

**ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΑΝΩΤΕΡΗΣ ΚΑΙ ΑΝΩΤΑΤΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΕΞΕΤΑΣΕΩΝ**

ΠΑΓΚΥΠΡΙΕΣ ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ 2009

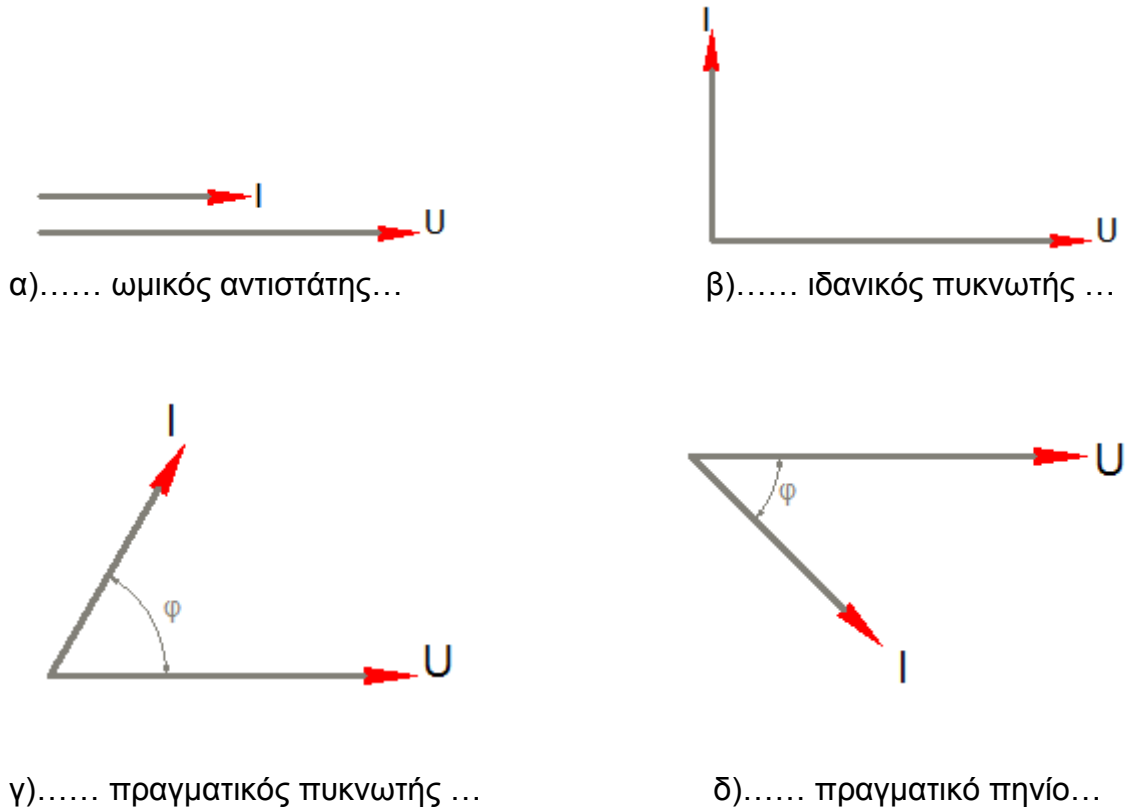
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ (ΙΙ) ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΣΧΟΛΩΝ ΘΕΩΡΗΤΙΚΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ

ΜΑΘΗΜΑ : Εφαρμοσμένη Ηλεκτρολογία
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ : ΣΑΒΒΑΤΟ, 6 ΙΟΥΝΙΟΥ 2009
ΩΡΑ : 7.30 – 10.00

ΛΥΣΕΙΣ

ΜΕΡΟΣ Α: Αποτελείται από 12 ερωτήσεις.
Κάθε ορθή απάντηση βαθμολογείται με 4 μονάδες.

1. Στα διανυσματικά διαγράμματα του σχήματος 1 παρουσιάζονται το ρεύμα και η τάση κυκλωμάτων εναλλασσόμενου ρεύματος. Να αναγνωρίσετε και να γράψετε κάτω από κάθε διανυσματικό διάγραμμα σε ποιο κύκλωμα αντιστοιχεί (ωμικού αντιστάτη, ιδανικού πηνίου, ιδανικού πυκνωτή, πραγματικού πηνίου ή πραγματικού πυκνωτή).



Σχήμα 1

2. Να εξηγήσετε γιατί είναι απαραίτητος ο ουδέτερος αγωγός στο σύστημα διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας.

Απάντηση:

Ο ουδέτερος αγωγός είναι απαραίτητος στο σύστημα διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας για δύο λόγους:

- Για να μπορούν να τροφοδοτηθούν τριφασικοί και μονοφασικοί καταναλωτές.
- Για την επιστροφή του ρεύματος σε περίπτωση όπου το φορτίο δεν είναι ισοζυγισμένο.

3. Να αναφέρετε :

- α). Σε ποια κατηγορία σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ανήκουν οι ηλεκτροπαραγωγικοί σταθμοί στην Κύπρο και το καύσιμο υλικό που χρησιμοποιούν.
- β). Δύο σημαντικές πληροφορίες που παίρνουμε από το διάγραμμα του ημερήσιου φορτίου ενός ηλεκτροπαραγωγού σταθμού.

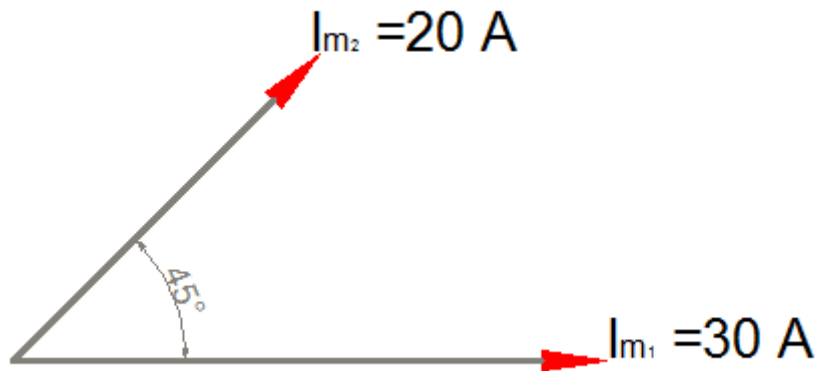
Απάντηση:

α) Στην Κύπρο έχουμε ατμοκίνητους θερμικούς σταθμούς και το καύσιμο υλικό που χρησιμοποιούν είναι το μαζούτ.

β) Σημαντικές πληροφορίες που παίρνουμε από το διάγραμμα του ημερήσιου φορτίου ενός ηλεκτροπαραγωγού σταθμού είναι:

- Η συνολική ενέργεια που έδωσε ο σταθμός στους καταναλωτές για ένα εικοσιτετράωρο.
- Η μέγιστη ισχύ που ζητήθηκε από τον σταθμό την ώρα αιχμής.
- Η ώρα αιχμής.

4. Στο σχήμα 2 δίνεται το διανυσματικό διάγραμμα δύο εναλλασσόμενων ρευμάτων. Να γράψετε τις εξισώσεις για τις στιγμιαίες τιμές τους i_1 και i_2 .



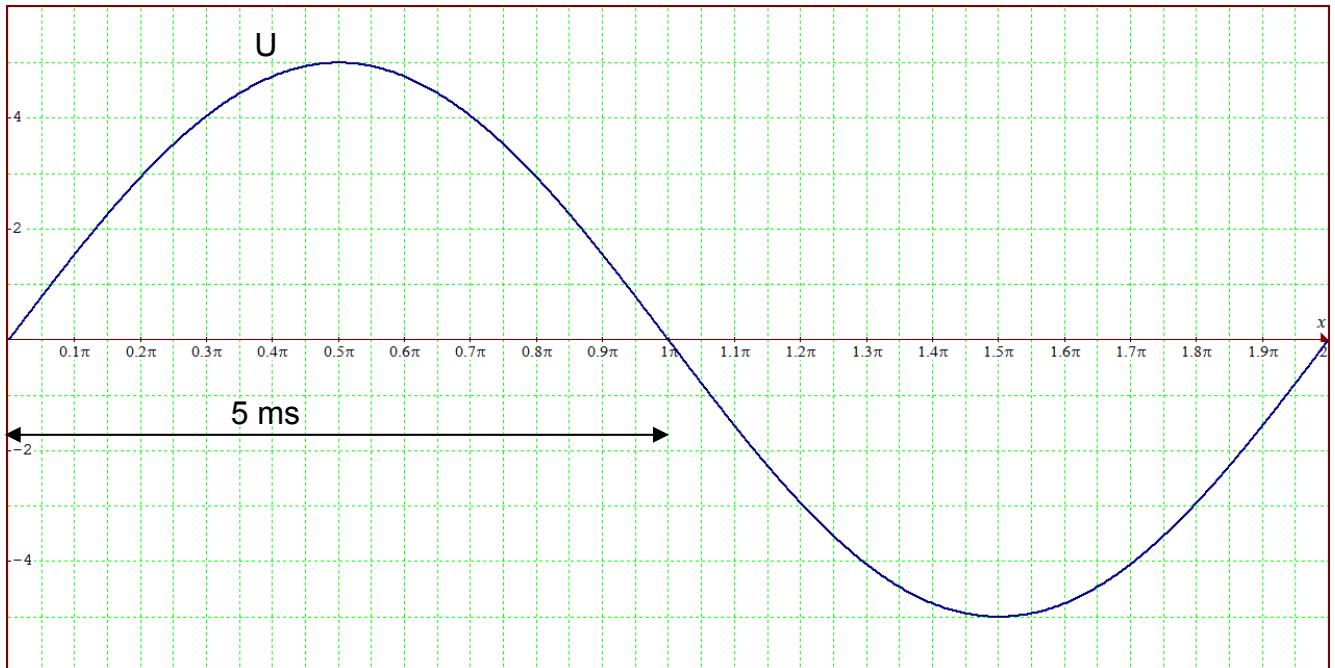
Σχήμα 2

Απάντηση:

$$i_1 = 30 \sin \omega t$$

$$i_2 = 20 \sin(\omega t + 45^\circ)$$

5. Στο σχήμα 3 παρουσιάζεται η ημιτονική παράσταση μιας εναλλασσόμενης τάσης. Να υπολογίσετε την περίοδο και τη συχνότητά της.



Σχήμα 3

Απάντηση:

$$T = 2 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 0.01 \text{ s} = 10 \text{ ms}$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.01} = 100 \text{ Hz}$$

6. Να εξηγήσετε πώς γίνεται η αντιστάθμιση (διόρθωση) του συντελεστή ισχύος σ' ένα μονοφασικό επαγωγικό καταναλωτή.

Απάντηση:

Για να γίνει η αντιστάθμιση (βελτίωση του $\Sigma.I$) συνδέουμε τον κατάλληλο πυκνωτή κατευθείαν στους ακροδέκτες του κινητήρα, παράλληλα με την παροχή και τίθεται αυτόματα σε λειτουργία. Μ' αυτό τον τρόπο ελαττώνεται η διαφορά φάσης, (γωνία μεταξύ της ολικής τάσης και του ολικού ρεύματος του κυκλώματος) και ο συντελεστής ισχύος τείνει να πλησιάσει τη μονάδα.

7. Να αναφέρετε :

- α) Ένα πλεονέκτημα που παρουσιάζει το εναλλασσόμενο ρεύμα σε σχέση με το συνεχές.
- β) Δύο πλεονεκτήματα που παρουσιάζει το τριφασικό εναλλασσόμενο ρεύμα σε σχέση με το μονοφασικό.

Απάντηση:

Πλεονεκτήματα του εναλλασσόμενου ρεύματος έναντι του συνεχούς:

- Το εναλλασσόμενο ρεύμα μας δίνει τη δυνατότητα της ανύψωσης ή του υποβιβασμού της τάσης του με τη χρήση μετασχηματιστών. Με αυτόν τον τρόπο η μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας είναι πιο οικονομική.
- Το εναλλασσόμενο ρεύμα δημιουργεί μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο και έτσι γίνεται δυνατή η χρήση του επαγωγικού κινητήρα ο οποίος είναι φθηνότερος από τον αντίστοιχο κινητήρα συνεχούς ρεύματος.
- Το εναλλασσόμενο ρεύμα δίνει τη δυνατότητα μεταβολής της συχνότητας και έτσι γίνεται δυνατή η λειτουργία των τηλεπικοινωνιών.
- Το εναλλασσόμενο ρεύμα παράγεται πιο εύκολα.

Πλεονεκτήματα του τριφασικού έναντι του μονοφασικού ρεύματος:

- Δυνατότητα χρήσης δύο τάσεων: Πολικής και φασικής.
- Δημιουργία περιστρεφόμενου μαγνητικού πεδίου και δυνατότητα χρήσης των τριφασικών επαγωγικών κινητήρων οι οποίοι είναι πιο απλοί στην κατασκευή, πιο μικροί σε μέγεθος και πιο φθηνοί από τους μονοφασικούς .
- Μπορούμε να μεταφέρουμε την ίδια ισχύ με λιγότερους αγωγούς ή με αγωγούς μικρότερης διατομής.
- Οι τριφασικές ηλεκτρικές μηχανές έχουν καλύτερη απόδοση από τις μονοφασικές.

8. Να υπολογίσετε την αντίσταση και την ισχύ ηλεκτρικής θερμάστρας η οποία διαρρέεται από ρεύμα έντασης 10 A και είναι συνδεδεμένη σε τάση 220 V.

Απάντηση:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{220}{10} = 22\Omega$$

$$P = U \cdot I = 220 \cdot 10 = 2200W = 2.2kW$$

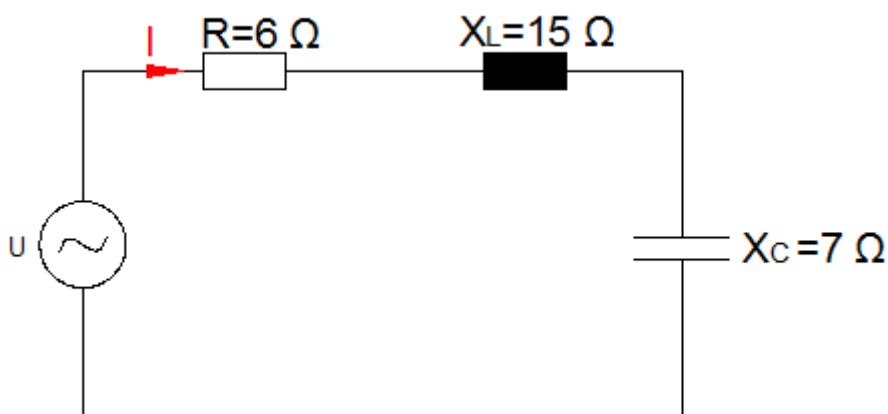
9. Να απαριθμήσετε τα κυριότερα μέρη από τα οποία αποτελείται ένα σύστημα μεταφοράς και διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας.

Απάντηση:

Τα κυριότερα μέρη των γραμμών μεταφοράς και διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας είναι:

- Οι μετασχηματιστές που χρησιμεύουν για τον μετασχηματισμό της τάσης στους υποσταθμούς μεταφοράς και διανομής.
- Οι αγωγοί με τους οποίους μεταφέρεται η ηλεκτρική ενέργεια σε ψηλή, μέση και χαμηλή τάση.
- Οι πυλώνες και οι στύλοι πάνω στους οποίους στερεώνονται οι αγωγοί μεταφοράς και διανομής.
- Οι μονωτήρες για τη συγκράτηση και μόνωση των αγωγών ως προς τη γη πάνω στους πυλώνες και στύλους.
- Αγωγός προστασίας στους πυλώνες.
- Προστατευτικές διατάξεις και συστήματα ελέγχου για τον έλεγχο των διαφόρων μεγεθών και για την προστασία των γραμμών από διάφορες βλάβες.

10. Να υπολογίσετε τη σύνθετη αντίσταση του κυκλώματος το οποίο παρουσιάζεται στο σχήμα 4.



Σχήμα 4

Απάντηση:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{6^2 + (15 - 7)^2} = \sqrt{6^2 + 8^2} = \sqrt{100} = 10\Omega$$

11. Να αναφέρετε δύο πλεονεκτήματα και δύο μειονεκτήματα που παρουσιάζει η χρήση υπόγειων καλωδίων στη μεταφορά και διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας.

Απάντηση:

Πλεονεκτήματα:

- Δεν προκαλούν οχληρία.
- Καλύτερη μηχανική αντοχή.
- Δεν επηρεάζονται από το περιβάλλον και τις καιρικές συνθήκες.
- Ο κίνδυνος ηλεκτροπληξίας είναι πολύ μικρός αφού τα καλώδια είναι απρόσιτα.

Μειονεκτήματα:

- Είναι (3 φορές) πιο ακριβά από τα εναέρια.
- Είναι δύσκολος ο εντοπισμός βλάβης.
- Είναι πιο δαπανηρή η εγκατάσταση και επέκτασή τους.

12. Τριφασικός επαγωγικός καταναλωτής ισχύος $P = 12 \text{ kW}$, με συντελεστή ισχύος $\cos\varphi = 0,75$, τροφοδοτείται από τριφασικό δίκτυο πολιτικής τάσης $415 \text{ V} / 50 \text{ Hz}$. Να υπολογίσετε την ένταση του ρεύματος που απορροφά ο καταναλωτής από το δίκτυο (I_π).

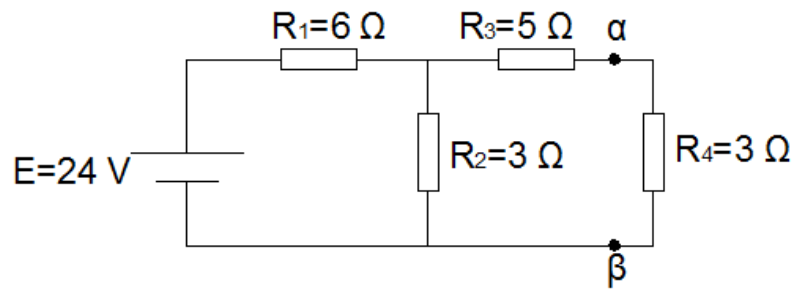
Απάντηση:

$$I_\pi = \frac{P}{\sqrt{3} U_\pi \cdot \cos\varphi} = \frac{12000}{\sqrt{3} \cdot 415 \cdot 0.75} = 22.259 \text{ A}$$

ΜΕΡΟΣ Β: Αποτελείται από 4 ερωτήσεις.
Κάθε ορθή απάντηση βαθμολογείται με 8 μονάδες.

13. Για το κύκλωμα του σχήματος 5:

- α) Να σχεδιάσετε το αντίστοιχο ισοδύναμο κύκλωμα Thevenin στα σημεία α και β.
- β) Να υπολογίσετε το ρεύμα στην αντίσταση R_4 .

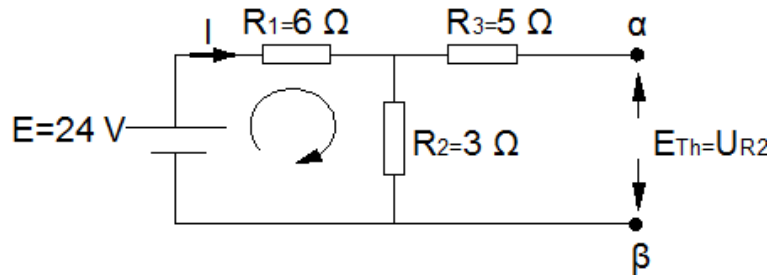


Σχήμα 5

Απάντηση:

Το ισοδύναμο κατά Thevenin κύκλωμα αποτελείται από μια πηγή τάσης (E_{Th}) σε σειρά με μια αντίσταση (R_{Th}).

Για να υπολογίσουμε την τάση E_{Th} υπολογίζουμε την τάση στα σημεία A και B , όταν οι ακροδέκτες αυτοί είναι ανοικτοί.



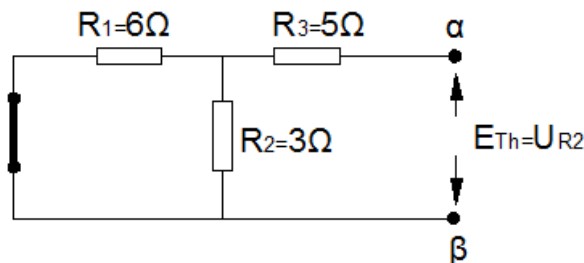
$$E_{Th} = I \cdot R_2$$

$$I = \frac{E}{R_{ολ}} = \frac{24}{9} = 2.66A$$

$$R_{ολ} = R_1 + R_2 = 6 + 3 = 9 \Omega$$

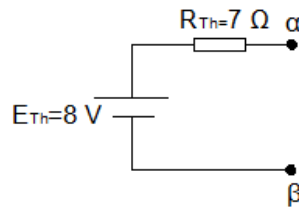
$$E_{Th} = I \cdot R_2 = 2.66 \cdot 3 = 8V$$

Για να υπολογίσουμε την R_{Th} βραχυκυκλώνουμε την πηγή E:

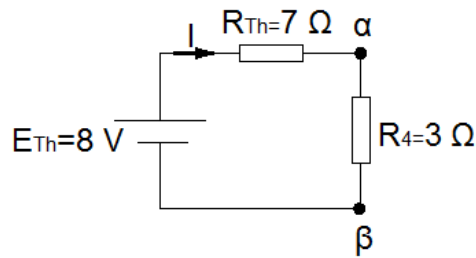


$$R_{Th} = R_3 + \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = 5 + \frac{6 \cdot 3}{6 + 3} = 5 + 2 = 7 \Omega$$

Και το ισοδύναμο κύκλωμα Thevenin στα σημεία α και β γίνεται:

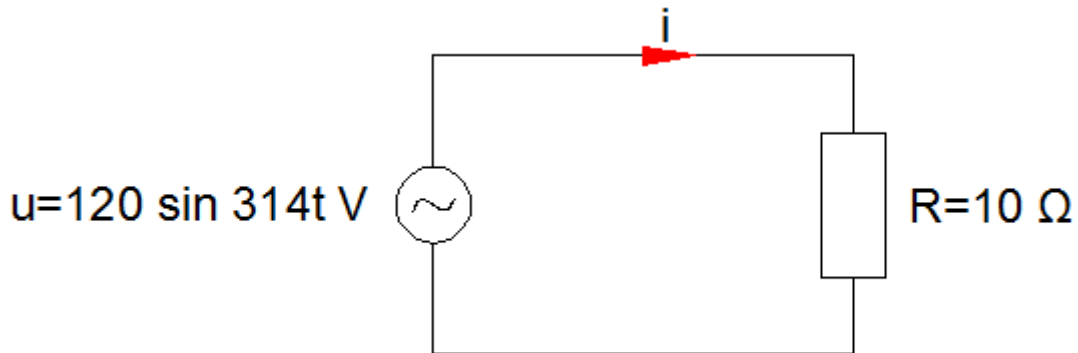


Η ένταση του ρεύματος που περνά μέσα από την αντίσταση R_4 είναι:



$$I_{R_4} = \frac{E_T}{R_T + R} = \frac{8}{7 + 3} = 0.8 A$$

14. Δίνεται το κύκλωμα του σχήματος 6.



Σχήμα 6

A) Να υπολογίσετε:

- α) Την ενεργό τιμή της εναλλασσόμενης τάσης.
- β) Τη συχνότητα.
- γ) Την ενεργό τιμή της έντασης του ρεύματος που διαρρέει τον ωμικό αντιστάτη.

B) Να γράψετε την εξίσωση της στιγμιαίας τιμής του ρεύματος για το κύκλωμα.

Απάντηση:

A)

$$\alpha) U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = \frac{120}{\sqrt{2}} = 84.85 \text{ V}$$

$$\beta) f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{314}{2 \cdot 3.14} = 50 \text{ Hz}$$

$$\gamma) I = \frac{U}{R} = \frac{84.85}{10} = 8.48 \text{ A}$$

B)

$$I_m = \sqrt{2} \cdot I = \sqrt{2} \cdot 8.48 = 12 \text{ A}$$
$$i = 12 \sin 314t$$

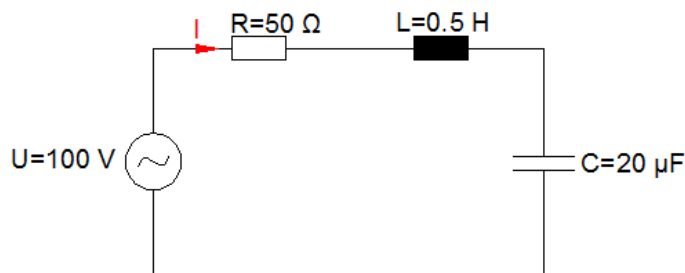
15. Ένα ηλεκτρικό κύκλωμα αποτελείται από μίαν ωμική αντίσταση $R = 50 \Omega$, ένα πηνίο με συντελεστή αυτεπαγωγής $L = 0,5 \text{ H}$ κι έναν πυκνωτή με χωρητικότητα $C = 20 \mu\text{F}$ συνδεδεμένα σε σειρά. Στο κύκλωμα εφαρμόζεται εναλλασσόμενη τάση $100 \text{ V} / 50 \text{ Hz}$.

Να σχεδιάσετε το κύκλωμα και να υπολογίσετε:

- α) Τη συχνότητα συντονισμού του κυκλώματος.
- β) Την αντίσταση του κυκλώματος στη συχνότητα συντονισμού.
- γ) Την ένταση του ρεύματος στη συχνότητα συντονισμού.
- δ) Την τάση στα άκρα του πηνίου και του πυκνωτή.

Απάντηση:

Το κύκλωμα:



α) Η συχνότητα συντονισμού του κυκλώματος είναι:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2 \cdot 3.14 \cdot \sqrt{0.5 \cdot 20 \cdot 10^{-6}}} = 50.33 \text{ Hz}$$

β) Η αντίσταση του κυκλώματος κατά το συντονισμό είναι:

$$Z = R = 50\Omega$$

γ). Η ένταση του ρεύματος στη συχνότητα συντονισμού είναι:

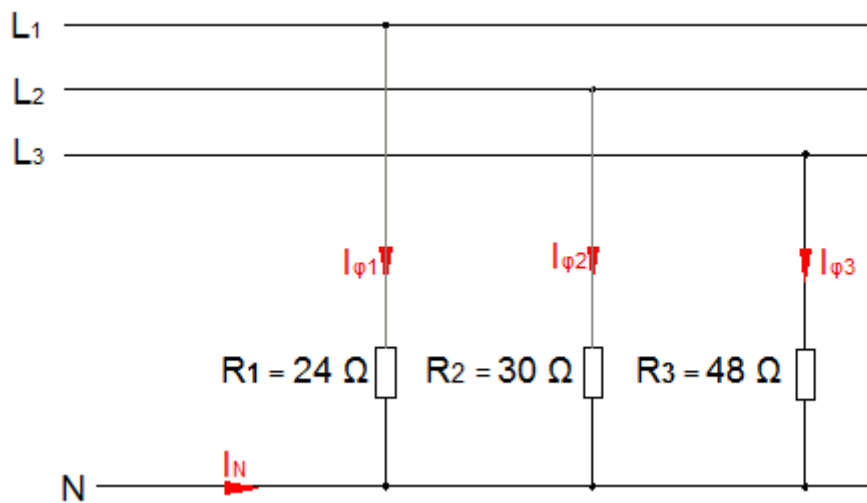
$$I = \frac{U}{R} = \frac{100}{50} = 2A$$

δ). Η τάση στα άκρα του πηνίου και του πυκνωτή είναι:

$$U_L = I \cdot X_L = I \cdot 2\pi f_0 L = 2 \cdot 2 \cdot 3.14 \cdot 50.33 \cdot 0.5 = 316.23V$$

$$U_C = I \cdot X_C = I \cdot \frac{1}{2\pi f C} = 2 \cdot \frac{1}{2 \cdot 3.14 \cdot 50.33 \cdot 20 \cdot 10^{-6}} = 316.23V$$

16. Μεταξύ των τριών γραμμών και του ουδέτερου αγωγού σε τριφασικό σύστημα διανομής, με πολική τάση 415 V / 50 Hz, συνδέονται τρεις ωμικοί αντιστάτες, όπως φαίνεται στο σχήμα 7.



Σχήμα 7

Να υπολογίσετε:

- Την τάση στα άκρα των τυλιγμάτων (φασική τάση).
- Την ένταση του ρεύματος που περνά μέσα από κάθε καταναλωτή (φασικά ρεύματα).
- Το ρεύμα στον ουδέτερο αγωγό. (Να χρησιμοποιήσετε τη διανυσματική μέθοδο).

Απάντηση:

$$\alpha) U_{\phi} = \frac{U_{\pi}}{\sqrt{3}} = \frac{415}{\sqrt{3}} = 240 \text{ V}$$

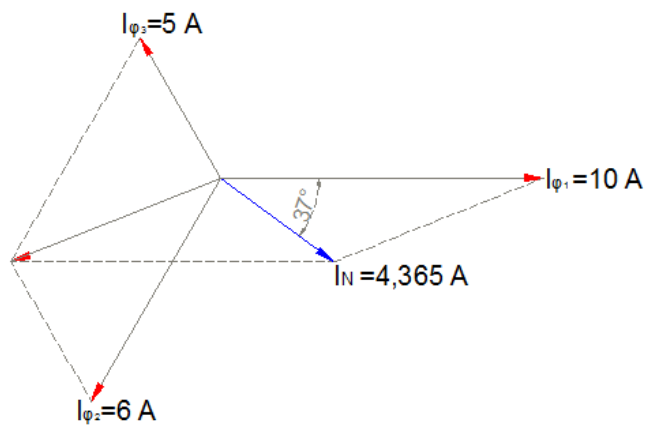
$$\beta) I_{\phi 1} = \frac{U_{\phi}}{R_1} = \frac{240}{24} = 10 \text{ A}$$

$$I_{\phi 2} = \frac{U_{\phi}}{R_2} = \frac{240}{30} = 8 \text{ A}$$

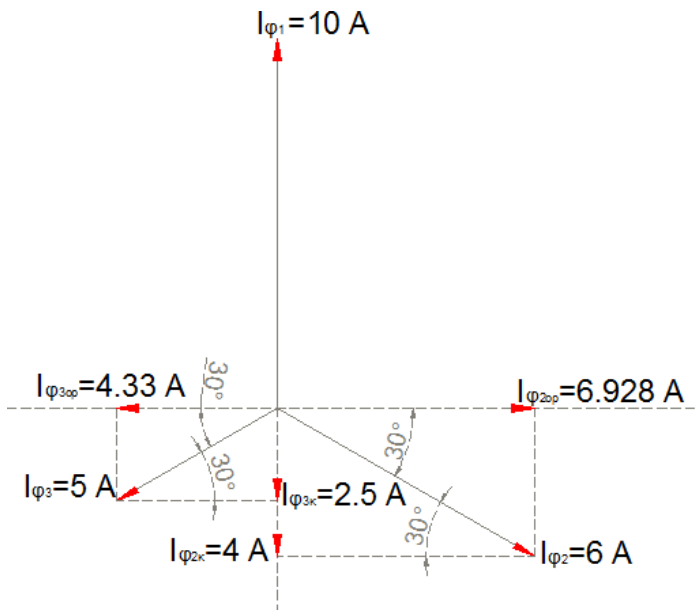
$$I_{\phi 3} = \frac{U_{\phi}}{R_3} = \frac{240}{48} = 5 \text{ A}$$

Το ρεύμα στον ουδέτερο αγωγό μπορεί να υπολογιστεί με τρεις διαφορετικούς τρόπους:

α).



β)



Στο πιο πάνω σχήμα βλέπουμε ότι έχουμε αναλύσει τα ρεύματα I_{φ_2} και I_{φ_3} στους άξονες X και Ψ . Στον οριζόντιο άξονα παίρνουμε τα ρεύματα $I_{\varphi_{2op}}$ και $I_{\varphi_{3op}}$ τα οποία έχουν αντίθετη φορά.

$$I_{\varphi_{2op}} = I_{\varphi_2} \cdot \sigma\upsilon\nu 30^0 = 8 \cdot \sigma\upsilon\nu 30^0 = 6.928 \text{ A}$$

$$I_{\varphi_{3op}} = I_{\varphi_3} \cdot \sigma\upsilon\nu 30^0 = 5 \cdot \sigma\upsilon\nu 30^0 = 4.33 \text{ A}$$

Στον κάθετο άξονα παίρνουμε τα ρεύματα $I_{\varphi_{2κ}}$ και $I_{\varphi_{3κ}}$ τα οποία έχουν την ίδια φορά αλλά αντίθετη από το I_{φ_1} .

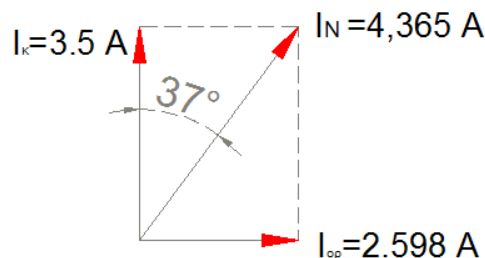
$$I_{\varphi_{2κ}} = I_{\varphi_2} \cdot \eta\mu 30^0 = 8 \cdot \eta\mu 30^0 = 4 \text{ A}$$

$$I_{\varphi_{3κ}} = I_{\varphi_3} \cdot \eta\mu 30^0 = 5 \cdot \eta\mu 30^0 = 2.5 \text{ A}$$

Από τα πιο πάνω παίρνουμε:

$$I_{op} = I_{\varphi_{2op}} - I_{\varphi_{3op}} = 6.928 - 4.33 = 2.598 \text{ A}$$

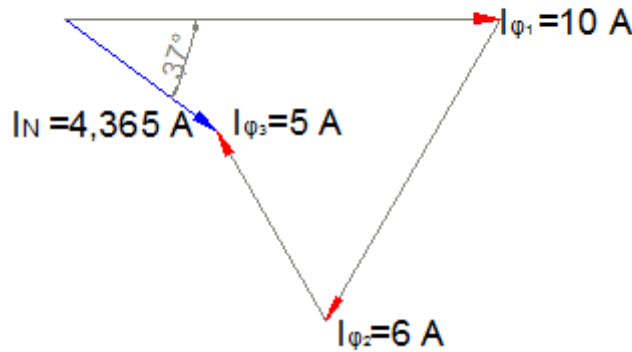
$$I_{κ} = I_{\varphi_1} - (I_{\varphi_{2κ}} + I_{\varphi_{3κ}}) = 10 - (4 + 2.5) = 3.5 \text{ A}$$



Εφαρμόζοντας το Πυθαγόρειο θεώρημα στο πιο πάνω διάγραμμα μπορούμε να υπολογίσουμε το I_N .

$$I_N = \sqrt{I_K^2 + I_o^2} = \sqrt{3.5^2 + 2.598^2} = 4.365 \text{ A}$$

γ)



ΜΕΡΟΣ Γ: Αποτελείται από 2 ερωτήσεις.

Κάθε ορθή απάντηση βαθμολογείται με 10 μονάδες.

17. Τριφασικός επαγωγικός καταναλωτής ισχύος 12 kW / 415 V και με συντελεστή ισχύος 0,75 τροφοδοτείται από τριφασικό δίκτυο πολικής τάσης 415 V, 50 Hz.

Να υπολογίσετε:

- Την ένταση του ρεύματος που απορροφά ο καταναλωτής από το δίκτυο.
- Τη φαινόμενη ισχύ που απορροφά ο καταναλωτής από το δίκτυο.
- Την άεργο ισχύ του καταναλωτή.
- Την άεργο χωρητική ισχύ των πυκνωτών (Q_c) οι οποίοι χρειάζεται να συνδεθούν ώστε βελτιωθεί ο συντελεστής ισχύος στο 0,9 .

Απάντηση:

$$\alpha) \quad I_\pi = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_\pi \cdot \cos \phi_1} = \frac{12000}{\sqrt{3} \cdot 415 \cdot 0.75} = 22.25 \text{ A}$$

$$\beta) \quad S_1 = \frac{P}{\cos \phi_1} = \frac{12000}{0.75} = 16000 \text{ VA}$$

$$\gamma) \quad Q_1 = \sqrt{S_1^2 - P^2} = \sqrt{16000^2 - 12000^2} = 10583 \text{ VAr}$$

δ) Αν ο συντελεστής ισχύος βελτιωθεί θα έχουμε:

$$S_2 = \frac{P}{\cos \phi_2} = \frac{12000}{0,9} = 13333.33 \text{ VA}$$

$$Q_2 = \sqrt{S_2^2 - P^2} = \sqrt{13333.33^2 - 12000^2} = 5811.85 \text{ VAR}$$

Επομένως η ισχύς των πυκνωτών:

$$Q_C = Q_1 - Q_2 = 10583 - 5811.85 = 4771.2 \text{ VAR}$$

2ος τρόπος υπολογισμού της άεργου χωρητικής ισχύς των πυκνωτών

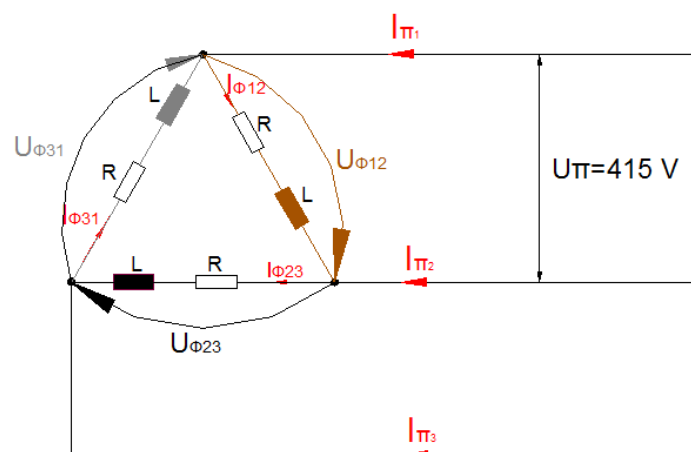
$$Q_C = K \cdot P = (\varepsilon\phi\phi_1 - \varepsilon\phi\phi_2) \cdot P = (0.8819 - 0.4843) \cdot 12 \cdot 10^3 = 4771.2 \text{ VAR}$$

18. Τριφασικό φορτίο το οποίο αποτελείται από τρία όμοια πραγματικά πηνία με ωμική αντίσταση $R = 6 \Omega$ και συντελεστή αυτεπαγωγής $L = 25,5 \text{ mH}$, συνδέονται σε τριφασικό σύστημα τριγώνου και τροφοδοτούνται με πολική τάση $415 \text{ V} / 50 \text{ Hz}$. Να σχεδιάσετε το κύκλωμα και να δείξετε την πολική και φασική τάση, το πολικό και φασικό ρεύμα.

Να υπολογίσετε:

- Τη σύνθετη αντίσταση του κυκλώματος.
- Το συντελεστή ισχύος.
- Το φασικό ρεύμα του πραγματικού πηνίου.
- Το ρεύμα της γραμμής τροφοδοσίας.
- Την ολική φαινόμενη ισχύ που απορροφά το τριφασικό φορτίο.

Απάντηση:



$$\alpha) X_L = 2\pi fL = 2 \cdot 3.14 \cdot 50 \cdot 0.0255 = 8\Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{6^2 + 8^2} = 10 \Omega$$

$$\beta) \cos \phi = \frac{R}{Z} = \frac{6}{10} = 0.6$$

$$\gamma) I_{\phi} = \frac{U_{\phi}}{Z} = \frac{415}{10} = 41.5 \text{ A}$$

$$\delta) I_{\pi} = \sqrt{3}I_{\phi} = \sqrt{3} \cdot 41.5 = 71.88 \text{ A}$$

$$\varepsilon) S = \sqrt{3}U_{\pi}I_{\pi} = \sqrt{3} \cdot 415 \cdot 71.88 = 51667 \text{ VA} = 51.667 \text{ kVA}$$

----- ΤΕΛΟΣ -----