

## ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΝ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ

## ΑΣΚΗΣΗ 7

ΤΡΙΦΑΣΙΚΗ ΑΣΥΓΧΡΟΝΗ ΜΗΧΑΝΗ

Σκοπός τῆς ἀσκήσεως εἶναι ἡ μελέτη τῆς λειτουργίας ἀσύγχρονου κινητήρα καὶ ἡ εὕρεση τῶν χαρακτηριστικῶν λειτουργίας αὐτοῦ.

Ἐπεξηγήσεις1. Περιστρεφόμενο μαγνητικό πεδίο

Τό συμμετρικό τριφασικό σύστημα δημιουργεῖται διὰ τριῶν ἡμιτονοειδῶν τάσεων τοῦ ἴδιου εὗρους, οἱ ὁποῖες παρουσιάζουν μεταξύ τους διαφορά φάσεως  $2\pi/3$ . Οἱ συναρτήσεις τῶν τάσεων ἀπὸ τὸν χρόνον ἔχουν τὴν ἀκόλουθη μορφή:

$$\left. \begin{aligned} u_R &= \sqrt{2} U \cos \omega t \\ u_S &= \sqrt{2} U \cos \left( \omega t - \frac{2\pi}{3} \right) \\ u_T &= \sqrt{2} U \cos \left( \omega t - \frac{4\pi}{3} \right) \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Τό σύστημα τοῦτο τῶν τάσεων ἐφαρμόζεται στούς ἀκροδέκτες ἑνὸς τριφασικοῦ συμμετρικοῦ τυλίγματος, τοῦ ὁποῦ οἱ φάσεις σχηματίζουν μεταξύ τους ἡλεκτρικες γωνίες  $120^\circ$ . Τά ρεύματα τῶν τριῶν φάσεων δημιουργοῦν στό διάκενο τῆς μηχανῆς ἓνα περιστρεφόμενο μαγνητικό πεδίο, τό ὁποῖο εἶναι συνάρτηση τοῦ τόπου καὶ τοῦ χρόνου καὶ περιγράφεται μέ τὴν ἀκόλουθη σχέση:

$$B(x,t) = cI \cos \left( \omega t - \frac{x}{\tau_p} \pi \right) \quad (2)$$

Ἡ σχέση αὐτή παριστᾷ μίᾱ κύμανση, τῆς ὁποίας ἡ ταχύτητα  $v$  υπολογίζεται ὡς ἀκολουθῶς :

Ἐπειδὴ τὸ εὖρος τοῦ πεδίου εἶναι σταθερό καὶ κινεῖται μέ  $v$ , πρέπει νά ἰσχύει:

$$\omega t - \frac{x}{\tau_p} \pi = \text{σταθ.} \quad (3)$$

Ἡ ταχύτης  $v$  προκύπτει ἀπὸ τὴν σχέση:

$$v = \frac{dx}{dt} = \omega_S \frac{\tau_p}{\pi} = \frac{f_S}{p} \pi D = n_S \pi D \quad (4)$$

$p$  = ζεύγη πόλων τοῦ τριφασικοῦ τυλίγματος

$$\tau_p = \frac{\pi D}{2p} \quad \text{ἀπόσταση πόλων}$$

$$\omega \equiv \omega_S = 2\pi f_S \quad \text{συχνότητα τοῦ δικτύου}$$

$$n_S = \frac{f_S}{p} \quad \text{ἀριθμὸς στροφῶν τοῦ περιστρεφομένου πεδίου (σύγχρονος ἀριθμὸς στροφῶν τοῦ πεδίου).}$$

## 2. Βασικὴ λειτουργία τῆς ἀσύγχρονης μηχανῆς.

Ἡ ἀσύγχρονη μηχανή ἀποτελεῖται ἀπὸ ἕνα στάτη καὶ ἕνα δρομέα. Στὶς ἀλλαγώσεις τοῦ στάτη εἶναι τοποθετημένο ἕνα τριφασικὸ τύλιγμα, ἐνῶ στὸ δρομέα ὑπάρχει ὡς ἐπὶ τὸ πλεῖστον ἕνας βραχυκυκλωμένος κλωβός. Σέ εἰδικές περιπτώσεις ὑπάρχει ἐπίσης στὸ δρομέα ἕνα τριφασικὸ τύλιγμα μέ ἀκροδέκτες, οἱ ὅποιοι συνδέονται μέ δακτυλίους ὀλισθήσεως, ὁπότε ἔχομε δακτυλιοφόρο ἀσύγχρονη μηχανή. Στὸ διάκενο μεταξύ δρομέα καὶ στάτη ἀναπτύσσεται τὸ περιστρεφόμενο μαγνητικὸ πεδίο, τὸ ὅποιο περιστρέφεται μέ τὸν σύγχρονο ἀριθμὸ στροφῶν

$$n_S = \frac{f_S}{p} \quad (5)$$

Ὁ δρομέας ἀποκτᾷ τὴν ταχύτητα αὐτή μόνο στὴν θεωρητικὴ

κατάσταση έν κενώ (απώλειες τριβής καί εξαερισμού παραλείπονται), όπότε στά τυλίγματα αύτοϋ δέν δημιουργείται τάση έξ έπαγωγής καί συνεπώς τό ρεύμα τοϋ δρομέα καθώς καί ή ροπή είναι μηδέν. Όταν ό δρομέας περιστρέφεται μέ τήν ταχύτητα  $n < n_s$ , τότε τό μαγνητικό πεδίο σχετικά πρός τόν δρομέα περιστρέφεται μέ τήν σχετική ταχύτητα  $n_R = n_s - n$ . Έτσι στόν δρομέα δημιουργούνται τάσεις έξ έπαγωγής μέ τήν συχνότητα

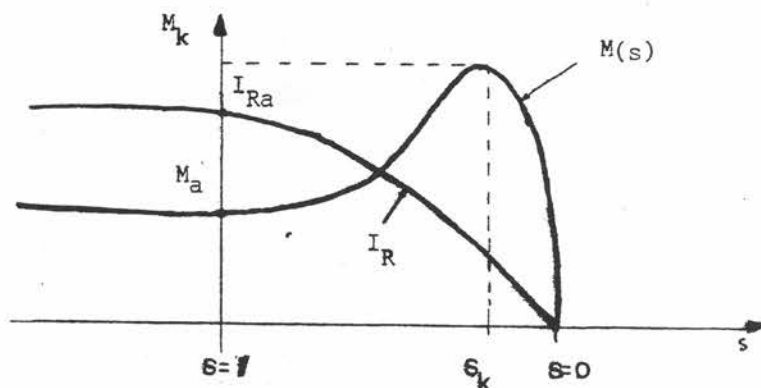
$$f_R = sf_s \quad (6)$$

όπου  $s$  είναι ή όλίσθηση καί όρίζεται ως ακόλουθως :

$$s = \frac{n_s - n}{n_s} = \frac{n_R}{n_s} \quad (7)$$

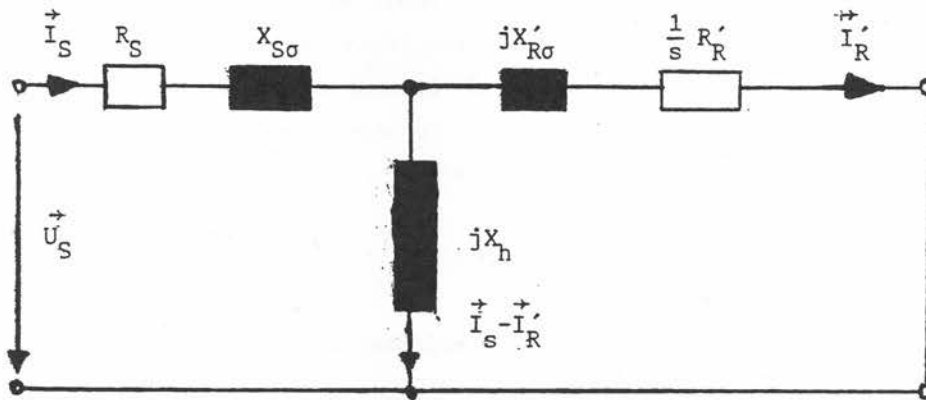
Τό εύρος τής τάσεως αύτής είναι ανάλογο τής όλίσθησεως  $s$ . Από τή τάση αύτή προκύπτουν ρεύματα, τά όποια μαζί μέ τό περιστρεφόμενο πεδίο δημιουργούν τήν ηλεκτρομαγνητική έσωτερική ροπή.

Στήν περιοχή  $0 < s < s_k$  ( $s_k$  = όλίσθηση μεγίστης ροπής) τά ρεύματα τοϋ δρομέα εξαρτώνται κυρίως από τήν ωμική αντίσταση των τυλιγμάτων αύτοϋ, έπειδή οι έπαγωγικές αντιστάσεις είναι μικρές έννεκα τής μικρής συχνότητας  $f_R$ . Για τιμές τής όλίσθησης  $s > s_k$  ή έπαγωγική αντίσταση  $sX_{R\sigma}$  παίζει μεγαλύτερο ρόλο από τήν ωμική αντίσταση καί άπ'αύτή εξαρτάται ή τιμή τοϋ ρεύματος τοϋ δρομέα ( $X_{R\sigma} = \omega_s L_{R\sigma}$  : έπαγωγική αντίσταση σκεδάσεως για τήν συχνότητα τοϋ δικτύου). Η ροπή έλαττοϋται αύξανόμενης τής όλίσθησης  $s$ , έπειδή αύξάνει ή γωνία φάσεως μεταξύ ρεύματος καί τοϋ μαγνητικού πεδίου. Τή συνάρτηση τοϋ ρεύματος  $I_R$  καί τής ροπής  $M$  από τήν όλίσθηση  $s$  παρουσιάζει τό σχήμα 1.



Σχήμα 1. Ροπή καί ρεύμα δρομέα συναρτήσεϊ τοϋ  $s$ .

3. Ίσοδύναμο κύκλωμα καὶ ἐξισώσεις τῆς ἀσύγχρονης μηχανῆς.



Σχῆμα 2. Ίσοδύναμο κύκλωμα ἀσύγχρονης μηχανῆς.

Στὸ σχῆμα 2 παρίσταται τὸ ἰσοδύναμο κύκλωμα τῆς Α.Μ. Τοῦτο ἰσχύει γιὰ τὴν μόνιμη κατάσταση λειτουργίας καὶ γιὰ μία φάση. Τὸ ρεῦμα καὶ οἱ ἀντιστάσεις τοῦ δρομέα εἶναι ἀνηγμένες στὸ στάτι. Οἱ ἀπώλειες σιδήρου παραλείπονται. Ἡ ἀναγωγή τῶν μεγεθῶν τοῦ δρομέα **στόν** στάτι ἐπιτυγχάνεται σύμφωνα μέ τὶς ἐξισώσεις :

$$\frac{I'_R}{I_R} = \frac{m_R w_R \xi_R \chi}{m_S w_S \xi_S}, \quad \frac{R'_R}{R_R} = \frac{X'_{R\sigma}}{X_{R\sigma}} = \frac{m_S}{m_R} \left[ \frac{w_S \xi_S}{w_R \xi_R \chi} \right]^2 \quad (8)$$

$m_S, m_R$  ἀριθμὸς φάσεων στάτι, δρομέα.

$\xi_S, \xi_R$  συντελεστὴς τυλύγματος στάτι, δρομέα.

$\chi$  συντελεστὴς κλίσεως τῶν ἀύλακώσεων.

Εξισώσεις για την μόνιμη κατάσταση:

$$\left. \begin{aligned} \vec{U}_S &= (R_S + jX_S) \vec{I}_S - jX_h \vec{I}'_R \\ 0 &= jX_h \vec{I}_S - \left( \frac{1}{s} R'_R + jX'_R \right) \vec{I}'_R \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

$$\left. \begin{aligned} X_S &= X_{S\sigma} + X_h \\ X'_R &= X_{R\sigma} + X_h \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

Με τις εξισώσεις αυτές μπορούμε να μελετήσουμε την συμπεριφορά της Α.Μ. στην μόνιμη κατάσταση και για συμμετρική τάση δικτύου με ικανοποιητική ακρίβεια.

#### 4. Ένεργός ισχύς και ροπή Α.Μ.

Η φαινομένη ολική ισχύς την οποία ανταλλάσσει η μηχανή με το δίκτυο, υπολογίζεται από την σχέση:

$$P_\Phi = m_{\vec{U}_S \vec{I}_S^*} = P_{ev} + j P_{αερ}. \quad (11)$$

$\vec{I}_S^*$  = συζυγές μιγαδικό ρεύμα στάτη. Η ένεργός ισχύς  $P_{ev}$  εκφράζεται με την εξίσωση:

$$P_{ev} = R_e \left[ m_{\vec{U}_S \vec{I}_S^*} \right] = 3R_S I_2^2 + 3 \frac{R'_R}{s} I_R'^2 = P_V + P_D \quad (12)$$

Οι ωμικές απώλειες του τριφασικού τυλίγματος του στάτη είναι:

$$P_V = 3R_S I_S^2 \quad (13)$$

Η ένεργός ισχύς που μεταφέρεται από τον στάτη στον δρομέα με την βοήθεια του μαγνητικού πεδίου είναι:

$$P_D = 3 \frac{R'_R}{s} I_R'^2 \quad (14)$$

Αυτή είναι ίση με το άθροισμα των ωμικών απωλειών του δρομέα

$$P_{el} = 3R_R I_R^2 = 3R_R I_R'^2 = sP_D \quad (15)$$

καί τῆς μηχανικῆς ἰσχύος

$$P_{mech} = P_D - P_{el} = 3R_R I_R^2 \left( \frac{1}{s} - 1 \right) = 3 \frac{R_R}{s} I_R^2 (1-s) = (2-s)P_D \quad (16)$$

ἡ ὁποία καλύπτει τῖς ἀπώλειες πού προέρχονται ἀπό τήν τριβή & τό φορτίο  
Ἐπομένως γιά τήν ἰσχύ τοῦ περιστρεφομένου μαγνητικοῦ πεδίου ἰσχύει:

$$P_D = P_{mech} + P_{el} = (1-s)P_D + sP_D \quad (17)$$

Ἡ ροπή τῆς ἀσύγχρονης μηχανῆς ὑπολογίζεται ἀπό τήν ἰσχύ  $P_{mech}$  καί  
τήν γωνιακή ταχύτητα  $\Omega$ , ὅταν παραλείψουμε τῖς τριβές:

$$M = \frac{P_{mech}}{\Omega} = \frac{P_{mech}}{2\pi n} \quad (18)$$

Ἀπό τήν σχέση

$$s = \frac{n_S - n}{n_S} \quad (19)$$

καί ἀπό τήν προηγούμενη προκύπτουν οἱ ἀκόλουθες ἐξισώσεις:

$$n = (1 - s)n_s$$

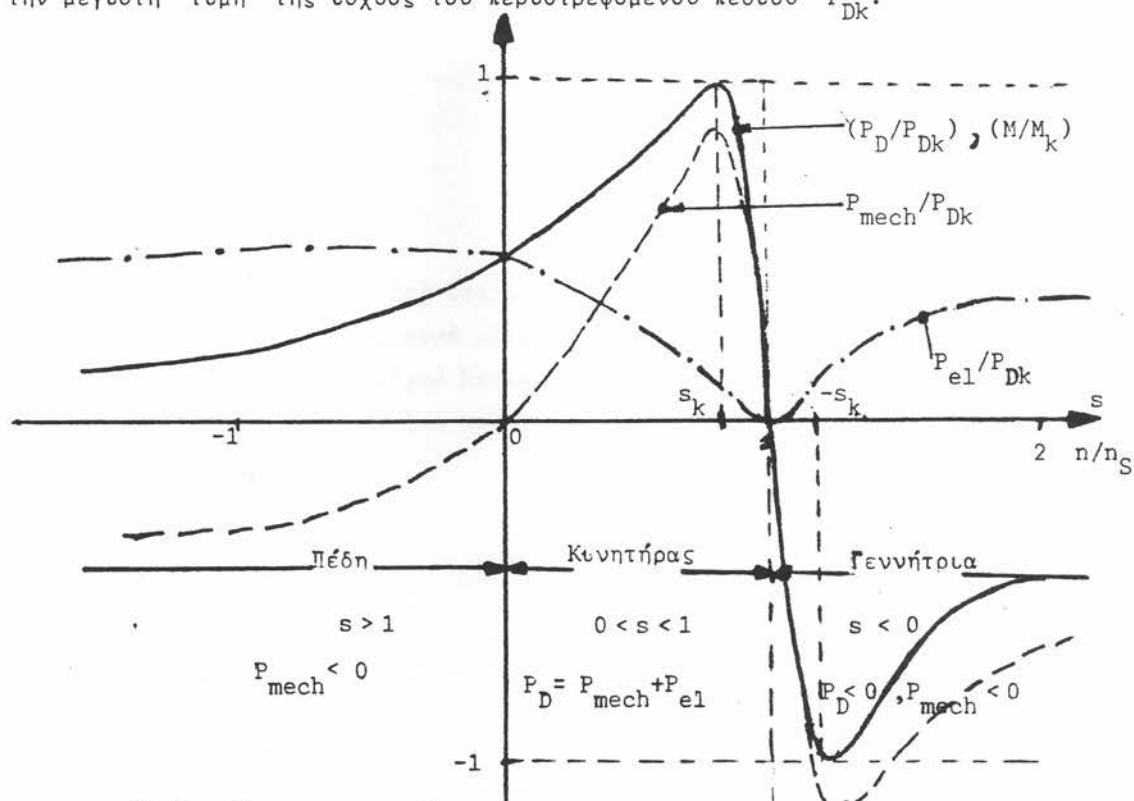
$$\Omega = (1 - s)\Omega_s$$

$$\Omega_s = \frac{s}{p} = 2\pi n_s \quad (\text{σύγχρονη γωνιακή ταχύτητα}) \quad (20)$$

$$M = \frac{P_{\text{mech}}}{(1 - s)\Omega_s} = \frac{P_D}{\Omega_s}$$

### 5. Χαρακτηριστικές καμπύλες ισχύος και ροπής.

Στό σχήμα 3 παρίστανται οι χαρακτηριστικές καμπύλες της ισχύος του περιστρεφόμενου πεδίου  $P_D$ , της μηχανικής ισχύος  $P_{\text{mech}}$  και της ηλεκτρικής ισχύος  $P_{\text{el}}$  και της ηλεκτρομαγνητικής ροπής  $M$  συναρτήσει της όλισθήσεως  $s$  και του αριθμού στρωφών. Ένεκα της σχέσεως  $P_D = M\Omega_s$  ή χαρακτηριστική καμπύλη της ισχύος ταυτίζεται με την χαρακτηριστική της ροπής ( $\Omega_s$  είναι σταθερή). Για να πετύχουμε εύκολότερη απεικόνιση συσχετίζουμε όλα τα ανωτέρω μεγέθη ως προς την μέγιστη τιμή της ισχύος του περιστρεφόμενου πεδίου  $P_{Dk}$ .



Σχ.3. Χαρακτηριστικές καμπύλες ισχύος και ροπής Α.Μ.

Στό διάγραμμα αυτό διακρίνουμε τής ακόλουθες χαρακτηριστικές περιοχές καί χαρακτηριστικά σημεία.

$s = 0$  : Περιστροφή μέ σύγχρονη ταχύτητα  $n = n_s$  , ή ισχύς τοῦ περιστρεφόμενου πεδίου  $P_D$  , ή ηλεκτρική ισχύς  $P_{el}$  καί ή μηχανική ισχύς  $P_{mech}$  ὡς καί ή ροπή εἶναι μηδέν.

$0 < s < s_k$  : Ἡ ασύγχρονη μηχανή συμπεριφέρεται ὅπως μία μηχανή συνεχοῦς ρεύματος παράλληλου διεγέρσεως. Τό ὀνομαστικό σημεῖο λειτουργίας κεῖται περίπου στήν θέση  $M/M_K = 0,3 \dots 0,6$  .

$s = s_k$  : Ἡ ισχύς τοῦ περιστρεφόμενου πεδίου καί ή ροπή ἀποκτοῦν τήν μεγίστη τιμή.

$s = 1$  : Στήν κατάσταση ἡρεμίας ( $n = 0$ ) ὁλόκληρη ή ισχύς τοῦ πεδίου μετατρέπεται σέ θερμότητα , ή μηχανική ισχύς  $P_{mech}$  εἶναι μηδέν.

#### Κινητήρας:

Ἡ ισχύς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου ἰσοῦται μέ τό ἄθροισμα τῆς μηχανικῆς ισχύος καί τῆς ηλεκτρικῆς ισχύος τοῦ δρομέα:

$$|P_D| = |P_{mech}| + |P_{el}| \quad (21)$$

#### Γεννήτρια :

Ὁ δρομέας περιστρέφεται γρηγορώτερα ἀπό τό μαγνητικό πεδίο. Ἡ μηχανική ισχύς καί ή  $P_D$  γίνονται ἀρνητικές δηλ. ή διεύθυνση ροῆς ἐνεργείας ἀντιστρέφεται . Ἡ μηχανική ισχύς ἰσοῦται μέ τό ἄθροισμα τῆς ισχύος τοῦ περιστρεφόμενου πεδίου καί τῶν ἀπωλειῶν τοῦ δρομέα  $P_{el}$ :

$$|P_{mech}| = |P_D| + |P_{el}| \quad (22)$$



Πέδη :

Ο δρομέας κινείται με αντίθετη φορά ως προς το μαγνητικό πεδίο και η ασύγχρονη μηχανή προσλαμβάνει ενέργεια αφ' ενός μὲν από το δίκτυο, αφ' ετέρου δέ από το φορτίο, το οποίο τώρα παίζει τόν ρόλο της κινητηρίου μηχανής. Η ενέργεια αυτή μετατρέπεται σε θερμότητα και αν εξαιρέσουμε τις απώλειες του στάτη, αποθηκεύεται συνολικά στον δρομέα.

$$|P_{el}| = |P_D| + |P_{mech}| \quad (23)$$

6. Άεργος Ισχύς.

Η άεργος ισχύς αποτελείται από την ισχύ μαγνητίσεως και από την ισχύ των πεδίων σκεδάσεως, υπολογίζεται δέ από το ίσοδύναμο κύκλωμα, το οποίο αποδίδει τις εξισώσεις τάσεων και ρευμάτων.

$$P_{αερ} = I_m \left[ m \vec{U}_S \vec{I}_S^* \right] \quad (24)$$

Όταν ελαττώνεται η ταχύτητα και η μηχανή τείνει προς την κατάσταση ήρεμίας, η ισχύς μαγνητίσεως ελαττώνεται ενώ αντίθετα αυξάνεται η άεργος ισχύς των πεδίων σκεδάσεως. Τοῦτο γίνεται σαφές από το ίσοδύναμο κύκλωμα. Αύξανόμενου του  $s$  ελαττώνεται το πηλύκο  $\frac{R_R}{s}$  και έτσι το ρεύμα  $I_R'$  αυξάνει, ενώ συγχρόνως η διαφορά  $\vec{I}_S - \vec{I}_R'$  ελαττώνεται. Η συνολική άεργος ισχύς αυξάνεται, όπως προκύπτει από μία ποσοτική ανάλυση.

7. Σχέση ροπής - τάσεως.

Όταν το πηλύκο  $\frac{R_R}{s}$  είναι σταθερό, το ρεύμα  $I$  έχει γραμμική σχέση προς την τάση  $U$ , η δέ ροπή είναι ανάλογη του τετραγώνου της τάσεως (αυτά ισχύουν με ικανοποιητική προσέγγιση).

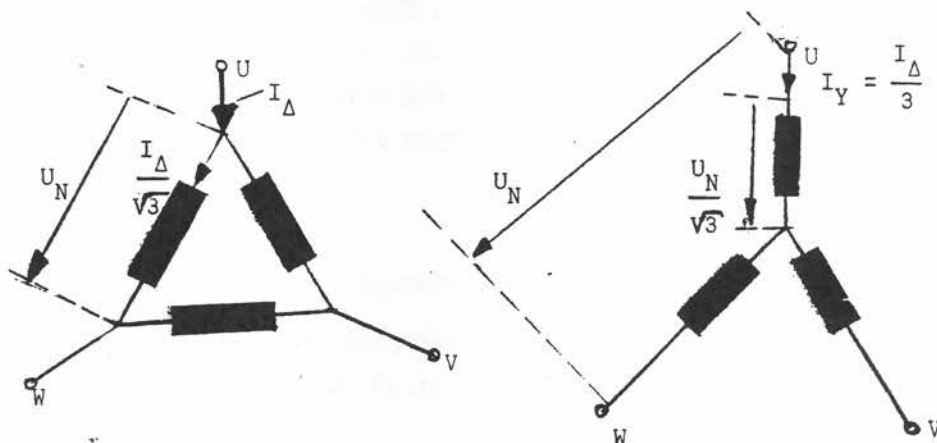
$$\frac{I_1}{I_2} \approx \frac{U_1}{U_2}, \quad \frac{M_1}{M_2} \approx \left( \frac{U_1}{U_2} \right)^2$$

$I_1, U_1, M_1$  είναι οι αρχικές τιμές,  $I_2, U_2, M_2$  οι νέες τιμές κατά την μεταβολή της τάσεως.

#### 8. Έκκίνηση Α.Μ. με την μέθοδο "άστéρας - τρίγωνο".

Κατά την έκκίνηση ή Α.Μ. συμπεριφέρεται σαν μετασχηματιστής με βραχυκυκλωμένο τό δευτερεύον τύλιγμα ( $s=1$ ). Έπομένως εμφανίζονται μεγάλα ρεύματα στο σύντομο χρονικό διάστημα, τά όποια είναι δυνατόν νά προκαλέσουν βλάβες στο δίκτυο καί καθύζηση της τάσεως.

Γιά νά περιορίσουμε τό ρεύμα έκκινήσεως συνήθως εφαρμόζουμε την μέθοδο "άστéρας - τρίγωνο", κατά την όποία αρχικά τό τύλιγμα τοῦ στάτη συνδέεται σέ άστέρα καί κατόπιν, έφ' όσον ή μηχανή φθάσει τόν όνομαστικό άριθμό στροφών, αλλάζουμε την σύνδεση καί οι φάσεις τοῦ στάτη συνδέονται σέ τρίγωνο. Αυτό σημαίνει ότι μία φάση πρέπει νά είναι κατασκευασμένη έτσι, ώστε νά άντέχει στην τάση 380V (για τό σύνηθες τριφασικό δίκτυο). Κατά την έκκίνηση με άστέρα ή τάση μιās φάσεως είναι ίση με τό  $1/\sqrt{3}$  της τάσεως κατά την σύνδεση σέ τρίγωνο. Τό ρεύμα μιās φάσεως ελάττωται επίσης στο  $1/\sqrt{3}$ . Τό ρεύμα τοῦ δικτύου όμως ελάττωται στο  $1/3$ , όπως αυτό γίνεται άντιληπτό από τό σχήμα 4.



Σχήμα 4. Τάση καί ρεύμα μιās φάσεως κατά την έκκίνηση "άστéρας - τρίγωνο" μιās ασύγχρονης μηχανής.

Ἡ ἐσωτερικὴ ροπή τῆς μηχανῆς ἔνεκα τῆς σχέσεως  $M \sim U_S^2$  ( $U_S$ =τάση μιᾶς φάσεως) ἐλαττώνεται στό τό  $1/3$  κατά τή στιγμή τῆς συνδέσεως σέ ἀστέρα.

Συνεπῶς ἡ ἀνωτέρω μέθοδος εἶναι ἐφαρμόσιμη μόνο ὅταν τό φορτίο κατά τήν ἐκκίνηση εἶναι μειωμένο σέ σύγκριση πρὸς ἐκεῖνο κατά τήν ὀνομαστικὴ λειτουργία.

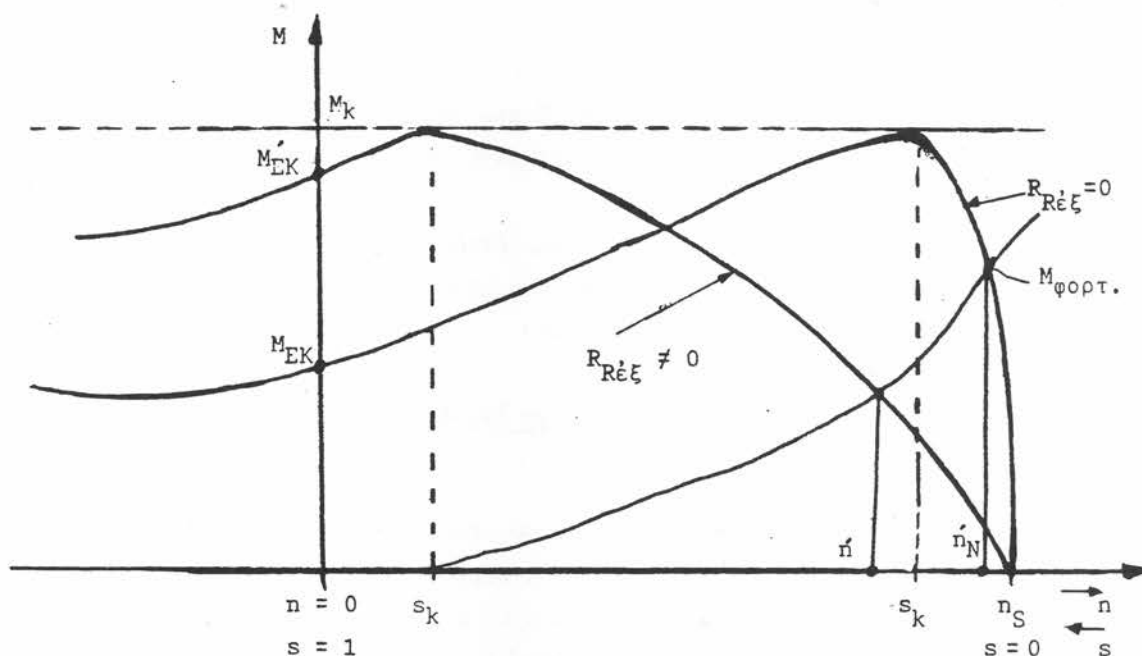
## 9. Ἀσύγχρονη μηχανή μέ δακτυλούς ὀλισθήσεως στό δρομέα.

### 9.1. Βασικὲς ιδιότητες

Ἐκτός τῆς Α.Μ. μέ βραχυκυκλωμένο δρομέα βρίσκει εὐρεία ἐφαρμογή καὶ ἡ Α.Μ. μέ δρομέα ὁ ὁποῖος φέρει δακτυλούς ὀλισθήσεως. Αὐτός φέρει ἓνα τριφασικὸ τύλιγμα ὅπως ὁ στάτης μέ τὸν ἴδιον ἀριθμὸ πόλων. Τοῦτο εἶναι πάντοτε συνδεδεμένο σέ ἀστέρα καὶ οἱ τρεῖς φάσεις ὁδηγοῦνται μέσφ τῶν δακτυλίων ὀλισθήσεως πρὸς τὰ ἔξω. Ὄταν ὁ δρομέας εἶναι ἀκίνητος ἡ μηχανή αὐτὴ συμπεριφέρεται σάν μετασχηματιστὴς εἶναι δέ γνωστός ὡς στρεφόμενος μετασχηματιστής. Στόν ἀνοικτὸ δρομέα ἐμφανίζεται μία τάση σύμφωνα μέ τὸν λόγον τῶν ἐνεργῶν σπειρῶν δρομέα-στάτη. Ἐάν κλείσουμε τὸν δρομέα μέσφ τριφασικῆς ὤμικης ἀντιστάσεως ἢ βραχυκυκλώσουμε αὐτόν στά τυλίγματα αὐτοῦ ρεῖ ρεῦμα, τό ὁποῖο ὑπὸ τήν ἐπίδραση τοῦ στρεφόμενου μαγνητικοῦ πεδίου δημιουργεῖ μία ροπή. Ἔτσι ὁ δρομέας τίθεται σέ περιστροφικὴ κίνηση καὶ ἡ τάση στοὺς δακτυλούς ὀλισθήσεως μειώνεται.

### 9.2. Ἐκκίνηση - ρύθμιση

Ἡ ἐκκίνηση τῆς Α.Μ. μέ δακτυλούς στόν δρομέα ἐπιτυγχάνεται εὐκόλα διὰ ρυθμίσεως τῶν ἀντιστάσεων τοῦ δρομέα γιὰ νὰ ἐλαττώσουμε τό ρεῦμα ὅταν  $n = 0$ , τοποθετοῦμε τήν ἀντίσταση αὐτὴ στήν περιόμην μεγάλων τιμῶν. Συγχρόνως ὅμως αὐξάνεται ἡ ροπή ἐκκινήσεως  $M_{EK}$  διότι ἡ ὀλίσθηση  $s_k$  μετατοπίζεται πρὸς τὰ ἀριστερά, ὅταν αὐξήσουμε τήν ἀντίσταση  $R_R$ , ἐνῶ ἡ μεγίστη ροπή  $M_k$  παραμένει σταθερὴ ὅπως δείχνει τό σχῆμα 5. Ἐάν ὑποθέσουμε ὅτι ὁ ἄξονας φορτίζεται μέ μία ροπή  $M_{φορτ.}$ , ἡ ὁποία ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴ ταχύτητα ὅπως φαίνεται στό σχῆμα 5, τότε γιὰ  $R_{R\epsilon\zeta}=0$  ἔχουμε  $n=n_N$ . Ἐάν γίνῃ  $R_{R\epsilon\zeta} \neq 0$ , τότε ἔχουμε  $n=n$ , δηλ. ἡ ταχύ-



Σχήμα 5. 'Επίδραση της εξωτερικής αντίστασης  $R_{Re\xi}$  επί της ολίσθησης  $s_k$ .

τητα καθορίζεται από τη τομή των καμπυλών  $M(n)$  και  $M_{\phi\omicron\rho\rho\tau.}(n)$ .

Έτσι μπορούμε νά ρυθμίσουμε την ταχύτητα.

Όμως αυτός ο τρόπος ρυθμίσεως ενδείκνυται μόνο για μία μικρή περιοχή ελέγχου, δηλαδή λίγο πιο κάτω από την σύγχρονη ταχύτητα, διότι όσο μικραίνει ή ταχύτητα τόσο μεγαλώνει τό ρεῦμα καί ἔτσι δημιουργοῦνται μεγάλες ἀπώλειες. Ἡ ἐνέργεια πού χάνεται μετατρέπεται σέ θερμότητα στήν ἀντίσταση  $R_{Re\xi}$ . Ὁ καλύτερος τρόπος ρυθμίσεως ταχύτητάς, γίνεται μέσω της συχνότητας.

Ὁ δεύτερος αὐτός τρόπος εἶναι εὐνοϊκώτερος ἀπό ἀπόψεως καταναλώσεως, ἀλλά δυσκολώτερος σέ σύγκριση μέ τόν πρῶτο, διότι πρέπει νά διαθέτουμε μία μεταβλητή τάση κατὰ μέγεθος καί συχνότητα.

## 2. Διεξαγωγή της άσκησης.

2.1. Νά διαπιστωθούν καί νά καταγραφούν τά στοιχεία της ασύγχρονης μηχανής καί τοῦ φορτίου της πού θά χρησιμοποιηθοῦν στήν άσκηση.

### 2.2. Λόγος μετασχηματισμοῦ.

Ἀφῆστε τόν δρομέα άνοικτό καί συνδέστε τόν στάτη μέ τό δίκτυο ( $U_S = U_{SN}$ ). Μετρήστε τήν τάση  $U_R$  τοῦ δρομέα καί ὑπολογίστε τόν λόγος μετασχηματισμοῦ

$$\tilde{u} = \frac{U_S}{U_R}$$

### 2.3. Χαρακτηριστική καμπύλη φορτίου.

Μεταβάλλετε: Ροπή  $0 \leq M \leq M_N$  διατηρώντας σταθερή τάση στόν στάτη  $U_S = U_N$ .

Μετρήστε :  $U_S$ ,  $I_S$ ,  $P_{εν}$ ,  $M$ ,  $n$ .

Υπολογίστε: Φαινομένη ισχύ  $P_\phi$ , άποδιδομένη μηχανική ισχύ,  $\cos\phi$ , προσλαμβανομένη άεργο ισχύ καθώς καί τό βαθμό άπόδοσης  $\eta$ .

Σχεδιάστε : Συναρτήσεις τῶν στροφῶν  $n$  τά μεγέθη

1<sup>ο</sup> φύλλο:  $I_S$ ,  $P_\phi$ ,  $P_{εν}$ ,  $P_{mech}$ ,  $M$ .

2<sup>ο</sup> "  $\eta$ ,  $\cos\phi$ ,  $\eta \cdot \cos\phi$

### 2.4. Ροπή άνατροπής $M_K$

Μέ μειωμένη τάση  $U'_S \approx 100V$  καί συνδεσμολογία άστέρα νά βρεθεῖ ἡ όλίσθηση άνατροπής  $S_K$ .

Μετρήστε:  $U'_S$ ,  $I'_{Sk}$ ,  $M'_k$ ,  $k$ .

Ο τονισμός έδω σημαίνει ότι τα μεγέθη που μετράμε ισχύουν για την μειωμένη τάση. Από αυτά πρέπει να πάρουμε στα μεγέθη που θα είχαμε, εάν εφαρμόζαμε ονομαστική τάση.

Υπολογίστε:  $I_{Sk}$ ,  $M_k$  και τοποθετήστε τις τιμές αυτές στο 1<sup>ο</sup> φύλλο των προηγούμενων καμπυλών.

## 2.5.

Να τροφοδοτήσετε τη μηχανή με τάση ίση με το  $1/\sqrt{3}$  της ονομαστικής τάσης. Σχεδιάστε την χαρακτηριστική καμπύλη φορτίου για αυτή την περίπτωση και συγκρίνετε με τη χαρακτηριστική του ερωτήματος 2.3. Τί παρατηρείτε;

## 2.6. Απώλειες εν κενώ.

Με ανοιχτοκυκλωμένο το δρομέα, συνδέουμε το στάτη με το δίκτυο και μεταβάλλουμε την τάση στο διάστημα  $0 \leq U_s \leq U_{SN}$ .

Μετρήστε:  $U_s$ ,  $I_s$ , και μετά από την αποσύνδεση του στάτη από το δίκτυο την αντίσταση  $R_s$  μιας φάσεως με την βοήθεια μιας γέφυρας.

Υπολογίστε: Απώλειες χαλκού  $P_{cu0} = 3 I_s^2 R_s$  και την διαφορά των όλικων απωλειών εν κενώ, με τον τις ηλεκτρικές απώλειες  $V_0 = P_0 - P_{cu0}$

Σχεδιάστε:  $V_0 = f\left\{\left(\frac{U}{U_N}\right)^2\right\}$

Ερώτηση: Τί παριστάνει τό  $V_0$ ; Νά σχολιασθεῖ ἡ καμπύλη αὐτή.

## 2.7. Ρύθμιση ταχύτητας

Μέ μειωμένη τάση  $U_S \approx 100V$  καί γιά τίς τιμές  $R_{RV} = R_R, 2R_R, 5R_R$ , νά μεταβάλλετε τό φορτίο μέ τήν βοήθεια τῆς πέδης.

Μετρήσεις:  $U'_S, I'_S, M', n, M'_A, I'_A, R_R$

Υπολογίστε: Τά ἀντίστοιχα μεγέθη ὑπό ὀνομαστική τάση.

Σχεδιάστε:  $M = f(n), I_S = f(n)$  γιά τίς τρεῖς τιμές τοῦ  $R_{RV}$ .

Νά συγκριθοῦν οἱ τρεῖς τιμές τῆς ροπῆς  $M_A$ .

