

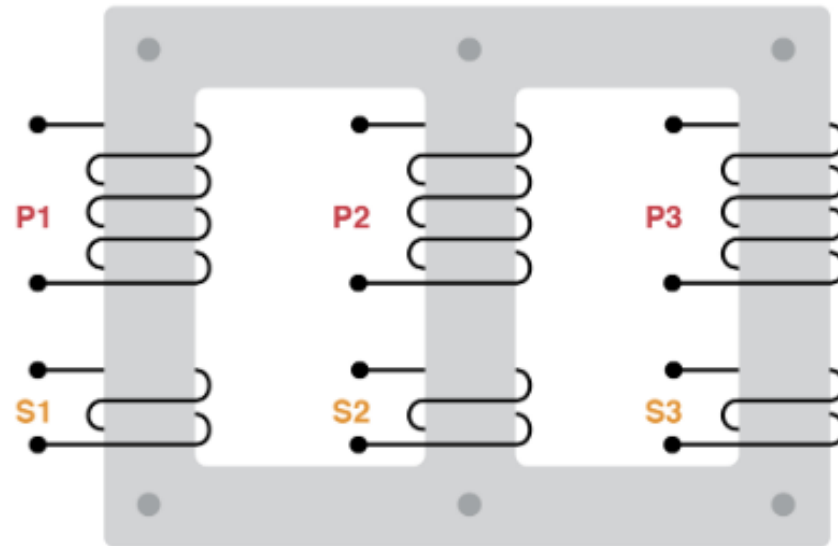
Ασκήσεις Κατανόησης Θεωρίας Μετασχηματιστών



ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΕΣ

ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΤΥΛΙΓΜΑΤΩΝ ΤΡΙΦΑΣΙΚΟΥ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗ

Ερώτηση: Πως θα συνδέατε τα τυλίγματα στις παρακάτω συνδεσμολογίες αστέρα-αστέρα, αστέρα-τρίγωνο, τρίγωνο-τρίγωνο, τρίγωνο-αστέρας, τρίγωνο-αστέρας με γείωση στον αστέρα.





ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΕΣ

ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΤΥΛΙΓΜΑΤΩΝ ΤΡΙΦΑΣΙΚΟΥ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗ

Ερωτήσεις

1. Σε ένα 1φ ιδανικό Μ/Σ διπλασιάζουμε τον αριθμό των τυλιγμάτων του πρωτεύοντος και του δευτερεύοντος. Πόσο θα μεταβληθεί ο λόγος μετασχηματισμού V_1/V_2 ;
2. Σε ένα 1φ ιδανικό Μ/Σ διπλασιάζεται ο αριθμός των τυλιγμάτων του πρωτεύοντος, καθώς και η ισχύς εισόδου. Πόσο θα μεταβληθεί η ισχύς εξόδου;
3. Κατά το τέλος του 19^{ου} αιώνα υπήρχε ο λεγόμενος πόλεμος των ρευμάτων, μεταξύ των υποστηρικτών του AC (με εκφραστή τον Tesla) και του DC (με εκφραστή τον Edison). Ποιο επικράτησε και για ποιο λόγο κατά τη γνώμη σας;
4. Κατά πόσο μειώνεται οι απώλειες μια γραμμής μεταφοράς εάν διπλασιαστεί η τάση της γραμμής.



ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΕΣ

ΑΣΚΗΣΗ (ΙΔΑΝΙΚΟΙ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΕΣ)

Ένα μονοφασικό σύστημα ισχύος περιλαμβάνει μια γεννήτρια των 480V στα 60Hz που τροφοδοτεί φορτίο με $Z=4+j3\Omega$, μέσω μια γραμμής μεταφοράς με σύνθετη αντίσταση $Z_{line}=0,18+j0,24\Omega$.

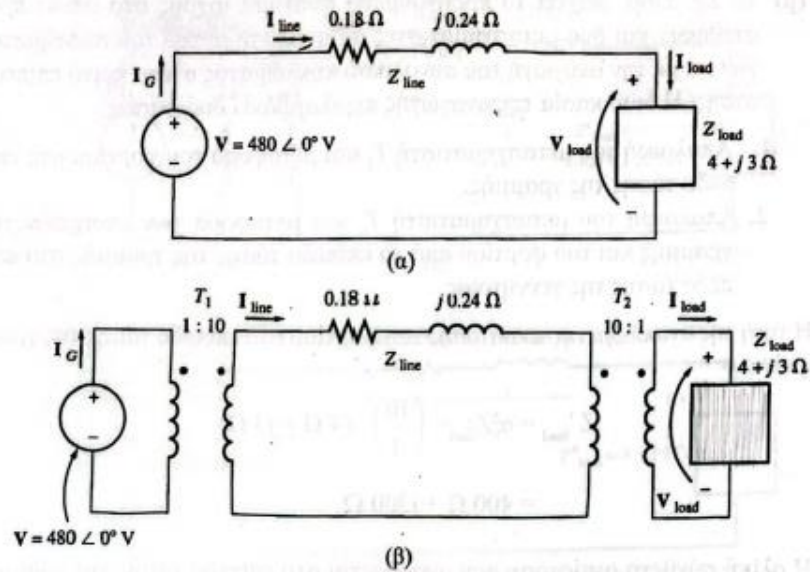
A) Ποια είναι η τάση στα άκρα του φορτίου και ποιες οι απώλειες μεταφοράς στη γραμμή;

B) Εάν στην έξοδο της γεννήτριας τοποθετηθεί μετασχηματιστής ανύψωσης με λόγο μετασχηματισμού 1:10 και στην είσοδο του φορτίου τοποθετηθεί μετασχηματιστής υποβιβασμού με λόγο μετασχηματισμού 10:1, ποια θα είναι η τάση στα άκρα του φορτίου και ποιες οι απώλειες μεταφοράς στη γραμμή;

Λύση.

(α) Στο Σχ. 2-6α φαίνεται το σύστημα μεταφοράς ισχύος χωρίς μετασχηματιστές. Εδώ ισχύει $I_G = I_{\text{line}} = I_{\text{load}}$. Το ρεύμα της γραμμής μεταφοράς σ' αυτό το σύστημα έχει τιμή

$$I_{\text{line}} = \frac{V}{Z_{\text{line}} + Z_{\text{load}}} \\ = \frac{480 \angle 0^\circ \text{ V}}{(0,18 \Omega + j0,24 \Omega) + (4 \Omega + j3 \Omega)}$$



ΣΧΗΜΑ 2-6 Το σύστημα ισχύος για το Παράδειγμα 2-1, (α) χωρίς τη χρήση και (β) με τη χρήση μετασχηματιστή στα άκρα της γραμμής μεταφοράς.

$$\begin{aligned}
 &= \frac{480 \angle 0^\circ}{4,18 + j3,24} = \frac{480 \angle 0^\circ}{5,29 \angle 37,8^\circ} \\
 &= 90,8 \angle -37,8^\circ \text{ A}
 \end{aligned}$$

έτσι η τάση στα άκρα του φορτίου θα έχει τιμή

$$\begin{aligned}
 \mathbf{V}_{\text{load}} &= \mathbf{I}_{\text{line}} \mathbf{Z}_{\text{load}} \\
 &= (90,8 \angle -37,8^\circ \text{ A})(4 \Omega + j3 \Omega) \\
 &= (90,8 \angle -37,8^\circ \text{ A})(5 \angle 36,9^\circ \Omega) \\
 &= 454 \angle -0,9^\circ \text{ V}
 \end{aligned}$$

ενώ οι απώλειες ισχύος στη γραμμή μεταφοράς είναι

$$\begin{aligned}
 P_{\text{loss}} &= (I_{\text{line}})^2 R_{\text{line}} \\
 &= (90,8 \text{ A})^2 (0,18 \Omega) = 1484 \text{ W}
 \end{aligned}$$

(β) Το Σχ. 2-6β, δείχνει το προηγούμενο σύστημα ισχύος στο οποίο προστέθηκαν και δυο μετασχηματιστές. Η ανάλυση αυτού του συστήματος γίνεται με την αναγωγή του συνολικού κυκλώματος σ' ένα κοινό επίπεδο τάσης. Η διαδικασία της αναγωγής περιλαμβάνει δυο φάσεις:

1. Απαλοιφή του μετασχηματιστή T_2 και μεταφορά του φορτίου στο επίπεδο τάσης της γραμμής.
2. Απαλοιφή του μετασχηματιστή T_1 και μεταφορά των στοιχείων της γραμμής και του φορτίου από το επίπεδο τάσης της γραμμής στο επίπεδο τάσης της γεννήτριας.

Η τιμή της ανακλώμενης αντίστασης του φορτίου στο επίπεδο τάσης της γραμμής είναι

$$\begin{aligned} Z'_{\text{load}} &= a^2 Z_{\text{load}} = \left(\frac{10}{1}\right)^2 (4 \Omega + j3 \Omega) \\ &= 400 \Omega + j300 \Omega \end{aligned}$$

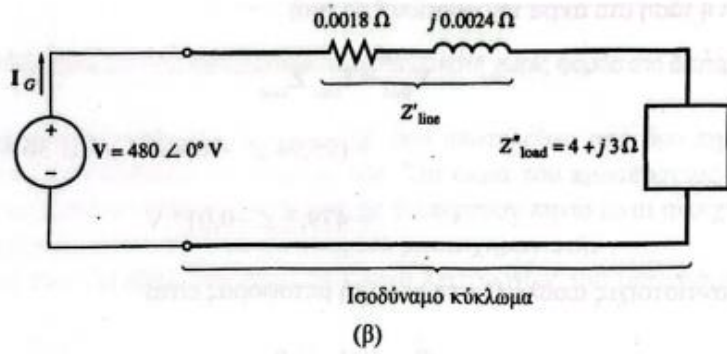
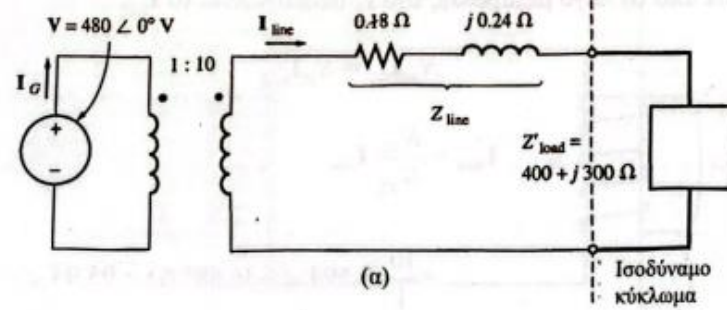
Η ολική σύνθετη αντίσταση που αναφέρεται στο επίπεδο τάσης της γραμμής είναι

$$\begin{aligned} Z_{\text{eq}} &= Z_{\text{line}} + Z'_{\text{load}} \\ &= 400,18 + j 300,24 \Omega = 500,3 \angle 36,88^\circ \Omega \end{aligned}$$

Αυτό ακριβώς το ισοδύναμο κύκλωμα φαίνεται στο Σχ. 2-7α. Τώρα η συνολική αντίσταση που αναφέρεται στο επίπεδο τάσης της γραμμής ($Z_{\text{line}} + Z'_{\text{load}}$) ανακλάται μέσω του T_1 στο επίπεδο τάσης της πηγής:

$$\begin{aligned} Z'_{\text{ev}} &= a^2 Z_{\text{eq}} \\ &= a^2 (Z_{\text{line}} + Z'_{\text{load}}) \\ &= \left(\frac{1}{10}\right)^2 (0,18 \Omega + j0,24 \Omega + 400 \Omega + j300 \Omega) \\ &= (0,0018 \Omega + j0,0024 \Omega + 4 \Omega + j3 \Omega) \\ &= 5,003 \angle 36,88^\circ \Omega \end{aligned}$$

Στο Σχ. 2-7β, φαίνεται το νέο ισοδύναμο κύκλωμα, όπου $Z'_{\text{load}} = 4 + j3 \Omega$ και $Z'_{\text{line}} = 0,0018 + j0,0024 \Omega$. Το ρεύμα της γεννήτριας έχει τιμή



ΣΧΗΜΑ 2-7 (α) Το σύστημα ισχύος με το φορτίο ανηγμένο στο επίπεδο τάσης του συστήματος μεταφοράς ισχύος. (β) Το σύστημα με το φορτίο και τη γραμμή μεταφοράς ανηγμένα στο επίπεδο τάσης της γεννήτριας.

$$I_G = \frac{480 \angle 0^\circ \text{ V}}{5,003 \angle 36,88^\circ \Omega} = 95,94 \angle -36,88^\circ \text{ A}$$

Τώρα, γυρνώντας ξανά προς το φορτίο είναι δυνατό να υπολογιστούν τα ρεύματα I_{line} και I_{load} . Πρώτα από το λόγο μεταβολής του T_1 υπολογίζεται το I_{line}

$$N_{P1} I_G = N_{S1} I_{line}$$

$$I_{line} = \frac{N_{P1}}{N_{S1}} I_G$$

$$= \frac{1}{10} (95,94 \angle -36,88^\circ \text{ A}) = 9,594 \angle -36,88^\circ \text{ A}$$

Όμοια από το λόγο μεταβολής του T_2 υπολογίζεται το I_{load}

$$\begin{aligned} N_{P2} I_{\text{line}} &= N_{S2} I_{\text{load}} \\ I_{\text{load}} &= \frac{N_{P2}}{N_{S2}} I_{\text{line}} \\ &= \frac{10}{1} (9,594 \angle -36,88^\circ \text{ A}) = 95,94 \angle -36,88^\circ \text{ A} \end{aligned}$$

Έτσι η τάση στα άκρα του φορτίου έχει τιμή

$$\begin{aligned} V_{\text{load}} &= I_{\text{load}} Z_{\text{load}} \\ &= (95,94 \angle -36,88^\circ \text{ A})(5 \angle 36,87^\circ \Omega) \\ &= 479,7 \angle -0,01^\circ \text{ V} \end{aligned}$$

και οι αντίστοιχες απώλειες στη γραμμή μεταφοράς είναι

$$\begin{aligned} P_{\text{loss}} &= (I_{\text{line}})^2 R_{\text{line}} \\ &= (9,594 \text{ A})^2 (0,18 \Omega) = 16,7 \text{ W} \end{aligned}$$

Στο προηγούμενο παράδειγμα φαίνεται πως η αύξηση του επιπέδου τάσης της γραμμής προκαλεί 90 φορές μικρότερες απώλειες μεταφοράς. Επίσης, η πτώση τάσης πάνω στη γραμμή ήταν πολύ μικρότερη στην περίπτωση που χρησιμοποιήθηκαν οι δυο μετασχηματιστές. Φαίνεται, λοιπόν, από το προηγούμενο παράδειγμα ότι η χρήση γραμμών μεταφοράς υψηλής τάσης είναι πολύ οικονομικότερη, πράγμα που κάνει τους μετασχηματιστές εντελώς απαραίτητους στα σημερινά συστήματα ισχύος.