

ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ ΞΑΝΘΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ: **ΙΟΥΝΙΟΥ – ΙΟΥΛΙΟΥ 2015**

ΜΑΘΗΜΑ: **ΓΕΝΙΚΗ ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑ** 4^ο ΕΞΑΜΗΝΟ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΔΙΔΑΣΚΩΝ: ΚΑΡΑΚΑΤΣΑΝΗΣ Σ. ΘΕΟΚΛΗΤΟΣ Επίκουρος Καθηγητής Δ.Π.Θ.

ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΕΞΕΤΑΣΗΣ : 2 ½ ΩΡΕΣ .

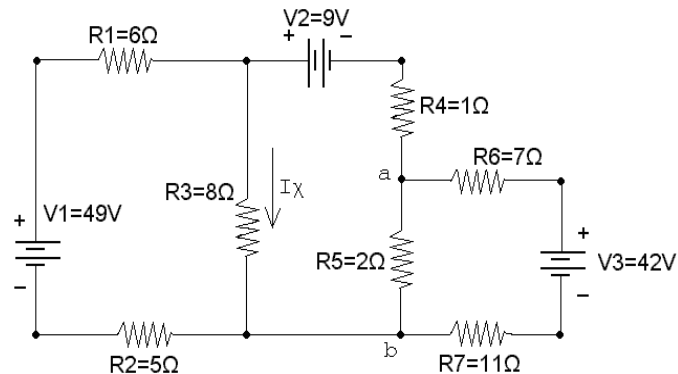
ΑΠΑΓΟΡΕΥΕΤΑΙ Η ΑΠΟΧΩΡΗΣΗ ΤΑ ΠΡΩΤΑ 30 ΛΕΠΤΑ.

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ : Α.Μ.

ΘΕΜΑ 1^ο : (Μονάδες 2.50).

Στο κύκλωμα που δίνεται με εφαρμογή της μεθόδου των βρόχων να υπολογιστεί:

- α) το ρεύμα I_x επάνω στην αντίσταση $R_3 = 8\Omega$. β) Η πτώση τάσεως V_{ab} επάνω στην αντίσταση $R_5 = 2\Omega$. γ) Ποια πρέπει να είναι η τιμή της πηγής τάσης V_1 για να μηδενιστεί η πτώση τάσης επάνω στην αντίσταση $R_4 = 1\Omega$;

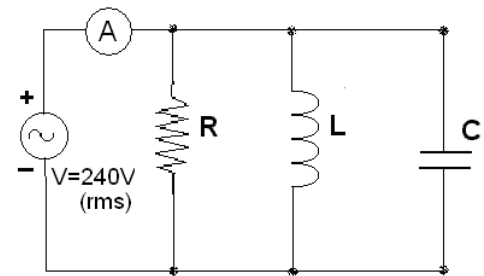


ΘΕΜΑ 2^ο : (Μονάδες 2.50).

Το κύκλωμα RLC με παράλληλη συνδεσμολογία που δίνεται στο σχήμα, τροφοδοτείται από πηγή τάσης ημιτονοειδούς μορφής 240V(rms), μεταβλητής συχνότητας. Στα 120Hz το αμπερόμετρο καταγράφει την μικρότερη τιμή που είναι 3A, και στα 200 Hz καταγράφει ένταση ρεύματος 5A.

Να προσδιοριστούν: α) Τα στοιχεία του κυκλώματος R, L & C. β) η συνολική εμπέδηση, το ρεύμα σε κάθε κλάδο, ο συντελεστής ισχύος, η ενεργός, η άεργος και η φαινόμενη ισχύς του κυκλώματος για τις δύο πιο πάνω συχνότητες.

γ) Να σχεδιαστούν τα διανυσματικά διαγράμματα των τάσεων και ρευμάτων και για τις δύο συχνότητες.

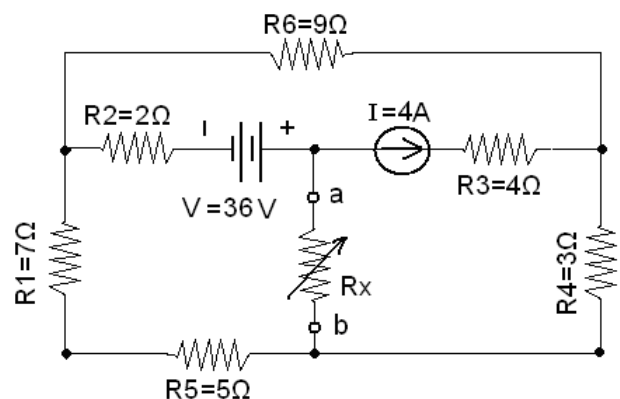


ΘΕΜΑ 3^ο : (Μονάδες 2.50).

Για το κύκλωμα που δίνεται

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

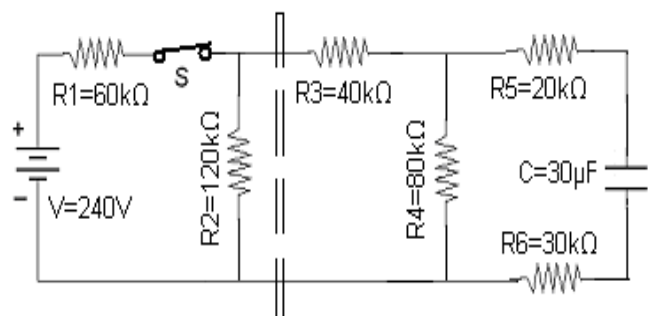
β) Ποια πρέπει να είναι η τιμή της μεταβλητής αντίστασης R_x έτσι ώστε να καταναλώνει την μέγιστη ισχύ και να υπολογιστεί η τιμή της μέγιστης αυτής ισχύος.



ΘΕΜΑ 4^ο : (Μονάδες 2.50).

Στο κύκλωμα που δίνεται, ο διακόπτης S είναι κλειστός για μεγάλο χρονικό διάστημα. Ξαφνικά τη χρονική στιγμή $t = 0$ πέφτει ένα χάλκινο σύρμα στο κύκλωμα και το βραχυκυκλώνει στα σημεία που φαίνεται. Να προσδιοριστούν:

α) Η σταθερά χρόνου φόρτισης και εκφόρτισης του πυκνωτή. β) η τάση συναρτήσει του χρόνου $U_c(t)$ στα άκρα του πυκνωτή για $t > 0$ μετά το βραχυκύκλωμα και γ) Ποιο είναι το φορτίο του πυκνωτή τη χρονική στιγμή $t=0$ του βραχυκυκλώματος ;

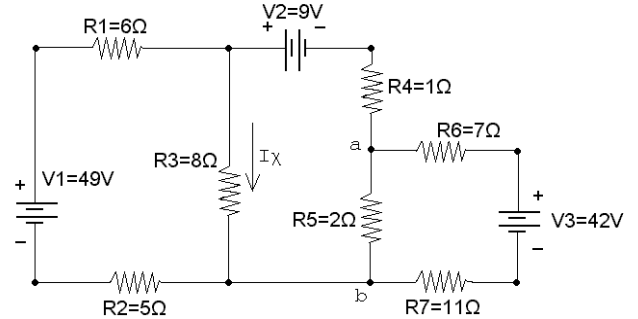


ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ ΞΑΝΘΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ: **ΙΟΥΝΙΟΥ – ΙΟΥΛΙΟΥ 2015**
 ΜΑΘΗΜΑ: **ΓΕΝΙΚΗ ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑ 4^Ο ΕΞΑΜΗΝΟ ΣΠΟΥΔΩΝ**
 ΔΙΔΑΣΚΩΝ: **ΚΑΡΑΚΑΤΣΑΝΗΣ Σ. ΘΕΟΚΛΗΤΟΣ** Επίκουρος Καθηγητής Δ.Π.Θ.

ΘΕΜΑ 1^Ο: (Μονάδες 2.50).

Στο κύκλωμα που δίνεται με εφαρμογή της μεθόδου των βρόχων να υπολογιστεί:
 α) το ρεύμα I_x επάνω στην αντίσταση $R_3 = 8\Omega$. β) Η πτώση τάσεως V_{ab} επάνω στην αντίσταση $R_5 = 2\Omega$. γ) Ποια πρέπει να είναι η τιμή της πηγής τάσης V_1 για να μηδενιστεί η πτώση τάσης επάνω στην αντίσταση $R_4 = 1\Omega$;



Λύση

Οι βρόχοι που επιλέγονται και τα ρεύματα των βρόχων J_1, J_2 και J_3 φαίνονται στο ακόλουθο σχήμα.

$$V_1 = R_1 J_1 + R_3 (J_1 + J_2) + R_2 J_1 \quad (1)$$

$$V_2 = R_3 (J_1 + J_2) + R_5 (J_2 - J_3) + R_4 J_2 \quad (2)$$

$$V_3 = R_6 J_3 + R_5 (J_3 - J_2) + R_7 J_3 \quad (3)$$

$$V_1 = (R_1 + R_2 + R_3) J_1 + R_3 J_2$$

$$V_2 = R_3 J_1 + (R_3 + R_4 + R_5) J_2 - R_5 J_3$$

$$V_3 = (R_5 + R_6 + R_7) J_3 - R_5 J_2$$

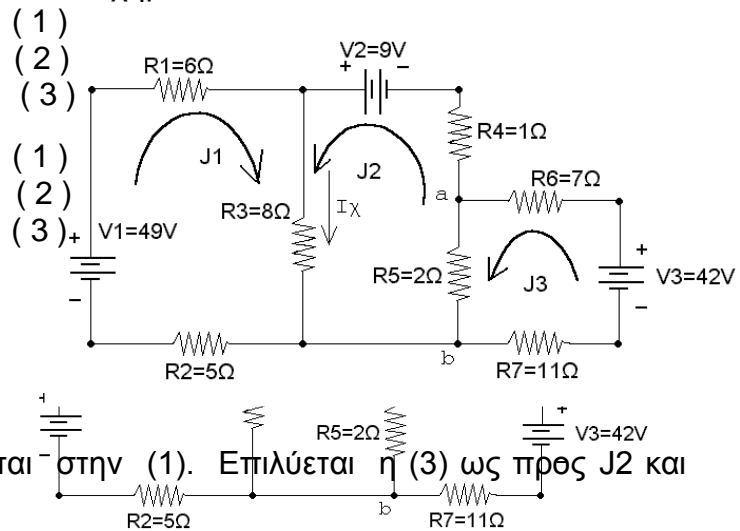
Αντικαθιστώντας προκύπτει

$$49 = 19 J_1 + 8 J_2 \quad (1)$$

$$9 = 8 J_1 + 11 J_2 - 2 J_3 \quad (2)$$

$$42 = 20 J_3 - 2 J_2 \quad (3)$$

Πολλαπλασιάζεται η (3) επί 4 και προστίθεται στην (1). Επιλύεται η (3) ως προς J_2 και αντικαθίσταται στην (2).



$$(1) + (3) \times 4 \Rightarrow 217 = 19 J_1 + 80 J_3$$

$$(2) \quad 9 = 8 J_1 + 110 J_3 - 231 - 2 J_3 \Rightarrow 240 = 8 J_1 + 108 J_3 \Rightarrow J_1 = 30 - 13,5 J_3$$

Η τιμή J_1 αντικαθίσταται στην προηγούμενη εξίσωση και προκύπτει

$$217 = 570 - 256,5 J_3 + 80 J_3 \Rightarrow 176,5 J_3 = 353 \Rightarrow J_3 = 2 \text{ A}$$

$$\text{Επομένως } J_1 = 30 - 13,5 J_3 = 30 - 13,5 \times 2 \Rightarrow J_1 = 3 \text{ A}$$

$$\text{και } (3) \Rightarrow 2 J_2 = 20 J_3 - 42 \Rightarrow J_2 = 10 \times 2 - 21 \Rightarrow J_2 = -1 \text{ A}$$

Έτσι ,

α) $I_x = J_1 + J_2 = 3 \text{ A} + (-1 \text{ A}) \Rightarrow I_x = 2 \text{ A}$

β) $V_{ab} = (J_3 - J_2) R_5 = [2 \text{ A} - (-1 \text{ A})] \times 2 \Omega = 3 \text{ A} \times 2 \Omega \Rightarrow V_{ab} = 6 \text{ V}$

γ) Για να μηδενιστεί η πτώση τάσης επάνω στην αντίσταση $R_4 = 1 \Omega$ θα πρέπει $J_2 = 0$
 Επομένως το σύστημα εξισώσεων των βρόχων γίνεται

$$V_1 = 19 J_1 \quad (1)$$

$$9 = 8 J_1 - 2 J_3 \quad (2)$$

$$42 = 20 J_3 \quad (3)$$

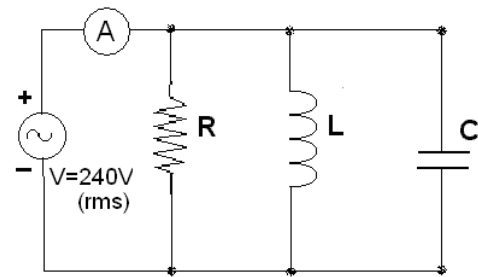
και $J_3 = 42/20 \Rightarrow J_3 = 2,10 \text{ A}$

$$8 J_1 = 9 + 2 J_3 = 9 + 2 \times 2,10 \Rightarrow J_1 = 1,65 \text{ A}$$

$$V_1 = 19 J_1 = 19 \times 1,65 \Rightarrow V_1 = 31,35 \text{ V}$$

ΘΕΜΑ 2^ο: (Μονάδες 2.50).

Το κύκλωμα RLC με παράλληλη συνδεσμολογία που δίνεται στο σχήμα, τροφοδοτείται από πηγή τάσης ημιτονοειδούς μορφής 240V(rms), μεταβλητής συχνότητας. Στα 120Hz το αμπερόμετρο καταγράφει την μικρότερη τιμή που είναι 3A, και στα 200 Hz καταγράφει ένταση ρεύματος 5A .



Να προσδιοριστούν: α) Τα στοιχεία του κυκλώματος R, L & C. β) η συνολική εμπέδηση, το ρεύμα σε κάθε κλάδο, ο συντελεστής ισχύος, η ενεργός, η άεργος και η φαινόμενη ισχύς του κυκλώματος για τις δύο πιο πάνω συχνότητες.

γ) Να σχεδιαστούν τα διανυσματικά διαγράμματα των τάσεων και ρευμάτων και για τις δύο συχνότητες.

Λύση

α) Τα 120 Hz είναι η συχνότητα συντονισμού του κυκλώματος και ισχύει:

$$X_C = 1 / 2 \pi f C = X_L = 2 \pi f L \quad \text{ή} \quad f r = 1 / 2 \pi \sqrt{L C} = 120 \quad (1)$$

Το συνολικό ρεύμα της πηγής δίνεται από τη σχέση:

$$I_T = \sqrt{I_R^2 + (I_L - I_C)^2} = \sqrt{I_R^2 + I_X^2} \quad \text{και επειδή } I_X = 0 \text{ λόγω συντονισμού θα είναι } I_T = I_R = 3A$$

$$\text{Όμως ισχύει } I_R = V / R \Rightarrow R = V / I_R = 240 \text{ V} / 3 \text{ A} \Rightarrow R = 80 \Omega$$

Στον συντονισμό η συνολική εμπέδηση είναι $Z = R = 80\Omega$ και ο Σ.Ι. $\cos\phi = 1$

$$\text{Επίσης } P = S = V \times I = 240 \text{ V} \times 3 \text{ A} = 720 \text{ VA} \quad \text{και} \quad Q = 0 \text{ VAR}$$

β) Στα 200 Hz θα ισχύει $\cos\phi = I_R / I_T = 3 \text{ A} / 5 \text{ A} \Rightarrow \cos\phi = 0,60$

Επειδή η συχνότητα αυτή είναι μεγαλύτερη του συντονισμού θα ισχύει $X_L > X_C$

και επομένως $I_C > I_L$ που σημαίνει ότι ο συντελεστής ισχύος έχει χαρακτήρα χωρητικό.

Για το συνολικό ρεύμα της πηγής θα ισχύει :

$$I_T = \sqrt{I_R^2 + (I_L - I_C)^2} = \sqrt{I_R^2 + I_X^2} = 5A \Rightarrow I_X = \sqrt{I_T^2 - I_R^2} = \sqrt{5^2 - 3^2} = \sqrt{16} \Rightarrow I_C - I_L = 4A$$

Οι τιμές των ρευμάτων σε κάθε κλάδο δίνονται από τις ακόλουθες σχέσεις:

$$I_R = V / R = 240 \text{ V} / 80 \Omega \Rightarrow I_R = 3 \text{ A}$$

$$I_L = V / X_L = 240 \text{ V} / 2 \pi f L \Rightarrow I_L = 0,6 / \pi L$$

$$I_C = V / X_C = 240 \text{ V} / (1 / 2 \pi f C) \Rightarrow I_C = 96.000 \pi C$$

$$\text{Έτσι } 96.000 \pi C - 0,6 / \pi L = 4 \quad (2)$$

$$\text{Από την (1) θα ισχύει } 1 / 4 \pi^2 LC = 14400 \Rightarrow L = 1 / 57600 \pi^2 C$$

Αντικαθιστώντας στην (2) προκύπτει

$$96.000 \pi C - 0,6 \times 57600 \pi C = 4 \Rightarrow C = 4 / 61440 \pi \Rightarrow C = 20,72 \mu\text{F}$$

$$\text{και } L = 1 / 57600 \pi^2 C = 1 / 57600 \times 3,14^2 \times 20,72 \times 10^{-6} \Rightarrow L = 84,88 \text{ mH}$$

$$\text{Έτσι } I_L = 0,6 / \pi L = 0,6 / 3,14 \times 84,88 \times 10^{-3} \Rightarrow I_L = 2,25 \text{ A}$$

$$\text{και } I_C = 96.000 \pi C = 96000 \times 3,14 \times 20,72 \times 10^{-6} \Rightarrow I_C = 6,25 \text{ A}$$

Η συνολική εμπέδηση του κυκλώματος στην συχνότητα αυτή θα είναι :

$$Z = V / I_T = 240 \text{ V} / 5 \Rightarrow Z = 48 \Omega$$

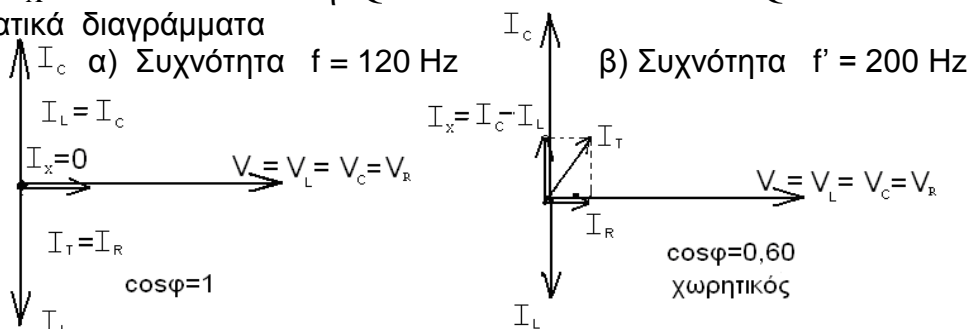
Η φαινόμενη, η ενεργός και η άεργος ισχύς του κυκλώματος θα είναι αντίστοιχα :

$$S = V \times I_T = 240 \text{ V} \times 5 \text{ A} \Rightarrow S = 1.200 \text{ VA}$$

$$P = V \times I_R = 240 \text{ V} \times 3 \text{ A} \quad \text{ή} \quad P = S \cos\phi \Rightarrow P = 720 \text{ W}$$

$$Q = V \times I_X = 240 \text{ V} \times 4 \text{ A} \quad \text{ή} \quad Q = \sqrt{S^2 - P^2} \Rightarrow Q = 960 \text{ VAR}$$

γ) Διανυσματικά διαγράμματα

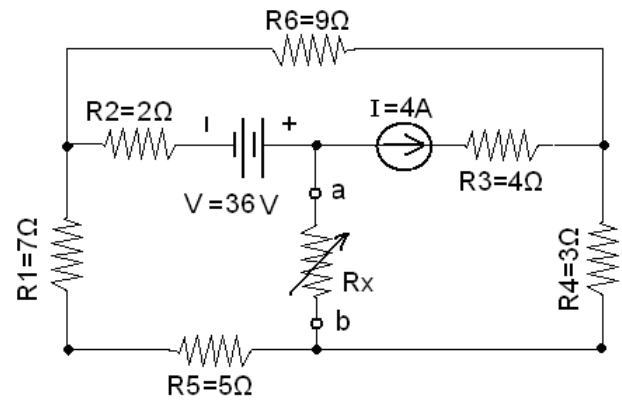


ΘΕΜΑ 3^ο: (Μονάδες 2.50).

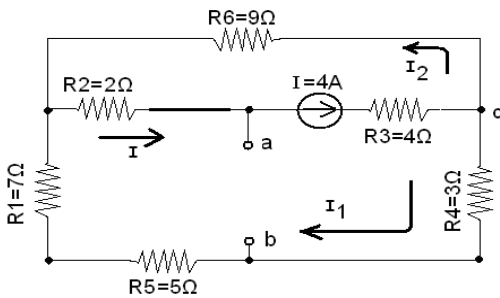
Για το κύκλωμα που δίνεται

- α) Να προσδιοριστεί το ισοδύναμο 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 το άθροισμα των πτώσεων τάσεων επάνω στις αντιστάσεις $R_2 + R_1 + R_5$:

Το ρεύμα της πηγής διακλαδίζεται στον κόμβο c σε δύο παράλληλους κλάδους με αντιστάσεις αντίστοιχα

1) $R_4 + R_5 + R_1 = 3 + 5 + 7 = 15 \Omega$ και 2) $R_6 = 9 \Omega$

εφαρμόζοντας τον τύπο διαιρέτη ρεύματος προκύπτει το ρεύμα $I_1 = I \times 9 / (9 + 15) = 1,5 \text{ A}$

ενώ αντίστοιχα το ρεύμα του άλλου κλάδου θα είναι $I_2 = I - I_1 = 4 - 1,5 = 2,5 \text{ A}$

από την αντίσταση R_2 όμως διέρχεται το συνολικό ρεύμα της πηγής $I = 4 \text{ A}$

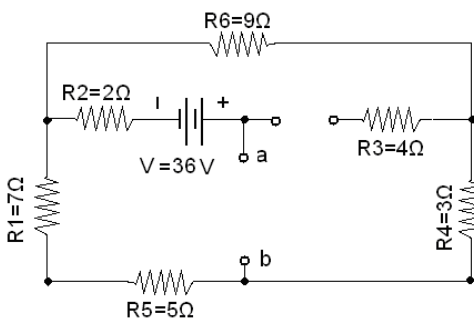
Έτσι θα ισχύει: $V_{ab1} = \Delta V_{R2} + \Delta V_{R1} + \Delta V_{R5} = I \times R_2 + I_1 \times (R_1 + R_5) =$

$$4 \text{ A} \times 2 \Omega + 1,5 \text{ A} \times (7 \Omega + 5 \Omega) = 8 \text{ V} + 18 \text{ V} = 26 \text{ V}$$

Η φορά του ρεύματος όμως είναι από τον κόμβο b προς τον κόμβο a και έτσι η πολικότητα της τάσης από τον κόμβο a προς τον κόμβο b πρέπει να είναι αρνητική. Επομένως, $V_{ab1} = -26 \text{ V}$

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

Οι αντιστάσεις του κυκλώματος δεν διαρρέονται από ρεύμα γιατί η πηγή τάσης είναι ανοιχτοκυκλωμένη. Έτσι η τάση ανοιχτού κυκλώματος ανάμεσα στα σημεία a και b προκύπτει ότι είναι η τάση της πηγής. $V_{ab2} = V = 36 \text{ V}$



Έτσι η συνολική τάση Thevenin θα είναι :

$$V_{th} = V_{ab1} + V_{ab2} = -26 \text{ V} + 36 \text{ V} = 10 \text{ V}$$

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 :

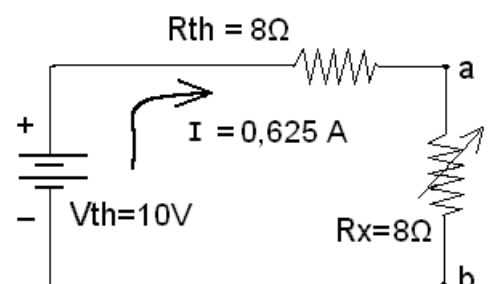
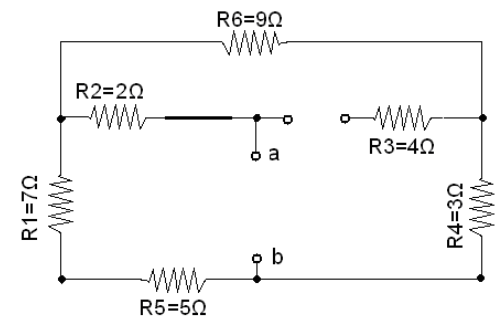
$$R_{th} = R_2 + [(R_1 + R_5) // (R_6 + R_4)] = 2 + (12 // 12) = 2 + 6 = 8 \Omega$$

- 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 $R_x = R_{th} = 8 \Omega$

και έτσι: $I = 10 \text{ V} / (8 + 8) \Omega = 0,625 \text{ A}$

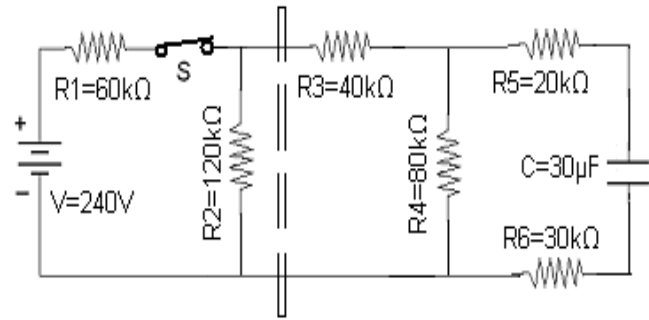
ενώ η μέγιστη ισχύς επάνω στην αντίσταση R_x θα είναι: $P = I^2 \times R_x = 0,625^2 \times 8 = 3,125 \text{ W}$



ΘΕΜΑ 4^ο: (Μονάδες 2.50).

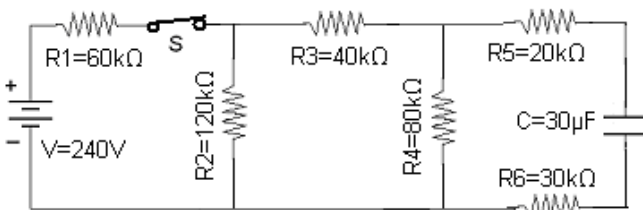
Στο κύκλωμα που δίνεται, ο διακόπτης S είναι κλειστός για μεγάλο χρονικό διάστημα. Ξαφνικά τη χρονική στιγμή $t = 0$ πέφτει ένα χάλκινο σύρμα στο κύκλωμα και το βραχυκυκλώνει στα σημεία που φαίνεται. Να προσδιοριστούν:

α) Η σταθερά χρόνου φόρτισης και εκφόρτισης του πυκνωτή. β) η τάση συναρτήσει του χρόνου $U_c(t)$ στα άκρα του πυκνωτή για $t > 0$ μετά το βραχυκύκλωμα και γ) Ποιο είναι το φορτίο του πυκνωτή τη χρονική στιγμή $t=0$ του βραχυκυκλώματος;



Λύση

α) Η ισοδύναμη αντίσταση που βλέπει ο πυκνωτής στα άκρα του κατά την φόρτιση όταν ο διακόπτης S είναι κλειστός και πριν το βραχυκύκλωμα θα είναι :



$$\begin{aligned} R_{eq} &= [(R1 // R2) + R3] // R4 + R5 + R6 = \\ &= [[(60 // 120) + 40] // 80] + 20 + 30 = \\ &= [[40 + 40] // 80] + 50 = 40 + 50 = \\ &\Rightarrow R_{eq} = 90 \text{ k}\Omega \end{aligned}$$

Η σταθερά χρόνου φόρτισης του πυκνωτή θα είναι :

$$\tau = R_{eq} \times C = 90 \times 10^3 \Omega \times 30 \times 10^{-6} \text{F} = 2,7 \text{sec}$$

Πριν το βραχυκύκλωμα ο πυκνωτής είναι πλήρως φορτισμένος και συμπεριφέρεται ως ανοικτό κύκλωμα. Έτσι οι αντιστάσεις $R5=20\text{k}\Omega$ και $R6=30\text{k}\Omega$ δεν διαρρέονται από ρεύμα. Η τάση στα άκρα του πλήρως φορτισμένου πυκνωτή θα είναι η τάση επάνω στην αντίσταση $R4 = 80 \text{ k}\Omega$.

Η ισοδύναμη αντίσταση που «βλέπει» η πηγή είναι :

$$R_{\pi} = [(R3 + R4) // R2] + R1 = [(40 + 80) // 120] + 60 = [120 // 120] + 60 = 60 + 60 = 120 \text{ k}\Omega$$

και το συνολικό ρεύμα της πηγής θα είναι : $I_{\pi} = V / R_{\pi} = 240 \text{ V} / 120 \text{ k}\Omega = 2 \text{ mA}$

Το ρεύμα της πηγής διακλαδίζεται επάνω στις αντιστάσεις $R2=120 \text{ k}\Omega$ και στον κλάδο με τις αντιστάσεις $R3 + R4 = 40 + 80 = 120 \text{ k}\Omega$.

Έτσι το ρεύμα που διαρρέει την αντίσταση $R4$ είναι $I_{R4} = I_{\pi} / 2 = 1 \text{ mA}$

και η πτώση τάσεως στην αντίσταση $R4$ είναι $I_{R4} \times R4 = 1 \text{ mA} \times 80 \text{ k}\Omega = 80 \text{ V}$.

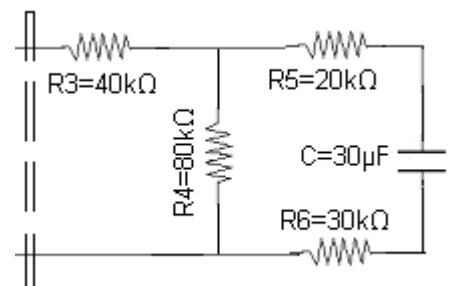
β) Μετά την βραχυκύκλωση του κυκλώματος ο πλήρως φορτισμένος πυκνωτής συμπεριφέρεται ως πηγή τάσης και το κύκλωμα που προκύπτει είναι το ακόλουθο.

Η νέα ισοδύναμη αντίσταση που βλέπει ο πυκνωτής στα άκρα του θα είναι :

$$\begin{aligned} R'_{eq} &= R5 + R6 + (R3 // R4) = 20 + 30 + (40 // 80) \\ &= 50 + 26,666 \Rightarrow R'_{eq} = 76,666 \text{ k}\Omega \end{aligned}$$

Η σταθερά χρόνου εκφόρτισης του πυκνωτή θα είναι :

$$\tau' = R'_{eq} \times C = 76,666 \times 10^3 \Omega \times 30 \times 10^{-6} \text{F} = 2,3 \text{sec}$$



Έτσι η αντίστοιχη εξίσωση της τάσης στα άκρα του πυκνωτή θα είναι : $V^c(t) = V_c(t=0) e^{-t/\tau'}$ \Rightarrow

$$V^c(t) = 80 e^{-t/2,30} \text{ V}$$

γ) Τη χρονική στιγμή $t = 0$ του βραχυκυκλώματος ο πυκνωτής είναι πλήρως φορτισμένος και η τάση στα άκρα του είναι $V_c(t=0) = 80 \text{ V}$.

Έτσι, το φορτίο στα άκρα του πυκνωτή θα είναι :

$$q = C \times U_c(t=0) = 30 \times 10^{-6} \text{ F} \times 80 \text{ V} \Rightarrow q = 2,4 \text{ mCb}$$