

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

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ: **ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΑΡΤΙΟΣ 2010**

ΜΑΘΗΜΑ: **ΓΕΝΙΚΗ ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑ**

4<sup>ο</sup> ΕΞΑΜΗΝΟ ΣΠΟΥΔΩΝ

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

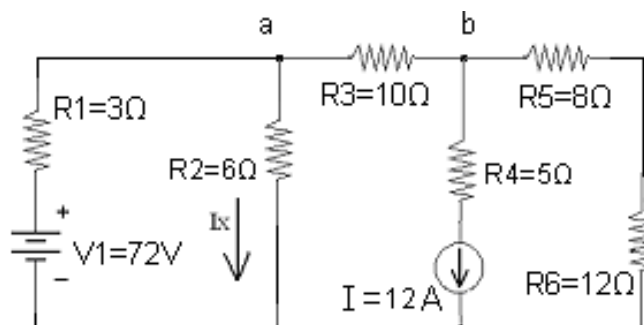
ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΕΞΕΤΑΣΗΣ : 2 ½ ΩΡΕΣ .

ΑΠΑΓΟΡΕΥΕΤΑΙ Η ΑΠΟΧΩΡΗΣΗ ΤΑ ΠΡΩΤΑ 30 ΛΕΠΤΑ.

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ : ..... Α.Μ. ....

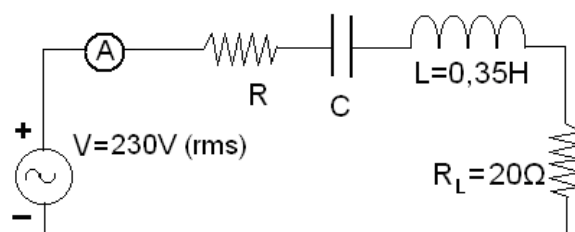
**ΘΕΜΑ 1<sup>ο</sup>** : ( Μονάδες 2.50 ).

Στο κύκλωμα που δίνεται με εφαρμογή του θεωρήματος της υπέρθεσης να υπολογιστεί: α) το ρεύμα  $I_x$  επάνω στην αντίσταση  $R_2=6\Omega$  και β) η πτώση τάσεως  $V_{ab}$  επάνω στην αντίσταση  $R_3=10\Omega$ . γ) Ποια πρέπει να είναι η τιμή της πηγής ρεύματος στο κύκλωμα έτσι ώστε να μηδενιστεί η πτώση τάσεως επάνω στην αντίσταση  $R_6=12\Omega$  ;



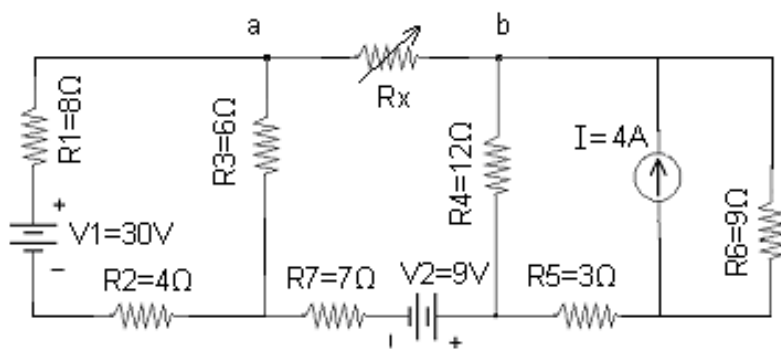
**ΘΕΜΑ 2<sup>ο</sup>** : ( Μονάδες 2.50 ).

Το κύκλωμα RLC συνδεσμολογίας σειράς που δίνεται, τροφοδοτείται από πηγή τάσης  $V=230V$  (rms) μεταβλητής συχνότητας. Η μέγιστη τιμή έντασης ρεύματος που καταγράφει το αμπερόμετρο είναι 5A για συχνότητα 60Hz. Να προσδιοριστούν: α) Η αντίσταση R, η χωρητικότητα C του πυκνωτή και ο συντελεστής ισχύος του κυκλώματος. β) Αν η συχνότητα της πηγής γίνει  $f=130Hz$  , να προσδιοριστεί η συνολική εμπέδηση 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 και να υπολογιστεί η τιμή της μέγιστης αυτής ισχύος.



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

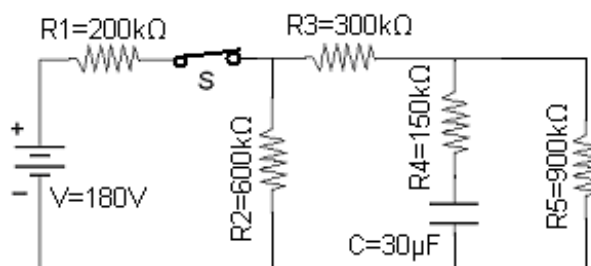
Στο κύκλωμα που δίνεται αρχικά ο διακόπτης S είναι κλειστός για μεγάλο χρονικό διάστημα. Τη χρονική στιγμή  $t = 0$  ο διακόπτης ανοίγει.

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  $t > 0$ .

γ) Ποιο είναι το φορτίο στα άκρα του πυκνωτή τη χρονική στιγμή  $t = 0$  και  $t = 9 \text{ sec}$ ;



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

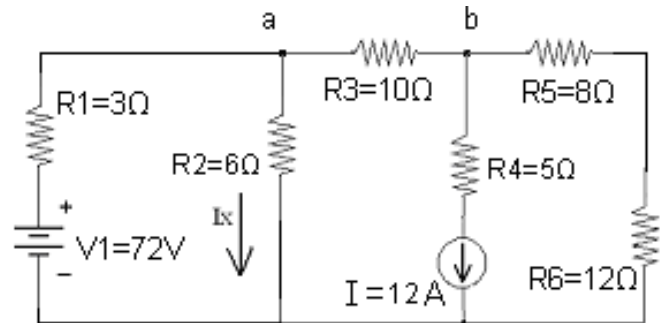
ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ: **ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΑΡΤΙΟΣ 2010**

ΜΑΘΗΜΑ: **ΓΕΝΙΚΗ ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑ 4<sup>Ο</sup> ΕΞΑΜΗΝΟ ΣΠΟΥΔΩΝ**

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

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

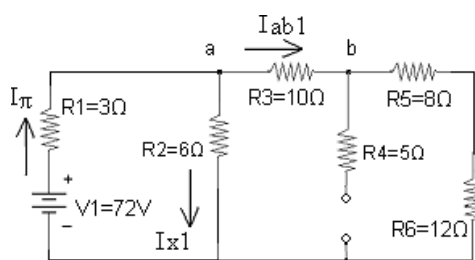
Στο κύκλωμα που δίνεται με εφαρμογή του θεωρήματος της υπέρθεσης να υπολογιστεί:  
 α) το ρεύμα  $I_x$  επάνω στην αντίσταση  $R_2=6\Omega$   
 και β) η πτώση τάσεως  $V_{ab}$  επάνω στην αντίσταση  $R_3=10\Omega$ .  
 γ) Ποια πρέπει να είναι η τιμή της πηγής ρεύματος στο κύκλωμα έτσι ώστε να μηδενιστεί η πτώση τάσεως επάνω στην αντίσταση  $R_6=12\Omega$ ;



Λύση

Για τον υπολογισμό του  $I_x$ , και της  $V_{ab}$  εφαρμόζεται το θεώρημα της υπέρθεσης.

1) Μόνο με την πηγή τάσης  $V_1$  (ανοιχτοκυκλώνεται η πηγή ρεύματος  $I$ ).



Η ισοδύναμη αντίσταση που βλέπει η πηγή είναι:

$$R_{eq} = R_1 + [R_2 // (R_3 + R_5 + R_6)] = 3 + [6 // (10 + 8 + 12)] = 3 + [6 // 30] = 3 + (6 \times 30) / (6 + 30) = 3 + 180 / 36 = 3 + 5 \Rightarrow R_{eq} = 8\Omega$$

και το ρεύμα  $I_\pi$  της πηγής είναι:  $I_\pi = V_1 / R_{eq} = 72 / 8 = 9A$

Το ρεύμα  $I_\pi$  διακλαδίζεται στον κόμβο  $a$  επάνω στην αντίσταση  $R_2$  και στην  $R'_{eq} = (R_3 + R_5 + R_6) = 10 + 8 + 12 = 30\Omega$ .

Από την αντίσταση  $R_4$  δεν περνά ρεύμα.

Σύμφωνα με τον τύπο του διαιρέτη ρεύματος θα ισχύει:

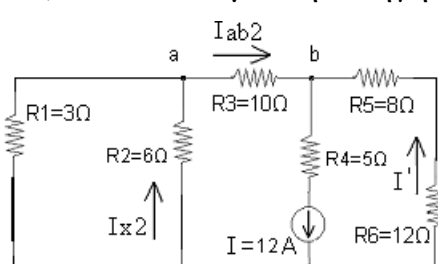
$$I_{x1} = R'_{eq} \times I_\pi / (R'_{eq} + R_2) = 30 \times 9 / (30 + 6) = 270 / 36 \Rightarrow I_{x1} = 7,50 A$$

$$I_{ab1} = R_2 \times I_\pi / (R_2 + R_3 + R_5 + R_6) = 6 \times 9 / (6 + 10 + 8 + 12) = 54 / 36 A$$

$$\text{ή } I_{ab1} = I_\pi - I_{x1} = 9 - 7,50 A \Rightarrow I_{ab1} = 1,5 A$$

$$\text{και } V_{ab1} = I_{ab1} \times R_3 = 1,5 A \times 10 \Omega \Rightarrow V_{ab1} = 15 V$$

2) Μόνο με την πηγή ρεύματος  $I$  (βραχυκυκλώνεται η πηγή τάσης  $V_1$ )



Το ρεύμα  $I$  της πηγής ρεύματος διακλαδίζεται στον κόμβο  $b$ ,

πρώτον στο ρεύμα  $I_{ab2}$ , που αντιστοιχεί στον παράλληλο κλάδο με αντίσταση  $R_{1eq} = R_3 + R_1 // R_2 = 10 + (3 // 6) = 10 + 2 = 12\Omega$ ,

και δεύτερον στο ρεύμα  $I'$ , που αντιστοιχεί στον παράλληλο κλάδο με αντίσταση  $R_{2eq} = R_5 + R_6 = 8 + 12 = 20\Omega$ .

Σύμφωνα με τον τύπο του διαιρέτη ρεύματος θα ισχύει:

$$I_{ab2} = R_{2eq} \times I / (R_{2eq} + R_{1eq}) = 20 \times 12 / (20 + 12) = 240 / 32 \Rightarrow I_{ab2} = 7,50 A \text{ και}$$

$$I' = R_{1eq} \times I / (R_{1eq} + R_{2eq}) = 12 \times 12 / (20 + 12) = 144 / 32 = 4,50 A$$

$$V_{ab2} = I_{ab2} \times R_3 = 7,50 A \times 10 \Omega \Rightarrow V_{ab2} = 75 V$$

Το ρεύμα  $I_{ab2}$  διακλαδίζεται στον κόμβο  $a$  επάνω στην αντίσταση  $R_1$  και στην  $R_2$ .

Έτσι,  $I_{x2} = R_1 \times I_{ab2} / (R_1 + R_2) = 3 \times 7,50 / (3 + 6) \Rightarrow I_{x2} = 2,50 A$

Συνολικά από (1) και (2) προκύπτει:

$$\alpha) I_x = I_{x1} - I_{x2} = 7,50 A - 2,50 A \Rightarrow I_x = 5 A$$

$$\beta) V_{ab} = V_{ab1} + V_{ab2} = 15 V + 75 V \Rightarrow V_{ab} = 90 V$$

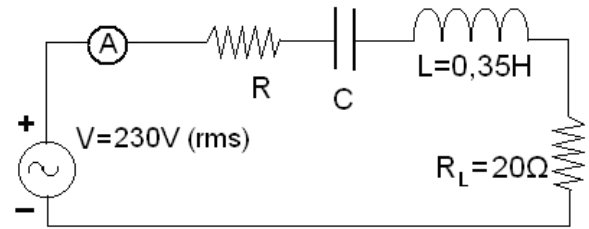
γ) Για να μηδενιστεί η πτώση τάσεως επάνω στην αντίσταση  $R_6$  θα πρέπει να ισχύει:

$$I' = I_{ab1} = 1,5 A. \text{ Όμως } I' = R_{1eq} \times I / (R_{1eq} + R_{2eq}) = 12 \times I / (12 + 20) = 1,50 A$$

$$\Rightarrow I = 1,50 \times (12 + 20) / 12 = 1,50 \times 32 / 12 \Rightarrow I = 4 A.$$

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

Το κύκλωμα RLC συνδεσμολογίας σειράς που δίνεται, τροφοδοτείται από πηγή τάσης  $V=230V$  (rms) μεταβλητής συχνότητας. Η μέγιστη τιμή έντασης ρεύματος που καταγράφει το αμπερόμετρο είναι  $5A$  για συχνότητα  $60Hz$ . Να προσδιοριστούν: α) Η αντίσταση  $R$ , η χωρητικότητα  $C$  του πυκνωτή και ο συντελεστής ισχύος του κυκλώματος. β) Αν η συχνότητα της πηγής γίνει  $f=130Hz$ , να προσδιοριστεί η συνολική εμπέδηση 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  $60Hz$  επειδή καταγράφεται η μέγιστη ένταση ρεύματος υπάρχει συντονισμός και θα ισχύει.

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

$$\text{και } C = 1 / 4 \pi^2 f^2 L \Rightarrow C = 1 / [ 4 \times ( 3,14 \times 60 )^2 \times 0,35 ] = 20,10 \mu F$$

$$I = V / Z_{ολ} = 5 A \Rightarrow Z_{ολ} = V / I = 230V / 5 A \Rightarrow Z_{ολ} = 46 \Omega .$$

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

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

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

β) Για την συχνότητα  $130 Hz$  θα ισχύει :

$$X_L = 2 \pi f L = 2 \times 3,14 \times 130 \times 0,35 = 285,74 \Omega$$

$$X_C = 1 / 2 \pi f C = 1 / ( 2 \times 3,14 \times 130 \times 20,10 \times 10^{-6} ) = 60,94 \Omega$$

Στη χωρητικότητα αυτή η συνολική εμπέδηση του κυκλώματος είναι :

$$Z = \sqrt{ ( X_C - X_L )^2 + ( R + R_L )^2 } = \sqrt{ ( 285,74 - 60,94 )^2 + ( 26 + 20 )^2 } = \\ = \sqrt{ 224,80^2 + 46^2 } \Rightarrow Z = 229,46 \Omega$$

$$\text{και } I_T = V / Z_T = 230 V / 229,46 \Omega \Rightarrow I_T = 1,00 A$$

ενώ ο συντελεστής ισχύος θα είναι  $\cos \varphi = ( R + R_L ) / Z = 46 / 229,46 = 0,20$  επαγωγικός. ο Σ.Ι. είναι επαγωγικός επειδή  $X_L > X_C$  και συνεπώς  $V_L > V_C$  όπως φαίνεται και στο αντίστοιχο διανυσματικό διάγραμμα στο ακόλουθο ερώτημα δ.

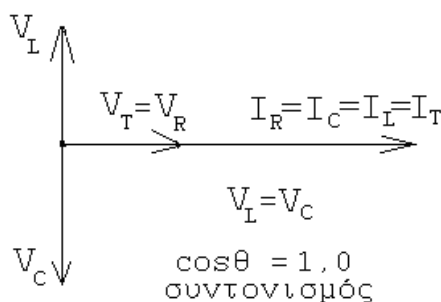
γ) Στην περίπτωση του συντονισμού για συχνότητα  $60 Hz$  θα ισχύει:

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

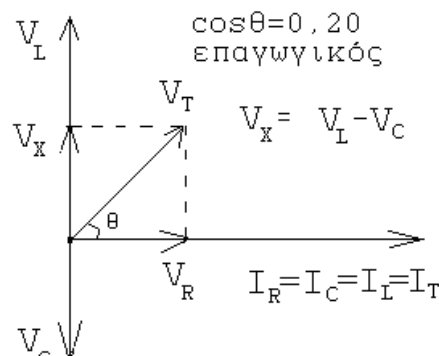
Για συχνότητα  $130 Hz$  θα ισχύει : Πραγματική ισχύς  $P = I^2 \times ( R + R_L ) = 1^2 \times ( 20 + 26 ) = 46W$

Φαινόμενη ισχύς  $S = V \times I = 230 \times 1 = 230 VA$ , και Άεργος ισχύς  $Q = \sqrt{ S^2 - P^2 } = 225 VAR$

δ)



α. περίπτωση :  $f = 60 Hz$

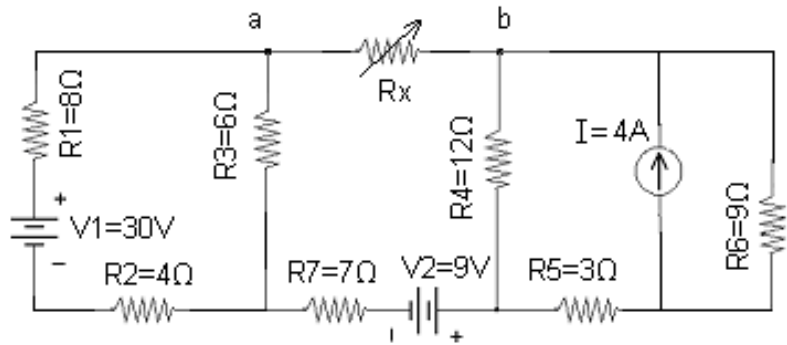


β. περίπτωση :  $f = 130 Hz$

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

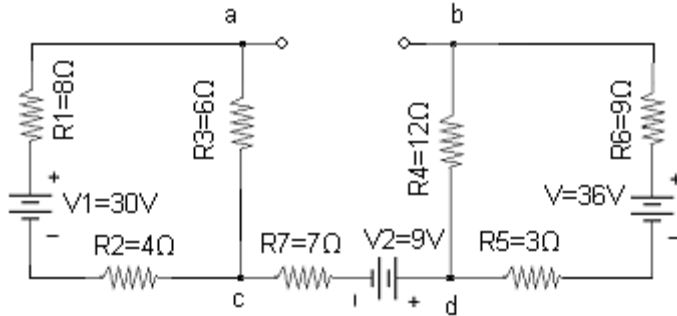
Για το κύκλωμα που δίνεται

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 και να υπολογιστεί η τιμή της μέγιστης αυτής ισχύος.



Λύση

α) Για τον υπολογισμό τη τάσης  $V_{th}$  ανάμεσα στα σημεία a και b ,



η πηγή ρεύματος αντικαθίσταται με την πηγή τάσης

$$V = I \times R_6 = 4A \times 9 \Omega = 36 V ,$$

η αντίσταση  $R_x$  απομακρύνεται από τα σημεία a και b, και έτσι προκύπτει το παραπλεύρως κύκλωμα.

Η τάση  $V_{th}$  είναι η τάση ανάμεσα στα σημεία a και b :

$$\text{όμως : } V_{ab} = V_{ac} + V_{cd} + V_{db}$$

$$\text{ή } V_{ab} = V_{ac} - V_{dc} - V_{bd}$$

Σύμφωνα με τον τύπο διαιρέτη τάσης θα ισχύει:

$$V_{ac} = R_3 \times V_1 / ( R_1 + R_2 + R_3 ) = 6 \times 30 / ( 8 + 4 + 6 ) = 180 / 18 = 10 V$$

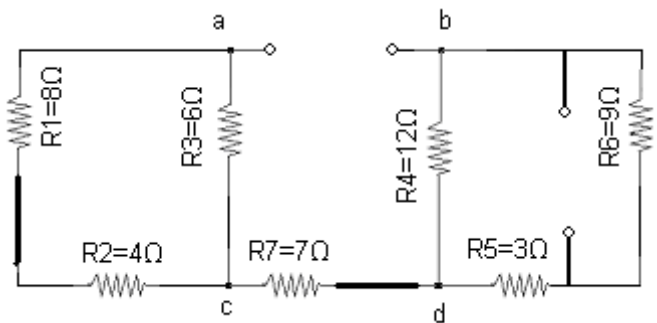
$$V_{bd} = R_4 \times V / ( R_4 + R_5 + R_6 ) = 12 \times 36 / ( 12 + 3 + 9 ) = 432 / 24 = 18 V$$

και επειδή η αντίσταση  $R_7$  δεν διαρρέεται από ρεύμα θα ισχύει  $V_{dc} = V_2 = 9 V$

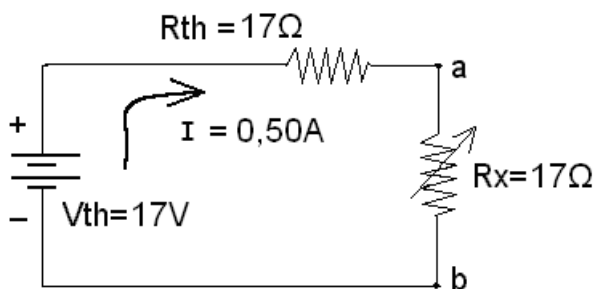
$$\text{Έτσι προκύπτει : } V_{th} = V_{ab} = V_{ac} - V_{dc} - V_{bd} = 10 V - 9V - 18 V = - 17 V$$

Για τον υπολογισμό της  $R_{th}$  απομακρύνεται από το κύκλωμα η  $R_x$  και όλες οι πηγές τάσης βραχυκυκλώνονται ενώ η πηγή ρεύματος ανοιχτοκυκλώνεται.

Έτσι προκύπτει το διπλανό κύκλωμα και η αντίσταση ανάμεσα στα σημεία a και b είναι:



$$\begin{aligned} R_{th} = R_{ab} &= [ (R_1 + R_2) // R_3 ] + R_7 + [ R_4 // ( R_5 + R_6 ) ] = \\ &= [ ( 8 + 4 ) // 6 ] + 7 + [ 12 // ( 3 + 9 ) ] = [ ( 12 // 6 ) ] + 7 + [ ( 12 // 12 ) ] = \\ &= [ 12 \times 6 / ( 12 + 6 ) ] + 7 + [ ( 12 \times 12 / ( 12 + 12 ) ) ] = 4 + 7 + 6 = 17 \Omega \end{aligned}$$



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  $R_x = R_{th} = 17 \Omega$  και έτσι :  $I = 17 V / ( 17 + 17 ) \Omega = 0,50 A$

ενώ η μέγιστη ισχύς επάνω στην αντίσταση  $R_x$  θα είναι:

$$P = I^2 \times R_x = 0,50^2 \times 17 = 4,25 W .$$

**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  $t > 0$ .

γ) Ποιο είναι το φορτίο στα άκρα του πυκνωτή τη χρονική στιγμή  $t = 0$  και  $t = 9 \text{ sec}$ ;

Λύση

α) Όταν είναι κλειστός ο διακόπτης S, η ισοδύναμη αντίσταση στα άκρα του πυκνωτή a και b μέσω της οποίας φορτίζεται είναι :

$$\begin{aligned} R_{eq} &= R_4 + [ R_3 + ( R_1 // R_2 ) ] // R_5 = \\ &= 150 + [ 300 + ( 200 // 600 ) ] // 900 \text{ k}\Omega = \\ &= 150 + [ 300 + ( 200 \times 600 ) / ( 200 + 600 ) ] // 900 \\ &= 150 + [ 300 + 150 ] // 900 = 150 + ( 450 // 900 ) \\ &= 150 + ( 450 \times 900 ) / ( 450 + 900 ) = \\ &= 150 + 405000 / 1350 = 150 + 300 \Rightarrow R_{eq} = 450 \text{ k}\Omega \end{aligned}$$

και η σταθερά χρόνου φόρτισης  $\tau = R_{eq} \times C = 450 \times 10^3 \Omega \times 30 \times 10^{-6} \text{ F} \Rightarrow \tau = 13,50 \text{ sec}$

Όταν ανοίξει ο διακόπτης S την χρονική στιγμή  $t = 0$  ο πλήρως φορτισμένος πυκνωτής εκφορτίζεται μέσω της ισοδύναμης αντίστασης  $R'_{eq} = R_4 + [(R_3 + R_2) // R_5]$ .

$$\begin{aligned} \text{Επομένως } R'_{eq} &= 150 + [(300 + 600) // 900] = \\ &= 150 + [900 // 900] = 150 + 450 \Rightarrow R'_{eq} = 600 \text{ k}\Omega \end{aligned}$$

και η σταθερά χρόνου εκφόρτισης είναι :

$$\tau' = R'_{eq} \times C = 600 \times 10^3 \Omega \times 30 \times 10^{-6} \text{ F} \Rightarrow \tau' = 18 \text{ sec}$$

β) Για  $t = 0$  ο πυκνωτής είναι πλήρως φορτισμένος, και συμπεριφέρεται ως ανοιχτό κύκλωμα. Έτσι η ισοδύναμη αντίσταση που «βλέπει» η πηγή είναι

$$\begin{aligned} R_{\pi} &= R_1 + [R_2 // (R_3 + R_5)] = 200 + [600 // (300 + 900)] \\ &= 200 + (600 // 1200) = 200 + 400 \Rightarrow R_{\pi} = 600 \text{ k}\Omega \end{aligned}$$

και το ρεύμα της πηγής θα είναι  $I_{\pi} = V / R_{\pi} = 180 \text{ V} / 600 \text{ k}\Omega = 0,30 \text{ mA}$

Το ρεύμα αυτό διακλαδίζεται στην αντίσταση  $R_2 = 600 \text{ k}\Omega$  και στο άθροισμα των αντιστάσεων  $(R_3 + R_5) = 300 + 900 = 1200 \text{ k}\Omega$ .

Έτσι σύμφωνα με τον τύπο του διαιρέτη ρεύματος το ρεύμα επάνω στην αντίσταση  $R_5$  θα είναι:  $I = 600 I_{\pi} / (600 + 1200) = 600 \times 0,30 / 1800 = 0,10 \text{ mA}$

Η τάση φόρτισης στα άκρα του πυκνωτή θα είναι ίση με την πτώση τάσης στα άκρα της αντίστασης  $R_5$ .

$$\text{Επομένως } U_C(t=0) = V_{R_5} = I \times R_5 = 0,10 \text{ mA} \times 900 \text{ k}\Omega = 90 \text{ V}$$

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

$$U_C(t > 0) = U_C(0) e^{-t/\tau'} = 90 \times e^{-t/18} \text{ V}$$

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

$$q = C \times U_C(t=0) = 30 \times 10^{-6} \text{ F} \times 90 \text{ V} \Rightarrow q = 2,70 \text{ mCb}$$

$$\text{ενώ για } t = 9 \text{ sec} \text{ θα είναι } U_C(t=9) = 90 \times e^{-9/18} \text{ V} = 54,59 \text{ V}$$

$$\text{και } q = C \times U_C(t=9) = 30 \times 10^{-6} \text{ F} \times 54,59 \text{ V} \Rightarrow q = 1,64 \text{ mCb}$$

