

ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑ ΙΙ
 Βοήθημα Θεωρίας Πανελλαδικών με ερωτήσεις στο

ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟ ΡΕΥΜΑ Α.Σ.

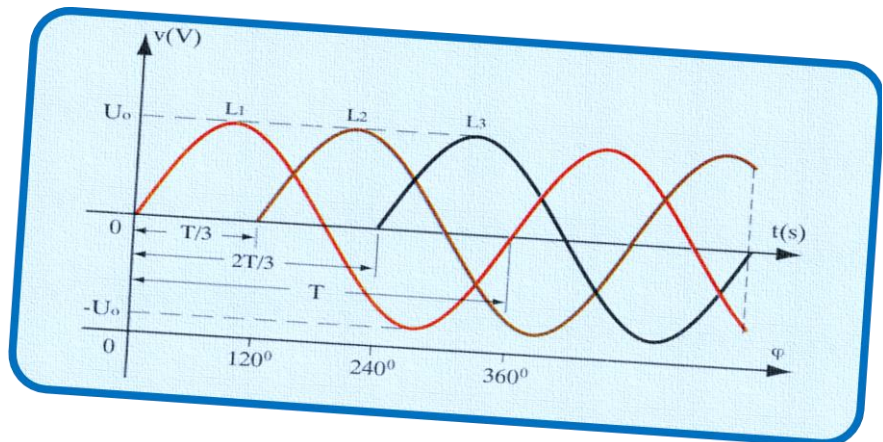
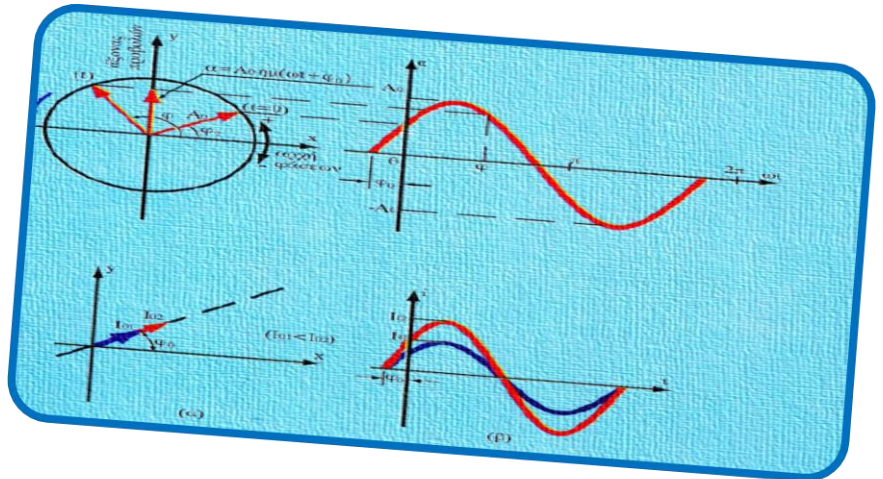
ΤΡΙΦΑΣΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Και στα **ΕΙΔΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ:**

ΑΝΟΡΘΩΣΗ ΤΟΥ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ

ΡΕΥΜΑΤΟΣ &

ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ



ΜΑΥΡΟΠΟΥΛΟΣ ΘΕΟΦΑΝΗΣ

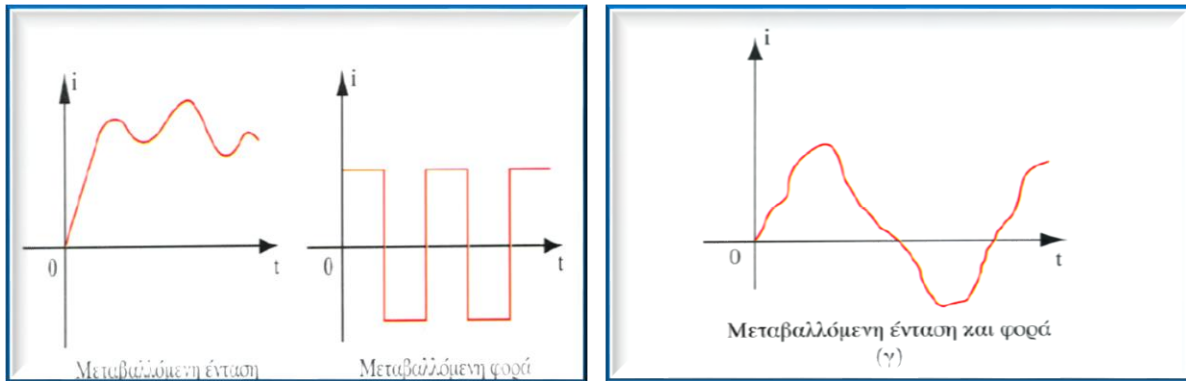
Επιμέλεια: Μαυρόπουλος Θεοφάνης

1. Μεταβαλλόμενα και Εναλλασσόμενα Ρεύματα.

1. Ποιο ρεύμα ονομάζεται Μεταβαλλόμενο;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Μεταβαλλόμενο ονομάζεται το ρεύμα, του οποίου η ένταση ή η φορά, ή και τα δύο μαζί μεταβάλλονται ως προς τον χρόνο.



2. Τι ονομάζεται στιγμιαία τιμή της έντασης ενός Μεταβαλλόμενου ρεύματος και πως συμβολίζεται;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Η τιμή της έντασης ενός μεταβαλλόμενου ρεύματος σε κάποια χρονική στιγμή ονομάζεται στιγμιαία τιμή της έντασης συμβολίζεται με το γράμμα i και δίνεται από τον τύπο:

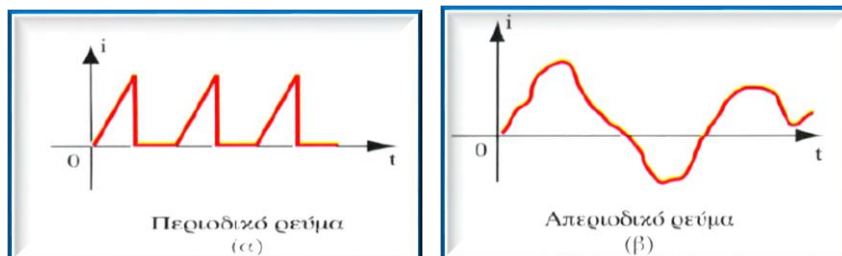
$$i = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

Όπου ΔQ = ποσότητα φορτίου και Δt = πολύ μικρό χρονικό διάστημα.

3. Πότε ένα ρεύμα ονομάζεται περιοδικό και πότε απεριοδικό ;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

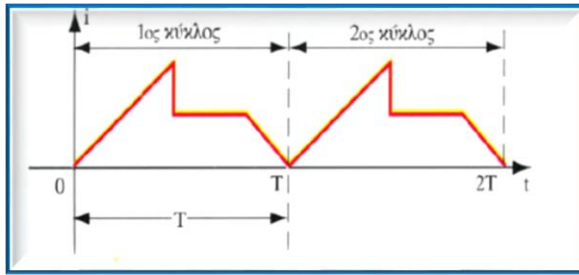
Περιοδικό ονομάζεται το μεταβαλλόμενο ρεύμα, του οποίου οι στιγμιαίες τιμές επαναλαμβάνονται σε ίσα και διαδοχικά χρονικά διαστήματα. Αντίθετα το μεταβαλλόμενο ρεύμα, του οποίου οι στιγμιαίες τιμές ΔΕΝ επαναλαμβάνονται σε ίσα και διαδοχικά χρονικά διαστήματα ονομάζεται Απεριοδικό.



4. Τι ονομάζεται κύκλος, τι περίοδος, σε τι μονάδες μετριέται και με ποιο γράμμα συμβολίζεται;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Το τμήμα της περιοδικής μεταβαλλόμενης κυματομορφής, το οποίο επαναλαμβάνεται, ονομάζεται κύκλος, το δε χρονικό διάστημα που απαιτείται, για να ολοκληρωθεί ένας κύκλος, ονομάζεται περίοδος, μετριέται σε sec και συμβολίζεται με το γράμμα T .



Περίοδος, Κύκλος Περιοδικού Ρεύματος.

5. Τι ονομάζεται συχνότητα, με ποιο γράμμα συμβολίζεται και ποια είναι η μονάδα μέτρησης της;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Το πλήθος των κύκλων στην μονάδα του χρόνου (1sec) ονομάζεται **σ υ χ ν ό τ η τ α** του περιοδικού ρεύματος και συμβολίζεται με το γράμμα **f**. Μονάδα μέτρησης της συχνότητας είναι το **Hertz**, $1\text{Hz} = 1/\text{sec}$.

ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑ

10^3 Hz	1 KiloHertz - KHz
10^6 Hz	1 MegaHertz - MHz
10^9 Hz	1 GigaHertz - GHz

6. Με ποιους τύπους συνδέονται η Περίοδος T και η Συχνότητα f ;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Η Περίοδος T και η Συχνότητα f ενός περιοδικού ρεύματος είναι μεγέθη αντίστροφα και συνδέονται μεταξύ τους με τους τύπους:

$$T = \frac{1}{f} \quad \text{και} \quad f = \frac{1}{T}$$

1.1 Εναλλασσόμενα Ρεύματα.

1. Ποιο ρεύμα ονομάζεται Εναλλασσόμενο;

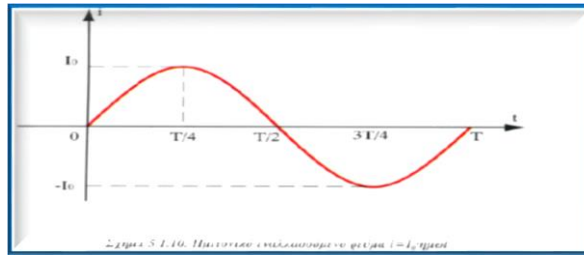
ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Εναλλασσόμενο ρεύμα ονομάζεται το περιοδικό ρεύμα, στο οποίο το φορτίο που μετακινείται προς τη μία κατεύθυνση είναι ίσο με το φορτίο που μετακινείται προς την αντίθετη στο διάστημα μιας περιόδου.

2. Γιατί η πιο σπουδαία μορφή Εναλλασσομένου ρεύματος ονομάζεται Ημιτονικό Εναλλασσόμενο Ρεύμα;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

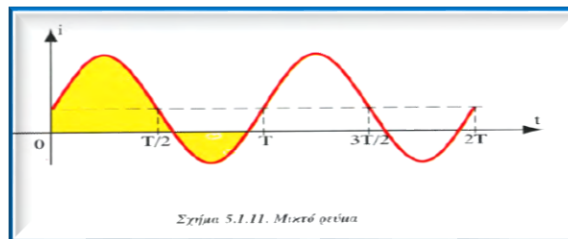
Ονομάζεται Ημιτονικό Εναλλασσόμενο Ρεύμα γιατί η στιγμιαία τιμή της έντασης του μεταβάλλεται χρονικά σύμφωνα με την Ημιτονική καμπύλη, όπως στο σχήμα:



3. Ποιο ρεύμα ονομάζεται Μικτό;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Μικτό ρεύμα ονομάζεται το ρεύμα εκείνο το οποίο προέρχεται από το άθροισμα ενός Εναλλασσόμενου και ενός Συνεχούς ρεύματος με αποτέλεσμα το φορτίο που μετακινείται προς τη μία κατεύθυνση να μην είναι ίσο με το φορτίο που μετακινείται προς την αντίθετη κατεύθυνση στο διάστημα μιας περιόδου, όπως φαίνεται στο σχήμα:

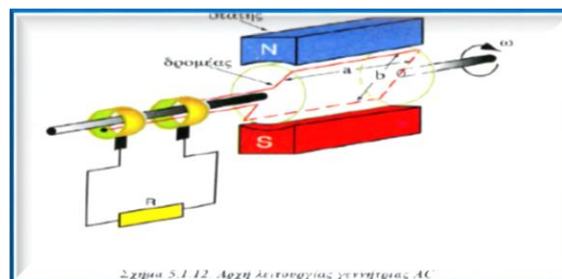


1.2 Παραγωγή ημιτονικού εναλλασσόμενου ρεύματος-ημιτονικής εναλλασσόμενης τάσης.

1. Περιγράψτε την αρχή παραγωγής εναλλασσόμενου ρεύματος και τάσης. Σε ποιο νόμο στηρίζεται αυτή;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Η παραγωγή ημιτονικού Εναλλασσόμενου Ρεύματος γίνεται με γεννήτριες εναλλασσόμενου ρεύματος, στις οποίες η περιστροφή του δρομέα (πλασιού) ο οποίος έχει διαστάσεις a, b και εμβαδόν $s = a \cdot b$ μέσα στο μαγνητικό πεδίο του στάτη, προκαλεί μεταβολή της μαγνητικής ροής $\Delta\Phi$ στο δρομέα, με αποτέλεσμα να εμφανίζεται ΗΕΔ (Ηλεκτρεγερτική Δύναμη) στα άκρα του – ΝΟΜΟΣ ΕΠΑΓΩΓΗΣ, ΝΟΜΟΣ FARADAY, η οποία είναι εναλλασσόμενη και ανάλογη με την ταχύτητα περιστροφής του, όπως φαίνεται και στο σχήμα:



2. Από ποιο τύπο δίνεται η μαγνητική ροή Φ ;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

$$\Phi = B \cdot S \cdot \sin\varphi = B \cdot (a \cdot b) \cdot \sin\varphi \quad (1)$$

όπου: Φ = Μεταβαλλόμενη μαγνητική ροή

Επιμέλεια: Μαυρόπουλος Θεοφάνης

$B =$ Μαγνητική επαγωγή

$\varphi = \eta$ γωνία μεταξύ της κατεύθυνσης των μαγνητικών γραμμών και της κάθετης ευθείας στον περιστρεφόμενο δρομέα και

$S =$ εμβαδόν δρομέα.

3. Τι εννοούμε με τον όρο γωνιακή ταχύτητα;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Με τον όρο γωνιακή ταχύτητα εννοούμε την γωνία που διαγράφει ο δρομέας σε χρόνο 1s. Η γωνία φ που διαγράφει ο δρομέας είναι:

$$\varphi = \omega * t \quad (2)$$

Αντικαθιστώντας την σχέση (2) στην (1) παίρνουμε:

$$\Phi = B * (a * b) * \sin\omega * t \quad (3)$$

4. Από ποιο τύπο δίνεται η αναπτυσσόμενη ΗΕΔ;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Η αναπτυσσόμενη ΗΕΔ (ηλεκτρεγερτική δύναμη) με εφαρμογή του νόμου επαγωγής δίνεται από τον τύπο:

$$E = E_0 * \eta\omega t$$

$$\text{όπου } E_0 = B * (a * b) * N * \omega$$

εάν ο δρομέας συνδεθεί με ένα ωμικό φορτίο (R), η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κλειστό κύκλωμα δίνεται από την σχέση:

$$i = \frac{E}{R} = \frac{E_0 * \eta\omega t}{R} = I_0 * \eta\omega t$$

$$\text{όπου } I_0 = \frac{E_0}{R}$$

1.3 Εναλλασσόμενο ρεύμα και χαρακτηριστικά μεγέθη του.

1. Ποια είναι η μορφή του εναλλασσόμενου ρεύματος (από ποιο τύπο δίνεται) και ποια τα χαρακτηριστικά μεγέθη του;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Η μορφή του είναι:

$$i = I_0 * \eta\mu\varphi = I_0 * \eta\mu\omega t = I_0 * \eta\mu 2\pi * f * t = I_0 * \eta\mu \frac{2\pi}{T} * t$$

όπου:

$i =$ στιγμιαία ένταση, δηλαδή ένταση σε τυχαία χρονική στιγμή t

$I_0 =$ πλάτος, δηλαδή μέγιστη τιμή της έντασης του ρεύματος

$T =$ περίοδος, δηλαδή ο χρόνος που απαιτείται για να ολοκληρωθεί ένας κύκλος

$f =$ συχνότητα, δηλαδή ο αριθμός των κύκλων στη μονάδα του χρόνου (μονάδα 1Hz)

$\omega = 2\pi f$, κυκλική συχνότητα (μονάδα 1 rad/sec)

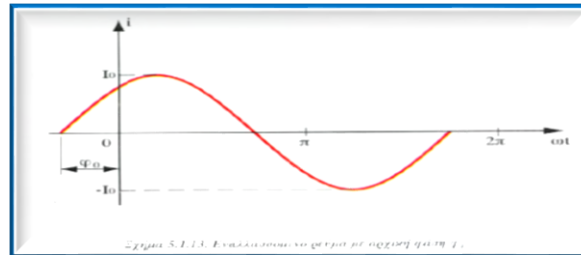
$\varphi = \omega t$, στιγμιαία φάση, δηλαδή η γωνία σε ορισμένη χρονική στιγμή.

2. Τι είναι η αρχική φάση φ_0 εναλλασσόμενου ρεύματος και από ποια σχέση δίνεται;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Το εναλλασσόμενο ρεύμα είναι δυνατόν να αποκτά την τιμή μηδέν (κατά την θετική φορά) και σε μια άλλη χρονική στιγμή π.χ. σε μια γωνία φ_0 πριν από $\omega t = 0$. Τότε το εναλλασσόμενο ρεύμα δίνεται από τον τύπο:

$$i = I_0 * \eta\mu(\omega t + \varphi_0), \text{ όπου } \varphi_0 = \text{αρχική φάση, όπως στο σχήμα.}$$



1.4 Εναλλασσόμενη τάση και χαρακτηριστικά μεγέθη της.

1. Ποια είναι η μορφή της εναλλασσόμενης τάσης (από ποιο τύπο δίνεται) και ποια τα χαρακτηριστικά μεγέθη της;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Η μορφή της είναι:

$$u = U_0 * \eta\mu\varphi = U_0 * \eta\mu\omega t = U_0 * \eta\mu 2\pi * f * t = U_0 * \eta\mu \frac{2\pi}{T} * t$$

όπου:

u = στιγμιαία τάση, δηλαδή τάση σε τυχαία χρονική στιγμή t

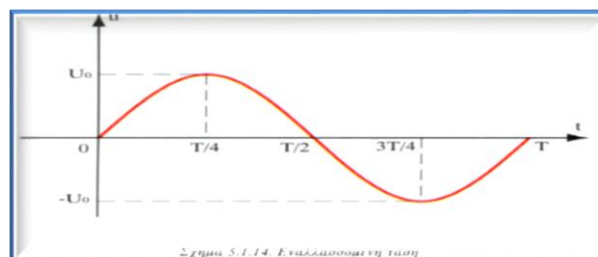
U_0 = πλάτος, δηλαδή μέγιστη τιμή της τάσης

T = περίοδος, δηλαδή ο χρόνος που απαιτείται για να ολοκληρωθεί ένας κύκλος

f = συχνότητα, δηλαδή ο αριθμός των κύκλων στη μονάδα του χρόνου (μονάδα 1Hz)

$\omega = 2\pi f$, κυκλική συχνότητα (μονάδα 1 rad/sec)

$\varphi = \omega t$, στιγμιαία φάση, δηλαδή η γωνία σε ορισμένη χρονική στιγμή.

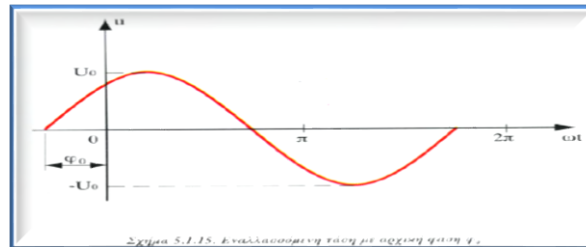


2. Τι είναι η αρχική φάση φ_0 εναλλασσόμενης τάσης και από ποια σχέση δίνεται;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Η εναλλασσόμενη τάση είναι δυνατόν να αποκτά την τιμή μηδέν (κατά την θετική φορά) και σε μια άλλη χρονική στιγμή π.χ. σε μια γωνία ϕ_0 πριν από $\omega t = 0$. Τότε η εναλλασσόμενη τάση δίνεται από τον τύπο:

$$u = U_0 \cdot \eta\mu(\omega t + \phi_0), \quad \text{όπου } \phi_0 = \text{αρχική φάση, όπως στο σχήμα:}$$



1.5 Ενεργός τιμή έντασης και ενεργός τιμή τάσης.

1. Τι ονομάζετε ενεργός τιμή έντασης εναλλασσόμενου ρεύματος, και από ποιο τύπο δίνεται;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Ενεργός τιμή έντασης ενός εναλλασσόμενου ρεύματος ονομάζεται η σταθερή ένταση που πρέπει να έχει συνεχές ρεύμα, το οποίο, όταν διαρρέει τον ίδιο αντιστάτη, αποδίδει στον ίδιο χρόνο το ίδιο ποσό θερμότητας με το εναλλασσόμενο ρεύμα.

Δίνεται από την σχέση: $I_{\text{εν}} = \frac{I_0}{\sqrt{2}} = 0,707 I_0$ όπου I_0 = μέγιστη τιμή έντασης.

2. Τι ονομάζετε ενεργός τιμή τάσης εναλλασσόμενου ρεύματος, και από ποιο τύπο δίνεται;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Ενεργός τιμή τάσης ενός εναλλασσόμενου ρεύματος ονομάζεται η τιμή συνεχούς τάσης, η οποία, όταν εφαρμόζεται στα άκρα του ίδιου αντιστάτη, δίνει ρεύμα με ένταση ίση με την ενεργό τιμή της έντασης του εναλλασσόμενου ρεύματος.

Δίνεται από την σχέση: $U_{\text{εν}} = \frac{U_0}{\sqrt{2}} = 0,707 U_0$ όπου U_0 = μέγιστη τιμή έντασης

ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΗ: Τα όργανα μέτρησης εναλλασσόμενου ρεύματος και τάσης, μετρούν

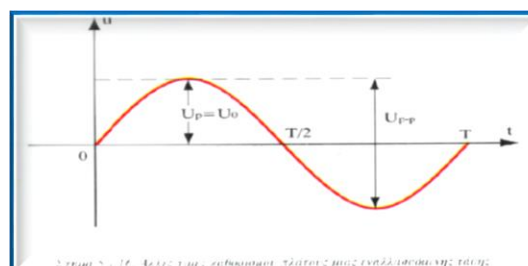
Ε Ν Ε Ρ Γ Ε Σ Τ Ι Μ Ε Σ έντασης και τάσης αντίστοιχα.

3. Με ποιους άλλους δυο (2) τρόπους, μπορεί να χαρακτηριστεί το πλάτος μιας εναλλασσόμενης τάσης, και πως συνδέονται μεταξύ τους αυτές;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Το πλάτος μιας εναλλασσόμενης τάσης μπορεί να χαρακτηριστεί και με δυο άλλους τρόπους:

- την τιμή κορυφής ($U_p = U_0$) και
- την τιμή από κορυφή σε κορυφή (U_{p-p}) όπως φαίνεται στο σχήμα:



Οι τιμές αυτές συνδέονται με την σχέση:

$$U_{p-p} = 2 * U_p = 2 * U_0$$

1.6 Διανυσματική παράσταση εναλλασσόμενων μεγεθών.

1. Με ποιο τρόπο παριστάνεται διανυσματικά ένα εναλλασσόμενο μέγεθος και υπό ποιες προϋποθέσεις;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

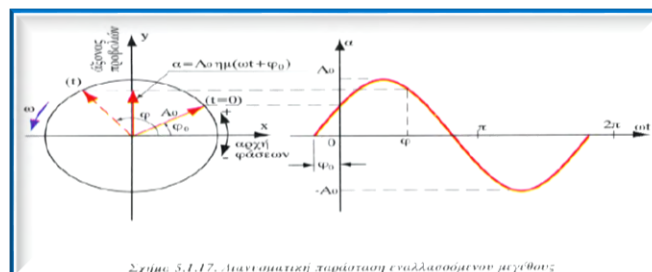
Ένα εναλλασσόμενο μέγεθος μπορεί να παρασταθεί διανυσματικά σε ένα σύστημα δυο κάθετων αξόνων x O y , υπό τις παρακάτω προϋποθέσεις.

- Ο άξονας των τετημενών (οριζόντιος άξονας x) αποτελεί την αρχή των φάσεων και λαμβάνεται ως αφετηρία μέτρησης των φασικών γωνιών. Κατά την δεξιά φορά οι γωνίες θεωρούνται ΑΡΝΗΤΙΚΕΣ ενώ κατά την αριστερή θεωρούνται ΘΕΤΙΚΕΣ .
- Ο άξονας των τεταγμένων (κατακόρυφος άξονας y) αποτελεί τον άξονα των προβολών ή των στιγμιαίων τιμών.
- Κάθε μέγεθος παριστάνεται ως διάνυσμα, ανεξάρτητα από το εάν είναι ή δεν είναι διάνυσμα (π.χ. η τάση και το ρεύμα είναι διανύσματα η αντίσταση δεν είναι, ΑΛΛΑ ΟΛΑ ΠΑΡΙΣΤΑΝΟΝΤΑΙ ΩΣ ΔΙΑΝΥΣΜΑΤΑ)
- Το μήκος του διανύσματος σε κάποια κλίμακα (μονάδα μέτρησης) είναι ίσο με το πλάτος του εναλλασσόμενου μεγέθους ή την ενεργό τιμή και
- Η γωνία που σχηματίζει το διάνυσμα με τον θετικό οριζόντιο άξονα x είναι ίση με την αρχική φάση του εναλλασσόμενου μεγέθους.

2. Να παρασταθεί διανυσματικά το εναλλασσόμενο μέγεθος $a = A_0 \cdot \eta\mu(\omega t + \varphi_0)$.

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Το εναλλασσόμενο μέγεθος παριστάνεται με ένα διάνυσμα που έχει μήκος ίσο με το πλάτος A_0 και σχηματίζει με τον οριζόντιο θετικό άξονα x γωνία φ_0 . Αυτό το διάνυσμα περιστρέφεται με γωνιακή ταχύτητα ω , ίση με την κυκλική συχνότητα του μεγέθους. Η φορά περιστροφής είναι αριστερόστροφη (αντίθετη από την φορά των δεικτών του ρολογιού). Η γωνία φ , είναι η γωνία που σχηματίζει το διάνυσμα με τον θετικό άξονα x αυξάνεται συνεχώς και μετά από χρόνο t γίνεται $\varphi = \omega t + \varphi_0$. Με την προβολή του περιστρεφόμενου διανύσματος στον κατακόρυφο άξονα y , παίρνουμε τη στιγμιαία τιμή $a = A_0 \cdot \eta\mu(\omega t + \varphi_0)$, όπως στο παρακάτω σχήμα:



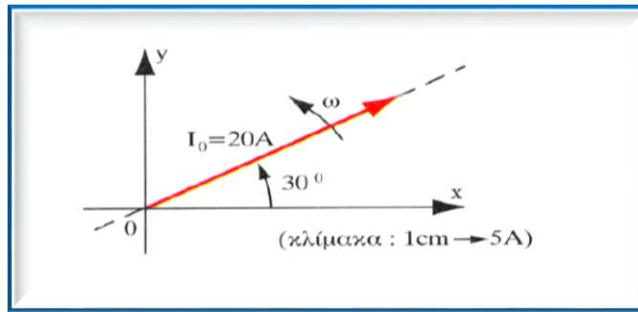
Σχήμα 5.1.17. Διανυσματική παράσταση εναλλασσόμενων μεγεθών

3. Να παρασταθεί διανυσματικά το εναλλασσόμενο ρεύμα $i = 20\eta\mu(\omega t + 30^\circ)$ A.

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

- Χαράσσουμε ένα σύστημα αξόνων xOy και σε γωνία 30° ως προς τον οριζόντιο άξονα φέρνουμε μια διακεκομμένη ευθεία που περνάει από την αρχή των αξόνων.

- Ορίζουμε ως κλίμακα $1\text{cm} \rightarrow 5\text{A}$ και παίρνουμε πάνω στη διακεκομμένη ευθεία ευθύγραμμο τμήμα με μήκος 4cm που ξεκινά από την αρχή των αξόνων.
- Τοποθετούμε ένα βέλος που δηλώνει τη φορά του διανύσματος.



1.7 Εναλλασσόμενα ρεύματα σε φάση.

1. Πότε δυο εναλλασσόμενα ρεύματα λέμε ότι βρίσκονται σε φάση;

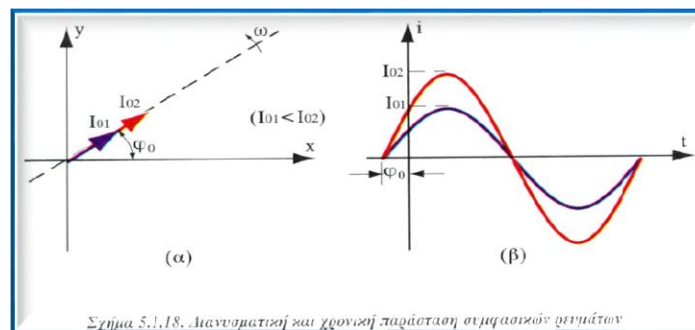
ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Εναλλασσόμενα ρεύματα σε φάση ή συμφασικά ονομάζονται δυο εναλλασσόμενα ρεύματα i_1 και i_2 της ίδιας συχνότητας f που έχουν την ίδια αρχική φάση φ_0 .

π.χ. τα ρεύματα $i_1 = I_{01} * \eta\mu(\omega t + \varphi_0)$ και $i_2 = I_{02} * \eta\mu(\omega t + \varphi_0)$ είναι συμφασικά.

Η διανυσματική τους παράσταση είναι:

- δυο διανύσματα με μήκη I_{01} και I_{02} πάνω στην ίδια ευθεία που σχηματίζει με τον οριζόντιο άξονα γωνία φ_0 και
- περιστρέφονται με την ίδια γωνιακή ταχύτητα ω .



Σχήμα 5.1.18. Διανυσματική και χρονική παράσταση συμφασικών ριγμάτων

Όπως φαίνεται από τις καμπύλες τα ρεύματα αυτά μηδενίζονται και μεγιστοποιούνται τις ίδιες χρονικές στιγμές διότι έχουν πάντοτε την ίδια φάση $\varphi = \omega t + \varphi_0$.

2. Πότε δυο εναλλασσόμενα ρεύματα λέμε ότι βρίσκονται σε φασική απόκλιση;

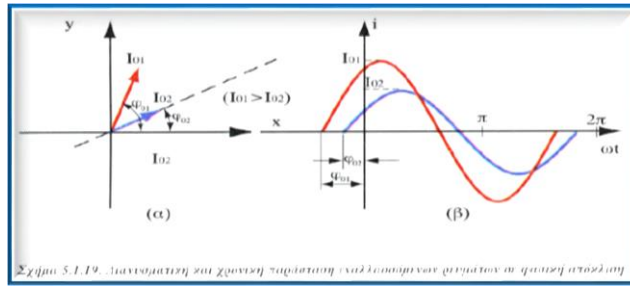
ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Εναλλασσόμενα ρεύματα σε φασική απόκλιση ή σε διαφορά φάσης ονομάζονται δυο εναλλασσόμενα ρεύματα i_1 και i_2 της ίδιας συχνότητας f που έχουν διαφορετικές αρχικές φάσεις φ_{01} και φ_{02} .

π.χ. τα ρεύματα $i_1 = I_{01} * \eta\mu(\omega t + \varphi_{01})$ και $i_2 = I_{02} * \eta\mu(\omega t + \varphi_{02})$ είναι σε φασική απόκλιση.

Η διανυσματική τους παράσταση είναι:

- δυο διανύσματα με μήκη I_{01} και I_{02} που σχηματίζουν γωνίες φ_{01} και φ_{02} αντίστοιχα με τον οριζόντιο άξονα και
- περιστρέφονται με την ίδια γωνιακή ταχύτητα ω .



Σχήμα 5.1.19. Διαγράμματα για χρονική παράταξη εναλλασσόμενων ρευμάτων με κοινή συχνότητα

όπως φαίνεται από τις καμπύλες, όταν $\varphi_{01} > \varphi_{02}$ το ρεύμα i_1 παίρνει τη μέγιστη τιμή του πριν από το ρεύμα i_2 . Το ίδιο ακριβώς συμβαίνει και με τον μηδενισμό των ρευμάτων διότι πάντοτε η στιγμιαία φάση του i_1 είναι μεγαλύτερη από την στιγμιαία φάση του i_2 δηλαδή $\varphi_1 > \varphi_2$.

3. Από ποιον τύπο υπολογίζεται η διαφορά φάσης ή φασική απόκλιση $\Delta\varphi$;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Η διαφορά φάσης ή φασική απόκλιση δίνεται από τον τύπο: $\Delta\varphi = \varphi_{01} - \varphi_{02}$

- εάν $\Delta\varphi > 0$ τότε το ρεύμα i_1 προηγείται χρονικά του ρεύματος i_2 .
- εάν $\Delta\varphi < 0$ τότε το ρεύμα i_1 έπεται χρονικά του ρεύματος i_2 .

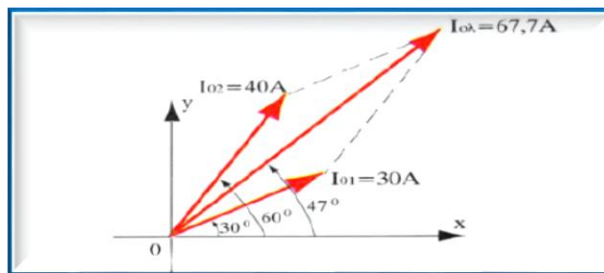
ΠΡΟΣΟΧΗ: Εάν υπάρχει ανάγκη πρόσθεσης ή αφαίρεσης εναλλασσόμενων ρευμάτων ίδιας συχνότητας, τότε, αφού παρασταθούν διανυσματικά, στη συνέχεια εφαρμόζουμε τον κανόνα του παραλληλογράμμου όπως στη φυσική όπως με τις δυνάμεις.

4. Δίνονται τα ρεύματα $i_1 = 30 \eta\mu(\omega t + 30^\circ)$ A και $i_2 = 40 \eta\mu(\omega t + 60^\circ)$ A. Ζητείται η διαφορά φάσης $\Delta\varphi$ και το άθροισμα $i_1 + i_2$ με την βοήθεια των διανυσμάτων.

ΑΠΑΝΤΗΣΗ-ΛΥΣΗ

Η διαφορά φάσης $\Delta\varphi = 30 - 60 = -30 < 0$. Άρα το ρεύμα i_1 έπεται του ρεύματος i_2 .

Ορίζοντας ως κλίμακα $1\text{cm} \rightarrow 10\text{A}$ προκύπτει το διανυσματικό διάγραμμα του σχήματος.



Κανόνας Παραλληλογράμμου: $I_{0\lambda} = \sqrt{i_{01}^2 + i_{02}^2 + 2 * i_{01} * i_{02} * \sigma\upsilon\nu(\varphi_2 - \varphi_1)} =$

$\sqrt{30^2 + 40^2 + 2 * 30 * 40 * \sigma\upsilon\nu(60 - 30)} = \sqrt{900 + 1600 + 2 * 30 * 40 * \sigma\upsilon\nu 30^\circ} =$

$\sqrt{2500 + 2 * 30 * 40 * 0,866} = \sqrt{4578,4} \Rightarrow I_{0\lambda} = 67,66 \text{ A.}$

$\epsilon\varphi_\varphi = \frac{i_{02} * \eta\mu(\varphi_2 - \varphi_1)}{i_{01} + i_{02} * \sigma\upsilon\nu(\varphi_2 - \varphi_1)} = \frac{40 * \eta\mu 30^\circ}{40 + 30 * \sigma\upsilon\nu 30^\circ} = \frac{40 * 0,5}{40 + 30 * 0,866} \Rightarrow \epsilon\varphi_\varphi = \frac{20}{40 + 30 * 0,866} = \frac{20}{65,98} = 0,303 \Rightarrow \varphi =$

$\epsilon\varphi_\varphi^{-1} \Rightarrow \varphi = 16,85^\circ$

Οπότε η γωνία φ μεταξύ των ρευμάτων i_{01} και i_{02} είναι:

$$\varphi = 30 + 16,85 = 46,85 \Rightarrow \varphi \approx 47^\circ$$

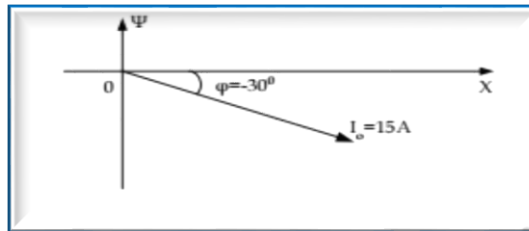
άρα το άθροισμα i_{01} και i_{02} είναι: $i_{01} + i_{02} = 67,66 \cdot \eta\mu(\omega t + 47)$.

1.8 Ερωτήσεις - Ασκήσεις βιβλίου σελίδα 357.

1. Να παρασταθεί διανυσματικά το εναλλασσόμενο ρεύμα $i = 15 \eta\mu(\omega t - 30^\circ)$.

ΑΠΑΝΤΗΣΗ-ΛΥΣΗ

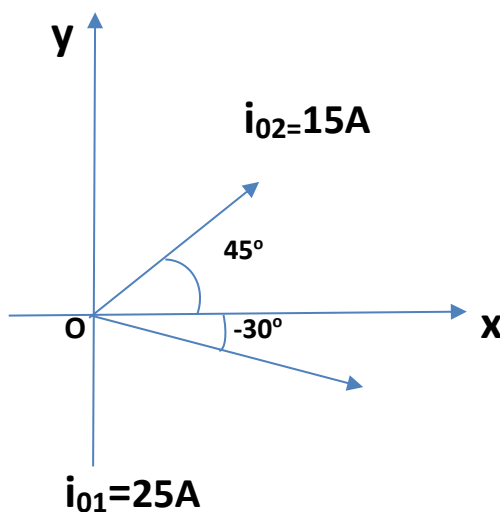
Η διανυσματική παράσταση γνωρίζοντας από την εκφώνηση ότι $I_0 = 15 \text{ A}$ και $\varphi = -30^\circ$ είναι η κάτωθι:



2. Να βρεθεί η διαφορά φάσης $\Delta\varphi$ μεταξύ των εναλλασσόμενων ρευμάτων $i_1 = 25 \eta\mu(314t - 30^\circ)$ και $i_2 = 15 \eta\mu(314t + 45^\circ)$. Ποιο ρεύμα προπορεύεται;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ-ΛΥΣΗ

Η διανυσματική παράσταση με γνωστά από την εκφώνηση ότι, $\varphi_1 = -30$ και $\varphi_2 = 45$ είναι η παρακάτω:



Η διαφορά φάσης προκύπτει ότι είναι: $\Delta\varphi = \varphi_{01} - \varphi_{02} = -30^\circ - 45^\circ = -75^\circ$, δηλαδή $\Delta\varphi = -75 < 0$, άρα προηγείται το ρεύμα i_{02} .

3. Με ποιο κριτήριο επιλέχτηκε η ενεργός τιμή του ρεύματος ώστε να αντιπροσωπεύει το εναλλασσόμενο ρεύμα;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Τα εναλλασσόμενα μεγέθη μεταβάλλονται χρονικά. Επομένως δεν υπάρχει σταθερό μέτρο διανύσματος τους. Αυτό όμως μας δημιουργεί πρόβλημα μέτρησης τους, το οποίο λύνεται με την χρησιμοποίηση μεγεθών σταθερής τιμής που επιφέρουν ίδια αποτελέσματα. Τα σταθερά αυτά μεγέθη ονομάζονται ενεργές τιμές, όπως η ενεργός τιμή του ρεύματος και της τάσης.

4. Εάν σε ένα κόμβο εισέρχονται δυο εναλλασσόμενα ρεύματα με ενεργό τιμή 10A και 20A αντίστοιχα, το ρεύμα που εξέρχεται έχει ενεργό τιμή 30; Εάν όχι, ποια άλλη πληροφορία χρειάζεται για να βρείτε το εξερχόμενο ρεύμα;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Εάν δεν υπάρχει διαφορά φάσης δηλ. $\varphi = 0$, τότε τα δύο ρεύματα είναι συμφασικά και το άθροισμα των ρευμάτων είναι αλγεβρικό άρα βάση του 1^{ου} νόμου του Κίρκωφ θα έχουμε :

$$I_3 = I_1 + I_2 = 10A + 20A \Rightarrow I_3 = 30A$$

Εάν υπάρχει διαφορά φάσης μεταξύ των ρευμάτων δηλ. $\varphi \neq 0$ τότε το άθροισμα των ρευμάτων βρίσκεται προσθέτοντας τα διανύσματα των μεγεθών. Εάν $\varphi=180^\circ$ τότε αφαιρούνται.

2. Κυκλώματα στο Εναλλασσόμενο ρεύμα.

ΒΑΣΙΚΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ ΣΤΟ Ε.Ρ.

1. Πόσων ειδών αντιστάσεις έχουμε στο εναλλασσόμενο ρεύμα;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Στο εναλλασσόμενο ρεύμα έχουμε τριών (3) ειδών αντιστάσεις:

- ✓ Ωμική αντίσταση όπως στο συνεχές
- ✓ Επαγωγική αντίδραση (αντίσταση) στα πηνία και
- ✓ Χωρητική αντίδραση (αντίσταση) στους πυκνωτές.

2. Ποιες αντιστάσεις ονομάζονται και άεργες;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Η επαγωγική και η χωρητική, επειδή δεν καταναλώνουν ενέργεια, αποτελούν αυτό που ονομάζουμε άεργη αντίσταση του στοιχείου, πηνίου ή πυκνωτή.

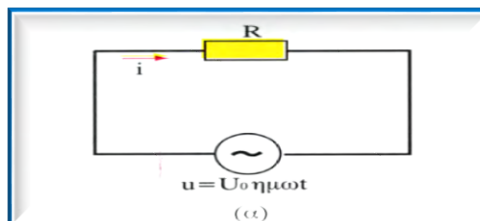
2.1 Ωμική αντίσταση στο Εναλλασσόμενο ρεύμα.

1. Ποια είναι η συμπεριφορά της ωμικής αντίστασης στο εναλλασσόμενο ρεύμα;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Εάν στα άκρα μιας ωμικής αντίστασης R εφαρμοστεί εναλλασσόμενη τάση της μορφής:

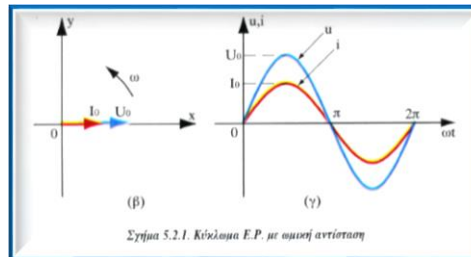
$u = U_0 \cdot \eta\mu\omega t$ όπως στο σχήμα (α):



παρατηρούνται τα εξής:

- το ρεύμα που περνάει από την R είναι εναλλασσόμενο με συχνότητα ίση με την συχνότητα της τάσης
- το πλάτος του εναλλασσόμενου ρεύματος είναι $I_0 = \frac{U_0}{R}$

- η τάση και η ένταση είναι μεγέθη συμφασικά, δηλαδή τις ίδιες χρονικές στιγμές μεγιστοποιούνται και τις ίδιες χρονικές στιγμές μηδενίζονται, επομένως η μορφή του ρεύματος είναι: $i = i_0 * \eta\mu\omega t$.



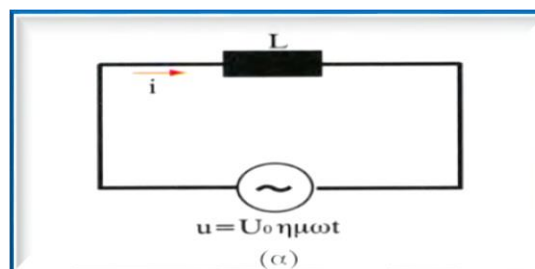
2.2 Πηνίο στο Εναλλασσόμενο ρεύμα.

1. Ποια είναι η συμπεριφορά της επαγωγικής αντίδρασης (πηνίο) στο εναλλασσόμενο ρεύμα;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Η συμπεριφορά της επαγωγικής αντίδρασης είναι εντελώς διαφορετική, από αυτή της ωμικής. Όλοι οι καταναλωτές εναλλασσόμενου ρεύματος, που για την λειτουργία τους χρειάζονται ένα μαγνητικό πεδίο, περιέχουν μία επαγωγική αντίδραση (π.χ. πηνίο).

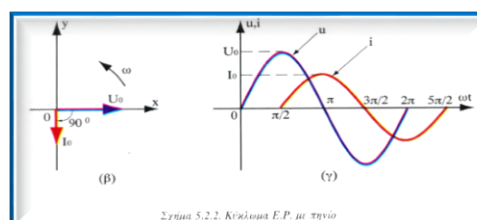
Εάν στα άκρα μιας επαγωγικής αντίστασης L , με αμελητέα ωμική αντίσταση εφαρμοστεί εναλλασσόμενη τάση της μορφής $u = U_0 * \eta\mu\omega t$ όπως στο σχήμα (α):



παρατηρούνται τα εξής:

- το ρεύμα που περνάει από το πηνίο L είναι και αυτό εναλλασσόμενο με συχνότητα ίση με την συχνότητα της τάσης
- το πηνίο παρουσιάζει αντίσταση η οποία ονομάζεται επαγωγική αντίδραση X_L και δίνεται από την σχέση: $X_L = \omega * L$ δηλαδή είναι ανάλογη της συχνότητας του εναλλασσόμενου ρεύματος και
- η τάση προπορεύεται της έντασης του ρεύματος κατά 90° (αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να μη δενίζεται το ρεύμα όταν η τάση παίρνει μέγιστη τιμή και αντιστρόφως) επομένως η μορφή του ρεύματος είναι:

$$i = I_0 * \eta\mu(\omega t - 90^\circ) \text{ με } I_0 = \frac{U_0}{\omega * L}$$

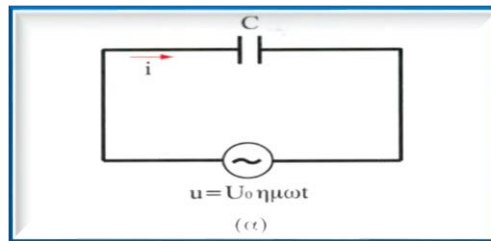


ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:

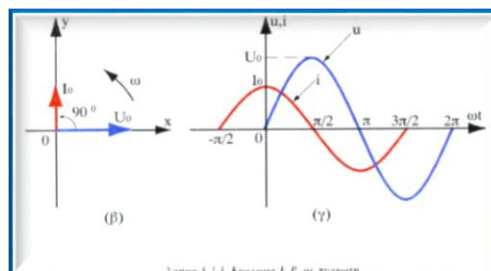
- ισχύει ο νόμος του ohm για τη μέγιστη και την ενεργό τιμή, δηλαδή: $U_0 = \omega L * I_0$ και $U_{εν} = \omega * L * I_{εν}$
- εάν $\omega = 0$ (συνεχές ρεύμα) τότε και η επαγωγική αντίδραση $X_L = 0$ επομένως το πηνίο συμπεριφέρεται ως βραχυκύκλωμα στο συνεχές ρεύμα
- εάν η συχνότητα γίνει πολύ μεγάλη, η επαγωγική αντίδραση γίνεται επίσης πολύ μεγάλη. Επομένως το πηνίο συμπεριφέρεται ως ανοικτό κύκλωμα στις υψηλές συχνότητες (άπειρη αντίσταση).

2.3 Πυκνωτής στο Εναλλασσόμενο ρεύμα.**1. Ποια είναι η συμπεριφορά της χωρητικής αντίδρασης (πυκνωτής) στο εναλλασσόμενο ρεύμα;****ΑΠΑΝΤΗΣΗ**

Εάν στα άκρα πυκνωτή με αμελητέα ωμική αντίσταση εφαρμοστεί εναλλασσόμενη τάση της μορφής $u = U_0 * \eta\mu\omega t$ όπως στο σχήμα (α) παρατηρούνται τα εξής:



- το ρεύμα που περνάει από τον πυκνωτή C είναι εναλλασσόμενο με συχνότητα ίση με τη συχνότητα της τάσης
- ο πυκνωτής παρουσιάζει αντίσταση η οποία ονομάζεται χωρητική αντίσταση X_C και δίνεται από την σχέση: $X_C = \frac{1}{\omega * C}$ δηλαδή είναι αντιστρόφως ανάλογη της συχνότητας του εναλλασσόμενου ρεύματος και
- το ρεύμα προπορεύεται της τάσης κατά 90° (αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να μη δενίζεται η τάση όταν το ρεύμα παίρνει μέγιστη τιμή και αντιστρόφως) επομένως η μορφή του ρεύματος είναι: $i = I_0 * \eta\mu(\omega t + 90^\circ)$ με $I_0 = \omega * C * U_0$

**ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:**

- Ισχύει ο νόμος του ohm για τη μέγιστη και την ενεργό τιμή, δηλαδή: $U_0 = \frac{I_0}{\omega * C}$ και $U_{εν} = \frac{I_{εν}}{\omega * C}$
- εάν $\omega = 0$ (συνεχές ρεύμα), η χωρητική αντίδραση τείνει στο άπειρο. Επομένως ο πυκνωτής στο συνεχές συμπεριφέρεται ως ανοικτό κύκλωμα.
- Ο πυκνωτής άγει καλύτερα, όσο υψηλότερη είναι η συχνότητα, διότι η χωρητική αντίδραση του είναι αντιστρόφως ανάλογη της συχνότητας, δηλαδή πρακτικά ο πυκνωτής συμπεριφέρεται ως βραχυκύκλωμα στις υψηλές συχνότητες.

3. Σύνθετα κυκλώματα σύνθετη αντίσταση.

1. Πως ονομάζεται η αντίσταση ενός σύνθετου κυκλώματος;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

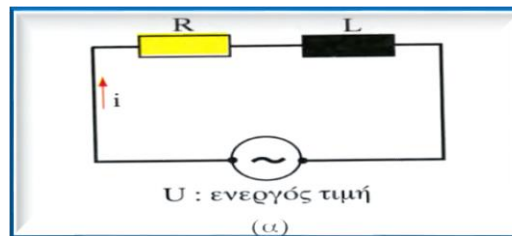
Στην πράξη τα διάφορα κυκλώματα αποτελούνται από πολλά στοιχεία κατάλληλα συνδυασμένα, σχηματίζοντας σύνθετες συνδεσμολογίες, η αντίσταση των οποίων ονομάζεται **σύνθετη αντίσταση**.

3.1 Κύκλωμα RL σε σειρά.

1. Ποια είναι η συμπεριφορά ενός κυκλώματος που περιλαμβάνει ωμική αντίσταση R και αυτεπαγωγή L. Από ποιον τύπο δίνεται η σύνθετη αντίσταση Z, και πως παριστάνονται διανυσματικά τα διάφορα μεγέθη του κυκλώματος;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Έστω κύκλωμα RL, που τροφοδοτείται με εναλλασσόμενη τάση U.

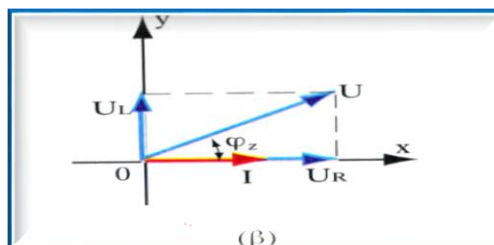


όπως αυτό του σχήματος (α). Η διάταξη παρουσιάζει στην πραγματικότητα ένα πραγματικό πηνίο επαγωγής L το οποίο παρουσιάζει ωμικές απώλειες. Εάν U είναι η ενεργός τιμή της τάσης και I η ενεργός τιμή της έντασης τότε:

- η πτώση τάσης στην ωμική αντίσταση R είναι: $U_R = I * R$ και είναι συμφασική με το ρεύμα
- η πτώση τάσης στην επαγωγική αντίδραση ωL είναι: $U_L = I * \omega * L$ και προπορεύεται του ρεύματος κατά 90° .

Διανυσματική παράσταση μεγεθών

Από την διανυσματική παράσταση του σχήματος (β) διαπιστώνουμε ότι:



$U^2 = U_R^2 + U_L^2 = I^2 * [R^2 + (\omega * L)^2] \Rightarrow U = I * \sqrt{R^2 + (\omega * L)^2}$ επομένως από το νόμο του ohm συμπεραίνουμε ότι ο όρος $\sqrt{R^2 + (\omega * L)^2}$ είναι η σύνθετη αντίσταση του κυκλώματος Z δηλαδή:

$$Z = \sqrt{R^2 + (\omega * L)^2}$$

Η διαφορά φάσης μεταξύ τάσης και ρεύματος είναι ϕ_Z και προκύπτει από τη σχέση:

$$\epsilon\phi\phi_Z = \frac{U_L}{U_R} = \frac{\omega * L}{R}$$

Επιμέλεια: Μαυρόπουλος Θεοφάνης

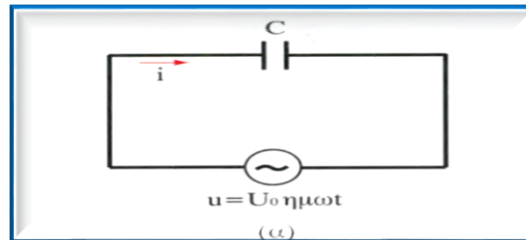
Το γεγονός ότι $0 \leq \varphi_Z \leq 90^\circ$ φανερώνει ότι στο κύκλωμα RL η τάση προηγείται πάντα του ρεύματος και στην περίπτωση αυτή λέμε ότι το κύκλωμα έχει επαγωγική συμπεριφορά.

3.2 Κύκλωμα RC σε σειρά.

1. Ποια είναι η συμπεριφορά ενός κυκλώματος που περιλαμβάνει ωμική αντίσταση R και πυκνωτή C. Από ποιον τύπο δίνεται η σύνθετη αντίσταση Z, και πως παριστάνονται διανυσματικά τα διάφορα μεγέθη του κυκλώματος;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Έστω κύκλωμα RC, που τροφοδοτείται με εναλλασσόμενη τάση U.

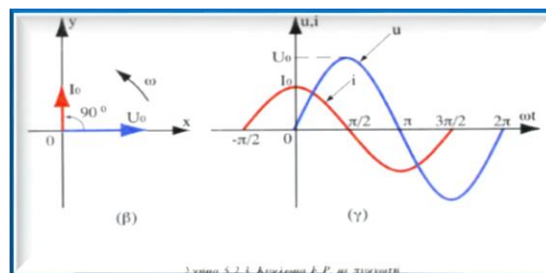


όπως αυτό του σχήματος (α). Η διάταξη παρουσιάζει στην πραγματικότητα ένα πραγματικό πυκνωτή χωρητικότητας C, ο οποίος παρουσιάζει ωμικές απώλειες. Εάν U είναι η ενεργός τιμή της τάσης και I η ενεργός τιμή της έντασης τότε:

- η πτώση τάσης στην ωμική αντίσταση R είναι: $U_R = I * R$ και είναι συμφασική με το ρεύμα
- η πτώση τάσης στην χωρητική αντίδραση $\frac{1}{\omega * C}$ είναι: $U_C = I * \frac{1}{\omega * C}$ και έπεται του ρεύματος κατά 90° .

Διανυσματική παράσταση μεγεθών

Από την διανυσματική παράσταση του σχήματος (β) διαπιστώνουμε ότι:



$$U^2 = U_R^2 + U_C^2 = I^2 * \left[R^2 + \left(\frac{1}{\omega * C} \right)^2 \right] \Rightarrow U = I * \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega * C} \right)^2}$$

επομένως από το νόμο του ohm συμπεραίνουμε ότι ο όρος $\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega * C} \right)^2}$ είναι η σύνθετη αντίσταση του κυκλώματος Z δηλαδή: $Z = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega * C} \right)^2}$

Η διαφορά φάσης μεταξύ τάσης και ρεύματος είναι φ_Z και προκύπτει από τη σχέση:

$$\epsilon\varphi\varphi_Z = \frac{U_C}{U_R} = \frac{1}{\omega * R * C}$$

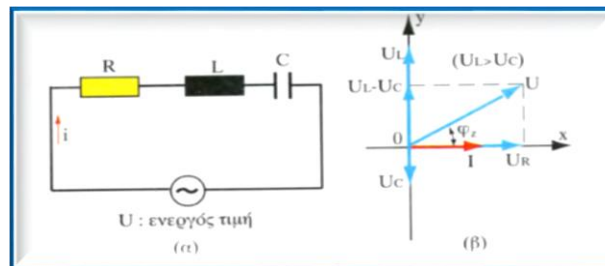
Το γεγονός ότι $-90^\circ \leq \varphi_Z \leq 0$ φανερώνει ότι στο κύκλωμα RC η τάση έπεται πάντα του ρεύματος και στην περίπτωση αυτή λέμε ότι το κύκλωμα έχει χωρητική συμπεριφορά.

3.3 Κύκλωμα RLC σε σειρά.

1. Ποια είναι η συμπεριφορά ενός κυκλώματος που περιλαμβάνει ωμική αντίσταση R, επαγωγική αντίσταση L και πυκνωτή C, σε συνδεσμολογία σειράς. Από ποιον τύπο δίνεται η σύνθετη αντίσταση Z, και πως παριστάνονται διανυσματικά τα διάφορα μεγέθη του κυκλώματος;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Έστω κύκλωμα RLC, που τροφοδοτείται με εναλλασσόμενη τάση U, όπως στο σχήμα (α):



Εάν U είναι η ενεργός τιμή της τάσης και I η ενεργός τιμή της έντασης τότε:

- η πτώση τάσης στην ωμική αντίσταση R είναι: $U_R = I * R$ και είναι συμφασική με το ρεύμα
- η πτώση τάσης στην επαγωγική αντίδραση ωL είναι: $U_L = I * \omega * L$ και προπορεύεται του ρεύματος κατά 90° .
- η πτώση τάσης στην χωρητική αντίδραση $\frac{1}{\omega * C}$ είναι: $U_C = I * \frac{1}{\omega * C}$ και έπεται του ρεύματος κατά 90°

Διανυσματική παράσταση μεγεθών

Από την διανυσματική παράσταση του σχήματος (β) διαπιστώνουμε ότι:

$$U^2 = U_R^2 + (U_L - U_C)^2 \Rightarrow U = I * \sqrt{R^2 + \left(\omega * L - \frac{1}{\omega * C}\right)^2}$$

επομένως από το νόμο του ohm συμπεραίνουμε ότι ο όρος

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega * L - \frac{1}{\omega * C}\right)^2} \quad \text{είναι η σύνθετη αντίσταση του κυκλώματος}$$

δηλαδή: $Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega * L - \frac{1}{\omega * C}\right)^2}$, η διαφορά φάσης μεταξύ τάσης και ρεύματος είναι φ_Z και προκύπτει από τη σχέση:

$$\varepsilon\varphi\varphi_Z = \frac{U_L - U_C}{U_R} = \frac{\omega * L - \frac{1}{\omega * C}}{R}$$

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- εάν $\omega * L - \frac{1}{\omega * C} > 0$ δηλαδή $U_L > U_C$ τότε η γωνία

φ_Z είναι $0 \leq \varphi_Z \leq 90^\circ$ και η τάση προηγείται του ρεύματος κατά 90° , δηλαδή το κύκλωμα παρουσιάζει επαγωγική συμπεριφορά.

- εάν $\omega * L - \frac{1}{\omega * C} < 0$ δηλαδή $U_L < U_C$ τότε η γωνία

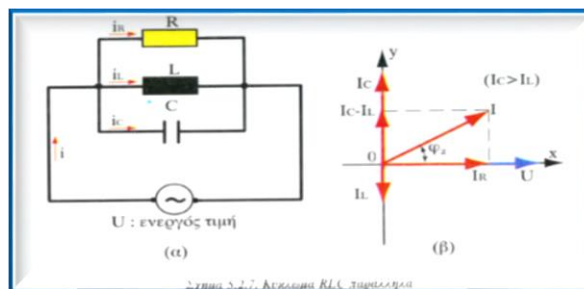
ϕ_Z είναι $-90^\circ \leq \phi_Z \leq 0$ και συνεπώς η τάση έπεται του ρεύματος, άρα το κύκλωμα παρουσιάζει καθαρά χωρητική συμπεριφορά.

3.4 Κύκλωμα RLC παράλληλα.

1. Ποια είναι η συμπεριφορά ενός κυκλώματος που περιλαμβάνει ωμική αντίσταση R, επαγωγική αντίσταση L και πυκνωτή C, σε παράλληλη συνδεσμολογία. Από ποιον τύπο δίνεται η σύνθετη αντίσταση Z, και πως παριστάνονται διανυσματικά τα διάφορα μεγέθη του κυκλώματος;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Έστω κύκλωμα RLC, που τροφοδοτείται με εναλλασσόμενη τάση U, όπως στο σχήμα (α):



Εάν U είναι η ενεργός τιμή της τάσης και I η ενεργός τιμή της έντασης τότε:

- το ρεύμα στην ωμική αντίσταση R είναι $I_R = \frac{U}{R}$
- το ρεύμα στην επαγωγική αντίδραση $\omega * L$ είναι $I_L = \frac{U}{\omega * L}$ και το οποίο έπεται της τάσης κατά 90°
- το ρεύμα στην χωρητική αντίδραση $\frac{1}{\omega * C}$ είναι $I_C = \omega * C * U$ και το οποίο προπορεύεται της τάσης κατά 90° .

Διανυσματική παράσταση μεγεθών

Από την διανυσματική παράσταση του σχήματος (β) διαπιστώνουμε ότι:

$$I^2 = I_R^2 + (I_C - I_L)^2 = U^2 * \left[\frac{1}{R^2} + \left(\omega * C - \frac{1}{\omega * L} \right)^2 \right] \Rightarrow$$

$$U = I * \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{R^2} + \left(\omega * C - \frac{1}{\omega * L} \right)^2}}$$

επομένως από το νόμο του ohm συμπεραίνουμε ότι ο όρος

$$Z = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{R^2} + \left(\omega * C - \frac{1}{\omega * L} \right)^2}}$$

είναι η σύνθετη αντίσταση του κυκλώματος

δηλαδή: $Z = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{R^2} + \left(\omega * C - \frac{1}{\omega * L}\right)^2}}$, η διαφορά φάσης μεταξύ τάσης και ρεύματος είναι φ_Z και

προκύπτει από τη σχέση:

$$\epsilon\varphi\varphi_Z = \frac{I_C - I_L}{I_R} = \frac{\omega * C - \frac{1}{\omega * L}}{R}$$

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- εάν $\omega * C - \frac{1}{\omega * L} > 0$ δηλαδή $I_C > I_L$ το ρεύμα προηγείται της τάσης δηλαδή το κύκλωμα παρουσιάζει χωρητική συμπεριφορά και
- εάν $\omega * C - \frac{1}{\omega * L} < 0$ δηλαδή $I_C < I_L$ το ρεύμα έπεται της τάσης δηλαδή το κύκλωμα παρουσιάζει επαγωγική συμπεριφορά.

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ

Σε όλα τα σύνθετα κυκλώματα, η σύνθετη αντίσταση Z προκύπτει ως υποτείνουσα ενός ορθογώνιου τριγώνου με κάθετες πλευρές R (ωμική αντίσταση) και X (επαγωγική ή χωρητική αντίδραση). Το τρίγωνο αυτό είναι γνωστό σαν **ΤΡΙΓΩΝΟ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ**.

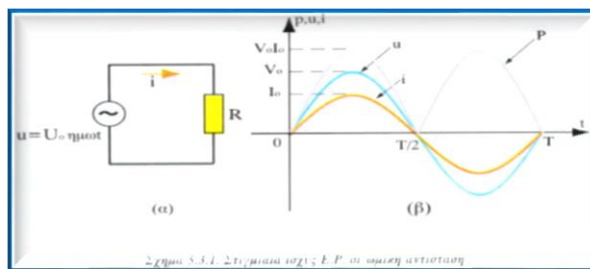
4. Ισχύς και Ενέργεια στο Εναλλασσόμενο ρεύμα.

4.1 Ισχύς σε ωμική αντίσταση.

1. Τι γνωρίζετε για την ισχύ σε μια ωμική αντίσταση.

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Όταν ένα κύκλωμα περιλαμβάνει μόνο μια ωμική αντίσταση, όπως φαίνεται στο σχήμα(α), το ρεύμα και η τάση βρίσκονται σε φάση, δηλαδή διέρχονται ταυτόχρονα από το μηδέν και αποκτούν ταυτόχρονα τη μέγιστη τιμή τους, όπως φαίνεται στο σχήμα (β):

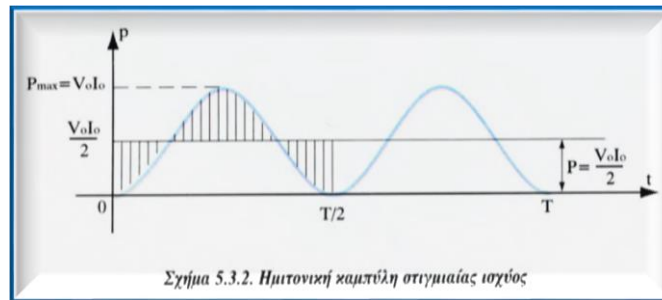


Στιγμιαία ισχύς p :	$p = u * i$
όταν $u = 0$ και $p = 0$	τότε $p = 0$
όταν i_{max} και u_{max}	τότε p_{max}

από 0 έως $T/2$ u, i θετικά, οπότε
από $T/2$ έως T u, i αρνητικά οπότε

$p = \text{θετικό}$
 $p = \text{θετικό}$ (διότι είναι γινόμενο
δύο αρνητικών)

Όπως φαίνεται από το σχήμα (β), η στιγμιαία ισχύς p σε διάστημα μιας περιόδου παρουσιάζει δυο φορές την ίδια γραφική. Αυτό μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι μεταβάλλεται περιοδικά με διπλάσια συχνότητα από την τάση και το ρεύμα.



όπως φαίνεται από το παραπάνω διανυσματικό διάγραμμα, εάν φέρουμε μια παράλληλη προς τον άξονα t στο ύψος $\frac{U_0 * I_0}{2}$ παρατηρούμε ότι η ισχύς ακολουθεί και αυτή μια ημιτονική καμπύλη με περίοδο $\frac{T}{2}$.

Μέση τιμή ισχύος:

$$P = \frac{U_0 * I_0}{2}$$

Με τις ενεργές τιμές τάσης και έντασης :

$$P = U_{\text{εν}} * I_{\text{εν}}$$

Ηλεκτρικό έργο (ή ενέργεια) W :

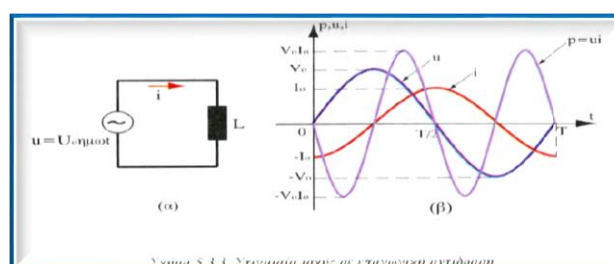
$$W = P * t = \frac{U_0 * I_0 * t}{2} \Rightarrow W = U_{\text{εν}} * I_{\text{εν}} * t$$

είναι το μέγεθος το οποίο χρεώνονται οι καταναλωτές, δηλαδή η ενέργεια που απορροφάται από την ωμική αντίσταση σε χρόνο t .

4.2 Ισχύς σε επαγωγική αντίδραση (αντίσταση).

1. Τι γνωρίζετε για την ισχύ όταν ένα κύκλωμα έχει μόνο επαγωγική αντίδραση (αντίσταση).

ΑΠΑΝΤΗΣΗ



Επιμέλεια: Μαυρόπουλος Θεοφάνης

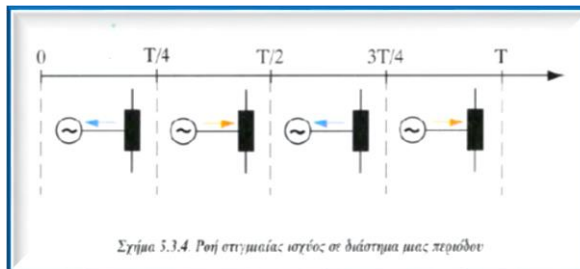
Όταν ένα κύκλωμα περιλαμβάνει μόνο επαγωγική αντίσταση, όπως φαίνεται στο σχήμα(α), η τάση προηγείται του ρεύματος κατά 90° , με αποτέλεσμα όταν η τάση u διέρχεται από τη μέγιστη τιμή της, το ρεύμα να είναι μηδενικό και αντιστρόφως.

$$\text{στιγμιαία ισχύς } p = u * i$$

κατά συνέπεια η καμπύλη της προκύπτει πολλαπλασιάζοντας για κάθε χρονική στιγμή τις αντίστοιχες στιγμιαίες τιμές u και i . Έτσι λοιπόν προκύπτει η καμπύλη του σχήματος (β) και παρατηρούμε ότι:

- η φορά της ροής της ισχύος μεταβάλλεται ανά τέταρτο περιόδου και στο διάστημα μιας περιόδου παρουσιάζει δύο φορές την ίδια γραφική παράσταση
- κατά συνέπεια η στιγμιαία ισχύς έχει διπλάσια συχνότητα από την τάση και το ρεύμα
- η ενεργός ισχύς P που προκύπτει ως μέση τιμή από τις στιγμιαίες τιμές είναι μηδέν, δηλαδή η επαγωγική αντίδραση δεν καταναλώνει πραγματική ισχύ, άρα είναι "άεργος αντιστάτης"

$$\text{άεργος ισχύ } Q = U_{\text{εφ}} * I_{\text{εφ}} = \frac{U_0 * I_0}{2} \text{ σε Var}$$



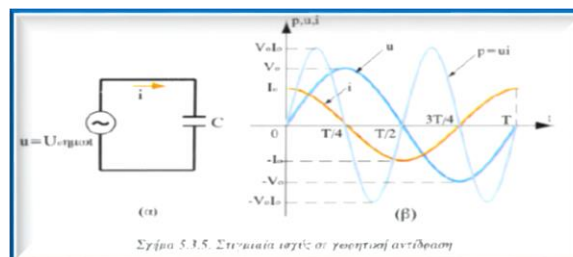
Μεταβολή στιγμιαίας ισχύος

στα διαστήματα όπου η στιγμιαία ισχύς είναι αρνητική, η ροή ισχύος είναι από την επαγωγική αντίδραση προς την πηγή, ενώ, στα διαστήματα που είναι θετική, η ροή ισχύος είναι από την πηγή προς τη επαγωγική αντίδραση όπως φαίνεται και στο σχήμα.

4.3 Ισχύς σε χωρητική αντίδραση (αντίσταση).

1. Τι γνωρίζετε για την ισχύ όταν ένα κύκλωμα έχει μόνο χωρητική αντίδραση (αντίσταση).

ΑΠΑΝΤΗΣΗ



Όταν ένα κύκλωμα περιλαμβάνει μόνο χωρητική αντίσταση, όπως φαίνεται στο σχήμα(α), η τάση έπεται του ρεύματος κατά 90° , με αποτέλεσμα όταν το ρεύμα είναι μέγιστο, η τάση να είναι μηδενική και αντιστρόφως.

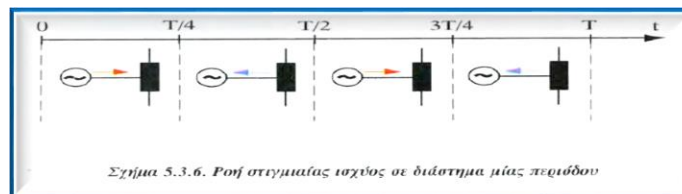
$$\text{στιγμιαία ισχύς } p = u * i$$

κατά συνέπεια η καμπύλη της προκύπτει πολλαπλασιάζοντας για κάθε χρονική στιγμή τις αντίστοιχες στιγμιαίες τιμές u και i . Έτσι λοιπόν προκύπτει η καμπύλη του σχήματος (β) και παρατηρούμε ότι:

- η φορά της ροής της ισχύος μεταβάλλεται ανά τέταρτο περιόδου και στο διάστημα μιας περιόδου παρουσιάζει δύο φορές την ίδια γραφική παράσταση
- κατά συνέπεια η στιγμιαία ισχύς έχει διπλάσια συχνότητα από την τάση και το ρεύμα
- η ενεργός ισχύς P που προκύπτει ως μέση τιμή από τις στιγμιαίες τιμές είναι μηδέν, δηλαδή η χωρητική αντίδραση δεν καταναλώνει πραγματική ισχύ, άρα είναι "άεργος αντιστάσις"

$$\text{άεργος ισχύς } Q = U_{\text{ev}} * I_{\text{ev}} = \frac{U_0 * I_0}{2} \text{ σε Var}$$

Μεταβολή στιγμιαίας ισχύος



στα διαστήματα όπου η στιγμιαία ισχύς είναι αρνητική, η ροή ισχύος είναι από την χωρητική αντίδραση προς την πηγή, ενώ, στα διαστήματα που είναι θετική, η ροή ισχύος είναι από την πηγή προς τη χωρητική αντίδραση όπως φαίνεται και στο σχήμα.

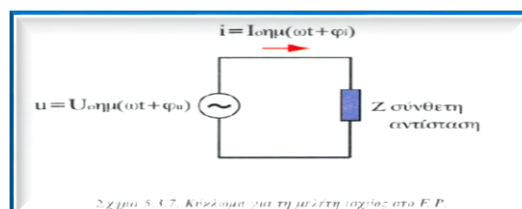
4.4 Ισχύς σε σύνθετη αντίσταση – Τρίγωνο ισχύος.

1. Ποια ισχύς ονομάζεται πραγματική, ποια άεργος και ποια φαινόμενη. Δώστε τον τύπο της κάθε μίας και τις μονάδες.

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Οι συσκευές σπάνια αποτελούνται μόνο από καθαρές ωμικές αντιστάσεις, η καθαρές επαγωγικές ή καθαρές χωρητικές. Συνήθως συμπεριφέρονται ως συνδυασμός των παραπάνω και κυρίως ως συνδυασμός ωμικής αντίστασης και επαγωγικής αντίδρασης.

Έστω μια σύνθετη αντίσταση Z όπως του σχήματος, στα άκρα της οποίας εφαρμόζεται εναλλασσόμενη τάση $u = U_0 * \eta\mu(\omega t + \varphi_u)$ και διαρρέεται από ρεύμα $i = I_0 * \eta\mu(\omega t + \varphi_i)$ όπως στο σχήμα:



Επιμέλεια: Μαυρόπουλος Θεοφάνης

Ονομάζεται πραγματική ισχύς P η ισχύς που καταναλώνεται στο ωμικό μέρος της σύνθετης αντίστασης υπό μορφή θερμότητας και αποδεικνύεται ότι δίνεται από την σχέση:

$$P = U_{\varepsilon\nu} * I_{\varepsilon\nu} \cos\varphi = \frac{U_0 * I_0}{2} \cos\varphi \text{ σε Watt (W)}$$

όπου $\varphi = \varphi_u - \varphi_i$ γωνία της σύνθετης αντίστασης Z , ίση με τη διαφορά της γωνίας ρεύματος από τη γωνία τάσης.

Ονομάζεται άεργος ισχύς Q η ισχύς που παρουσιάζεται στο επαγωγικό ή χωρητικό μέρος της σύνθετης αντίστασης και αποδεικνύεται ότι δίνεται από την σχέση:

$$Q = U_{\varepsilon\nu} * I_{\varepsilon\nu} * \eta\mu\varphi = \frac{U_0 * I_0}{2} \eta\mu\varphi \text{ σε Var (Vr)}$$

Ονομάζεται φαινόμενη ισχύς S το γινόμενο $U_{\varepsilon\nu} * I_{\varepsilon\nu}$ και αποδεικνύεται ότι δίνεται από την σχέση:

$$S = U_{\varepsilon\nu} * I_{\varepsilon\nu} = \frac{U_0 * I_0}{2} \text{ σε VoltAmpere (VA)}$$

2. Ποια σχέση υπάρχει μεταξύ των τριών αυτών ισχύων, πως αποδεικνύεται;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Μεταξύ των τριών αυτών ισχύων υφίσταται η σχέση: $S^2 = P^2 + Q^2$ καθότι

$$P^2 + Q^2 = U_{\varepsilon\nu}^2 * I_{\varepsilon\nu}^2 * \cos^2\varphi + U_{\varepsilon\nu}^2 * I_{\varepsilon\nu}^2 * \eta\mu^2\varphi = U_{\varepsilon\nu}^2 * I_{\varepsilon\nu}^2 * (\cos^2\varphi + \eta\mu^2\varphi) \Rightarrow S^2 = U_{\varepsilon\nu}^2 * I_{\varepsilon\nu}^2$$

επειδή

$$(\cos^2\varphi + \eta\mu^2\varphi) = 1$$

$$\text{άρα } S^2 = U_{\varepsilon\nu}^2 * I_{\varepsilon\nu}^2$$

3. Είναι πάντοτε η πραγματική ισχύς θετική, ενώ η άεργος μπορεί να είναι θετική ή αρνητική; Από ποιο παράγοντα εξαρτάται η άεργος ισχύς και ποιες περιπτώσεις διακρίνουμε;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Επειδή $-90^\circ \leq \varphi \leq 90^\circ$ συμπεραίνουμε ότι $0 \leq \cos\varphi \leq 1$ συνεπώς η πραγματική ισχύς είναι πάντοτε **Θ Ε Τ Ι Κ Η**.

Η άεργος ισχύς μπορεί να είναι ή **θ ε τ ι κ ή** ή **α ρ ν η τ ι κ ή** καθότι εξαρτάται από τον παράγοντα $\eta\mu\varphi$.

ανάλογα με το πρόσημο της άεργου ισχύος Q διακρίνουμε τις εξής περιπτώσεις:

- αν $Q > 0$ το κύκλωμα παρουσιάζει επαγωγική συμπεριφορά ή ισοδύναμα η τάση προηγείται του ρεύματος κατά γωνία φ
- αν $Q < 0$ το κύκλωμα παρουσιάζει χωρητική συμπεριφορά ή ισοδύναμα η τάση έπεται του ρεύματος κατά γωνία φ .

4. Ποιο μέγεθος ονομάζεται συντελεστής ισχύος, πότε είναι επαγωγικός και πότε χωρητικός;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

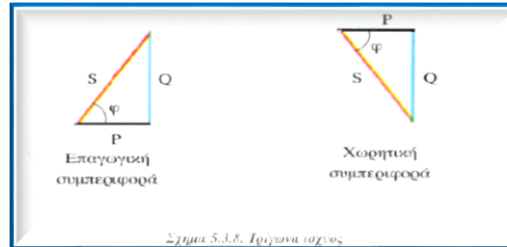
Το $\cos\varphi$ ονομάζεται **σ υ ν τ ε λ ε σ τ ή ς ι σ χ ύ ο ς** και όταν $Q > 0$ λέγεται επαγωγικός ή μεταφορείας, ενώ όταν $Q < 0$ λέγεται χωρητικός ή προπορείας.

Επιμέλεια: Μαυρόπουλος Θεοφάνης

5. Τι είναι τα τρίγωνα ισχύος, τι απεικονίζουν και τι συμπεράσματα βγαίνουν για την συμπεριφορά ενός κυκλώματος;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Το τρίγωνο ισχύος είναι ένα ορθογώνιο τρίγωνο που απεικονίζει μεγέθη με κάθετες πλευρές (πραγματική) P , (άεργη) Q , και υποτείνουσα S (φαινόμενη).



$$\cos\phi = \frac{P}{S}$$

4.5 Αντιστάθμιση (ή βελτίωση του $\cos\phi$).

1. Τι ονομάζουμε αντιστάθμιση ή βελτίωση $\cos\phi$;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Στην πράξη τα διάφορα ηλεκτρικά κυκλώματα εμφανίζουν διαφορά φάσης μεταξύ των διανυσμάτων της τάσης και της έντασης, δηλαδή απορροφούν από το δίκτυο τροφοδοσίας επαγωγική άεργο ισχύ διπλάσιας συχνότητας, που αποτελεί μια πρόσθετη επιβάρυνση για το ηλεκτρικό δίκτυο. Η Δ.Ε.Η. επιβάλλει στους καταναλωτές της να τηρούν έναν προκαθορισμένο ελάχιστο συντελεστή ισχύος, συνήθως $\cos\phi = 0,9$. Ο ευκολότερος τρόπος για τον περιορισμό της κατανάλωσης άεργου ισχύος είναι η παράλληλη σύνδεση χωρητικοτήτων (πυκνωτών). Η διαδικασία αυτή ονομάζεται **αντιστάθμιση** ή **βελτίωση** $\cos\phi$.

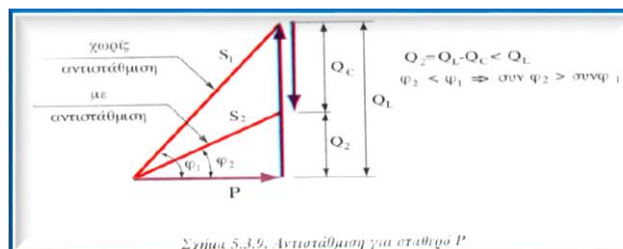
2. Να εξηγήσετε την αντιστάθμιση για σταθερό P όπως φαίνεται στην διανυσματική παράσταση του σχήματος.

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Με την αντιστάθμιση για σταθερή πραγματική ισχύ, μειώνεται η άεργος ισχύ και βελτιώνεται ο συντελεστής ισχύος $\cos\phi$ όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:

$$\text{αφού } \phi_2 < \phi_1 \Rightarrow \cos\phi_2 > \cos\phi_1$$

$$\text{και η άεργη ισχύς } Q_2 = Q_L - Q_C < Q_L$$



3. Ποια είναι τα αποτελέσματα από την αντιστάθμιση;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

- το ρεύμα στους αγωγούς του δικτύου περιορίζεται
- οι απώλειες μειώνονται και

- περιορίζεται το κόστος κατανάλωσης αέργου ισχύος που χρεώνει η Δ.Ε.Η.

4. Πόσα είδη αντιστάθμισης χρησιμοποιούνται κυρίως;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Τρία είδη αντιστάθμισης χρησιμοποιούνται κυρίως:

- **ατομική αντιστάθμιση:** σε κάθε επαγωγικό καταναλωτή συνδέεται άμεσα ο απαραίτητος πυκνωτής. Χρησιμοποιείται κυρίως για μεγάλους καταναλωτές με μεγάλη διάρκεια λειτουργίας.
- **ομαδική αντιστάθμιση:** σε κάθε ομάδα επαγωγικών καταναλωτών κατά το δυνατόν με την ίδια ισχύ και διάρκεια λειτουργίας, αντισταθμίζεται από ένα κοινό πυκνωτή. Χρησιμοποιείται κυρίως για αντιστάθμιση λαμπτήρων φθορισμού.
- **κεντρική αντιστάθμιση:** μέσω μιας εγκατάστασης αυτοματισμού, η άεργος ισχύς ενός πλήθους επαγωγικών καταναλωτών, διαφορετικής ισχύος και διάρκειας λειτουργίας, αντισταθμίζεται από μια ομάδα πυκνωτών που απαιτείται κάθε φορά.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ – ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ (Βιβλίου σελίδα 404)

1. Ποια ισχύς ενός κυκλώματος εναλλασσόμενου ρεύματος αντιστοιχεί στην ισχύ συνεχούς ρεύματος;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Η ενεργός (μέση τιμή της ισχύος) που αντιπροσωπεύει την πραγματική τιμή της ισχύος που καταναλώνεται στην ωμική αντίσταση υπό μορφή θερμότητας είναι η ισχύς που αντιστοιχεί στην ισχύ συνεχούς ρεύματος.

2. Ποια είναι η χαρακτηριστική διαφορά μεταξύ της ενεργού και της αέργου κατανάλωσης; Εξηγήστε με δικά σας λόγια τι συμβαίνει όταν έχουμε άεργη κατανάλωση σε ένα κύκλωμα εναλλασσόμενου ρεύματος.

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Η άεργος κατανάλωση δεν καταναλώνει πραγματική ισχύ. Όταν έχουμε άεργη κατανάλωση η ισχύς παίρνει τόσο θετικές όσο και αρνητικές τιμές. Όταν παίρνει αρνητικές τιμές υπάρχει ροή ισχύος από την άεργο κατανάλωση προς το την πηγή ενώ στα διαστήματα που αυτή είναι θετική η ροή ισχύος είναι από την πηγή προς την κατανάλωση.

3. Για ποιο είδος ισχύος πρέπει να υπολογίζονται οι πηγές μιας επιχείρησης παροχής ηλεκτρικής ενέργειας;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Οι πηγές μιας επιχείρησης παροχής ηλεκτρικής ενέργειας πρέπει να υπολογίζονται για την φαινόμενη ισχύ.

4. Ποια μεγέθη του κυκλώματος εναλλασσόμενου ρεύματος απαιτούνται για τον υπολογισμό της ενεργού και της αέργου ισχύος;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Η ενεργός πραγματική ισχύ (P) υπολογίζεται από τη σχέση:

$$P = U * I * \cos\phi \quad \text{σέ (W)att} \quad \text{όπου}$$

$U =$ η ενεργός τιμή της τάσης σε (V)olt

$I =$ η ενεργός τιμή της έντασης σε (A)mpere

συνφ = η γωνία μεταξύ τάσης και ρεύματος.

Η άεργος ισχύς (Q) υπολογίζεται από τη σχέση:

$Q = U * I * \eta\mu\phi$ σε Var όπου

$U =$ η ενεργός τιμή της τάσης σε (V)olt

$I =$ η ενεργός τιμή της έντασης σε (A)mpere

$\eta\mu\phi =$ η γωνία μεταξύ τάσης και ρεύματος.

5. Είναι σταθερή η παροχή θερμότητας από μια ηλεκτρική θερμάστρα που τροφοδοτείται με εναλλασσόμενο ρεύμα;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Η πραγματική τιμή της ισχύος (P) που καταναλίσκεται στην ωμική αντίσταση (R) υπό μορφή θερμότητας υπολογίζεται από τη σχέση $P = U_{\epsilon\nu} * I_{\epsilon\nu} * \sigma\upsilon\nu\phi$ που σημαίνει ότι η παροχή θερμότητας μιας ηλεκτρικής θερμάστρας όταν τροφοδοτείται με εναλλασσόμενο ρεύμα είναι σταθερή (συνφ=1).

6. Ποιο είναι το πρόσημο της επαγωγικής και ποιο της χωρητικής άεργου ισχύος, όταν πρέπει να προστεθεί η άεργος ισχύς διαφορετικών καταναλωτών;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Το πρόσημο της επαγωγικής άεργου ισχύος είναι θετικό ($Q > 0$) και το πρόσημο της χωρητικής άεργου ισχύος είναι αρνητικό ($Q < 0$) όταν πρέπει να προστεθεί άεργος ισχύς διαφορετικών καταναλωτών.

7. Ο επαγωγικός συντελεστής ισχύος ονομάζεται μεταφορείας και ο χωρητικός προπορείας. Με ποιο κριτήριο δόθηκαν αυτές οι ονομασίες;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Αν $Q > 0$ το κύκλωμα παρουσιάζει επαγωγική συμπεριφορά δηλαδή η τάση (U) προηγείται του ρεύματος (I) κατά γωνία (ϕ). Στην περίπτωση αυτή ο συντελεστής ισχύος του κυκλώματος ονομάζεται επαγωγικός ή μεταφορείας.

Αν $Q < 0$ το κύκλωμα παρουσιάζει χωρητική συμπεριφορά δηλαδή η ένταση του ρεύματος (I) προηγείται της τάσης (U) κατά γωνία (ϕ). Στην περίπτωση αυτή ο συντελεστής ισχύος του κυκλώματος ονομάζεται χωρητικός ή προπορείας.

8. Ποιο είδος άεργου ισχύος απορροφάται συνήθως από τους καταναλωτές που χρησιμοποιούνται στην ενεργειακή τεχνολογία;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Η επαγωγική άεργος ισχύς απορροφάται συνήθως από τους καταναλωτές που χρησιμοποιούνται στην ενεργειακή τεχνολογία (κινητήρες, μετασχηματιστές κλπ).

9. Ποιο είδος ισχύος του εναλλασσόμενου ρεύματος δεν εξαρτάται από την φάση ϕ ;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Η ισχύς του εναλλασσόμενου ρεύματος που δεν εξαρτάται από την φάση (φ) είναι η φαινόμενη ισχύς (S) η οποία υπολογίζεται από την σχέση: $S = U * I$ σε VA .

10. Ποια είναι η τιμή του $\cos\varphi$ όταν η φαινόμενη και η ενεργός ισχύς είναι ίσες;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Στην περίπτωση αυτή το $\cos\varphi = 1$.

11. Ποιο είδος αντιστάθμισης είναι το καταλληλότερο για μεγάλους καταναλωτές με μεγάλη διάρκεια συνεχούς λειτουργίας;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Το είδος αντιστάθμισης που είναι καταλληλότερο για μεγάλους καταναλωτές με μεγάλη διάρκεια συνεχούς λειτουργίας είναι η **α τ ο μ ι κ ή** αντιστάθμιση. Σε αυτό το είδος αντιστάθμισης σε κάθε επαγωγικό καταναλωτή συνδέεται παράλληλα ένας πυκνωτής.

12. Ποιο είδος αντιστάθμισης είναι το καταλληλότερο για μια εγκατάσταση με ένα μεγάλο αριθμό καταναλωτών με διαφορετική ισχύ και με διαφορετική διάρκεια συνεχούς λειτουργίας;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Το είδος της αντιστάθμισης στην περίπτωση αυτή είναι η **κ ε ν τ ρ ι κ ή** αντιστάθμιση στην οποία ή άεργος ισχύς ενός πλήθους επαγωγικών καταναλωτών διαφορετικής ισχύος και διάρκειας λειτουργίας αντισταθμίζεται από μια ομάδα πυκνωτών. Η άεργος ισχύς πυκνωτών που απαιτείται κάθε φορά για την κάλυψη της αέργου επαγωγικής ισχύος γίνεται μέσω μιας εγκατάστασης αυτοματισμού.

5. Συντονισμός κυκλώματος.

1. Σε ένα κύκλωμα RLC, όταν μεταβάλλεται η κυκλική συχνότητα ω ή όταν μεταβάλλονται οι τιμές των L και C, ποιο φαινόμενο εμφανίζεται;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Σε ένα κύκλωμα RLC, όταν μεταβάλλεται η κυκλική συχνότητα ω ή όταν μεταβάλλονται οι τιμές των L και C, τότε εμφανίζεται το φαινόμενο του συντονισμού.

2. Τι ονομάζεται συντονισμός κυκλώματος;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Συντονισμός ενός κυκλώματος RLC ονομάζεται το φαινόμενο, κατά το οποίο η εφαρμοζόμενη τάση βρίσκεται σε φάση με το ρεύμα στην είσοδο του.

3. Ποιο είναι το κύριο αποτέλεσμα από την εμφάνιση συντονισμού σε ένα κύκλωμα RLC ;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Το κύριο αποτέλεσμα από την εμφάνιση συντονισμού σε ένα κύκλωμα RLC είναι, τ ά σ ε ι ς ή ρ ε ύ μ α τ α του κυκλώματος να παίρνουν μέγιστες τιμές.

4. Σε ποια κυκλώματα εμφανίζεται συντονισμός;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

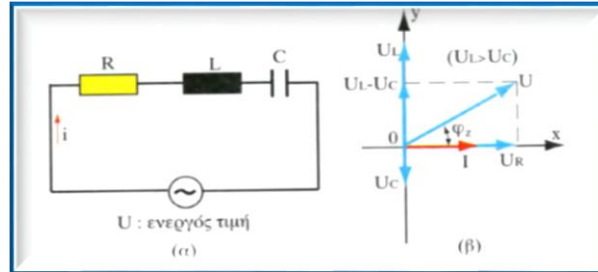
Συντονισμός εμφανίζεται τόσο σε κυκλώματα σειράς όσο και σε παράλληλα κυκλώματα.

5.1 Συντονισμός κυκλώματος σειράς.

1. Πότε ένα κύκλωμα σειράς βρίσκεται σε συντονισμό;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Όπως φαίνεται από το κύκλωμα σειράς του σχήματος, παρατηρώντας το διανυσματικό διάγραμμα βλέπουμε ότι:



εάν $U_L = U_C$, οι τάσεις αυτές αλληλοαναιρούνται και απομένει μόνο η τάση U_R με αποτέλεσμα $U = U_R$. Στην περίπτωση αυτή τάση και ρεύμα έχουν διαφορά φάσης $\mu \eta \delta \acute{\epsilon} \nu (0)$ και κατά συνέπεια το κύκλωμα βρίσκεται σε **ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟ**.

2. Πως προκύπτει η συχνότητα στην οποία επιτυγχάνεται ο συντονισμός;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Η συχνότητα στην οποία επιτυγχάνεται ο συντονισμός προκύπτει ως εξής:

$$U_L = U_C \Rightarrow I * \omega_0 * L = I * \frac{1}{\omega_0 * C} \Rightarrow I * \omega_0 * L * \omega_0 * C = I \Rightarrow \omega_0^2 * I * L * C = I \Rightarrow \omega_0^2 = \frac{1}{L * C} \Rightarrow \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L * C}} \Rightarrow 2\pi f_0 = \frac{1}{\sqrt{L * C}} \Rightarrow \text{και } f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L * C}}$$

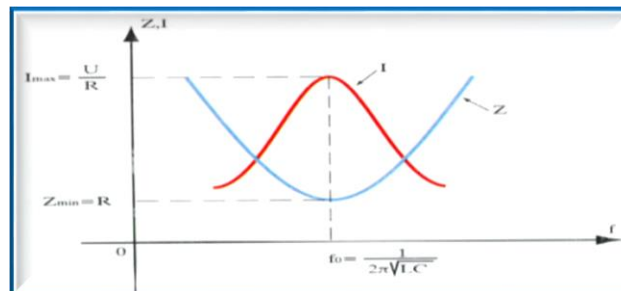
Η συχνότητα f_0 ονομάζεται ιδιοσυχνότητα του κυκλώματος, και η σχέση

$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L * C}}$ και $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L * C}}$ είναι γνωστή ως τύπος του Thomson. Εάν μεταβληθούν οι τιμές των L και (ή) C , μεταβάλλεται η ιδιοσυχνότητα του κυκλώματος και άρα υπάρχει η δυνατότητα συντονισμού του κυκλώματος σε διάφορες συχνότητες.

3. Σε ένα κύκλωμα συντονισμού πως μεταβάλλεται η σύνθετη αντίσταση Z και το ρεύμα I σε συνάρτηση με την συχνότητα f ;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Στην συχνότητα συντονισμού, η σύνθετη αντίσταση του κυκλώματος παίρνει ελάχιστη



τιμή και η ένταση του ρεύματος μέγιστη τιμή, όπως φαίνεται από το σχήμα, δηλαδή:

$$Z_{\min} = R \quad \text{και} \quad I_{\max} = \frac{U}{R}$$

4. Τι ονομάζουμε συντελεστή ποιότητας του κυκλώματος Q_{π} ;**ΑΠΑΝΤΗΣΗ**

Συντελεστής ποιότητας του κυκλώματος (Q_{π}) ονομάζεται το πηλίκο της τάσης που επικρατεί στα άκρα του πηνίου (ή του πυκνωτή) κατά το συντονισμό προς την τάση τροφοδοσίας, δηλαδή:

$$Q_{\pi} = \frac{U_L}{U} = \frac{U_C}{U} = \frac{I_{max} * \omega_0 L}{I_{max} * R} = \frac{\omega_0 * L}{R} = \frac{1}{\omega_0 * R * C} = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}} \Rightarrow Q_{\pi} = \frac{\omega_0 * L}{R} = \frac{1}{\omega_0 * R * C} = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$$

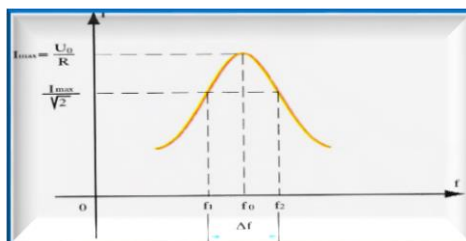
Ο συντελεστής ποιότητας (Q_{π}) δείχνει ότι η τάση U_L ή U_C είναι Q_{π} φορές μεγαλύτερη από την τάση τροφοδοσίας και οι τιμές του στην πράξη κυμαίνονται συνήθως μεταξύ 10 και 300. Εμφανίζονται δηλαδή υπερτάσεις στο εσωτερικό του κυκλώματος RLC.

5. Ποιο φαινόμενο είναι γνωστό ως υπέρταση κατά τον συντονισμό κυκλώματος RLC;**ΑΠΑΝΤΗΣΗ**

Το φαινόμενο κατά το οποίο οι υπερτάσεις που εμφανίζονται στο εσωτερικό του κυκλώματος RLC, είναι γνωστό ως **υ π έ ρ τ α σ η**, και πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη κατά το σχεδιασμό ενός κυκλώματος, διότι υπάρχει ο κίνδυνος να διασπαστεί το διηλεκτρικό του πυκνωτή εξαιτίας αυτής της υπέρτασης.

6. Τι είναι η ζώνη διέλευσης ή ζώνη συντονισμού Δf και από ποια σχέση δίνεται;**ΑΠΑΝΤΗΣΗ**

Η ζώνη διέλευσης ή ζώνη συντονισμού είναι το τμήμα εκείνο της καμπύλης, που μας δείχνει το πόσο στενή είναι η καμπύλη συντονισμού στην περιοχή κοντά στην συχνότητα συντονισμού. Αυτό εκτιμάται με τη ζώνη διέλευσης ή ζώνη συντονισμού Δf του κυκλώματος και δίνεται από τη σχέση:



Ζώνη διέλευσης ή ζώνη συντονισμού.

$\Delta f = f_2 - f_1$ όπου f_1 και f_2 είναι οι πλευρικές συχνότητες στις οποίες το ρεύμα I παίρνει τιμή ίση με $0,707 * I_{max}$.

7. Ποια σχέση ισχύει μεταξύ της ζώνης διέλευσης Δf και του συντελεστή ποιότητας Q_{π} ;**ΑΠΑΝΤΗΣΗ**

Μεταξύ της ζώνης διέλευσης Δf και του συντελεστή ποιότητας Q_{π} ισχύει: $\Delta f = \frac{f_0}{Q_{\pi}}$, δηλαδή για ορισμένη συχνότητα συντονισμού f_0 η ζώνη διέλευσης είναι τόσο μικρότερη (πιο στενή καμπύλη), όσο μεγαλύτερος είναι ο συντελεστής ποιότητας Q_{π} .

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ

Για τον υπολογισμό της ισχύος στην περίπτωση του συντονισμού παρατηρούμε τα εξής:

Δεν υπάρχει διαφορά φάσης μεταξύ τάσης και ρεύματος δηλαδή $\phi = 0$. Έτσι :

Από τους τύπους Πραγματικής και Αέργου ισχύος έχουμε:

$$P = U_{ev} * I_{ev} * \cos\phi = U_{ev} * I_{ev} * \cos 0^\circ = U_{ev} * I_{ev} * 1 \Rightarrow P = U_{ev} * I_{ev}$$

$$Q = U_{εν} * I_{εν} * \eta\mu\phi = U_{εν} * I_{εν} * \eta\mu 0^\circ = 0 \Rightarrow Q = 0$$

Δηλαδή όταν το κύκλωμα βρίσκεται σε συντονισμό απορροφά αποκλειστικά ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΙΣΧΥ (P) από την πηγή, η οποία καταναλώνεται στην ωμική του αντίσταση (R). Η απορροφούμενη ισχύς είναι η ΜΕΓΙΣΤΗ διότι το ΡΕΥΜΑ είναι ΜΕΓΙΣΤΟ. Επομένως, όταν ένα κύκλωμα είναι συντονισμένο, μεταφέρεται πραγματική ισχύς από την πηγή στην ωμική αντίσταση του κυκλώματος.

8. Τι συμβαίνει με την ενέργεια στο εσωτερικό ενός συντονισμένου κυκλώματος RLC;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Στο εσωτερικό συντονισμένου κυκλώματος RLC υπάρχει αποταμιευμένη ενέργεια στο μαγνητικό πεδίο του πηνίου και στο ηλεκτρικό πεδίο του πυκνωτή. Η ενέργεια αυτή κυκλοφορεί συνεχώς μεταξύ του πηνίου και του πυκνωτή (ταλάντωση ενέργειας) αλλάζοντας μορφή, χωρίς να επιστρέφει στην πηγή, όπως συμβαίνει σε ένα ασυντόνιστο κύκλωμα. Με άλλα λόγια μεταξύ του πηνίου και του πυκνωτή πραγματοποιείται συνεχώς μια ταλάντωση ενέργειας με συχνότητα ίση με την συχνότητα συντονισμού.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ – ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ (Βιβλίου σελίδα 420).

1. Σε ένα κύκλωμα RLC σειράς η συχνότητα συντονισμού είναι 5 KHz. Εάν οι τιμές των L και C υποδιπλασιαστούν, πόση θα είναι η νέα συχνότητα συντονισμού.

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Η νέα συχνότητα συντονισμού θα είναι διπλάσια και αυτό αποδεικνύεται ως εξής:

Όταν λέει ότι οι τιμές των L και C υποδιπλασιαστούν αυτό σημαίνει ότι θα γίνουν αντίστοιχα :

$$\frac{L}{2} \text{ και } \frac{C}{2}$$

Σε ένα κύκλωμα συντονισμού σειράς RLC η συχνότητα συντονισμού (f_0) υπολογίζεται από τη σχέση :

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (1)$$

Αν τιμές των L και C υποδιπλασιαστούν η συχνότητα συντονισμού θα γίνει (f_0') και υπολογίζεται από τη σχέση :

$$f_0' = \frac{1}{2\pi\sqrt{\frac{L}{2} \cdot \frac{C}{2}}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{\frac{LC}{4}}} \quad (2)$$

Αν διαιρέσουμε τις (1) και (2) κατά μέλη έχουμε :

$$\frac{f_0'}{f_0} = \frac{\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}}{\frac{1}{2\pi\sqrt{\frac{LC}{4}}}} = \frac{\frac{1}{\sqrt{LC}}}{\frac{1}{\sqrt{\frac{LC}{4}}}} = \frac{\sqrt{\frac{LC}{4}}}{\sqrt{LC}} = \frac{\frac{\sqrt{LC}}{2}}{\sqrt{LC}} = \frac{\sqrt{LC}}{2\sqrt{LC}} = \frac{1}{2} \text{ και}$$

$$\text{τελικά } \frac{f_0'}{f_0} = \frac{1}{2}$$

$$\text{άρα } f_0' = 2 \cdot f_0 = 2 \cdot 5 = 10 \text{ (KHz)}$$

2. Σε ένα κύκλωμα συντονισμού σειράς η ζώνη διέλευσης είναι 1KHz. Εάν ο συντελεστής ποιότητας διπλασιαστεί, πόση θα είναι η νέα ζώνη διέλευσης;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Από τον τύπο που συνδέει την ζώνη διέλευσης και τον συντελεστή ποιότητας : $\Delta f = \frac{f_0}{Q_\pi}$ βγαίνει το συμπέρασμα ότι εάν διπλασιαστεί ο συντελεστής ποιότητας Q_π επειδή βρίσκεται στον παρονομαστή η ζώνη διέλευσης θα υποδιπλασιαστεί, δηλαδή:

Η ζώνη διέλευσης (Δf) υπολογίζεται από τη σχέση :

$$\Delta f = \frac{f_0}{Q_\pi} \quad (1)$$

Εάν ο συντελεστής ποιότητας διπλασιαστεί και γίνει ($2Q$) η νέα ζώνη διέλευσης θα γίνει ίση με ($\Delta f'$) και υπολογίζεται από τη σχέση :

$$\Delta f' = \frac{f_0}{2Q_\pi} \quad (2)$$

Αν διαιρέσουμε τις (1) και (2) κατά μέλη έχουμε :

$$\frac{\Delta f}{\Delta f'} = \frac{\frac{f_0}{Q_\pi}}{\frac{f_0}{2Q_\pi}} = \frac{2Q_\pi \cdot f_0}{Q_\pi f_0} = 2$$

και

$$\Delta f' = \frac{\Delta f}{2} = \frac{1000}{2} = 500 \text{ (Hz)}$$

3. Σε ένα κύκλωμα RLC σειράς η συχνότητα συντονισμού είναι 5KHz. Εάν η ζώνη διέλευσης είναι 0,5KHz, ποιες είναι οι πλευρικές συχνότητες ;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Συχνότητα συντονισμού: $f_0 = 5\text{KHz}$

Ζώνη διέλευσης : $\Delta f = 0,5\text{KHz}$

Πλευρικές συχνότητες : $f_1, f_2 =$;

Αριστερή πλευρική συχνότητα ζώνης διέλευσης συντονισμένου κυκλώματος:

$$\begin{cases} f_1 = f_0 - \frac{\Delta f}{2} \\ f_2 = f_0 + \frac{\Delta f}{2} \end{cases}$$

Δεξιά πλευρική συχνότητα ζώνης διέλευσης συντονισμένου κυκλώματος:

$$f_1 = f_0 - \frac{\Delta f}{2} = 5 - \frac{0,5}{2} \Rightarrow f_1 = 4,75\text{KHz}$$

Άρα προκύπτει ότι:

$$\text{και} \quad f_2 = f_0 + \frac{\Delta f}{2} = 5 + \frac{0,5}{2} \Rightarrow f_2 = 5,25\text{KHz}$$

Επιμέλεια: Μαυρόπουλος Θεοφάνης

4. Πως μεταβάλλεται το ρεύμα και η σύνθετη αντίσταση συναρτήσει της συχνότητας σε ένα κύκλωμα συντονισμού σειράς; Τι συμβαίνει στην συχνότητα συντονισμού;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Η σύνθετη αντίσταση $Z_{\min} = R$ παίρνει ελάχιστη τιμή και η ένταση του ρεύματος $I_{\max} = \frac{U}{R}$ γίνεται μέγιστη. Στη συχνότητα συντονισμού μεταφέρεται μέγιστη πραγματική ισχύς από την πηγή στην ωμική αντίσταση του κυκλώματος.

5. Πόση είναι η συχνότητα ταλάντωσης της ενέργειας μεταξύ του πηνίου και του πυκνωτή στο συντονισμό;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Η συχνότητα ταλάντωσης της ενέργειας μεταξύ του πηνίου και του πυκνωτή, είναι ίση με την συχνότητα συντονισμού.

6. Γιατί λέμε ότι κατά τον συντονισμό ενός κυκλώματος RLC σειράς εμφανίζονται υπερτάσεις;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Διότι η τάση στο πηνίο U_L ή στον πυκνωτή U_C είναι πολύ μεγαλύτερη κατά $(Q\pi)$ από την τάση τροφοδοσίας του κυκλώματος και οι τιμές του στην πράξη κυμαίνονται συνήθως μεταξύ 10 - 300. Εμφανίζονται, δηλαδή, υπερτάσεις στο εσωτερικό του κυκλώματος RLC.

6. Τριφασικό ρεύμα.

6.1. Παραγωγή τριφασικού ρεύματος.

1. Πως παράγεται η τριφασική εναλλασσόμενη τάση;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Γνωρίζουμε ότι ένα πλαίσιο με n αριθμό σπειρών όταν στρέφεται μέσα σε μαγνητικό πεδίο (μαγνητικής επαγωγής B) παράγεται εναλλασσόμενο ρεύμα. Η στιγμιαία τιμή της τάσης δίνεται:

$$\text{Από τον τύπο: } U = U_0 * \eta\mu\omega t \quad (1) \quad \text{όπου:}$$

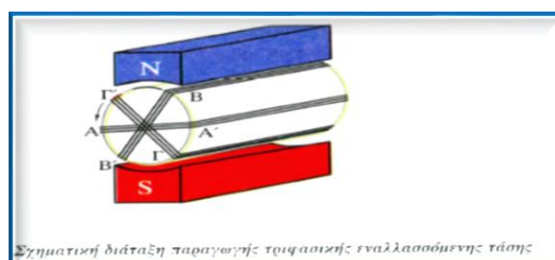
$$U_0 = \text{το πλάτος της εναλλασσόμενης τάσης}$$

$$\omega = 2\pi f \quad \text{η κυκλική συχνότητα του ρεύματος σε rad/sec}$$

$$t = \text{o χρόνος σε sec}$$

$$\omega t (= \varphi) \quad \text{η γωνία περιστροφής μετρημένη σε rad ή σε μοίρες (°).}$$

Έτσι εάν αντί για ένα, χρησιμοποιηθούν 3 όμοια πλαίσια, AA' , BB' , GG' , τα οποία έχουν κοινό άξονα (όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα) περιστροφής και περιστρέφονται με την ίδια συχνότητα,



Σχηματική διάταξη παραγωγής τριφασικής εναλλασσόμενης τάσης

είναι όμως μετατοπισμένα στο χώρο κατά γωνία 120° το ένα από το άλλο, τότε έχουμε παραγωγή τριφασικής εναλλασσόμενης τάσης.

2. Πως είναι μετατοπισμένες χρονικά αυτές οι τρεις εναλλασσόμενες τάσεις;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Οι τρεις εναλλασσόμενες τάσεις που παράγονται μ' αυτόν τον τρόπο, είναι μετατοπισμένες κατά χρόνο ίσο με το $1/3$ της περιόδου T του εναλλασσόμενου ρεύματος, αφού μια πλήρης περιστροφή του κάθε πλαισίου, δηλαδή μια περιστροφή κατά 360° , πραγματοποιείται σε χρόνο ίσο με T .

3. Πως ονομάζονται αυτές οι τρεις εναλλασσόμενες τάσεις και με ποια γράμματα συμβολίζονται;

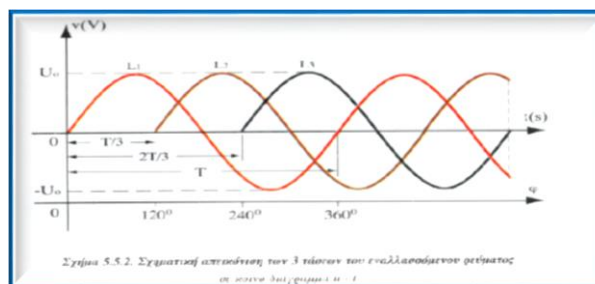
ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Αυτές οι τρεις εναλλασσόμενες τάσεις, ονομάζονται και φάσεις του εναλλασσόμενου ρεύματος. Για να διακρίνονται μεταξύ τους συμβολίζονται με τα γράμματα L_1, L_2, L_3 (παλαιότερα R, S, T).

4. Ποια είναι η σχηματική απεικόνιση αυτών των τριών εναλλασσόμενων τάσεων;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Η σχηματική απεικόνιση αυτών των τριών εναλλασσόμενων τάσεων είναι αυτή του σχήματος



και εάν

υποθέσουμε

σχηματικά ότι η πρώτη φάση L_1 ξεκινά τη χρονική στιγμή 0 , τότε η δεύτερη L_2 , ξεκινά με χρονική καθυστέρηση $T/3$ και η τρίτη L_3 με χρονική καθυστέρηση $2T/3$.

5. Συνυπάρχουν αυτές οι τρεις εναλλασσόμενες τάσεις u_1, u_2, u_3 και ποια είναι τα χαρακτηριστικά τους;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Σε κάθε χρονική στιγμή συνυπάρχουν οι τρεις τάσεις u_1, u_2, u_3 και οι οποίες, λόγω του ότι τα 3 πλαίσια είναι πανομοιότυπα έχουν:

- την ίδια συχνότητα f (και περίοδο T)
- το ίδιο πλάτος U_0
- χρονική καθυστέρηση η μία από την άλλη ίση με το $1/3$ της περιόδου T ή διαφορά φάσης 120° .

6. Από ποιες εξισώσεις παίρνουμε αυτές τις τρεις εναλλασσόμενες τάσεις του τριφασικού συστήματος και τι αποτελούν στη γλώσσα της Ηλεκτροτεχνίας τέτοιες τάσεις;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Οι εξισώσεις των τριών τάσεων είναι οι παρακάτω:

$$u_1 = U_0 * \eta\mu\omega t$$

$$u_2 = U_0 * \eta\mu(\omega t - 120^\circ)$$

$$u_3 = U_0 * \eta\mu(\omega t - 240^\circ)$$

Επιμέλεια: Μαυρόπουλος Θεοφάνης

Στη γλώσσα της ηλεκτροτεχνίας τρεις τέτοιες τάσεις αποτελούν ένα **ΣΥΜΜΕΤΡΙΚΟ ΤΡΙΦΑΣΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ**.

7. Ποια είναι η χαρακτηριστική ιδιότητα του συμμετρικού τριφασικού συστήματος;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Χαρακτηριστική ιδιότητα του συμμετρικού τριφασικού συστήματος είναι:

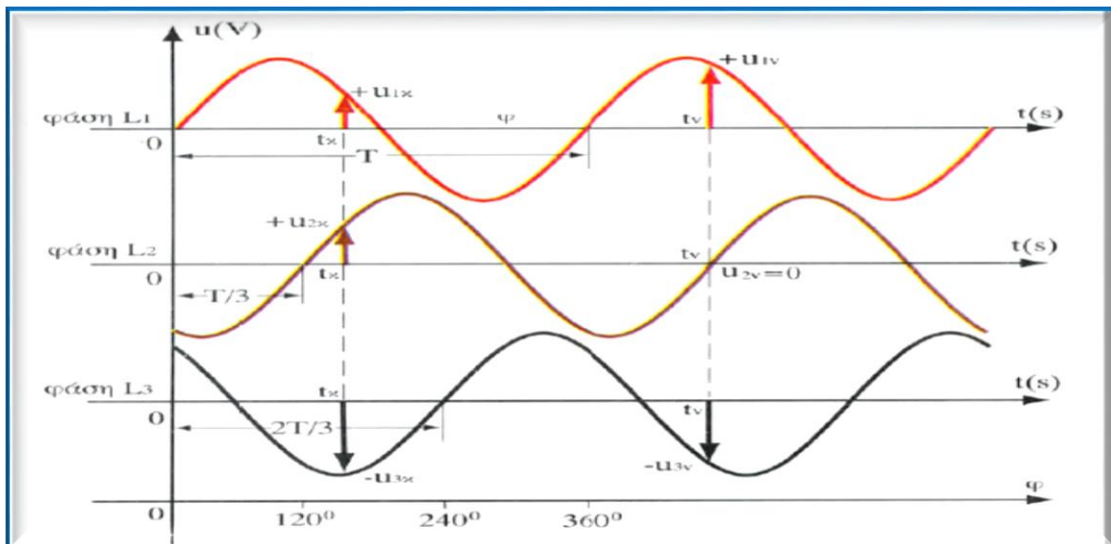
$$u_1 + u_2 + u_3 = 0 \quad \text{δηλαδή}$$

οι τρεις στιγμιαίες τάσεις u_1, u_2, u_3 σε κάθε χρονική στιγμή δίνουν (αλγεβρικό) άθροισμα ίσο με το μηδέν.

8. Πώς αποδεικνύεται ότι οι στιγμιαίες τάσεις u_1, u_2, u_3 σε κάθε χρονική στιγμή δίνουν (αλγεβρικό) άθροισμα ίσο με το μηδέν;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Στο σχήμα που ακολουθεί έχουν σχεδιαστεί τα διαγράμματα $u - t$, των τριών τάσεων u_1, u_2, u_3 το ένα κάτω από το άλλο:

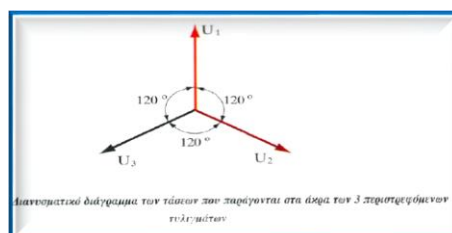


Εύκολα διαπιστώνουμε ότι οποιαδήποτε χρονική στιγμή, οι στιγμιαίες τάσεις u_1, u_2, u_3 έχουν αλγεβρικό άθροισμα μηδέν. Τη χρονική στιγμή t_k στη φάση L_1 αντιστοιχεί η u_{1k} με θετικό πρόσημο, στη φάση L_2 η u_{2k} με θετικό πρόσημο και στη φάση L_3 η u_{3k} με αρνητικό πρόσημο. Αν προσθέσουμε τα πλάτη τους αλγεβρικά προκύπτει άθροισμα ίσο με το 0. Το ίδιο συμβαίνει σε οποιαδήποτε άλλη χρονική στιγμή π.χ. τη χρονική στιγμή t_n όπως φαίνεται και από το σχήμα.

9. Ποια είναι η μορφή του διανυσματικού διαγράμματος των 3 ενεργών τάσεων U_1, U_2, U_3 ;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Το διανυσματικό διάγραμμα των 3 ενεργών τάσεων U_1, U_2, U_3 έχει τη μορφή του παρακάτω σχήματος:



δηλαδή:

Επιμέλεια: Μαυρόπουλος Θεοφάνης

- οι τρεις τάσεις έχουν ίσα μέτρα και διαφορά φάσης 120° η μία από την άλλη.

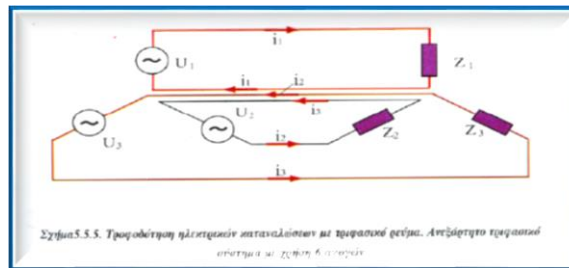
Κάθε φάση καθυστερεί σε σχέση με την προηγούμενη κατά χρονικό διάστημα ίσο με $T/3$ που αντιστοιχεί σε γωνία $360^\circ / 3 = 120^\circ$

6.2. Ανεξάρτητα και αλληλένδετα τριφασικά συστήματα.

1. Τι είναι τα ανεξάρτητα τριφασικά συστήματα;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Τρία περιστρεφόμενα πλαίσια όπως είπαμε μπορούν να θεωρηθούν ως πηγές εναλλασσόμενης τάσης (τριφασική γεννήτρια). Αν συνδέσουμε με αγωγούς κάθε μία από τις τρεις αυτές πηγές με αντίστοιχους καταναλωτές, καθένας από τους οποίους έχει αντίστοιχα σύνθετη αντίσταση Z_1, Z_2, Z_3 , τότε θα έχουμε



τα 3 κυκλώματα

του σχήματος.

2. Ποια είναι η στιγμιαία τιμή του ρεύματος σε κάθε κύκλωμα;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Η στιγμιαία τιμή του ρεύματος σε κάθε κύκλωμα θα είναι:

$$\begin{cases} i_1 = \frac{u_1}{Z_1} \\ i_2 = \frac{u_2}{Z_2} \\ i_3 = \frac{u_3}{Z_3} \end{cases}$$

Αν υποθέσουμε ότι οι σύνθετες αντιστάσεις $Z_1 = Z_2 = Z_3$ στα τρία κυκλώματα

τότε το άθροισμα των ρευμάτων δίνεται από τη σχέση:

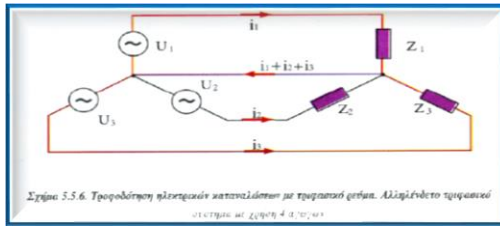
$$i_1 + i_2 + i_3 = \frac{u_1}{Z} + \frac{u_2}{Z} + \frac{u_3}{Z} = \frac{u_1 + u_2 + u_3}{Z} = \frac{0}{Z} \Rightarrow i_1 + i_2 + i_3 = 0 \quad \text{δηλαδή:}$$

το άθροισμα των στιγμιαίων τιμών των τριών ρευμάτων, όπως και των τάσεων, είναι ίσο με το μηδέν.

3. Τι είναι το αλληλένδετο τριφασικό σύστημα με χρήση 4 αγωγών;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Εάν οι 3 αγωγοί επιστροφής του ρεύματος αντικατασταθούν από ένα κοινό αγωγό, ο οποίος διαρρέεται από το άθροισμα των 3 ρευμάτων $i_1 + i_2 + i_3$ θα πάρουμε το σχήμα που ακολουθεί.



Λόγω της σύνδεσης των 3 κυκλωμάτων έχουμε αυτό που ονομάζεται **ΑΛΛΗΛΕΝΔΕΤΟ ΤΡΙΦΑΣΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ**.

4. Πως ονομάζεται ο κοινός αγωγός σε ένα αλληλένδετο τριφασικό σύστημα και πως οι 3 άλλοι αγωγοί;

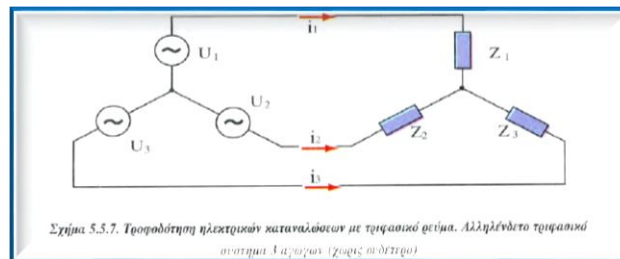
ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Ο κοινός αγωγός ονομάζεται **ΟΥΔΕΤΕΡΟΣ ΑΓΩΓΟΣ**, ενώ οι 3 αγωγοί που αντιστοιχούν στις 3 φάσεις, ονομάζονται **ΑΓΩΓΟΙ ΦΑΣΗΣ**.

5. Πότε μπορεί να καταργηθεί ο ουδέτερος αγωγός;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Αν τα ηλεκτρικά φορτία στις 3 φάσεις είναι ίσα, δηλαδή $Z_1 = Z_2 = Z_3$ τότε ο ουδέτερος

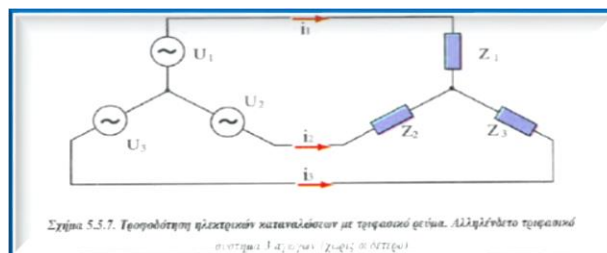


αγωγός δεν διαρρέεται από ρεύμα και μπορεί να καταργηθεί όπως φαίνεται και στο παραπάνω σχήμα.

6. Ποιο σύστημα ονομάζεται συμμετρικό αλληλένδετο τριφασικό σύστημα;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Το αλληλένδετο τριφασικό σύστημα στο οποίο τα φορτία στις 3 φάσεις είναι ίσα δηλαδή $Z_1 = Z_2 = Z_3$ και ο ουδέτερος αγωγός δεν διαρρέεται από ρεύμα ονομάζεται **συμμετρικό**



αλληλένδετο τριφασικό

σύστημα.

7. Σε ποια περίπτωση ο ουδέτερος ενός αλληλένδετου τριφασικού συστήματος διαρρέεται από ρεύμα;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Στην περίπτωση εκείνη κατά την οποία τα φορτία δεν είναι συμμετρικά, υπάρχουν δηλαδή διαφορετικές σύνθετες αντιστάσεις Z_1, Z_2, Z_3 σε κάθε φάση, και $i_1 + i_2 + i_3 \neq 0$.

8. Μπορεί ο ουδέτερος αγωγός να κατασκευαστεί με αγωγό ίδιας ή μικρότερης διατομής σε σχέση με τους αγωγούς φάσης;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Στην πράξη η ενεργός τιμή του ρεύματος του ουδέτερου δεν ξεπερνά την ενεργό τιμή του μεγαλύτερου από τα ρεύματα I_1, I_2, I_3 , που κυκλοφορούν στις τρεις φάσεις. Μπορεί επομένως ο ουδέτερος αγωγός να κατασκευαστεί με αγωγό ίδιας ή μικρότερης διατομής σε σχέση με τους αγωγούς φάσης.

9. Ποιες ιδιότητες των τριφασικών συστημάτων συνέβαλαν πολύ στη διάδοση τους και πως επιτυγχάνεται σημαντική οικονομία στο κόστος κατασκευής και λειτουργίας των γραμμών μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Οι ιδιότητες εκείνες που συνέβαλαν στη διάδοση των τριφασικών συστημάτων είναι:

- ✓ αντί να χρησιμοποιηθούν 6 αγωγοί για τη μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας, μπορούν να χρησιμοποιηθούν 4 αγωγοί (3 φάσεις και ο ουδέτερος)
- ✓ στην περίπτωση συμμετρικών καταναλώσεων, μπορούν να χρησιμοποιηθούν, μόνον 3 αγωγοί (οι 3 φάσεις χωρίς ουδέτερο).

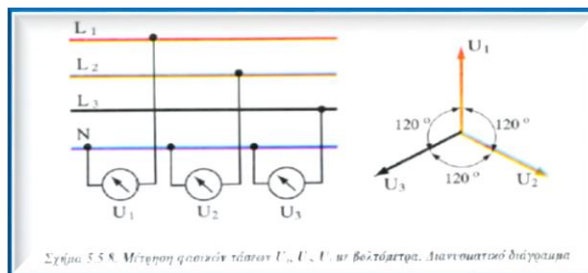
Με την εφαρμογή στην πράξη των παραπάνω ιδιοτήτων των τριφασικών συστημάτων επιτυγχάνεται σημαντική οικονομία στο κόστος κατασκευής και λειτουργίας των γραμμών μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας.

6.3. Φασική και πολική τάση στα τριφασικά συστήματα.

1. Ποια τάση ονομάζεται φασική και πως μετριέται σε ένα τριφασικό σύστημα;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Η τάση μεταξύ του αγωγού μιας φάσης και του ουδέτερου ονομάζεται φασική τάση U_ϕ .



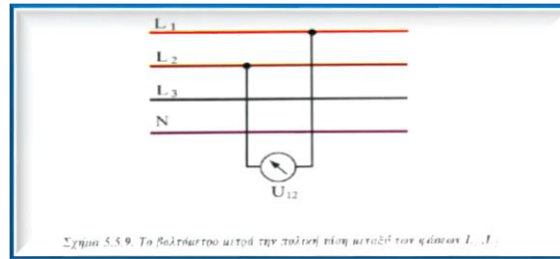
Όπως φαίνεται από το παραπάνω σχήμα, αν έχουμε 3 αγωγούς φάσεων L_1, L_2, L_3 και τον ουδέτερο αγωγό N σε ένα συνδεδεμένο τριφασικό σύστημα ρευμάτων 4 αγωγών, με 3 βολτόμετρα που τοποθετούμε μεταξύ του κάθε αγωγού φάσης και του ουδέτερου μετράμε την ενεργό τιμή της καθεμιάς από τις τάσεις U_1, U_2, U_3 . Αφού οι στιγμιαίες τιμές u_1, u_2, u_3 , των 3 αυτών τάσεων έχουν ημιτονοειδή μορφή με την ίδια συχνότητα f και το ίδιο πλάτος U_0 οι ενεργές τιμές τους θα είναι ίσες δηλαδή:

$$U_1 = U_2 = U_3 .$$

2. Ποια τάση ονομάζεται πολική και πως μετριέται σε ένα τριφασικό σύστημα;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Η τάση που επικρατεί μεταξύ των αγωγών φάσης (U_{12}, U_{23}, U_{31}) σε ένα τριφασικό σύστημα ρευμάτων ονομάζεται πολική U_p .

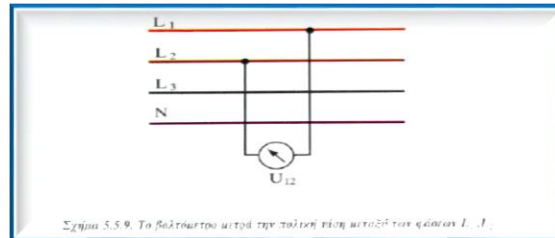


Αν συνδέσουμε ένα βολτόμετρο μεταξύ δύο οποιονδήποτε από τους αγωγούς φάσης, στο σχήμα μεταξύ των L_1 , L_2 αυτό μετρά την ενεργό τιμή της τάσης μεταξύ των L_1 και L_2 , την οποία ονομάζουμε U_{12} .

3. Ποια είναι η τιμή της πολικής τάσης, είναι αυτή μεγαλύτερη από την φασική ;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

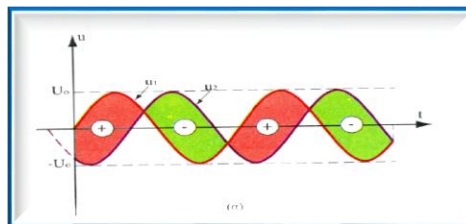
Η πολική τάση U_{12} (ενεργός τιμή) που μετρείται μεταξύ των φάσεων L_1 και L_2 , όπως φαίνεται και στο σχήμα, είναι σημαντικά μεγαλύτερη από την φασική τάση.



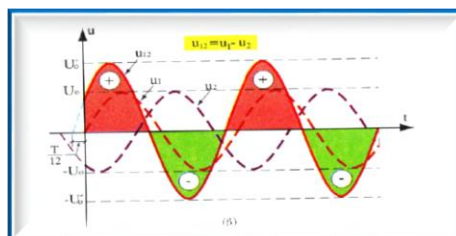
Αυτό συμβαίνει, διότι η στιγμιαία τάση u_{12} προκύπτει, αν από την u_1 αφαιρεθεί η u_2 : δηλαδή

$$u_{12} = u_1 - u_2$$

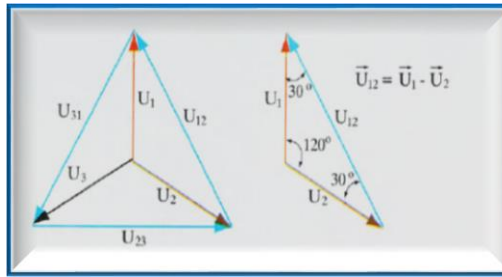
Όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα η τάση u_{12} σημειώνεται ως η κατακόρυφη απόσταση (διαφορά) μεταξύ των σημείων των δύο καμπυλών u_1 και u_2 που αντιστοιχούν στην ίδια χρονική στιγμή.



Αν μεταφερθούν αυτές οι αποστάσεις σε ένα διάγραμμα τάσης - χρόνου όπως στο σχήμα



παρατηρούμε ότι η τάση u_{12} έχει ημιτονοειδή μορφή με περίοδο T . Η θετική ημιπερίοδος της αντιστοιχεί στα σημεία όπου $u_1 > u_2$ και η αρνητική στα σημεία όπου $u_1 < u_2$. Τα σημεία όπου η καμπύλη u_{12} παίρνει τιμές 0, αντιστοιχούν στα σημεία τομής των καμπυλών u_1 και u_2 . Παρατηρούμε ακόμη ότι η u_{12} προηγείται της τάσης u_1 κατά χρόνο ίσο με $T/12$ (που αντιστοιχεί σε γωνία 30° στο διάγραμμα τάσης - γωνίας).

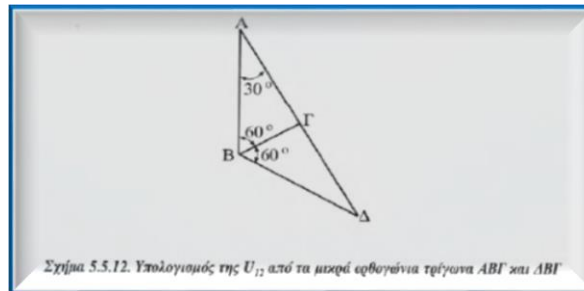


Στο διανυσματικό διάγραμμα των 3 φασικών τάσεων U_1 , U_2 , U_3 , η U_{12} προκύπτει ως γη διανυσματική διαφορά των δύο διανυσμάτων U_1 και U_2 . Με όμοιο τρόπο υπολογίζονται και οι U_{23} και U_{31} , όπως φαίνεται στο σχήμα.

4. Πως υπολογίζεται η πολική τάση ;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Η τιμή της U_{12} , δηλαδή η πολική τάση μπορεί να υπολογιστεί από τα μικρά ορθογώνια τρίγωνα $AB\Gamma$ και $B\Gamma\Delta$ του παρακάτω σχήματος και αποδεικνύεται ότι είναι μεγαλύτερη κατά $\sqrt{3}$ της φασικής.



Σχήμα 5.5.12. Υπολογισμός της U_{12} από τα μικρά ορθογώνια τρίγωνα $AB\Gamma$ και $B\Gamma\Delta$

$$U_{12} = A\Delta = A\Gamma + \Gamma\Delta = AB * \sin 30^\circ + A\Delta * \sin 30^\circ = 2 * AB * \sin 30^\circ = 2 * U_1 * \frac{\sqrt{3}}{2} =$$

$$U_1 * \sqrt{3} \quad \text{άρα} \quad U_{\pi} = \sqrt{3} * U_{\phi}$$

Τέλος από το διανυσματικό διάγραμμα προκύπτει ότι μεταξύ πολικής και φασικής τάσης υπάρχει διαφορά φάσης 30° .

6.4. Σύνδεση αστέρα και σύνδεση τριγώνου στα τριφασικά συστήματα.

1. Στις ηλεκτρικές γεννήτριες οι τριφασικές τάσεις (ηλεκτρεγερτικές δυνάμεις) που εμφανίζονται ;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Στις ηλεκτρικές γεννήτριες οι τριφασικές τάσεις (ηλεκτρεγερτικές δυνάμεις) εμφανίζονται σε πλαίσια (τυλίγματα) τα οποία περιστρέφονται μαζί, διατηρώντας σταθερή την μεταξύ τους γωνία 120° .

2. Στις τριφασικές γεννήτριες πόσοι τρόποι σύνδεσης των τυλιγμάτων υπάρχουν;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

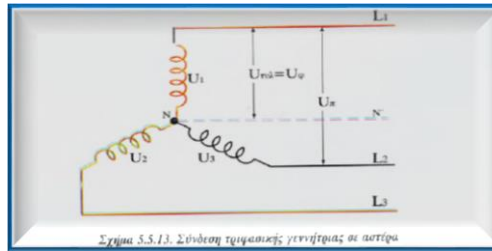
Γενικά στις τριφασικές γεννήτριες υπάρχουν δύο τρόποι σύνδεσης των τυλιγμάτων, ώστε να δημιουργείται τριφασικό σύστημα ρευμάτων:

- σύνδεση τριφασικής γεννήτριας σε α σ τ έ ρ α και
- σύνδεση τριφασικής γεννήτριας σε τ ρ ί γ ω ν ο.

3. Τι γνωρίζετε για τη σύνδεση τριφασικής γεννήτριας σε αστέρα;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Στη σύνδεση σε αστέρα η τάση που επικρατεί στα άκρα των τυλιγμάτων είναι η φασική.



Στην περίπτωση αυτή υπάρχουν 4 αγωγοί (L1, L2, L3, και ο ουδέτερος N).

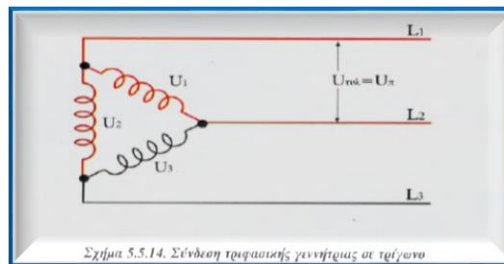
Μεταξύ των L1-N, L2-N, L3-N επικρατεί η φασική τάση $U_{\phi} = 220\text{V}$.

Μεταξύ των L1-L2, L2-L3, L3-L1 επικρατεί η πολική τάση $U_{\pi} = \sqrt{3} * U_{\phi} = 380\text{V}$.

4. Τι γνωρίζετε για τη σύνδεση τριφασικής γεννήτριας σε τρίγωνο;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Στη σύνδεση σε τρίγωνο η τάση που επικρατεί στα άκρα των τυλιγμάτων της γεννήτριας είναι η πολική.



Στην περίπτωση αυτή δεν υπάρχει ο ουδέτερος αγωγός N. Μεταξύ των αγωγών L1-L2, L2-L3, L3-L1 επικρατεί η πολική τάση $U_{\pi} = 380\text{V}$.

5. Πόσοι τρόποι σύνδεσης καταναλωτών υπάρχουν στα τριφασικά συστήματα;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

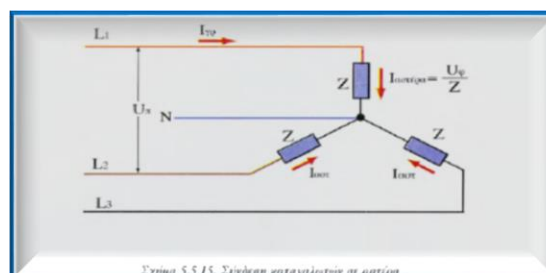
Και οι καταναλωτές μπορούν να συνδεθούν στα τριφασικά συστήματα με δύο τρόπους:

- σύνδεση καταναλωτών σε αστέρα και
- σύνδεση καταναλωτών σε τρίγωνο.

6. Τι γνωρίζετε για τη σύνδεση καταναλωτών σε αστέρα και ποια είναι τα χαρακτηριστικά της;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Στο σχήμα οι όμοιοι καταναλωτές με σύνθετη αντίσταση Z είναι συνδεδεμένοι σε αστέρα.



Στα άκρα κάθε καταναλωτή υπάρχει η φασική τάση U_{ϕ} . Το ρεύμα που διαρρέει κάθε καταναλωτή (ενεργός τιμή) δίδεται σύμφωνα με τον νόμο του Ohm από τη σχέση:

$$I_{\text{αστέρα}} = \frac{U_{\phi}}{Z}$$

Το ίδιο ρεύμα που διαρρέει τους αγωγούς L_1, L_2, L_3 , (ρεύμα γραμμής), στη συνδεσμολογία αστέρα διαρρέει και τους καταναλωτές:

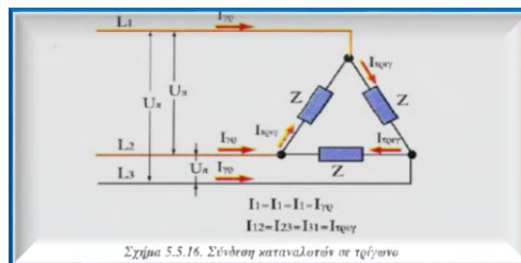
$$I_{\text{γραμμής}} = I_{\text{αστέρα}}$$

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ: εφόσον τα ρεύματα είναι ισορροπημένα, ο ουδέτερος αγωγός δεν διαρρέεται από ρεύμα.

7. Τι γνωρίζετε για τη σύνδεση καταναλωτών σε τρίγωνο και ποια είναι τα χαρακτηριστικά της;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Στο σχήμα οι όμοιοι καταναλωτές είναι συνδεδεμένοι σε τρίγωνο. Στη συνδεσμολογία



αυτή υπάρχουν δύο

διαφορετικά ρεύματα:

- ✓ τα ρεύματα γραμμής των αγωγών L_1, L_2, L_3 που τροφοδοτούν τους κόμβους του τριγώνου ($I_{\text{γραμμής}}$), και
- ✓ τα ρεύματα που διαρρέουν τους καταναλωτές ($I_{\text{τριγώνου}}$).

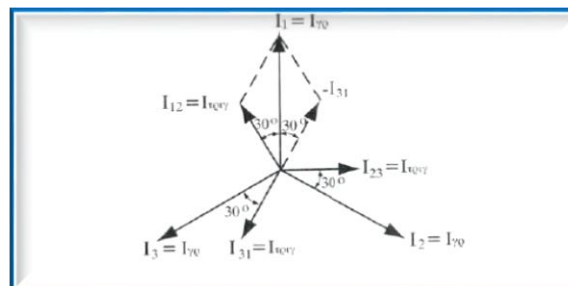
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

- ✓ λόγω συμμετρίας τα 3 ρεύματα γραμμής έχουν ίσες ενεργές τιμές και
- ✓ ίσες ενεργές τιμές έχουν και τα 3 ρεύματα τριγώνου που διαρρέουν τους καταναλωτές.

8. Πως προκύπτουν τα ρεύματα γραμμής και τριγώνου;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Όπως φαίνεται και από το διανυσματικό διάγραμμα τα ρεύματα $I_{\text{γραμμής}}$ προκύπτουν από



την διανυσματική σύνθεση

των ρευμάτων $I_{\text{τριγώνου}}$.

Από τη γεωμετρία του διανυσματικού διαγράμματος προκύπτει ότι:

$$I_{\text{γραμμής}} = \sqrt{3} * I_{\text{τριγώνου}}$$

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ: προκύπτει ότι τα ρεύματα τριγώνου παρουσιάζουν διαφορά φάσης 30° με τα ρεύματα γραμμής.

6.5. Ισχύς του τριφασικού ρεύματος.

1. Τι γνωρίζετε για τον προσδιορισμό της ισχύος ρεύματος γενικά;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Για τον προσδιορισμό της ισχύος που καταναλώνεται σε μια σύνθετη αντίσταση σε ένα μ ο ν ο φ α σ ι κ ό σύστημα χρειάζονται 3 στοιχεία:

- η τάση U (ενεργός τιμή) που εφαρμόζεται στα άκρα της σύνθετης αντίστασης
- το ρεύμα I (ενεργός τιμή) που διαρρέει την αντίσταση και
- το $\cos\varphi$ (συντελεστής ισχύος), όπου η γωνία φ είναι η διαφορά φάσης μεταξύ της τάσης U και του ρεύματος I .

Υπολογίζετε από τη σχέση: $P = U * I * \cos\varphi$

2. Τι γνωρίζετε για την ισχύ τριφασικού ρεύματος;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Στο τριφασικό σύστημα η ισχύς είναι ίση με το άθροισμα των ισχύων των καταναλώσεων κάθε φάσης.

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ: σε περίπτωση ισορροπημένου τριφασικού συστήματος οι 3 όμοιοι καταναλωτές έχουν ο καθένας στα άκρα του την ίδια τάση και διαρρέονται από το ίδιο ρεύμα.

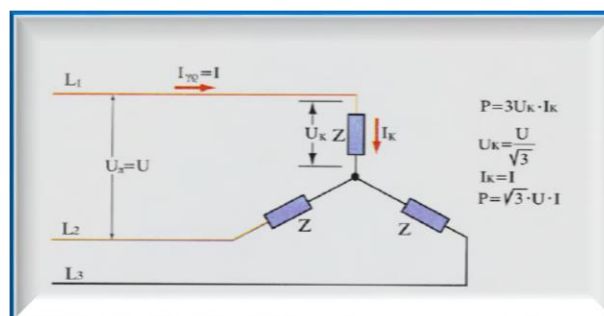
3.Ανάλογα με τον τρόπο σύνδεσης των καταναλωτών, πόσες περιπτώσεις γνωρίζετε για τον προσδιορισμό της ισχύος σε ένα τριφασικό σύστημα;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Διακρίνουμε δύο περιπτώσεις:

- ✓ οι καταναλωτές να είναι συνδεδεμένοι σε συνδεσμολογία α σ τ έ ρ α και
- ✓ οι καταναλωτές να είναι συνδεδεμένοι σε συνδεσμολογία τ ρ ι γ ώ ν ο υ.

Συνδεσμολογία α σ τ έ ρ α:



η συνολική ισχύς

δίνεται από την σχέση

$$P = 3 * U_K * I_K * \cos\varphi \quad \text{όπου:}$$

U_K = η τάση στα άκρα του καταναλωτή μιας φάσης

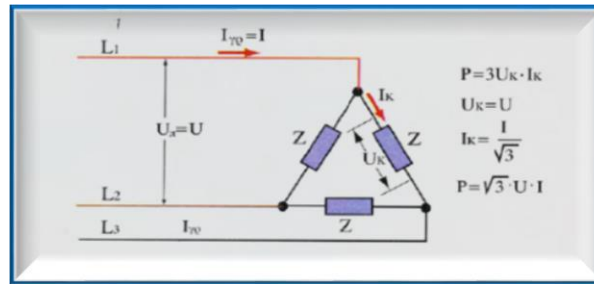
I_K = το ρεύμα που διαρρέει τον καταναλωτή και

$\cos\varphi$ = η διαφορά φάσης μεταξύ U_K και I_K .

Στη σύνδεση αστέρα έχουμε: $I_K = I$ και $U_K = \frac{U}{\sqrt{3}}$ οπότε τελικά έχουμε

$$P = \sqrt{3} * U * I * \cos\varphi .$$

Συνδεσμολογία τριγώνου:



Στη σύνδεση τριγώνου έχουμε: $U_K = U$ και $I_K = \frac{I}{\sqrt{3}}$ οπότε τελικά έχουμε

$$P = \sqrt{3} * U * I * \cos\phi$$

ΠΡΟΣΟΧΗ - ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ:

Ανεξάρτητα από τον τρόπο σύνδεσης των καταναλωτών σε ένα ισορροπημένο τριφασικό σύστημα η πραγματική ισχύς δίνεται από τη σχέση:

$$P = \sqrt{3} * U * I * \cos\phi \text{ όπου:}$$

U = η πολική τάση (η τάση μεταξύ των αγωγών φάσης της γραμμής)

I = το ρεύμα που διαρρέει κάθε αγωγό φάσης της γραμμής

$\cos\phi$ = ο συντελεστής ισχύος και

ϕ = η διαφορά φάσης μεταξύ U και I

4. Από τι χαρακτηρίζονται τα τριφασικά δίκτυα;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Τα τριφασικά δίκτυα χαρακτηρίζονται κανονικά από την πολική τους τάση, όχι μόνο γιατί είναι η μεγαλύτερη και πρέπει να επισημαίνεται για λόγους ασφαλείας, αλλά επειδή πολλές φορές λείπει ο ουδέτερος και δεν προσφέρεται για μέτρηση η φασική τάση. (π.χ. στις γραμμές της ΔΕΗ που χαρακτηρίζονται ως γραμμές 150KV, η τάση αυτή είναι η πολική μεταξύ των αγωγών της γραμμής). Αντίστοιχα οι τριφασικές συσκευές που συνδέονται στο δίκτυο χαμηλής τάσης, χαρακτηρίζονται από την πολική τάση του δικτύου 380V ή και με τις δύο (πολική και φασική) ως 380/220V.

5. Σε αντιστοιχία με την πραγματική από ποιες σχέσεις δίνονται η φαινόμενη ισχύς (S) και η άεργη (Q);

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Σε αντιστοιχία με την πραγματική ισχύ, η φαινόμενη και η άεργος δίνονται από τις σχέσεις:

$$\text{φαινόμενη ισχύς: } S = \sqrt{3} * U * I \text{ και}$$

$$\text{άεργη ισχύς: } Q = \sqrt{3} * U * I * \eta\mu\phi$$

$$\text{Προφανώς ισχύει: } S^2 = P^2 + Q^2$$

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ – ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ (Βιβλίου σελίδα 450).

1. Γιατί πλαίσια που περιστρέφονται μετατοπισμένα στο χώρο κατά 120° , παράγουν τάσεις με χρονική καθυστέρηση, η μία από την άλλη, ίση με το $1/3$ της περιόδου T ;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Επειδή μια πλήρης περιστροφή του κάθε πλαισίου, δηλαδή μια περιστροφή κατά 360° , πραγματοποιείται σε χρόνο ίσο με T .

2. Γιατί χρησιμοποιούνται τα τριφασικά συστήματα;

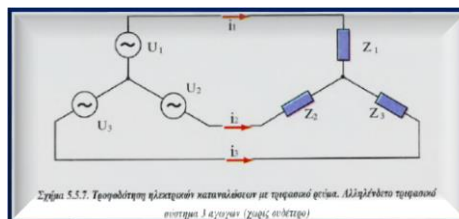
ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Τα τριφασικά συστήματα χρησιμοποιούνται γιατί έχουν:

- ✓ τρεις εναλλασσόμενες τάσεις, ίσου πλάτους και ίδιας συχνότητας
- ✓ χρονικής καθυστέρησης (διαφορά φάσης 120°)
- ✓ άθροισμα στιγμιαίων τιμών τάσεων-εντάσεων ίσο με το 0
- ✓ στα αλληλένδετα τριφασικά έχουμε τρεις αγωγούς φάσεων και ένα ουδέτερο
- ✓ στα ισορροπημένα τριφασικά μόνο τρεις αγωγούς
- ✓ μπορούμε να παίρνουμε δύο ειδών τάσεις, μία πολική και μία φασική ανάλογα με τον τρόπο συνδεσμολογίας αστέρα ή τρίγωνο.

3. Με ποια προϋπόθεση ο ουδέτερος αγωγός δεν διαρρέεται από ρεύμα;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ



Με την προϋπόθεση οι σύνθετες αντιστάσεις να είναι ίσες, δηλαδή

$$Z_1 = Z_2 = Z_3.$$

Μόνο τότε ο ουδέτερος δεν διαρρέεται από ρεύμα και μπορεί να καταργηθεί.

4. Σε ένα τριφασικό δίκτυο η φασική τάση είναι $380V$. Πόση είναι η πολική;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Η πολική τάση U_π δίνεται από τον τύπο:

$$U_\pi = \sqrt{3} * U_\phi = 1,73 * 380V = 658,17V$$

5. Σε ένα τριφασικό δίκτυο 4 αγωγών (3 φάσεις και ουδέτερος), το οποίο έχει πολική τάση $380V$, συνδέουμε μεταξύ αγωγού φάσης και ουδέτερου ένα μονοφασικό καταναλωτή. Τι τάση θα επικρατεί στα άκρα του;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Η τάση που επικρατεί στα άκρα του μονοφασικού καταναλωτή θα είναι η U_ϕ , και υπολογίζεται από:

Η φασική τάση U_ϕ δίνεται από τον τύπο:

$$U_\phi = \frac{U_\pi}{\sqrt{3}} = \frac{380V}{1,73} = 219,39V \approx 220V$$

6. Αν σε μια τριφασική γραμμή, χωρίς ουδέτερο αγωγό, πολικής τάσης 380V , συνδέσουμε τρεις ίσες αντιστάσεις σε σύνδεση αστέρα, ποια τάση θα επικρατεί στα άκρα κάθε αντίστασης;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Αφού έχουμε τριφασική γραμμή χωρίς ουδέτερο σε δίκτυο πολικής τάσης 380V , τότε στα άκρα της κάθε αντίστασης θα επικρατεί τάση:

$$U_{\pi} = U_{\phi} = 380V$$

7. Στο τέλος μιας τριφασικής γραμμής, που περιλαμβάνει τους 3 αγωγούς φάσης L₁, L₂, L₃ και τον ουδέτερο αγωγό N, συνδέονται διάφοροι ωμικοί καταναλωτές. Μετράμε τα ρεύματα σε κάθε αγωγό φάσης και βρίσκουμε (ενεργό τιμή): I₁ = 12A, I₂ = 6A, I₃ = 12A. Αν μετρήσουμε το ρεύμα που διαρρέει τον ουδέτερο αγωγό, ποια από τις παρακάτω τιμές είναι πιο κοντά σε αυτή που περιμένουμε να βρούμε; α) 15A , β) 30A , γ) 6A , δ) 0A. Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Το ρεύμα που διαρρέει τον ουδέτερο αγωγό (N) είναι ίσο με I = 6 (A) και αυτό διότι η ενεργός τιμή του ρεύματος δεν ξεπερνά την ενεργό τιμή του μεγαλύτερου από τα ρεύματα I₁, I₂, I₃ που κυκλοφορούν στις 3 φάσεις.

8. Ένας τριφασικός επαγωγικός κινητήρας έχει τρία όμοια τυλίγματα και παρέχει ισχύ σε ένα ορισμένο μηχανικό φορτίο. Πότε τα τυλίγματά του διαρρέονται από μεγαλύτερο ρεύμα; Όταν είναι συνδεδεμένα σε αστέρα ή σε τρίγωνο;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Τα τυλίγματά του διαρρέονται από μεγαλύτερο ρεύμα όταν είναι συνδεδεμένα κατά τρίγωνο, διότι το ρεύμα της γραμμής στη σύνδεση κατά τρίγωνο (I_{γΔ}), είναι τριπλάσιο του ρεύματος γραμμής στη σύνδεση κατά αστέρα (I_{γΥ}). Είναι δηλαδή :

$$I_{\gamma\Delta} = 3 * I_{\gamma Y} \text{ σε A}$$

9. Ένας τριφασικός καταναλωτής που αποτελείται από 3 όμοιες αντιστάσεις R συνδέεται με σύνδεση αστέρα σε δίκτυο τριών φάσεων με ουδέτερο. Ξαφνικά κόβεται η μία αντίσταση. Θα μεταβληθούν τα ρεύματα στις άλλες δύο αντιστάσεις; Θα μεταβληθεί το ρεύμα στον ουδέτερο αγωγό; Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Ναι θα μεταβληθεί το ρεύμα στις δύο άλλες αντιστάσεις και στον ουδέτερο αγωγό, διότι θα είναι πλέον συνδεδεμένες σε σειρά. Στη συνδεσμολογία σειράς αυξάνεται η ολική αντίσταση άρα θα μειωθεί το ρεύμα.

10. Τρεις όμοιες θερμαντικές αντιστάσεις ενός φούρνου μπορούν να συνδεθούν σε ένα τριφασικό δίκτυο 380/220V είτε σε αστέρα είτε σε τρίγωνο. Σε ποια από τις δύο συνδέσεις απορροφάται μεγαλύτερο ρεύμα από το δίκτυο; Σε ποια από τις δύο συνδέσεις καταναλώνεται μεγαλύτερη ισχύς;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Μεγαλύτερο ρεύμα από το δίκτυο απορροφάται στη σύνδεση κατά τρίγωνο (Δ) το οποίο είναι τριπλάσιο από τη σύνδεση κατά αστέρα (Υ). Είναι δηλαδή :

$$I_{\gamma\Delta} = 3 * I_{\gamma Y} \text{ σε A}$$

Επίσης, μεγαλύτερη ισχύς καταναλώνεται στη σύνδεση κατά τρίγωνο (Δ) η οποία είναι τριπλάσια από τη σύνδεση κατά αστέρα (Υ).

Είναι δηλαδή : $P_{\Delta} = 3 * P_Y$ σε W

11. Ένας τριφασικός επαγωγικός κινητήρας έχει τρία όμοια τυλίγματα καθένα από τα οποία έχει σύνθετη αντίσταση (Z). Ο κινητήρας με τα τυλίγματά του συνδεδεμένα σε αστέρα (Y), απορροφά ηλεκτρική ισχύ από το δίκτυο και παρέχει μηχανική ισχύ σε ένα σταθερό φορτίο, π.χ. μια αντλία. Θεωρώντας ότι ο βαθμός απόδοσής του δε θα μεταβληθεί, αν τα τυλίγματά του συνδεθούν σε τρίγωνο, να εξηγήσετε αν σε αυτή την περίπτωση θα μεταβληθεί η ισχύ και το ρεύμα που απορροφά από το δίκτυο, εφόσον εξακολουθεί να παρέχει στο φορτίο την ίδια μηχανική ισχύ.

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Εφόσον ο τριφασικός επαγωγικός κινητήρας έχει τρία όμοια τυλίγματα τα οποία έχουν την ίδια σύνθετη αντίσταση (Z):

παρέχει την ίδια μηχανική ισχύ σε ένα σταθερό φορτίο

ο βαθμός απόδοσής του είναι σταθερός

Αν ο κινητήρας συνδεθεί κατά τρίγωνο (Δ), το ρεύμα και η ισχύς που απορροφάται από το δίκτυο είναι τριπλάσια από τη σύνδεση κατά αστέρα (Y).

Είναι δηλαδή : $I_{Y\Delta} = 3 * I_{YY}$ σε A

$P_{\Delta} = 3 * P_Y$ σε W

7. Ειδικά θέματα και εφαρμογές.

7.1 Ανόρθωση του εναλλασσόμενου ρεύματος.

1. Ποια μορφή ρεύματος χρησιμοποιείται στην πράξη για την παραγωγή, μεταφορά και διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας στους διάφορους καταναλωτές;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Για την παραγωγή, μεταφορά και διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας στους διάφορους καταναλωτές, χρησιμοποιείται όπως είναι γνωστό το εναλλασσόμενο ρεύμα.

2. Οι περισσότερες συσκευές που καταναλώνουν ηλεκτρική ενέργεια με τι μορφή ρεύματος λειτουργούν;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Οι περισσότερες συσκευές που καταναλώνουν ηλεκτρική ενέργεια (φωτιστικά σώματα, ηλεκτρικοί κινητήρες, οικιακές συσκευές κτλ.) λειτουργούν με εναλλασσόμενο ρεύμα.

3. Υπάρχουν άλλες εφαρμογές του ηλεκτρισμού που λειτουργούν με άλλη μορφή ρεύματος;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Υπάρχουν σημαντικές εφαρμογές του ηλεκτρισμού που λειτουργούν με συνεχές ρεύμα, όπως η ηλεκτρόλυση, διάφορες ηλεκτρικές συσκευές (κινητά τηλέφωνα, επαναφορτιζόμενες συσκευές κτλ.), ειδικοί ηλεκτρικοί κινητήρες, κ.ά.

4. Πως τροφοδοτούνται τέτοιου είδους εφαρμογές-συσκευές;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Για την τροφοδοσία αυτών των εφαρμογών μπορούν να χρησιμοποιηθούν γεννήτριες συνεχούς ρεύματος, ηλεκτρικά στοιχεία και συσσωρευτές, το μεγαλύτερο όμως μέρος της απαιτούμενης ενέργειας με την μορφή συνεχούς ρεύματος, παρέχεται από ανορθωτές.

5. Τι είναι οι ανορθωτές; Ποιος τύπος ανορθωτή χρησιμοποιείται περισσότερο στην πράξη;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Οι ανορθωτές είναι το κύριο στοιχείο των διατάξεων που μετατρέπουν το εναλλασσόμενο ρεύμα σε συνεχές. Ως ανορθωτές χρησιμοποιούνται διάφορα ηλεκτρονικά στοιχεία: λυχνίες, λυχνίες αερίων, δίοδοι ημιαγωγών, θυρίστορ, κτλ. Παλιότερα χρησιμοποιούνταν πολύ οι λυχνίες. Σήμερα χρησιμοποιούνται σχεδόν αποκλειστικά, δίοδοι και θυρίστορ, που κατασκευάζονται από ημιαγωγικά υλικά (κυρίως πυρίτιο). Σε ειδικές εφαρμογές χρησιμοποιούνται ηλεκτρονικές λυχνίες, π.χ. λυχνίες ατμών υδραργύρου.

6. Τι είναι η δίοδος ημιαγωγών και ποια είναι η χαρακτηριστική της ιδιότητα;

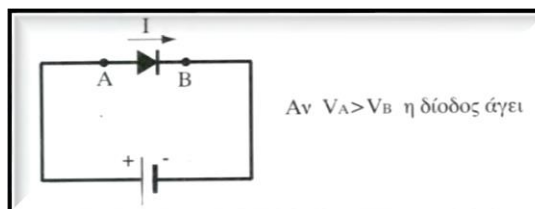
ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Η δίοδος ημιαγωγών είναι ένα στοιχείο που κατασκευάζεται συνήθως από δύο στρώματα πυριτίου, τα οποία έχουν προσμίξεις και άλλων ατόμων. Στο ένα στρώμα, έχει δημιουργηθεί περίσσεια ελεύθερων ηλεκτρονίων, ενώ στο άλλο που βρίσκεται σε επαφή με το πρώτο, έλλειμα ηλεκτρονίων. Μεταξύ των δύο στρωμάτων σχηματίζεται μια περιοχή φραγμού και στην οποία οφείλεται η χαρακτηριστική ιδιότητα της διόδου.

7. Πως συμπεριφέρεται μια δίοδος ανάλογα με τη φορά διέλευσης του ρεύματος;

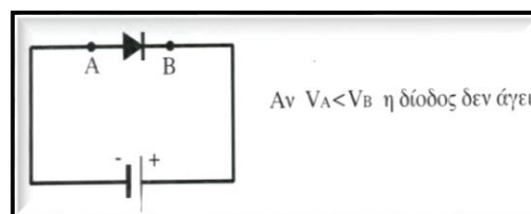
ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Η δίοδος συμπεριφέρεται διαφορετικά ανάλογα με τη φορά διέλευσης του ηλεκτρικού ρεύματος. Έτσι



Αν η τάση (διαφορά δυναμικού) που

εφαρμόζεται στα άκρα της διόδου έχει φορά από το Α (**άνοδος**) προς το Β (**κάθοδος**) δηλαδή $U_A > U_B$ η δίοδος άγει, αφήνει δηλαδή το ρεύμα να περνά.



Αν η τάση έχει αντίθετη φορά

$U_A < U_B$ η δίοδος δεν άγει, δεν αφήνει το ρεύμα να περνά. Στην πραγματικότητα περνά ένα πολύ μικρό ρεύμα. Η δίοδος σ' αυτή την περίπτωση συμπεριφέρεται σαν μονωτής.

8. Ποια τάση ονομάζεται ορθή και ποια ανάστροφη;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Η τάση κατά την οποία η δίοδος άγει ονομάζεται ορθή τάση, ενώ η τάση αντίθετης φοράς, ονομάζεται ανάστροφη.

9. Τι θα συμβεί αν η ανάστροφη τάση ξεπεράσει μια χαρακτηριστική τιμή;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Αν η ανάστροφη τάση ξεπεράσει μια τιμή, χαρακτηριστική για την κάθε δίοδο, τότε η αγωγιμότητα της αυξάνεται απότομα και η δίοδος διασπάται, με κίνδυνο να καταστραφεί από υπερένταση.

10. Σε τι μεγέθη κατασκευάζονται οι δίοδοι;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Οι δίοδοι κατασκευάζονται σε διάφορα μεγέθη, ανάλογα με το ρεύμα λειτουργίας τους κατά την ορθή φορά, το οποίο μπορεί να είναι μερικά mA, έως μερικές δεκάδες A. Άλλο χαρακτηριστικό της είναι η μέγιστη ανάστροφη τάση που μπορεί να εφαρμοστεί στα άκρα της, χωρίς να διασπαστεί.

11. Τι συμβαίνει όταν το ρεύμα λειτουργίας της δίοδου είναι σημαντικό;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Όταν το ρεύμα λειτουργίας της δίοδου είναι σημαντικό, τότε η δίοδος τοποθετείται πάνω σε μεταλλικό πλαίσιο με πτερυγία ψύξης, για να διοχετεύεται η αναπτυσσόμενη θερμότητα προς το περιβάλλον.

7.2 Μονοφασικά κυκλώματα ανόρθωσης.

1. Τι ονομάζουμε απλή και τι πλήρη ανόρθωση; Σε τι υπερέχει η πλήρης ανόρθωση από την απλή;

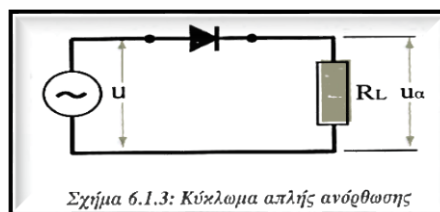
ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Τα κυκλώματα ανόρθωσης του μονοφασικού εναλλασσόμενου ρεύματος διακρίνονται σε κυκλώματα απλής και σε κυκλώματα πλήρους ανόρθωσης. Στην απλή ανόρθωση αποκόπτεται η αρνητική ημιπερίοδος του εναλλασσόμενου ρεύματος, ενώ στην πλήρη ανόρθωση, η αρνητική ημιπερίοδος μετατρέπεται σε θετική ανορθωμένη τάση.

2. Να σχεδιάσετε ένα κύκλωμα απλής μονοφασικής ανόρθωσης και τη μορφή της ανορθωμένης τάσης.

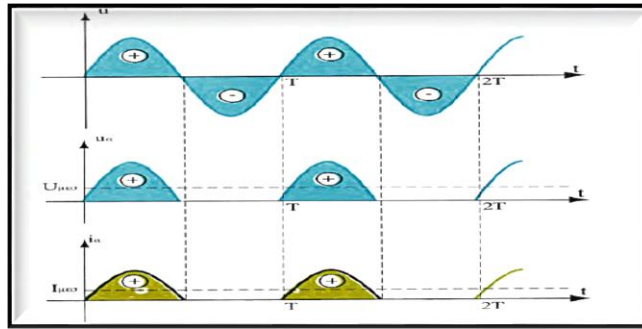
ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Όπως φαίνεται και από το σχήμα, η δίοδος άγει μόνο, όταν υπάρχει στα άκρα της ορθή τάση.



Επιτρέπει έτσι στο ρεύμα να

διαρρέει το κύκλωμα μόνο κατά τη διάρκεια της θετικής ημιπεριόδου της εναλλασσόμενης τάσης. Κατά την διάρκεια της αρνητικής ημιπεριόδου, στα άκρα της δίοδου εφαρμόζεται ανάστροφη τάση και δεν διέρχεται ρεύμα. Όσον αφορά τις κυματομορφές, στο σχήμα φαίνονται οι κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος που διαρρέει το φορτίο R_L .



Το ανορθωμένο ρεύμα που παράγεται μ' αυτόν τον τρόπο έχει μεν πάντοτε την ίδια φορά, δεν είναι όμως συνεχές.

3. Τι είναι και που αντιστοιχεί η μέση τιμή των ανορθωμένων μεγεθών (τάσης, έντασης);

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Στην πραγματικότητα οι ενδείξεις των οργάνων (αμπερομέτρων – βολτομέτρων) δεν παρακολουθούν τις ταχύτατες μεταβολές της κυματομορφής του ανορθωμένου ρεύματος, αλλά λόγω αδράνειας και του μηχανισμού απόσβεσης των ταλαντώσεων που διαθέτουν, οι δείκτες τους ισορροπούν σε μια θέση, που αντιστοιχεί στη μέση τιμή των ανορθωμένων μεγεθών (τάσης, έντασης).

4. Ποια είναι η χαρακτηριστική ιδιότητα της ευθείας της μέσης τιμής των ανορθωμένων μεγεθών (τάσης, έντασης);

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Η ευθεία της μέσης τιμής έχει την εξής ιδιότητα: Το εμβαδόν που περικλείεται από την ευθεία της μέσης τιμής και τα σημεία της καμπύλης της ανορθωμένης κυματομορφής, που είναι πάνω από την ευθεία αυτή, είναι ίσο με το εμβαδόν που περικλείεται από την ευθεία της μέσης τιμής και τα σημεία της καμπύλης που είναι κάτω από την ευθεία της μέσης τιμής.

5. Πως ορίζεται η μέση τιμή της ανορθωμένης τάσης. Ποια είναι η τιμή της στην απλή και την πλήρη μονοφασική ανόρθωση;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Η μέση τιμή της ανορθωμένης τάσης στην απλή ανόρθωση, αποδεικνύεται ότι δίνεται από την σχέση:

$$U_{\text{μες}} = 0,45 U \quad \text{όπου:}$$

$U_{\text{μες}}$: η μέση τιμή της ανορθωμένης τάσης

U : η ενεργός τιμή της τάσης του εναλλασσόμενου ρεύματος.

Η ενεργός τιμή της ανορθωμένης τάσης είναι:

$$U_{\text{εν}} = 0,45 U \quad \text{όπου:}$$

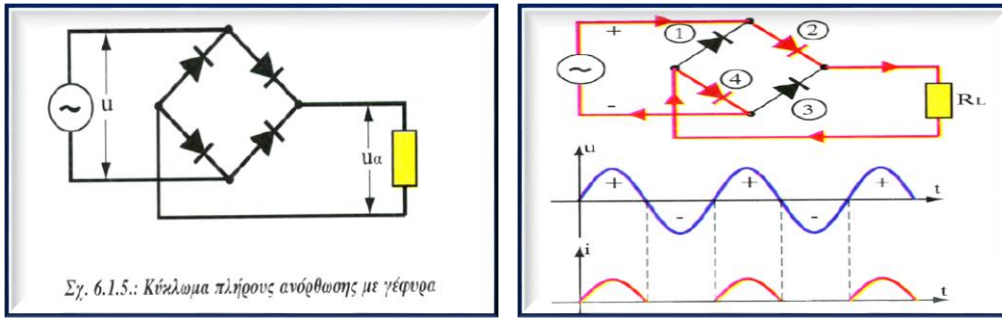
$U_{\text{εν}}$: η ενεργός τιμή της ανορθωμένης τάσης

U : η ενεργός τιμή της τάσης του εναλλασσόμενου ρεύματος.

6. Να σχεδιάσετε ένα κύκλωμα πλήρους μονοφασικής ανόρθωσης και τη μορφή της ανορθωμένης τάσης.

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

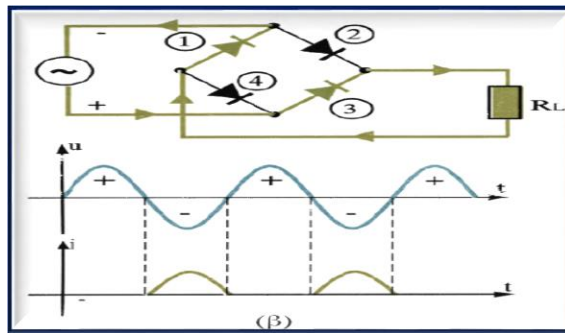
Στο κύκλωμα πλήρους ανόρθωσης χρησιμοποιείται γέφυρα με 4 διόδους που συνδέεται όπως στα σχήματα:



Σχ. 6.1.5.: Κύκλωμα πλήρους ανόρθωσης με γέφυρα

Έτσι κατά τη διάρκεια της θετικής ημιπεριόδου του Ε.Ρ. στα άκρα των διόδων 2 και 4 εφαρμόζεται ορθή τάση, ενώ στα άκρα των διόδων 1 και 3 ανάστροφη τάση. Το ρεύμα ακολουθεί τη διαδρομή που σημειώνεται στο σχήμα.

Κατά την διάρκεια της αρνητικής ημιπεριόδου του Ε.Ρ. στα άκρα των διόδων 1 και 3 εφαρμόζεται ορθή τάση, ενώ στα άκρα των διόδων 2 και 4 ανάστροφη τάση. Το ρεύμα ακολουθεί τη διαδρομή που σημειώνεται στο παρακάτω σχήμα.

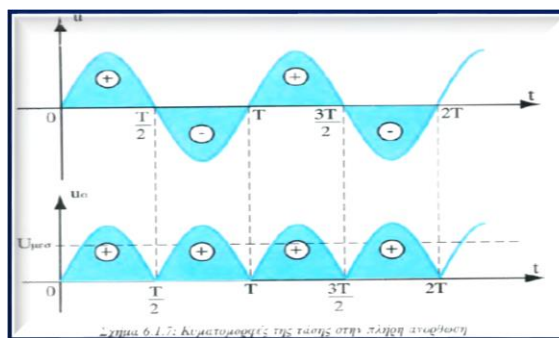


(β)

7. Πως ορίζεται η μέση τιμή της ανορθωμένης τάσης, στην πλήρη ανόρθωση. Ποια είναι η μέση τιμή της και ποια η ενεργός;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Οι κυματομορφές της τάσης στην πλήρη ανόρθωση φαίνονται στο σχήμα που ακολουθεί:



Η μέση τιμή της ανορθωμένης τάσης στην πλήρη ανόρθωση δίνεται από την σχέση: $U_{μεσ} = 0,9 * U$ όπου:

U = η ενεργός τιμή της τάσης του εναλλασσόμενου ρεύματος και

η ενεργός τιμή του πλήρως ανορθωμένου ρεύματος $U_{εν}$ είναι προφανώς ίση με την ενεργό τιμή του εναλλασσόμενου ρεύματος U , δηλαδή:

$$U_{εν} = U$$

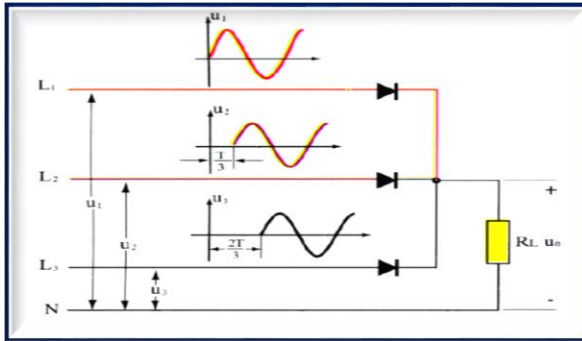
Το ωμικό φορτίο R_L διαρρέεται από ρεύμα ίδιας φοράς και κατά τις δύο ημιπεριόδους του Ε.Ρ.

7.3 Τριφασικά κυκλώματα ανόρθωσης.

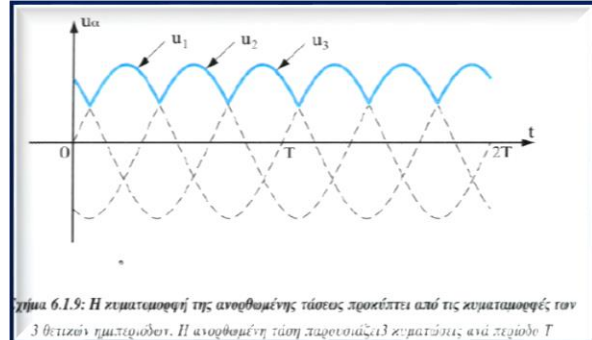
1. Να σχεδιάσετε ένα τριφασικό κύκλωμα απλής ανόρθωσης και τη μορφή της ανορθωμένης τάσεως.

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Στο σχήμα παρουσιάζεται ένα κύκλωμα απλής τριφασικής ανόρθωσης, το οποίο τροφοδοτείται από ένα τριφασικό δίκτυο 4 αγωγών (τρεις φάσεις L_1 , L_2 , L_3 και ο ουδέτερος αγωγός N).



σχήμα (α)



σχήμα (β)

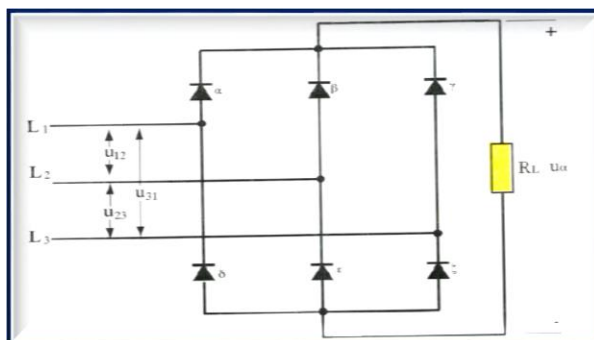
Η στιγμιαία τάση u_{α} στα άκρα του ωμικού φορτίου R_L προκύπτει από τις θετικές ημιπεριόδους καθεμιάς από τις 3 φάσεις, σχήμα (α).

Η κυματομορφή της ανορθωμένης τάσης προκύπτει από τις κυματομορφές των 3 θετικών ημιπεριόδων. Η ανορθωμένη τάση παρουσιάζει 3 κυματώσεις ανά περίοδο T .

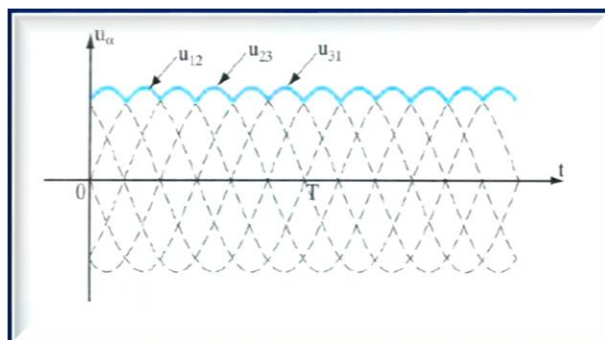
2. Να σχεδιάσετε ένα τριφασικό κύκλωμα πλήρους ανόρθωσης και τη μορφή της πλήρους ανορθωμένης τάσεως.

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Στο σχήμα (α) παρουσιάζεται μια τριφασική γέφυρα η οποία κάνει πλήρη ανόρθωση του τριφασικού ρεύματος.



σχήμα (α)



σχήμα (β)

Στα άκρα της γέφυρας εφαρμόζεται η πολική τάση του δικτύου. Καθώς εναλλάσσεται η πολικότητα των πολικών τάσεων U_{12} , U_{23} , U_{31} , που συνδέονται στη γέφυρα, κάθε χρονική στιγμή 3 από τις 6 διόδους αποκτούν ορθή τάση και οι άλλες 3 ανάστροφη, με αποτέλεσμα να εξασφαλίζεται συνεχής ροή ρεύματος ίδιας φοράς στο φορτίο R_L .

Στην πλήρη τριφασική ανόρθωση οι αρνητικές ημιπεριόδους των πολικών τάσεων U_{12} , U_{23} , U_{31} , συνεισφέρουν και αυτές στην ανορθωμένη τάση.

Η ανορθωμένη τάση u_a της τριφασικής γέφυρας όπως φαίνεται και από το σχήμα (β) προκύπτει από τις τιμές των πλήρως ανορθωμένων κυματομορφών των τριών πολικών τάσεων u_{12} , u_{23} , u_{31} . Η ανορθωμένη τάση της γέφυρας παρουσιάζει 6 κυματώσεις ανά περίοδο T .

7.4 Εξομάλυνση και σταθεροποίηση της ανορθωμένης τάσης.

1. Τι προβλήματα παρουσιάζουν το ανορθωμένο ρεύμα και η ανορθωμένη τάση που παράγεται από τις ανορθωτικές διατάξεις;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Το ανορθωμένο ρεύμα και η ανορθωμένη τάση που παράγεται από τις ανορθωτικές διατάξεις, έχουν την ίδια φορά δεν είναι όμως συνεχή. Παρουσιάζουν μια κυμάτωση λιγότερο ή περισσότερο έντονη ανάλογα με τον τύπο της ανορθωτικής διάταξης (μονοφασική, τριφασική, απλή, πλήρης).

2. Τι απαιτείται να γίνει, για να λειτουργούν σωστά οι συσκευές που τροφοδοτούνται με ανορθωμένο ρεύμα;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Για να λειτουργούν σωστά οι περισσότερες συσκευές που τροφοδοτούνται με ανορθωμένο ρεύμα, απαιτείται το ανορθωμένο ρεύμα και η τάση να εξομαλυνθούν, να αποκτήσουν δηλαδή κατά το δυνατόν τη μορφή του συνεχούς ρεύματος.

3. Πως επιτυγχάνεται αυτή η εξομάλυνση;

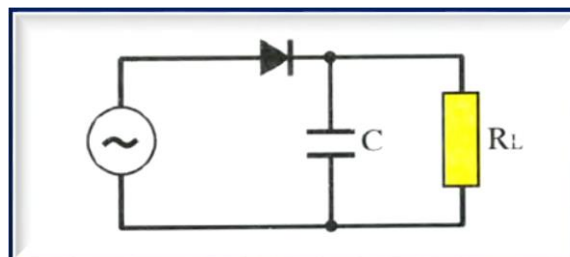
ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Η εξομάλυνση αυτή επιτυγχάνεται με κατάλληλα φίλτρα τα οποία συνδέονται στο κύκλωμα μετά την ανορθωτική διάταξη.

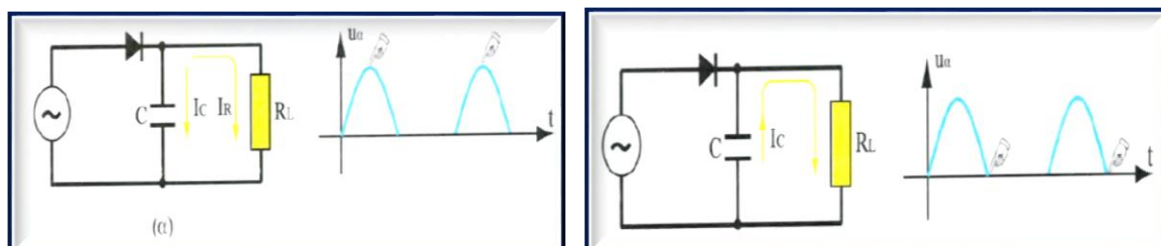
4. Ποια είναι η πιο απλή τεχνική φιλτραρίσματος;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Η πιο απλή τεχνική φιλτραρίσματος είναι να συνδεθεί παράλληλα με το φορτίο R_L ένας πυκνωτής όπως φαίνεται και στο σχήμα:



Η λειτουργία του πυκνωτή είναι η εξής: Όταν η ανορθωμένη τάση παίρνει τις υψηλότερες τιμές της στις κορυφές της κυματομορφής, ο πυκνωτής φορτίζεται όπως φαίνεται και στο σχήμα (α).

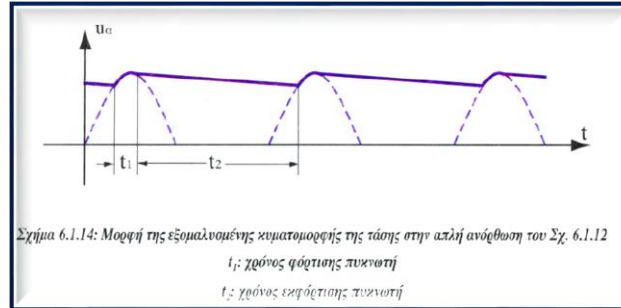


Όταν η τάση μειώνεται, κατά τα χρονικά διαστήματα μεταξύ των κορυφών της κυματομορφής, ο πυκνωτής εκφορτίζεται μέσω της αντίστασης R_L , όπως φαίνεται και στο σχήμα (β) δεξιά.

Έτσι διατηρείται το ρεύμα στο R_L , ακόμα και αν η τάση της κυματομορφής μηδενίζεται. Διατηρείται επίσης μια τάση στα άκρα της R_L , όσο διαρρέεται από ρεύμα, σύμφωνα με τον νόμο του Ohm:

$$\text{δηλαδή } U = R_L * I_C$$

όπως φαίνεται και από το σχήμα της μορφής της εξομαλυσμένης κυματομορφής της τάσης.



5. Από ποιο παράγοντα καθορίζεται η αποτελεσματικότητα του φίλτρου με πυκνωτή ;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Η αποτελεσματικότητα του φίλτρου με πυκνωτή καθορίζεται από τη σταθερά χρόνου, δηλαδή:

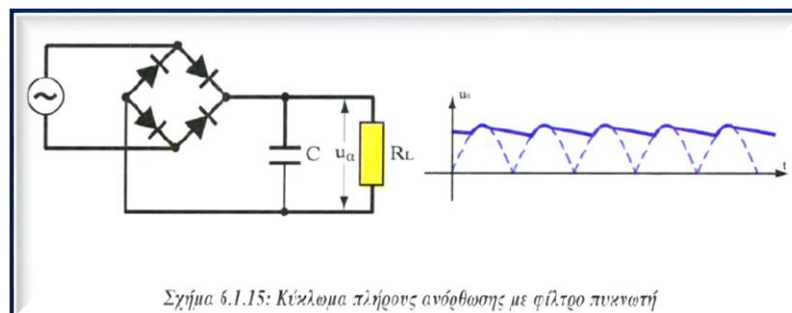
$$\tau = R_L * C \text{ του κυκλώματος.}$$

Πρέπει η χωρητικότητα C του πυκνωτή σε συνδυασμό με το φορτίο R_L να επιλεγούν έτσι, ώστε ο πυκνωτής να εκφορτίζεται ελάχιστα στο χρονικό διάστημα που μεσολαβεί μεταξύ δύο διαδοχικών κορυφών της κυματομορφής του ανορθωμένου ρεύματος. Με αυτόν τον τρόπο η κυματομορφή θα πλησιάζει, όσον το δυνατόν περισσότερο, προς την ευθεία γραμμή.

6. Να σχεδιαστεί ένα κύκλωμα πλήρους ανόρθωσης με γέφυρα και με την προσθήκη φίλτρου πυκνωτή.

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Το κύκλωμα πλήρους ανόρθωσης με γέφυρα και με την προσθήκη φίλτρου πυκνωτή είναι:

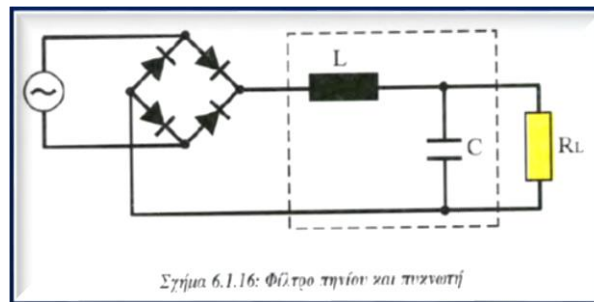


7. Εκτός από πυκνωτές τι άλλα ηλεκτρονικά στοιχεία χρησιμοποιούνται για την εξομάλυνση του ανορθωμένου ρεύματος;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Εκτός από τους πυκνωτές χρησιμοποιούνται και πηνία για την εξομάλυνση του ανορθωμένου ρεύματος. Το πηνίο, που παρουσιάζει μια αυτεπαγωγή L , αντιδρά σε κάθε μεταβολή του ρεύματος προκαλώντας

χρονική καθυστέρηση, τόσο στην αύξηση, όσο και στην μείωση του ρεύματος που διέρχεται μέσα από αυτό (Νόμος Lenz). Μειώνει έτσι την κυμάτωση του ρεύματος και της τάσης του φορτίου, ενεργώντας

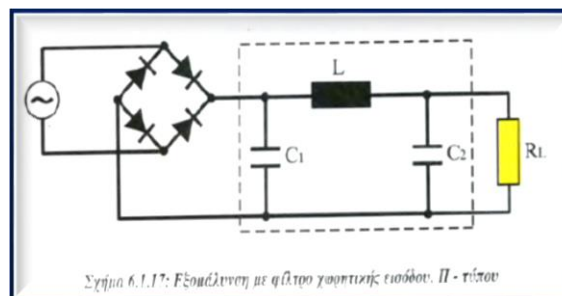


συμπληρωματικά στη δράση του πυκνωτή, όπως φαίνεται και στο σχήμα.

8. Πως μπορεί να εξομαλυνθεί πλήρως το ανορθωμένο ρεύμα;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Με ένα πιο εξελιγμένο φίλτρο που αποτελείται από δύο πυκνωτές και πηνίο (φίλτρο χωρητικής εισόδου, Π - τύπου), όπως φαίνεται και στο σχήμα:



Με τη σύνδεση του ενός μετά το άλλο περισσότερων φίλτρων – τα οποία αποτελούνται από πυκνωτές, πηνία και αντιστάσεις – είναι δυνατόν να εξομαλυνθεί πλήρως το ανορθωμένο ρεύμα και να έχει τη μορφή της ευθείας γραμμής του συνεχούς ρεύματος.

9. Ποια είναι η πρόσθετη απαίτηση που πρέπει να καλυφθεί κατά την ανόρθωση Ε.Ρ;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Εκτός από την εξομάλυνση, υπάρχει και μια πρόσθετη απαίτηση, που πρέπει να καλυφθεί. Η τάση και το ρεύμα, που παράγονται από την ανορθωτική διάταξη, πρέπει να διατηρούνται κατά το δυνατόν σταθερά. Η σταθεροποίηση αυτή επιτυγχάνεται με κατάλληλες διατάξεις. Όπου απαιτείται σταθεροποίηση με μεγάλη ακρίβεια, χρησιμοποιούνται ως σταθεροποιητές ολοκληρωμένα κυκλώματα με τρανζίστορ και άλλα ηλεκτρονικά στοιχεία.

10. Τι είναι η δίοδος Zener;

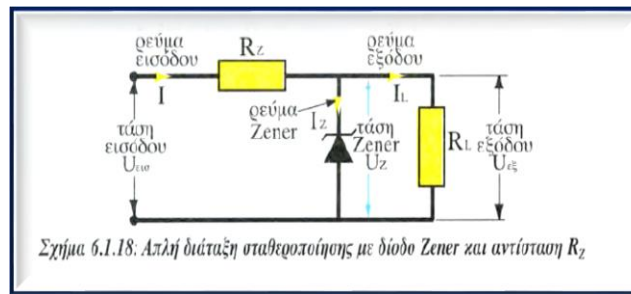
ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Η δίοδος Zener είναι μια ειδική δίοδος, που διασπάται (γίνεται αγωγική), όταν στα άκρα της εφαρμοστεί μια συγκεκριμένη ανάστροφη τάση (τάση Zener). Έχει την ιδιότητα να διατηρεί σταθερή στα άκρα της αυτή την τάση, ενώ το ρεύμα που την διαρρέει μπορεί να μεταβάλλεται μέσα σε μια ευρεία περιοχή τιμών.

10. Περιγράψτε την απλή διάταξη σταθεροποίησης με δίοδο Zener και αντίσταση R_z ;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Αν στη διάταξη του σχήματος αυξηθεί η τάση εισόδου, δημιουργείται πτώση τάσεως πάνω στην αντίσταση R_z και διατηρείται περίπου σταθερή η τάση Zener στα άκρα του φορτίου R_L . Αν αυξηθεί

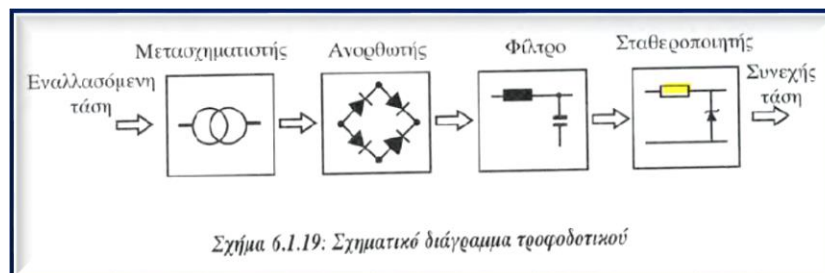


το ρεύμα εξόδου I_L , η δίοδος Zener διατηρεί σταθερό το ρεύμα εισόδου I , μειώνοντας αντίστοιχα το ρεύμα I_z που τη διαρρέει.

11. Από τι αποτελείται ένα τροφοδοτικό παροχής συνεχούς ρεύματος;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Μια πλήρης διάταξη που μετατρέπει το εναλλασσόμενο ρεύμα σε συνεχές ονομάζεται τροφοδοτικό. Αυτό περιλαμβάνει:



- ✓ Μετασχηματιστή: υποβιβάζει ή ανυψώνει την εναλλασσόμενη τάση ανάλογα με την τιμή της συνεχούς που θέλουμε
- ✓ Ανορθωτή: δημιουργεί την ανορθωμένη τάση
- ✓ Φίλτρο: εξομαλύνει τις κυματώσεις της ανορθωμένης τάσης και
- ✓ Σταθεροποιητή: διατηρεί σταθερή τη συνεχή τάση, ανεξάρτητα από τις μεταβολές στο ρεύμα του φορτίου και τις μεταβολές της εναλλασσόμενης τάσης.

8. Ηλεκτροχημικές εφαρμογές.

8.1 Ηλεκτρόλυση.

1. Τι είναι η ηλεκτρόλυση ;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

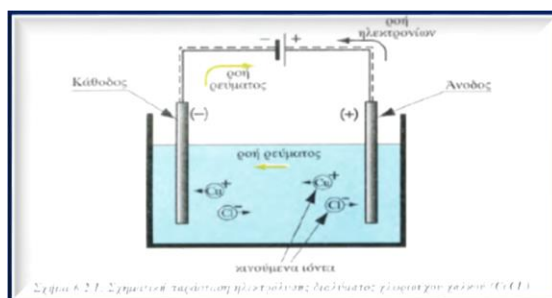
Ηλεκτρόλυση είναι η διαδικασία εκείνη κατά την οποία διοχετεύεται ηλεκτρικό ρεύμα σε ένα διάλυμα ή τήγμα χημικής ένωσης με αποτέλεσμα τη χημική διάσπαση της ένωσης στα συστατικά της.

2. Να περιγράψετε το μηχανισμό της ηλεκτρόλυσης, χρησιμοποιώντας το παράδειγμα ηλεκτρόλυσης διαλύματος χλωριούχου χαλκού ($CuCl_2$).

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Σε ένα δοχείο γεμάτο νερό έχουν διαλυθεί κρύσταλλοι ενός άλατος, χλωριούχου χαλκού $CuCl_2$, που αποτελεί τον ηλεκτρολύτη. Στο δοχείο έχουν εμβαπτιστεί δύο ηλεκτρόδια από άνθρακα τα οποία έχουν

συνδεθεί με αγωγούς στα άκρα πηγής Σ.Ρ. Αυτό που συνδέεται με τον θετικό πόλο της πηγής (μέσω του οποίου εισέρχεται το ρεύμα στο διάλυμα) ονομάζεται **ά ν ο δ ο ς**, ενώ το άλλο (απ' όπου εξέρχεται το ρεύμα οδεύοντας στον αρνητικό πόλο της πηγής) ονομάζεται **κ ά θ ο δ ο ς**. Μέσα στο διάλυμα τα μόρια του CuCl_2 διασπώνται



σχηματίζοντας θετικά ιόντα Cu^+ και αρνητικά ιόντα Cl^- . Τα θετικά ιόντα Cu^+ κινούνται προς την κάθοδο, ενώ τα αρνητικά Cl^- κινούνται προς την άνοδο. Αυτή η προσανατολισμένη κίνηση προς τις αντίθετες κατευθύνσεις παράγει ηλεκτρικό ρεύμα. Όταν τα θετικά ιόντα Cu^+ φθάνουν στο ηλεκτρόδιο της καθόδου προσλαμβάνουν ηλεκτρόνια από την πηγή, ενώ τα αρνητικά Cl^- αποδίδουν ηλεκτρόνια στο ηλεκτρόδιο ανόδου. Συντηρείται έτσι η ροή του ρεύματος στους εξωτερικούς αγωγούς, όπως φαίνεται και στο σχήμα. Στη περίπτωση μας το άλας του χλωριούχου χαλκού διαχωρίστηκε στα δύο συστατικά του, χαλκό και χλώριο. Στο ηλεκτρόδιο της καθόδου συγκεντρώθηκαν τα άτομα του χαλκού, ενώ στο ηλεκτρόδιο της ανόδου τα άτομα του χλωρίου τα οποία ενώνονται ανά δύο, μεταξύ τους σχηματίζοντας αέριο χλώριο Cl_2 .

3. Ποιο άλλο χαρακτηριστικό της ηλεκτρόλυσης γνωρίζετε;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Ένα άλλο χαρακτηριστικό της ηλεκτρόλυσης είναι ότι κάθε διάλυμα ηλεκτρολύτη παράγει μεταξύ καθόδου και ανόδου μια ορισμένη τάση, της τάξης των μερικών V (βόλτ), που εξαρτάται από τη χημική σύσταση των ηλεκτρολυτών. Τέλος σε πολλές περιπτώσεις, κατά την ηλεκτρόλυση χρησιμοποιούνται ηλεκτρόδια, τα οποία αντιδρούν χημικά με τα συστατικά του διαλύματος ή περιέχονται στο διάλυμα ουσίες που αντιδρούν μεταξύ τους, με αποτέλεσμα τα παραγόμενα τελικά προϊόντα, να είναι διαφορετικά από τα συστατικά στοιχεία της χημικής ένωσης που ηλεκτρολύεται.

4. Να αναφέρετε μια μέθοδο ηλεκτρόλυσης κατά την οποία να ηλεκτρολύεται το νερό (H_2O).

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Αν ηλεκτρολυθεί διάλυμα θειϊκού οξέος (H_2SO_4) με τη χρήση κατάλληλων ηλεκτροδίων, ως προϊόντα της ηλεκτρόλυσης παράγονται αέριο οξυγόνο (O_2) και αέριο υδρογόνο (H_2). Πρακτικά αυτό σημαίνει ότι ηλεκτρολύεται το νερό (H_2O) που υπάρχει στο διάλυμα.

5. Να αναφέρετε μερικές εφαρμογές της ηλεκτρόλυσης.

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Η ηλεκτρόλυση έχει πολλές εφαρμογές. Μερικές από αυτές είναι:

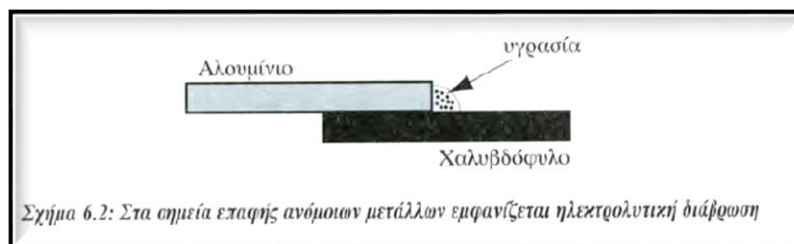
- ✓ **Επιμετάλλωση:** αντικείμενα από μέταλλα που οξειδώνονται εύκολα τοποθετούνται σε κατάλληλο διάλυμα. Τα άτομα του μετάλλου της ανόδου κινούνται στο διάλυμα και προσκολλώνται στις μεταλλικές επιφάνειες αυτών των αντικειμένων, που αποτελούν την κάθοδο, σχηματίζοντας έτσι προστατευτική επίστρωση, το πάχος της οποίας είναι ανάλογο του χρόνου διέλευσης του ηλεκτρολυτικού ρεύματος.

- ✓ Γαλβανοπλαστική: είναι μέθοδος για την παραγωγή καλουπιών, κατά την οποία αντικείμενα από εύπλαστο υλικό (γύψος, κερί, κτλ.) βυθίζονται σε ηλεκτρολυτικό υγρό και αποκτούν επικάλυψη από το κατάλληλο μέταλλο. Στη συνέχεια απομακρύνεται το εύπλαστο υλικό και απομένει η μεταλλική μήτρα.
- ✓ Παραγωγή αερίων: παράγονται αέρια όπως το οξυγόνο, το υδρογόνο το χλώριο, κ.ά.
- ✓ Παραγωγή μετάλλων: άλατα μετάλλων ηλεκτρολύονται, με τη χρήση κατάλληλων ηλεκτροδίων και διαλυμάτων και παράγεται καθαρό μέταλλο. Η μέθοδος εφαρμόζεται στην παραγωγή αλουμινίου, χαλκού, μαγνησίου, και άλλων μετάλλων.
- ✓ Ανοδίωση: πρόκειται για μια διαδικασία με την οποία δημιουργείται προστατευτική επίστρωση σε μέταλλα, όπως το αλουμίνιο. Τα αντικείμενα από αλουμίνιο τοποθετούνται σε διάλυμα ηλεκτρολύτη, ο οποίος ηλεκτρολύεται παράγοντας οξυγόνο O_2 . Το αλουμίνιο ενώνεται χημικά με το οξυγόνο σχηματίζοντας ένα πολύ λεπτό στρώμα οξειδίου του αλουμινίου το οποίο είναι χημικά ουδέτερο και το προστατεύει από τη διάβρωση, επιδεχόμενο και βαφή.

6. Τι είναι η ηλεκτρολυτική διάβρωση και πού δημιουργείται;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Με τον όρο ηλεκτρολυτική διάβρωση εννοούμε την καταστροφή υλικών λόγω του φαινομένου της ηλεκτρόλυσης. Δημιουργείται στα σημεία επαφής ανόμοιων μετάλλων, π.χ. εκεί που ένα χαλυβδόφυλλο



ακουμπά σε ένα φύλλο αλουμινίου. Τα δύο μέταλλα σχηματίζουν ηλεκτρικό στοιχείο. Με την παρουσία υγρασίας κυκλοφορεί ηλεκτρικό ρεύμα από το ένα μέταλλο στο άλλο με αποτέλεσμα την καταστροφή (διάβρωση) ενός από τα δύο μέταλλα. Ηλεκτρολυτική διάβρωση προκαλείται επίσης και στα ηλεκτρικά κυκλώματα, στα σημεία σύνδεσης ακροδεκτών από διαφορετικά μέταλλα, π.χ. στους ακροδέκτες σύνδεσης των αγωγών χαλκού με τους πόλους της μπαταρίας του αυτοκινήτου. Τέλος στις μεταλλικές κατασκευές προκαλείται ηλεκτρολυτική διάβρωση, λόγω της σύνδεσης τους με το δίκτυο γείωσης και των ρευμάτων γείωσης που κυκλοφορούν, μέσω των μεταλλικών κατασκευών, προς τη γη.

7. Ποια μέτρα λαμβάνονται για την προστασία από την ηλεκτρολυτική διάβρωση;

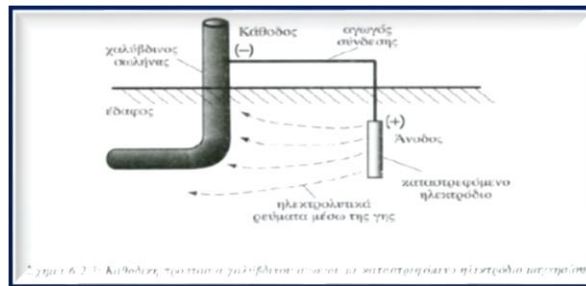
ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Για την προστασία από την ηλεκτρολυτική διάβρωση λαμβάνονται διάφορα μέτρα, όπως π.χ. η χρησιμοποίηση ειδικών συνδέσμων (κλεμμών) για τη σύνδεση των αγωγών χαλκού με τους αγωγούς αλουμινίου

8. Ποια μέθοδος χρησιμοποιείται ευρύτατα για την προστασία μεταλλικών κατασκευών;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Για την προστασία μεταλλικών κατασκευών χρησιμοποιείται ευρύτατα προστατευτικό ηλεκτρόδιο (καθοδική προστασία). Χαλύβδινοι σωλήνες τοποθετούνται στο έδαφος ή σε υγρά μέρη και λειτουργούν

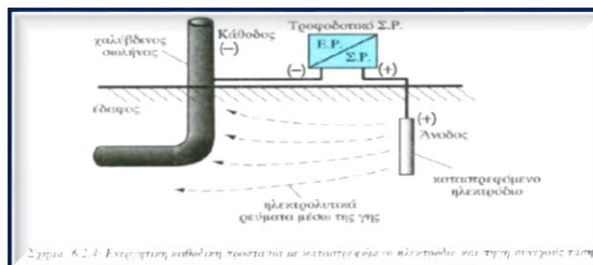


ως κάθοδος. Ένα ηλεκτρόδιο μαγνησίου το οποίο λειτουργεί ως άνοδος, συνδέεται με τον χαλύβδινο σωλήνα όπως στο σχήμα. Μέσω του εδάφους κυκλοφορούν ηλεκτρολυτικά ρεύματα τα οποία καταστρέφουν το ηλεκτρόδιο μαγνησίου, προστατεύοντας το σωλήνα από τη διάβρωση.

9. Τι είναι η ενεργητική καθοδική προστασία, για την προστασία μεταλλικών κατασκευών;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Για μεγαλύτερη προστασία μεταλλικών κατασκευών, η άνοδος και η κάθοδος μπορούν να συνδεθούν



σε πηγή συνεχούς ρεύματος, (ενεργητική καθοδική προστασία), όπως φαίνεται και στο σχήμα.

8.2. Ηλεκτρικοί συσσωρευτές

1. Τι είναι οι ηλεκτρικοί συσσωρευτές ;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Οι συσσωρευτές, όπως και τα ηλεκτρικά στοιχεία, είναι πηγές συνεχούς ρεύματος. Σε αντίθεση με τα ηλεκτρικά στοιχεία, τα οποία, όταν εξαντληθούν, απορρίπτονται, οι συσσωρευτές αποθηκεύουν ηλεκτρική ενέργεια, την οποία μπορούν στη συνέχεια να αποδώσουν.

2. Πόσα στάδια περιλαμβάνει η λειτουργία των συσσωρευτών ;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Η λειτουργία των συσσωρευτών περιλαμβάνει δύο στάδια:

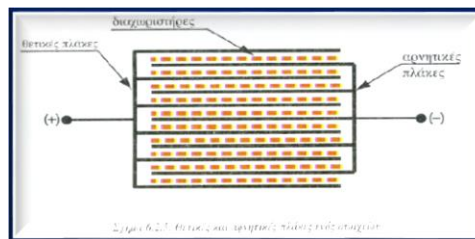
- ✓ τη φόρτιση: κατά την οποία διοχετεύεται ηλεκτρικό ρεύμα στο συσσωρευτή, το οποίο προκαλεί χημικές αντιδράσεις στα συστατικά του. Η παρεχόμενη ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται σε χημική ενέργεια αποθηκευμένη στο συσσωρευτή.
- ✓ εκφόρτιση: κατά την οποία η αποθηκευμένη χημική ενέργεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική. Ο συσσωρευτής λειτουργεί ως ηλεκτρική πηγή παρέχοντας συνεχές ρεύμα στα ηλεκτρικά φορτία που συνδέονται στους πόλους του. Όταν η αποθηκευμένη ενέργεια εξαντληθεί τότε ο συσσωρευτής μπορεί να επαναφορτιστεί.

3. Να περιγράψετε τη δομή ενός συσσωρευτή μολύβδου.

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Ο συσσωρευτή μολύβδου είναι ο πιο συνηθισμένος τύπος συσσωρευτή και αποτελείται από: στοιχεία μολύβδου (Pb), έχει ως ηλεκτρολύτη διάλυμα θειϊκού οξέος (H_2SO_4), η τάση στα άκρα του είναι περίπου 2V και όταν πολλά στοιχεία συνδέονται σε σειρά σχηματίζουν μια συστοιχία. Αποτελείται από:

- ✓ ένα δοχείο κατασκευασμένο από σκληρό πλαστικό το οποίο είναι χωρισμένο σε τμήματα, τόσα όσα και τα στοιχεία που αποτελούν το συσσωρευτή
- ✓ από τις πλάκες των στοιχείων, που κάθε μία αποτελείται από μια σειρά θετικών πλακών που συνδέονται αγωγίμα μεταξύ τους και μια σειρά αρνητικών πλακών. Κατασκευάζονται από κράμα μολύβδου σε μορφή πλέγματος. Οι θετικές πλάκες έχουν τη χημική σύσταση του υπεροξειδίου του μολύβδου (PbO_2) και οι αρνητικές τη σύσταση του σπογγώδους μολύβδου Pb. Οι πολλαπλές πλάκες αυξάνουν το εμβδόν επιφανείας και την ικανότητα παροχής ρεύματος του στοιχείου.



- ✓ από τον ηλεκτρολύτη που περιβάλλει τις πλάκες, ο οποίος είναι διάλυμα θειϊκού οξέος (H_2SO_4)
- ✓ από τους διαχωριστήρες, οι οποίοι είναι μονωτικά διαφράγματα από πλαστικό υλικό που τοποθετούνται μεταξύ των πλακών. Έχουν πόρους που επιτρέπουν την κυκλοφορία του ηλεκτρολύτη και χρησιμεύουν για να μην έρχονται σε επαφή μεταξύ τους οι θετικές με τις αρνητικές πλάκες και
- ✓ από τα πώματα στο πάνω μέρος του δοχείου που χρησιμεύουν για την επιθεώρηση και τον εξαερισμό του συσσωρευτή από τα αέρια που παράγονται κατά την λειτουργία του.



4. Πως μετριέται ο βαθμός φόρτισης ενός συσσωρευτή μολύβδου;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Η μέτρηση (έλεγχος) του βαθμού φόρτισης ενός συσσωρευτή γίνεται με πυκνόμετρο. Όργανο που μετρά την πυκνότητα των υγρών του συσσωρευτή. Όταν ο συσσωρευτής είναι φορτισμένος τα υγρά του έχουν τη μεγαλύτερη πυκνότητα, ενώ εκφορτίζεται μειώνεται η πυκνότητα.

5. Ποιο είναι το χαρακτηριστικό μέγεθος ενός συσσωρευτή;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Χαρακτηριστικό μέγεθος κάθε συσσωρευτή είναι η χωρητικότητα του. Η χωρητικότητα είναι το συνολικό ηλεκτρικό φορτίο που μπορεί να δώσει ο συσσωρευτής όταν εκφορτίζεται. Η χωρητικότητα ενός συσσωρευτή παρ' όλο που έχει τις διαστάσεις του φορτίου (C) μετριέται σε αμπερώρια (Ah).

6. Ποια φαινόμενα προκαλούν μόνιμες βλάβες σε ένα συσσωρευτή;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Θεωρητικά ένας συσσωρευτής μπορεί να φορτιστεί και να εκφορτιστεί άπειρες φορές. Στην πράξη όμως το όριο ζωής του είναι περιορισμένο. Υψηλά ρεύματα φόρτισης και εκφόρτισης και οι θερμοκρασίες που αναπτύσσονται προκαλούν μόνιμες βλάβες:

- ✓ αύξηση του πάχους του στρώματος του $PbSO_4$ στα ηλεκτρόδια, με αποτέλεσμα την αποκόλληση τεμαχίων που προκαλούν βραχυκυκλώματα
- ✓ υπερφόρτιση του συσσωρευτή με ρεύμα προκαλεί και έκλυση αερίου υδρογόνου H_2 το οποίο είναι εκρηκτικό.

Άρα η φόρτιση του συσσωρευτή πρέπει να γίνεται με μικρό ρεύμα και να διαρκεί αρκετές ώρες ανάλογα με το μέγεθος και τον τύπο του συσσωρευτή, επίσης απαιτείται καλός εξαερισμός του χώρου όπου είναι τοποθετημένοι οι συσσωρευτές.

7. Εκτός από τους συσσωρευτές μολύβδου χρησιμοποιούνται άλλοι τύποι συσσωρευτών;

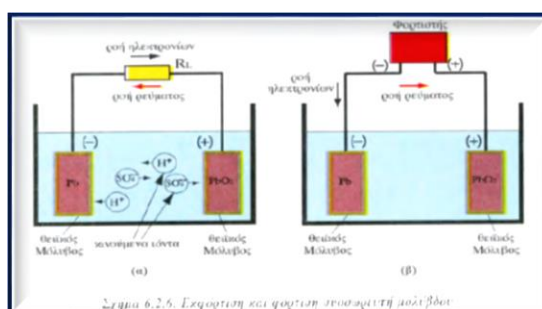
ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Εκτός από τους συσσωρευτές μολύβδου χρησιμοποιούνται και πολλοί άλλοι τύποι συσσωρευτών. Διακρίνονται σε $\gamma\rho\acute{o}$ και $\xi\eta\rho\acute{o}$ τύπου ανάλογα με την κατάσταση στην οποία βρίσκεται ο ηλεκτρολύτης. Διαδεδομένοι είναι οι αλκαλικοί συσσωρευτές οι οποίοι χρησιμοποιούν στοιχείο νικελίου - καδμίου ($Ni - Cd$). Αυτοί σε σχέση με τους συσσωρευτές μολύβδου έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής, μικρότερο βάρος και σταθερότερη τάση. Μειονέκτημα τους το γεγονός ότι έχουν σημαντικά μεγαλύτερο κόστος.

8. Να περιγράψετε τη λειτουργία (εκφόρτιση-φόρτιση) ενός συσσωρευτή μολύβδου.

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Κατά την εκφόρτιση του συσσωρευτή μέσω του φορτίου R_L η ροή του ρεύματος στο εξωτερικό κύκλωμα πραγματοποιείται με την κίνηση των ηλεκτρονίων. Στο εσωτερικό κύκλωμα το ηλεκτρικό ρεύμα έχει φορείς τα θετικά (H^+) και αρνητικά (SO_4^{2-}) ιόντα του ηλεκτρολύτη (H_2SO_4). Σε αντίθεση με



Σχήμα 6.2.6. Εκφόρτιση και φόρτιση συσσωρευτή μολύβδου

τα απλά ηλεκτρικά στοιχεία, όπου τα ιόντα αντιδρούν χημικά με τα ηλεκτρόδια και τα καταστρέφουν σιγά-σιγά, μέχρι να εξαντληθεί το στοιχείο, στους συσσωρευτές οι χημικές αντιδράσεις δημιουργούν επίστρωση θειϊκού μολύβδου ($PbSO_4$) στα δύο ηλεκτρόδια, η οποία τα προστατεύει. Συγχρόνως παράγεται νερό (H_2O). Λιγότευουν τα μόρια του (H_2SO_4) του διαλύματος και αυξάνονται τα μόρια του (H_2O). Επειδή τα μόρια του (H_2SO_4) είναι βαρύτερα από τα μόρια του (H_2O), ελαττώνεται η πυκνότητα του διαλύματος. Το διάλυμα **α ρ α ι ώ ν ε ι**.

Κατά την φόρτιση του συσσωρευτή το θετικό ηλεκτρόδιο συνδέεται με το θετικό πόλο της πηγής Σ.Ρ. που αποτελεί τον **φ ο ρ τ ι σ τ ή** του συσσωρευτή, και το αρνητικό ηλεκτρόδιο με τον

αρνητικό πόλο της πηγής. Στο συσσωρευτή κυκλοφορεί ρεύμα αντίθετης φοράς, απ' ότι στην εκφόρτιση.

9. Είναι δυνατόν να γίνει ηλεκτρόλυση με εναλλασσόμενο ρεύμα; Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Ηλεκτρόλυση ονομάζεται το φαινόμενο κατά το οποίο δύο διαφορετικά μέταλλα έρχονται σε επαφή με το ίδιο υγρό (ηλεκτρολύτης), με αποτέλεσμα να μετακινείται μάζα από το μέταλλο της ανόδου προς το μέταλλο της καθόδου και η τάση που εφαρμόζεται είναι συνεχής. Χρησιμοποιώντας Εναλλασσόμενη τάση, σε δύο ηλεκτρόδια, π.χ. το ένα από αλουμίνιο (Al) και το άλλο από σίδηρο (Fe), βυθισμένα σε διάλυμα φωσφορικής αμμωνίας, παρατηρούμε ότι, όταν το ηλεκτρόδιο του σιδήρου έχει θετικό δυναμικό ως προς το αντίστοιχο του αλουμινίου, το ρεύμα ρέει φυσιολογικά κατά τη φορά σιδήρου προς αλουμίνιο. Αντίθετα, όταν κατά την επόμενη ημιπερίοδο του εναλλασσόμενου ρεύματος αντιστρέφεται η πολικότητα των ηλεκτροδίων, το αλουμίνιο καλύπτεται αμέσως με την ηλεκτρόλυση από ένα στρώμα οξειδίου του αλουμινίου, που είναι μονωτικό και εμποδίζει τη διέλευση του ρεύματος. Στην επόμενη ημιπερίοδο οι πολικότητες αντιστρέφονται πάλι, το στρώμα του οξειδίου του αλουμινίου εξαφανίζεται αμέσως και το ρεύμα ρέει πάλι. Αυτό γίνεται συνεχώς σε κάθε ημιπερίοδο. Αποδεικνύεται λοιπόν ότι η ηλεκτρόλυση γίνεται μόνο με Συνεχή τάση.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟ ΡΕΥΜΑ**

1. Μεταβαλλόμενα και Εναλλασσόμενα Ρεύματα.....	Σελ.....	1 έως 3
1.1 Εναλλασσόμενα Ρεύματα.....	Σελ.....	3 έως 4
1.2 Παραγωγή ημιτονικού εναλλασσόμενου ρεύματος-ημιτονικής εναλλασσόμενης τάσης.....	Σελ.....	4 έως 5
1.3 Εναλλασσόμενο ρεύμα και χαρακτηριστικά μεγέθη του.....	Σελ.....	5 έως 6
1.4 Εναλλασσόμενη τάση και χαρακτηριστικά μεγέθη της.....	Σελ.....	6 έως 7
1.5 Ενεργός τιμή έντασης και ενεργός τιμή τάσης.....	Σελ.....	7 έως 8
1.6 Διανυσματική παράσταση εναλλασσόμενων μεγεθών.....	Σελ.....	8 έως 9
1.7 Εναλλασσόμενα ρεύματα σε φάση.....	Σελ.....	9 έως 11
1.8 Ερωτήσεις - Ασκήσεις βιβλίου σελίδα 357.....	Σελ.....	11 έως 12
2. Κυκλώματα στο Εναλλασσόμενο ρεύμα.....	Σελ.....	12 έως 14
2.1 Ωμική αντίσταση στο Εναλλασσόμενο ρεύμα.....		
2.2 Πηνίο στο Εναλλασσόμενο ρεύμα.....		
2.3 Πυκνωτής στο Εναλλασσόμενο ρεύμα.....		
3. Σύνθετα κυκλώματα σύνθετη αντίσταση.....	Σελ.....	15 έως 19
3.1 Κύκλωμα RL σε σειρά.....		
3.2 Κύκλωμα RC σε σειρά.....		
3.3 Κύκλωμα RLC σε σειρά.....		
3.4 Κύκλωμα RLC παράλληλα.....		
4. Ισχύς και Ενέργεια στο Εναλλασσόμενο ρεύμα.....	Σελ.....	19 έως 25
4.1 Ισχύς σε ωμική αντίσταση.....		
4.2 Ισχύς σε επαγωγική αντίδραση (αντίσταση).....		
4.3 Ισχύς σε χωρητική αντίδραση (αντίσταση).....		
4.4 Ισχύς σε σύνθετη αντίσταση – Τρίγωνο ισχύος.....		
4.5 Αντιστάθμιση (ή βελτίωση του συνφ).....		
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ – ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ (Βιβλίου σελίδα 404).....	Σελ.....	25 έως 27
5. Συντονισμός κυκλώματος.....	Σελ.....	27 έως 30
5.1 Συντονισμός κυκλώματος σειράς.....		
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ – ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ (Βιβλίου σελίδα 420).....	Σελ.....	30 έως 32
6. Τριφασικό ρεύμα.....	Σελ.....	32 έως 44
6.2. Ανεξάρτητα και αλληλένδετα τριφασικά συστήματα.....		
6.3. Φασική και πολική τάση στα τριφασικά συστήματα.....		
6.4. Σύνδεση αστέρα και σύνδεση τριγώνου στα τριφασικά συστήματα.....		
6.5. Ισχύς του τριφασικού ρεύματος.....		
ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ – ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ (Βιβλίου σελίδα 450).....	Σελ.....	44 έως 46
7. Ειδικά θέματα και εφαρμογές.....	Σελ.....	46 έως 55
7.1 Ανόρθωση του εναλλασσόμενου ρεύματος.....		
7.2 Μονοφασικά κυκλώματα ανόρθωσης.....		
7.3 Τριφασικά κυκλώματα ανόρθωσης.....		
7.4 Εξομάλυνση και σταθεροποίηση της ανορθωμένης τάσης.....		

8. Ηλεκτροχημικές εφαρμογέςΣελ.....55 έως 61

8.1 Ηλεκτρόλυση.....

8.2. Ηλεκτρικοί συσσωρευτές.....

ΤΥΠΟΛΟΓΙΟ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ηλεκτροτεχνία.....(ΥΠΕΠΘ-ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ-ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟΣ)

Ηλεκτροτεχνία.....(το εναλλασσόμενο ρεύμα-ΤΟΥΛΟΓΛΟΥ , ΣΤΕΡΓΙΟΥ)

Ανάλυση Ηλεκτρικών Κυκλωμάτων.....(ΥΠΕΠΘ-ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ-ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟΣ)

ΟΙ ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ – ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΑΦΟΡΟΥΝ ΤΗΝ ΥΛΗ ΤΩΝ ΠΑΝΕΛΛΑΔΙΚΩΝ ΕΞΕΤΑΣΕΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑΣ ΙΙ. (ΣΕ ΚΑΜΜΙΑ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΔΕΝ ΑΝΤΙΚΑΘΙΣΤΟΥΝ ΤΑ ΣΧΟΛΙΚΑ ΒΙΒΛΙΑ)