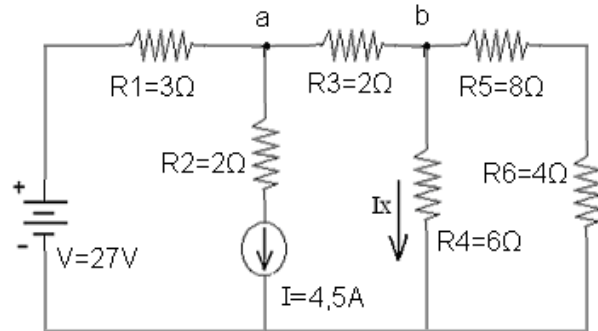


ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ ΞΑΝΘΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ: **ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2018**
 ΜΑΘΗΜΑ: **ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ** 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.

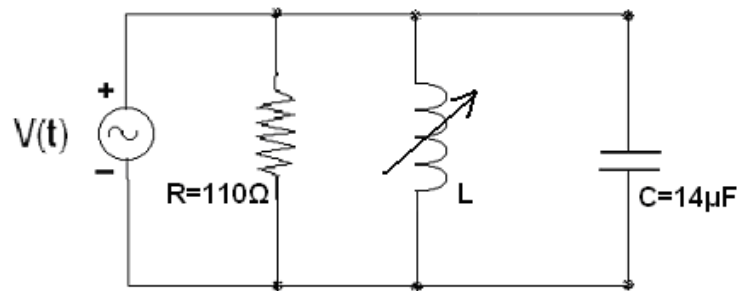
ΘΕΜΑ 1^ο: (Μονάδες 2.50).

Στο κύκλωμα που δίνεται με εφαρμογή του Θεωρήματος της υπέρθεσης να υπολογιστεί :
 α) το ρεύμα I_x επάνω στην αντίσταση $R_4 = 6\Omega$
 β) η πτώση τάσεως V_{ab} επάνω στην αντίσταση $R_3 = 2\Omega$ και γ) ποια πρέπει να είναι η τιμή της πηγής ρεύματος έτσι ώστε να μηδενιστεί η πτώση τάσεως επάνω στην αντίσταση $R_6 = 4\Omega$;



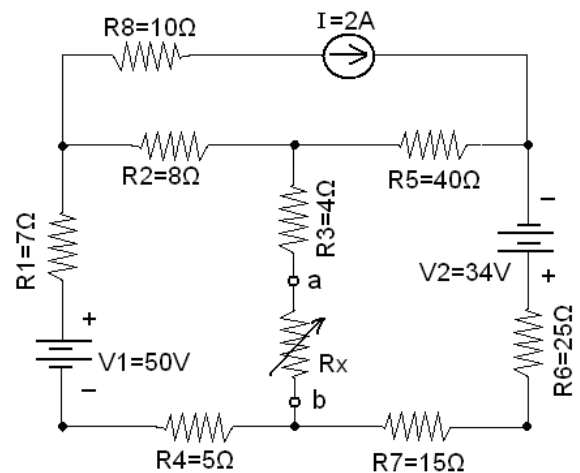
ΘΕΜΑ 2^ο: (Μονάδες 2.50).

Το κύκλωμα RLC με παράλληλη συνδεσμολογία που δίνεται στο σχήμα, τροφοδοτείται από πηγή τάσης $V(t)=311,13 \cos(120\pi t)$. 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 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 τη χρονική στιγμή $t = 0$, κλείνει ο διακόπτης S.
 Να προσδιοριστούν α) η σταθερά χρόνου φόρτισης του πυκνωτή και η εξίσωση της τάσης $V_c(t)$ και του ρεύματος $I_c(t)$ στα άκρα του πυκνωτή. Ποιο το πλήρες φορτίο του πυκνωτή; β) Μετά την πλήρη φόρτιση του πυκνωτή βραχυκυκλώνεται η πηγή ρεύματος a – b όπως φαίνεται στο σχέδιο.
 Να προσδιοριστούν η σταθερά χρόνου εκφόρτισης του πυκνωτή και η εξίσωση της τάσης $V'_c(t)$ και του ρεύματος $I'_c(t)$ στα άκρα του πυκνωτή για το νέο πλέον κύκλωμα.

ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ ΞΑΝΘΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ: **ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2018**

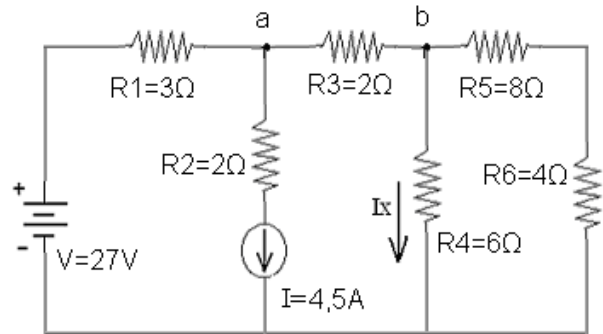
ΜΑΘΗΜΑ: **ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ**

4^ο ΕΞΑΜΗΝΟ ΣΠΟΥΔΩΝ

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

ΘΕΜΑ 1^ο: (Μονάδες 2.50).

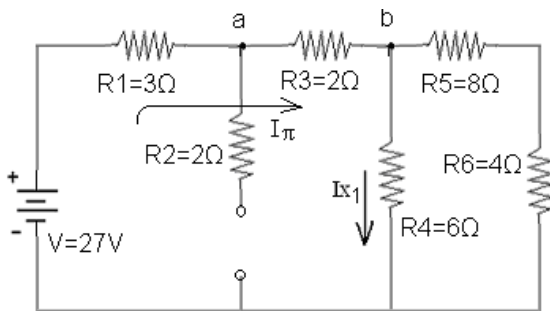
Στο κύκλωμα που δίνεται με εφαρμογή του Θεωρήματος της υπέρθεσης να υπολογιστεί :
 α) το ρεύμα I_x επάνω στην αντίσταση $R_4 = 6\Omega$
 β) η πτώση τάσεως V_{ab} επάνω στην αντίσταση $R_3 = 2\Omega$ και γ) ποια πρέπει να είναι η τιμή της πηγής ρεύματος έτσι ώστε να μηδενιστεί η πτώση τάσεως επάνω στην αντίσταση $R_6 = 4\Omega$;



Λύση

Εφαρμόζεται το Θεώρημα της υπέρθεσης

1) Μόνο με την πηγή τάσης V (ανοιχτοκυκλώνεται η πηγή ρεύματος)



Η ισοδύναμη αντίσταση που βλέπει η πηγή είναι :

$$R_{eq} = R_1 + R_3 + [R_4 // (R_5 + R_6)] = 3 + 2 + [6 // (8 + 4)] = 5 + [6 // 12] = 5 + 4 \Rightarrow R_{eq} = 9 \Omega$$

και το ρεύμα I_π της πηγής είναι :

$$I_\pi = V / R_{eq} = 27 \text{ V} / 9 \Omega \Rightarrow I_\pi = 3 \text{ A}$$

Από την αντίσταση $R_2=2\Omega$ δεν περνά ρεύμα γιατί υπάρχει ανοικτό κύκλωμα.

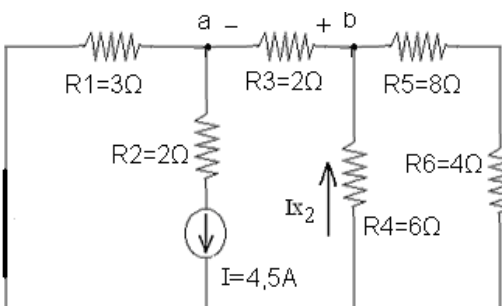
Το ρεύμα της πηγής διακλαδίζεται στον κόμβο b επάνω στις αντιστάσεις $R_4 = 6 \Omega$ και στις αντιστάσεις $R_5 + R_6 = 8 + 4 = 12 \Omega$ και έτσι σύμφωνα με τον τύπο του διαιρέτη ρεύματος ισχύει

$$I_{x1} = (R_5 + R_6) I_\pi / (R_5 + R_6 + R_4) = (8 + 4) \times 3 / (8 + 4 + 6) = 12 \times 3 / 18 \Rightarrow I_{x1} = 2 \text{ A}$$

ενώ $V_{ab1} = I_\pi \times R_3 = 3 \text{ A} \times 2 \Omega \Rightarrow V_{ab1} = 6 \text{ V}$

και το ρεύμα που περνά από την αντίσταση $R_6=4 \Omega$ θα είναι $I_{R4} = I_\pi - I_{x1} = 3 \text{ A} - 2 \text{ A} = 1 \text{ A}$.

2) Μόνο με την πηγή ρεύματος I (βραχυκυκλώνεται η πηγή τάσης)



Το ρεύμα των $- 4,5 \text{ A}$ διακλαδίζεται στον κόμβο a επάνω στην αντίσταση $R_1 = 3\Omega$ και στον κλάδο με ισοδύναμη αντίσταση R'_{eq} όπου

$$R'_{eq} = R_3 + [R_4 // (R_5 + R_6)] = 2 + [6 // (8 + 4)] = 2 + [6 // 12] = 2 + 4 \Rightarrow R'_{eq} = 6 \Omega$$

Έτσι $I_{ba} = R_1 \times I / (R_1 + R'_{eq}) = 3 \times 4,5 / (3 + 6) = 1,5 \text{ A}$

Το ρεύμα I_{ab} διακλαδίζεται στον κόμβο b επάνω στην αντίσταση $R_4 = 6 \Omega$ και στον κλάδο με αντιστάσεις $(R_5 + R_6) = (8 + 4) = 12 \Omega$.

$$\text{Σύμφωνα με τον τύπο του διαιρέτη ρεύματος } I_{x2} = (R_5 + R_6) \times I_{ab} / (R_4 + R_5 + R_6) = (8 + 4) \times 1,5 / (6 + 8 + 4) = 12 \times 1,5 / 18 \Rightarrow I_{x2} = 1 \text{ A}$$

ενώ $V_{ab2} = I_{ab} \times R_3 = - 1,5 \text{ A} \times 2 \Omega \Rightarrow V_{ab2} = - 3 \text{ V}$

Το αρνητικό πρόσημο είναι γιατί η πολικότητα είναι από τον κόμβο b προς τον κόμβο a .

και το ρεύμα που περνά από την αντίσταση $R_6=4 \Omega$ θα είναι $I_{R4} = I_{ab} - I_{x2} = 1,5 \text{ A} - 1 \text{ A} = 0,5 \text{ A}$.

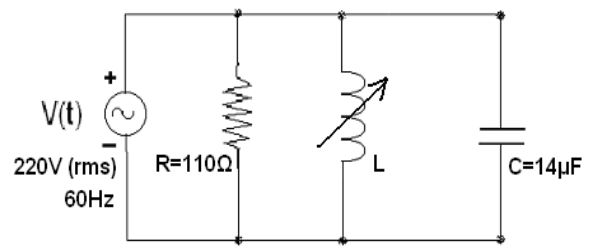
Έτσι α) $I_x = I_{x1} - I_{x2} = 2 \text{ A} - 1 \text{ A} \Rightarrow I_x = 1 \text{ A}$

β) $V_{ab} = V_{ab1} + V_{ab2} = 6 + (- 3) \text{ V} \Rightarrow V_{ab} = 3 \text{ V}$

γ) Για να είναι η πτώση τάσεως επάνω στην αντίσταση $R_6=4\Omega$ μηδενική θα πρέπει το συνολικό ρεύμα να είναι μηδέν. Επομένως θα πρέπει το ρεύμα που διαρρέει την R_6 μόνο με την πηγή ρεύματος να είναι ίσο και αντίθετης φοράς με το ρεύμα που διαρρέει την ίδια αντίσταση μόνο με την πηγή τάσης. Έτσι η τιμή της πηγής ρεύματος θα πρέπει να διπλασιαστεί και να γίνει $I = 9 \text{ A}$.

ΘΕΜΑ 2^ο: (Μονάδες 2.50).

Το κύκλωμα RLC με παράλληλη συνδεσμολογία που δίνεται στο σχήμα, τροφοδοτείται από πηγή τάσης $V(t)=311,13 \cos(120\pi t)$. 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) $V(t) = 311,13 \cos(120\pi t)$
Επομένως $V_p = 311,13 \text{ V}$ και $V(\text{rms}) = V_p / \sqrt{2} = 220 \text{ V}$
Ενώ $\omega t = 120\pi t$ και η συχνότητα είναι $2\pi f = \omega \rightarrow f = 60 \text{ Hz}$
Η επαγωγή που θα δίνει την ελάχιστη τιμή ρεύματος αντιστοιχεί στην μέγιστη συνολική εμπέδηση του κυκλώματος και προκύπτει στην περίπτωση συντονισμού.
Δηλαδή θα πρέπει να ισχύει $X_L = X_C \Rightarrow 2\pi f L = 1 / 2\pi f C$
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 :
 $Z = R = 110 \Omega$ και $\cos \phi = 1$ περίπτωση συντονισμού
 $I = V / Z_{\text{ολ}} = 220 \text{ V} / 110 \Omega = 2 \text{ A}$

β) Για $L = 200 \text{ mH}$ θα ισχύει :
 $X_L = 2\pi f L = 2 \times 3,14 \times 60 \times 0,20 = 75,36 \Omega$
 $X_C = 1 / 2\pi f C = 1 / (2 \times 3,14 \times 60 \times 14 \times 10^{-6}) = 189,47 \Omega$
Τα ρεύματα αντίστοιχα στους τρεις κλάδους θα είναι :

$$\begin{aligned} I_R &= V / R = 220 \text{ V} / 110 \Omega & \Rightarrow & I_R = 2 \text{ A} \\ I_L &= V / X_L = 220 \text{ V} / 75,36 \Omega & \Rightarrow & I_L = 2,92 \text{ A} \\ I_C &= V / X_C = 220 \text{ V} / 189,47 \Omega & \Rightarrow & I_C = 1,16 \text{ A} \end{aligned}$$

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 :

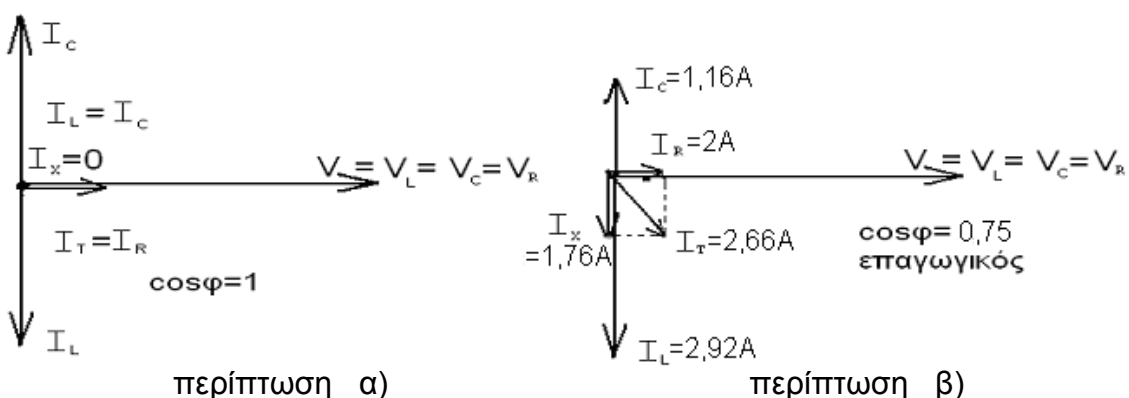
$$I_T = \sqrt{I_R^2 + (I_L - I_C)^2} = \sqrt{I_R^2 + I_X^2} = \sqrt{2^2 + 1,76^2} \Rightarrow I_T = 2,66 \text{ A}$$

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)



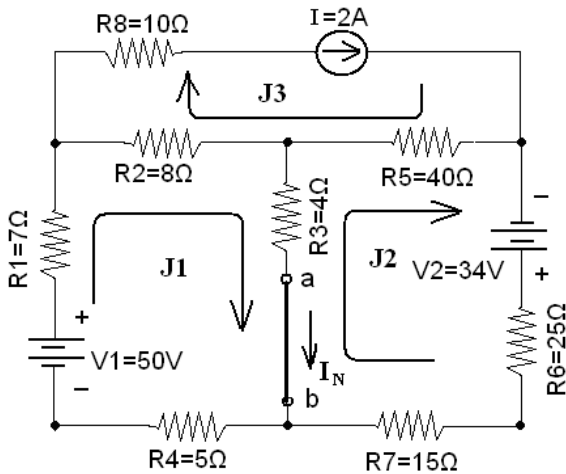
ΘΕΜΑ 3^ο: (Μονάδες 2.50).

Για το κύκλωμα που δίνεται

- α) Να προσδιοριστεί το ισοδύναμο 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 του ισοδύναμου κατά Thevenin θα προσδιοριστεί πρώτα το ισοδύναμο κατά Norton και το ρεύμα βραχυκύκλωσης που περνά από τα σημεία a και b. Η αντίσταση R_x απομακρύνεται και τα σημεία a και b βραχυκυκλώνονται.



Έτσι προκύπτει το ακόλουθο κύκλωμα.

Όπου με εφαρμογή της μεθόδου ανάλυσης βρόγχων προκύπτει:

$$J_3 = I = 2A$$

$$-V_1 + R_1 J_1 + R_2 (J_1 - J_3) + R_3 (J_1 - J_2) + R_4 J_1 = 0$$

$$-V_2 + (R_6 + R_7) J_2 + R_3 (J_2 - J_1) + R_5 (J_2 - J_3) = 0$$

και

$$(R_1 + R_2 + R_3 + R_4) J_1 - R_3 J_3 = V_1 + R_2 I$$

$$(R_3 + R_5 + R_6 + R_7) J_3 - R_3 J_2 = V_2 + R_5 I$$

Με αντικατάσταση προκύπτει:

$$(7+8+4+5) J_2 - 4 J_3 = 50 + 8 \times 2$$

$$(4+40+25+15) J_3 - 4 J_2 = 34 + 40 \times 2$$

$$\text{ή } 24 J_1 - 4 J_2 = 66$$

$$84 J_2 - 4 J_1 = 114 \quad (\times 6)$$

Για την επίλυση του συστήματος πολλαπλασιάζεται η δεύτερη σχέση επί έξι (6) και προστίθεται στην πρώτη και έτσι προκύπτει: $500 J_2 = 750 \Rightarrow J_2 = 1,5 A$
 στη συνέχεια από την πρώτη σχέση με αντικατάσταση προκύπτει: $24 J_1 - 4 \times 1,5 = 66 \Rightarrow 24 J_1 = 72 \Rightarrow J_1 = 3 A$
 Επομένως $I_N = J_1 - J_2 = 3 - 1,5 = 1,5 A$

Για τον υπολογισμό της R_N απομακρύνεται από το κύκλωμα η R_x και οι πηγές τάσης βραχυκυκλώνονται ενώ η πηγή ρεύματος ανοιχτοκυκλώνεται. Έτσι η αντίσταση ανάμεσα στα σημεία a και b είναι:

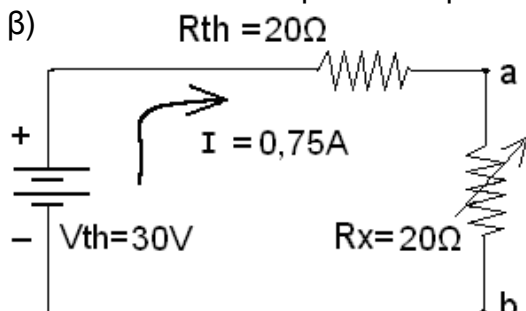
$$R_N = R_3 + [(R_2 + R_1 + R_4) // (R_5 + R_6 + R_7)] =$$

$$= 4 + [(8+7+5) // (40+25+15)] = 4 + [20 // 80] =$$

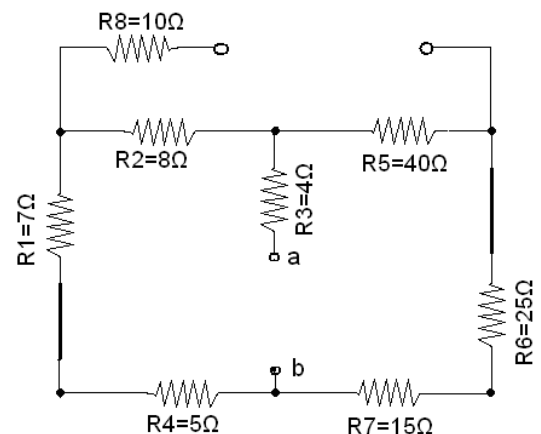
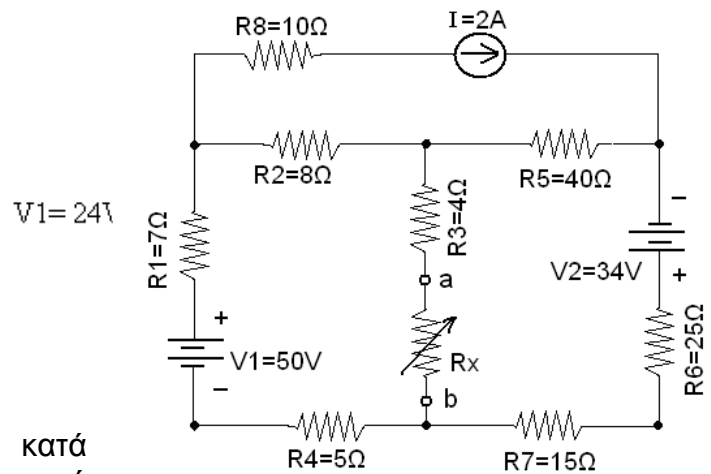
$$= 4 + 20 \times 80 / (20 + 80) = 4 + 16 \Rightarrow R_N = R_{th} = 20 \Omega$$

Η τάση V_{th} θα δίνεται ως: $V_{th} = I_N \times R_N = 1,5 A \times 20 \Omega = 30 V$

και έτσι το ισοδύναμο κύκλωμα κατά Thevenin που προκύπτει είναι το εξής:



Για το ισοδύναμο κύκλωμα κατά Thevenin που δίνεται δίπλα ισχύει: $I = V_{th} / (R_{th} + R_x)$
 Για να καταναλώνει την μέγιστη ισχύ η αντίσταση R_x πρέπει να είναι $R_x = R_{th} = 20 \Omega$
 και έτσι: $I = 30 V / (20 + 20) \Omega = 0,75 A$
 ενώ η μέγιστη ισχύς επάνω στην αντίσταση R_x θα είναι: $P = I^2 \times R_x = 0,75^2 \times 20 = 11,25 W$



ΘΕΜΑ 4^ο: (Μονάδες 2.50).

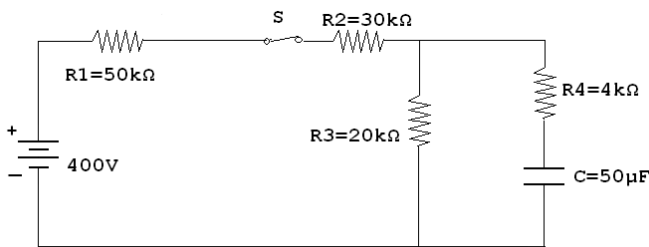
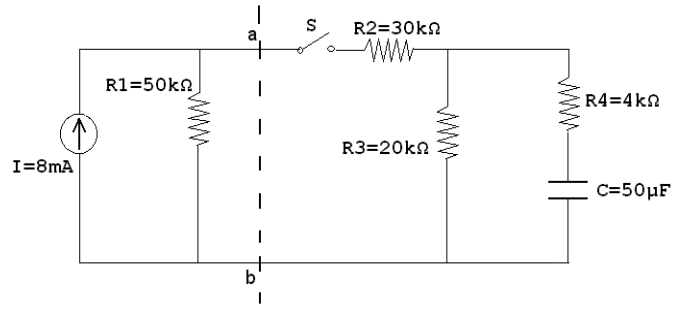
Στο κύκλωμα που δίνεται τη χρονική στιγμή $t = 0$, κλείνει ο διακόπτης S.

Να προσδιοριστούν α) η σταθερά χρόνου φόρτισης του πυκνωτή και η εξίσωση της τάσης $V_c(t)$ και του ρεύματος $I_c(t)$ στα άκρα του πυκνωτή. Ποιο το πλήρες φορτίο του πυκνωτή; β) Μετά την πλήρη φόρτιση του πυκνωτή βραχυκυκλώνεται η πηγή ρεύματος a-b όπως φαίνεται στο σχέδιο.

Να προσδιοριστούν η σταθερά χρόνου εκφόρτισης του πυκνωτή και η εξίσωση της τάσης $V'_c(t)$ και του ρεύματος $I'_c(t)$ στα άκρα του πυκνωτή για το νέο πλέον κύκλωμα.

Λύση

α) Η πηγή ρεύματος μετατρέπεται σε πηγή τάσης και προκύπτει το ακόλουθο κύκλωμα.



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

$$\begin{aligned} R_{eq} &= R_4 + [(R_1 + R_2) // R_3] = \\ &= 4 + [(50 + 30) // 20] = 4 + (80 // 20) = \\ &= 4 + (80 \times 20) / (80 + 20) = 4 + 1600 / 100 = \\ &= 4 + 16 \quad \Rightarrow \quad R_{eq} = 20 \text{ k}\Omega \end{aligned}$$

Η σταθερά χρόνου φόρτισης του πυκνωτή θα είναι:

$$\tau = R_{eq} \times C = 20 \times 10^{-3} \Omega \times 50 \times 10^{-6} \text{ F} = 1,0 \text{ sec}$$

Για $t = 0$, ο πυκνωτής είναι αφόρτιστος και $V_c(t=0) = 0 \text{ V}$

Για $t = \infty$ ο πυκνωτής συμπεριφέρεται ως ανοικτό κύκλωμα και με εφαρμογή του τύπου του διαιρέτη τάσης προκύπτει ότι η μέγιστη τάση φόρτισης του πυκνωτή θα είναι: $V_c(t=\infty) = V \times R_3 / (R_1 + R_2 + R_3) = 400 \times 20 / (50 + 30 + 20) \Rightarrow V_c(t=\infty) = 80 \text{ V}$

Επομένως η εξίσωση της τάσης στα άκρα του πυκνωτή θα είναι:

$$V_c(t) = V_c(\infty) (1 - e^{-t/\tau}) \quad \Rightarrow \quad V_c(t) = 80 (1 - e^{-t}) \text{ V}$$

Η αντίστοιχη εξίσωση του ρεύματος του πυκνωτή $I_c(t)$ θα είναι:

$$I_c(t) = [V_c(\infty) / R_{eq}] \times e^{-t/\tau} = [80 \text{ V} / 20 \text{ k}\Omega] \times e^{-t/\tau} \quad \Rightarrow \quad I_c(t) = 4 e^{-t} \text{ mA}$$

Το πλήρες φορτίο του πυκνωτή για $t = \infty$ θα είναι

$$q = C \times V_c(t = \infty) = 50 \times 10^{-6} \text{ F} \times 80 \text{ V} \quad \Rightarrow \quad q = 4 \text{ mCb}$$

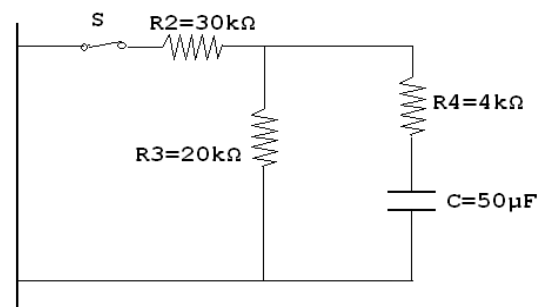
β) Μετά την βραχυκύκλωση της πηγής ρεύματος ο πλήρως φορτισμένος πυκνωτής συμπεριφέρεται ως πηγή τάσης και το κύκλωμα που προκύπτει είναι το ακόλουθο.

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

$$\begin{aligned} R'_{eq} &= R_4 + (R_2 // R_3) = 4 + (30 // 20) = \\ &= 4 + (30 \times 20) / (30 + 20) = 4 \times 600 / 50 = \\ &= 4 + 12 \quad \Rightarrow \quad R'_{eq} = 16 \text{ k}\Omega \end{aligned}$$

Η σταθερά χρόνου εκφόρτισης του πυκνωτή θα είναι:

$$\tau' = R'_{eq} \times C = 16 \times 10^{-3} \Omega \times 50 \times 10^{-6} \text{ F} = 0,8 \text{ sec}$$



Οι αντίστοιχες εξισώσεις τάσης και ρεύματος στα άκρα του πυκνωτή θα είναι:

$$V'_c(t) = V_c(\infty) e^{-t/\tau'} \quad \Rightarrow \quad V'_c(t) = 80 e^{-t/0,80} \text{ V}$$

και

$$I'_c(t) = -[V_c(\infty) / R'_{eq}] \times e^{-t/\tau'} = -[80 \text{ V} / 16 \text{ k}\Omega] \times e^{-t/\tau'} \quad \Rightarrow \quad I'_c(t) = -5 e^{-t/0,80} \text{ mA}$$