

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

ΒΑΣΙΚΑ ΤΜΗΜΑΤΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ ΣΡ

Αναλύοντας τη δομή μιας πραγματικής μηχανής ΣΡ, αναφέρουμε τα ακόλουθα βασικά μέρη:

Στάτης: αποτελεί το ακίνητο τμήμα της μηχανής, με στόχο τη δημιουργία συγκεκριμένης μαγνητικής ροής.

Ζύγωμα: αποτελεί τον κορμό της μηχανής. Χρησιμεύει και για το “κλείσιμο” του μαγνητικού κυκλώματος. Κατασκευάζεται από συμπαγή σίδηρο, με εξαίρεση τις μηχανές με ταχείες μεταβολές του πεδίου διέγερσης.

Κύριοι πόλοι: τα πέλματά τους έχουν μεγαλύτερη επιφάνεια από τον πυρήνα, για την κατανομή της μαγνητικής ροής σε μεγάλο μέρος της επιφάνειας του δρομέα. Το διάκενο είναι η απόσταση ανάμεσα στα πέλματα και το δρομέα.

Τύλιγμα διέγερσης: τοποθετείται στους κύριους πόλους και παράγει το κύριο μαγνητικό πεδίο της μηχανής.

Βοηθητικοί πόλοι: είναι ισάριθμοι με τους κύριους.

Τύλιγμα αντιστάθμισης: τοποθετείται σε αυλάκια στα πέλματα των πόλων μεγάλων μηχανών.

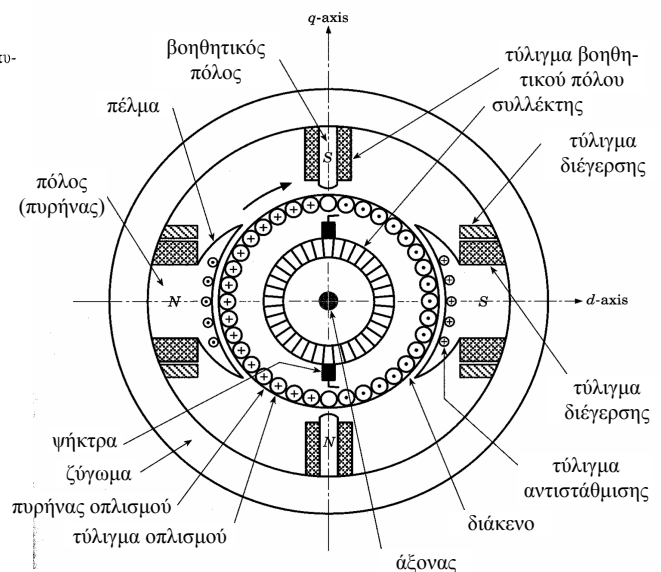
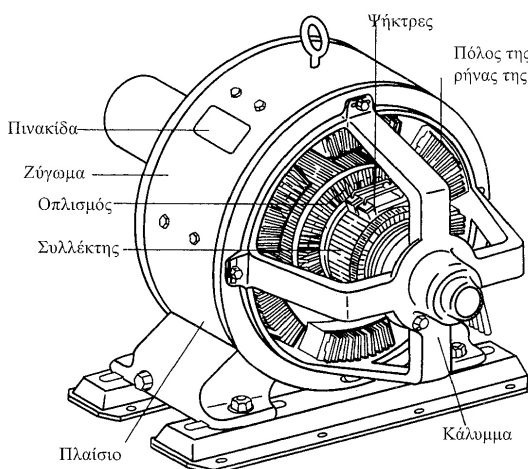
Ψήκτρες: τοποθετούνται στους ψηκτροφορείς και είναι ισάριθμες με τους πόλους. Χαρακτηρίζονται από μεγάλη αγωγιμότητα και μικρό συντελεστή τριβής (αφού πρέπει να τρίβονται πάνω στο συλλέκτη).

Δρομέας (ρότορας): αποτελεί το στρεφόμενο τμήμα της μηχανής (γνωστό και ως οπλισμός).

Πυρήνας: κατασκευάζεται από δυναμοελάσματα, λόγω της περιστροφικής του κίνησης. Διαθέτει αυλάκια για την τοποθέτηση των αγωγών.

Περίελξη του δρομέα (επαγωγικό τύλιγμα): πάνω σ’ αυτήν επάγεται η τάση.

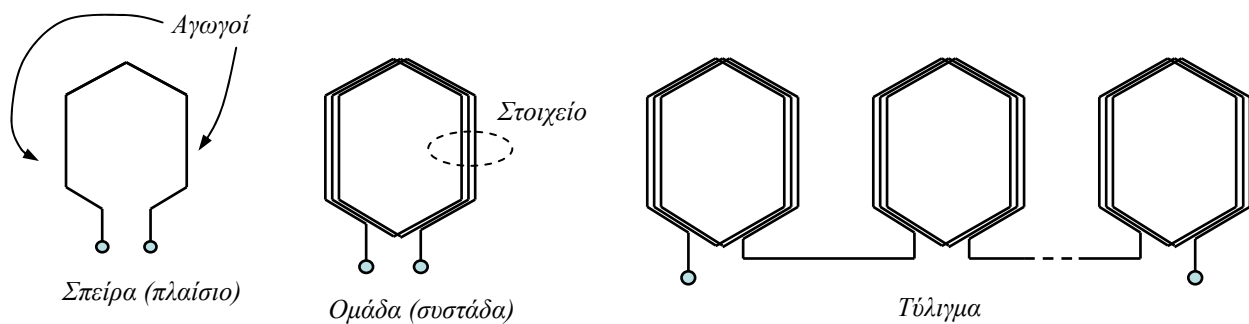
Συλλέκτης: αποτελείται από χάλκινους τομείς που είναι μονωμένοι μεταξύ τους και ολισθαίνει πάνω στις ακίνητες ψήκτρες. Στους τομείς καταλήγουν τα άκρα των αγωγών του τυλίγματος.



Η ΠΕΡΙΕΛΙΞΗ ΤΟΥ ΔΡΟΜΕΑ

Τα τυλίγματα του δρομέα αποτελούνται από ομάδες αγωγών, καθεμία από τις οποίες εισάγεται σε συγκεκριμένο αυλάκι του σπλισμού. Κάθε ομάδα αποτελείται από έναν αριθμό αγωγίμων πλαισίων, τα οποία είναι μονωμένα μεταξύ τους (όπως, βέβαια, είναι μονωμένη η κάθε ομάδα από το αυλάκι του δρομέα). Οι πλευρές μιας ομάδας τοποθετούνται εναλλάξ στην πάνω και κάτω στρώση ενός αυλακιού, έτσι ώστε σε κάθε αυλάκι να είναι τοποθετημένες οι πλευρές δύο διαφορετικών σπειρών (περιέλιξη δύο στρώσεων). Τα δύο άκρα κάθε ομάδας συνδέονται με διαφορετικούς τομείς του συλλέκτη. Κάθε πλευρά ενός πλαισίου ονομάζεται αγωγός. Προφανώς οι δύο αγωγοί ενός πλαισίου πρέπει να βρίσκονται υπό την επίδραση μαγνητικών πεδίων που προέρχονται από ετερόνυμους πόλους. Αν στο δρομέα υπάρχουν C ομάδες αποτελούμενες από N_C πλαίσια η καθεμία, το συνολικό πλήθος των αγωγών θα είναι

$$Z = 2CN_C.$$



Δύο διαδοχικοί πόλοι θεωρούνται πως βρίσκονται σε απόσταση 180° , μετρημένη σε ηλεκτρικές μοίρες. Η σχέση της ηλεκτρικής γωνίας με τη μηχανική γωνία σε μηχανή με $2P$ πόλους είναι

$$\theta_e = P\theta_m.$$

Μια ομάδα με άνοιγμα 180° (ηλεκτρική γωνία) ονομάζεται πλήρους βήματος και στους αγωγούς της αναπτύσσεται τάση ίδιου πλάτους και αντίθετης πολικότητας (αφού τότε βρίσκονται στο μαγνητικό πεδίο πόλων με αντίθετη πολικότητα). Η περιέλιξη που προκύπτει τότε χαρακτηρίζεται ως διαμετρική. Αν το άνοιγμα της ομάδας είναι μικρότερο από 180 ηλεκτρικές μοίρες, τότε ονομάζεται κλασματικού βήματος και το αντίστοιχο τύλιγμα λέγεται τύλιγμα χορδής.

Επιπλέον, συχνά συναντώνται οι ακόλουθοι ορισμοί:

Πολικό βήμα: είναι η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών πόλων ($= \pi/P$ (σε rad) $= \pi r/P$ (σε m) $= N/2P$ (σε αυλάκια)).

Πλάτος σπείρας: είναι η απόσταση μεταξύ των δύο πλευρών μιας σπείρας. Το πλάτος μιας σπείρας, μετρημένο σε πλήθος αυλακιών, ονομάζεται εμπρός βήμα (y_1). Πίσω βήμα (y_2) ονομάζεται η απόσταση της 2^{15} πλευράς μιας σπείρας από την 1^{11} πλευρά της αμέσως επόμενης σπείρας.

Σύνδεση τυλίγματος στους τομείς του συλλέκτη

Η απόσταση των τομέων του συλλέκτη στους οποίους συνδέονται τα άκρα μιας ομάδας ονομάζεται βήμα του συλλέκτη y_c . Αν το τελικό άκρο μιας ομάδας συνδέεται στο συλλέκτη πριν το αρχικό, το τύλιγμα λέγεται προοδευτικό, διαφορετικά χαρακτηρίζεται ως οπισθοδρομικό. Το τύλιγμα μπορεί να είναι είτε απλό, είτε πολλαπλό (διπλό, τριπλό, κτλ), όπου στη δεύτερη περίπτωση τα τυ-

λίγματα είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους, συνδεδεμένα εναλλάξ στους τομείς του συλλέκτη (π.χ. στην περίπτωση διπλού τυλίγματος, το πρώτο τύλιγμα συνδέεται με τους τομείς 1, 3, 5, ..., ενώ το δεύτερο με τους τομείς 2, 4, ...).

Παράλληλο κλάδο σε μια περιέλιξη ονομάζουμε κάθε τμήμα της που βρίσκεται μεταξύ 2 γειτονικών ψηκτρών (δηλ. ισοδυναμεί με μια πηγή τάσης). Το πλήθος των παράλληλων κλάδων υποδεικνύει τα τμήματα που είναι παράλληλα συνδεδεμένα ως προς τις ψήκτρες. Ακολουθώς αναφέρονται οι δύο βασικές κατηγορίες τυλιγμάτων και τα κυριότερα χαρακτηριστικά τους.

Βροχοτυλίγματα (απλά)

- Τα άκρα κάθε ομάδας συνδέονται σε διαδοχικούς τομείς του συλλέκτη. Οι ομάδες συνδέονται σε σειρά, μέχρι το 2^ο άκρο της τελευταίας συνδεθεί με το 1^ο άκρο της πρώτης ομάδας.
- Για το προοδευτικό βροχοτύλιγμα είναι $y_c = 1$, ενώ για το οπισθοδρομικό $y_c = -1$.
- Για το ρεύμα υφίστανται τόσοι παράλληλοι κλάδοι, όσοι είναι οι πόλοι της μηχανής. Το γεγονός αυτό επιβάλλει την ύπαρξη ίδιου αριθμού ψηκτρών και πόλων, ώστε να είναι δυνατή η χρήση όλων των κλάδων από το εξωτερικό κύκλωμα.
- Ιδανική διάταξη για μηχανές χαμηλής τάσης - υψηλών ρευμάτων (αφού τα ρεύματα διαμοιράζονται στους διαφορετικούς κλάδους).

Κυματοτυλίγματα (απλά)

- 2 διαδοχικές ομάδες συνδέουν τα αρχικά τους άκρα σε γειτονικούς τομείς του συλλέκτη.
- Σε μηχανή με $2P$ πόλους, μεταξύ 2 γειτονικών τομέων του συλλέκτη βρίσκονται P ομάδες συνδεδεμένες σε σειρά.
- Το πλήθος των παράλληλων κλάδων είναι ίσο με 2, ενώ χρησιμοποιούνται 2 ή περισσότερες ψήκτρες (για το διαμοιρασμό του ρεύματος).
- Ιδανική διάταξη για μηχανές υψηλών τάσεων - χαμηλών ρευμάτων.

ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ ΤΑΣΗΣ & ΡΟΠΗΣ ΣΕ ΜΗΧΑΝΗ ΣΡ

Αν ένας αγωγός βρίσκεται κάτω από την επιφάνεια ενός πόλου, έχουμε δει πως η τάση που επάγεται σ' αυτόν είναι

$$e_{ind} = Bul.$$

Αν Z είναι το πλήθος των αγωγών και $2a$ το πλήθος των κλάδων του δρομέα, στα άκρα μιας πραγματικής μηχανής θα επάγεται η τάση

$$E_A = \frac{ZBu\ell}{2a} = \frac{ZB\omega r\ell}{2a}.$$

Αν η μηχανή διαθέτει $2P$ πόλους, το εμβαδόν κάτω από κάθε πόλο ισούται με

$$A_p = \frac{2\pi r\ell}{2P} = \frac{\pi r\ell}{P}$$

και άρα η μαγνητική ροή ανά πόλο θα είναι

$$\Phi = BA_p = \frac{B\pi r\ell}{P} \Rightarrow B = \frac{\Phi P}{\pi r\ell}$$

Η τάση τελικά παίρνει τη μορφή

$$E_A = \frac{Z\omega r l \Phi P}{2a \pi r l} = \frac{ZP}{2\pi a} \Phi \omega = K \Phi \omega.$$

Μετατρέποντας τη γωνιακή ταχύτητα από ω (rad/sec) σε n (rpm) μέσω της σχέσης $\omega = 2\pi n / 60$, προκύπτει ότι

$$E_A = K' \Phi n \text{ με } K' = \frac{ZP}{60a}$$

* Η περίπτωση απλού περιστρεφόμενου πλαισίου προκύπτει για $Z = 2$ (2 αγωγοί), $P = 1$ (2 πόλοι) και $2a = 1$ (υπάρχει ένα ρεύμα), οπότε $K = ZP / 2a\pi = 2 / \pi$.

Αντίστοιχα, η ροπή που αναπτύσσεται σε κάθε αγωγό είναι

$$\tau = rBI.$$

Αφού υπάρχουν $2a$ παράλληλοι κλάδοι, το ρεύμα που διαρρέει κάθε αγωγό είναι

$$I = \frac{I_A}{2a}$$

όπου I_A το ρεύμα του οπλισμού, οπότε η ροπή εκφράζεται ως

$$\tau = \frac{rBI_A l}{2a}.$$

Επειδή υπάρχουν Z αγωγοί, η συνολική ροπή στον άξονα του δρομέα θα είναι

$$\tau_{ind} = \frac{ZrBI_A l}{2a} = \frac{ZrI_A l \Phi P}{2a \pi r l} = \frac{ZP}{2\pi a} \Phi I_A = K \Phi I_A.$$

Συνεπώς, οι παρατηρήσεις μας σχετικά με τους παράγοντες εξάρτησης της τάσης και της ροπής στην περίπτωση απλού περιστρεφόμενου πλαισίου σε μαγνητικό πεδίο, γενικεύονται και στην περίπτωση των πραγματικών μηχανών ΣΡ.

ΡΟΗ ΙΣΧΥΟΣ – ΑΠΩΛΕΙΕΣ

Ο συντελεστής απόδοσης μιας μηχανής ΣΡ ορίζεται με βάση τη σχέση

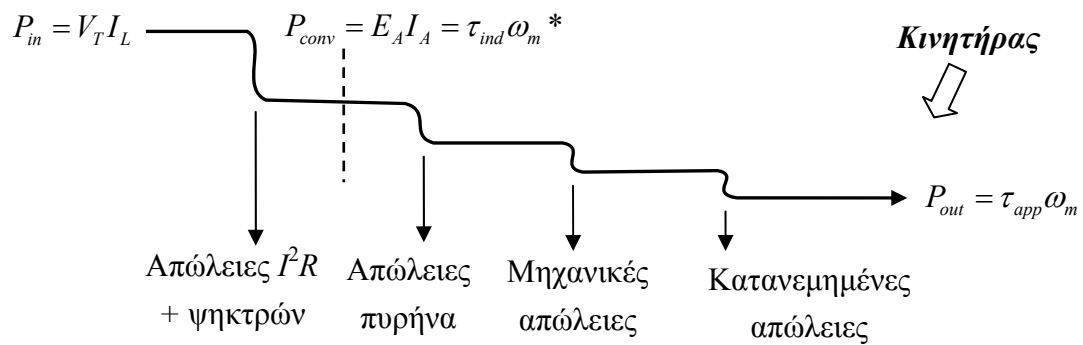
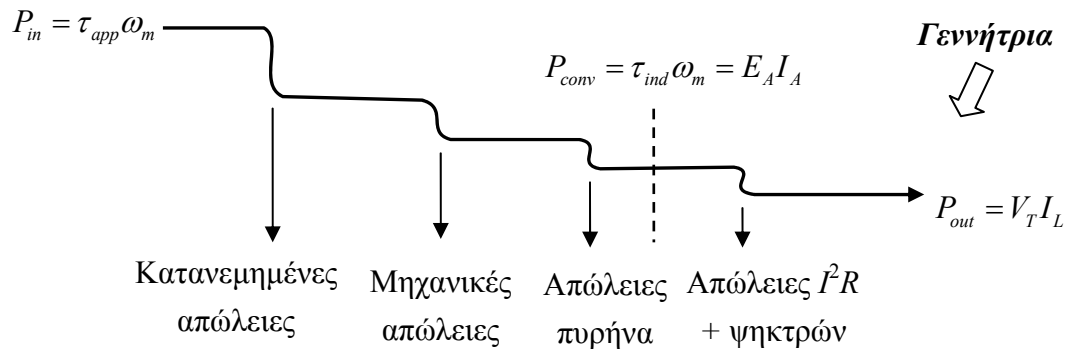
$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} 100\% = \frac{P_{in} - P_{loss}}{P_{in}} 100\%.$$

Στον πίνακα που ακολουθεί αναφέρονται επιγραμματικά οι διάφορες κατηγορίες απωλειών:

Κατηγορίες απωλειών	
Χαλκού	$P_A = I_A^2 R$ (τυλίγματος οπλισμού), $P_F = I_F^2 R$ (τυλίγματος πεδίου)
Ψηκτρών	$P_{BD} = V_{BD} I_A$, όπου V_{BD} η πτώση τάσης στις ψήκτρες (~ 2 V)
Πυρήνα	Απώλειες υστέρησης και δινορρευμάτων
Μηχανικές	Απώλειες τριβής και εξαερισμού
Κατανεμημένες	$0.01P_{out}$ υπό πλήρες φορτίο

- Οι απώλειες χαλκού οφείλονται στις ωμικές αντιστάσεις των τυλιγμάτων οπλισμού και διέγερσης.
- Η πτώση τάση στις ψήκτρες θεωρείται σταθερή.
- Ως κατανεμημένες χαρακτηρίζονται οι απώλειες που δεν μπορούν να ενταχθούν σε κάποια από τις προαναφερθείσες κατηγορίες.

Το διάγραμμα ροής ισχύος αποτελεί μια μέθοδο αναπαράστασης των απωλειών ισχύος στις ηλεκτρικές μηχανές όπου, ξεκινώντας από την ισχύ εισόδου μιας μηχανής, αφαιρούνται σταδιακά όλες οι πιθανές απώλειες. Στην περίπτωση της γεννήτριας, P_{in} είναι η μηχανική ισχύς εισόδου και P_{conv} είναι το τμήμα της που τελικά μετατρέπεται (ιδανικά) σε ηλεκτρική. Από αυτήν αφαιρούνται οι απώλειες χαλκού και ψηκτρών, για να προκύψει η ισχύς που λαμβάνεται στην έξοδο της γεννήτριας. Το αντίστροφο διάγραμμα ισχύος στην περίπτωση του κινητήρα.



$$* P_{conv} = E_A I_A = (K \Phi \omega_m) I_A = (K \Phi I_A) \omega_m = \tau_{ind} \omega_m$$