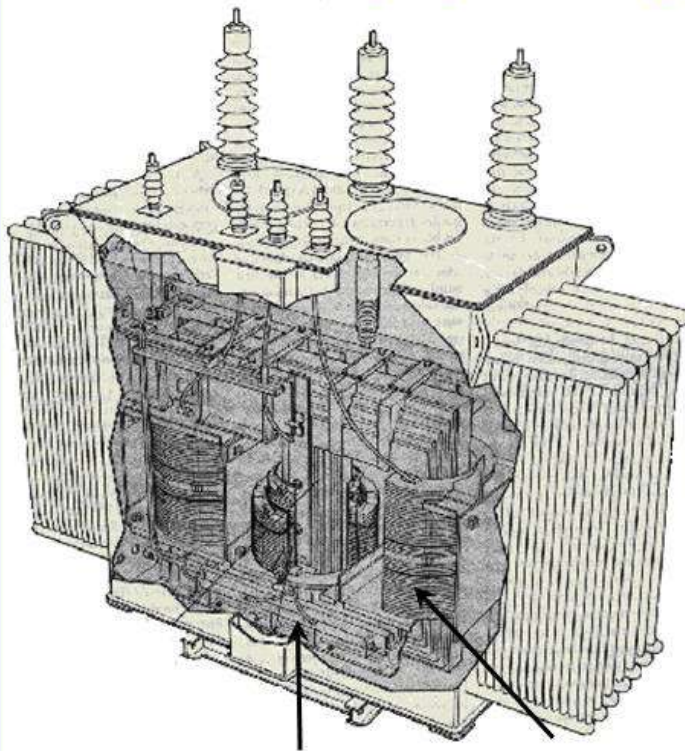




Τριφασικός Μετασχηματιστής



Ενεγό Μέρος: πυρήνας και τυλίγματα

- Ο τριφασικός πυρήνας εξασφαλίζει οικονομία σιδήρου έναντι της συνδέσεως τριών μονοφασικών (Μ/Σ) που παρουσιάζουν μειωμένο κόστος εφεδρείας.
- Οι συνδεσμολογίες των τυλιγμάτων εμφανίζουν συμπληρωματικά πλεονεκτήματα και γιαυτό συνήθως συνδυάζεται αστέρας και τρίγωνο

$$J_{\max} = 4 \text{ A/mm}^2$$

$$B_{\max} = 1.5 \text{ T}$$



Τριφασικός Μετασχηματιστής

Ονομαστικά Μεγέθη

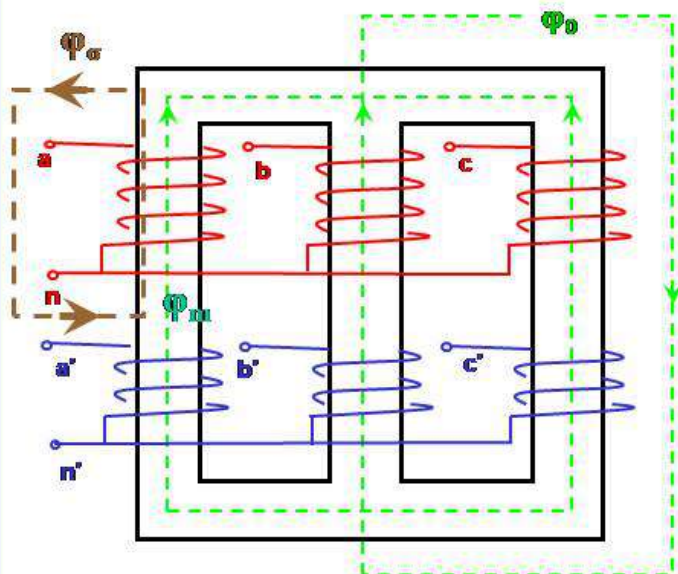
$$a = \frac{V'_N}{V''_N}$$

$$I'_N = \frac{S_N}{\sqrt{3} \cdot V'_N}$$

- V'_N : ονομαστική πολική τάση πρωτεύοντος
- V''_N : ονομαστική πολική τάση δευτερεύοντος
- S_N : ονομαστική τριφασική φαινόμενη ισχύς

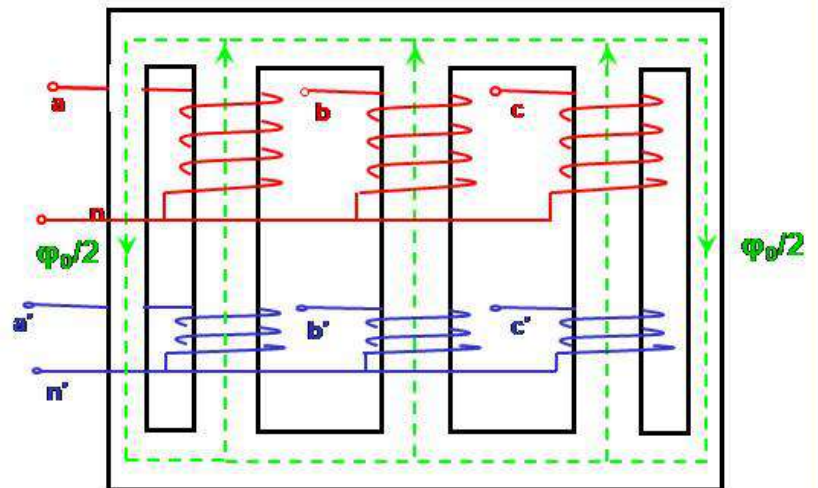


Δομή Ενεργού Μέρους: Πυρήνας



$$X_0 < X_1 \approx X_2$$

Τύπου Πυρήνα
(τριών σκελών)

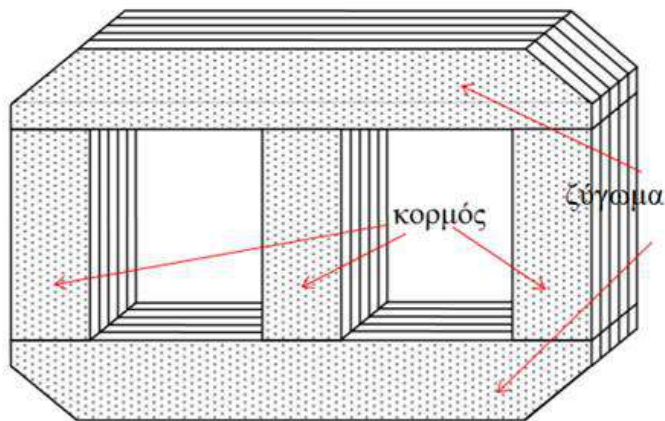


$$X_0 \approx X_1 \approx X_2$$

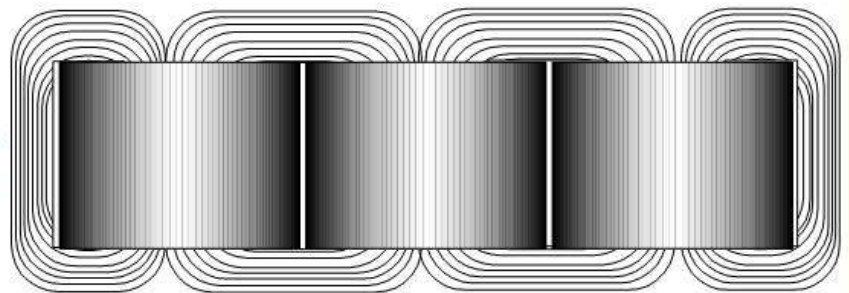
Τύπου Κελύφους ή Μανδύα
(πέντε σκελών)



Δομή Ενεργού Μέρους: Πυρήνας



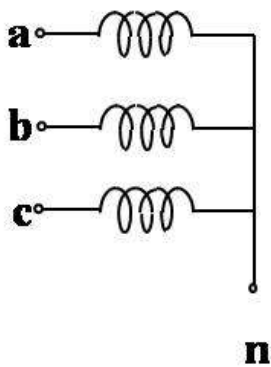
Στοιβαχτός Πυρήνας
(τριών σκελών)



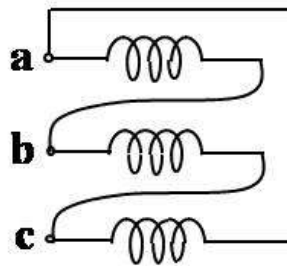
Τυλιχτός Πυρήνας
(πέντε σκελών)



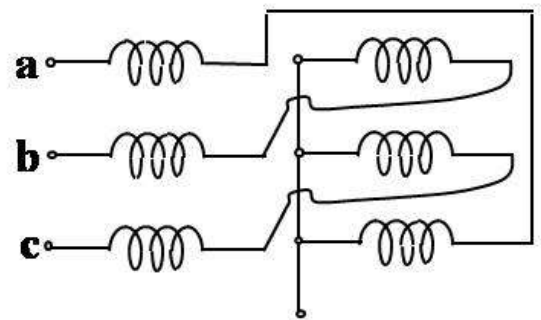
Δομή Ενεργού Μέρους: Τυλίγματα (Συνδεσμολογίες)



Αστέρας



Τρίγωνο



Ζιγκ-Ζάγκ
n



Χαρακτηριστικά Συνδεσμολογιών Τυλιγμάτων

Αστέρας

Λήψη ουδετέρου κόμβου
(μονοφασικοί καταναλωτές -
γείωση για διάγνωση σφαλμάτων)

Τρίγωνο

αποκοπή ομοπολικής συνιστώσας
καταστολή 3ης αρμονικής συνιστώσας

Τεθλασμένος αστέρας (Ζίγκ-ζάγκ)

Συνδυασμός πλεονεκτημάτων αστέρα και τριγώνου
αλλά υψηλότερο κόστος χαλκού

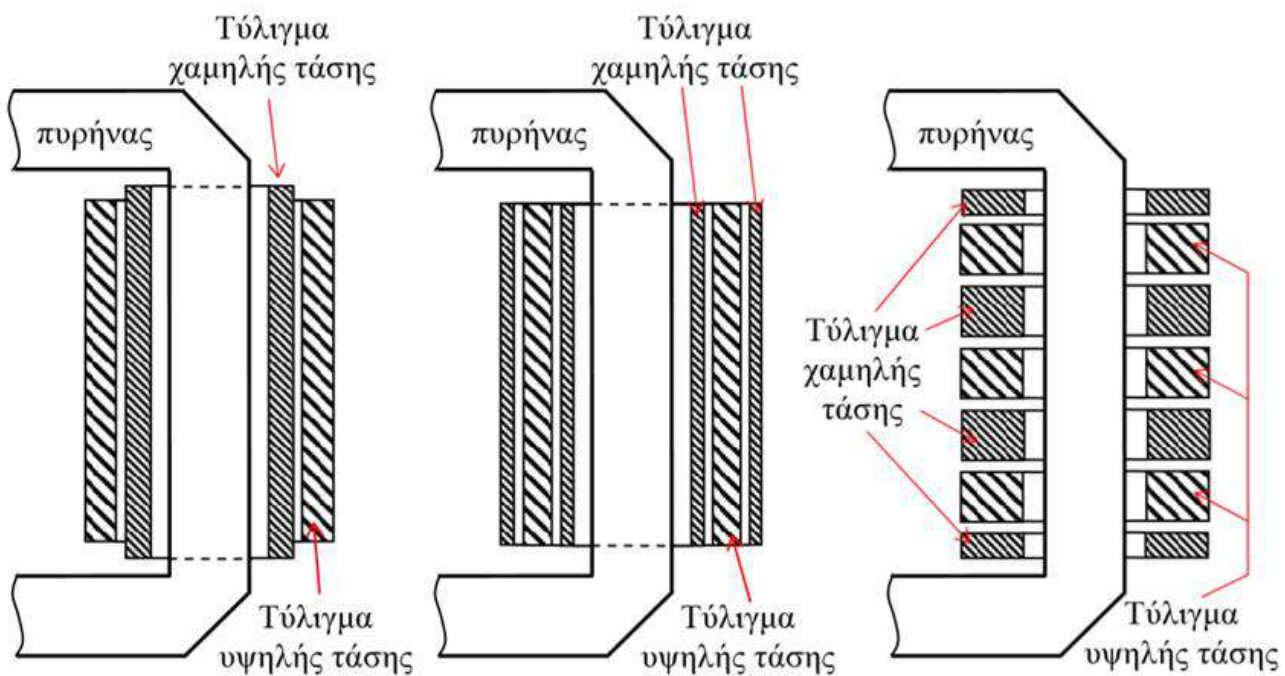


Εφαρμογές Συνδεσμολογιών Τυλιγμάτων

- Συνδεσμολογία $Y-Y$: χρησιμοποιείται σπάνια, γιατί στη συνδεσμολογία αυτή για να περάσει η τρίτη αρμονική του ρεύματος διέγερσης πρέπει να είναι γειωμένοι και οι δύο αστέρες, οπότε η τρίτη αρμονική εμφανίζεται αναγκαστικά στο ρεύμα γραμμής. Ωστόσο η συνδεσμολογία αυτή χρησιμοποιείται όταν υπάρχει στο δίκτυο γειωμένος ουδέτερος
- Συνδεσμολογία $\Delta-Y$: χρησιμοποιείται για την ανύψωση της τάσης στους στους υποσταθμούς των μονάδων παραγωγής (το τρίγωνο συνδέεται από την πλευρά της γεννήτριας) και για τον υποβιβασμό της τάσης στους υποσταθμούς όπου συνδέονται γραμμές μεταφοράς και διανομής (το τρίγωνο συνδέεται από την πλευρά των γραμμών Υψηλής Τάσης).
- Συνδεσμολογία $\Delta-\Delta$: χρησιμοποιείται κυρίως σε βιομηχανικά δίκτυα καθώς έχει το πλεονέκτημα ότι ένας μονοφασικός Μ/Σ μπορεί να αποσυνδεθεί από τη συστοιχία για επιδιόρθωση ή συντήρηση, ενώ οι απομένουσες δύο φάσεις συνεχίζουν να λειτουργούν ως τριφασικός Μ/Σ με ικανότητα μεταφοράς ισχύος ίση με το 58% του αρχικού Μ/Σ.



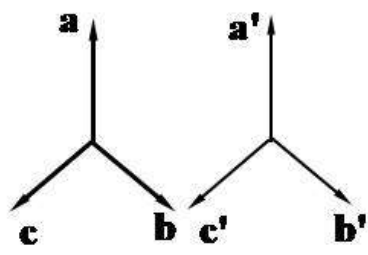
Δομή Ενεργού Μέρους: Τυλίγματα



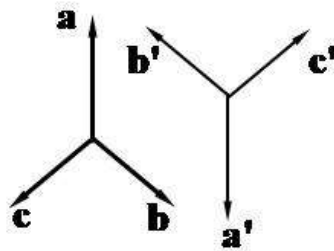
Εναλλακτικές διαμορφώσεις κυλινδρικών και δισκοειδών τυλιγμάτων



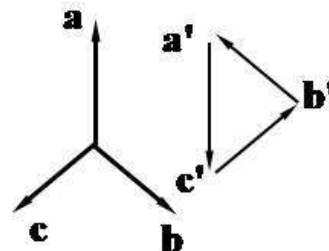
Δομή Ενεργού Μέρους: Τυλίγματα (Πολικότητα)



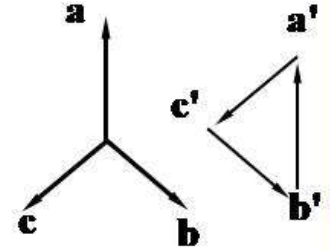
Yy0



Yy6



Yd1



Yd11



Δομή Κελύφους



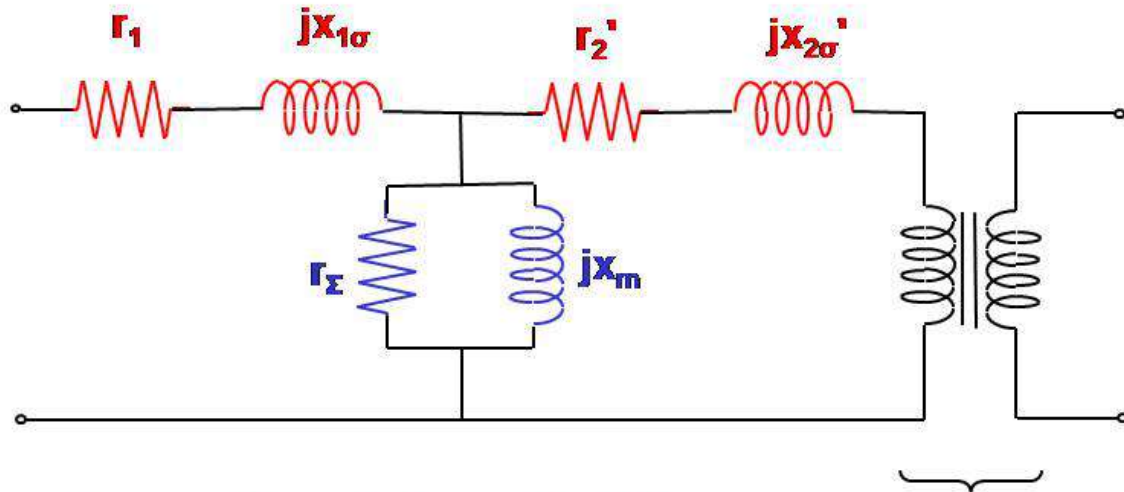
Κέλυφος ελαιόψυκτου μετασχηματιστή



Μετασχηματιστής ξηρού τύπου



Συμμετρική Φόρτιση: ανά φάση ισοδύναμο κύκλωμα ανηγμένο στο πρωτεύον (παράμετροι **πυρήνα** και **τυλιγμάτων**)



$$r_{\Sigma} \gg j X_m \gg j (X_{1\sigma} + X_{2\sigma}') \gg (r_1 + r_2')$$

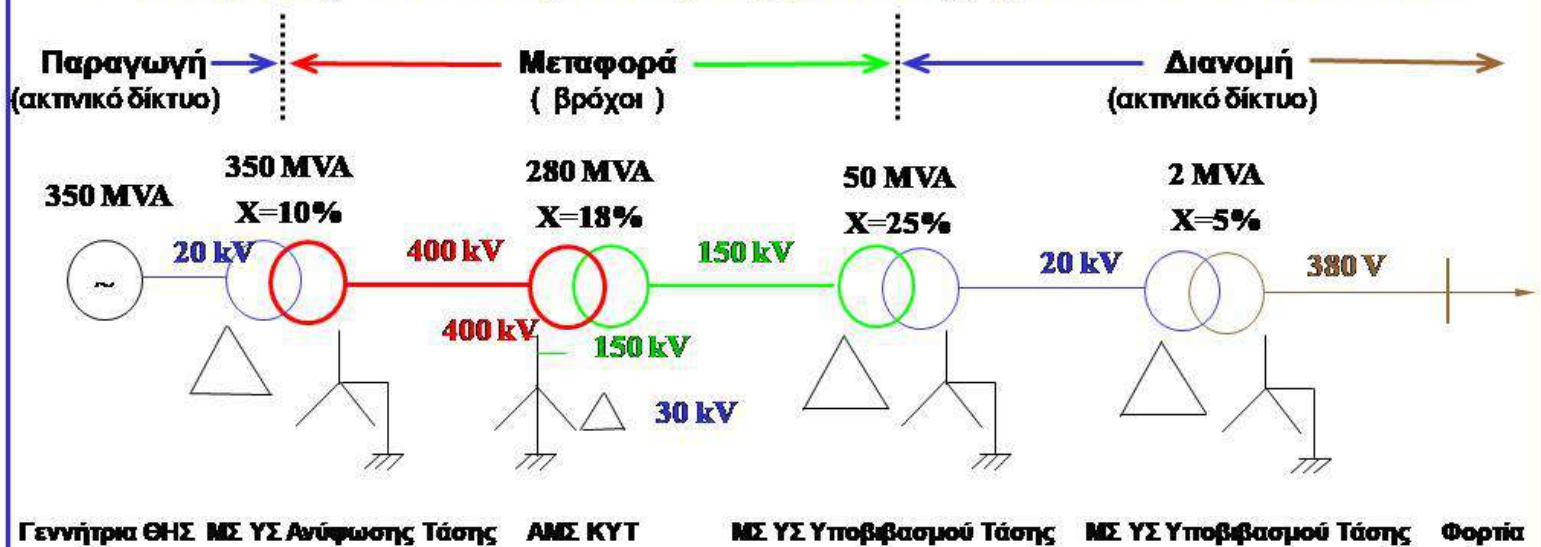
$$X_{1\sigma} \approx X_{2\sigma}', \quad r_1 \approx r_2'$$

Ιδανικός μετασχηματιστής



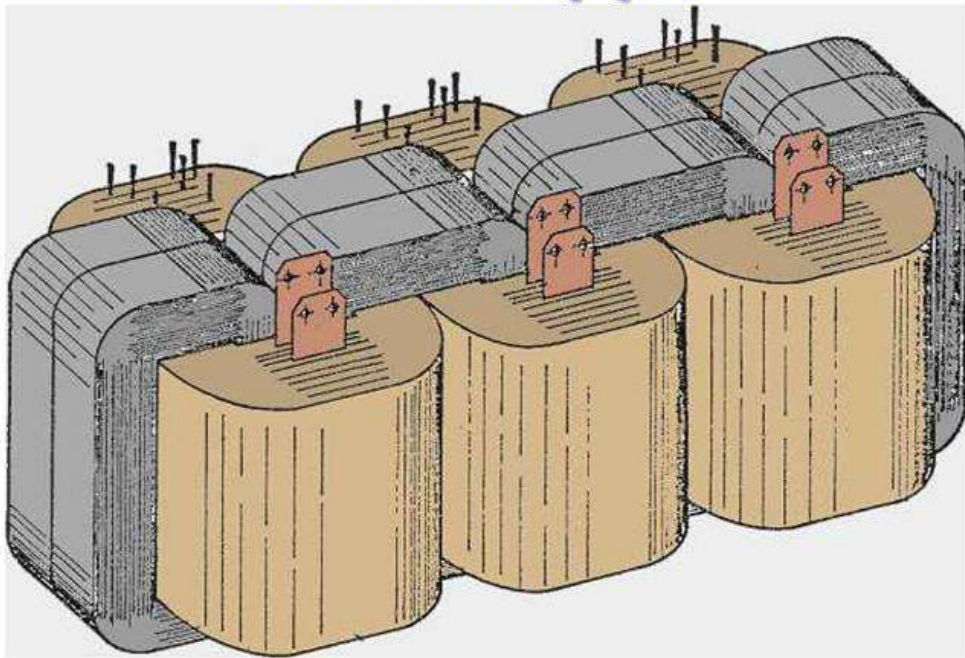
Τριφασικοί Μετασχηματιστές

Συνήθειες συνδεσμολογίες μετασχηματιστών δικτύου





Τριφασικός Μετασχηματιστής υποβιβασμού τάσεως διανομής 20kV/380V, 50Hz, Dy11 τυλικτού πυρήνα





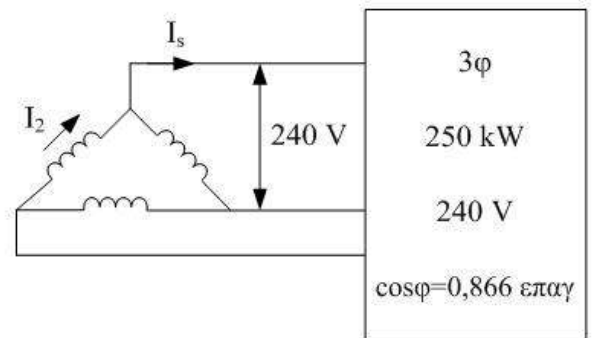
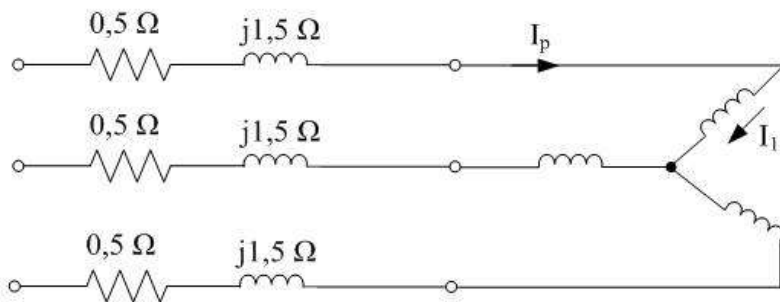
Εφαρμογή 1

Τρεις μονοφασικοί Μ/Σ 100 kVA, 2400V/240V, 50 Hz, συνδέονται σε συνδεσμολογία (συστοιχία) τριφασικού Μ/Σ 4160/240 V, όπου τα πρωτεύοντα τυλίγματα συνδέονται σε αστέρα και τα δευτερεύοντα σε τρίγωνο. Η ισοδύναμη σύνθετη αντίσταση ανά φάση της συστοιχίας Μ/Σ ανηγμένη στο δευτερεύον είναι $(0,045+j0,16)\Omega$. Η συστοιχία Μ/Σ συνδέεται σε μία τριφασική γεννήτρια μέσω τριφασικής γραμμής διανομής με σύνθετη αντίσταση ανά φάση $(0,5+j1,5)\Omega$. Η συστοιχία Μ/Σ αποδίδει 250 kW στο δευτερεύον υπό ονομαστική τάση και συντελεστή ισχύος 0,866 επαγωγικό. Να υπολογιστούν:

1. Το ρεύμα στο πρωτεύον και στο δευτερεύον τύλιγμα του Μ/Σ.
2. Η τάση της γεννήτριας



Λύση



$$I_s = \frac{250\,000}{\sqrt{3} \cdot 240 \cdot 0,866} \Rightarrow I_s = 694,5 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{I_s}{\sqrt{3}} = \frac{694,5 \text{ A}}{\sqrt{3}} \Rightarrow I_2 = 400 \text{ A}$$

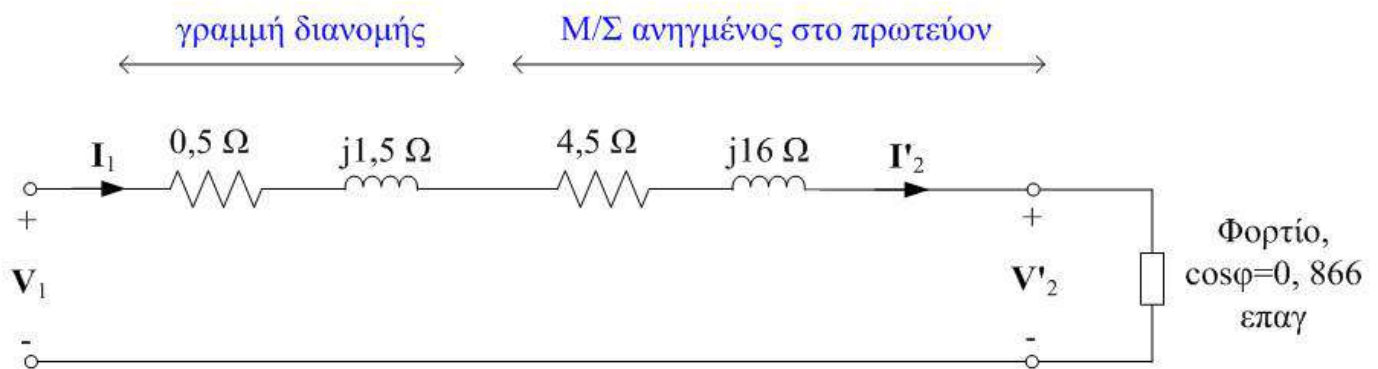
$$a = \frac{2400}{240} = 10$$

$$I_p = I_1 = \frac{I_2}{a} = \frac{400}{10} \Rightarrow I_1 = 40 \text{ A}$$



Λύση

Ανά φάση ισοδύναμο κύκλωμα:



$$\mathbf{Z}' = a^2 \cdot \mathbf{Z} = 10^2 \cdot (0,045 + j0,16) \Rightarrow \mathbf{Z}' = (4,5 + j16) \Omega$$

$$\mathbf{V}_2 = 240 \angle 0^\circ \text{ V}$$

$$\mathbf{V}'_2 = a \cdot \mathbf{V}_2 \Rightarrow \mathbf{V}'_2 = 2400 \angle 0^\circ \text{ V}$$



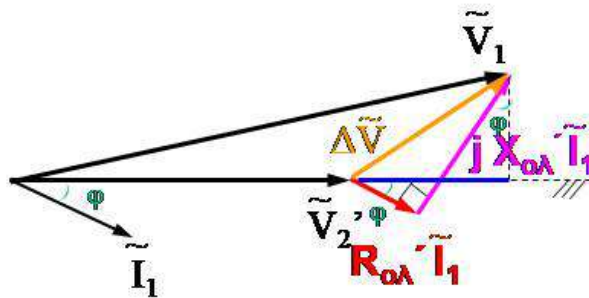
Λύση

$$\mathbf{I}_1 = 40 \angle -\cos^{-1}(0,866) \Rightarrow \mathbf{I}_1 = 40 \angle -30^\circ \text{ A}$$

$$\mathbf{V}_1 = [(0,5 + j1,5) + (4,5 + j16)] \cdot \mathbf{I}_1 + \mathbf{V}_2' \Rightarrow$$

$$\mathbf{V}_1 = (5 + j17,5) \cdot [40 \angle -30^\circ] + 2400 \Rightarrow \mathbf{V}_1 = 2966,7 \angle 9,8^\circ \text{ V}$$

$$V_{1\pi} = \sqrt{3} \cdot V_{1\phi} = \sqrt{3} \cdot 2966,7 \Rightarrow \boxed{V_{1\pi} = 5138,5 \text{ V}}$$





Εφαρμογή 2

Το ανά φάση ισοδύναμο κύκλωμα τριφασικού μετασχηματιστή τριών τυλιγμάτων συνδεσμολογίας αστέρα/αστέρα/τριγώνου έχει λόγους μετασχηματισμού 10/2/1 και ρεύματα φορτίων δευτερεύοντος 40 A με $\text{SI } 0.8$ επαγωγικό και τριτεύοντος 30 A με $\text{SI } 0.71$ επαγωγικό. Να υπολογισθεί το ρεύμα πρωτεύοντος.



Λύση

Οι λόγοι μετασχηματισμού είναι:

$$K = \frac{1}{a} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{2}{10} = \frac{1}{5} \qquad K_T = \frac{N_T}{N_1} = \frac{1}{10}$$

Ρεύμα πρωτεύοντος
που οφείλεται στο δευτερεύον $I'_1 = K I_2 = \frac{1}{5} \times 40 = 8 \text{ A}$

$$\begin{aligned} \bar{I}'_1 &= I'_1 \angle \cos^{-1} 0.8 = 8 \angle -36.87^\circ \\ &= 8 (\cos 36.87^\circ - j \sin 36.87^\circ) \\ &= (6.4 - j4.8) \text{ A} \end{aligned}$$

Ρεύμα πρωτεύοντος
που οφείλεται στο τριπύον $\bar{I}'_{1T} = K_T I_{T_{ph}} = \frac{1}{10} \times \frac{30}{\sqrt{3}} = \sqrt{3} \text{ A}$

$$\begin{aligned} \bar{I}'_{1T} &= I'_{1T} \angle -\cos^{-1} 0.71 \\ &= 1.732 \angle -45^\circ \\ &= 1.732 (\cos 45^\circ - j \sin 45^\circ) \\ &= (1.23 - j1.23) \text{ A} \end{aligned}$$



Λύση

Συνολικό ρεύμα πρωτεύοντος $\bar{I}_1 = \bar{I}'_1 + \bar{I}'_{1T} = (6 \cdot 4 - j4 \cdot 8) + (1 \cdot 23 - j1 \cdot 23)$

$$= (7.63 - j6.03) \text{ A}$$
$$= \sqrt{(7 \cdot 63)^2 + (6 \cdot 03)^2} \angle -\tan^{-1} \frac{6 \cdot 03}{7 \cdot 63}$$
$$= 9.73 \angle 38.32^\circ$$
$$= 9.73 \text{ A με ΣΙ } 0.7846 \text{ επαγ.}$$

