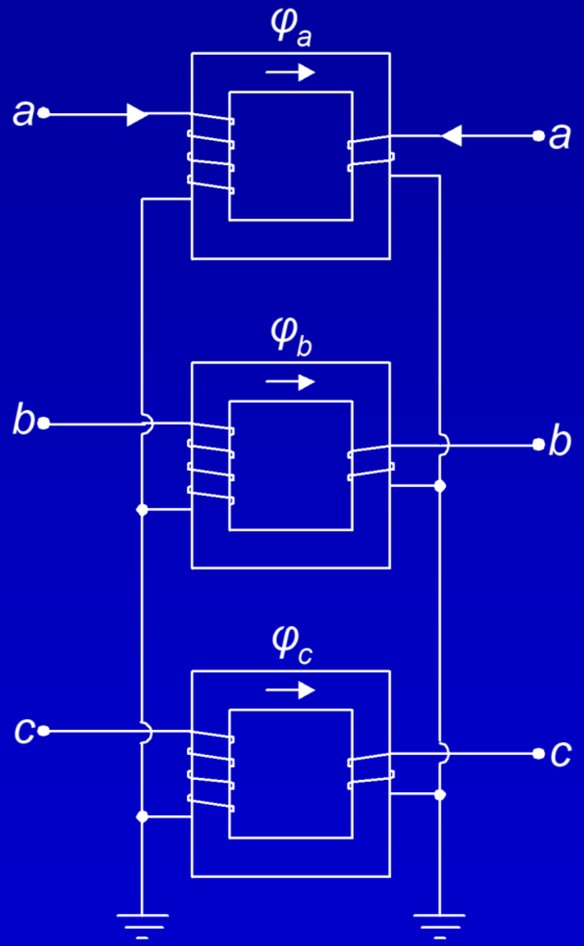
ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΕΣ

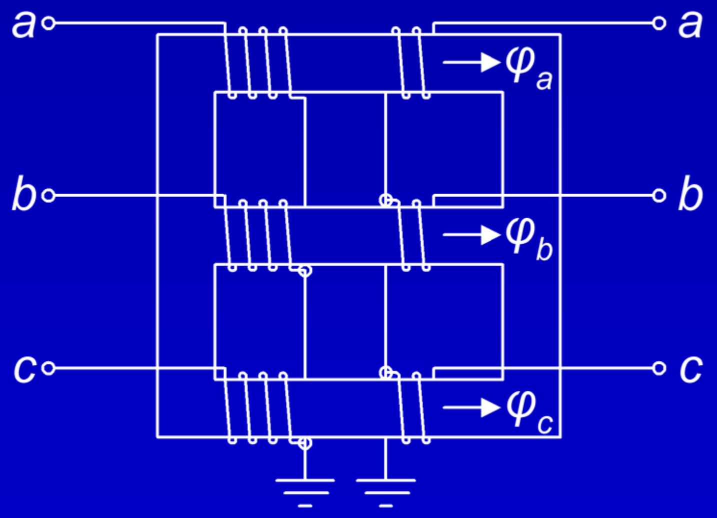
- *Χαρακτηριστικά μετασχηματιστών ισχύος*
- *Σύντομη ανασκόπηση μαγνητικών κυκλωμάτων*
- *Μονοφασικός μετασχηματιστής δυο τυλιγμάτων*
- *Τριφασικοί μετασχηματιστές*
- *Παράλληλη σύνδεση μετασχηματιστών*
- *Μετασχηματιστές πολλών τυλιγμάτων*
- *Αυτομετασχηματιστές*
- *Ο μετασχηματιστής ως συσκευή έλεγχου*

ΕΙΔΗ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΩΝ

- *Μετασχηματιστές ισχύος*
  - *Μετασχηματιστές γεννήτριας*
  - *Μετασχηματιστές μεταφοράς*
  - *Μετασχηματιστές διανομής*
- *Μετασχηματιστές ρύθμισης τάσης*

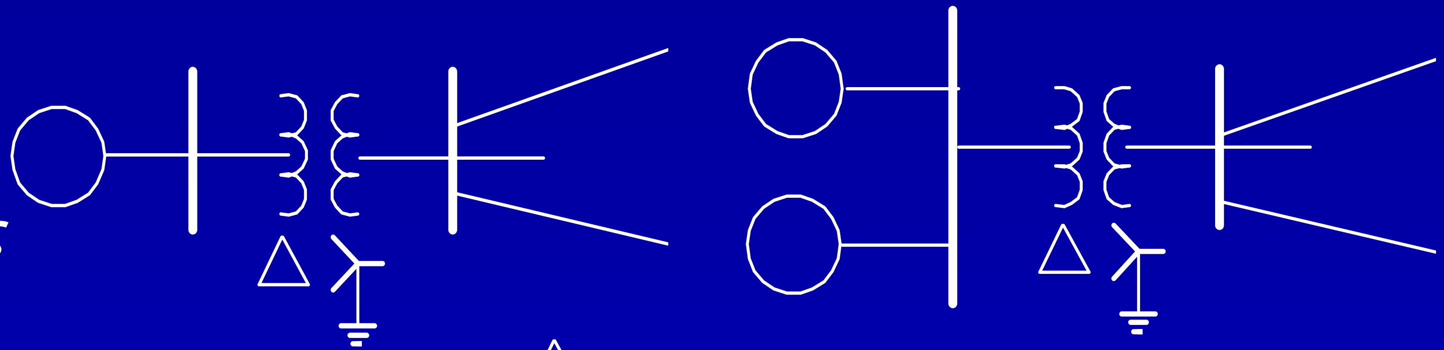
ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΤΡΙΦΑΣΙΚΩΝ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΩΝ



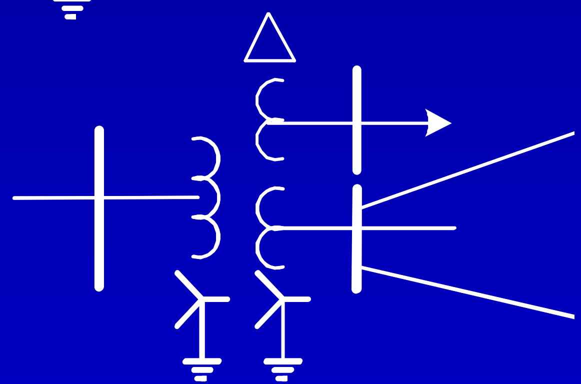


ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΕΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΩΝ

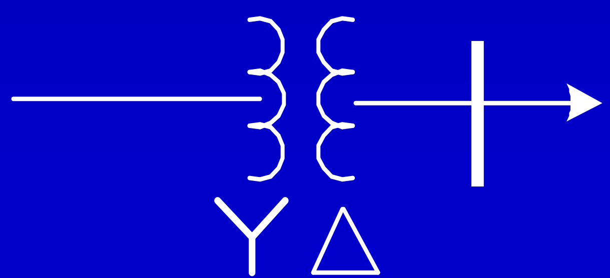
- ***Μ/Σ γεννήτριας***



- ***Μ/Σ μεταφοράς***



- ***Μ/Σ διανομής***



ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ

Έστω τμήμα μαγνητικού υλικού και Α, Β δύο σημεία του. Ορίζουμε μαγνητική αντίσταση:

$$R = \frac{\int_A^B Hdl}{\int_S Bds}$$

=φ η μαγν. ροή στην επιφάνεια S, Οπότε:

$$\varphi = \frac{1}{R}\int_A^B Hdl \triangleq P\int_A^B Hdl$$

Αν το μαγνητικό υλικό έχει μήκος l, διατομή S και Η, Β με σταθερό μέτρο παράλληλα στο l, τότε για σταθερή διαπερατότητα μ, ισχύουν :

$$R = \frac{\int_A^B Hdl}{\int_S Bds} = \frac{H\int_A^B dl}{B\int_S ds} = \frac{1}{\mu}\frac{l}{S}$$

μαγνητική αγωγιμότητα

ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ

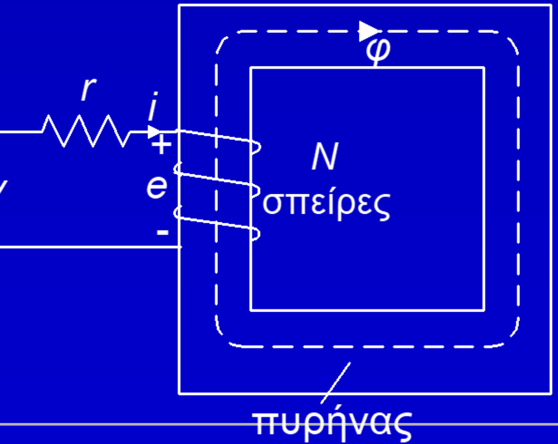
$$\varphi = \frac{1}{R}\int_A^B Hdl \triangleq P\int_A^B Hdl$$

Για κλειστή γραμμή ισχύει:

$$\oint_C Hdl = \int_{C1} Hdl + \int_{C2} Hdl + \ldots + \int_{Cn} Hdl = R_1\varphi_1 + R_2\varphi_2 + \ldots + R_n\varphi_n$$

$$\kappa\alpha i \quad \oint_C Hdl = I_{o\lambda}$$

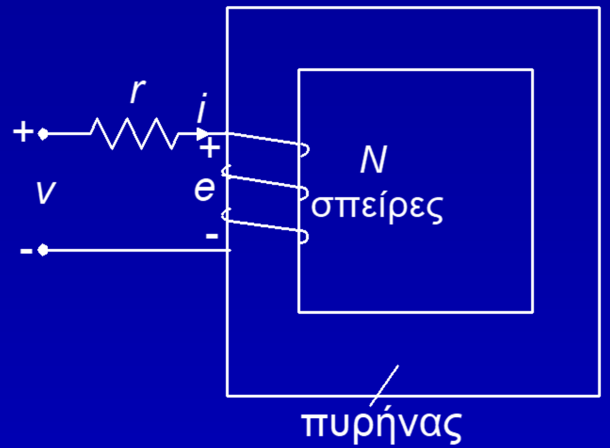
N. Ampere
Το αλγ. άθροισμα των ρευμάτων που περικλείει η καμπύλη *C*



Για απλό πηνίο σε σιδηρομαγνητικό πυρήνα,

$$\oint_C Hdl \triangleq NI = R\varphi \Rightarrow \varphi = PNI$$

ΑΠΛΟ ΠΗΝΙΟ

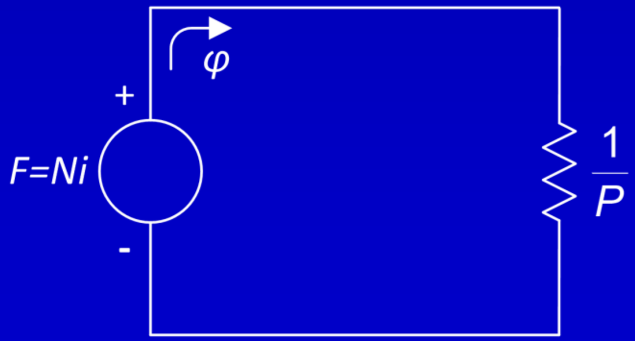


Πεπλεγμένη ροή: $\lambda = N\varphi$

$\varphi = PNI$

ΑΡΑ:

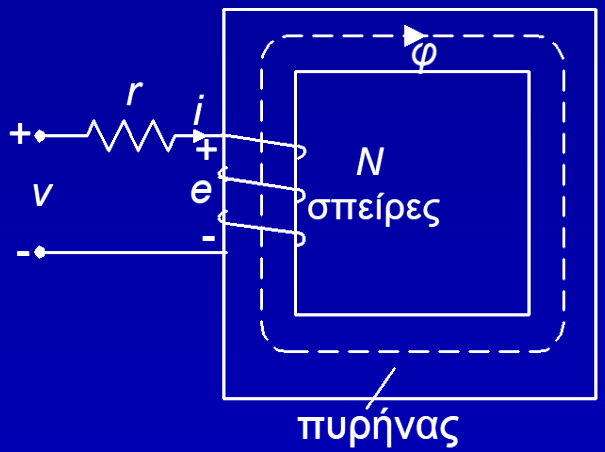
$$\left.\begin{array}{l}\lambda = NPNI \\ \lambda = LI\end{array}\right\} \longrightarrow L = \frac{N\varphi}{i} = \frac{NPNi}{i} = PN^2$$



Αν ορίσουμε

Μαγνητεγερτική δύναμη : $F = Ni$

ΑΠΛΟ ΠΗΝΙΟ



Πεπλεγμένη ροή: $\lambda = N\varphi$

Μαγνητεγερτική δύναμη : $F = Ni$

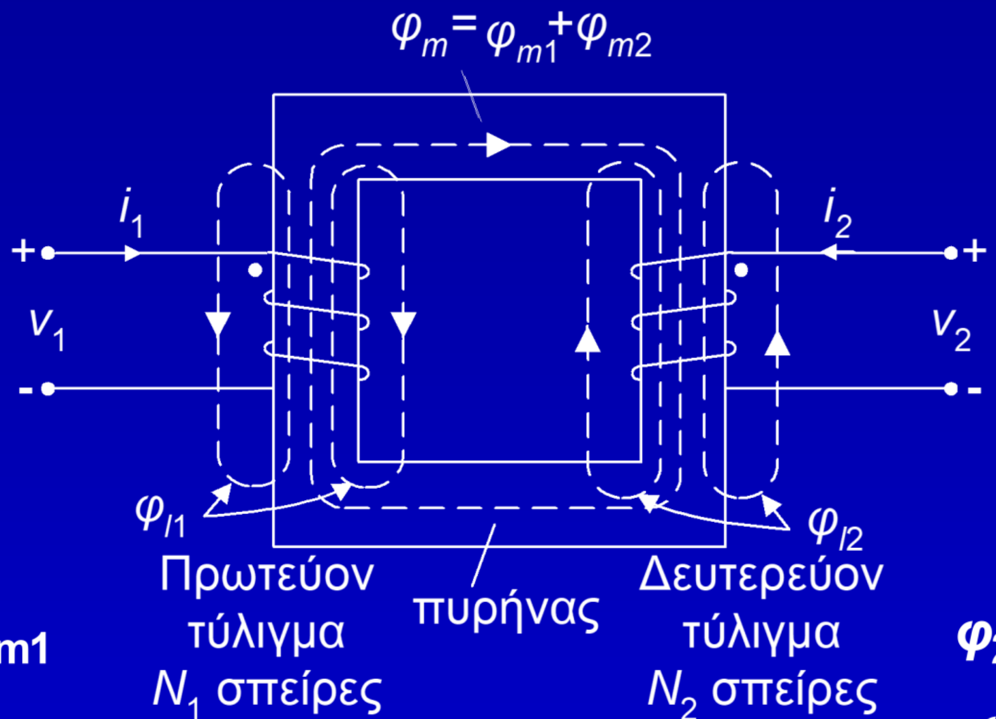
Για σταθερή διαπερατότητα μ, ισχύουν :

$$\left.\begin{aligned} \lambda &= N\varphi = Li \\ \varphi &= PF = PNi \end{aligned}\right\} \longrightarrow L = \frac{N\varphi}{i} = \frac{NPNi}{i} = PN^2$$

$$v = ri + e = ri + \frac{d\lambda}{dt}$$

$$= ri + N\frac{d\varphi}{dt} = ri + L\frac{di}{dt}$$

<u>ΜΟΝΟΦΑΣΙΚΟΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗΣ ΔΥΟ ΤΥΛΙΓΜΑΤΩΝ</u>



$$\varphi_{11} = \varphi_{l1} + \varphi_{m1}$$

$$\varphi_1 = \varphi_{11} + \varphi_{m2}$$

$$= \varphi_{l1} + \varphi_{m1} + \varphi_{m2}$$

$$= \varphi_{l1} + \varphi_m$$

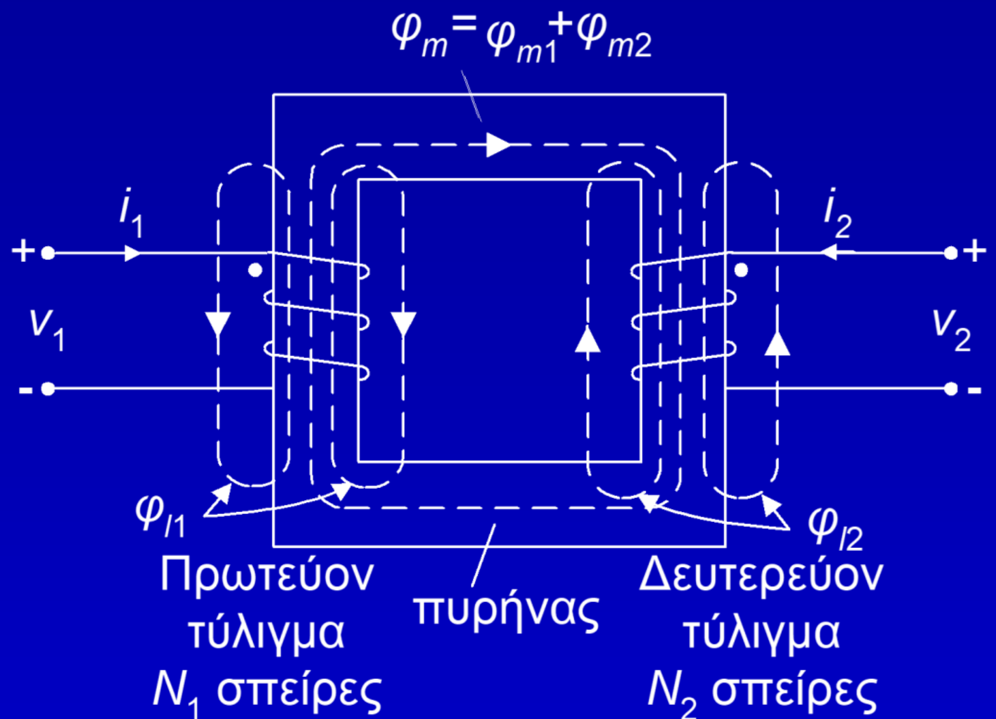
$$\varphi_{22} = \varphi_{l2} + \varphi_{m2}$$

$$\varphi_2 = \varphi_{22} + \varphi_{m1}$$

$$= \varphi_{l2} + \varphi_{m2} + \varphi_{m1}$$

$$= \varphi_{l2} + \varphi_m$$

ΜΟΝΟΦΑΣΙΚΟΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗΣ ΔΥΟ ΤΥΛΙΓΜΑΤΩΝ



$$\lambda_1 = N_1\varphi_1 = N_1\varphi_{l1} + N_1\varphi_m$$

$$\lambda_2 = N_2\varphi_2 = N_2\varphi_{l2} + N_2\varphi_m$$

$$F = N_1 i_1 + N_2 i_2 = \frac{\varphi_m}{P_m}$$

Συνεπώς

$$\lambda_1 = N_1\varphi_1 = N_1\varphi_{l1} + N_1\varphi_m$$

$$\lambda_2 = N_2\varphi_2 = N_2\varphi_{l2} + N_2\varphi_m$$

οπότε

$$L_{l1}\frac{di_1}{dt}$$

$$\boxed{\begin{aligned} v_1 &= r_1 i_1 + \frac{d\lambda_1}{dt} = r_1 i_1 + N_1\frac{d\varphi_{l1}}{dt} + N_1\frac{d\varphi_m}{dt} \\ v_2 &= r_2 i_2 + \frac{d\lambda_2}{dt} = r_2 i_2 + N_2\frac{d\varphi_{l2}}{dt} + N_2\frac{d\varphi_m}{dt} \end{aligned}}$$

$$L_{l2}\frac{di_2}{dt}$$

και

$$\boxed{F = N_1 i_1 + N_2 i_2 = \frac{\varphi_m}{P_m}}$$

όπου P_m η μαγνητική αγωγιμότητα του πυρήνα

ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗΣ ΧΩΡΙΣ ΣΚΕΔΑΣΗ

1. $r_1 = r_2 = 0$ 2. $\varphi_{l1} = \varphi_{l2} = 0$

$$v_1 = \cancel{r_1 i_1} + N_1 \cancel{\frac{d\varphi_{l1}}{dt}} + N_1 \frac{d\varphi_m}{dt} = N_1 \frac{d\varphi_m}{dt} = e_1$$

$$v_2 = \cancel{r_2 i_2} + N_2 \cancel{\frac{d\varphi_{l2}}{dt}} + N_2 \frac{d\varphi_m}{dt} = N_2 \frac{d\varphi_m}{dt} = e_2$$

$$\longrightarrow \boxed{\frac{v_1}{v_2} = \frac{e_1}{e_2} = \frac{N_1}{N_2} = a}$$

$$F = N_1 i_1 + N_2 i_2 = \frac{\varphi_m}{P_m}$$

Οπότε για τις πεπλεγμένες ροές ισχύει:

$$\lambda_1 = N_1 \varphi_m = P_m N_1^2 i_1 + P_m N_1 N_2 i_2$$

$$\lambda_2 = N_2 \varphi_m = P_m N_1 N_2 i_1 + P_m N_2^2$$

ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗΣ ΧΩΡΙΣ ΣΚΕΔΑΣΗ

1. $r_1 = r_2 = 0$ 2. $\varphi_{l1} = \varphi_{l2} = 0$

$$\left.\begin{aligned} V_1 &= \frac{d\lambda_1}{dt}\left(= N_1\frac{d\varphi_m}{dt}\right) = P_m N_1^2\frac{di_1}{dt} + P_m N_1 N_2\frac{di_2}{dt} \\ V_2 &= \frac{d\lambda_2}{dt}\left(= N_2\frac{d\varphi_m}{dt}\right) = P_m N_1 N_2\frac{di_1}{dt} + P_m N_2^2\frac{di_2}{dt} \end{aligned}\right\}$$

Συμπτύσσοντας τις παραπάνω σχέσεις για τις τάσεις ισχύει:

$$V = L\frac{di}{dt} \qquad V = \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix}$$

$$L = P_m\begin{bmatrix} N_1^2 & N_1 N_2 \\ N_1 N_2 & N_2^2 \end{bmatrix} \geq 0$$

$$i = \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \end{bmatrix}$$

Ο ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗΣ

1. $r_1, r_2 \neq 0$ **2. $\varphi_{l1}, \varphi_{l2} \neq 0$** **3. $\mu \neq \infty$**

$$V_1 = r_1 i_1 + N_1 \frac{d\varphi_1}{dt} = r_1 i_1 + (\overbrace{L_{l1} + P_m N_1^2}^{L_1}) \frac{di_1}{dt} + \overbrace{P_m N_1 N_2}^{M} \frac{di_2}{dt}$$

$$V_2 = r_2 i_2 + N_2 \frac{d\varphi_2}{dt} = r_2 i_2 + \underbrace{P_m N_1 N_2}_{M} \frac{di_1}{dt} + (\underbrace{L_{l2} + P_m N_2^2}_{L_2}) \frac{di_2}{dt}$$

Συμπτύσσοντας τις παραπάνω σχέσεις ισχύει:

$$V = L_R \frac{di}{dt} \qquad V = \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} \qquad i = \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \end{bmatrix}$$

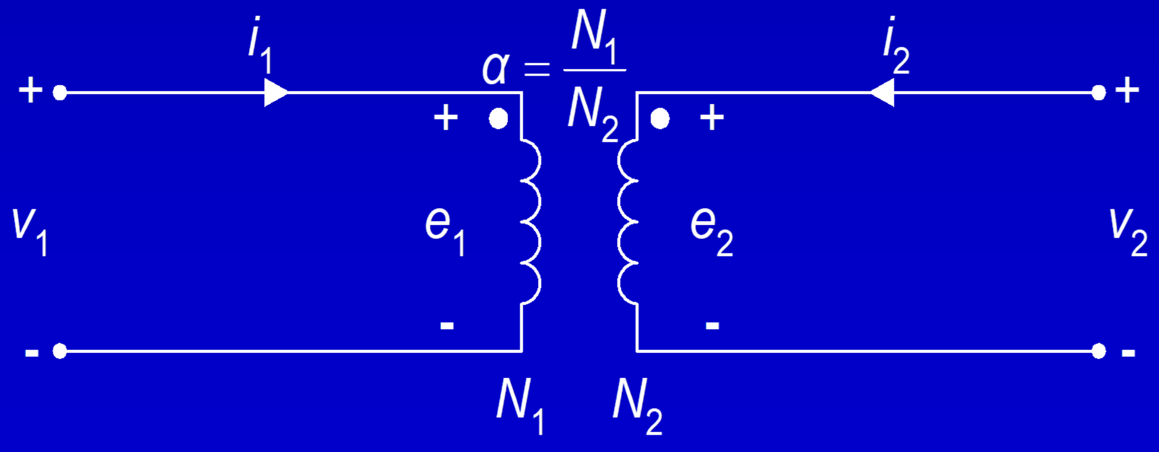
$$L_R = \begin{bmatrix} L_1 & M \\ M & L_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L_{l1} + P_m N_1^2 & P_m N_1 N_2 \\ P_m N_1 N_2 & L_{l2} + P_m N_2^2 \end{bmatrix} > 0$$

ΙΔΑΝΙΚΟΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗΣ

1. $r_1 = r_2 = 0$ 2. $\varphi_{l1} = \varphi_{l2} = 0$ 3. $\mu \to \infty$

$$\left.\begin{aligned} v_1 &= \cancel{r_1 i_1} + N_1 \cancel{\frac{d\varphi_{l1}}{dt}} + N_1 \frac{d\varphi_m}{dt} = N_1 \frac{d\varphi_m}{dt} = e_1 \\ v_2 &= \cancel{r_2 i_2} + N_2 \cancel{\frac{d\varphi_{l2}}{dt}} + N_2 \frac{d\varphi_m}{dt} = N_2 \frac{d\varphi_m}{dt} = e_2 \end{aligned}\right\} \longrightarrow \boxed{\frac{v_1}{v_2} = \frac{e_1}{e_2} = \frac{N_1}{N_2} = a}$$

$$F = N_1 i_1 + N_2 i_2 = \frac{\varphi_m}{P_m} = 0 \longrightarrow \boxed{\frac{i_1}{i_2} = -\frac{N_2}{N_1} = -\frac{1}{a}}$$



Ο ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗΣ

1. $r_1, r_2 \neq 0$ 2. $\varphi_{l1}, \varphi_{l2} \neq 0$ 3. $\mu \neq \infty$

$\lambda_{l1} = N_1 \varphi_{l1} = L_{l1} i_1$ $\quad v_1 = r_1 i_1 + L_{l1} \dfrac{di_1}{dt} + e_1$

$\lambda_{l2} = N_2 \varphi_{l2} = L_{l2} i_2$ $\quad v_2 = r_2 i_2 + L_{l2} \dfrac{di_2}{dt} + e_2$

$$e_1 = N_1 \frac{d\varphi_m}{dt} = P_m N_1^2 \frac{d}{dt}\left(i_1 + \frac{N_2}{N_1} i_2\right) = L_{m1} \frac{d}{dt} i_{m1}$$

$$\varphi_m = P_m N_1 \left(i_1 + \frac{N_2}{N_1} i_2\right) = P_m N_2 \left(i_2 + \frac{N_1}{N_2} i_1\right)$$

$$e_2 \left(= N_2 \frac{d\varphi_m}{dt} = \frac{N_1}{N_1} N_2 \frac{d\varphi_m}{dt} = \frac{N_2}{N_1} N_1 \frac{d\varphi_m}{dt}\right) = \frac{N_2}{N_1} e_1$$

$$\left(e_2 = N_2 \frac{d\varphi_m}{dt} = P_m N_2^2 \frac{d}{dt}\left(i_2 + \frac{N_1}{N_2} i_1\right) = \frac{N_2^2}{N_1^2} L_{m1} \frac{d}{dt} i_{m2} = L_{m2} \frac{d}{dt} i_{m2} \right)$$

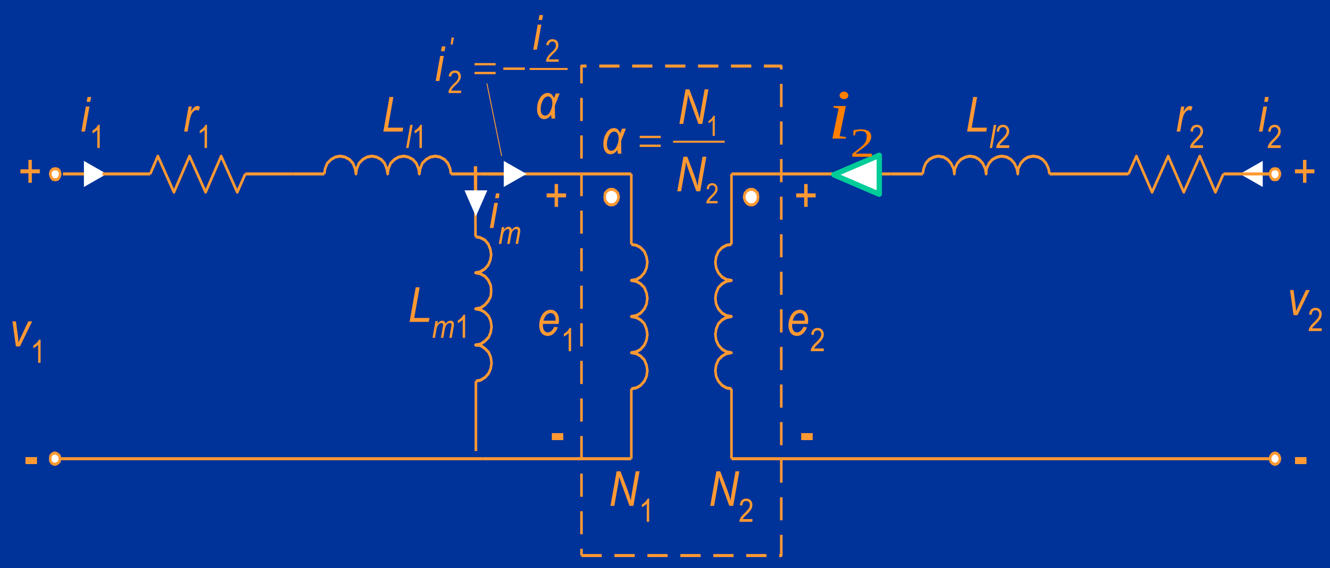
Ο ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗΣ

1. $r_1, r_2 \neq 0$ 2. $\varphi_{l1}, \varphi_{l2} \neq 0$ 3. $\mu \neq \infty$

$$\lambda_{l1} = N_1\varphi_{l1} = L_{l1}i_1 \qquad v_1 = r_1 i_1 + L_{l1}\frac{di_1}{dt} + e_1$$

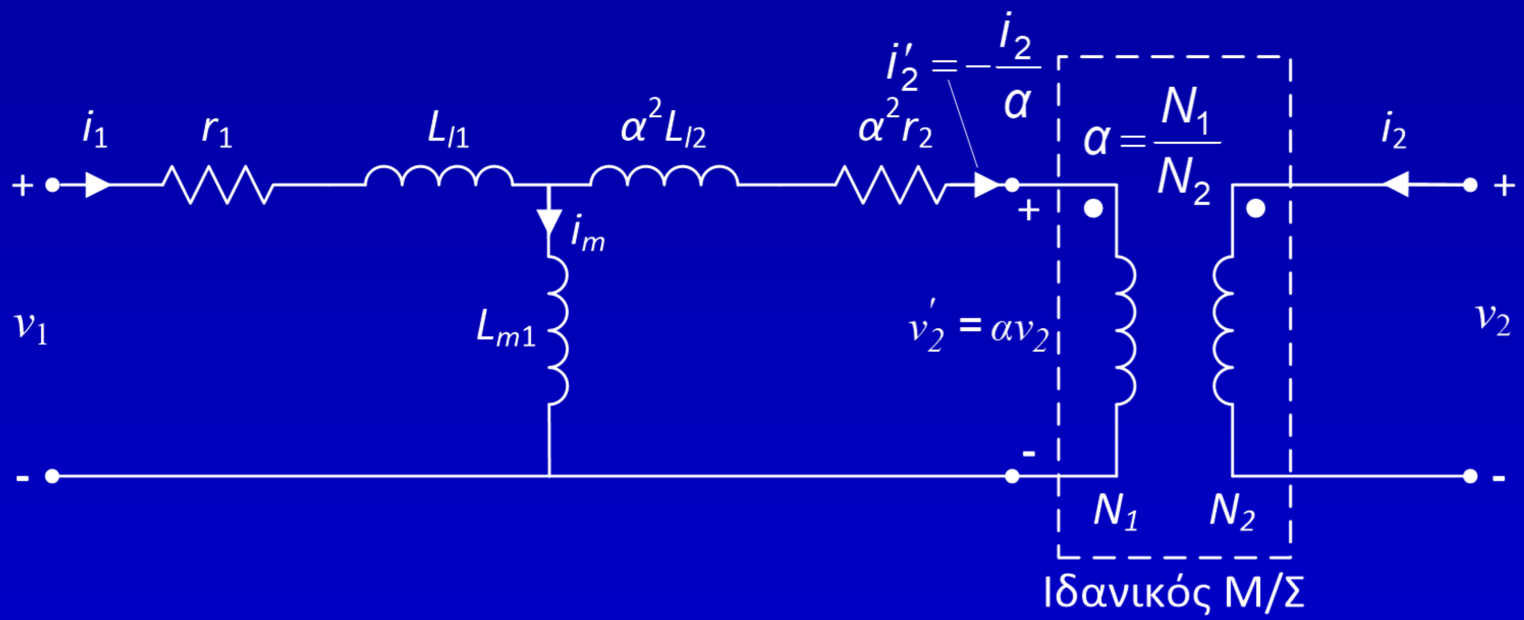
$$\lambda_{l2} = N_2\varphi_{l2} = L_{l2}i_2 \qquad v_2 = r_2 i_2 + L_{l2}\frac{di_2}{dt} + e_2$$

$$\varphi_m = P_m N_1\left(i_1 + \frac{N_2}{N_1}i_2\right) \qquad e_1 = N_1\frac{d\varphi_m}{dt} = P_m N_1^2 \frac{d}{dt}\left(i_1 + \frac{N_2}{N_1}i_2\right) = L_{m1}\frac{d}{dt}i_{m1}$$



Ιδανικός Μ/Σ

ΙΣΟΔΥΝΑΜΟ ΚΥΚΛΩΜΑ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗ ΑΝΗΓΜΕΝΟ ΣΤΟ ΠΡΩΤΕΥΟΝ



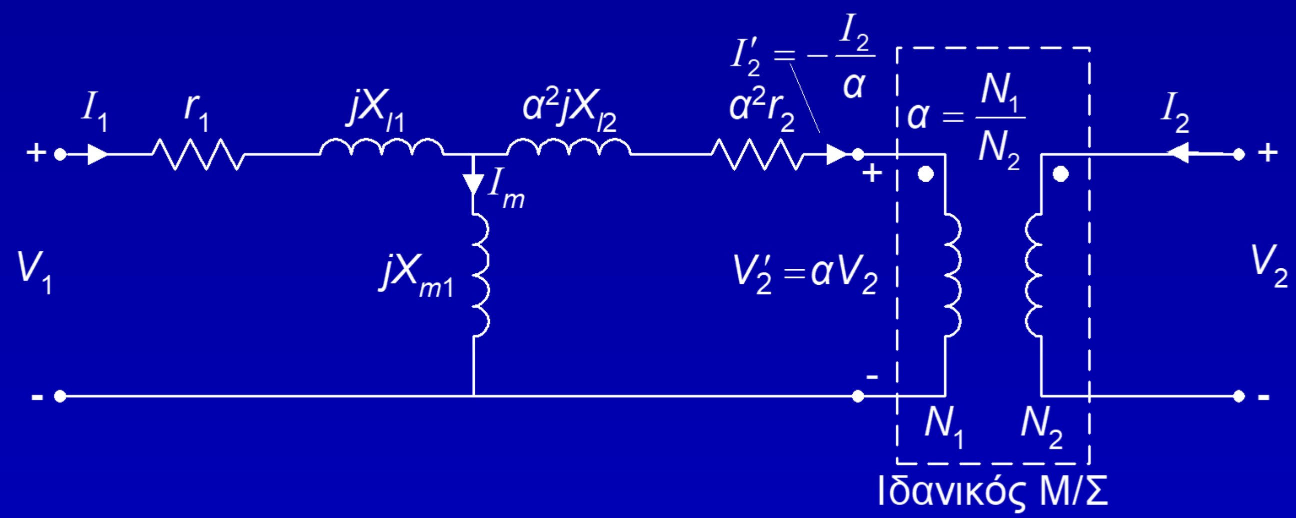
Τ – ισοδύναμο

ΙΣΟΔΥΝΑΜΟ ΚΥΚΛΩΜΑ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗ ΣΤΗ ΜΟΝΙΜΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Αντιδράσεις σκέδασης

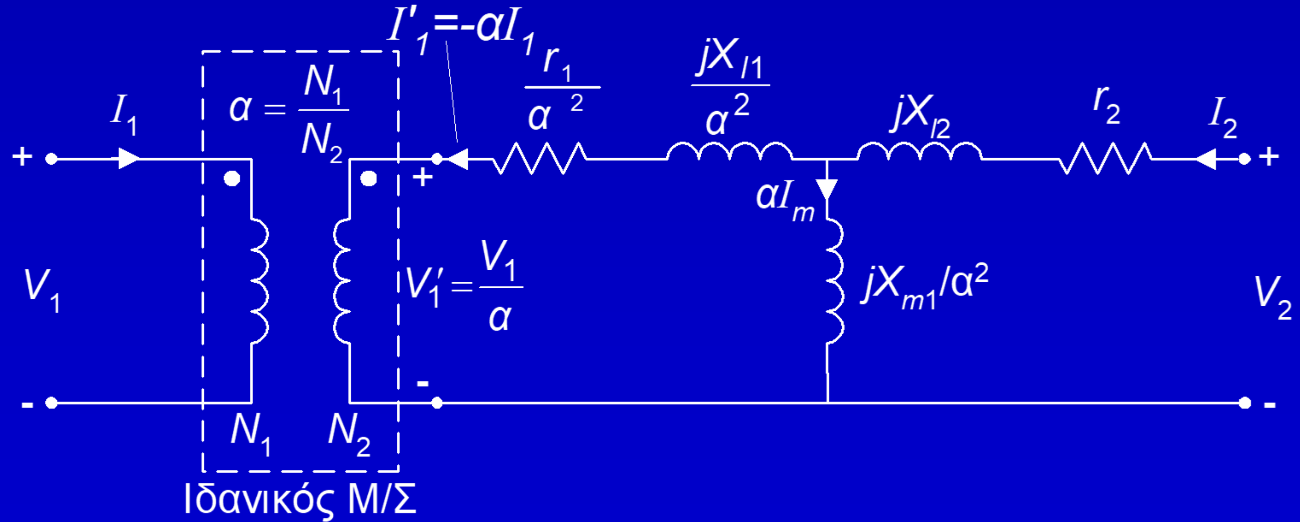
$X_{l1}=\omega L_{l1}$

$X_{l2}=\omega L_{l2}$

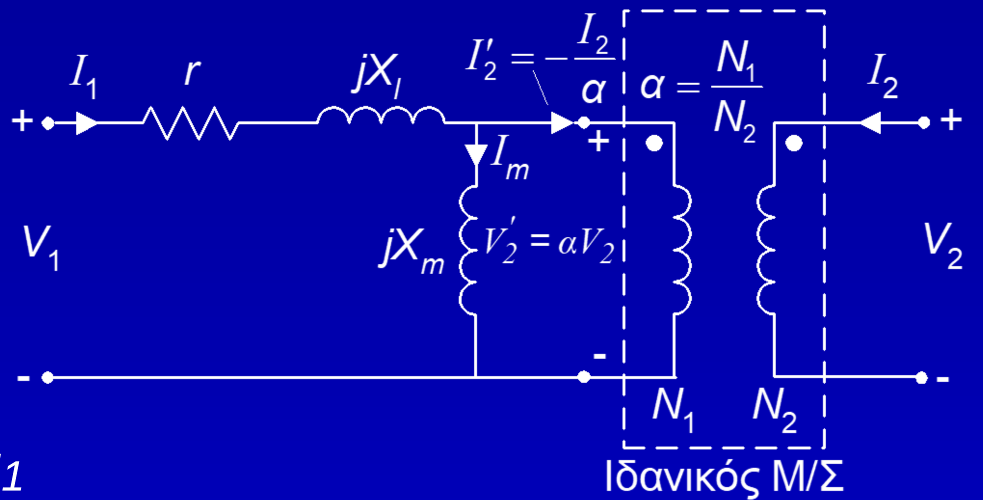


Αντίδραση Μαγνήτισης

$X_{m1}=\omega L_{m1}$



ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΤΙΚΟ ΙΣΟΔΥΝΑΜΟ ΚΥΚΛΩΜΑ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗ

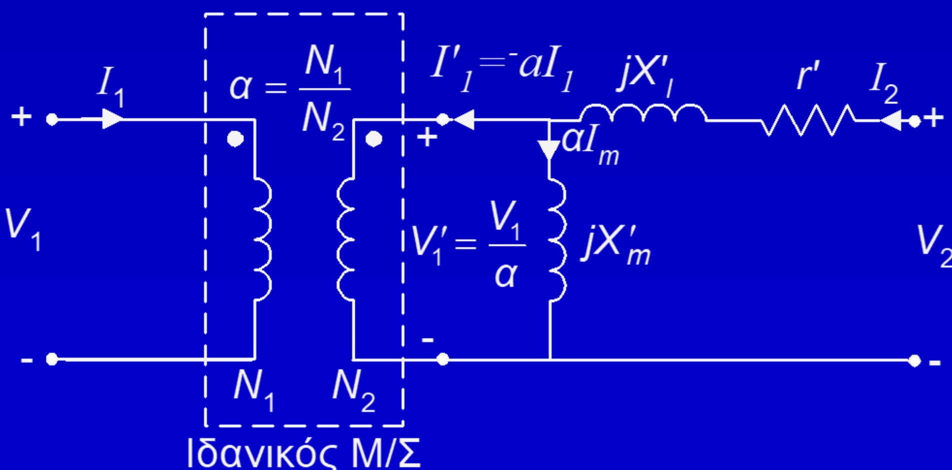


$$r = r_1 + \alpha^2 r_2$$

$$X_l = X_{l1} + \alpha^2 X_{l2}$$

$$X_m = X_{m1}$$

Im : 2-4% I1

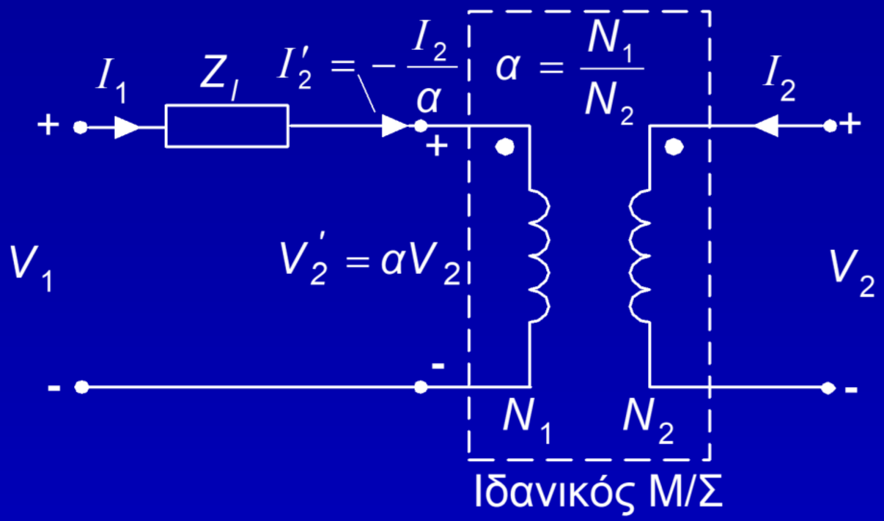


$$r' = \frac{r}{\alpha^2} = \frac{r_1}{\alpha^2} + r_2$$

$$X'_l = \frac{X_l}{a^2} = \frac{X_{l1}}{a^2} + X_{l2}$$

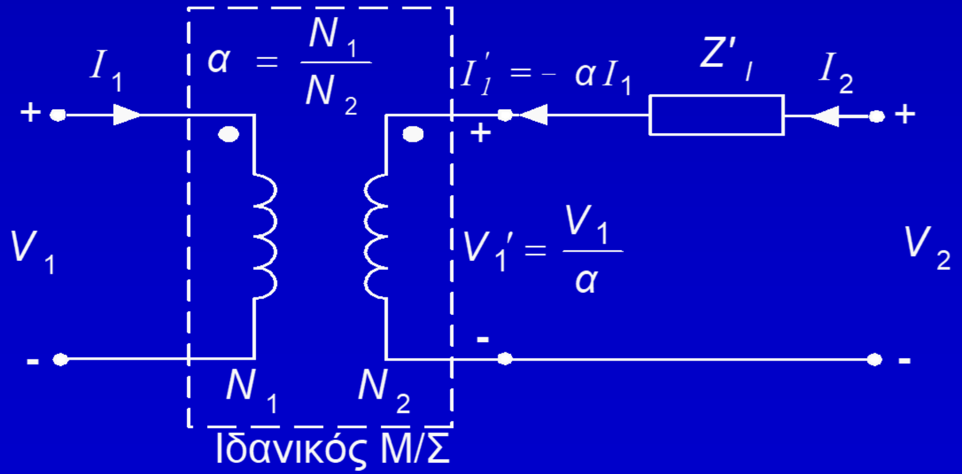
$$X'_m = \frac{X_m}{a^2}$$

ΑΠΛΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΙΣΟΔΥΝΑΜΟ ΚΥΚΛΩΜΑ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗ



$$Z_l = r + jX_l$$

$$Z_l \approx jX_l$$



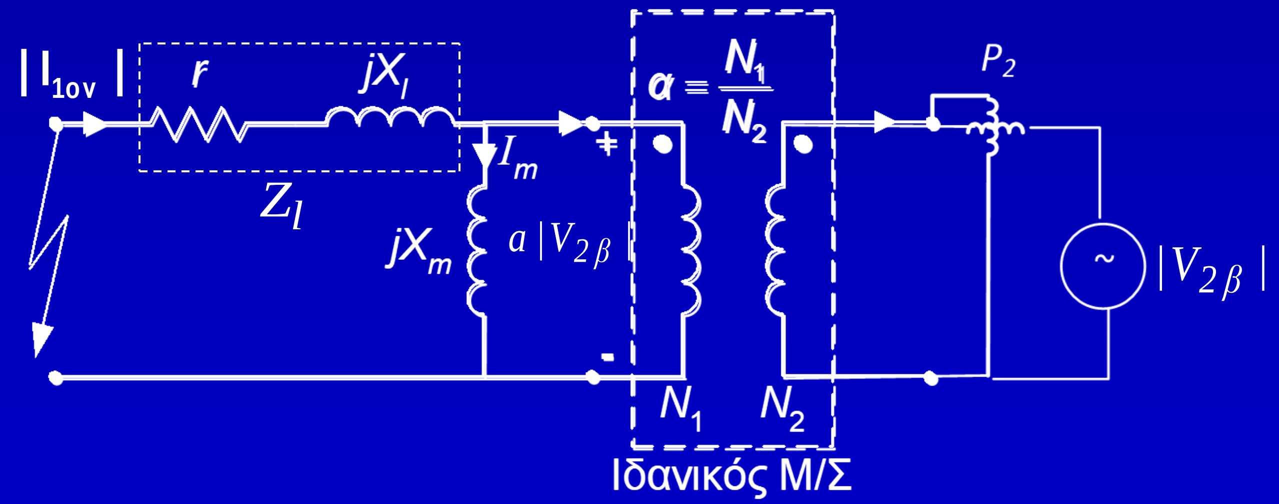
$$Z_l' = r' + jX_l'$$

$$Z_l' \approx jX_l'$$

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΜΟΝΟΦΑΣΙΚΟΥ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗ

Δοκιμή βραχυκύκλωσης

- ***Τύλιγμα χαμηλής τάσης:*** ***βραχυκύκλωμα***
- ***Τύλιγμα υψηλής τάσης:*** ***εφαρμόζεται τάση*** $|V_{2\beta}|$ ***τέτοια ώστε να ρεύσει ονομαστικό ρεύμα βραχυκύκλωσης***



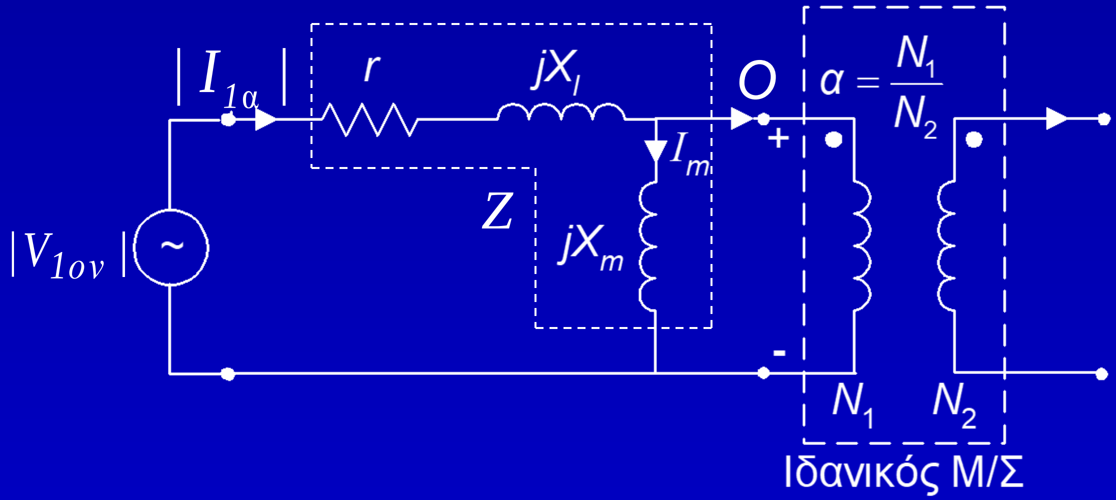
$$|Z_l| = \frac{a\,|V_{2\beta}|}{|I_{1ov}|}$$

$$\boxed{r = \frac{P_2}{|I_{1ov}|^2}}$$

$$\boxed{X_l = \sqrt{|Z_l|^2 - r^2}}$$

Δοκιμή ανοικτοκύκλωσης

- **Τύλιγμα υψηλής τάσης: ανοικτό κύκλωμα**
- **Τύλιγμα χαμηλής τάσης: εφαρμόζεται ονομαστική τάση**



$$|Z| = \sqrt{r^2 + (X_l + X_m)^2} = \frac{|V_{1ov}|}{|I_{1\alpha}|}$$

$$\boxed{X_m = \sqrt{|Z|^2 - r^2} - X_l}$$

Παράδειγμα 1(I)

Να προσδιοριστούν οι παράμετροι X_l, X_m και r ενός μονο-φασικού μετασχηματιστή δύο τυλιγμάτων με ονομαστικά χαρακτηριστικά 30 MVA, 13.2/66.4kV που υφίσταται:
α) Δοκιμή βραχυκύκλωσης με $|V_{2\beta}|$=7.97 kV και P_2=206 kW.
β) Δοκιμή ανοικτοκύκλωσης με $|I_{1\alpha}|$=70.17 A.

$$|I_{1ov}| = \frac{|S_1|}{|V_1|} = \frac{30000}{13.2} = 2272.7 \text{ A}$$

$$|Z_l| = \frac{a|V_{2\beta}|}{|I_{1ov}|} = \frac{13.2}{66.4} \times \frac{7970}{2272.7} = 0.7 \ \Omega$$

$$r = \frac{P_2}{|I_{1ov}|^2} = \frac{206000}{2272.7^2} = 0.04 \ \Omega$$

$$X_l = \sqrt{|Z_l|^2 - r^2} = \sqrt{0.7^2 - 0.04^2} = 0.7 \ \Omega$$

Παράδειγμα 1(ΙΙ)

$$|Z| = \sqrt{r^2 + \left(X_l + X_m\right)^2} = \frac{|V_{1ov}|}{|I_{1\alpha}|} = \frac{13200}{70.17} = 188.1\ \Omega$$

$$X_m = \sqrt{|Z|^2 - r^2} - X_l = \sqrt{188.1^2 - 0.04^2} - 0.7 \approx 187.4\ \Omega$$

$$V_{Xl} = X_l\,|I_{1ov}| \square 0.7 \square 2272.7 \square 1.591\ kV \qquad \square \quad \frac{1.591}{13.2} \square 100 \square 12\%$$

$$|I_m| = \frac{|V_{1ov}|}{X_m} = \frac{13200}{187.4} \approx 70.4\ A \qquad \square \quad \frac{70.4}{2272.7} \square 100 \square 3\%$$

Παράδειγμα 2 (I)

Μονοφασικός Μ/Σ δύο τυλιγμάτων 100 kVA, 400/2000 V έχει παραμέτρους :

$$r_1 = 0.01\ \Omega,\ r_2 = 0.25\ \Omega,\ X_{l1} = 0.03\ \Omega,\ X_{l2} = 0.75\ \Omega,\ X_m = 160\ \Omega$$

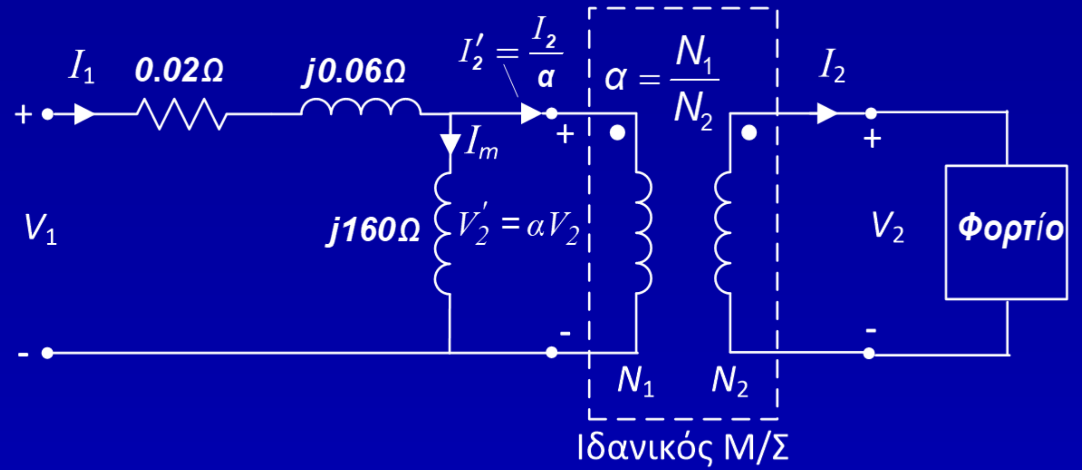
Αν ο Μ/Σ τροφοδοτεί φορτίο 90 kVA στα 2000 V με ΣΙ=0.8 επαγ., να υπολογιστεί η τάση και το ρεύμα πρωτεύοντος.

$$\alpha = \frac{400}{2000} = \frac{1}{5} = 0.2$$

$$r = r_1 + \alpha^2 r_2 = 0.01 + 0.2^2 \times 0.25 = 0.02\ \Omega$$

$$X_l = X_{l1} + \alpha^2 X_{l2} = 0.03 + 0.2^2 \times 0.75 = 0.06\ \Omega$$

Παράδειγμα 2 (ΙΙ)



$$V_2' = \alpha V_2 = 0.2 \times 2000\angle 0^\circ = 400\angle 0^\circ \text{ V}$$

$$|I_2| = \frac{|S_2|}{|V_2|} = \frac{90}{2} = 45 \text{ A} \qquad \Rightarrow \quad I_2 = |I_2|\angle -\cos^{-1} 0.8 = 45\angle -36.87^\circ \text{ A}$$

$$I_2' = \frac{I_2}{\alpha} = \frac{45\angle -36.87}{0.2} = 225\angle -36.87^\circ \text{ A}, \qquad I_m = \frac{V_2'}{jX_m} = \frac{400\angle 0^\circ}{j160} = 2.5\angle -90^\circ \text{ A}$$

$$I_1 = I_2' + I_m = 225\angle -36.87^\circ + 2.5\angle -90^\circ = 226.5\angle -37.37^\circ \text{ A}$$

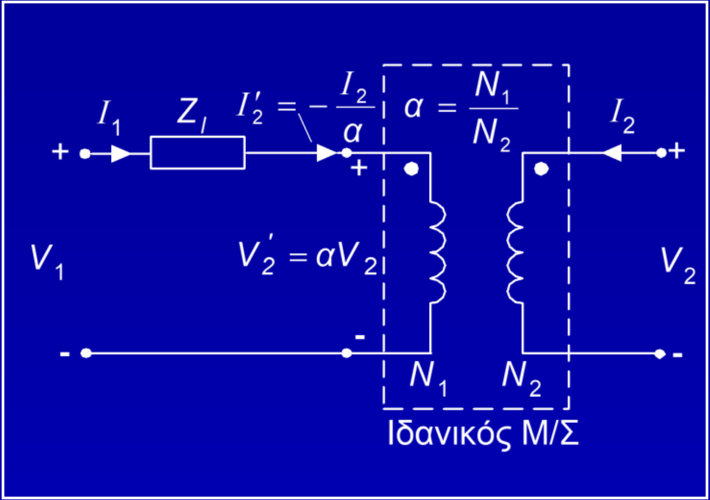
$$V_1 = V_2' + (r + jX_l)I_1 = 400\angle 0^\circ + (0.02 + j0.06) \times 226.5\angle -37.37^\circ = 411.38\angle 1.07^\circ \text{ V}$$

ΑΝΑ ΜΟΝΑΔΑ ΙΣΟΔΥΝΑΜΟ ΚΥΚΛΩΜΑ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗ

$$|V_{b1}|_{1\Phi} = a\,|V_{b2}|_{1\Phi} \longrightarrow$$

$$|I_{b1}|_{1\Phi} = \frac{|S_b|_{1\Phi}}{|V_{b1}|_{1\Phi}} = \frac{|S_b|_{1\Phi}}{a\,|V_{b2}|_{1\Phi}} = \frac{|I_{b2}|_{1\Phi}}{a}$$

$$|Z_{b1}|_{1\Phi} = \frac{|V_{b1}|_{1\Phi}^2}{|S_b|_{1\Phi}} = \frac{a^2\,|V_{b2}|_{1\Phi}^2}{|S_b|_{1\Phi}} = a^2\,|Z_{b2}|_{1\Phi}$$

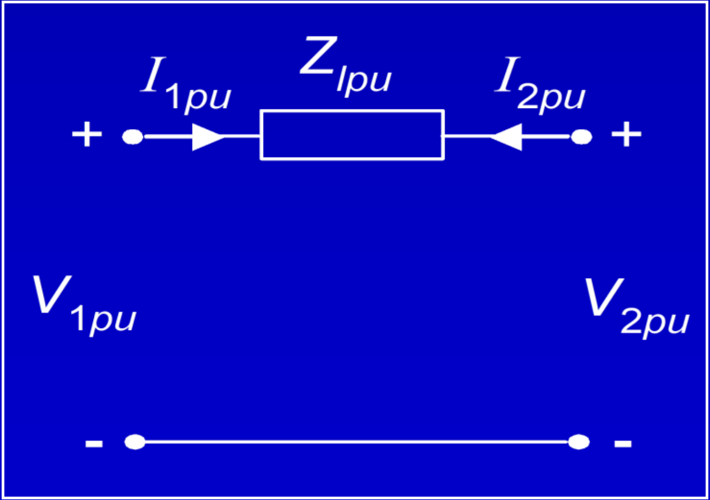


οπότε

$$V_{2pu} = \frac{V_2}{|V_{b2}|_{1\Phi}} = \frac{aV_2}{a\,|V_{b2}|_{1\Phi}} = \frac{V_2'}{|V_{b1}|_{1\Phi}} = V_{2pu}'$$

$$I_{2pu} = \frac{I_2}{|I_{b2}|_{1\Phi}} = \frac{I_2/a}{|I_{b2}|_{1\Phi}/a} = \frac{-I_2'}{|I_{b1}|_{1\Phi}} = -I_{2pu}'$$

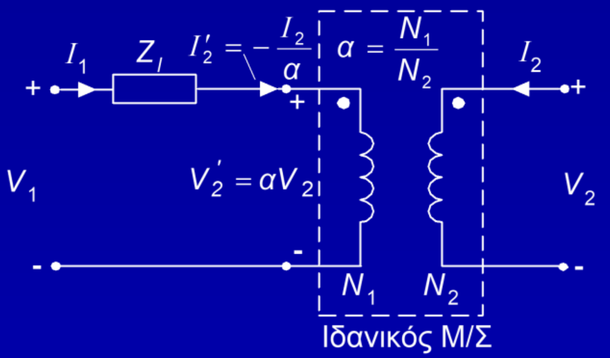
$$Z_{lpu} = \frac{Z_l}{|Z_{b1}|_{1\Phi}} = \frac{Z_l}{a^2\,|Z_{b2}|_{1\Phi}} = \frac{Z_l'}{|Z_{b2}|_{1\Phi}} = Z_{lpu}'$$



π-ΙΣΟΔΥΝΑΜΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗ

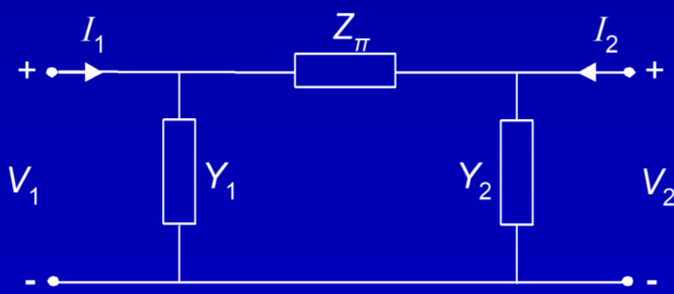
$$I_1 = \frac{V_1 - aV_2}{Z_l} = \frac{1}{Z_l}V_1 - \frac{a}{Z_l}V_2$$

$$I_2 = -aI_1 = -\frac{a}{Z_l}V_1 + \frac{a^2}{Z_l}V_2$$



$$I_1 = \left(\frac{1}{Z_\pi} + Y_1\right)V_1 - \frac{1}{Z_\pi}V_2$$

$$I_2 = -\frac{1}{Z_\pi}V_1 + \left(\frac{1}{Z_\pi} + Y_2\right)V_2$$



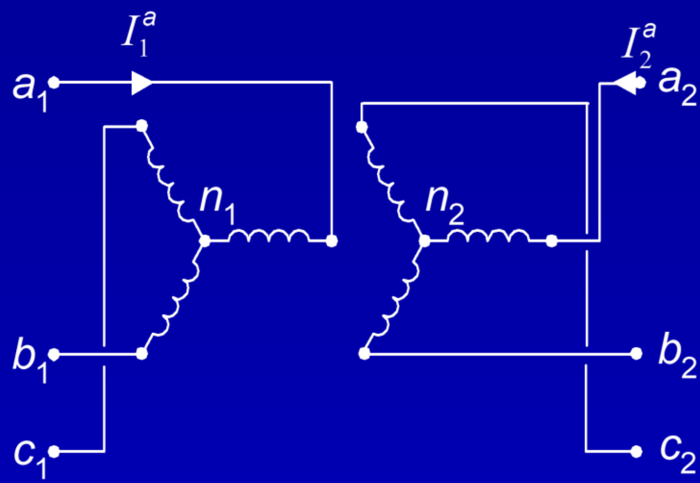
$$Z_\pi = \frac{Z_l}{a} = aZ_l'$$

$$Y_1 = \frac{1}{Z_l}(1-a) = \frac{1}{Z_l'}\frac{1-a}{a^2}$$

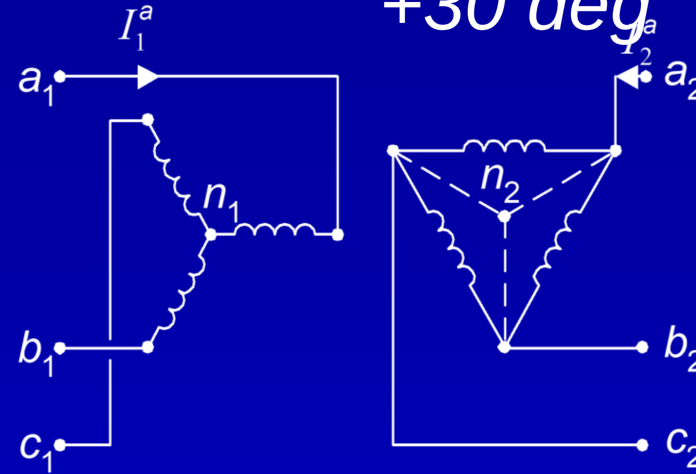
$$Y_2 = \frac{1}{Z_l}a(a-1) = -aY_1 = \frac{1}{Z_l'}\frac{a-1}{a}$$

ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΕΣ ΤΡΙΦΑΣΙΚΩΝ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΩΝ

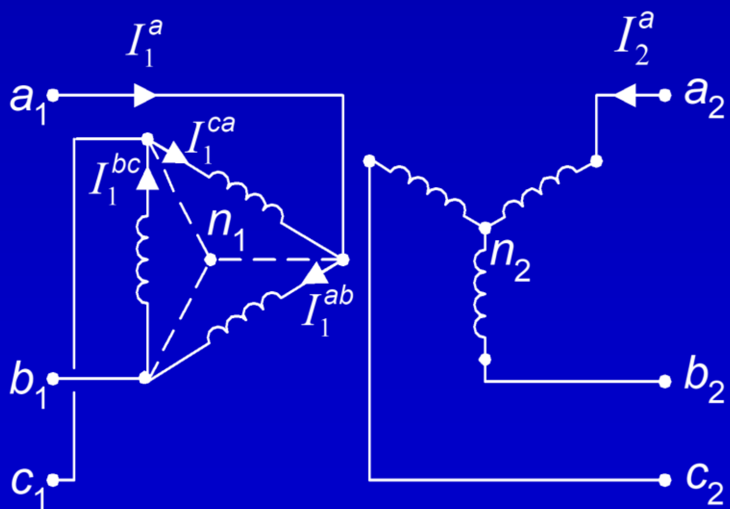
+30 deg



Y-Y συνδεσμολογία

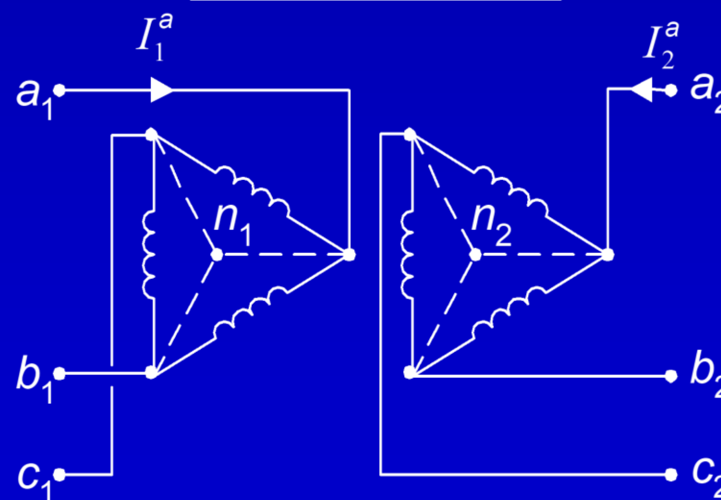


Y-Δ συνδεσμολογία



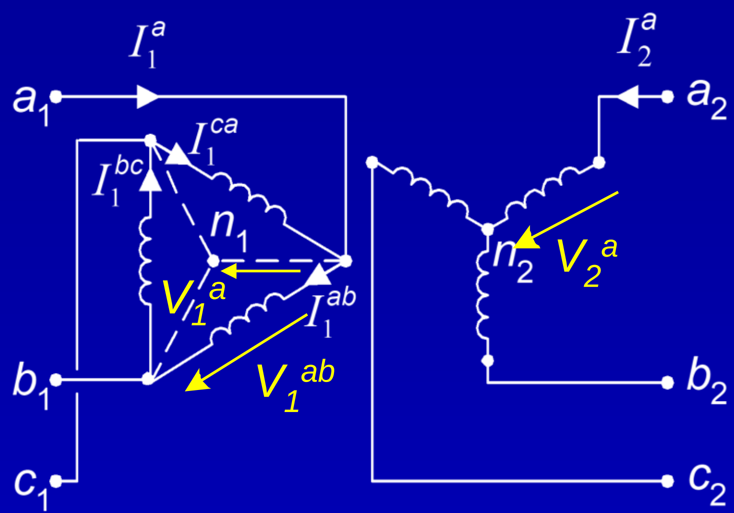
Δ-Y συνδεσμολογία

+30 deg



Δ-Δ συνδεσμολογία

Ο ΜΙΓΑΔΙΚΟΣ ΙΔΑΝΙΚΟΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗΣ



Δ-Υ συνδεσμολογία

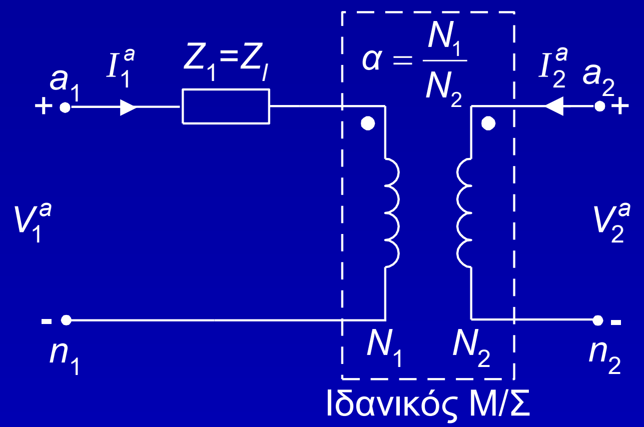
$$\frac{\sqrt{3}V_1^a e^{j30°}}{V_2^a} = \frac{V_1^{ab}}{V_2^a} = \frac{N_1}{N_2} \longrightarrow \boxed{\frac{V_1^a}{V_2^a} = \frac{N_1}{N_2\sqrt{3}} e^{-j30^\circ} = \frac{a}{\sqrt{3}} e^{-j30^\circ} = t}$$

Κατά παρόμοιο τρόπο $\longrightarrow \boxed{\frac{I_1^a}{I_2^a} = -\frac{N_2}{N_1}\sqrt{3}e^{-j30^\circ} = -\frac{1}{t^*}}$

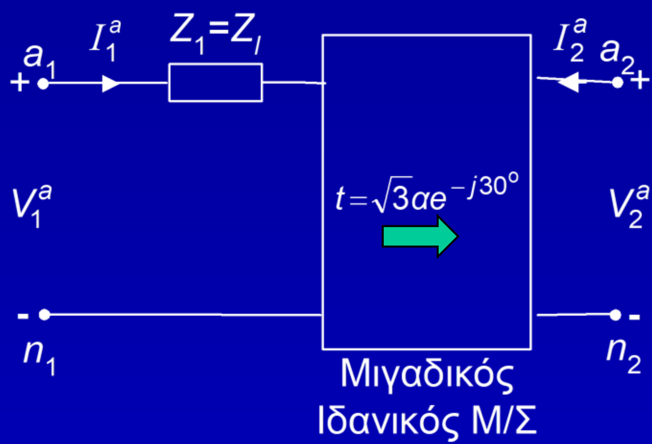
ΛΟΓΟΣ ΦΑΣΙΚΩΝ ΤΑΣΕΩΝ, t ΙΣΟΔΥΝΑΜΩΝ Υ-Υ ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΩΝ

Συνδεσμολογία μετασχηματιστή	$t = V_1^a / V_2^a$
Y-Y	$N_1 : N_2 = a$
Y-Δ	$(N_1 : N_2 / \sqrt{3})e^{-j30^\circ} = \sqrt{3}ae^{-j30^\circ}$
Δ-Y	$(N_1 / \sqrt{3} : N_2)e^{-j30^\circ} = \dfrac{a}{\sqrt{3}}e^{-j30^\circ}$
Δ-Δ	$(N_1 / \sqrt{3} : N_2 / \sqrt{3}) = a$

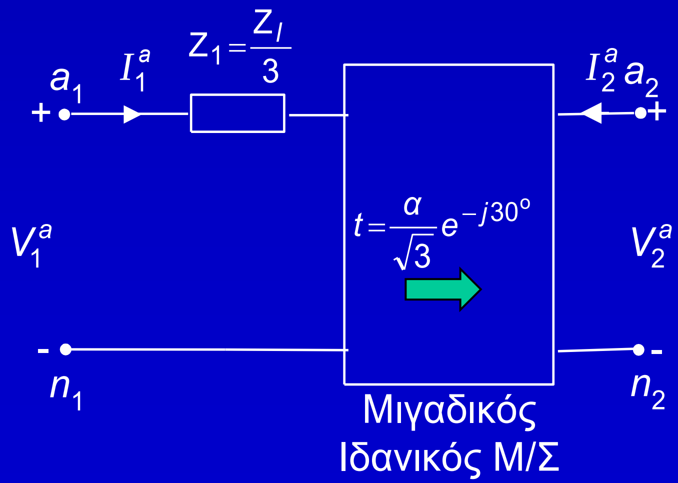
ΜΟΝΟΦΑΣΙΚΑ ΙΣΟΔΥΝΑΜΑ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΩΝ ΤΡΙΦΑΣΙΚΩΝ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΩΝ



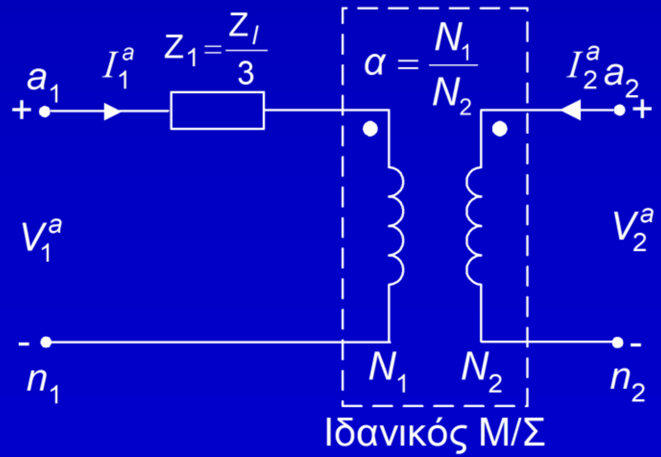
Y-Y συνδεσμολογία



Y-Δ συνδεσμολογία

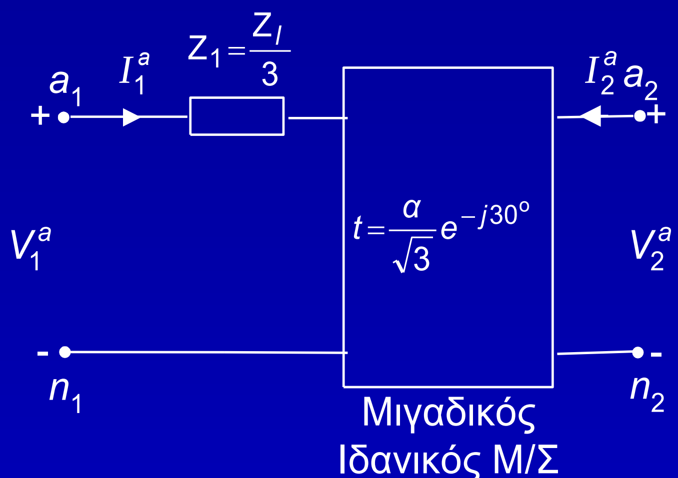


Δ-Y συνδεσμολογία

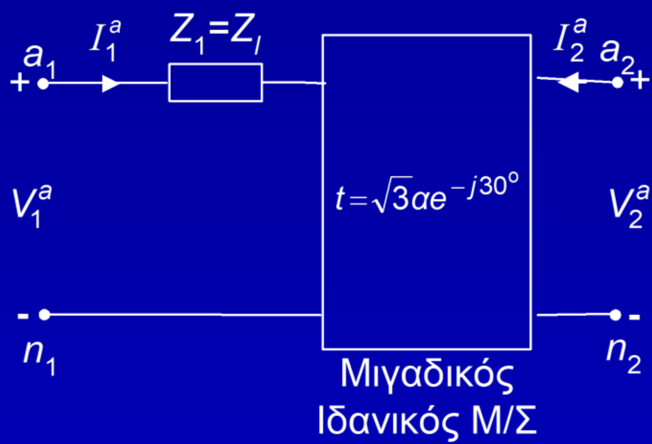


Δ-Δ συνδεσμολογία

ΜΟΝΟΦΑΣΙΚΑ ΙΣΟΔΥΝΑΜΑ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΩΝ ΤΡΙΦΑΣΙΚΩΝ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΩΝ



Δ-Υ συνδεσμολογία



Υ-Δ συνδεσμολογία

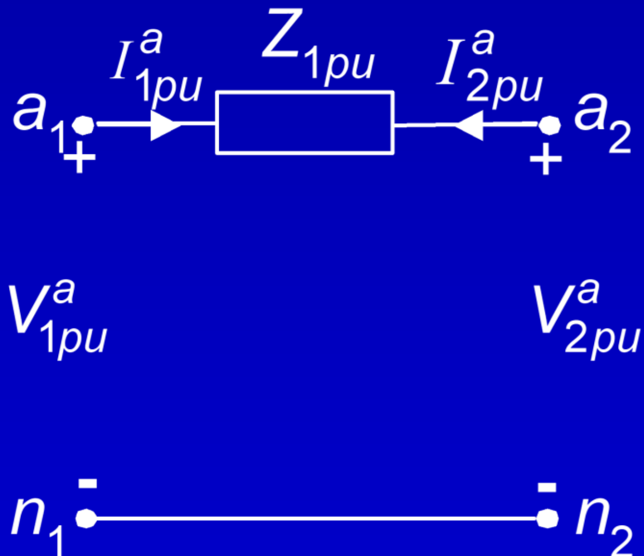
$$V_2^a = \frac{V_1^a}{t} = \frac{V_1^a}{|t|} e^{j30^0}$$

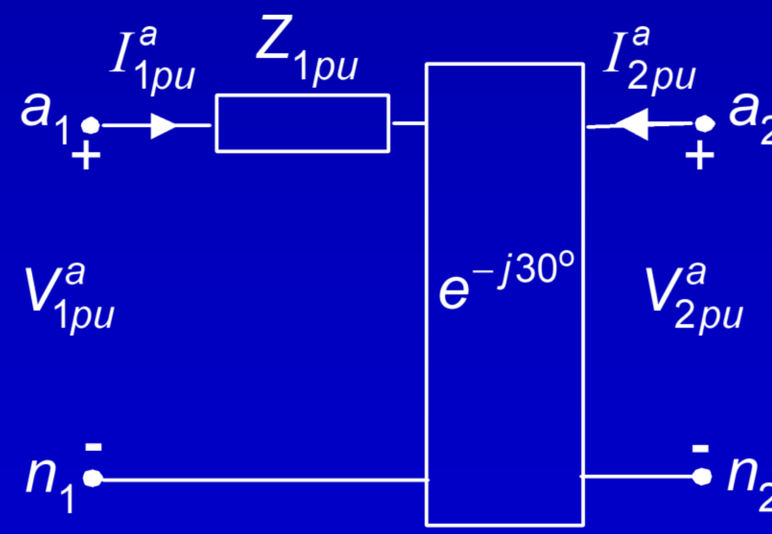
$$I_2^a = -tI_1^a = -|t| I_1^a e^{j30^0}$$

ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΗ
Μετατόπιση 30 μοιρών Τάσης & Ρεύματος

ΑΝΑ ΜΟΝΑΔΑ ΜΟΝΟΦΑΣΙΚΑ ΙΣΟΔΥΝΑΜΑ ΤΡΙΦΑΣΙΚΩΝ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΩΝ

$$\frac{|V_{b1}|_{1\Phi}}{|V_{b2}|_{1\Phi}} = \begin{cases} a & \text{για τις Y-Y και Δ-Δ συνδεσμολογίες} \\ \sqrt{3}a & \text{για τη Y-Δ συνδεσμολογία} \\ a/\sqrt{3} & \text{για τη Δ-Y συνδεσμολογία} \end{cases}$$

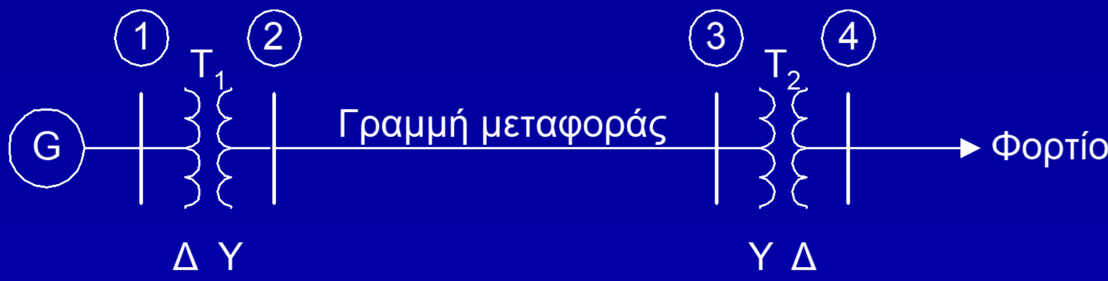




Y-Y ,Δ-Δ συνδεσμολογίες

Y-Δ ,Δ-Y συνδεσμολογίες

Παράδειγμα 3(I)



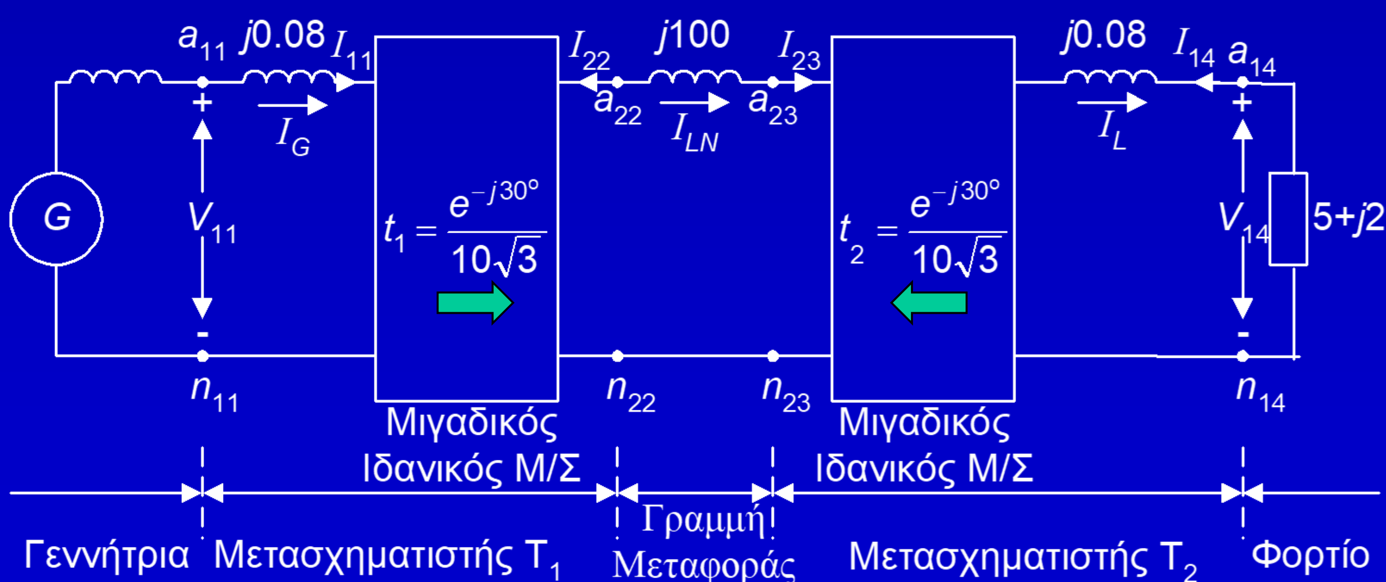
$$Z_L = 5 + j2 \ \ \Omega$$

$$Z_{LN} = j100 \ \ \Omega$$

$$|V_1| = 13.2 \ \ kV$$

$$X_l = 0.24 \ \ \Omega, \quad \alpha = \frac{N_1}{N_2} = \frac{1}{10}$$

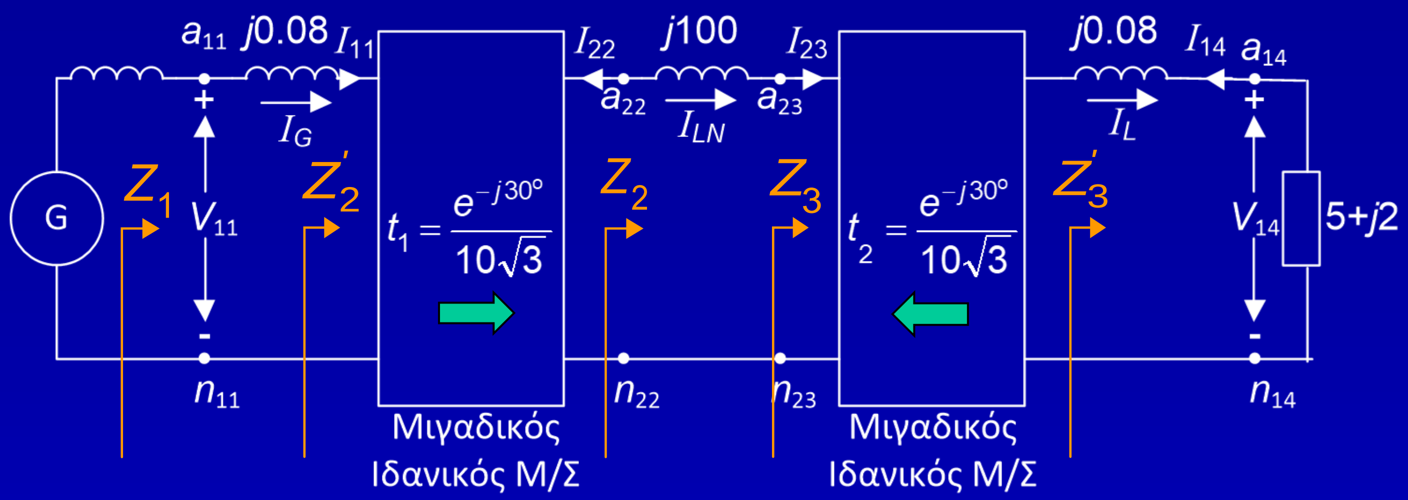
Να βρεθούν τα ρεύματα I_G, I_{LN}, I_L και η ισχύς φορτίου S_L



$$|t_1| = |t_2| = \frac{\alpha}{\sqrt{3}}$$

$$= \frac{1}{10\sqrt{3}}$$

Παράδειγμα 3(II)



$$Z_3' = 5 + j2 + j0.08 = 5 + j2.08 \ \ \Omega$$

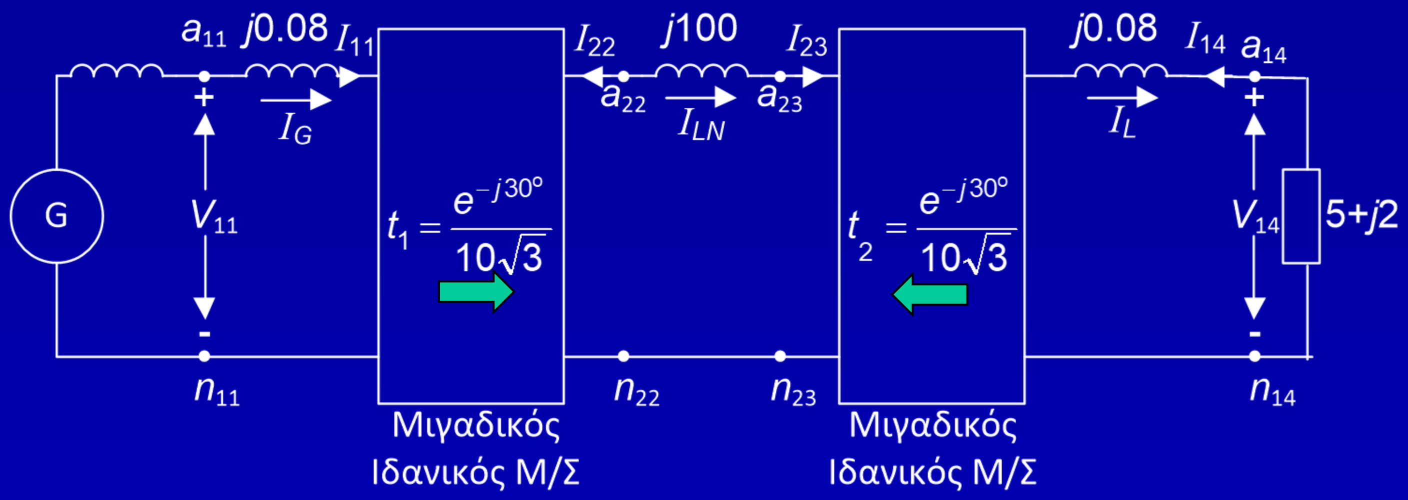
$$Z_3 = \frac{Z_3'}{|t_2|^2} = \left(10\sqrt{3}\right)^2 \left(5 + j2.08\right) = 1500 + j624 \ \ \Omega$$

$$Z_2 = Z_3 + j100 = 1500 + j724 \ \ \Omega$$

$$Z_2' = |t_1|^2 \, Z_2 = \left(\frac{1}{10\sqrt{3}}\right)^2 \left(1500 + j724\right) = 5 + j2.413 \ \ \Omega$$

$$Z_1 = Z_2' + j0.08 = 5 + j2.493 = 5.59\angle 26.5^{\circ} \ \ \Omega$$

Παράδειγμα 3(ΙΙΙ)



$$I_G = \frac{V_{11}}{Z_1} = \frac{\left(13200/\sqrt{3}\right)\angle 0^\circ}{5.59\angle 26.5^\circ} = 1363.15\angle -26.5^\circ \ A$$

$$I_{LN} = t_1^* I_G = \left(\frac{1}{10\sqrt{3}} e^{j30^\circ}\right)\left(1363.15\angle -26.5^\circ\right) = 78.7\angle 3.5^\circ \ A$$

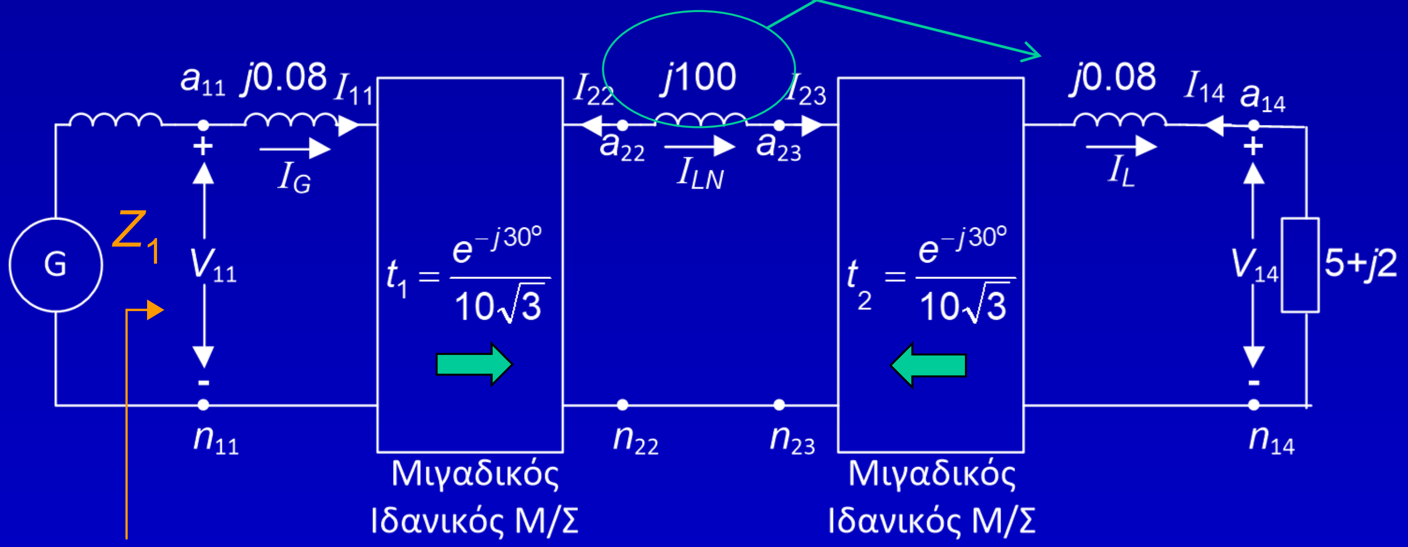
$$I_L = \frac{I_{LN}}{t_2^*} = \left(10\sqrt{3} e^{-j30^\circ}\right)\left(78.7\angle 3.5^\circ\right) = 1363.15\angle -26.5^\circ \ A$$

$$S_L = Z_L \, |I_L|^2 = \left(5 + j2\right)\left(1363.15\right)^2 = 10\angle 21.8^\circ \ MVA$$

Παράδειγμα 3(IV)

(εναλλακτική λύση)

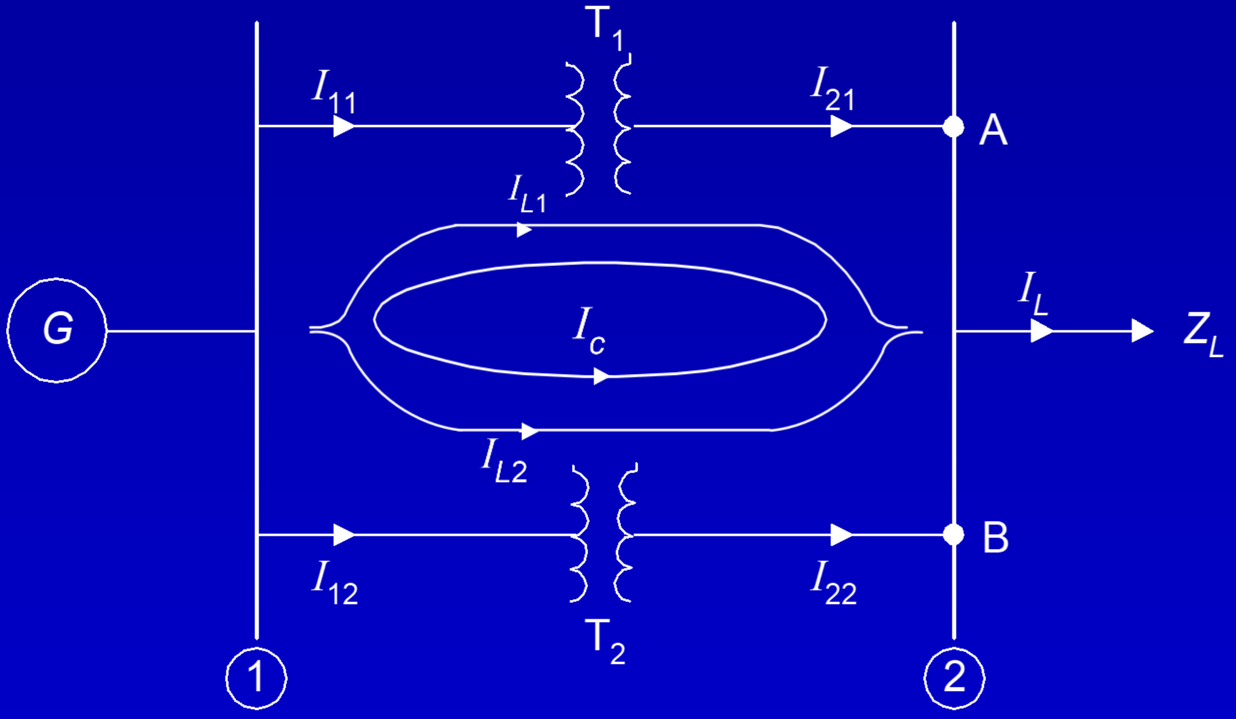
$$+j0.333\ \Omega = |t_1|^2\,(j100) = \left(\frac{1}{10\sqrt{3}}\right)^2 (j100)$$



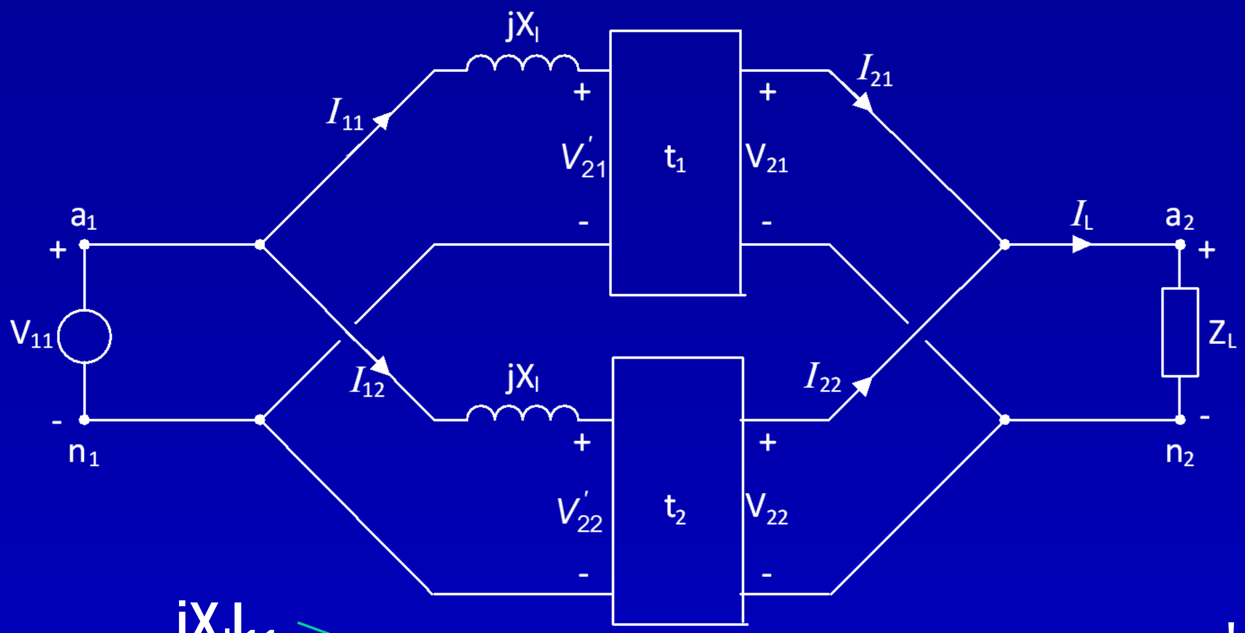
$$Z_1 = 5 + j2 + j0.08 + j0.333 + j0.08 = 5 + j2.493 = 5.59\angle 26.5^\circ\ \Omega$$

$$I_G = I_L = \frac{V_{11}}{Z_1} = \frac{\left(13200/\sqrt{3}\right)\angle 0^\circ}{5.59\angle 26.5^\circ} = 1363.15\angle -26.5^\circ\ A$$

ΠΑΡΑΛΛΗΛΗ ΣΥΝΔΕΣΗ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΩΝ



Παράδειγμα 4(I)



$$|V_{11}| = 13.2 \ kV$$

$$X_l = 0.1 \ \Omega$$

$$Z_L = 100 + j80 \ \Omega$$

$jX_l I_{11}$

$t_1 V_{21} = V_{21}^{'}$

$$V_{11} = jX_l \frac{I_{21}}{t_1^*} + t_1 Z_L (I_{21} + I_{22})$$

$$= (t_1 Z_L + j\frac{X_l}{t_1^*}) I_{21} + t_1 Z_L I_{22}$$

$$V_{11} = t_2 Z_L I_{21} + (t_2 Z_L + j\frac{X_l}{t_2^*}) I_{22} \qquad I_L = I_{21} + I_{22}$$

Παράδειγμα 4(ΙΙ)

$$T_1 : Y - Y,\ \ \alpha_1 = 1:10 \qquad \Rightarrow t_1 = 1:10$$
$$T_2 : Y - Y,\ \ \alpha_2 = 1:16 \qquad \Rightarrow t_2 = 1:16$$

$$I_{21} = 1789.88\angle 69.38^\circ\ A$$
$$I_{22} = 2451.72\angle -84.23^\circ\ A$$
$$I_L = 1162\angle -41.08^\circ\ A$$

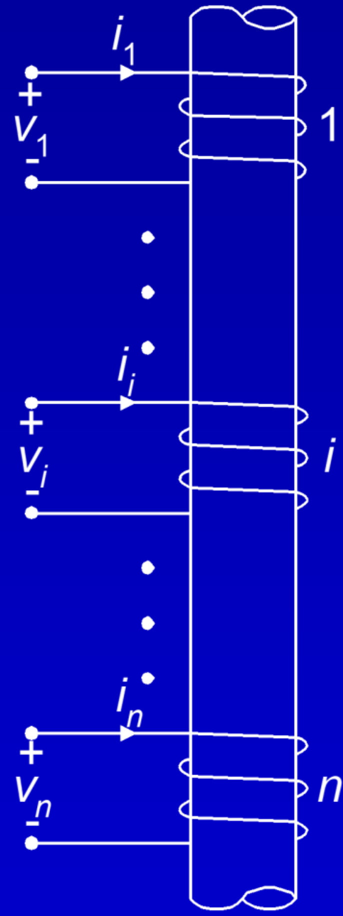
$$T_1 : Y - Y,\ \ \alpha_1 = 1:10 \qquad \Rightarrow t_1 = 1:10$$
$$T_2 : Y - \Delta,\ \ \alpha_2 = 1:10\sqrt{3} \Rightarrow t_2 = \sqrt{3}\left(1/10\sqrt{3}\right)e^{-j30^\circ}$$
$$= 1/\left(10e^{j30^\circ}\right)$$

$$I_{21} = 3062.50\angle -159.1^\circ\ A$$
$$I_{22} = 3799.56\angle 10.25^\circ\ A$$
$$I_L = 971\angle -25.36^\circ\ A$$

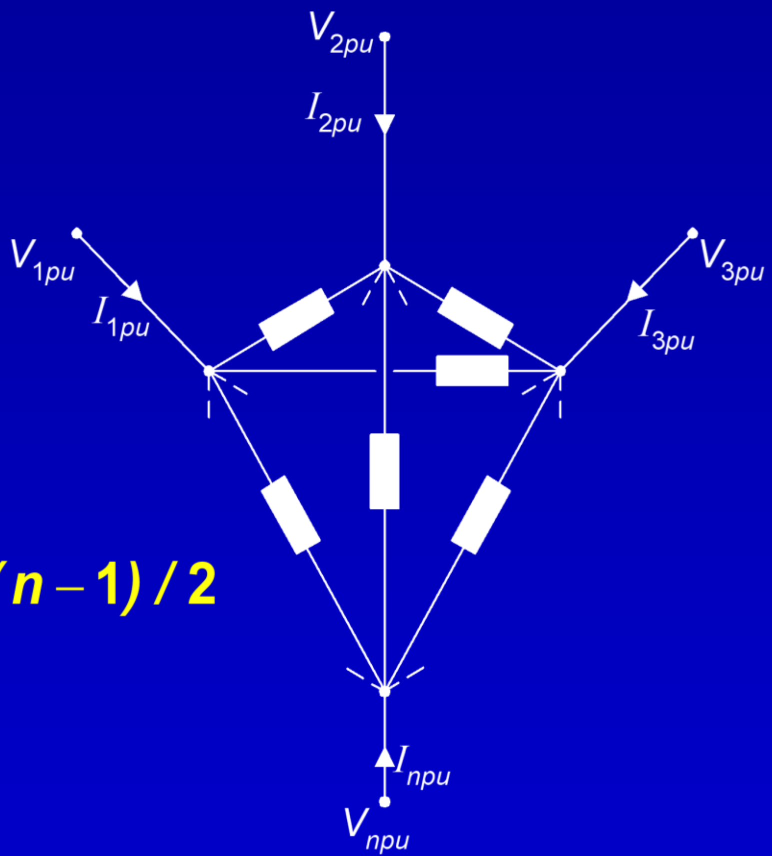
$$T_1 : Y - Y,\ \ \alpha_1 = 1:10 \qquad \Rightarrow t_1 = 1:10$$
$$T_2 : Y - Y,\ \ \alpha_2 = 1:10 \qquad \Rightarrow t_2 = 1:10$$

$$I_{21} = 502.89\angle -40.36^\circ\ A$$
$$I_{22} = 502.89\angle -40.36^\circ\ A$$
$$I_L = 1005.8\angle -40.36^\circ\ A$$

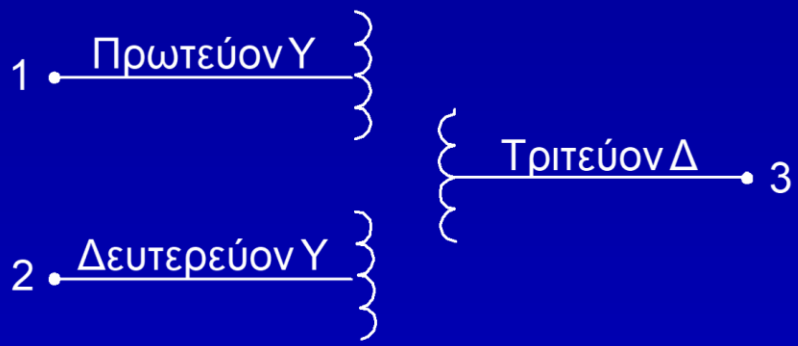
ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΕΣ ΠΟΛΛΩΝ ΤΥΛΙΓΜΑΤΩΝ

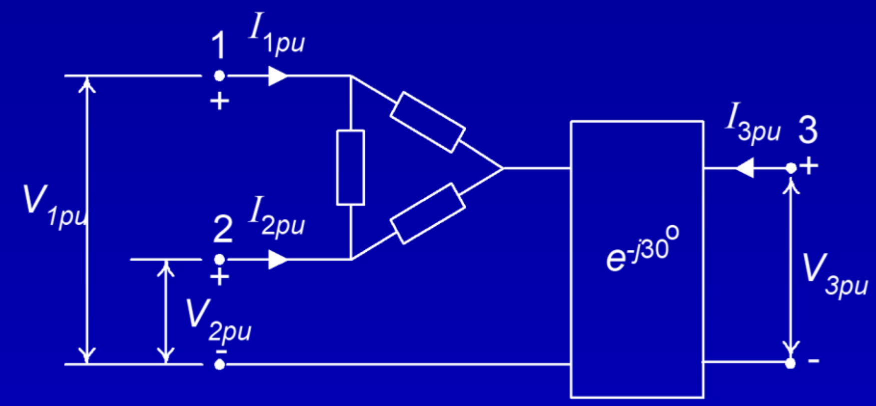


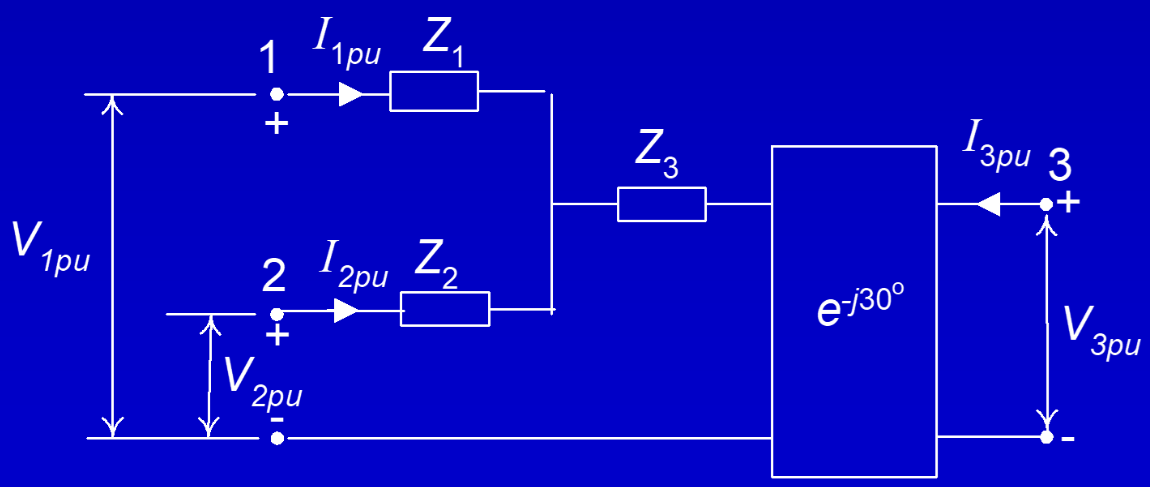
$$n : n(n-1)/2$$



ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗΣ ΤΡΙΩΝ ΤΥΛΙΓΜΑΤΩΝ





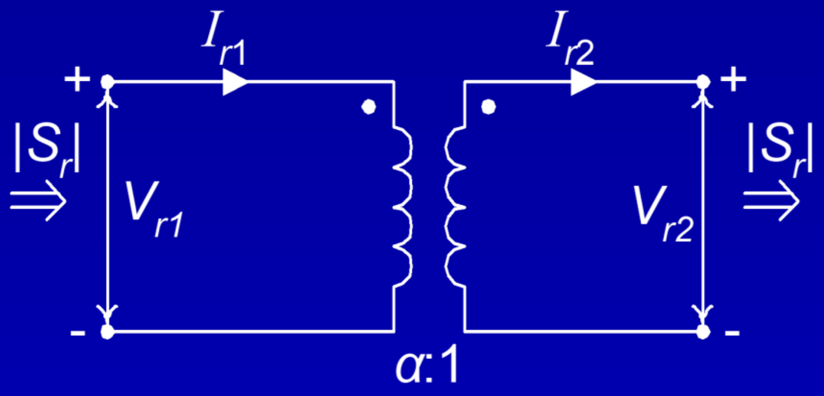


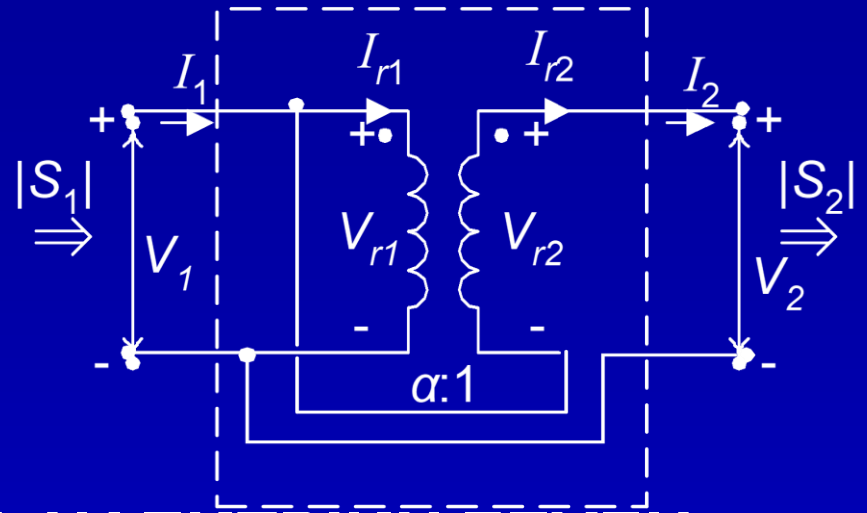
$$Z_1 = \frac{1}{2}(Z_{12} + Z_{13} - Z_{23})$$

$$Z_2 = \frac{1}{2}(Z_{12} + Z_{23} - Z_{13})$$

$$Z_3 = \frac{1}{2}(Z_{13} + Z_{23} - Z_{12})$$

ΑΥΤΟΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΕΣ (Ι)



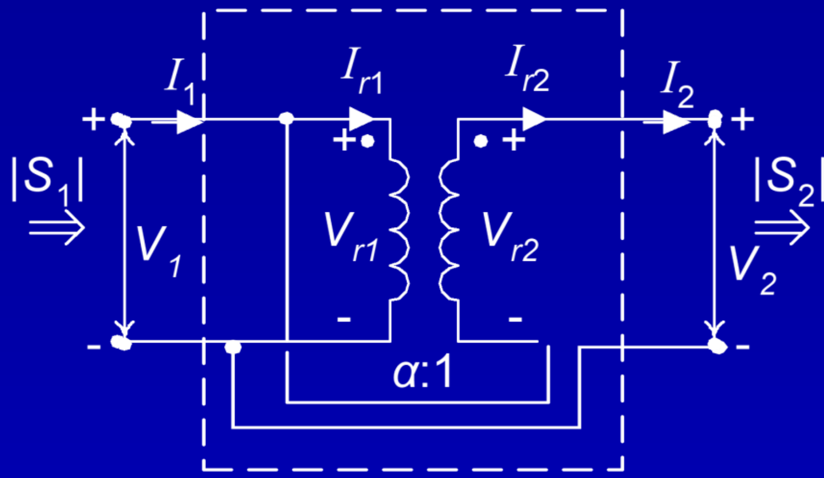


-*ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ & ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΖΕΥΞΗ*

-*Χαμηλότερο κόστος*

- ***Μικρότερο μέγεθος***
- ***Μικρότερο βάρος***
- ***Υψηλότερη απόδοση***
- ***Καλύτερη ρύθμιση τάσης***

ΑΥΤΟΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΕΣ (ΙΙ)



$$|S_1| = |V_1||I_1| = |V_{r1}|(|I_{r1}| + |I_{r2}|) = |V_{r1}||I_{r1}|\left(1 + \frac{|I_{r2}|}{|I_{r1}|}\right) = |S_r|(1+a)$$

$$|S_2| = |V_2||I_2| = (|V_{r1}| + |V_{r2}|)|I_{r2}| = |V_{r2}||I_{r2}|\left(1 + \frac{|V_{r1}|}{|V_{r2}|}\right) = |S_r|(1+a)$$

$$a' = \frac{|V_1|}{|V_2|} = \frac{|V_{r1}|}{|V_{r1}| + |V_{r2}|} = \frac{|V_{r1}|/|V_{r2}|}{|V_{r1}|/|V_{r2}| + 1} = \frac{a}{a+1}$$

$$|Z_{bnew}| = \frac{|V_2|^2}{|S_2|} = \frac{(1+a)^2|V_{r2}|^2}{(1+a)|S_r|} = (1+a)|Z_{bold}|$$

Παράδειγμα 5

$$|I_{r1}| = \frac{|S_r|}{|V_{r1}|} = \frac{60}{2.4} = 25 \ \ A$$

$$|I_{r2}| = \frac{|S_r|}{|V_{r2}|} = \frac{60}{0.24} = 250 \ \ A$$

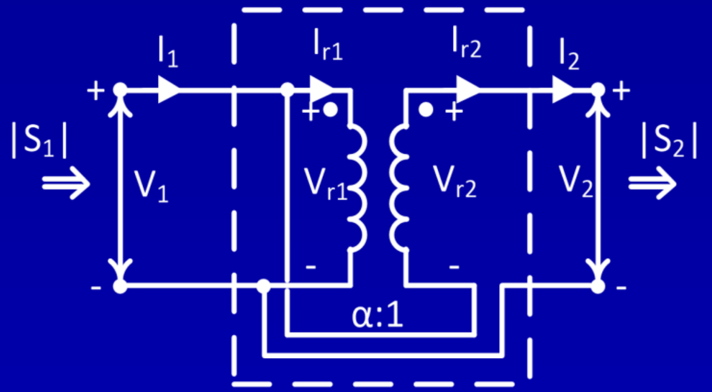
$$|V_2| = |V_{r1}| + |V_{r2}| = 0.24 + 2.4 = 2.64 \ \ kV$$

$$|I_1| = |I_{r1}| + |I_{r2}| = 25 + 250 = 275 \ \ A$$

$$|S_1| = |V_1||I_1| = 2.4 \times 275 = 660 \ \ kVA$$

$$|S_2| = |V_2||I_2| = 2.64 \times 250 = 660 \ \ kVA$$

$$P_2 = |S_2| \cos\varphi = 660 \times 0.8 = 528 \ \ kW$$



60 kVA, 2.4 / 0.24 kV

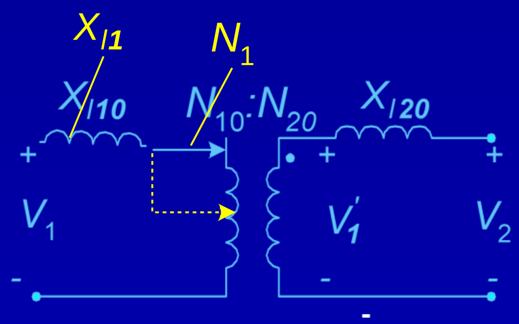
ΣΙ = 0.8

$P_{\alpha\pi} = 1.004 \ \ kW$

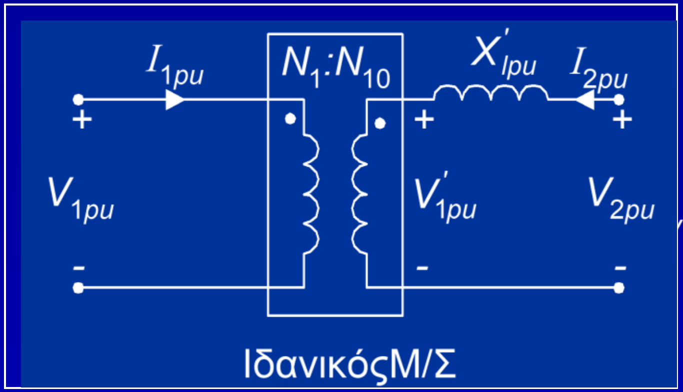
Να βρεθεί η απόδοση του αυτομετασχηματιστή

$$\eta = \frac{P_2}{P_2 + P_{\alpha\pi}} \times 100 = \frac{528}{528 + 1.004} \times 100 = 99.81\%$$

ΑΝΑ ΜΟΝΑΔΑ ΜΟΝΟΦΑΣΙΚΟ ΙΣΟΔΥΝΑΜΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗ ΜΕ ΜΗ ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΟ ΛΟΓΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ



$$\frac{X_{l1}}{X_{l10}} = \left(\frac{N_1}{N_{10}}\right)^2$$



$$a_0 = \frac{N_{10}}{N_{20}} \longrightarrow X'_{l0} = X_{l20} + \frac{X_{l10}}{a_0^2} = X_{l20} + \left(\frac{N_{20}}{N_{10}}\right)^2 X_{l10}$$

$$a = \frac{N_1}{N_{20}} \longrightarrow X'_l = X_{l20} + \frac{X_{l1}}{a^2} = X_{l20} + \left(\frac{N_{20}}{N_1}\right)^2 \left(\frac{N_1}{N_{10}}\right)^2 X_{l10} = X'_{l0}$$

Η X_l αναφερόμενη στο δευτερεύον είναι σταθερή και ανεξάρτητη της λήψης πρωτεύοντος

Αν $\dfrac{|V_{b1}|_{1\Phi}}{|V_{b2}|_{1\Phi}} = \dfrac{N_{10}}{N_{20}} = a_0 \longrightarrow |Z_{b1}|_{1\Phi} = \dfrac{|V_{b1}|^2_{1\Phi}}{|S_b|_{1\Phi}} = \dfrac{a_0^2\,|V_{b2}|^2_{1\Phi}}{|S_b|_{1\Phi}} = a_0^2\,|Z_{b2}|_{1\Phi}$

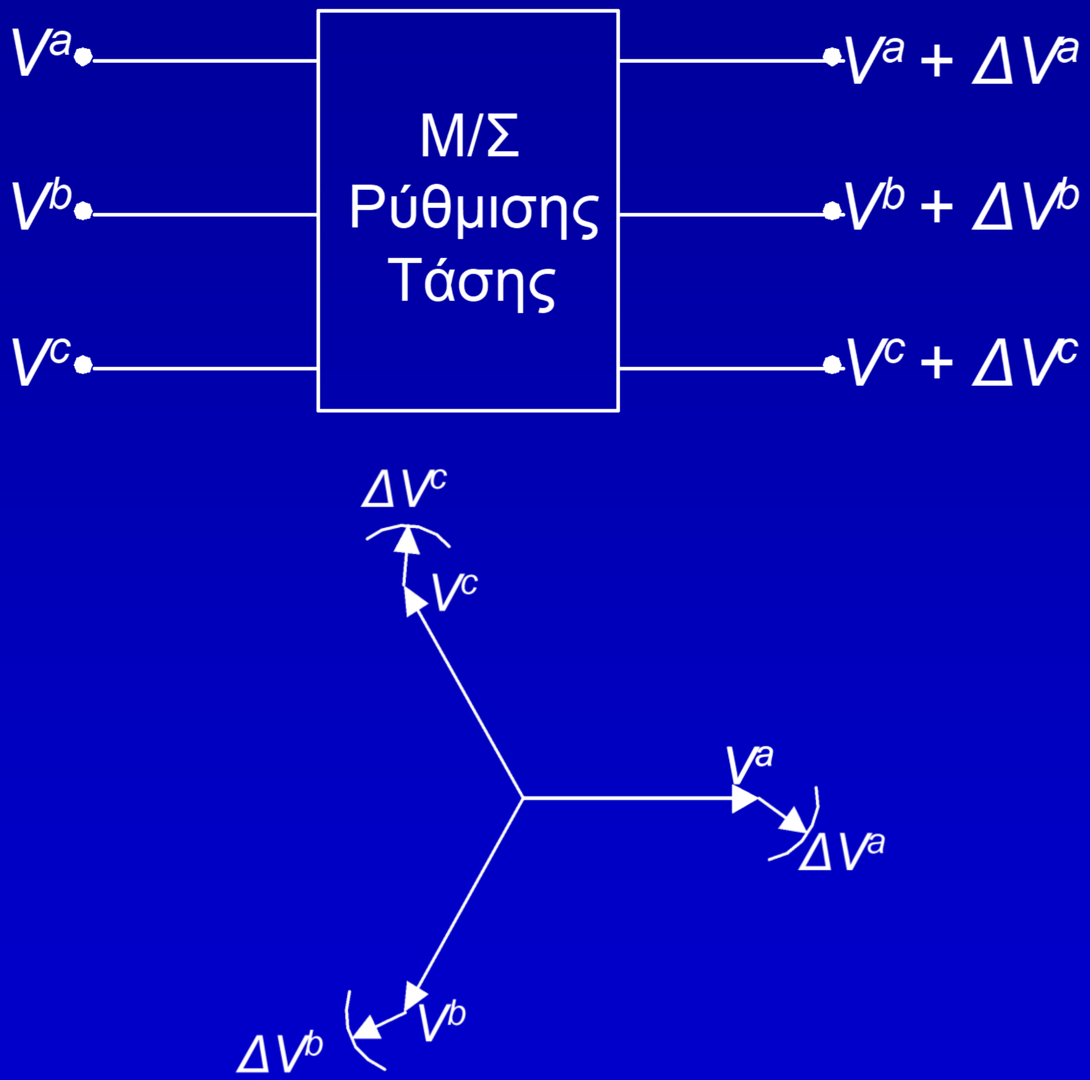
$$V_{1pu} = \frac{V_1}{|V_{b1}|_{1\Phi}} = \frac{V_1/a}{|V_{b1}|_{1\Phi}/a} = \frac{V'_1}{|V_{b2}|_{1\Phi}\,(a_0/a)} = \frac{N_1}{N_{10}} V'_{1pu}$$

$$\therefore$$

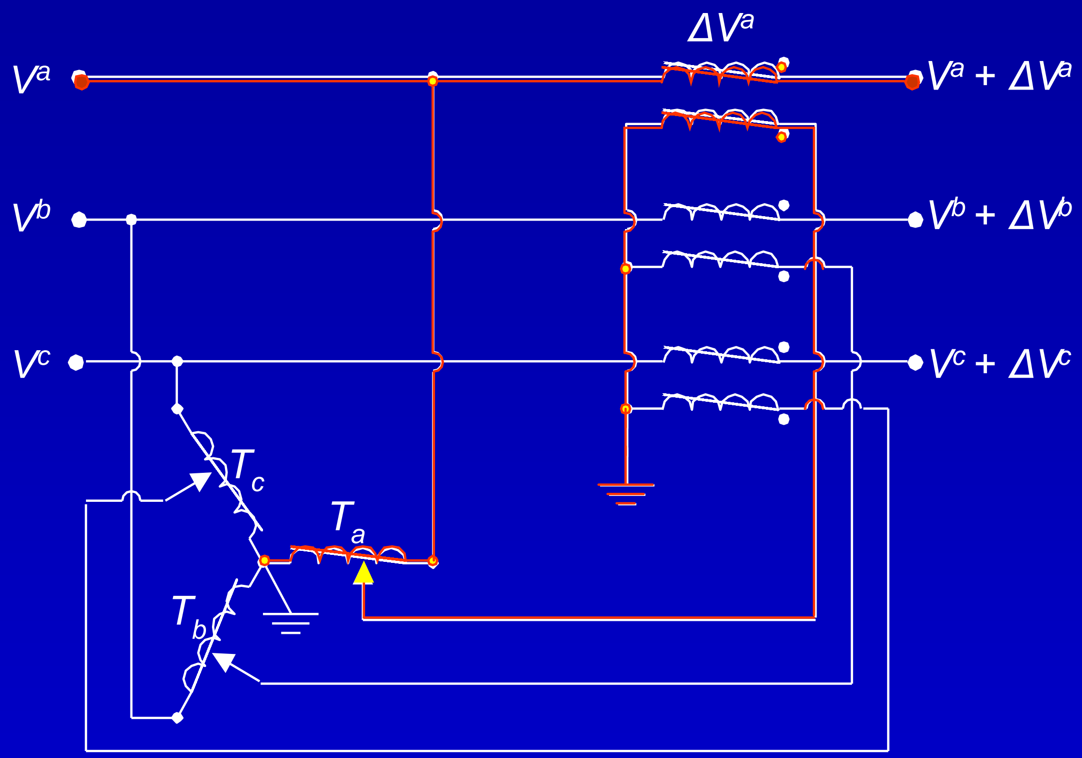
$$X'_{lpu} = \frac{X'_l}{|Z_{b2}|_{1\Phi}} = \frac{X'_{l0}}{|Z_{b2}|_{1\Phi}} = \frac{X_{l20}}{|Z_{b2}|_{1\Phi}} + \frac{X_{l10}}{a_0^2\,|Z_{b2}|_{1\Phi}} = X_{l20pu} + X_{l10pu}$$

Η X'_{lpu} είναι σταθερή, ανεξάρτητη της λήψης και ίση με το άθροισμα των αντιδρ. σκέδασης πρωτ.-δευτ. ανηγμένων στις αντίστοιχες βάσεις

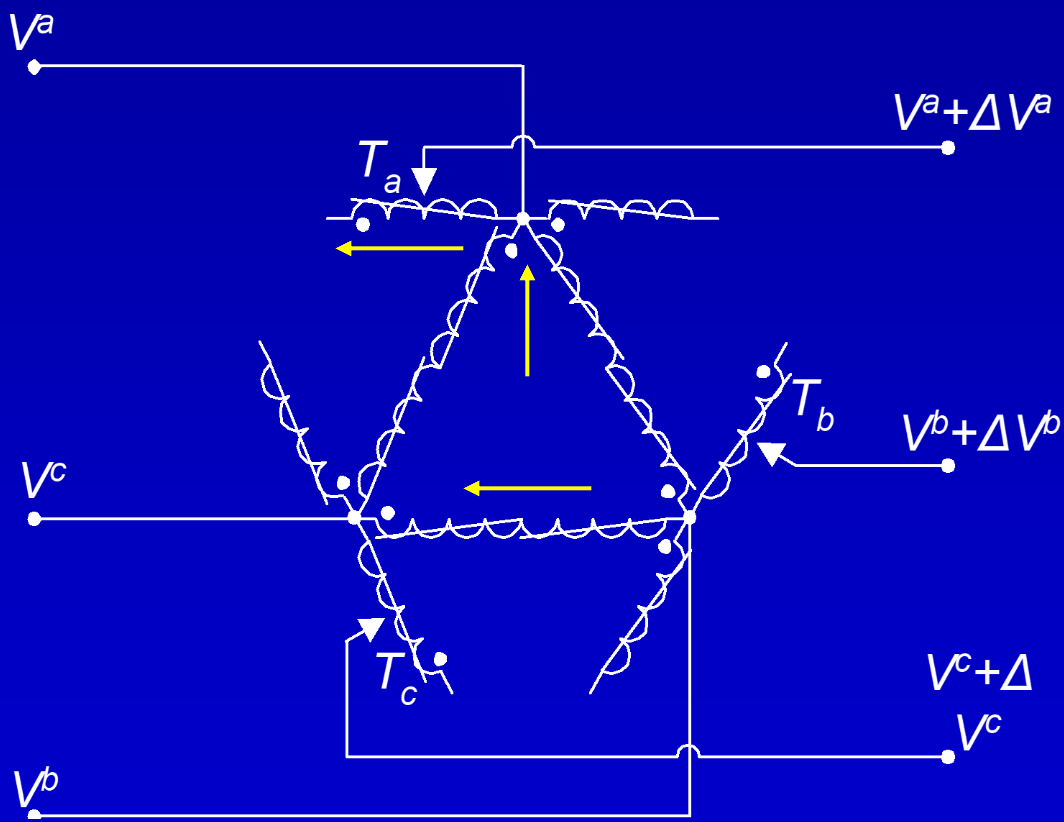
ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΕΣ ΡΥΘΜΙΣΗΣ ΤΑΣΗΣ

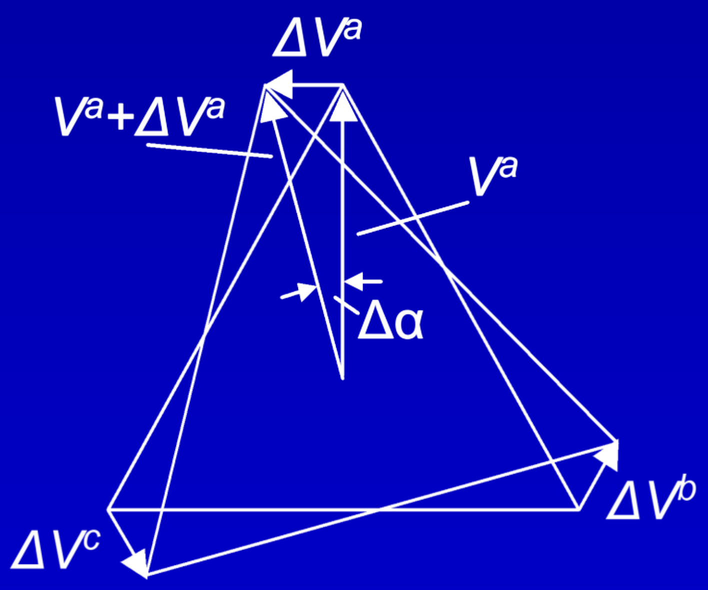


ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΕΣ ΡΥΘΜΙΣΗΣ ΜΕΤΡΟΥ ΤΑΣΗΣ

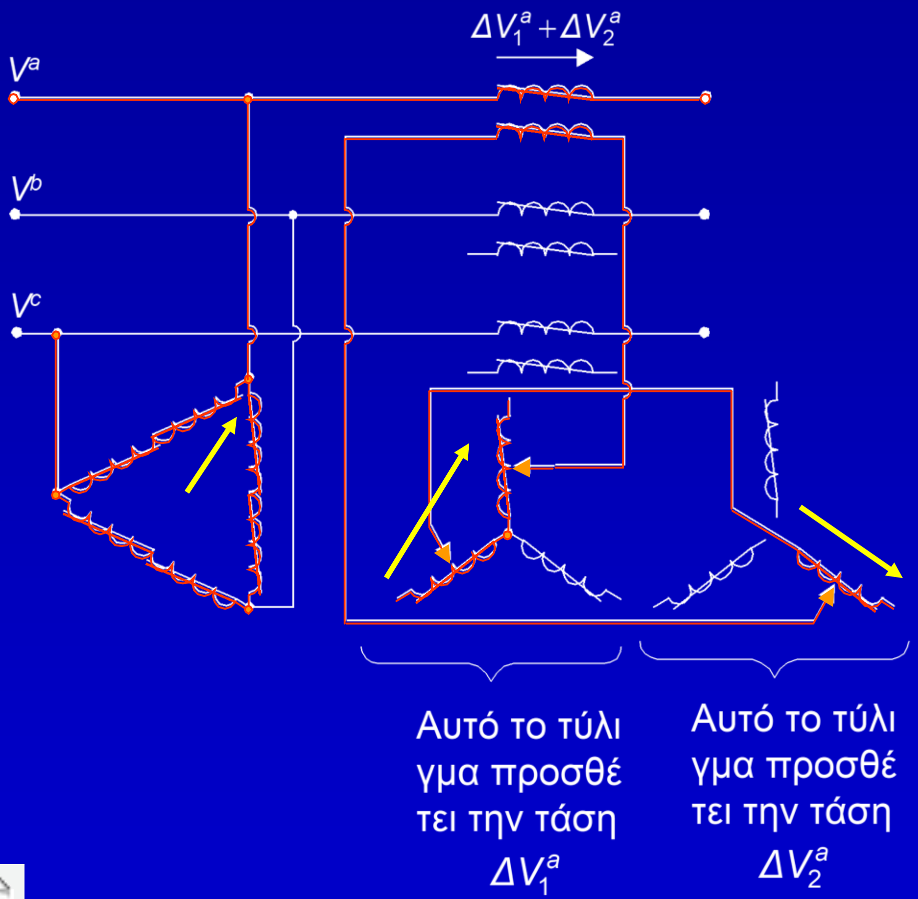


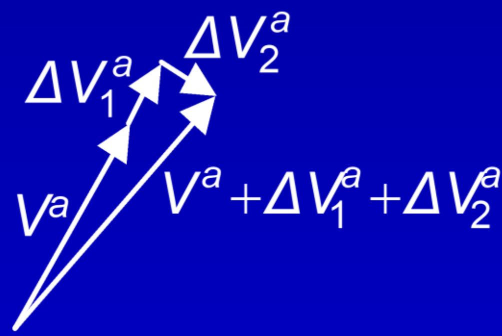
ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΕΣ ΡΥΘΜΙΣΗΣ ΦΑΣΙΚΗΣ ΓΩΝΙΑΣ ΤΑΣΗΣ





ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΕΣ ΡΥΘΜΙΣΗΣ ΜΕΤΡΟΥ ΚΑΙ ΦΑΣΙΚΗΣ ΓΩΝΙΑΣ ΤΑΣΗΣ





ντόμευση για το Example3_13.lnk