

ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ ΞΑΝΘΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ: **ΙΟΥΝΙΟΣ 2008**

ΜΑΘΗΜΑ: **ΓΕΝΙΚΗ ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑ**

ΔΙΔΑΣΚΩΝ: **ΚΑΡΑΚΑΤΣΑΝΗΣ Σ. ΘΕΟΚΛΗΤΟΣ**

4^ο ΕΞΑΜΗΝΟ ΣΠΟΥΔΩΝ

Επίκουρος Καθηγητής Δ.Π.Θ.

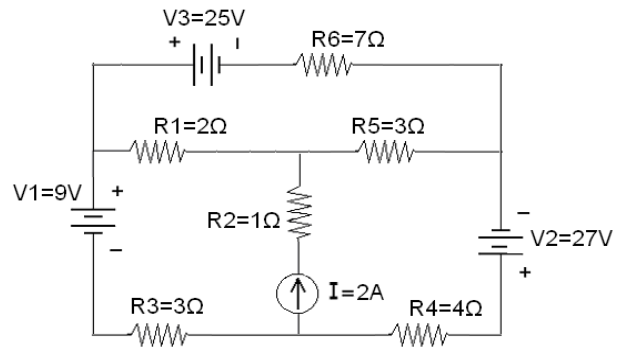
ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΕΞΕΤΑΣΗΣ : **2 ½ ΩΡΕΣ .**

ΑΠΑΓΟΡΕΥΕΤΑΙ Η ΑΠΟΧΩΡΗΣΗ ΤΑ ΠΡΩΤΑ 30 ΛΕΠΤΑ.

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ : Α.Μ.

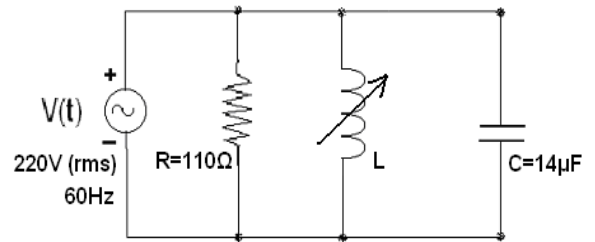
ΘΕΜΑ 1^ο : (Μονάδες 2.50).

Στο κύκλωμα που δίνεται με εφαρμογή της μεθόδου των βρόχων να υπολογιστεί το ρεύμα και η πτώση τάσεως επάνω στην αντίσταση $R_1=2\Omega$ καθώς και επάνω στην αντίσταση $R_2=1\Omega$.



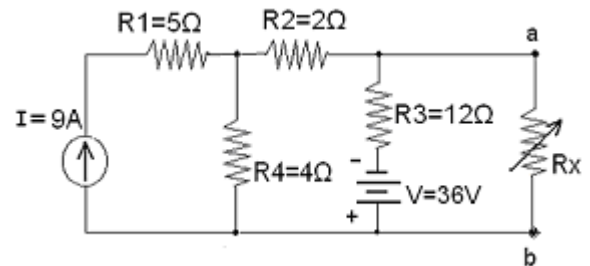
ΘΕΜΑ 2^ο : (Μονάδες 2.50).

Το κύκλωμα RLC με παράλληλη συνδεσμολογία που δίνεται στο σχήμα, τροφοδοτείται από πηγή τάσης ημιτονοειδούς μορφής 220V (rms), με συχνότητα 60Hz. α) Να προσδιοριστεί η επαγωγή του πηνίου έτσι ώστε το ρεύμα της πηγής να είναι το ελάχιστο. Ποιος ο συντελεστής ισχύος της πηγής, η συνολική εμπέδηση του κυκλώματος και η τιμή του ρεύματος στην περίπτωση αυτή; β) Αν ρυθμιστεί η επαγωγή του πηνίου στα 200 mH να προσδιοριστεί ο συντελεστής ισχύος του κυκλώματος, καθώς και η τιμή του ρεύματος και της εμπέδησης στην περίπτωση αυτή. γ) Να σχεδιαστούν τα διανυσματικά διαγράμματα όλων των τάσεων και ρευμάτων για τις δύο πιο πάνω περιπτώσεις.



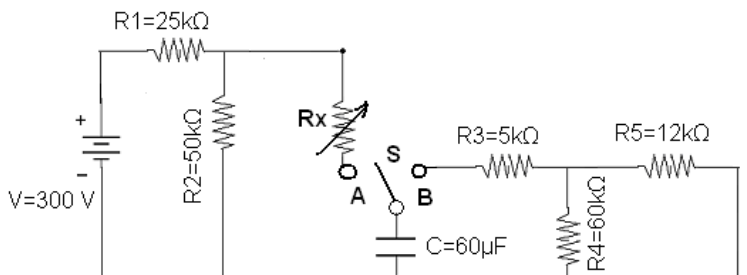
ΘΕΜΑ 3^ο : (Μονάδες 2.50).

Για το κύκλωμα που δίνεται α) Να προσδιοριστεί το ισοδύναμο κύκλωμα κατά Thevenin 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 αρχικά ο πυκνωτής είναι αφόρτιστος. Τη χρονική στιγμή $t=0$, ο διπλός διακόπτης S μετακινείται στη θέση A και ο πυκνωτής αρχίζει να φορτίζεται. α) Σε ποια τιμή πρέπει να ρυθμιστεί η αντίσταση R_x , έτσι ώστε να είναι η τάση στα άκρα του πυκνωτή 160V μετά από χρόνο 3 sec ;



β) Μετά από την πλήρη φόρτιση του πυκνωτή ο διακόπτης S μετακινείται στη θέση B. Να προσδιοριστούν η σταθερά χρόνου εκφόρτισης του πυκνωτή και η χρονική στιγμή κατά την οποία η τάση στα άκρα του πυκνωτή θα γίνει ίση με 50V. γ) Ποιο είναι το μέγιστο φορτίο που μπορεί να παραλάβει στα άκρα του ο πυκνωτής;

ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ ΞΑΝΘΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ: **ΙΟΥΝΙΟΣ 2008**

ΜΑΘΗΜΑ: **ΓΕΝΙΚΗ ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑ**

ΔΙΔΑΣΚΩΝ: **ΚΑΡΑΚΑΤΣΑΝΗΣ Σ. ΘΕΟΚΛΗΤΟΣ**

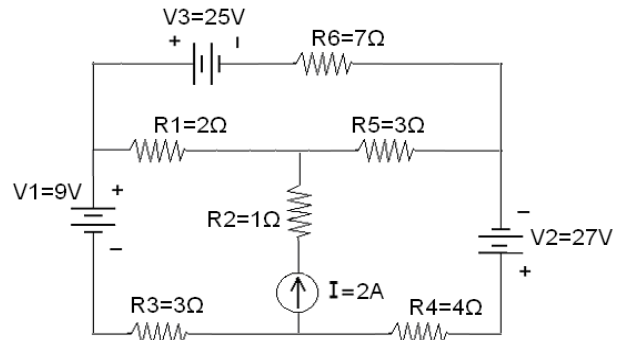
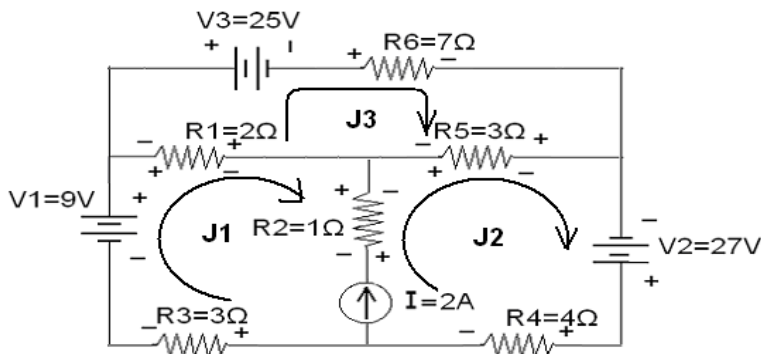
4^ο ΕΞΑΜΗΝΟ ΣΠΟΥΔΩΝ

Επίκουρος Καθηγητής Δ.Π.Θ.

ΘΕΜΑ 1^ο: (Μονάδες 2.50).

Στο κύκλωμα που δίνεται με εφαρμογή της μεθόδου των βρόχων να υπολογιστεί το ρεύμα και η πτώση τάσεως επάνω στην αντίσταση $R_1 = 2\Omega$ καθώς και επάνω στην αντίσταση $R_2 = 1\Omega$.

Λύση



Οι βρόχοι που επιλέγονται και τα ρεύματα των βρόχων J_1 , J_2 , J_3 μαζί με την συμβατική φορά των ρευμάτων και την αντίστοιχη πολικότητα όλων των αντιστάσεων φαίνονται στο διπλανό σχήμα.

Οι εξισώσεις που προκύπτουν για τον κάθε βρόχο δίνονται στη συνέχεια:

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

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

$$\begin{cases} (2 + 1 + 3) J_1 - J_2 - 2 J_3 = 9 + 2 & \Rightarrow 6 J_1 - J_2 - 2 J_3 = 11 & (1) \\ -J_1 + (1 + 4 + 3) J_2 - 3 J_3 = 27 - 2 & \Rightarrow -J_1 + 8 J_2 - 3 J_3 = 25 & (2) \\ -2 J_1 - 3 J_2 + (2 + 3 + 7) J_3 = -25 & \Rightarrow 2 J_1 + 3 J_2 - 12 J_3 = 25 & (3) \end{cases}$$

$$(2) \times 2 + (3) \rightarrow 19 J_2 - 18 J_3 = 75 \Rightarrow J_2 = 75 / 19 + 18 J_3 / 19$$

$$(2) \times 6 + (1) \rightarrow 47 J_2 - 20 J_3 = 161 \Rightarrow 47 \times (75/19) + 47 \times 18 J_3 / 19 - 20 J_3 = 161$$

$$3525/19 + 846 J_3 / 19 - 20 J_3 = 161 \Rightarrow 3525 + 846 J_3 - 380 J_3 = 3059$$

$$\Rightarrow 466 J_3 = -466 \text{ και } \Rightarrow J_3 = -1 \text{ A}$$

Αντικαθιστώντας $J_2 = (75 - 18) / 19 = 57/19 = 3 \text{ A} \Rightarrow J_2 = 3 \text{ A}$

$$6 J_1 - 3 - 2(-1) = 11 \Rightarrow J_1 = (11 + 3 - 2) / 6 = 12/6 \Rightarrow J_1 = 2 \text{ A}$$

Τα ρεύματα επάνω στις αντιστάσεις R_1 και R_2 θα είναι αντίστοιχα:

$$I_{R_1} = J_1 - J_3 = 2 \text{ A} - (-1 \text{ A}) \Rightarrow I_{R_1} = 3 \text{ A}$$

$$I_{R_2} = J_2 + I - J_1 = 3 \text{ A} + 2 \text{ A} - 2 \text{ A} \Rightarrow I_{R_2} = 3 \text{ A}$$

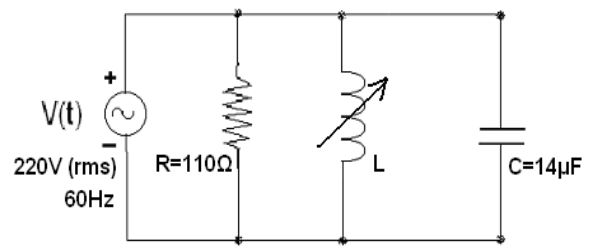
και οι πτώσεις τάσεως επάνω στις αντιστάσεις R_1 και R_2 θα είναι αντίστοιχα

$$V_{R_1} = I_{R_1} \times R_1 = 3 \text{ A} \times 2 \Omega \Rightarrow V_{R_1} = 6 \text{ V}$$

$$V_{R_2} = I_{R_2} \times R_2 = 3 \text{ A} \times 1 \Omega \Rightarrow V_{R_2} = 3 \text{ V}$$

ΘΕΜΑ 2^ο: (Μονάδες 2.50).

Το κύκλωμα RLC με παράλληλη συνδεσμολογία που δίνεται στο σχήμα, τροφοδοτείται από πηγή τάσης ημιτονοειδούς μορφής 220V (rms), με συχνότητα 60Hz. α) Να προσδιοριστεί η επαγωγή του πηνίου έτσι ώστε το ρεύμα της πηγής να είναι το ελάχιστο. Ποιος ο συντελεστής ισχύος της πηγής, η συνολική εμπέδηση του κυκλώματος και η τιμή του ρεύματος στην περίπτωση αυτή; β) Αν ρυθμιστεί η επαγωγή του πηνίου στα 200 mH να προσδιοριστεί ο συντελεστής ισχύος του κυκλώματος, καθώς και η τιμή του ρεύματος και της εμπέδησης στην περίπτωση αυτή. γ) Να σχεδιαστούν τα διανυσματικά διαγράμματα όλων των τάσεων και ρευμάτων για τις δύο πιο πάνω περιπτώσεις.



Λύση

α) Η επαγωγή που θα δίνει την ελάχιστη τιμή ρεύματος αντιστοιχεί στην μέγιστη συνολική εμπέδηση του κυκλώματος και προκύπτει στην περίπτωση συντονισμού.

$$\text{Δηλαδή θα πρέπει να ισχύει } X_L = X_C \Rightarrow 2\pi fL = 1/2\pi fC$$

$$\text{και } L = 1/4\pi^2 f^2 C \Rightarrow L = 1/[4 \times (3,14 \times 60)^2 \times 14 \times 10^{-6}] = 0,50 \text{ H}$$

Για $X_L = X_C$ η συνολική εμπέδηση του κυκλώματος θα είναι :

$$Z = R = 110 \Omega \quad \text{και} \quad \cos \phi = 1 \quad \text{περίπτωση συντονισμού}$$

$$I = V / Z_{ολ} = 220 \text{ V} / 110 \Omega = 2 \text{ A}$$

β) Για $L = 200 \text{ mH}$ θα ισχύει :

$$X_L = 2\pi fL = 2 \times 3,14 \times 60 \times 0,20 = 75,36 \Omega$$

$$X_C = 1/2\pi fC = 1/(2 \times 3,14 \times 60 \times 14 \times 10^{-6}) = 189,47 \Omega$$

Τα ρεύματα αντίστοιχα στους τρεις κλάδους θα είναι :

$$I_R = V / R = 220 \text{ V} / 110 \Omega \Rightarrow I_R = 2 \text{ A}$$

$$I_L = V / X_L = 220 \text{ V} / 75,36 \Omega \Rightarrow I_L = 2,92 \text{ A}$$

$$I_C = V / X_C = 220 \text{ V} / 189,47 \Omega \Rightarrow I_C = 1,16 \text{ A}$$

$$\text{και } I_X = |I_L - I_C| = |2,92 - 1,16| \text{ A} \Rightarrow I_X = 1,76 \text{ A}$$

ενώ το συνολικό ρεύμα της πηγής θα είναι :

$$I_T = \sqrt{I_R^2 + (I_L - I_C)^2} = \sqrt{I_R^2 + I_X^2} = \sqrt{2^2 + 1,76^2} \Rightarrow I_T = 2,66 \text{ A}$$

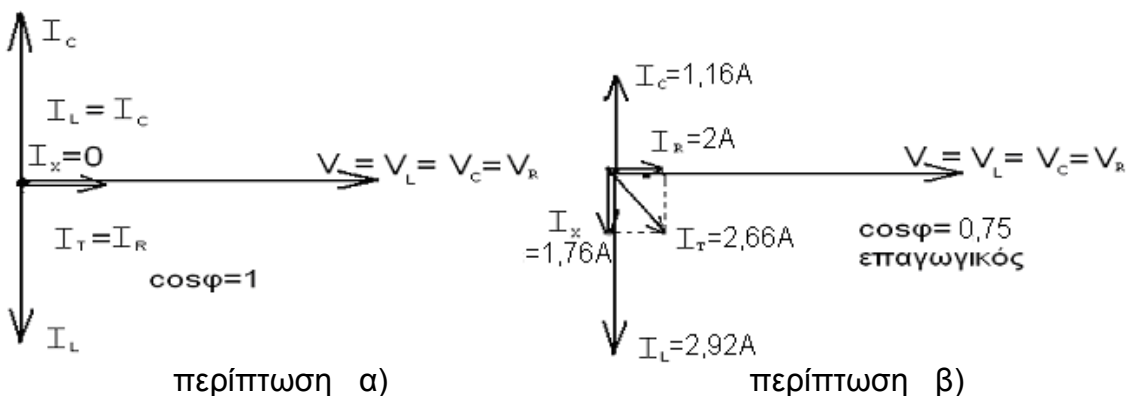
Η συνολική εμπέδηση του κυκλώματος θα είναι :

$$Z = V / I_T = 220 \text{ V} / 2,66 \text{ A} \Rightarrow Z = 82,71 \Omega$$

και ο συντελεστής ισχύος $\cos\phi = I_R / I_T = 2 \text{ A} / 2,66 \text{ A} \Rightarrow \cos\phi = 0,75$ επαγωγικός

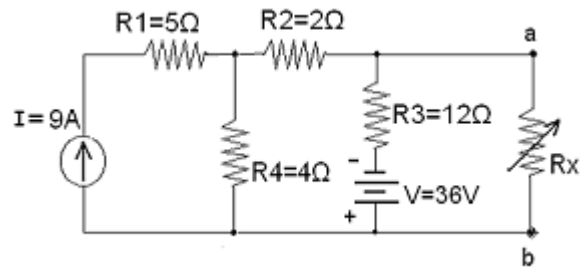
ο συντελεστής ισχύος είναι επαγωγικός επειδή $I_L > I_C$ όπως φαίνεται και στο αντίστοιχο διανυσματικό διάγραμμα στο ακόλουθο ερώτημα.

γ)



ΘΕΜΑ 3^ο: (Μονάδες 2.50).

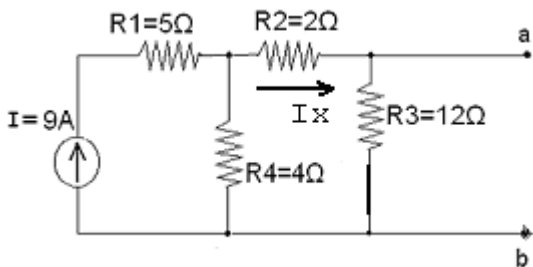
Για το κύκλωμα που δίνεται α) Να προσδιοριστεί το ισοδύναμο κύκλωμα κατά Thevenin ανάμεσα στα σημεία a και b. β) Ποια πρέπει να είναι η τιμή της μεταβλητής αντίστασης R_x έτσι ώστε να καταναλώνει την μέγιστη ισχύ και να υπολογιστεί η τιμή της μέγιστης αυτής ισχύος.



Λύση

α) Για τον υπολογισμό της τάσης Thevenin ανάμεσα στα σημεία a και b απομακρύνεται η αντίσταση R_x και εφαρμόζεται το θεώρημα της υπέρθεσης.

1) Μόνο με την πηγή ρεύματος (βραχυκυκλώνεται η πηγή τάσης)



Η πτώση τάσεως ανάμεσα στα σημεία a και b στην περίπτωση αυτή θα είναι:

$$V_{ab1} = V_{R3} = I_x R_3$$

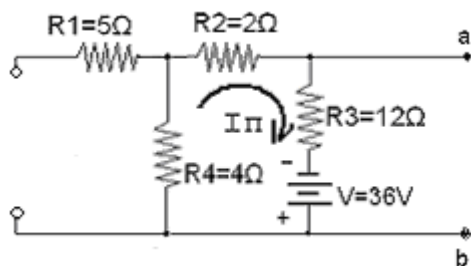
όπου, σύμφωνα με τον τύπο διαιρέτη ρεύματος ισχύει:

$$\begin{aligned} I_x &= I R_4 / (R_4 + R_2 + R_3) = \\ &= 9 \times 4 / (4 + 2 + 12) = \\ &= 9 \times 4 / 18 = 2 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\text{Επομένως, } V_{ab1} = 2 \text{ A} \times 12 \Omega = 24 \text{ V}$$

2) Μόνο με την πηγή τάσης (ανοιχτοκυκλώνεται η πηγή ρεύματος)

Η αντίσταση R_1 δεν διαρρέεται από ρεύμα επειδή υπάρχει ανοικτό κύκλωμα.



Έτσι η αντίσταση που βλέπει η πηγή είναι η R_3 σε σειρά με την R_2 και την R_4 :

Η πτώση τάσεως ανάμεσα στα σημεία a και b στην περίπτωση αυτή θα είναι ίση με την πτώση τάσεως επάνω στις αντιστάσεις $R_2 + R_4$.

Εφαρμόζοντας τον τύπο του διαιρέτη ρεύματος θα ισχύει:

$$\begin{aligned} V_{ab2} &= V \times (R_2 + R_4) / (R_2 + R_3 + R_4) = \\ &= 36 \times (2 + 4) / (2 + 12 + 4) = 36 \times 6 / 18 \text{ V} = 12 \text{ V} \end{aligned}$$

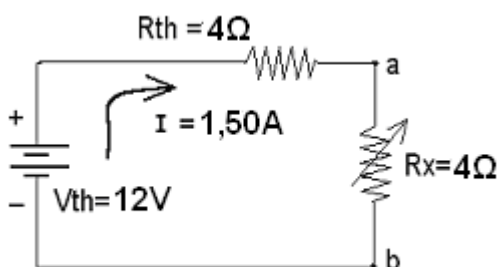
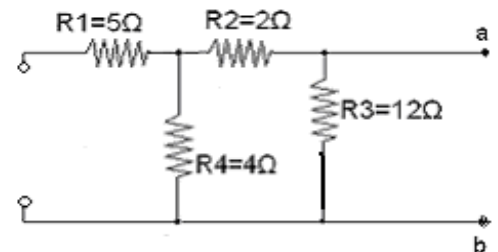
ή αλλιώς θα είναι $V_{ab2} = V - I_\pi \times R_3$, όπου $I_\pi = V / (R_2 + R_3 + R_4) = 36 / 18 = 2 \text{ A}$ και ομοίως $V_{ab2} = 36 - 2 \times 12 = 36 - 24 = 12 \text{ V}$

Επειδή η πολικότητα των τάσεων στις δύο περιπτώσεις (1) και (2) είναι αντίθετη, η συνολική τάση Thevenin θα είναι: $V_{th} = V_{ab1} - V_{ab2} = 24 \text{ V} - 12 \text{ V} = 12 \text{ V}$

Για τον υπολογισμό της R_{th} απομακρύνεται από το κύκλωμα η R_x και η πηγή τάσης βραχυκυκλώνεται ενώ η πηγή ρεύματος ανοιχτοκυκλώνεται.

Έτσι η αντίσταση ανάμεσα στα σημεία a και b είναι:

$$\begin{aligned} R_{th} &= R_3 // (R_2 + R_4) = 12 // (2 + 4) = \\ &= 12 // 6 = 12 \times 6 / (12 + 6) = 72 / 18 = 4 \Omega \end{aligned}$$



β) Για το ισοδύναμο κύκλωμα κατά Thevenin ανάμεσα στα σημεία a και b που δίνεται δίπλα ισχύει:

$$I = V_{th} / (R_{th} + R_x)$$

Για να καταναλώνει την μέγιστη ισχύ η αντίσταση R_x θα πρέπει να είναι $R_x = R_{th} = 4 \Omega$

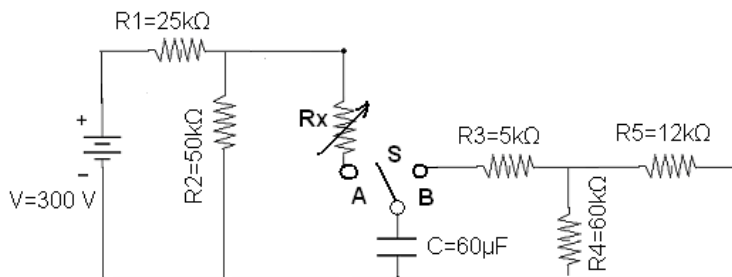
και έτσι: $I = 12 \text{ V} / (4 + 4) \Omega = 12 / 8 = 1,50 \text{ A}$

ενώ η μέγιστη ισχύς επάνω στην αντίσταση R_x θα είναι: $P = I^2 \times R_x = 1,5^2 \times 4 = 9 \text{ W}$

ΘΕΜΑ 4^ο: (Μονάδες 2.50).

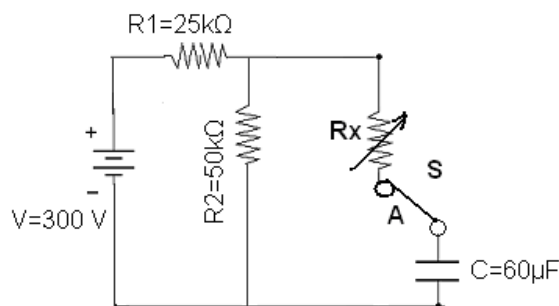
Στο κύκλωμα που δίνεται αρχικά ο πυκνωτής είναι αφόρτιστος. Τη χρονική στιγμή $t=0$, ο διπλός διακόπτης S μετακινείται στη θέση A και ο πυκνωτής αρχίζει να φορτίζεται. α) Σε ποια τιμή πρέπει να ρυθμιστεί η αντίσταση R_x , έτσι ώστε να είναι η τάση στα άκρα του πυκνωτή $160V$ μετά από χρόνο 3 sec ;

β) Μετά από την πλήρη φόρτιση του πυκνωτή ο διακόπτης S μετακινείται στη θέση B . Να προσδιοριστούν η σταθερά χρόνου εκφόρτισης του πυκνωτή και η χρονική στιγμή κατά την οποία η τάση στα άκρα του πυκνωτή θα γίνει ίση με $50V$. γ) Ποιο είναι το μέγιστο φορτίο που μπορεί να παραλάβει στα άκρα του ο πυκνωτής;



Λύση

α) Τη χρονική στιγμή $t=0$ κλείνει ο διακόπτης S στη θέση A και ο αρχικά αφόρτιστος πυκνωτής αρχίζει να φορτίζεται σύμφωνα με το διπλανό κύκλωμα. Η μέγιστη τιμή φόρτισης επιτυγχάνεται για $t=\infty$ όπου τότε ο πυκνωτής συμπεριφέρεται σαν «ανοιχτό» κύκλωμα. Έτσι η μέγιστη τάση φόρτισης στα άκρα του πυκνωτή για $t=\infty$ θα είναι η τάση στα άκρα της αντίστασης R_2 και σύμφωνα με τον τύπο διαιρέτη τάσης θα ισχύει:



$$V_C(\infty) = V \times R_2 / (R_1 + R_2) = 300 \times 50 / (25 + 50) = 15000 / 75 = 200 \text{ V}$$

Η εξίσωση φόρτισης του πυκνωτή θα είναι: $V_C(t) = V_C(\infty) (1 - e^{-t/\tau})$

ενώ για $t=3 \text{ sec}$ θα πρέπει $V_C(t=3) = 160 \text{ V}$. Έτσι, θα ισχύει: $200 (1 - e^{-3/\tau}) = 160$

Λύνοντας ως προς την σταθερά χρόνου φόρτισης τ λαμβάνουμε:

$$(1 - e^{-3/\tau}) = 160/200 = 0,80 \Rightarrow e^{-3/\tau} = 1 - 0,80 = 0,20 \Rightarrow e^{3/\tau} = 1 / 0,20 = 5$$
$$\Rightarrow 3 / \tau = \ln 5 \Rightarrow \tau = 3 / \ln 5 \Rightarrow \tau = 1,864 \text{ sec}$$

Για την σταθερά χρόνου φόρτισης ισχύει: $\tau = R_{eq} \times C \Rightarrow R_{eq} = \tau / C$

$$\Rightarrow R_{eq} = 1,864 / 60 \times 10^{-6} \Rightarrow R_{eq} = 31.066 \Omega \text{ ή } 31,066 \text{ k}\Omega$$

ενώ η ισοδύναμη αντίσταση μέσω της οποίας φορτίζεται ο πυκνωτής είναι:

$$R_{eq} = R_x + (R_1 // R_2) = R_x + (25 // 50) = R_x + 25 \times 50 / (25 + 50) = R_x + 16,666 \text{ k}\Omega$$

Έτσι,

$$R_x = R_{eq} - 16,666 \text{ k}\Omega = 31,066 - 16,666 \Rightarrow R_x = 14,4 \text{ k}\Omega$$

β) Μετά την πλήρη φόρτιση του πυκνωτή όταν ο διακόπτης S έχει μετακινηθεί στη θέση B θα ισχύει το διπλανό κύκλωμα και ο πυκνωτής θα αρχίσει να εκφορτίζεται από την μέγιστη τάση στην μηδενική.

Η εξίσωση εκφόρτισης του πυκνωτή θα είναι:

$$V_C(t) = V_C(\infty) e^{-t/\tau'} = 200 e^{-t/\tau'}$$

όπου η σταθερά εκφόρτισης τ' θα είναι: $\tau' = R'_{eq} \times C$

$$\text{και } R'_{eq} = R_3 + (R_4 // R_5) = 5 + (60 // 12) = 5 + 60 \times 12 / (60 + 12) = 5 + 720/72 = 15 \text{ k}\Omega$$

$$\text{Έτσι, } \tau' = R'_{eq} \times C = 15 \times 10^3 \Omega \times 60 \times 10^{-6} \text{ F} \Rightarrow \tau' = 0,90 \text{ sec}$$

Για να βρεθεί η χρονική στιγμή κατά την οποία η τάση στα άκρα του πυκνωτή θα γίνει $V_C(t=?) = 50 \text{ V}$ θα πρέπει να λυθεί η εξίσωση εκφόρτισης ως προς τον χρόνο.

Έτσι, θα ισχύει $200 e^{-t/0,90} = 50 \Rightarrow e^{-t/0,90} = 50 / 200 = 0,25$

$$\Rightarrow e^{t/0,90} = 1 / 0,25 = 4 \Rightarrow t / 0,90 = \ln 4 \Rightarrow t = 0,90 \times \ln 4 \Rightarrow t = 1,25 \text{ sec}$$

γ) Το μέγιστο φορτίο που μπορεί να παραλάβει στα άκρα του ο πυκνωτής θα είναι:

$$Q = C \times V_C(\infty) \Rightarrow Q = 60 \times 10^{-6} \text{ F} \times 200 \text{ V} \Rightarrow Q = 12 \text{ mCb}$$

