

ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ ΞΑΝΘΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ: **ΙΟΥΝΙΟΣ 2005**

ΜΑΘΗΜΑ: **ΓΕΝΙΚΗ ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑ**

4^ο ΕΞΑΜΗΝΟ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΔΙΔΑΣΚΩΝ: ΚΑΡΑΚΑΤΣΑΝΗΣ Σ. ΘΕΟΚΛΗΤΟΣ

ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΕΞΕΤΑΣΗΣ : 2 ½ ΩΡΕΣ .

ΑΠΑΓΟΡΕΥΕΤΑΙ Η ΑΠΟΧΩΡΗΣΗ ΤΑ ΠΡΩΤΑ 30 ΛΕΠΤΑ.

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ : Α.Μ.

ΘΕΜΑ 1^ο : (Μονάδες 2.50).

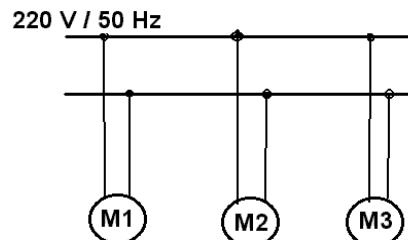
Σε μια μονοφασική γραμμή 220V / 50Hz συνδέονται τρία επαγωγικά φορτία, όπως φαίνεται στο σχήμα. Η ισχύς P, ο βαθμός απόδοσης η και ο συντελεστής ισχύος δίνονται ως εξής:

M1: P = 8,0 kW , η = 0,80 , cosθ = 0,90 .

M2: P = 3,5 kW , η = 0,70 , cosθ = 0,30 .

M3: P = 2,0 kW , η = 0,50 , cosθ = 0,40 .

Να υπολογιστούν: α) Το ρεύμα που απορροφά το κάθε φορτίο από το δίκτυο, η άεργος ισχύς και η φαινόμενη ισχύς του κάθε φορτίου, β) Το συνολικό ρεύμα της γραμμής και ο συνολικός συντελεστής ισχύος γ) Η άεργος ισχύς και η χωρητικότητα του πυκνωτή αντιστάθμισης που πρέπει να συνδεθεί παράλληλα για να βελτιωθεί ο συνολικός συντελεστής ισχύος του φορτίου σε 0,90 καθώς και το ρεύμα της γραμμής μετά την σύνδεση του πυκνωτή.



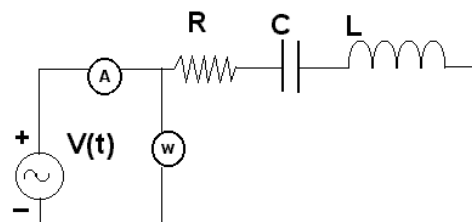
ΘΕΜΑ 2^ο : (Μονάδες 2.50).

Ένα κύκλωμα RLC με συνδεσμολογία σειράς, τροφοδοτείται από πηγή τάσης $V(t)=353,55 \cos(50\pi t)$. Η ένδειξη του αμπερομέτρου είναι 2A, ενώ η ένδειξη του βαττομέτρου είναι 300W. Με το ίδιο πλάτος κυματομορφής αλλά με τετραπλάσια συχνότητα οι ενδείξεις και των δύο οργάνων είναι ακριβώς οι ίδιες.

α) Να υπολογιστεί η φαινόμενη ισχύς του κυκλώματος, η συνολική εμπέδηση και ο συντελεστής ισχύος για τις δύο τιμές συχνοτήτων. Ποιος ο χαρακτήρας του Σ.Ι. για την κάθε συχνότητα ;

β) Να σχεδιαστεί το διανυσματικό διάγραμμα των τάσεων και ρευμάτων για τις δύο περιπτώσεις.

γ) Να προσδιοριστεί η συχνότητα συντονισμού του κυκλώματος καθώς και η συνολική εμπέδηση, το ρεύμα και ο συντελεστής ισχύος στην συχνότητα αυτή.

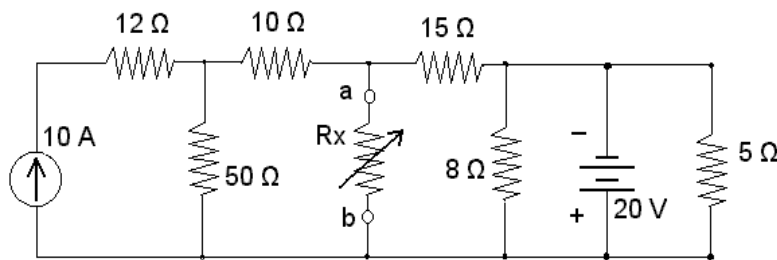


ΘΕΜΑ 3^ο : (Μονάδες 2.50).

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 Rx 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 και το πηνίο αρχίζει να διαρρέεται από ρεύμα.

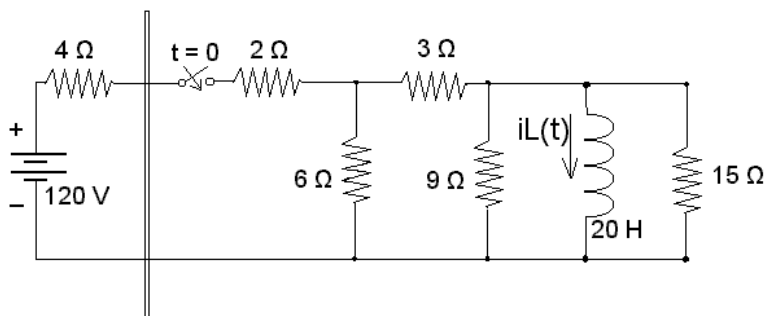
α) Να προσδιοριστεί η σταθερά χρόνου του πηνίου και η εξίσωση του ρεύματος $i_L(t)$.

Μετά από πάρα πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα και αφού έχει σταθεροποιηθεί η τιμή του ρεύματος στο πηνίο, ένα ελεύθερο κ.

βραχυκυκλώνει τους ακροδέκτες της πηγής όπως φαίνεται στο σχέδιο.

β) Να προσδιοριστεί η νέα σταθερά χρόνου του πηνίου μετά το βραχυκύκλωμα και η νέα εξίσωση του ρεύματος $i_L(t)$.

γ) Να σχεδιαστεί η μορφή του ρεύματος $i_L(t)$ για τις δύο πιο πάνω περιπτώσεις πριν και μετά το βραχυκύκλωμα.



ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ ΞΑΝΘΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ: **ΙΟΥΝΙΟΣ 2005**
 ΜΑΘΗΜΑ: **ΓΕΝΙΚΗ ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑ**
 4^ο ΕΞΑΜΗΝΟ ΣΠΟΥΔΩΝ
 ΔΙΔΑΣΚΩΝ: ΚΑΡΑΚΑΤΣΑΝΗΣ Σ. ΘΕΟΚΛΗΤΟΣ

ΘΕΜΑ 1^ο: (Μονάδες 2.50).

Σε μια μονοφασική γραμμή 220V / 50Hz συνδέονται τρία επαγωγικά φορτία, όπως φαίνεται στο σχήμα. Η ισχύς P, ο βαθμός απόδοσης η και ο συντελεστής ισχύος δίνονται ως εξής:

M1: $P = 8,0 \text{ kW}$, $\eta = 0,80$, $\cos\theta = 0,90$.

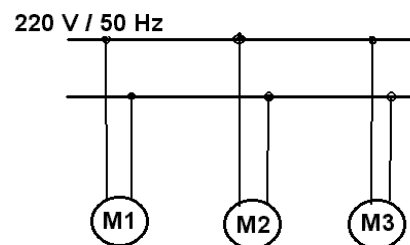
M2: $P = 3,5 \text{ kW}$, $\eta = 0,70$, $\cos\theta = 0,30$.

M3: $P = 2,0 \text{ kW}$, $\eta = 0,50$, $\cos\theta = 0,40$.

Να υπολογιστούν: α) Το ρεύμα που απορροφά το κάθε φορτίο από το δίκτυο, η άεργος ισχύς και η φαινόμενη ισχύς του κάθε φορτίου,

β) Το συνολικό ρεύμα της γραμμής και ο συνολικός συντελεστής ισχύος

γ) Η άεργος ισχύς και η χωρητικότητα του πυκνωτή αντιστάθμισης που πρέπει να συνδεθεί παράλληλα για να βελτιωθεί ο συνολικός συντελεστής ισχύος του φορτίου σε 0,90 καθώς και το ρεύμα της γραμμής μετά την σύνδεση του πυκνωτή.



Λύση

α) $P_{\eta\lambda} = P / \eta$ $I = P_{\eta\lambda} / V \cos\theta$ $S = P_{\eta\lambda} / \cos\theta$ και $Q = S \sin\theta$

$P_{\eta\lambda 1} = P_1 / \eta_1 = 8000 / 0,80 = 10 \text{ kW}$ $I_1 = P_{\eta\lambda 1} / V \cos\theta_1 = 10000 / 220 \times 0,90 = 50,50 \text{ A}$

$P_{\eta\lambda 2} = P_2 / \eta_2 = 3500 / 0,70 = 5 \text{ kW}$ $I_2 = P_{\eta\lambda 2} / V \cos\theta_2 = 5000 / 220 \times 0,30 = 75,76 \text{ A}$

$P_{\eta\lambda 3} = P_3 / \eta_3 = 2000 / 0,50 = 4 \text{ kW}$ $I_3 = P_{\eta\lambda 3} / V \cos\theta_3 = 4000 / 220 \times 0,40 = 45,45 \text{ A}$

$S_1 = P_{\eta\lambda 1} / \cos\theta_1 = 10000 / 0,90 = 11,111 \text{ kVA}$ $Q_1 = S_1 \sin\theta_1 = 11,111 \times 0,4359 = 4,843 \text{ kVAR}$

$S_2 = P_{\eta\lambda 2} / \cos\theta_2 = 5000 / 0,30 = 16,666 \text{ kVA}$ $Q_2 = S_2 \sin\theta_2 = 16,666 \times 0,9539 = 15,898 \text{ kVAR}$

$S_3 = P_{\eta\lambda 3} / \cos\theta_3 = 4000 / 0,40 = 10,000 \text{ kVA}$ $Q_3 = S_3 \sin\theta_3 = 10,000 \times 0,9165 = 9,165 \text{ kVAR}$

β) $\Sigma P_{\eta\lambda} = 19000 \text{ W}$ $\Sigma Q = 29906 \text{ VAR}$ $S = \sqrt{(\Sigma P_{\eta\lambda})^2 + (\Sigma Q)^2} = 35,43 \text{ kVA}$

Επειδή $S = V I$, το συνολικό ρεύμα της γραμμής θα είναι

$I = S / V = 35,43 \text{ kVA} / 220 \text{ V} = 161 \text{ A}$

$\tan\theta = \Sigma Q / \Sigma P_{\eta\lambda} = 1,574$ $\theta = \tan^{-1} 1,574 = 57,57^\circ$ και $\Sigma I. = \cos(57,57^\circ) = 0,536$

γ) $Q_c = \Sigma P_{\eta\lambda} \times (\tan\theta - \tan\theta')$

όπου $\tan\theta'$ η εφαπτομένη που αντιστοιχεί στον επιθυμητό συντελεστή ισχύος

$\Sigma I.' = \cos\theta' = 0,90 \rightarrow \theta' = \cos^{-1}(0,90) = 25,84^\circ \rightarrow \tan\theta' = \tan(25,84^\circ) = 0,484$

και $Q_c = 19000 \times (1,574 - 0,484) = 20,71 \text{ kVAR}$

$C = Q_c / 2\pi f V^2 = 20710 \text{ VAR} / (2 \times 3,14 \times 50 \times 220^2) = 1,362 \text{ mF}$

Μετά την σύνδεση του πυκνωτή $\Sigma Q' = 29906 - 20710 = 9196 \text{ VAR}$

ενώ η συνολική ενεργός ισχύς παραμένει φυσικά αμετάβλητη

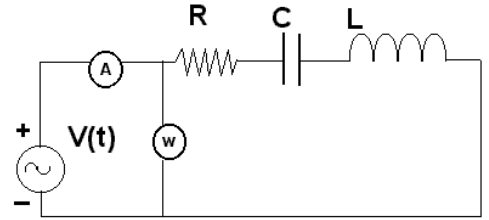
Η νέα συνολική φαινόμενη ισχύς θα είναι $S' = \sqrt{(\Sigma P_{\eta\lambda})^2 + (\Sigma Q')^2} = 21,10 \text{ kVA}$

και έτσι το συνολικό ρεύμα της γραμμής μετά την σύνδεση του πυκνωτή θα είναι

$I' = S' / V = 21,10 \text{ kVA} / 220 \text{ V} = 95,91 \text{ A}$

ΘΕΜΑ 2^ο: (Μονάδες 2.50).

Ένα κύκλωμα RLC με συνδεσμολογία σειράς, τροφοδοτείται από πηγή τάσης $V(t)=353,55 \cos(50\pi t)$. Η ένδειξη του αμπερομέτρου είναι 2A, ενώ η ένδειξη του βατομέτρου είναι 300W. Με το ίδιο πλάτος κυματομορφής αλλά με τετραπλάσια συχνότητα οι ενδείξεις και των δύο οργάνων είναι ακριβώς οι ίδιες.



α) Να υπολογιστεί η φαινόμενη ισχύς του κυκλώματος, η συνολική εμπέδηση και ο συντελεστής ισχύος για τις δύο τιμές συχνότητων. Ποιος ο χαρακτήρας του Σ.Ι. για την κάθε συχνότητα;

β) Να σχεδιαστεί το διανυσματικό διάγραμμα των τάσεων και ρευμάτων για τις δύο περιπτώσεις.

γ) Να προσδιοριστεί η συχνότητα συντονισμού του κυκλώματος καθώς και η συνολική εμπέδηση, το ρεύμα και ο συντελεστής ισχύος στην συχνότητα αυτή.

Λύση

α) $V(t) = 353,55 \cos(50\pi t)$

Επομένως $V_p = 353,55 \text{ V}$ και $V(\text{rms}) = V_p / \sqrt{2} = 250 \text{ V}$

Ενώ $\omega t = 50 \pi t$ και η συχνότητα είναι $2 \pi f = \omega \rightarrow f = 25 \text{ Hz}$

Οι ενδείξεις των οργάνων επομένως θα είναι ίδιες για συχνότητες

$f = 25 \text{ Hz}$ και για την τετραπλάσια συχνότητα $f' = 100 \text{ Hz}$

Ετσι και για τις δύο αυτές συχνότητες θα είναι:

Φαινόμενη ισχύς $S = V I = 250 \text{ V} \times 2 \text{ A} = 500 \text{ VA}$

Συνολική εμπέδηση $Z_{ολ} = V / I = 250 \text{ V} / 2 \text{ A} = 125 \Omega$

Συντελεστής Ισχύος $\cos\theta = P / S = 300 \text{ W} / 500 \text{ W} = 0,60$

Εκείνο που είναι διαφορετικό στις δύο αυτές συχνότητες είναι ο χαρακτήρας του Σ.Ι.

Επειδή $X_c = 1 / 2 \pi f C$ και $X_L = 2 \pi f L$

με αύξηση της συχνότητας μειώνεται η άεργη αντίσταση του πυκνωτή X_c

ενώ αυξάνεται η άεργη αντίσταση του πηνίου X_L

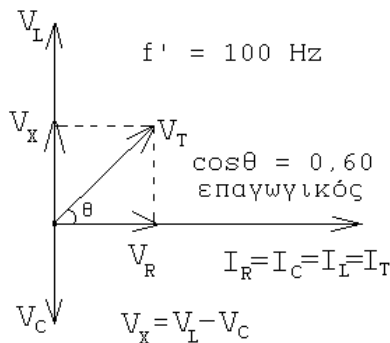
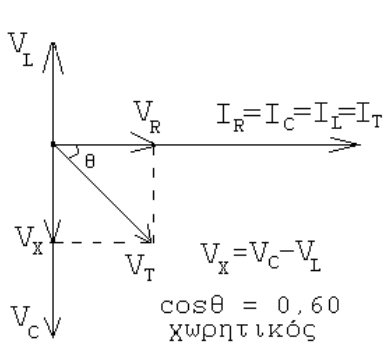
Επειδή το κύκλωμα είναι σε συνδεσμολογία σειράς η τάση των στοιχείων είναι ανάλογη των αντιστάσεων.

Ετσι όπως φαίνεται και από το διανυσματικό διάγραμμα στη συνέχεια ο χαρακτήρας του συντελεστή ισχύος με αύξηση της συχνότητας γίνεται περισσότερο επαγωγικός.

Αρα στη συχνότητα $f = 25 \text{ Hz}$ Σ.Ι. = $\cos\theta = 0,60$ χωρητικός
ενώ στη συχνότητα $f' = 100 \text{ Hz}$ Σ.Ι. = $\cos\theta = 0,60$ επαγωγικός

β)

$f = 25 \text{ Hz}$



γ) Συνολική εμπέδηση $Z_{ολ} = \sqrt{(X_c - X_L)^2 + R^2} \rightarrow |X_c - X_L| = \sqrt{Z_{ολ}^2 - R^2}$
 $P = I^2 R \rightarrow R = P / I^2 = 300 / 4 = 75 \Omega$ ή $\cos\theta = R / Z \rightarrow R = Z \cos\theta = 125 \times 0,60 = 75 \Omega$

και $|X_c - X_L| = \sqrt{125^2 - 75^2} = 100 \Omega$.

Για $f = 25 \text{ Hz}$, $X_c = 1 / 2 \pi f C > X_L = 2 \pi f L$

Για $f' = 100 \text{ Hz}$, $X_L = 2 \pi f' L > X_c = 1 / 2 \pi f' C$

$1 / (2\pi f C) - 2\pi f L = 2\pi f' L - 1 / (2\pi f' C) \Rightarrow 1 / (2\pi f C) + 1 / (2\pi f' C) = 2\pi f' L + 2\pi f L$

$\Rightarrow (f + f') / (2\pi f f' C) = 2\pi L (f + f') \Rightarrow f f' = 1 / (4\pi^2 LC) \Rightarrow f f' = f_r^2$

$\Rightarrow f_r = \sqrt{f f'} = \sqrt{25 \times 100}$ Συχνότητα συντονισμού $f_r = 50 \text{ Hz}$

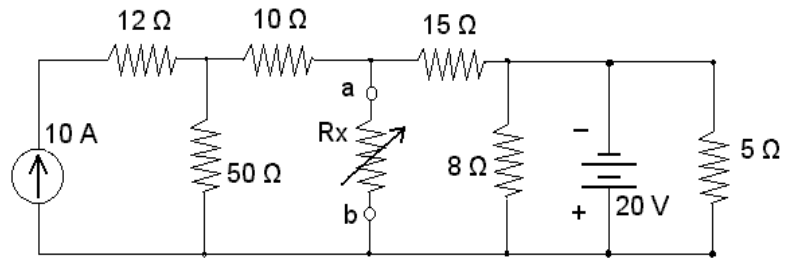
Στη συχνότητα συντονισμού $Z_{ολ} = R = 75 \Omega$, $I = V / R = 250 \text{ V} / 75 \Omega = 3,33 \text{ A}$

και συντελεστής ισχύος Σ.Ι. = $\cos\theta = 1,0$

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.

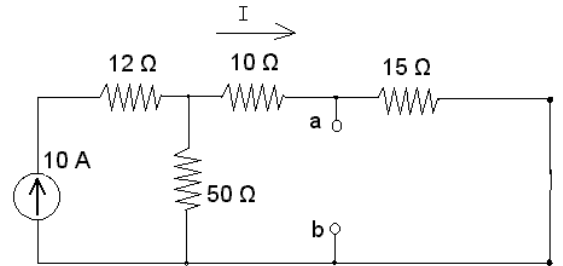


Λύση

Με εφαρμογή του θεωρήματος της υπέρθεσης υπολογίζεται η τάση V_{ab} .

α) Μόνο με την πηγή ρεύματος

Με βραχυκυκλωμένη την πηγή τάσης οι αντιστάσεις των 8Ω και 5Ω βραχυκυκλώνονται και αυτές με αποτέλεσμα να προκύπτει το διπλανό κύκλωμα.



Σύμφωνα με τον τύπο του διαιρέτη ρεύματος το ρεύμα I είναι :

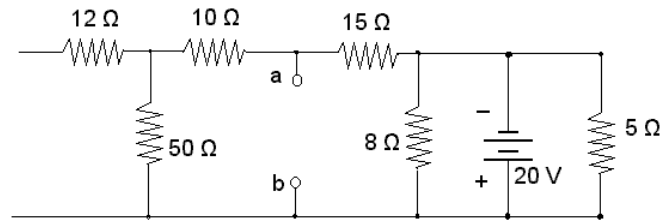
$$I = \frac{50}{50+10+15} \times 10 \text{ A} = \frac{50}{75} \times 10 \text{ A} = 6,67 \text{ A}$$

Το ρεύμα I περνά και από την αντίσταση 15Ω , ενώ η V_{ab} είναι η πτώση τάσεως επάνω στην αντίσταση των 15Ω

Έτσι $V_{ab}(\alpha) = I \times R(15) = 100 \text{ V}$

β) Μόνο με την πηγή τάσης

Με ανοιχτοκυκλωμένη την πηγή ρεύματος η αντίσταση των 12Ω δεν διαρρέεται από ρεύμα ενώ στα άκρα της αντίστασης των 8Ω εφαρμόζεται η τάση των -20 V και ουσιαστικά η αντίσταση των 8Ω λειτουργεί ως πηγή τάσης στο διπλανό κύκλωμα συνδεσμολογίας σειράς με αντιστάσεις $50 \Omega + 10 \Omega + 15 \Omega$.



Η τάση V_{ab} είναι η πτώση τάσεως στις αντιστάσεις $10 \Omega + 50 \Omega$.

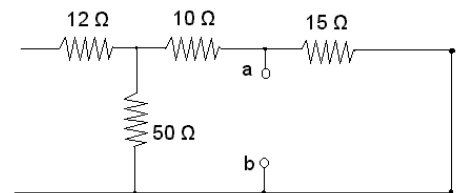
Σύμφωνα με τον τύπο του διαιρέτη τάσης

$$V_{ab}(\beta) = \frac{50+10}{50+10+15} (-20) = \frac{60}{75} (-20) = -16 \text{ V}$$

Έτσι $V_{th} = V_{ab} = V_{ab}(\alpha) + V_{ab}(\beta) = 100 \text{ V} - 16 \text{ V} = 84 \text{ V}$

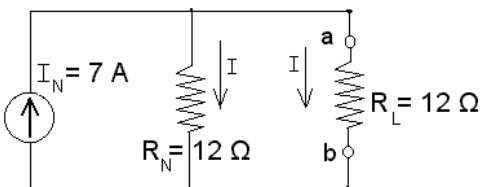
Για τον υπολογισμό της αντίστασης R_{th} βραχυκυκλώνεται η πηγή τάσης και ανοιχτοκυκλώνεται η πηγή ρεύματος οπότε

$$R_{th} = (50 + 10) // 15 = 60 \times 15 / (60 + 15) = 12 \Omega$$



Για το ισοδύναμο κύκλωμα κατά Norton ισχύει :

$$I_N = V_{th} / R_{th} = 84 \text{ V} / 12 \Omega = 7 \text{ A} \quad \text{και} \quad R_N = R_{th} = 12 \Omega$$



Για να καταναλώνει την μέγιστη ισχύ η αντίσταση R_x πρέπει να είναι $R_x = R_N = 12 \Omega$ και η ισχύς αυτή θα είναι :

$$P = I^2 \times R_x = (I_N / 2)^2 \times R_x = 3,50^2 \times 12 = 147 \text{ W}$$

ΘΕΜΑ 4^ο: (Μονάδες 2.50).

Στο κύκλωμα που δίνεται τη χρονική στιγμή $t = 0$ κλείνει ο διακόπτης και το πηνίο αρχίζει να διαρρέεται από ρεύμα.

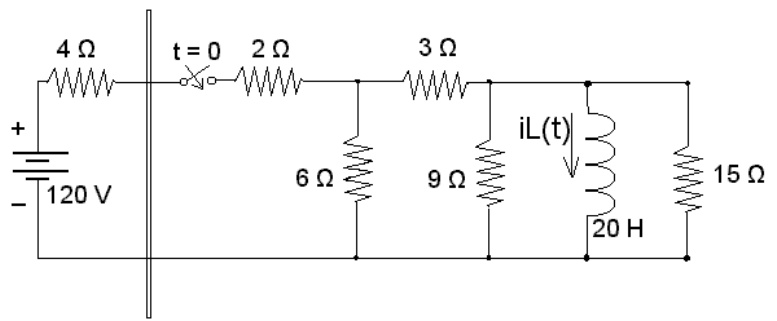
α) Να προσδιορισθεί η σταθερά χρόνου του πηνίου και η εξίσωση του ρεύματος $i_L(t)$.

Μετά από πάρα πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα και αφού έχει σταθεροποιηθεί η τιμή του ρεύματος στο πηνίο, ένα ελεύθερο κομ.

βραχυκυκλώνει τους ακροδέκτες της πηγής όπως φαίνεται στο σχέδιο.

β) Να προσδιορισθεί η νέα σταθερά χρόνου του πηνίου μετά το βραχυκύκλωμα και η νέα εξίσωση του ρεύματος $i_L(t)$.

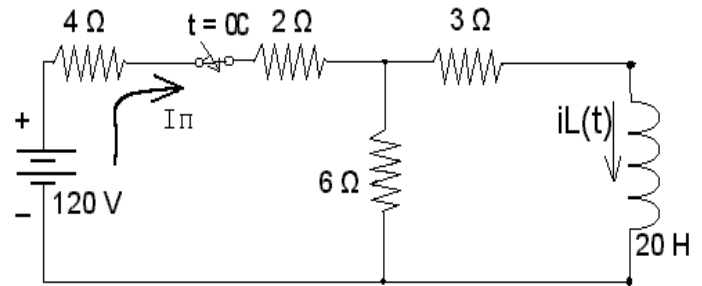
γ) Να σχεδιαστεί η μορφή του ρεύματος $i_L(t)$ για τις δύο πιο πάνω περιπτώσεις πριν και μετά το βραχυκύκλωμα.



Λύση

α) Τη χρονική στιγμή $t = 0$ κλείνει ο διακόπτης και το πηνίο αρχίζει να διαρρέεται από ρεύμα από την τιμή μηδέν μέχρι κάποια μέγιστη. Η μέγιστη αυτή τιμή επιτυγχάνεται για $t = \infty$ όπου τότε το πηνίο συμπεριφέρεται σαν βραχυκύκλωμα και το ρεύμα της πηγής περιορίζεται μόνο από την ισοδύναμη ωμική αντίσταση που «βλέπει» η πηγή.

Για $t = \infty$ επομένως θα ισχύει το διπλανό κύκλωμα όπου οι αντιστάσεις των 9Ω και 15Ω είναι βραχυκυκλωμένες.



Έτσι, $R_{\sigma} = 4 + 2 + (6 // 3) = 6 + 6 \times 3 / (6 + 3) = 6 + 2 = 8\Omega$

$I_{\pi} = V / R_{\sigma} = 120\text{ V} / 8\Omega = 15\text{ A}$

Έτσι, σύμφωνα με τον τύπο του διαιρέτη ρεύματος $I_L(\infty) = (6 / 9) \times 15\text{ A} = 10\text{ A}$

και $I_L(t) = I_L(\infty) (1 - e^{-t/\tau})$

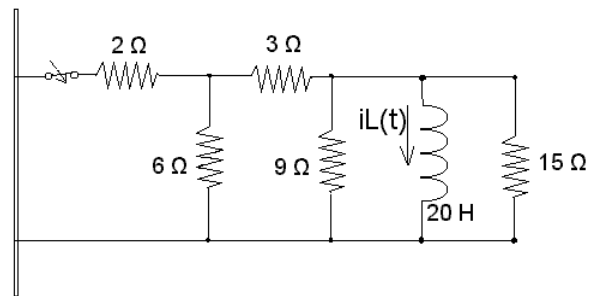
όπου η σταθερά χρόνου του πηνίου και η εξίσωση του ρεύματος

$\tau = L / R_{\sigma} = 20\text{ H} / 8\Omega = 2,50\text{ sec}$

$I_L(t) = 10 (1 - e^{-t/2,50})$

β) Μετά την πτώση του σύρματος και το βραχυκύκλωμα της πηγής τη χρονική στιγμή $t_{\beta\rho}$ το κύκλωμα διαμορφώνεται όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα.

Το ρεύμα στο πηνίο θα μειώνεται εκθετικά από την μέγιστη τιμή των 10 A μέχρι να μηδενιστεί. Η ισοδύναμη αντίσταση όπως φαίνεται από το πηνίο θα είναι :



$R_{\sigma}' = [(2 // 6) + 3] // 9 // 15 = [(2 \times 6) / (2 + 6) + 3] // 9 // 15 = [4,50 // 9] // 15 = [(4,50 \times 9) / (4,50 + 9)] // 15 = 3 // 15 = (3 \times 15) / (3 + 15) = 2,50\Omega$

Επομένως η νέα σταθερά χρόνου του πηνίου θα είναι $\tau' = L / R_{\sigma}' = 20\text{ H} / 2,5\Omega = 8\text{ sec}$

και η νέα εξίσωση του ρεύματος θα είναι :

$I_L'(t) = 10 e^{-(t-t_{\beta\rho})/8}$

γ) Η μορφή του ρεύματος επομένως για τις πιο πάνω περιπτώσεις είναι :

