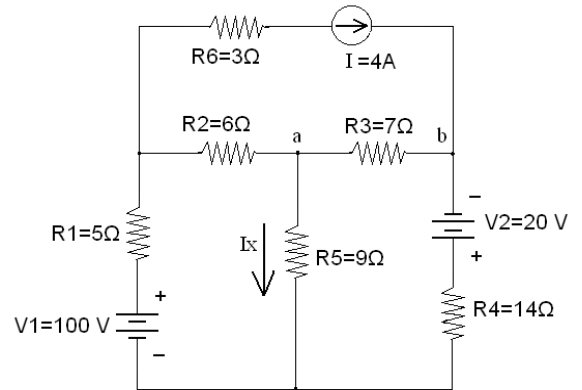


ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ ΞΑΝΘΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ: **ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2019**
 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.

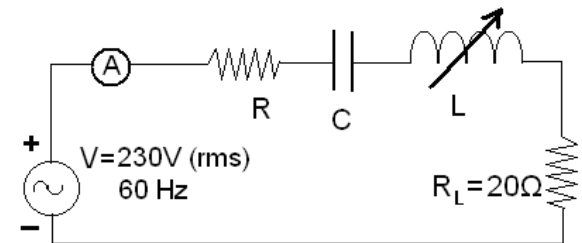
ΘΕΜΑ 1^ο: (Μονάδες 2.50).

Στο κύκλωμα που δίνεται με εφαρμογή της μεθόδου των βρόχων να υπολογιστεί: α) το ρεύμα I_x επάνω στην αντίσταση $R_5=9\Omega$. β) Η πτώση τάσης V_{ab} επάνω στην αντίσταση $R_3=7\Omega$. γ) Ποια πρέπει να είναι η τιμή της πηγής τάσης V_2 για να μηδενιστεί η πτώση τάσης επάνω στην αντίσταση $R_5 = 9 \Omega$;



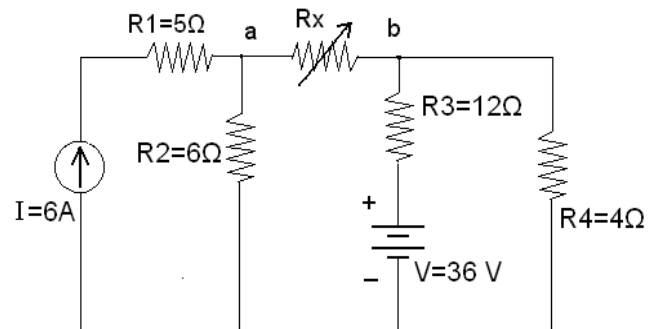
ΘΕΜΑ 2^ο: (Μονάδες 2.50).

Το κύκλωμα RLC συνδεσμολογίας σειράς που δίνεται, τροφοδοτείται από πηγή τάσης $V = 230 \text{ V}$ (rms) συχνότητας 60 Hz. Η μέγιστη τιμή έντασης ρεύματος που καταγράφει το αμπερόμετρο είναι 5A όταν ρυθμιστεί η μεταβλητή επαγωγή του πηνίου στα 0,35 H. Να προσδιοριστούν: α) Η αντίσταση R, η χωρητικότητα C του πυκνωτή, η συνολική εμπέδηση και ο Σ.Ι. του κυκλώματος. β) Σε ποια τιμή πρέπει να ρυθμιστεί η μεταβλητή επαγωγή για να επιτευχθεί Σ.Ι. του κυκλώματος 0,80 επαγωγικός και ποια η τιμή του ρεύματος στην περίπτωση αυτή; γ) Ποια είναι η φαινόμενη, η πραγματική και η άεργος ισχύς του κυκλώματος στις δύο πιο πάνω περιπτώσεις; δ) Να σχεδιαστούν τα διανυσματικά διαγράμματα όλων των τάσεων και ρευμάτων για τις δύο πιο πάνω περιπτώσεις.



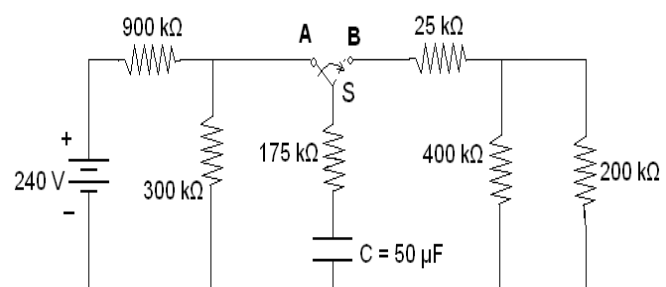
ΘΕΜΑ 3^ο: (Μονάδες 2.50).

Για το κύκλωμα που δίνεται α) Να προσδιοριστεί το ισοδύναμο κατά 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 τη χρονική στιγμή $t=0$ που ο πυκνωτής είναι πλήρως φορτισμένος ο διπλός διακόπτης S μετακινείται από τη θέση A στη θέση B. Να προσδιοριστούν :
 α) η σταθερά χρόνου φόρτισης και εκφόρτισης του πυκνωτή.
 β) η τάση $U_C(t)$ στα άκρα του πυκνωτή για $t > 0$ και να σχεδιαστεί η μορφή της τάσης.
 γ) Ποιο θα είναι το ηλεκτρικό φορτίο του πυκνωτή την χρονική στιγμή $t = 0 \text{ sec}$ και την χρονική στιγμή $t = 30 \text{ sec}$.



ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ ΞΑΝΘΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ: **ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2019**

ΜΑΘΗΜΑ: **ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ**

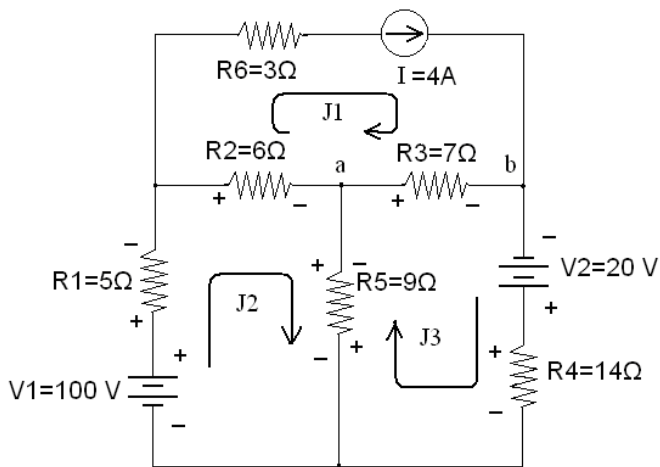
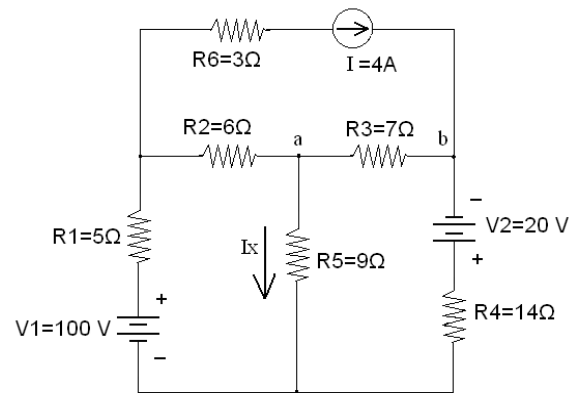
4^ο ΕΞΑΜΗΝΟ ΣΠΟΥΔΩΝ

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 $R_5=9\Omega$. β) Η πτώση τάσης V_{ab} επάνω στην αντίσταση $R_3=7\Omega$. γ) Ποια πρέπει να είναι η τιμή της πηγής τάσης V_2 για να μηδενιστεί η πτώση τάσης επάνω στην αντίσταση $R_5 = 9 \Omega$;

Λύση



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

Στον βρόχο 1 το ρεύμα βρόχου είναι το ίδιο με το ρεύμα της πηγής I και έτσι το σύστημα των τριών εξισώσεων απλοποιείται σε μόνο δύο. Συγκεκριμένα οι εξισώσεις για τον κάθε βρόχο θα είναι:

$$\begin{aligned} J_1 &= I = 4 \text{ A} & (1) \\ -V_1 + R_1 J_2 + R_2 (J_2 - J_1) + R_5 (J_2 - J_3) &= 0 & (2) \\ -V_2 + R_4 J_3 + R_5 (J_3 - J_2) + R_3 (J_3 - J_1) &= 0 & (3) \end{aligned}$$

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

Αντικαθιστώντας προκύπτει

$$\begin{aligned} (5 + 6 + 9) J_2 - 9 J_3 - 4 \times 6 - 100 &= 0 & \Rightarrow & 20 J_2 - 9 J_3 = 124 & (2) \\ -9 J_2 + (7 + 14 + 9) J_3 - 4 \times 7 - 20 &= 0 & \Rightarrow & -9 J_2 + 30 J_3 = 48 & (3) \end{aligned}$$

Λύνοντας την (2) ως προς J_2 και αντικαθιστώντας στην (3).

$$\begin{aligned} J_2 &= (124 + 9 J_3) / 20 & (2) \\ -9 (124 + 9 J_3) / 20 + 30 J_3 &= 48 & (3) & \Rightarrow J_3 = 4 \text{ A} \\ \text{και } J_2 &= (124 + 9 \times 4) / 20 = 160 / 20 & \Rightarrow J_2 = 8 \text{ A} \end{aligned}$$

Έτσι, α) $I_x = J_2 - J_3 = 8 \text{ A} - 4 \text{ A} \Rightarrow I_x = 4 \text{ A}$
 και β) $V_{ab} = (J_1 - J_3) \times R_3 = (4 \text{ A} - 4 \text{ A}) \times 7 \Omega \Rightarrow V_{ab} = 0 \text{ V}$

γ) Για να μηδενιστεί η πτώση τάσης επάνω στην αντίσταση $R_5 = 9\Omega$ θα πρέπει $I_x = 0$ δηλαδή $J_2 = J_3$.

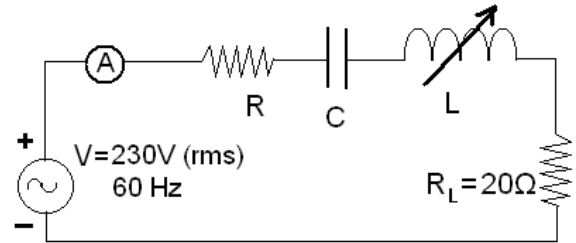
Επομένως το σύστημα εξισώσεων των βρόχων γίνεται:

$$\begin{aligned} 11 J &= 124 & (2) \\ 21 J &= 28 + V_2 & (3) \end{aligned}$$

και $J = 124 / 11 = 11,28 \text{ A}$ ενώ $V_2 = 21 \times 11,28 - 28 \Rightarrow V_2 = 208,73 \text{ V}$

ΘΕΜΑ 2^ο: (Μονάδες 2.50).

Το κύκλωμα RLC συνδεσμολογίας σειράς που δίνεται, τροφοδοτείται από πηγή τάσης $V = 230\text{ V}$ (rms) συχνότητας 60 Hz . Η μέγιστη τιμή έντασης ρεύματος που καταγράφει το αμπερόμετρο είναι 5 A όταν ρυθμιστεί η μεταβλητή επαγωγή του πηνίου στα $0,35\text{ H}$. Να προσδιοριστούν: α) Η αντίσταση R , η χωρητικότητα C του πυκνωτή, η συνολική εμπέδηση και ο Σ.Ι. του κυκλώματος. β) Σε ποια τιμή πρέπει να ρυθμιστεί η μεταβλητή επαγωγή για να επιτευχθεί Σ.Ι. του κυκλώματος $0,80$ επαγωγικός και ποια η τιμή του ρεύματος στην περίπτωση αυτή; γ) Ποια είναι η φαινόμενη, η πραγματική και η άεργος ισχύς του κυκλώματος στις δύο πιο πάνω περιπτώσεις; δ) Να σχεδιαστούν τα διανυσματικά διαγράμματα όλων των τάσεων και ρευμάτων για τις δύο πιο πάνω περιπτώσεις.



Λύση

α) Για συχνότητα 60 Hz και $L=0,35\text{ H}$ επειδή καταγράφεται η μέγιστη ένταση ρεύματος υπάρχει συντονισμός και θα ισχύει. $X_L = X_C \Rightarrow 2\pi fL = 1/2\pi fC$
και $C = 1/4\pi^2 f^2 L \Rightarrow C = 1/[4 \times (3,14 \times 60)^2 \times 0,35] = 20,10\ \mu\text{F}$
 $I = V / Z_{ολ} = 5\text{ A} \Rightarrow Z_{ολ} = V / I = 230\text{ V} / 5\text{ A} \Rightarrow Z_{ολ} = 46\ \Omega$.
Για $X_L = X_C$ η συνολική εμπέδηση του κυκλώματος θα είναι :

$$Z_{ολ} = \sqrt{(X_L - X_C)^2 + (R + R_L)^2} = \sqrt{(R + R_L)^2} = R + R_L = 46\ \Omega$$
$$\Rightarrow R = 46\ \Omega - 20\ \Omega \Rightarrow R = 26\ \Omega.$$

και $\cos \varphi = (R + R_L) / Z = 1$ περίπτωση συντονισμού.

β) ο συντελεστής ισχύος είναι $\cos \varphi = (R + R_L) / Z = 0,80$ και για να είναι επαγωγικός θα πρέπει $V_L > V_C$ και συνεπώς $X_L > X_C$ όπως φαίνεται και στο αντίστοιχο διανυσματικό διάγραμμα στο ακόλουθο ερώτημα δ.

Έτσι η συνολική εμπέδηση του κυκλώματος θα είναι: $Z = (R + R_L) / 0,80 = 46 / 0,80 = 57,50\ \Omega$
και το ρεύμα του κυκλώματος $I = V / Z_{ολ} = 230\text{ V} / 57,50\ \Omega = 4\text{ A}$

$$Z = \sqrt{(X_L - X_C)^2 + (R + R_L)^2} = 57,50\ \Omega$$

και θα ισχύει : $|X_L - X_C| = \sqrt{(57,50)^2 - (26 + 20)^2} = 34,50\ \Omega$

και επειδή $X_C = 1/2\pi fC = 1/(2 \times 3,14 \times 60 \times 20,1 \times 10^{-6}) = 132\ \Omega$

$$\Rightarrow X_L = 34,50\ \Omega + 132\ \Omega = 166,50\ \Omega$$

$$\text{ή } X_L = 2\pi fL' \Rightarrow L' = X_L / 2\pi f = 166,50 / (2 \times 3,14 \times 60) = 0,44\text{ H}$$

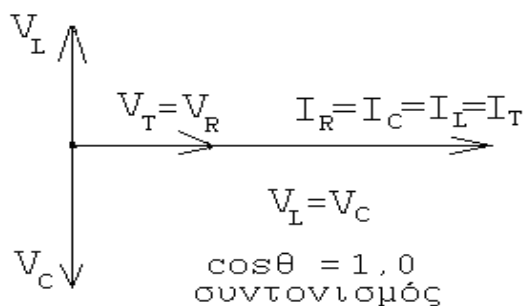
γ) Στην περίπτωση του συντονισμού για επαγωγή $L = 0,35\text{ H}$ θα ισχύει:

Φαινόμενη και Πραγματική ισχύς $S = P = V \times I = 230 \times 5 = 1150\text{ VA}$, Άεργος ισχύς $Q = 0$

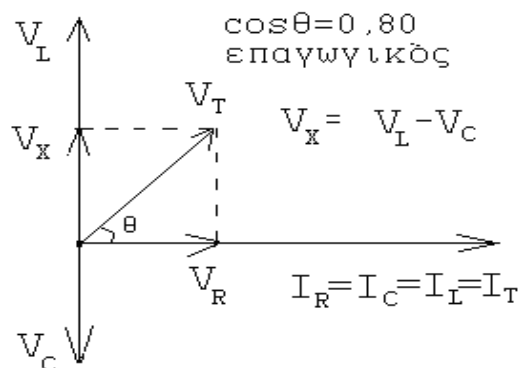
Για επαγωγή $L' = 0,44\text{ H}$ θα είναι: Πραγματική ισχύς $P = I^2 \times (R + R_L) = 4^2 \times (20 + 26) = 736\text{ W}$

Φαινόμενη ισχύς $S = V \times I = 230 \times 4 = 920\text{ VA}$, και Άεργος ισχύς $Q = \sqrt{S^2 - P^2} = 552\text{ VAR}$

δ) Διανυσματικά Διαγράμματα:



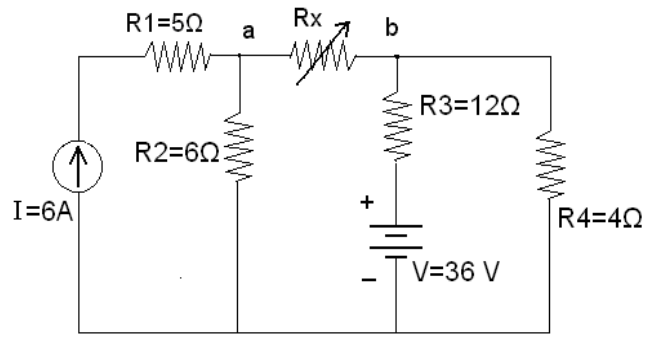
α. περίπτωση : $L = 0,35\text{ H}$



β. περίπτωση : $L' = 0,44\text{ H}$

ΘΕΜΑ 3^ο: (Μονάδες 2.50).

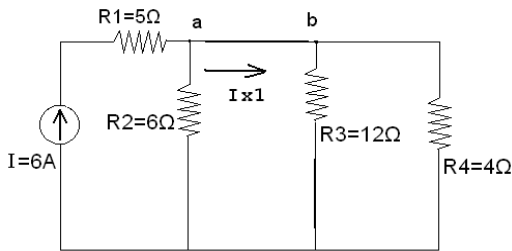
Για το κύκλωμα που δίνεται α) Να προσδιοριστεί το ισοδύναμο κατά Norton ανάμεσα στα σημεία a και b. β) Ποια πρέπει να είναι η τιμή της μεταβλητής αντίστασης R_x έτσι ώστε να καταναλώνει την μέγιστη ισχύ και να υπολογιστεί η τιμή της μέγιστης αυτής ισχύος.



Λύση

Για τον υπολογισμό του I_N , απομακρύνεται η αντίσταση R_x , βραχυκυκλώνονται τα σημεία a και b και εφαρμόζεται το θεώρημα της υπέρθεσης.

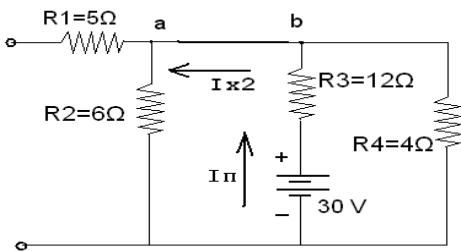
1) Μόνο με την πηγή ρεύματος (βραχυκυκλώνεται η πηγή τάσης)



Στον κόμβο a το ρεύμα των 6A διακλαδίζεται στην αντίσταση των 6Ω και στην R_{eq} όπου,
 $R_{eq} = R3 // R4 = (12 \times 4) / (12 + 4) \Rightarrow R_{eq} = 3 \Omega$

Σύμφωνα με τον τύπο του διαιρέτη ρεύματος θα ισχύει:
 $I_{x1} = R2 \times I / (R2 + R_{eq}) = 6 \times 6 / (6 + 3)$ και
 $I_{x1} = 36 / (6 + 3) \Rightarrow I_{x1} = 4 \text{ A} \quad (1)$

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



Η συνολική σύνθετη αντίσταση που βλέπει η πηγή είναι:
 $R_{eq} = R3 + (R2 // R4) = 12 + (6 // 4) =$
 $= 12 + (6 \times 4) / (6 + 4) = 12 + 2,40 =$
 $= (9 R_x + 54) / (R_x + 10) \Rightarrow R_{eq} = 14,40 \Omega$

και το ρεύμα I_{π} της πηγής είναι:
 $I_{\pi} = V / R_{eq} = 36 / 14,40 \Rightarrow I_{\pi} = 2,50 \text{ A}$

Το ρεύμα αυτό διακλαδίζεται στον κόμβο b και έτσι σύμφωνα με τον τύπο διαιρέτη ρεύματος θα ισχύει:

$$I_{x2} = I_{\pi} \times [R4 / (R4 + R2)] = 2,50 \times 4 / (4 + 6) \Rightarrow I_{x2} = 1 \text{ A} \quad (2)$$

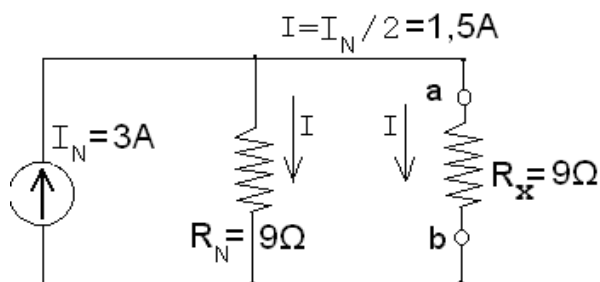
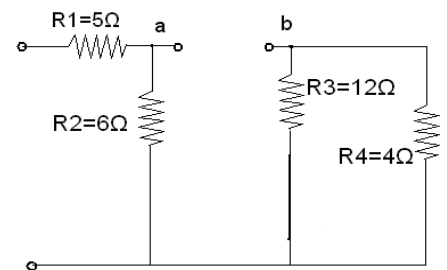
Η φορά του ρεύματος I_{x2} είναι αντίθετη από την φορά του ρεύματος I_{x1}
 Έτσι συνολικά από (1) και (2) θα πρέπει $I_N = I_{x1} - I_{x2} = 4 - 1 = 3 \text{ A}$

Για τον υπολογισμό της R_N απομακρύνεται η αντίσταση R_x , βραχυκυκλώνεται η πηγή τάσης και ανοιχτοκυκλώνεται η πηγή ρεύματος.

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

$$R_N = R2 + (R3 // R4) = 6 + 12 // 4 = 6 + (12 \times 4) / (12 + 4) =$$

$$= 6 + 48 / 16 = 6 + 3 \Rightarrow R_N = 9 \Omega$$



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 $R_x = R_N = 9 \Omega$ και η ισχύς αυτή θα είναι:

$$P = I^2 \times R_x = (I_N / 2)^2 \times R_x = 1,5^2 \times 9 = 20,25 \text{ W}$$

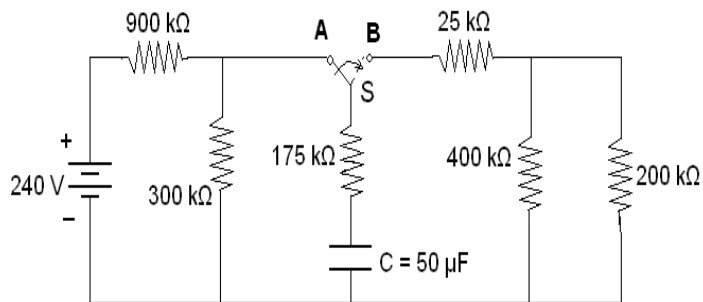
ΘΕΜΑ 4^ο : (Μονάδες 2.50).

Στο κύκλωμα που δίνεται τη χρονική στιγμή $t=0$ που ο πυκνωτής είναι πλήρως φορτισμένος ο διπλός διακόπτης S μετακινείται από τη θέση A στη θέση B . Να προσδιοριστούν :

α) η σταθερά χρόνου φόρτισης και εκφόρτισης του πυκνωτή.

β) η τάση $U_C(t)$ στα άκρα του πυκνωτή για $t > 0$ και να σχεδιαστεί η μορφή της τάσης.

γ) Ποιο θα είναι το ηλεκτρικό φορτίο του πυκνωτή την χρονική στιγμή $t = 0 \text{ sec}$ και την χρονική στιγμή $t = 30 \text{ sec}$.



Λύση

α) Το κύκλωμα φόρτισης του πυκνωτή είναι αυτό που φαίνεται δίπλα. Επομένως η ισοδύναμη αντίσταση R_{eq} φόρτισης του πυκνωτή θα είναι :

$$R_{eq} = (900 // 300) + 175 = (900 \times 300) / (900 + 300) + 175 = 225 + 175 = 400 \text{ k}\Omega$$

και η σταθερά χρόνου φόρτισης είναι :

$$\tau = R_{eq} \times C = 400 \text{ k}\Omega \times 50 \mu\text{F} = 400 \times 10^3 \times 50 \times 10^{-6} = 20 \text{ sec}$$

Το κύκλωμα εκφόρτισης του πυκνωτή αντίστοιχα είναι αυτό που φαίνεται δίπλα. Επομένως η ισοδύναμη αντίσταση πλέον R_{eq}' εκφόρτισης του πυκνωτή θα είναι :

$$R_{eq}' = (400 // 200) + 175 + 25 = (400 \times 200) / (400 + 200) + 175 + 25 = 133 + 175 + 25 = 333 \text{ k}\Omega$$

και η σταθερά χρόνου εκφόρτισης θα είναι :

$$\tau' = R_{eq}' \times C = 333 \text{ k}\Omega \times 50 \mu\text{F} = 333 \times 10^3 \times 50 \times 10^{-6} = 16,65 \text{ sec}$$

β) Για $t=0$ ο πυκνωτής είναι πλήρως φορτισμένος και η τάση στα άκρα του θα είναι σύμφωνα με τον τύπο του διαιρέτη τάσεως :

$$U_C(t=0) = 240 \times 300 / (900 + 300) = 240 \times 300 / 1200 = 240 \times 0,25 = 60 \text{ V}$$

Για $t > 0$ η τάση στα άκρα του πυκνωτή δίνεται από την σχέση εκφόρτισης:

$$U_C(t) = U_C(0) e^{-t/\tau'} = 60 e^{-t/16,65}$$

και η μορφή της τάσης δίνεται στο διπλανό σχήμα.

γ) Το ηλεκτρικό φορτίο την χρονική στιγμή $t = 0$ θα είναι $q(t=0) = 60 \text{ V} \times 50 \mu\text{F} \Rightarrow q(t=0) = 3 \text{ mCb}$

ενώ την χρονική στιγμή $t = 30 \text{ sec}$ το ηλεκτρικό φορτίο θα είναι

$$q(t=30) = U_C(t=30) \times C = 60 e^{-30/16,65} \times 50 \Rightarrow q(t=30) = 60 e^{-1,8} \times 50 \Rightarrow q(t=30) = 9,92 \text{ V} \times 50 \mu\text{F} = 0,496 \text{ mCb}$$

