

ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ ΞΑΝΘΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ: **ΙΟΥΝΙΟΥ 2018**

ΜΑΘΗΜΑ: **ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ**

ΔΙΔΑΣΚΩΝ: **ΚΑΡΑΚΑΤΣΑΝΗΣ Σ. ΘΕΟΚΛΗΤΟΣ**

4^ο ΕΞΑΜΗΝΟ ΣΠΟΥΔΩΝ

Επίκουρος Καθηγητής Δ.Π.Θ.

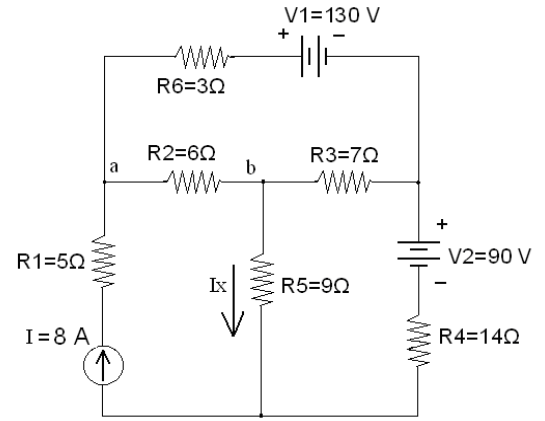
ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΕΞΕΤΑΣΗΣ : **2 ½ ΩΡΕΣ .**

ΑΠΑΓΟΡΕΥΕΤΑΙ Η ΑΠΟΧΩΡΗΣΗ ΤΑ ΠΡΩΤΑ 30 ΛΕΠΤΑ.

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ: Α.Μ.

ΘΕΜΑ 1^ο : (Μονάδες 2.50).

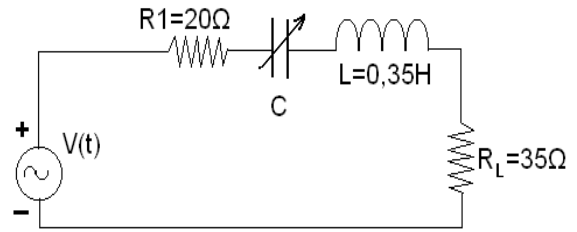
Στο κύκλωμα που δίνεται με εφαρμογή της μεθόδου των βρόχων να υπολογιστεί: α) το ρεύμα I_x επάνω στην αντίσταση $R_5=9\Omega$. β) Η πτώση τάσης V_{ab} επάνω στην αντίσταση $R_2=6\Omega$. γ) Ποια πρέπει να είναι η τιμή της πηγής τάσης V_1 για να μηδενιστεί η πτώση τάσης επάνω στην αντίσταση $R_3 = 7 \Omega$;



ΘΕΜΑ 2^ο : (Μονάδες 2.50).

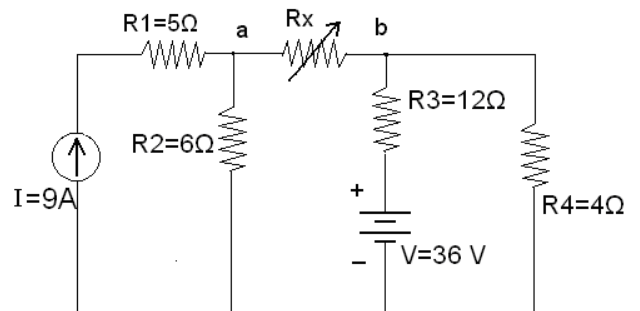
Το κύκλωμα σειράς που αποτελείται από πυκνωτή μεταβλητής χωρητικότητας, επαγωγή $L = 0,35 \text{ H}$ και ωμικές αντιστάσεις $R_1 = 20 \Omega$ και $R_L = 35 \Omega$ συνδέεται σε πηγή τάσης ημιτονοειδούς μορφής $V(t) = 155,57 \cos(120\pi t)$.

- α) Να προσδιοριστεί η χωρητικότητα του πυκνωτή που δίνει την μέγιστη τιμή ρεύματος στο κύκλωμα. Ποιος ο συντελεστής ισχύος της πηγής, η τιμή της συνολικής εμπέδησης του κυκλώματος και η τιμή του ρεύματος στην περίπτωση αυτή ;
- β) Σε ποια τιμή πρέπει να ρυθμιστεί η χωρητικότητα του πυκνωτή C για να γίνει ο συντελεστής ισχύος $0,78$ επαγωγικός, και να προσδιοριστεί η τιμή του ρεύματος και της εμπέδησης στη χωρητικότητα αυτή.
- γ) Να σχεδιαστούν τα διανυσματικά διαγράμματα όλων των ρευμάτων και όλων των τάσεων στις δύο πιο πάνω περιπτώσεις.



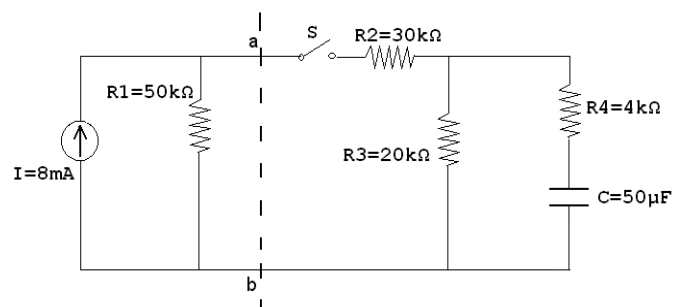
ΘΕΜΑ 3^ο : (Μονάδες 2.50).

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 $t = 0$, 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: **ΙΟΥΝΙΟΥ 2018**

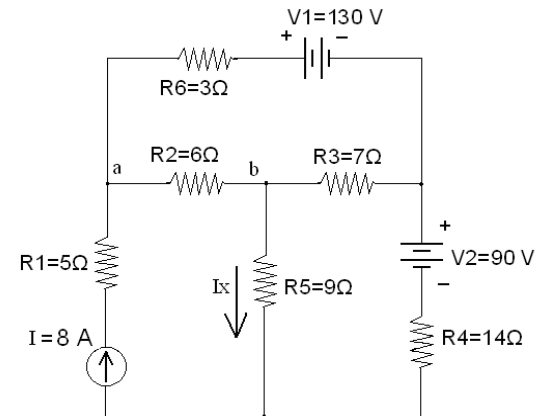
ΜΑΘΗΜΑ: **ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ**

4^ο ΕΞΑΜΗΝΟ ΣΠΟΥΔΩΝ

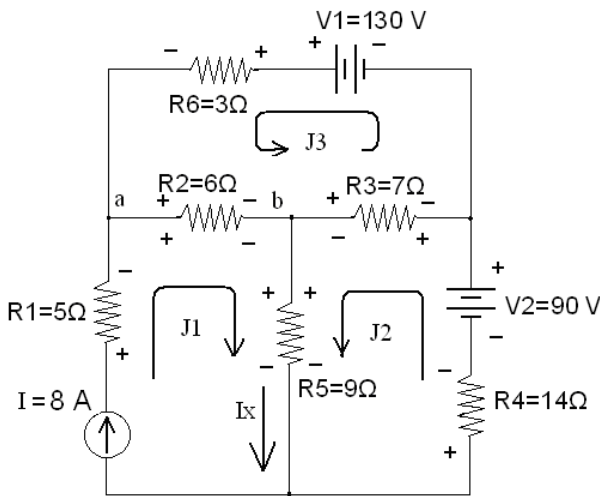
ΔΙΔΑΣΚΩΝ: ΚΑΡΑΚΑΤΣΑΝΗΣ Σ. ΘΕΟΚΛΗΤΟΣ Επίκουρος Καθηγητής Δ.Π.Θ.

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 $R_2=6\Omega$. γ) Ποια πρέπει να είναι η τιμή της πηγής τάσης V_1 για να μηδενιστεί η πτώση τάσης επάνω στην αντίσταση $R_3 = 7 \Omega$;



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:

$$J_1 = I = 8 \text{ A} \quad (1)$$

$$-V_2 + R_3 (J_2 - J_3) + R_5 (J_2 + I) + R_4 J_2 = 0 \quad (2)$$

$$-V_1 + R_6 J_3 + R_2 (J_3 + I) + R_3 (J_3 - J_2) = 0 \quad (3)$$

$$(R_3 + R_4 + R_5) J_2 - R_3 J_3 + I R_5 - V_2 = 0 \quad (2)$$

$$-R_3 J_2 + (R_2 + R_3 + R_6) J_3 + I R_2 - V_1 = 0 \quad (3)$$

Αντικαθιστώντας προκύπτει

$$(7 + 14 + 9) J_2 - 7 J_3 + 8 \times 9 - 90 = 0 \quad \Rightarrow \quad 30 J_2 - 7 J_3 = 18 \quad (2)$$

$$-7 J_2 + (6 + 7 + 3) J_3 + 8 \times 6 - 130 = 0 \quad \Rightarrow \quad -7 J_2 + 16 J_3 = 82 \quad (3)$$

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

$$J_2 = (18 + 7 J_3) / 30 \quad (2)$$

$$-7 (18 + 7 J_3) / 30 + 16 J_3 = 82 \quad (3) \quad \Rightarrow \quad -126 - 49 J_3 + 480 J_3 = 2460$$

$$\Rightarrow 431 J_3 = 2586 \quad \Rightarrow J_3 = 6 \text{ A}$$

$$\text{και } J_2 = (18 + 7 \times 6) / 30 = 60 / 30 \quad \Rightarrow J_2 = 2 \text{ A}$$

Έτσι, α) $I_x = J_1 + J_2 = 8 \text{ A} + 2 \text{ A} \quad \Rightarrow I_x = 10 \text{ A}$

και β) $V_{ab} = (J_1 + J_3) \times R_2 = (8 \text{ A} + 6 \text{ A}) \times 6 \Omega \quad \Rightarrow V_{ab} = 84 \text{ V}$

γ) Για να μηδενιστεί η πτώση τάσης επάνω στην αντίσταση $R_3 = 7\Omega$ θα πρέπει $I R_3 = 0$ δηλαδή $J_2 = J_3 = J$ και ο δεύτερος άγνωστος είναι η πηγή V_1 .

Επομένως το σύστημα εξισώσεων των βρόχων γίνεται:

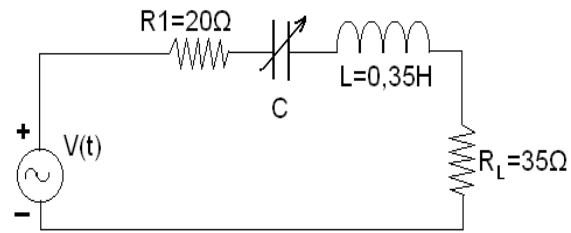
$$23 J = V_2 - 72 = 18 \quad (2)$$

$$9 J = V_1 - 48 \quad (3)$$

και $J = 18 / 23 = 0,7826 \text{ A}$ ενώ $V_1 = 9 \times 18 / 23 + 48 \Rightarrow V_1 = 55,04 \text{ V}$

ΘΕΜΑ 2^ο: (Μονάδες 2.50).

Το κύκλωμα σειράς που αποτελείται από πυκνωτή μεταβλητής χωρητικότητας, επαγωγή $L = 0,35 \text{ H}$ και ωμικές αντιστάσεις $R_1 = 20 \ \Omega$ και $R_L = 35 \ \Omega$ συνδέεται σε πηγή τάσης ημιτονοειδούς μορφής $V(t) = 155,57 \cos(120 \pi t)$.



α) Να προσδιοριστεί η χωρητικότητα του πυκνωτή που δίνει την μέγιστη τιμή ρεύματος στο κύκλωμα. Ποιος ο συντελεστής ισχύος της πηγής, η τιμή της συνολικής εμπέδησης του κυκλώματος και η τιμή του ρεύματος στην περίπτωση αυτή;

β) Σε ποια τιμή πρέπει να ρυθμιστεί η χωρητικότητα του πυκνωτή C για να γίνει ο συντελεστής ισχύος 0,78 επαγωγικός, και να προσδιοριστεί η τιμή του ρεύματος και της εμπέδησης στη χωρητικότητα αυτή.

γ) Να σχεδιαστούν τα διανυσματικά διαγράμματα όλων των ρευμάτων και όλων των τάσεων στις δύο πιο πάνω περιπτώσεις.

Λύση

α) Το σήμα της πηγής είναι: $V(t) = 155,57 \cos(120 \pi t)$

$$\text{Επομένως } V_p = 155,57 \text{ V και } V(\text{rms}) = V_p / \sqrt{2} = 110 \text{ V}$$

$$\text{Ενώ } \omega t = 120 \pi t \text{ και η συχνότητα είναι } 2 \pi f = \omega = 120 \pi \Rightarrow f = 60 \text{ Hz}$$

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

$$\text{Δηλαδή θα πρέπει να ισχύει } X_L = X_C \Rightarrow 2 \pi f L = 1 / 2 \pi f C$$

$$\text{και } C = 1 / 4 \pi^2 f^2 L \Rightarrow C = 1 / [4 \times (3,14 \times 60)^2 \times 0,35] = 20 \ \mu\text{F}$$

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

$$Z = \sqrt{(X_L - X_C)^2 + (R_1 + R_L)^2} = \sqrt{(20 + 35)^2} = R_1 + R_L = 55 \ \Omega$$

και $\cos \phi = R / Z = 1$ περίπτωση συντονισμού

$$I = V / Z_{\text{ολ}} = 110 \text{ V} / 55 \ \Omega = 2 \text{ A}$$

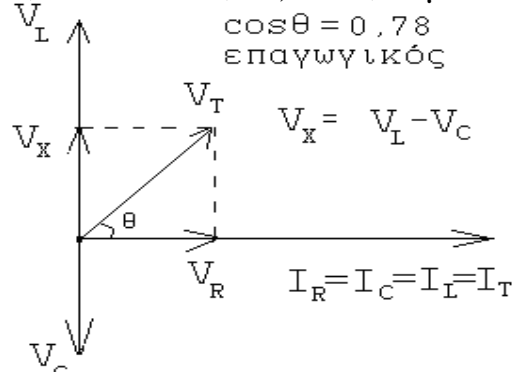
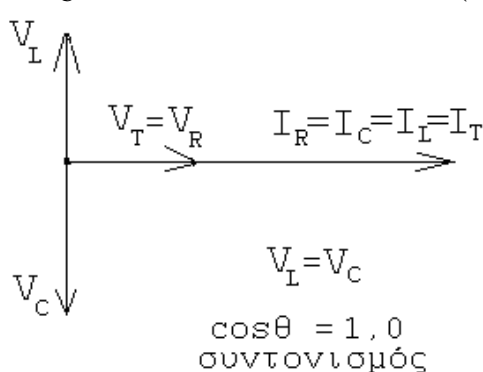
β) για να είναι ο συντελεστής ισχύος $\cos \phi = R / Z_T = 0,78$ επαγωγικός θα πρέπει η συνολική εμπέδηση του κυκλώματος να γίνει $Z_T = R / 0,78 = 70,51 \ \Omega$ και για να είναι επαγωγικός θα πρέπει να ισχύει $V_L > V_C$ και συνεπώς $X_L > X_C$ όπως φαίνεται και στο αντίστοιχο διανυσματικό διάγραμμα στο ακόλουθο ερώτημα. Η τιμή του ρεύματος θα είναι $I_T = V / Z_T = 110 \text{ V} / 70,51 \ \Omega \Rightarrow I_T = 1,56 \text{ A}$
Η συνολική εμπέδηση του κυκλώματος δίνεται από την σχέση:

$$Z = \sqrt{(X_L - X_C)^2 + (R_1 + R_L)^2} \Rightarrow X_L - X_C = \sqrt{Z^2 - (R_1 + R_L)^2} = \sqrt{70,51^2 - 55^2} = 44,12 \ \Omega$$

$$\text{και } X_C = X_L - 44,12 = 2 \pi f L - 44,12 = 2 \times 3,14 \times 60 \times 0,35 - 44,12 = 87,83 \ \Omega$$

$$\text{όμως } X_C = 1 / 2 \pi f C \Rightarrow C = 1 / (2 \times 3,14 \times 60 \times 87,83) = 30,20 \ \mu\text{F}$$

γ)

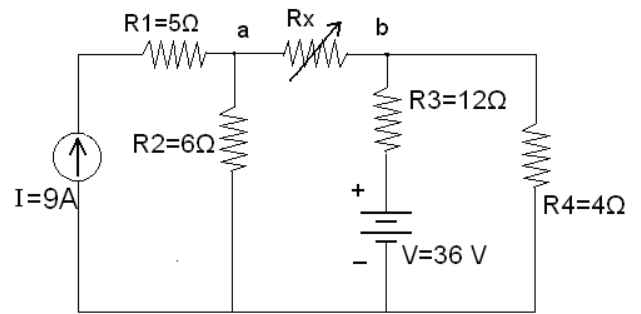


α). περίπτωση: $C = 20 \ \mu\text{F}$

β). περίπτωση: $C = 30,20 \ \mu\text{F}$

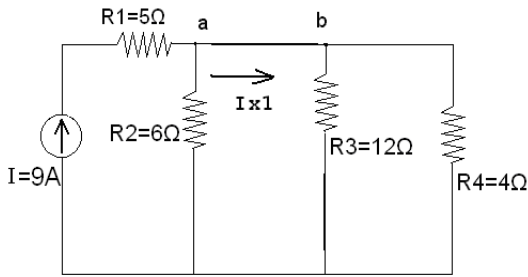
ΘΕΜΑ 3^ο: (Μονάδες 2.50).

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:

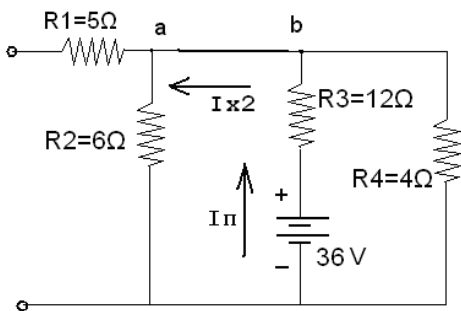


- 1) Μόνο με την πηγή ρεύματος (βραχυκυκλώνεται η πηγή τάσης)

Στον κόμβο a το ρεύμα των 9A 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:
 $I_{x1} = R2 \times I / (R2 + R_{eq}) = 6 \times 9 / (6 + 3)$ και
 $I_{x1} = 54 / (6 + 3) \Rightarrow I_{x1} = 6 \text{ A} \quad (1)$

- 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:

$$I_{x2} = I_\pi \times [R4 / (R4 + R2)] = 2,50 \times 4 / 10 \Rightarrow I_{x2} = 1 \text{ A} \quad (2)$$

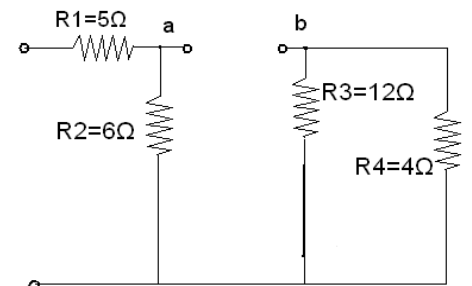
Η φορά του ρεύματος I_{x2} είναι αντίθετη από την φορά του ρεύματος I_{x1}
 Έτσι συνολικά από (1) και (2) θα πρέπει $I_N = I_{x1} - I_{x2} = 6 - 1 = 5 \text{ A}$

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

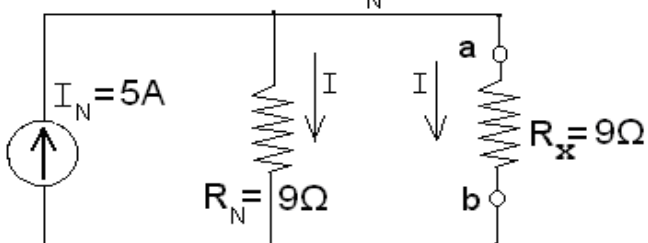
Έτσι προκύπτει ο ακόλουθος συνδυασμός αντιστάσεων ανάμεσα στα σημεία a και b.

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

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



$$I = I_N / 2 = 2,5 \text{ A}$$



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:

$$P = I^2 \times R_X = (I_N / 2)^2 \times R_X = (5/2)^2 \times 9 = 56,25 \text{ W}$$

ΘΕΜΑ 4^ο: (Μονάδες 2.50).

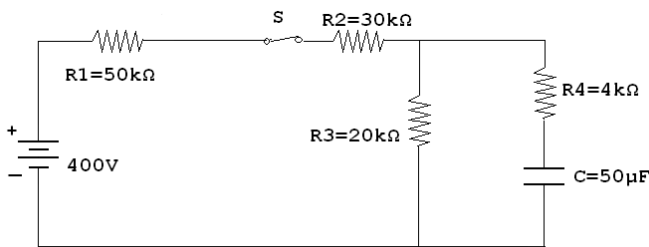
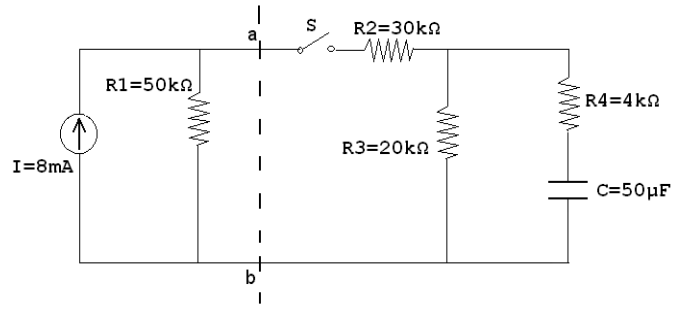
Στο κύκλωμα που δίνεται τη χρονική στιγμή $t = 0$, κλείνει ο διακόπτης S.

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

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

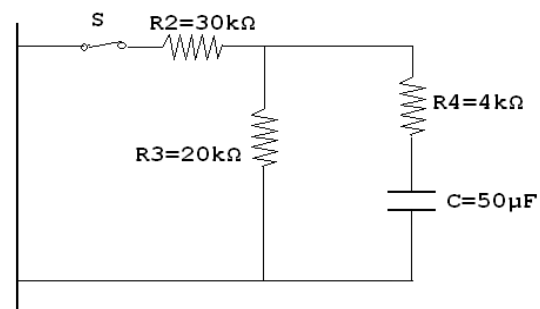
β) Μετά την βραχυκύκλωση της πηγής ρεύματος ο πλήρως φορτισμένος πυκνωτής συμπεριφέρεται ως πηγή τάσης και το κύκλωμα που προκύπτει είναι το ακόλουθο.

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

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