

ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ ΞΑΝΘΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ: **ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2009**

ΜΑΘΗΜΑ: **ΓΕΝΙΚΗ ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑ**

4^ο ΕΞΑΜΗΝΟ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΔΙΔΑΣΚΩΝ: ΚΑΡΑΚΑΤΣΑΝΗΣ Σ. ΘΕΟΚΛΗΤΟΣ

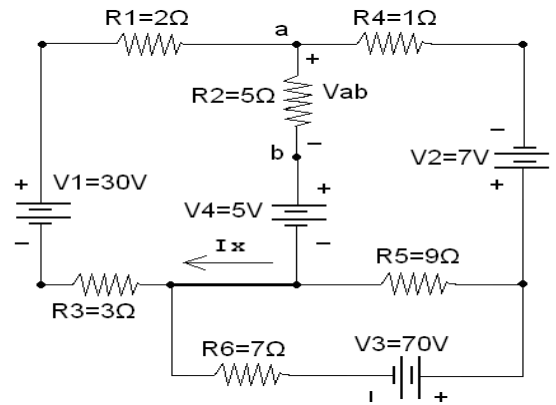
ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΕΞΕΤΑΣΗΣ : 2 ½ ΩΡΕΣ .

ΑΠΑΓΟΡΕΥΕΤΑΙ Η ΑΠΟΧΩΡΗΣΗ ΤΑ ΠΡΩΤΑ 30 ΛΕΠΤΑ.

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ : Α.Μ.

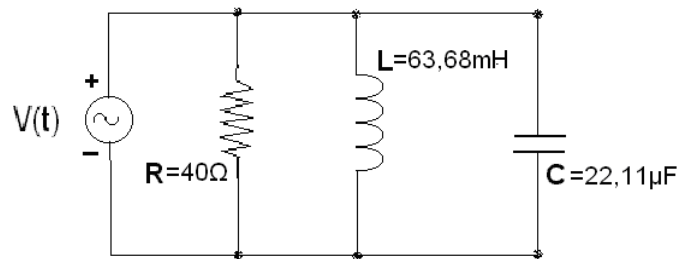
ΘΕΜΑ 1^ο: (Μονάδες 2.50).

Στο κύκλωμα που δίνεται με εφαρμογή της μεθόδου των βρόχων να υπολογιστεί: α) το ρεύμα I_x που περνά από το βραχυκύκλωμα. β) Η πτώση τάσεως V_{ab} επάνω στην αντίσταση $R_2=5\Omega$. γ) Ποια πρέπει να είναι η τιμή της πηγής τάσης V_4 για να μηδενιστεί το ρεύμα I_x στο βραχυκύκλωμα;



ΘΕΜΑ 2^ο: (Μονάδες 2.50).

Το κύκλωμα RLC με παράλληλη συνδεσμολογία που δίνεται στο σχήμα, τροφοδοτείται από πηγή τάσης ημιτονοειδούς μορφής 220V (rms), μεταβλητής συχνότητας. Να προσδιοριστούν α) η συχνότητα που δίνει το ελάχιστο ρεύμα πηγής, καθώς και η συνολική εμπέδηση, το ρεύμα σε κάθε κλάδο, το συνολικό ρεύμα πηγής, και ο συντελεστής ισχύος του κυκλώματος στην συχνότητα αυτή.



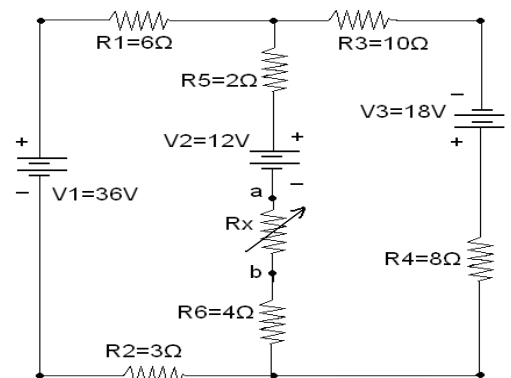
β) Αν η συχνότητα της πηγής ρυθμιστεί στα 300 Hz, ποια θα είναι η συνολική εμπέδηση, το ρεύμα σε κάθε κλάδο και το συνολικό ρεύμα της πηγής, ο συντελεστής ισχύος και η ενεργός, η άεργος και η φαινόμενη ισχύς του κυκλώματος στην συχνότητα αυτή; γ) Να σχεδιαστούν τα διανυσματικά διαγράμματα των τάσεων και ρευμάτων για τις δύο πιο πάνω περιπτώσεις.

ΘΕΜΑ 3^ο: (Μονάδες 2.50).

Για το κύκλωμα που δίνεται

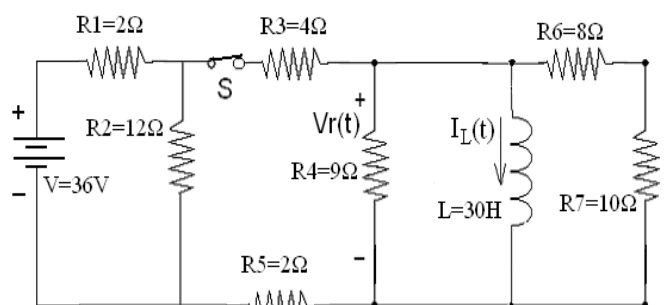
α) Να προσδιοριστεί το ισοδύναμο κατά Norton ανάμεσα στα σημεία a και b.

β) Ποια πρέπει να είναι η τιμή της μεταβλητής αντίστασης R_x έτσι ώστε να καταναλώνει την μέγιστη ισχύ και να υπολογιστεί η τιμή της μέγιστης αυτής ισχύος.



ΘΕΜΑ 4^ο: (Μονάδες 2.50).

Στο κύκλωμα που δίνεται και αφού έχει σταθεροποιηθεί η τιμή του ρεύματος στο πηνίο, τη χρονική στιγμή $t=0$ ανοίγει ο διακόπτης S. Να προσδιοριστούν α) η σταθερά χρόνου εκφόρτισης του πηνίου, β) το ρεύμα $I_L(t)$ για $t > 0$ και γ) η τάση $V_{R4}(t)$ στα άκρα της αντίστασης R_4 για $t > 0$.

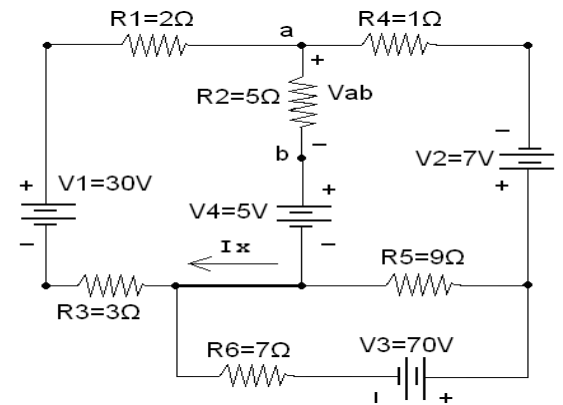


ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ ΞΑΝΘΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ: **ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2009**
 ΜΑΘΗΜΑ: **ΓΕΝΙΚΗ ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑ**
 4^ο ΕΞΑΜΗΝΟ ΣΠΟΥΔΩΝ
 ΔΙΔΑΣΚΩΝ: **ΚΑΡΑΚΑΤΣΑΝΗΣ Σ. ΘΕΟΚΛΗΤΟΣ**

ΘΕΜΑ 1^ο: (Μονάδες 2.50).

Στο κύκλωμα που δίνεται με εφαρμογή της μεθόδου των βρόχων να υπολογιστεί: α) το ρεύμα I_x που περνά από το βραχυκύκλωμα. β) Η πτώση τάσεως V_{ab} επάνω στην αντίσταση $R_2=5\Omega$. γ) Ποια πρέπει να είναι η τιμή της πηγής τάσης V_4 για να μηδενιστεί το ρεύμα I_x στο βραχυκύκλωμα;



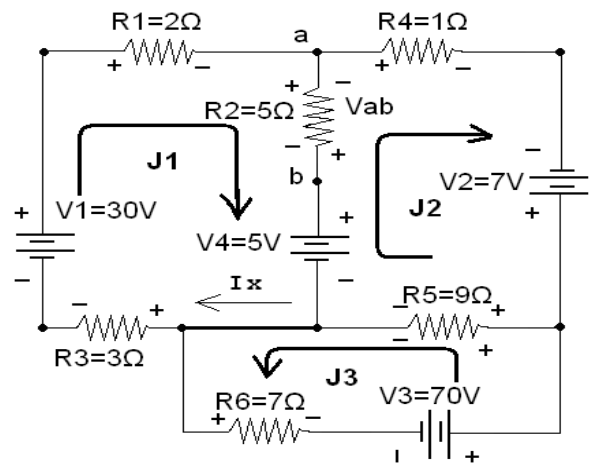
Λύση

Οι βρόχοι που επιλέγονται και τα ρεύματα των βρόχων J_1, J_2 και J_3 μαζί με τις αντίστοιχες πολικότητες των αντιστάσεων φαίνονται στο ακόλουθο σχήμα.

Οι τρεις εξισώσεις βρόχων είναι οι ακόλουθες:

$$\begin{aligned} -V_1 + R_1 J_1 + R_2 (J_1 - J_2) + V_4 + R_3 J_1 &= 0 & (1) \\ -V_2 + R_5 (J_2 + J_3) - V_4 + R_2 (J_2 - J_1) + R_4 J_2 &= 0 & (2) \\ -V_3 + R_5 (J_2 + J_3) + R_6 J_3 &= 0 & (3) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (R_1 + R_2 + R_3) J_1 - R_2 J_2 &= V_1 - V_4 & (1) \\ -R_2 J_1 + (R_2 + R_4 + R_5) J_2 + R_5 J_3 &= V_2 + V_4 & (2) \\ R_5 J_2 + (R_5 + R_6) J_3 &= V_3 & (3) \end{aligned}$$



Αντικαθιστώντας προκύπτει

$$\begin{aligned} 10 J_1 - 5 J_2 &= 25 & (1) \\ -5 J_1 + 15 J_2 + 9 J_3 &= 12 & (2) \\ 9 J_2 + 16 J_3 &= 70 & (3) \end{aligned}$$

Λύνοντας την (1) ως προς J_1 , την (3) ως προς J_3 και αντικαθιστώντας στην (2) προκύπτει:

$$\begin{aligned} J_1 &= 2,5 + 0,5 J_2 & (1) \\ J_3 &= (70/16) - (9/16) J_2 & (3) \\ -12,5 - 2,5 J_2 + 15 J_2 + (630/16) - (81/16) J_2 &= 12 \quad (\text{Πολλαπλασιάζω } \times 16) \Rightarrow \\ -200 - 40 J_2 + 240 J_2 + 630 - 81 J_2 &= 192 \quad \Rightarrow \quad 119 J_2 = -238 \Rightarrow J_2 = -2 \text{ A} \\ J_1 &= 2,5 + 0,5 \times (-2) = 2,5 - 1,0 = 1,5 \text{ A} \\ J_3 &= 5,5 \text{ A} \end{aligned}$$

Έτσι,

$$\begin{aligned} \alpha) \quad I_x &= J_1 + J_3 = 1,5 \text{ A} + 5,5 \text{ A} \quad \Rightarrow \quad I_x = 7,0 \text{ A} \\ \beta) \quad V_{ab} &= (J_1 - J_2) R_2 = [1,5 - (-2 \text{ A})] \times 5 \Omega = 3,5 \text{ A} \times 5 \Omega \quad \Rightarrow \quad V_{ab} = 17,5 \text{ V} \end{aligned}$$

γ) Για να μηδενιστεί το ρεύμα I_x θα πρέπει: $J_3 = -J_1$

Επομένως το σύστημα εξισώσεων των βρόχων διαμορφώνεται ως εξής:

$$\begin{aligned} 10 J_1 - 5 J_2 &= 30 - V_4 & (1) \\ -14 J_1 + 15 J_2 &= 7 + V_4 & (2) \\ 9 J_2 - 16 J_1 &= 70 & (3) \end{aligned}$$

Από (1) + (2) προκύπτει: $10 J_2 - 4 J_1 = 37$ (και πολλαπλασιάζοντας $\times -4$)

$$-40 J_2 + 16 J_1 = -148 \quad (1+2) \times (-4)$$

$$9 J_2 - 16 J_1 = 70 \quad (3)$$

$$\text{Έτσι } -31 J_2 = -78 \Rightarrow J_2 = (78/31) = 2,52 \text{ A}$$

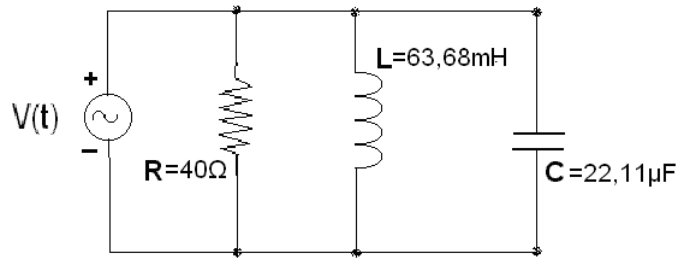
$$J_1 = (10 J_2 - 37)/4 = (10 \times 78 - 37 \times 31)/(4 \times 31) \Rightarrow J_1 = -(367/124) = -2,96 \text{ A}$$

$$\text{και από (1)} \quad V_4 = 30 + 5 J_2 - 10 J_1 = 30 + 5 \times (78/31) + 10 \times (367/124) = 72,18 \text{ V}$$

$$\text{ή από (2)} \quad V_4 = 15 J_2 - 14 J_1 - 7 = 15 \times (78/31) + 14 \times (367/124) - 7 = 72,18 \text{ V}$$

ΘΕΜΑ 2^ο: (Μονάδες 2.50).

Το κύκλωμα RLC με παράλληλη συνδεσμολογία που δίνεται στο σχήμα, τροφοδοτείται από πηγή τάσης ημιτονοειδούς μορφής 220V (rms), μεταβλητής συχνότητας. Να προσδιοριστούν α) η συχνότητα που δίνει το ελάχιστο ρεύμα πηγής, καθώς και η συνολική εμπέδηση, το ρεύμα σε κάθε κλάδο, το συνολικό ρεύμα πηγής, και ο συντελεστής ισχύος του κυκλώματος στην συχνότητα αυτή.



β) Αν η συχνότητα της πηγής ρυθμιστεί στα 300 Hz, ποια θα είναι η συνολική εμπέδηση, το ρεύμα σε κάθε κλάδο και το συνολικό ρεύμα της πηγής, ο συντελεστής ισχύος και η ενεργός, η άεργος και η φαινόμενη ισχύς του κυκλώματος στην συχνότητα αυτή; γ) Να σχεδιαστούν τα διανυσματικά διαγράμματα των τάσεων και ρευμάτων για τις δύο πιο πάνω περιπτώσεις.

Λύση

α) Το ελάχιστο ρεύμα προκύπτει για την μέγιστη εμπέδηση του παράλληλου κυκλώματος στην κατάσταση συντονισμού όπου ισχύει: $X_C = 1 / 2 \pi f C = X_L = 2 \pi f L$ και έτσι η συχνότητα συντονισμού δίνεται από τη σχέση:

$$f_r = 1 / 2 \pi \sqrt{L C} = 1 / 2 \pi \sqrt{63,68 \times 10^{-3} \times 22,11 \times 10^{-6}} \Rightarrow f_r = 134 \text{ Hz}$$

Στη συχνότητα αυτή θα ισχύει: $X_C = X_L = 2 \times 3,14 \times 63,68 \times 10^{-3} = 53,60 \Omega$

Οι τιμές των ρευμάτων σε κάθε κλάδο θα είναι:

$$I_R = V / R = 220 \text{ V} / 40 \Omega \Rightarrow I_R = 5,50 \text{ A}$$

$$I_L = I_C = V / X_L = 220 \text{ V} / 59,60 \Omega \Rightarrow I_L = I_C = 4,10 \text{ A}$$

ενώ το συνολικό ρεύμα της πηγής επειδή $I_X = |I_L - I_C| = 0 \text{ A}$ θα είναι

$$I_T = \sqrt{I_R^2 + (I_L - I_C)^2} = \sqrt{I_R^2 + I_X^2} = \text{έτσι } I_T = I_R = 5,5 \text{ A}$$

Στον συντονισμό η συνολική εμπέδηση είναι $Z = R = 40 \Omega$ και ο συντελεστής ισχύος $\cos \phi = 1$

β) Για συχνότητα πηγής $f = 300 \text{ Hz}$ θα ισχύει:

$$X_L = 2 \pi f L = 2 \times 3,14 \times 300 \times 63,68 \times 10^{-3} \Rightarrow X_L = 120 \Omega$$

$$\text{και } X_C = 1 / 2 \pi f C = 1 / 2 \times 3,14 \times 300 \times 22,11 \times 10^{-6} \Rightarrow X_C = 24 \Omega$$

Οι τιμές των ρευμάτων σε κάθε κλάδο θα είναι:

$$I_R = V / R = 220 \text{ V} / 40 \Omega \Rightarrow I_R = 5,50 \text{ A}$$

$$I_L = V / X_L = 220 \text{ V} / 120 \Omega \Rightarrow I_L = 1,83 \text{ A}$$

$$I_C = V / X_C = 220 \text{ V} / 24 \Omega \Rightarrow I_C = 9,17 \text{ A}$$

$$\text{και } I_X = |I_C - I_L| = |9,17 - 1,83| \text{ A} \Rightarrow I_X = 7,34 \text{ A}$$

ενώ το συνολικό ρεύμα της πηγής θα είναι:

$$I_T = \sqrt{I_R^2 + (I_L - I_C)^2} = \sqrt{I_R^2 + I_X^2} = \sqrt{5,5^2 + 7,34^2} = \sqrt{84,125^2} \Rightarrow I_T = 9,17 \text{ A}$$

Η συνολική εμπέδηση του κυκλώματος θα είναι:

$$Z = V / I_T = 220 \text{ V} / 9,17 \text{ A} \Rightarrow Z = 24 \Omega$$

και ο συντελεστής ισχύος $\cos \phi = I_R / I_T = 5,5 \text{ A} / 9,17 \text{ A} \Rightarrow \cos \phi = 0,60$ χωρητικός ($I_C > I_L$)

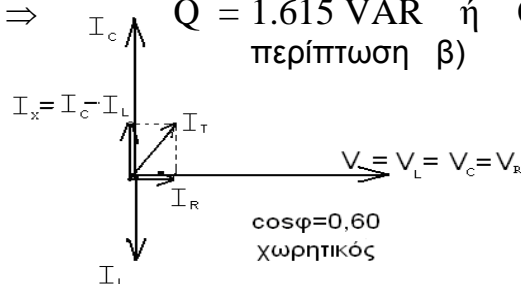
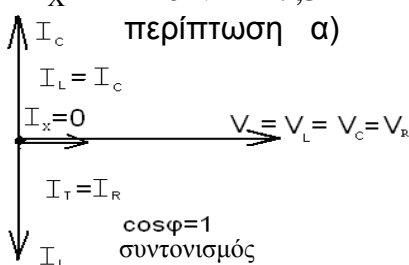
Η φαινόμενη, η ενεργός και η άεργος ισχύς του κυκλώματος θα είναι αντίστοιχα:

$$S = V \times I_T = 220 \text{ V} \times 9,17 \text{ A} \Rightarrow S = 2.017 \text{ VA}$$

$$P = V \times I_R = 220 \text{ V} \times 5,50 \text{ A} \Rightarrow P = 1.210 \text{ W}$$

$$Q = V \times I_X = 220 \text{ V} \times 7,34 \text{ A} \Rightarrow Q = 1.615 \text{ VAR} \quad \text{ή} \quad Q = \sqrt{S^2 - P^2}$$

γ)

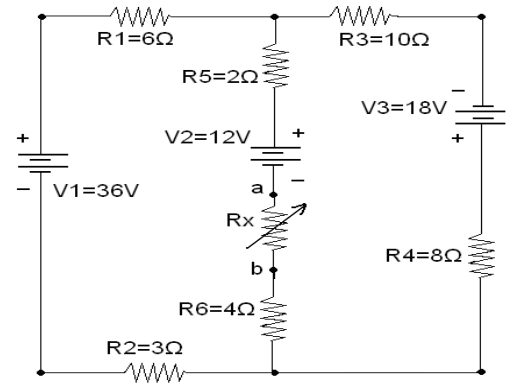


ΘΕΜΑ 3^ο: (Μονάδες 2.50).

Για το κύκλωμα που δίνεται

α) Να προσδιοριστεί το ισοδύναμο κατά Norton ανάμεσα στα σημεία a και b.

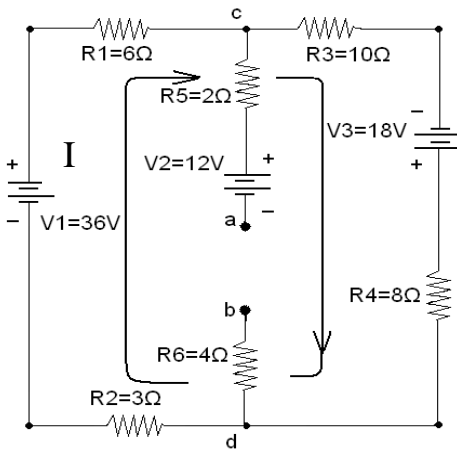
β) Ποια πρέπει να είναι η τιμή της μεταβλητής αντίστασης R_x έτσι ώστε να καταναλώνει την μέγιστη ισχύ και να υπολογιστεί η τιμή της μέγιστης αυτής ισχύος.



Λύση

α) Αντί για το ισοδύναμο κατά Norton θα υπολογιστεί πρώτα το αντίστοιχο ισοδύναμο κύκλωμα κατά Thevenin και μετά θα αντικατασταθεί.

Για τον υπολογισμό της τάσης Thevenin ανάμεσα στα σημεία a και b απομακρύνεται η αντίσταση R_x και έτσι στο ακόλουθο κύκλωμα που προκύπτει ισχύει: $V_{th} = V_{ab} = V_{cd} - V_2$.



Στο κύκλωμα αυτό ο κλάδος cd δεν διαρρέεται από ρεύμα και έτσι οι αντιστάσεις R_5 και R_6 είναι ανοιχτοκυκλωμένες.

Έτσι, $V_{cd} = V_1 - I_x (R_1 + R_2)$
ή αντίστοιχα $V_{cd} = I_x (R_3 + R_4) - V_3$

Το ρεύμα I διαρρέει μόνο τον κλειστό περιμετρικό βρόχο και δίνεται από τη σχέση:

$$I = (V_1 + V_3) / (R_1 + R_2 + R_3 + R_4) = (36 + 18) / (6 + 3 + 10 + 8) = 54 / 27 = 2A.$$

Επομένως, $V_{cd} = V_1 - I_x (R_1 + R_2) = 36 - 2(6 + 3) = 18V$
ή $V_{cd} = I_x (R_3 + R_4) - V_3 = 2(10 + 8) - 18 = 18V$

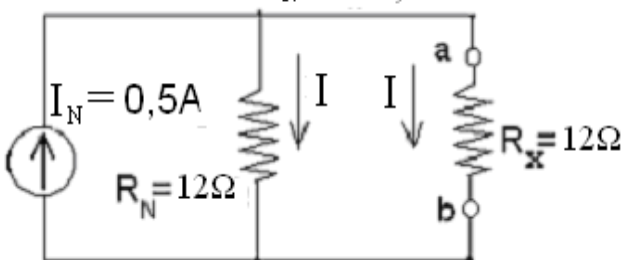
Άρα $V_{th} = V_{cd} - V_2 = 18V - 12V \Rightarrow V_{th} = 6V$

Για τον υπολογισμό της R_{th} ή αντίστοιχα της R_n απομακρύνεται η αντίσταση R_x , και βραχυκυκλώνονται όλες οι πηγές τάσης.

Έτσι προκύπτει ο ακόλουθος συνδυασμός αντιστάσεων ανάμεσα στα σημεία a και b.

$$R_{th} = R_n = R_{ab} = [(R_1 + R_2) // (R_3 + R_4)] + R_5 + R_6 = [(6 + 3) // (10 + 8)] + 2 + 4 = (9 // 18) + 2 + 4 = [(9 \times 18) / 27] + 2 + 4 = 6 + 2 + 4 \Rightarrow R_{th} = R_n = 12\Omega$$

$$I = I_N / 2 = 0,25A$$



και έτσι προκύπτει $I_n = V_{th} / R_{th} = 6V / 12\Omega \Rightarrow I_n = 0,5A$

β) Έτσι το ισοδύναμο κύκλωμα κατά Norton δίνεται στο διπλανό σχήμα:

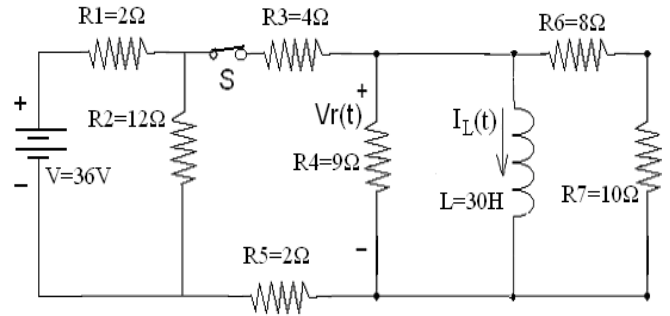
Για να καταναλώνει την μέγιστη ισχύ η αντίσταση R_x θα πρέπει να είναι $R_x = R_n = 12\Omega$

Έτσι θα ισχύει: $I = I_n \times R_n / (R_n + R_x) = I_n \times 12 / (12 + 12) = I_n / 2 = 0,5A / 2 \Rightarrow I = 0,25A$

και η ισχύς αυτή θα είναι: $P = I^2 \times R_x = 0,25^2 \times 12 \Rightarrow P = 0,75W$

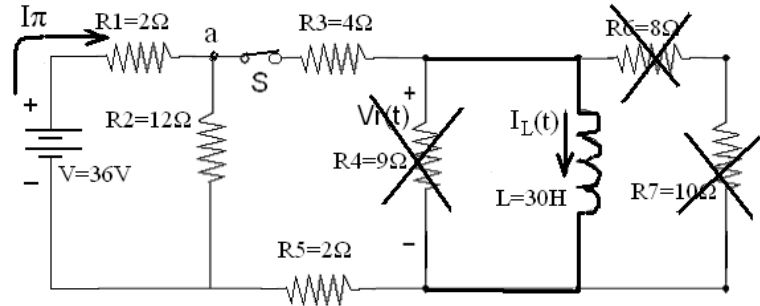
ΘΕΜΑ 4^ο : (Μονάδες 2.50).

Στο κύκλωμα που δίνεται και αφού έχει σταθεροποιηθεί η τιμή του ρεύματος στο πηνίο, τη χρονική στιγμή $t=0$ ανοίγει ο διακόπτης S . Να προσδιοριστούν α) η σταθερά χρόνου εκφόρτισης του πηνίου, β) το ρεύμα $I_L(t)$ για $t > 0$ και γ) η τάση $V_{R4}(t)$ στα άκρα της αντίστασης R_4 για $t > 0$.



Λύση

Τη χρονική στιγμή $t = 0$ και πριν ανοίξει ο διακόπτης S το πηνίο συμπεριφέρεται ως βραχυκύκλωμα και διαρρέεται από το μέγιστο ρεύμα του. Οι αντιστάσεις $R_4 = 9\Omega$ στον έναν παράλληλο κλάδο και $R_6 = 8\Omega$ σε σειρά με την $R_7 = 10\Omega$ δεν διαρρέονται από ρεύμα γιατί είναι βραχυκυκλωμένες.



Έτσι ισχύει το διπλανό σχήμα και η πηγή «βλέπει» την ισοδύναμη αντίσταση Req (πηγής).

$$Req \text{ (πηγής)} = R_1 + [(R_3 + R_5) // R_2] = 2 + [(4 + 2) // 12] =$$

$$2 + (6 // 12) = 2 + (6 \times 12) / (6 + 12) = 2 + 72 / 18 = 2 + 4 \Rightarrow Req \text{ (πηγής)} = 6 \Omega.$$

Το ρεύμα που δίνει η πηγή για $t=0$ και πριν ανοίξει ο διακόπτης S θα είναι :

$$I_\pi = V / Req = 36 \text{ V} / 6 \Omega = 6 \text{ A}.$$

Το ρεύμα της πηγής διακλαδίζεται στον κόμβο a επάνω στην αντίσταση $R_2=12\Omega$ και στον άλλο παράλληλο κλάδο που περιλαμβάνει τις αντιστάσεις $R_3=4\Omega$ σε σειρά με την αντίσταση $R_5=2\Omega$ και επειδή το πηνίο είναι βραχυκύκλωμα το ρεύμα που περνά από το πηνίο είναι αυτό που περνά από τον κλάδο των αντιστάσεων (R_3+R_5) .

Σύμφωνα με τον τύπο του διαιρέτη ρεύματος θα ισχύει :

$$I_L(t=0) = I_\pi \times R_2 / (R_2 + R_3 + R_5) = 6 \times 12 / (12 + 4 + 2) = 6 \times 12 / 18 = 4 \text{ A}$$

Όταν ανοίξει ο διακόπτης S τη χρονική στιγμή $t=0$ το ρεύμα του πηνίου από την μέγιστη αυτή τιμή των 4A θα αρχίσει να μειώνεται εκθετικά μέχρι να μηδενιστεί.

$$I_L(t=\infty) = 0 \text{ A}$$

α) Η ισοδύναμη αντίσταση στα άκρα του πηνίου μέσω της οποίας εκφορτίζεται μετά το άνοιγμα του διακόπτη S θα είναι όπως φαίνεται στο διπλανό κύκλωμα :

$$Req = (R_6 + R_7) // R_4 = (10 + 8) // 9 = 18 // 9 = (18 \times 9) / (18 + 9) = 6 \Omega$$

$$\text{και η σταθερά χρόνου του πηνίου θα είναι } \tau = L / Req = 30 \text{ H} / 6 \Omega = 5 \text{ sec.}$$

β) έτσι η εξίσωση του ρεύματος του πηνίου για $t > 0$ θα δίνεται από την σχέση :

$$I_L(t > 0) = I_L(t=0) e^{-t/\tau} \Rightarrow I_L(t > 0) = 4 e^{-t/5} \text{ A.}$$

γ) Το ρεύμα του πηνίου μοιράζεται στους δύο παράλληλους κλάδους i) στον κλάδο με την αντίσταση $R_4=9\Omega$ και ii) στον κλάδο με τις αντιστάσεις $(R_6 + R_7) = 18\Omega$. Το ρεύμα $I_r(t)$ επάνω στην αντίσταση R_4 δίνεται σύμφωνα με τον τύπο του διαιρέτη ρεύματος ως $I_r(t) = I_L(t) \times 18 / (18 + 9) = (4 \times 18/27) e^{-t/5} \text{ A} = 2,667 e^{-t/5} \text{ A}$.

και έτσι η τάση $V_r(t)$ στα άκρα της αντίστασης θα δίνεται ως

$$V_r(t) = I_r(t) \times R_4 = 2,667 e^{-t/5} \text{ A} \times 9 \Omega \Rightarrow V_r(t) = 24 e^{-t/5} \text{ V}$$

