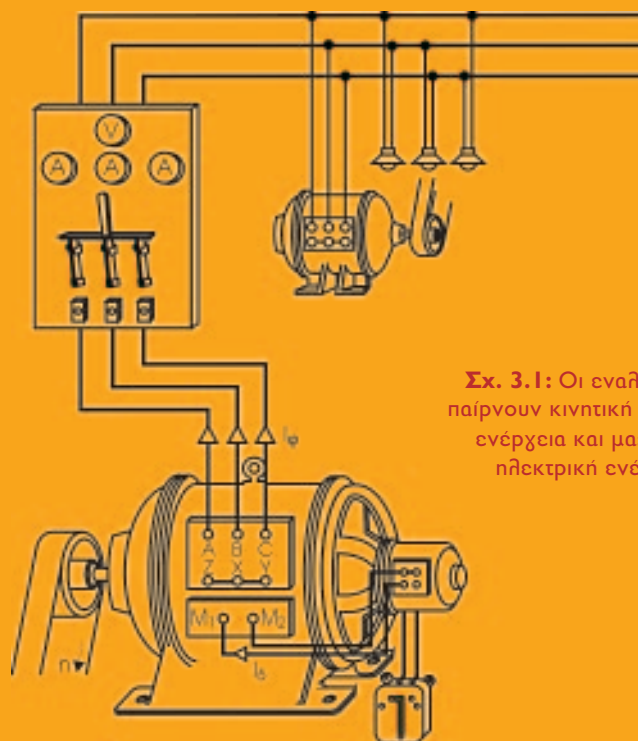


κεφάλαιο 3

εναλλακτικές

➔ **Εναλλακτικές** ονομάζουμε τις **σύγχρονες μηχανές - γεννήτριες Ε.Ρ.** που χρησιμοποιούνται:

- στους μεγάλους **σταθμούς παραγωγής**,
- σε **επιχειρήσεις** και **εργοστάσια**,
- στην **ηλ. έλξη** και στα **αυτοκίνητα**,
- σε **νοσοκομεία** κ.λπ. **ιδρύματα**, σε **απομονωμένα σπίτια** και όπου αλλού χρειαζόμαστε **ηλεκτρική ενέργεια**, με την οποία λειτουργούν σήμερα όλες σχεδόν οι μηχανές και συσκευές (σχ. 3.1).



Σχ. 3.1: Οι εναλλακτικές παίρνουν κινητική (μηχανική) ενέργεια και μας δίνουν ηλεκτρική ενέργεια.

Ενότητα 3.1. Εναλλήλακτής - Ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος

Διδακτικοί στόχοι

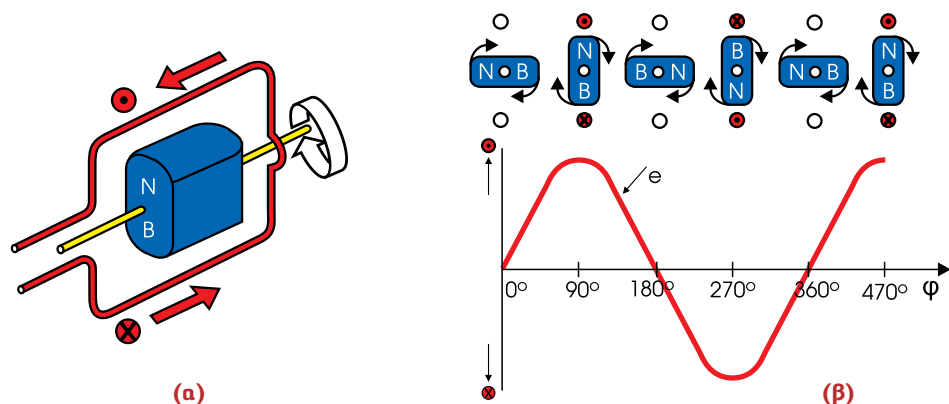
➔ Μετά από τη μελέτη της ενότητας αυτής, θα πρέπει να μπορείτε:

1. Να περιγράφετε και να διατυπώνετε τα χαρακτηριστικά του εναλλασσόμενου ρεύματος.
2. Να διατυπώνετε την αρχή λειτουργίας των εναλλακτών.
3. Να διατυπώνετε τη σχέση στροφών - ζευγών πόλων και συχνότητας.
4. Να απαριθμείτε τα βασικά εξαρτήματα των ηλεκτροπαραγωγών ζευγών και να αναγνωρίζετε τη σημασία των ακροδεκτών και τη συνδεσμολογία τους.
5. Να εντοπίζετε τα όρια φόρτισης ενός ηλεκτροπαραγωγού ζεύγους.
6. Να εξασφαλίζετε τα μέτρα προστασίας για την ασφαλή λειτουργία των ηλεκτροπαραγωγών ζευγών.

3.1.1. Παραγωγή εναλλασσόμενης ημιτονοειδούς τάσης

1) Γενικά

Όπως είδαμε και στο προηγούμενο κεφάλαιο (εν. 2.1.2), όταν ένα πλαίσιο (σπείρα) περιστρέφεται μέσα σε σταθερό Μαγνητικό Πεδίο (Μ.Π.) έτσι, ώστε να τέμνει τις μαγνητικές γραμμές, στα άκρα του αναπτύσσεται (από επαγωγή) εναλλασσόμενη Η.Ε.Δ. Ε ή e , ημιτονοειδούς μορφής. Το ίδιο αποτέλεσμα έχουμε και αν, αντί για τους αγωγούς του πλαισίου, περιστρέφεται το Μ.Π., δηλ. οι μαγνητικοί πόλοι (σχ. 3.2).



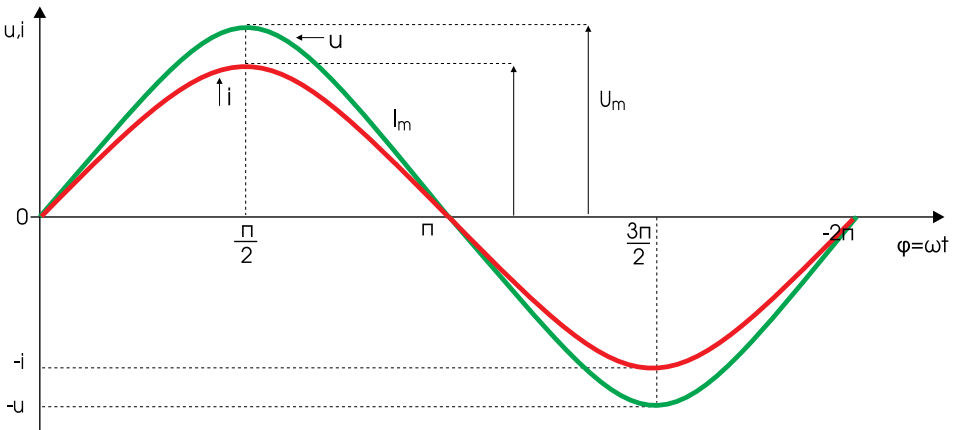
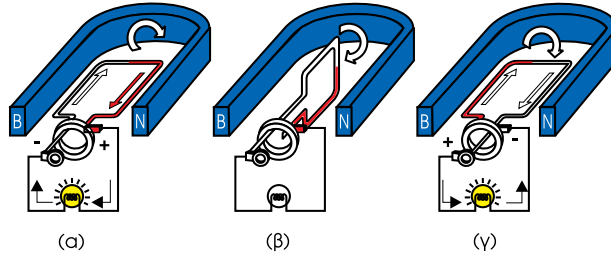
Σχ. 3.2: Ανάπτυξη εναλλασσόμενης ημιτονοειδούς Η.Ε.Δ. με περιστροφή των πόλων.

2) Παραγωγή εναλλασσόμενης ημιτονοειδούς τάσης και ρεύματος

Για να χρησιμοποιήσουμε την εναλλασσόμενη Η.Ε.Δ. που αναπτύσσεται στο πλαίσιο, συνδέουμε στα άκρα του **-μέσω δακτυλιδιών και ψηκτρών-** ένα ηλεκτρικό φορτίο (R), π.χ. ένα λαμπτήρα πυρακτώσεως.

Έτσι δημιουργείται ένα **κλειστό ηλεκτρικό κύκλωμα**, οπότε από την **Η.Ε.Δ. e** παίρνουμε μια εναλλασσόμενη ημιτονοειδή **ηλεκτρική τάση u** και απ' αυτή ένα **εναλλασσόμενο ρεύμα** (ένταση) **i** της ίδιας μορφής (σχ. 3.3).

👉 Όπως είναι γνωστό: **η ηλεκτρική τάση είναι η αιτία και το ρεύμα το αποτέλεσμα.**



Σχ. 3.3: Παραγωγή εναλλασσόμενης ημιτονοειδούς τάσης και ρεύματος, που βρίσκονται σε φάση

Σε μια πλήρη περιστροφή του πλαισίου έχουμε και μια πλήρη εναλλαγή των εναλλασσόμενων μεγεθών (τάσης-έντασης), που λέγεται **κύκλος**.

Οι εναλλαγές (κύκλοι) των **u** και **i** επαναλαμβάνονται, με τον ίδιο τρόπο, σε κάθε πλήρη περιστροφή του πλαισίου, δηλ. όπως λέμε: **τόσο η τάση, όσο και η ένταση του ρεύματος μεταβάλλονται περιοδικά**, σε σχέση με το χρόνο **t** ή τη γωνία περιστροφής (**φ**).

3) Χαρακτηριστικά Εναλλασσόμενου Ρεύματος (Ε.Ρ.)

Τα κύρια **χαρακτηριστικά του Ε.Ρ.** ημιτονοειδούς μορφής, είναι:

- η περίοδος και η συχνότητά του,
- η γωνία φάσης και η κυκλική του συχνότητα και
- η στιγμιαία, η μέγιστη και η ενεργός τιμή του.

Περίοδος T, ονομάζουμε το χρόνο στον οποίο συμπληρώνεται ένας κύκλος, δηλ. μια πλήρης μεταβολή του Ε.Ρ. και

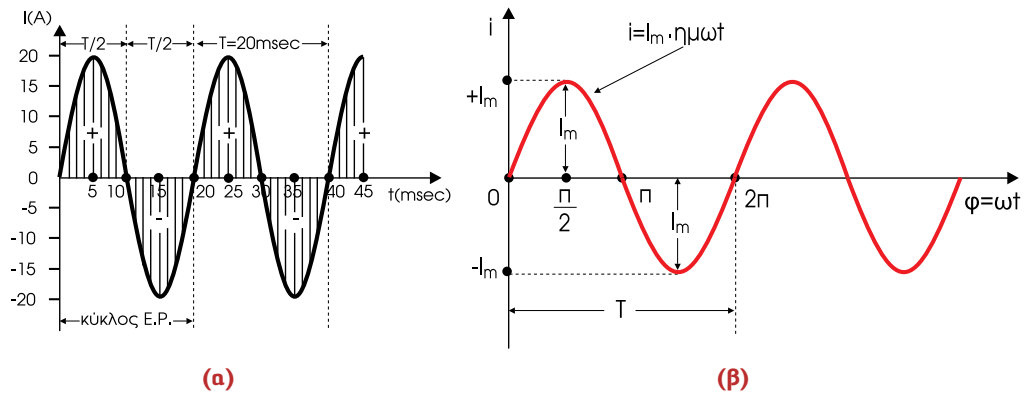
συχνότητα f, τον αριθμό των κύκλων στο δευτερόλεπτο. Εύκολα καταλαβαίνουμε, ότι **περίοδος και συχνότητα είναι αντίστροφα μεγέθη**, δηλ. είναι:

$$T = \frac{1}{f}, \text{ (σε sec) ή } f = \frac{1}{T} \quad (3.1)$$

👉 Η συχνότητα μετριέται σε c/sec=Herz, με σύμβολο **Hz**.

Όπως φαίνεται και στο σχήμα 3.4, το **Ε.Ρ. στη μισή περίοδο (T/2) παίρνει θετικές τιμές (+), ενώ στην άλλη μισή αρνητικές τιμές (-)**.

Το βιομηχανικό Ε.Ρ., δηλ. το Ε.Ρ. που χρησιμοποιείται για φωτισμό και κίνηση, έχει, σχεδόν πάντοτε στην Ευρώπη, συχνότητα **50Hz**. Αυτό σημαίνει, ότι σε κάθε δευτερόλεπτο γίνονται 50 κύκλοι, δηλ. 100 θετικές και αρνητικές εναλλαγές. Έτσι, **κάθε περίοδος του Ε.Ρ. διαρκεί 1/50sec=0,02sec ή 20ms**.



Σχ. 3.4: Ε.Ρ. ημιτονοειδούς μορφής και χαρακτηριστικά του.

Γωνία φάσης ή φάση ϕ , λέμε τη γωνία που δείχνει τη μεταβολή (θέση) του Ε.Ρ. σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή (φάση), ενώ **κυκλική συχνότητα ω** , ονομάζουμε τη μεταβολή της φάσης του Ε.Ρ. στη μονάδα του χρόνου, δηλ. είναι:

$$\omega = \frac{\phi}{t} \text{ ή } \phi = \omega t \text{ (σε rad ή ακτίνια)} \quad (3.2)$$

Για χρόνο μιας περιόδου T , η ϕ είναι ίση με 2π (360°), οπότε:

$$\omega = \frac{\phi}{t} = 2\pi \cdot \frac{1}{T} \Rightarrow \omega = 2\pi \cdot f \text{ (σε rad/sec)} \quad (3.3)$$

Έτσι, π.χ. για $f=50$ Hz η κυκλική συχνότητα είναι: $\omega=2\cdot 3,14\cdot 50=314$ rad/sec.

Στιγμιαία τιμή i , ονομάζουμε την τιμή που παίρνει (έχει) το Ε.Ρ. σε κάποια τυχαία χρονική στιγμή, ενώ **μέγιστη I_m** , που λέγεται και **πλάτος**, ονομάζουμε τη μεγαλύτερη (θετική και αρνητική) τιμή του (σχ. 3.4β).

👉 Η στιγμιαία τιμή του Ε.Ρ. δίνεται κάθε φορά από το γινόμενο της μέγιστης τιμής επί το ημίτονο της γωνίας φάσης, δηλ. είναι ίση με:

$$i = I_m \cdot \eta\mu\phi \text{ ή } i = I_m \cdot \eta\mu\omega t \quad (3.4)$$

Όπως είδαμε, το **Ε.Ρ. μεταβάλλεται ημιτονικά**, με αποτέλεσμα να μην υπάρχει σταθερό μέτρο (μέγεθος) για τον υπολογισμό ή τη μέτρησή του στη πράξη. Για το λόγο αυτό **ορίζουμε μια τιμή του Ε.Ρ.**, ισοδύναμη μ' αυτή του Σ.Ρ., που λέγεται **ενεργός τιμή** $I_{εν}$ του Ε.Ρ., όπως προέκυψε από τη σύγκριση των δύο ρευμάτων.

Ενεργός τιμή Ε.Ρ. είναι η τιμή του Σ.Ρ. που, αν περνούσε μέσα από έναν ωμικό καταναλωτή για κάποιο χρόνο t , θα έδινε το ίδιο θερμικό αποτέλεσμα, μ' αυτό που δίνει το Ε.Ρ. περνώντας μέσα από τον ίδιο καταναλωτή, στον ίδιο χρόνο t .

☞ Η ενεργός τιμή του ημιτονικού Ε.Ρ. είναι ίση με:

$$I_{εν} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot I_m \quad \text{ή} \quad I_{εν} = 0,707 \cdot I_m \quad (3.5)$$

Παρατήρηση:

Τα ίδια χαρακτηριστικά, όπως είναι λογικό, **έχει και η εναλλασσόμενη ημιτονοειδής τάση που προκαλεί το Ε.Ρ.**, δηλ., είναι:

$$u = U_m \cdot \eta\mu\omega t \quad (3.6)$$

$$\text{και} \quad U_{εν} = 0,707 \cdot U_m \quad (3.7)$$

Σημείωση

Τα όργανα στην πράξη μετρούν πάντα τις ενεργές τιμές των εναλλασσόμενων μεγεθών ($U_{εν}$ και $I_{εν}$) γι' αυτό και από δω και κάτω οι δείκτες ($εν$) παραλείπονται.

Στη συνέχεια του βιβλίου αυτού, όταν μιλάμε για **“εναλλασσόμενο ρεύμα” Ε.Ρ.**, θα **εννοούμε πάντα το Ε.Ρ. ημιτονοειδούς μορφής** (ημιτονικό), το οποίο παράγεται από ειδικές ηλ. μηχανές που ονομάζονται **γεννήτριες Ε.Ρ.**

4) Είδη γεννητριών Ε.Ρ. - Εναλλακτικές

Οι γεννήτριες Ε.Ρ. μπορεί να είναι **σύγχρονες** και **ασύγχρονες**.

Οι σύγχρονες γεννήτριες **έχουν διέγερση με Σ.Ρ.**, δηλ. Μ.Π. που δημιουργείται από μαγνητικούς πόλους που τα τυλίγματά τους τροφοδοτούνται με Σ.Ρ. **και παράγουν Ε.Ρ. με συχνότητα που εξαρτάται από την ταχύτητα περιστροφής** της μηχανής, ενώ οι ασύγχρονες έχουν διέγερση με Ε.Ρ. και συχνότητα ρεύματος ανεξάρτητη απ' την ταχύτητα περιστροφής.

Στην πράξη χρησιμοποιούνται, σχεδόν πάντοτε, οι σύγχρονες γεννήτριες Ε.Ρ. που λέγονται και **εναλλακτικές**. Ασύγχρονες γεννήτριες κατασκευάζονται πολύ σπάνια (π.χ. στις ανεμογεννήτριες).

Το Σ.Ρ., που χρειαζόμαστε για τη διέγερση των εναλλακτικών, το παίρνουμε από μια γεννήτρια Σ.Ρ., που συνήθως είναι συνδεδεμένη στον ίδιο άξονα και λέγεται **διεγέρτρια**.

Ο εναλλακτικός, για να δώσει Ε.Ρ. και ηλ. ενέργεια πρέπει, εκτός από τη **διέγερση** (Μ.Π.), να πάρει κίνηση από κάποια **κινητήρια μηχανή**, όπως π.χ. είναι μια πετρελαιομηχανή, ένας ατμοστρόβιλος, ένας υδροστρόβιλος κ.λπ.

Ανάλογα με τη διάταξη των μαγνητικών πόλων που δημιουργούν τη διέγερση, οι εναλλακτικές διακρίνονται σε:

- α) εναλλακτήρες με εξωτερικούς πόλους και
- β) εναλλακτήρες με εσωτερικούς ή περιστρεφόμενους πόλους.

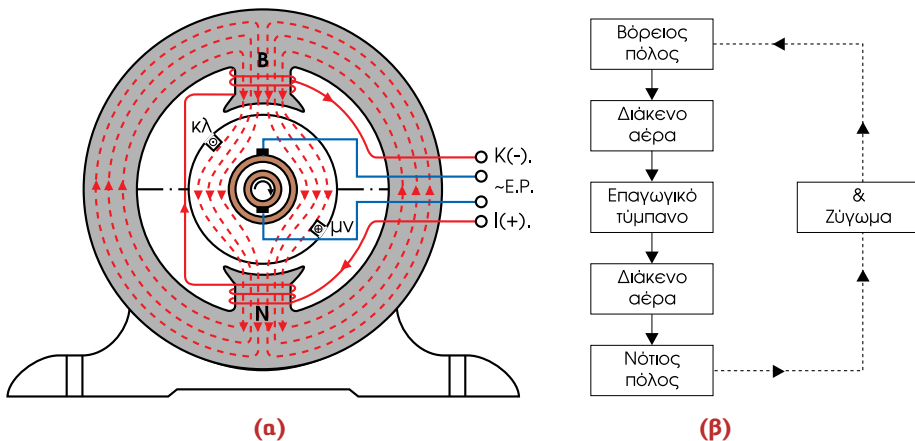
➤ Ειδικός τύπος των εναλλακτών με περιστρεφόμενους πόλους είναι οι **στροβιλοεναλλακτήρες**.

3.1.2. Αρχή λειτουργίας - Συχνότητα, Στροφές και Ζεύγη πόλων

α) Αρχή λειτουργίας εναλλακτών με εξωτερικούς πόλους

Η αρχή λειτουργίας των εναλλακτών με εξωτερικούς (ή σταθερούς) πόλους είναι ίδια με αυτή των γεννητριών Σ.Ρ., δηλ. **στους αγωγούς του τυλίγματος**, που κινούνται μέσα στο σταθερό Μ.Π., που δημιουργεί η διέγερση της μηχανής, **αναπτύσσονται από επαγωγή εναλλασσόμενες Η.Ε.Δ.** ημιτονοειδούς μορφής. Η **διαφορά** από τις γεννήτριες Σ.Ρ. είναι ότι **εδώ δεν έχουμε συλλέκτη** στον άξονα, **αλλά δακτυλίδια**, από τα οποία παίρνουμε, με τη βοήθεια ψηκτρών, το παραγόμενο (για κλειστό κύκλωμα) Ε.Ρ.

Στο παρακάτω σχήμα 3.5α βλέπουμε σε τομή έναν στοιχειώδη (πολύ απλό) εναλλακτήρα με εξωτερικούς πόλους, στον οποίο **η διέγερση** (δημιουργία Μ.Π.) πετυχαίνεται με δύο μαγνητικούς πόλους, τα τυλίγματα των οποίων τροφοδοτούνται με Σ.Ρ. από τη **διεγέρτρια**.



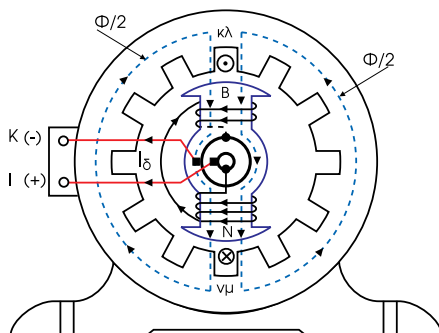
Σχ. 3.5: Στοιχειώδης εναλλακτήρας με εξωτερικούς πόλους (α) και διαδρομή χρήσιμης μαγνητικής ροής (β).

Όπως παρατηρούμε οι μαγνητικές γραμμές, δηλ. η χρήσιμη μαγνητική ροή που δημιουργεί τις Η.Ε.Δ. και τελικά το Ε.Ρ., ακολουθεί την κλειστή διαδρομή που φαίνεται στο σχήμα 3.5β.

β) Αρχή λειτουργίας εναλλακτών με εσωτερικούς πόλους

Η αρχή λειτουργίας των εναλλακτών με εσωτερικούς πόλους είναι γενικά ίδια με αυτή των εναλλακτών με εξωτερικούς πόλους.

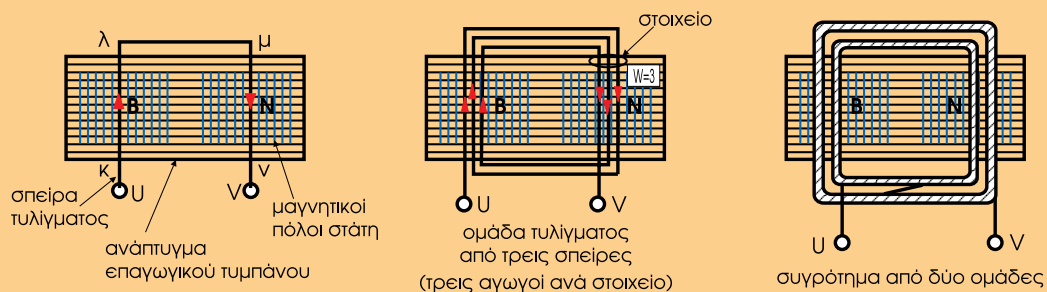
Η διαφορά είναι ότι, κατά τη λειτουργία του εναλλακτήρα αυτού, οι αγωγοί είναι ακίνητοι, δηλαδή βρίσκονται στο σταθερό μέρος της μηχανής και περιστρέφονται οι μαγνητικοί πόλοι και μαζί μ' αυτούς το Μ.Π. Τώρα, οι μαγνητικές γραμμές "τέμνουν" τους αγωγούς (και όχι οι αγωγοί τις μαγνητικές γραμμές), με το ίδιο όμως αποτέλεσμα, δηλ., τη δημιουργία εναλλασσόμενης Η.Ε.Δ. και τάσης ημιτονοειδούς μορφής. Σ' αυτούς τους αγωγούς το Σ.Ρ., για τη διέγερση των πόλων, διοχετεύεται μέσω ψηκτρών και δακτυλιδιών που στερεώνονται στον άξονα του περιστρεφόμενου μέρους (δρομέας), ενώ το **παραγόμενο Ε.Ρ.** λαμβάνεται κατευθείαν από τους **ακροδέκτες** της μηχανής (σχ. 3.6).



Σχ. 3.6: Στοιχειώδης εναλλακτήρας με εσωτερικούς πόλους.

Σημείωση

Στην πράξη, για να πάρουμε μεγαλύτερες Η.Ε.Δ. και τάσεις, άρα και ισχυρότερα ρεύματα, τοποθετούμε στο επαγωγικό τύμπανο του εναλλακτήρα, όχι μόνο μία σπείρα, αλλά **ολόκληρο τύλιγμα**, που αποτελείται από πολλές **ομάδες σπειρών** και **συγκροτήματα ομάδων** συνδεδεμένων σε σειρά (σχ. 3.7).



Σχ. 3.7: Σπείρα, ομάδα και συγκρότημα ομάδων τυλίγματος, σε "ανάπτυγμα" επαγωγικού τυμπάνου διπολικού εναλλακτήρα.

Από μια σπείρα παίρνουμε μια μικρή Η.Ε.Δ., από μια ομάδα μεγαλύτερη Η.Ε.Δ. (λίγο μικρότερη από το άθροισμα των Η.Ε.Δ. των σπειρών) και από ένα συγκρότημα ομάδων ακόμη μεγαλύτερη Η.Ε.Δ.

Έτσι, τελικά από το τύλιγμα του επαγωγικού τυμπάνου παίρνουμε **μια συνολική Η.Ε.Δ.** της ίδιας (ημιτονικής) μορφής και συχνότητας, **που έχει ενεργό τιμή λίγο μικρότερη από το άθροισμα των ενεργών τιμών των Η.Ε.Δ. των ομάδων απ' τις οποίες αποτελείται.**

γ) Σχέση στροφών, συχνότητας και ζευγών πόλων εναλλακτήρα (σύγχρονη ταχύτητα)

Όπως είπαμε και στην αρχή, **εναλλακτήρες** ονομάζουμε συνοπτικά τις **σύγχρονες γεννήτριες Ε.Ρ.** Λέγονται σύγχρονες, επειδή οι συχνότητες των ηλεκτρικών τάσεων, που παράγονται στα τυλίγματα του στάτη, βρίσκονται σε συγχρονισμό με την ταχύτητα περιστροφής του δρομέα, όταν έχουμε ένα ζεύγος πόλων.

➤ Όταν έχουμε μηχανή με περισσότερα ζεύγη πόλων, τότε η συχνότητα των τάσεων είναι ακέραιο πολλαπλάσιο της ταχύτητας περιστροφής του δρομέα.

Η σχέση της συχνότητας των ηλεκτρικών μεγεθών (Η.Ε.Δ., τάσης και έντασης ρεύματος) με την ταχύτητα περιστροφής του εναλλακτήρα, ανεξάρτητα από τον τύπο του, δίνεται από την παρακάτω εξίσωση:

$$f = \frac{p \cdot n_s}{60} \quad (\text{σε Hz}) \quad (3.8)$$

όπου: **p**: ο αριθμός των ζευγών των μαγνητικών πόλων και
n_s: ο αριθμός στροφών του εναλλακτήρα στο λεπτό.

Έτσι, ανάλογα με την επιθυμητή συχνότητα των εναλλασσόμενων μεγεθών, ο εναλλακτήρας πρέπει να έχει τον κατάλληλο αριθμό ζευγών πόλων.

Παράδειγμα

Εξαπολικός εναλλακτήρας (p=3) περιστρέφεται με ταχύτητα n_s=1.000στρ/min. Τι συχνότητας Η.Ε.Δ. και ρεύματος μπορεί να μας δώσει;

Λύση

Είναι: $f = \frac{p \cdot n_s}{60}$. Άρα: $f = \frac{3 \cdot 1.000}{60} = \frac{3.000}{60} = 50\text{Hz}$.

Η **ταχύτητα n_s** που πρέπει να έχει ένας εναλλακτήρας, για να παράγει Η.Ε.Δ. και ρεύμα σταθερής συχνότητας (π.χ. 50Hz, που ισχύει στην Ελλάδα και σ' όλη την Ευρώπη στα δίκτυα Ε.Ρ.), λέγεται **σύγχρονη ταχύτητα** και δίνεται από τη σχέση:

$$n_s = \frac{f}{p} \quad (\text{σε στρ/sec}) \quad \text{ή} \quad n_s = \frac{60 \cdot f}{p} \quad (\text{σε στρ/min})$$

Από την τελευταία σχέση, προκύπτει ο παρακάτω πίνακας 3.1, που δίνει τις σύγχρονες ταχύτητες των εναλλακτρήρων για τον αντίστοιχο αριθμό των ζευγών των μαγνητικών πόλων (ώστε να παράγουν ρεύμα συχνότητας 50Hz).

Πίνακας 3.1.

Σύγχρονες ταχύτητες εναλ/ρων

Ζεύγη πόλων (p)	Σύγχρονη ταχύτητα (n _s)
p=1	n _s =3.000στρ/min
2	1.500
3	1.000
4	750
5	600
6	500
10	300
...	...

Παράδειγμα

Πόσους πόλους πρέπει να έχει εναλλακτήρας που περιστρέφεται με ταχύτητα 250στρ/min, για να παράγει ρεύμα συχνότητας 50Hz;

Λύση

Έχουμε:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p}, \text{ με } f=50\text{Hz και } n_s=250\text{στρ/min. Επομένως:}$$

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} \Rightarrow p = \frac{60f}{n_s} = \frac{3.000}{250} \Rightarrow p = 12$$

Άρα, ο εναλλακτήρας πρέπει να έχει (2·12) 24 πόλους.

3.1.3. Κατασκευαστικά στοιχεία εναηλεκτήρων**1) Γενικά**

Οι εναλλακτήρες, όπως και οι γεννήτριες Σ.Ρ., αποτελούνται από:

- το **στάτη**, που είναι το ακίνητο μέρος και
- το **δρομέα**, που είναι το περιστρεφόμενο μέρος της μηχανής.

Για τη δημιουργία του Μ.Π. (**διέγερση**) υπάρχουν **μαγνητικοί πόλοι**, οι οποίοι μπορεί να βρίσκονται τόσο στο στάτη, όσο και στο δρομέα, ανάλογα με τον τύπο του εναλλακτήρα. Επίσης, υπάρχει **επαγωγικό τύμπανο**, στο οποίο τοποθετείται το τύλιγμα απ' το οποίο θα πάρουμε την Η.Ε.Δ. και τάση και τελικά, (αν κλείσουμε κύκλωμα) το Ε.Ρ. Ανάλογα με τη θέση των πόλων, **το επαγωγικό τύμπανο βρίσκεται ή στο δρομέα** (εναλλακτήρες με εξωτερικούς πόλους) **ή στο στάτη** (εναλλακτήρες με εσωτερικούς πόλους).

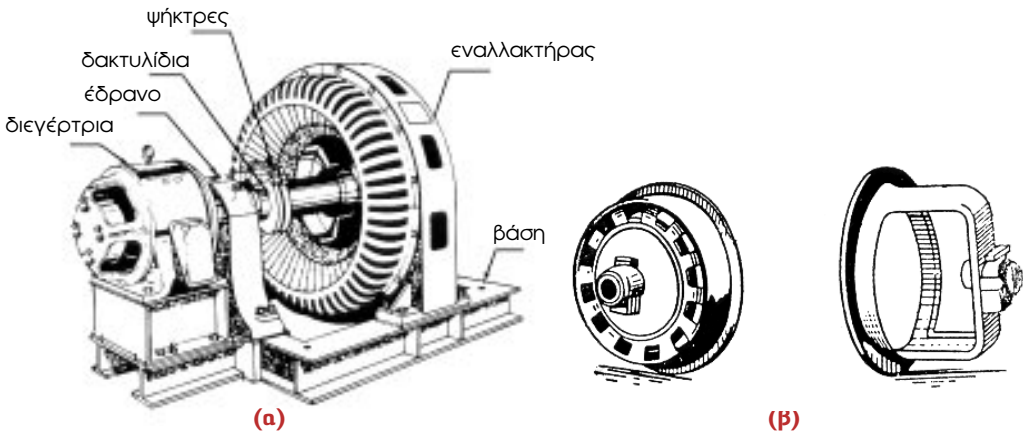
Παρακάτω θα δούμε πως κατασκευάζεται κάθε τύπος εναλλακτήρα με περισσότερες λεπτομέρειες.

2) Εναλλακτήρες με εξωτερικούς πόλους (σχ. 3.8α)

Σ' αυτούς ο **στάτης**, όπως και στις μηχανές Σ.Ρ., έχει προορισμό, εκτός απ' το να στηρίζει τη μηχανή, να **δημιουργεί** κατάλληλη και **καθορισμένη μαγνητική ροή**.

Για το σκοπό αυτό αποτελείται από:

- α. το **ζύγωμα**, στο οποίο τοποθετούνται οι **μαγνητικοί πόλοι** και το **τύλιγμα διέγερσης**,
- β. τα **καλύμματα** ή καπάκια (σχ. 3.8β),
- γ. τον **ψηκτροφορέα** και τις **ψήκτρες** και
- δ. το **κιβώτιο ακροδεκτών** και τη **βάση**.



Σχ.3.8: Εναλλακτήρας με εξωτερικούς πόλους (α) και καλύμματα (β).

Ο προορισμός και ο τρόπος κατασκευής κάθε μέρους του στάτη αναπτύχθηκε αναλυτικά, στις μηχανές Σ.Ρ. (εν. 2.2.2), γι' αυτό και εδώ απλά τα αναφέρουμε.

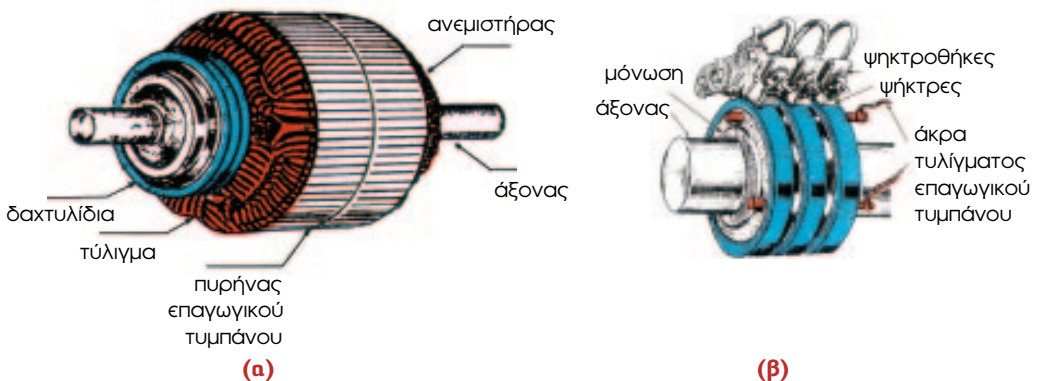
Ο **δρομέας των εναλλακτῆρων με εξωτερικούς πόλους** έχει σκοπό να δημιουργεί επαγωγική τάση και ρεύμα στο τύλιγμα που τοποθετείται σ' αυτόν και **περιλαμβάνει (σχ. 3.9α):**

α. **Τον άξονα**, που είναι κατασκευασμένος συνήθως από ατσάλι και στηρίζεται στα έδρανα.

β. **Το επαγωγικό τύμπανο**, που κατασκευάζεται από κυκλικά σιδηροελάσματα, τα οποία σχηματίζουν ένα **πυρήνα** με αυλάκια, μέσα στα οποία τοποθετείται το **τύλιγμα που θα μας δώσει** (με την περιστροφή του) **το Ε.Ρ.**

γ. **Δύο, ή τρία δακτυλίδια**, από ορείχαλκο, μονωμένα μεταξύ τους και ως προς τον άξονα και στερεωμένα σ' αυτόν, όπως φαίνεται στο σχήμα 3.9β, στα οποία συνδέονται τα άκρα του τυλίγματος του επαγωγικού τύμπανου, που στις μηχανές Σ.Ρ. συνδέονταν στο συλλέκτη.

δ. **Έναν ανεμιστήρα** (φτερωτή), που στερεώνεται στον άξονα, στην αντίθετη πλευρά των δακτυλιδιών και ψύχει τα τυλίγματα των μικρών εναλλακτῆρων.



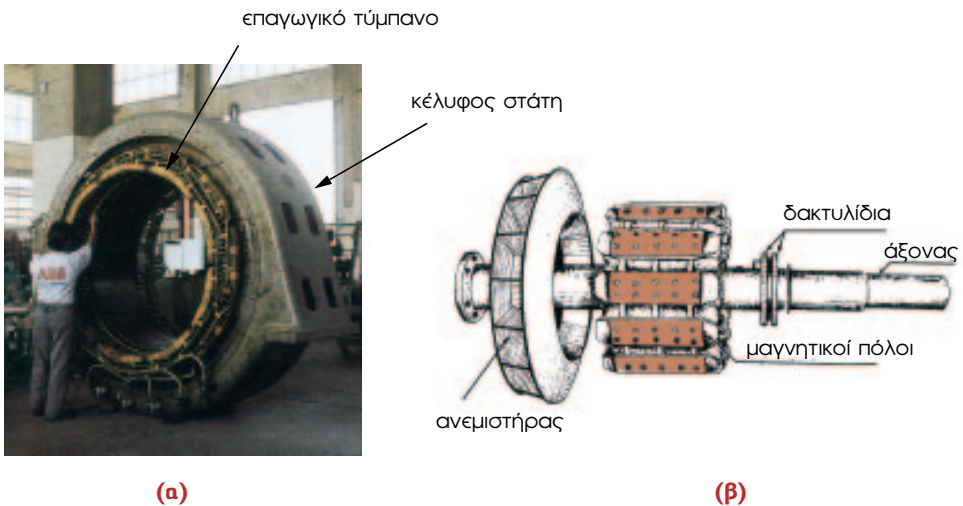
Σχ. 3.9: Δρομέας (α) και γηκτροφορέας, ψήκτρες και δακτυλίδια (β) εναλλακτῆρα με εξωτερικούς πόλους.

☞ Οι εναλλακτήρες με εξωτερικούς πόλους κατασκευάζονται μόνο για μικρές ισχείς και Χ.Τ. κι αυτό γιατί έχουν τα παρακάτω **μειονεκτήματα**:

- όλο το ρεύμα του φορτίου περνά απ' τα δακτυλίδια και τις ψήκτρες, που φθείρονται γρήγορα όσο κατάλληλα και αν κατασκευασθούν,
- πολύ λίγο χώρο επαγωγικού τύμπανου, άρα και περιορισμένου τυλίγματος και
- μεγάλη καταπόνηση των μονώσεων του τυλίγματος του επαγωγικού τύμπανου, λόγω των μεγάλων φυγόκεντρων δυνάμεων που αναπτύσσονται.

3) Εναλλακτήρας με εσωτερικούς πόλους (σχ. 3.10)

Σ' αυτούς ο **στάτης περιέχει το επαγωγικό τύμπανο** με το τυλίγμά του και ο **δρομέας τους μαγνητικούς πόλους**, δηλ. τώρα το επαγωγικό τύμπανο είναι ακίνητο και περιστρέφονται οι πόλοι.



Σχ. 3.10: Στάτης (α) και δρομέας εναλλακτήρα (β) με εσωτερικούς πόλους.

Ο στάτης των εναλλακτών με εσωτερικούς πόλους αποτελείται κυρίως από:

- α. το **ζύγωμα**, με το εξωτερικό του **κέλυφος**,
- β. το **επαγωγικό τύμπανο**, με τον **πυρήνα** και το **τύλιγμα**,
- γ. το **ψηκτροφορέα** με τις **ψήκτρες**,
- δ. τα **καλύμματα** και το **κιβώτιο ακροδεκτών**.

Ο πυρήνας του επαγωγικού τύμπανου κατασκευάζεται από πολλά κυκλικά σιδηροελάσματα με εγκοπές, που έχουν επιφανειακή μόνωση από ειδικό βερνίκι και όλα μαζί σχηματίζουν παράλληλες οδοντώσεις (αυλάκια), μέσα στις οποίες τοποθετείται το τυλίγμα (σχ. 3.10α).

Το **τύλιγμα** αποτελείται από πολλές **ομάδες**, που συνδέονται μεταξύ τους σχηματίζοντας **συγκροτήματα ομάδων**, τα οποία τοποθετούνται στο πυρήνα του τυμπάνου σε μία ή δύο στρώσεις.

Από το τυλίγμα του εναλλακτήρα μένουν ελεύθερα τα άκρα του, που συνδέονται στους ακροδέκτες (κιβώτιο ακροδεκτών).

Ο **ψηκτροφορέας**, που στερεώνεται στο ζύγωμα, έχει κι εδώ σε κατάλληλες υποδοχές τις **ψήκτρες**, με τις οποίες, τροφοδοτούμε με Σ.Ρ. το τύλιγμα διέγερσης των μαγνητικών πόλων.

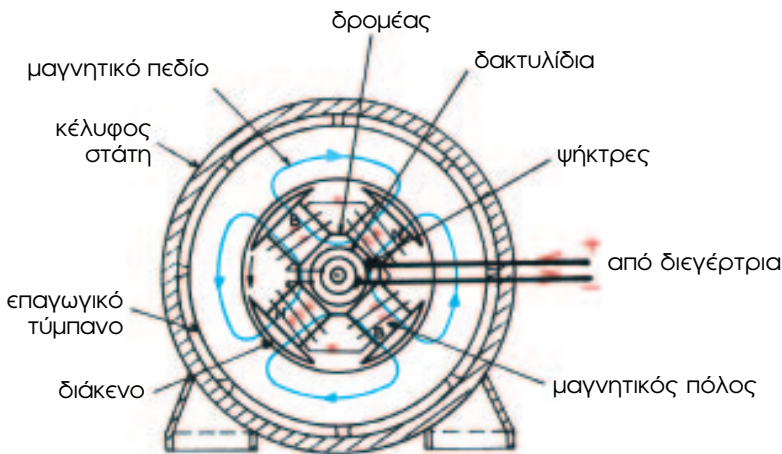
Ο **δρομέας των εναλλακτών με εσωτερικούς πόλους**, που έχει σαν βασικό σκοπό να περιστρέφει τους πόλους, ώστε να **δημιουργεί περιστρεφόμενο Μ.Π.**, αποτελείται από:

- α. τον **άξονα**, που στηρίζεται στα έδρανα, ώστε να μπορεί εύκολα να περιστραφεί,
- β. τους **μαγνητικούς πόλους**, με τα **πέδιλα**, τον **πυρήνα** και το **τύλιγμα διέγερσης**,
- γ. τα **δακτυλίδια**, στα οποία καταλήγει το Σ.Ρ. από τη **διεγέρτρια** και
- δ. τον **ανεμιστήρα**, για την ψύξη των τυλιγμάτων (σχ. 3.10β).

Η **διεγέρτρια** και στους εναλλακτήρες αυτούς συνδέεται συνήθως απευθείας στον άξονα του εναλλακτήρα, απ' τον οποίο και παίρνει κίνηση, οπότε παράγει Σ.Ρ. με το οποίο τροφοδοτούμε τα τυλίγματα των πόλων.

Οι μαγνητικοί πόλοι στερεώνονται ακτινικά (σχ. 3.11) στον άξονα και καθένας τους αποτελείται απ' τον **πυρήνα** που καταλήγει στο **πέδιλο** και το **τύλιγμα** που τυλίγεται γύρω απ' αυτόν και τροφοδοτείται με Σ.Ρ. από τη διεγέρτρια.

Τα **τυλίγματα** των πόλων συνδέονται μεταξύ τους, συνήθως σε σειρά και έτσι, ώστε να σχηματίζονται διαδοχικά **βόρειος** και **νότιος πόλος** και τα δύο **άκρα**, που μένουν ελεύθερα, καταλήγουν στα δύο **δακτυλίδια**. Στο ίδιο σχήμα, φαίνεται ολόκληρο το **κύκλωμα διέγερσης** του εναλλακτήρα (σε τομή), στο οποίο βλέπουμε τη διαδρομή της (περιστρεφόμενης) **χρήσιμης μαγνητικής ροής**.



Σχ. 3.11: Διέγερση τετραπολικού εναλλακτήρα με εσωτερικούς πόλους.

☞ Στους εναλλακτήρες με εσωτερικούς πόλους κερδίζουμε πολύ περισσότερο χώρο για το τύλιγμα του τύμπανου, με αποτέλεσμα να γίνονται πιο εύκολα και για πολύ μεγαλύτερες τάσεις, οι μονώσεις, αλλά έχουμε καταπόνηση, των πόλων απ' τις φυγόκεντρες δυνάμεις που αναπτύσσονται στη περιστροφή του δρομέα. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται για μικρές ταχύτητες, όπως π.χ. έχουμε στους υδροηλεκτρικούς σταθμούς. Κύριο **χαρακτηριστικό** των εναλλακτών αυτών είναι **ότι έχουν δρομέα με μεγάλη διάμετρο** (π.χ. 7m) και **μικρό μήκος άξονα**.

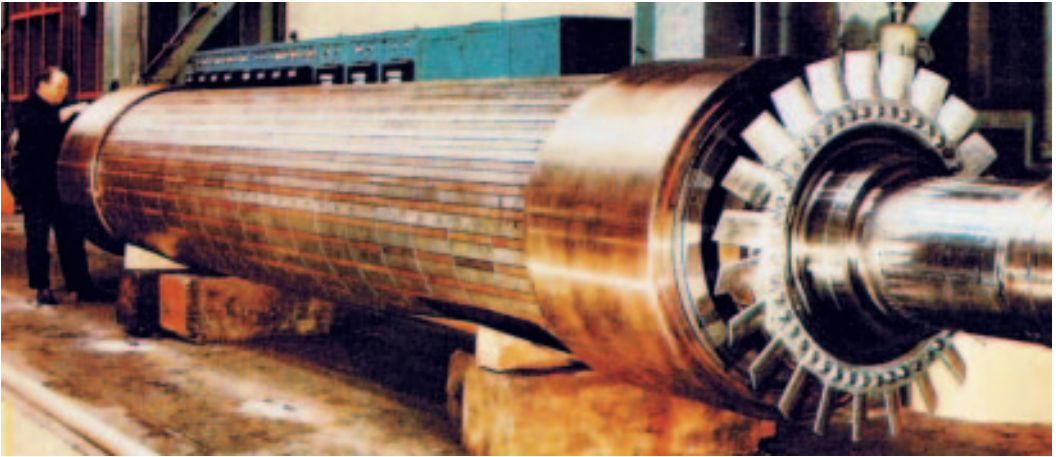
4) Στροβιλοεναλλακτήρες

Οι στροβιλοεναλλακτήρες είναι ειδικοί τύποι εναλλακτών με εσωτερικούς πόλους, που κατασκευάζονται για να λειτουργούν με μεγάλες ταχύτητες περιστροφής (π.χ. 3.000στρ/μίν), τις οποίες δίνουν οι ατμοστρόβιλοι και οι αεριοστρόβιλοι των θερμικών σταθμών.

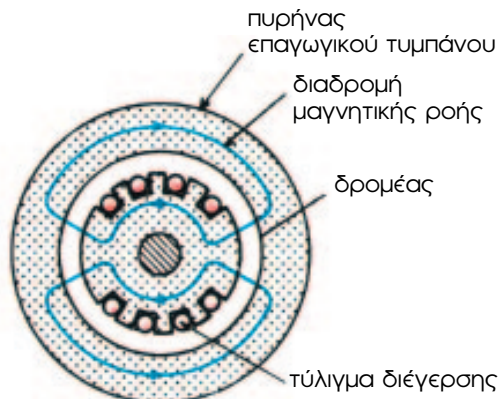
Ο **στάτης** των στροβιλοεναλλακτών είναι σχεδόν **όμοιος** με το στάτη των εναλλακτών με εσωτερικούς πόλους (η μακρόστενη μορφή του σχετίζεται με την διαφορετική κατασκευή του δρομέα και τις ανάγκες ψύξης της μηχανής).

Ο **δρομέας**, όμως, αν και αποτελείται βασικά από τα ίδια τμήματα, **κατασκευάζεται διαφορετικά**, δηλ. δεν έχει **φανερούς πόλους** (σχ. 3.12α), **αλλά** αποτελείται από **ένα μακρόστενο κυλινδρικό τύμπανο** που κατά μήκος του **σχηματίζει αυλάκια** μέσα στα οποία τοποθετείται και στερεώνεται καλά το **τύλιγμα διέγερσης**.

Οι στροβιλοεναλλακτήρες κατασκευάζονται συνήθως με ένα ζεύγος πόλων, δηλ. έχουν **διπολική** διέγερση (σχ. 3.12β).



(α)



(β)

Σχ. 3.12: Δρομέας (α) και διέγερση (β) στροβιλοεναλλακτήρα.

Το τύλιγμα διέγερσης, με πολλές σπείρες συνδεδεμένες στη σειρά, τροφοδοτείται κι εδώ από τη **διεγέρτρια**, με τη βοήθεια δύο δακτυλιδιών, που στερεώνονται στον άξονα του δρομέα.

Σημείωση

Τα τελευταία χρόνια οι κατασκευαστές των μεγάλων εναλλακτών, αντί για γεννήτρια Σ.Ρ., που παρουσιάζει συχνές ανωμαλίες, χρησιμοποιούν σαν **διεγέρτρια** μια μικρή **γεννήτρια Ε.Ρ.**, δηλ., ένα μικρό **αυτοδιεγείρομενο εναλλακτήρα**, όπως π.χ. ο εναλλακτήρας του αυτοκινήτου (εν. 3.1.7).



Σχ. 3.13: Συγκρότημα ατμοστροβιλοεναλλακτήρα.

3.1.4. Μονοφασικοί και τριφασικοί εναλλακτήρες (Ακροδέκτες και συνδεσμολογίες)

1) Γενικά

Στις προηγούμενες ενότητες είδαμε πώς δημιουργείται εναλλασσόμενη Η.Ε.Δ. σε απλούς εναλλακτήρες (με εξωτερικούς και εσωτερικούς πόλους), που στο επαγωγικό τους τύμπανο είχαν μόνο μια σπείρα.

Όπως αναφέραμε, **στους πραγματικούς εναλλακτήρες το τύλιγμα του επαγωγικού τύμπανου αποτελείται** από πολλές **σπείρες** διαμορφωμένες σε **ομάδες**, που τα άκρα τους συνδέονται σε σειρά, σχηματίζοντας **συγκροτήματα ομάδων**, δηλ. **τυλίγματα**.

Ανάλογα με τον αριθμό των ανεξάρτητων τυλιγμάτων που τοποθετούνται στο επαγωγικό τύμπανο, οι εναλλακτήρες διακρίνονται σε:

- **μονοφασικούς**, όταν έχουν ένα μόνο τύλιγμα, με δύο (2) ελεύθερα άκρα (δηλ. 1 φάση),
- **διφασικούς**, όταν έχουν δύο τυλίγματα και τέσσερα (4) ελεύθερα άκρα (δηλ. 2 φάσεις),
- **τριφασικούς**, όταν έχουν τρία τυλίγματα και έξι (6) ελεύθερα άκρα (δηλ. 3 φάσεις) κλπ.

Τα ελεύθερα άκρα των τυλιγμάτων του επαγωγικού τύμπανου καταλήγουν:

- **σε δακτυλίδια** (εναλλακτήρες με εξωτερικούς πόλους) και από κει στο κιβώτιο ακροδεκτών ή

● κατευθείαν **στους ακροδέκτες** του κιβωτίου ακροδεκτών της μηχανής (εναλ/ρες με εσωτερικούς πόλους).

☞ Σήμερα, **στην πράξη, χρησιμοποιούνται** σχεδόν αποκλειστικά οι **τριφασικοί εναλλακτήρες** και μάλιστα **με εσωτερικούς πόλους**.

Μονοφασικοί εναλλακτήρες κατασκευάζονται σπάνια και για μικρές σχετικά ισχύεις, όπως π.χ. τα **μικρά ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη**.

Για το λόγο αυτό, στη συνέχεια, θα δούμε περιληπτικά τους **μονοφασικούς** και, με περισσότερες λεπτομέρειες, τους **τριφασικούς εναλλακτήρες με εσωτερικούς πόλους**. Όσα όμως θα αναφέρουμε ισχύουν και για τους **εναλλακτήρες με εξωτερικούς πόλους**.

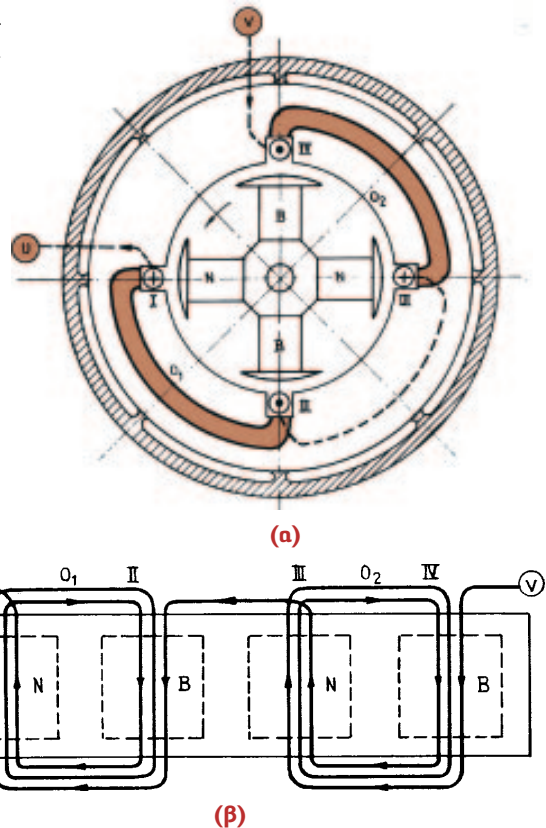
2) Μονοφασικοί εναλλακτήρες

Μονοφασικός (1~) ονομάζεται ο εναλλακτήρας που έχει στο επαγωγικό του τύμπανο ένα μόνο τύλιγμα, από ομάδες συνδεδεμένες στη σειρά, **ώστε να μένουν ελεύθερα μόνο δύο άκρα**, δηλ. η αρχή της πρώτης ομάδας και το τέλος της τελευταίας. Ένα τέτοιο τύλιγμα λέγεται **μονοφασικό** και απ' τα άκρα του, δηλ. από τους ακροδέκτες **U** και **V** του εναλλακτήρα, μπορούμε να τροφοδοτήσουμε με Ε.Ρ. ένα **μονοφασικό φορτίο**.

Οι εναλλακτήρες μπορεί να έχουν διέγερση με ένα ζεύγος πόλων ή με περισσότερα ζεύγη πόλων (p). Στην πραγματικότητα σε κάθε **διπλό πολικό βήμα** έχουμε ένα **συγκροτήμα ομάδων**. Τα συγκροτήματα των ομάδων συνδέονται συνήθως σε σειρά, ώστε να σχηματίζουν **ένα μονοφασικό τύλιγμα**, που τα άκρα του συνδέονται στους **δύο ακροδέκτες**, της πινακίδας ακροδεκτών, της μηχανής.

Στο σχήμα 3.14α φαίνεται, στην πιο απλή του μορφή, ένας **τετραπολικός 1~ εναλλακτήρας**, που στο επαγωγικό του τύμπανο έχει τέσσερις οδοντώσεις (αυλάκια), δηλ. έχει **ένα αυλάκι σε κάθε πολικό βήμα**.

Το τύλιγμά του αποτελείται από δύο ομάδες, που καθεμιά έχει τρεις σπείρες, δηλ. έχει 3 αγωγούς σε κάθε οδόντωση-αυλάκι. Οι αγωγοί που είναι στα αυλάκια I και II αποτελούν την **ομάδα O_1** και οι αγωγοί που είναι στα αυλάκια III και IV την **ομάδα O_2** .



Σχ. 3.14: Τετραπολικός 1~ εναλλακτήρας.

Η σύνδεση των ομάδων O_1 και O_2 μεταξύ τους φαίνεται καλύτερα, στο σχήμα 3.14β, που είναι το **“ανάπτυγμα του επαγωγικού τύμπανου”**. Όπως βλέπουμε το τέλος της O_1 συνδέεται με την αρχή της O_2 και τα 2 ελεύθερα άκρα τους, **U** και **V**, καταλήγουν στους **δύο ακροδέκτες** του εναλλακτήρα.

3) Τριφασικοί εναλλακτήρες

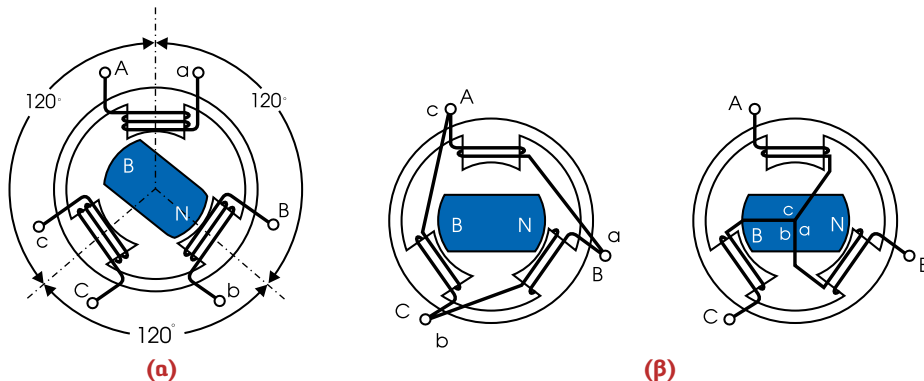
Τριφασικός (3~) λέγεται ο εναλλακτήρας που έχει στο επαγωγικό του τύμπανο τρία όμοια, ανεξάρτητα, μονοφασικά τυλίγματα, δηλ. τρεις φάσεις, που η καθεμιά περιλαμβάνει το 1/3 των ομάδων ολόκληρου του τυλίγματος. Το σύνολο τριών όμοιων και ανεξάρτητων μονοφασικών τυλιγμάτων, κατάλληλα τοποθετημένων μέσα στα αυλάκια του τύμπανου, λέγεται **τριφασικό τύλιγμα.**

Στα τριφασικά τυλίγματα έχουμε έξι άκρα:

- τις τρεις αρχές, **U, V, W**, ή **A, B, C** και
- τα τέλη, **X, Y, Z** ή **a, b, c**.

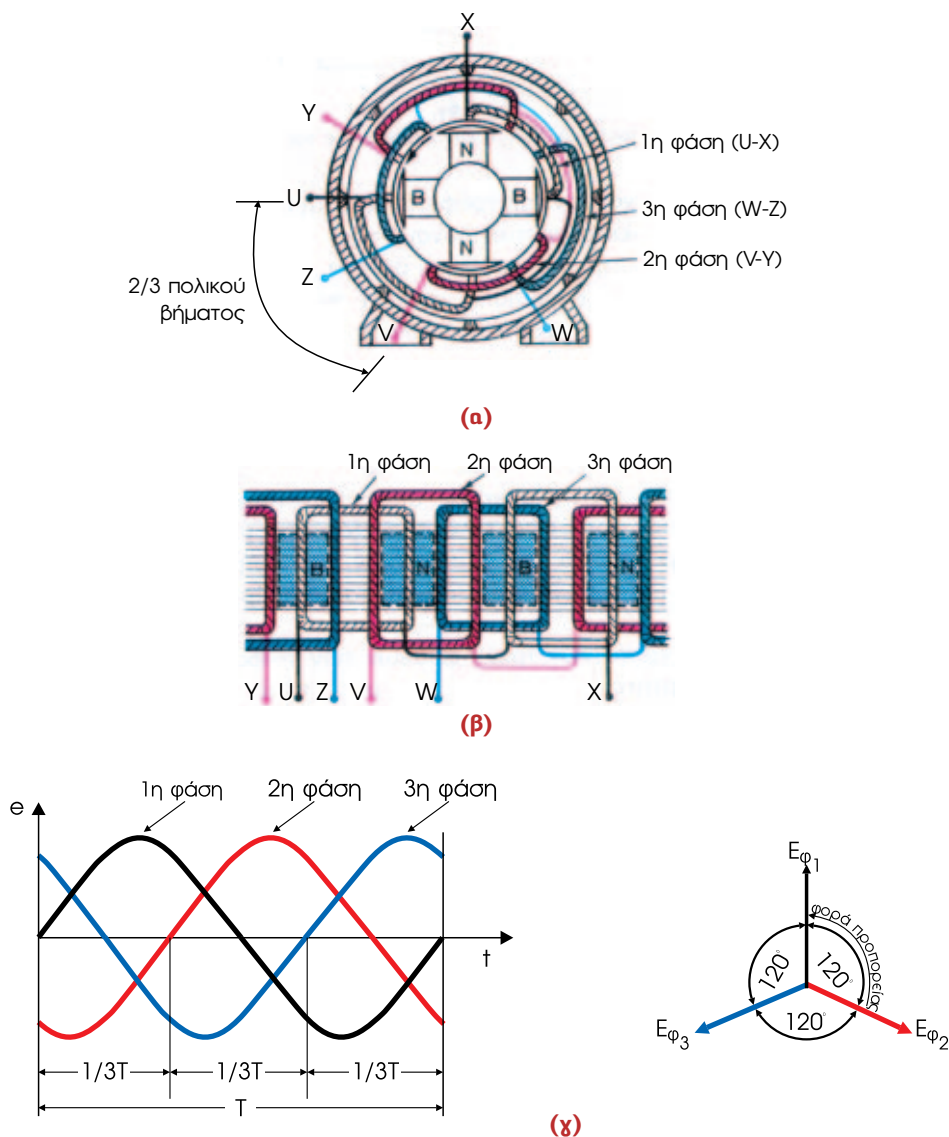
Το τύλιγμα **U-X** (ή **A-a**) αποτελεί την **πρώτη φάση**, το **V-Y** ή (**B-b**) τη **δεύτερη φάση** και το **W-Z** ή (**C-c**) τη **τρίτη φάση**.

➡ Ο πιο απλός 3~ εναλλακτήρας έχει στο επαγωγικό του τύμπανο τρεις όμοιες και ανεξάρτητες μεταξύ τους ομάδες, π.χ. τις A-a, B-b και C-c, τοποθετημένες **συμμετρικά, κατά $(360^\circ/3) 120^\circ$** (σχ. 3.15α). Απ’ αυτόν τον εναλλακτήρα μπορούμε να πάρουμε **τρεις (3) όμοιες και ανεξάρτητες Η.Ε.Δ.** ή με την κατάλληλη σύνδεση των ομάδων-φάσεων (σχ. 3.15β), **ένα τριφασικό σύστημα Η.Ε.Δ.**, όπως θα δούμε στη συνέχεια.



Σχ. 3.15: Στοιχειώδης 3~ εναλλακτήρας, με εσωτερικούς πόλους (α) και σύνδεση των τυλιγμάτων του σε Δ και Υ (β).

Στο σχήμα 3.16α φαίνεται ένας **τετραπολικός 3~ εναλλακτήρας, που στο επαγωγικό του τύμπανο έχει κανονικό τριφασικό τύλιγμα**, με ένα συγκρότημα δύο (2) ομάδων σε κάθε φάση. Όταν λέμε κανονικό τριφασικό τύλιγμα εννοούμε, ότι οι τρεις φάσεις τοποθετούνται στο επαγωγικό τύμπανο έτσι, ώστε η καθεμιά να απέχει από τις άλλες απόσταση ίση με τα 2/3 του πολικού βήματος, δηλ. της απόστασης μεταξύ δύο ετερώνυμων διαδοχικών πόλων. Όπως φαίνεται καλύτερα στο ανάπτυγμα του επαγωγικού τυμπάνου (σχ. 3.16β), κάθε ομάδα μιας φάσης καλύπτει απόσταση ίση με ένα διπλό πολικό βήμα, δηλ. **σε κάθε πολικό βήμα έχουμε ένα στοιχείο (μισή ομάδα) από κάθε φάση**.

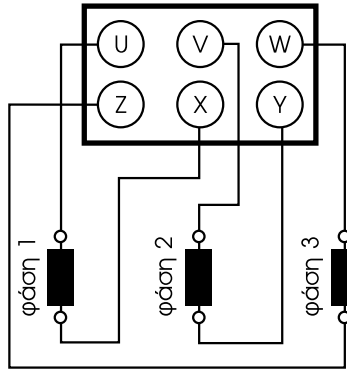


Σχ. 3.16: Μορφή τετραπολικού 3~ εναλλακτήρα (α), πηνία σε ανάπτυγμα (β) και Η.Ε.Δ. που παράγονται (γ).

Όπως είπαμε και προηγουμένως, σ' έναν 3~ εναλλακτήρα αναπτύσσονται τρεις Η.Ε.Δ., με την ίδια ενεργό τιμή και συχνότητα, που λέγονται φασικές Η.Ε.Δ. (E_{ϕ}) και οι οποίες έχουν μεταξύ τους φασική απόκλιση ίση με 120 ηλεκτρικές μοίρες ή $1/3$ της περιόδου T (σχ. 3.16γ).

Τα έξι ελεύθερα άκρα των τριών φάσεων του 3~ εναλλακτήρα, καταλήγουν στους **έξι ακροδέκτες** της μηχανής, όπως φαίνεται στο σχήμα 3.17, χωρίς οι τρεις φάσεις να συνδέονται μεταξύ τους. Ένα τέτοιο τριφασικό σύστημα, στο οποίο οι τρεις φάσεις είναι τελείως ανεξάρτητες μεταξύ τους, δηλ. δεν συνδέονται ηλεκτρικά, ονομάζεται **ανεξάρτητο τριφασικό σύστημα**. Στην περίπτωση αυτή, αν θέλαμε να τροφοδοτήσουμε ένα ηλ. δίκτυο, θα χρειαζόμασταν έξι (6) αγωγούς, πράγμα που είναι αντισυκο-

νομικό. Για το λόγο αυτό **στην πράξη οι τρεις φάσεις συνδέονται κατάλληλα μεταξύ τους**, με χάλκινα ή ορειχάλκινα λαμάκια, **ώστε να αποτελούν ένα αλληλένδετο τριφασικό σύστημα.**



Σχ. 3.17: Σύνδεση των τριών φάσεων με τους ακροδέκτες.

Όπως είδαμε και στους 3~ Μ/Σ, δύο είναι τα βασικά αλληλένδετα συστήματα:

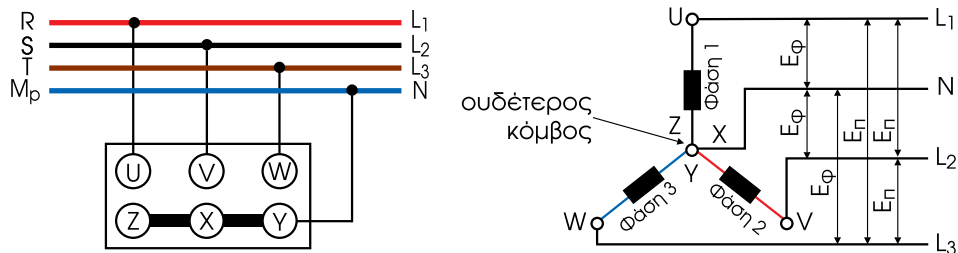
- το **αστεροειδές** ή η **σύνδεση σε αστέρα (Y)** και
- το **τριγωνικό** ή η **σύνδεση σε τρίγωνο (Δ)**.

Ανάλογα με το αν η **συνδεσμολογία των τυλιγμάτων** γίνεται σε **αστέρα** ή **τρίγωνο**, γίνεται και η κατάλληλη σύνδεση των ακροδεκτών, όπως φαίνεται στο σχήμα 3.18.

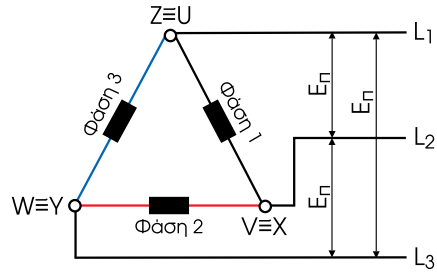
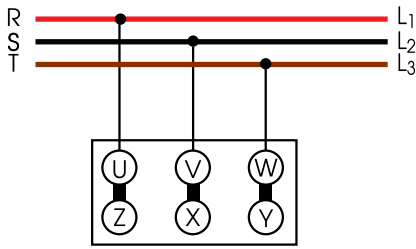
Στη σύνδεση σε αστέρα (Y), συνδέουμε μεταξύ τους τους ακροδέκτες Z, X και Y, δηλ. τα τέλη των φάσεων, **ώστε να αποτελούν ένα κοινό κόμβο, που λέγεται ουδέτερος κόμβος της μηχανής, ενώ στους τρεις ακροδέκτες U, V και W**, δηλ. τις αρχές των φάσεων, **συνδέουμε το τριφασικό δίκτυο.** Όταν το τριφασικό δίκτυο είναι τεσσάρων αγωγών, ο ουδέτερος αγωγός του δικτύου συνδέεται στον ουδέτερο κόμβο της μηχανής (σχ. 3.18α).

Στη σύνδεση σε τρίγωνο (Δ), συνδέουμε τις τρεις φάσεις σε σειρά, δηλ. τον ακροδέκτη X με τον V, τον Y με τον W και τον Z με τον U έτσι, **ώστε να αποτελέσουν (σχηματικά) ένα τρίγωνο.** Πρακτικά αυτό γίνεται στο κιβώτιο ακροδεκτών της μηχανής, με τρία χάλκινα ή ορειχάλκινα λαμάκια.

👉 Βασικό μειονέκτημα της σύνδεσης σε τρίγωνο, είναι ότι με τη σύνδεση αυτή μπορεί να τροφοδοτηθεί από τον εναλλακτήρα μόνο τριφασικό δίκτυο τριών αγωγών (σχ. 3.18β), δηλ. δίκτυο, που μας δίνει, όπως θα δούμε στην επόμενη ενότητα, μόνο μια τιμή Η.Ε.Δ. και τάσης.



(α)



(β)

Σχ. 3.18: Σύνδεση των φάσεων 3~ εναλλακτήρα και τροφοδοσία δικτύου.

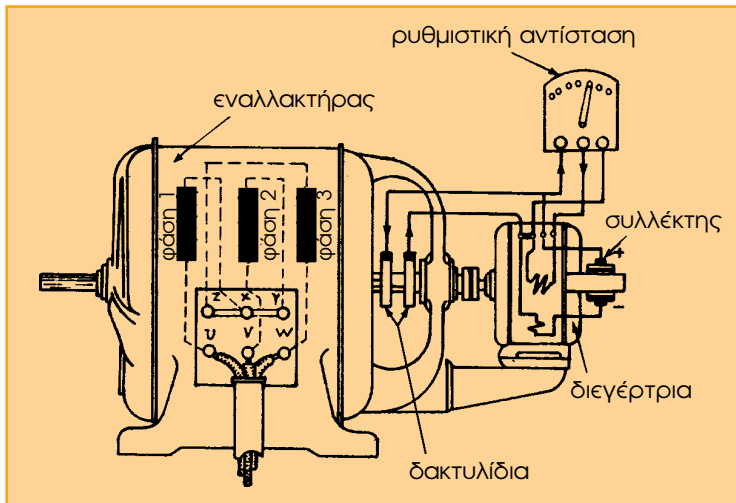
Σημείωση

Φασική Η.Ε.Δ. (E_{ϕ}) εναλλακτήρα, ονομάζουμε την εσωτερική ηλ. τάση που επικρατεί μεταξύ του ακροδέκτη μιας φάσης (U, V ή W) και του ουδέτερου κόμβου. Πολική (E_{π}) την τάση που επικρατεί μεταξύ των ακροδεκτών δύο φάσεων (σχ. 3.18).

Πιο απλά φασική είναι η Η.Ε.Δ. (εσωτερική ηλ. τάση) που μετριέται στα άκρα μιας φάσης και πολική είναι η τάση που μετριέται στα άκρα (μεταξύ) δύο αγωγών φάσεων (R, S, T ή L_1, L_2, L_3).

Στη σύνδεση αστέρα, είναι: $E_{\pi} = \sqrt{3} \cdot E_{\phi} = 1,73 \cdot E_{\phi}$ (3.9)

και στη σύνδεση τριγώνου: $E_{\pi} = E_{\phi}$ (3.10)



Σχ. 3.19: Πραγματική μορφή τετραπολικού 3~ εναλλακτήρα με εσωτερικούς πόλους.

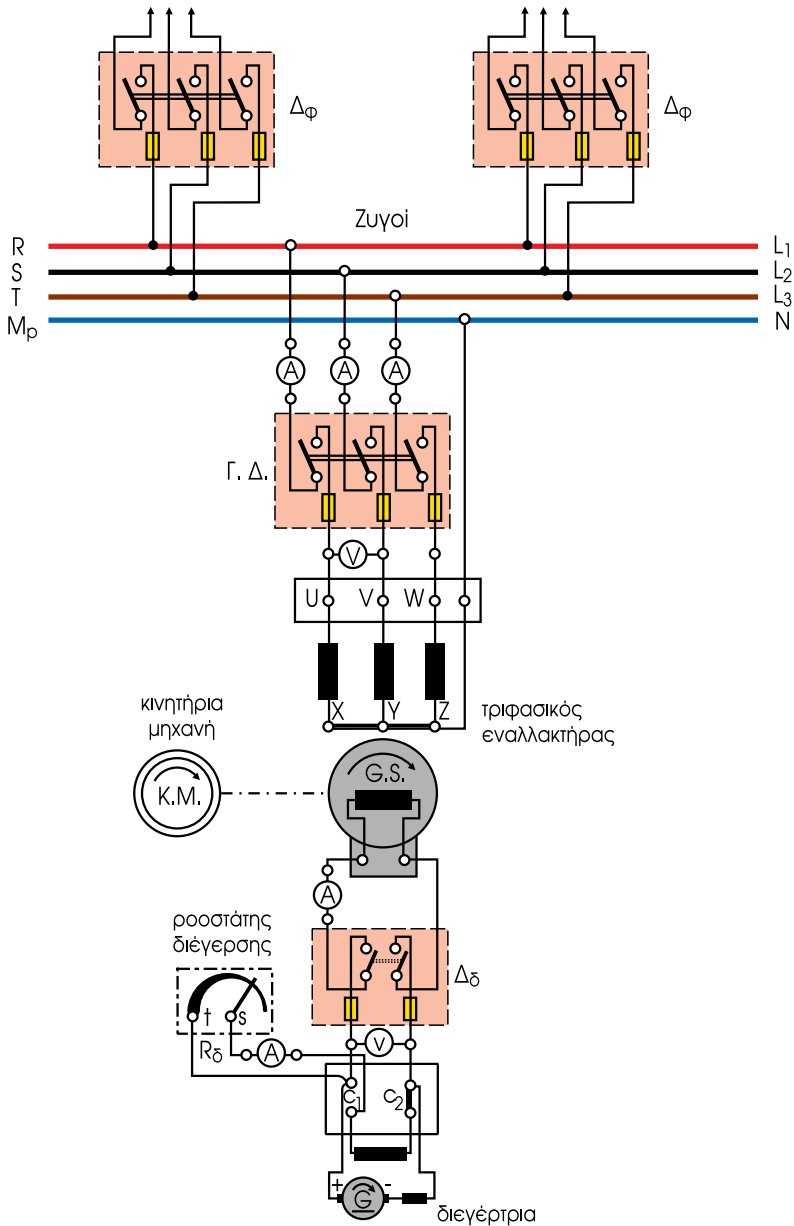
☞ Η ενεργός τιμή της Η.Ε.Δ., που δημιουργείται μέσα στο τύλιγμα κάθε φάσης ενός εναλλακτήρα, δηλ. η E_{ϕ} είναι ανάλογη:

- μιας κατασκευαστικής σταθεράς (συνήθως **2,22**),
- του αριθμού των ζευγών των μαγνητικών πόλων (**p**),
- της ταχύτητας περιστροφής (**n_s**),
- του αριθμού των συνδεδεμένων σε σειρά αγωγών κάθε φάσης (**w_φ**) και
- της χρήσιμης μαγνητικής ροής κάθε πόλου (**Φ**).

3.1.5. Λειτουργία και ρύθμιση τάσης εναλλκττήρα

1) Γενικά

Στο παρακάτω σχήμα 3.20 φαίνεται σε πολυγραμμικό σχέδιο ένας 3~ εναλλκττήρας, με σύνδεση των τυλιγμάτων του σε αστέρα, έτοιμος να τροφοδοτήσει 3~ ηλ. δίκτυο τεσσάρων αγωγών, σαν κι αυτό που χρησιμοποιούμε συνήθως στην πράξη.



Σχ. 3.20: Συνδεσμολογία 3~ εναλλκττήρα X.T., με σύνδεση αστέρα, μαζί με τα απαραίτητα όργανα ελέγχου.

Όπως στους Μ/Σ, έτσι και στους εναλλακτήρες έχουμε δύο λειτουργικές καταστάσεις:

- **τη λειτουργία χωρίς φορτίο** (μεταβατικό στάδιο), στην οποία ο εναλλακτήρας μας δίνει Η.Ε.Δ. (ή τάση στο κενό) και
- **τη λειτουργία με φορτίο**, στην οποία παίρνουμε τάση και Ε.Ρ., με το οποίο τροφοδοτούμε τους καταναλωτές που εξυπηρετεί ο εναλλακτήρας, δηλ. το φορτίο του.

Παρακάτω θα δούμε τη **λειτουργία** του **εναλλακτήρα** από το ξεκίνημά του και την παραγωγή Η.Ε.Δ., την κανονική του λειτουργία, δηλ. την παραγωγή της ονομαστικής του τάσης και τη φόρτισή του, μέχρι και τη ρύθμιση της τάσης εξόδου του. Θα κλείσουμε με τους σωστούς χειρισμούς για το σταμάτημά του.

2) Λειτουργία εναλλακτήρα χωρίς φορτίο

➡ Εκκίνηση και παραγωγή Η.Ε.Δ.

Πριν να ξεκινήσουμε έναν εναλλακτήρα πρέπει πρώτα να εξασφαλίσουμε τα κατάλληλα μέτρα προστασίας και ασφάλειας

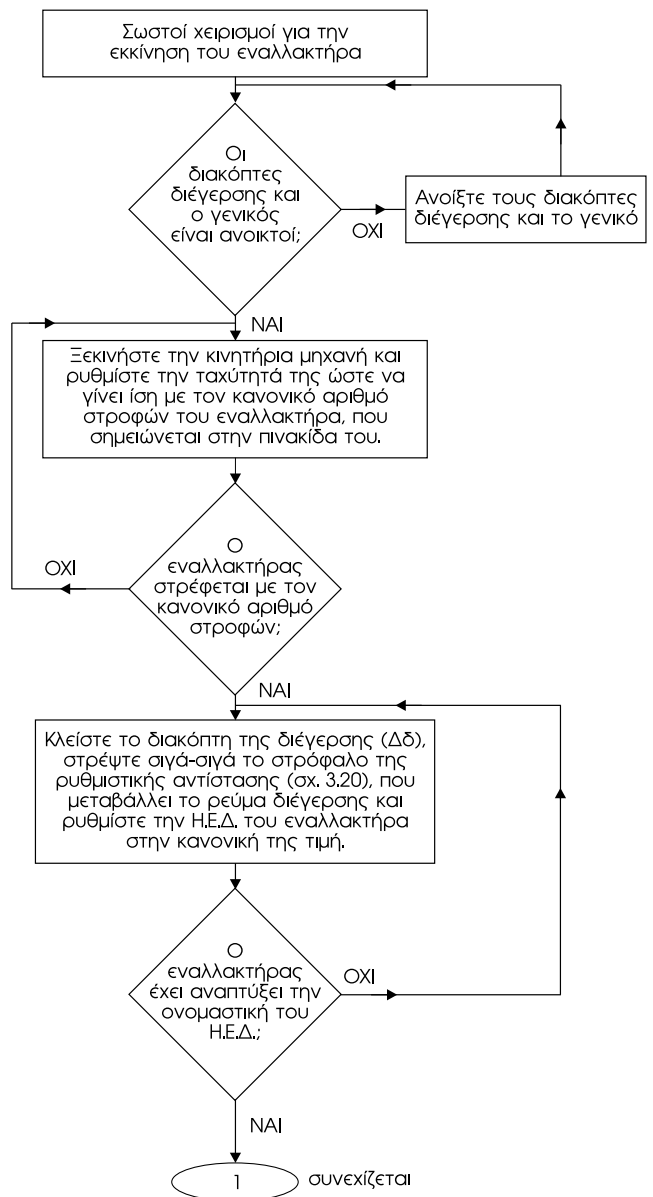
τόσο για την εγκατάσταση, όσο και για τους ανθρώπους που εργάζονται σ' αυτήν.

Για το σκοπό αυτό:

- **καθαρίζουμε** καλά το χώρο και τα μηχανήματα, απομακρύνοντας τα περιττά αντικείμενα,
- **ελέγχουμε** τη λίπανση των μηχανών και ό,τι άλλο κρίνουμε απαραίτητο.

- κάνουμε τις απαραίτητες **προκαταρκτικές εργασίες** στην κινητήρια μηχανή (Κ.Μ.), ανάλογα με το είδος της (π.χ. μπορεί να χρειάζεται προθέρμανση, καλύτερη λίπανση στο ξεκίνημα κ.λπ.) και στη συνέχεια ακολουθούμε τις οδηγίες του διπλανού διαγράμματος ροής (Δ.3.1).

Δ.3.1.

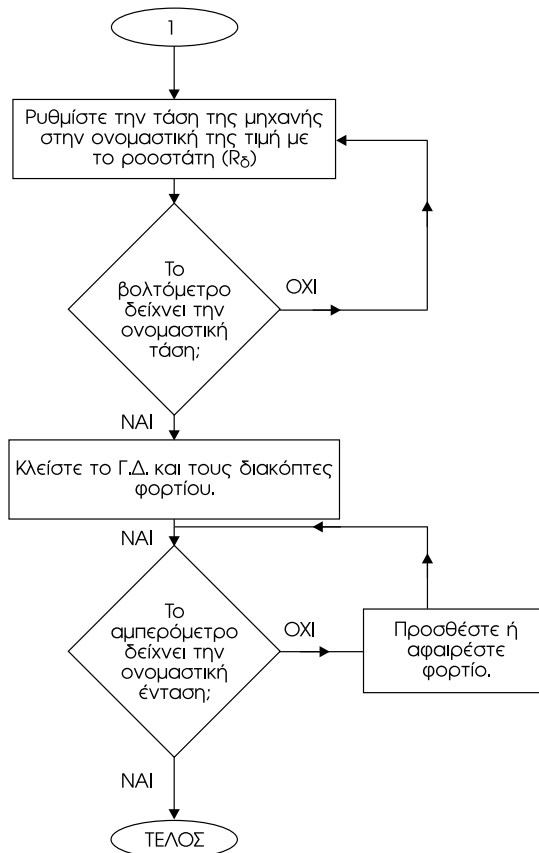


3) Λειτουργία εναλλακτήρα με φορτίο

➡ Παραγωγή ονομαστικής τάσης

Λέμε ότι ένας εναλλακτήρας λειτουργεί με φορτίο όταν τροφοδοτεί, μέσω των ακροδεκτών του, φορτίο, οπότε το κύκλωμα (τυλίγματα και δίκτυο) διαρρέεται από ρεύμα I (σχ. 3.20). Στην περίπτωση αυτή λειτουργεί η κινητήρια μηχανή και η διεγέρτρια όπως είδαμε στα προηγούμενα και αφού όλα πηγαίνουν καλά, κλείνουμε τον κύριο διακόπτη του εναλλακτήρα, οπότε τροφοδοτούνται οι ζυγοί (μπάρες). Έπειτα κλείνουμε έναν-έναν τους διακόπτες φορτίου ($\Delta\Phi$), φορτίζοντας τον εναλλακτήρα, όπως φαίνεται και στη συνέχεια του διαγράμματος ροής ($\Delta.3.2$).

$\Delta.3.2.$



Στη λειτουργία με φορτίο, για σταθερή ένταση διέγερσης και ταχύτητα περιστροφής, η τάση U του εναλλακτήρα δεν εξαρτάται μόνο από την ένταση φόρτισης (όπως στις γεννήτριες Σ.Ρ.), αλλά και από το είδος του φορτίου (ωμικό, επαγωγικό ή χωρητικό), που εξυπηρετεί.

➡ Φασικά και πολικά μεγέθη εναλλακτήρα

Φασικά μεγέθη (U_{ϕ} και I_{ϕ}) εναλλακτήρα ονομάζουμε τα μεγέθη (τάση και ένταση) που

αναφέρονται στις φάσεις του και πολικά (U_{π} και I_{π}) τα μεγέθη που αναφέρονται (μετριοῦνται) στους ακροδέκτες του και τους τροφοδοτικούς αγωγούς (R, S, T ή L_1, L_2, L_3).

Στην πράξη **χρησιμοποιούμε κυρίως** τα **πολικά μεγέθη**, χωρίς να σημειώνουμε το δείκτη (π).

Έτσι, όταν λέμε **τάση του εναλλακτήρα U**, εννοούμε την **πολική του τάση**, δηλ. την τάση μεταξύ δύο ακροδεκτών φάσεων (ή αγωγών R, S, T).

Επίσης, όταν λέμε **ένταση φορτίου I** του εναλλακτήρα, (θα) εννοούμε την **πολική ένταση**, δηλ. την ένταση γραμμής (I_R, I_S, I_T ή $I_{L_1}, I_{L_2}, I_{L_3}$).

☞ Μεταξύ φασικών και πολικών μεγεθών, ανάλογα με τον τρόπο σύνδεσης των φάσεων, ισχύουν οι σχέσεις:

Για σύνδεση των φάσεων σε Υ:

$$U_{\pi} = U = \sqrt{3} \cdot U_{\phi} \text{ και } I_{\pi} = I = I_{\phi} \quad (3.11)$$

Για σύνδεση των φάσεων σε Δ:

$$U_{\pi} = U_{\phi} \text{ και } I_{\pi} = I = \sqrt{3} \cdot I_{\phi} \quad (3.12)$$

Στα δίκτυα Χ.Τ. της Δ.Ε.Η. έχουμε:

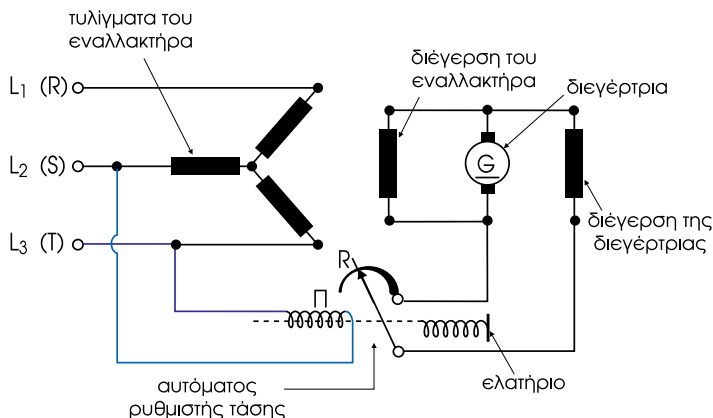
$U_{\phi} = 220\text{V}$ και $U_{\pi} = 380\text{V}$ και με τη νέα τυποποίηση $U_{\phi} = 230\text{V}$ και $U_{\pi} = 400\text{V}$.

4) Ρύθμιση τάσης εναλλακτήρα

Όπως είδαμε παραπάνω, η τάση ενός εναλλακτήρα μεταβάλλεται όχι μόνο από την ένταση φόρτισης, αλλά και από το είδος του φορτίου. Στην πράξη όμως **η τάση πρέπει να παραμένει σταθερή και ανεξάρτητη απ' τα φορτία**, ώστε να λειτουργούν σωστά οι καταναλωτές.

Για το σκοπό αυτό **ρυθμίζουμε κατάλληλα την ένταση διέγερσης (I_g)** του εναλλακτήρα, είτε **χειροκίνητα**, μεταβάλλοντας τη θέση της ρυθμιστικής αντίστασης, είτε **αυτόματα**, όταν ο εναλλακτήρας διαθέτει αυτόματο ρυθμιστή τάσης.

Ένας απλός τρόπος αυτόματης ρύθμισης της τάσης εξόδου εναλλακτήρα, φαίνεται στο παρακάτω σχήμα 3.21, όπου, παράλληλα με την τάση μεταξύ των ζυγών, συνδέεται το πηνίο Π του αυτόματου ρυθμιστή.



Σχ. 3.21: Αυτόματος ρυθμιστής τάσης.

➡️ Λειτουργία αυτόματου ρυθμιστή

Όταν η τάση εξόδου του εναλλακτήρα αυξηθεί (π.χ. λόγω μείωσης του φορτίου), θα αυξηθεί και το ρεύμα μέσα απ' το πηνίο Π του αυτόματου ρυθμιστή. Τότε το πηνίο θα έλξει τον οπλισμό του, που είναι ο μοχλός του ροοστάτη **R**, ώστε να προστεθεί αντίσταση στο κύκλωμα διέγερσης της διεγέρτριας (στο σχήμα σαν διεγέρτρια έχουμε μια γεννήτρια Σ.Ρ. παράλληλης διέγερσης). Η αύξηση της αντίστασης προκαλεί μείωση της έντασης διέγερσης, μείωση της μαγνητικής ροής των πόλων της διεγέρτριας και μείωση της τάσης της (U_g). Η μείωση της τάσης της διεγέρτριας θα προκαλέσει μείωση της έντασης διέγερσης του εναλλακτήρα, μείωση της μαγνητικής ροής των πόλων του και άρα μείωση της τάσης εξόδου του εναλλακτήρα και επαναφορά της στην κανονική της τιμή.

Αν αντίθετα ελαττωθεί η τάση εξόδου του εναλλακτήρα, τότε θα ελαττωθεί το ρεύμα μέσα απ' το πηνίο του αυτόματου ρυθμιστή και επομένως θα μειωθεί η δύναμη έλξης του. Τότε ο μοχλός του ροοστάτη θα κινηθεί προς τα δεξιά, λόγω της επενέργειας του ελατηρίου και θα ελαττώσει την αντίσταση διέγερσης της διεγέρτριας. Άρα θα συμβούν κατά σειρά, αλλά αντίστροφα, όλα όσα είπαμε πριν, με αποτέλεσμα να αυξηθεί η τάση εξόδου του εναλλακτήρα, δηλ. να επανέλθει και πάλι στην κανονική της τιμή.

Εκτός απ' τον τύπο του αυτόματου ρυθμιστή που περιγράψαμε, σήμερα χρησιμοποιούνται πάρα πολλοί τύποι, που βασίζουν τη λειτουργία τους στα **ηλεκτρονικά ισχύος**, με τα οποία πετυχαίνεται **πολύ γρήγορη αντίδραση ρύθμισης** και σε πολύ μικρά όρια μεταβολής της τάσης (μικρότερα και του 1/4 του Volt).

👉 Σημειώνουμε, τέλος, ότι η ισχύς που δίνει ένας εναλλακτήρας στο δίκτυο που τροφοδοτεί, όπως και στους Μ/Σ, διακρίνεται σε:

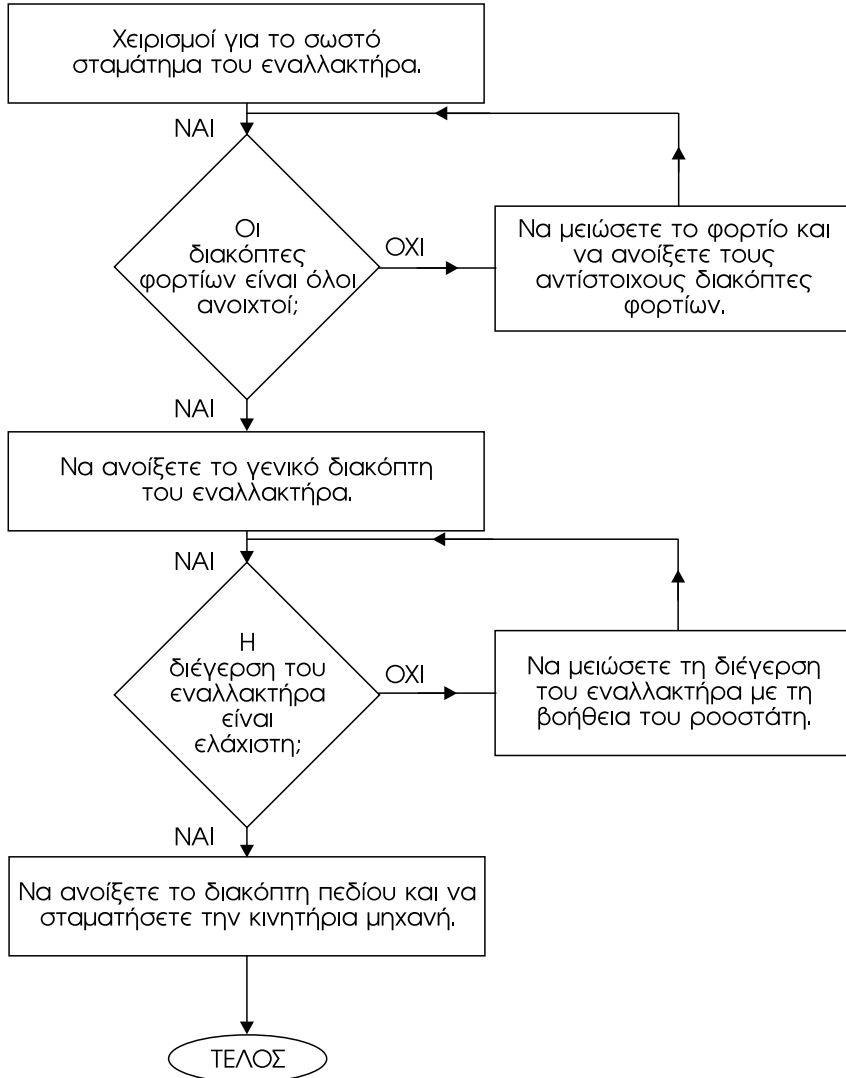
- φαινομένη (P_s),
- πραγματική (**P**) και
- άεργη (P_e).

Η πραγματική ισχύς **P** που δίνει ένας εναλλακτήρας στο δίκτυο, όπως και η πολική του τάση και ένταση (**U** και **I**), μπορούν να μετρηθούν, με τη βοήθεια οργάνων, κατά τη λειτουργία του.

Οι ισχείς (P_s , **P** και P_e) υπολογίζονται από τις σχέσεις που δώσαμε στον πίνακα 1.2, για τους Μ/Σ.

➤ Για το σταμάτημα του εναλλακτήρα κάνουμε τους χειρισμούς που φαίνονται στο διάγραμμα Δ.3.3.

Δ.3.3.



3.1.6. Ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη (Η/Ζ)

1) Γενικά

Υπάρχουν εφαρμογές στην πράξη, στις οποίες **δεν επιτρέπεται ούτε η παραμικρή διακοπή ηλεκτρικής ενέργειας**, όπως π.χ.

- σε ευαίσθητες βιομηχανικές και στρατιωτικές εγκαταστάσεις,
- στα κομπιούτερς κρατήσεως θέσεων μιας αεροπορικής εταιρίας,
- στο σύστημα On-line μιας τράπεζας,
- στα χειρουργεία ενός νοσοκομείου,
- σ' ένα δορυφορικό σταθμό κ.λπ.

Επίσης υπάρχουν περιπτώσεις που **το δίκτυο παροχής ηλ. ενέργειας**, π.χ. της Δ.Ε.Η., για πολλούς και διάφορους λόγους **δεν μπορεί να μας εξυπηρετήσει**, όπως συμβαίνει για παράδειγμα:

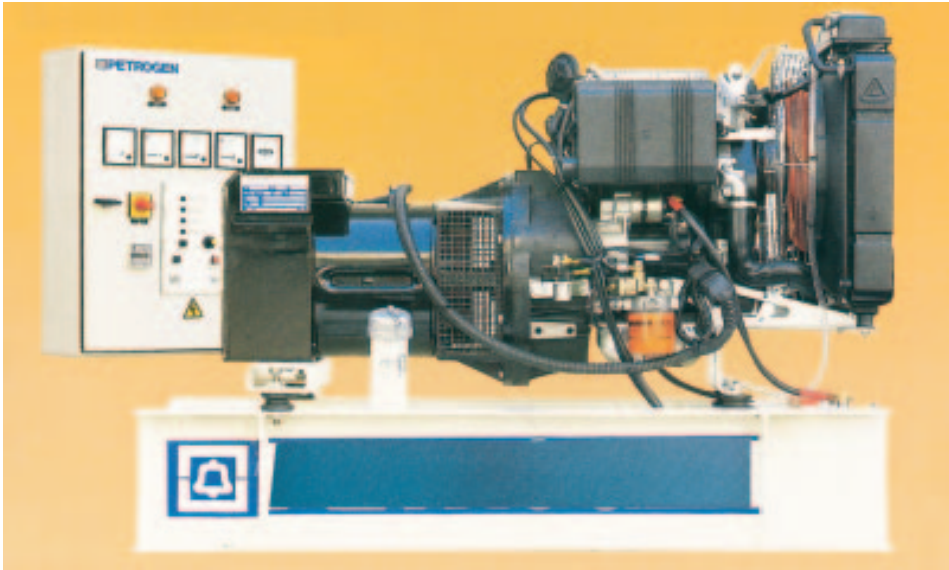
- σε μικρές (ορεινές ή νησιώτικες κυρίως) και απομονωμένες περιοχές,
- στις υπαίθριες συναυλίες και εκδηλώσεις (πανηγύρια),
- σε απομονωμένα σπίτια (βίλες),
- σε κατασκηνώσεις, στην εξοχή κ.λπ.

Για όλους τους παραπάνω λόγους και περιπτώσεις κατασκευάζονται και χρησιμοποιούνται **ειδικά ζεύγη μηχανών** - μιας **κινητήριας μηχανής** (Κ.Μ.) και μιας **ηλεκτρογεννήτριας** - που μας παράγουν ηλεκτρική ενέργεια, τα οποία λέγονται **Ηλεκτροπαραγωγά Ζεύγη (Η/Ζ)**. Το κύριο πλεονέκτημά τους είναι ότι μετακινούνται εύκολα και τοποθετούνται οπουδήποτε τα έχουμε ανάγκη (σχ. 3.22).



Σχ. 3.22.

☞ Σήμερα κατασκευάζονται **Η/Ζ σε διάφορα μεγέθη και τύπους**, ανάλογα με το σκοπό και την ισχύ τους, το είδος του ρεύματος που παράγουν κ.α. Άλλο Η/Ζ θα χρησιμοποιηθεί για την παροχή ηλ. ενέργειας, π.χ. σε περίπτωση ανάγκης σ' ένα νοσοκομείο (σχ. 3.23α) και άλλο για ένα απομονωμένο σπίτι (σχ. 3.23β). **Η ισχύς τους ξεκινά από 2kVA και φθάνει στα 2.000kVA.**



(α)



(β)

Σχ. 3.23: Η/Ζ μεγάλης (α) και μικρότερης ισχύος (β).

Στα Η/Ζ μεγάλης ισχύος χρησιμοποιείται πετρελαιοκινητήρας με καύσιμο πετρέλαιο Diesel (ντιζελοκινητήρας), σχεδόν σαν αυτόν των πετρελαιοκίνητων αυτοκινήτων, αλλά με μεγαλύτερη ιπποδύναμη, ενώ στα Η/Ζ μικρής ισχύος ένας μικρός βενζινοκινητήρας. Αυτό έχει άμεση σχέση βέβαια και με **το κόστος λειτουργίας** των Η/Ζ, τα οποία για μεγάλες ισχείς διαθέτουν μια τριφασική σύγχρονη γεννήτρια (**εναλλακτήρα**), ενώ για μικρότερες ισχείς μια μονοφασική γεννήτρια (**φορητή ηλεκτρογεννήτρια**).

Εδώ θα ασχοληθούμε με τα Η/Ζ μεγάλης ισχύος τα οποία, είτε μόνα τους (σχ. 3.24α) είτε δύο ή περισσότερα μαζί (σχ. 3.24β), αποτελούν ουσιαστικά ένα μικρό θερμικό σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.



(α)

Ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος
στρατιωτικών προδιαγραφών.



(β)

Εγκατάσταση 3 Η/Ζ 1200kVA
στην Ολυμπιακή Αεροπορία.

Σχ. 3.24.

2) Τεχνικά στοιχεία Η/Ζ

Στη συνέχεια αναφέρουμε τα κυριότερα τεχνικά χαρακτηριστικά και στοιχεία μεγάλων Η/Ζ, δηλ. τη συγκρότησή τους και το σκοπό κάθε μέρους, καθώς και το σύστημα ελέγχου και προστασίας, για την ασφαλή λειτουργία τους.

A. Συγκρότηση (βασικά μέρη) Η/Ζ

Το Η/Ζ παραδίδεται από τους κατασκευαστές πλήρες και έτοιμο για εγκατάσταση, με τα παρακάτω βασικά μέρη και παρελκόμενα:

1. τον **πετρελαιοκινητήρα**,
2. την **ηλεκτρογεννήτρια**,
3. τον **πίνακα ελέγχου και αυτοματισμού**,
4. τη **διπλή αντικραδασμική βάση**,
5. τους **ουσσωρευτές** με το σύστημα φόρτισής τους (μέσω Η/Ζ και μέσω δικτύου Δ.Ε.Η.),
6. το **ψυγείο** της μηχανής, ειδικά σχεδιασμένο και
7. το **σιγαστήρα** και το **σωλήνα απαγωγής** των καυσαερίων.

Επίσης κάθε Η/Ζ, είναι συνήθως εφοδιασμένο με κατάλληλα συστήματα απόσβεσης των ταλαντώσεων, ώστε να μην επηρεάζεται από τυχόν διαταραχές του δικτύου (απότομες ζεύξεις ή αποζεύξεις φορτίων, βραχυκυκλώματα κ.λπ.).

B. Πετρελαιοκινητήρας

Ο πετρελαιοκινητήρας των μεγάλων Η/Ζ είναι συνήθως τετράχρονος και υδρόψυκτος, τροφοδοτείται με ακάθαρτο πετρέλαιο και έχει σαν σκοπό την κίνηση της ηλεκτρογεννήτριας. Για την καλή και απρόσκοπτη λειτουργία του, έχει τον παρακάτω εξοπλισμό:

- **Κλειστό σύστημα κυκλοφορίας γλυκού νερού**, με ενισχυμένο ψυγείο, αντλία και ανεμιστήρα που κινούνται απ' αυτόν.

- **Σύστημα λίπανσης** με φίλτρο λαδιού και βαλβίδα και, **μανόμετρο**, για προστασία από χαμηλή πίεση του λιπαντέλαιου.
- **Ηλεκτρικό σύστημα εκκίνησης 12V ή 24V**, με ειδικό φορτιστή μπαταριών μολύβδου, βαρέως τύπου.
- **Ηλεκτρονικό ρυθμιστή στροφών** υψηλής ευαισθησίας, ώστε η διακύμανση στροφών να βρίσκεται σε συγκεκριμένα όρια, για όλες τις μεταβολές του φορτίου.
- **Φίλτρο αέρα και σύστημα προθέρμανσης του κινητήρα**, για την άμεση φόρτιση του Η/Ζ κατά την ξαφνική αυτόματη εκκίνηση.
- **Σωληνοειδές** (ειδικό ρελέ) για το σταμάτημα της μηχανής.
- **Πίνακα οργάνων ελέγχου** του πετρελαιοκινητήρα με μανόμετρο και θερμομέτρο νερού και λαδιού.

Γ. Αντικραδασμική βάση - ζεύξη

Η αντικραδασμική βάση, από χαλύβδινο ηλεκτροσυγκολλητό πλαίσιο, κατασκευάζεται έτσι, ώστε να μπορεί να στερεωθεί εύκολα σε σκυρόδεμα και να έχει ευκαμψία, για να εξασφαλίζεται η ευθυγράμμιση και η σταθερότητα της θέσης του Η/Ζ.

Η **ζεύξη** του πετρελαιοκινητήρα και της ηλεκτρογεννήτριας γίνεται μέσω **ισχυρού συνδεσμοθαλάμου**, ώστε να πετυχαίνεται η καλύτερη δυνατή ομοαξονική ζεύξη.

Η μετάδοση της κίνησης αποτελεί ένα ενιαίο ελαστικό σύνολο, χωρίς ενδιάμεση μεταλλική επαφή, τελείως αθόρυβο, ισχυρό και ευέλικτο.

Στη βάση υπάρχουν συνήθως ρεζερβουάρ πετρελαίου, με δείκτη στάθμης και για π.χ. 8ωρη λειτουργία, το ψυγείο νερού και οι συσσωρευτές (μπαταρίες) μολύβδου, σε ειδική υποδοχή.

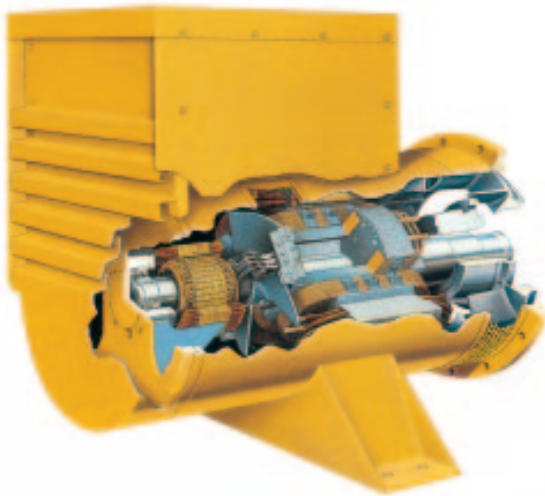
Δ. Ηλεκτρογεννήτρια (σχ. 3.25)

Η ηλεκτρογεννήτρια είναι εναλλασσόμενου ρεύματος, **σύγχρονη τριφασική, αυτο-ρυθμιζόμενη** και **αυτοδιειγρόμενη**, χωρίς ψήκτρες, που κατασκευάζεται σύμφωνα με ειδικές προδιαγραφές (π.χ. IEC 34-1, VDE 0530 κ.α.).

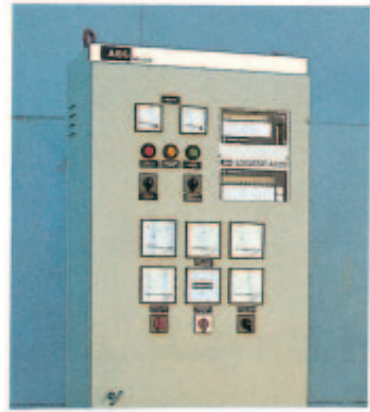
Οι ηλεκτρογεννήτριες των Η/Ζ δίνουν **τάση εξόδου 220V/380V** (ή **231V/400V**), περιστρέφονται συνήθως με **ταχύτητα 1.500 στρ/μίν** και είναι εφοδιασμένες με τα παρακάτω στοιχεία:

- **Αντιπαρασιτική διάταξη.**
- **Αυτόματο ηλεκτρονικό ρυθμιστή τάσης που διατηρεί την τάση σταθερή.** Π.χ. σε μια περιοχή $\pm 1,5\%$ της ονομαστικής τάσης των **400 V** σ' οποιαδήποτε μεταβολή του φορτίου, με σύγχρονη μεταβολή της συχνότητας και των στροφών (κατά $\pm 4,5\%$).
- **Ειδικό χρονορελέ για τη γρήγορη αποκατάσταση της τάσης**, με συνηθισμένο χρόνο μικρότερο από 0,25 sec.
- **Ποτενσιόμετρο, για την επιλογή της ονομαστικής τιμής της τάσης**, που τοποθετείται στον πίνακα.

Σημειώνουμε επίσης ότι η **επιτρεπόμενη υπερφόρτιση του Η/Ζ**, σύμφωνα με τους γερμανικούς κανονισμούς (DIN 6270) είναι: **10% για μία ώρα**, ανά έξι (6) ώρες.



Σχ. 3.25: Ηλεκτρογεννήτρια Η/Ζ, σε τομή.



Σχ. 3.26: Πίνακας αυτοματισμού Η/Ζ 100kVA.

Ε. Πίνακας αυτοματισμού (σχ. 3.26)

Ο πίνακας αυτοματισμού είναι ηλεκτρονικού τύπου, κατακόρυφος, εύκολα επισκεψιμος, χειριζόμενος από μπροστά, μέσα στον οποίο τοποθετείται όλο το ηλεκτρολογικό υλικό, εκτός από τα διάφορα όργανα ελέγχου και λειτουργίας που συνήθως είναι τοποθετημένα στην πόρτα του.

Ο πίνακας των Η/Ζ περιλαμβάνει, συναρμολογημένα, συνδεσμολογημένα και έτοιμα για λειτουργία:

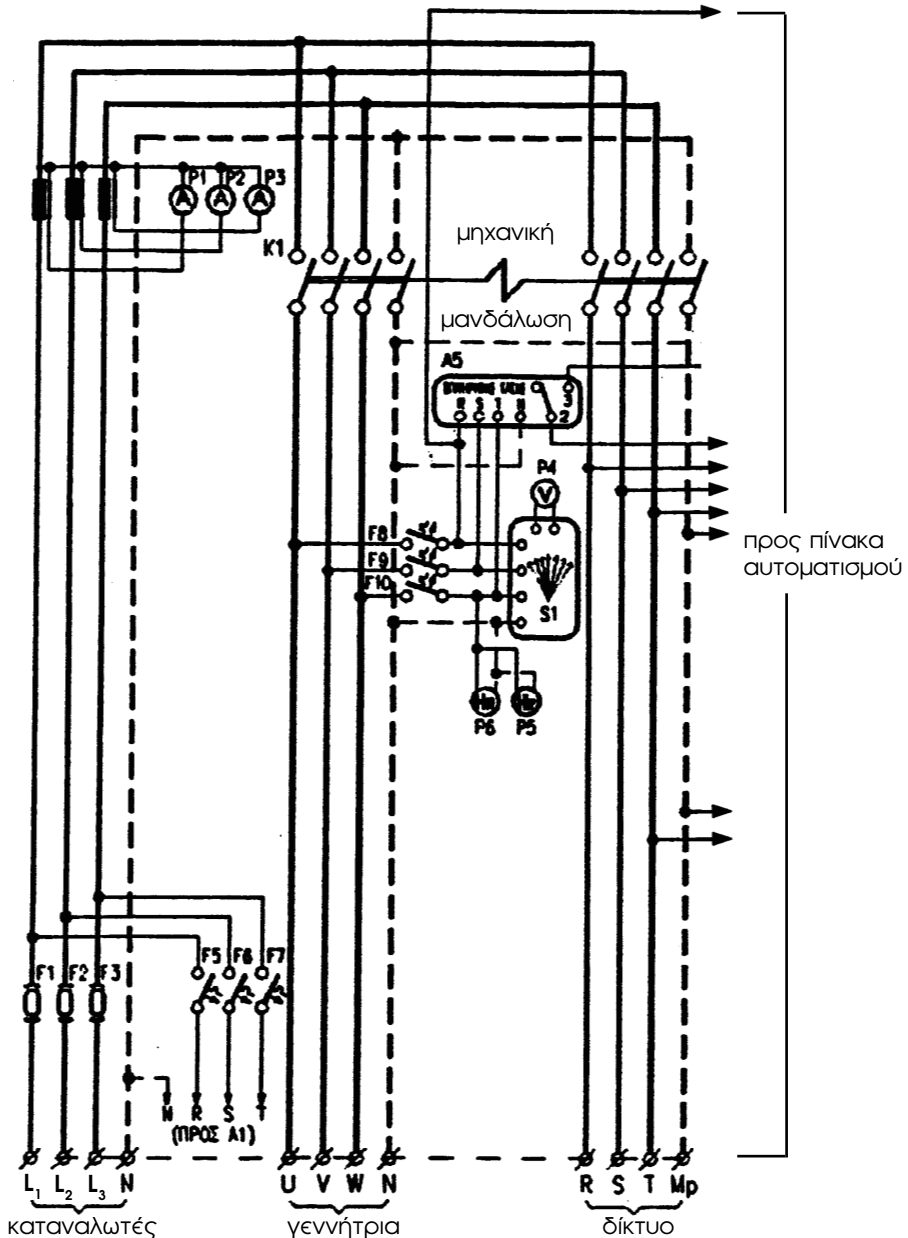
- Τρία (3) **αμπερόμετρα**.
- Ένα (1) **βολτόμετρο** με επιλογικό διακόπτη.
- Ένα (1) **συχνόμετρο**.
- Ένα (1) **ωρομετρητή**.
- Ένα (1) **αμπερόμετρο συνεχούς φόρτισης-εκφόρτισης** συσσωρευτών.
- Ένα (1) **τριπολικό αυτόματο διακόπτη** ή θερμικό ηλεκτρονόμο με μαγνητική και θερμική προστασία.
- Μία (1) **ανορθωτική διάταξη** για τη συντηρητική φόρτιση των μπαταριών εκκίνησης στη διάρκεια στάσης του Η/Ζ.
- Ένα (1) **σετ βοηθητικών ασφαλειών**.
- Ένα (1) **σετ ακροδεκτών** εισόδου-εξόδου.
- Δύο (2) **τετραπολικούς αεροδιακόπτες**, ηλεκτρικά και μηχανικά μανδαλωμένους, για τη μεταγωγή από το Η/Ζ στο δίκτυο και αντίστροφα.

Οι τετραπολικοί αεροδιακόπτες του εναλλακτήρα συνοδεύονται από θερμικό στοιχείο για την προστασία του από υπερφόρτιση και τρεις ασφάλειες για προστασία από βραχυκύκλωμα.

ΣΤ. Ακροδέκτες και συνδεσμολογία

Στο σχήμα 3.27 φαίνεται το **διάγραμμα** συνδεσμολογίας του **κυκλώματος ισχύος H/Z 800kVA**, στο οποίο διακρίνονται οι ακροδέκτες για τη σύνδεση με το δίκτυο, οι ακροδέκτες της ηλεκτρογεννήτριας και οι ακροδέκτες για τη σύνδεση των καταναλωτών.

➤ Το βοηθητικό κύκλωμα είναι συνήθως έτοιμο και συνδεσμολογημένο από τους κατασκευαστές των H/Z.



Σχ. 3.27: Διάγραμμα συνδεσμολογίας H/Z 800kVA.

Ζ. Ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου και προστασίας

Το σύστημα αυτό αποτελείται συνήθως από:

1. Επιλεκτικό διακόπτη για τις θέσεις **αυτόματο - χειροκίνητο - εκτός λειτουργίας** (AUTO/MANUAL/OFF).

2. Σύστημα ελέγχου για αυτόματη εκκίνηση του Η/Ζ σε περίπτωση απώλειας του δικτύου πόλης και **επιτηρητή τάσης δικτύου**.

Σε περίπτωση διακοπής ή πτώσης τάσης σε μια ή περισσότερες φάσεις κάτω από ένα προκαθορισμένο όριο (π.χ. 70% ή 80% της ονομαστικής τιμής), δίνεται εντολή εκκίνησης του Η/Ζ, μετά από μια χρονική καθυστέρηση μερικών δευτερολέπτων στον επιτηρητή λειτουργίας (ρυθμιζόμενο από 0,5÷60 sec) για την αποφυγή άσκοπων εκκινήσεων (π.χ. λόγω στιγμιαίων ή φαινομενικών πτώσεων τάσης).

Το Η/Ζ αναλαμβάνει το φορτίο του σε συνολικό χρόνο από 10÷15 sec, απ' τη στιγμή που θα εμφανισθεί η πτώση στο δίκτυο. Η μεταγωγή αυτή γίνεται μόνο όταν η παροχή της γεννήτριας έχει φθάσει στα επιτρεπτά όρια τάσης και συχνότητας.

3. Χρονοδιακόπτη εκκίνησης μηχανής (μίζα), που ρυθμίζεται από 3÷30 sec.

Αν για οποιοδήποτε λόγο δεν ξεκινά ο πετρελαιοκινητήρας, η προσπάθεια επαναλαμβάνεται άλλες δύο (2) φορές. Αν δεν γίνει εκκίνηση μετά τη τρίτη προσπάθεια ακολουθεί **οπτικό ή ηχητικό σήμα** (συναγερμός).

4. Χρονοδιακόπτη επιστροφής τάσης δικτύου πόλης, ρυθμιζόμενο από 0,25 ως 30 min.

5. Χρονοδιακόπτη κρατήματος μηχανής σε λειτουργία μετά την εμφάνιση τάσης του δικτύου πόλης, που ρυθμίζεται από 0,5÷20 min.

Δηλαδή, όταν το δίκτυο της πόλης επανέλθει στα ανεκτά όρια (ρυθμιζόμενα ανεξάρτητα στις τρεις φάσεις) και έχει γίνει η μεταγωγή του φορτίου στο δίκτυο πόλης, τότε δίνεται εντολή για να αρχίσει η διαδικασία κράτησης του Η/Ζ και επανένταξης με χρονική καθυστέρηση ρυθμιζόμενη από 0,5÷20 min για τη ψύξη του Η/Ζ.

Αν στο δίκτυο ξαναεμφανιστεί σφάλμα κατά τη διάρκεια αυτής της χρονικής καθυστέρησης, ακυρώνεται η εντολή "κράτησης του Η/Ζ" και γίνεται άμεση μεταγωγή του φορτίου στο Η/Ζ.


6. Επιτηρητή τάσης γεννήτριας.

➤ Όλες οι καταστάσεις λειτουργίας του Η/Ζ σημειώνονται με ειδικές **ενδεικτικές λυχνίες**. Συγκεκριμένα υπάρχει οπτική ένδειξη για τις παρακάτω καταστάσεις:

- Παροχή δικτύου κανονική.
- Φορτίο στο δίκτυο.
- Ενδεικτικό σφάλματος στην εκκίνηση.
- Ενδεικτικό υπερθέρμανσης της μηχανής.
- Ενδεικτικό τάσης γεννήτριας.
- Επιτηρητή υπερτάχυνσης του π/κινητήρα και ενδεικτικό.
- Ενδεικτικό χαμηλής στάθμης πίεσης λαδιού.
- Ενδεικτικό σφάλματος από βραχυκύκλωμα.
- Ενδεικτικό θέσης εντός λειτουργίας του συστήματος.
- Δοκιμή λυχνιών (Lamp test).
- Μπουτόν κατεπίγοντος σφάλματος.
- Οπτικοακουστικό σύστημα συναγερμού (alarm).

Αναφέρουμε τέλος ότι το Η/Ζ σταματάει αυτόματα όταν διαπιστωθεί:

- Υψηλή θερμοκρασία.
- Χαμηλή πίεση λιπαντέλαιου.
- Υπερτάχυνση π/κινητήρα.
- Υπερφόρτιση ηλ/γεννήτριας.
- Τάση γεννήτριας εκτός ορίων.
- Χαμηλή στάθμη υγρού ψύξης.
- Χαμηλή στάθμη καυσίμου στη δεξαμενή.
- Αποτυχία εκκίνησης μετά από τρεις (3) διαδοχικές προσπάθειες.

 Πολλοί κατασκευαστές Η/Ζ διαθέτουν και προγράμματα σε Η/Υ, για τον έλεγχο ασφαλούς λειτουργίας όλων των συστημάτων του.

3.1.7. Εφαρμογές εναλλακτών στα οχήματα

1) Γενικά

Ασφαλώς και γνωρίζουμε όλοι μας τις περισσότερες εφαρμογές της Ηλεκτρικής Ενέργειας (Η.Ε.), που εξαπλώνονται σ' όλους σχεδόν τους τομείς των δραστηριοτήτων μας. Γνωρίζουμε επίσης για τους μεγάλους σταθμούς παραγωγής Η.Ε. και τους **στροβιλλοεναλλακτήρες**, όπως και για τα Η/Ζ που είδαμε παραπάνω. Δεν γνωρίζουμε ίσως τις εφαρμογές της Η.Ε. και σε εξειδικευμένους τομείς, όπως οι **μεταφορές και οι συγκοινωνίες, που αναπτύσσονται πάρα πολύ γρήγορα με την ταυτόχρονη εξέλιξη των ανορθωτικών διατάξεων, των κινητήρων Ε.Ρ. και των εναλλακτών**.

Πριν από μερικά χρόνια, τόσο στο αυτοκίνητο (για την παραγωγή Η.Ε.), όσο και στην ηλεκτροκίνηση μεγάλων οχημάτων (ηλεκτρική έλξη), χρησιμοποιούσαμε γεννήτριες Σ.Ρ. **Οι όλο και αυξανόμενες, όμως, ανάγκες των σύγχρονων οχημάτων, οδήγησαν τους κατασκευαστές στη χρησιμοποίηση σύγχρονης γεννήτριας Ε.Ρ., δηλ. εναλλακτήρα.**

Ο εναλλακτήρας σε σχέση με την γεννήτρια Σ.Ρ. έχει πολλά πλεονεκτήματα, όπως π.χ. μεγαλύτερη διάρκεια ζωής, μικρότερο μέγεθος και βάρος (για την ίδια ισχύ), ευκολότερη ρύθμιση της τάσης εξόδου κ.α.

Παρακάτω θα δούμε πρώτα τους εναλλακτήρες που χρησιμοποιούνται στην ηλεκτρική έλξη και συγκεκριμένα στην κίνηση ηλεκτρικών σιδηροδρόμων. Στη συνέχεια θα δούμε τους εναλλακτήρες αυτοκινήτων και θα κλείσουμε με τη μετατροπή του παραγόμενου Ε.Ρ. σε Σ.Ρ. (στο αυτοκίνητο).

2) Εναλλακτήρες στην ηλεκτρική έλξη

Όπως αναφέραμε και στο κεφάλαιο των Μ/Σ (εν. 1.2.5) στην ηλ. έλξη χρησιμοποιούνται διάφορα συστήματα τροφοδοσίας. Για μεγάλες αποστάσεις έχουμε συστήματα μεταφοράς και διανομής με Ε.Ρ., το οποίο μπορεί να είναι μονοφασικό (1~) ή τριφασικό (3~), ανάλογα με το είδος των ηλεκτροκινητήρων έλξης. **Το Ε.Ρ. που χρησιμοποιείται στην ηλ. έλξη προέρχεται είτε από το δίκτυο ηλεκτροδότησης, είτε από ιδιαίτερους εναλλακτήρες (1~ ή 3~) που ονομάζονται εναλλακτήρες (ηλεκτρικής) έλξης.**

Οι 1~ εναλλακτικές έλξης χρησιμοποιούνται συνήθως στους ηλεκτροκίνητους σιδηροδρόμους που κινούνται μέσα στις πόλεις (μετρό) ή και γύρω απ' αυτές, και κατασκευάζονται για τάσεις και συχνότητες:

- $U=16.000V$ και $f=16 \frac{2}{3}Hz$ (για την Ευρώπη) και
- $U=11.000V$ και $f=25Hz$ (για την Αμερική).

Οι συχνότητες των $16 \frac{2}{3}$ και $25Hz$, για την ηλ. έλξη, αντί των 50 και $60Hz$, προτιμήθηκαν, γιατί μ' αυτές λειτουργούν καλύτερα οι μονοφασικοί κινητήρες έλξης, που είναι **ασύγχρονοι κινητήρες** (σειράς) **με συλλέκτη**.

Τα τελευταία χρόνια, που τελειοποιήθηκε η κατασκευή των **ασύγχρονων 3~ κινητήρων (Α.Τ.Κ.)**, άρχισε να χρησιμοποιείται για την ηλεκτρική έλξη ο **3~ εναλλακτήρας με συχνότητα 50Hz** στην Ευρώπη και $60Hz$ στην Αμερική. Με τους Α.Τ.Κ. πετυχαίνουμε μεγαλύτερες ταχύτητες, γι' αυτό χρησιμοποιούνται στους μεγαλύτερους ηλ. σιδηροδρόμους, μεταξύ πόλεων (ή και χωρών).

Οι εναλλακτήρες έλξης μπορεί να βρίσκονται σε ιδιαίτερους σταθμούς παραγωγής, οπότε η τροφοδότηση του δικτύου έλξης γίνεται με ενδιάμεσους υποσταθμούς ή πάνω στο όχημα, δηλ. στην **ηλεκτράμαξα**, μαζί με τον Μ/Σ έλξης. Αυτό γίνεται συνήθως στους μεγάλους ηλεκτροκίνητους σιδηροδρόμους, που αναπτύσσουν ταχύτητες πάνω από $200km/h$. Σ' αυτούς ο εναλλακτήρας κινείται από έναν νηξελοκίνητο, δηλ. **η μηχανή έλξης** αποτελεί ουσιαστικά ένα **ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος (Η/Ζ)**, μ' όλα τα απαραίτητα (βοηθητικά) εξαρτήματά του (σχ. 3.28).



Σχ. 3.28: Η/Ζ με νηξελοκίνητο - 3~εναλλακτήρα για ασύγχρονο ηλεκτροκίνητο τρένο.

Οι νέες **μηχανές έλξης DE 2000** (ντηζελοηλεκτρικές ή δηζελοηλεκτρικές) του Ο.Σ.Ε. (σχ. 3.29), έχουν σχεδιαστεί έτσι, ώστε -μετά την ολοκλήρωση του έργου της ηλεκτροκίνησης- να μετατραπούν σε **ηλεκτράμαξες**, αξιοποιώντας τα πλεονεκτήματα της τεχνολογίας τριφασικής έλξης και στο ελληνικό δίκτυο.

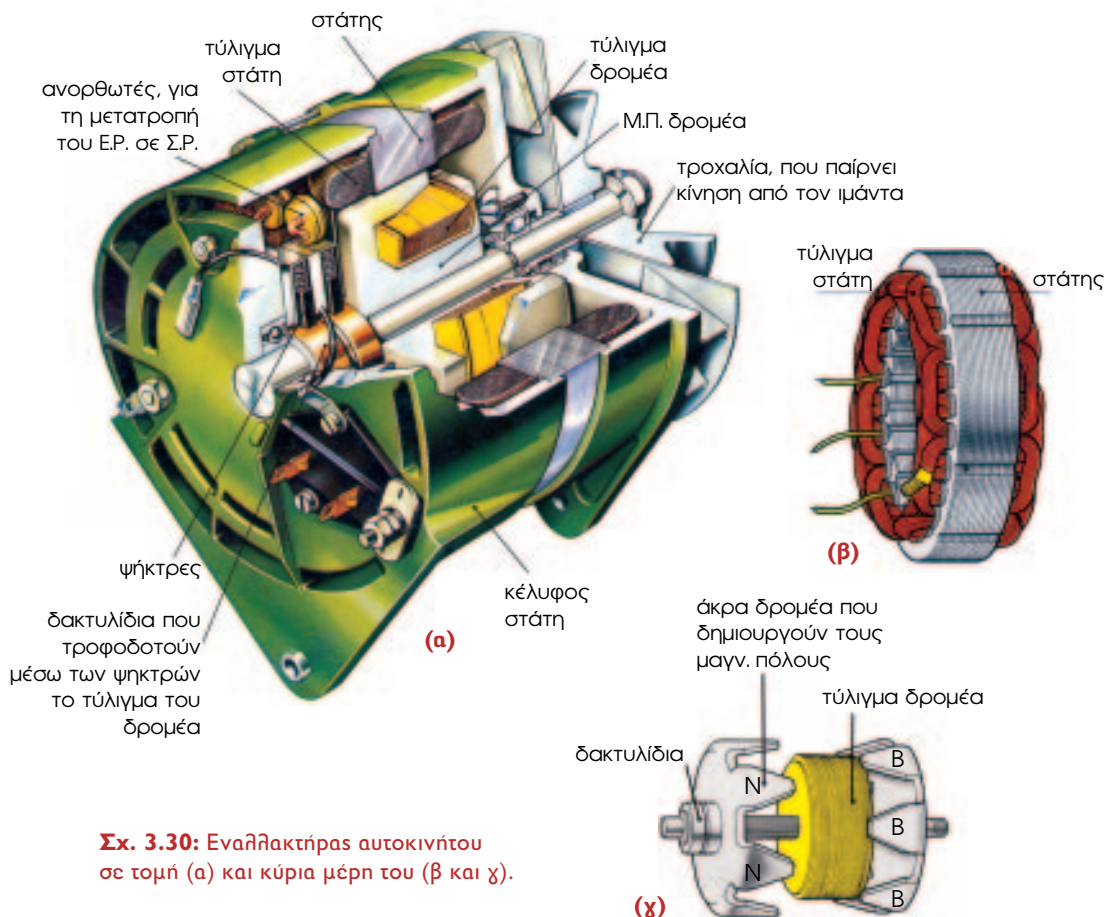
Το έργο της ηλεκτροκίνησης του Ο.Σ.Ε. αναμένεται να ολοκληρωθεί το 2001, με την ταυτόχρονη σύνδεση του Ελληνικού δικτύου με τα Ευρωπαϊκά. Για το σκοπό αυτό θα κατασκευασθούν **υποσταθμοί έλξης** κατά μήκος του δικτύου, που θα μετατρέπουν το ρεύμα των 150kV του εθνικού δικτύου σε 25kV για την **τροφοδότηση της εναέριας γραμμής ηλεκτροδότησης** των ηλ. μηχανών έλξης.



Σχ. 3.29: Η νέα μηχανή έλξης DE 2000, του Ο.Σ.Ε.

3) Εναλλακτήςρας αυτοκινήτων

Ο εναλλακτήςρας αποτελεί ένα από τα κυριώτερα μέρη του συστήματος φόρτισης του αυτοκινήτου. Σκοπός του συστήματος είναι η παραγωγή, η ρύθμιση και η αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας (Η.Ε.). Η παραγωγή Η.Ε. γίνεται με τον **εναλλακτήρα** ή εναλλάκτη, η ρύθμιση μ' έναν **ρυθμιστή τάσης** και η αποθήκευση μ' ένα **συσσωρευτή**.



Σχ. 3.30: Εναλλακτήςρας αυτοκινήτου σε τομή (α) και κύρια μέρη του (β και γ).

🔧 Παλιότερα για την παραγωγή Η.Ε. στο αυτοκίνητο χρησιμοποιούσαμε μια **γεννήτρια Σ.Ρ.** (το γνωστό μας **δυναμό**). Οι όλο και αυξανόμενες, όμως, ανάγκες των σύγχρονων αυτοκινήτων, οδήγησαν τους κατασκευαστές -από το 1960 και μετά- στη χρησιμοποίηση **σύγχρονης γεννήτριας Ε.Ρ.**, δηλ. **εναλλακτήρα**.

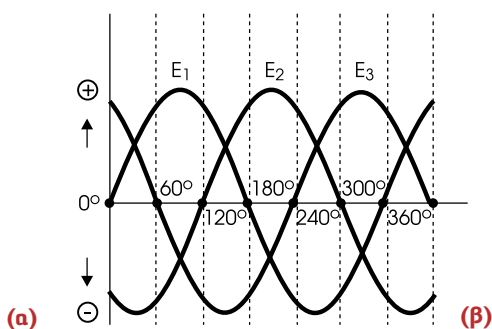
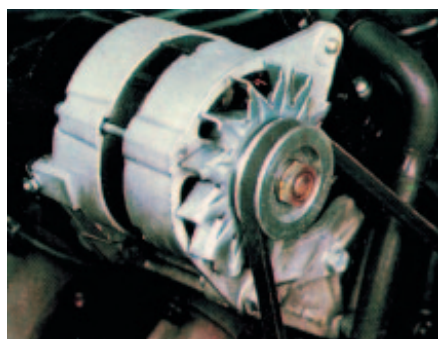
Ο **εναλλακτήρας** που χρησιμοποιείται στο αυτοκίνητο είναι κατά κανόνα **τριφασικός (3~) με εσωτερικούς πόλους** και, όπως θα δούμε στη συνέχεια, **αυτοδιειγρόμενος**. Όπως φαίνεται και στο σχήμα 3.30, αποτελείται βασικά από:

α. το **δρομέα**, **β.** το **στάτη** και **γ.** την **ανορθωτική διάταξη** με τις **διόδους**.

Ο δρομέας περιλαμβάνει τον **άξονα**, τα **δακτυλίδια**, στα οποία εφάπτονται οι ψήκτρες (που βρίσκονται στον ψηκτροφορέα), τον **πυρήνα** με τους μαγνητικούς πόλους και το **τύλιγμα διέγερσης**. Ο στάτης περιλαμβάνει το **επαγωγικό τύμπανο, με τον πυρήνα και το 3~ τύλιγμα**, τη **θήκη ψηκτρών και διόδων** και τα **καλύμματα**. Τέλος, η ανορθωτική διάταξη περιλαμβάνει τους **ειδικούς ημιαγωγούς** (διόδους) και έχει σκοπό να μετατρέπει το παραγόμενο απ' τον εναλλακτήρα Ε.Ρ. σε Σ.Ρ., για τις ανάγκες της εγκατάστασης του αυτοκινήτου.

Στη πράξη οι μαγνητικοί πόλοι δημιουργούνται από τα άκρα των δύο μεταλλικών τμημάτων του δρομέα που προεξέχουν (σχ. 3.30γ), όταν μέσα απ' το τύλιγμα διέγερσης περάσει Σ.Ρ. Το τύλιγμα διέγερσης συνδέεται με το συσσωρευτή, μέσω δύο μονωμένων δακτυλιδιών (που γυρίζουν μαζί με τον άξονα), πάνω στα οποία εφάπτονται δύο σταθερές ψήκτρες (καρβουνάκια).

Ο εναλλακτήρας του αυτοκινήτου παίρνει κίνηση **-μέσω ιμάντα-** από το στροφαλοφόρο άξονα της μηχανής (σχ. 3.31α), δηλ. παίρνει μηχανική ενέργεια και παράγει ηλ. ενέργεια με τη μορφή 3~ Ε.Ρ. (σχ. 3.31β) Η **λειτουργία** του είναι ίδια μ' αυτή των 3~ εναλλακτάρων με εσωτερικούς πόλους που εξετάσαμε στην ενότητα 3.1.2.



Σχ. 3.31: Θέση εναλλακτήρα στο αυτοκίνητο (α) και 3~ σύστημα Η.Ε.Δ. που παράγει (β).

Η **αυτοδιέγερση του εναλλακτήρα** επιτυγχάνεται, όπως και στις γεννήτριες Σ.Ρ., από τον **παραμένοντα μαγνητισμό** των πόλων, που δημιουργεί στην αρχή ένα αδύνατο ρεύμα, το οποίο αυξάνεται σταδιακά με τη λειτουργία του. Επιπλέον, χρησιμοποιούνται και διάφορα **κυκλώματα προδιέγερσης**, όπως π.χ. "λαμπήρας ελέγχου φόρτισης", "λαμπήρας και ρελέ πεδίου" κ.α.

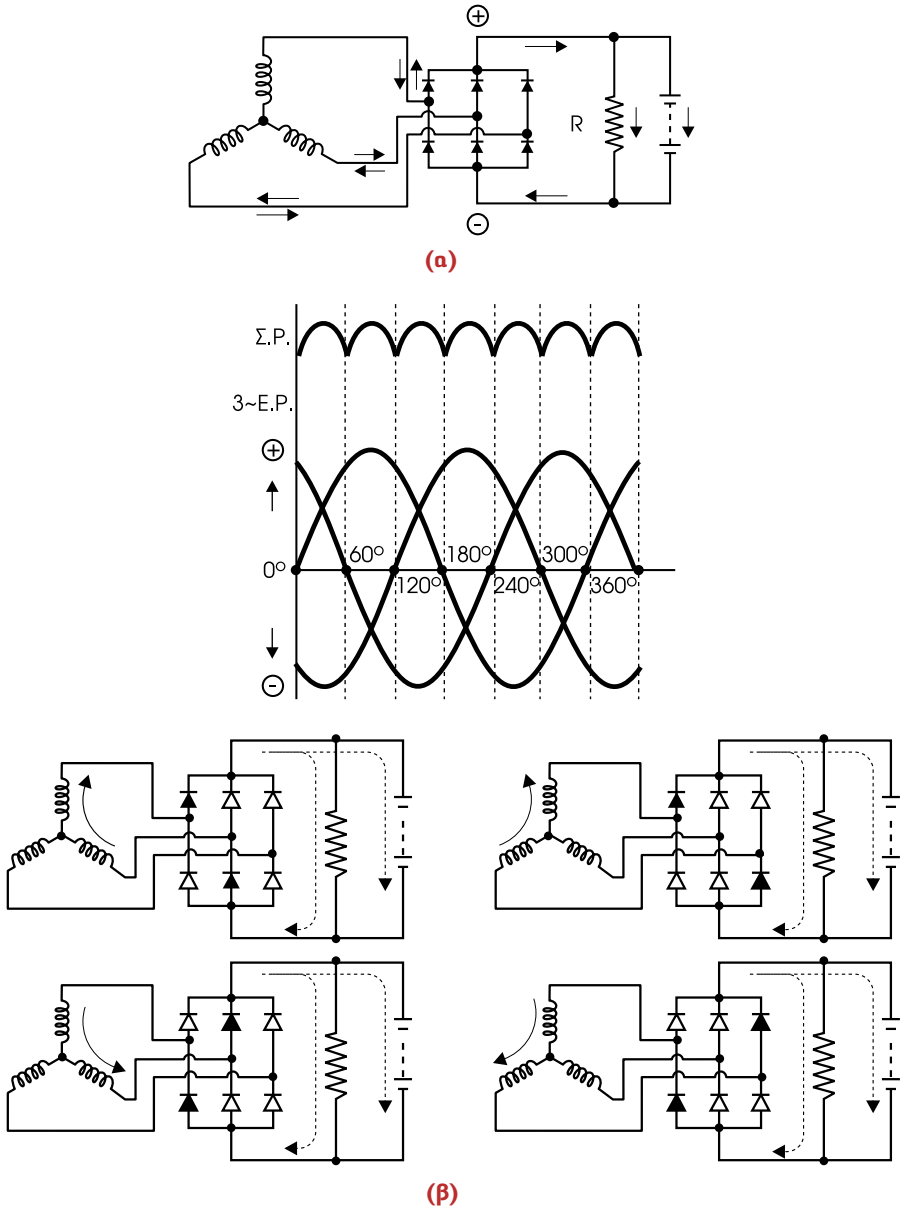
Στους εναλλακτάρους των αυτοκινήτων η σύνδεση των τριών (3) φάσεων γίνεται συνήθως σε αστέρα, όπως θα δούμε παρακάτω (σχ. 3.32).

4) Μετατροπή του παραγόμενου Ε.Ρ. σε Σ.Ρ.

Για τη μετατροπή του παραγόμενου απ' τον εναλλακτήρα Ε.Ρ. σε Σ.Ρ., για τη τροφοδότηση των καταναλωτών και τη φόρτιση της μπαταρίας του αυτοκινήτου, χρησιμοποιείται **κατάλληλη ανορθωτική διάταξη με διόδους**.

Η ανορθωτική διάταξη έχει συνήθως τη μορφή γέφυρας και αποτελείται από έξι (6) διόδους (σχ. 3.32α).

Οι διόδοι (ημιαγωγοί) επιτρέπουν τη διέλευση του ρεύματος μόνο κατά τη μια (θετική) ημιπερίοδο του Ε.Ρ., με αποτέλεσμα μέσα από έναν καταναλωτή R και το συσσωρευτή (μπαταρία) να περνά πάντα **συνεχές ρεύμα** (σχ. 3.32β).



Σχ. 3.32: Μετατροπή του Ε.Ρ. σε Σ.Ρ., με διόδους.

☞ Στην ηλ. έλξη και όπου απαιτείται Σ.Ρ., όπως π.χ. στους Η.Σ.Α.Π. (σχ. 3.33α) έχουμε μεγαλύτερα ανορθωτικά συγκροτήματα που περιλαμβάνουν Μ/Σ και **ανορθωτές υδραργύρου ή διόδων ισχύος** (σχ. 3.33β).



(α)



(β)

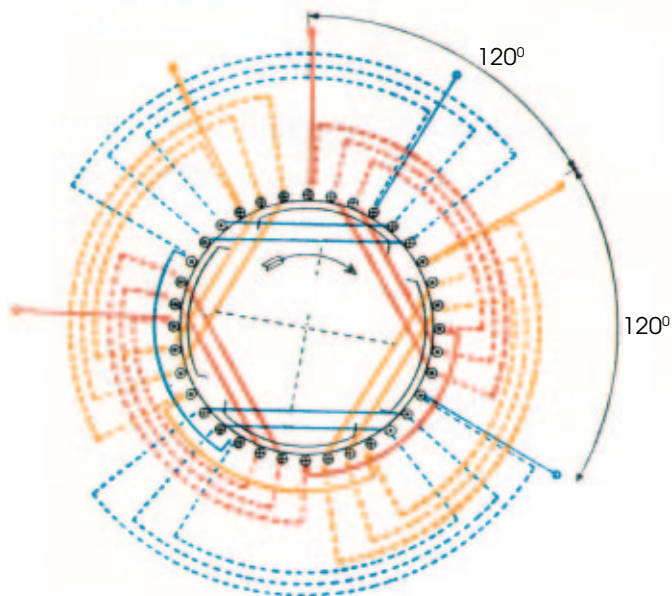
Σχ. 3.33: Συρμός Η.Σ.Α.Π. (α) και ανορθωτικό συγκρότημα ηλ. έλξης (β).

3.1.8. Ερωτήσεις

1. Με ποιους τρόπους μπορούμε να πάρουμε Η.Ε.Δ. από επαγωγή, ημιτονοειδούς μορφής; Τι προκαλεί αυτή αν κλείσουμε το ηλ. κύκλωμα;
2. Τι ονομάζουμε εναλλασσόμενο ρεύμα (Ε.Ρ.);
Ποιο Ε.Ρ. χρησιμοποιείται στη πράξη; (Σχεδιάστε τη μορφή του).
3. Ποια τα βασικά χαρακτηριστικά του Ε.Ρ. (ημιτονοειδούς μορφής);
4. Τι ονομάζουμε περίοδο και τι συχνότητα Ε.Ρ.; Ποιές οι μονάδες τους;
5. Ποια τιμή των εναλλασσόμενων μεγεθών χρησιμοποιούμε στη πράξη;
Πώς υπολογίζεται αυτή;
6. Τι ονομάζουμε εναλλακτήρα; Πώς διακρίνονται οι εναλλακτήρες και ποια τα χαρακτηριστικά τους;
7. Ποια η αρχή λειτουργίας των εναλλακτών με εσωτερικούς πόλους;
8. Πώς συνδέονται μεταξύ τους η συχνότητα της παραγόμενης Η.Ε.Δ., τα ζεύγη πόλων και η ταχύτητα περιστροφής εναλλακτήρα;
9. Από τι αποτελείται ο στάτης των εναλλακτών με εσωτερικούς πόλους;
Πού καταλήγουν τα άκρα των τυλιγμάτων Ε.Ρ.;
10. Ποιος εναλλακτήρας λέγεται μονοφασικός και ποιος τριφασικός; Πόσα άκρα έχει το τύλιγμα Ε.Ρ. σε κάθε περίπτωση; Πού συνδέονται και πώς συμβολίζονται;
11. Πώς συνδέονται μεταξύ τους οι τρεις (3) φάσεις εναλλακτήρα;
Ποια συνδεσμολογία χρησιμοποιείται περισσότερο στην πράξη και γιατί;
12. Πότε λέμε ότι ένας εναλλακτήρας λειτουργεί χωρίς φορτίο και πότε με φορτίο;
13. Πώς ρυθμίζεται η τάση εξόδου εναλλακτήρα; Πού επεμβαίνουμε;
14. Τι ονομάζουμε Ηλεκτροπαραγωγό Ζεύγος (Η/Ζ); Πού χρησιμοποιείται;
Ποιο το κύριο χαρακτηριστικό των Η/Ζ;
15. Ποια τα βασικά μέρη (εξαρτήματα) των Η/Ζ;
16. Τι περιλαμβάνει συνήθως η ηλεκτρογεννήτρια (εναλλακτήρας) ενός Η/Ζ;
17. Ποια τα επιτρεπόμενα όρια φόρτισης ενός Η/Ζ;
18. Πώς συμβολίζονται οι ακροδέκτες Η/Ζ;
Από ποιες βασικές ηλ. γραμμές αποτελείται η συνδεσμολογία των Η/Ζ;
19. Ποια μέτρα προστασίας λαμβάνονται για την ασφαλή λειτουργία των Η/Ζ;
Τι περιλαμβάνει ένα ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου και προστασίας;
20. Ποιες οι κυριότερες εφαρμογές των εναλλακτών στα οχήματα;
Τι λέμε εναλλακτères έλξης;

31. Ο εναλλακτήρας που έχει ένα μόνο τύλιγμα, στο επαγωγικό του τύμπανο, με δύο ελεύθερα άκρα, π.χ. τα U και V, ονομάζεται:
- α. απλός.
 - β. σύγχρονος.
 - γ. ασύγχρονος.
 - δ. μονοφασικός.
 - ε. διφασικός.
32. Από τους ακροδέκτες 1~ εναλλακτήρα μπορούμε να τροφοδοτήσουμε:
- α. μικρό φορτίο ΣΡ.
 - β. μονοφασικό φορτίο.
 - γ. διφασικό φορτίο.
 - δ. τριφασικό φορτίο.
 - ε. οποιοδήποτε φορτίο.
33. Οι 3~ εναλλακτήρες έχουν στο επαγωγικό τους τύμπανο τρία όμοια και ανεξάρτητα μεταξύ τους μονοφασικά τυλίγματα που ονομάζονται:
- α. ομάδες τυλίγματος.
 - β. σύνολα ομάδων.
 - γ. αλληλένδετα.
 - δ. φάσεις.
34. Το βασικό πλεονέκτημα της σύνδεσης των τυλιγμάτων ενός εναλλακτήρα, σε αστέρα, είναι ότι έτσι μπορούμε να τροφοδοτήσουμε:
- α. δίκτυο τριών αγωγών.
 - β. 3~ καταναλωτές.
 - γ. μεγάλους καταναλωτές.
 - δ. 1~ και 3~ καταναλωτές.
35. Από έναν 3~ εναλλακτήρα μπορούμε να τροφοδοτήσουμε δίκτυο ΕΡ., τριών ή τεσσάρων αγωγών, συνδέοντας κατάλληλα τα άκρα των φάσεων με:
- α. δύο λαμάκια.
 - β. τρία λαμάκια.
 - γ. δύο ή τρία λαμάκια.
 - δ. τρία όμοια δακτυλίδια.
36. Η ΗΕΔ. μεταξύ των ακροδεκτών δύο φάσεων, ανεξάρτητα από τη σύνδεση (σε Υ ή Δ) των τυλιγμάτων των 3~ εναλλακτήρα, ονομάζεται:
- α. συμμετρική.
 - β. ενεργός.
 - γ. διπολική.
 - δ. πολική.
 - ε. φασική.
37. Κάθε ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος (H/Z) αποτελείται βασικά από:
- α. μια κινητήρια μηχανή (πετρελαιοκινητήρα) και την ηλεκτρογεννήτρια.
 - β. τον πίνακα ελέγχου και αυτοματισμού και την ειδική του βάση.
 - γ. τους συσσωρευτές, το ψυγείο της μηχανής και το σύστημα καυσαερίων.
 - δ. όλα τα παραπάνω βασικά εξαρτήματα, κατάλληλα τοποθετημένα.

38. Οι ακροδέκτες της ηλεκτρογεννήτριας Η/Ζ συμβολίζονται γενικά, όπως οι αντίστοιχοι ακροδέκτες των:
- | | |
|---------------------|-------------------|
| α. γεννητριών Σ.Ρ. | γ. εναλλακτήρων. |
| β. μετασχηματιστών. | δ. κινητήρων Ε.Ρ. |
39. Η επιτρεπόμενη υπερφόρτιση ενός Η/Ζ δεν πρέπει γενικά να είναι μεγαλύτερη από 10% για μία ώρα στο:
- | | |
|----------|-----------|
| α. 4ωρο. | γ. 8ωρο. |
| β. 6ωρο. | δ. 12ωρο. |
40. Η ασφαλής λειτουργία των Η/Ζ εξασφαλίζεται με ειδικό σύστημα που περιλαμβάνει συνήθως:
- σύστημα αυτόματης εκκίνησης και επιτηρητή τάσης δικτύου.
 - χρονοδιακόπτη εκκίνησης και επιστροφής τάσης.
 - χρονοδιακόπτη κρατήματος της μηχανής σε λειτουργία.
 - επιτηρητή τάσης γεννήτριας και οπτικές ενδείξεις.
 - όλα τα παραπάνω βασικά μέρη, κατάλληλα συνδεδεμένα.
41. Τετραπολικός 1~ εναλλακτήρας ηλ. έλξης, για να παράγει τάση και ρεύμα συχνότητας $16 \frac{2}{3}$ Hz, πρέπει να περιστρέφεται με n_s :
- | | |
|------------------|----------------|
| α. 3.000στρ/min. | γ. 750στρ/min. |
| β. 1.500στρ/min. | δ. 480στρ/min. |
42. Ο εναλλακτήρας αυτοκινήτου αντικατέστησε:
- | | |
|----------------------|----------------------------|
| α. τον Μ/Σ έλξης. | γ. τον κινητήρα Σ.Ρ. |
| β. τη γεννήτρια Σ.Ρ. | δ. την ανορθωτική διάταξη. |



Σχ. 3.34: Τύλιγμα επαγωγικού τυμπάνου τετραπολικού 3~εναλλακτήρα με εσωτερικούς πόλους

3.2. Ανακεφαλαίωση

♦ Εναλλακτικές ονομάζουμε τις **σύγχρονες γεννήτριες Ε.Ρ.**, που παράγουν στη πράξη Η.Ε.Δ., τάση και ρεύμα ημιτονοειδούς μορφής.

♦ Ημιτονοειδής Η.Ε.Δ. αναπτύσσεται από επαγωγή σε κάθε αγωγό του τυλίγματος, όταν αυτό τέμνεται από μεταβαλλόμενη (ημιτονικά) μαγνητική ροή, που δημιουργείται από τη διέγερση της μηχανής.

♦ Τα κυριότερα **χαρακτηριστικά του Ε.Ρ.**, που παράγουν οι εναλλακτικές, είναι η **περίοδος, η συχνότητα, η φάση, η κυκλική του συχνότητα, η στιγμιαία και η ενεργός τιμή του.**

♦ Στην πράξη χρησιμοποιούμε πάντα την ενεργό τιμή τάσης και ρεύματος, που προκύπτει από τη μέγιστη τιμή του ημιτονοειδούς μεγέθους επί ένα σταθερό συντελεστή $1/\sqrt{2}=0,707$, δηλ. είναι:

$$U_{\text{εν}}=0,707 \cdot U_{\text{m}} \text{ και } I_{\text{εν}}=0,707 \cdot I_{\text{m}}$$

♦ Οι σύγχρονες γεννήτριες Ε.Ρ ή εναλλακτικές διακρίνονται σε **εναλλακτικές με εξωτερικούς πόλους** και σε **εναλλακτικές με εσωτερικούς πόλους**. Ξεχωριστή περίπτωση εναλλακτικών με εσωτερικούς ή περιστρεφόμενους πόλους είναι οι **στροβιλοεναλλακτικές**.

♦ Κύρια **χαρακτηριστικά** όλων των **εναλλακτικών** είναι ότι η **διέγερσή τους τροφοδοτείται με Σ.Ρ.** και ότι η **συχνότητα του ρεύματος** που παράγουν **είναι ανάλογη της ταχύτητας περιστροφής** της μηχανής.

♦ Η αρχή λειτουργίας των εναλλακτικών είναι ίδια μ' αυτή των γεννητριών Σ.Ρ., ανεξάρτητα από το αν περιστρέφονται οι αγωγοί του τυλίγματος και οι μαγνητικοί πόλοι είναι σταθεροί ή περιστρέφονται οι πόλοι και το τύλιγμα είναι στο σταθερό μέρος (όπως συμβαίνει στους εναλλακτικές με εσωτερικούς πόλους).

♦ Μεταξύ της συχνότητας **f**, του αριθμού στροφών στο λεπτό (**n_s**) και του αριθμού ζευγών των μαγνητικών πόλων **p** του εναλλακτήρα, ισχύει πάντα η σχέση:

$$f = \frac{p \cdot n_s}{60} \text{ (σε Hz).}$$

♦ **Σύγχρονη ταχύτητα** (**n_s**) εναλλακτήρα ονομάζουμε την ταχύτητα περιστροφής του δρομέα του, με την οποία μας δίνει τάση και ρεύμα ορισμένης συχνότητας.

♦ Η κατασκευή των εναλλακτικών εξαρτάται από την ταχύτητα περιστροφής, την ισχύ και την τάση τους. Στους εναλλακτικές με εξωτερικούς πόλους, που είναι κατάλληλοι για μικρές ισχείς και χαμηλές τάσεις, οι μαγνητικοί πόλοι είναι τοποθετημένοι στο στάτη της μηχανής, όπως στις μηχανές Σ.Ρ. Στους εναλλακτικές με εσωτερι-

κούς πόλους, που είναι κατάλληλοι για μεγάλες ταχύτητες περιστροφής και μεγαλύτερες τάσεις, το επαγωγικό τύμπανο είναι τοποθετημένο στο στάτη, ενώ οι μαγνητικοί πόλοι στο δρομέα. Οι στροβιλοεναλλακτήρες, που κατασκευάζονται για μεγάλες ταχύτητες περιστροφής και υψηλές τάσεις, έχουν δρομέα με πολύ μεγάλο μήκος, ως προς τη διάμετρο, μέσα στις οδοντώσεις του οποίου τοποθετείται ένα (διπολικό ή τετραπολικό) τύλιγμα διέγερσης.

♦ Ο εναλλακτήρας που έχει στο επαγωγικό του τύμπανο μονοφασικό τύλιγμα λέγεται **μονοφασικός** και μπορεί να τροφοδοτήσει μονοφασικά φορτία, ενώ αυτός που έχει τρία όμοια μονοφασικά τυλίγματα, που δίνουν τρεις Η.Ε.Δ. με φασική απόκλιση 120° , λέγεται **τριφασικός**. Τα τυλίγματα (φάσεις) των 3~ εναλλακτάρων συνδέονται σε **αστέρα** ή σε **τρίγωνο**.

♦ Η **ρύθμιση** της **τάσης** εξόδου στους εναλλακτήρες γίνεται με μεταβολή της έντασης διέγερσης, μέσω ρυθμιστικής αντίστασης (χειροκίνητα ή αυτόματα).

♦ Σε περιπτώσεις που δεν επιτρέπεται καμιά διακοπή ηλεκτρικής ενέργειας, ή όπου δεν μπορεί να μας εξυπηρετήσει το δίκτυο ηλεκτροδότησης, χρησιμοποιούμε ένα ζεύγος **κινητήριας μηχανής** και **ηλεκτρογεννήτριας** που λέγεται **ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος (Η/Ζ)**. Για τη σωστή και ασφαλή λειτουργία των Η/Ζ, όπως και για τον τρόπο φόρτισής τους, πρέπει να ακολουθούμε πάντοτε τις οδηγίες που ορίζουν οι κατασκευαστές.

♦ Οι εναλλακτήρες χρησιμοποιούνται σήμερα και στην καθημερινή μας ζωή, ακόμη και όταν χρειαζόμαστε Σ.Ρ., όπως π.χ. στο **αυτοκίνητο** (όπου παράγουμε Ε.Ρ. και στη συνέχεια το μετατρέπουμε σε Σ.Ρ.).