

Ηλεκτρικές μηχανές, σελίδα 81, απαντήσεις στις ερωτήσεις και ασκήσεις

2.1.5. Ερωτήσεις

1. Να αναφέρετε πού χρησιμοποιούνται οι γεννήτριες και πού οι κινητήρες ΣΡ;

Απάντηση, σ77:

α. Πολλά εργοστάσια χρησιμοποιούν γεννήτριες Σ.Ρ. για την παραγωγή της απαιτούμενης ισχύος για τη λειτουργία κινητήρων Σ.Ρ.

β. Ηλεκτροκινητήρες Σ.Ρ. χρησιμοποιούνται σε ηλεκτρικές κινήσεις με έλεγχο της περιστροφικής ταχύτητας, όπως μεταφορικές εγκαταστάσεις, εργαλειομηχανές, τροχιοδρομικά οχήματα κ.λπ.

2. Ποια είναι η αρχή λειτουργίας των γεννητριών ΣΡ.:

Απάντηση, σ77-78:

Για να λειτουργήσει μια γεννήτρια πρέπει να πληρούνται οι παρακάτω βασικές συνθήκες:

1. Να υπάρχει ομογενές μαγνητικό πεδίο, μαγνητικής επαγωγής (B)

2. Να υπάρχει αγωγός (ή πλαίσιο) εντός του μαγνητικού πεδίου, δηλαδή, να υπάρχει τύλιγμα στη μηχανή

3. Να υπάρχει σχετική κίνηση του αγωγού (ή πλαισίου) ως προς το μαγνητικό πεδίο ή του πεδίου ως προς τον αγωγό

Αποτέλεσμα των παραπάνω συνθηκών είναι η ανάπτυξη ηλεκτρεγερτικής δύναμης (ΗΕΔ) στα άκρα αυτού του αγωγού (ή πλαισίου).

Αυτή η ΗΕΔ προέρχεται από επαγωγή και είναι ανάλογη:

- της μαγνητικής επαγωγής (B) του ομογενούς μαγνητικού πεδίου, (σε Tesla, όπου

$$1T = 1 \frac{V \cdot s}{m^2}).$$

- του μήκους (ℓ) του τμήματος του αγωγού το οποίο βρίσκεται υπό την επίδραση του μαγνητικού πεδίου. (ενεργό μήκος σε m),

- της ταχύτητας ($v = 2 \pi r n$, όπου $n: \frac{\sigma \tau \rho}{s}$) της μεταβολής της κίνησης του αγωγού (σε m/s),

- του ημιτόνου της γωνίας (θ), η οποία σχηματίζεται μεταξύ των κατευθύνσεων της κίνησης και του μαγνητικού πεδίου.

3. Ποια είναι η αρχή λειτουργίας των κινητήρων Σ.Ρ;

Απάντηση, σ78:

Όταν ένας αγωγός διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα, ενώ βρίσκεται μέσα σε μαγνητικό πεδίο, αναπτύσσεται σ' αυτόν από το μαγνητικό πεδίο, δύναμη που τείνει να τον κινήσει προς ορισμένη κατεύθυνση.

Η δύναμη αυτή είναι η συνισταμένη των δυνάμεων Laplace, στις οποίες υπόκεινται τα ελεύθερα ηλεκτρόνια, τα οποία κινούνται μέσα στον αγωγό.

Το μέγεθος της δύναμης αυτής είναι ανάλογο προς:

α. τη μαγνητική επαγωγή (B) του πεδίου (σε T).

β. την ένταση του ρεύματος (I), που διαρρέει τον αγωγό (σε A).

γ. το μήκος του αγωγού (ℓ), ο οποίος βρίσκεται μέσα στο μαγνητικό πεδίο (ενεργό μήκος σε m).

δ. τη γωνία (α), την οποία σχηματίζουν οι διευθύνσεις του αγωγού και του πεδίου.

Το μέτρο της δύναμης (Ω) που ασκείται στον αγωγό δίνεται από τη σχέση:

$$F = B \cdot \ell \cdot I \cdot \eta \mu \alpha \quad (\text{σε } N)$$

4. Με ποιο τρόπο γίνεται η ανόρθωση του Ε.Ρ., σε Σ.Ρ;

Απάντηση, σ78:

Η μετατροπή του ΕΡ σε ΣΡ, εκτελείται από το συλλέκτη.

8. Να σχεδιαστεί η πορεία της ανάπτυξης εναλλασσόμενης ΗΕΔ σε πλαίσιο που στρέφεται μέσα σε σταθερό μαγνητικό πεδίο.

Απάντηση, σ78:

σχήμα 2.2

6. Να σχεδιαστεί η πορεία και τα στάδια της ανόρθωσης του ΕΡ.σε Σ.Ρ. Που εκτελείται από το συλλέκτη.

Απάντηση, σ78:

σχήμα 2.3

7. Πότε στα άκρα αγωγού κινούμενου μέσα σε μαγνητικό, πεδίο δεν αναπτύσσεται ΗΕΔ από επαγωγή;

Απάντηση, σ78:

Από την σχέση $E = B \cdot \ell \cdot v \cdot \eta\mu\alpha$, όταν $\eta\mu\alpha = 0$ ή $\alpha = 0^\circ$, τότε δεν αναπτύσσεται η ΗΕΔ από επαγωγή στα άκρα του αγωγού. Αυτό στο σχήμα 2.2, παρατηρείται όταν το πλαίσιο είναι στις θέσεις Α, Γ και Ε.

8. Πώς μειώνουμε τις κυματώσεις του ρεύματος που παράγεται στις ηλεκτρικές γεννήτριες;

Απάντηση, σ76:

Αυξάνοντας τον αριθμό των τυλιγμάτων του δρομέα και τον αριθμό των τομέων του συλλέκτη.

9. Με ποια ταχύτητα πρέπει να κινείται αγωγός μήκους $\ell = 0.8\text{m}$ μέσα σε ομοιόμορφο μαγνητικό πεδίο που έχει μαγνητική επαγωγή $B=0.9\text{T}$, αν η γωνία που κόβει τις μαγνητικές γραμμές είναι 60° και η παραγόμενη ΗΕΔ από επαγωγή στον αγωγό είναι $E=6.23\text{V}$

Απάντηση, σ79, σχέση 2.1:

Από την σχέση $E = B \cdot \ell \cdot v \cdot \eta\mu\alpha$, έχουμε:

$$v = \frac{E}{B \ell \eta\mu\alpha} \Rightarrow v = \frac{6.23 \text{ V}}{0.9 \text{ T} \cdot 0.8 \text{ m} \cdot \eta\mu 60^\circ} \Rightarrow v = \frac{6.23 \text{ V}}{0.72 \frac{\sqrt{3}}{2}} \\ \Rightarrow v = \frac{6.23}{0.72 \cdot 0.87} \frac{\text{m}}{\text{s}} \Rightarrow v = \frac{6.23}{0.6264} \frac{\text{m}}{\text{s}} \Rightarrow v = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

10. Η δύναμη που ασκείται σε αγωγό μήκους $\ell=0.4\text{m}$ κατά την κίνησή του υπό γωνία 48° , μέσα σε μαγνητικό πεδίο $B=0.9\text{T}$ είναι $F=12\text{N}$. Ζητείται η ένταση του ρεύματος, από την οποία θα διαρρέεται ο αγωγός.

Απάντηση, σ79, σχέση 2.2:

Από την σχέση $F = B \cdot \ell \cdot I \cdot \eta\mu\alpha$, έχουμε:

$$I = \frac{F}{B \ell \eta\mu\alpha} \Rightarrow I = \frac{12 \text{ N}}{0.9 \text{ T} \cdot 0.4 \text{ m} \cdot \eta\mu 45^\circ} \Rightarrow I = \frac{12 \text{ N}}{0.36 \text{ T m} \cdot 0.707} \\ \Rightarrow I = \frac{12}{0.2545} \text{ A} \Rightarrow I = 47.15 \text{ A}$$

Βάλτε σε κύκλο το γράμμα μπροστά από τη σωστή απάντηση ή υπογραμμίστε την

11. Η ΗΕΔ μιας στοιχειώδους γεννήτριας δίνεται από τη σχέση:

α. $E = B \cdot \ell \cdot I \cdot \sigma\upsilon\nu\alpha$.

β. $E = B \cdot \ell \cdot v \cdot \eta\mu\alpha$

γ. $E = B \cdot \ell \cdot I \cdot \eta\mu\alpha$

12. Το μέτρο της δύναμης (E) που ασκείται στον αγωγό δίνεται από τη σχέση:

α. $F = B \cdot v \cdot I \cdot \eta \mu \alpha$

β. $F = B \cdot \ell \cdot I \cdot \eta \mu \alpha$

γ. $F = B \cdot v \cdot I \cdot \sigma \nu \alpha$

Ηλεκτρικές μηχανές, σελίδα 92, ερωτήσεις και ασκήσεις

1 Ποιος είναι ο προορισμός του στάτη μιας μηχανής συνεχούς ρεύματος;

Απάντηση, σ82:

Ο στάτης είναι το συγκρότημα των ακίνητων τμημάτων της μηχανής και έχει ως κύριο προορισμό του να δημιουργεί καθορισμένη μαγνητική ροή.

2 Ποιος είναι ο προορισμός του δρομέα;

Απάντηση, σ82:

Ο δρομέας είναι το συγκρότημα των κινητών τμημάτων της μηχανής και μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια σε περιστροφικό έργο.

3 Από ποια μέρη αποτελείται ο στάτης;

Απάντηση, σ82:

Ο στάτης αποτελείται από:

- το ζύγωμα
- τους μαγνητικούς πόλους
- τα πέδιλα των πόλων.
- τα τυλίγματα των πόλων.
- τα καλύμματα (καπάκια)
- τους ψηκτροφορείς
- τα σιδερένια δακτυλίδια
- τους βραχίονες
- τις ψηκτροθήκες
- τις ψήκτρες
- τα ελατήρια πίεσης των ψηκτρών

4 Από ποια μέρη αποτελείται ο δρομέας;

Απάντηση, σ84:

Ο δρομέας αποτελείται από:

- τον άξονα,
- τον πυρήνα του επαγωγικού τυμπάνου,
- το τύλιγμα του επαγωγικού τυμπάνου,
- τον συλλέκτη,
- τον ανεμιστήρα,
- την πλήμνη

5 Ποιος είναι ο προορισμός του κάθε μέρους του στατη;

Απάντηση, σ82+83:

1. Μέσα από το ζύγωμα που αποτελεί τον κορμό της μηχανής και κατασκευάζεται από χυτοχάλυβα ή ελατό σίδηρο, κλείνει το μαγνητικό κύκλωμα.

2. Προορισμός των πόλων είναι να εξασφαλίσουν τη μαγνητική ροή που γεννιέται από τα τυλίγματα, τα οποία περιβάλλουν τους πόλους.

3. Σκοπός των πεδίων των πόλων είναι να διαχέει τη ροή σε ένα μεγαλύτερο μέρος της περιφέρειας του δρομέα, από όσο καλύπτει ο κορμός του πυρήνα και να υποβαστάζει το τύλιγμα του πόλου.

4. Το τύλιγμα του πόλου αποτελείται από πολλές σπείρες χάλκινου μονωμένου σύρματος. Τα άκρα του τυλιγματος μένουν ελεύθερα για την ηλεκτρική του σύνδεση. Το σύνολο των τυλιγμάτων των μαγνητικών πόλων ονομάζεται τύλιγμα διέγερσης της μηχανής.

8. Τα καλύμματα (καπόκια) στερεώνονται με κοχλίες στο ζύγωμα και χρησιμεύουν για να στηρίζουν τον άξονα του δρομέα και τον ψηκτροφορέα και να προφυλάσσουν το

εσωτερικό της μηχανής. Τα καλύμματα φέρουν ενσωματωμένο και από ένα έδρανο μέσω του οποίου στρέφεται ο άξονας του δρομέα.

6. Ο ψηκτροφορέας είναι το σύστημα στο οποίο στερεώνονται οι ψηκτροθήκες. Ο ψηκτροφορέας στερεώνεται στο κάλυμμα της μηχανής το οποίο βρίσκεται από την πλευρά του συλλέκτη. Η στερέωση γίνεται κατά τρόπο ώστε να είναι δυνατή η μετάθεση της θέσης επαφής των ψηκτρών πάνω στο συλλέκτη. Ο ψηκτροφορέας αποτελείται από ένα σιδερένιο δακτύλιο, τους βραχίονες των ψηκτροθηκών και τις ψηκτροθήκες. Στο σιδερένιο δακτύλιο στερεώνονται οι βραχίονες υποστήριξης των ψηκτροθηκών. Οι βραχίονες είναι δύο, τέσσερις ή περισσότεροι και είναι ηλεκτρικά μονωμένοι ως προς το σιδερένιο δακτύλιο. Στους βραχίονες στηρίζονται οι ψηκτροθήκες, δηλαδή, μεταλλικές θήκες, μέσα στις οποίες τοποθετούνται οι ψήκτρες.

6 Ποιος είναι ο προορισμός του κάθε μέρος του δρομέα;

Απάντηση, σ86:

1. Σκοπός του άξονα είναι να φέρει το επαγωγικό τύμπανο, το συλλέκτη και τον ανεμιστήρα και στρέφεται πάντοτε μαζί με αυτά τα εξαρτήματα.
2. Σκοπός του πυρήνα του επαγωγικού τυμπάνου, είναι να παρέχει μια οδό μικρής μαγνητικής αντίστασης για τη δίοδο των μαγνητικών γραμμών των πόλων και φέρει σε αυτό, το τύλιγμα του τυμπάνου. Κατασκευάζεται από πολλά μαγνητικά ελάσματα, τα οποία κάμπτονται σε ειδικές πρέσες. Τα μαγνητικά ελάσματα είναι μονωμένα μεταξύ τους, για να μειωθούν οι απώλειες λόγω δινορρευσμάτων.
3. Το τύλιγμα του επαγωγικού τυμπάνου (δρομέας), είναι για να παράγει τη ροπή περιστροφής του δρομέα, κατασκευάζεται από μονωμένο χάλκινο αγωγό κυκλικής ή ορθογωνικής διατομής. Ο αγωγός κυκλικής διατομής χρησιμοποιείται κυρίως στις μηχανές μικρής ισχύος ή στις μηχανές υψηλής τάσης. Σε όλες τις άλλες περιπτώσεις προτιμάται ο αγωγός ορθογωνικής διατομής, διότι με αυτόν κατασκευάζονται σπείρες μεγαλύτερης αντοχής και γίνεται μεγαλύτερη εκμετάλλευση του χώρου των οδοντώσεων.
4. Ο σκοπός του συλλέκτη είναι να παίρνει ή να μεταβιβάζει το ρεύμα (περίπτωση κινητήρα ή γεννήτριας). Ο συλλέκτης που κατασκευάζεται από πολλά χάλκινα ελάσματα τα οποία ονομάζονται τομείς του συλλέκτη στους οποίους συγκολλούνται τα άκρα των ομάδων του τυλίγματος, και για να αποφευχθεί βραχυκύκλωση των τομέων του συλλέκτη, τοποθετούνται μονώσεις μεταξύ τους και προς τις πλευρές των τεμαχίων συγκράτησης. Η μεταξύ τους μόνωση γίνεται με μίκα και φίμπερ.
5. Τον ανεμιστήρα που στερεώνεται στον άξονα και δημιουργεί κατά την περιστροφή του ρεύμα αέρα, που εισέρχεται στη μηχανή από το άνοιγμα του ενός καλύμματος και εξέρχεται από το άνοιγμα του άλλου καλύμματος.
6. Την πλήμνη, ειδική κατασκευή, που χρησιμοποιείται στις μηχανές μεγάλης σχετικής ισχύος, για να μειώσουμε το βάρος των μαγνητικών ελασμάτων, που στοιχίζουν ακριβά, αλλά και για να διευκολύνουμε την ψύξη του πυρήνα.

7 Γιατί ο πυρήνας των μαγνητικών πόλων και του δρομέα δεν είναι συμπαγείς, αλλά κατασκευάζονται από πολλά μεμονωμένα μαγνητικά ελάσματα;

Απάντηση, σ86:

Οι πυρήνες κατασκευάζονται κατασκευάζονται από μονωμένα φύλλα σιδήρου, για την αποφυγή θερμάνσεων και απωλειών από τα ρεύματα Φουκώ, τα οποία εμφανίζονται εδώ εξ αιτίας των διαταραχών του μαγνητικού πεδίου κατά τη λειτουργία της μηχανής. Υπενθυμίζουμε ότι τα ρεύματα Φουκώ ή δινορρεύματα είναι επαγωγικά ρεύματα τα οποία εμφανίζονται μέσα στη μάζα του υλικού σε μορφή κλειστών τροχιών (δινών) και προξενούν απώλειες.

8 Τι ονομάζουμε διέγερση και τι τύλιγμα διέγερσης;

Απάντηση, σ84:

Το ρεύμα με το οποίο τροφοδοτούνται οι πόλοι καλείται ρεύμα διέγερσης ή διέγερση και οι πόλοι ονομάζονται τύλιγμα διέγερσης.

9 Πώς διακρίνονται οι κινητήρες με βάση τη μορφή του περιβλήματός τους;

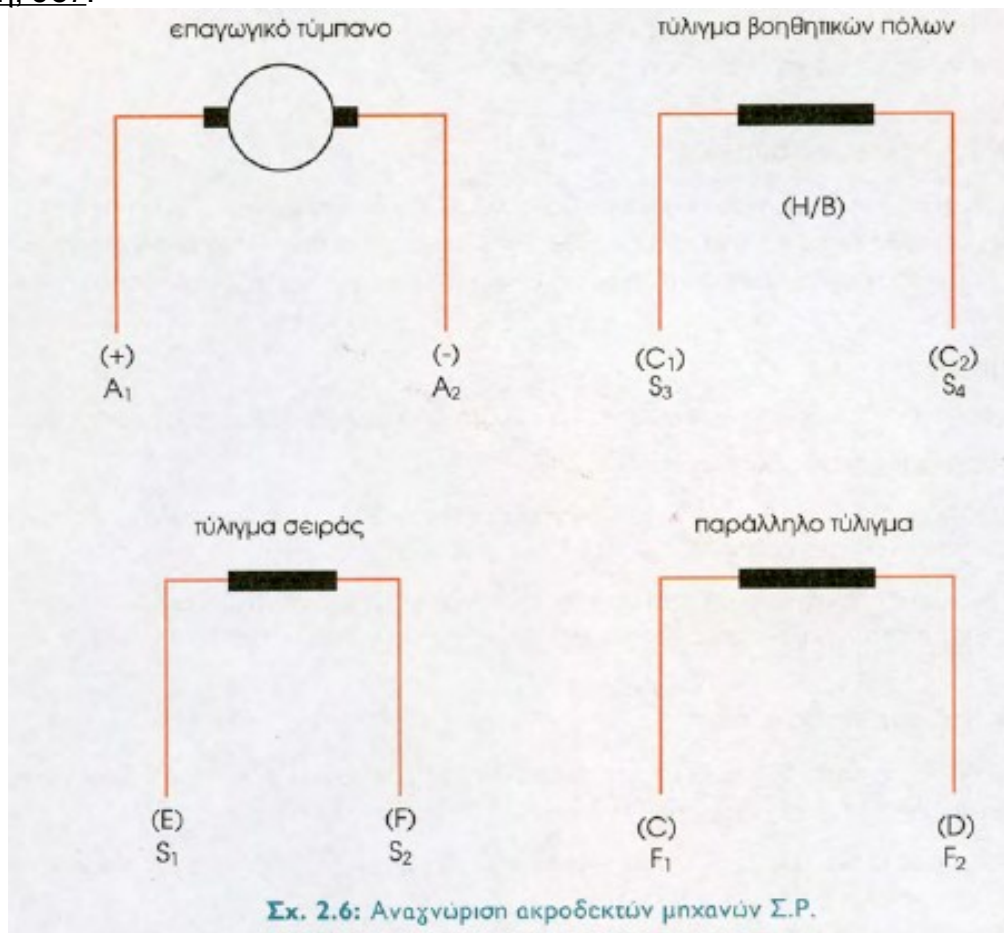
Απάντηση, σ84:

Ανάλογα με το περίβλημα, διακρίνουμε τους παρακάτω τύπους κινητήρων:

- κινητήρες με κοινό (ανοικτό) περίβλημα.
- κινητήρες με κλειστό περίβλημα.
- κινητήρες με τμήμα του περιβλήματος κλειστό.
- κινητήρες με ειδική μορφή περιβλήματος.

10 Ποιος είναι ο σκοπός της τυποποίησης των ακροδεκτών των μηχανών συνεχούς ρεύματος και με ποια γράμματα συμβολίζονται;

Απάντηση, σ87:



Η τυποποίηση των ακροδεκτών τόσο των γεννητριών όσο και των κινητήρων είναι ακριβώς η ίδια. Σκοπός της τυποποίησης είναι να αναγνωρίζονται εύκολα οι ακροδέκτες της μηχανής που καταλήγουν εξωτερικά στο κουτί της (κιβώτιο ακροδεκτών). Όπως παρατηρούμε και στο σχήμα 2.6, οι ακροδέκτες του επαγωγικού μέσω των ψηκτρών συμβολίζονται με τα γράμματα A₁, και A₂, και οι βοηθητικοί πόλοι συμβολίζονται με τα γράμματα C₁, και C₂, ή S₁, και S₂, αντί του H/B που ίσχυε παλαιότερα. Οι ακροδέκτες του τυλίγματος σειράς συμβολίζονται με S₁, και S₂, αντί των E και F. Τέλος το παράλληλο τύλιγμα συμβολίζεται με F₁, και F₂, αντί C και D

11 Πώς ορίζονται οι βαθμοί προστασίας των περιστροφικών ηλεκτρικών μηχανών;

Απάντηση, σ88:

Ο βαθμός προστασίας των περιστροφικών ηλεκτρικών μηχανών προδιαγράφεται από τους ΙΕΟ 94-δ, οι οποίοι ορίζουν:

1. Την προστασία του ανθρώπου έναντι επαφής με μέρη υπό τάση ή κινούμενα μέρη, εκτός από το άκρο του άξονα.
2. Την προστασία της μηχανής έναντι εισχώρησης ξένων στερεών σωμάτων.
3. Την προστασία της μηχανής έναντι εισχώρησης νερού.
4. Τον κωδικοποιημένο χαρακτηρισμό των διάφορων βαθμών προστασίας,
5. Τις δοκιμές για την πιστοποίηση του βαθμού προστασίας.

Βάλτε σε κύκλο το γράμμα μπροστά από τη σωστή απάντηση ή υπογραμμίστε την

1 Τα πέδιλα του πόλου βρίσκονται πλησιέστερα:

α Στις ψήκτρες

β Στο τύλιγμα των πόλων

γ Στο επαγωγικό τύμπανο

2 Σκοπός του συλλέκτη στον κινητήρα είναι:

α Να παίρνει το ρεύμα

β Μεταβιβάζει το ρεύμα

γ Να περιορίζει τις απώλειες

3 Κατά την τυποποίηση των ακροδεκτών στις γεννήτριες και τους κινητήρες με τα γράμματα Α και Β συμβολίζουμε:

α Το τύλιγμα σειράς

β το παραλληλο τύλιγμα

γ τους βοηθητικούς πόλους

δ κανένα από τα παραπάνω

Ηλεκτρικές μηχανές, σελίδα 106, απαντήσεις στις ερωτήσεις και ασκήσεις

1. Ποιος είναι ο σκοπός του τυλίγματος του επαγωγικού τυμπάνου;

Απάντηση, σ93:

Το τυλίγμα του επαγωγικού τυμπάνου των ηλεκτρικών μηχανών είναι μέρος αυτών, και μέσα σε αυτό αναπτύσσονται ΗΕΔ (γεννήτριες) ή ζεύγη δυνάμεων (κινητήρες).

2. Πόσο απέχουν οι πλευρικοί αγωγοί κάθε σπείρας στο επαγωγικό τύμπανο;

Απάντηση, σ93:

Ανεξάρτητα από τον τρόπο σύνδεσης των σπειρών, οι πλευρικοί αγωγοί κάθε σπείρας απέχουν μεταξύ τους, όσο περίπου και οι άξονες δυο γειτονικών πόλων, για να προστίθενται οι ΗΕΔ που αναπτύσσονται σε αυτές.

3. Ποιος είναι ο λόγος που χρησιμοποιούμε περισσότερες από μια σπείρες στις γεννήτριες ΣΡ.;

Απάντηση, σ93:

Για να παράγονται σημαντικές τάσεις και εντάσεις και για να μειώσουμε την κυμάτωση του ρεύματος που παράγει η στοιχειώδης γεννήτρια, χρησιμοποιούμε στην πράξη πολλές αντί μιας σπείρας κατάλληλα συνδεδεμένες.

4. Που χρησιμοποιούνται τα βροχοτυλίγματα και που τα κυματοτυλίγματα;

Απάντηση, σ93+94:

α. Τα βροχοτυλίγματα χρησιμοποιούνται σε μηχανές χαμηλής τάσης και υψηλής έντασης ρεύματος. Η διατομή των αγωγών αυτών, λόγω της υψηλής έντασης από την οποία διαρρέονται, είναι μεγάλη.

β. Τα κυματοτυλίγματα χρησιμοποιούνται σε μηχανές υψηλής τάσης και χαμηλής έντασης ρεύματος.

5. Ποιος είναι ο αριθμός των ψηκτρών στα βροχοτυλίγματα και ποιος στα κυματο-τυλίγματα;

Απάντηση, σ93+94:

α. Στα απλά βροχοτυλίγματα συνήθως δημιουργούνται τόσοι παράλληλοι κλάδοι όσοι είναι οι πόλοι της μηχανής. Έτσι και τα ζεύγη των ψηκτρών είναι όσα και τα ζεύγη των πόλων.

β. Στα απλά κυματοτυλίγματα δημιουργούνται πάντοτε δύο παράλληλοι κλάδοι τυλίγματος ανεξάρτητα από τους πόλους της μηχανής. Σε κάθε κυματοτύλιγμα χρειάζονται μόνο δύο ψήκτρες, μια αρνητική και μια θετική. Αν χρησιμοποιήσουμε όμως μόνο δύο ψήκτρες αντί π.χ. τεσσάρων, από κάθε ψήκτρα θα περνάει διπλάσιο ρεύμα και επομένως θα πρέπει να έχει διπλάσια διατομή. Για να αποφύγουμε το πρόβλημα αυτό, είναι ανάγκη να χρησιμοποιούμε τόσες ψήκτρες, όσοι και οι πόλοι της μηχανής. Δύο ψήκτρες χρησιμοποιούνται μόνο, όταν είναι δυσχερής η προσέγγισή τους σε όλη την περιφέρεια του συλλέκτη.

6. Πού χρησιμοποιούνται τα μικτά τυλίγματα;

Απάντηση, σ93+94:

Τα μικτά τυλίγματα χρησιμοποιούνται σε μηχανές μεσαίας τάσης και μεσαίας έντασης ρεύματος. Είναι τα πλέον χρησιμοποιούμενα τυλίγματα σε μεγάλες μηχανές Σ.Ρ. και οι περιελίξεις τους συνδέονται σε σειρά και παράλληλα.

7. Πότε μια γεννήτρια ΣΡ ονομάζεται:

α. ξένης διέγερσης;

Απάντηση, σ98:

Μία γεννήτρια ονομάζεται ξένης διέγερσης όταν το τύλιγμα διέγερσης τροφοδοτείται από μια ξένη πηγή (σ98,σχ.2.18).

β. παράλληλης διέγερσης;

Απάντηση, σ99:

Οι γεννήτριες αυτές ονομάζονται γεννήτριες παράλληλης διέγερσης, διότι το τύλιγμα διέγερσης που αποτελείται από μεγάλο αριθμό σπειρών, συνδέεται παράλληλα προς το εξωτερικό φορτίο και προς το επαγωγικό τύμπανο.

γ. διέγερσης σειράς;

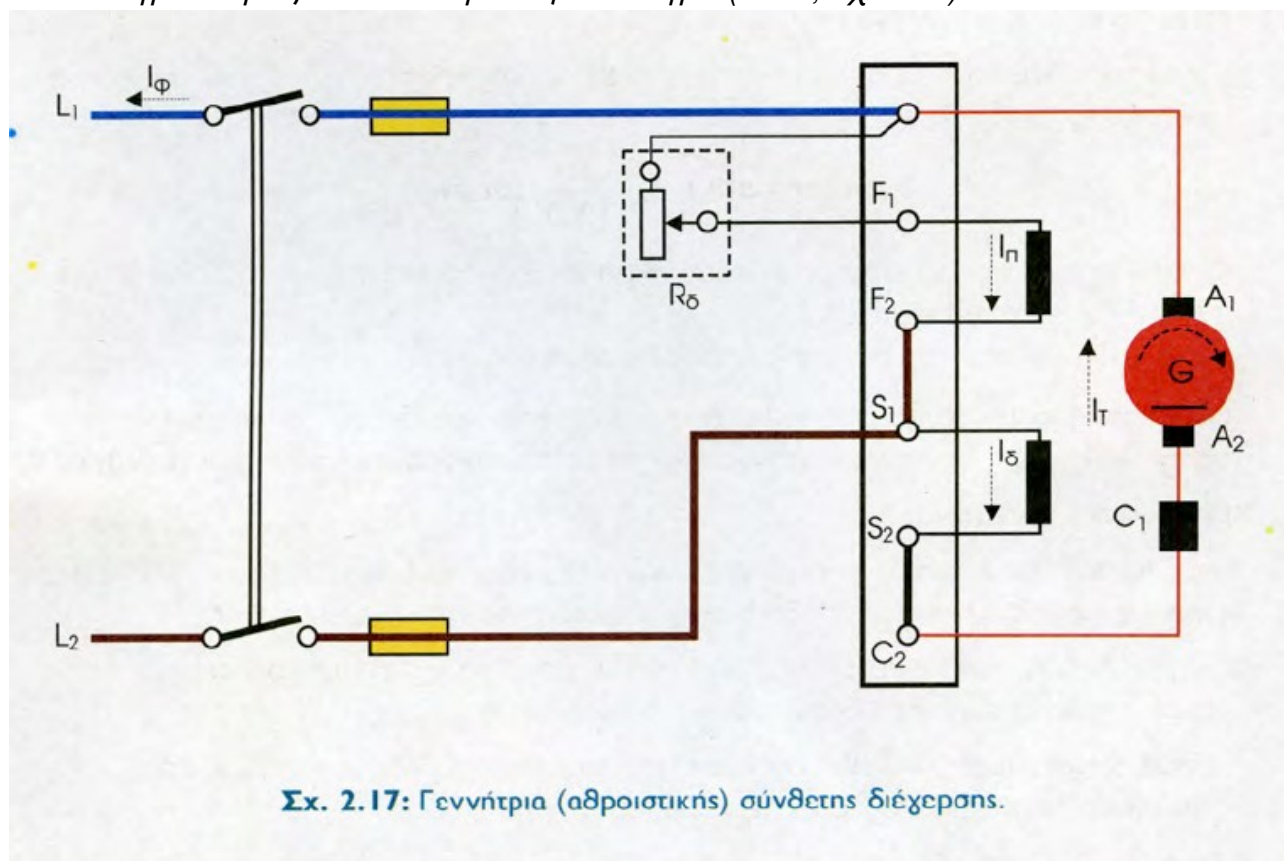
Απάντηση, σ100:

Οι γεννήτριες διέγερσης σειράς είναι αυτοδιεγχειρόμενες μηχανές, όπως και οι γεννήτριες παράλληλης διέγερσης. Ονομάζονται γεννήτριες διέγερσης σειράς διότι το τύλιγμα διέγερσής τους συνδέεται σε σειρά με το φορτίο της μηχανής (σ100, σχ. 2.16).

δ. σύνθετης διέγερσης;

Απάντηση, σ101:

Ονομάζονται γεννήτριες σύνθετης διέγερσης, διότι το τύλιγμα διέγερσης αποτελείται από τύλιγμα σειράς και από παράλληλο τύλιγμα (σ101, σχ. 2.17).



8.Πότε μια γεννήτρια ονομάζεται:

α. αθροιστικής σύνθετης διέγερσης;

Απάντηση, σ102:

Το τύλιγμα σειράς συνδέεται έτσι ώστε να ενισχύεται το μαγνητικό πεδίο που προκαλείται από το παράλληλο τύλιγμα. Με αυτή τη σύνδεση, οι γεννήτριες παρουσιάζουν μικρή μεταβολή της τάσης, όταν μεταβάλλεται το φορτίο. Χαρακτηρίζονται ως **γεννήτριες με υπερσύνθετη ή με αθροιστική σύνθετη διέγερση**.

β. διαφορικής σύνθετης διέγερσης;

Απάντηση, σ102:

Το τύλιγμα σειράς συνδέεται κατά τρόπο τέτοιο ώστε να εξασθενεί το μαγνητικό πεδίο, που προκαλείται από το παράλληλο τύλιγμα. Αυτή η σύνδεση καλείται σύνδεση σε αντισύζευξη. Οι γεννήτριες αυτές ονομάζονται γεννήτριες με διαφορική σύνθετη διέγερση.

9. Τι είναι οι βοηθητικοί πόλοι και ποιος ο σκοπός τοποθέτησής τους;

Απάντηση, σ97:

Είναι μικροί μαγνητικοί πόλοι, οι οποίοι τοποθετούνται στις ουδέτερες ζώνες της γεννήτριας. Ο σκοπός που τοποθετούμε βοηθητικούς πόλους στις ηλεκτρικές μηχανές είναι η δημιουργία ενός άλλου μαγνητικού πεδίου αντιστάθμισης, ώστε να αποφεύγονται οί σπινθηρισμοί μεταξύ των ψηκτρών και των τομέων του συλλέκτη.

10. Ποια είναι η διαδοχή των βοηθητικών πόλων στις γεννήτριες μετά από τους κύριους πόλους;

Απάντηση, σ97:

Τα τυλίγματά τους στις γεννήτριες συνδέονται κατά τέτοιο τρόπο, ώστε κατά τη φορά περιστροφής του τυμπιάνου, μετά από κάθε βόρειο κύριο πόλο να υπάρχει ένας νότιος βοηθητικός πόλος και μετά από κάθε νότιο κύριο πόλο να ακολουθεί ένας βόρειος βοηθητικός. Στους κινητήρες ισχύει ότι, μετά από βόρειο κύριο μαγνητικό πόλο πρέπει να υπάρχει βόρειος βοηθητικός, κοκ.

11. Τι είναι ο παραμένων μαγνητισμός και σε τι χρησιμεύει;

Απάντηση, σ99:

Για την αυτοδιέγερση οι γεννήτριες χρησιμοποιούν τη μαγνητική ροή του παραμένοντος μαγνητισμού, στους πυρήνες των πόλων. Λόγω του μαγνητισμού αυτού παράγεται στη γεννήτρια μια αρχική τάση εξόδου. Η τάση αυτή χρησιμοποιείται για τη διέλευση του ρεύματος μέσα από τα τυλίγματα του πεδίου. Το ρεύμα αυτό, αυξάνει την ένταση του μαγνητικού πεδίου και στη συνέχεια αυξάνει και την παρεχόμενη τάση εξόδου. Η αύξηση αυτής της τάσης φτάνει μια μέγιστη τιμή που εξαρτάται από την ταχύτητα περιστροφής, τις σπείρες του επαγωγίσιμου και τις σπείρες των μαγνητικών πόλων.

12. Ποιες γεννήτριες ονομάζονται αυτοδιεγειρόμενες;

Απάντηση, σ99:

Οι γεννήτριες παράλληλης διέγερσης και διέγερσης σειράς είναι αυτοδιεγειρόμενες μηχανές.

13. Τ ονομάζεται ονομαστική ισχύς γεννήτριας ΣΡ;

Απάντηση, σ102:

Ονομαστική ισχύς γεννήτριας καλείται η μεγαλύτερη τιμή ισχύος που μπορεί να προσφέρει συνεχώς η γεννήτρια, όταν εργάζεται με την ονομαστική τάση και ταχύτητα.

14. Σε ποιες κατηγορίες διακρίνονται οι απώλειες των γεννητριών ΣΡ;

Απάντηση, σ102:

Οι απώλειες των γεννητριών ΣΡ., οι οποίες λειτουργούν με σταθερή περίπου τάση και με σταθερή ταχύτητα περιστροφής, διακρίνονται σε:

- 1. απώλειες σταθερές, δηλαδή ανεξάρτητες του φορτίου της γεννήτριας*
- 2. απώλειες μεταβλητές, δηλαδή μεταβαλλόμενες με το φορτίο.*

15. Τι ονομάζεται βαθμός απόδοσης γεννήτριας ΣΡ;

Απάντηση, σ104:

Βαθμός απόδοσης μιας γεννήτριας καλείται ο λόγος της ισχύος, την οποία αποδίδει η γεννήτρια, προς την απαιτούμενη κινητική ισχύ που προσδίδεται στον άξονά της από την κινητήρια μηχανή. Ο βαθμός απόδοσης είναι πάντοτε μικρότερος από τη μονάδα και δίνεται από τη σχέση:

$$\eta = \frac{P}{P_{\text{εισ}}} = \frac{P}{P + P_{\text{απ}}} < 1 \quad (1)$$

Ο βαθμός απόδοσης των γεννητριών δεν είναι σταθερός, αλλά μεταβάλλεται ανάλογα με το φορτίο τους.

16. Που οφείλονται οι απώλειες υστέρησης και δινορρευμάτων;

Απάντηση, σ103:

Οι απώλειες υστέρησης οφείλονται στις διαδοχικές μεταβολές της μαγνήτισης του πυρήνα του επαγωγικού τυμπάνου, όταν αυτό περιστρέφεται μέσα στο σταθερό μαγνητικό πεδίο που δημιουργούν οι πόλοι.

17. Που οφείλονται οι απώλειες δινορρευμάτων;

Απάντηση, σ103:

Οι απώλειες δινορρευμάτων οφείλονται στα ρεύματα που κυκλοφορούν στον πυρήνα του επαγωγικού τυμπάνου λόγω της περιστροφής του μέσα στο μαγνητικό πεδίο της μηχανής.

A. Ποια ένταση ρεύματος μπορεί να δώσει μια γεννήτρια ΣΡ, ονομαστικής ισχύος 3kW και τάσης 120V;

Απάντηση:

Επειδή η ισχύς που παράγει η γεννήτρια είναι ίση με:

$$P = U \cdot I \Rightarrow I = \frac{P}{U} \Rightarrow I = \frac{3kW}{120V} \Rightarrow I = 25A$$

B. Ποιες είναι οι συνολικές απώλειες της γεννήτριας της προηγούμενης ερώτησης, αν ο βαθμός απόδοσής της είναι $\eta = 0.8$;

Απάντηση:

Από τον τύπο (1), λύνοντας ως προς τον παρονομαστή του κλάσματος του βαθμού απόδοσης, έχουμε:

$$\begin{aligned} P + P_{\text{απ}} &= \frac{P}{\eta} \Rightarrow P_{\text{απ}} = \frac{P}{\eta} - P \Rightarrow P_{\text{απ}} = \frac{3kW}{0.8} - 3kW \Rightarrow P_{\text{απ}} = 3.75kW - 3kW \Rightarrow \\ &\Rightarrow P_{\text{απ}} = 0.75kW \end{aligned}$$

Βάλτε σε κύκλο το γράμμα μπροστά από τη σωστή απάντηση ή υπογραμμίστε την

18. Τα βροχοτυλίγματα χρησιμοποιούνται σε μηχανές:

α. χαμηλής έντασης και υψηλής τάσης.

β. υψηλής έντασης και χαμηλής τάσης.

γ. μεγάλου βαθμού απόδοσης.

19. Ρεύμα διέγερσης είναι το ρεύμα που διαρρέει:

α. το πηνίο κάθε πόλου.

β. το επαγωγικό τύμπανο.

γ. τους βοηθητικούς πόλους.

20. Οι μηχανικές απώλειες στις γεννήτριες είναι:

- α. μεταβλητές.
- β. σταθερές.
- γ. σύνθετες.

21. Ο βαθμός απόδοσης των γεννητριών ΣΡ. είναι πάντα:

- α. σταθερός και δεν μεταβάλλεται με το φορτίο τους.
- β. μεταβλητός και μεταβάλλεται με το φορτίο τους.
- γ. ανεξάρτητος από το φορτίο τους.

22. Γεννήτρια ΣΡ, 220V, 10kW με διακύμανση τάσης 5% παράγει ΗΕ.Δ. (τάση χωρίς φορτίο):

Απάντηση:

Η διακύμανση τάσης δίνεται από τον τύπο: $\varepsilon \% = \frac{U_0 - U_N}{U_N} \cdot 100 \% \quad (2)$

Από τον τύπο αυτό, επιλύοντας ως προς την τάση U_0 , βρίσκουμε:

α. 211V

β. 231V

γ. 240V

δ. 250V

Απόδειξη:

$$\begin{aligned} \varepsilon \% &= \frac{U_0}{U_N} - \frac{U_N}{U_N} \cdot 100 \% \Rightarrow \frac{\varepsilon \%}{100 \%} = \frac{U_0}{U_N} - 1 \Rightarrow \varepsilon = \frac{U_0}{U_N} - 1 \Rightarrow \\ \Rightarrow \varepsilon + 1 &= \frac{U_0}{U_N} \Rightarrow U_0 = U_N \cdot (\varepsilon + 1) \Rightarrow U_0 = 220 \text{ V} \cdot (0.05 + 1) \Rightarrow \\ &\Rightarrow U_0 = 220 \text{ V} \cdot 1.05 \Rightarrow U_0 = 231 \text{ V} \end{aligned}$$

23. Γεννήτρια ΣΡ που τροφοδοτεί εξωτερικό κύκλωμα (φορτίο) $K = 10\Omega$, με ρεύμα έντασης $I = 10\text{A}$, έχει ισχύ:

Απάντηση:

α. 1kW

β. 2kW

γ. 5kW

δ. 10kW

Απόδειξη:

Επειδή η ισχύς είναι ωμική, έπεται ότι δίδεται από τον τύπο:

$$P = I^2 \cdot R \Rightarrow P = (10 \text{ A})^2 \cdot 10 \Omega \Rightarrow P = 1000 \text{ W} = 1 \text{ kW}$$

Επομένως:

$$P = I^2 \cdot R \big|_{I=10 \text{ A}, R=10 \Omega} \Rightarrow P = (10 \text{ A})^2 \cdot 10 \Omega \Rightarrow P = 1000 \text{ W} = 1 \text{ kW}$$

2.5.6. Ερωτήσεις

1. Τι σημαίνει λειτουργία κινητήρα σε κενό;

Απάντηση, σ114:

Ένας κινητήρας λειτουργεί σε κενό, όταν στον άξονά του δεν συνδέεται κανένα φορτίο. Στην περίπτωση αυτή, η συνισταμένη των δυνάμεων, που ασκούνται στους αγωγούς του επαγωγίσιμου, έχει να υπερνικήσει μόνο την αντίσταση των τριβών του κινητήρα. Επομένως, η ένταση I που απορροφά ο κινητήρας από την πηγή κατά τη λειτουργία του σε κενό είναι πολύ μικρή, σε σύγκριση με την ένταση που απορροφά ο κινητήρας, όταν εργάζεται με φορτίο.

2. Τι είναι η ΑΗΕΔ και πως δημιουργείται;

Απάντηση, σ114:

Όταν το επαγωγικό τύμπανο του κινητήρα τροφοδοτηθεί με ρεύμα, αρχίζει και στρέφεται μέσα στο μαγνητικό ρεδίο των πόλων. Όμως, καθώς αυτό στρέφεται μέσα στο σταθερό μαγνητικό πεδίο, γεννάται στους αγωγούς του Ηλεκτρεγερτική Δύναμη (ΗΕΔ). Αυτή η ΗΕΔ, E_a , είναι επαγωγικό δημιούργημα και σύμφωνα με τον κανόνα του Λεντς, αντιτίθεται προς την τάση της πηγής δηλαδή αποτελεί μια ΑΗΕΔ. Το μέγεθός της υπολογίζεται από τη σχέση:

$$E_a = k \cdot \Phi \cdot n \quad (\text{σε } V) \quad (2.10)$$

3. Τι παρατηρούμε κατά την εκκίνηση των κινητήρων ΣΡ ως προς το ρεύμα εκκίνησης και τι μέτρα λαμβάνουμε για τον περιορισμό του;

Απάντηση, σ114:

Κατά τη στιγμή της εκκίνησης, ο δρομέας δεν περιστρέφεται και επομένως δεν αναπτύσσεται ΑΗΕΔ E_a , μέσα στους αγωγούς. Έτσι το μόνο εμπόδιο στην αύξηση του ρεύματος είναι η αντίσταση του τυλίγματος η οποία όμως είναι πολύ μικρή, συνήθως μικρότερη του 1Ω . Το ρεύμα, κατά τη στιγμή της εκκίνησης, είναι μέγιστο, αφού ισχύει η σχέση:

$$I_T = \frac{U - E_a}{R_T} \Rightarrow I_T = \frac{U - 0}{R_T} \Rightarrow I_T = \frac{U}{R_T} \quad (2.11)$$

4. Από ποια σχέση δίνεται η ροπή στρέψης που ασκείται σε έναν κινητήρα ΣΡ;

Απάντηση, σ115:

Σύμφωνα με την αρχή, λειτουργίας των κινητήρων, οι αναπτυσσόμενες στους αγωγούς δυνάμεις σχηματίζουν ζεύγος δυνάμεων, το οποίο ασκεί ροπή στρέψης, με αποτέλεσμα το πλαίσιο να στραφεί. Ειδικότερα, ροπή δύναμης (T) ως προς άξονα καλείται το γινόμενο της δύναμης επί την απόστασή αυτής από τον άξονα (βραχίων) και δίνεται από τη σχέση:

$$T = F \cdot r \quad (2.13)$$

όπου

T = ροπή (σε Nm), r = απόσταση δύναμης από τον άξονα (σε m), F = δύναμη (σε N). Η ροπή (T) που ασκείται σε ένα πραγματικό κινητήρα ΣΡ, δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$T = \frac{P \cdot S \cdot W}{2\pi \cdot \alpha} \cdot \Phi \cdot I_T \quad (2.14)$$

όπου, P = αριθμός των ζευγών των μαγνητικών πόλων της μηχανής, S = αριθμός των στοιχείων του τυλίγματος, W ο αριθμός των αγωγών του στοιχείου, α = αριθμός των ζευγών των παράλληλων κλάδων, Φ = μαγνητική ροή (σε νθ) κάθε μαγνητικού πόλου

και I_T = η ένταση (σε A) του ρεύματος του τυμπάνου. Την παραπάνω σχέση. μπορούμε να τη γράψουμε και ως εξής:

$$T = \kappa_1 \cdot \Phi \cdot I_T \quad (2.15)$$

όπου $\kappa_1 = \frac{P \cdot S \cdot W}{2 \pi \alpha}$ είναι σταθερό μέγεθος για κάθε μηχανή.

5. Τι παρατηρούμε στην ηλεκτρική ισχύ που απορροφά ο κινητήρας στη λειτουργία του με φορτίο;

Απάντηση, σ116:

Όταν στον άξονα του κινητήρα είναι συνδεδεμένο μηχανήμα ή συσκευή, τότε λέμε ότι ο κινητήρας εργάζεται με φορτίο. Σε αυτήν την περίπτωση η ηλεκτρική ισχύς που απορροφά από το δίκτυο εξαρτάται από το φορτίο και μεταβάλλεται αυτόματα, ανάλογα με τις μεταβολές του φορτίου. Δηλαδή, όταν το φορτίο μεγαλώνει, μεγαλώνει και η ηλεκτρική ισχύς που απορροφά ο κινητήρας και όταν το φορτίο μικραίνει, μικραίνει και η ηλεκτρική ισχύς.

6. Με ποιους τρόπους ρυθμίζουμε την ταχύτητα περιστροφής των κινητήρων ΣΡ;

Απάντηση, σ116:

Ο αριθμός στροφών ανά λεπτό (n) στους κινητήρες ΣΡ. μπορεί να μεταβάλλεται με δυο βασικούς τρόπους:

1: Ο πρώτος τρόπος είναι να διατηρήσουμε σταθερή την τάση (U) που εφαρμόζουμε στο επαγωγικό τύμπανο και να μεταβάλλουμε, με τη βοήθεια ενός ροοστάτη, το ρεύμα διέγερσης. Όταν το ρεύμα διέγερσης ελαττώνεται, τότε ο αριθμός στροφών ανά λεπτό (n) του κινητήρα αυξάνεται, ενώ όταν το ρεύμα διέγερσης αυξηθεί, τότε ο αριθμός στροφών ελαττώνεται.

2: Ο δεύτερος τρόπος είναι να διατηρήσουμε την ένταση διέγερσης σταθερή και να μεταβάλλουμε την τάση (U) του επαγωγικού τυμπάνου. Όταν η τάση (U) του τυμπάνου αυξάνεται, τότε αυξάνεται και ο αριθμός στροφών ανά λεπτό (n) του επαγωγικού τυμπάνου, δηλαδή μεγαλώνει η ταχύτητα περιστροφής.

7. Τι ονομάζουμε ονομαστική ισχύ σε κινητήρα ΣΡ.;

Απάντηση, σ117:

Ονομαστική ισχύς, που δίνεται σε kW ή HP (1HP = 0,736kW), είναι η μεγαλύτερη ισχύς που μπορεί να δίνει στον άξονά του ο κινητήρας, συνεχώς εργαζόμενος με την ονομαστική του τάση, χωρίς να υπάρχει κίνδυνος να πάθει βλάβη από υπερθέρμανση.

8. Τι ονομάζουμε βαθμό απόδοσης του κινητήρα και σε ποια ποσοστά κυμαίνεται;

Απάντηση, σ118:

Ως βαθμός απόδοσης του κινητήρα ΣΡ, λαμβάνεται ο λόγος της μηχανικής ισχύος στον άξονά του (ισχύς εξόδου) προς την ηλεκτρική ισχύ που απορροφάται (ισχύς εισόδου) από το δίκτυο:

$$n = \frac{P}{P_1} = \frac{P}{P + P_{\text{στ}}} < 1 \quad (2.22)$$

Ο βαθμός απόδοσης είναι πάντοτε αριθμός μικρότερος από τη μονάδα και κυμαίνεται από 75% για τους μικρότερους κινητήρες έως 90% για τους μεγαλύτερους.

Διευκρινίζεται ότι, ο βαθμός απόδοσης των κινητήρων αναφέρεται πάντοτε σε πλήρη φόρτιση.

9. Πώς διακρίνονται οι κινητήρες ανάλογα με τη διέγερσή τους;

Απάντηση, σ118:

Ανάλογα με τον τρόπο με τον οποίο είναι συνδεδεμένο το τύλιγμα διέγερσης των κινητήρων Σ.Ρ., αυτοί διακρίνονται σε:

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

Οι τελευταίοι, όπως και οι γεννήτριες ΣΡ, διακρίνονται σε κινητήρες με **αθροιστική σύνθετη διέγερση** και σε κινητήρες με **διαφορική σύνθετη διέγερση**.

10. Να σχεδιαστεί η χαρακτηριστική $n = f(U)$ σε κινητήρα παράλληλης διέγερσης και να δικαιολογηθεί η μορφή της.

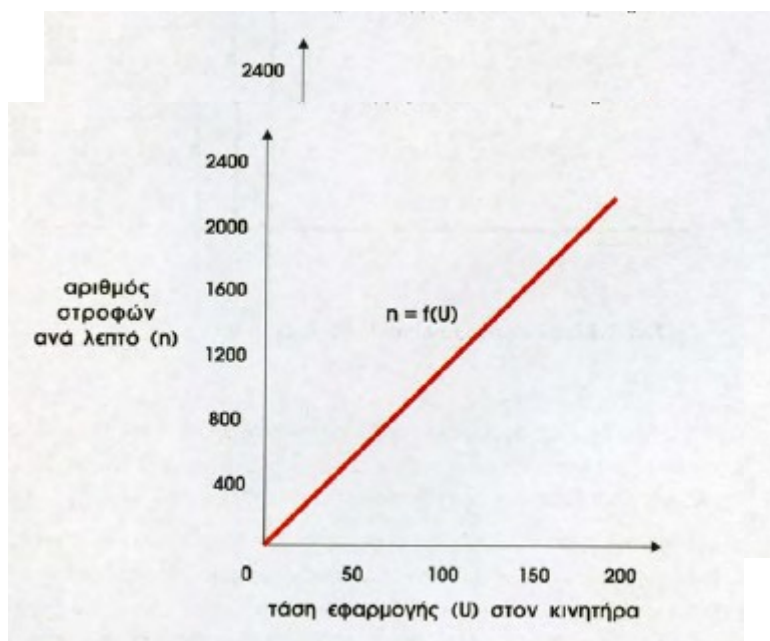
Απάντηση, σ120:

Συμπεράσματα και δικαιολόγηση της μορφής της $n = f(U)$:

- 1. Όταν η τάση (U) αυξάνεται, αυξάνεται και ο αριθμός στροφών/λεπτό (n) του κινητήρα.
- 2. Οι αμοιβαίες αυξήσεις είναι γραμμικές, πράγμα που σημαίνει ομαλή λειτουργία κατά την εκκίνηση.

3. Από τη σχέση (2.19) $n = \frac{U - I_T \cdot R_T}{k \cdot \Phi}$ είναι δυνατόν να δικαιολογηθεί η μορφή της

χαρακτηριστικής. Το ποσοστό $I_T \cdot R_T$, είναι όπως εξηγήσαμε και προηγούμενα ένα μικρό ποσοστό της εφαρμοζόμενης τάσης, επειδή το ρεύμα φόρτισης I_T παραμένει σταθερό. Σταθερή παραμένει επίσης και η τιμή της αντίστασης του επαγωγίμου R . Έπεται ότι ο αριθμός στροφών/λεπτό (n) του κινητήρα μεταβάλλεται σε σχέση με την εφαρμοζόμενη τάση (U) και εξαρτάται μόνο από αυτή.



11. Να σχεδιαστεί η χαρακτηριστική $n = f(I_T)$ σε κινητήρα διέγερσης σειράς και να δικαιολογηθεί η μορφή της.

Απάντηση, σ127:

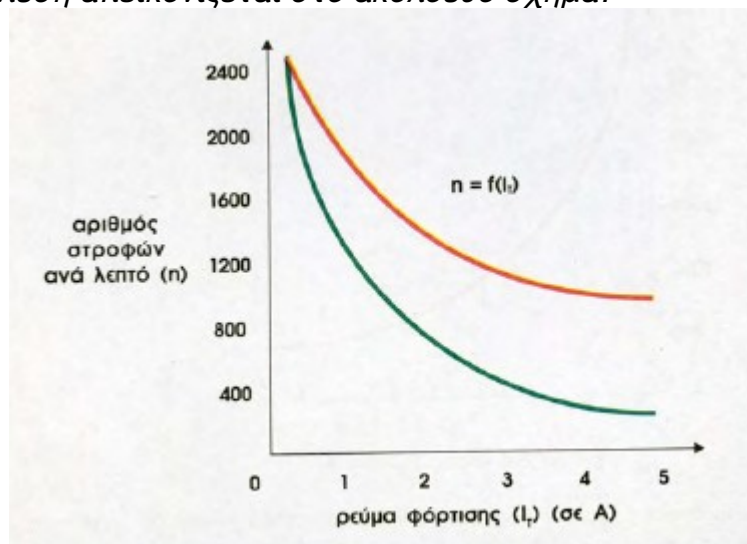
Συμπεράσματα και δικαιολόγηση της μορφής της $n = f(I_T)$:

- 1. Όταν το ρεύμα φόρτισης αυξάνει, οι στροφές ελαττώνονται, (δηλαδή, για $I_T \rightarrow \infty$, το $n \rightarrow 0$).

2. Όταν το ρεύμα φόρτισης ελαττώνεται, οι στροφές αυξάνονται (δηλαδή, για $I_T \rightarrow 0$, $n \rightarrow \infty$).

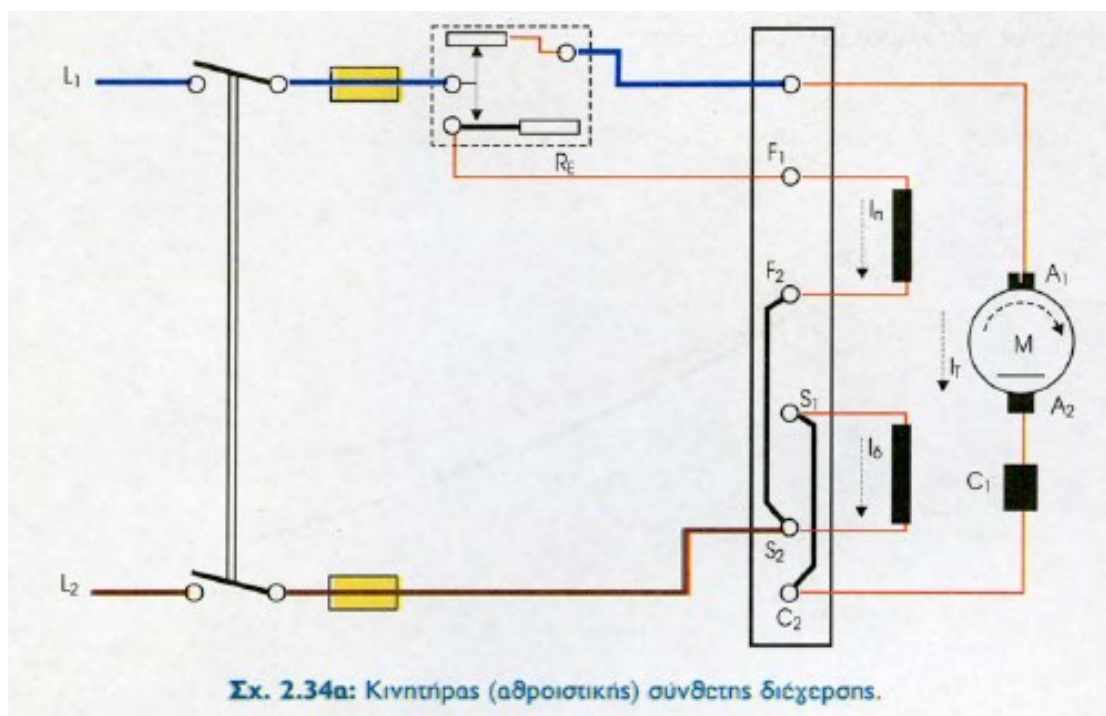
Βεβαίως, αν υποθέσουμε ότι το ρεύμα φόρτισης φτάσει στο μηδέν (λειτουργία σε κενό), οι στροφές στην πράξη δε φτάνουν στο άπειρο, λόγω του παραμένουστος μαγνητισμού στους πόλους της μηχανής. Πάντως για μηδενικό ρεύμα φόρτισης, ο κινητήρας υπερταχύνεται μέχρι καταστροφής.

3. Για μεγαλύτερη τάση εφαρμογής (U), η πτώση των στροφών είναι ομαλότερη και απαιτείται μεγάλο ρεύμα φόρτισης για να ελαττωθούν οι στροφές κατά πολύ. Η προηγούμενη ανάλυση απεικονίζεται στο ακόλουθο σχήμα.



12. Να σχεδιαστεί κινητήρας με αθροιστική σύνθετη διέγερση.

Απάντηση, σ131:



13. Να σχεδιαστεί η χαρακτηριστική $n = f(I_T)$ σε κινητήρα σύνθετης διέγερσης και να δικαιολογηθεί η μορφή της.

Απάντηση, σ132:

Συμπεράσματα Και δικαιολόγηση της μορφής της $n = f(I_T)$:

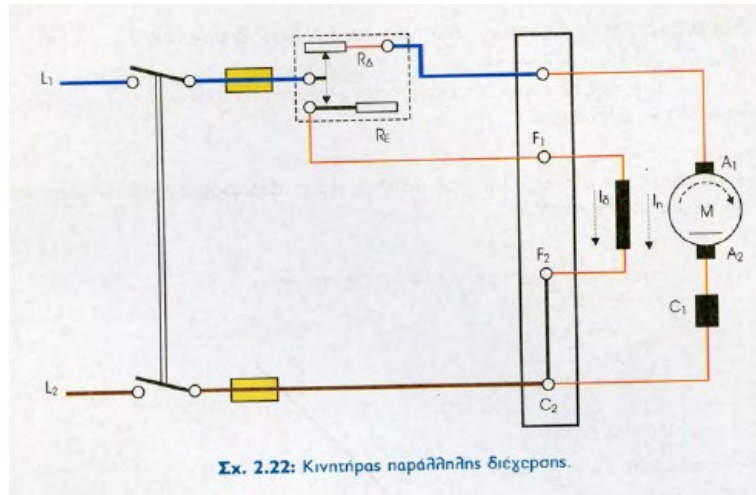
1. Ο κινητήρας σύνθετης διέγερσης, λόγω της παρουσίας του τυλίγματος σειράς, όταν αυξάνεται το φορτίο, δέχεται ισχυρότερη ροή (προστιθέμενη ροή) και γ' αυτό παρουσιάζει λιγότερες στροφές, συγκρινόμενος με έναν κινητήρα παράλληλης διέγερσης.

2. Από τη σχέση $n = \frac{U - I_T \cdot R_T}{k \cdot \Phi}$ όπου $\Phi = \Phi_1 + \Phi_2$ (παράλληλης και σειράς),

παρατηρούμε ότι, όταν η παρεχόμενη από το τύλιγμα σειράς μαγνητική ροή Φ_2 , αυξάνει, τότε οι στροφές ελαττώνονται.

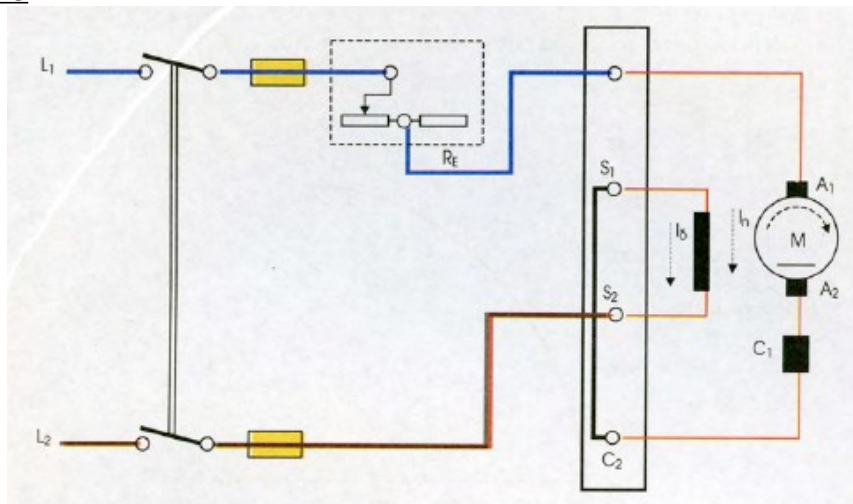
14. Να γίνει η συνδεσμολογία κινητήρα παράλληλης διέγερσης με αλλαγή της φοράς περιστροφής του.

Απάντηση, σ113:



15. Να γίνει η συνδεσμολογία κινητήρα διέγερσης σειράς με αλλαγή της φοράς περιστροφής του.

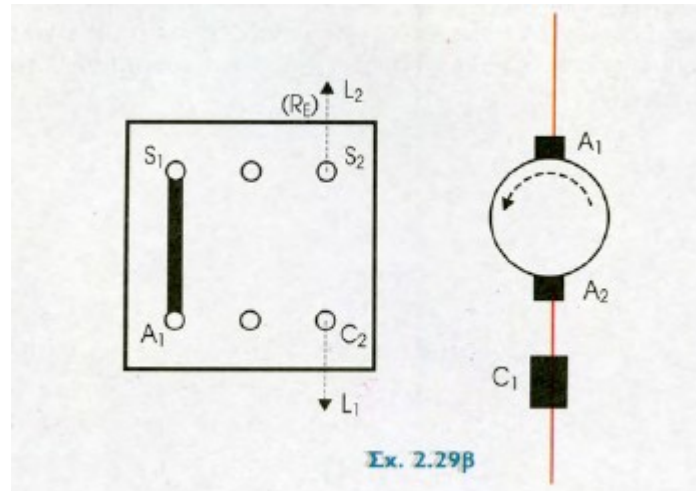
Απάντηση, σ113:



Αλλαγή φοράς περιστροφής

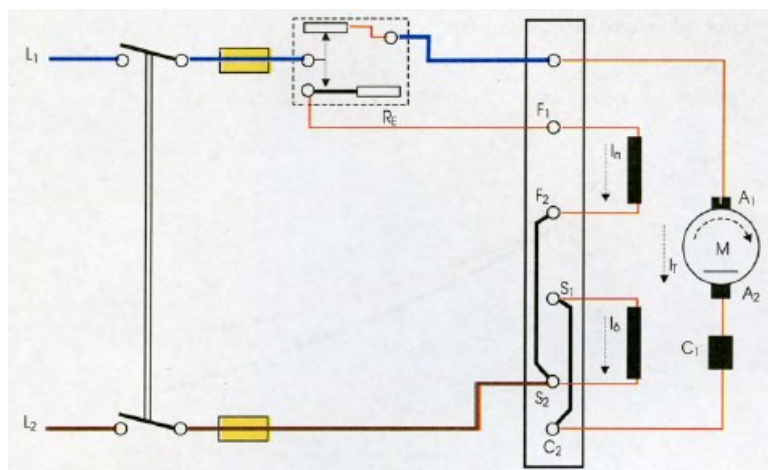
Εάν θέλουμε να αλλάξουμε τη φορά περιστροφής του κινητήρα, πρέπει να αλλάξουμε τη φορά του ρεύματος στο επαγωγικό τύμπανο και στο τύλιγμα των βοηθητικών πόλων, χωρίς να μεταβληθεί η φορά του ρεύματος στο τύλιγμα διέγερσης. Η αλλαγή αυτή γίνεται με την αλλαγή της συνδεσμολογίας των ακροδεκτών στην πινακίδα του κινητήρα, όπως φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα 2.29β.

Αν η αλλαγή της φοράς περιστροφής χρειάζεται να γίνεται τακτικά, κατά τη διάρκεια της λειτουργίας, χρησιμοποιούμε, είτε ένα εκκινητή-αναστροφέα είτε ένα ρυθμιστή στροφών-αναστροφέα.

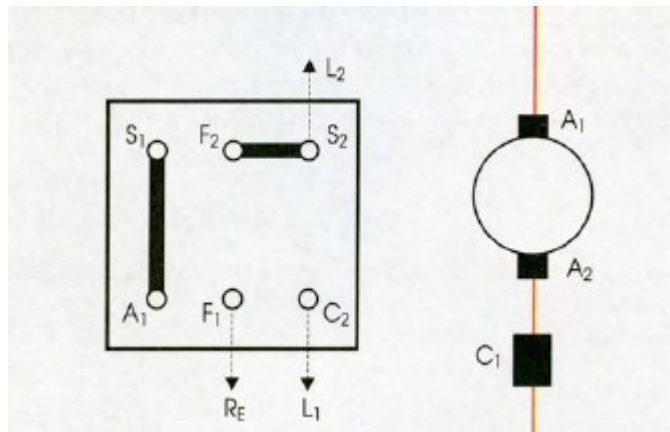


16. Να γίνει η συνδεσμολογία κινητήρα σύνθετης διέγερσης με αλλαγή της φοράς περιστροφής του.

Απάντηση, σ113:



Εάν θέλουμε να αλλάξουμε τη φορά περιστροφής του κινητήρα, σύνθετης διέγερσης πρέπει να αλλάξουμε τη συνδεσμολογία ώστε να αλλάξει η φορά του ρεύματος που διαρρέει το επαγωγικό τύμπανο και τους βοηθητικούς πόλους. Όμως η διεύθυνση των ρευμάτων τόσο στο παράλληλο τύλιγμα, όσο και στο τύλιγμα διέγερσης σειράς, πρέπει να είναι η ίδια όπως πρώτα. Δηλαδή είναι προτιμότερο να έχουμε αλλαγή φοράς στο ρεύμα τυμπάνου, παρά αλλαγή στην Ππολικότητα των μαγνητικών πόλων. Αυτά μπορούν να γίνουν με αλλαγή της συνδεσμολογίας στους ακροδέκτες, όπως δείχνει το ακόλουθο σχήμα 2.34β.



Βάλτε σε κύκλο το γράμμα μπροστά από τη σωστή απάντηση ή υπογραμμίστε την

17. Όταν ο κινητήρας λειτουργεί σε κενό, τότε η ένταση που απορροφά από την πηγή είναι:

- α. πολύ μεγάλη,
- β. πολύ μικρή,
- γ. μηδέν.

18. Σε ένα κινητήρα διέγερσης σειράς όταν το ρεύμα φόρτισης αυξάνει, οι στροφές:

- α. αυξάνονται,
- β. ελαττώνονται,
- γ. μένουν σταθερές.

Ηλεκτρικές μηχανές, σελίδα 30, απαντήσεις στις ερωτήσεις και ασκήσεις

1 Τι ονομάζουμε μετασχηματιστές και ποια η επίδραση τους στην οικονομική και τεχνολογική ανάπτυξη;

Απάντηση(σ-22):

Το 1890 γίνονται τα πρώτα πειράματα και στη συνέχεια προωθείται το εναλλασσόμενο ρεύμα (Ε.Ρ.), το οποίο και επικρατεί τελικά, χάρη κυρίως στο πλεονέκτημά του να μετασχηματίζεται εύκολα, γρήγορα και οικονομικά, με τη βοήθεια κατόλληλων μηχανημάτων που ονομάστηκαν **μετασχηματιστές**.

Κύριο χαρακτηριστικό των μετασχηματιστών είναι ότι δεν έχουν κινούμενα μέρη, για αυτό λέγονται και **στατοί μετασχηματιστές** (συμβολικά Μ/Σ). Με τους Μ/Σ η ανύψωση ή ο υποβιβασμός της τάσης του ΕΡ. γίνεται με ελάχιστες απώλειες. Για παράδειγμα, σήμερα κατασκευάζονται μεγάλοι Μ/Σ με βαθμό απόδοσης μέχρι και 99%, δηλαδή, με απώλεια 1% της ισχύος που μεταβιβάζεται.

2 Στην ανάπτυξη ποιων τεχνολογικών εφαρμογών βοήθησαν οι μετασχηματιστές;

Απάντηση(σ-23):

Η χρήση τέτοιων Μ/Σ είχε σαν αποτέλεσμα τη ραγδαία εξέλιξη και εξάπλωση των συστημάτων ηλεκτρικής ενέργειας εναλλασσόμενου ρεύματος (Ε.Ρ.)

Παράλληλα αναπτύχθηκε και η σχετική τεχνολογία καταναλωτών και συσκευών που χρησιμοποιούν την ηλεκτρική ενέργεια, με συνεχή βελτίωση του βαθμού απόδοσής τους. Αυτό γιατί, όπου χρειαζόμαστε διαφορετική τάση ή ένταση ρεύματος, ο Μ/Σ δίνει μια απλή και οικονομική λύση.

Χάρη λοιπόν στους Μ/Σ, το εναλλασσόμενο ρεύμα χρησιμοποιείται πια στα δίκτυα ηλεκτροδότησης των καταναλωτών όλων των χωρών.

Έτσι αναπτύχθηκαν σταδιακά οι εφαρμογές του εναλλασσόμενου ρεύματος και μαζί μ' αυτές όλοι σχεδόν οι τομείς της Τεχνολογίας και Παραγωγής.

3 Σε ποιούς βασικούς τομείς παραγωγής υπάρχουν μετασχηματιστές;

Απάντηση(σ-23):

Στην εποχή μας οι Μ/Σ κατασκευάζονται σε διάφορα μεγέθη, τύπους και παραλλαγές και χρησιμοποιούνται σ' όλους σχεδόν τους τομείς δραστηριότητας του ανθρώπου.

Από τα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας και τη βαριά βιομηχανία (π.χ. Μ/Σ διανομής), τη βιοτεχνία (π.χ. Μ/Σ ηλεκτροσυγκολλήσεων, φόρτισης συσσωρευτών κ.α), το γραφείο (π.χ. Μ/Σ ηλεκτρονικών υπολογιστών), τις συγκοινωνίες και μεταφορές (π.χ. Μ/Σ ηλ. έλξης), το σπίτι (π.χ. Μ/Σ ηλ. κουδουνιού, ηλεκτρονικών συσκευών κ.α), μέχρι τις τηλεπικοινωνίες (π.χ. Μ/Σ τροφοδοτικού κινητού τηλεφώνου).

4 Πού και πώς χρησιμοποιούνται οι μετασχηματιστές στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας;

Απάντηση(σ-23):

Μ/Σ ηλεκτροτεχνικών εφαρμογών, που μπορεί να είναι γενικά Μ/Σ ανύψωσης ή υποβιβασμού της τάσης του εναλλασσόμενου ρεύματος.

5 Ποια τα κυριότερα είδη των μετασχηματιστών;

Απάντηση(σ-24):

Οι τριφασικοί Μ/Σ χρησιμοποιούνται σε τριφασικά δίκτυα, ενώ οι μονοφασικοί σε μονοφασικά δίκτυα (οικιακές συσκευές κ.λπ.).

Οι Μ/Σ ισχύος κατασκευάζονται για να μεταφέρουν μεγάλες ποσότητες ηλ. ισχύος, ενώ οι Μ/Σ οργάνων μέτρησης για πολύ μικρές (με σκοπό να υποβιβάζουν κατά ένα γνωστό λόγο την τάση ή την ένταση του ρεύματος που θέλουμε να μετρήσουμε).

Οι ξηροί Μ/Σ χρησιμοποιούνται για μικρές σχετικά Ισχύεις και η ψύξη τους γίνεται κατευθείαν από τον αέρα, ενώ οι Μ/Σ λαδιού χρησιμοποιούνται για μεγαλύτερες Ισχύεις και η ψύξη τους πετυχαίνεται με κατάλληλο ορυκτέλαιο, μέσα στο οποίο βρίσκονται.

Οι Μ/Σ υπαίθρου τοποθετούνται στις υπαίθριες εγκαταστάσεις (υπαίθριους υποσταθμούς), ενώ οι Μ/Σ κλειστού χώρου μέσα σε κλειστούς χώρους.

Τέλος, κατασκευάζονται και χρησιμοποιούνται και ειδικοί Μ/Σ, όπως π.χ. είναι:

- οι Μ/Σ 1:1,
- οι Μ/Σ ηλεκτρικής έλξης,
- οι αυτομετασχηματιστές
- οι Μ/Σ ηλεκτροσυγκολλήσεων

6 Από τι αποτελείται βασικά κάθε μετασχηματιστής. Τι ονομάζουμε πρωτεύον και τι δευτερεύον;

Απάντηση(σ-24):

Κάθε μετασχηματιστής (Μ/Σ) αποτελείται από:

- έναν πυρήνα, που αποτελεί το μαγνητικό κύκλωμα και
- δύο τυλίγματα, το τύλιγμα υψηλής τάσης (Υ.Τ.) και το τύλιγμα χαμηλής τάσης (Χ.Τ.)

Τα δύο τυλίγματα ενός Μ/Σ λέγονται πρωτεύον και δευτερεύον.

Συγκεκριμένα πρωτεύον λέγεται το τύλιγμα που συνδέεται με την ηλεκτρική πηγή (δίκτυο ηλεκτροδότησης) και δευτερεύον το τύλιγμα που μας δίνει την μετασχηματισμένη τάση. Έτσι, π.χ. στην περίπτωση των Μ/Σ υποβιβασμού τάσης, πρωτεύον είναι το τύλιγμα της Υ.Τ. και δευτερεύον το τύλιγμα Χ.Τ.

7 Πώς λειτουργεί με λίγα λόγια ένας μονοφασικός μετασχηματιστής;

Απάντηση(σ-25):

Η εναλλασσόμενη τάση U_1 προκαλεί στο πρωτεύον μια εναλλασσόμενη ένταση ρεύματος (π.χ. για τη λειτουργία χωρίς φορτίο την I_0).

Η εναλλασσόμενη ένταση ρεύματος I_0 , δημιουργεί ένα μαγνητικό πεδίο (ΜΠ) με εναλλασσόμενη (μεταβαλλόμενη) μαγνητική ροή Φ_μ .

Η μεταβαλλόμενη μαγνητική ροή Φ_μ , κλείνει κύκλωμα μέσα από τον πυρήνα και διαπερνά (τέμνει) τις σπείρες του δευτερεύοντος.

Έτσι, σε κάθε σπείρα του δευτερεύοντος αναπτύσσεται μια ηλεκτρεγερτική δύναμη (Η.Ε.Δ.) από επαγωγή, που είναι κι αυτή εναλλασσόμενη και μάλιστα της ίδιας συχνότητας μ' αυτή των U_1 , I_0 και Φ_μ που την προκάλεσαν.

Επειδή οι σπείρες του δευτερεύοντος είναι ουνδεμένες σε σειρά, οι ΗΕ.Δ. που αναπτύσσονται σ' αυτές αθροίζονται. Άρα, από το δευτερεύον τύλιγμα παίρνουμε τελικά μια συνολική Η.Ε.Δ. (E_2), την οποία μπορούμε να μετρήσουμε μ' ένα βολτόμετρο.

8 Πότε λέμε ότι ένας μετασχηματιστής λειτουργεί χωρίς φορτίο και πότε με φορτίο;

Απάντηση(σ-26):

Σε κάθε Μ/Σ διακρίνουμε δύο λειτουργικές καταστάσεις:

1. τη λειτουργία χωρίς φορτίο (μεταβατικό στάδιο), στην οποία η τάση του δευτερεύοντος είναι ίση με την ΗΕΔ. που αναπτύσσεται σ' αυτό, δηλ. είναι $U_2 = E_2$, και

2. τη λειτουργία με φορτίο (κανονική λειτουργία), στην οποία η τάση U_2 , είναι γενικά μικρότερη απ' την E_2 , λόγω της πτώσης τάσης στα τυλίγματα του Μ/Σ.

9 Ποια η σχέση μεταξύ των τάσεων των εντάσεων και των σπειρών πρωτεύοντος και δευτερεύοντος ενός μετασχηματιστή και πως προκύπτει αυτή;

Απάντηση(σ-26):

Λέμε ότι ένας Μ/Σ λειτουργεί χωρίς φορτίο (ή στο κενό) όταν το δευτερεύον του δεν τροφοδοτεί κάποια κατανάλωση, δηλαδή, είναι ανοικτό. Στην περίπτωση αυτή ο λόγος των τάσεων πρωτεύοντος και δευτερεύοντος είναι ίσος με το λόγο των σπειρών πρωτεύοντος και δευτερεύοντος, δηλαδή, είναι:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{W_1}{W_2}$$

Ο λόγος (πηλίκιο) των σπειρών του πρωτεύοντος προς τις σπείρες του δευτερεύοντος λέγεται σχέση μεταφοράς K του Μ/Σ. Άρα:

$$K = \frac{W_1}{W_2}$$

Λέμε ότι ένας Μ/Σ λειτουργεί με φορτίο όταν το δευτερεύον του τροφοδοτεί έναν καταναλωτή K ή τους ζυγούς ενός δικτύου. Στη περίπτωση αυτή την ισχύ που απορροφά ο καταναλωτής από το δευτερεύον τύλιγμα, μαζί με τις απώλειες του Μ/Σ, τη δίνει το δίκτυο που τροφοδοτεί το πρωτεύον τύλιγμα, το οποίο για το λόγο αυτό απορροφά και μεγαλύτερη ένταση ρεύματος (από I_0 , απορροφά τώρα I_1).

Αν μετρήσουμε τις εντάσεις πρωτεύοντος και δευτερεύοντος, θα διαπιστώσουμε ότι προσεγγιστικά ισχύει η σχέση:

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{W_1}{W_2} = K \Rightarrow I_2 = K \cdot I_1$$

Επίσης, κατά προσέγγιση ισχύει και στη λειτουργία με φορτίο η σχέση που είδαμε στη λειτουργία χωρίς φορτίο, δηλ. η

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{W_1}{W_2} \Rightarrow U_2 = \frac{U_1}{K}$$

Από τις σχέσεις αυτές, εξισώνοντας τα πρώτα μέλη, προκύπτει τελικά:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1} \Rightarrow \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{W_1}{W_2}$$

Από την τελευταία αυτή σχέση συμπεραίνουμε ότι:

- **αν ένας Μ/Σ ανυψώνει την τάση στο δευτερεύον, θα υποβιβάζει με την ίδια περίπου αναλογία την ένταση του ρεύματος που κυκλοφορεί σ' αυτό**
- **το τύλιγμα Χ.Τ. και μεγάλης έντασης έχει μικρό αριθμό σπειρών και αγωγό μεγάλης διατομής, ενώ το τύλιγμα Υ.Τ. και χαμηλής έντασης έχει μεγάλο αριθμό σπειρών και αγωγό μικρής διατομής.**

10 Τι ονομάζουμε τάση βραχυκυκλώσεως και σε τι μας χρησιμεύει;

Απάντηση(σ-28-29):

Τάση βραχυκύκλωσης Μ/Σ ονομάζουμε την τάση που πρέπει να εφαρμοσθεί στο πρωτεύον του, ώστε, με βραχυκυκλωμένο το δευτερεύον τύλιγμα, να έχουμε τα κανονικά ρεύματα φόρτισης, τόσο στο πρωτεύον όσο και στο δευτερεύον τύλιγμα του Μ/Σ. Η τάση βραχυκύκλωσης $u_{βκ}$ ή $u_{1κ}$ μετριέται στο πείραμα βραχυκύκλωσης του Μ/Σ και πρακτικά εκφράζεται σαν ποσοστό επί τοις εκατό της ονομαστικής τάσης του πρωτεύοντος του Μ/Σ, δηλαδή:

$$u_K \% = \frac{u_{1κ}}{u_{1N}} \cdot 100$$

Αν γνωρίζουμε την u_K , μπορούμε να υπολογίσουμε την πιθανή ένταση ρεύματος

ενός βραχυκυκλώματος στο δευτερεύον τύλιγμα του Μ/Σ, όταν το πρωτεύον του τροφοδοτείται με την κανονική του τάση, απ' τη σχέση:

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

11 Τι ονομάζουμε σχέση μεταφοράς ενός μετασχηματιστή και τι δείχνει;

Απάντηση(σ-26):

Ο λόγος (πηλίκιο) των σπειρών του πρωτεύοντος προς τις σπείρες του δευτερεύοντος λέγεται σχέση μεταφοράς Κ του Μ/Σ. Άρα:

$$K = \frac{W_1}{W_2}$$

αν ένας Μ/Σ ανυψώνει την τάση στο δευτερεύον, θα υποβιβάζει με την ίδια περίπου αναλογία την ένταση του ρεύματος που κυκλοφορεί σ' αυτό και αντιστρόφως.

12 Ποια προβλήματα θα παρουσιαστούν αν βραχυκυκλωθεί το δευτερεύον ενός μετασχηματιστή;

Απάντηση(σ-29):

Παρατηρούμε ότι στην περίπτωση βραχυκυκλώματος ενός Μ/Σ, αναπτύσσονται πάρα πολύ μεγάλες εντάσεις ρεύματος (της τάξης των χιλιάδων αμπερ), που είναι επικίνδυνες, τόσο για τον ίδιο το Μ/Σ (καταστροφή μονώσεων και τυλιγμάτων) όσο και για το δίκτυο που τροφοδοτεί τον Μ/Σ.

13 Σε ποια περίπτωση ένας μετασχηματιστής λειτουργεί ουσιαστικά με βραχυκυκλωμένου το δευτερεύον του τύλιγμα και γιατί;

Απάντηση(σ-29):

Τα βραχυκυκλώματα στους Μ/Σ είναι γενικά επικίνδυνα (και γίνονται περισσότερο επικίνδυνα όσο μικρότερη είναι η τάση βραχυκύκλωσης), εκτός από την περίπτωση των ηλεκτροσυγκολλήσεων στην οποία θέλουμε μεγάλες εντάσεις ρεύματος. Στην περίπτωση αυτή ο Μ/Σ λειτουργεί με βραχυκυκλωμένο το δευτερεύον τύλιγμα, δηλαδή, το ρεύμα εργασίας τους είναι ουσιαστικά το ρεύμα βραχυκύκλωσης.

14 Στο πείραμα βραχυκύκλωσης ενός μονοφασικού μετασχηματιστή 220/9900V φωτεινών επιγραφών για να έχουμε τα κανονικά ρεύματα φόρτισης χρειάστηκε να τροφοδοτήσουμε το πρωτεύον του τύλιγμα με τάση 11V. Ποια είναι:

1 η σχέση μεταφοράς του μετασχηματιστή

2 η τάση βραχυκύκλωσης

Απάντηση(σ-29):

$$1 \quad K = \frac{U_1}{U_2} \Rightarrow K = \frac{9900 \text{ V}}{220 \text{ V}} \Rightarrow K = 45$$

$$2 \quad u_K \% = \frac{u_{1K}}{u_{1N}} \cdot 100 \Rightarrow u_K \% = \frac{11 \text{ V}}{220 \text{ V}} \cdot 100 \Rightarrow u_K \% = 0.05 \cdot 100 \Rightarrow u_K \% = 5 \%$$

15 Το πρωτεύον τύλιγμα ενός μετασχηματιστή έχει 300 σπείρες και το δευτερεύον 1500 σπείρες. Αν η τάση του πρωτεύοντος είναι 12V και διαρρέεται από ρεύμα εντάσεως 2A, πόση είναι η τάση και η ένταση του ρεύματος στο δευτερεύον;

Απάντηση(σ-26):

Από την σχέση μεταφοράς για τις τάσεις, συνεπάγεται:

$$K = \frac{W_1}{W_2} = \frac{U_1}{U_2} \Rightarrow K = \frac{300 \text{ σπείρες}}{1500 \text{ σπείρες}} = \frac{12 \text{ V}}{U_2} \Rightarrow K = 0.2 = \frac{12 \text{ V}}{U_2} \Rightarrow U_2 = \frac{12 \text{ V}}{K} \Rightarrow U_2 = 60 \text{ V} \quad (1)$$

ενώ και πάλι από την σχέση μεταφοράς για τα ρεύματα έχουμε:

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{W_1}{W_2} \Rightarrow I_2 = K \cdot I_1 \Rightarrow I_2 = 0.2 \cdot 2 \text{ A} \Rightarrow I_2 = 0.4 \text{ A}$$

Βάλτε σε κύκλο ή υπογραμμίστε το γράμμα μπροστά από τη σωστή απάντηση

16 Σήμερα στα δίκτυα ηλεκτροδότησης όλων των χωρών χρησιμοποιείται

1 το συνεχές ρεύμα

2 το εναλλασσόμενο ρεύμα

3 το ζεύγος κινητήρα γεννήτριας

4 ο μετασχηματιστής και όλα τα παραπάνω

17 Ανάλογα με τον προορισμό τους οι μετασχηματιστές διακρίνονται σε

1 ισχύος και οργάνων μέτρησης

2 τριφασικούς και μονοφασικούς

3 αυτομετασχηματιστές και ηλεκτρικής έλξης

4 ξηρούς λαδιού και συγκολλήσεων

18 Μετασχηματιστής με 300 σπείρες στο πρωτεύον και 60 στο δευτερεύον όταν τροφοδοτείται από δίκτυο 220V δίνει στο δευτερεύον του

1 τάση 44V

2 τάση 22V

3 ένταση 20A

4 ένταση 4A

19 Στους μεγάλους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιούμε μετασχηματιστές ανύψωσης της τάσης παραδείγματος χάρη από 22kV σε 220kV, με σκοπό να μειώσουμε το ρεύμα δευτερεύοντος (στη γραμμή μεταφοράς) κατά

1 δύο φορές

2 πέντε φορές

3 10 φορές

4 20 φορές

20 Ο λόγος (πηλίκο) των σπειρών πρωτεύοντος και δευτερεύοντος τυλίγματος ενός μετασχηματιστή λέγεται

1 τάση βραχυκυκλώσης

2 ρεύμα βραχυκυκλώσης

3 σχέση μεταφοράς

4 σχέση μεταξύ τάσης και ρεύματος

21 Η ενεργός τιμή της ΗΕΔ (E2) του δευτερεύοντος ενός μονοφασικού μετασχηματιστή δίνεται από την σχέση:

α $E = K U_2$

β $E = K U_1$

γ $E = K f W_2 \Phi_m$

δ $E = K f W_2$

22 Μετασχηματιστής με 2000 σπείρες στο πρωτεύον και 80 στο δευτερεύον, όταν τροφοδοτεί καταναλωτή με ρεύμα έντασης 50A, απορροφά από το δίκτυο:

α ρεύμα 1A

β ρεύμα 2A

γ τάση 220V

δ ισχύ 2000W

Παρατήρηση: Οι προτάσεις με γραμμή διαγραφής αντιστοιχούν σε ύλη εκτός της διδακτέας.

1.2.7. Ερωτήσεις

1. Ποια σημασία έχει η χρήση νέων υλικών στη κατασκευή των Μ/Σ;

2. Από τι αποτελείται ένας Μ/Σ; Από τι υλικά κατασκευάζεται;

3. Πώς κατασκευάζεται το τυλίγμα ΧΤ. και πώς το τυλίγμα ΥΤ.;

4. Πού τοποθετούνται τα τυλίγματα στους 1- Μ/Σ τύπου πυρήνα;

5. Πώς κατασκευάζεται ο πυρήνας των 1- Μ/Σ τύπου μανδύα;

6. Πώς κατασκευάζεται ο πυρήνας 3- Μ/Σ και πού τοποθετούνται τα τυλίγματα;

7. Πώς συμβολίζονται οι ακροδέκτες των τυλιγμάτων των 1- Μ/Σ;

Απάντηση, σ38:

Στους 1- Μ/Σ οι ακροδέκτες του τυλίγματος της Υ.Τ. σημειώνονται με U-V ή A-B ή H₁-H₂ ενώ οι ακροδέκτες του τυλίγματος της Χ.Τ. με u-v ή a-b ή x₁-x₂.

Αν γίνεται και μεσαία λήψη, όπως π.χ. στη Χ.Τ. του Μ/Σ, ο αντίστοιχος ακροδέκτης τοποθετείται μεταξύ των άλλων δύο και σημειώνεται με η ή η_p ή x₀

8. Ποιες οι τυπικές τάσεις λειτουργίας του δευτερεύοντος 1-Μ/Σ, που συνδέονται στο δίκτυο της ΔΕΗ. (220v); ..(π.χ. 40v για τους Μ/Σ φωτιστικών κήπων)...

Απάντηση, σ40:

Στην πράξη, οι τάσεις λειτουργίας των Μ/Σ είναι τυποποιημένες, ανάλογα με το σκοπό και την εφαρμογή για την οποία προορίζονται. Έτσι, π.χ. οι Μ/Σ Χαμηλής Τάσης (Χ.Τ.) κατασκευάζονται για τάσεις πρωτεύοντος 220V και δευτερεύοντος 6, 12, 24 ή 40V, ενώ οι Μ/Σ διανομής Μέσης Τάσης (Μ.Τ.) για τάσεις πρωτεύοντος 15, 20 ή 25KV και τάσεις δευτερεύοντος 380/220V.

9. Πώς συνδέονται στην πράξη τα τυλίγματα (3 φάσεις) Υ.Τ. και ΧΤ., των 3- Μ/Σ:

Απάντηση, σ40:

Πάνω στη πινακίδα κάθε 3- Μ/Σ, ο κατασκευαστής του σημειώνει πάντα τη ζεύξη των τυλιγμάτων του. Με τα κεφαλαία γράμματα Υ ή Δ συμβολίζεται η σύνδεση των τυλιγμάτων του πρωτεύοντος, δηλ. της Υ.Τ. για τους Μ/Σ υποβιβασμού (Υ σε αστέρα, Δ σε τρίγωνο) και με τα μικρά γ ή δ η αντίστοιχη σύνδεση των τυλιγμάτων του δευτερεύοντος (Χ.Τ.) Από το συνδυασμό αστέρα-τριγώνου στις 3 φάσεις της Υ.Τ. και της Χ.Τ., προκύπτουν διάφορες ζεύξεις που εξυπηρετούν διαφορετικές ανάγκες, ανάλογα με τη χρήση του Μ/Σ.

10. Πώς συμβολίζονται οι ακροδέκτες (των ελεύθερων άκρων των φάσεων) στους 3- Μ/Σ, υποβιβασμού τάσης;

Απάντηση, σ41:

Σχήμα 1.14, πρωτεύον-U-V-W, δευτερεύον-u-v-w

11. Σε 3-Μ/Σ Dy σημειώνεται η ένδειξη 15K/380-220v. Τι σημαίνει αυτό;

Απάντηση, σ40:

Τάση πρωτεύοντος, σε σύνδεση τριγώνου(Δ), 15KV και τάση δευτερεύοντος, σε σύνδεση αστέρα(Υ), 380/220V.

12. Πατί με την αύξηση της ισχύος αυξάνει και το βάρος ενός Μ/Σ;

Απάντηση, σ37:

Στους μεγάλους Μ/Σ διανομής (σχ. 1.9), κάθε αύξηση της ισχύος συνεπάγεται αύξηση των διαστάσεών τους και αντίστοιχη αύξηση του βάρους τους (δες σχ. 1.11 και πίνακα 1.1).

13. Πώς υπολογίζεται η πραγματική ισχύς που απορροφά το πρωτεύον τύλιγμα

α. μονοφασικού

β. τριφασικού Μ/Σ;

Απάντηση, σ42:

Η πραγματική ισχύς που ο Μ/Σ απορροφά απ' το δίκτυο, είναι:

α. για 1~ Μ/Σ: $P_1 = U_1 \cdot I_1 \cdot \cos\phi_1$,

β. για 3~ Μ/Σ: $P_1 = 1,73 \cdot U_1 \cdot I_1 \cdot \cos\phi_1$,

(όπου U_1 , I_1 , και $\cos\phi$, τα στοιχεία του πρωτεύοντος).

14. Πώς υπολογίζεται η πραγματική ισχύς που δίνει ένας

α. μονοφασικός

β. τριφασικός Μ/Σ;

Απάντηση, σ42:

Η πραγματική ισχύς που δίνει ένας Μ/Σ στο δευτερεύον του, όταν τροφοδοτεί κατανάλωση με τάση U_2 , ένταση I_2 , και συντελεστή ισχύος $\cos\phi_2$, δίνεται από τις σχέσεις:

α. για 1~ Μ/Σ: $P_2 = U_2 \cdot I_2 \cdot \cos\phi_2$,

β. για 3~ Μ/Σ: $P_2 = 1,73 \cdot U_2 \cdot I_2 \cdot \cos\phi_2$,

15. Τι είναι ο Μ/Σ 1:1 και που χρησιμοποιείται;

Απάντηση, σ43:

Ο Μ/Σ 1:1 είναι Μ/Σ με σχέση μεταφοράς 1:1, δηλαδή με τάση πρωτεύοντος τυλίγματος ίση μ' αυτή του δευτερεύοντος, στον οποίο (για λόγους προστασίας) το δευτερεύον δεν έχει καμμία σύνδεση ως προς τη γη, με σκοπό την απομόνωση (ηλεκτρικό διαχωρισμό) του δευτερεύοντος από το πρωτεύον κύκλωμα. Για το λόγο αυτό λέγεται και Μ/Σ απομόνωσης ή προστασίας.

Οι Μ/Σ 1:1 χρησιμοποιούνται στις εσωτερικές ηλεκτρικές εγκαταστάσεις, σαν μέθοδος προστασίας από έμμεση επαφή και σε ρευματοδότες (πρίζες) που τοποθετούνται σε υγρούς χώρους, όπως π.χ.ο ρευματοδότης ξυριστικής μηχανής. Τα τελευταία χρόνια κατασκευάζονται και ρευματοδότες με Μ/Σ 1:1 για πλυντήρια ρούχων.

16. Τονομάζουμε Μ/Σ ηλ. έλξης; Τι είδους Μ/Σ είναι;

17. Ποιοι Μ/Σ χρησιμοποιούνται κυρίως στην ηλεκτρική έλξη;

18. Είναι ο πολλαπλασιαστής Μ/Σ; (ναι ή όχι και γιατί)

Βάλτε σε κύκλο το γράμμα μπροστά από τη σωστή απάντηση ή υπογραμμίστε την

19. Ο πυρήνας και τα τυλίγματα ενός Μ/Σ αποτελούν:

α. Το ενεργό μέρος του Μ/Σ. γΥ. το δευτερεύον τύλιγμα.

β. το πρωτεύον τύλιγμα. δ. ολόκληρο το σύστημα.

20. Δευτερεύον τύλιγμα ενός Μ/Σ λέμε το τύλιγμα απ' το οποίο παίρνουμε:

α. τη χαμηλή τάση (Χ.Τ..

β. την υψηλή τάση (ΥΤ..

γ. τη μετασχηματισμένη τάση.
δ. την τάση του δικτύου ηλεκτροδότησης.

21. Τα τυλίγματα (Χ.Τ. και Υ.Τ.) τοποθετούνται πάντοτε:
α. στα ζυγώματα του πυρήνα.
γ. σε ειδικά καλούπια.
β. στους κορμούς του πυρήνα. δ. σε πολλές στρώσεις.

22. το τύλιγμα ΥΤ. των Μ/Σ τοποθετείται πάνω από το τύλιγμα Χ.Τ. και αποτελείται από αγωγούς με:
α. λίγες σπείρες μεγάλης σχετικά διατομής.
β. πολλές σπείρες μικρής σχετικά διατομής.
γ. λίγες σπείρες μικρής διατομής.
δ. πολλές σπείρες μεγάλης διατομής.

23. Ο ακροδέκτης 1~ Μ/Σ που αναφέρεται σε μεσαία λήψη παριστάνεται με:
α. το σύμβολο n .
β. το σύμβολο n_p .
γ. το σύμβολο x_0 .
δ. όλους τους παραπάνω τρόπους.

24. Τα τυλίγματα (Χ.Τ. και Υ.Τ.) των 3- Μ/Σ συνδέονται εσωτερικά μεταξύ τους σε αστέρα ή σε τρίγωνο και τα ελεύθερα άκρα τους καταλήγουν:
α. στα φορτία του Μ/Σ.
β. στο δοχείο του Μ/Σ.
γ. στην πινακίδα του Μ/Σ
δ. στους καταναλωτές.

Αναλυτική απάντηση, σ39:

Στους 3~ Μ/Σ, τα τρία τυλίγματα (φάσεις) της Υ.Τ. και τα αντίστοιχα της Χ.Τ., συνδέονται εσωτερικά μεταξύ τους (σχ. 1.13β), είτε σε αστέρα, είτε σε τρίγωνο. Έτσι, απ' το καθένα 3~ τύλιγμα, μένουν τελικά ελεύθερα τρία ή τέσσερα άκρα τα οποία καταλήγουν στο κιβώτιο ακροδεκτών (πινακίδα) του Μ/Σ (σχ. 1.13β) και στους ακροδέκτες: U, V, W ή A, B, C ή H_1, H_2, H_3 , για τα τυλίγματα της ΥΤ και u, v, w , ή a, b, c ή x_1, x_2, x_3 , για τα τυλίγματα της ΧΤ. Αν χρειάζεται και ο ουδέτερος αγωγός, ο ουδέτερος κόμβος συνδέεται σε ιδιαίτερο ακροδέκτη και συμβολίζεται με το N ή M_p , ή H_0 για την ΥΤ και με τα μικρά n ή m_p ή x_0 ή x_4 , για τη ΧΤ.

25. Ο 3~ Μ/Σ υποβιβασμού, στον οποίο οι 3 φάσεις της ΧΤ συνδέονται σε τρίγωνο και οι αντίστοιχες της ΥΤ σε αστέρα, λέμε ότι έχει ζεύξη:
α. Yd (σχήμα 1.14β)
β. Dy
γ. Yz
δ. Dz

26. Ηλεκτρική έλξη ονομάζουμε γενικά την κίνηση οχημάτων με:
α. Μ/Σ έλξης.
β. πολλαπλασιαστή.
γ. ηλεκτρικό ρεύμα.
δ. διπλό διαφορικό.

27. Ο πολλαπλασιαστής λειτουργεί γενικά σαν ένας μονοφασικός (1-) Μ/Σ:
α. υποβιβασμού τάσης.
β. ανύψωσης τάσης.

γ. ανύψωσης ρεύματος.
δ. ηλεκτρικής έλξης.

28. Οι Μ/Σ ηλεκτρικής έλξης συνοδεύονται πάντα από έναν ειδικό:

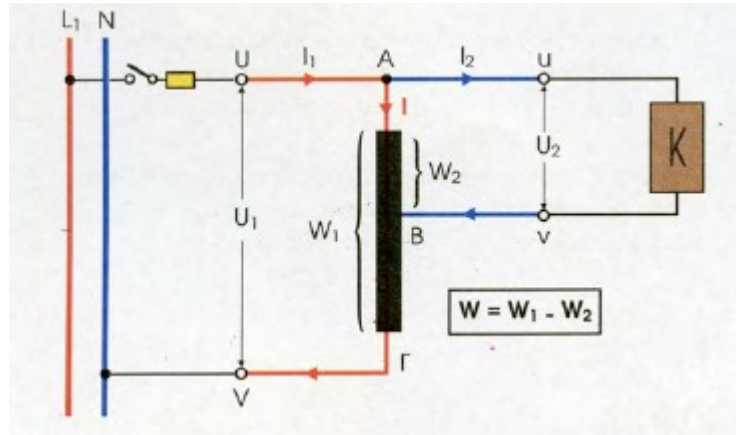
α. ανορθωτή υδραργύρου.
β. μηχανισμό διαφορικού.
γ. μηχανισμό επαφών.
δ. μηχανισμό κεραίας.

1.3.3. Ερωτήσεις

1. Τι ονομάζουμε AM/Σ; (Σχεδιάστε έναν 1~ AM/Σ υποβιβασμού τάσης).

Απάντηση σ50:

AM/Σ ονομάζονται οι Μ/Σ που έχουν ένα μόνο τύλιγμα, π.χ. το πρωτεύον, ένα μέρος απ' το οποίο αποτελεί το δευτερεύον. Οι AM/Σ, όπως και οι γνωστοί Μ/Σ με δύο τυλίγματα, μπορεί να είναι Μ/Σ ανύψωσης ή Μ/Σ υποβιβασμού της τάσης. Στους μονοφασικούς AM/Σ υποβιβασμού οι ακροδέκτες u και v της Χ.Τ. είναι συνδεδεμένοι με το ένα άκρο Α (U) του τυλίγματος και με μια λήψη του Β, όπως φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα. Άρα στους AM/Σ ένα τμήμα του τυλίγματος -εδώ το AB- ανήκει και στο πρωτεύον και στο δευτερεύον τύλιγμα του Μ/Σ, δηλαδή, είναι κοινό.



2. Ποιές διαφορές έχει ένας AM/Σ από έναν Μ/Σ;

Απάντηση σ51:

Η βασική διαφορά ανάμεσα στο μονοφασικό Μ/Σ, με δύο τυλίγματα, και στον αντίστοιχο AM/Σ είναι ότι στον AM/Σ δεν υπάρχει ηλεκτρική μόνωση μεταξύ πρωτεύοντος και δευτερεύοντος τυλίγματος.

3. Για ποιές σχέσεις μεταφοράς κατασκευάζονται οι AM/Σ;

Απάντηση σ52:

Οι AM/Σ χρησιμοποιούνται μόνο σε ειδικές περιπτώσεις και κατασκευάζονται για σχέσεις μεταφοράς που πλησιάζουν τη μονάδα (π.χ. 1/2).

4. Πώς συνδέονται οι AM/Σ και ποια η τάση λειτουργίας τους;

Απάντηση σ51:

Οι σχέσεις που είδαμε στους μονοφασικούς Μ/Σ ισχύουν και για τους μονοφασικούς AM/Σ, δηλαδή ισχύουν, κατά προσέγγιση, οι σχέσεις:

$$\frac{W_1}{W_2} = \frac{U_1}{U_2} = K \quad \text{ή} \quad U_2 = \frac{U_1}{K} \quad \text{και} \quad \frac{W_1}{W_2} = \frac{I_2}{I_1} = K \quad \text{ή} \quad I_2 = K \cdot I_1$$

όπου: U_1 , I_1 , και W_1 , είναι τα γνωστά μεγέθη του πρωτεύοντος του Μ/Σ και U_2 , I_2 , και W_2 , τα αντίστοιχα του δευτερεύοντος.

5. Πώς προσδιορίζεται το εύρος ρύθμισης της τάσης AM/Σ;

Απάντηση σ53:

Στην πράξη κατασκευάζονται AM/Σ με δυνατότητα μεταβολής της τάσης του δευτερεύοντος τυλίγματος σε πολύ μεγάλα όρια (π.χ. από 0 ως 250V), που λέγονται Μ/Σ ρύθμισης ή «ρυθμιζόμενοι AM/Σ». Σ' αυτούς η μεταβολή της τάσης γίνεται με τη μετακίνηση μιας επαφής πάνω στο τύλιγμα (σχ. 1.19β). Η επαφή αυτή είναι περίπου όπως και η ψήκτρα μιας ηλεκτρικής μηχανής και κατασκευάζεται από άνθρακα.

6. Για τις ίδιες διαστάσεις, ποιος Μ/Σ έχει μεγαλύτερη ισχύ: ο AM/Σ ή ο απλός Μ/Σ και γιατί;

Απάντηση σ52:

Οι ΑΜ/Σ, σε σχέση με τους γνωστούς Μ/Σ, έχουν χαμηλότερο κόστος κατασκευής, λόγω του ενός τυλίγματος, αλλά και του μικρότερου βάρους των αγωγών και επομένως και λιγότερες απώλειες, δηλ. πολύ καλύτερο βαθμό απόδοσης (που πλησιάζει το 100%). Ένα άλλο σημαντικό πλεονέκτημα του ΑΜ/Σ είναι ότι αποδίδει πολύ μεγαλύτερη φαινομένη ισχύ (φαινομένη ισχύς εξόδου), απ' αυτή του αντίστοιχου κανονικού Μ/Σ, για την ίδια φαινομένη ισχύ πρωτεύοντος.

7. Τι ονομάζουμε Μ/Σ μετρήσεων και ποιος ο σκοπός τους;

Απάντηση σ52:

Μ/Σ οργάνων μέτρησης (ή Μ/Σ μετρήσεων) ονομάζουμε τους Μ/Σ που χρησιμεύουν για τη μέτρηση μεγάλων τάσεων ή εντάσεων ρεύματος, όπως π.χ. συμβαίνει στα δίκτυα υψηλής τάσης (ΥΤ.) ή στα δίκτυα χαμηλής τάσης (ΧΤ.), αλλά μεγάλης έντασης.

Για το σκοπό αυτό παρεμβάλλονται μεταξύ των αγωγών των δικτύων και του οργάνου μέτρησης (σχ. 1.21) και υποβιβάζουν, κατά τη σχέση μεταφοράς, την τάση ή την ένταση που θέλουμε να μετρήσουμε.

Ανάλογα με τον προορισμό τους, οι Μ/Σ οργάνων (σχ. 1.21) διακρίνονται σε:

- Μ/Σ τάσης
- Μ/Σ έντασης

8. Ποια η διαφορά των Μ/Σ μετρήσεων απ' τους Μ/Σ ισχύος;

Απάντηση σ54:

Η διαφορά τους, εκτός από τον ειδικό σκοπό τους, είναι ότι αυτοί κατασκευάζονται για πολύ μικρότερες ισχείς (μερικές δεκάδες VA), όπως επίσης και το ότι, για λόγους προστασίας, το ένα άκρο του δευτερεύοντος τυλίγματος γειώνεται.

9. Πότε χρησιμοποιούνται Μ/Σ για τη μέτρηση ηλεκτρικών μεγεθών και τι πετυχαίνουμε με αυτούς;

Απάντηση σ54:

Με τους Μ/Σ μετρήσεων πετυχαίνουμε ταυτόχρονα:

- την αύξηση της περιοχής μετρήσεως των οργάνων,
- την ηλεκτρική απομόνωσή τους απ' τα κυκλώματα Υ.Τ.
- την εγκατάστασή τους σε θέσεις προσιτές και ακίνδυνες για το χειριστή τους

10. Πώς συνδέεται ένας Μ/Σ τάσης;

Απάντηση σ55:

Σ' αυτούς το πρωτεύον τύλιγμα συνδέεται στους ζυγούς της Υ.Τ. που θέλουμε να μετρήσουμε και το δευτερεύον με το βολτόμετρο, ενώ ο ένας ακροδέκτης της ΧΤ για λόγους προστασίας γειώνεται (σχ. 129). Οι Μ/Σ τάσης εργάζονται με πολύ μικρό φορτίο (σχεδόν στο κενό), γιατί δίνουν μόνο το αδύνατο ρεύμα, που χρειάζεται το βολτόμετρο, οπότε σε περίπτωση βραχυκυκλώματος υπάρχει κίνδυνος καταστροφής τους από το μεγάλο ρεύμα που θα αναπτυχθεί. Για το λόγο αυτό στο δευτερεύον τοποθετούμε πάντοτε μια ασφάλεια. Ασφάλειες τοποθετούνται επίσης και στη σύνδεση του πρωτεύοντος με την ΥΤ.

11. Πώς συνδέεται ένας Μ/Σ έντασης;

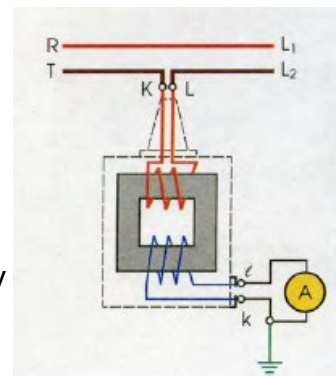
Γιατί το δευτερεύον του δεν πρέπει να μένει ποτέ ανοικτό;

Απάντηση σ56:

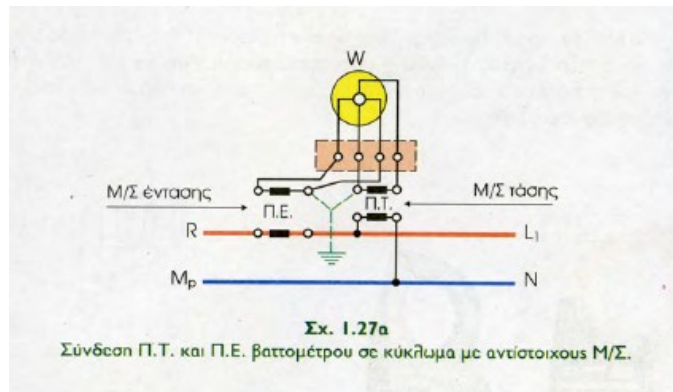
Η συνδεσμολογία και η πραγματική μορφή Μ/Σ έντασης φαίνεται στο διπλανό σχήμα.

12. Ποιά άλλα όργανα μπορούν να συνδεθούν στο δευτερεύον των Μ/Σ μετρήσεων;

Απάντηση σ56:



Στο δευτερεύον των Μ/Σ οργάνων, εκτός από το βολτόμετρο ή το αμπερόμετρο, μπορούν να συνδεθούν και άλλα όργανα, όπως π.χ. ένα βαττόμετρο (σχ. 1.27α). Στις εγκαταστάσεις μεγάλων ρευμάτων και Υ1Τ., οι Μ/Σ αυτοί τοποθετούνται στους ηλεκτρικούς πίνακες (σχ. 1.27β).



13. Στο σχήμα 1.24α, το αμπερόμετρο δείχνει ένταση ρεύματος 4.2Α. Αν ο Μ/Σ έχει σχέση μεταφοράς $K=1/50$, πόση ένταση ρεύματος περνά απ' το δίκτυο, δηλ. το πρωτεύον του Μ/Σ; (ΑΠ. $I_1=20A$)

Απάντηση σ51:

$$\frac{I_2}{I_1} = K \Rightarrow I_1 = \frac{I_2}{K} \Rightarrow I_1 = \frac{4.2 A}{\frac{1}{50}} \Rightarrow I_1 = 4.2 A \cdot 50 \Rightarrow I_1 = 210 A$$

14. Στο σχήμα 1.22α ο Μ/Σ έχει σχέση μεταφοράς $K=96$ και το βολτόμετρο δείχνει 69V. Τι τάση επικρατεί στους ζυγούς R:T; (ΑΠ. $U_1 = 6624V$)

Απάντηση σ51:

$$K = \frac{U_1}{U_2} \Rightarrow U_1 = K U_2 \Rightarrow U_1 = 96 \cdot 69 V \Rightarrow U_1 = 6624 V$$

Βάλτε σε κύκλο το γράμμα μπροστά από τη σωστή απάντηση ή υπογραμμίστε την.

15. Οι 3- AM/Σ λειτουργούν όπως και οι αντίστοιχοι Μ/Σ και έχουν συνολικά:

- α. ένα τυλίγμα.
- β. δύο τυλίγματα.
- γ. τρία τυλίγματα.
- δ. έξι τυλίγματα.

16. Στον Μ/Σ τάσης το πρωτεύον τυλίγμα συνδέεται με:

- α. το βολτόμετρο.
- β. το δίκτυο ΧΤ.
- γ. το δίκτυο Υ.Τ.
- δ. τη γη.

17. Ο Μ/Σ έντασης (ρεύματος) πρέπει να διατηρείται συνεχώς:

- α. σε λειτουργία.
- β. βραχυκυκλωμένος.
- γ. στο κύκλωμα.
- δ. εκτός κυκλώματος.

18. Οι αυτο-Μ/Σ σε σχέση με τους κλασσικούς Μ/Σ, ίδιας ισχύος έχουν:

- α. λιγότερες απώλειες.
- β. μικρότερο κόστος κατασκευής.
- γ. μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης.
- δ. όλα τα παραπάνω.

19. Με έναν Μ/Σ τάσης, που έχει $K=60$ και ένα βολτόμετρο, με κλίμακα μέχρι 250V, μπορούμε να μετρήσουμε τάσεις έως:

- α. 10000V.

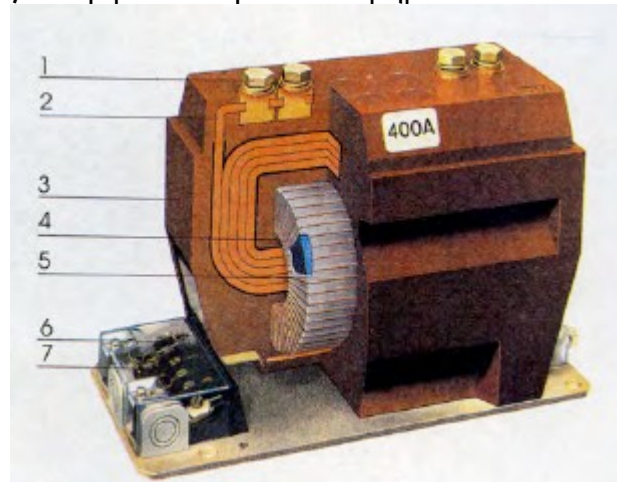
- β. 15000V.
γ. 20000V,
δ. 250000V.

20. Οι αυτο-Μ/Σ με δυνατότητα μεταβολής της τάσης του δευτερεύοντος σε πολύ μεγάλα όρια, ονομάζονται:

- α. Μ/Σ οργάνων μέτρησης.
β. τριφασικοί αυτοΜ//Σ.
γ. ρυθμιζόμενοι αυτο-Μ/Σ.
δ. αυτο-Μ/Σ υποβιβασμού.

21 Αντιστοιχείστε τους αριθμούς του σχήματος 1.24β με τα παρακάτω τμήματα του Μ/Σ έντασης:

- 5.....Α). πυρήνας Μ/Σ.
2.....Β) πρωτεύον τύλιγμα.
4.....Γ) δευτερεύον τύλιγμα.
3.....Δ) εξωτερικό περίβλημα.
7.....Ε) ακροδέκτες δευτερεύοντος.
6.....ς) βίδες για σύνδεση δευτερεύοντος.
1.....Ζ) διπλοί ακροδέκτες για σύνδεση με καλώδιο.



Ηλεκτρικές μηχανές, σελίδα 203, απαντήσεις στις ερωτήσεις και ασκήσεις

Οι ερωτήσεις με γραμμή διαγραφής, είναι σε ύλη εκτός της διδακτέας

1. Με ποιους τρόπους μπορούμε να πάρουμε ΗΕΔ από επαγωγή, ημιτονοειδούς μορφής; Τι προκαλεί αυτή αν κλείσουμε το ηλεκτρικό κύκλωμα;

Απάντηση, σ166:

Όπως είδαμε, όταν ένα πλαίσιο (σπείρα) περιστρέφεται μέσα σε σταθερό μαγνητικό πεδίο (ΜΠ) έτσι, ώστε να τέμνει τις μαγνητικές γραμμές, στα άκρα του αναπτύσσεται (από επαγωγή) εναλλασσόμενη Η.Ε.Δ. $\mathcal{E}$ ή $\mathcal{e}$, ημιτονοειδούς μορφής. Το ίδιο αποτέλεσμα έχουμε και αν, αντί για τους αγωγούς του πλαισίου, περιστρέφεται το ΜΠ, δηλ. οι μαγνητικοί πόλοι (σχ. 5.2).

2. Τι ονομάζουμε εναλλασσόμενο ρεύμα (ΕΡ); Ποιο ΕΡ χρησιμοποιείται στη πράξη; Σχεδιάστε τη μορφή του.

Απάντηση, σ167+168:

Πα να χρησιμοποιήσουμε την εναλλασσόμενη ΗΕΔ που αναπτύσσεται στο πλαίσιο, συνδέουμε στα άκρα του -μέσω δακτυλιδιών και ψηκτρών- ένα ηλεκτρικό φορτίο (R), πχ. ένα λαμπτήρα πυρακτώσεως. Έτσι δημιουργείται ένα κλειστό ηλεκτρικό κύκλωμα, οπότε από την ΗΕΔ $\mathcal{e}$, παίρνουμε μια εναλλασσόμενη ημιτονοειδή ηλεκτρική τάση u και απ' αυτή ένα εναλλασσόμενο ρεύμα (ένταση) I της ίδιας μορφής (σχ. 3.8). Το βιομηχανικό ΕΡ, δηλ. το ΕΡ 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 ΕΡ διαρκεί $1/50\text{sec}=0,02\text{sec}$ ή 20ms .

3. Ποια είναι τα βασικά χαρακτηριστικά του ΕΡ ημιτονοειδούς μορφής;

Απάντηση, σ168:

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

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

4. Τι ονομάζουμε περίοδο και τι συχνότητα ΕΡ; Ποιές οι μονάδες τους;

Απάντηση, σ168:

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

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

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

- Η συχνότητα μετριέται σε $\text{c/sec} = \text{Hertz}$, με σύμβολο Hz .

5. Ποια τιμή των εναλλασσόμενων μεγεθών χρησιμοποιούμε στη πράξη; Πώς υπολογίζεται αυτή;

Απάντηση, σ169:

Το ΕΡ 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 ΕΡ, ισοδύναμη μ' αυτή του ΣΡ, που λέγεται ενεργός τιμή $I_{\text{εν}}$ του ΕΡ, όπως προέκυψε από τη σύγκριση των δύο ρευμάτων.

Ενεργός τιμή ΕΡ είναι η τιμή του ΣΡ που, αν περνούσε μέσα από έναν ωμικό καταναλωτή για κάποιο χρόνο t , θα έδινε το ίδιο θερμικό αποτέλεσμα, μ' αυτό που δίνει το ΕΡ περνώντας μέσα από τον ίδιο καταναλωτή, στον ίδιο χρόνο t . Η ενεργός τιμή του ημιτονικού ΕΡ, είναι ίση με:

$$I_{\text{EV}} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot I_m \Rightarrow I_{\text{EV}} = 0.707 \cdot I_m \quad (3.5)$$

Παρατήρηση: Τα ίδια χαρακτηριστικά, όπως είναι λογικό, έχει και η εναλλασσόμενη ημιτονοειδής τάση που προκαλεί το ΕΡ, δηλαδή, είναι:

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

$$\text{και } U_{\text{EV}} = 0.707 \cdot U_m \quad (3.7)$$

Σημείωση: Τα όργανα στην πράξη μετρούν πάντατις ενεργές τιμές των εναλλασσόμενων μεγεθών (U_{EV} και I_{EV}) γι' αυτό και από δω και κάτω οί δείκτες (εν) παραλείπονται.

6. Τ ονομάζουμε εναλλακτήρα; Πώς διακρίνονται οί εναλλακτήρες και ποια τα χαρακτηριστικά τους;

Απάντηση, σ169+170:

Οι γεννήτριες ΕΡ. μπορεί να είναι σύγχρονες και ασύγχρονες.

Οι σύγχρονες γεννήτριες έχουν διέγερση με ΣΡ, δηλαδή, ΜΠ που δημιουργείται από μαγνητικούς πόλους, των οποίων τα τυλίγματα τροφοδοτούνται με ΣΡ και παράγουν ΕΡ, με συχνότητα που εξαρτάται από την ταχύτητα περιστροφής της μηχανής.

Στην πράξη χρησιμοποιούνται, σχεδόν πάντοτε, οι σύγχρονες γεννήτριες ΕΡ που λέγονται και **εναλλακτήρες**. Ανάλογα με τη διάταξη των μαγνητικών πόλων που δημιουργούν τη διέγερση, οι εναλλακτήρες διακρίνονται σε:

α) εναλλακτήρες με εξωτερικούς πόλους

β) εναλλακτήρες με εσωτερικούς ή περιστρεφόμενους πόλους.

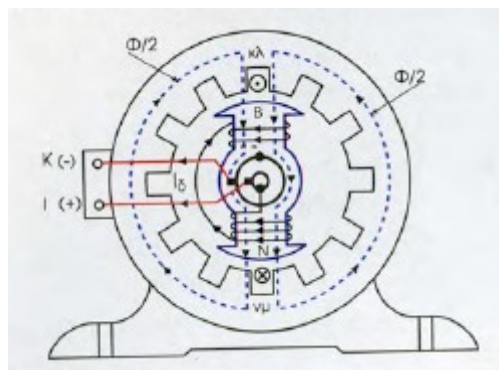
Σημείωση: Ειδικός τύπος των εναλλακτών με περιστρεφόμενους πόλους είναι οί στροβιλοεναλλακτήρες.

7. Ποια η αρχή λειτουργίας των εναλλακτών με εσωτερικούς πόλους;

Απάντηση, σ171:

Η αρχή λειτουργίας των εναλλακτών με εσωτερικούς πόλους είναι γενικά ίδια μ' 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 οί μαγνητικοί πόλοι και μαζί μ' αυτούς το ΜΠ. Τώρα, οί μαγνητικές γραμμές "τέμνουν" τους αγωγούς (και όχι οί αγωγοί τις μαγνητικές γραμμές), με το ίδιο όμως αποτέλεσμα, δηλαδή, τη δημιουργία εναλλασσόμενης ΗΕΔ και τάσης ημιτονοειδούς μορφής. Σ' αυτούς τους αγωγούς το ΣΡ για τη διέγερση των πόλων, διοχετεύεται μέσω ψηκτρών και δακτυλιδιών που στερεώνονται στον άξονα του περιστρεφόμενου μέρους (δρομέας), ενώ το παραγόμενο ΕΡ λαμβάνεται κατευθείαν από τους ακροδέκτες της μηχανής (σχ. 3.6)



8. Πώς συνδέονται μεταξύ τους η συχνότητα της παραγόμενης ΗΕΔ, τα ζεύγη πόλων και η ταχύτητα περιστροφής εναλλακτήρα;

Απάντηση, σ172:

Όπως προαναφέρθηκε, εναλλακτήρες ονομάζουμε συνοπτικά τις σύγχρονες γεννήτριες ΕΡ. 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.

Σημείωση: 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 (ΗΕΔ, τάσης και έντασης ρεύματος) με την ταχύτητα περιστροφής του εναλλακτήρα, ανεξάρτητα απ' τον τύπο του, δίνεται από την παρακάτω εξίσωση:

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

όπου:

p , ο αριθμός των ζευγών των μαγνητικών πόλων

n_s , ο σύγχρονος αριθμός στροφών του εναλλακτήρα στο λεπτό, οποίος δίνεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$n_s = \frac{f \cdot 60}{p} \quad (\text{σε } \frac{\text{στροφ}}{\text{min}} \text{ ή rpm})$$

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

9. Από τι αποτελείται ο στάτης των εναλλακτών με εσωτερικούς πόλους; Πού καταλήγουν τα άκρα των τυλιγμάτων ΕΡ;

Απάντηση, σ175:

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

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

10. Ποιος εναλλακτήρας λέγεται μονοφασικός και ποιος τριφασικός; Πόσα άκρα έχει το τύλιγμα ΕΡ σε κάθε περίπτωση; Πού συνδέονται και πώς συμβολίζονται;

Απάντηση, σ166:

11. Πώς συνδέονται μεταξύ τους οι Τρεις (9) φάσεις εναλλακτήρα;

Ποια συνδεσμολογία χρησιμοποιείται περισσότερο στην πράξη και γιατί;

Απάντηση, σ166:

12. Πότε λέμε ότι ένας εναλλακτήρας λειτουργεί χωρίς φορτίο και πότε με φορτίο;

Απάντηση, σ166:

13. Πώς ρυθμίζεται η τάση εξόδου εναλλακτήρα; Πού επεμβαίνουμε;

Απάντηση, σ166:

14. Τι ονομάζουμε Ηλεκτροπαραγωγό Ζεύγος (Η/Ζ); Πού χρησιμοποιείται; Ποιο το κύριο χαρακτηριστικό των Η/Ζ;

18. 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 εναλλακτήρες έλξης;
21. Από τι αποτελείται βασικά η μηχανή έλξης των ηλ. σιδηροδρόμων;
22. Ποιο το είδος του εναλλακτήρα αυτοκινήτου και ποιος ο σκοπός του;
Πώς μετατρέπουμε το παραγόμενο απ' αυτόν ΕΡ σε ΣΡ;

Βάλτε σε κύκλο το γράμμα μπροστά από τη σωστή απάντηση ή υπογραμμίστε την

29. Για να εμφανιστεί σ' έναν αγωγό μια ΗΕΔ και τάση, ο αγωγός πρέπει να κινείται μέσα σε ΜΠ, έτσι ώστε να:
α. παράγει ΕΡ.
β. εναλλάσσεται η φορά του.
γ. τέμνει τις μαγνητικές γραμμές.
δ. ακουμπάει στους πόλους.
24. Η τάση και το (επαγωγικό) ρεύμα που παίρνουμε από μια σπείρα, που περιστρέφεται με σταθερή ταχύτητα μέσα σε ομογενές ΜΠ, είναι μεγέθη:
α. συνεχή.
β. μεταβαλλόμενα.
γ. εναλλασσόμενα τετραγωνικά.
δ. εναλλασσόμενα ημιτονικά.
25. Ο αριθμός των στροφών της σπείρας στο δευτερόλεπτο, είναι ίσος με:
α. τη περίοδο T , του ΕΡ.
β. τη στιγμιαία τιμή του ΕΡ.
γ. τη συχνότητα f , του ΕΡ.
δ. όλα τα παραπάνω.
26. Η τιμή που έχει το ΕΡ σε κάποια τυχαία χρονική στιγμή, ονομάζεται:
α. ενεργός.
β. στιγμιαία.
γ. φάση.
δ. διαφορά φάσης.
27. Ένα (ημιτονικό) ΕΡ έχει συχνότητα 1Hz, όταν η περιόδός του διαρκεί:
α. 1 ms.
β. 2 ms.
γ. 1 sec.
δ. 2 sec.

26. Η φορά του ρεύματος 10 A, 50 HZ αναστρέφεται σε κάθε δευτερόλεπτο:

- α. 50 φορές.
- β. 100 φορές.
- γ. 5 φορές.
- δ. 10 φορές.

25. Για να πάρουμε μεγάλη ΗΕΔ από έναν εναλλακτήρα τοποθετούμε στο επαγωγικό τύμπανο:

- α. πολλές σπείρες.
- β. πολλές ομάδες.
- γ. συγκροτήματα ομάδων.
- δ. όλα τα παραπάνω σε σειρά.

30. Στους εναλλακτήρες με εσωτερικούς πόλους το επαγωγικό τύμπανο, με τον πυρήνα και το τυλίγμα απ' το οποίο παράγεται η εναλλασσόμενη ΗΕΔ και τάση είναι τοποθετημένο:

- α. στη διεγέρτρια.
- β. στον άξονα.
- γ. στο στάτη.
- δ. στο δρομέα.

31. Ο εναλλακτήρας που έχει ένα μόνο τυλίγμα, στο επαγωγικό του τύμπανο, με δύο ελεύθερα άκρα, πχ. 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.

38. Από έναν 3~ εναλλακτήρα μπορούμε να τροφοδοτήσουμε δίκτυο ΕΡ, τριών ή τεσσάρων αγωγών, συνδέοντας κατάλληλα τα άκρα των φάσεων με:

- α. δύο λαμόκια.

- β. τρία λαμάκια.
- γ. δύο ή τρία λαμάκια.
- δ. τρία όμοια δακτυλίδια.

36. Η ΗΕΔ, μεταξύ των ακροδεκτών δύο φάσεων, ανεξάρτητα απ' τη σύνδεση (σε Υ ή Δ) των τυλιγμάτων 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 H/Z, συμβολίζονται γενικά, όπως οι αντίστοιχοι ακροδέκτες των:

- α. γεννητριών ΣΡ. γ. εναλλακτών.
- β. μετασχηματιστών. δ. κινητήρων ΕΡ.

39. Η επιτρεπόμενη υπερφόρτιση ενός H/Z 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 H/Z εξασφαλίζεται με ειδικό σύστημα που περιλαμβάνει συνήθως:

- α. σύστημα αυτόματης εκκίνησης και επιτηρητή τάσης δικτύου.
- β. χρονοδιακόπτη εκκίνησης και επιστροφής τάσης.
- γ. Χρονοδιακόπτη κρατήματος της μηχανής σε λειτουργία.
- δ. επιτηρητή τάσης γεννήτριας και οπτικές ενδείξεις.
- ε. όλα τα παραπάνω βασικά μέρη, κατάλληλα συνδεδεμένα.

41. Τετραπολικός Ι' εναλλακτήρας ηλεκτρικής έλξης, για να παράγει τάση και ρεύμα συχνότητας 16Hz, πρέπει να περιστρέφεται με n_s

- α. 3000 στρ/min,
- β. 1500 στρ/min.
- γ. 750 στρ/min.
- δ. 480 στρ/min.

42. Ο εναλλακτήρας αυτοκινήτου. αντικατέστησε:

- α. τον Μ/Σ έλξης.
- β. τη γεννήτρια ΣΡ.
- γ. τον κινητήρα ΣΡ.
- δ. την ανορθωτική διάταξη.

4.1.9. Ερωτήσεις

1. Ποια είναι τα είδη των ασύγχρονων τριφασικών κινητήρων (Α.Τ.Κ.);

Απάντηση, σ210:

Οι ασύγχρονοι τριφασικοί κινητήρες ανάλογα με τη κατασκευή του δρομέα διακρίνονται σε δύο τύπους:

- α) κινητήρας με βραχυκυκλωμένο δρομέα,
- β) κινητήρας με δακτυλιοφόρο δρομέα.

2. Πώς είναι διαμορφωμένος ο στάτης των ΑΤΚ;

Απάντηση, σ212:

Το ακίνητο μέρος ενός ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα, ο στάτης, αποτελεί το μόνο στοιχείο που συνδέεται ηλεκτρικά με το δίκτυο. Η κατασκευή του είναι όμοια με την κατασκευή των 3 εναλλακτών με εσωτερικούς πόλους.

Διαφορά υπάρχει κυρίως στη διαμόρφωση του κελύφους, το οποίο προσαρμόζεται στις συνθήκες, κάτω από τις οποίες πρόκειται να εργασθεί ο ασύγχρονος κινητήρας. Μέσα στο κέλυφος είναι τοποθετημένος ο πυρήνας του τυμπάνου, που κατασκευάζεται από πολλά μαγνητικά ελάσματα, συνήθως πυριτιούχου χάλυβα, που κόβονται σε ειδικές πρέσες.

Τα ελάσματα αυτά είναι περασμένα με ειδικό βερνίκι, συγκρατούνται με κοχλίες και αποτελούν το ζύγωμα της μηχανής.

Στα αυλάκια (οδοντώσεις) που σχηματίζονται τοποθετούνται οι τρεις φάσεις του τυλίγματος, ώστε να δημιουργείται στο εσωτερικό ένα μαγνητικό πεδίο $B_{ολ}$

3. Πώς γίνεται η σύνδεση των ακροδεκτών του τυλίγματος του στάτη σε αστέρα και τρίγωνο; Δώστε για κάθε σύνδεση τη σχέση φασικών-πολικών τάσεων και ενστάσεων.

Απάντηση, σ214:

Α. Υπάρχουν δύο τρόποι για να συνδεθούν οι τρεις φάσεις:

1. σύνδεση σε αστέρα (Υ), ενώνοντας με χάλκινα λαμάκια τους ακροδέκτες ΧΥ,Ζ της μηχανής, συνδέουμε τα τυλίγματα σε αστέρα Υ,
2. Ενώνοντας τους ακροδέκτες U με Z, V με X και W με Y συνδέουμε, τα τυλίγματα σε τρίγωνο (Δ).

Β. Η τάση στα άκρα μιάς φάσης λέγεται φασική τάση και η τάση μεταξύ δύο γραμμών. τροφοδοσίας, πολική τάση.

Στη συνδεσμολογία αστέρα παίρνοντας τυχαία μία φάση, την 1^η φάση, παρατηρούμε ότι η φασική τάση είναι η τάση $U_{UX} = U_{RN}$. Από την τριγωνομετρική ανάλυση του σχήματος 4.10 προκύπτει ότι $U_{RS} = \sqrt{3} U_{RN}$ Δηλαδή, $U_{πολική} = \sqrt{3} U_{φασική}$ και σε συντομία $U_{\pi} = \sqrt{3} U_{\phi}$ (4.1)

Το ρεύμα που παρέχεται στη 1^η φάση από το δίκτυο είναι I_R

Παρατηρώντας το σχήμα 4.9 προκύπτει $I_R = I_{\phi_1}$,

Γενικεύοντας μπορούμε να γράψουμε, $I_{πολικό} = I_{φασικό}$ και σε συντομία, $I_{\pi} = I_{\phi}$ (4.2)

Στη συνδεσμολογία τριγώνου η φασική τάση $U_{UX} = U_{RN}$, δηλαδή, $U_{πολική} = U_{φασική}$ και σε συντομία $U_{\pi} = U_{\phi}$ (4.3)

Από την τριγωνομετρική ανάλυση των ρευμάτων προκύπτει $I_{πολικό} = \sqrt{3} I_{φασικό}$ και σε συντομία, $I_{\pi} = \sqrt{3} I_{\phi}$ (4.4)

Ανεξάρτητα από τη συνδεσμολογία η πραγματική ισχύς που απορροφά ο Κίνη-
τήρας από το δίκτυο είναι $P = \sqrt{3} U_{\pi} \cdot I_{\pi} \cdot \cos \varphi$ (4.5)

4. Ποιος τύπος μας δίνει την ολίσθηση ενός ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα; Είναι δυνατόν η ολίσθηση να πάρει τιμή μηδέν και μονάδα;

Απάντηση, σ217+218:

Ο δρομέας του κινητήρα περιστρέφεται με ταχύτητα n που εξαρτάται από Το φορτίο του άξονα. Ο λόγος της διαφοράς μεταξύ της σύγχρονης ταχύτητας n_s , και της ταχύτητας του κινητήρα n , προς τη σύγχρονη ταχύτητα, ονομάζεται ολίσθηση s :

$$s = \frac{n_s - n}{n_s} \quad (4.8)$$

Η ολίσθηση ενός κινητήρα δεν είναι σταθερή, μεταβάλλεται με το φορτίο και αυξάνεται με αυτό. Η ταχύτητα περιστροφής n του κινητήρα είναι πάντοτε μικρότερη από τη σύγχρονη ταχύτητα n_s , του στρεφόμενου μαγνητικού πεδίου.

Αν υποθέσουμε ότι $n = n_s$, τότε δεν θα προλαβαίνει το μαγνητικό πεδίο να κόψει τους αγωγούς του δρομέα, δεν θα έχουμε επαγωγή και φυσικά θα μηδενισθεί η μαγνητική δύναμη και θα σταματήσει ο κινητήρας. Άρα η ολίσθηση δεν μπορεί να μηδενισθεί.

5. Ποιος τύπος μας δίνει τη ροπή ενός ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα;

Απάντηση, σ218:

Ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία του κινητήρα είναι η ροπή (T) που μπορεί να αναπτύξει στον άξονά του για να περιστρέψει το φορτίο. Μέσα από σχέσεις της Μηχανικής καταλήγουμε στην έκφραση της ροπής:

$$T = \frac{9.55 \cdot P}{n} \quad (4.9)$$

όπου

T , ροπή (σε Nm)

P , αποδιδόμενη ισχύς (σε W)

n , ταχύτητα κινητήρα (σε στρ/min).

6. Τ ονομάζουμε ροπή ανατροπής και τι ροπή επιτάχυνσης κινητήρα;

Απάντηση, σ219:

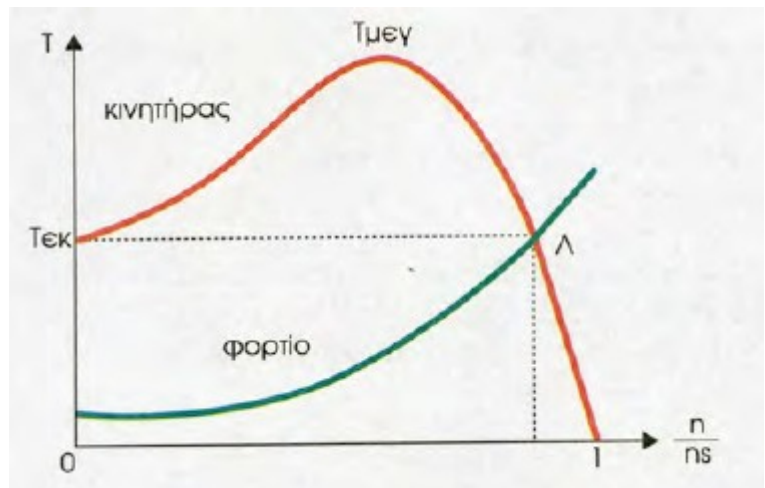
Στο σχήμα 4.16 φαίνεται η τυπική καμπύλη ροπής-στροφών ενός ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα. Η καμπύλη αυτή είναι σημαντική για τη λειτουργία των κινητήρων. Κατά την εκκίνηση, όταν οι στροφές είναι πρακτικά μηδέν, η ροπή του κινητήρα έχει τιμή $T_{εκ}$, και λέγεται **ροπή εκκίνησης**. Καθώς αυξάνονται οι στροφές, αυξάνεται και η ροπή μέχρι την τιμή $T_{μεγ}$ που λέγεται **μέγιστη ροπή ή ροπή ανατροπής**.

7. Από τι εξαρτάται η ροπή ενός ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα;

Απάντηση, σ210:

Στο σχήμα 4.6 φαίνεται και η καμπύλη ροπής-στροφών του φορτίου. Σε κάθε ταχύτητα η διαφορά μεταξύ της ροπής του κινητήρα και της ροπής του φορτίου λέγεται

ροπή επιτάχυνσης. Η ροπή εκκίνησης του κινητήρα πρέπει να είναι αρκετά μεγαλύτερη από την αντίστοιχη ροπή εκκίνησης του φορτίου. Η ροπή του κινητήρα πρέπει να παραμένει μεγαλύτερη, από τη ροπή του φορτίου όλο το διάστημα που ο κινητήρας



επιταχύνεται μέχρι να φθάσει στη ταχύτητα λειτουργίας του. Η ταχύτητα λειτουργίας και η ροπή λειτουργίας καθορίζονται από το σημείο λειτουργίας Λ που είναι η τομή των δύο καμπυλών του σχήματος 4.16.

8. Σχεδιάστε τη χαρακτηριστική ροπής-ταχύτητας ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα και σημειώστε τα βασικά μεγέθη.

Απάντηση, σ219:

Η λειτουργία του κινητήρα στο τμήμα της καμπύλης πριν τη μέγιστη ροπή ($T_{μεγ}$) είναι **ασταθής λειτουργία** και μετά τη **μέγιστη ροπή** είναι **ευσταθής λειτουργία**. Ο κινητήρας εργάζεται στην ευσταθή Περιοχή για να μπορεί να προσαρμόζεται αυτόματα στις διακυμάνσεις του φορτίου. Στην περιοχή αυτή, αν για κάποιο λόγο αυξηθεί το φορτίο, θα μειωθεί η ταχύτητα και κατόπιν θα αυξηθεί η ροπή ώστε να μπορέσει ο κινητήρας να περιστρέψει το φορτίο.

9. Εξηγείστε τον τρόπο δημιουργίας στρεφόμενου μαγνητικού πεδίου.

Απάντηση, σ215:

Ολόκληρη η παράγραφος 4.1.5, σελίδες 215 και 216

10. Περιγράψτε την αρχή λειτουργίας των ΑΤΚ.

Απάντηση, σ216:

Ολόκληρη η παράγραφος 4.1.6, σελίδα 216

11. Πότε έχουμε ασταθή λειτουργία του κινητήρα;

Απάντηση, σ219:

Η λειτουργία του κινητήρα στο τμήμα της καμπύλης πριν τη μέγιστη ροπή ($T_{μεγ}$) είναι ασταθής λειτουργία.

12. Ποιο είναι το μέρος της χαρακτηριστικής ροπής-ταχύτητας για το οποίο η λειτουργία του κινητήρα είναι ευσταθής;

Απάντηση, σ219:

Μετά τη μέγιστη ροπή είναι ευσταθής λειτουργία.

13. Πώς προσαρμόζεται ο κινητήρας στην αύξηση του φορτίου του, αν λειτουργεί στο τμήμα ευσταθούς λειτουργίας της χαρακτηριστικής ροπής ταχύτητας;

Απάντηση, σ219:

Ο κινητήρας εργάζεται στην ευσταθή Περιοχή για να μπορεί να προσαρμόζεται αυτόματα στις διακυμάνσεις του φορτίου. Στην περιοχή αυτή, αν για κάποιο λόγο αυξηθεί το φορτίο, θα μειωθεί η ταχύτητα και κατόπιν θα αυξηθεί η ροπή ώστε να μπορέσει ο κινητήρας να περιστρέψει το φορτίο.

14. Ασύγχρονος τριφασικός κινητήρας με δύο πόλους έχει συχνότητα τροφοδοσίας 50HZ. Όταν λειτουργεί χωρίς φορτίο η ολίσθησή του είναι 0,7% ενώ κατά την λειτουργία του με κανονικό φορτίο η ταχύτητά του είναι 2800στρ/min.

Να βρεθεί

α) η σύγχρονη ταχύτητα του κινητήρα.

β) η ταχύτητα στη λειτουργία χωρίς φορτίο.

γ) η ολίσθηση κατά την κανονική λειτουργία του.

(ΑΠ. α) 3000 στρ/min, β) 2970 στρ/min, γ) $s = 6.67\%$)

Απάντηση:

α) Από την σχέση $n_s = \frac{f \cdot 60}{p}$ έχουμε:

$$n_s = \frac{f \cdot 60}{p} \Rightarrow n_s = \frac{50 \text{ Hz} \cdot 60}{1} \Rightarrow n_s = 3000 \frac{\text{στρ}}{\text{min}} \quad (1)$$

β) Από την $s = \frac{n_s - n}{n_s}$, θα βρούμε την ταχύτητα στη λειτουργία χωρίς φορτίο.

Επομένως:

$$s = \frac{n_s - n}{n_s} \Rightarrow s \cdot n_s = n_s - n \Rightarrow s \cdot n_s - n_s = -n \Rightarrow n_s (1 - s) = n \Rightarrow n = n_s (1 - s) \Rightarrow$$

$$n = 3000 \frac{\text{στρ}}{\text{min}} (1 - 0.007) \Rightarrow n = 3000 \frac{\text{στρ}}{\text{min}} \cdot 0.993 \Rightarrow n = 2979 \frac{\text{στρ}}{\text{min}} \quad (2)$$

γ) Η ολίσθηση του κινητήρα στην λειτουργία με το κανονικό φορτίο, είναι:

$$s = \frac{n_s - n}{n_s} \Rightarrow s = \frac{3000 \frac{\text{στρ}}{\text{min}} - 2800 \frac{\text{στρ}}{\text{min}}}{3000 \frac{\text{στρ}}{\text{min}}} \Rightarrow s = 0.0667 \Rightarrow s = 6.67\% \quad (3)$$

Παρατηρούμε την μεγάλη άνοδο της ολίσθησης, ακόμη και υπό συνθήκες λειτουργίας με κανονικό φορτίο.

15. Ασύγχρονος τριφασικός κινητήρας απορροφά ισχύ $N = 8000 \text{ W}$ και έχει βαθμό απόδοσης 0.9. Περιστρέφεται με ταχύτητα 1500 στρ/min. Να βρεθεί η ροπή που αναπτύσσει στον άξονά του. (ΑΠ. 45 8B4N.ΠΙ)

Απάντηση:

Από την σχέση βαθμού απόδοσης και ισχύος μπορούμε να υπολογίσουμε την μηχανική ισχύ που αποδίδει στον άξονά του:

$$n = \frac{P_{\mu\eta\chi}}{P} \Rightarrow P_{\mu\eta\chi} = P \cdot n \Rightarrow P_{\mu\eta\chi} = 8000 \text{ W} \cdot 0.9 \Rightarrow P_{\mu\eta\chi} = 7200 \text{ W} \quad (1)$$

Δυνάμει του τύπου για την ροπή, θα έχουμε:

$$T = \frac{9.55 \cdot P_{\mu\eta\chi}}{n} \Rightarrow T = \frac{9.55 \cdot 7200 \text{ W}}{1500 \frac{\text{στρ}}{\text{min}}} \Rightarrow T = 45.84 \text{ Nm} \quad (2)$$

16. Ασύγχρονος τριφασικός κινητήρας συνδέεται με δίκτυο συχνότητας $f = 60 \text{ Hz}$. Η ολίσθηση στην πλήρη φόρτιση είναι 5% και έχει περιστρεφόμενο μαγνητικό πεδίο τεσσάρων πόλων.

Να βρεθεί:

α) η σύγχρονη ταχύτητα του κινητήρα.

β) η ταχύτητα περιστροφής του δρομέα.

Απάντηση:

α) Όπως και στη άσκηση 15, από την σχέση $n_s = \frac{f \cdot 60}{p}$ έχουμε:

$$n_s = \frac{f \cdot 60}{p} \Rightarrow n_s = \frac{60 \text{ Hz} \cdot 60}{2} \Rightarrow n_s = 1800 \frac{\text{στρ}}{\text{min}} \quad (1)$$

β) Από την $s = \frac{n_s - n}{n_s}$, θα βρούμε την ταχύτητα στη λειτουργία χωρίς φορτίο. Όπως και στη άσκηση 15, μετά τις αλγεβρικές μετατροπές, έχουμε:

$$n = n_s (1 - s) \Rightarrow n = 1800 \frac{\text{στρ}}{\text{min}} (1 - 0.05) \Rightarrow n = 1800 \frac{\text{στρ}}{\text{min}} \cdot 0.95 \Rightarrow n = 1710 \frac{\text{στρ}}{\text{min}} \quad (2)$$

Βάλτε σε κύκλο το γράμμα μπροστά από τη σωστή απάντηση ή υπογραμμίστε την

17. Ο νέος συμβολισμός των αγωγών τριφασικού δικτύου είναι:

α. L1, L2, L3, N

β. R, S, T, Mp

γ. U, V, W

18. Στην συνδεσμολογία αστέρα ATK, ισχύει:

α. $V_{\pi} = V_{\phi}$

β. $I_{\pi} = I_{\phi}$

γ. $P = 3 \cdot U \cdot I \cdot \cos \phi$

19. Σε κάθε κινητήρα η διαφορά μεταξύ της ροπής του κινητήρα και της ροπής του φορτίου λέγεται:

α. ροπή εκκίνησης.

β. ροπή επιτάχυνσης.

γ. ροπή ανατροπής.

20. Για να έχει ευσταθή λειτουργία ο κινητήρας πρέπει να εργάζεται:

α. στη μέγιστη ροπή του.

β. στη ροπή εκκίνησης που είναι αρκετά μεγάλη.

γ. στο τμήμα της καμπύλης μετά την μέγιστη ροπή.

21. Το πηλίκο της διαφοράς $n_s - n$ προς n_s , ονομάζεται:

α. σύγχρονη ταχύτητα.

β. ευστάθεια.

γ. ολίσθηση.

22. Ένας ATK για να αποδώσει ωφέλιμη ισχύ 4kW και ροπή 40Nm, πρέπει να περιστρέφεται με ταχύτητα:

Απάντηση:

Από τον τύπο για την ροπή, έχουμε:

$$T = \frac{9.55 \cdot P_{\mu\eta\chi}}{n} \Rightarrow n = \frac{9.55 \cdot P_{\mu\eta\chi}}{T} \Rightarrow n = \frac{9.55 \cdot 4kW}{40 Nm} \Rightarrow n = 955 \frac{\sigma\tau\rho}{\min}$$

Επομένως η σωστή απάντηση είναι η (α). Δηλαδή:

α. $n = 955 \sigma\tau\rho/\min$

β. $n = 830 \sigma\tau\rho/\min$

γ. $n = 560 \sigma\tau\rho/\min$

Οι ερωτήσεις και ασκήσεις, οι οποίες έχουν γραμμή διαγραφής, είναι εκτός διδακτέας-εξεταστέας ύλης

4. ΑΣΥΓΧΡΟΝΟΙ ΤΡΙΦΑΣΙΚΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ (ΑΤΚ)

4.2.9. Ερωτήσεις

1. Πώς είναι διαμορφωμένος ο πυρήνας του δρομέα κινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα;

Απάντηση, σ222:

Το τύλιγμα του δρομέα αποτελείται από μεταλλικές ράβδους από χαλκό ή ορείχαλκο, τα άκρα των οποίων βραχυκυκλώνονται από δύο δακτυλίδια βραχυκύκλωσης. Η σύνδεση γίνεται με συγκόλληση ή χύτευση. Ο δρομέας δεν συνδέεται ηλεκτρικά με άλλο τμήμα του κινητήρα και το ρεύμα που κυκλοφορεί σ' αυτόν είναι από επαγωγή λόγω του στρεφόμενου μαγνητικού πεδίου.

2. Πατί είναι πιο διαδεδομένος ο κινητήρας με βαθιά αυλάκια;

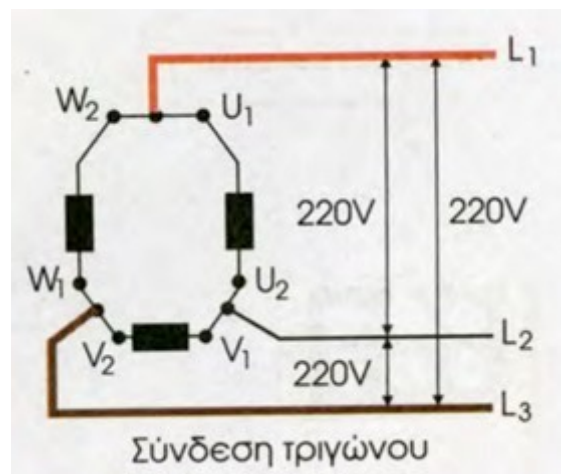
Απάντηση, σ223:

Το μειονέκτημα των κινητήρων απλού κλωβού είναι το μεγάλο ρεύμα εκκίνησης με αντίστοιχα μικρή ροπή εκκίνησης. Λόγω των δυσμενών συνθηκών εκκίνησης, οι κινητήρες απλού κλωβού είναι κινητήρες μικρής ισχύος. Τα παραπάνω μειονεκτήματα μειώνονται, όταν οι κινητήρες έχουν τύλιγμα διπλού κλωβού ή τύλιγμα με βαθιά αυλάκια.

3. Κινητήρας έχει ένδειξη 380VΔ. Μπορεί να συνδεθεί σε δίκτυο 220/380V; Σχήμα και εξήγηση.

Απάντηση, σ226:

Ο κινητήρας μπορεί να συνδεθεί στο δεδομένο δίκτυο ηλεκτροδότησης, σε σύνδεση τριγώνου, καθ' όσον η πολική τάση του δικτύου είναι 380V.



4. Ποιοι λόγοι επιβάλλουν την εκκίνηση των ασύγχρονων τριφασικών κινητήρων μέσω διάταξης εκκίνησης; Ποιες μέθοδοι εκκίνησης ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα υπάρχουν;

Απάντηση, σ228-235:

α) Οι κινητήρες βραχυκυκλωμένου δρομέα μπορούν να συνδεθούν απευθείας στο δίκτυο με έναν απλό εξοπλισμό.

Κατά την εκκίνηση όμως απορροφούν ρεύμα τετραπλάσιο μέχρι οκταπλάσιο του ονομαστικού, που προκαλεί στιγμιαία πτώση τάσης του δικτύου και η οποία έχει επιπτώσεις στους άλλους καταναλωτές. Η πτώση τάσης, που λέγεται και βύθιση τάσης δημιουργεί ιδιαίτερα προβλήματα σε κινητήρες, ηλεκτρονικά μηχανήματα κα. Σύμφωνα με τους κανονισμούς ΙΕΟ όπως είδαμε, η τροφοδοσία των κινητήρων μπορεί να έχει διακυμάνση 5%.

β) Αρκετές μέθοδοι εκκίνησης. αναπτύχθηκαν προκειμένου να επιλύσουν τα προβλήματα της εκκίνησης:

- απ' ευθείας εκκίνηση
- εκκίνηση με διακόπτη αστέρα – τριγώνου, (Y-Δ)
- εκκίνηση με αντιστάσεις στον στάτη

- εκκίνηση με αυτομετασχηματιστή
- εκκίνηση με ηλεκτρονικό ρυθμιστή

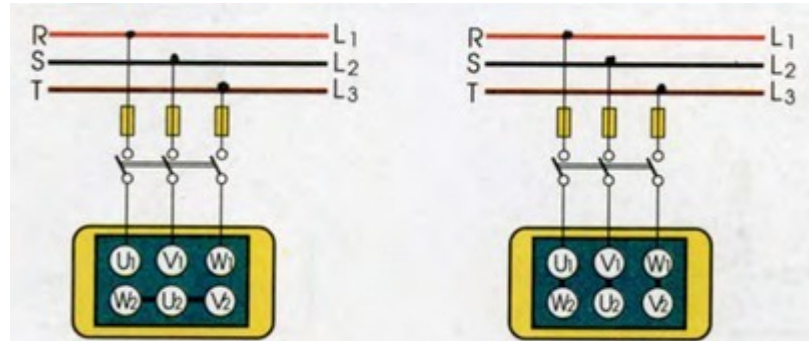
5. Πότε μπορεί να εκκινήσει απευθείας (χωρίς μέσο εκκίνησης) ένας ασύγχρονος τριφασικός κινητήρας; Ποια είναι Τα χαρακτηριστικά λειτουργίας του;

Απάντηση, σ228:

Ο κινητήρας συνδέεται στο δίκτυο μέσω τριπολικού διακόπτη, σχήμα 4.22. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται σε κινητήρες μικρής ισχύος μέχρι 1.5 PS. Δημιουργεί πτώση τάσης στο δίκτυο, γι' αυτό η ΔΕΗ έχει εκδόσει σχετική οδηγία που προσδιορίζει το μέγιστο ρεύμα εκκίνησης στην περίπτωση αυτή.

Χαρακτηριστικά λειτουργίας:

- μεγάλο ρεύμα εκκίνησης, $I_{εκκ} = 6 \cdot I_{ov}$ και δημιουργία πτώσης τάσης,
- μεγάλη ροπή εκκίνησης, $T = 1,5 \cdot T_{ov}$, δυνατότητα εκκίνησης με φορτίο,
- απλός εξοπλισμός.
- αδυναμία ρύθμισης



6. Πώς γίνεται η εκκίνηση με διακόπτη αστέρα-τριγώνου; Πώς μεταβάλλεται η ροπή και η ένταση με αυτόν τον τρόπο εκκίνησης; Τι προϋποθέσεις πρέπει να πληρούνται για να μπορέσει ένας ασύγχρονος τριφασικός κινητήρας βραχυκυκλωμένου δρομέα να εκκινήσει με διακόπτη αστέρα-τριγώνου;

Απάντηση, σ229+230:

Η εκκίνηση γίνεται με χειροκίνητο ή με αυτόματο, ειδικό διακόπτη αστέρα - τριγώνου (Υ-Δ). Στο σχήμα (4.31) φαίνεται ένας τέτοιος χειροκίνητος διακόπτης αστέρα-τριγώνου.

Κατά την εκκίνηση ο διακόπτης στρέφεται στη θέση Υ και οι επαφές του ενώνουν τους ακροδέκτες W_2 , U_2 , V_2 , και συνδέουν το στάτη σε αστέρα που τροφοδοτεί κάθε φάση του κινητήρα με φασική τάση δικτύου. Για δίκτυο XT της ΔΕΗ είναι $U_\phi = 220V$

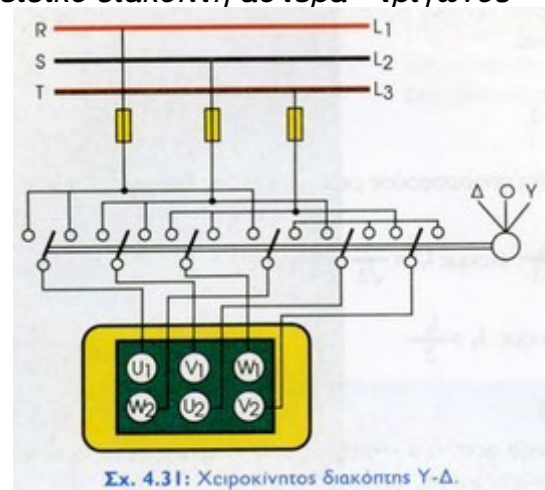
Όταν ο κινητήρας φθάσει σε κάποιο οριακό αριθμό στροφών, στρέφουμε το διακόπτη στη θέση Δ. Οι επαφές του ενώνουν τους ακροδέκτες U_1-W_2 , V_1-U_2 , W_1-V_2 , συνδέοντας το στάτη σε τρίγωνο και τροφοδοτώντας κάθε φάση του κινητήρα με την πολική τάση του δικτύου,

όπου για δίκτυο XT της ΔΕΗ είναι $U_\pi = U = \sqrt{3} \cdot U_\phi = \sqrt{3} \cdot 220 V = 380 V$

Αν ο κινητήρας ξεκινούσε απ' ευθείας σε συνδεσμολογία τριγώνου, το ρεύμα εκκίνησης μέσα από κάθε φάση του θα ήταν, U_ϕ/Z όπου Z είναι η σύνθετη αντίσταση κάθε φάσης του κινητήρα.

Από το δίκτυο θα απορροφούσε ρεύμα, $I_\Delta = \sqrt{3} \cdot U_\phi = \frac{\sqrt{3} \cdot U_\pi}{Z}$

Σε συνδεσμολογία αστέρα όμως, το ρεύμα εκκίνησης μέσα από κάθε φάση του



κινητήρα θα είναι, $I_{\varphi} = \frac{U_{\varphi}}{Z} = \frac{U_{\pi}}{\sqrt{3} \cdot Z}$

Από το δίκτυο θα απορροφούσε ρεύμα $I_Y = I_{\varphi}$, δηλαδή, $I_Y = \frac{U_{\varphi}}{Z} = \frac{U_{\pi}}{\sqrt{3} \cdot Z}$

Επειδή $\frac{U_{\pi}}{Z} = \frac{I_{\Delta}}{\sqrt{3}}$, έχουμε: $I_Y = \frac{U_{\pi}}{\sqrt{3} \cdot Z} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{U_{\pi}}{Z} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{I_{\Delta}}{\sqrt{3}} = \frac{I_{\Delta}}{3}$

Συμπέρασμα: Με συνδεσμολογία αστέρα ο κινητήρας μειώνει τρεις φορές το ρεύμα εκκίνησης σε σχέση με τη συνδεσμολογία τριγώνου.

Χαρακτηριστικά λειτουργίας:

- Ρεύμα εκκίνησης: $I_{ΕΚΚ} \cong 2 \cdot I_{ΟΝ}$,
- Ροπή εκκίνησης: $T_{ΕΚΚ} \cong 0,5 \cdot T_{ΟΝ}$, δηλαδή η ροπή εκκίνησης μειώνεται κατά τρεις φορές και γι' αυτό πρέπει η εκκίνηση να γίνεται χωρίς φορτίο ή με μικρή ροπή φορτίου.

7. Τι επιπτώσεις έχει η λανθασμένη μετάβαση από τη σύνδεση αστέρα-τριγώνου;

Απάντηση, σ230:

Οι επιπτώσεις κατά την λανθασμένη μετάβαση στη σύνδεση αστέρα-τριγώνου είναι ότι εμφανίζονται αιχμές ρεύματος και ροπής κατά τη μετάβαση αυτή.

8. Σχεδιάστε κύκλωμα εκκίνησης με αντιστάσεις στο στάτη. Πώς μεταβάλλονται τότε η ένταση και η ροπή του κινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα;

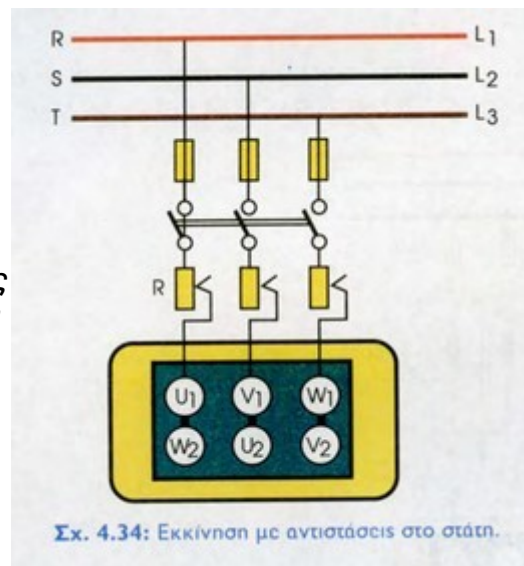
Απάντηση, σ231:

Με τη διάταξη του σχήματος 4.34 παρεμβάλλουμε σε σειρά με το τύλιγμα του στάτη αντιστάσεις R. Έτσι ο κινητήρας εκκινεί με ελαττωμένη τάση και φυσικά ελαττωμένη ένταση. Προοδευτικά, καθώς αυξάνεται η ταχύτητα, ελαττώνουμε την αντίσταση μέχρι ο κινητήρας να αποκτήσει την ονομαστική του ταχύτητα, οπότε ο εκκινητής τίθεται εκτός δικτύου.

Χαρακτηριστικά λειτουργίας:

- Ρεύμα εκκίνησης: $I_{ΕΚΚ} \cong 3.5 \cdot I_{ΟΝ}$,
- Ροπή εκκίνησης: $T_{ΕΚΚ} \cong 0.8 T_{ΟΝ}$, δηλαδή έχουμε μικρή ροπή εκκίνησης.
- Σύνθετος εξοπλισμός.
- Αδυναμία ρύθμισης

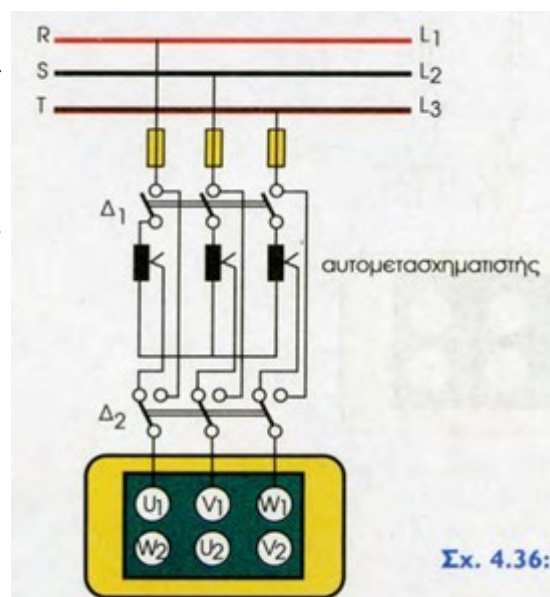
Θα μπορούσαν οι αντιστάσεις να αντικατασταθούν από στραγγαλιστικά πηνία που δεν έχουν κατανάλωση ισχύος.



9. Σχεδιάστε κύκλωμα εκκίνησης με αυτομετασχηματιστή. Πόσο μειώνεται η ένταση και η ροπή εκκίνησης;

Απάντηση, σ232:

Κατά την εκκίνηση κλείνουμε το διακόπτη Δ_1 , και τροφοδοτούμε τον κινητήρα με ελαττωμένη τάση μέσω του αυτομετασχηματιστή. Όταν η ταχύτητα του κινητήρα φθάσει περίπου στο 80% της κανονικής, πατάμε τον μεταγωγικό διακόπτη Δ_2 , και θέτουμε τον κινητήρα υπό πλήρη τάση



δικτύου. Ταυτόχρονα ανοίγουμε το διακόπτη Δ_1 και θέτουμε τον αυτομετασχηματιστή εκτός τάσης (σχ. 4.96).

Χαρακτηριστικά λειτουργίας:

- Ρεύμα εκκίνησης: $I_{εκκ} \cong 4.5 \cdot I_{ov}$,
- Ροπή εκκίνησης: $T_{εκκ} \cong 0.75 T_{ov}$, δηλαδή έχουμε μικρή ροπή εκκίνησης.
- Σύνθετος εξοπλισμός.
- Αδυναμία ρύθμισης

Το ρεύμα εκκίνησης μειώνεται ανάλογα με τη μείωση της τάσης τροφοδοσίας και η ροπή εκκίνησης μειώνεται ανάλογα με το τετράγωνο της τάσης τροφοδοσίας του κινητήρα. Αν ο κινητήρας ξεκινά με φορτίο στον άξονά του, χρειάζεται έλεγχος της καμπύλης φορτίου και της καμπύλης του κινητήρα με μειωμένο ρεύμα εκκίνησης (σχ. 4.37).

10. Περιγράψτε το κύκλωμα και τη λειτουργία του ηλεκτρονικού εκκινητή.

Απάντηση, σ233:

Ο ηλεκτρονικός εκκινητής είναι μία ηλεκτρονική συσκευή που επιτρέπει τον έλεγχο της διαδικασίας εκκίνησης του κινητήρα. Ανάλογα με τη ροπή του φορτίου, μπορούμε να προσαρμόσουμε την τάση του κινητήρα και να επιτύχουμε την βέλτιστη εκκίνηση, τόσο από άποψη ροπής, όσο και από άποψη έντασης ρεύματος.

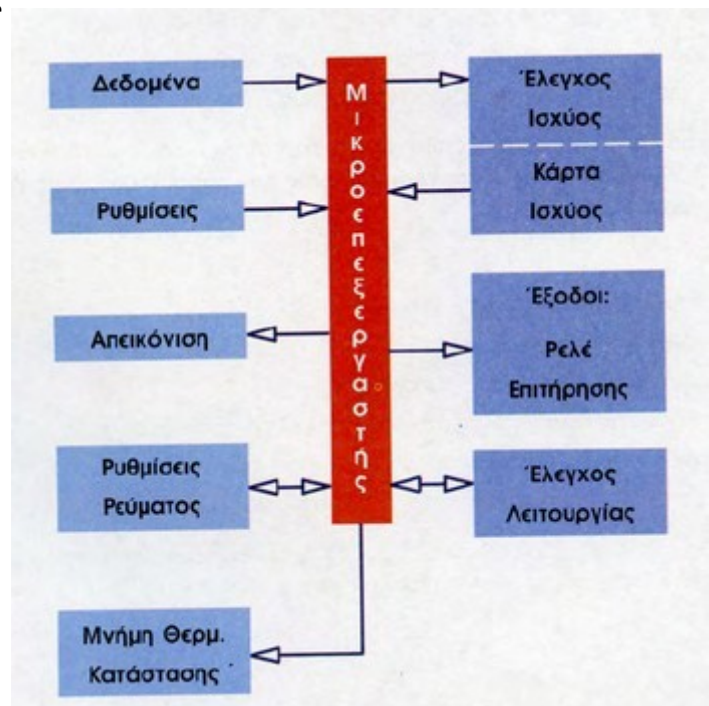
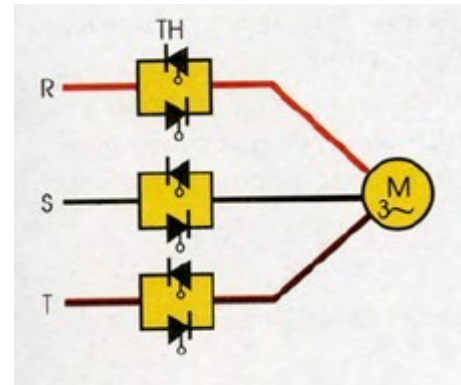
Η τροφοδοσία του κινητήρα γίνεται με προοδευτική, αύξηση της τάσης εκκίνησης, με τη παρεμβολή έξι θυρίστωρ, δύο ανά φάση, τοποθετημένων ανάστροφα όπως φαίνεται στο σχήμα.

Η τάση μεταβάλλεται με τη γωνία έναυσης (γ) των θυρίστωρ. μετά από κάθε πέρασμα του εναλλασσόμενου ρεύματος από το μηδέν. Αυτή η τεχνική εγγυάται ευστάθεια και ομαλή περιστροφή του κινητήρα χωρίς μηχανικά κτυπήματα στη φάση της εκκίνησης. Οι ηλεκτρονικοί εκκινητές έχουν δυνατότητα ρύθμισης των χαρακτηριστικών λειτουργίας κατά την εκκίνηση και το σταμάτημα. Συνήθως διατίθενται διάφορα προγράμματα με διαφορετικές καμπύλες ρεύματος-ροπής- στροφών, ώστε να προσαρμόζεται η εκκίνηση στις εκάστοτε παραμέτρους του φορτίου.

Ένας μικροεπεξεργαστής, όπως αυτός του σχήματος, ελέγχει και βελτιστοποιεί διαρκώς τις βασικές παραμέτρους του εκκινητή και του κινητήρα.

Αυτές είναι:

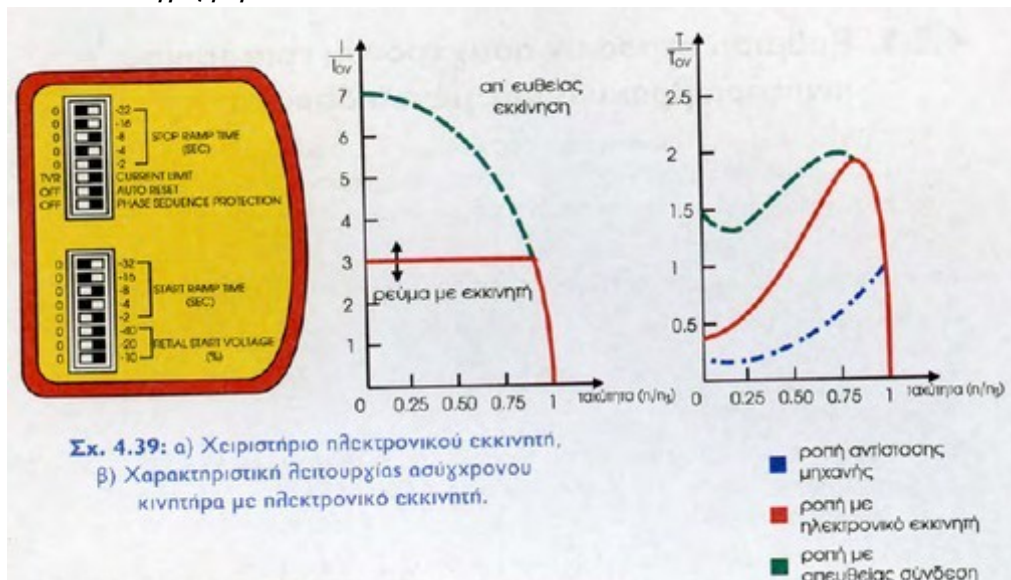
- Οι συνθήκες εκκίνησης και σταματήματος.
- Η υπερθέρμανση του κινητήρα με υπολογισμό της θερμικής του εικόνας και δυνατότητα θερμικής προστασίας.
- Το ρεύμα του κινητήρα συγκρινόμενο με το μέγιστο επιτρεπτό ρεύμα που εξαρτάται από το μέγεθος του εκκινητή, το ονομαστικό ρεύμα του κινητήρα και τη διάρκεια λειτουργίας.



- Η προστασία του κινητήρα και ο εκκινητής,
- Η επιτήρηση του δικτύου παροχής (μείωση τάσης, απουσία φάσης).
- Ο διάλογος και η σηματοδότηση κατάστασης και σφαλμάτων.
- Η ρύθμιση του χρόνου εκκίνησης και παύσης του κινητήρα

Οι σύγχρονοι εκκινητές διαθέτουν ειδικό χειριστήριο, όπως αυτό που φαίνεται στο σχήμα 4.39, σελ235, προκειμένου ο προγραμματισμός των παραμέτρων τους να γίνεται εύκολα και γρήγορα.

Με το



χειριστήριο επιλέγονται τα ακόλουθα:

- Ο τρόπος εκκίνησης του κινητήρα.
- Ο χρόνος εκκίνησης και παύσης λειτουργίας.
- Η ενεργοποίηση της αυτόματης επανεκκίνησης μετά από σφάλμα.
- Η εφαρμοσμένη αρχική τάση κατά την έναρξη της εκκίνησης.
- Η προστασία έναντι σφάλματος στη διαδοχή των φάσεων (φορά περιστροφής).

Οι κατασκευαστές διαθέτουν πίνακες στους οποίους φαίνονται τα βασικά χαρακτηριστικά ενός εκκινητή, βάσει των οποίων γίνεται η επιλογή του.

11. Αναφέρετε ονομαστικά τις μεθόδους ρύθμισης στροφών ATK.

Απάντηση, σ236:

12. Περιγράψτε τη ρύθμιση στροφών με τη μέθοδο βαθμωτού ελέγχου σταθερού λόγου V/f

Απάντηση, σ239:

13. Σχεδιάστε και εξηγήστε το δομικό διάγραμμα ηλεκτρονικού ρυθμιστή στροφών.

Απάντηση, σ222:

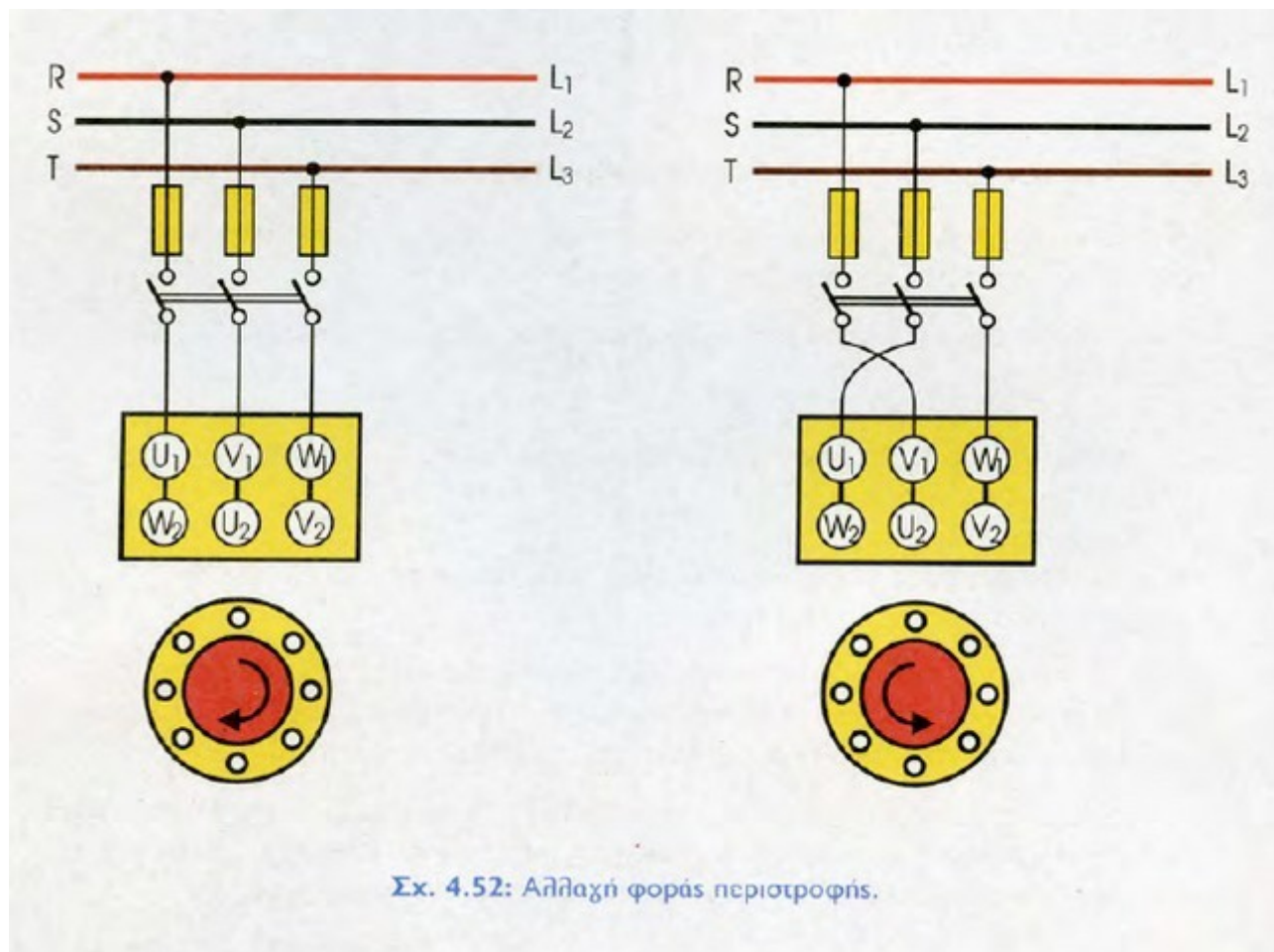
14. Ποια είναι τα πλεονεκτήματα του ηλεκτρονικού ρυθμιστή στροφών;

Απάντηση, σ243:

15. Πώς γίνεται η αλλαγή της φοράς περιστροφής ενός ATK βραχυκυκλωμένου δρομέα;

Απάντηση, σ244:

Η αλλαγή φοράς περιστροφής του κινητήρα επιτυγχάνεται με την αλλαγή της φοράς περιστροφής του μαγνητικού πεδίου. Για να γίνει αυτή η αλλαγή αντιμετωπίζουμε τις συνδέσεις των δύο από τους τρεις αγωγούς που τροφοδοτούν τον κινητήρα (σχ. 4.52)



16. Αναφέρετε ονομαστικά τους τρόπους πέδησης ενός ΑΤΚ βραχυκυκλωμένου δρομέα.

Απάντηση, σ244:

Η πέδηση ενός ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα βραχυκυκλωμένου δρομέα μπορεί να γίνει με τους ακόλουθους τρόπους:

Μηχανική πέδηση, Ελεύθερη πέδηση, Ομαλή πέδηση

17. Ποια η διαφορά της μορφής της ισχύος που απορροφά ένας ασύγχρονος τριφασικός κινητήρας από την ισχύ που αποδίδει; Γράψε τους τύπους για τον υπολογισμό των δύο μορφών.

Απάντηση, σ247:

Η ισχύς που απορροφά από το δίκτυο ο κινητήρας είναι ηλεκτρική ισχύς, μπορεί να μετρηθεί με βατόμετρο και δίνεται από τη σχέση:

$$P_1 = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \phi \quad (\text{σε } W)$$

Η ισχύς που δίνει στον άξονά του και κατεπέκταση στο συνδεδεμένο φορτίο είναι μηχανική ισχύς και δίνεται από τη σχέση:

$$P = \frac{T \cdot n}{9.55} \quad (\text{σε } W)$$

18. Ποιες είναι οι σταθερές απώλειες ενός ασύγχρονου κινητήρα;

Απάντηση, σ247:

Οι σταθερές απώλειες είναι:

α) μαγνητικές απώλειες, που λέγονται και απώλειες σιδήρου P_σ , γιατί οφείλονται στο φαινόμενο της μαγνητικής υστέρησης και των δινορρευσμάτων στο σιδερένιο πυρήνα της μηχανής

β) μηχανικές απώλειες P_μ , λόγω τριβών στους τριβείς του άξονα και αερισμού της φτερωτής της μηχανής.

19. Ποιες απώλειες μεταβάλλονται με την μεταβολή του φορτίου; Πώς αλλιώς ονομάζονται;

Απάντηση, σ248:

Απώλειες μεταβλητές που μεταβάλλονται με το φορτίο:

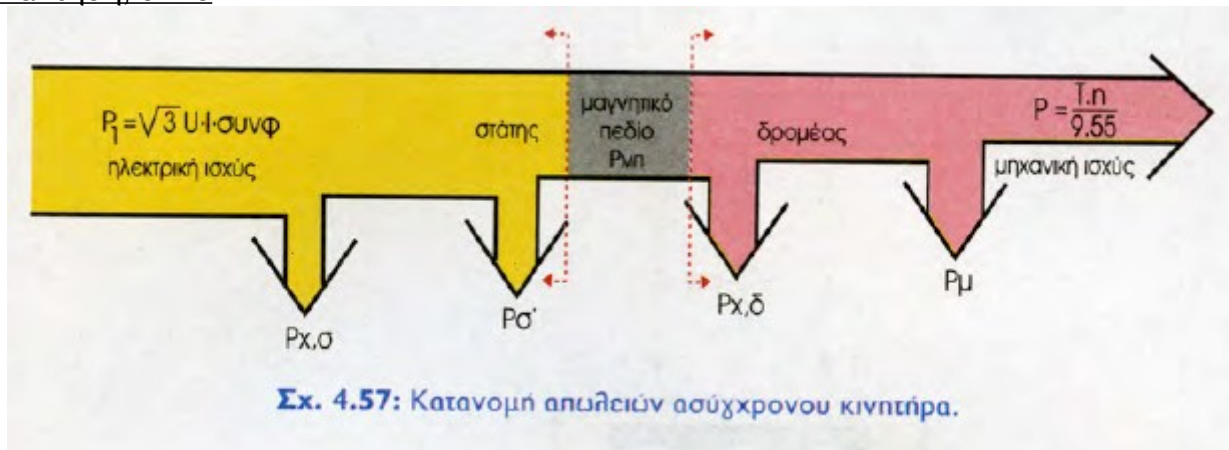
Οι μεταβλητές απώλειες είναι:

α) ηλεκτρικές απώλειες του στάτη, που οφείλονται στην ωμική αντίσταση των χάλκινων τυλιγμάτων του στάτη και λέγονται απώλειες χαλκού στάτη, $P_{\chi,\sigma}$

β) ηλεκτρικές απώλειες δρομέα που οφείλονται στην ωμική αντίσταση των χάλκινων τυλιγμάτων του δρομέα και λέγονται απώλειες χαλκού δρομέα, $P_{\chi,\delta}$

20. Σχεδιάστε και εξηγήστε το. διάγραμμα κατανομής απωλειών κινητήρα.

Απάντηση, σ248:



Σχ. 4.57: Κατανομή απωλειών ασύγχρονου κινητήρα.

Από αριστερά προς τα δεξιά, με τα κάθετα βέλη φαίνονται σε κάθε στάδιο οι απώλειες ισχύος του κινητήρα, ενώ σε οριζόντια γραμμή φαίνονται τα μέρη του κινητήρα, στα οποία εμφανίζονται αυτές οι απώλειες.

21. Ποιος τύπος μας δίνει τις ηλεκτρικές απώλειες του δρομέα;

Απάντηση, σ248:

Παραλείποντας την απόδειξη ο τύπος είναι:

$$P_{\chi,\delta} = (P_1 - P_{\chi,\sigma}) \cdot s$$

22. Πώς υπολογίζουμε τις σταθερές απώλειες;

Απάντηση, σ248:

Οι σταθερές απώλειες δίνονται από τον τύπο:

$$P_o = P_\sigma + P_\mu + P_{\chi,\sigma} = P_\sigma + P_\mu + 3 \cdot I^2 \cdot R_1$$

όπου οι απώλειες χαλκού του στάτη υπολογίζονται από τον τύπο του Τζάουλ:

$$P_{\chi,\sigma} = 3 \cdot I^2 \cdot R_1,$$

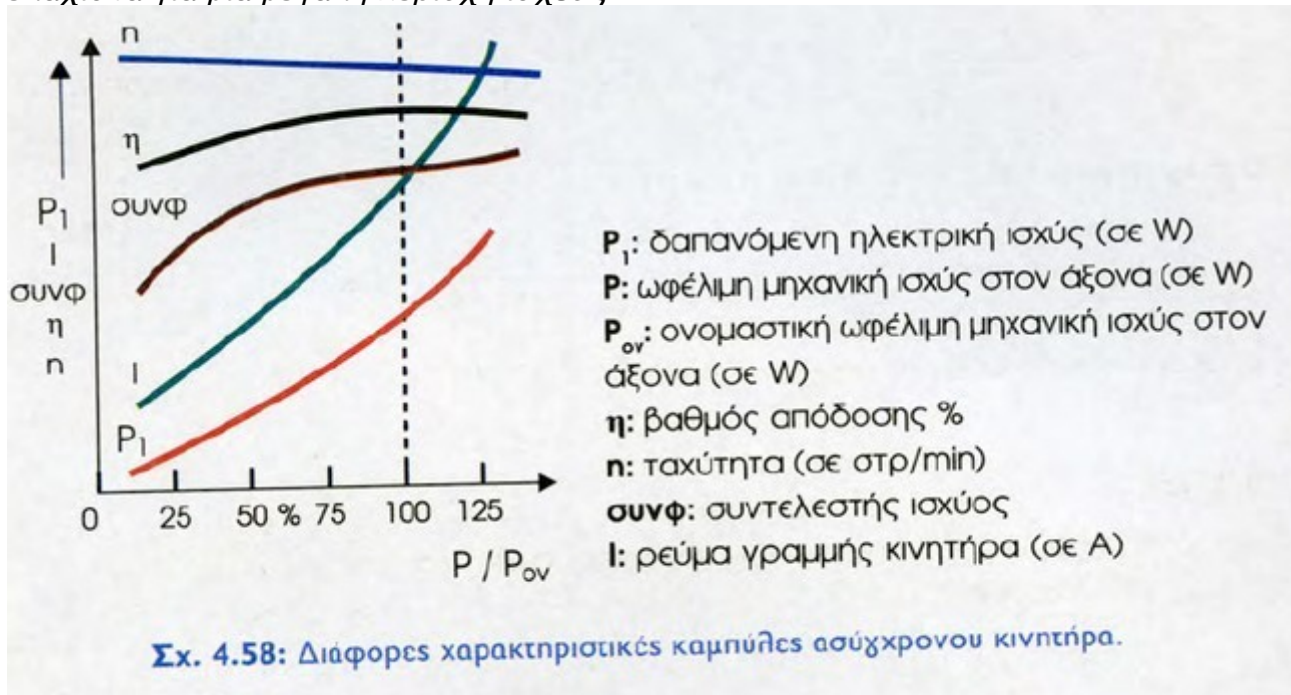
και R_1 είναι η αντίσταση μίας φάσης του στάτη.

23. Πώς μεταβάλλεται ο βαθμός απόδοσης ενός ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα

με τη μεταβολή του φορτίου;

Απάντηση, σ249:

Ο βαθμός απόδοσης του κινητήρα όπως φαίνεται στο σχήμα 4.58 μεταβάλλεται ελάχιστα για μία μεγάλη περιοχή ισχύος.



Ο βαθμός απόδοσης και η μεταβολή του με το φορτίο, δίνεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$\eta = \frac{P}{P_1} = \frac{P_1 - P_{\alpha\pi}}{P_1} = \frac{P}{P + P_{\alpha\pi}}$$

όπου $P_{\alpha\pi} = P_{\chi,\sigma} + P_{\chi,\delta} + P_{\sigma} + P_{\mu}$, $P_1 = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos\phi$
 και P (σε W) είναι η μηχανική ισχύς στον άξονα του κινητήρα

24. Ποιος τύπος δίνει το βαθμό απόδοσης ενός ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα;

Απάντηση, σ249:

Ο βαθμός απόδοσης ATK προσδιορίζεται προσεγγιστικά από τη σχέση $\eta = 1 - s$ όπου s , είναι η ολίσθηση του ATK.

25. Πώς μεταβάλλεται ο συντελεστής ισχύος με την μεταβολή του φορτίου σε ένα ασύγχρονο τριφασικό

κινητήρα; Τι

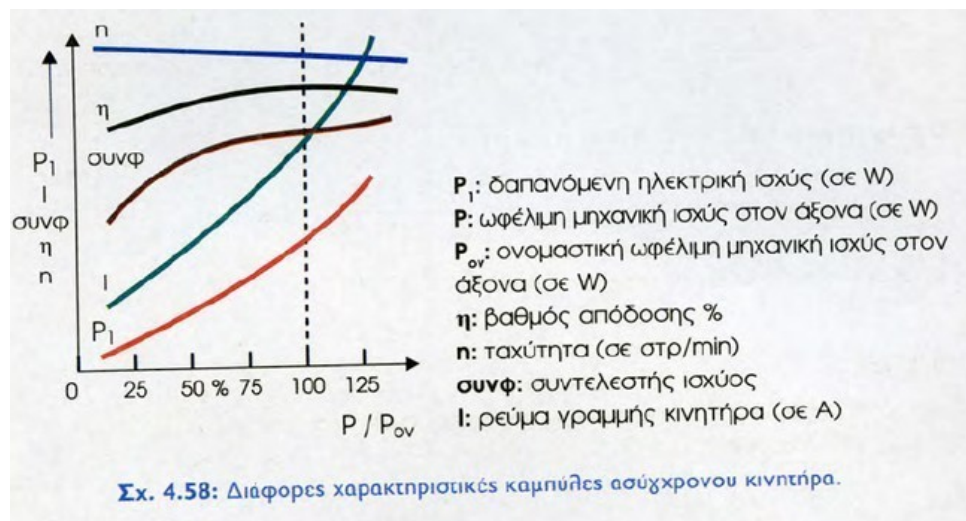
επιπτώσεις έχει αυτό

στην επιλογή ενός

τέτοιου κινητήρα;

Απάντηση, σ249:

Όπως φαίνεται από το σχήμα (4.58), ο συντελεστής ισχύος, $\cos\phi$, μεταβάλλεται, περίπου όπως και ο βαθμός απόδοσης, η , του ATK.



26. Ασύγχρονος τριφασικός κινητήρας με ονομαστική ισχύ 6000W, περιστρέφεται με την ονομαστική του ταχύτητα 1000 στρ/min. Να βρεθεί αν μπορεί να εκκινήσει φορτίο ροπής 150N, αν η ροπή εκκίνησής του είναι $T_{ΕΚΚ} = 1.75 \cdot T_{ov}$

Απάντηση:

Η ονομαστική ροπή του κινητήρα δίνεται από τον τύπο:

$$T_{ov} = \frac{9.55 \cdot P_{ov}}{n}$$

με απλή αντικατάσταση έχουμε:

$$T_{ov} = \frac{9.55 \cdot 6000 \text{ W}}{1000 \frac{\text{στρ}}{\text{min}}} \Rightarrow T_{ov} = 57.3 \text{ Nm}$$

Άρα η ροπή εκκίνησης του κινητήρα θα είναι:

$$T_{ΕΚΚ} = 1.75 \cdot 57.3 \text{ Nm} \Rightarrow T_{ΕΚΚ} = 100.3 \text{ Nm}$$

Διαπιστώνουμε ότι ο κινητήρας αυτός δεν μπορεί να εκκινήσει το δεδομένο φορτίο.

27. Ασύγχρονος τριφασικός κινητήρας δύο (2) πόλων, τροφοδοτείται με τάση κανονικής συχνότητας $f = 50\text{Hz}$. Λόγω υπερφόρτωσης του δικτύου η συχνότητα έχει μειωθεί σε $f = 49.97\text{Hz}$. Αν η ταχύτητα στον άξονα του κινητήρα πρέπει να είναι $n = 2900\text{στρ/min}$ να βρεθούν

- α) η σύγχρονη ταχύτητα για κανονική συχνότητα,
- β) η σύγχρονη ταχύτητα με την μείωση της συχνότητας,
- γ) η ολίσθηση στις παραπάνω περιπτώσεις,
- δ) τι συμπεράσματα βγαίνουν από την μεταβολή της συχνότητας;

Απάντηση:

Όπως είναι γνωστό η σύγχρονη ταχύτητα και η ολίσθηση δίνονται από τις ακόλουθες σχέσεις:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p}, \quad s = \frac{n_s - n}{n_s}$$

οπότε για τις δύο τιμές της συχνότητας θα έχουμε:

$$n_{s_1} = \frac{60 \cdot 50 \text{ Hz}}{1} \Rightarrow n_{s_1} = 3000 \frac{\text{στρ}}{\text{min}} \quad (1\alpha)$$

$$\alpha) \quad s_1 = \frac{n_{s_1} - n}{n_{s_1}} \Rightarrow n_{s_1} = \frac{3000 \frac{\text{στρ}}{\text{min}} - 2900 \frac{\text{στρ}}{\text{min}}}{3000 \frac{\text{στρ}}{\text{min}}} \Rightarrow n_{s_1} = \frac{100}{3000} \Rightarrow n_{s_1} = 3,33\% \quad (1\beta)$$

$$n_{s_2} = \frac{60 \cdot 49.97 \text{ Hz}}{1} \Rightarrow n_{s_2} = 2998.1 \frac{\text{στρ}}{\text{min}} \quad (2\alpha)$$

$$\beta) \quad s_2 = \frac{n_{s_2} - n}{n_{s_2}} \Rightarrow n_{s_2} = \frac{2998.1 \frac{\text{στρ}}{\text{min}} - 2900 \frac{\text{στρ}}{\text{min}}}{2998.1 \frac{\text{στρ}}{\text{min}}} \Rightarrow n_{s_2} = \frac{98.1}{2998.1} \Rightarrow n_{s_2} = 3,27\% \quad (2\beta)$$

γ) Παρατηρούμε ότι η ολίσθηση έχει ελαττωθεί με την ελάττωση της συχνότητας.

28. Ασύγχρονος τριφασικός κινητήρας τεσσάρων (4) πόλων τροφοδοτείται με τάση συχνότητας $f = 50\text{Hz}$. Η ολίσθηση χωρίς φορτίο είναι $s = 0,5\%$ και η ταχύτητα ονομαστικής λειτουργίας (με πλήρες φορτίο) είναι $n = 1430\text{στρ/min}$.

Να βρεθούν;

- α) η σύγχρονη ταχύτητα του κινητήρα,
- β) η ταχύτητα στην εν κενώ λειτουργία του,

γ) η ολίσθηση κατά την κανονική λειτουργία του.

Απάντηση:

α) Η σύγχρονη ταχύτητα και η ολίσθηση κατά τα γνωστά δίνονται από τους τύπους:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p}, \quad s = \frac{n_s - n}{n_s}$$

Από αυτές τις σχέσεις έχουμε:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} \Rightarrow n_s = \frac{60 \cdot 50 \text{ Hz}}{2} \Rightarrow n_s = 1500 \text{ P} \frac{\text{σπρ}}{\text{min}}$$

και επομένως από την ολίσθηση θα βρούμε την ονομαστική ταχύτητα λειτουργίας εν κενώ. Μετά από λίγη άλγεβρα βρίσκουμε ότι:

$$n = (1 - s) \cdot n_s \Rightarrow n = (1 - 0.005) \cdot 1500 \frac{\text{σπρ}}{\text{min}} \Rightarrow n = 0.995 \cdot 1500 \frac{\text{σπρ}}{\text{min}} \Rightarrow$$

$$n = 1492.5 \frac{\text{σπρ}}{\text{min}}$$

γ) η ολίσθηση, τώρα, κατά την κανονική λειτουργία του κινητήρα, θα είναι:

$$s = \frac{n_s - n}{n_s} \Rightarrow s = \frac{1500 \frac{\text{σπρ}}{\text{min}} - 1430 \frac{\text{σπρ}}{\text{min}}}{1500 \frac{\text{σπρ}}{\text{min}}} \Rightarrow s = \frac{70}{1500} \Rightarrow s = 0.0467 \Rightarrow s = 4.67\%$$

29. Τετραπολικός ασύγχρονος τριφασικός κινητήρας κινεί φορτίο ροπής 70Nm με ταχύτητα 1400σπρ/min. Η συχνότητα του δικτύου τροφοδοσίας είναι 50Hz. Όλες οι απώλειες εκτός από τις ηλεκτρικές του δρομέα θεωρούνται αμελητέες.

Να βρεθούν:

α) η ολίσθηση,

β) ο βαθμός απόδοσης προσεγγιστικά,

γ) η ισχύς εξόδου,

δ) η ισχύς εισόδου προσεγγιστικά,

ε) οι ηλεκτρικές απώλειες δρομέα προσεγγιστικά

Απάντηση:

α) Ας υπολογίσουμε πρώτα την σύγχρονη ταχύτητα του κινητήρα:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{p} \Rightarrow n_s = \frac{60 \cdot 50 \text{ Hz}}{2} \Rightarrow n_s = 1500 \frac{\text{σπρ}}{\text{min}} \quad (1)$$

Λόγω της (1) η ολίσθηση θα είναι:

$$s = \frac{n_s - n}{n_s} \Rightarrow s = \frac{1500 \frac{\text{σπρ}}{\text{min}} - 1400 \frac{\text{σπρ}}{\text{min}}}{1500 \frac{\text{σπρ}}{\text{min}}} \Rightarrow s = \frac{100}{1500} \Rightarrow s = 6.67\% \quad (2)$$

β) Ο βαθμός απόδοσης προσεγγιστικά δίνεται από τον τύπο της σημείωσης στην σελίδα 250, του σχολικού βιβλίου. Έτσι έχουμε:

$$\eta = (1 - s) \Rightarrow \eta = (1 - 0.0667) \Rightarrow \eta = 0.9333, \text{ ή } \eta = 93.33\%$$

γ) Από τον τύπο για την ροπή με λίγες αλγεβρικές πράξεις βρίσκουμε ότι η μηχανική ισχύς εξόδου που αποδίδει ο κινητήρας είναι:

$$P_{\text{μηχ}} = \frac{T_{\text{μηχ}} \cdot n}{9.55} \Rightarrow P_{\text{μηχ}} = \frac{70 \text{ Nm} \cdot 1400 \frac{\text{σπρ}}{\text{min}}}{9.55} \Rightarrow P_{\text{μηχ}} = 10261.78 \text{ W} \quad (3)$$

δ) Η ηλεκτρική ισχύς ή ισχύς εισόδου, που αποδίδει ο κινητήρας υπό το δεδομένο φορτίο στις σύγχρονες στροφές, είναι:

$$P_{n_s} = \frac{T_{\mu\eta\chi} \cdot n_s}{9.55} \Rightarrow P_{n_s} = \frac{70 \text{ Nm} \cdot 1500 \frac{\text{στρ}}{\text{min}}}{9.55} \Rightarrow P_{n_s} = 10994.76 \text{ W} \quad (4)$$

ε) Αφαιρώντας κατά μέλη την (3) από την (4), βρίσκουμε ότι οι ηλεκτρικές απώλειες είναι:

$$P_{\eta\lambda} = P_{n_s} - P_{\mu\eta\chi} \Rightarrow P_{\eta\lambda} = 10994.76 \text{ W} - 10261.78 \text{ W} \Rightarrow P_{\eta\lambda} = 733 \text{ W} \quad (5)$$

30. Ασύγχρονος τριφασικός κινητήρας συνδέεται σε δίκτυο 220/380V. Ο συντελεστής ισχύος είναι $\cos\phi = 0.9$ και ο βαθμός απόδοσής του $\eta_{\mu\eta\chi} = 0.8$. Ο κινητήρας στρέφει τόρνο μηχανουργείου με ροπή 170N και ταχύτητα 30στρ/min. Ο βαθμός απόδοσης του τόρνου είναι $\eta_{\text{τόρνου}} = 70\%$

Να βρείτε:

- την ισχύ του κινητήρα,
- την ένταση του απορροφούμενου ρεύματος

Απάντηση:

α) Από την σχέση υπολογισμού της ροπής, βρίσκουμε ότι η μηχανική ισχύς στον τόρνο είναι:

$$P_{\text{τόρνου}} = \frac{T_{\text{τόρνου}} \cdot \eta}{9.55} \Rightarrow P_{\text{τόρνου}} = \frac{170 \text{ Nm} \cdot 30}{9.55} \Rightarrow P_{\text{τόρνου}} = 534.03 \text{ W} \quad (1)$$

Αλλά από την εκφώνηση, ο βαθμός απόδοσης του τόρνου είναι $\eta_{\text{τόρνου}} = 0.7$. Επομένως η μηχανική ισχύς στον άξονα του ηλεκτρικού κινητήρα θα υπολογισθεί από την σχέση του βαθμού απόδοσης για τον τόρνο. Οπότε έχουμε:

$$\eta_{\text{τόρνου}} = \frac{P_{\text{τόρνου}}}{P_{\text{ATK}}} \Rightarrow P_{\text{ATK}} = \frac{P_{\text{τόρνου}}}{\eta_{\text{τόρνου}}} \Rightarrow P_{\text{ATK}} = \frac{534.03 \text{ W}}{0.7} \Rightarrow P_{\text{ATK}} = 762.9 \text{ W} \quad (2)$$

Τελικά η ισχύς του κινητήρα με βάση τον βαθμό απόδοσής του ($\eta_{\mu\eta\chi} = 0.8$), είναι:

$$\eta_{\mu\eta\chi} = \frac{P_{\text{ATK}}}{P_{\eta\lambda}} \Rightarrow P_{\eta\lambda} = \frac{P_{\text{ATK}}}{\eta_{\mu\eta\chi}} \Rightarrow P_{\eta\lambda} = \frac{762.9 \text{ W}}{0.8} \Rightarrow P_{\eta\lambda} = 953.62 \text{ W} \quad (3)$$

β) Η ένταση του απορροφούμενου ρεύματος υπολογίζεται από την γνωστή σχέση ηλεκτρικής ισχύος:

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos\phi \Rightarrow I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\phi} \Rightarrow I = \frac{953.62 \text{ W}}{1.732 \cdot 380 \text{ V} \cdot 0.9} \Rightarrow I = 1.61 \text{ A} \quad (4)$$

Βάλτε σε κύκλο το γράμμα μπροστά από τη σωστή απάντηση ή υπογραμμίστε την

31. Με συνδεσμολογία αστέρα ο ασύγχρονος κινητήρας:

- αυξάνει το ρεύμα εκκίνησης.
- μειώνει το ρεύμα εκκίνησης τρεις φορές σε σχέση με το τρίγωνο.
- διατηρεί σταθερή τη ροπή.

32. Ο ηλεκτρονικός εκκινητής ελέγχει τη διαδικασία εκκίνησης του κινητήρα με:

- διάταξη αυτομετασχηματιστή.
- γέφυρα έξι αντιπαράλληλων θυρίστρον.
- γέφυρα έξι διόδων.

33. Ο ηλεκτρονικός ρυθμιστής στροφών αποτελείται από:

- ανορθωτική διάταξη - φίλτρο.
- ανορθωτική διάταξη - φίλτρο - αντιστροφέα - μονάδα ελέγχου.
- αυτομετασχηματιστή ανορθωτική διάταξη - διόδους.

34. Ο ηλεκτρονικός ρυθμιστής στροφών:

- α. μετατοπίζει την καμπύλη T-η προς τα πάνω.
- β. μετατοπίζει την καμπύλη προς τα αριστερά.
- γ. μετατοπίζει την καμπύλη του φορτίου.

35. Η δυναμική πέδηση κινητήρα:

- α. μετατρέπει τον κινητήρα σε σύγχρονη γεννήτρια
- β. πραγματοποιείται μέσω ειδικών, ισχυρών σιαγόνων με ηλεκτρονικό έλεγχο.
- γ. διακόπτει βαθμιαία την τάση τροφοδοσίας.

36. Ένας ΑΤΚ με ωφέλιμη ισχύ 10kW και συνολικές απώλειες 2kW, έχει βαθμό απόδοσης:

- α. $\eta = 0.80$
- β. $\eta = 0.83$
- γ. $\eta = 0.90$