ μετασχηματιστὴς τροφοδοτήσεως λήψεις εἰς τὸ δευτερεῦον του.

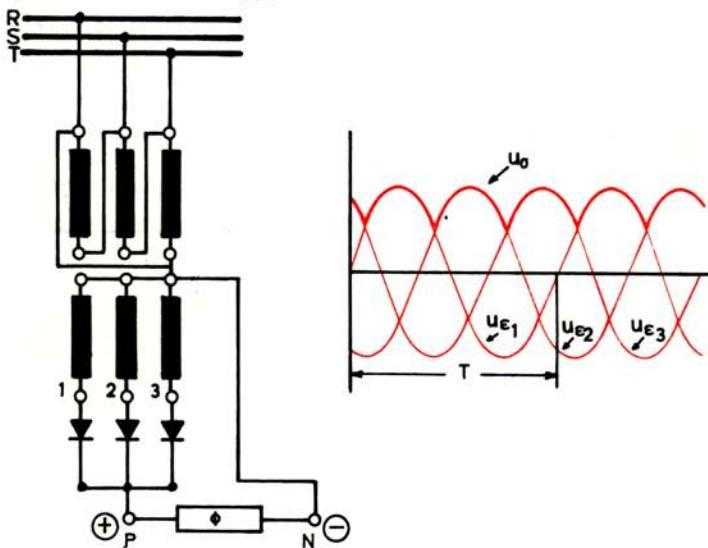
4) Διάταξις τριφασικῆς άνορθώσεως.

Διὰ μεγάλην ἴσχυν γίνεται άνόρθωσις τριφασικοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος μὲν διάταξιν, ὡς αὐτὴ τοῦ σχήματος 8·5 δ. Μὲ αὐτὴν τὴν διάταξιν, εἰς κάθε δεδομένην στιγμήν, ρεῦμα διέρχεται μόνον ἀπὸ τὴν ἡλεκτρικὴν ἑκείνην βαλβίδα, τῆς δοποίας ἡ ἄνοδος εἰναι συνδεδεμένη μὲ τὴν φάσιν, ποὺ ἔχει τὸ μεγαλύτερον θετικὸν δυναμικὸν ὡς πρὸς τὸν οὐδέτερον κόμβον τοῦ μετασχηματιστοῦ. Δηλαδὴ ἡ άνωρθωμένη τάσις u_s μεταξύ τῶν ἀκρων τοῦ καταναλωτοῦ θὰ μετα-

σησθαι τὴν διάταξις γεφύρας (σχ. 8·5 γ). Ή διάταξις αὐτὴ ἀπαιτεῖ τέσσαρας ἡλεκτρικὰς βαλβίδας, ἀντὶ τῶν δύο τῆς προηγουμένης διστάξεως, μὲ συνέπειαν τὴν αὔξησιν τῶν ἀπωλειῶν ἐντὸς τοῦ άνορθωτοῦ. Εἰς κάθε βαλβίδα ὅμως ἐφαρμόζεται τὸ ήμισυ τῆς δλικῆς τάσεως.

Τὸ ρεῦμα κατὰ τὴν μίαν ἡμιπερίοδον τῆς τάσεως ἀκολουθεῖ τὸ κύκλωμα ΑΓΕΡΝΔΖΒ καὶ κατὰ τὴν ἄλλην τὸ κύκλωμα ΒΖΕΡΝΔΓΑ. Τὸ ρεῦμα δηλαδὴ μέσα ἀπὸ τὸν καταναλωτὴν καὶ κατὰ τὰς δύο ἡμιπεριόδους διέρχεται κατὰ τὴν ἰδίαν φοράν.

βάλλεται, ὅπως δεικνύει ἡ καμπύλη εἰς τὸ δεξιὸν μέρος τοῦ σχήματος 8 · 5 δ. Παρατηροῦμεν ὅτι ἡ u_s ἀποτελεῖται ἀπὸ τὰς κορυφὰς τῶν θετικῶν ἡμιπεριόδων τῶν τριῶν φασικῶν τάσεων u_{ϵ_1} , u_{ϵ_2} , u_{ϵ_3} τοῦ δευτερεύοντος τοῦ μετασχηματιστοῦ.

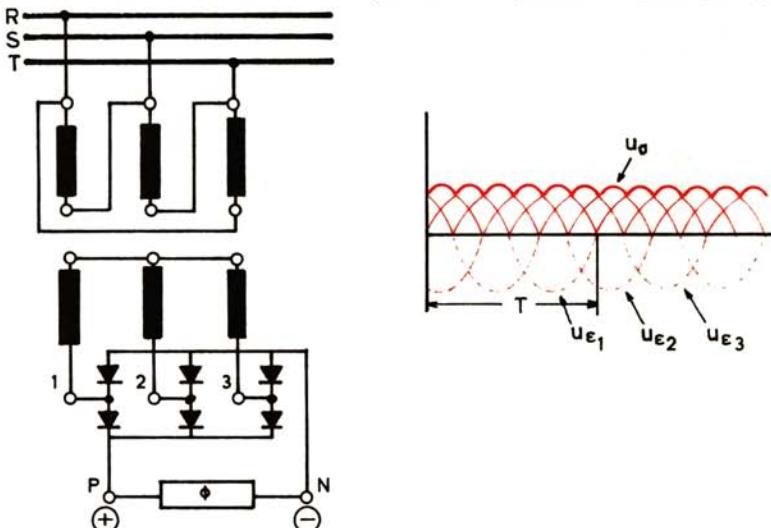


Σχ. 8.5 δ.
Διάταξις τριφασικῆς ἀνορθώσεως.

5) Διάταξις τριφασικῆς γεφύρας.

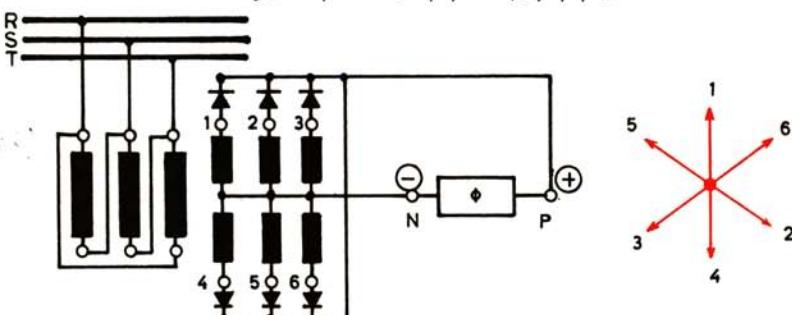
Ἐκτὸς τῆς τριφασικῆς ἀνορθώσεως, ποὺ περιεγράψαμεν ἀνωτέρω, ὑπάρχει καὶ ἡ διάταξις τριφασικῆς γεφύρας (σχ. 8 · 5 ε). Εἰς αὐτὴν δὲν ἀπαιτεῖται οὐδέτερος κόμβος τοῦ μετασχηματιστοῦ καὶ δι’ αὐτὸ τὸ δευτερεύον του εἶναι δυνατὸν νὰ εἶναι συνδεσμολογημένον κατ’ ἀστέρα ἢ κατὰ τρίγωνον. Μὲ τὴν διάταξιν αὐτὴν ἐπιτυγχάνομεν νὰ ἀνορθώνωνται καὶ αἱ δύο ἡμιπεριόδοι κάθε φάσεως τοῦ δευτερεύοντος τοῦ μετασχηματιστοῦ. Δηλαδὴ εἶναι ἀντίστοιχος μὲ τὴν ἀνόρθωσιν πλήρους κύματος τῶν μονοφασικῶν διατάξεων. "Ἐτσι ἐλασττώνεται σημαντικῶς ἡ κυμάτωσις εἰς τὴν ἀνωρθωμένην τάσιν, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ δεξιὸν μέρος τοῦ σχήματος 8 · 5 ε. Τὸ ἀνωρθωμένον ρεῦμα εἶναι τώρα πολὺ πιὸ δύμαλὸν καὶ συνεπῶς πλησιάζει πρὸς τὸ συνεχὲς ρεῦμα, δηλαδὴ πρὸς ρεῦμα σταθερᾶς τάσεως.

Εις τὴν περίπτωσιν τῆς ἀπλῆς τριφασικῆς ἀνορθώσεως, ὁ ἀριθμὸς τῶν κυμάτων εἰς μίαν περίοδον T εἶναι ἴσος μὲ τὸν ἀριθμὸν τῶν φάσεων, δηλαδὴ μὲ τρία. Εἰς τὴν περίπτωσιν τῆς τριφασικῆς γεφύρας εἶναι ἴσος μὲ τὸ διπλάσιον τοῦ ἀριθμοῦ τῶν φάσεων, δηλαδὴ μὲ ἕξ.



Σχ. 8 · 5 ε.

Διάταξις ἀνορθώσεως τριφασικῆς γεφύρας.



Σχ. 8 · 5 στ.

Διάταξις ἔξαφασικῆς ἀνορθώσεως.

6) Διάταξις ἔξαφασικῆς ἀνορθώσεως.

Ἡ διάταξις αὐτὴ δίδει ἀνωρθωμένον ρεῦμα τῆς αὐτῆς ἀκριβῶς μορφῆς μὲ τὴν διάταξιν τριφασικῆς γεφύρας. Διὰ τὴν ἐπίτευξιν τῆς

ἔξαφασικῆς ἀνορθωτικῆς διατάξεως τροφοδοτουμένης ἀπὸ τριφασικὸν σύστημα, τὸ δευτερεῦον τοῦ μετασχηματιστοῦ φέρει εἰς κάθε κορμὸν δύο τυλίγματα. Τὰ ἔξ αὐτὰ τυλίγματα συνδεσμολογοῦνται μεταξύ των εἰς δύο ἀντιστρόφους ἀστέρας μὲ κοινὸν κόμβον, ὅπως δεικνύει τὸ σχῆμα 8 · 5 στ. Ἔτσι τὰ διανύσματα τῶν φασικῶν τάσεων τοῦ δευτερεύοντος τοῦ μετασχηματιστοῦ ἔχουν μεταξύ των φασικὴν ἀπόκλισιν $360 : 6 = 60$ ἡλεκτρικῶν μοιρῶν, ὅπως φαίνεται καὶ εἰς τὸ δεξιὸν μέρος τοῦ ἴδιου σχήματος.

8 · 6 Ἀνορθωταὶ δι' ἡμιαγωγῶν.

1) Γενικά.

Εἰς τοὺς ἀνορθωτὰς αὐτούς, οἱ δόποιοι ὀνομάζονται καὶ *ξηροὶ ἀνορθωταὶ*, χρησιμοποιοῦνται ἀνορθωτικὰ στοιχεῖα (*ἡλεκτρικαὶ βαλβῖδες*) ἀπὸ ἡμιαγωγούς. Στοιχεῖα αὐτοῦ τοῦ εἴδους εἶναι τὰ στοιχεῖα ὑποξειδίου τοῦ χαλκοῦ, σεληνίου, γερμανίου καὶ πυριτίου. Οἱ ὀνορθωταὶ μὲ στοιχεῖα ὑποξειδίου τοῦ χαλκοῦ χρησιμοποιοῦνται σήμερον μόνον ὡς ἀνορθωτὰ δργάνων μετρήσεως. Μέχρι πρό τινος εἰς τὰ ἰσχυρὰ ρεύματα ἔχρησιμοποιοῦντο κυρίως οἱ ἀνορθωταὶ σεληνίου. *Ἡδη ὅμως, χάρις εἰς τὰς ἔξαιρετικάς των ἴδιότητας οἱ ἀνορθωταὶ γερμανίου καὶ πυριτίου κερδίζουν συνεχῶς ἔδαφος.*

Τὸ βασικὸν μέρος τῶν ἀνορθωτικῶν στοιχείων εἶναι ἔνας δίσκος ἀπὸ ἡμιαγωγὸν ὑλικόν, ὅπως σελήνιον, ὑποξειδίον τοῦ χαλκοῦ, πυρίτιον ἢ γερμάνιον. Μεταξὺ αὐτοῦ καὶ ἐνδὸς ἡλεκτροδίου ἐκ μεταλλικοῦ ἐλάσματος παρεμβάλλεται λεπτή διαχωριστικὴ στρῶσις, εἰς τὴν δόποίαν στηρίζεται καὶ ἡ λειτουργία τοῦ στοιχείου ὡς ἡλεκτρικῆς βαλβῖδος. Δηλαδὴ ἡ στρῶσις αὐτὴ ἀφήνει τὸ ρεῦμα νὰ διέρχεται πρὸς τὴν μίαν μόνον φοράν, ἐνῶ τὸ φράσσει πρὸς τὴν ἀντίθετον καὶ διὰ τοῦτο ὀνομάζεται *στρῶσις φραγμοῦ*.

Τὸ σχῆμα 8 · 6 α δεικνύει τὴν χαρακτηριστικὴν καμπύλην μεταβολῆς τοῦ ρεύματος, ὅταν μεταβάλλεται ἡ ἐφαρμοζομένη τάσις εἰς ἀνορθωτικὸν στοιχεῖον ἀπὸ ἡμιαγωγόν. Ὅπως παρατηροῦμεν καὶ ὅταν ἡ τάσις εἶναι ἀρνητική, ὑπάρχει μικρὸν ἀρνητικὸν ρεῦμα, τὸ δόποιον εἶναι ἄνευ σημασίας, ἐφ' ὅσον ἡ ἀρνητικὴ τάσις δὲν ὑπερβαίνει ἔνα ὄριον. Εἰς τὸ ὄριον αὐτό, τὸ δόποιον ὀνομάζομεν τάσιν φραγμοῦ, ἐπέρχεται διάσπασις τῆς στρῶσεως φραγμοῦ καὶ τὸ στοιχεῖον σταματᾶ νὰ συμπεριφέρεται ὡς ἡλεκτρικὴ βαλβίς. Δηλαδὴ ρεῦμα διέρχε-

ται πλέον καὶ κατὰ τὴν ἀρνητικὴν φοράν. Συνηθίζεται ἐπίσης ὡς τάσις φραγμοῦ νὰ ὀνομάζεται καὶ ἡ ἐνδεικνυμένη τιμὴ τῆς τάσεως ἐναλλασσομένου ρεύματος, ἢ προκαλοῦσα διὰ τῶν ἀρνητικῶν ἡμιπεριόδων

τῆς τὴν διάσπασιν τῆς ἡλεκτρικῆς βαλβίδος. Αὔτονό τον εἶναι ὅτι ἡ ἐπιτρεπομένη τάσις λειτουργίας μιᾶς βαλβίδος ἀποτελεῖ ποσοστὸν τῆς τάσεως φραγμοῦ.

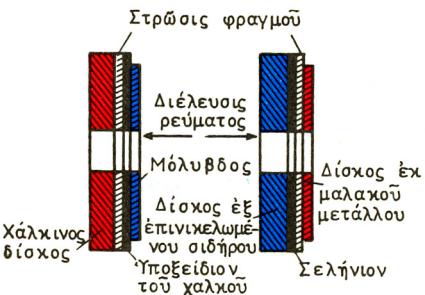
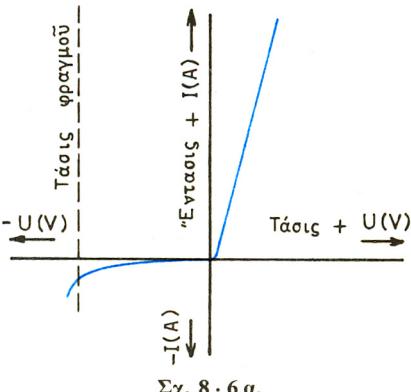
2) Ανορθωταὶ σεληνίου καὶ ὑπεξειδίου τοῦ χαλκοῦ.

Εἰς τὸ σχῆμα 8 · 6 β φαίνεται εἰς τὸ ἀριστερὸν μέρος ἡ πλήρης συγκρότησις ἐνὸς στοιχείου ὑποξειδίου τοῦ χαλκοῦ καὶ εἰς τὸ δεξιὸν μέρος ἐνὸς στοιχείου σεληνίου. Εἰς τὸ πρώτον ἡ διέλευσις τοῦ ρεύματος γίνεται ἀπὸ

Καμπύλη μεταβολῆς τῆς ἐντάσεως συναρτήσει τῆς τάσεως.

τὸ ἡλεκτρόδιον μολύβδου πρὸς τὸ ἡλεκτρόδιον χαλκοῦ (χάλκινος δίσκος). Εἰς τὸ δεύτερον τὸ ρεῦμα διέρχεται ἀπὸ τὸ ἡλεκτρόδιον ἐπινικελωμένου σιδήρου πρὸς τὸ δίσκον μαλακοῦ μετάλλου.

Τὰ ἀνορθωτικὰ στοιχεῖα συνδέονται ἐν σειρᾷ ἢ παραλλήλως πολλὰ μαζί, ἀναλόγως μὲ τὴν τάσιν καὶ ἔντασιν τοῦ ρεύματος, τὴν ὅποιαν θέλομεν νὰ μᾶς δώσῃ δὲ ἀνορθωτὴς καὶ μὲ τὴν ἀνορθωτικὴν διάταξιν, ποὺ ἔχομεν ἐπιλέξει (παράγρ. 8 · 5). Διὰ νὰ γίνουν αἱ συνδέσεις αὐταί, ὅπως δεικνύει τὸ σχῆμα 8 · 6 γ, σχηματίζομεν στήλας ἀπὸ ἀνορθωτικὰ στοιχεῖα, τὰ ὅποια στερεώνομεν διὰ κοχλίου, δὲ ὅποιος διέρχεται διὰ μέσου τῶν ὅπῶν, ποὺ ὑπάρχουν εἰς τὸ κέντρον τῶν στοιχείων. "Οταν



Στοιχεῖον μὲ νόπεξειδίου τοῦ χαλκοῦ Στοιχεῖον μὲ σεληνίου

Σχ. 8 · 6 β.

Ανορθωτικὰ στοιχεῖα ύποξειδίου τοῦ χαλκοῦ καὶ σεληνίου.

δ ἀνορθωτὴς εἶναι διὰ μεγάλας ἐντάσεις, μεταξὺ τῶν στοιχείων παρεμβάλλονται μεγάλοι μεταλλικοὶ δίσκοι, οἱ δόποῖοι χρησιμεύουν διὰ τὴν ψῦξιν. Ἡ ἐπιτρεπομένη τάσις λειτουργίας εἰς τὰ στοιχεῖα ὑποξειδίου τοῦ χαλκοῦ εἶναι περίπου 10 V (ἐνδεικνυμένη τιμή), ἐνῷ εἰς τὰ στοιχεῖα σεληνίου 20 ἔως

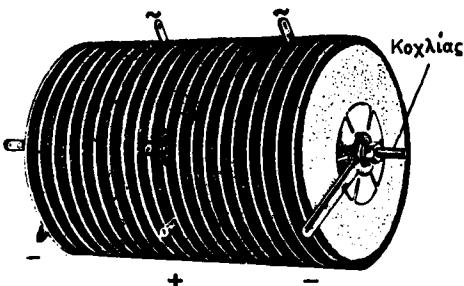
25 V. Ἡ ἐπιτρεπομένη φόρτισις εἰς τὰ στοιχεῖα σεληνίου μὲν φυσικὴν ψῦξιν εἶναι περίπου 60 mA/cm². Αὐτὴ τριπλασιάζεται, ἀν ἔχωμεν βεβιασμένην κυκλοφορίαν τοῦ ἀέρος ψύξεως μὲν ἀνεμιστῆρα. Εἰς κάθε περίπτωσιν πρέπει νὰ ἔχωμεν ὑπὸ ὅψει μας, διτὶ ἡ θερμοκρασία τῶν

στοιχείων σεληνίου κατὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ ἀνορθωτοῦ δὲν πρέπει νὰ ὑπερβαίνῃ τοὺς 80° C. Ὁ βαθμὸς ἀποδόσεως τῶν ἀνορθωτῶν σεληνίου κυμαίνεται μεταξὺ 85 καὶ 90%. Εἰς τοὺς ἀνορθωτὰς μὲ ὑποξειδίου τοῦ χαλκοῦ ὁ βαθμὸς ἀποδόσεως εἶναι μικρότερος, ἡ δὲ μεγίστη ἐπιτρεπομένη θερμοκρασία εἶναι 50° C.

Ἐνῷ οἱ ἀνορθωταὶ ὑποξειδίου τοῦ χαλκοῦ χρησιμοποιοῦνται, ὅπως ἀνεφέραμεν, μόνον εἰς ὅργανα μετρήσεως, οἱ ἀνορθωταὶ σεληνίου χρησιμοποιοῦνται εἴτε διὰ μικρὰς ἐντάσεις καὶ μεγάλας τάσεις (μέχρι 100 kV) εἴτε διὰ χαμηλὰς τάσεις (μέχρι 250 V) καὶ μεγάλας ἐντάσεις (μέχρι χιλιάδας ἀμπέρων).

3) Ἀνορθωταὶ γερμανίου καὶ πυριτίου.

Τὰ ἀνορθωτικὰ στοιχεῖα γερμανίου καὶ πυριτίου ἀποτελοῦνται ἀπὸ λεπτὸν δίσκον κατεσκευασμένον ἀπὸ γερμάνιον ἢ πυρίτιον, ἐπὶ τοῦ ὃποιού ἔχει διὰ τήξεως τοποθετηθῆ ἄλλο κατάλληλον ύλικὸν (ἴνδιον διὰ τὸ γερμάνιον, ἀλουμίνιον διὰ τὸ πυρίτιον). Εἰς τὴν ἔνωσιν τῶν δύο ύλικῶν σχηματίζεται στρῶσις ἀποτελουμένη καὶ ἀπὸ τὰ δύο ύλικὰ λόγω τῆς προκαλουμένης συντήξεώς των. Ἡ στρῶσις αὐτὴ, ποὺ δονομάζεται καὶ ἔδω στρῶσις φραγμοῦ, ἔχει ιδιότητας ἡλεκτρικῆς βαλ-



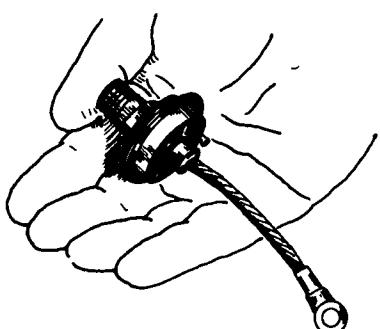
Σχ. 8.6 γ.

'Ανορθωτὴς σεληνίου μὲ δίσκους ψύξεως καὶ λήψεις δι' ἀνορθωτικὴν διάταξιν γεφύρας.

βιδος. Ή άντίστασίς της κατά τήν μίαν διεύθυνσιν είναι 5000 φοράς μεγαλύτερα από τήν άντιθετον. Έτσι είς τά άνορθωτικά αύτά στοιχεία τό άρνητικόν ρεῦμα είναι πολὺ μικρότερον από ό,τι είς τά στοιχεία σεληνίου.

Ή έπιτρεπομένη τάσις λειτουργίας (ένδεικνυμένη τιμή) είς τά άνορθωτικά στοιχεία γερμανίου άνέρχεται είς 160 V, ένω είς τά πυριτίου είς 380 V περίπου άνα στοιχείον. Ή έπιτρεπομένη έντασις φορτίσεως είς τό γερμάνιον καὶ πυριτίον άνέρχεται είς 50 έως 150 A/cm², δηλαδή είναι μεγαλύτερα κατά 1000 φοράς περίπου από τά στοιχεία σεληνίου. Εις τούς άνορθωτάς γερμανίου καὶ πυριτίου διὰ τάσεις άνω τῶν 100 V ό βαθμὸς ἀποδόσεως ύπερβαίνει τό 95 %.

Τούς άνορθωτάς αύτούς είναι δυνατόν νά τούς χρησιμοποιήσωμεν διὰ μεγάλην ίσχύν (σχ. 8 · 6 δ). "Ενα μειονέκτημα, πού παρουσιάζουν, είναι ή μεγάλη εύαισθησία των είς τήν θερμότητα. Ή δριακή θερμοκρασία είς τούς άνορθωτάς γερμανίου είναι μόνον 65° C διὰ τήν στρῶσιν φραγμοῦ, ένω είς τούς άνορθωτάς πυριτίου είναι 140° C. Λόγω ὅμως τῶν μικρῶν διαστάσεων τῶν στοιχείων ή θερμοχωρητικότης των είναι μικρά. Συνεπῶς είς μίαν ύπερφόρτισιν ή θερμοκρασία των άνέρχεται ταχέως. Διὰ τὸν λόγον αύτὸν τά στοιχεία είναι ἐφωδιασμένα μὲ ψυκτικὰ σώματα



Σχ. 8 · 6 δ.

Άνορθωτικόν στοιχείον πυριτίου
ίσχυος 10 kW.

καὶ οἱ άντίστοιχοι άνορθωταὶ μὲ αὐτομάτους διατάξεις ταχείας διακοπῆς τῆς τροφοδοτήσεως είς περίπτωσιν ἀνυψώσεως τῆς θερμοκρασίας.

Ή χρησιμοποίησις τῶν άνορθωτῶν γερμανίου καὶ πυριτίου ἐκτείνεται ἀπό μικρὰς ίσχυς (κάτω τοῦ 1 A) μέχρι καὶ άνω τῶν 1000 A.

8 · 7 Άνορθωται ίδραυργύρου.

1) Η ἀρχὴ τῆς λειτουργίας.

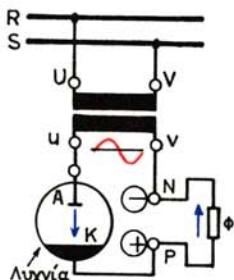
Εις τούς άνορθωτάς αύτούς τήν λειτουργίαν τῆς ἡλεκτρικῆς βαλβίδος ἔκτελει μία λυχνία, δηλαδή καταλλήλως διαμορφωμένον δοχεῖον ἀπό үαλον ή χάλυβα. Ἀπό τήν λυχνίαν ἔχει ἀφαιρεθῆ ό ἀήρ,

ώστε νὰ ὑπάρχῃ ἐντὸς αὐτῆς πολὺ μικρὰ πίεσις, ἵση περίπου μὲ ἔνα ἑκατομμυριοστὸν τῆς ἀτμοσφαίρας. Ἡ ἄνοδος Α (σχ. 8·7 α) εἶναι ἔνα ἡλεκτρόδιον ἀπὸ μέταλλον ἢ γραφίτην. Ἡ κάθοδος Κ ἀποτελεῖται ἀπὸ ὑδραργύρου, δ ὅποιος εὔρισκεται εἰς τὸ κάτω μέρος τῆς λυχνίας. Ἡ σύνδεσις τῶν δύο ἡλεκτροδίων Α καὶ Κ μὲ τὸ ἔξωτερον κύκλωμα γίνεται κατὰ τρόπον ἀεροστεγῆ, ὥστε νὰ μὴ ἐλαττοῦται τὸ ἐντὸς τῆς λυχνίας κενόν.

“Οταν ἡ κάθοδος εἶναι ψυχρά, οὐδὲν ρεῦμα διέρχεται διὰ τῆς λυχνίας. Ἐὰν ὅμως μὲ κάποιον μέσον πυρακτώσωμεν ἔνα σημεῖον τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὑδραργύρου, δηλαδὴ τῆς καθόδου, τότε αὐτὴ ἀρχίζει νὰ ἐκπέμπῃ ἡλεκτρόνια, τὰ ὅποια ὀδεύουν πρὸς τὴν παραμένουσαν ψυχρὰν ἄνοδον, ὅταν τὸ δυναμικόν της ὡς πρὸς τὴν κάθοδον εἶναι θετικόν. “Οπως ἀναφέρομεν κατωτέρω, ἐντὸς τῆς λυχνίας δημιουργοῦνται καὶ ἀτμοὶ ὑδραργύρου. Τὰ κινούμενα ἡλεκτρόνια προκαλοῦν κατ’ αὐτὸν τὸν τρόπον καὶ ἰονισμὸν κρούσεων (παράγρ. 8·12). Τὰ παραγόμενα ἰόντα ὀδεύουν καὶ αὐτὰ πρὸς τὴν ἄνοδον. “Οπως εἶναι γνωστόν (‘Ηλεκτρολογία, Τόμος Α’, παράγρ. 4·4), ἡ μεταφορὰ αὐτὴ ἡλεκτρονίων καὶ ἰόντων σημαίνει διέλευσιν ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, τὸ ὅποιον συμβατικῶς ἔχει διεύθυνσιν τὴν ἀντίθετον ἀπὸ τὴν διεύθυνσιν κινήσεως τῶν ἡλεκτρονίων. Δηλαδὴ ἐντὸς τῆς λυχνίας κυκλοφορεῖ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα καὶ μάλιστα ὑπὸ τὴν μορφὴν φωτεινοῦ τόξου, μόνον ἀπὸ τὴν ἄνοδον πρὸς τὴν κάθοδον. Ἀντίθετος φορὰ τοῦ ρεύματος δὲν εἶναι δυνατή. Δηλαδὴ κατὰ τὰς ἀρνητικὰς ἡμιπεριόδους τῆς ἐφαρμοζομένης τάσεως οὐδὲν ρεῦμα κυκλοφορεῖ διὰ τῆς λυχνίας. Συνεπῶς ἡ λυχνία ὑδραργύρου λειτουργεῖ ὡς ἡλεκτρικὴ βαλβίς, ὅπως τὴν περιεγράψαμεν εἰς τὴν παράγραφον 8·4.

Κατόπιν τῶν ἀνωτέρω, ἡ διάταξις τοῦ σχήματος 8·7 α εἶναι ἀντίστοιχος πρὸς τὴν γνωστὴν διάταξιν μονοφασικῆς ἀνορθώσεως ἡμίσεος κύματος (παράγρ. 8·5, ἑδάφιον 1). “Αρα διὰ τοῦ φορτίου Φ διέρχεται ἀνωρθωμένον ρεῦμα μορφῆς, ὡς αὐτὴ ποὺ δεικνύει τὸ σχῆμα 8·5 α εἰς τὸ δεξιόν του μέρος.

Κατὰ τὴν λειτουργίαν τῆς λυχνίας ὑδραργύρου ἡ ἄνοδος φθάνει



Σχ. 8·7 α.

Μονοφασικὸς ἀνορθωτὴς ὑδραργύρου μὲ ἀνόρθωσιν ἡμίσεος κύματος.

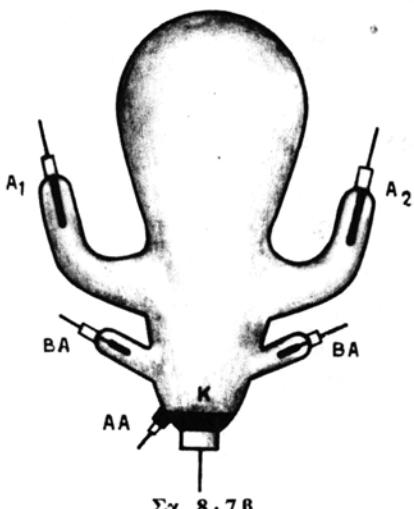
εἰς θερμοκρασίαν 600° C περίπου. Τὴν δύνομάζομεν ὅμως ψυχρὰν ἐν σχέσει μὲ τὴν πυρακτωμένην κηλῖδα, ἡ δποία σχηματίζεται ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὑδραργύρου, τῆς δποίας ἡ θερμοκρασία φθάνει τοὺς 3000° C. Λόγω αὐτῆς τῆς ὑψηλῆς θερμοκρασίας δημιουργοῦνται ἀτμοὶ ὑδραργύρου ἐντὸς τῆς λυχνίας, οἱ δποῖοι ἐρχόμενοι εἰς ἐπαφὴν μὲ τὰ τοιχώματά της ψύχονται καὶ ἐπανέρχονται ὡς ὑδράργυρος εἰς τὴν κάθιδον. Τοῦτο συνεχῶς ἐπαναλαμβάνεται κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς λειτουργίας καὶ συνεπῶς δὲν ὑφίσταται κατανάλωσις ὑδραργύρου.

2) Ανόρθωσις πλήρους κύματος.

Πρὸς ἀποφυγὴν τῶν μειονεκτημάτων τῆς ἀνορθώσεως ἡμίσεος κύματος, χρησιμοποιοῦμεν καὶ εἰς τοὺς μονοφασικοὺς ἀνορθωτὰς ὑδραργύρου τὴν ἀνόρθωσιν πλήρους κύματος, τὴν δποίαν περιεγράψαμεν εἰς τὴν παράγραφον 8·5, ἐδάφιον 2. Ἡ διαφορὰ ἔναντι τῆς συνδεσμολογίας τοῦ σχήματος 8·5 β εἶναι ὅτι, ἐδῶ, ἀντὶ νὰ ἔχωμεν δύο βαλβίδας, δηλαδὴ δύο ἔχωριστὰς λυχνίας, ἔχομεν μίαν λυχνίαν μὲ δύο ἀνόδους A_1 καὶ A_2 καὶ μὲ κοινὴν κάθιδον K , δπως δεικνύει τὸ σχῆμα 8·7 β. Τὸ σχῆμα αὐτὸ παριστάνει μίαν πραγματικὴν λυχνίαν ὑδραργύρου ἀπὸ ὕαλον μὲ δύο ἀνόδους. "Οπως παρατη-

ροῦμεν, ἡ λυχνία φέρει καὶ δύο βοηθητικὰς ἀνόδους BA καθὼς καὶ μίαν ἄνοδον ἀφῆς AA, τῶν δποίων τὴν χρησιμότητα θὰ ἔξηγήσωμεν εἰς τὸ ἐπόμενον ἐδάφιον.

Σημειώνομεν, ὅτι καὶ εἰς τοὺς ἀνορθωτὰς ὑδραργύρου τὸ ρεῦμα, ποὺ διέρχεται διὰ τοῦ φορτίου, εἶναι κυματόρρευμα. Τοῦτο ἔξηγήσαμεν εἰς τὴν παράγραφον 8·5, ἐδάφιον 2· ἡ μορφὴ του φαίνεται εἰς τὸ ἄνω μέρος τοῦ σχήματος 8·7 γ. Πρὸς ἐλάττωσιν τῆς κυματώσεως



τοῦ ρεύματος συνδέομεν εἰς τὸν ἀγωγὸν καθόδου ἐν σειρᾶ πρὸς τὸ φορτίον ἔνα στραγγαλιστικὸν πηνίον.

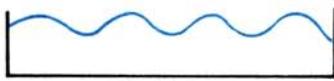
Τὸ στραγγαλιστικὸν πηνίον ἔχει πυρῆνα ἀποτελούμενον ἀπὸ πολλὰ μαγνητικὰ ἔλάσματα, ὅπως ὁ πυρήνα τῶν μετασχηματιστῶν καὶ παρουσιάζει μεγάλην αὐτεπαγωγικὴν ἀντίστασιν κατὰ τὴν διέλευσιν τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος. Ἀντιθέτως ἡ ἀντίστασις, ποὺ παρουσιάζει εἰς τὴν διέλευσιν τοῦ συνεχοῦς ρεύματος, εἶναι μικρά.

Τὸ κυματόρρευμα εἶναι δυνατὸν νὰ θεωρηθῇ ὅτι ἀποτελεῖται ἀπὸ συνεχὲς ρεῦμα καὶ ἀπὸ σειρὰν ἐναλλασσομένων ρευμάτων διαφόρων συχνοτήτων. Μὲ τὴν ἀντίστασιν, ποὺ παρουσιάζει τὸ στραγγαλιστικὸν πηνίον εἰς τὴν διέλευσιν τῶν ἐναλλασσομένων αὐτῶν ρευμάτων, ἡ κυμάτωσις τοῦ ρεύματος ποὺ διέρχεται διὰ τοῦ φορτίου ἐλαττοῦται, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ κάτω μέρος τοῦ σχήματος 8 · 7 γ.

3) Τριφασικοὶ ἀνορθωται ίδραργύρου.

Εἰς τοὺς τριφασικοὺς ἀνορθωτὰς ίδραργύρου χρησιμοποιοῦμεν λυχνίαν μὲ τρεῖς ἀνόδους, A_1 , A_2 , A_3 , καὶ κοινὴν κάθοδον, ὅπως φαίνεται παραστατικῶς εἰς τὸ σχῆμα 8 · 7 δ. Κατὰ τὰ λοιπὰ ἡ συνδεσμολογία της εἶναι βασικῶς δμοία μὲ τὴν διάταξιν τῆς τριφασικῆς ἀνορθώσεως τοῦ σχήματος 8 · 5 δ. Τὸ σχῆμα 8 · 7 δ περιλαμβάνει καὶ τὰ ἀπαραίτητα διὰ τὴν λειτουργίαν τοῦ ἀνορθωτοῦ βοηθητικὰ κυκλώματα.

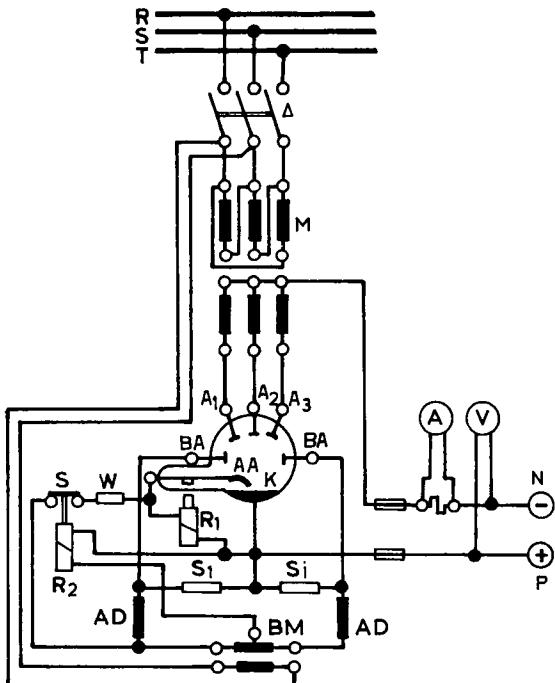
Διὰ νὰ θέσωμεν εἰς λειτουργίαν τὸν ἀνορθωτήν, κλείομεν τὸν διακόπτην Δ , δόποτε τίθεται ὑπὸ τάσιν ὁ κύριος μετασχηματιστής M καὶ ὁ βοηθητικὸς μετασχηματιστής BM . Ἀπὸ τὸ δευτερεῦον τοῦ βοηθητικοῦ μετασχηματιστοῦ τροφοδοτεῖται μέσω τοῦ διακόπτου S καὶ τῆς ἀντιστάσεως W , τὸ πηνίον R_1 . Τὸ πηνίον αὐτὸν ἔλκει τὸν ὀπλισμὸν τῆς ἀνόδου ἀφῆς AA , μέχρις ὅτου ἡ βελόνη, ποὺ εἶναι συνδεδεμένη εἰς αὐτόν, βυθισθῇ εἰς τὸν ὄνδραργυρὸν τῆς καθόδου K . Τότε ὅμως τὸ τύλιγμα τοῦ πηνίου R_1 βραχυκυκλώνεται, δὲν διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα καὶ ἀφήνει τὸν ὀπλισμόν, δόποτε ἡ βελόνη ἀνυψώνεται ἀποτόμως. Οὕτω, λόγω διακοπῆς τοῦ κυκλώματος σχηματίζεται σπινθήρ, ὃ



Σχ. 8 · 7 γ.

Ἐπίδρασις στραγγαλιστικοῦ πηνίου.

όποιος προκαλεῖ τὸ ἄναμμα τῶν βιοηθητικῶν ἀνόδων BA καὶ τὴν δημιουργίαν τῆς πυρακτωμένης κηλίδος ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἀνορθωτοῦ.



Σχ. 8.7 δ.

Συνδεσμολογία τριφασικοῦ ἀνορθωτοῦ ὑδραργύρου.

Τὸ ἄνωρθωμένον ρεῦμα τῶν βιοηθητικῶν ἀνόδων, ποὺ διέρχεται διὰ τοῦ προβλεπομένου κυκλώματος (βιοηθητικαὶ ἄνοδοι - κάθοδος - τύλιγμα πηνίου R_2 - μεσαία λήψις βιοηθητικοῦ μετασχηματιστοῦ), προκαλεῖ τὴν ἔλξιν τοῦ ὅπλισμοῦ τοῦ πηνίου R_2 καὶ τὸ ἄνοιγμα τοῦ διακόπτου S. Οὕτω τίθεται ἐκτὸς λειτουργίας τὸ κύκλωμα, τὸ ὅποιον χρησιμεύει διὰ τὸ ἄναμμα τῆς λυχνίας. Τὰ S_1 εἶναι ὀντιστάσεις, ποὺ ἔξαρτῶνται ἀπὸ τὴν χρησιμοποιουμένην τάσιν καὶ τὰ AD στραγγαλιστικὰ πηνία συνδεδεμένα ἐν σειρᾷ μὲ τὰς βιοηθητικὰς ἀνόδους.

Τὸ ρεῦμα, ποὺ διέρχεται ἀπὸ τὰς βιοηθητικὰς ἀνόδους, συντηρεῖ τὴν πυρακτωμένην κηλίδα εἰς τὴν κάθοδον, ἡ ὅποια, ὥσπερ ἔξηγήσα-

μεν, χρησιμεύει διὰ τὴν λειτουργίαν τῶν κυρίων ἀνόδων, ὅταν είναι συνδεδεμένον φορτίον εἰς τοὺς ἀκροδέκτας P καὶ N.

8 · 8 Ἀνορθωταὶ ὑδραργύρου μὲν μεταλλικὴν λυχνίαν.

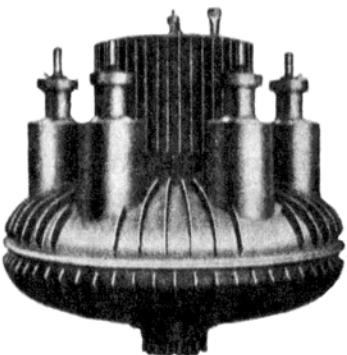
Οἱ ἀνορθωταὶ μὲν ὑαλίνην λυχνίαν καὶ μὲ 2, 3 ἢ 6 ἀνόδους κατα-
σκευάζονται δι’ ἐντάσεις ρεύματος
ἀπὸ 10 ἔως 500 A καὶ τάσεις μέχρι
1500 V. Δι’ ἐντάσεις περίπου μέχρι
10 000 A καὶ τάσεις μέχρι 5000 V αἱ
λυχνίαι τῶν ἀνορθωτῶν κατασκευά-
ζονται χαλύβδιναι καὶ φέρουν 12, 18
ἢ καὶ 24 ἀνόδους. Τὸ σχῆμα 8 · 8
δεικνύει τὴν ἔξωτερηκήν μορφὴν μιᾶς
χαλυβδίνης λυχνίας ὑδραργύρου.

Διὰ τὰς πολὺ μεγάλας ἐντάσεις
χρησιμοποιεῖται ὕδωρ διὰ τὴν ψῦξιν
τῆς λυχνίας καὶ ἀντλία κενοῦ διὰ τὴν
συντήρησιν τῆς χαμηλῆς πιέσεως
ἐντὸς αὐτῆς. Οἱ ἀνορθωταὶ αὐτοὶ δὲν
ἔχουν τόσον καλὸν βαθμὸν ἀποδόσεως, ὅσον οἱ μικρότεροι εἰς μέγε-
θος, εἰς τοὺς ὄποιούς ἢ ψῦξις τῆς λυχνίας γίνεται διὰ ρεύματος ἀ-
ρος καὶ δὲν ἀπαιτεῖται ἢ ὑπαρξίας ἀντλίας κενοῦ.

8 · 9 Ρύθμισις τῆς τάσεως τῶν ἀνορθωτῶν ὑδραργύρου.

Εἰς τοὺς ἀνορθωτὰς ὑδραργύρους ἡ ρύθμισις τῆς τάσεως τοῦ συνε-
χοῦς ρεύματος γίνεται ὀμαλῶς, δηλαδὴ χωρὶς βιθμίδας καὶ πρακτικῶς
χωρὶς ἀπωλείας (μέχρι μηδενισμοῦ τῆς τάσεως). Τοῦτο ἐπιτυγχάνεται
διὰ τῆς παρεμβολῆς ἐσχαρῶν ρυθμίσεως μεταξὺ ἀνόδου καὶ καθόδου.
Αἱ ἐσχάραι αὕται εἶναι μονωμένα ἡλεκτρόδια ἀπὸ πλέγμα ἐξ ἀγωγοῦ
ἢ ἀπὸ διάτρητον ἔλασμα.

‘Η μέθοδος αὐτὴ ἐφηρμόσθη τὸ πρῶτον εἰς ἡλεκτρονικὰς λυχνίας
ύψηλοῦ κενοῦ, εἰς τὰς ὄποιας, ὅταν ἡ ἐσχάρα ἔχῃ θετικὸν δυναμι-
κὸν ὡς πρὸς τὴν κάθοδον, ἀσκεῖ πρόσθετον δύναμιν ἔλξεως εἰς τὰ
ἡλεκτρόνια ποὺ φεύγουν ἀπὸ τὴν κάθοδον. ‘Οταν ἡ ἐσχάρα ἔχῃ ἀρνη-
τικὸν δυναμικόν, τότε ἀπωθῇ τὰ ἡλεκτρόνια. Εἰς τὴν πρώτην περί-
πτωσιν τὸ ρεῦμα ἡλεκτρονίων γίνεται μεγαλύτερον, ἐνῶ εἰς τὴν δευ-

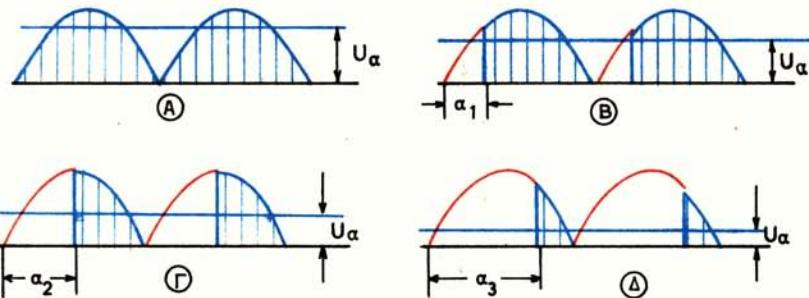


Σχ. 8 · 8.

Χαλυβδίνη λυχνία ὑδραργύρου ἀε-
ρόψυκτος διὰ 1200 A.

τέραν περίπτωσιν τὸ ρεῦμα αὐτὸ ἔξασθενεῖ. "Οταν ἡ ἀρνητικὴ τάσις τῆς ἐσχάρας φθάσῃ εἰς ὑψηλὸν ὅριον, διακόπτεται τελείως τὸ ρεῦμα πρὸς τὴν ἀνοδον.

Εἰς τὰς ἀνορθωτικὰς λυχνίας ὑδραργύρου, ἐντὸς τῶν ὅποιων, ὅπως ἀνεφέραμεν, ὑπάρχουν ὀρθοὶ ὑδραργύρου, ἡ τιμὴ τῆς ἀρνητικῆς τάσεως τῆς ἐσχάρας ἔχει ἐπίδρασιν ἐπὶ τῆς στιγμῆς, κατὰ τὴν ὅποιαν εἰς κάθε ἡμιπερίοδον δημιουργεῖται τὸ τόξον, διὰ τοῦ ὅποιου γίνεται ἡ μεταφορὰ τοῦ ρεύματος μεταξὺ ἀνόδου καὶ καθόδου. Ἀπὸ τῆς στιγμῆς ὅμως ποὺ θὰ δημιουργηθῇ τὸ τόξον, μεταβολὴ τοῦ ρεύματος δὲν εἶναι δυνατή, ἔστω καὶ ἀν μεταβληθῇ ἡ τιμὴ τῆς τάσεως τῆς ἐσχάρας. Μεταβάλλοντες ὅμως τὴν στιγμὴν ἐνάρξεως τοῦ τόξου, μεταβάλλομεν καὶ τὴν μέσην τιμὴν τῆς τάσεως συνεχοῦς ρεύματος τοῦ ἀνορθωτοῦ, δηλαδὴ ρυθμίζομεν τὴν τάσιν αὐτῆν.



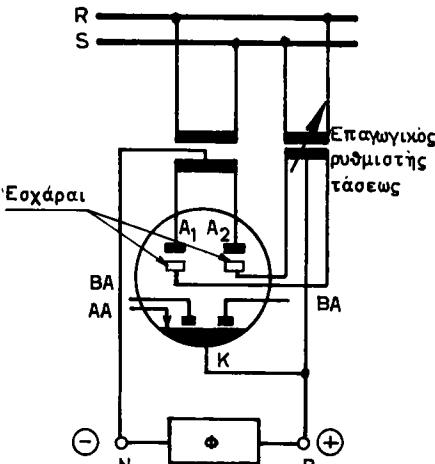
Σχ. 8·9 α.

Ρύθμισις τῆς τάσεως συνεχοῦς U_{α} διὰ μεταβολεώς τῆς στιγμῆς ἐνάρξεως τοῦ τόξου.

Τὰ ἀνωτέρω ἐπεξηγοῦνται μὲ τὴν βοήθειαν τῶν καμπυλῶν τοῦ σχήματος 8·9 α, εἰς τὰς ὅποιας τὰ τιμήματα μὲ κυανοῦν χρῶμα παριστάνουν τὸ μέρος κάθε ἡμιπεριόδου, κατὰ τὸ ὅποιον διέρχεται ρεῦμα διὰ τῆς λυχνίας, καὶ τὴν ὑπ' αὐτοῦ παραγομένην τάσιν. Ἡ εὐθεῖα κυανὴ γραμμή, ἡ παράλληλος πρὸς τὸν ὅριζόντιον ἀξονα, δεικνύει τὴν μέσην τιμὴν U_{α} τῆς τάσεως συνεχοῦς ρεύματος. Εἰς τὴν περίπτωσιν Α οὐδεμία ἐλάττωσις τῆς μέσης τιμῆς U_{α} ὑφίσταται. Διὰ τῆς ἐπιδράσεως ἐπὶ τῆς ἀρνητικῆς τάσεως τῆς ἐσχάρας δυνάμεθα νὰ ἔχωμεν στιγμὴν ἐνάρξεως τοῦ τόξου εἰς κάθε ἡμιπερίοδον μετατοπισμένην κατὰ α_1 (περίπτωσις Β), κατὰ α_2 (περίπτωσις Γ), κατὰ α_3 (περίπτω-

σις Δ). Ἀντιστοίχως μειοῦται καὶ ἡ μέση τιμὴ τῆς τάσεως συνεχοῦς U_a , ὅπως δεικνύει τὸ σχῆμα 8 · 9 α.

Ἡ ρύθμισις τῆς τάσεως τῶν ἐσχαρῶν δύναται νὰ γίνῃ εἴτε μὲ συνεχὲς ρεῦμα, εἴτε μὲ ἐναλλασσόμενον, εἴτε τέλος καὶ μὲ τὰ δύο εἶδη. Εἰς τὸ σχῆμα 8 · 9 β παριστάνεται τὸ κύριον μέρος τῆς συνδεσμολογίας ἐνὸς μονοφασικοῦ ἀνορθωτοῦ ὑδραργύρου μὲ ρύθμισιν τῆς τάσεως τῶν ἐσχαρῶν δι' ἐναλλασσομένου ρεύματος. Τοῦτο ἐπιτυγχάνεται μὲ τὴν βοήθειαν ἐπαγωγικοῦ ρυθμιστοῦ τάσεως, δ ὅποιος εἰς τὴν κατασκευήν του ὁμοιάζει μὲ ἀσύγχρονον κινητῆρα μὲ τύλιγμα ἐναλλασσομένου ρεύματος εἰς τὸν δρομέα. Ὁ δρομεὺς δὲν περιστρέφεται, δύναται ὅμως νὰ μετατίθεται κατὰ τὴν μίαν ἢ τὴν ἄλλην φορὰν μέχρι τὸ πολὺ κατὰ ἔνα πολικὸν βῆμα καὶ διὰ τὸν λόγον αὐτὸν δ ἐπαγωγικὸς ρυθμιστής δονομάζεται καὶ στρεφόμενος μετασχηματιστής. Διὰ τῆς μεταθέσεως τοῦ δρομέως μεταβάλλομεν τὴν φασικὴν ἀπόκλισιν μεταξὺ τάσεως πρωτεύοντος (στάτου) καὶ δευτερεύοντος (δρομέως). Συνεπῶς δυνάμεθα ἔτσι νὰ ρυθμίσωμεν τὴν στιγμήν, κατὰ τὴν ὁποίαν ἡ ἐσχάρα θὰ ἔχῃ τὴν κατάλληλον ἀρνητικὴν τάσιν ἔναντι τῆς θετικῆς τάσεως τῆς ἀντιστοίχου ἀνόδου.



Σχ. 8.9 β.
Ρύθμισις τῆς τάσεως συνεχοῦς ρεύματος δι' ἐσχαρῶν.

8 · 10 Χρησιμοποίησις τῶν ἀνορθωτῶν ὑδραργύρου.

Οἱ ἀνορθωταὶ ὑδραργύρου χρησιμοποιοῦνται σήμερον εἰς περιπτώσεις, ὅπου παλαιότερον ἔχρησιμοποιοῦντο στρεφόμενοι μετατροπεῖς ἢ ζεύγη κινητῆρος - γεννητρίας, ἔναντι τῶν ὁποίων παρουσιάζουν σημαντικὰ πλεονεκτήματα: ἀπαιτοῦν ὀλιγώτερον χῶρον διὰ τὴν ἐγκατάστασίν των, ἢ συντήρησίς των εἶναι ἀπλῆ, ἔχουν καλύτερον βα-

θυμὸν ἀποδόσεως καὶ δὲν εἶναι εὔαίσθητοι εἰς μεταβολὰς τῆς τάσεως καὶ τῆς συχνότητος. Ἡ τελευταία αὐτὴ ἴδιότης των μαζὶ μὲ τὴν ὑψηλὴν ἀντοχὴν εἰς στιγμιαίας ὑπερφορτίσεις, τὴν ὅποιαν ἔχουν, τοὺς κάμνει καταλλήλους διὰ τὴν τροφοδότησιν ἡλεκτρικῶν σιδηροδρόμων, τρόλλεϋ κ.λπ.

Ἡ ὑπερφόρτισις τῶν ἀνορθωτῶν ὑδραργύρου δὲν δύναται βεβαίως νὰ ὑπερβῇ ώρισμένα ὅρια, τόσον ὅσον ἀφορᾶ εἰς τὴν ἔντασιν ὑπερφορτίσεως ὅσον καὶ εἰς τὴν διάρκειαν αὐτῆς. Υπέρβασις τῶν ὅρίων αὐτῶν προκαλεῖ ὑπερθέρμανσιν τῆς λυχνίας, ἢ ὅποια χάνει τότε τὰς ἴδιότητας τῆς ἡλεκτρικῆς βαλβίδος. Τὸ ρεῦμα δὲν δένεται πλέον μόνον ἀπὸ τὴν ἄνοδον πρὸς τὴν κάθοδον. Εἶναι δυνατὸν νὰ ἔχωμεν διέλευσιν ρεύματος καὶ ἀπὸ μίαν ἄνοδον εἰς ὅλην. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν αἱ ἀντίστοιχοι φάσεις τοῦ δευτερεύοντος τοῦ μετασχηματιστοῦ βραχυκυκλοῦνται.

Ἡ πτῶσις τάσεως μέσα εἰς τὴν ἀνορθωτικὴν λυχνίαν δὲν ἔξαρτᾶται πρακτικῶς ἀπὸ τὴν ἔντασιν τοῦ διερχομένου ρεύματος, κυμαίνεται δὲ μεταξὺ 16 καὶ 26 V. Ο βαθμὸς ἀποδόσεως τῆς λυχνίας εἶναι τόσον καλύτερος, ὅσον ἡ τάσις συνεχοῦς εἶναι ὑψηλοτέρα. Π.χ. διὰ τάσιν συνεχοῦς 115 V καὶ πτῶσιν τάσεως 18 V ἐντὸς τῆς λυχνίας, δ βαθμὸς ἀποδόσεως αὐτῆς εἶναι:

$$\eta = \frac{115}{115 + 18} = 0,86$$

ἐνῶ διὰ τάσιν συνεχοῦς 550 V καὶ 20 V πτῶσιν τάσεως, ἔχομεν βαθμὸν ἀποδόσεως:

$$\eta = \frac{550}{550 + 20} = 0,96$$

Ο ὄλικὸς βαθμὸς ἀποδόσεως τοῦ ἀνορθωτοῦ ἔξαρτᾶται ἀπὸ τὰς ἀπωλείας εἰς τὸν μετασχηματιστήν, εἰς τὴν ἀνορθωτικὴν λυχνίαν καὶ εἰς τὰ βοηθητικὰ κυκλώματα. Κυμαίνεται ἀπὸ 75 % διὰ τάσεις συνεχοῦς 60 V μέχρις 91 % διὰ τάσεις συνεχοῦς 550 V.

8 · 11 Ἀνορθωταὶ ὑδραργύρου μιᾶς ἀνόδου (Ἴγνιτρον).

Οἱ ἀνορθωταὶ αὐτοὶ εἶναι εἰδικὴ μορφὴ ἀνορθωτῶν ὑδραργύρου μὲ μίαν ἄνοδον καὶ βεβαίως μὲ μίαν κάθοδον ἐξ ὑδραργύρου (σχ. 8 · 11). Ἐπὶ πλέον ἔχουν εἰδικὸν ἡλεκτρόδιον ἀφῆς (ΗΑ) ἀποτε-

λούμενον ἀπό δύστηκτον ήμιαγωγὸν ύλικόν, τὸ δποῖον εἶναι βυθισμένον ἐντὸς τοῦ ὑδραργύρου τῆς καθόδου. Εἰς τὴν ἐπιφάνειαν ἐπαφῆς τοῦ ἡλεκτροδίου αὐτοῦ μετὰ τοῦ ὑδραργύρου δημιουργεῖται ἡλεκτρικὸν πεδίον ὑψηλῆς ἐντάσεως. Λόγω τοῦ πεδίου αὐτοῦ σχηματίζεται τόξον μεταξὺ ἡλεκτροδίου ἀφῆς καὶ ὑδραργύρου, τὸ δποῖον δημιουργεῖ τὴν πυρακτωμένην κηλίδα ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τοῦ ὑδραργύρου. Τὸ τόξον μεταξὺ ἡλεκτροδίου ἀφῆς καὶ ὑδραργύρου μετατρέπεται εἰς τόξον μεταξὺ ἀνόδου καὶ καθόδου κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς θετικῆς ἡμιπεριόδου τῆς τάσεως, ποὺ ἐφαρμόζεται ἐπὶ τῆς ἀνόδου. Τὸ κύκλωμα τοῦ ἡλεκτροδίου ἀφῆς τροφοδοτεῖται συνήθως ἀπὸ τοὺς ζυγούς ἐναλλασσομένου ρεύματος, ποὺ τροφοδοτοῦν καὶ τὸ κύκλωμα ἀνόδου - καθόδου.

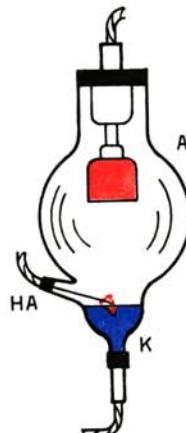
Δι’ ίσχὺν μέχρι 50 kVA οἱ ἀνορθωταὶ ἔγνιτρον κατασκευάζονται μὲν ὑαλίνην λυχνίαν καὶ ψυξινὸν ἀέρος, ἐνῶ δι’ ίσχὺν ἀπὸ μερικὰς ἑκατοντάδας kVA μέχρι περίπου 2500 kVA κατασκευάζονται μὲν μεταλλικὴν λυχνίαν καὶ ψυξινὸν ὑδατος.

Τὰ πλεονεκτήματα τῶν ἀνορθωτῶν αὐτῶν ἔναντι τῶν συνήθων ἀνορθωτῶν ὑδραργύρου εἶναι, ὅτι ἔχουν πολὺ μικρότερον μέγεθος καὶ μικροτέρας ἀπωλείας καὶ ὅτι δύνανται νὰ ὑποστοῦν μεγάλας στιγμιαίας ὑπερφορτίσεις, π.χ. 100 φορὰς περισσότερον ἀπὸ τὴν ἐπιτρεπτομένην μέσην τιμὴν τῆς ἐντάσεως. Μειονέκτημά των εἶναι ἡ μικρὰ διάρκεια ζωῆς τῶν λυχνιῶν. Εύρισκουν ἐφαρμογὴν εἰς τὰς ἡλεκτρολύσεις ἀλουμινίου, μαγνησίου, εἰς τὴν ἡλεκτρικὴν ἔλξιν κ.λπ.

8 · 12 Ανορθωταὶ θερμῆς καθόδου.

Ἡ ἡλεκτρικὴ βαλβὶς τῶν ἀνορθωτῶν αὐτῶν ἀποτελεῖται ἀπὸ ὑαλίνην λυχνίαν, ἐντὸς τῆς ὁποίας ὑπάρχει ἄνοδος κυλινδρικῆς συνήθως μορφῆς ἀπὸ ἔλασμα ἢ πλέγμα. Εἰς τὸ κέντρον τῆς ἀνόδου εύρισκεται ἡ κάθοδος, ἡ ὁποία θερμαίνεται δι’ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος. Ἡ κάθοδος εἶναι κατεσκευασμένη ἀπὸ σύρμα βιολφραμίου, ἐπὶ τοῦ ὁποίου ἔχει τοποθετηθῆ στρῶσις δξειδίου τοῦ βαρίου.

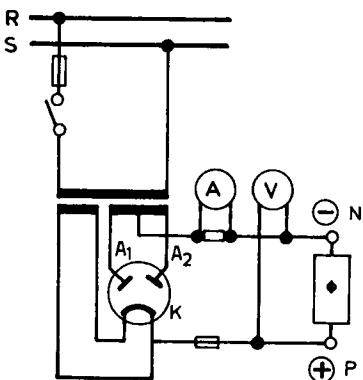
Ἡ λυχνία εἶναι κενὴ ἀέρος (λυχνίαι ὑψηλοῦ κενοῦ) ἢ περιέχει



Σχ. 8·11.
‘Υαλίνη λυχνία
‘Ιγνιτρον.

ώρισμένον άέριον ή άτμούς ύδραργύρου ύπό χαμηλήν πίεσιν (λυχνίαι πλήρεις άεριον). Καὶ εἰς τὰ δύο εἴδη, διὰ τῆς θερμάνσεως τῆς καθόδου (περίπου εἰς 800° C) ἐκπέμπονται ἀπὸ αὐτὴν ἡλεκτρόνια, ἐνῶ ἀπὸ τὴν ψυχρὰν ἄνοδον οὐδὲν ἡλεκτρόνιον ἔξερχεται. "Ἐτοι ἡλεκτρικὸν ρεῦμα εἶναι δυνατὸν νὰ διέλθῃ μόνον κατὰ τὴν μίαν φορὰν (συμβατικῶς ἀπὸ τὴν ἄνοδον πρὸς τὴν κάθοδον). Συνεπῶς αἱ λυχνίαι αὐταὶ, ποὺ ὀνομάζονται καὶ δίοδοι λυχνίαι, παρουσιάζουν χαρακτηριστικὰ ἡλεκτρικῆς βαλβίδος καὶ δύνανται νὰ χρησιμοποιηθοῦν εἰς τὴν ἀνόρθωσιν τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος.

Αἱ λυχνίαι ύψηλοῦ κενοῦ, εἰς τὰς δόποιας τὸ ρεῦμα ἀποτελεῖται μόνον ἀπὸ ἡλεκτρόνια, ποὺ ἐκπέμπονται ύπὸ τῆς καθόδου, ὅπως ἀνεφέραμεν, χρησιμοποιοῦνται διὰ τὴν ἀνόρθωσιν ρευμάτων ἐντάσεως τὸ πολὺ μέχρι μερικὰ μιλλιαμπέρι καὶ διὰ τάσεις 200 ἔως 300 V. Πεδίον ἐφαρμογῆς τῶν εἶναι κυρίως αἱ ραδιοφωνικαὶ συσκευαί, ἀν καὶ σήμε-



Σχ. 8.12.

Ανορθωτής διὰ λυχνίας θερμῆς καθόδου.

ρεύματος λόγω τῆς συμμετοχῆς καὶ τῶν δημιουργουμένων ίόντων.

Τὸ σχῆμα 8 · 12 δεικνύει τὴν συνδεσμολογίαν μικροῦ ἀνόρθωτοῦ μὲ λυχνίαν θερμῆς καθόδου (μὲ δύο ἀνόδους A₁, A₂) καὶ ἀνόρθωσιν πλήρους κύματος. "Οπως παρατηροῦμεν, ἡ θέρμανσις τῆς καθόδου γίνεται διὰ τροφοδοτήσεως ἀπὸ ιδιαίτερον τύλιγμα τοῦ δευτερεύοντος τοῦ μετασχηματιστοῦ.

Λυχνία θερμῆς καθόδου μετ' ἀερίου, ὅταν φέρῃ καὶ ἐσχάραν ρυθμίσεως, ὀνομάζεται θύρατρον. Λυχνίαι αὐτοῦ τοῦ είδους κατασκευά-

ρον ἀντικαθίστανται ὀλονέν περισσότερον ἀπὸ τὸν ἀνορθωτὰς σεληνίου καὶ πυριτίου, οἱ δόποιοι δὲν ὀπαίτουν θέρμανσιν.

Εἰς τὰς πλήρεις ἀερίου λυχνίας θερμῆς καθόδου τὸ ἡλεκτρικὸν ρεῦμα μεταξύ καθόδου καὶ ἀνόδου ἀποτελεῖται μερικῶς μόνον ἀπὸ ἡλεκτρόνια. Λόγω τῶν συγκρούσεων τῶν ἡλεκτρονίων μὲ τὰ μόρια τοῦ ἀερίου, ποὺ εύρισκεται ἐντὸς τῆς λυχνίας, προκαλεῖται ίονισμὸς τοῦ ἀερίου καὶ συνεπῶς γίνεται μεταφορὰ μεγαλυτέρων ἐντάσεων

Ζονται δι' ἐντάσεις ρεύματος μέχρι 1000 Α, ἔχουν δὲ διαστάσεις πολὺ μικροτέρας ἀπὸ τὰς λυχνίας ὑδραργύρου τῆς αὐτῆς ἴσχύος καὶ δὲν ἔχουν ἀνάγκην οὔτε εἰδικῆς διατάξεως διὰ τὴν ἀφήν, οὔτε βοηθητικῶν ἀνόδων.

8 · 13 Ἀνακεφαλαίωσις.

α) Διὰ τὴν μετατροπὴν τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος εἰς συνεχὲς χρησιμοποιοῦνται εἴτε περιστρεφόμεναι μηχαναί, ὅπως ζεύγη κινητῆρος - γεννητρίας καὶ στρεφόμενοι μετατροπεῖς, εἴτε ἀνορθωταί, ὅπως ἀνορθωταὶ δι' ἡμιαγωγῶν, ἀνορθωταὶ ὑδραργύρου καὶ ἀνορθωταὶ θερμῆς καθόδου.

β) Οἱ στρεφόμενοι μετατροπεῖς χρησιμεύονται διὰ τὴν μετατροπὴν τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος εἰς συνεχές ἄλλὰ καὶ τοῦ συνεχοῦς εἰς ἐναλλασσόμενον. Ἀπὸ τὴν πλευρὰν τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος συμπεριφέρονται ὡς σύγχρονοι μηχαναί, ἀπὸ τὴν πλευρὰν δὲ τοῦ συνεχοῦς ρεύματος ὡς μηχαναὶ συνεχοῦς ρεύματος.

γ) Εἰς στρεφόμενον μετατροπέα μεταξὺ τῆς τάσεως ἐναλλασσομένου καὶ τῆς τάσεως συνεχοῦς ρεύματος ὑπάρχει σταθερὰ σχέσις, ἡ ὅποια ἐλάχιστα μεταβάλλεται μὲ τὸ φορτίον. Διὰ τὴν ρύθμισιν τῆς τάσεως συνεχοῦς ρεύματος, εἴτε τροφοδοτοῦμεν τὸν στρεφόμενον μετατροπέα ἀπὸ μετασχηματιστὴν μὲ λήψεις, εἴτε παρεμβάλλομεν στραγγαλιστικὰ πηνία, εἴτε τέλος παρεμβάλλομεν ἐπαγωγικὸν ρυθμιστὴν τάσεως.

δ) Ἡλεκτρικὴ βαλβὶς λέγεται τὸ στοιχεῖον ἐκεῖνο τῶν ἡλεκτρικῶν κυκλωμάτων, τὸ ὅποιον ἔχει τὴν ἰδιότητα νὰ παρουσιάζῃ ἀντίστασιν εἰς τὴν διέλευσιν τοῦ ρεύματος κατὰ τὴν μίαν φορὰν πολὺ μικροτέραν ἀπὸ ὅ, τι παρουσιάζει κατὰ τὴν ἀντίθετον φοράν. Ἐκμετάλλευσις τῆς ἰδιότητος αὐτῆς τῶν ἡλεκτρικῶν βαλβίδων γίνεται εἰς τοὺς ἀνορθωτάς διὰ τὴν μετατροπὴν ἐναλλασσομένου ρεύματος εἰς συνεχές.

ε) Ἡ ἀνόρθωσις μονοφασικοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος γίνεται: 1) Μὲ διάταξιν ἀνορθώσεως ἡμίσεος κύματος. 2) Μὲ διάταξιν ἀνορθώσεως πλήρους κύματος καὶ 3) μὲ διάταξιν μονοφασικῆς γεφύρας. Μὲ τὴν πρώτην ἐπιτυγχάνεται ἀνόρθωσις τῶν θετικῶν μόνον ἡμιπεριόδων, ἐνῶ μὲ τὰς ἄλλας καὶ τῶν δύο ἡμιπεριόδων τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος.

στ) Αἱ πολυφασικαὶ ἀνορθωτικαὶ διατάξεις περιλαμβάνουν κυ-

ρίως: 1) Τὴν ἀπλῆν τριφασικήν ἀνόρθωσιν. 2) Τὴν διάταξιν τριφασικῆς γεφύρας καὶ 3) τὴν διάταξιν ἔξαφασικῆς ἀνορθώσεως. Αἱ διατάξεις αὐταὶ παρέχουν ἀνωρθωμένον ρεῦμα μὲ πολὺ μικροτέραν κυμάτωσιν ἀπὸ τὰς μονοφασικάς.

ζ) Οἱ ἀνορθωταὶ δι' ἡμιαγωγῶν περιλαμβάνουν ἀνορθωτικὰ στοιχεῖα ὑποξειδίου τοῦ χαλκοῦ, σεληνίου, γερμανίου, πυριτίου. Ἡ λειτουργία των βασίζεται ἐπὶ τῆς ἰδιότητος τῆς ἡλεκτρικῆς βαλβίδος, τὴν δόποίαν ἔχει ἡ στρῶσις φραγμοῦ, ποὺ παρεμβάλλεται μεταξὺ ἐνὸς ἡλεκτροδίου καὶ τοῦ ἡμιαγωγοῦ ὑλικοῦ.

η) Ἡ λειτουργία τῶν ἀνορθωτῶν ὑδραργύρου βασίζεται ἐπὶ τῆς ἰδιότητος τῆς ἡλεκτρικῆς βαλβίδος, ποὺ παρουσιάζει λυχνία κενὴ ἀέρος, ἡ δόποία φέρει ἄνοδον ἐκ μετάλλου ἢ γραφίτου καὶ κάθοδον ἐξ ὑδραργύρου, ὅταν ἐπὶ τῆς ἐπιφανείας τῆς καθόδου ἔχῃ μὲ κάποιον τρόπον δημιουργηθῆ πυρακτωμένη κηλίς.

θ) Αἱ λυχνίαι ὑδραργύρου εἰναι εἴτε ὑάλινοι μὲ 2, 3 ἢ 6 ἀνόδους, εἴτε μεταλλικαὶ (χαλύβδιναι) μὲ συνήθως πολὺ μεγαλύτερον ἀριθμὸν ἀνόδων. Αἱ μεταλλικαὶ λυχνίαι, ὅταν χρησιμοποιοῦνται διὰ πολὺ μεγάλας ἐντάσεις, ἔχουν ψῦξιν δι' ὕδατος καὶ ἀντλίαν κενοῦ διὰ τὴν διατήρησιν τοῦ ὑψηλοῦ κενοῦ ἐντὸς τῆς λυχνίας.

ι) Διὰ τὴν ἐλάττωσιν τῆς κυματώσεως, δηλαδὴ διὰ τὴν ἔξομά-λυνσιν τοῦ ἀνωρθωμένου ρεύματος, εἰς τοὺς ἀνορθωτὰς χρησιμοποιοῦνται συχνὰ στραγγαλιστικὰ πηνία, δηλαδὴ πηνία μὲ πυρῆνα ἐκ μαγνητικῶν ἐλασμάτων.

ια) Διὰ τὴν ὁμαλὴν ρύθμισιν τῆς τάσεως τοῦ συνεχοῦς ρεύματος εἰς τοὺς ἀνορθωτὰς ὑδραργύρου χρησιμοποιοῦνται ἐσχάραι παρεμβαλλόμεναι μεταξὺ ἀνόδων καὶ καθόδου. Ἡ ρύθμισις γίνεται διὰ μεταβολῆς τῆς μετοξὺ ἐσχάρας καὶ καθόδου τάσεως.

ιβ) Οἱ ἀνορθωταὶ ὑδραργύρου μιᾶς ἀνόδου ἢ "Ιγνιτρον" εἰναι εἰδικὴ μορφὴ ἀνορθωτῶν ὑδραργύρου, οἱ δόποιοι ἔχουν ἡλεκτρόδιον ἀφῆς ἐκ δυστήκτου ἡμιαγωγοῦ ὑλικοῦ. Χρησιμοποιοῦνται εἰς ὡρισμένας περιπτώσεις λόγω τοῦ μικροῦ μεγέθους των καὶ τῆς δυνατότητος ἴσχυρῶν ὑπερφορτίσεων, τὰς δόποίας δύνανται νὰ ὑποστοῦν.

ιγ) Οἱ ἀνορθωταὶ θερμῆς καθόδου ἔχουν λυχνίας εἴτε ὑψηλοῦ κενοῦ εἴτε πλήρεις ἀερίου ὑπὸ χαμηλήν πίεσιν. Αἱ λυχνίαι αὐταὶ παρουσιάζουν ἰδιότητας ἡλεκτρικῆς βαλβίδος, ὅταν ἡ κάθοδος των θερ-

μανθῆ (περίπου εἰς 800⁰ C) δι' ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, ἐνῶ ή ἄνοδος παραμείνη ψυχρά.

ιδ) Αἱ λυχνίαι ὑψηλοῦ κενοῦ χρησιμοποιοῦνται ὡς ἀνορθώτριαι κυρίως εἰς ραδιοφωνικάς συσκευάς, ὅπου ἀπαιτοῦνται μικραὶ ἐντάσεις. Αἱ λυχνίαι θερμῆς καθόδου μετ' ἀερίου χρησιμοποιοῦνται διὰ σημαντικάς ἐντάσεις, ὅταν δὲ φέρουν καὶ ἐσχάραν ρυθμίσεως ὀνομάζονται θύρατρον.

8 · 14 Ἐρωτήσεις.

α) Νὰ σχεδιασθῇ ἡ σχηματικὴ συνδεσμολογία στρεφομένου μετατροπέως καὶ νὰ περιγραφῇ ὁ τρόπος λειτουργίας καὶ χρησιμοποιίσεώς του.

β) Ποῦ χρησιμοποιοῦνται οἱ ἀνορθωτὰ καὶ ἀπὸ ποια κύρια μέρη ἀποτελεῖται μία ἀνορθωτικὴ διάταξις πλήρους κύματος;

γ) Ποία τὰ πλεονεκτήματα καὶ μειονεκτήματα τῆς ἀνορθωτικῆς διατάξεως μονοφασικῆς γεφύρας ἔναντι τῆς διατάξεως ἀνορθώσεως πλήρους κύματος;

δ) Νὰ σχεδιασθῇ ἀπλῆ διάταξις τριφασικῆς ἀνορθώσεως καὶ νὰ περιγραφῇ ὁ τρόπος τῆς ἀνορθώσεως.

ε) Ἀναφέρατε τοὺς κυριωτέρους ἀνορθωτάς, ποὺ χρησιμοποιοῦνται εἰς τὴν πρᾶξιν.

στ) Νὰ σχεδιασθῇ ἀπλοῦν διάγραμμα μονοφασικῆς ἀνορθώσεως μὲ λυχνίαν ὑδραργύρου καὶ νὰ περιγραφῇ ἡ ἀρχὴ τῆς λειτουργίας.

ζ) Πῶς γίνεται ἡ ρύθμισις τῆς τάσεως εἰς τοὺς ἀνορθωτὰς ὑδραργύρους καὶ ποῖα τὰ πλεονεκτήματα τῆς μεθόδου αὐτῆς;

η) Πῶς ὑπολογίζεται ὁ βαθμὸς ἀποδόσεως μιᾶς λυχνίας ὑδραργύρου; Νὰ δοθῇ ἀριθμητικὸν παράδειγμα.

θ) Τί εἶναι δίοδος λυχνία ὑψηλοῦ κενοῦ, ποία ἡ ἀρχὴ τῆς λειτουργίας της καὶ ποῦ χρησιμοποιεῖται;

ΚΕΦΑΛΑΙΟΝ 9

ΣΥΝΤΗΡΗΣΙΣ ΚΑΙ ΒΛΑΒΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ

9.1 Ή έννοια και τὸ πρόγραμμα τῆς συντηρήσεως.

Συντήρησις είναι ἡ ἐργασία, τὴν ὅποιαν κάμνομεν διὰ νὰ διατηροῦμεν τὰς μηχανὰς εἰς καλὴν κατάστασιν λειτουργίας. Σκοπὸς δηλαδὴ τῆς συντηρήσεως είναι νὰ ἀποφευχθοῦν κατὰ τὸ δυνατὸν τυχὸν βλάβαι εἰς αὐτάς. Ὁ σκοπὸς αὐτὸς ἐπιτυγχάνεται διὰ τακτικῶν ἐπιθεωρήσεων τῶν μηχανῶν, κατὰ τὴν διάρκειαν τῶν ὅποιων ἔξακριβοῦται ἂν ὑπάρχῃ καμμία ἀνωμαλία ἢ ἂν ἀπαιτῆται νὰ ἐπισκευασθῇ ἢ νὰ ἀντικατασταθῇ ἐφθαρμένον μέρος τῆς μηχανῆς. Ἐργον ἐπίστης τῆς συντηρήσεως είναι ἡ ἔξαλειψις τῶν ἀνωμαλιῶν αὐτῶν καὶ ἡ ἐπισκευὴ ἢ ἀντικατάστασις τῶν ἐφθαρμένων μερῶν.

Κάθε πότε πρέπει νὰ γίνωνται αἱ ἐπιθεωρήσεις αὐταὶ καὶ τὶ πρέπει νὰ ἐλέγχεται εἰς κάθε ἐπιθεώρησιν καθορίζεται ἀπὸ τὸ Πρόγραμμα συντηρήσεως. Τὸ πρόγραμμα αὐτὸ ἔξαρτᾶται ἀπὸ τὸ εἶδος τῶν μηχανημάτων, ἀπὸ τὸ εἶδος τῶν κινητήρων ποὺ διαθέτουν, ἀπὸ τὰς συνθήκας λειτουργίας κ.λπ. Συνεπῶς είναι διαφορετικὸν ἀπὸ ἐργοστασίου εἰς ἐργοστάσιον καὶ ἐνδεχομένως διαφορετικὸν διὰ τὰ διάφορα τμήματα τοῦ ίδιου ἐργοστασίου.

Τὸ πρόγραμμα συντηρήσεως καταστρώνεται εἰς κάθε περίπτωσιν ἀπὸ τὸν ὑπεύθυνον τοῦ ἐργοστασίου καὶ πρέπει νὰ τηρῆται μὲ εὔσυνειδησίαν ἀπὸ τοὺς ἔχοντας τὴν εὐθύνην τῆς ἐφαρμογῆς του. Ὡς παράδειγμα δίδομεν κατωτέρω πρόγραμμα συντηρήσεως, τὸ ὅποιον καθορίζει κάθε πότε πρέπει νὰ γίνωνται αἱ ἐπιθεωρήσεις (κάθε ἔβδομάδα = EB, κάθε μῆνα = M, κάθε ἔτος = ET), ποῖον μέρος ἐπιθεωροῦμεν καὶ τί ἐλέγχομεν κατὰ τὴν ἐπιθεώρησιν. Εἰς τὰς ἐπομένας παραγράφους ἔξηγοῦμεν, πῶς γίνεται ἡ συντήρησις τῶν σημαντικωτέρων τμημάτων τῶν ἡλεκτρικῶν μηχανῶν.

Πρόγραμμα Συντηρήσεως

Κάθε πότε γίνεται ή έπιθεώρησις	Έπιθεωρούμενον μέρος	Τι έλεγχομεν κατά τήν έπιθεώρησιν
EB – M – ET M – ET ET	Ψήκτραι	<ul style="list-style-type: none"> – Τήν φθοράν, ἀν ύπάρχουν σπινθηρισμοί – Τήν πίεσιν τῶν ἐλατηρίων και ἀν ύπάρχουν βλάβαι εἰς τάς ψήκτρας – Τήν μετατόπισιν τῶν θετικῶν και ἀρνητικῶν ψηκτρῶν, τήν γωνίαν τῶν ψηκτρῶν, τήν καλήν έπαφήν μὲ τὸν συλλέκτην
EB – M – ET	Συλλέκται	<ul style="list-style-type: none"> – "Αν ύπάρχη συσσώρευσις ἀκαθαρσιῶν, ἀνωμαλίαι τῆς έπιφανείας, προεξέχοντες τομεῖς ή μίκα, ἐκκεντρότης, ἀγωγοί τοῦ τυλίγματος ἀποκολλημένοι ἀπό τοὺς τομεῖς
EB – M – ET M – ET ET	Τυλίγματα και συνδέσεις	<ul style="list-style-type: none"> – "Αν ύπάρχη συσσώρευσις κόνεως ή ἀκαθαρσίας, διαφυγὴ λιπαντικοῦ πρὸς τὰ τυλίγματα, ὑγρασία ἐπὶ ή πλησίον αὐτῶν – Χαλάρωσις τῆς στηρίξεως τῶν τυλιγμάτων ή τῶν συνδέσμων τῶν ἀγωγῶν – "Αν ύπάρχουν θραύσματα ἐπὶ τῆς έπιφανείας τῶν μονώσεων ή ἄλλαι εἰνδείξεις βλάβης αὐτῶν. "Ελεγχος τῆς ἀντιστάσεως μονώσεως
M – ET ET	Δακτύλιοι	<ul style="list-style-type: none"> – "Αν ύπάρχη συσσώρευσις ἀκαθαρσίας – 'Ελέγχεται ή ἐκκεντρότης και ή ἀντίστασης μονώσεως
EB – M – ET M – ET	"Εδρανα τριβῆς	<ul style="list-style-type: none"> – Τήν στάθμην ἔλαιου – "Αν ύπάρχῃ φθορὰ τῶν ἐδράνων, ἀν ἀπαιτῆται ἀντικατάστασις τοῦ ἔλαιου, ἀν ύπάρχουν διαφυγαὶ ἔλαιου
EB – M – ET M – ET ET	"Ενσφαιροι τριβεῖς (ρουλεμάν)	<ul style="list-style-type: none"> – Τήν θερμοκρασίαν, ἀν ύπάρχουν ἀσυνήθεις θόρυβοι ή δονήσεις – "Αν ύπάρχουν διαφυγαὶ γράσσου 'Αντικατάστασις γράσσου εἰς περιπτώσεις βαρείας 24ώρου λειτουργίας – Καθαρισμός και ἀντικατάστασις γράσσου

(Συνεχίζεται)

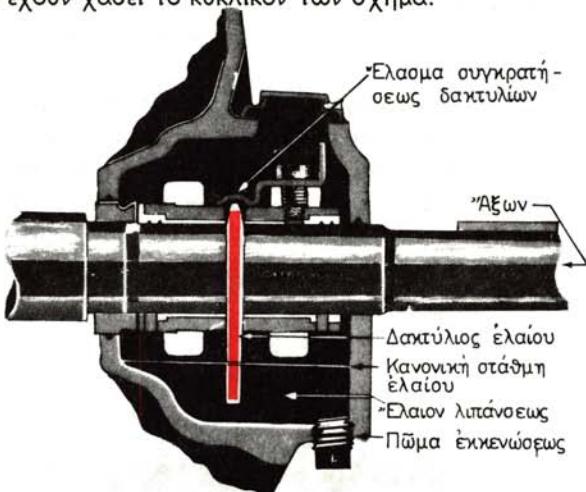
(Συνέχεια τοῦ Πίνακος)

Κάθε πότε γίνεται ἡ ἐπιθεώρησις	Ἐπιθεωρούμενον μέρος	Τί ἐλέγχομεν κατὰ τὴν ἐπιθεώρησιν
EB – M – ET M – ET ET	Σύστημα ἀερι- σμοῦ καὶ ψύ- ξεως	— "Αν ὑπάρχῃ συσσώρευσις ὑλικοῦ ἢ κό- νεως εἰς τὰς διόδους διελεύσεως τοῦ ἀέρος ψύξεως
		— "Αν ὑπάρχουν χαλαρωμένα πτερύγια τοῦ ἀνεμιστῆρος
		— Καθαρισμὸς τοῦ ἐσωτερικοῦ τῆς μηχανῆς
ET	Μηχανικοὶ σύν- δεσμοι	— "Ελεγχος τῆς εὐθυγραμμίσεως καὶ ἂν ἀπαιτῆται σύσφιγξις τῶν κοχλιῶν τοῦ συνδέσμου ἢ ἀντικατάστασις ἐλαστι- κῶν δακτυλίων
EB – M – ET M – ET	Ίμάντες καὶ ἀλύ- σεις μεταδόσεως κινήσεως	— "Αν είναι καλῶς τανυσμένοι καὶ ἂν πα- ρουσιάζουν φθορὰν ἀπαιτοῦσαν ἐπι- σκευὴν ἢ ἀντικατάστασιν
		— "Αν ἀπαιτῆται ἀντικατάστασις τοῦ λι- παντικοῦ τῶν ἀλύσεων
M – ET	Συστήματα με- ταδόσεως κινή- σεως δι’ ὅδου- τωτῶν τροχῶν	— "Αν τὸ λιπαντικὸν πρέπει νὰ ἀντικα- τασθῇ καὶ ὃν παρουσιάζουν φθορὰς
ET	Διάκενα ὀρός μεταξὺ δρομέως καὶ στάτου	— "Αν παρουσιάζουν ἀνομοιομορφίαν ἀπαι- τοῦσαν διόρθωσιν
M - ET	Στήριξις τῆς μηχανῆς	— "Αν ὑπάρχῃ χαλάρωσις τῶν κοχλιῶν συσφίγξεως κ.λπ.
M – ET ET	Φορτία	— "Αν μετεβλήθησαν αἱ συνθῆκαι φορτί- σεως τῆς μηχανῆς
		— "Αν ἡ ἀπορροφουμένη ὑπὸ τοῦ κινη- τῆρος ἰσχὺς ἔν κενῷ καὶ ὑπὸ φορτίον, μετρουμένη μὲ κατάλληλα ὅργανα, εἴναι ἐντὸς τῶν κανονικῶν ὅρίων

9.2 Ἡ λίπανσις τῶν ἡλεκτρικῶν μηχανῶν.

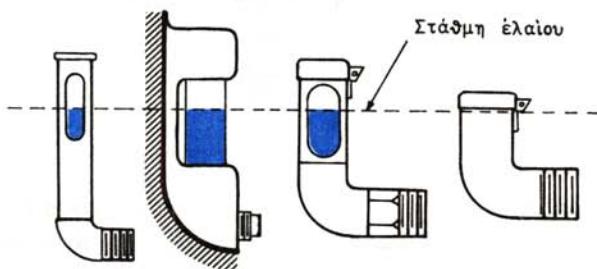
Τὰ μέρη, τὰ ὅποια ἀπαιτοῦν λίπανσιν εἰς τὰς ἡλεκτρικὰς μη-
χανάς, είναι κυρίως τὰ ἔδρανα, ἐντὸς τῶν ὅποιων περιστρέφεται ὁ
ἄξων τῆς μηχανῆς. "Οταν ὑπάρχουν ἔδρανα τριβῆς (κουσινέττα) μὲ

δακτυλίους ἔλαιον (σχ. 9·2 α), πρέπει οἱ δακτύλιοι νὰ περιστρέφωνται κατὰ τὴν λειτουργίαν τῆς μηχανῆς καὶ νὰ παρασύρουν τὸ λιπαντικὸν ἔλαιον. Η περιστροφὴ αὐτὴ πρέπει νὰ γίνεται κατὰ ὅμαλὸν τρόπον. Εάν οἱ δακτύλιοι πηδοῦν κατὰ τὴν περιστροφήν των, εἶναι δεῖγμα ὅτι ἔχουν χάσει τὸ κυκλικόν τῶν σχῆμα.



Σχ. 9·2 α.

Ἐδρανον τριβῆς μετὰ δακτυλίου ἔλαιον.



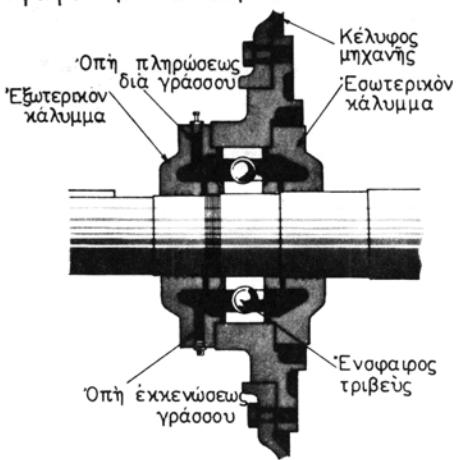
Σχ. 9·2 β.

Δείκται στάθμης ἔλαιου.

Τὸ λιπαντικὸν ἔλαιον πρέπει νὰ φθάνῃ ἐντὸς τῆς προβλεπομένης δεξαμενῆς τοῦ ἑδράνου μέχρι τὴν κανονικήν του στάθμην (σχ. 9·2 α), δόποτε περίπου τὸ 1/3 τοῦ δακτυλίου εύρισκεται ἐντὸς τοῦ ἔλαιου. Συνήθως τὸ ἑδρανα αὐτὰ φέρουν ἔνα δείκτην τῆς στάθμης τοῦ ἔλαιου (σχ. 9·2 β).

Τὸ ἔλαιον λιπάνσεως πρέπει νὰ ἀντικαθίσταται ἀπὸ καιροῦ εἰς καιρόν, ἀναλόγως μὲ τὴν χρησιμοποίησιν τῆς μηχανῆς, διότι ὑφίσταται ἀλλοιώσεις κατὰ τὴν λειτουργίαν. Ἡ κατάστασις, εἰς τὴν ὅποιαν εύρισκεται τὸ λιπαντικὸν ἔλαιον, ἐλέγχεται διὰ συγκρίσεως μὲ δεῖγμα μὴ χρησιμοποιημένου ἔλαιου. Διὰ νὰ ἀντικαταστήσωμεν τὸ ἔλαιον, ἀφαιροῦμεν προηγουμένως ὅλον τὸ παλαιὸν καὶ καθαρίζομεν τὴν δεξαμενὴν τοῦ ἔδρανου.

Εἰς τὰ ἔδρανα μὲ ἐνσφαίρους τριβεῖς (ρουλεμάν) χρησιμοποιεῖται γράσσον ώς λιπαντικόν. Διὰ τὴν ἀντικατάστασιν τοῦ παλαιοῦ γράσσου μὲ νέον προβλέπονται συνήθως εἰς τὰ ἔδρανα δύο ὅπαι (σχ. 9·2 γ.). Ἀφοῦ ἀφαιρέσωμεν τὰ πώματα καὶ τῶν δύο ὅπων, ἀφαιροῦ-



Σχ. 9·2 γ.
Ἐδρανὸν ἐνσφαίρου τριβέως.

μεν μὲ κατάλληλον διαλυτικὸν ὅλον τὸ παλαιὸν γράσσον. Κατόπιν κλείσομεν τὴν ὅπὴν ἔκκενώσεως καὶ πληροῦμεν τὸ ἔδρανον μὲ νέον γράσσον μὲ τὴν βοήθειαν γρασσαδόρου. Εἰς ὡρισμένας μηχανᾶς ἡ ἀντικατάστασις τοῦ παλαιοῦ γράσσου δὲν εἶναι δυνατὴ χωρὶς ἀποσυναρμολόγησιν τῆς μηχανῆς.

Διὰ τὸ πόσον τακτικὰ πρέπει νὰ γίνεται ἡ ἀντικατάστασις τοῦ γράσσου, οἱ κατασκευασταὶ τῶν μηχανῶν δίδουν σχετικὰς ὁδηγίας. Πάντως ἡ ἐργασία αὐτὴ πρέπει νὰ γίνεται μὲ σχολαστικὴν καθαριότητα, διότι ἂν εἰσχωρήσουν ἀκαθαρσίαι ἐντὸς τοῦ ἐνσφαίρου τριβέως, εἶναι ἐνδεχόμενον νὰ προκαλέσουν βλάβην εἰς αὐτόν.

Ἐκτὸς ἀπὸ τὰ ἔδρανα, εἰς τὰς ἡλεκτρικὰς μηχανὰς λίπανσιν ἀπαιτοῦν καὶ ὠρισμένοι μηχανισμοὶ μεταδόσεως κινήσεως, ὅπως εἶναι οἱ μειωτῆρες στροφῶν, αἱ ἀλύσεις μεταδόσεως κινήσεως κ.λπ. Ἡ λίπανσις καὶ τῶν μηχανισμῶν αὐτῶν πρέπει νὰ γίνεται μὲ ἐπιμέλειαν καὶ συμφώνως πρὸς τὸ πρόγραμμα.

9.3 Συντήρησις τῶν μηχανικῶν μερῶν.

1) Τὸ καθάρισμα.

Τὸ καθάρισμα τῶν διαφόρων μερῶν τῆς ἡλεκτρικῆς μηχανῆς ἀποτελεῖ σημαντικὸν παράγοντα καλῆς συντηρήσεως. Ἡ συχνότης, μὲ τὴν ὁποίαν πρέπει νὰ γίνεται, ἔξαρτᾶται ἀπὸ τὰς συνθήκας, ποὺ ἐπικρατοῦν εἰς τὸν χῶρον ὅπου λειτουργεῖ ἡ μηχανή. Κατὰ τὸ καθάρισμα ἀπομακρύνομεν ὅλας τὰς ὄλας (κόνιν, ροκανίδια κ.λπ.), ποὺ ἔχουν ἐπικαθίσει ἐπάνω εἰς τὴν μηχανὴν ἢ ἔχουν εἰσχωρήσει εἰς τὸ ἐσωτερικὸν τῆς.

Ἡ ἐπικάθιστις ξένων ὄλῶν εἶναι δυνατὸν νὰ προκαλέσῃ ὑπερθέρμανσιν τῆς μηχανῆς, διότι φράσσει τὰς διόδους κυκλοφορίας τοῦ ἀέρος ψύξεως τῆς μηχανῆς. Τὰ ἔξωτερικά μέρη τῶν μηχανῶν τὰ καθαρίζομεν μὲ τεμάχιον ὑφάσματος, ἐνῶ διὰ τὸν καθαρισμὸν τῶν τυλιγμάτων ἀπαιτεῖται ἡ χρησιμοποίησις ἀπορροφητῆρος κόνεως ἢ μικροῦ φυστῆρος.

2) Τὰ διάκενα ἀέρος.

Τὰ διάκενα ἀέρος, δηλαδὴ τὰ διάκενα μεταξὺ στάτου καὶ δρομέως, πρέπει νὰ ἐλέγχωνται κατὰ ὠρισμένα χρονικὰ διαστήματα μὲ εἰδικὰ φίλερ. Ἐὰν εἰς ἓνα σημεῖον τὸ διάκενον εἶναι μικρότερον ἀπὸ τὰ $\frac{3}{4}$ τοῦ διακένου εἰς τὸ ἐκ διαμέτρου ἀντίθετον σημεῖον, θὰ πρέπει ὁ δρομεὺς τῆς μηχανῆς νὰ κεντραρισθῇ ἐκ νέου. Ἔνας λόγος, ποὺ προκαλεῖ ἀνομοιομορφίαν εἰς τὰ διάκενα, εἶναι καὶ ἡ φθορὰ τῶν ἔδρανων. Εἰς τὴν περίπτωσιν αὐτὴν θὰ πρέπει νὰ ἀντικαταστήσωμεν ἢ νὰ ἐπισκευάσωμεν τὰ ἐφθαρμένα ἔδρανα.

Ἡ ἀνομοιομορφία τῶν διακένων ἔχει μεγάλην σημασίαν εἰς τὰς ἀσυγχρόνους μηχανάς, εἰς τὰς ὁποίας τὰ διάκενα εἶναι γενικῶς μικρά. Αἱ μηχαναὶ αὐταὶ παρουσιάζουν συχνὰ ἀνωμαλίας, αἱ δποῖαι ὀφείλονται εἰς ἀνομοιόμορφα διάκενα.

3) Λοιπὰ μηχανικὰ μέρη.

Κατὰ τὴν συντήρησιν πρέπει νὰ ἐλέγχωνται ἀπὸ καιροῦ εἰς

καιρὸν καὶ συμφώνως μὲ τὸ πρόγραμμα τὰ μέσα μεταδόσεως τῆς κινήσεως. Πρέπει νὰ ἐλέγχεται ἡ τάνυσις τῶν ἴμάντων, ἡ φθορά των, ἡ εύθυγραμμία τῶν τροχαλιῶν των καὶ νὰ λαμβάνωνται κατάλληλα μέτρα ἀναλόγως μὲ τὰς παρατηρουμένας ἀνωμαλίας.

"Αν ὑπάρχουν μηχανικοὶ σύνδεσμοι, πρέπει νὰ ἐλέγχεται ἡ εύθυγραμμισίς των, ἡ σύσφιγξις τῶν κοχλιῶν καὶ ἡ κατάστασις τῶν ἐλαστικῶν δακτυλίων.

Εἰς τὰς μεταδόσεις κινήσεως δι' ἀλύσεων πρέπει ἔκτὸς ἀπὸ τὴν λίπανσίν των νὰ ἐλέγχεται καὶ ὁ βαθμὸς τῆς φθορᾶς των. 'Ο συντηρητής πρέπει νὰ ἔχῃ ὑπ' ὅψει του, ὅτι ἡ ἄλυσις ἢ ὁ ἴμας πρέπει νὰ ἐπισκευασθῇ ἢ νὰ ἀντικατασταθῇ, πρὶν φθάσῃ εἰς τὸ σημεῖον νὰ θραυσθῇ. Τότε, ἔκτὸς τῶν ἀλλων, εἶναι δυνατὸν νὰ προκαλέσῃ καὶ ἀτύχημα εἰς πρόσωπα ἢ βλάβην εἰς ἄλλα μηχανήματα. 'Ἐπίσης ὅτι χαλαροὶ ἴμάντες ἢ ἀλύσεις προκαλοῦν ἀνώμαλον μετάδοσιν τῆς κινήσεως, ἐνῶ ὑπερβολικὰ τανυσμένοι προκαλοῦν ταχεῖαν φθορὰν τόσον τῶν ἴδιων, ὅσον καὶ τῶν ἑδράνων.

9.4 Συντήρησις τῶν ψηκτρῶν.

'Η καλὴ λειτουργία μιᾶς ἡλεκτρικῆς μηχανῆς ἔξαρτᾶται εἰς μέγαν βαθμὸν ἀπὸ τὴν σωστὴν συντήρησιν τῶν ψηκτρῶν, τὰς ὅποιας φέρει.

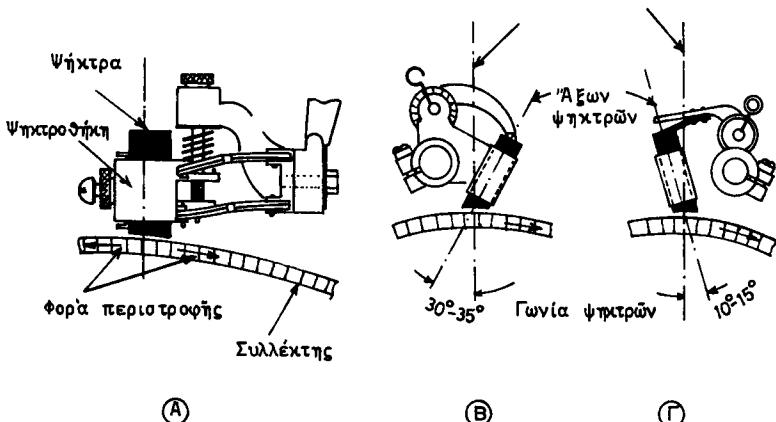
Κατὰ τὰς ἐπιθεωρήσεις ἔξετάζομεν ἔαν αἱ ψηκτραι κινοῦνται ἐλευθέρως ἐντὸς τῶν ψηκτροθηκῶν των, χωρὶς ὅμως νὰ παρουσιάζουν καὶ μεγάλην χάριν μεταξὺ αὐτῶν καὶ τῶν ψηκτροθηκῶν. 'Ἐλέγχομεν ἐπίσης τὴν ἐπιφάνειαν τῶν ψηκτρῶν, ἢ ὅποια ἐφάπτεται εἰς τὸν συλλέκτην ἢ τὸν δακτύλιον καὶ ἡ ὅποια κανονικῶς πρέπει νὰ είναι λεία.

Σημασίαν διὰ τὴν καλὴν λειτουργίαν τῆς μηχανῆς ἔχει καὶ ἡ γωνία, τὴν ὅποιαν σχηματίζει ὁ ἄξων τῶν ψηκτρῶν μὲ τὴν ἀκτῖνα τοῦ συλλέκτου. 'Η γωνία αὐτή, πού ἔχει καθορισθῆ ἀπὸ τὸν κατασκευαστὴν τῆς μηχανῆς, πρέπει νὰ ἐλέγχεται, μήπως ἔχει μεταβληθῆ. Τὸ σχῆμα 9.4 α δεικνύει τὰς συνήθως χρησιμοποιουμένας γωνίας ψηκτρῶν. 'Η περίπτωσις Α, δηλαδὴ μὲ μηδενικὴν γωνίαν, χρησιμοποιεῖται εἰς μηχανὰς περιστρεφομένας καὶ πρὸς τὰς δύο φοράς. Αἱ περιπτώσεις Β καὶ Γ χρησιμοποιοῦνται εἰς μηχανὰς περιστρεφομένας πρὸς τὴν μίαν μόνον φοράν, μὲ συνηθεστέραν τὴν περίπτωσιν Γ.

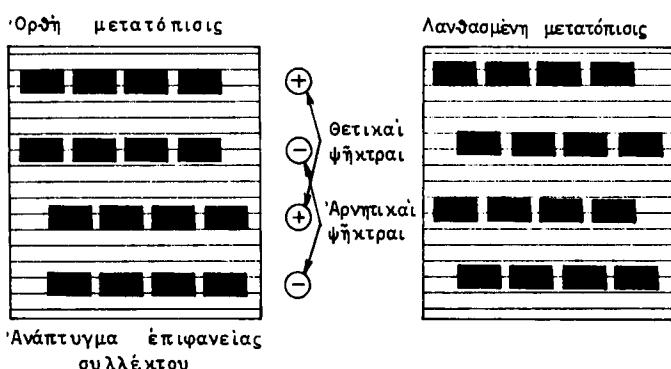
'Έκτὸς ἀπὸ τὴν γωνίαν τῶν ψηκτρῶν κατὰ τὰς ἐπιθεωρήσεις πρέπει νὰ ἐλέγχεται καὶ ἡ μετατόπισις μεταξὺ τῶν θετικῶν καὶ ἀρνη-

τικῶν ψηκτρῶν, ὡστε νὰ προκαλῆται δύμοιόμορφος φθορά τοῦ συλλέκτου. Τὸ σχῆμα 9·4β ἐπεξηγεῖ ποία εἶναι ἡ ὁρθὴ καὶ ποία ἡ λανθασμένη μετατόπισις τῶν ψηκτρῶν.

Ἀκτὶς συλλέκτου



Σχ. 9·4 α.
Συνήθεις γωνίαι ψηκτρῶν.



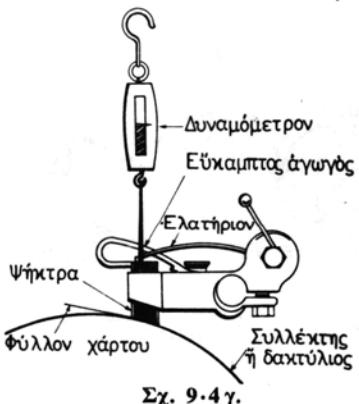
Σχ. 9·4 β.
Ορθὴ καὶ λανθασμένη μετατόπισις ψηκτρῶν.

Ἡ πίεσις, μὲ τὴν ὅποιαν τὸ ἔλατήριον πιέζει τὴν ψήκτραν ἐπὶ τοῦ συλλέκτου ἢ τοῦ δακτυλίου, ἐπτρεάζει ἐπίσης τὴν καλὴν λειτουργίαν τῆς μηχανῆς καὶ πρέπει νὰ ἐλέγχεται μετὰ προσοχῆς κατὰ τὴν συντήρησιν. Ὑπερβολικὰ μεγάλη πίεσις ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα ταχεῖαν

φθορὰν τόσον τοῦ συλλέκτου ἢ τοῦ δακτυλίου ὅσον καὶ τῶν ψηκτρῶν. Ὄμοίως μικροτέρα τῆς κανονικῆς πίεσις ἔχει ὡς ἀποτέλεσμα σπινθηρισμοὺς καὶ ἐπομένως πάλιν φθορὰν (κάψιμον) τοῦ συλλέκτου ἢ τοῦ

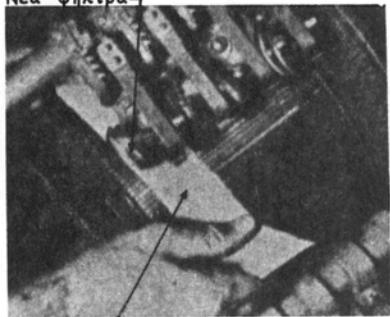
δακτυλίου καὶ τῶν ψηκτρῶν.

Νέα ψήκτρα -



Σχ. 9.4 γ.

Μέτρησις πιέσεως ψηκτρῶν.



Σχ. 9.4 δ.

Στρώσιμον νέων ψηκτρῶν.

‘Η μέτρησις τῆς πιέσεως γίνεται, ὅπως δεικνύει τὸ σχῆμα 9.4 γ, μὲ τὴν βοήθειαν δυναμομέτρου. ‘Η λῆψις τῆς ἀναγνώσεως γίνεται τὴν στιγμὴν ποὺ τὸ δυναμόμετρον μόλις ὀνασηκώνει τὸ ἐλαστήριον, ὡστε νὰ διέρχεται εὐχερῶς φύλλον χάρτου μεταξὺ ψήκτρας καὶ συλλέκτου. ‘Η πίεσις αὐτὴ πρέπει νὰ κυμαίνεται μεταξὺ 1 ἔως 2 N (0,1 ἔως 0,2 kp) ἀνὰ cm² διὰ ψήκτρας ἐκ γραφίτου, ἐξ ἀνθρακοῦ, ἢ ἐλαφρῶς μεταλλικάς ψήκτρας καὶ μεταξὺ 2 ἔως 3,5 N (0,2 ἔως 0,35 kp) ἀνὰ cm² διὰ πολὺ μεταλλικάς ψήκτρας ἐφαπτομένας εἰς δακτυλίους.

Μία ἀπὸ τὰς τακτικὰς φροντίδας τῆς συντηρήσεως είναι ἡ ἀντικατάστασις ἐφθαρμένων ψηκτρῶν. Αἱ νέαι ψήκτραι πρέπει νὰ είναι τοῦ ίδιου τύπου, ποὺ εἶχε χρησιμοποιήσει ὁ κατασκευαστὴς τῆς μηχανῆς. Τὸ στρώσιμον τῆς ἐπιφανείας τῶν νέων ψηκτρῶν ποὺ ἐφάπτεται εἰς τὸν συλλέκτην, ὡστε νὰ ἀποκτήσῃ τὴν καμπυλότητα αὐτοῦ, γίνεται μὲ λωρίδα ἀπὸ γυαλόχαρτον. Αἱ ψήκτραι τοποθετοῦνται εἰς τὰς ψηκτροθήκας των, ἐνῷ τὸ γυαλόχαρτον ἐπὶ τοῦ συλλέκτου, ὅπως δεκνύει τὸ σχῆμα 9.4 δ. Κινοῦντες διὰ τῆς χειρὸς τὸν δρομέα τῆς μηχανῆς πρὸς τὴν μίαν καὶ τὴν ἄλλην κατεύθυνσιν, ἡ ψήκτρα τρίβεται ἐπάνω εἰς τὸ γυαλόχαρτον καὶ ἡ ἐπιφάνειά της ἀποκτᾶ τὴν καμπυλότητα τοῦ συλλέκτου. Διὰ τὴν ἐργασίαν αὐτὴν χρησιμοποιοῦμεν πρῶτον χονδρὸν γυαλόχαρτον καὶ κατόπιν λεπτόν. Μετὰ τὸ στρώσιμον

καθαρίζομεν καλῶς τὸ συλλέκτην ἀπὸ τὸ καρβουνίδι τῶν ψηκτρῶν. Τέλος θέτομεν τὴν μηχανὴν εἰς λειτουργίαν ἐν κενῷ, ὥστε νὰ στρώσουν τελείως αἱ νέαι ψῆκτραι.

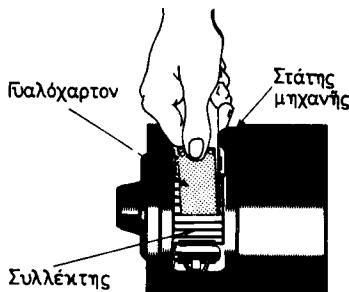
9.5 Συντήρησις συλλέκτου και δακτυλίων.

‘Ο συλλέκτης, ὅταν εἴναι εἰς καλὴν κατάστασιν, ἔχει ἐπιφάνειαν λείαν, «γυαλιστερήν», καὶ τελείως κυλινδρικήν. Μὲ τὴν λειτουργίαν τῆς μηχανῆς εἴναι δυνατὸν νὰ παρουσιασθοῦν εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ συλλέκτου διάφοροι ἀνωμαλίαι. Εἰς τὴν ἀπλουστέραν τῶν μορφὴν αἱ ἀνωμαλίαι αὐταὶ εἴναι γρατσουνίσματα τῆς ἐπιφανείας, ποὺ ὀφείλονται εἰς σκληρὰ μόρια κόνεως, τὰ δόποια ὑπάρχουν εἰς τὰς ψῆκτρας. Εἴναι ἐπίσης συσσώρευσις ἀκαθαρσιῶν ἀπὸ μόρια ἀνθρακος τῶν ψηκτρῶν, ἀπὸ ἔλαια ἢ λίπη κ.λπ. Εἰς τὰς περιπτώσεις αὐτὰς ἀπαιτεῖται καθαρισμὸς τοῦ συλλέκτου, δ ὁποῖος γίνεται μὲ εἰδικῶς διαμορφωμένον τεμάχιον ξύλου, ἐπὶ τοῦ ὁποίου

ἔχει τοποθετηθῆ ἔνα πολὺ λεπτὸν γυαλόχαρτον. Τοῦτο πιέζεται ἐλαφρῶς ἐπὶ τοῦ συλλέκτου, ὅπως δεικνύει τὸ σχῆμα 9.5 α, ἐνῶ ἡ μηχανὴ περιστρέφεται. Ἐνδεχομένως ἐπαναλαμβάνομεν τὴν διαδικασίαν αὐτὴν μίαν ἢ δύο φοράς ἀκόμη καὶ κατόπιν μὲ τεμάχιον ὑφάσματος ἀφαιροῦμεν τὴν κόνιν. Εἴναι δυνατὸν ἐπίσης διὰ τὸν αὐτὸν σκοπὸν νὰ χρησιμοποιήσωμεν πεπιεσμένον ἀέρα ὀπηλλαγμένον ὑγρασίας. Τέλος ἀφήνομεν τὴν μηχανὴν νὰ ἐργασθῇ ἐπὶ ὠρισμένον διάστημα ἐν κενῷ, διὰ νὰ ἔχωμεν τελείως «γυαλισμένην» τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ συλλέκτου.

‘Εδῶ πρέπει νὰ τονίσωμεν, ὅτι διὰ τὸν καθαρισμὸν τοῦ συλλέκτου οὐδέποτε χρησιμοποιοῦμεν σμυριδόπτανον, λιπαντικὸν ἔλαιον, βενζίνην ἢ ἄλλο ἀναφλέξιμον ὑγρόν.

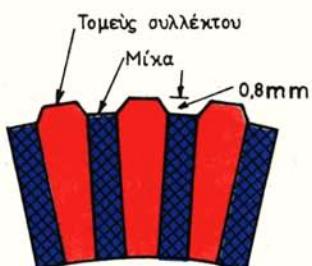
‘Εὰν αἱ ἀνωμαλίαι τοῦ συλλέκτου εἴναι σημαντικαί, ὅπως ὅταν ὑπάρχῃ ἐκκεντρότης, προεξέχοντες τομεῖς, προεξέχοντα τεμάχια μίκας, αὔλοικες (δημιουργούμεναι συνήθως ἀπὸ μὴ δρθῆν μετατόπισιν τῶν θετικῶν καὶ ἀρνητικῶν ψηκτρῶν) κ.λπ., τότε πρέπει νὰ ἀφαιρεθοῦν



Σχ. 9.5 α.
Καθάρισμα συλλέκτου.

αἱ ἀνωμαλίαι αὐταὶ εἰς τὸν τόρνον, ἀφοῦ ἔξαλειφθῆ καὶ ἡ αἵτια ποὺ τὰς προεκάλεσεν.

Μετὰ τὸ τορνίσμα, μὲ κατάλληλον ἐργαλεῖον, π.χ. μὲ λάμαν ἀπὸ σιδηροπρίονον, ἀφαιροῦμεν τμῆμα τῆς μίκας, ὥστε ἡ ἐπιφάνειά



Σχ. 9.5 β.
Τμῆμα συλλέκτου.

τῆς νὰ εύρισκεται περίπου 0,8 mm κάτω ἀπὸ τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ συλλέκτου. Ἐπίσης, ὅν ἀπαιτῆται, στρογγυλεύομεν (σπάζομεν) τὰς γωνίας τῶν τομέων τοῦ συλλέκτου, ὅπως φαίνεται εἰς τὸ σχῆμα 9.5 β. Τέλος «γυαλίζομεν» τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ συλλέκτου μὲ τὴν διαδικασίαν ποὺ ἀνεφέραμεν προτιμουμένως.

Οἱ δακτύλοι τῶν μηχανῶν παρουσιάζουν πολὺ διλιγωτέρας περιπτώ-

σεις ἀνωμαλιῶν ἀπὸ τοὺς συλλέκτας. Συνήθως ἀπαιτοῦν καθαρισμόν. Εἰς περιπτώσεις ἔξαιρετικῆς φθορᾶς ἡ σχηματισμοῦ αὐλάκων ἀπαιτοῦν τορνίσμα. Κατὰ τὴν συντήρησιν τῶν δακτυλίων πρέπει νὰ ἐλέγχωνται καὶ αἱ συνδέσεις τῶν ἀγωγῶν μετὰ τῶν δακτυλίων, καθὼς καὶ ἡ κατάστασις τῆς μονώσεως τῶν δακτυλίων καὶ τῶν ἀγωγῶν.

9.6 Συντήρησις τῶν βοηθητικῶν συσκευῶν.

Αἱ συσκευαί, τὰς ὅποιας χρησιμοποιοῦμεν διὰ τὸν ἔλεγχον τῆς λειτουργίας καὶ τὴν ρύθμισιν τῶν ήλεκτρικῶν μηχανῶν, ὅπως π.χ. οἱ αὐτόματοι διακόπται, οἱ ἐκκινηταί, αἱ ρυθμιστικαὶ ἀντιστάσεις διεγέρσεως κ.λπ., ἀπαιτοῦν καὶ αὐταὶ τὴν συντήρησίν των, διὰ νὰ εύρισκωνται εἰς καλὴν κατάστασιν λειτουργίας.

Εἰς τὰς συσκευὰς αὐτὰς κατὰ τὰς ἐπιθεωρήσεις προσέχομεν ἴδιαιτέρως τὰς ἐπαφάς, αἱ ὅποιαι πρέπει νὰ καθαρίζωνται τακτικὰ μὲ λεπτὸν γυαλόχαρτον καὶ νὰ ἀλείφωνται μὲ λεπτὸν στρῶμα βαζελίνης διὰ νὰ προφυλάσσωνται ἀπὸ τὰς δξειδώσεις. Εἰς τὰς περιπτώσεις κατὰ τὰς ὅποιας αἱ ἐπαφαὶ παρουσιάζουν φθορὰν ἀπὸ σπινθῆρας (κάψιμον), πρέπει προηγουμένως νὰ λειάνωμεν τὴν ἐπιφάνειάν των μὲ λίμαν ἦ, ὅταν ἡ φθορὰ εἴναι μεγάλη, νὰ τὰς ἀντικαταστήσωμεν μὲ καινουργεῖς. Μεγάλαι φθοραὶ ἀπὸ σπινθῆρας εἰς τὰς ἐπαφὰς παρουσιά-

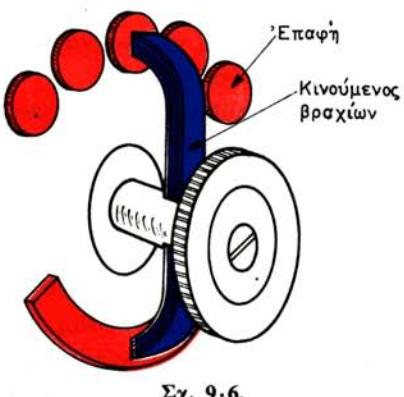
ζονται συνήθως, ὅταν ὁ κινούμενος βραχίων (σχ. 9·6) δὲν ἐφάπτεται καλά καὶ μὲ τὴν κατάλληλον πίεσιν εἰς τὰς ἐπαφάς.

Ἐὰν ὑπάρχουν αὐτόματοι διακόπται ἢ ἄλλαι συσκευαὶ κατεσκευασμέναι διὰ νὰ λειτουργοῦν ἐντὸς ἔλαίου, τότε πρέπει κατὰ τὰς ἐπιθεωρήσεις τῆς συντηρήσεως νὰ ἐλέγχεται ἡ κατάστασις τοῦ ἔλαίου. Ἡ καθαρότης τοῦ ἔλαίου ἔχει μεγάλην σημασίαν διὰ τὴν μονωτικήν του ἴκανότητα. Συνεπῶς, ὅταν τοῦτο περιέχῃ ἀκαθαρσίας ἢ ὑγρασίαν, πρέπει νὰ ἀντικαθίσταται μὲ ἄλλο ἀμεταχείριστον. Ἐπίσης κατὰ τὰς ἐπιθεωρήσεις ἐλέγχομεν τὴν στάθμην τοῦ ἔλαίου. Ὁταν ἡ στάθμη εἶναι χαμηλοτέρα ἀπὸ τὴν προβλεπομένην ὑπὸ τοῦ κατασκευαστοῦ, εἶναι ἐνδεχόμενον νὰ μένουν ἐπαφαὶ ἐκτὸς τοῦ ἔλαίου. Τότε κατὰ τὴν λειτουργίαν προκαλεῖται φθορὰ τῶν ἐπαφῶν ἀπὸ τοὺς σπινθηρισμούς, ποὺ παράγονται, καὶ ὑπάρχει κίνδυνος ἐκρήξεως ἢ ἀναφλέξεως.

Ἄπὸ τὰς συχνοτέρας αἰτίας βλαβῶν τῶν ἡλεκτρικῶν μηχανῶν εἶναι καὶ αἱ κακαὶ συνδέσεις τῶν ἀγωγῶν μὲ τοὺς ἀκροδέκτας τῶν μηχανῶν ἢ τῶν βοηθητικῶν συσκευῶν καθὼς καὶ τῶν ἀγωγῶν μεταξύ των. Κακὴ ἢ χαλαρὰ σύνδεσις εἶναι δυνατὸν νὰ προκαλέσῃ διακοπὴν εἰς τὸ ἡλεκτρικὸν κύκλωμα ἢ νὰ παρεμβάλῃ σημαντικὴν ἀντίστασιν εἰς τὴν διέλευσιν τοῦ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος, μὲ συνέπειαν ἐκτὸς τῶν ἄλλων καὶ τοπικὴν ὑπερθέρμανσιν. Συνεπῶς πρέπει κατὰ τὰς ἐπιθεωρήσεις τῆς συντηρήσεως νὰ ἐλέγχωνται μετὰ προσοχῆς αἱ συνδέσεις τῶν ἀγωγῶν καὶ νὰ συσφίγγωνται ἢ νὰ συγκολλῶνται, ὅσαι παρουσιάζουν χαλάρωσιν ἢ διακοπὴν.

9.7 Αποσυναρμολόγησις τῶν ἡλεκτρικῶν μηχανῶν.

Τόσον κατὰ τὴν ἀποσυναρμολόγησιν μιᾶς ἡλεκτρικῆς μηχανῆς πρὸς ἐπιθεώρησιν τοῦ ἐσωτερικοῦ τῆς καὶ ἐπισκευὴν ἐνδεχομένης βλάβης, ὅσον καὶ κατὰ τὴν ἐκ νέου συναρμολόγησίν της, πρέπει ἰδιαιτέρως



Σχ. 9.6.

νὰ δίδεται προσοχὴ εἰς τὰ ἀκόλουθα, τὰ ὅποια ὅμως κάθε ἄλλο παρὰ ἔξαντλοῦν τὸ θέμα. Ἡ προσοχὴ καὶ ἡ πεῖρα τοῦ ἀσχολουμένου μὲ τὴν ἐργασίαν θὰ τοῦ είναι πολύτιμοι δῆμοι.

1) Ἀποσυναρμολόγησις.

α) Κατὰ τὴν ἀποσύνδεσιν τῶν ἀγωγῶν ἀπὸ τοὺς ἀκροδέκτας των νὰ σημαδεύωνται τόσον οἱ ἀγωγοὶ ὅσον καὶ οἱ ἀντίστοιχοι ἀκροδέκται μὲ ὅμοια σημάδια, π.χ. μὲ τὸν ἴδιον ἀριθμὸν χαραγμάτων. Τοῦτο ἔξοικονομεῖ χρόνον κατὰ τὴν συναρμολόγησιν τῆς μηχανῆς καὶ ἀποφεύγονται λάθη.

β) Ἡ ἀφαίρεσις τῶν μηχανικῶν συνδέσμων, τροχαλιῶν, ὀδοντωτῶν τροχῶν καὶ ἀνεμιστήρων πρέπει νὰ γίνεται μὲ κατάλληλον ἔξοικέα καὶ ὅχι διὰ σφυροκοπήματος, δεδομένου ὅτι είναι ἐνδεχόμενον νὰ προκληθοῦν βλάβαι τόσον εἰς τὰ ἀφαιρούμενα τεμάχια ὅσον καὶ εἰς ἄλλα τμήματα τῆς μηχανῆς.

γ) Ἡ ἀφαίρεσις τῶν ἐνσφαίρων τριβέων (ρουλεμάν) γίνεται ὁμοίως μὲ τὴν χρῆσιν ἔξοικέως. Ἡ πίεσις ἐφαρμόζεται ἐπὶ τοῦ ἐσωτερικοῦ δακτυλίου. Ἐὰν τοῦτο δὲν είναι δυνατόν, τότε ἐφαρμόζεται ἡ πίεσις εἰς τὸν ἐξωτερικὸν δακτύλιον, ἐφ' ὅσον ὅμως είναι ὁμοιομόρφως διανεμημένη εἰς αὐτόν. Ἡ πίεσις πρέπει νὰ ἀσκῆται παραλλήλως πρὸς τὸν ἄξονα τῆς μηχανῆς, δηλαδὴ καθέτως πρὸς τὸ ρουλεμάν. Σημειώνομεν ἐπίσης, ὅτι οἱ ἐνσφαιροί τριβεῖς ἀφαιροῦνται ἀπὸ τὸν ἄξονα τῆς μηχανῆς, μόνον ἐφ' ὅσον τοῦτο είναι τελείως ἀπαραίτητον (π.χ. ὅταν χρειάζεται νὰ ἀφαίρεσται τὸν ἄξονα ἀπὸ τὸν δρομέα) ἢ ὅταν πρόκειται νὰ τοὺς ἀντικαταστήσωμεν μὲ καινουργεῖς.

δ) Διὰ τὴν ἀφαίρεσιν τῶν ψηκτρῶν πρέπει πρῶτον νὰ τὰς ἀπαλλάξωμεν ἀπὸ τὴν πίεσιν τοῦ ἐλαστηρίου των, διότι διαφορετικὰ είναι ἐνδεχόμενον νὰ προκαλέσωμεν βλάβην εἰς αὐτάς.

ε) Κάθε ἀφαιρούμενον τεμάχιον τῆς μηχανῆς τὸ καθαρίζομεν καλῶς καὶ τὸ τοποθετοῦμεν μὲ τάξιν ἐπὶ καθαρᾶς ἐπιφανείας.

στ) Μὲ ἰδιαιτέραν προσοχὴν μεταχειριζόμεθα τὰ ἀφαιρούμενα τυλίγματα, καθὼς καὶ τοὺς δρομεῖς ποὺ φέρουν περιελίξεις, ὥστε νὰ ἀποφύγωμεν τὴν δημιουργίαν βλαβῶν (σπάσιμον) εἰς τὰς μονώσεις των. Ἀφοῦ τὰ καθαρίσωμεν, τὰ τοποθετοῦμεν ἐπὶ καταλλήλων ὑποστηριγμάτων.

2) Συναρμολόγησις.

α) Διὰ τὴν ἔκ νέου συναρμολόγησιν μιᾶς μηχανῆς φροντίζομεν, ώστε προηγουμένως νὰ ἔχουν καθαρισθῆ δλα τὰ μέρη τῆς καὶ προσπαθοῦμεν νὰ τὰ κρατήσωμεν καθαρὰ κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς συναρμολογήσεως. Ἐπίστης φροντίζομεν νὰ καθαρίσωμεν, νὰ λιμάρωμεν καὶ νὰ γυαλίσωμεν τὰς ἐπιφανείας τῶν ἡλεκτρικῶν ἑπαφῶν.

β) Πρὶν ἀρχίσωμεν τὴν ἔργασίαν τῆς συναρμολογήσεως, προβαίνομεν εἰς τὸν ἔλεγχον τῆς μονώσεως τῶν διαφόρων μερῶν τῆς μηχανῆς.

γ) Ἡ συναρμολόγησις γίνεται διὰ τοποθετήσεως κάθε μέρους εἰς τὴν θέσιν του, χωρὶς νὰ ἀσκῆται διὰ τὸν σκοπὸν αὐτὸν βίᾳ, ἢ δόποια είναι δυνατὸν νὰ προκαλέσῃ βλάβην εἰς τὰ συναρμολογούμενα μέρη.

δ) Πρὸ τῆς τοποθετήσεως τῆς μηχανῆς εἰς τὴν θέσιν της καθαρίζομεν καλὰ τὸν πέριξ αὐτῆς χῶρον. Ἀφοῦ τοποθετηθῆ ἡ μηχανή, ἐλέγχομεν τὴν δριζοντίωσίν της καὶ τὴν εύθυγράμμισιν τῶν ὀξύνων, διὸ ἡ ζεῦξις τῆς μηχανῆς γίνεται διὰ μηχανικοῦ συνδέσμου.

ε) Πρὸ τῆς θέσεως τῆς μηχανῆς εἰς λειτουργίαν ἐλέγχομεν:

1) Ἐάν ἔχῃ τοποθετηθῆ τὸ κατάλληλον λιπαντικὸν εἰς τὰ ἔδρανα, κιβώτια ταχυτήτων κ.λπ.

2) Ἐάν κατὰ τὴν στροφὴν τῆς μηχανῆς διὰ τῆς χειρὸς (ἐάν είναι δυνατή) ἀκούεται ἀσυνήθης θόρυβος.

3) Ἐάν ἡ ἀντίστασις μονώσεως τῶν τυλιγμάτων τῆς μηχανῆς ὡς πρὸς τὸ σῶμα αὐτῆς είναι ἰκανοποιητική. Ἡ μέτρησις γίνεται μὲ τὴν βοήθειαν τοῦ ειδικοῦ ὀργάνου, ποὺ ὀνομάζεται *Μέγκερ* (*Megger*).

στ) Μετὰ λειτουργίαν τῆς μηχανῆς ἐπὶ διάστημα δλίγων ἡμέρων γίνεται μία εἰδικὴ ἐπιθεώρησις αὐτῆς (ἐκτὸς προγράμματος συντηρήσεως). Ἰδιαιτέρα προσοχὴ δίδεται εἰς τὰ μέρη, τὰ δόποια ἀντικατεστάθησαν κατὰ τὴν ἀποσυναρμολόγησιν, διὰ νὰ διαπιστωθῆ ἀν ἐργάζωνται καλῶς.

9.8 Βλάβαι τῶν ἡλεκτρικῶν μηχανῶν.

"Οσον καλὴ καὶ διὸ είναι ἡ συντήρησις τῶν ἡλεκτρικῶν μηχανῶν, δὲν είναι δυνατὸν νὰ ἀποκλεισθῆ τὸ ἐνδεχόμενον νὰ ἐμφανισθοῦν βλάβαι κατὰ τὴν λειτουργίαν των. Εἰς τὰ ἐπόμενα ἔχομεν κατατάξει ὑπὸ μορφὴν πίνακος τὰς πλέον συνήθεις βλάβας. Εἰς τὴν πρώτην

στήλην ἀναφέρεται τὸ σύμπτωμα, τὸ ὅποιον ἐμφανίζει ἡ μηχανὴ ποὺ παρουσιάζει βλάβην, εἰς τὴν δευτέραν στήλην ἡ πιθανὴ αἰτία καὶ εἰς τὴν τρίτην τὸ τί πρέπει νὰ γίνη, δηλαδὴ ἡ θεραπεία. "Οπως παρατηροῦμεν, εἰς κάθε σύμπτωμα ἀντιστοιχοῦν περισσότεραι ἀπὸ μίαν πιθαναὶ αἰτίαι, τὰς ὅποιας πρέπει νὰ ἐλέγξωμεν διὰ νὰ ἔξακριβώσωμεν εἰς ποίαν ἀπὸ αὐτὰς ὁφείλεται ἡ βλάβη. Ἀρχίζομεν συνήθως ἀπὸ τὰς πλέον πιθανὰς καὶ συνεχίζομεν μὲ τὰς ὀλιγώτερον πιθανάς. Εἰς τὴν ἐργασίαν αὐτὴν πρέπει νὰ χρησιμοποιοῦμεν διὰ τοὺς ἐλέγχους δργανα, τὰ ὅποια εἴμεθα βέβαιοι ὅτι ἐργάζονται καλῶς.

Βλάβαι τὴλεκτρικῶν Μηχανῶν

Γεννήτριαι συνεχοῦς ρεύματος

Σύμπτωμα	Πιθανὴ αἰτία	Θεραπεία
1) Ἡ μηχανὴ δὲν δίδει τάσιν	<p>α) Ἐξασθένησις τοῦ παραμένοντος μαγνητισμοῦ</p> <p>β) Διακοπὴ εἰς τὸ κύκλωμα τοῦ τυλίγματος τῶν πόλων</p> <p>γ) Διακοπὴ εἰς τὴν ρυθμιστικὴν ἀντίστασιν διεγέρσεως</p> <p>δ) Κακὴ ἐπαφὴ τῶν ἀγωγῶν μὲ τοὺς ἀκροδέκτας</p> <p>ε) Ἡ μαγνητικὴ ροή τῶν πόλων εἶναι ἀντίθετος τοῦ παραμένοντος μαγνητισμοῦ</p> <p>στ) Ἀντίστροφος ἡ φορὰ τῆς ἐντάσεως εἰς ἓνα πόλον</p>	<p>α) Νὰ περάσωμεν συνεχές ρεῦμα ἀπὸ τὰ τυλίγματα τῶν πόλων</p> <p>β) Νὰ εύρεθῃ καὶ νὰ ἐπισκευασθῇ ἡ βλάβη</p> <p>γ) Ὁμοίως ὡς ἄνω</p> <p>δ) Νὰ γίνη σύσφιγξις τῶν κοχλιῶν</p> <p>ε) Εἰς τὸ πινακίδιον τῆς μηχανῆς νὰ γίνη ἀντιστροφὴ τῆς τροφοδοτήσεως τῶν πόλων</p> <p>στ) Ἡ βλάβη αὐτὴ ἐμφανίζεται μετὰ τὴν ἐπισκευὴν τοῦ τυλίγματος ἐνὸς πόλου. Νὰ γίνη ἡ δρθὴ σύνδεσις</p>

(Συνεχίζεται)

(Συνέχεια τοῦ Πίνακος)

Σύμπτωμα	Πιθανή αίτια	Θεραπεία
	<p>ζ) Κακή ἐπαφή τῶν ψητρῶν</p> <p>η) Ἀκάθαρτος συλλέκτης</p>	<p>ζ) Ρύθμισης τῆς τάσεως τῶν ἔλαστηρίων καὶ ἀντικατάστασης τῶν ψητρῶν, ὅν εἶναι ἐφθαρμέναι</p> <p>η) Βλ. παράγρ. 9 . 5</p>
2) Ἡ τάσις τῆς μηχανῆς δὲν εἶναι κανονική	<p>α) Ὑπερφόρτισης ἢ μὴ ὀρθῆ μετατόπισης τῶν ψητρῶν ἀπὸ τὴν οὐδετέρων ζώνην</p> <p>β) Διακοπή εἰς τὸ τύλιγμα τοῦ ἐπαγγεικοῦ τυμπάνου (δύο τομεῖς τοῦ συλλέκτου μαυρίζουν ἀπὸ σπινθηρισμούς)</p> <p>γ) Βραχυκύλωμα μεταξὺ δύο ὁμάδων τοῦ ἐπαγγεικοῦ τυμπάνου (ἰσχυροὶ σπινθηρισμοὶ εἰς τὸν συλλέκτην)</p>	<p>α) Ἐλάττωσης τοῦ φορτίου ἢ διόρθωσης τῆς μετατόπισεως τῶν ψητρῶν</p> <p>β) Ἀποκατάστασης τῆς διακοπῆς ἢ μερικὴ νέα περιέλιξις</p> <p>γ) Μερικὴ ἢ ὀλικὴ νέα περιέλιξις</p>
3) Σπινθηρισμοὶ εἰς τὸν συλλέκτην	<p>α) Διακοπὴ ἢ βραχυκύλωμα εἰς τὸ τύλιγμα τοῦ ἐπαγγεικοῦ τυμπάνου</p> <p>β) Ἐφθαρμένος συλλέκτης, προεξέχοντες τομεῖς ἢ μίκα</p> <p>γ) Ὑπερφόρτισης ἢ μὴ ὀρθῆ μετατόπισης τῶν ψητρῶν ἀπὸ τὴν οὐδετέρων ζώνην</p> <p>δ) Ψῆκτραι πολὺ σκληραὶ ἢ πολὺ μαλακαὶ</p>	<p>α) Βλ. ἀνωτέρω 2 . β καὶ 2 . γ</p> <p>β) Βλ. παράγρ. 9 . 5</p> <p>γ) Βλ. ἀνωτέρω 2 . α</p> <p>δ) Νὰ τοποθετηθοῦν ψῆκτραι, ὡς προβλέπονται ὑπὸ τοῦ κατασκευαστοῦ</p>

(Συνεχίζεται)

(Συνέχεια τοῦ Πίνακος)

Κινητῆρες συνεχοῦς ρεύματος

Σύμπτωμα	Πιθανή αιτία	Θεραπεία
4) Ὁ κινητήρας δὲν ἔκκινει	α) Δὲν ὑπάρχει τάσις εἰς τοὺς ἀκροδέκτας του β) Τῆξις ἀσφαλείας γ) Διακοπὴ εἰς τὸ τύλιγμα τοῦ ἐπαγωγικοῦ τυμπάνου δ) Διακοπὴ ἢ κακὴ ἐπαφὴ εἰς τοὺς τροφοδοτικούς ἀγωγούς ἢ εἰς τὰς βοηθητικὰς συσκευὰς (ἔκκινητὴν κ.λπ.)	α) Νὰ ἔξακριβωθῇ ἂν ὑπάρχῃ τάσις εἰς τὸ δίκτυον β) Νὰ ἀντικατασταθῇ γ) Ἀποκατάστασις τῆς διακοπῆς ἢ μερικὴ νέα περιέλιξις δ) Ἀποκατάστασις τῆς διακοπῆς, σύσφιγξις τῶν ἐπαφῶν
5) Ὁ κινητήρας ἔκκινει μετά δυσκολίας	α) Κακὴ ἐπαφὴ εἰς ἀκροδέκτας τοῦ κινητῆρος ἢ τῶν βοηθητικῶν συσκευῶν β) Μή δρθή μετατόπισις τῶν ψηκτρῶν ἀπό τὴν οὐδετέραν ζώνην γ) Βλ. ἀνωτέρω 2 · β δ) Ἰμάς πολὺ τανυσμένος ε) Ὑψηλὴ ἀνθισταμένη ροπὴ κατὰ τὴν ἔκκίνησιν στ) Βραχυκύλωμα τοῦ τυλίγματος μὲν τὸ σῶμα τοῦ κινητῆρος	α) Νὰ γίνη σύσφιγξις τῶν ἀκροδεκτῶν β) Νὰ ἀναζητηθῇ ἢ καλυτέρα θέσις διὰ τὴν λειτουργίαν ὑπὸ τὸ κανονικὸν φορτίον γ) Βλ. ἀνωτέρω 2 · β δ) Νὰ χαλαρωθῇ ὁ Ἰμάς ε) Ὁ κινητήρας εἶναι μικρὸς διὰ τὸ κινούμενον μηχάνημα ἢ τοῦτο παρουσιάζει ἀνωμαλίαν στ) Νὰ ἐπισκευασθῇ τὸ τύλιγμα
6) Ὁ κινητήρας περιστρέφεται μὲν ταχύτητα μεγαλυτέρων τῆς κανονικῆς	α) Ἡ τάσις τοῦ δικτύου τροφοδοτήσεως εἶναι πολὺ ὑψηλὴ	α) Νὰ γίνη μέτρησις τῆς τάσεως τροφοδοτήσεως

(Συνεχίζεται)

(Συνέχεια τοῦ Πίνακος)

Σύμπτωμα	Πιθανή αἰτία	Θεραπεία
	<p>β) Διακοπή εἰς τὸ τύλιγμα τῶν πόλων ἢ βραχυκύκλωμέναι σπεῖραι (διὰ κινητῆρας μὲ παράλληλον διέγερσιν)</p> <p>γ) Συνδεσμολογία τῆς διεγέρσεως μὴ δρθή</p>	<p>β) Νὰ ἀποκατασταθῇ ἢ διακοπή ἢ νὰ γίνη νέον τύλιγμα</p> <p>γ) Νὰ γίνη σύμφωνα μὲ τὸ σχέδιον τοῦ κατασκευαστοῦ</p>
7) Σπινθηρισμοὶ εἰς τὸν συλλέκτην	Βλέπε ἀνωτέρω ἑδάφιον 3 διὰ γεννητρίας συνεχοῦς ρεύματος	‘Η θεραπεία είναι ἢ ίδια, ἐκτὸς τῆς μεταθέσεως τῶν ψηκτρῶν, ποὺ πρέπει νὰ γίνη κατὰ τὴν ἀντίθετον φοράν
8) Αἱ ἀσφάλειαι τήκουνται	<p>α) Ὁ κινητήρος ὑπερφορτίζεται</p> <p>β) Βραχυκύκλωμα εἰς τὸ κύκλωμα τροφοδοτήσεως τοῦ κινητῆρος</p> <p>γ) Διακοπή εἰς τὸ κύκλωμα διεγέρσεως</p>	<p>α) Νὰ γίνῃ ἐπαλήθευσις διὰ μετρήσεως τῆς ἀπορροφουμένης ἐντάσεως</p> <p>β) Νὰ ἔλεγχθοῦν αἱ γραμμαὶ καὶ αἱ βοηθητικαὶ συσκευαὶ τοῦ κινητῆρος</p> <p>γ) Νὰ ἀποκατασταθῇ ἢ διακοπή</p>
9) Ὁ κινητήρος ὑπερθερμαίνεται	<p>α) Ὑπερφόρτισις</p> <p>β) Ἡ τάσις τοῦ δικτύου είναι πολὺ ὑψηλὴ ἢ πολὺ χαμηλὴ</p> <p>γ) Βραχυκύκλωμέναι σπεῖραι εἰς τὸ τύλιγμα τοῦ τυμπάνου</p> <p>δ) Κακός ἀερισμός</p> <p>ε) Ὁ ἀνεμιστήρος δὲν περι-</p>	<p>α) Νὰ ἔλαττωθῇ τὸ φορτίον ἢ νὰ τοποθετηθῇ μεγαλύτερος κινητήρος</p> <p>β) Νὰ ἔλεγχθῇ ἢ τάσις τοῦ δικτύου είναι ἐντὸς τῶν δρίων $\pm 5\%$ τῆς ὀνομαστικῆς τάσεως</p> <p>γ) Νὰ γίνῃ νέα μερική ἢ διλική περιέλιξις</p> <p>δ) Νὰ καθαρισθοῦν αἱ δίοδοι κυκλοφορίας τοῦ ἀέρος ψύξεως</p> <p>ε) Νὰ ἀλλαγῇ ἢ φορά</p>

(Συνεχίζεται)

(Συνέχεια τοῦ Πίνακος)

Σύμπτωμα	Πιθανὴ αἰτία	Θεραπεία
	<p>στρέφεται κατά τὴν ὁρ- θὴν φοράν</p> <p>στ) Ὁ δρομεὺς ἐφάπτεται (βρίσκει) εἰς τὸν στάτην</p>	<p>περιστροφῆς</p> <p>στ) Νὰ ἀλλαγοῦν τὰ ἔδρανα</p>

(Σύγχρονοι γεννήτριαι (έναλλακτῆρες)

10) Ἀνωμαλίαι εἰς τὴν τάσιν τοῦ ἑναλλακτῆρος	<p>α) Ἡ διεγέρτρια δὲν δίδει τάσιν</p> <p>β) Διακοπὴ εἰς τοὺς ὅγωντοὺς ποὺ τροφοδοτοῦν τὴν διέγερσιν τοῦ ἑναλλακτῆρος ἢ χαλαρὴ ἐπαφὴ</p> <p>γ) Διακοπὴ εἰς τὸ τύλιγμα τοῦ στάτου</p> <p>δ) Μὴ συμμετρικὴ φόρτισις</p> <p>ε) Ὁ ρυθμιστής στροφῶν δὲν ἐργάζεται καλῶς</p>	<p>α) Βλ. ἀνωτέρω 1 · α ἕως 1 · η</p> <p>β) Νὰ εύρεθῇ καὶ ἀποκατασταθῇ ἡ διακοπὴ. Νὰ γίνη σύσφιγξις τῶν ἐπαφῶν</p> <p>γ) Νὰ ἀποκατασταθῇ ἡ διακοπὴ ἢ νὰ γίνη μερικὴ ἀντικατάστασις τοῦ τυλίγματος</p> <p>δ) Νὰ γίνη ἡ φόρτισις περίπου συμμετρικὴ</p> <p>ε) Νὰ ἐπισκευασθῇ ἢ νὰ ἀντικατασταθῇ ὁ ρυθμιστής στροφῶν</p>
--	---	---

Μετασχηματισταὶ

11) Ὁ μετασχηματιστής ὑπερθερμαίνεται	<p>α) Ὑπερφόρτισις</p> <p>β) Βραχυκύλωμα εἰς τὰ τύλιγματα</p> <p>γ) Βραχυκύλωμα εἰς τὰ ἐλάσματα τοῦ πυρῆνος</p>	<p>α) Νὰ ἐλαττωθῇ τὸ φορτίον ἢ νὰ τοποθετηθῇ μεγαλύτερος μετασχηματιστής</p> <p>β) Νὰ ἀντικατασταθοῦν τὰ βραχυκύλωμένα τύλιγματα</p> <p>γ) Νὰ σταλῇ πρὸς ἐπισκευὴν</p>
---------------------------------------	---	--

(Συνεχίζεται)

(Συνέχεια τοῦ Πίνακος)

Σύμπτωμα	Πιθανὴ αἰτία	Θεραπεία
	<p>δ) Διάσπασις τῆς μονώσεως τῶν ἀκροδεκτῶν</p> <p>ε) Ὁ χῶρος δὲν ἀερίζεται καλῶς</p>	<p>δ) Νὰ ἀντικατασταθοῦν οἱ ἀκροδέκται, ποὺ παρουσιάζουν τὴν βλάβην</p> <p>ε) Νὰ ληφθοῦν μέτρα καλυτέρου ἀερισμοῦ τοῦ χώρου</p>

'Ασύγχρονοι κινητήρες

12) Ὁ κινητήρος δὲν ἔκκινει, βόμβος δὲν ἀκούεται	<p>α) Δὲν ὑπάρχει τάσις εἰς τὸ δίκτυον</p> <p>β) Τῆξις ἀσφαλειῶν</p> <p>γ) Βλ. ἀνωτέρω 4 · δ</p>	<p>α) Βλ. ἀνωτέρω 4 · α</p> <p>β) Νὰ ἀντικατασταθοῦν</p> <p>γ) Βλ. ἀνωτέρω 4 · δ</p>
13) Ὁ κινητήρος δὲν ἔκκινει, ἀκούεται κανονικὸς βόμβος	<p>α) Λανθασμένη συνδεσμολογία εἰς τὸ πινακίδιον τῶν ἀκροδεκτῶν τοῦ κινητῆρος</p> <p>β) Διακοπὴ εἰς τὸ τύλιγμα τοῦ δρομέως</p> <p>γ) Διακοπὴ εἰς τὸν ἐκκινητὴν ἢ εἰς τοὺς ἀγωγοὺς συνδεσμολογήσεώς του</p> <p>δ) Φθορὰ ἢ κακὴ ἐπαφὴ τῶν ψηκτρῶν</p> <p>ε) Βλ. ἀνωτέρω 5 · ε</p>	<p>α) Αἱ φάσεις τοῦ στάτου πιθανῶς είναι συνδεσμολογημέναι κατ' ἀστέρα ἀντὶ τοῦ κανονικοῦ κατὰ τρίγωνον, ποὺ ἀπαιτεῖ ἢ τάσις τροφοδοτήσεως</p> <p>β) Εἰς τύλιγμα κλωβοῦ νὰ ἐπανακολληθῇ. Εἰς τριφασικὸν τύλιγμα νὰ ἀποκατασταθῇ ἢ διακοπὴ ἢ νὰ γίνη νέον τύλιγμα</p> <p>γ) Νὰ ἀποκατασταθῇ ἢ βλάβῃ ἢ νὰ ἀντικατασταθῇ δὲν ἔκκινητής</p> <p>δ) Ἀντικατάστασις ἐφθαρμένων ψηκτρῶν, ρύθμισις πιέσεως ἐλαστηρίων</p> <p>ε) Βλ. ἀνωτέρω 5 · ε</p>

(Συνεχίζεται)

'Ηλεκτρικαὶ Μηχαναὶ Β'

(Συνέχεια τοῦ Πίνακος)

Σύμπτωμα	Πιθανὴ αἰτία	Θεραπεία
14) Ὁ κινητήρος δὲν ἔκκινεῖ, ὀδούνεται ἵσχυρὸς βόμβου	α) Μία φάσις δὲν λαμβάνει ρεῦμα β) Μία φάσις τοῦ τυλίγματος τοῦ στάτου παρουσιάζει διακοπήν γ) Βραχυκύκλωμα εἰς τὸ τύλιγμα τοῦ στάτου	α) Νὰ ἀναζητηθῇ ἡ βλάβη (Ἐλλειψις τάσεως εἰς μίαν φάσιν τοῦ δικτύου, τῆξις μιᾶς ἀσφαλείας, διακοπή ἐνὸς ἀγωγοῦ, κακὴ ἐπαφὴ εἰς ἀκροδέκτην) καὶ νὰ ἐπισκευασθῇ β) Νὰ ἀποκατασταθῇ ἡ διακοπή ἡ νὰ ἀντικατασταθῇ ἡ φάσις ποὺ παρουσιάζει βλάβην γ) Μερικὴ ἢ ὅλικὴ ἀντικατάστασις τοῦ τυλίγματος
15) Ὁ κινητήρος ἔκκινεῖ ἐν κενῷ καὶ αἱ στροφαὶ του πίπτουν μόλις τὸν φορτίσωμεν	α) Βλ. ἀνωτέρω 13 · α β) Βλ. ἀνωτέρω 13 · β γ) Βλ. ἀνωτέρω 13 · γ δ) Βλ. ἀνωτέρω 13 · δ ε) Πτῶσις τάσεως εἰς τὸ δίκτυον	α) Βλ. ἀνωτέρω 13 · α β) Βλ. ἀνωτέρω 13 · β γ) Βλ. ἀνωτέρω 13 · γ δ) Βλ. ἀνωτέρω 13 · δ ε) Νὰ ἐπιβεβιασθῇ καὶ νὰ ἀναζητηθῇ ἡ αἰτία
16) Ὁ κινητήρος ὑπερθερμαίνεται	α) Βλ. ἀνωτέρω 9 · α β) Λανθασμένη συνδεσμολογία εἰς τὰ πινακίδιον τῶν ἀκροδεκτῶν γ) Βραχυκύκλωμα εἰς τὰ τυλίγματα τοῦ στάτου ἢ τοῦ δρομέως δ) Βλ. ἀνωτέρω 14 · α καὶ 14 · β ε) Βλ. ἀνωτέρω 9 · δ στ) Βλ. ἀνωτέρω 9 · στ	α) Βλ. ἀνωτέρω 9 · α β) Νὰ ἐλεγχθῇ ἡ συνδεσμολογία καὶ νὰ γίνῃ ἡ δρθὴ γ) Μερικὴ ἢ ὅλικὴ ἀντικατάστασις τοῦ ἀντιστοίχου τυλίγματος δ) Βλ. ἀνωτέρω 14 · α καὶ 14 · β ε) Βλ. ἀνωτέρω 9 · δ στ) Βλ. ἀνωτέρω 9 · στ

Π Ι Ν Α Κ Ε Σ
περιλαμβανόμενοι εἰς τὸν παρόντα τόμον

Τ ι τ λ ο σ

0 · 1 · 1	Βασικαὶ μονάδες διεθνοῦς συστήματος	1
0 · 1 · 2	Παράγωγοι SI μονάδες μὲ Iδιαιτέρων δύνομασίαν	2
0 · 2 · 1	Προθέματα δεκαδικῶν πολλαπλασίων καὶ ύποπολλαπλασίων τῶν SI μονάδων	3
0 · 3 · 1	"Αλλαὶ μονάδες δυνάμεναι νὰ χρησιμοποιηθοῦν	5
0 · 3 · 2	Σχέσις ὡρισμένων μονάδων ἄλλων συστημάτων μὲ SI μονάδας	5
—	— Σχέσις ύπολογισμοῦ τῆς Ισχύος	52
2 · 7 · 1	Συνδεσμολογίαι τριφασικῶν μετασχηματιστῶν	99
2 · 11 · 1	'Επιτρεπομένη δύνψωσις τῆς θερμοκρασίας τῶν μετασχηματιστῶν (εἰς 0°C)	106
2 · 11 · 2	Διάρκεια ύπερφορτίσεως ξηρῶν μετασχηματιστῶν	107
2 · 11 · 3	Διάρκεια ύπερφορτίσεως μετασχηματιστῶν ἐλαίου	108
2 · 11 · 4	'Επιτρεπομένη συνεχῆς φόρτισης μετασχηματιστῶν ἐλαίου διὰ θερμοκρασίαν ἀέρος διάφορον τῆς ληφθείσης ὡς βάσεως	108
3 · 8 · 1	'Αριθμός ἀγωγῶν ἀνά αύλακα διὰ διαφόρους τάσεις τριφασικῶν κινητήρων	165
3 · 8 · 2	Διάμετροι καὶ διατομαὶ ἀγωγῶν περιελίξεων ηλεκτρικῶν μηχανῶν	166
4 · 2 · 1	Σύγχρονοι ταχύτητες ns εἰς στρ./min.....	177
5 · 4 · 1	Μέσαι ταχύτητες ἀσυγχρόνων τριφασικῶν κινητήρων ύπό πλήρες φορτίον (στρ./min)	199
5 · 9 · 1	Μέγισται ἐπιτρεπόμεναι ἐντάσεις ἐκκινήσεως κινητήρων μετά ἢ δύνεις διατάξεως ἐκκινήσεως	214
5 · 9 · 2	Μέγισται ἐπιτρεπόμεναι ἐντάσεις ἐκκινήσεως κινητήρων ἀπό Iδιαι- τέρων μετασχηματιστὴν	214
5 · 16 · 1	Μέσαι τιμαὶ τῶν χαρακτηριστικῶν στοιχείων ἀσυγχρόνων τρι- φασικῶν κινητήρων	241
5 · 17 · 1	Μεταβολαὶ τῆς τάσεως καὶ τῆς συχνότητος κινητῆρος	242

Ε Y P E T H P I O N

(Οι άριθμοι ἀναφέρονται εἰς σελίδας)

*Ακροδέκται εὐαλλακτήρος 9, 27, 28

— κινητήρος 155

— μετασχηματιστοῦ 71, 88, 93

ἀλλαγὴ τυλίγματος μετασχηματιστοῦ 111

— — κινητήρος 162

— φορδς περιστροφῆς κινητήρος 178, 234, 251, 254, 266

ἀλληλένδετον τριφασικὸν σύστημα 31

ἀνεξάρτητον τριφασικὸν σύστημα 31

ἀνθισταμένη ροπὴ φορτίου 209

ἄνοδος 279, 289

— ἀφῆς 290

— βοηθητικὴ 290

ἀνόρθωσις ἡμίσεος κύματος 279, 289

— πλήρους κύματος 281, 290

ἀνορθωταὶ 274

— γερμανίον 287

— δί' ἡμισαγωγῶν 285

— θερμῆς καθόδου 297

— πυριτίου 287

— σελήνιου 286

— ὑποξειδίου τοῦ χαλκοῦ 286

ἀνορθωταὶ ὑδραργύρου 288

— — Ἰγνιτρὸν 296

— — μὲν μεταλλικὴν λυχνίαν 293

— — ρύθμισις τάσεως 293

— — τριφασικὸν 291

— — χρησιμωτοίστις 295

ἀνορθωτικὰ στοιχεῖα γερμανίου 285,

287

— — πυριτίου 285, 287

— — σελήνιου 285, 286

— — ὑποξειδίου τοῦ χαλκοῦ 285,

286

ἀνορθωτικαὶ διατάξεις 279

— — ἔξαφαστικαὶ 284

— — μονοφασικῆς γεφύρας 282

— — τριφασικαὶ 282

— — τριφασικῆς γεφύρας 183

ἀντιστάσεις ἐκκινήσεως 219

ἀνωρθωμένη τάσις 280, 282

— — ρύθμισις 293

ἀνωρθωμένον ρεύμα 280, 283

ἀποσυναρμολόγησις ἡλεκτρικῶν μηχανῶν 313

ἀπώλειαι δινορρευμάτων 54, 109

— ἐναλλακτήρων 54

— ἡλεκτρικαὶ 54, 109, 236

— κινητήρων 236

— μαγνητικαὶ 54, 109, 236

— μεταβληταὶ 54, 236

— μετασχηματιστῶν 108

— μηχανικαὶ 54, 236

— σιδήρου 54, 109

— σταθεραὶ 54, 236

— ὑστερήσεως 54, 109

— χαλκοῦ 54, 109

ἀσταθής λειτουργία κινητήρος 208

ἀσύγχρονοι μονοφασικοὶ κινητῆρες 249

ἀσύγχρονοι τριφασικοὶ κινητῆρες 190

— — — ἀρχὴ λειτουργίας 196

— — — ταχύτης περιστροφῆς 198

αὐλακες ὄδοντώσεων 8, 11, 157

αύτομετασχηματισταὶ 102

— ἐκκινήσεως 220

αύτοσυγχρονισμός 182

Βαθμὸς ἀποδόσεως ἀνορθωτοῦ ὑδραργύρου 296

— — — ἐναλλακτήρος 55

— — — ζεύγους κινητήρος - γεννητρίας 275

— — — κινητήρος 211, 236

— — — μετασχηματιστοῦ 108

βελτίωσις συντελέστον ισχύος 184

βῆμα τυλίγματος 129

βλάβαι ἡλεκτρικῶν μηχανῶν 315

βιοθητικὴ ἄνοδος 290, 292

— φάσις 250

βιοθητικοὶ πόλοι 260

βιοθητικὸν τύλιγμα 136, 250

βιολόμετρον φασικῆς ἀποκλίσεως 51

βυθίσεις τάσεως 213

Γεννήτριαι ἀσύγχρονοι 7

— σύγχρονοι 7

γεωμετρικὴ γωνία 22, 28, 135

γράσσον 306

γωνία μετατοπίσεως τυλιγμάτων 135



- Δακτύλιοι** έναλλακτήρος 8
 — κινητήρων μετά δακτυλίων 194
 — συντήρησις 311
- δείκτης** διαδοχής φάσεων 46
 — στάθμης έλαιου 305
- δευτερεύον τύλιγμα** 65
- διάκενα** (άέρος) 12, 307
 — διερισμού 17
 — δδοντώσεων 8, 11
- διακόπτης** άστέρος - τριγώνου 215
- διακύμανσις** τάσεως έναλλακτήρος 39
 — μετασχηματιστού 85
- διάταξις** έξαφαστικής άνορθώσεως 284
 — μονοφασικής γεφύρας 282
 — τριφασικής άνορθώσεως 282
 — τριφασικής γεφύρας 283
- διέγερσις** έναλλακτήρος 7, 13, 34
 — στροβιλοεναλλακτήρος 15
 — συγχρόνου κινητήρος 182
- διεγέρτρια** 8, 34, 36
 — πιλότος 35
- διεθνὲς** σύνταξη μονάδων 1
- δίοδος** λυχνία 298
- διοιλσθησις** 198, 228
- δοχείον** διαστολής 71
- δρομένος** έναλλακτήρος 8, 11
 — κινητήρος βραχινυκλωμένου δρομέως 191
 — κινητήρος μετά δακτυλίων 149
 — μετατοπίσεως ρεύματος 194, 224
 — στροβιλοεναλλακτήρος 15
- Έδρανα** ένσφαίρων τριβέων 306
 — τριβῆς 304
- έκκινησις** κινητήρων βραχινυκλωμένου δρομέως 212
 — — μετά δακτυλίων 224
 — — μονοφασικῶν ἀντιδράσεως 265
 — — μονοφασικῶν σειρᾶς 261
 — — συγχρόνων 180
 — — τριφασικῶν διακλαδώσεως 271
 — — τριφασικῶν σειρᾶς 267
- έκκινητής** τριφασικὸς 195, 203, 219, 224
- έναλλακτήρες** 7
 — διφασικοὶ 27
 — μὲ έξωτερικοὺς πόλους 7
 — μὲ έσωτερικοὺς πόλους 10
 — μονοφασικοὶ 25
 — τριφασικοὶ 29
- έναλλασσομένη** ήλεκτρεγερτικὴ δύναμις 21, 24
- ένεργον** μέρος μετασχηματιστοῦ 65
 έντασις βραχινυκλώσεως μετασχηματιστοῦ 87
 — διεγέρσεως 34, 40, 182
 — δρομένος κινητήρος 202
 — έκκινησεως κινητήρος 207
 — ἐν κενῷ κινητήρος 239
 — ἐν κενῷ μετασχηματιστοῦ 81
 — στάτου κινητήρος 206, 239
 — φορτίσεως μετασχηματιστοῦ 82
 — φορτίσεως συγχρόνων μηχανῶν 38, 47, 182
- έπαγωγικὸν** τύμπανον έναλλακτήρος 8, 10
- έπαγωγικὸς** ρυθμιστής τάσεως 278, 295
- έπάνω** στρῶσις 134, 147
- έπιπτρεπομένη** τάσις λειτουργίας άνορθωτικοῦ στοιχείου 286 - 288
- έσχαρα** ρυθμίσεως 293
- εύσταθής** λειτουργία κινητήρος 208
- Ζεῦγος** κινητήρος - γεννητρίας 274
 ζύγωμα πυρῆνος 66
 — στάτου 8
- Ήλεκτρεγερτικὴ** δύναμις ἀγωγοῦ 20, 24
 — — έναλλακτήρος 33
 — — μετασχηματιστοῦ 76, 78
 — — πολικὴ 31, 33
 — — τυλίγματος 22, 24, 28
 — — φασικὴ 29, 32
- ήλεκτρικαὶ** ἀπώλειαι 54, 109, 236
- ήλεκτρικὴ** βαθβῖς 279, 285, 288, 297
 — γωνία 22, 28, 135
- ήλεκτρόδιον** ἀφῆς 296
- ήλεκτρομαγνήτης** έλαχίστου 225
- Θέρμανσις** έναλλακτήρων 16
 θερμοκρασία μετασχηματιστῶν 106
 θύρατρον 298
- Ίονισμὸς** κρούσεων 289, 298
 ἰσχὺς έναλλακτήρος 49, 52
 — μετασχηματιστοῦ 105, 110
 — μονοφασικοῦ κινητήρος 255
 — τριφασικοῦ κινητήρος 211
- Καθάρισμα** ήλεκτρικῶν μηχανῶν 307
 κάθοδος 279, 289
 καμπύλαι Τ συγχρόνων κινητήρων 182
 κανονικὰ τυλίγματα 149

- κανονική έντασης διεγέρσεως 182, 183
 κατανομή φορτίου έναλλακτήρων 47
 κάτω στρώσις 134, 147
 κέλυφος στάτου 10, 15, 17, 191
 κινητήρες άσύγχρονοι μονοφασικοί 249
 - άντιστάσεως 250
 - βραχυκυκλωμένων σπειρών 253
 - πυκνωτοῦ 251
 - τριφασικοί ως μονοφασικοί 253
 κινητήρες άσύγχρονοι τριφασικοί 190
 - βαθέων αύλάκων 194, 223
 - βραχυκυκλωμένου δρομέως 190, 191
 - διπλού κλωβού 194, 222
 - μετά δακτυλίων 190, 194
 κινητήρες μετά συλλέκτου 259
 - άντιδράσεως 263
 - Γιουνιβέρσαλ 261
 - μονοφασικοί σειρᾶς 258
 - Schrage 269
 - τριφασικοί διακλαδώσεως 268
 - τριφασικοί σειρᾶς 265
 κινητήρες σύγχρονοι 173
 κλιμακωτή ζεύξις 232
 κορεσμός μαγνητικού κυκλώματος 37
 κορμός πυρήνος 66, 70
 κυματόρρευμα 280, 290
 κύριον τύλιγμα 136, 250
- Λαμπτήρες συγχρονισμοῦ** 45
 λέβητης μετασχηματιστού 70
 λήψεις μετασχηματιστού 88, 91
 λίπανσης 304
 λιπαντικόν έλαιον 305
 λυχνίσις δίσδος 298
 - πλήρης άεριον 298
 - ύδραργύρου 288
 - ύδραργύρου μεταλλική 293
 - ύψηλού κενοῦ 297
 μαγνητικαὶ ἀπώλειαι 54, 109, 236
 μαγνητικὴ ροή μετασχηματιστοῦ 77
 - σκεδάσεως 12, 85
 - χρήσιμος 12
 μαγνητική χαρακτηριστική 37
 μαγνητικοὶ πόλοι 8, 10, 12, 13
 μαγνητικὸν πεδίον έναλλακτήρος 18
 μαγνητικός θόρυβος 194
 μεταβληταὶ ἀπώλειαι 54, 236
 μεταλλάκτης 275
 μετασχηματισταὶ 63
 - ἀνυψώσεως 64
 - ἀρχή λειτουργίας 75
 - έλαιοι 71
 μετασχηματισταὶ 115
 - μετρήσεων 113
 - μονοφασικοὶ 64, 65, 75
 - ξηροὶ 70
 - παράλληλος λειτουργία 100
 - τάσεως 113
 - τριφασικοὶ 64, 68, 78
 - τύπου μανδύου 67
 - τύπου πυρῆνος 67
 - ύποβιβασμοῦ 64
 μετατροπεῖς 274
 - στρεφόμενοι 275
 - συχνότητος 230
 μηχανικαὶ ἀπώλειαι 54, 236
 μονάδες βασικαὶ 1
 - λοιπαὶ 4
 - παράγωγοι 2
 - συμπληρωματικαὶ 2
 μονάδων πολλαπλάσια 2
 - προθέματα 3
 - σχέσεις 5
 - τρόπος γραφῆς 6
 - ύποπολλαπλάσια 2
 μονοφασικοὶ κινητῆρες ἀντιδράσεως 263
 - — ἀντιστάσεως 250
 - — Γιουνιβέρσαλ 261
 - — πυκνωτοῦ 251
 - — σειρᾶς 258

Ξηροὶ ἀνορθωταὶ 285
 — μετασχηματισταὶ 70

Όδοντώσεις 8, 11, 140
 — ἀνοικταὶ 157
 — ἀπλαῖ 192
 — βαθεῖαι 192
 — διπλαῖ 192
 — ἡμίκλειστοι 157
 δύμας τυλίγματος 23, 138, 140, 157
 οὐδέτερος κόμβος 31

Παράλληλος λειτουργία μετασχηματιστῶν 100
 πέδη τύπου ίμάντος 205
 περιστρεφόμενα μαγνητικὰ πεδία 173
 πινακίδιον ἀκροδεκτῶν 191
 πινακίς ἐναλλακτήρος 54
 πολικὴ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις 31, 33

 - τάσις 38
 πολυφασικά τυλίγματα 135
 πρόγραμμα συντηρήσεως 302
 προθέματα SI μονάδων 3
 πρωτεύον τύλιγμα 65

πτυσίσις τάσεως έναλλακτήρος 38, 40
— — μετασχηματιστού 85

πυκνωτής 251, 253

- έκκινήσεως 252
- λειτουργίας 252

πυρακτωμένη κηλίς 290

πυρήνη μετασχηματιστού 65, 66, 68, 79

Ροτή άναστροπής κινητήρος 208

- έκκινήσεως κινητήρος 208, 226, 251
- κινητήρος 204, 206
- περιστρεφομένου μαγνητικού πεδίου 179, 197

ρύθμισις ταχύτητος άσυγχρόνου τριφασικού κινητήρος 227

- — κινητήρος δινιδράσεως 264
- — κινητήρος Γιουνιβέρσαλ 262
- — κινητή. μετά συλλέκτου 258
- — μονοφασικού κινητήρος σειρᾶς 261
- — τριφασικού κινητήρος διακλαδάσεως 268, 271
- — τριφασικού κινητήρος σειρᾶς 267

ρύθμισις τάσεως έναλλακτήρος 40

ρυθμιστικὸν τύλιγμα 269

Σκοτεινὴ σύνδεσις 47

σταθεροὶ ἀπώλειαι 54, 236

στάτης άσυγχρόνων κινητήρων 191

- έναλλακτήρων 8, 10
- στροβίλουεναλλάκτηρων 15

στατικὴ χαρακτηριστικὴ 37

στατοὶ μετασχηματισταὶ 63

στεφάναι βραχυκυλώσεως 193

στραγγαλιστικὸν πηνίον 291

στρεφόμενος μετασχηματιστής 295

- μετατροπέus 275

στροβίλοεναλλάκτηρες 14

στρῶσις φραγμοῦ 285, 287

συγκεντρικὰ τυλίγματα 128, 160

συγκρότημα διάδων 23, 26, 160

συγχρονισμὸς έναλλακτήρων 43, 49

συγχρονισμοῦ ζυγοὶ 49

- λαμπτήρες 45
- δργανα 49
- συνθῆκαι 43

σύγχρονοι κινητήρες 173

- — άρχη λειτουργίας 178
- — έκκινησις 180
- — καμπύλαι V 182
- — μὲ τύλιγμα κλωθοῦ 181

σύγχρονος άντισταθμιστής 184

συγχρονοσκόπιον 51

σύγχρονος πυκνωτής 184

σύγχρονος ταχύτης 25, 176

συλλέκτου συντήρησις 311

συμμετρικὴ φόρτισις έναλλακτήρος 38,

42

σύνδεσις ἐν παραλλήλῳ κατ' ἀστέρα

154

- ἐν σειρᾷ κατ' ἀστέρα 156

- ἐν σειρᾷ κατὰ τρίγωνον 154

- κατ' ὅστέρα 31, 94, 191

- κατὰ τεθλασμένον ὅστέρα 96

- κατὰ τρίγωνον 31, 95, 191

- παραλλήλων ὅστέρων 156

συνδεσμολογία σταθερᾶς ίσχύος 156

- σταθερᾶς ροπῆς 156

- τριφασικῶν μετασχηματιστῶν

98

συνθῆκαι συγχρονισμοῦ 43

συντελεστής ίσχύος άσυγχρόνου κινητήρος 238

- — μετασχηματιστοῦ 83, 109

- — συγχρόνου κινητήρος 182

- — φορτίου έναλλακτήρος 38,

41

συντήρησις ἡλεκτρικῶν μηχανῶν 302

- βοηθητικῶν συσκευῶν 312

σύστημα άνυψώσεως ψηκτρῶν 195,

225

συχνότης ρεύματος δρομέως 202

- — έναλλακτήρος 24

- — τροφοδοτήσεως 176, 230,

242

σχεδίασις τυλιγμάτων 140

σχέσις μεταφορᾶς μετασχηματιστοῦ

80, 83

Τάσις βραχυκυλώσεως μετασχηματοῦ 87, 100

- δικτύου τροφοδοτήσεως 241

- δρομέως κινητήρος 201

- έναλλακτήρος 38

- μετασχηματιστοῦ 83

- στρεφομένου μετατροπέως 278

- φραγμοῦ 285

ταχύτης περιστροφῆς άσυγχρόνου κινητήρος 198, 227

- — έναλλακτήρος 25

- — μαγνητικού πεδίου 176

- — συγχρόνου κινητήρος 180

τεθλασμένος ὅστήρ 96

τριφασικοὶ κινητήρες άσυγχρονοι 190

- — διακλαδώσεως 268

- — σειρᾶς 265

- τύλιγμα άντισταθμίσεως 260

 - δρομέως βαθέων αύλάκων 194, 223
 - διπλοῦ κλωβοῦ 193, 222
 - κινητήρων μετά δακτυλίων 194
 - κλωβοῦ 193
 - ρυθμιστικὸν 269

τυλίγματα μετασχηματιστῶν 65 - 69, 88, 93, 98

 - στάτου βροχοειδῆ 132
 - Dahlander 152
 - διφασικὰ 28, 135
 - δύο ἐπιπέδων 160
 - εἰς δύο στρώσεις 133, 157
 - εἰς μίαν στρώσιν 128, 159
 - ἡμισείας περιελίξεως 129
 - κανονικὰ 149
 - κυματοειδῆ 132
 - μεταβλητοῦ ἀριθμοῦ πόλων 152
 - μὴ κανονικὰ 149
 - μονοφασικὰ 26
 - πλήρους περιελίξεως 130
 - συγκεντρικὰ 128
 - τριῶν ἐπιπέδων 161
 - τριφασικὰ 29, 135

Τ' Υπερδιέγερσις 40, 183

ύπερφόρτισις μετασχηματιστῶν 107

ύποδιέγερσις 40, 183

Φασική ἀπόκλισις 28, 29, 47, 250

 - ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμις 29, 32
 - τάσις 38

φορὰ περιστροφῆς ἀσυγχρόνου μονοφασικοῦ κινητήρος 251, 254

 - ἀσυγχρόνου τριφασικοῦ κινητήρος 234
 - κινητήρος ἀντιδράσεως 264
 - μαγνητικοῦ πεδίου 178
 - συγχρόνου κινητῆρος 180

φόρτισις μετασχηματιστοῦ 82, 106

φυγοκεντρικὸς διακόπτης 251

φωτεινὴ σύνδεσις 47

Χαρακτηριστικά στοιχεῖα ἀσυγχρόνου κινητήρων 240

 - ἐναλλακτήρων 52
 - μετασχηματιστῶν 105

χαρακτηριστικὴ ἐν κενῷ 37

 - μαγνητικὴ 37
 - στατικὴ 37
 - ύπδο φορτίον 38, 85

χρόνοι ἐκκινήσεως 226

Ψηκτρῶν γωνία 308

 - μετατόπισις 308
 - πίεσις ἐλατηρίου 309
 - συντήρησις 308

ψυγεῖον 18

ψυχῆς ἐναλλακτήρων 16

 - δι' ὑδρογόνου 18

ψυχῆς μετασχηματιστῶν 73

COPYRIGHT ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

ΕΚΤΥΠΩΣΙΣ - ΒΙΒΛΙΟΔΕΣΙΑ : ΓΡΑΦΙΚΑΙ ΤΕΧΝΑΙ "ΑΣΠΙΩΤΗ-ΕΛΚΑ" Α. Ε.

