



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά
μαθήματα ΠΠ

Δυναμική Ηλεκτρικών Μηχανών

Ενότητα 3: Τριφασική Σύγχρονη Μηχανή

Επ. Καθηγήτρια Τζόγια Χ. Καππάτου

Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Τεχνολογίας
Υπολογιστών



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



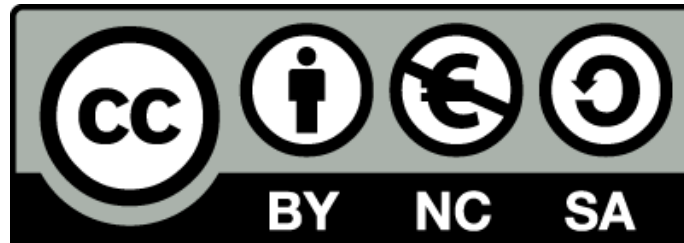
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Πατρών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Περιεχόμενα

**Λειτουργικές επαγωγιμότητες και
σταθερές χρόνου σύγχρονης μηχανής**

**Ισοδύναμα κυκλώματα
για τις σταθερές χρόνου**

**Επαγωγικές αντιστάσεις
Σύγχρονης Μηχανής**

Λειτουργικές επαγωγιμότητες και σταθερές χρόνου σύγχρονης μηχανής

Η έννοια λειτουργικές επαγωγιμότητες είναι μία μαθηματική έκφραση στην περιοχή Laplace, η οποία συνδέει ορισμένα ηλεκτρομαγνητικά μεγέθη εκφρασμένα στην περιοχή αυτή.

Συγκεκριμένα για τις λειτουργικές επαγωγιμότητες γίνεται λόγος στη σύγχρονη μηχανή .

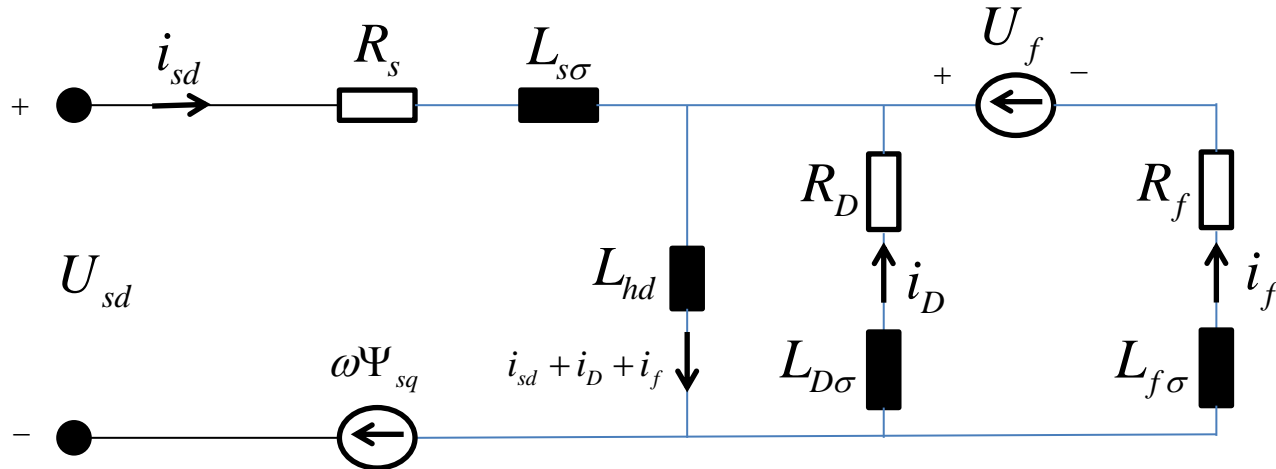
Λειτουργικές επαγωγιμότητες και σταθερές χρόνου σύγχρονης μηχανής (1)

Κατ' αρχήν παρατίθενται εκ νέου οι επαγωγιμότητες της Σ.Μ. στο dq0, όπως έχουν ήδη ορισθεί:

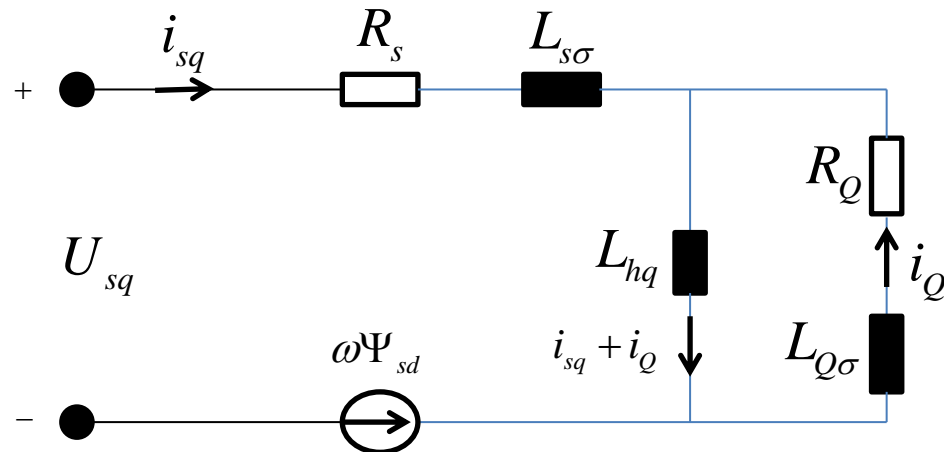
$$\begin{aligned} L_{DD} &= L_{hd} + L_{D\sigma} \\ L_{QQ} &= L_{hq} + L_{Q\sigma} \\ L_{ff} &= L_{hd} + L_{f\sigma} \\ L_d &= L_{hd} + L_{S\sigma} \\ L_q &= L_{hq} + L_{\sigma S} \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} L_{DD} &= L_{hd} + L_{D\sigma} \\ L_{QQ} &= L_{hq} + L_{Q\sigma} \\ L_{ff} &= L_{hd} + L_{f\sigma} \\ L_d &= L_{hd} + L_{S\sigma} \\ L_q &= L_{hq} + L_{\sigma S} \end{aligned}} \right\} \text{A.6.1}$$

Σύμφωνα με τις παραπάνω σχέσεις A.6.1 και εξισώσεις τάσεων και ροών της Σ.Μ. στο dq0 σύστημα **A.5.35-38** τα ισοδύναμα κυκλώματα της Σ.Μ. στον d και q άξονα είναι τα παρακάτω:

Λειτουργικές επαγωγιμότητες και σταθερές χρόνου σύγχρονης μηχανής (2)



Σχ. 1.8.1. Ισοδύναμο κύκλωμα για τον άξονα d της Σ.Μ.



Σχ. 1.8.2. Ισοδύναμο κύκλωμα για τον άξονα q της Σ.Μ.

Λειτουργικές επαγωγιμότητες και σταθερές χρόνου σύγχρονης μηχανής (3)

Ο R. H. Park στην εργασία του για το σύστημα των 2 καθέτων αξόνων, αναφερόμενος στη Σ.Μ., θεωρεί ότι ο δρομέας φαίνεται από τον στάτη ως σύστημα κατανεμημένων παραμέτρων.

Για αυτό και εξέφρασε τη ροή του στάτη στον άξονα d συναρτήσει της λειτουργικής επαγωγιμότητας $L_d(p)$ και μιας εξίσωσης μεταφοράς $G_f(p)$, η οποία συνδέει τη ροή του στάτη με την τάση διέγερσης:

$$\Psi_{Sd} = -G_f(p)u_f + L_d(p)i_d \quad \text{A.6.2}$$

Επίσης τη ροή του στάτη στον άξονα q την εξέφρασε συναρτήσει της λειτουργικής επαγωγιμότητας στον άξονα q $L_q(p)$:

$$\Psi_{Sq} = L_q(p)i_{Sq} \quad \text{A.6.3}$$

Λειτουργικές επαγωγιμότητες και σταθερές χρόνου σύγχρονης μηχανής (4)

Σύμφωνα με αυτή την μορφή των εξισώσεων, ο δρομέας μπορεί να θεωρηθεί ως σύστημα είτε κατανεμημένων ή συγκεντρωμένων παραμέτρων. Έχει επικρατήσει η αναπαράσταση του δρομέα με 3 κυκλώματα συγκεντρωμένων παραμέτρων, δηλ. το τύλιγμα διέγερσης και 2 τυλίγματα απόσβεσης, ένα σε κάθε άξονα.

Είναι χρήσιμο να ορίσουμε της προαναφερθείσες παραμέτρους $X_d(p)$, $G_f(p)$, και $X_q(p)$ και να τις συσχετίσουμε με τις παραμέτρους των 3 κυκλωμάτων του δρομέα, όπως εκφράστηκαν στο σύστημα των διαφορικών εξισώσεων τάσεων και μαγνητικών ροών στο dq0 σύστημα, σχέση **A.5.35-38**.

Λειτουργικές επαγωγιμότητες και σταθερές χρόνου σύγχρονης μηχανής (5)

Άξονας d

$$G_f(p) = \frac{L_{hd} R_D + p(L_{hd} L_{DD} - L_{hd}^2)}{A(p)} \quad \text{A.6.4}$$

$$L_d(p) = L_d - \frac{p(L_{hd}^2 R_D + L_{hd}^2 R_f)}{A(p)} + \frac{p^2(L_{hd}^2 L_{DD} - 2L_{hd}^3 - L_{hd}^2 L_{ff})}{A(p)} \quad \text{A.6.5}$$

Λειτουργικές επαγωγιμότητες και σταθερές χρόνου σύγχρονης μηχανής (6)

Όπου,

$$A(p) = R_D R_f + p(L_{DD} R_f + L_{ff} R_D) + p^2 (L_{DD} L_{ff} - L_{hp}^2)$$

A.6.6

Με τις παραπάνω σχέσεις συνδέονται οι λειτουργικές επαγωγιμότητες της Σ.Μ. στον άξονα d με τις παραμέτρους της Σ.Μ., οι οποίες χρησιμοποιούνται στις εξισώσεις τάσεων και ροών της Σ.Μ. στο dq0 σύστημα

Οι παράμετροι αυτοί υπολογίζονται όταν καταρτίζεται η μελέτη της μηχανής, στην οποία βασίζεται η κατασκευή της.

Λειτουργικές επαγωγιμότητες και σταθερές χρόνου σύγχρονης μηχανής (7)

Ακολουθούν οι ορισμοί των σταθερών χρόνου, οι οποίες σχετίζονται με τις λειτουργικές επαγωγιμότητες, και έχουν φυσική σημασία, όπως θα περιγραφεί παρακάτω.

Για τον **άξονα d** της μηχανής ακολουθούν οι ορισμοί των σταθερών χρόνου και οι σχέσεις τους με τις λειτουργικές επαγωγιμότητες στον ίδιο άξονα.

- Σταθερά χρόνου του τυλίγματος διεγέρσεως εν κενώ:

$$T'_{d0} = \frac{L_{ff}}{R_f} = \frac{L_{hd} + L_{f\sigma}}{R_f}$$

A.6.7

Λειτουργικές επαγωγιμότητες και σταθερές χρόνου σύγχρονης μηχανής (8)

- Κύρια σταθερά χρόνου του τυλίγματος διεγέρσεως εν κενώ:

$$T'_{hd} = \frac{L_{hd}}{R_f}$$

A.6.8

- Σταθερά του τυλίγματος αποσβέσεως στον άξονα d εν κενώ:

$$T_{D0} = \frac{L_{hd} + L_{D\sigma}}{R_D}$$

A.6.9

Λειτουργικές επαγωγιμότητες και σταθερές χρόνου σύγχρονης μηχανής (9)

d άξονας

- Σταθερά βραχυκυκλώσεως του τυλίγματος διεγέρσεως ή μεταβατική σταθερά χρόνου:

$$T'_d = \frac{1}{R_f} \left(L_{f\sigma} + \frac{L_{hd} L_{S\sigma}}{L_{hd} + L_{S\sigma}} \right) \quad \text{A.6.10}$$

- Σταθερά βραχυκυκλώσεως του τυλίγματος αποσβέσεως στον άξονα d:

$$T_{DD} = \frac{1}{R_D} \left(L_{D\sigma} + \frac{L_{hd} L_{S\sigma}}{L_{hd} + L_{S\sigma}} \right) \quad \text{A.6.11}$$

Λειτουργικές επαγωγιμότητες και σταθερές χρόνου σύγχρονης μηχανής (10)

d άξονας

- Σταθερά σκεδάσεως του τυλίγματος αποσβέσεως:

$$T_{D\sigma} = \frac{L_{D\sigma}}{R_D} \quad \text{A.6.12}$$

- Υπομεταβατική σταθερά χρόνου εν κενώ:

$$T_{d0}'' = \frac{1}{R_D} \left(L_{D\sigma} + \frac{L_{hd} L_{f\sigma}}{L_{hd} + L_{f\sigma}} \right) \quad \text{A.6.13}$$

- Υπομεταβατική σταθερά χρόνου σε βραχυκύκλωμα:

$$T_d''' = \frac{1}{R_D} \left(L_{D\sigma} + \frac{L_{hd} L_{f\sigma} L_{S\sigma}}{L_{hd} L_{S\sigma} + L_{f\sigma} L_{hd} + L_{f\sigma} L_{S\sigma}} \right) \quad \text{A.6.14}$$

Λειτουργικές επαγωγιμότητες και σταθερές χρόνου σύγχρονης μηχανής (11)

d άξονας

Μετά από τους ορισμούς αυτούς η σχέση **A.6.5** γίνεται:

$$X_d(p) = \frac{X_d + p(X_d T_d' X_d T_{DD}) + p^2 X_d'' T_{d0}' T_{d0}''}{1 + p(T_{d0}' + T_{D0}) + p^2 T_{d0}' T_{d0}''} \quad \text{A.6.15}$$

Λειτουργικές επαγωγιμότητες και σταθερές χρόνου σύγχρονης μηχανής (12)

d άξονας

Ή λαμβάνοντας υπόψη τις εξισώσεις:

$$T'_d = T'_{d0} \frac{X'_d}{X_d}$$

A.6.16

και

$$T''_d = T''_{d0} \frac{X''_d}{X'_d}$$

A.6.17

Λειτουργικές επαγωγιμότητες και σταθερές χρόνου σύγχρονης μηχανής (13)

d άξονας

Προκύπτει η ακόλουθη σχέση, η οποία συνδέει την λειτουργική επαγωγιμότητα $X_d(p)$, στον άξονα d, με την κύρια επαγωγιμότητα και τις σταθερές χρόνου στον ίδιο άξονα:

$$X_d(p) = X_d \frac{1 + p(T'_d + T_{DD}) + p^2 T'_d T''_d}{1 + p(T'_{d0} + T_{D0}) + p^2 T'_{d0} T''_{d0}} \quad \text{A.6.18}$$

Λειτουργικές επαγωγιμότητες και σταθερές χρόνου σύγχρονης μηχανής (14)

d άξονας

Στην προηγούμενη σχέση παρατηρούμε ότι :

- για $\mathbf{p} \rightarrow \infty$ ($\mathbf{t} \rightarrow \mathbf{0}$) έχουμε $\mathbf{X}_d(\mathbf{p}) \rightarrow \mathbf{X}''_d$

και

- για $\mathbf{p} \rightarrow \mathbf{0}$ ($\mathbf{t} \rightarrow \infty$) έχουμε $\mathbf{X}_d(\mathbf{p}) \rightarrow \mathbf{X}_d$

Λειτουργικές επαγωγιμότητες και σταθερές χρόνου σύγχρονης μηχανής (15)

d άξονας

Επειδή τις περισσότερες φορές ισχύει:

$$T'_d \gg T''_d \text{ και } T_{DD}, \quad \text{καθώς επίσης} \quad T'_{d0} \gg T''_{D0} \text{ και } T''_{d0},$$

στην πράξη η σχέση **A.6.18** χρησιμοποιείται στην παρακάτω απλούστερη μορφή:

$$X_d(p) \approx X_d \frac{(1 + pT'_d)(1 + pT''_d)}{(1 + pT'_{d0})(1 + pT''_{d0})}$$

A.6.19

Λειτουργικές επαγωγιμότητες και σταθερές χρόνου σύγχρονης μηχανής (16)

q άξονας

Για τον άξονα q της μηχανής, ακολουθεί ανάλογη επεξεργασία και ορισμοί, όπως στον άξονα d :

$$\Psi_{S_q} = \left(L_{qq} - \frac{pL_{hq}^2}{R_{D\sigma} + pL_{DD}} \right) I_{S_q} = L_q(p) I_{S_q} \quad \text{A.6.20}$$

Λειτουργικές επαγωγιμότητες και σταθερές χρόνου σύγχρονης μηχανής (17)

q άξονας

Ο συντελεστής $L_q(p)$ μπορεί να γραφεί διαφορετικά, εάν εισάγουμε τις εξής σταθερές χρόνου:

- Σταθερά χρόνου του τυλίγματος αποσβέσεως στον άξονα Q εν κενώ:

$$T_{Q0} = \frac{L_{hq} + L_{Q\sigma}}{R_Q} = T_{q0}''$$

A.6.21

Λειτουργικές επαγωγιμότητες και σταθερές χρόνου σύγχρονης μηχανής (18)

q άξονας

Επειδή στον άξονα Q δεν υπάρχει τύλιγμα διεγέρσεως, η σταθερά χρόνου στη μόνιμη κατάσταση είναι ίση με την αντίστοιχη υπομεταβατική σταθερά χρόνου.

- Σταθερά χρόνου του βραχυκυκλωμένου τυλίγματος διεγέρσεως στον άξονα του Q, η οποία είναι ίση με τη υπομεταβατική T''_q :

Λειτουργικές επαγωγιμότητες και σταθερές χρόνου σύγχρονης μηχανής (19)

q άξονας

$$T_{\mathcal{Q}\mathcal{Q}} = \frac{1}{R_{\mathcal{Q}}} \left(L_{\mathcal{Q}\sigma} + \frac{L_{hq} L_{S\sigma}}{L_{hq} + L_{S\sigma}} \right) = T_q'' \quad \text{A.6.22}$$

Έτσι η λειτουργική επαγωγή $L_q(p)$ πολλαπλασιασμένη με ω_s , αποκτάει την μορφή:

$$X_q(p) \approx X_q \cdot \frac{1 + pT_q''}{1 + pT_{q0}''} \quad \text{A.6.23}$$

Λειτουργικές επαγωγιμότητες και σταθερές χρόνου σύγχρονης μηχανής (20)

Σε μία σύγχρονη μηχανή χωρίς τύλιγμα αποσβέσεως, αν και η περίπτωση αυτή έχει κυρίως θεωρητικό ενδιαφέρον, διότι στην πράξη όλες οι σύγχρονες μηχανές φέρνουν τύλιγμα αποσβέσεως, ακολουθώντας την ίδια θεώρηση όπως και παραπάνω καταλήγουμε στις παρακάτω σχέσεις που συνδέουν λειτουργικές επαγωγιμότητες της μηχανής με σταθερές χρόνου:

Λειτουργικές επαγωγιμότητες και σταθερές χρόνου σύγχρονης μηχανής (21)

$$X_d(p) = \frac{X_d + pX'_{pp}T'_{d0}}{1 + pT'_{d0}} \quad \text{A.6.24}$$

με: $T'_d = T'_{d0} \frac{X'_d}{X_d}$ η σχέση **A.6.24** γίνεται :

$$X_d(p) = X_d \frac{1 + pT'_d}{1 + pT'_{d0}} \quad \text{A.6.25}$$

Λειτουργικές επαγωγιμότητες και σταθερές χρόνου σύγχρονης μηχανής (22)

Για $p \rightarrow \infty$ δηλαδή $t \rightarrow 0$ έχουμε:

$$X_d(p) \rightarrow X_d \frac{T'_d}{T'_{d0}} = X'_d \quad \text{A.6.26}$$

αυτό σημαίνει, ότι στην μηχανή χωρίς τύλιγμα αποσβέσεως τα μεταβατικά φαινόμενα την πρώτη στιγμή του μεταβατικού φαινομένου, καθορίζονται από τις μεταβατικές παραμέτρους.

Λειτουργικές επαγωγιμότητες και σταθερές χρόνου σύγχρονης μηχανής (23)

Στην εφαρμογή χρειαζόμαστε πάντοτε τους συντελεστές στην παρακάτω μορφή:

$$\frac{1}{X_d(p)} \quad \text{και} \quad \frac{1}{X_q(p)} \quad \text{A.6.27}$$

Από τις προηγούμενες σχέσεις μπορούμε να πάμε στην ακόλουθη μορφή, η οποία χρησιμοποιείται πολύ συχνά:

Λειτουργικές επαγωγιμότητες και σταθερές χρόνου σύγχρονης μηχανής (24)

$$\frac{1}{X_d(p)} \approx \frac{1}{X_d} + \left(\frac{1}{X'_d} - \frac{1}{X_d} \right) \frac{p}{p + \frac{1}{T'_d}}$$

$$+ \left(\frac{1}{X''_d} - \frac{1}{X'_d} \right) \frac{p}{p + \frac{1}{T''_d}}$$

A.6.28

Λειτουργικές επαγωγιμότητες και σταθερές σύγχρονης μηχανής (25)

$$\frac{1}{X_q(p)} \approx \frac{1}{X_q} + \left(\frac{1}{X_q''} - \frac{1}{X_q} \right) \frac{p}{p + \frac{1}{T_q''}}$$

A.6.29

Συνοπτική παρουσίαση παραμέτρων, μεταβατικών και υπομεταβατικών επαγωγιμοτήτων και σταθερών χρόνου Σ.Μ.

Μετά από την ανάλυση που προηγήθηκε, μπορούμε πλέον να γράψουμε συνοπτικά όλες μαζί τις παραμέτρους της Σ.Μ.

R_s ωμική αντίσταση μίας φάσεως του στάτη

R_f ωμική αντίσταση του τυλίγματος διεγέρσεως

Συνοπτική παρουσίαση παραμέτρων, μεταβατικών και υπομεταβατικών επαγωγισιμοτήτων και σταθερών χρόνου Σ.Μ. (1)

R_D ωμική αντίσταση του τυλίγματος αποσβέσεως D, d – άξονας.

R_Q ωμική αντίσταση του τυλίγματος αποσβέσεως Q, q – άξονας.

$X_{hd} = \omega_S L_{hd}$ Κύρια επαγωγική αντίσταση στον άξονα d

$X_{hq} = \omega_S L_{hq}$ Κύρια επαγωγική αντίσταση στον άξονα q

$X_{S\sigma} = \omega_S L_{S\sigma}$ επαγωγική αντίσταση σκεδάσεως στο στάτη

Συνοπτική παρουσίαση παραμέτρων, μεταβατικών και υπομεταβατικών επαγωγιοτήτων και σταθερών χρόνου Σ.Μ. (2)

$$\mathbf{X}_{f\sigma} = \omega_S \mathbf{L}_{f\sigma}$$

επαγωγική αντίσταση
σκεδάσεως στο δρομέα

$$\mathbf{X}_{D\sigma} = \omega_S \mathbf{L}_{D\sigma}$$

επαγωγική αντίσταση
σκεδάσεως του τυλίγματος D

$$\mathbf{X}_{Q\sigma} = \omega_S \mathbf{L}_{Q\sigma}$$

επαγωγική αντίσταση
σκεδάσεως του τυλίγματος Q

$$L_{hd} = L_{dD} = L_{df} = L_{Df}$$

Προσεγγιστική εξίσωση

Συνοπτική παρουσίαση παραμέτρων, μεταβατικών και υπομεταβατικών επαγωγιοτήτων και σταθερών χρόνου Σ.Μ. (3)

$$\mathbf{L}_d = \mathbf{L}_{hd} + \mathbf{L}_{S\sigma}$$

$$\mathbf{L}_q = \mathbf{L}_{hq} + \mathbf{L}_{S\sigma}$$

$$\mathbf{L}_{ff} = \mathbf{L}_{hd} + \mathbf{L}_{f\sigma}$$

$$\mathbf{L}_{DD} = \mathbf{L}_{hd} + \mathbf{L}_{D\sigma}$$

$$\mathbf{L}_{QQ} = \mathbf{L}_{hq} + \mathbf{L}_{Q\sigma}$$

Συνοπτική παρουσίαση παραμέτρων, μεταβατικών και υπομεταβατικών επαγωγημοτήτων και σταθερών χρόνου Σ.Μ. (4)

Από τις προηγούμενες παραμέτρους προκύπτουν οι ακόλουθες επαγωγικές αντιστάσεις και σταθερές χρόνου.

Για τις επαγωγικές αντιστάσεις:

- Μεταβατική επαγωγική αντίσταση, άξονας d:

$$X'_d = X_{S\sigma} + \frac{X_{hd} X_{f\sigma}}{X_{hd} + X_{f\sigma}} = X_d \cdot \frac{T'_d}{T_{d0}} \quad \boxed{\text{A.6.30}}$$

Συνοπτική παρουσίαση παραμέτρων, μεταβατικών και υπομεταβατικών επαγωγιοτήτων και σταθερών χρόνου Σ.Μ. (5)

- Υπομεταβατική επαγωγική αντίσταση, άξονας d:

$$\begin{aligned} X_d'' &= X_{s\sigma} + \frac{X_{hd} X_{f\sigma} X_{D\sigma}}{X_{hd} X_{f\sigma} + X_{hd} X_{D\sigma} + X_{D\sigma} X_{f\sigma}} = \\ &= X_d' \cdot \frac{T_d''}{T_{d0}''} = X_d \cdot \frac{T_d' T_d''}{T_{d0}' T_{d0}''} \end{aligned} \quad \boxed{\text{A.6.31}}$$

Συνοπτική παρουσίαση παραμέτρων, μεταβατικών και υπομεταβατικών επαγωγιοτήτων και σταθερών χρόνου Σ.Μ. (6)

- Μεταβατική επαγωγική αντίσταση, άξονας q:

$$X'_q = X_q \quad \text{A.6.32}$$

- Υπομεταβατική επαγωγική αντίσταση, άξονας q:

$$X''_q = X_{S\sigma} + \frac{X_{hd} X_{Q\sigma}}{X_{hd} + X_{Q\sigma}} = X_q \cdot \frac{T'_q}{T'_{q0}} \quad \text{A.6.33}$$

Συνοπτική παρουσίαση παραμέτρων, μεταβατικών και υπομεταβατικών επαγωγισμοτήτων και σταθερών χρόνου Σ.Μ. (7)

Για τις σταθερές χρόνου ισχύουν:

- Υπομεταβατική σταθερά χρόνου του τυλίγματος διεγέρσεως εν κενώ:

$$T'_{do} = \frac{X_{hd} + X_{f\sigma}}{\omega_s R_f} \quad \text{A.6.34}$$

- Μεταβατική σταθερά χρόνου του τυλίγματος διεγέρσεως στο βραχυκύκλωμα:

$$T'_d = \frac{1}{\omega_s R_f} \left(X_{f\sigma} + \frac{X_{hd} X_{S\sigma}}{X_{hd} + X_{S\sigma}} \right) \quad \text{A.6.35}$$

- Κύρια μεταβατική σταθερά χρόνου του τυλίγματος διεγέρσεως:

$$T'_{hd} = \frac{X_{hd}}{\omega_s R_f} \quad \text{A.6.36}$$

Συνοπτική παρουσίαση παραμέτρων, μεταβατικών και υπομεταβατικών επαγωγιοτήτων και σταθερών χρόνου Σ.Μ. (8)

- Υπομεταβατική σταθερά χρόνου εν κενώ, άξονας d:

$$T_{d0}'' = \frac{1}{\omega_s R_D} \left(X_{D\sigma} + \frac{X_{hd} X_{f\sigma}}{X_{hd} + X_{f\sigma}} \right) \quad \text{A.6.37}$$

- Υπομεταβατική σταθερά χρόνου κατά το βραχυκύκλωμα, άξονας d:

$$T_d'' = \frac{1}{\omega_s R_D} \left(X_{D\sigma} + \frac{X_{hd} X_{S\sigma} X_{f\sigma}}{X_{hd} X_{S\sigma} + X_{hd} X_{f\sigma} + X_{S\sigma} X_{f\sigma}} \right) \quad \text{A.6.38}$$

Συνοπτική παρουσίαση παραμέτρων, μεταβατικών και υπομεταβατικών επαγωγιμοτήτων και σταθερών χρόνου Σ.Μ. (9)

- Υπομεταβατική σταθερά χρόνου εν κενώ, άξονας q:

$$T_{q0}'' = \frac{1}{\omega_s R_Q} (X_{Q\sigma} + X_{hq}) \quad \text{A.6.39}$$

- Υπομεταβατική σταθερά χρόνου κατά το βραχυκύκλωμα, άξονας q:

$$T_q'' = \frac{1}{\omega_s R_Q} \left(X_{Q\sigma} + \frac{X_{hq} X_{f\sigma}}{X_{hq} + X_{f\sigma}} \right) \quad \text{A.6.40}$$

Συνοπτική παρουσίαση παραμέτρων, μεταβατικών και υπομεταβατικών επαγωγιμοτήτων και σταθερών χρόνου Σ.Μ. (10)

- Σταθερά χρόνου εν κενώ, τύλιγμα D:

$$T_{D0} = \frac{1}{\omega_S R_D} (X_{hd} + X_{D\sigma}) \quad \text{A.6.41}$$

- Σταθερά χρόνου για τη σκέδαση του τυλίγματος D:

$$T_{D\sigma} = \frac{X_{D\sigma}}{\omega_S R_D} \quad \text{A.6.42}$$

Συνοπτική παρουσίαση παραμέτρων, μεταβατικών και υπομεταβατικών επαγωγιοτήτων και σταθερών χρόνου Σ.Μ. (11)

- Σταθερά χρόνου του τυλίγματος D κατά το βραχυκύκλωμα:

$$T_{DD} = \frac{1}{\omega_s R_D} \left(X_{D\sigma} + \frac{X_{hq} X_{S\sigma}}{X_{hq} + X_{S\sigma}} \right) \quad \text{A.6.43}$$

Αντίστοιχα ορίζονται οι σταθερές χρόνου T_{Q0} , T_{QQ} , $T_{Q\sigma}$, για το τύλιγμα Q.

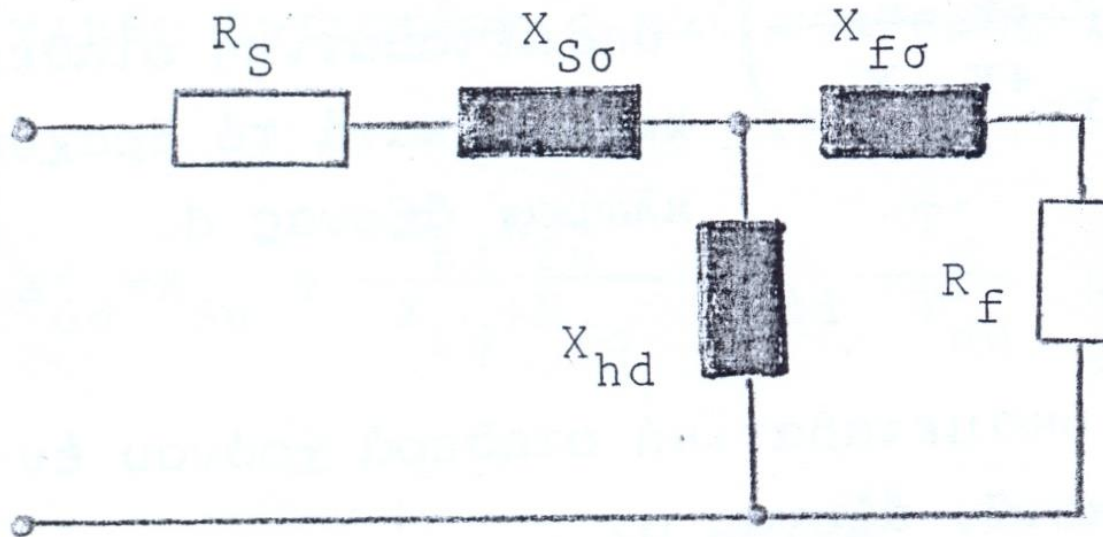
Ισοδύναμα κυκλώματα για τον υπολογισμό σταθερών χρόνου

Οι σταθερές χρόνου που ορίσαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο, μπορούν να γίνουν κατανοητές με τη βοήθεια ισοδυνάμων κυκλωμάτων προερχόμενων από τα ισοδύναμα κυκλώματα της μηχανής σε d και q άξονες, τα οποία εκφράζουν κυκλωματικά τους τύπους που περιγράψαμε.

Από τα κυκλώματα αυτά γίνεται επίσης κατανοητός ο τρόπος μετρήσεως των σταθερών.

Ισοδύναμα κυκλώματα για τον υπολογισμό σταθερών χρόνου (1)

- Μεγέθη d άξονα χωρίς κλωβό απόσβεσης



Σχ. 1.8.3. Ισοδύναμο κύκλωμα για τον ορισμό της T'_{d0} .

T'_{d0} : Αναφέρεται στο φθίνον μαγνητικό πεδίο διεγέρσεως, όταν βραχυκυκλώνεται το τύλιγμα διέγερσης και ο στάτης είναι εν κενώ.

Ισοδύναμα κυκλώματα για τον υπολογισμό σταθερών χρόνου (2)

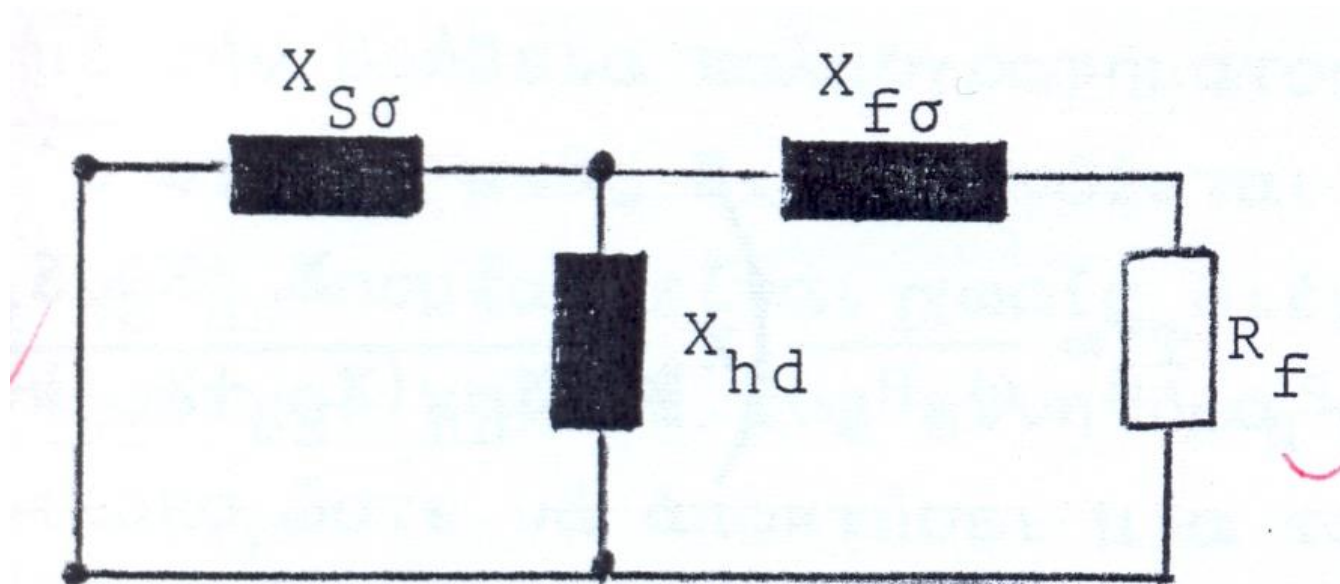
- Σταθερά χρόνου του τυλίγματος διέγερσης, όταν βραχυκυκλώνεται το τύλιγμα διέγερσης και ο στάτης είναι εν κενώ:

$$T'_{d0} = \frac{1}{\omega_s R_f} (X_{hd} + X_{f\sigma})$$

A.6.44

Η T'_{d0} μπορεί να μετρηθεί για παλμογραφήσεως της τάσεως του ανοιχτού στάτη κατά τη στιγμή που βραχυκυκλώνεται το τύλιγμα διεγέρσεως.

Ισοδύναμα κυκλώματα για τον υπολογισμό σταθερών χρόνου (3)



Σχ. 1.8.4. Ισοδύναμο κύκλωμα για τον ορισμό της T'_d .

T'_d : Μεταβατική σταθερά χρόνου του τυλίγματος διέγερσης στο βραχυκύκλωμα

Ισοδύναμα κυκλώματα για τον υπολογισμό σταθερών χρόνου (4)

- Μεταβατική σταθερά χρόνου του τυλίγματος διέγερσης στο βραχυκύκλωμα:

$$T'_d = \frac{1}{\omega_S R_f} \left(X_{f\sigma} + \frac{X_{hd} X_{S\sigma}}{X_{hd} + X_{S\sigma}} \right) \quad \text{A.6.45}$$

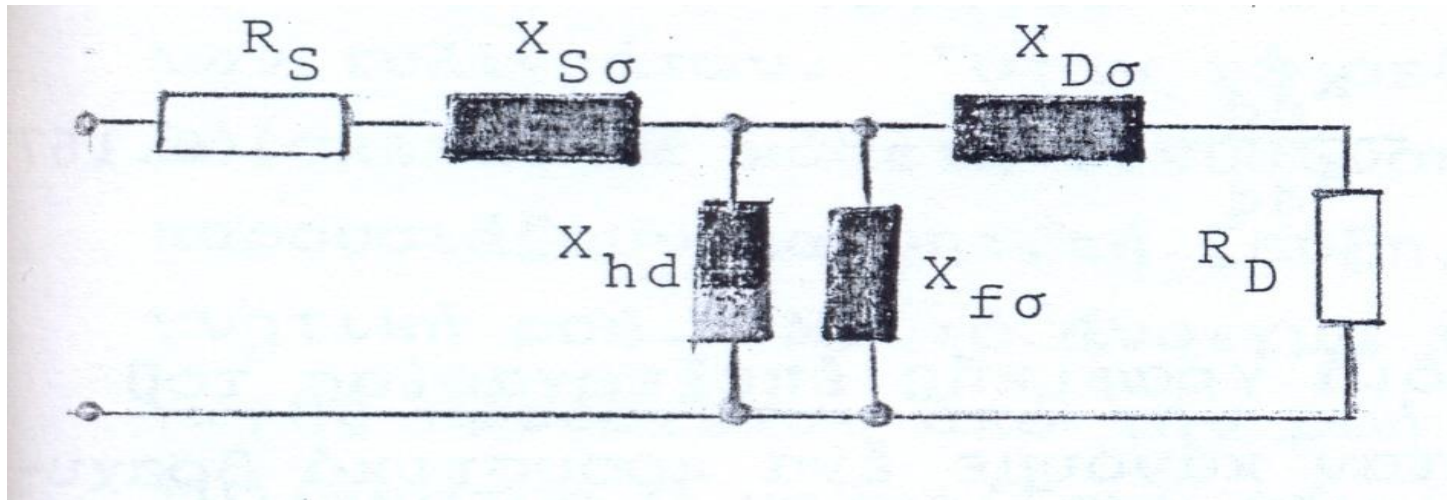
Η T'_d είναι η σταθερά χρόνου, με την οποία φθίνει το ρεύμα στο τύλιγμα διεγέρσεως, όταν συμβεί ένα απότομο βραχυκύκλωμα στο στάτη, ή η σταθερά χρόνου, με την οποία μεταβάλλεται η μεταβατική συνιστώσα του εναλλασσόμενου ρεύματος στο στάτη.

Ισοδύναμα κυκλώματα για τον υπολογισμό σταθερών χρόνου (5)

Από το παλμογράφημα, λοιπόν, του ρεύματος του στάτη κατά το βραχυκύκλωμα, ενώ η μηχανή βρισκόταν σε κατάσταση εν κενώ και είχε ονομαστική τάση, μπορούμε να βρούμε την T'_d .

Ισοδύναμα κυκλώματα για τον υπολογισμό σταθερών χρόνου (6)

- Μεγέθη d άξονα με κλωβό απόσβεσης



Σχ. 1.8.5. Ισοδύναμο κύκλωμα για τον ορισμό της T''_{d0} .

T''_{d0} : Υπομεταβατική σταθερά χρόνου εν κενώ, κατά τον άξονα d.

Ισοδύναμα κυκλώματα για τον υπολογισμό σταθερών χρόνου (7)

- Υπομεταβατική σταθερά χρόνου εν κενώ, κατά τον άξονα d:

$$T''_{d0} = \frac{1}{\omega_S R_D} \left(X_{D\sigma} + \frac{X_{hd} X_{f\sigma}}{X_{hd} + X_{f\sigma}} \right) \quad \text{A.6.46}$$

- Για τον ορισμό της T''_{d0} θεωρούμε την αντίσταση R_f ίση με μηδέν. Η μέτρηση της γίνεται δια της γραφικής επεξεργασίας του παλμογραφήματος της τάσεως του στάτη, εάν ανοίξουμε απότομα το τύλιγμα του στάτη, ενώ είχαμε διαρκές βραχυκύκλωμα.

Ισοδύναμα κυκλώματα για τον υπολογισμό σταθερών χρόνου (8)

- Υπομεταβατική σταθερά χρόνου κατά το βραχυκύκλωμα άξονα d:

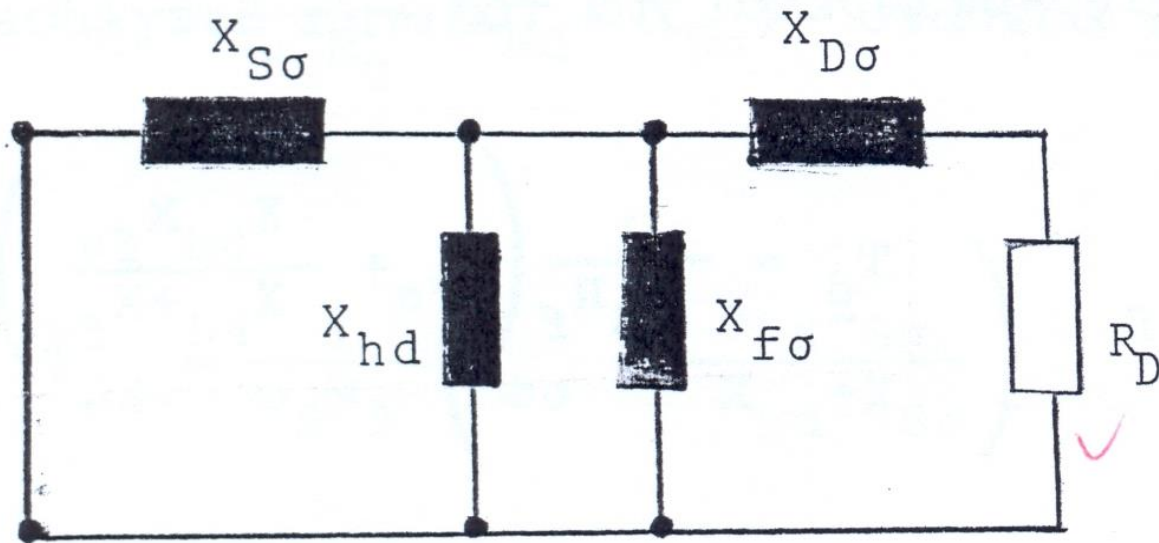
$$T_d'' = \frac{1}{\omega_S R_D} \left(X_{D\sigma} + \frac{X_{hd} X_{S\sigma} X_{f\sigma}}{X_{hd} X_{S\sigma} + X_{hd} X_{f\sigma} + X_{S\sigma} X_{f\sigma}} \right)$$

A.6.47

Για τον προσδιορισμό της σταθεράς T_d'' χρησιμοποιούμε το ακόλουθο ισοδύναμο κύκλωμα, όπου παραλείπουμε τις αντιστάσεις R_S και R_f .

Η μέτρηση της T_d'' διεξάγεται με τη βοήθεια παλμογραφημάτων, που παίρνουμε όταν κάνουμε κατάλληλα πειράματα.

Ισοδύναμα κυκλώματα για τον υπολογισμό σταθερών χρόνου (9)



Σχ. 1.8.6. Ισοδύναμο κύκλωμα για τον ορισμό της T''_d

Ισοδύναμα κυκλώματα για τον υπολογισμό σταθερών χρόνου (10)

Έτσι, από το προηγούμενο πείραμα, δηλαδή απότομο άνοιγμα του στάτη σε κατάσταση μόνιμου βραχυκυκλώματος και παλμογράφηση της τάσεως στο τύλιγμα του στάτη, μπορούμε να βρούμε εκτός από την T''_{d0} , επίσης τα μεγέθη X'_d , X''_d .

Από αυτά δε, μπορούμε να υπολογίσουμε τις σταθερές χρόνου σύμφωνα με τους εξής τύπους, οι οποίοι προκύπτουν από τους ορισμούς των μεγεθών που περιέχονται σε αυτούς:

$$T'_d = T'_{d0} \frac{X'_d}{X_d} ,$$

A.6.48

$$T''_d = T''_{d0} \frac{X''_d}{X_d}$$

A.6.49

Ισοδύναμα κυκλώματα για τον υπολογισμό σταθερών χρόνου (11)

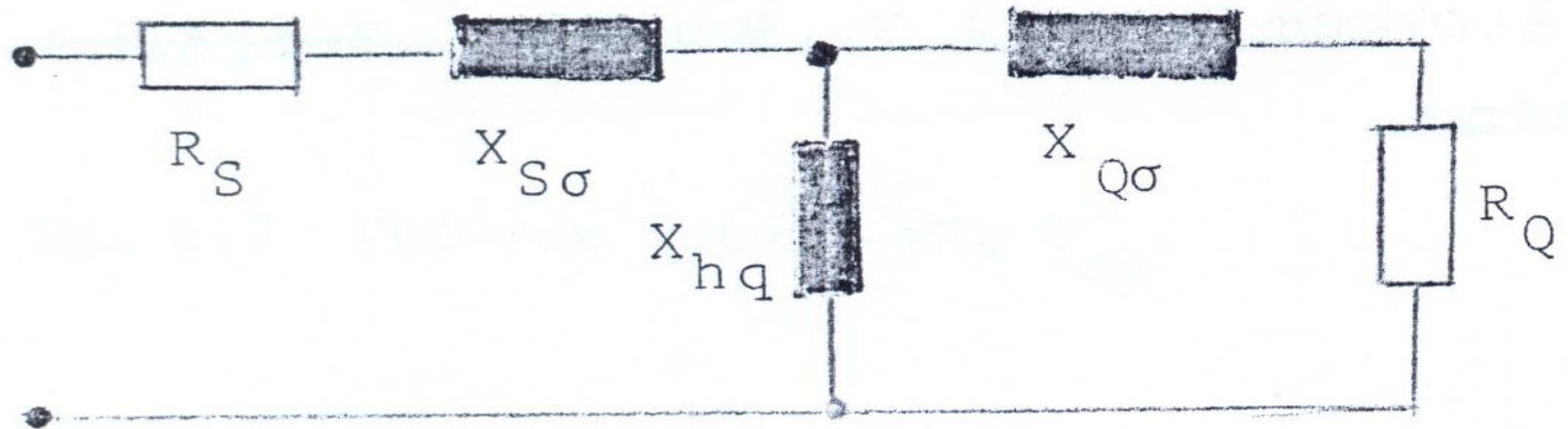
Με αυτόν τον τρόπο μπορούμε κατ' ευθείαν να υπολογίσουμε τις σταθερές T'_d , T''_d , καθώς και τις επαγωγικές αντιστάσεις X''_d , X'_d και X_d , οπότε υπολογίζονται και οι σταθερές T'_{d0} και T''_{d0} .

Λεπτομερής περιγραφή αυτών των θεμάτων υπάρχει στην βιβλιογραφία.

Ισοδύναμα κυκλώματα για τον υπολογισμό σταθερών χρόνου (12)

- Μεγέθη q άξονα

Για τον προσδιορισμό της T''_{q0} χρησιμοποιείται το ακόλουθο ισοδύναμο κύκλωμα:



Σχ. 1.8.7. Ισοδύναμο κύκλωμα για τον ορισμό της T''_{q0} .

Ισοδύναμα κυκλώματα για τον υπολογισμό σταθερών χρόνου (13)

$$T''_{q0} = \frac{1}{\omega_s R_Q} (X_{Q\sigma} + X_{hq}) \quad \text{A.6.50}$$

Ο πειραματικός προσδιορισμός των σταθερών στον άξονα q δεν είναι τόσο απλός, όσο για τον άξονα d.

Για να βρούμε την T''_{q0} με τη βοήθεια παλμογραφήματος κάνουμε το εξής πείραμα:

Ισοδύναμα κυκλώματα για τον υπολογισμό σταθερών χρόνου (14)

Ο στάτης μιας σύγχρονης μηχανής συνδέεται σε μία τάση περίπου 15% της U_N , ενώ ο δρομέας είναι χωρίς διέγερση (τύλιγμα διεγέρσεως βραχυκυκλωμένο)

Με ένα κινητήρα γυρίζουμε τον δρομέα κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να αποκτήσει μία ταχύτητα λίγο διαφορετική από την σύγχρονη.

Η τάση στο στάτη παρέχεται από το δίκτυο με τη βοήθεια ενός μετασχηματιστή.

Ισοδύναμα κυκλώματα για τον υπολογισμό σταθερών χρόνου (15)

Με ένα παλμογράφο παρατηρούμε την τάση των ακροδεκτών της μηχανής.

Με ένα κατάλληλο κύκλωμα παρακολουθούμε την στιγμιαία τιμή του ρεύματος μίας φάσεως και, μόλις τούτο αποκτήσει την μέγιστη τιμή του, αποσυνδέουμε τον στάτη από την τάση, ενώ συγχρόνως με τον παλμογράφο, καταγράφουμε την τάση στους ακροδέκτες.

Ισοδύναμα κυκλώματα για τον υπολογισμό σταθερών χρόνου (16)

Η τάση αυτή φθίνει με την σταθερά χρόνου T''_{q0} .

Λόγω της μικρής ολίσθησης στο τύλιγμα αποσβέσεως έχουμε τάση εξ' επαγωγής και συνεπώς ρεύμα, το ίδιο δε συμβαίνει και στο βραχυκυκλωμένο τύλιγμα διεγέρσεως.

Μόλις αποσυνδέσουμε τον στάτη από την πηγή, η τάση στους ακροδέκτες του προέρχεται από το φθίνον μαγνητικό πεδίο, που οφείλεται στο ρεύμα των βραχυκυκλωμένων τυλιγμάτων.

Ισοδύναμα κυκλώματα για τον υπολογισμό σταθερών χρόνου (17)

Όταν το ρεύμα έχει μέγιστη τιμή, ο δρομέας βρίσκεται σε κάθετη διεύθυνση δηλαδή, ο στάτης και το τύλιγμα Q παρουσιάζουν μαγνητική ζεύξη.

Ενώ το τύλιγμα D δεν περιέχει μαγνητική ροή.

Με το άνοιγμα του στάτη η παραγόμενη τάση εξ' επαγωγής προέρχεται από τη ροή Ψ_Q και, επομένως, οι παράμετροι του τυλίγματος Q καθορίζουν την μεταβατική κατάσταση.

Ισοδύναμα κυκλώματα για τον υπολογισμό σταθερών χρόνου (18)

Αντίθετα, όταν το ρεύμα στο στάτη είναι ελάχιστο, τότε τα στοιχεία του άξονα d παίζουν ρόλο, ενώ το τύλιγμα Q δεν περιέχει μαγνητική ροή.

Εάν αποσυνδέσουμε αυτή τη στιγμή το στάτη, τότε η φθίνουσα τάση επηρεάζεται από τις παραμέτρους των τυλιγμάτων που βρίσκονται στον άξονα d .

Συνεπώς μπορούμε να βρούμε την σταθερά T''_{d0} από την πρώτη περίοδο της τάσεως των ακροδεκτών.

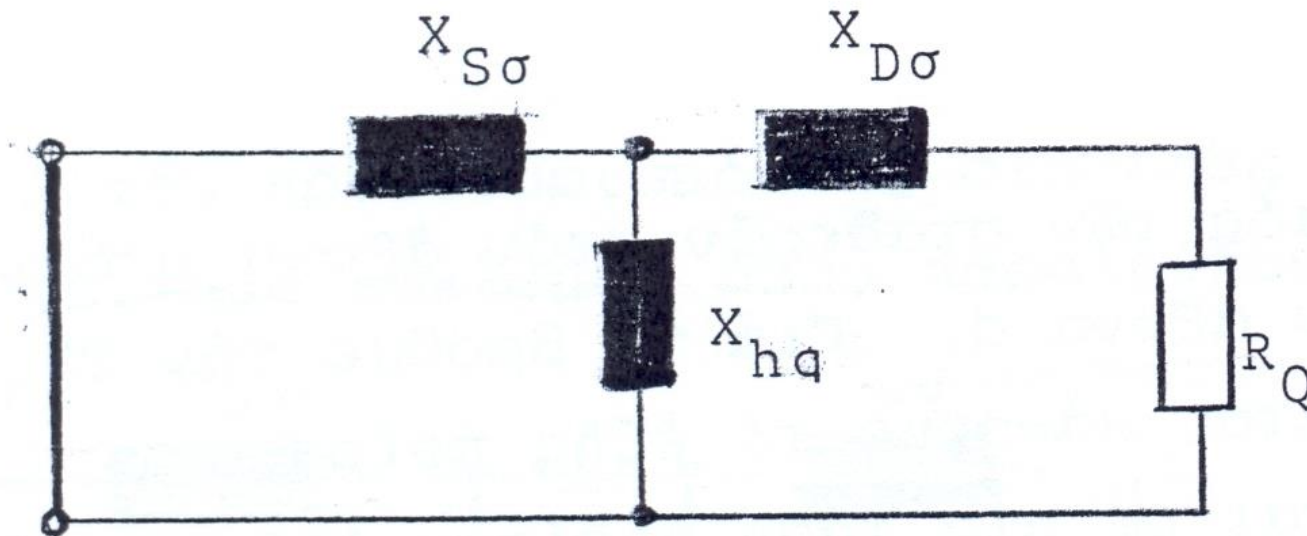
Ισοδύναμα κυκλώματα για τον υπολογισμό σταθερών χρόνου (19)

Για τον προσδιορισμό της T''_q :

$$T''_q = \frac{1}{\omega_s R_Q} \left(X_{Q\sigma} + \frac{X_{hq} X_{f\sigma}}{X_{hq} + X_{f\sigma}} \right)$$

A.6.51

Ισοδύναμα κυκλώματα για τον υπολογισμό σταθερών χρόνου (20)



Σχ. 1.8.8. Ισοδύναμο κύκλωμα για τον ορισμό της T''_q

Ισοδύναμα κυκλώματα για τον υπολογισμό σταθερών χρόνου (21)

T''_q υπολογίζεται με την βοήθεια της σχέσεως:

$$T''_q = T''_{q0} \frac{X''_q}{X_q}$$

A.6.52

Τα μεγέθη X''_q και X_q προσδιορίζονται επίσης από κατάλληλες μετρήσεις.

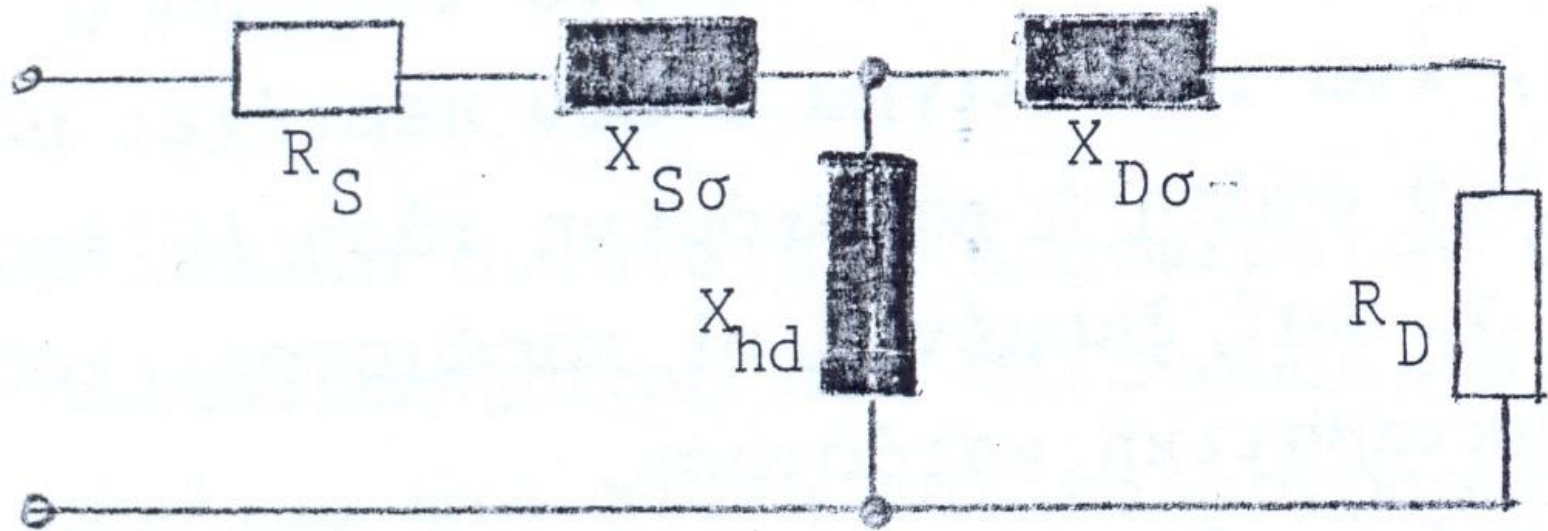
Είναι δυνατόν η σταθερά T''_q να προσδιορισθεί δια γραφικής επεξεργασίας ενός παλμογραφήματος, αλλά το πείραμα είναι πολυδάπανο και δύσκολο.

Ισοδύναμα κυκλώματα για τον υπολογισμό σταθερών χρόνου (22)

- Τύλιγμα Απόσβεσης

Τα ισοδύναμα κυκλώματα, με τα οποία μπορούμε να προσδιορίσουμε τις σταθερές χρόνου του τυλίγματος απόσβεσης, φαίνονται στα παρακάτω σχήματα:

Ισοδύναμα κυκλώματα για τον υπολογισμό σταθερών χρόνου (23)



Σχ. 1.8.9. Ισοδύναμο κύκλωμα για τον ορισμό της T''_{D0} .

Ισοδύναμα κυκλώματα για τον υπολογισμό σταθερών χρόνου (24)

$$T_{D0} = \frac{1}{\omega_s R_D} (X_{hd} + X_{D\sigma}) \quad \boxed{\text{A.6.53}}$$

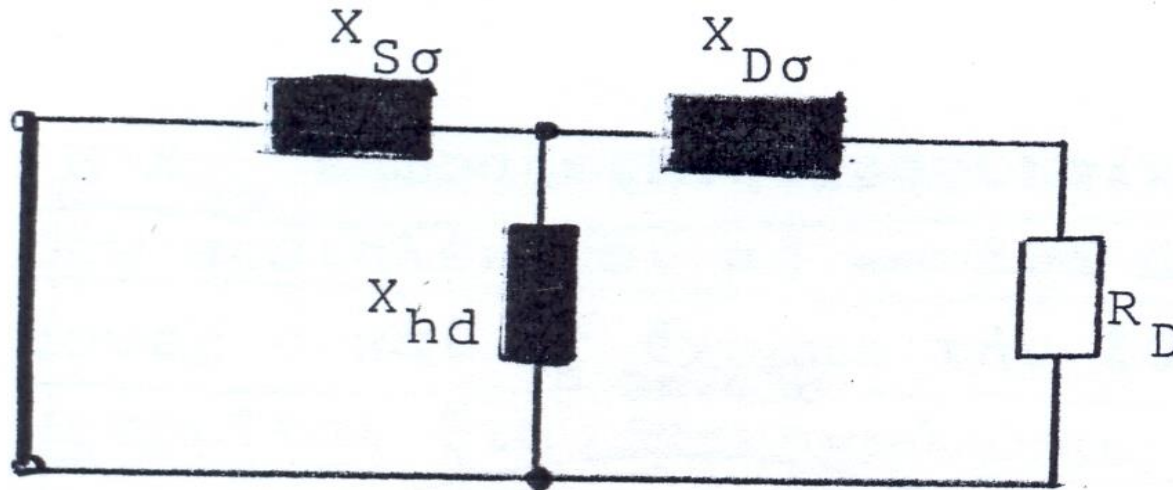
Η σταθερά χρόνου T_{D0} εν κενώ προσδιορίζεται πειραματικά όπως η T''_{q0} , δηλαδή στρέφουμε τον δρομέα ώστε να έχουμε κάποια ολίσθηση και αποσυνδέουμε τον στάτη.

Το τύλιγμα διεγέρσεως στην προκειμένη μέτρηση παραμένει ανοιχτό.

Ισοδύναμα κυκλώματα για τον υπολογισμό σταθερών χρόνου (25)

Μετρείται κατά τον ίδιο τρόπο όπως η T''_q , με την μέθοδο της ολίσθησης και βραχυκύκλωμα στον άξονα d , ενώ το τύλιγμα διεγέρσεως να παραμένει ανοιχτό.

Ισοδύναμα κυκλώματα για τον υπολογισμό σταθερών χρόνου (26)



Σχ. 1.8.10. Ισοδύναμο κύκλωμα για τον ορισμό της T_{DD} .

- Σταθερά Χρόνου για το τύλιγμα απόσβεσης στον άξονα d:

$$T_{DD} = \frac{1}{\omega_S R_D} \left(X_{D\sigma} + \frac{X_{hq} X_{S\sigma}}{X_{hq} + X_{S\sigma}} \right) \quad \boxed{\text{A.6.54}}$$

Επαγωγικές αντιστάσεις Σύγχρονης Μηχανής

Η συμπεριφορά της Σύγχρονης Μηχανής, τόσο στη μόνιμη λειτουργία όσο και στις μεταβατικές καταστάσεις, εξαρτάται κυρίως από το μέγεθος των επαγωγιμοτήτων, οι οποίες καθορίζουν την τιμή των ρευμάτων στις διάφορες καταστάσεις λειτουργίας.

Επαγωγικές αντιστάσεις Σύγχρονης Μηχανής (1)

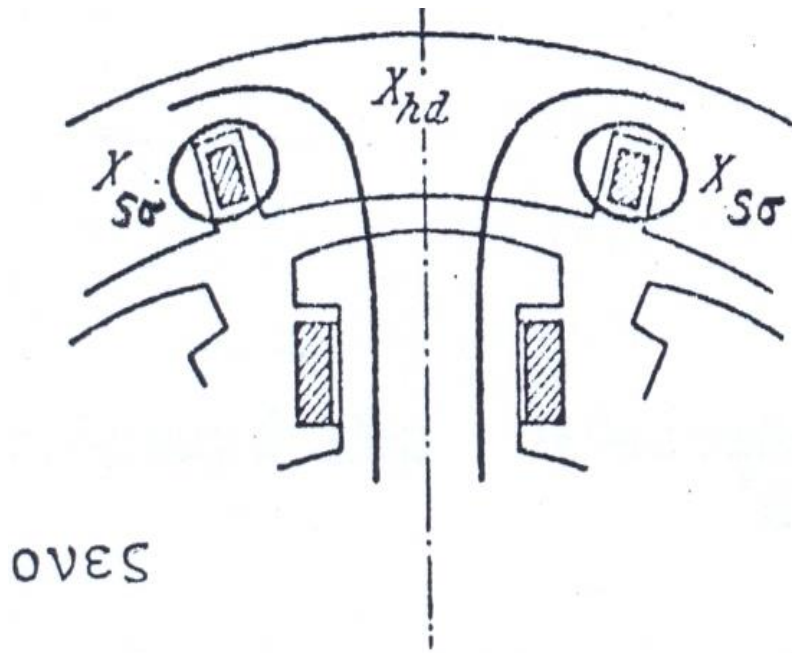
Στα παρακάτω σχήματα 6.15α-6.15στ παριστάνεται η φυσική σημασία των διαφορών επαγωγικών αντιστάσεων, οι οποίες όπως είναι γνωστό εκφράζουν κομμάτια από το ολικό μαγνητικό πεδίο που επικρατεί μέσα στο χώρο της μηχανής.

Επαγωγικές αντιστάσεις Σύγχρονης Μηχανής (2)

Από την κατανομή αυτή του πεδίου προκύπτουν οι μέθοδοι μετρήσεως των στοιχείων αυτών.

Πρέπει δε να τονιστεί, ότι η μέτρηση των επαγωγιμοτήτων των σύγχρονων μηχανών, γενικά, είναι δύσκολη και ότι σε ορισμένες περιπτώσεις προσδιορίζονται μόνο προσεγγιστικά.

Επαγωγικές αντιστάσεις Σύγχρονης Μηχανής (3)

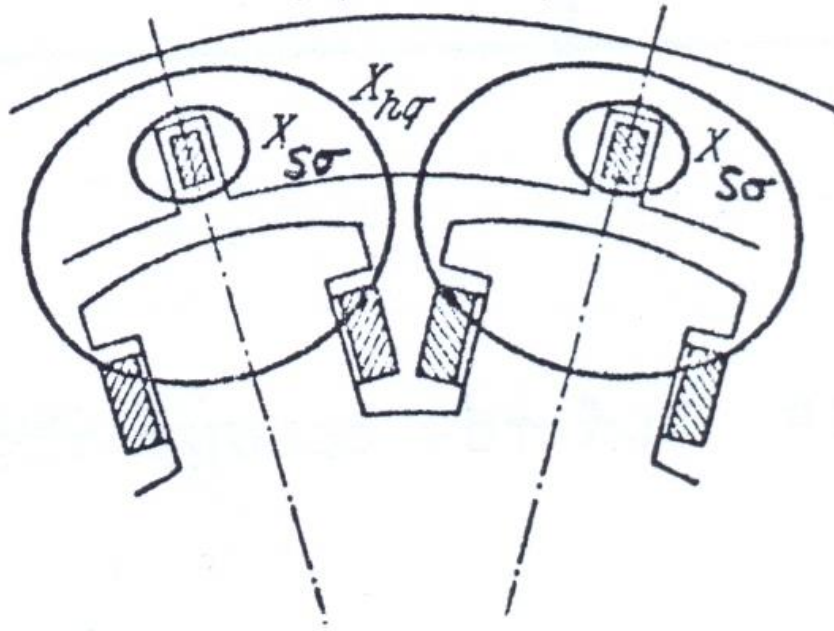


Σύγχρονη επαγωγική αντίσταση – άξονας d

$$X_d = X_{hd} + X_{S\sigma}$$

Σχήμα 6.15(α): Μαγνητικά πεδία και επαγωγικές αντιστάσεις σύγχρονης μηχανής

Επαγωγικές αντιστάσεις Σύγχρονης Μηχανής (4)

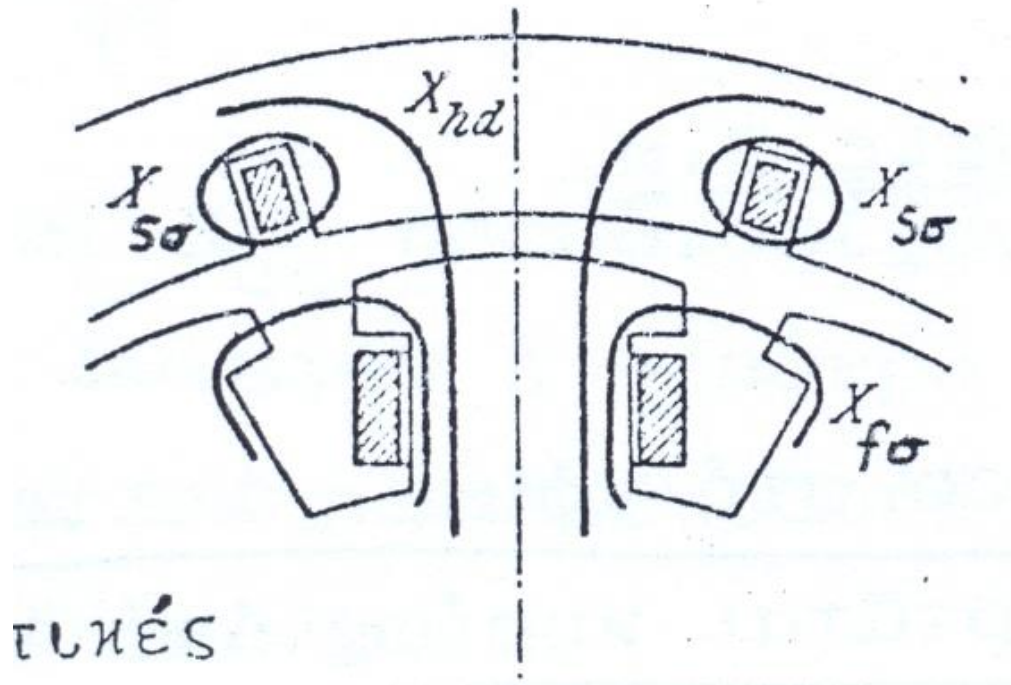


Σύγχρονη επαγωγική αντίσταση – άξονας q

$$X_{qq} = X_{hq} + X_{S\sigma}$$

Σχήμα 6.15(β): Μαγνητικά πεδία και επαγωγικές αντιστάσεις σύγχρονης μηχανής

Επαγωγικές αντιστάσεις Σύγχρονης Μηχανής (5)

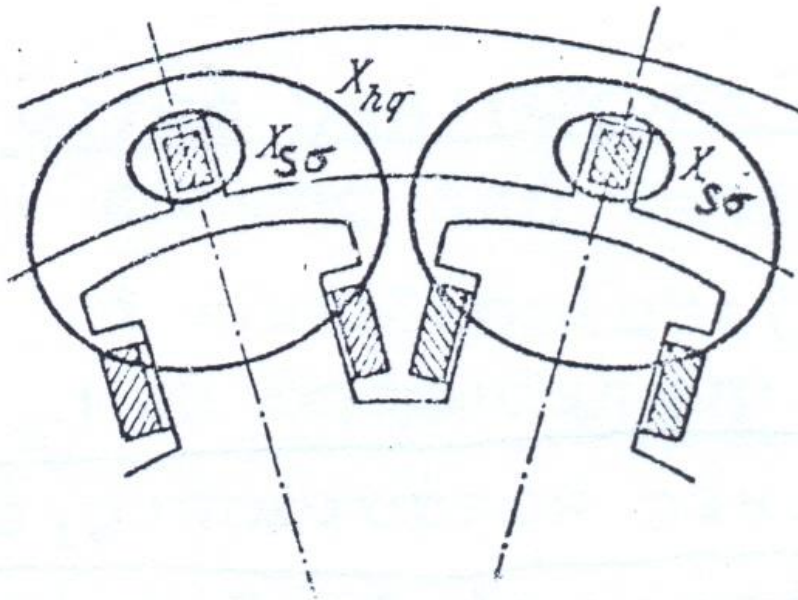


Μεταβατική επαγωγική αντίσταση – άξονας d

$$X'_d = X_{s\sigma} + \frac{X_{hd} X_{f\sigma}}{X_{hd} + X_{f\sigma}}$$

Σχήμα 6.15(γ): Μαγνητικά πεδία και επαγωγικές αντιστάσεις σύγχρονης μηχανής

Επαγωγικές αντιστάσεις Σύγχρονης Μηχανής (6)

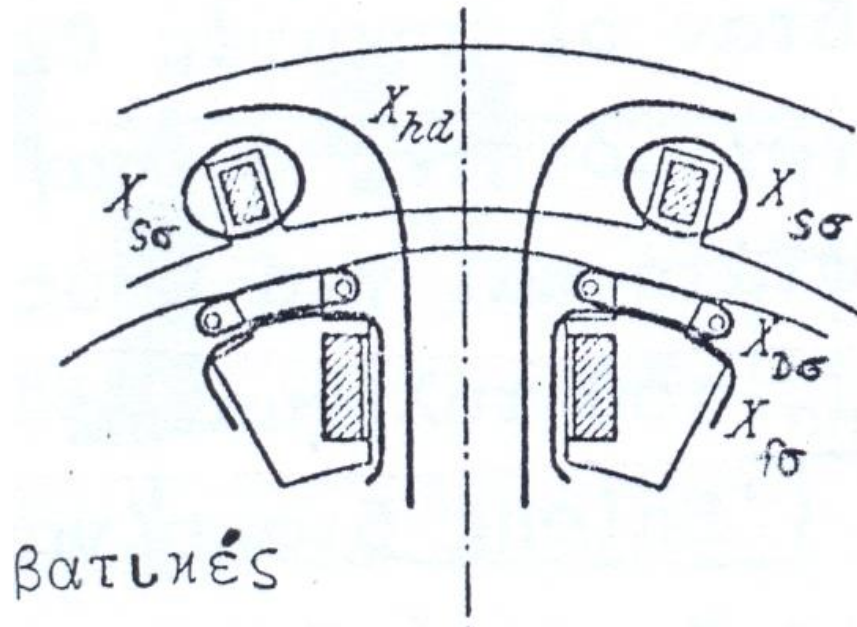


Μεταβατική επαγωγική αντίσταση – άξονας q

$$X'_q = X_{hq} + X_{S\sigma} = X_q$$

Σχήμα 6.15(δ): Μαγνητικά πεδία και επαγωγικές αντιστάσεις σύγχρονης μηχανής

Επαγωγικές αντιστάσεις Σύγχρονης Μηχανής (7)

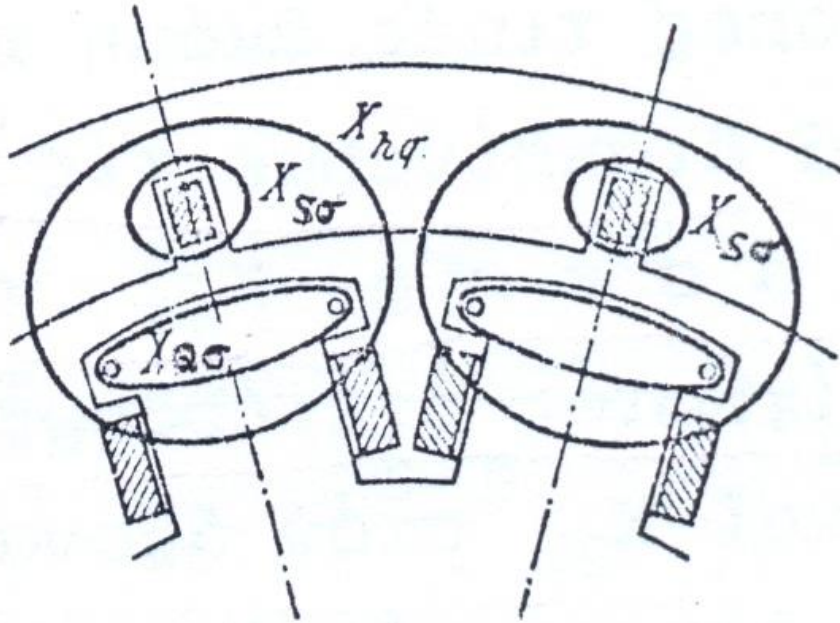


Μεταβατική επαγωγική αντίσταση – άξονας d

$$X_d'' = X_{s\sigma} + \frac{X_{hd} X_{f\sigma} X_{D\sigma}}{X_{hd} X_{f\sigma} + X_{hd} X_{D\sigma} + X_{D\sigma} X_{f\sigma}}$$

Σχήμα 6.15(ε): Μαγνητικά πεδία και επαγωγικές αντιστάσεις σύγχρονης μηχανής

Επαγωγικές αντιστάσεις Σύγχρονης Μηχανής (8)



Μεταβατική επαγωγική αντίσταση – άξονας d

$$X_q'' = X_{s\sigma} + \frac{X_{hd} X_{Q\sigma}}{X_{hd} + X_{Q\sigma}}$$

Σχήμα 6.15(στ): Μαγνητικά πεδία και επαγωγικές αντιστάσεις σύγχρονης μηχανής

Επαγωγικές αντιστάσεις Σύγχρονης Μηχανής (9)

Η $X_{S\sigma}$ εκφράζει την μαγνητική ροή που επικρατεί στο στάτη και δεν περιπλέκεται με κανένα άλλο μέρος της μηχανής.

Στους δύο άξονες d και q έχουμε την ίδια επαγωγιμότητα σκεδάσεως $L_{S\sigma}$.

Μετράται όταν απομακρύνουμε τον δρομέα και αφαιρέσουμε από την ολική επαγωγιμότητα που θα προκύψει, την επαγωγιμότητα του ανοίγματος.

Επαγωγικές αντιστάσεις Σύγχρονης Μηχανής (10)

Η μέθοδος είναι ανακριβής.

Άλλος τρόπος είναι η μέτρηση κατά το βραχυκύκλωμα με το δρομέα στη θέση του και με ένα δοκιμαστικό τύλιγμα τοποθετημένο στο διάκενο.

Στη μόνιμη συμμετρική κατάσταση έχουμε ένα στρεφόμενο πεδίο στο διάκενο και ο δρομέας διατηρεί σταθερή θέση, ανάλογα με το φορτίο προς το πεδίο.

Επαγωγικές αντιστάσεις Σύγχρονης Μηχανής (11)

Έτσι δεν έχουμε τάσεις εξ' επαγωγής στα τυλίγματα διεγέρσεως και αποσβέσεως.

Στη κατάσταση αυτή η συμπεριφορά της μηχανής εξαρτάται από τις σύγχρονες επαγωγικές αντιστάσεις X_d και X_q .

Για να διευκρινίσουμε την σημασία αυτών, πρέπει να παρατηρήσουμε το σχήμα όπου παριστάνεται το διπολικό μοντέλο της μηχανής.

Επαγωγικές αντιστάσεις Σύγχρονης Μηχανής (12)

Εάν τροφοδοτήσουμε μόνο μία φάση της μηχανής
π.χ. φάση a

Και μετρήσουμε στους ακροδέκτες αυτής για
διάφορες θέσεις του δρομέα ($0^\circ \leq \gamma \leq 180^\circ$) την
επαγωγική αντίσταση,

Θα βρούμε μία μέγιστη τιμή ίση με $(2/3)X_d$ και μία
ελάχιστη τιμή ίση με $(2/3)X_q$.

Επαγωγικές αντιστάσεις Σύγχρονης Μηχανής (13)

Η πρώτη τιμή αντιστοιχεί στη θέση όπου ο άξονας της φάσεως a και ο άξονας d συμπίπτουν.

Ενώ η δεύτερη όταν οι δύο άξονες είναι κάθετοι.

Τα παραπάνω ισχύουν υπό την προϋπόθεση ότι:

- δεν υπάρχει τύλιγμα αντισταθμίσεως
- και ότι το τύλιγμα διεγέρσεως είναι ανοιχτό.

Επειδή υπάρχουν τμήματα της μηχανής που παίζουν κατά κάποιο τρόπο το ρόλο του τυλίγματος →

Επαγωγικές αντιστάσεις Σύγχρονης Μηχανής (14)

→ αποσβέσεως, η μέθοδος αυτή δίνει λανθασμένα αποτελέσματα.

Για να αποφύγουμε αυτή την κατάσταση κάνουμε ένα άλλο πείραμα.

Γυρίζουμε τον δρομέα με μία πολύ μικρή ολίσθηση και τροφοδοτούμε και τις τρεις φάσεις με μειωμένη τάση ενώ παλμογραφούμε ταυτόχρονα:

την τάση,

το ρεύμα του στάτη

και την τάση διεγέρσεως.

Επαγωγικές αντιστάσεις Σύγχρονης Μηχανής (15)

Την στιγμή που η τάση $u_f(t)$ διέρχεται από το μηδέν, μπορούμε να υπολογίσουμε την X_d από τον τύπο:

$$X_d = \left(\frac{U_\Phi}{I_\Phi} \right)_{u_f=0}$$

και όταν η $u_f(t)$ φθάσει την μέγιστη τιμή της, παίρνουμε την X_q σύμφωνα με τη σχέση:

$$X_q = \left(\frac{U_\Phi}{I_\Phi} \right)_{u_f=u_{f \max.}}$$

Επαγωγικές αντιστάσεις Σύγχρονης Μηχανής (16)

Επειδή ισχύει:

$$u_f = (d\Psi_f/dt)$$

είναι αυτονόητο ότι για $u_f = 0$ έχουμε $\Psi_f = \Psi_{fmax}$. δηλαδή το τύλιγμα διεγέρσεως περιπλέκεται με την μέγιστη ροή, γεγονός που σημαίνει ότι το στρεφόμενο πεδίο και ο άξονας d συμπίπτουν.

Όταν όμως ισχύει $u_f = u_{fmax}$ και $\Psi_f = 0$, τότε το πεδίο δεν περιπλέκεται με το τύλιγμα διεγέρσεως δηλ. συμπίπτει με τον άξονα q.

Επαγωγικές αντιστάσεις Σύγχρονης Μηχανής (17)

Οι επαγωγικές αντιστάσεις X_d και X_q εκφράζουν το ολικό μαγνητικό πεδίο στους δύο άξονες αντίστοιχα, πράγμα που σημαίνει ότι είναι το άθροισμα της κύριας επαγωγιμότητας και της επαγωγιμότητας σκεδάσεως.

Εμφανίζονται οι συντελεστές C_d και C_q , οι οποίοι συνδέουν την κύρια τριφασική επαγωγιμότητα με τις κύριες επαγωγιμότητες στους άξονες d και q .

Επαγωγικές αντιστάσεις Σύγχρονης Μηχανής (18)

Οι συντελεστές αυτοί εξαρτώνται από τη μορφή του πέλματος των πόλων.

Πέλματα με πλάτος/πολική απόσταση = 0,7
.....0,75 παίρνουν τις τιμές:

ορθογώνιο πέλμα: $C_d = 0,95 \dots\dots\dots 0,97$

$C_q = 0,55 \dots\dots\dots 0,63$

ημιτονοειδές πέλμα: $C_d = 0,82 \dots\dots\dots 0,82$

$C_q = 0,38 \dots\dots\dots 0,42$

Πηγές

Οι πηγές των **Εικόνων, των Σχημάτων και των Διαγραμμάτων είναι:**

[1] Α.Ν. Σαφάκας, «Ηλεκτρικές Μηχανές Α», Πανεπιστημιακές σημειώσεις, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα 2009

[2] Α.Ν. Σαφάκας, «Ηλεκτρικές Μηχανές Β», Πανεπιστημιακές σημειώσεις, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα 2009

[3] Α.Ν. Σαφάκας, «Δυναμική Ηλεκτρομηχανικών συστημάτων» Πανεπιστημιακές σημειώσεις, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα 2008

[4] Τζόγια Χ. Καππάτου, Πανεπιστημιακές σημειώσεις και Εξομοιώσεις Μοντέλων Ηλεκτρικών Μηχανών σε περιβάλλον Πεπερασμένων Στοιχείων, Εργαστήριο Ηλεκτρομηχανικής Μετατροπής Ενέργειας, Η.Μ.Τ.Υ, Πανεπιστήμιο Πατρών.

Τέλος Ενότητας



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

