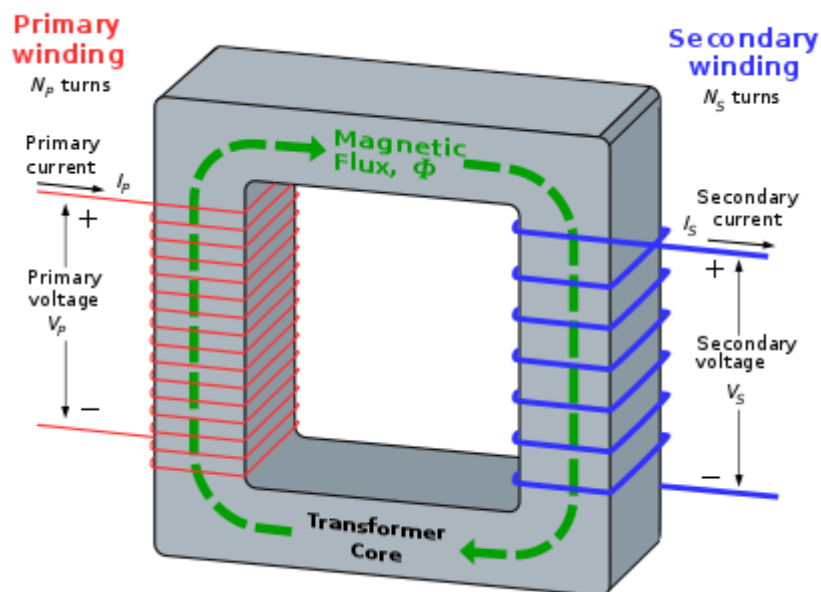
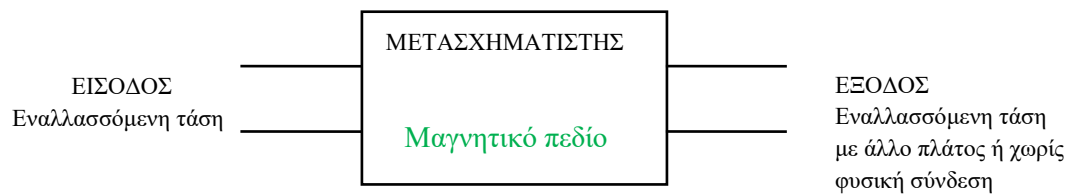


Μετασχηματιστές



Μετασχηματιστές :

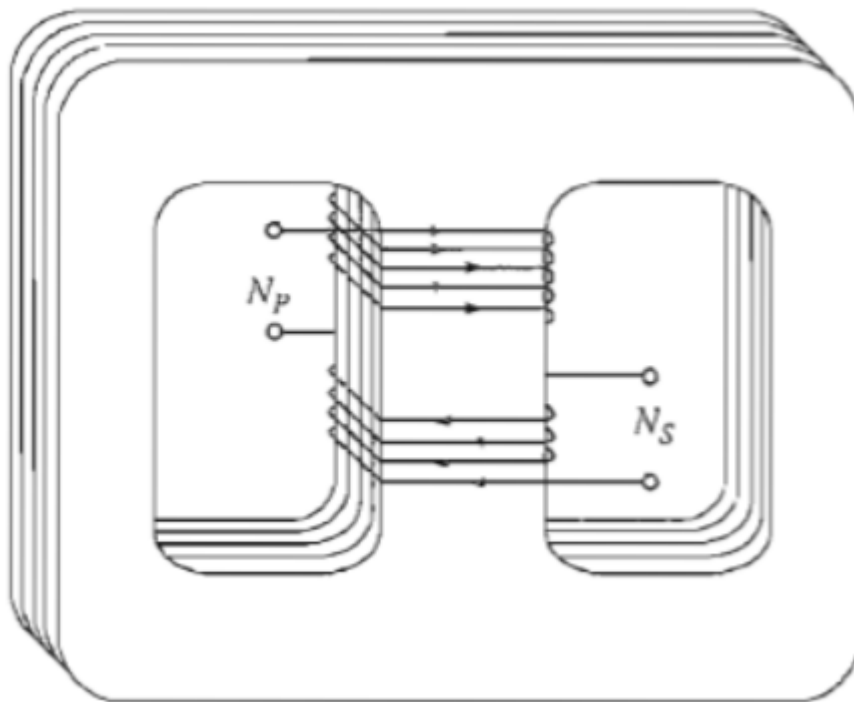
ανύψωσης (step-up)	$V_P < V_S$
υποβιβασμού (step-down)	$V_P > V_S$
απομόνωσης (isolation)	$V_P = V_S$

Ανάλογα με τον πυρήνα :

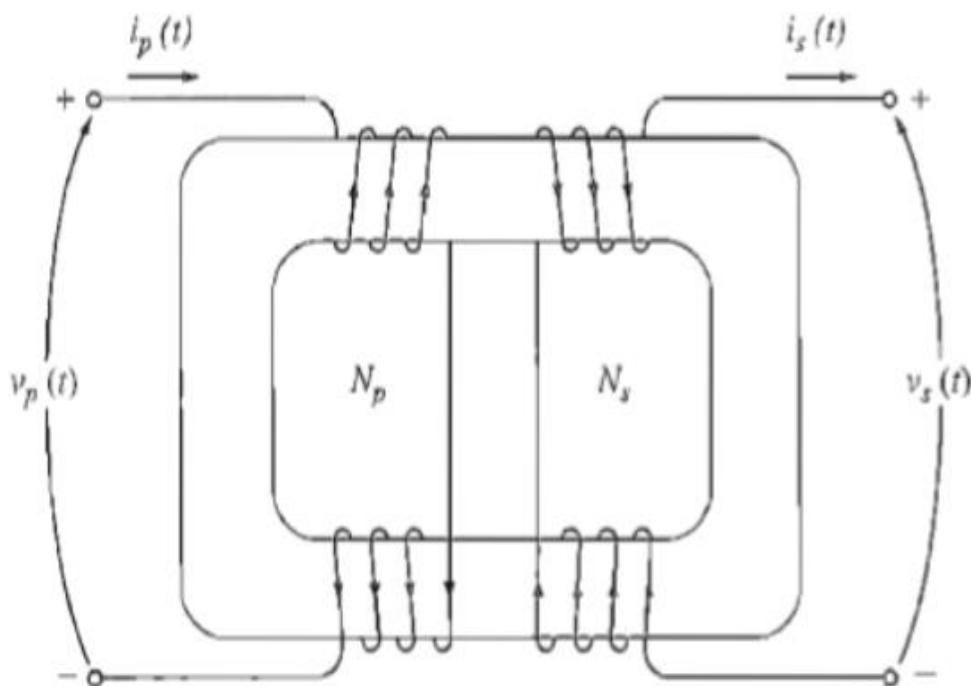
τύπου πυρήνα (core form)
τύπου μανδύα (shell form)

Τα τυλίγματα είναι το ένα μέσα στο άλλο (αυτό με τη χαμηλότερη τάση στο εσωτερικό) για να μηδενίζεται η μαγνητική ροή διαρροής και να διευκολύνεται η μόνωση της υψηλής τάσης με τον πυρήνα.

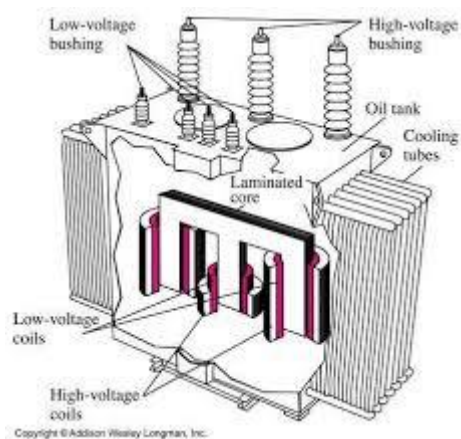
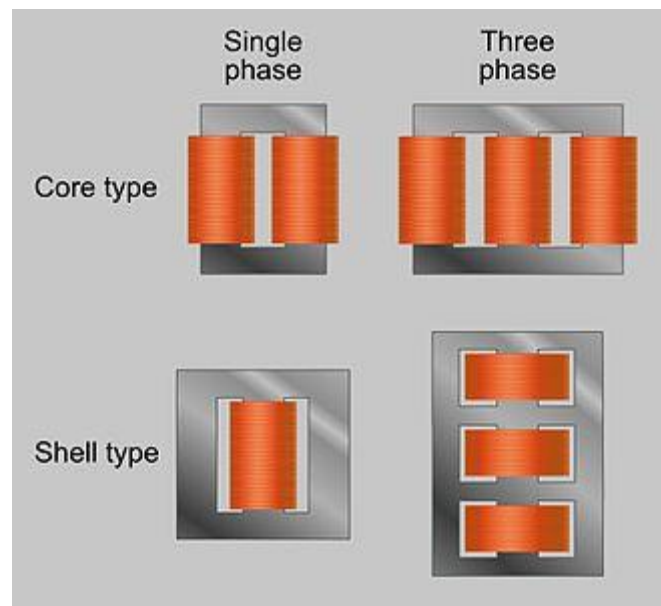
Οι πυρήνες κατασκευάζονται από μονωμένα λεπτά δυναμοελάσματα για να ελαχιστοποιούνται οι απώλειες δινορευμάτων

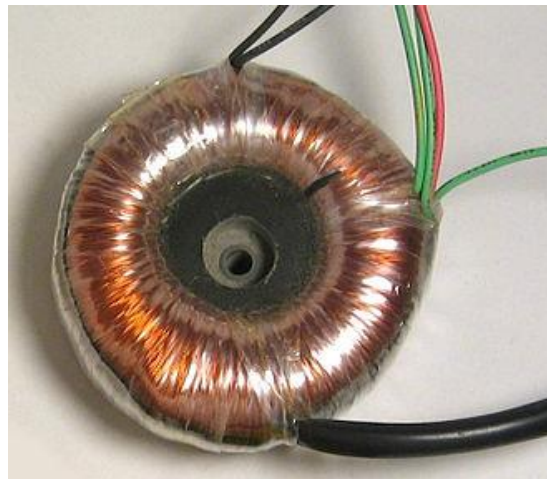
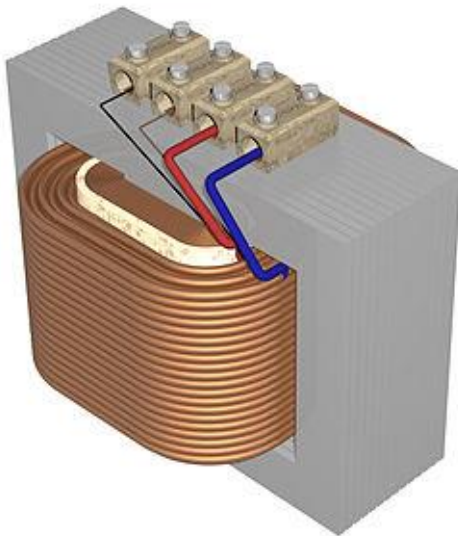


Τύπου Μανδύα



Τύπου Πυρήνα





Χρησιμοποιούνται στη μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας (μετασχηματιστές ισχύος) :

- Μετασχηματιστές μονάδας (unit) ανύψωση σε 110 kV ως και 1000kV μετά την παραγωγή κατά την είσοδο στη γραμμή μεταφοράς
- Μετασχηματιστές υποσταθμού (substation) υποβιβασμός σε 2,3 kV με 34,5 kV στο άλλο άκρο της γραμμής μεταφοράς για τοπική μεταφορά και διανομή
- Μετασχηματιστές διανομής (distribution) υποβιβασμός για διανομή σε οικίες

Παραγόμενη ισχύς :

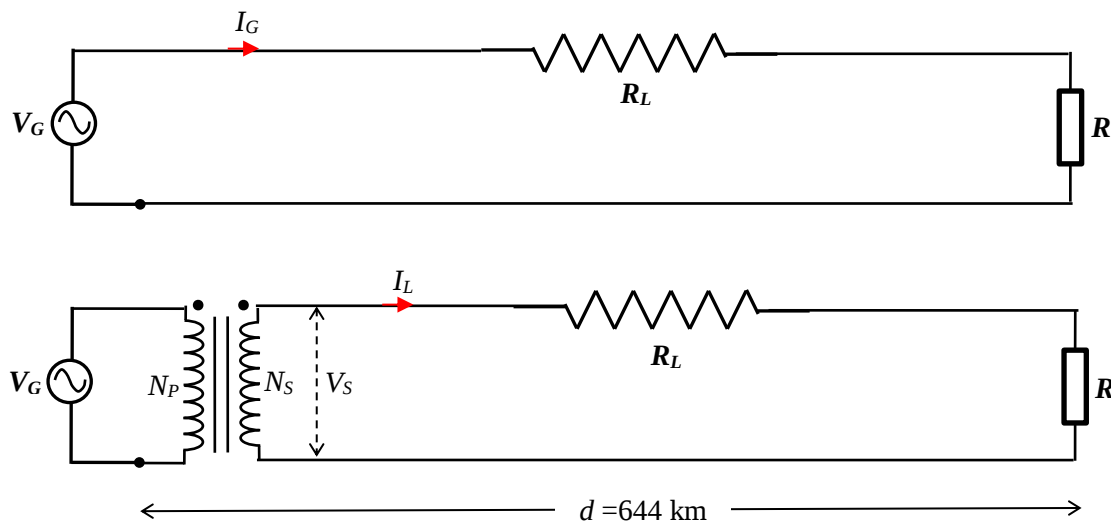
Ισχύς ωμικών απωλειών γραμμής μεταφοράς :

$$P = VI = V \uparrow I \downarrow$$

$$P_{loss} = I^2 R \Rightarrow P_{loss} \downarrow = I^2 \downarrow R$$

Άσκηση 0 (33-50 SJ9)

Γραμμή μεταφοράς έχει αντίσταση ανά μονάδα μήκους ίση με $r=4,50 \cdot 10^{-4} \Omega/\text{m}$ και χρησιμοποιείται για τη μεταφορά ενέργειας $P=5,00 \text{ MW}$ σε απόσταση $d=644 \text{ km}$. Η τάση στο σταθμό παραγωγής είναι $4,50 \text{ kV}$. Ποια θα είναι η απώλεια ισχύος αν χρησιμοποιήσουμε ένα μετασχηματιστή για να ανεβάσουμε την τάση στα 500 kV ; Ποιο είναι το ποσοστό απωλειών; Ποιες θα είναι οι αντίστοιχες απώλειες χωρίς τη χρήση του μετασχηματιστή;

Λύση

Η ωμική αντίσταση της γραμμής είναι : $R_L = rd = 4,50 \cdot 10^{-4} \cdot 644 \cdot 10^3 = 290 \Omega$

Το ρεύμα στη γραμμή μεταφοράς (ενεργός τιμή=rms) : $I_L = P/V_S = 5,00 \cdot 10^6 / 500 \cdot 10^3 = 10,0 \text{ A}$

Απώλεια ισχύος : $P_{\text{loss}} = I_L^2 R_L = 10,0^2 \cdot 290 = 29,0 \text{ kW}$

Ποσοστό απωλειών : $P_{\text{loss}}/P \times 100\% = 2,90 \cdot 10^4 / 5,00 \cdot 10^6 \times 100\% = 0,58\%$

Χωρίς την ανύψωση τάσης το ρεύμα θα ήταν $I_G = P/V_G = 5,00 \cdot 10^6 / 4,50 \cdot 10^3 = 1.111 \text{ A}$ τεράστιο και οι απώλειες μεγαλύτερες από την παραγόμενη ισχύ, που θα καθιστούσαν αδύνατη τη μεταφορά ενέργειας: $P_{\text{loss}} = I_G^2 R_L = 1.111^2 \cdot 290 = 358 \text{ MW}$

Σημείωση: Αν η εκφώνηση δεν έδινε αντίσταση ανά μονάδα μήκους της γραμμής μεταφοράς αλλά αντίσταση ανά μονάδα μήκους των συρμάτων της γραμμής τότε για να βρούμε την ολική αντίσταση της γραμμής μεταφοράς θα έπρεπε να χρησιμοποιήσουμε μήκος συρμάτων διπλάσιο από την απόσταση από την πόλη γιατί για να κλείσει κύκλωμα χρειαζόμαστε ένα σύρμα προορισμού και άλλο ένα σύρμα επιστροφής με το ίδιο μήκος, οπότε θα ήταν:

$$R_L = 2rd = 2 \cdot 4,50 \cdot 10^{-4} \cdot 644 \cdot 10^3 = 580 \Omega$$

Ιδανικός μετασχηματιστής :

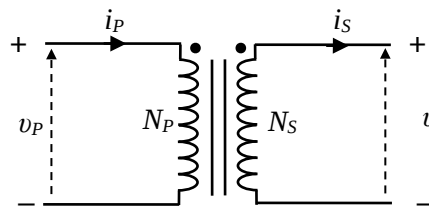
- τα τυλίγματα του δεν έχουν ωμική ή σύνθετη αντίσταση
- ο πυρήνας του δεν παρουσιάζει απώλειες υστέρησης και δινορευμάτων

Οι μετασχηματιστές έχουν μεγάλο συντελεστή απόδοσης 98%-99% και θα τους θεωρούμε στο εξής ιδανικούς.

Κύκλωμα Ιδανικού Μετασχηματιστή

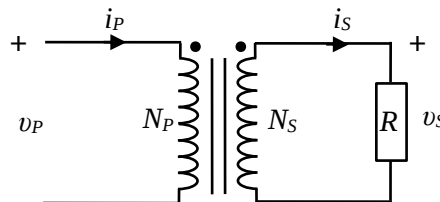
$$P_{in} = P_{out} \Rightarrow v_P i_P = v_S i_S$$

Είσοδος
Πρωτεύων κύκλωμα
(Primary)

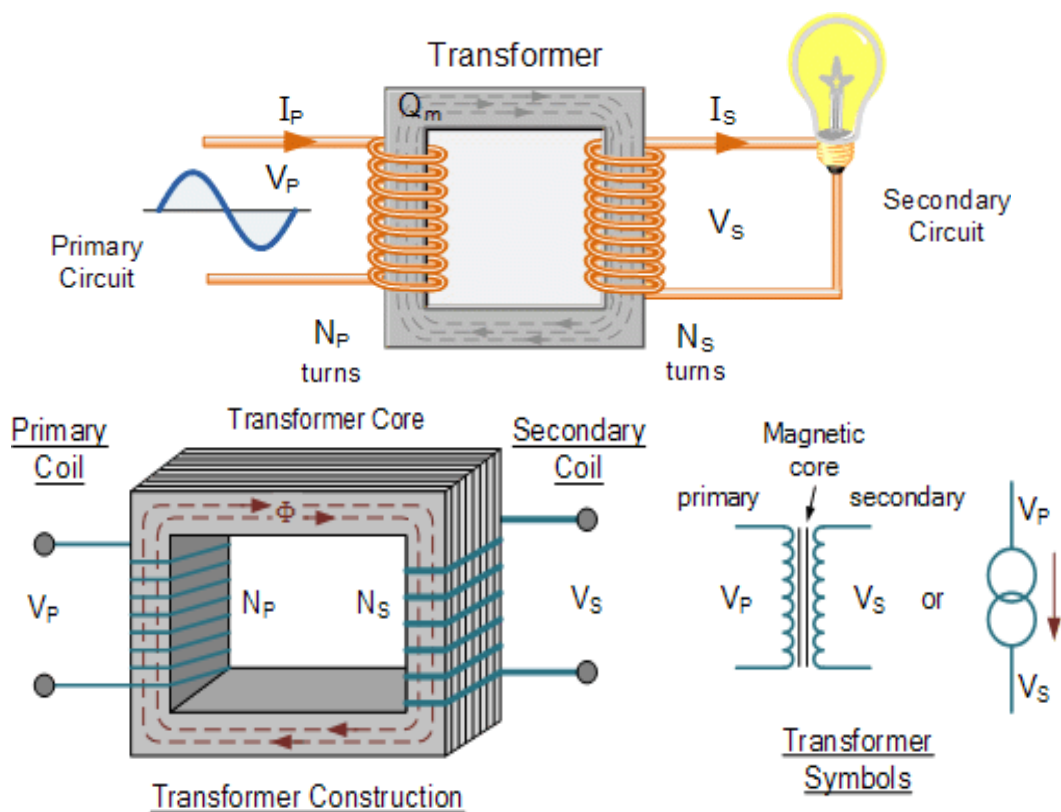


Έξοδος
Δευτερεύων κύκλωμα
(Secondary)
Χωρίς φορτίο

Είσοδος
Πρωτεύων κύκλωμα
(Primary)



Έξοδος
Δευτερεύων κύκλωμα
(Secondary)
Με φορτίο

**Εξισώσεις**

Φ : η κοινή μαγνητική ροή που συνδέει τα δύο κυκλώματα. Η μεταβολή της προκαλεί επαγωγικές τάσεις.

$$\left. \begin{aligned} E_P &= -N_P \frac{d\Phi}{dt} \\ E_S &= -N_S \frac{d\Phi}{dt} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{E_S}{E_P} = \frac{N_S}{N_P}$$

$$\alpha = \frac{N_P}{N_S}$$

Λόγος μετασχηματισμού :

Στον ιδανικό μετασχηματιστή όπου τα τυλίγματα δεν παρουσιάζουν ωμικές απώλειες

$$V_P = E_P \quad \text{και} \quad V_S = E_S \quad \text{οπότε}$$

$$\frac{V_S}{V_P} = \frac{N_S}{N_P} \Rightarrow V_S = V_P \frac{N_S}{N_P} \Rightarrow V_S = \frac{V_P}{\alpha}$$

$\alpha < 1$: ανύψωσης (step up)

$\alpha > 1$: υποβιβασμού (step down)

$\alpha = 1$: απομόνωσης (isolation)

Στον ιδανικό μετασχηματιστή όπου δεν υπάρχουν απώλειες (ωμικές και πυρήνα) και επίσης δεν αλλάζουν οι φάσεις μεταξύ εισερχόμενων και εξερχόμενων μεγεθών $\theta_S = \theta_P$ (λόγω μη γραμμικότητας και υστέρησης στη μαγνήτιση του πυρήνα) θα έχουμε :

$$P_{out} = P_{in} \Rightarrow V_S I_S \cos \theta_S = V_P I_P \cos \theta_P \Rightarrow I_S = I_P \frac{V_P}{V_S} \Rightarrow I_S = \alpha I_P$$

Οπότε έχουμε και για τα μιγαδικά μεγέθη του εναλλασσόμενου ρεύματος (στρεφόμενα διανύσματα)

$$\boxed{\frac{V_P}{V_S} = \alpha} \quad \boxed{\frac{I_P}{I_S} = \frac{1}{\alpha}}$$

Μετασχηματισμός σύνθετης αντίστασης

Συνδέουμε φορτίο Z_L στην έξοδο του μετασχηματιστή. Στην έξοδο θα ισχύει

$$Z_L = \frac{V_S}{I_S}$$

Η τιμή της σύνθετης αντίστασης όπως φαίνεται από το πρωτεύων τύλιγμα (είσοδος) θα είναι

$$Z'_L = \frac{V_P}{I_P}$$

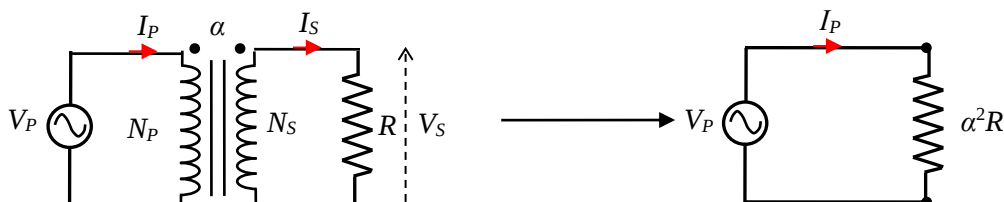
$$\text{Όμως } Z'_L = \frac{V_P}{I_P} = \frac{\alpha V_S}{I_S / \alpha} = \alpha^2 \frac{V_S}{I_S} \Rightarrow \boxed{Z'_L = \alpha^2 Z_L}$$

Δηλαδή η παρεμβολή ενός μετασχηματιστή με τον κατάλληλο λόγο μετασχηματισμού μεταξύ ενός φορτίου και της πηγής που το τροφοδοτεί κάνει δυνατή τη ρύθμιση του μέτρου της σύνθετης αντίστασης που «βλέπει» η πηγή

Για απλή ωμική αντίσταση

$$R = \frac{V_S}{I_S} = \frac{V_P N_S / N_P}{I_P V_P / V_S} = \frac{V_P N_S / N_P}{I_P N_P / N_S} \Rightarrow R' = \frac{V_P}{I_P} = \frac{R}{(N_S / N_P)^2} \Rightarrow \boxed{R' = \alpha^2 R}$$

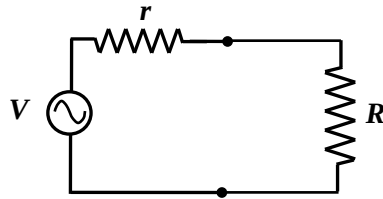
Κύκλωμα ιδανικού μετασχηματιστή με αναγωγή στην τάση του πρωτεύοντος



Προσαρμογή (ταίριασμα, match) πηγής με αντίσταση

Έστω μια πηγή με ενεργό πλάτος V και εσωτερική αντίσταση r , στην οποία θέλουμε να συνδέσουμε αντίσταση R . Ξέρουμε από την Ηλεκτροτεχνία ότι η παρεχόμενη ισχύς στην αντίσταση R γίνεται μέγιστη αν η τιμή της είναι ίση με την εσωτερική αντίσταση της πηγής r : $R=r$

Απόδειξη

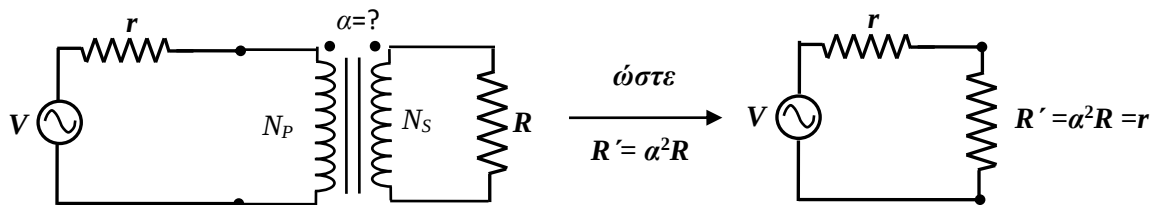


$$I = \frac{V}{R+r}, \quad P_R = I^2 R = V^2 \frac{R}{(R+r)^2} \xrightarrow{\max} \text{όταν } \frac{dP_R}{dR} = 0$$

$$\frac{dP_R}{dR} = V^2 \frac{1}{(R+r)^2} - 2V^2 \frac{R}{(R+r)^3} = \frac{V^2}{(R+r)^2} \left[1 - \frac{2R}{R+r} \right] = \frac{V^2}{(R+r)^2} \left[\frac{r-R}{r+R} \right] \Rightarrow \frac{dP_R}{dR} = \frac{V^2}{(R+r)^3} (r-R)$$

$$\frac{dP_R}{dR} = 0 \Rightarrow r - R = 0 \Rightarrow R = r$$

Προσαρμογή (matching): παρεμβάλουμε κατάλληλο μετασχηματιστή μεταξύ πηγής και αντίστασης R ώστε η πηγή να βλέπει αντίσταση r και να της δίνει τη μέγιστη ισχύ.



Άρα ο κατάλληλος μετασχηματιστής πρέπει να έχει λόγο μετασχηματισμού ώστε:

$$R' = r \Rightarrow \alpha^2 R = r \Rightarrow \alpha = \sqrt{\frac{r}{R}}$$

Άσκηση 1 (32-27 Y8)

Χρειάζεται να προσαρμόσουμε μια αντίσταση $10,0 \, \Omega$ με πηγή που έχει εσωτερική αντίσταση $9 \, \text{k}\Omega$. Τι λόγο μετασχηματισμού πρέπει να έχει ο μετασχηματιστής.

Λύση

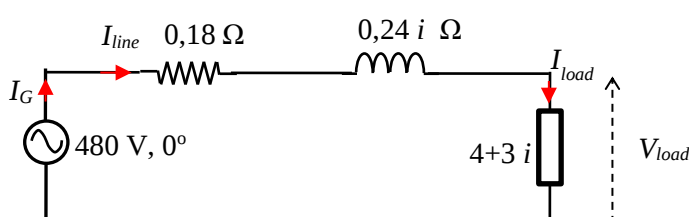
$$R' = r \Rightarrow \alpha^2 R = r \Rightarrow \alpha^2 10 = 9000 \Rightarrow \alpha^2 = 900 \Rightarrow \alpha = 30$$

Άσκηση 2 (Chapman Παρ. 2-1)

Γεννήτρια $480 \, \text{V}$, $60 \, \text{Hz}$ τροφοδοτεί φορτίο σύνθετης αντίστασης $4+3i \, \Omega$ μέσω γραμμής που έχει σύνθετη αντίσταση $0,18+0,24i \, \Omega$.

[Το ότι τα φανταστικά μέρη των σύνθετων αντιστάσεων είναι θετικά σημαίνει ότι οι αντιδράσεις της γραμμής και του φορτίου είναι επαγωγικές $X = L\omega$]

Α) Ποια είναι η τάση στο φορτίο και οι απώλειες ισχύος στη γραμμή?



$$Z_{o\lambda} = \sqrt{R_{o\lambda}^2 + X_{o\lambda}^2} = \sqrt{(0,18 + 4)^2 + (0,24 + 3)^2} = \sqrt{17,4724 + 10,4976} = 5,2887 \, \Omega$$

$$I_G = I_{line} = I_{load} = \frac{V_G}{Z_{o\lambda}} = \frac{480}{5,2887} = 90,8 \, \text{A}$$

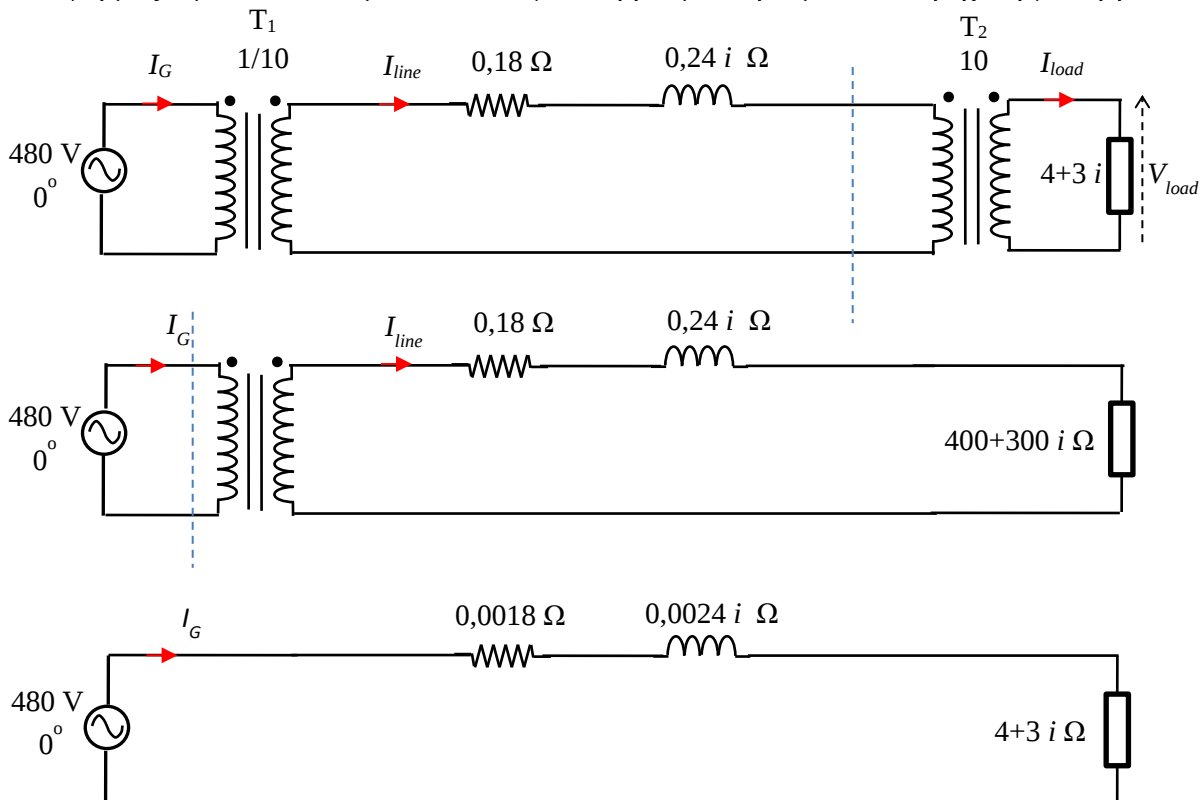
$$Z_{load} = \sqrt{R_{load}^2 + X_{load}^2} = \sqrt{4^2 + 3^2} = 5 \, \Omega$$

$$V_{load} = I_{load} Z_{load} = 90,8 \cdot 5 = 453,8 \, \text{V}$$

$$P_{loss} = I_{line}^2 R_{line} = (90,8)^2 (0,18) = 1484 \, \text{W}$$

Β) Εισάγουμε ένα μετασχηματιστή ανύψωσης με $\alpha=1:10$ μεταξύ της γεννήτριας και της γραμμής για να ανυψώσουμε την τάση και στη συνέχεια εισάγουμε ένα μετασχηματιστή υποβιβασμού $\alpha=10:1$ μεταξύ της γραμμής και του φορτίου για να την κατεβάσουμε πάλι. Πόση είναι τώρα η τάση στο φορτίο και πόσες είναι οι απώλειες στη γραμμή;

Ανάγουμε τα τρία κυκλώματα σε ένα κύκλωμα στην αρχική τάση της γεννήτριας, σε δύο βήματα, και εφαρμόζουμε πάλι το νόμο του Ohm για να βρούμε το ρεύμα που παρέχει η γεννήτρια.



$$Z_{o\lambda} = \sqrt{R_{o\lambda}^2 + X_{o\lambda}^2} = \sqrt{(0,0018 + 4)^2 + (0,0024 + 3)^2} = \sqrt{16,0144 + 9,0144} = 5,0029 \, \Omega$$

$$I_G = \frac{V_G}{Z_{o\lambda}} = \frac{480}{5,0029} = 95,94 \, \text{A}$$

Τα ρεύματα στα άλλα δύο κυκλώματα τα βρίσκουμε από τον τύπο του μετασχηματιστή:

$$\frac{I_G}{I_{line}} = \frac{1}{\alpha_1} \Rightarrow I_{line} = \alpha_1 I_G = \frac{1}{10} (95,94) = 9,594 \, \text{A} \quad \text{πολύ μικρό ρεύμα στη γραμμή}$$

$$\frac{I_{line}}{I_{load}} = \frac{1}{\alpha_2} \Rightarrow I_{load} = \alpha_2 I_{line} = 10 (9,594) = 95,94 \, \text{A}$$

Απώλειες γραμμής:

$$P_{\text{loss}} = I_{\text{line}}^2 R_{\text{line}} = (9,594)^2 (0,18) = 16,6 \text{ W}$$

αμελητέες απώλειες σχετικά με πριν!

Η τάση στο φορτίο είναι :

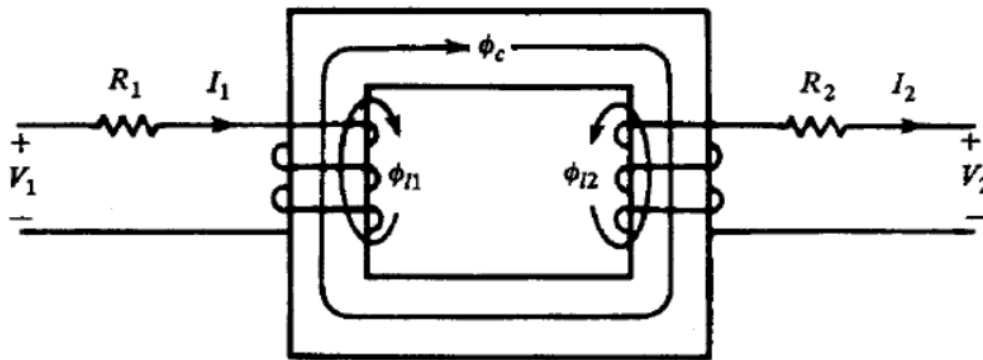
$$V_{\text{load}} = I_{\text{load}} Z_{\text{load}} = 95,94 \cdot 5 = 479,7 \text{ V}$$

Πραγματικός μετασχηματιστής

Ένας πραγματικός μετασχηματιστής παρουσιάζει απώλειες ενέργειας

- 1) Ωμικές απώλειες σε όλα τα σύρματα, που παραμετροποιούνται με ωμικές αντιστάσεις R_1 και R_2 .
- 2) Απώλειες υστέρησης και δινορευμάτων στο σιδηρομαγνητικό πυρήνα. Παραμετροποιούνται προσεγγιστικά με μια παράλληλη ωμική αντίσταση R_C (core=πυρήνας) επειδή αυξάνονται σε φάση (αλλά όχι γραμμικά) από την τάση του πρωτεύοντος.

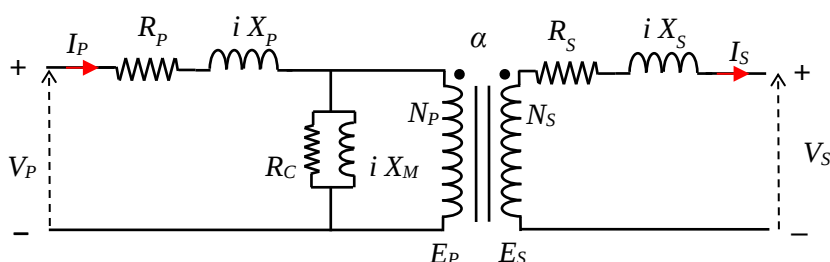
Επίσης σε έναν πραγματικό μετασχηματιστή υπάρχει διαρρέουσα μαγνητική ροή που δεν περνάει και από τα δύο πηνία. Ο πυρήνας δεν μπορεί να περικλείσει τη μαγνητική ροή εντελώς στο εσωτερικό του. Κάποια μαγνητική ροή περνάει μόνο από το πρωτεύων τύλιγμα και δεν φτάνει στο δευτερεύων. Ενώ κάποια μαγνητική ροή που δημιουργείται στο δευτερεύων δεν φτάνει στο πρωτεύων. Αυτές οι διαρρέουσες μαγνητικές ροές (leakage ή stray) παραμετροποιούνται με αυτεπαγωγές L_1 και L_2 που έχουν επαγωγικές αντιδράσεις $X_1=L_1\omega$ και $X_2=L_2\omega$ και επηρεάζουν ανεξάρτητα την επαγωγική τάση του κάθε κλάδου του μετασχηματιστή.

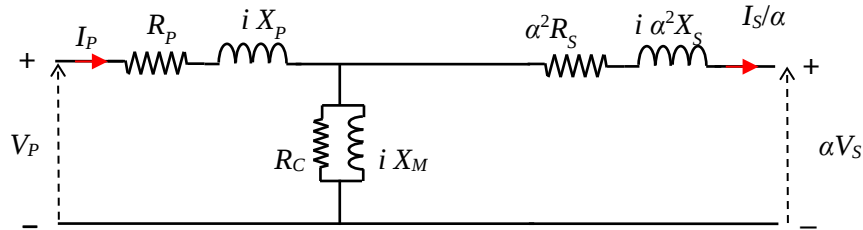
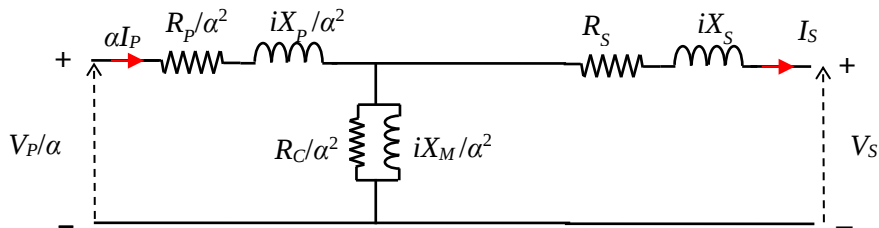


Τέλος ο σιδηρομαγνητικός πυρήνας δεν έχει άπειρη μαγνητική διαπερατότητα και χρειάζεται την ύπαρξη κάποιου ρεύματος διέγερσης για να μαγνητιστεί. Αντιδρά στη δημιουργία όλων μαγνήτισης σαν πηνίο και έχει διαφορά φάσης 90° από την τάση του πρωτεύοντος. Έτσι παραμετροποιείται με μια επαγωγική αντίδραση X_M παράλληλα με την αντίσταση του πυρήνα.

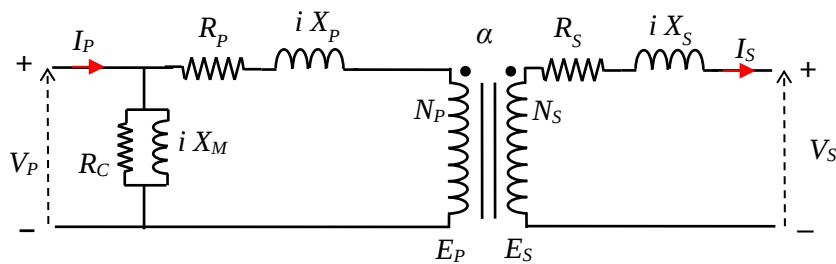
Όλες αυτές οι παράμετροι R_1 , R_2 , R_C , X_1 , X_2 , X_M προσδιορίζονται με μετρήσεις που γίνονται στο μετασχηματιστή (πείραμα ανοιχτού κυκλώματος, πείραμα βραχυκύκλωσης).

Το ακριβές ισοδύναμο κύκλωμα πραγματικού μετασχηματιστή



Με αναγωγή στο πρωτεύων**Με αναγωγή στο δευτερεύων****Προσεγγιστικό ισοδύναμο κύκλωμα πραγματικού μετασχηματιστή**

Χωρίς μεγάλη απώλεια ακρίβειας μπορούμε να μεταφέρουμε τον παράλληλο κλάδο μαγνήτισης στην αρχή του κυκλώματος. Αυτό απλουστεύει κατά πολύ τους υπολογισμούς



ΑΣΚΗΣΕΙΣ**Άσκηση 3 (32-25 Y8)**

$V_p = 120 \text{ V}$, σύστημα φωτισμού χαμηλής τάσης $V_s = 8 \text{ V}$, με $R = 4,00 \Omega$,

$$\alpha = \frac{N_p}{N_s} = ? , I_s = ? , P_{out} = ? , R' = ?$$

Λύση

$$\alpha = \frac{N_p}{N_s} = \frac{V_p}{V_s} = \frac{120}{8} = \frac{60}{4} = 15$$

$$I_s = \frac{V_s}{R} = \frac{8}{4} = 2 \text{ A}$$

$$P_{out} = V_s I_s = 8 \cdot 2 = 16 \text{ W}$$

$$R' = \alpha^2 R = 15^2 \cdot 4 = 900 \Omega$$

Άσκηση 4 (32-26 Y8)

$V_p = 120 \text{ V}$, πινακίδα νέον $V_s = 16.800 \text{ V}$, ασφάλεια στο δευτερεύων ώστε $I_{s \max} = 10,0 \text{ mA}$,

$$\alpha = \frac{N_p}{N_s} = ? , \max P_{out} = ? , \text{ασφάλεια πρωτεύοντος ώστε } I_s \leq 10,0 \text{ mA} ?$$

Λύση

$$\alpha = \frac{N_p}{N_s} = \frac{V_p}{V_s} = \frac{120}{16.800} = \frac{1}{140}$$

$$\max P_{out} = V_s I_{s \max} = 16.800 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 168 \text{ W}$$

$$I_s = \alpha I_p \Rightarrow I_p = \frac{I_s}{\alpha} = 10 \cdot 10^{-3} \cdot 140 = 1,4 \text{ A}$$

Χρειάζεται ασφάλεια 1,4 A στο πρωτεύων ώστε στο δευτερεύων να μην υπερβεί το ρεύμα την τιμή 10 A.

Άσκηση 5 (31.42 Sh)

Οι σπείρες του δευτερεύοντος ενός μετασχηματιστή είναι ίσες με 275 φορές τις σπείρες του πρωτεύοντος. Ο μετασχηματιστής χρησιμοποιείται σε κύκλωμα 110 V. Ποια είναι η τάση στο δευτερεύων? Αν το ρεύμα στο δευτερεύων είναι 50 mA, πόσο είναι το ρεύμα στο πρωτεύων;

Λύση

$$\frac{V_s}{V_p} = \frac{N_s}{N_p} \Rightarrow \frac{V_s}{110} = \frac{275}{1} \Rightarrow V_s = 110 \cdot 275 = 30,25 \text{ kV}$$

Αν το φορτίο στο δευτερεύων είναι μόνο ωμικό η τάση και το ρεύμα θα είναι συμφασικά και αν ο μετασχηματιστής είναι ιδανικός δεν υπάρχουν απώλειες ενέργειας θα έχουμε

$$P_{out} \approx P_{in} \Rightarrow V_s I_s = V_p I_p \Rightarrow I_s = I_p \frac{V_p}{V_s} \Rightarrow I_s = I_p \frac{N_p}{N_s} \Rightarrow I_p = I_s \frac{N_s}{N_p} = 50 \cdot 10^{-3} \cdot 275 = 13,75 \text{ A}$$

Άσκηση 6 (31.43 Sh)

Ιδανικός μετασχηματιστής έχει 550 σπείρες στο πρωτεύων και 30 στο δευτερεύων. Ποια είναι η τάση εξόδου όταν η τάση εισόδου είναι 3,3 kV; Αν το δευτερεύων τραβάει ρεύμα 11 A τι ρεύμα απαιτείται να έχει το πρωτεύων ;

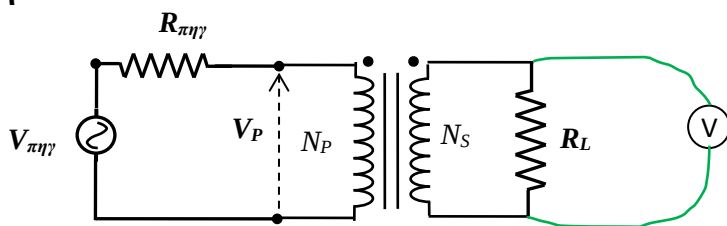
Λύση

$$\frac{V_s}{V_p} = \frac{N_s}{N_p} \Rightarrow \frac{V_s}{3,3 \cdot 10^3} = \frac{30}{550} \Rightarrow V_s = 3300 \frac{30}{550} = 180 \text{ V}$$

$$\Rightarrow \frac{I_p}{I_s} = \frac{V_s}{V_p} \Rightarrow I_p = 11 \frac{30}{550} = 0,6 \text{ A}$$

Άσκηση 7 (33-51 SJ9)

Μετασχηματιστής με λόγο μετασχηματισμού $\alpha = N_p/N_s=2,5$ συνδέει πηγή με εσωτερική αντίσταση $R_{πηγ}$ και τάση με ενεργό τιμή $V_{πηγ}=80 \text{ V}$ με φορτίο ωμικής αντίστασης $R_L=50 \Omega$. Αν η τάση που μετράμε με ένα βολτόμετρο στα άκρα του φορτίου είναι 25 V πόση είναι η αντίσταση της πηγής ;

Λύση

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s} \Rightarrow \frac{V_p}{25} = 2,5 \Rightarrow V_p = 62,5 \text{ V}$$

$$P = V_s I_s = \frac{V_s^2}{R_L} = \frac{25,0^2}{50,0} = 12,5 \text{ W}$$

$$I_p = \frac{P}{V_p} = \frac{12,5}{62,5} = 0,200 \text{ A}$$

Το πρωτεύων κύκλωμα είναι εναλλασσόμενο και περιέχει μια ωμική αντίσταση και ένα πηνίο (τα τυλίγματα του πρωτεύοντος του μετασχηματιστή). Οι τάσεις στα άκρα αυτών των δύο στοιχείων δεν είναι συμφασικές αλλά έχουν διαφορά φάσης 90° , άρα οι ενεργές τιμές τους προστίθενται διανυσματικά:

$$V_{πηγ}^2 = V_R^2 + V_p^2 \Rightarrow V_R = \sqrt{V_{πηγ}^2 - V_p^2} = \sqrt{80,0^2 - 62,5^2} = 49,9 \text{ V}$$

$$R = \frac{V_R}{I_p} = \frac{49,9}{0,200} = 250 \Omega$$

Άσκηση 8 (33-49 SJ9)

Το πρωτεύων πηνίο ενός μετασχηματιστή έχει $N_p=350$ τυλίγματα και το δευτερεύων $N_s=2.000$. Αν η τάση εισόδου στο πρωτεύων δίνεται από την έκφραση $V_p(t) = 170 \sin \omega t$, τι ενεργό τιμή έχει η τάση που αναπτύσσεται στο δευτερεύων πηνίο.

Λύση

Στη χρονική εξάρτηση της εναλλασσόμενης τάσης εισόδου του πρωτεύοντος εμφανίζεται το πλάτος της : $V_{p \max} = 170 \text{ V}$

Η ενεργός τιμή της τάσης εισόδου στο πρωτεύων είναι (διαιρούμε με $\sqrt{2}$):

$$V_{p \text{ rms}} = \frac{V_{p \max}}{\sqrt{2}} = \frac{170}{\sqrt{2}} = 120,208 = 120 \text{ V}$$

Άρα η ενεργός τιμή της τάσης εξόδου (δευτερεύοντος) θα είναι:

$$\frac{V_{p \text{ rms}}}{V_{s \text{ rms}}} = \frac{N_p}{N_s} \Rightarrow V_{s \text{ rms}} = V_{p \text{ rms}} \frac{N_s}{N_p} \Rightarrow V_{s \text{ rms}} = \frac{120}{\sqrt{2}} \frac{2000}{350} = 687 \text{ V}$$

Όλες οι σχέσεις που χρησιμοποιούμε στους μετασχηματιστές ισχύουν τόσο για τα πλάτη όσο και για τις ενεργές τιμές (αφού αυτά είναι ανάλογα μεγέθη).

Άσκηση 9 (33-48 SJ9)

Ένας μετασχηματιστής υποβιβασμού χρησιμοποιείται για την επαναφόρτιση μπαταριών φορητών ηλεκτρονικών συσκευών. Ο λόγος μετασχηματισμού ενός συγκεκριμένου μετασχηματιστή που χρησιμοποιείται για ένα φορητό αναπαραγωγό DVD είναι 13:1. Όταν ο μετασχηματιστής χρησιμοποιείται σε μια οικιακή παροχή ενεργού τιμής τάσης 120 V (Αμερική) τραβάει ρεύμα με ενεργό τιμή 20 mA από το ρευματοδότη. Ποια είναι η ενεργός τιμή της τάσης εξόδου του μετασχηματιστή; Τι ισχύ παρέχει στο DVD;

Λύση

Η είσοδος στο μετασχηματιστή είναι το πρωτεύων τύλιγμα και η έξοδος το δευτερεύων.

$$\frac{V_P}{V_S} = \frac{N_P}{N_S} \Rightarrow V_S = V_P \frac{N_S}{N_P} \Rightarrow V_S = 120 \frac{1}{13} = 9,23 \text{ V}$$

Υποθέτοντας ιδανικό μετασχηματιστή, τότε παραδίδει στο DVD όση ισχύ παραλαμβάνει από την οικιακή παροχή:

$$P_{out} = P_{in} = V_P I_P = 120 \cdot 20 \cdot 10^{-3} = 2,40 \text{ W}$$

Άσκηση 10 (31-35 Y13)

Ένα μετασχηματιστής συνδεδεμένος σε εναλλασσόμενη οικιακή γραμμή παροχής 240 V πρέπει να τροφοδοτήσει με 12 V μια φορητή ηλεκτρονική συσκευή. Το ωμικό φορτίο στο δευτερεύον είναι 5,00 Ω. Ποιος πρέπει να είναι ο λόγος μετασχηματισμού ($\alpha = N_P/N_S$) του μετασχηματιστή? Τι ρεύμα παρέχει το δευτερεύον; Τι ισχύ απορροφά το φορτίο; Τι αντίσταση συνδεδεμένη απευθείας στη γραμμή θα απορροφούσε την ίδια ισχύ; Δείξτε ότι ισχύει $R' = \alpha^2 R$.

Λύση

$$\alpha = \frac{N_P}{N_S} = \frac{V_P}{V_S} = \frac{240}{12} = 20$$

$$I_S = \frac{V_S}{R} = \frac{12}{5} = 2,40 \text{ A}$$

Το φορτίο απορροφά ισχύ

$$P = I_S^2 R = 2,40^2 \cdot 5 = 28,8 \text{ W}$$

Η αντίσταση που πρέπει να συνδεθεί απευθείας στη γραμμή παροχής για να καταναλώνει την ίδια ισχύ βρίσκεται από :

$$P = \frac{V_P^2}{R'} \Rightarrow R' = \frac{V_P^2}{P} = \frac{240^2}{28,8} = 2.000 \text{ } \Omega$$

Πράγματι

$$R' = \alpha^2 R = 20^2 \cdot 5 = 400 \cdot 5 = 2.000 \text{ } \Omega$$

Άσκηση 11 (31-71 Y13)

Μετασχηματιστής αποτελείται από 275 τυλίγματα στο πρωτεύων και 834 τυλίγματα στο δευτερεύων. Αν η διαφορά δυναμικού στα άκρα του πρωτεύοντος πηνίου είναι 25,0 V, πόση είναι η διαφορά δυναμικού στα άκρα του δευτερεύοντος; Ποια είναι η ισοδύναμη αντίσταση φορτίου του δευτερεύοντος αν συνδεθεί με ωμική αντίσταση 125 Ω;

Λύση

$$\frac{V_P}{V_S} = \frac{N_P}{N_S} \Rightarrow V_S = V_P \frac{N_S}{N_P} \Rightarrow V_S = 25 \frac{834}{275} = 75,8 \text{ V}$$

Η πηγή που τροφοδοτεί το πρωτεύων βλέπει αντίσταση από το δευτερεύων του μετασχηματιστή ίση με :

$$R' = \alpha^2 R = \left(\frac{275}{834}\right)^2 \cdot 125 = 13,6 \, \Omega$$

Άσκηση 12 (31-37 Υ13)

Σας έφεραν δώρο ένα πιστολάκι στεγνώματος μαλλιών από την Αμερική όπου η οικιακή τάση είναι 120 V ενώ στην Ευρώπη είναι 240 V. Η ονομαστική τιμή ισχύος στο πιστολάκι είναι 1.600 W. Τι πρέπει να κάνετε για να μπορέσετε να λειτουργήσετε το πιστολάκι στην Ευρώπη; Τι ρεύμα θα τραβάει από την Ευρωπαϊκή παροχή; Τι αντίσταση θα εμφανίζεται να έχει το πιστολάκι όταν λειτουργεί στα 240 V;

Λύση

Χρειαζόμαστε μετασχηματιστή ανύψωσης τάσης με λόγο μετασχηματισμού

$$\alpha = \frac{N_p}{N_s} = \frac{V_p}{V_s} = \frac{240}{120} = 2$$

Το πιστολάκι θα καταναλώνει 1600W στα 240V άρα

$$P_{in} = V_p I_p \Rightarrow I_p = \frac{P_{in}}{V_p} = \frac{1600}{240} = 6,67 \, A$$

Η αντίσταση του στεγνωτήρα είναι

$$R = \frac{V_{\text{ονομ}}^2}{P_{\text{ονομ}}} = \frac{120^2}{1600} = 9 \, \Omega$$

Η ισοδύναμη αντίσταση που θα βλέπει η Ευρωπαϊκή παροχή των 240 V θα είναι

$$R' = \alpha^2 R = 2^2 \cdot 9 = 36 \, \Omega$$