

**ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ**  
**ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ ΞΑΝΘΗΣ**  
**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ**

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ: **ΙΟΥΝΙΟΥ 2025**

ΜΑΘΗΜΑ: **ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ**

ΔΙΔΑΣΚΩΝ: ΚΑΡΑΚΑΤΣΑΝΗΣ Σ. ΘΕΟΚΛΗΤΟΣ

4<sup>ο</sup> ΕΞΑΜΗΝΟ ΣΠΟΥΔΩΝ

Επικουρος Καθηγητής Δ.Π.Θ.

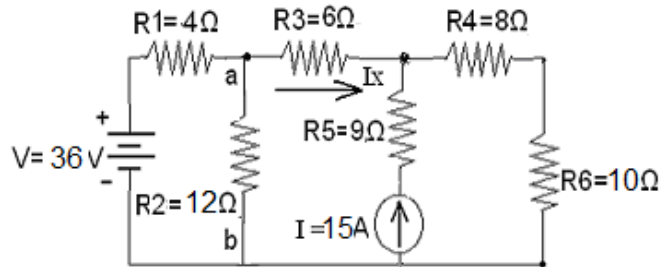
ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΕΞΕΤΑΣΗΣ: 2 ½ ΩΡΕΣ .

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ : ..... Α.Μ. ....

**ΘΕΜΑ 1<sup>ο</sup>:** ( Μονάδες 2.50 ).

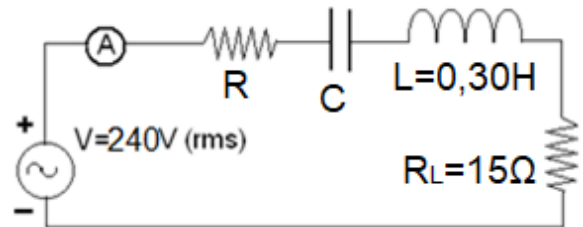
Στο κύκλωμα που δίνεται με εφαρμογή του Θεωρήματος της υπέρθεσης να υπολογιστεί :

- α) το ρεύμα  $I_x$  επάνω στην αντίσταση  $R_3 = 6\Omega$   
β) η πτώση τάσεως  $V_{ab}$  επάνω στην αντίσταση  $R_2 = 12\Omega$  και γ) ποια πρέπει να είναι η τιμή της πηγής ρεύματος έτσι ώστε να μηδενιστεί η πτώση τάσεως επάνω στην αντίσταση  $R_1 = 4\Omega$  ;



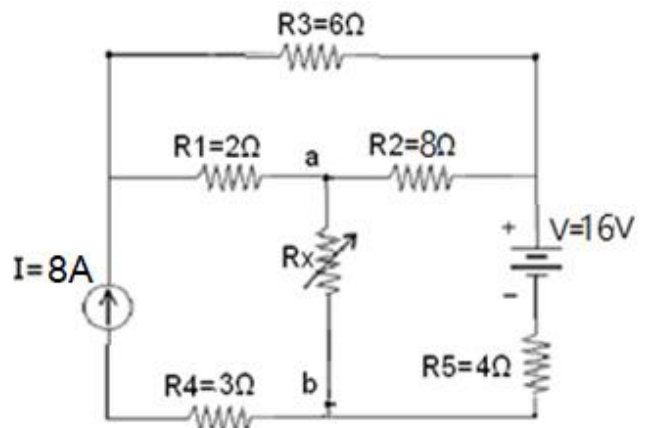
**ΘΕΜΑ 2<sup>ο</sup>:** ( Μονάδες 2.50 ).

Το κύκλωμα RLC συνδεσμολογίας σειράς που δίνεται, τροφοδοτείται από πηγή τάσης  $V=240V$  (rms) μεταβλητής συχνότητας. Η μέγιστη τιμή έντασης ρεύματος που καταγράφει το αμπερόμετρο είναι 8A για συχνότητα 90Hz. Να προσδιοριστούν: α) Η αντίσταση  $R$ , η χωρητικότητα  $C$  του πυκνωτή και ο συντελεστής ισχύος του κυκλώματος. β) Αν η συχνότητα της πηγής γίνει  $f=120Hz$  , να προσδιοριστεί η συνολική εμπίδηση του κυκλώματος, το ρεύμα της πηγής και ο συντελεστής ισχύος. γ) Ποια είναι η φαινόμενη ισχύς, η πραγματική ισχύς και η άεργος ισχύς του κυκλώματος στις δύο πιο πάνω συχνότητες; δ) Να σχεδιαστούν τα διανυσματικά διαγράμματα όλων των τάσεων και ρευμάτων για τις δύο πιο πάνω περιπτώσεις.



**ΘΕΜΑ 3<sup>ο</sup>:** ( Μονάδες 2.50 ).

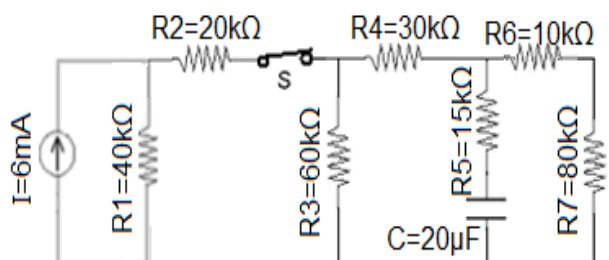
Για το κύκλωμα που δίνεται α) Να προσδιοριστεί το ισοδύναμο κύκλωμα κατά Thevenin ανάμεσα στα σημεία a και b. β) Ποια πρέπει να είναι η τιμή της μεταβλητής αντίστασης  $R_x$  έτσι ώστε να καταναλώνει την μέγιστη ισχύ της και να υπολογιστεί η τιμή της μέγιστης αυτής ισχύος.



**ΘΕΜΑ 4<sup>ο</sup>:** ( Μονάδες 2.50 ).

Στο κύκλωμα που δίνεται αρχικά ο διακόπτης  $S$  είναι κλειστός για μεγάλο χρονικό διάστημα. Τη χρονική στιγμή  $t=0$  ο διακόπτης ανοίγει. Να προσδιοριστούν :

- α) Η σταθερά χρόνου φόρτισης και η σταθερά χρόνου εκφόρτισης του πυκνωτή στο κύκλωμα.  
β) Η τάση συναρτήσει του χρόνου  $U_C(t)$  στα άκρα του πυκνωτή για  $t < 0$  και για  $t > 0$ .  
γ) Ποιο είναι το φορτίο στα άκρα του πυκνωτή τη χρονική στιγμή  $t=0$  και  $t=1,2 \text{ sec}$ ;



# ΓΕΝΙΚΟ ΤΥΠΟΛΟΓΙΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ

Σύνθεση παράλληλων αντιστάσεων :  $R_{12} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$  ,  $R_T = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}}$

Διαιρέτης τάσης  $V_n = \frac{R_n}{R_T} V_T$

Διαιρέτης ρεύματος  $I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} I_T$   $I_n = \frac{R_T}{R_n} I_T$

Νόμος του Ohm  $V = I R$  ,  $I = \frac{V}{R}$  ,  $R = \frac{V}{I}$

Ισχύς  $P = V I = I^2 R = \frac{V^2}{R}$

Σταθερά χρόνου πυκνωτή  $\tau = RC$  Σταθερά χρόνου πηνίου  $\tau = \frac{L}{R}$

τάση πυκνωτή  $V_c(t) = A e^{-t/\tau} + B$  ρεύμα πηνίου  $I_L(t) = A e^{-t/\tau} + B$

Συχνότητα εναλλασσόμενου ρεύματος  $f = \frac{1}{T} (Hz)$  και  $\omega = 2\pi f (rad/s)$

Ενεργός τιμή ρεύματος και τάσης  $I(rms) = \frac{I_o}{\sqrt{2}}$  και  $V(rms) = \frac{V_o}{\sqrt{2}}$

Επαγωγική και Χωρητική αντίδραση  $X_L = 2\pi f L$   $X_C = \frac{1}{2\pi f C}$

Στιγμιαία ένταση ή τάση  $I(t) = I_0 \sin(\omega t \pm \Delta\phi)$   $V(t) = V_0 \sin(\omega t \pm \Delta\phi)$

Πραγματική (ενεργός) ισχύς  $P = VI \cos\phi$  (W)  $P = \sqrt{3} V_\pi I_{\gamma\rho} \cos\phi = 3 V_\phi I_\phi \cos\phi$

Αεργος ισχύς  $Q = VI \sin\phi$  (VAR)  $Q = \sqrt{3} V_\pi I_{\gamma\rho} \sin\phi = 3 V_\phi I_\phi \sin\phi$

Φαινόμενη (συνολική) ισχύς  $S = VI$  (VA)  $S = \sqrt{3} V_\pi I_{\gamma\rho} = 3 V_\phi I_\phi$

Συντελεστής ισχύος Σ.Ι.  $\cos\phi = \frac{P}{S}$

Τριγωνομετρικές σχέσεις ισχύος  $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$   $P = \sqrt{S^2 - Q^2}$   $Q = \sqrt{S^2 - P^2}$

Σύνθετη αντίσταση (εμπέδηση) κυκλώματος RLC σειράς  $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$

Σε κύκλωμα σειράς  $V_T = \sqrt{V_R^2 + (V_L - V_C)^2}$   $\cos\phi = \frac{V_R}{V_T} = \frac{R}{Z}$

Σε παράλληλο κύκλωμα  $I_T = \sqrt{I_R^2 + (I_L - I_C)^2}$  ,  $Z = \frac{V}{I}$  ,  $\cos\phi = \frac{I_R}{I_T} = \frac{Z}{R}$

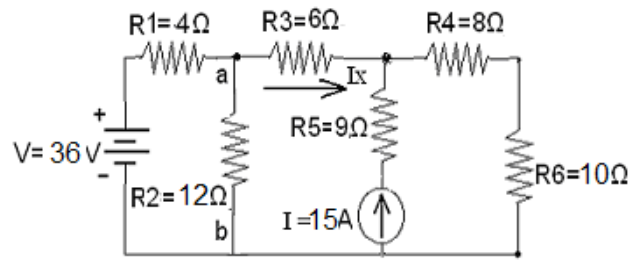
**ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ**  
**ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ ΞΑΝΘΗΣ**  
**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ**

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ: **ΙΟΥΝΙΟΥ 2025**  
 ΜΑΘΗΜΑ: **ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ**  
 ΔΙΔΑΣΚΩΝ: ΚΑΡΑΚΑΤΣΑΝΗΣ Σ. ΘΕΟΚΛΗΤΟΣ

4<sup>ο</sup> ΕΞΑΜΗΝΟ ΣΠΟΥΔΩΝ  
 Επίκουρος Καθηγητής Δ.Π.Θ.

**ΘΕΜΑ 1<sup>ο</sup>:** ( Μονάδες 2.50 ).

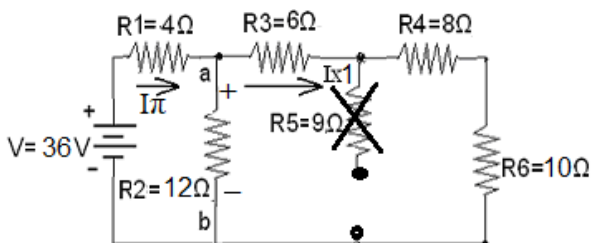
Στο κύκλωμα που δίνεται με εφαρμογή του Θεωρήματος της υπέρθεσης να υπολογιστεί :  
 α) το ρεύμα  $I_x$  επάνω στην αντίσταση  $R_3 = 6\Omega$   
 β) η πτώση τάσεως  $V_{ab}$  επάνω στην αντίσταση  $R_2 = 12\Omega$  και γ) ποια πρέπει να είναι η τιμή της πηγής ρεύματος έτσι ώστε να μηδενιστεί η πτώση τάσεως επάνω στην αντίσταση  $R_1 = 4\Omega$  ;



Λύση

Εφαρμόζεται το Θεώρημα της υπέρθεσης

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



Στην περίπτωση αυτή η αντίσταση  $R_5=9\Omega$  είναι σε σειρά με ανοιχτό κύκλωμα και δεν διαρρέεται από ρεύμα. Η ισοδύναμη αντίσταση που βλέπει η πηγή είναι :  $R_{\pi} = R_1 + [ ( R_2 ) // ( R_3 + R_4 + R_6 ) ] = 4 + [ ( 12 ) // ( 6 + 8 + 10 ) ] = 4 + [ 12 // 24 ] = 4 + ( 12 \times 24 ) / ( 12 + 24 ) = 4 + 8 \Rightarrow R_{\pi} = 12 \Omega$  και το ρεύμα  $I_{\pi}$  της πηγής είναι :

$$I_{\pi} = V / R_{eq} = 36 \text{ V} / 12 \Omega \Rightarrow I_{\pi} = 3 \text{ A}$$

Το ρεύμα της πηγής διακλαδίζεται στον κόμβο  $a$  επάνω στην αντίσταση  $R_2 = 12 \Omega$  και επάνω στις αντιστάσεις  $R_3 + R_4 + R_6 = 6 + 8 + 10 = 24 \Omega$

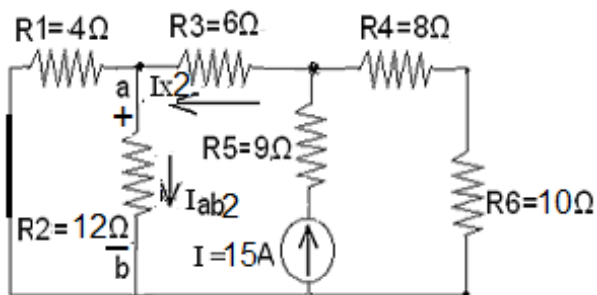
Η αντίσταση  $R_5$  δεν διαρρέεται από ρεύμα και έτσι σύμφωνα με τον τύπο του διαιρέτη ρεύματος

$$I_{x1} = (R_2) \times I_{\pi} / (R_2 + R_3 + R_4 + R_6) = 12 \times 3 / ( 12 + 24 ) \Rightarrow I_{x1} = 1 \text{ A}$$

$$\text{ενώ} \quad V_{ab1} = (I_{\pi} - I_{x1}) \times R_2 = (3 - 1) \text{ A} \times 12 \Omega \Rightarrow V_{ab1} = 24 \text{ V}$$

Το θετικό πρόσημο ισχύει επειδή η πολικότητα της τάσεως  $V_{ab1}$  είναι από το σημείο  $a$  προς το σημείο  $b$  και είναι σύμφωνη με την σημειωμένη.

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



Το ρεύμα των 15 A διακλαδίζεται στον κόμβο  $c$  επάνω στον δεξιό κλάδο  $R_4 + R_6 = 18\Omega$  και στον αριστερό κλάδο που έχει ισοδύναμη αντίσταση  $R_{eq} = (R_1 // R_2) + R_3 = (4 // 12) + 6 = [(4 \times 12) / (4 + 12)] + 6 = 3 + 6 \Rightarrow R_{eq} = 9 \Omega$

Έτσι σύμφωνα με τον τύπο του διαιρέτη ρεύματος  $I_{x2} = (R_4 + R_6) \times I / (R_4 + R_6 + R_{eq}) = 18 \times 15 / ( 18 + 9 ) = 270 / 27 \Rightarrow I_{x2} = - 10 \text{ A}$

Το αρνητικό πρόσημο ισχύει επειδή η κατεύθυνση του ρεύματος  $I_{x2}$  είναι προς τα αριστερά και είναι αντίθετη με την δεδομένη.

Ενώ το ρεύμα  $I_{ab}$  θα είναι σύμφωνα με τον τύπο διαιρέτη ρεύματος:  $I_{ab} = R_1 \times I_{x2} / (R_1 + R_2) = 4 \times 10 / (4 + 12) = 40 / 16 \text{ A} \Rightarrow I_{ab} = 2,5 \text{ A}$  και  $V_{ab2} = I_{ab} \times R_2 = 2,5 \text{ A} \times 12 \Omega \Rightarrow V_{ab2} = 30 \text{ V}$

Το θετικό πρόσημο ισχύει επειδή η πολικότητα της τάσεως  $V_{ab2}$  είναι από το σημείο  $a$  προς το σημείο  $b$  και είναι σύμφωνη με την σημειωμένη.

$$\text{Έτσι} \quad \alpha) \quad I_x = I_{x1} + I_{x2} = 1 \text{ A} + ( - 10 ) \text{ A} \Rightarrow I_x = - 9 \text{ A}$$

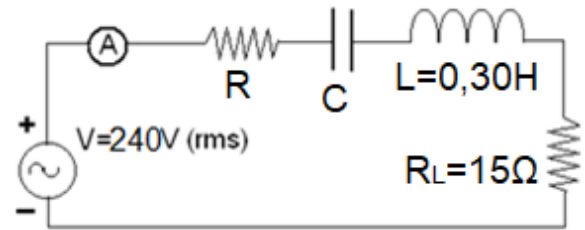
$$\beta) \quad V_{ab} = V_{ab1} + V_{ab2} = 24 \text{ V} + 30 \text{ V} \Rightarrow V_{ab} = 54 \text{ V}$$

γ) Για να είναι η πτώση τάσεως επάνω στην αντίσταση  $R_1=4\Omega$  μηδενική θα πρέπει το συνολικό ρεύμα να είναι μηδέν. Το ρεύμα που διαρρέει την  $R_1$  μόνο με την πηγή τάσης είναι σταθερό και ίσο με  $I_{\pi} = 3 \text{ A}$  προς τα δεξιά, ενώ το ρεύμα που διαρρέει την ίδια αντίσταση μόνο με την πηγή ρεύματος σύμφωνα με τον τύπο διαιρέτη ρεύματος είναι:  $I_{R1} = R_2 \times I_{x2} / (R_2 + R_1) = 12 \times 10 / (12 + 4) = 120 / 16 = 7,5 \text{ A}$  με κατεύθυνση προς τα αριστερά.

Έτσι η πηγή ρεύματος για να δίνει το ίδιο ρεύμα  $I' R_1 = 3 \text{ A}$ , θα πρέπει να είναι  $I' = 3 \text{ A} / 7,5 = 6 \text{ A}$

**ΘΕΜΑ 2<sup>ο</sup>:** (Μονάδες 2.50 ).

Το κύκλωμα RLC συνδεσμολογίας σειράς που δίνεται, τροφοδοτείται από πηγή τάσης  $V=240V$  (rms) μεταβλητής συχνότητας. Η μέγιστη τιμή έντασης ρεύματος που καταγράφει το αμπερόμετρο είναι 8A για συχνότητα 90Hz. Να προσδιοριστούν: α) Η αντίσταση  $R$ , η χωρητικότητα  $C$  του πυκνωτή και ο συντελεστής ισχύος του κυκλώματος. β) Αν η συχνότητα της πηγής γίνει  $f=120Hz$ , να προσδιοριστεί η συνολική εμπίδηση του κυκλώματος, το ρεύμα της πηγής και ο συντελεστής ισχύος. γ) Ποια είναι η φαινόμενη ισχύς, η πραγματική ισχύς και η άεργος ισχύς του κυκλώματος στις δύο πιο πάνω συχνότητες; δ) Να σχεδιαστούν τα διανυσματικά διαγράμματα όλων των τάσεων και ρευμάτων για τις δύο πιο πάνω περιπτώσεις.



Λύση

α) Για συχνότητα 90Hz επειδή καταγράφεται η μέγιστη ένταση ρεύματος υπάρχει συντονισμός και θα ισχύει:

$$X_L = X_C \Rightarrow 2\pi f L = 1/(2\pi f C)$$

$$\text{και } C = 1/(4\pi^2 f^2 L) \Rightarrow C = 1/[4 \times (3,14 \times 90)^2 \times 0,30] = 10,42 \mu F$$

$$I = V/Z_{0L} = 8A \Rightarrow Z_{0L} = V/I = 240V/8A \Rightarrow Z_{0L} = 30 \Omega.$$

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

$$Z_{0L} = \sqrt{(X_L - X_C)^2 + (R + R_L)^2} = \sqrt{(R + R_L)^2} = R + R_L = 30 \Omega$$

$$\Rightarrow R = 30 \Omega - 15 \Omega \Rightarrow R = 15 \Omega.$$

$$\text{και } \cos \phi = (R + R_L)/Z = 1 \quad \text{περίπτωση συντονισμού}$$

β) Για την συχνότητα 120 Hz θα ισχύει:

$$X_L = 2\pi f L = 2 \times 3,14 \times 120 \times 0,30 = 226,19 \Omega$$

$$X_C = 1/(2\pi f C) = 1/(2 \times 3,14 \times 120 \times 10,42 \times 10^{-6}) = 127,28 \Omega$$

Στη συχνότητα αυτή η συνολική εμπίδηση του κυκλώματος είναι:

$$Z = \sqrt{(X_L - X_C)^2 + (R + R_L)^2} = \sqrt{(226,19 - 127,28)^2 + (15 + 15)^2} =$$

$$= \sqrt{98,91^2 + 30^2} \Rightarrow Z = 103,36 \Omega$$

$$\text{και } I_T = V/Z_T = 240V/103,36 \Omega \Rightarrow I_T = 2,32 A$$

ενώ ο συντελεστής ισχύος θα είναι  $\cos \phi = (R + R_L)/Z = 30/103,36 = 0,29$  επαγωγικός.

ο Σ.Ι. είναι χωρητικός επειδή  $X_L > X_C$  και συνεπώς  $V_L > V_C$  όπως φαίνεται και στο αντίστοιχο διανυσματικό διάγραμμα στο ακόλουθο ερώτημα δ.

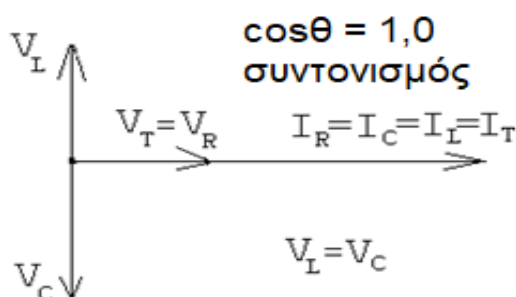
γ) Στην περίπτωση του συντονισμού για συχνότητα 90 Hz θα ισχύει:

$$\text{Φαινόμενη και Πραγματική ισχύς } S = P = V \times I = 240 \times 8 = 1920 \text{ VA, Άεργος ισχύς } Q = 0$$

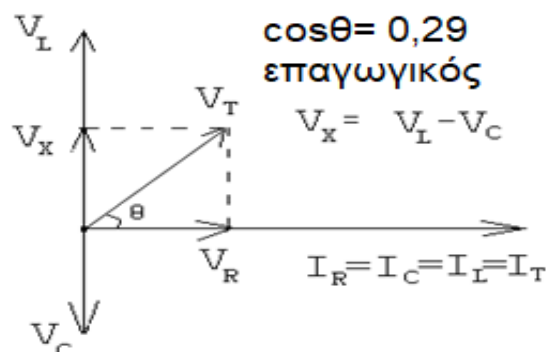
$$\text{Για συχνότητα 120Hz θα ισχύει: Πραγματική ισχύς } P = I^2 \times (R + R_L) = 2,32^2 \times (15 + 15) = 161,47 W$$

$$\text{Φαινόμενη ισχύς } S = V \times I = 240 \times 2,32 = 556,80 \text{ VA, και Άεργος ισχύς } Q = \sqrt{S^2 - P^2} = 532,87 \text{ VAR}$$

δ)



α. περίπτωση:  $f = 90 \text{ Hz}$



β. περίπτωση:  $f = 120 \text{ Hz}$

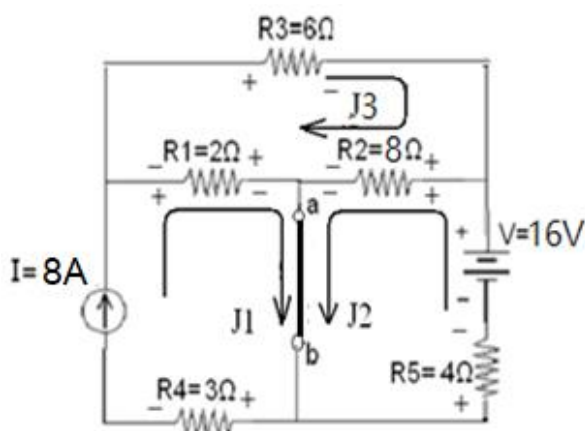
**ΘΕΜΑ 3<sup>ο</sup>:** (Μονάδες 2.50 ).

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 της και να υπολογιστεί η τιμή της μέγιστης αυτής ισχύος.

Λύση

α)

Για τον υπολογισμό του ισοδυνάμου κυκλώματος κατά Thevenin, θα προσδιοριστεί αρχικά το ισοδύναμο κύκλωμα κατά Norton και στη συνέχεια θα αντικατασταθεί. Για τον υπολογισμό του ρεύματος βραχυκύκλωσης Norton ανάμεσα στα σημεία a και b απομακρύνεται η αντίσταση  $R_x$  και βραχυκυκλώνονται τα σημεία, έτσι προκύπτει το ακόλουθο κύκλωμα, όπου  $I_n = J_1 + J_2$



Στο κύκλωμα αυτό με εφαρμογή της μεθόδου των βρόχων λαμβάνονται οι ακόλουθες εξισώσεις:

$$J_1 = I = 4 \text{ A} \quad (1)$$

$$-V + R_2 \times (J_2 + J_3) + R_5 \times J_2 = 0 \quad (2)$$

$$R_3 \times J_3 + R_2 \times (J_3 + J_2) + R_1 \times (J_3 - J_1) = 0 \quad (3)$$

$$(R_2 + R_5) \times J_2 + R_2 J_3 = V \Rightarrow (8+4) J_2 + 8 J_3 = 16 \\ \Rightarrow 12 J_2 + 8 J_3 = 16 \Rightarrow J_3 = 2 - 1,5 J_2 \quad (2)$$

$$R_2 J_2 + (R_1 + R_2 + R_3) J_3 = R_1 J_1 \\ \Rightarrow 8 J_2 + (2+8+6) J_3 = 2 \times 8 \Rightarrow 8 J_2 + 16 J_3 = 16 \quad (3)$$

Με αντικατάσταση του  $J_3$  από την εξίσωση (2) στην εξίσωση (3) προκύπτει

$$8 J_2 + 16 (2 - 1,5 J_2) = 16 \Rightarrow 8 J_2 + 32 - 24 J_2 = 16 \Rightarrow 16 J_2 = 16 \Rightarrow J_2 = 1 \text{ A}$$

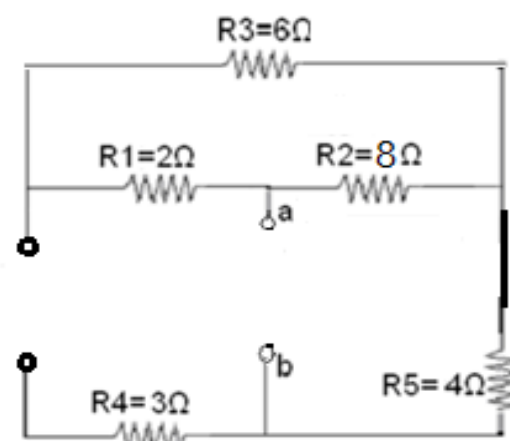
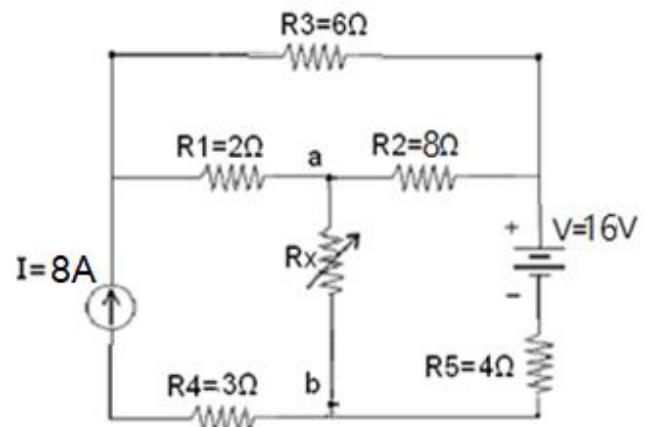
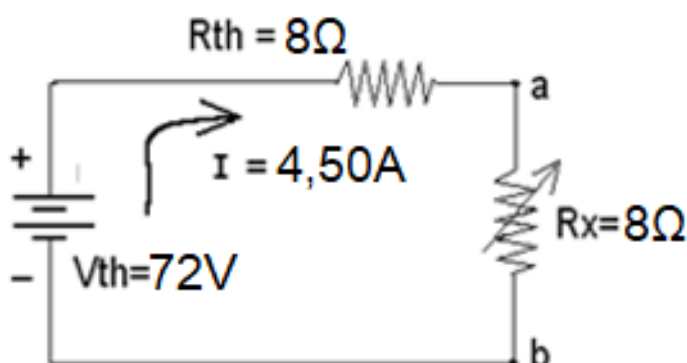
Επομένως  $I_n = J_1 + J_2 = 8 + 1 \Rightarrow I_n = 9 \text{ A}$

Για τον υπολογισμό της  $R_n = R_{th}$  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.

$$R_n = R_5 + [(R_2 // (R_1 + R_3))] = \\ = 4 + [(8 // (2 + 6))] = 4 + (8 // 8) = \\ = 4 + (8 \times 8) / (8 + 8) = 4 + 4 \Rightarrow R_n = 8 \Omega$$

Η τάση  $V_{th}$  θα είναι:  $V_{th} = I_n \times R_n = 9 \times 8 = 72 \text{ V}$



β) Έτσι το ισοδύναμο κύκλωμα κατά Thevenin δίνεται στο διπλανό σχήμα :

Για να καταναλώνει την μέγιστη ισχύ η αντίσταση  $R_x$  θα πρέπει να είναι  $R_x = R_{th} = 8 \Omega$  έτσι θα ισχύει:  $I = V_{th} / (R_{th} + R_x) = 72 / (8 + 8) = 72 / 16 \Rightarrow I = 4,50 \text{ A}$

και η ισχύς αυτή θα είναι:  $P = I^2 \times R_x = 4,50^2 \times 8 = 162 \text{ W}$



**ΘΕΜΑ 4<sup>ο</sup>:** (Μονάδες 2.50 ).

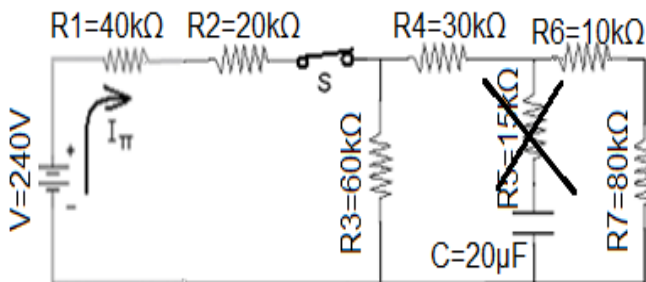
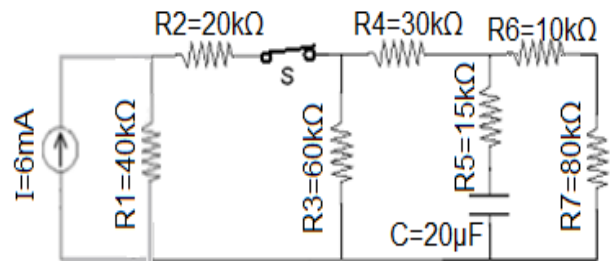
Στο κύκλωμα που δίνεται αρχικά ο διακόπτης S είναι κλειστός για μεγάλο χρονικό διάστημα. Τη χρονική στιγμή  $t = 0$  ο διακόπτης ανοίγει. Να προσδιοριστούν :

α) Η σταθερά χρόνου φόρτισης και η σταθερά χρόνου εκφόρτισης του πυκνωτή στο κύκλωμα.

β) Η τάση συναρτήσει του χρόνου  $U_C(t)$  στα άκρα του πυκνωτή για  $t < 0$  και για  $t > 0$ .

γ) Ποιο είναι το φορτίο στα άκρα του πυκνωτή τη χρονική στιγμή  $t = 0$  και  $t = 1,2 \text{ sec}$ ;

α) Η πηγή ρεύματος μετατρέπεται σε πηγή τάσης  $V = I \times R_1 = 6 \text{ mA} \times 40 \text{ k}\Omega = 240 \text{ V}$  και έτσι προκύπτει το διπλανό κύκλωμα.



Όση ώρα ο διακόπτης S είναι κλειστός ο πλήρως φορτισμένος πυκνωτής δεν διαρρέεται από ρεύμα και συμπεριφέρεται ως ανοιχτό κύκλωμα.

Έτσι η τιμή της τάσης στην οποία φορτίζεται ο πυκνωτής θα είναι η τιμή της πτώσης τάσης επάνω στην αντίσταση  $R_6 + R_7 = 10 + 80 = 90 \text{ k}\Omega$ .

Όταν είναι κλειστός ο διακόπτης S, η ισοδύναμη αντίσταση στα άκρα του πυκνωτή a και b μέσω της οποίας φορτίζεται είναι :  $R_{eq} = R_5 + \{ ([ (R_1 + R_2) // R_3 ] + R_4 ) // (R_6 + R_7) \} = 15 + \{ ([ (40 + 20) // 60 ] + 30) // (10 + 80) \} = 15 + \{ ([60 // 60] + 30) // 90 \} = 15 + \{ (30 + 30) // 90 \} = 15 + (60 // 90) = 15 + (60 \times 90) / (60 + 90) = 15 + 5400 / 150 = 15 + 36 \Rightarrow R_{eq} = 51 \text{ k}\Omega$

και η σταθερά χρόνου φόρτισης  $\tau = R_{eq} \times C = 51 \times 10^3 \Omega \times 20 \times 10^{-6} \text{ F} \Rightarrow \tau = 1,02 \text{ sec}$

β) Η ισοδύναμη αντίσταση που «βλέπει» η πηγή στην μόνιμη κατάσταση με κλειστό τον διακόπτη S θα είναι:  $R_{\pi} = R_1 + R_2 + [R_3 // (R_4 + R_6 + R_7)] = 40 + 20 + [60 // (30 + 10 + 80)] = 60 + [60 // 120] = 60 + (60 \times 120) / (60 + 120) = 60 + 40 = 100 \text{ k}\Omega$

και το ρεύμα της πηγής  $I_{\pi} = V / R_{\pi} = 240 \text{ V} / 100 \text{ k}\Omega = 2,40 \text{ mA}$

Το ρεύμα της πηγής διακλαδίζεται επάνω στην αντίσταση  $R_3$  και στις αντιστάσεις  $(R_4 + R_6 + R_7)$ .

Η αντίσταση  $R_5$  δεν διαρρέεται από ρεύμα γιατί ο πυκνωτής είναι ανοιχτό κύκλωμα.

Έτσι με εφαρμογή του τύπου διαιρέτη ρεύματος προκύπτει για το ρεύμα που περνά από τις αντιστάσεις  $(R_4 + R_6 + R_7)$ :  $I = R_3 I_{\pi} / (R_3 + R_4 + R_6 + R_7) = 60 \times 2,40 / (60 + 30 + 10 + 80) = 0,8 \text{ mA}$

Επομένως  $U_C(t=0) = \Delta V (R_6 + R_7) = I \times (R_6 + R_7) = 0,8 \text{ mA} \times (10 + 80) \text{ k}\Omega = 72 \text{ V}$

και έτσι η εξίσωση της τάσης συναρτήσει του χρόνου στα άκρα του πυκνωτή για την περίπτωση της φόρτισης θα είναι:

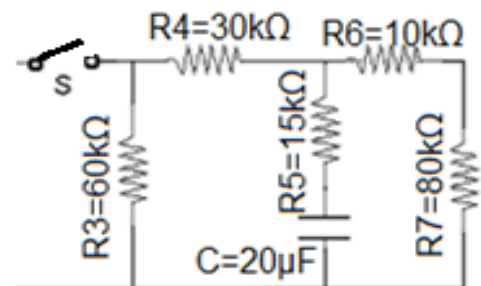
$$U_C(t < 0) = U_C(t = 0) (1 - e^{-t/\tau}) = 72 (1 - e^{-t/1,02}) \text{ V}$$

Όταν ανοίξει ο διακόπτης S την χρονική στιγμή  $t = 0$  ο πλήρως φορτισμένος πυκνωτής εκφορτίζεται μέσω της ισοδύναμης αντίστασης  $R'_{eq} = R_5 + [(R_3 + R_4) // (R_6 + R_7)]$ .

Επομένως  $R'_{eq} = 15 + [(60 + 30) // (10 + 80)] = 15 + [90 // 90] = 15 + 45 \Rightarrow R'_{eq} = 60 \text{ k}\Omega$

και η σταθερά χρόνου εκφόρτισης είναι :

$\tau' = R'_{eq} \times C = 60 \times 10^3 \Omega \times 20 \times 10^{-6} \text{ F} \Rightarrow \tau' = 1,2 \text{ sec}$



και έτσι η εξίσωση της τάσης συναρτήσει του χρόνου  $U_C(t > 0)$  στα άκρα του πυκνωτή για την περίπτωση της εκφόρτισης θα είναι :

$$U_C(t > 0) = U_C(t = 0) e^{-t/\tau'} = 72 \times e^{-t/1,2} \text{ V}$$

γ) Για  $t = 0$  όταν ο πυκνωτής είναι πλήρως φορτισμένος το φορτίο στα άκρα του θα είναι:

$$q = C \times U_C(t = 0) = 20 \times 10^{-6} \text{ F} \times 72 \text{ V} \Rightarrow q = 1,44 \text{ mCb}$$

$$\text{ενώ για } t = 1,2 \text{ sec θα είναι } U_C(t = 1,2) = 72 \times e^{-1,2/1,2} \text{ V} = 26,49 \text{ V}$$

$$\text{και } q = C \times U_C(t = 1,2) = 20 \times 10^{-6} \text{ F} \times 26,49 \text{ V} \Rightarrow q = 0,53 \text{ mCb}$$