

**ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ**

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

**« ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ »
5^ο ΕΞΑΜΗΝΟ**

5^η ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ

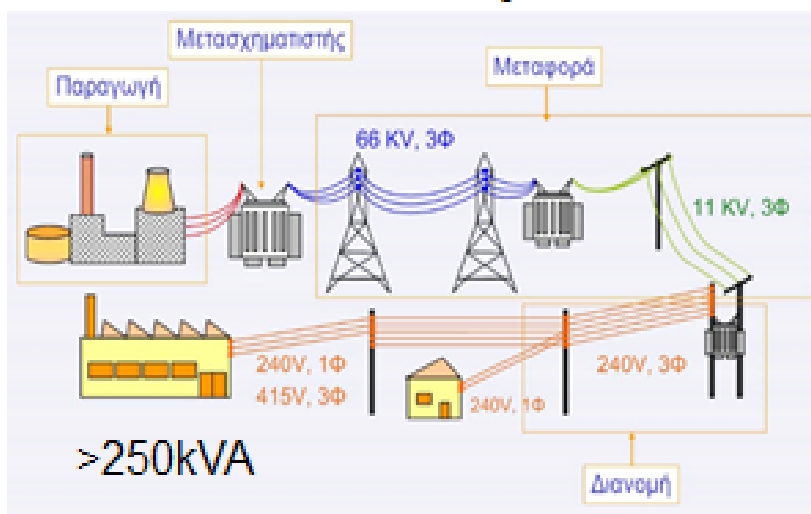
**ΔΙΔΑΣΚΩΝ
ΚΑΡΑΚΑΤΣΑΝΗΣ Σ. ΘΕΟΚΛΗΤΟΣ**
Επίκουρος Καθηγητής Δ.Π.Θ.



ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑ Μ/Σ

- Χ.Τ. < 1.000V
- Μ.Τ. 1000 μέχρι 20kV ή 22kV
- Υ.Τ. 20kV έως 150kV
- Υ.Υ.Τ. 150kV έως 400kV

τάση κατανάλωσης
 τάση διανομής
 τάση μεταφοράς



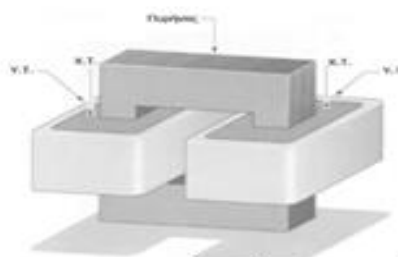
$$S = VI$$

$$P = I^2 R$$

ΜΣ ανύψωσης
 ΜΣ υποβιβασμού

ΜΣ μονάδας
 ΜΣ διανομής
 ΜΣ υποσταθμού

ΤΥΠΟΙ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΩΝ



Μετασχηματιστής τύπου Πυρήνα



Μ/Σ Τάσης



Ξηρού τύπου



Μετασχηματιστής τύπου Μανδύα



Μ/Σ Έντασης



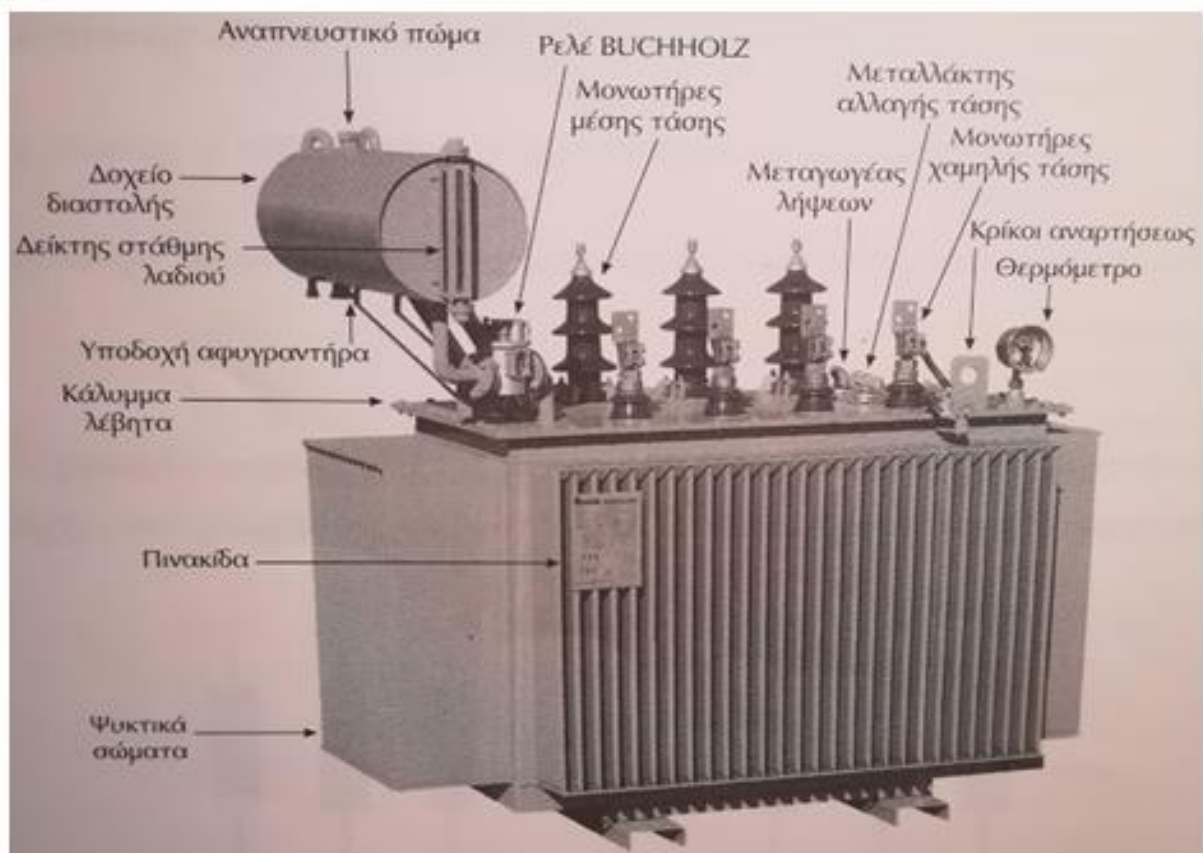
Ελαίου



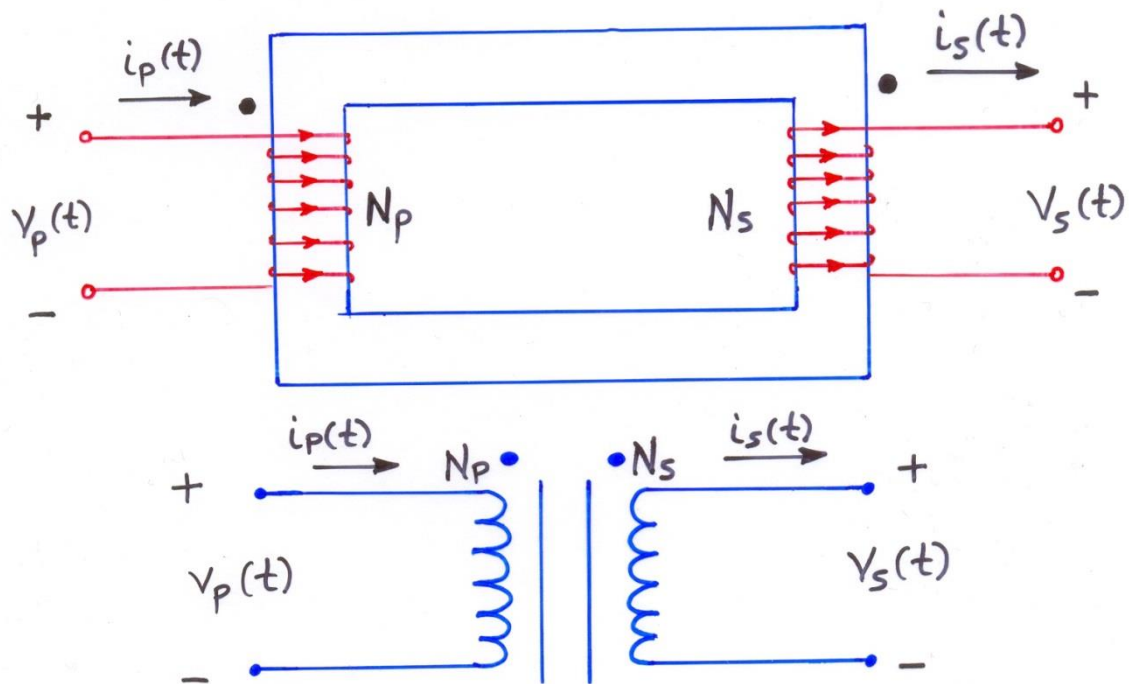
ΒΑΣΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ Μ/Σ ΜΤ λαδιού

- Μεταγωγέας τάσεων 15kV ή 20kV
- Μεταγωγέας λήψεων με λήψεις 0 ±2,5% ±5%
- Ηλεκτρονόμος προστασίας (ρελέ Bucholz) δύο επαφών
- Δοχείο λαδιού με δείκτη στάθμης και κρουνό εκκένωσης
- Δοχείο με αφυγραντήρα αέρος (siticagel)
- Θερμόμετρο με δείκτη και δύο επαφές (σήμανση-απόζευξη)
- Κρουνός δειγματοληψίας λαδιού και βαλβίδα εκκένωσης
- Ακροδέκτες γείωσης και μονωτήρες Μ.Τ. και Χ.Τ.
- Άγκιστρα ανύψωσης – κρίκοι και τροχοί κύλισης
- Ψυκτικά σώματα
- Ενδεικτική πινακίδα με τα ονομαστικά μεγέθη

4



ΙΔΑΝΙΚΟΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗΣ



$$\frac{V_P(t)}{V_S(t)} = \frac{N_P}{N_S} = a$$

όπου a : ο λόγος μετασχηματισμού

$$N_P i_P(t) = N_S i_S(t) \Rightarrow \frac{\dot{i}_P(t)}{\dot{i}_S(t)} = \frac{N_S}{N_P} = \frac{1}{a}$$

ΙΣΧΥΣ ΣΤΟΥΣ ΙΔΑΝΙΚΟΥΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΕΣ

$$P_{in} = V_p I_p \cos \theta_p$$

$$P_{out} = V_s I_s \cos \theta_s$$

$$\text{Επειδή } \theta_p = \theta_s = \theta$$

$$P_{out} = V_s I_s \cos \theta = (V_p / a) (\alpha I_p) \cos \theta = P_{in}$$

$$Q_{out} = V_s I_s \sin \theta = V_p I_p \sin \theta = Q_{in}$$

ΣΥΝΘΕΤΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ

$$Z_L = \frac{V_L}{I_L}$$

Τιμή Σύνθετης αντίστασης δευτερεύοντος

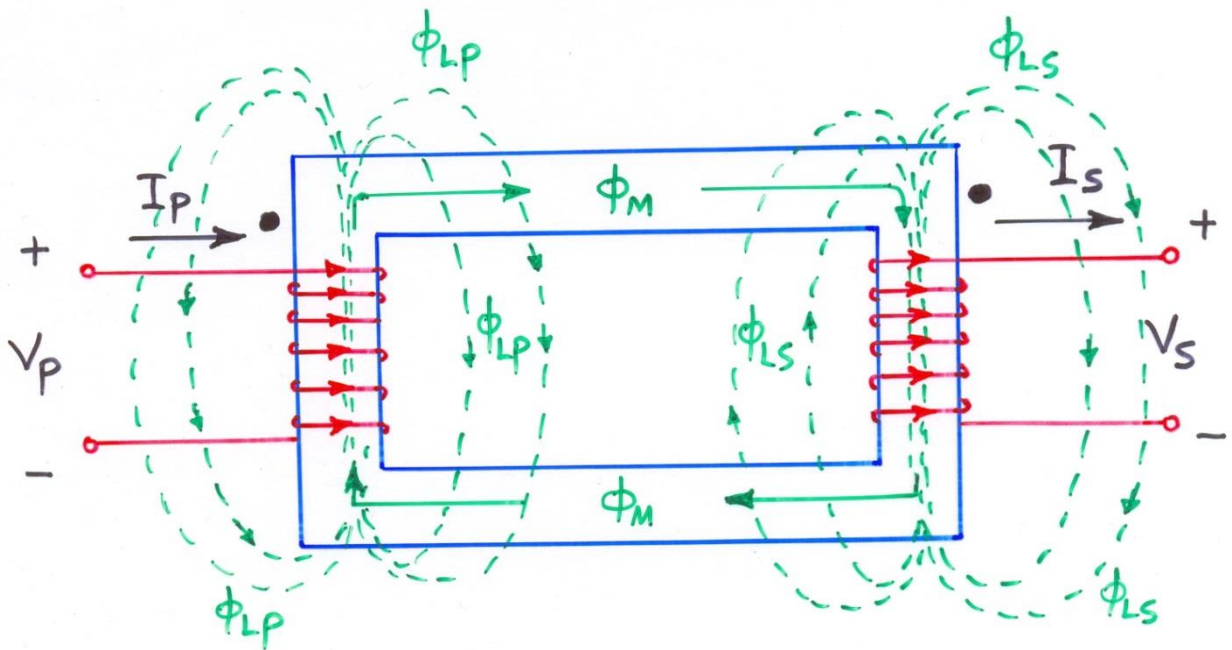
$$Z_L = \frac{V_s}{I_s}$$

Τιμή Σύνθετης αντίστασης πρωτεύοντος

$$Z'_L = \frac{V_p}{I_p}$$

$$Z'_L = \frac{V_p}{I_p} = \frac{aV_s}{I_s / a} = a^2 \frac{V_s}{I_s} = a^2 Z_L$$

ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗΣ



όπου

Φ_M το τμήμα της ροής που συνδέει τα δύο τυλίγματα

Φ_{LP} η ροή διαρροής του πρωτεύοντος

Φ_{LS} η ροή διαρροής του δευτερεύοντος

$$V_P(t) = N_P \frac{d\Phi_M}{dt} + N_P \frac{d\Phi_{LP}}{dt} = e_P(t) + e_{LP}(t)$$

$$V_S(t) = N_S \frac{d\Phi_M}{dt} + N_S \frac{d\Phi_{LS}}{dt} = e_S(t) + e_{LS}(t)$$

$$\Phi_M \gg \Phi_{LP}, \Phi_{LS}$$

Αν στο πρωτεύον του Μετασχηματιστή εφαρμοστεί εναλλασσόμενη τάση χωρίς να υπάρχει συνδεδεμένο φορτίο στο δευτερεύον τότε το συνολικό ρεύμα στο τύλιγμα του Μ/Σ ονομάζεται ρεύμα διέγερσης και δίνεται ως

$$\dot{i}_{ex} = \dot{i}_m + \dot{i}_{h+e}$$

όπου

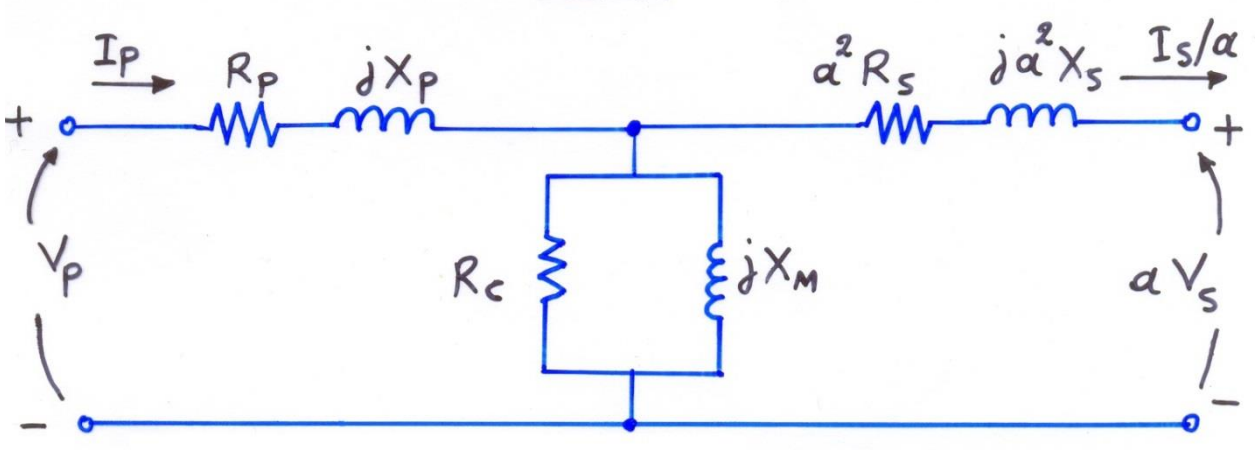
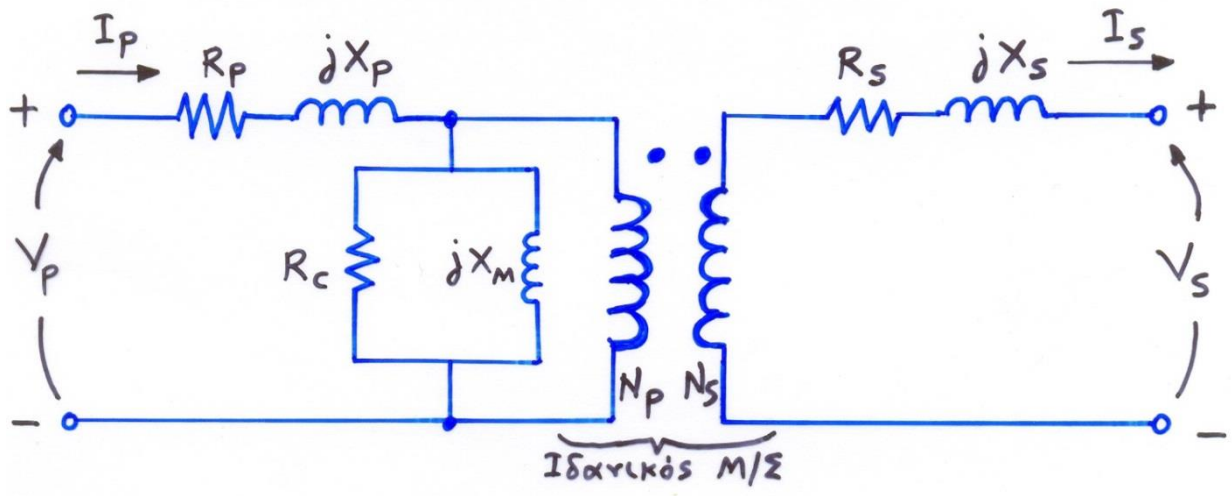
\dot{i}_m το ρεύμα μαγνήτισης

\dot{i}_{h+e} το ρεύμα απωλειών πυρήνα

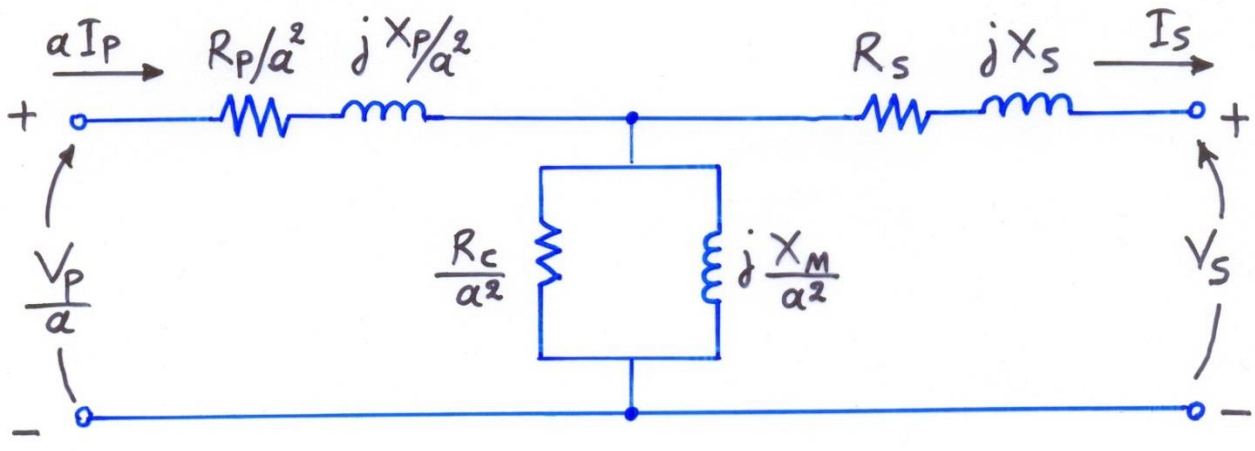
- το ρεύμα μαγνήτισης \dot{i}_m είναι η αιτία ανάπτυξης μαγνητικής ροής στον πυρήνα του Μ/Σ και καθυστερεί σε σχέση με την κυματομορφή της τάσης κατά 90° .
- το ρεύμα απωλειών πυρήνα \dot{i}_{h+e} αντιστοιχεί στο φαινόμενο υστέρησης και στα δινορρεύματα και βρίσκεται σε φάση με την κυματομορφή της τάσης.

Γενικά η κυματομορφή του ρεύματος διέγερσης παρουσιάζεται παραμορφωμένη και με πολλές αρμονικές λόγω της μη γραμμικότητας των φαινομένων **υστέρησης** και **κορεσμού** του πυρήνα.

ΙΣΟΔΥΝΑΜΟ ΚΥΚΛΩΜΑ ΤΟΥ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗ

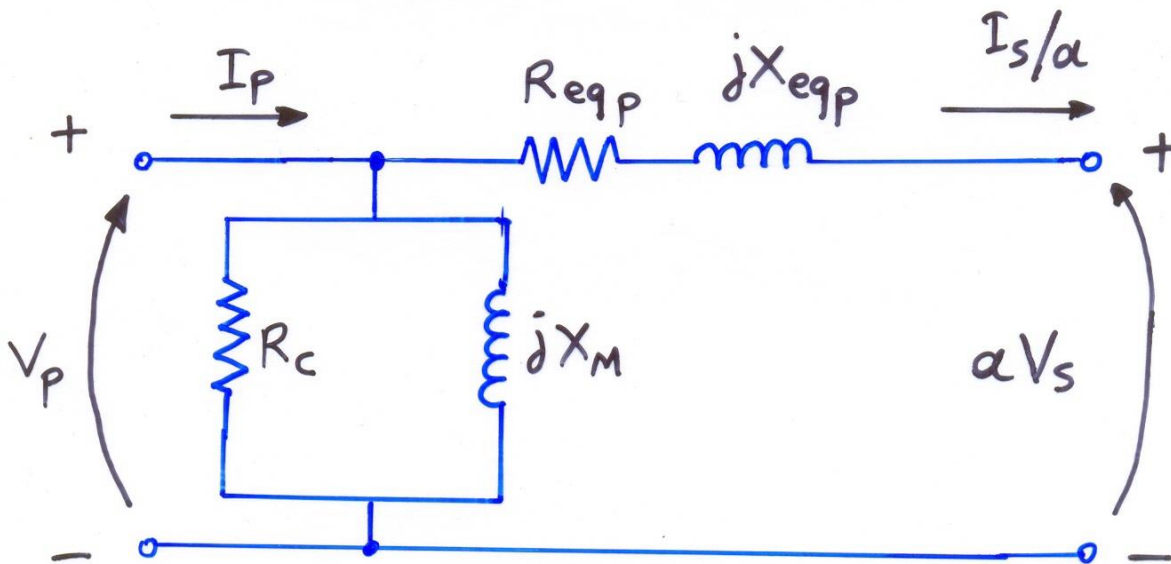


α) ανηγμένο στο πρωτεύον



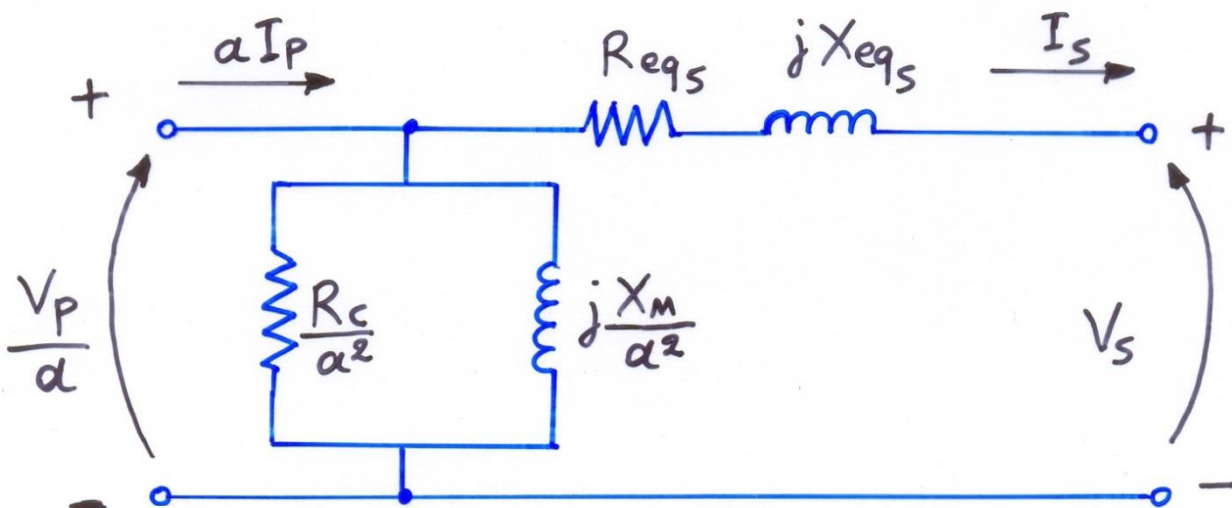
β) ανηγμένο στο δευτερεύον

ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΤΙΚΑ ΙΣΟΔΥΝΑΜΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ ΤΟΥ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗ



$$R_{eqP} = R_p + \alpha^2 R_s \quad X_{eqP} = X_p + \alpha^2 X_s$$

α) προσεγγιστικό ισοδύναμο ανηγμένο στο πρωτεύον



$$R_{eqS} = \frac{R_p}{\alpha^2} + R_s \quad X_{eqS} = \frac{X_p}{\alpha^2} + X_s$$

β) προσεγγιστικό ισοδύναμο ανηγμένο στο δευτερεύον

ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΤΑΣΗΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗ

$$VR = \frac{V_{S, nl} - V_{S, fl}}{V_{S, fl}} \times 100 \%$$

Επειδή στη λειτουργία χωρίς φορτίο ισχύει $V_S = V_P / \alpha$

$$VR = \frac{V_P / \alpha - V_{S, fl}}{V_{S, fl}} \times 100 \%$$

όπου
$$\frac{V_P}{\alpha} = V_S + R_{eq} I_S + j X_{eq} I_S$$

και προσεγγιστικά
$$\frac{V_P}{\alpha} = V_S + R_{eq} I_S \cos \theta + X_{eq} I_S \sin \theta$$

ΑΠΟΔΟΣΗ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗ

Συντελεστής απόδοσης

$$n = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \% \quad \text{ή} \quad n = \frac{P_{out}}{P_{out} + P_{loss}} \times 100 \%$$

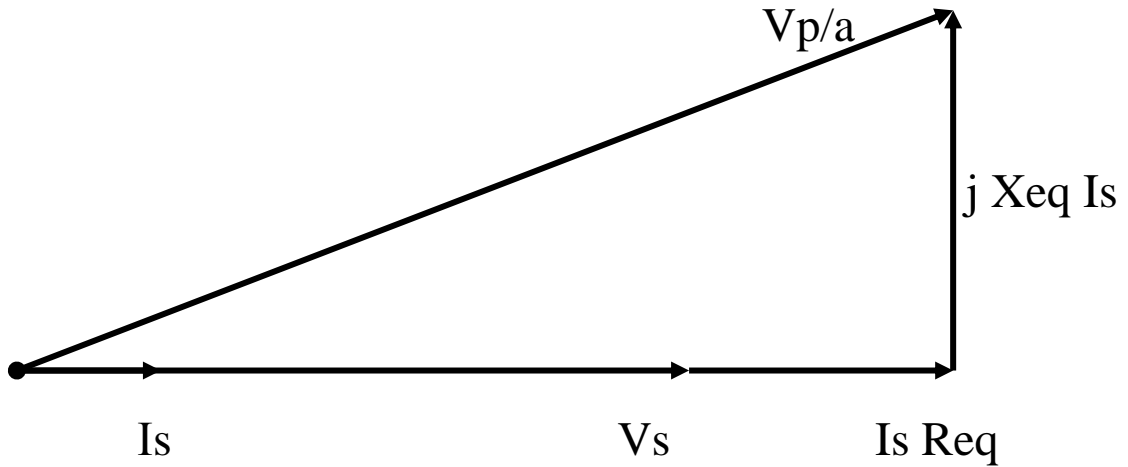
$$P_{out} = V_S I_S \cos \theta_s$$

Απώλειες = Απώλειες χαλκού ($I^2 R$) + Απώλειες πυρήνα

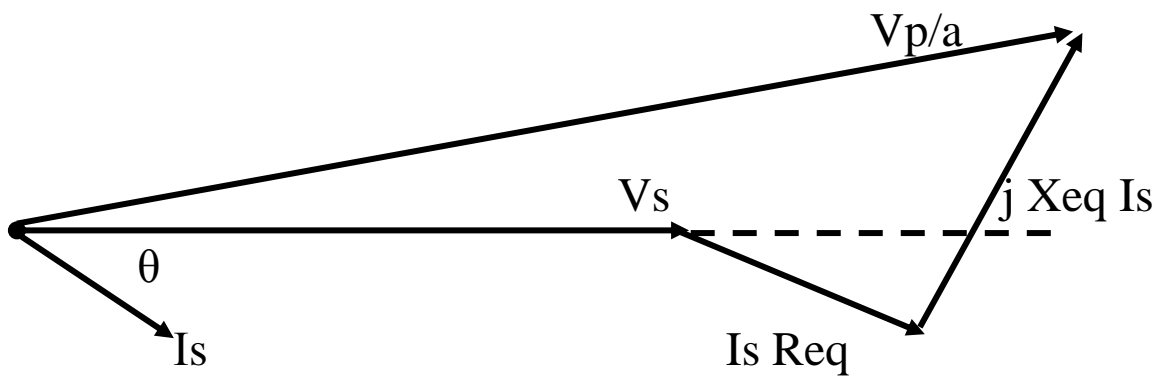
$$n = \frac{V_S I_S \cos \theta}{P_{Cu} + P_{core} + V_S I_S \cos \theta} \times 100 \%$$

ΔΙΑΝΥΣΜΑΤΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗ

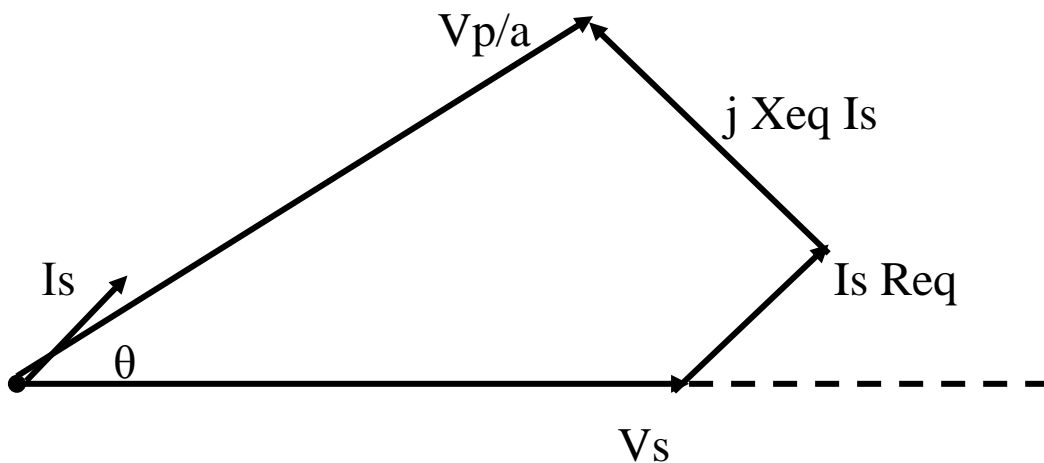
α) Με καθαρά ωμικό φορτίο .



β) Με επαγωγικό φορτίο .



γ) Με χωρητικό φορτίο .



ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΙΣΟΔΥΝΑΜΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗ

Α. ΠΕΙΡΑΜΑ ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ

$$Y_E = G_C - jB_M = \frac{1}{R_C} - j\frac{1}{X_M}$$

$$| Y_E | = \frac{I_{OC}}{V_{OC}}$$

$$PF = \cos \theta = \frac{P_{OC}}{V_{OC} I_{OC}} \quad \theta = \cos^{-1} \frac{P_{OC}}{V_{OC} I_{OC}}$$

$$Y_E = \frac{I_{OC}}{V_{OC}} \angle -\theta = \frac{I_{OC}}{V_{OC}} \angle -\cos^{-1} \frac{P_{OC}}{V_{OC} I_{OC}}$$

Β. ΠΕΙΡΑΜΑ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΣΗΣ

$$| Z_{SE} | = \frac{V_{SC}}{I_{SC}}$$

$$PF = \cos \theta = \frac{P_{SC}}{V_{SC} I_{SC}} \quad \theta = \cos^{-1} \frac{P_{SC}}{V_{SC} I_{SC}}$$

$$Z_{SE} = \frac{V_{SC} \angle 0^\circ}{I_{SC} \angle -\theta} = \frac{V_{SC}}{I_{SC}} \angle \theta = \frac{V_{SC}}{I_{SC}} \angle \cos^{-1} \frac{P_{SC}}{V_{SC} I_{SC}}$$

$$Z_{SE} = R_{eq} + jX_{eq} = (R_P + \alpha^2 R_S) + j(X_P + \alpha^2 X_S)$$