

Περιεχόμενα

- ▶ Νόμος του Ωμ. Σελ. 2
- ▶ Κανόνες Kirchoff. Σελ. 14
- ▶ Συνδεσμολογίες Πυκνωτών. Σελ. 30
- ▶ Συνδεσμολογίες Πηνίων. Σελ. 40
- ▶ Χαρακτηριστικά Εναλ. Ρεύματος. Σελ. 45
- ▶ Κυκλώματα Εναλλασσόμενου Ρεύματος. Σελ. 68
- ▶ Τριφασικό σύστημα. Σελ. 118
- ▶ Παραγωγή, μεταφορά και διανομή ηλεκτρικής ενέργειας. Σελ. 137
- ▶ Μετασχηματιστές. Σελ. 160
- ▶ Διόρθωση συντελεστή ισχύος. Σελ 176

Σαββίδης Μιχάλης

1

Ο Νόμος του Ωμ

Εκπαιδευτής: Σαββίδης Μιχάλης

Τεχνική Σχολή Αυγόρου

Μάθημα: Εφαρμοσμένη Ηλεκτρολογία

Βιβλιογραφία

1. Ηλεκτροτεχνία - τομέας ηλεκτρολογικός – ΤΕΕ. Α΄ τάξη 1ου κύκλου Ο.Ε.Δ.Β.
2. Κυκλώματα συνεχούς και εναλλασσόμενου ρεύματος - τομέας ηλεκτρονικών – ΤΕΕ Α΄ τάξη 1ου κύκλου Ο.Ε.Δ.Β.
3. Στοιχεία ηλεκτρολογίας - τομέας μηχανολογικός Α΄ τάξη 1ου κύκλου Ο.Ε.Δ.Β.
4. ΨΕΠ Ηλεκτρολογίας

Σαββίδης Μιχάλης

2

ΣΤΟΧΟΙ

Ο μαθητής στο τέλος του μαθήματος να είναι σε θέση



- ✚ Διατυπώνει το νόμο του Ωμ
- ✚ Υπολογίζει την ένταση του ρεύματος, όταν είναι γνωστά η τάση και η αντίσταση.
- ✚ Μετασχηματίζει τον τύπο και να υπολογίζει την τάση, όταν είναι γνωστά η ένταση και η αντίσταση.
- ✚ Μετασχηματίζει τον τύπο και να υπολογίζει την αντίσταση, όταν είναι γνωστά η τάση και η ένταση του ρεύματος .

Δραστηριότητα: Πειραματική απόδειξη του νόμου του Ωμ.

Σαββίδης Μιχάλης

3

Ο νόμος του Ohm

- ✚ Γύρω στα 1825 ο Georg Simon Ohm απέδειξε ότι όλα τα υλικά σώματα, ακόμη και τα καλύτερα μέταλλα, εμφανίζουν αντίσταση στο ηλεκτρικό ρεύμα.
- ✚ Αυτή η αντίσταση μεγαλώνει όσο αυξάνει το μήκος ή η διατομή του αγωγού, τον οποίο διαρρέει το ρεύμα.
- ✚ Ο Ωμ διατύπωσε μια σχέση που συνδέει την τάση του ρεύματος, την ένταση και την αντίσταση ενός κυκλώματος, που είναι γνωστή ως "Νόμος του Ωμ".

$$I = \frac{U}{R}$$

Τα μεγέθη

- ✚ **Η ΤΑΣΗ (U)** - Είναι η δύναμη που σπρώχνει τα ηλεκτρόνια να κινηθούν μέσα στους αγωγούς (volt – **v**).
- ✚ **Η ΕΝΤΑΣΗ (I)** - Είναι ο ρυθμός της ροής των ηλεκτρονίων στους αγωγούς (Αμπέρ - **A**).
- ✚ **Η ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ (R)** - Είναι η δυσκολία που βρίσκουν τα ηλεκτρόνια καθώς κινούνται στους αγωγούς ($\Omega\mu$ - **Ω**).

Ο νόμος του $\Omega\mu$

- ✚ Ο νόμος του $\Omega\mu$ είναι ο πιο βασικός νόμος της ηλεκτρολογίας

Νόμος του $\Omega\mu$:

- ✚ Η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει ένα αγωγό είναι ανάλογη της τάσης που επικρατεί στα άκρα του.

$$I = \frac{U}{R}$$

I = Ένταση ρεύματος σε αμπερ (A)

U = Τάση σε βόλτ (V)

R = Αντίσταση σε $\Omega\mu$ (Ω)

Ισοδύναμη μορφή του νόμου του Ohm

- ✚ Ο νόμος του Ωμ μπορεί να μετασχηματιστεί ανάλογα με το ζητούμενο:

$$I = \frac{U}{R}$$

- ✚ Αν μας ζητηθεί να βρούμε την τάση στα άκρα ενός καταναλωτή τότε:

$$U = I * R$$

- ✚ Αν μας ζητηθεί να βρούμε την αντίσταση του καταναλωτή τότε:

$$R = \frac{U}{I}$$

7

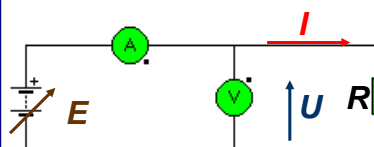
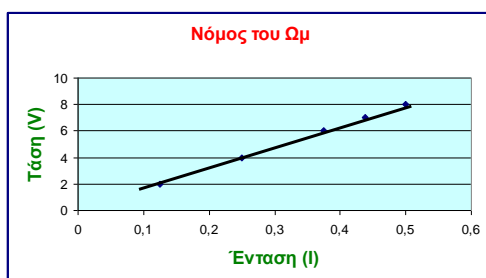
Από τον τύπο του Ωμ.....

- ✚ Όσο αυξάνεται η τάση **αυξάνεται** η ένταση.
- ✚ Όσο αυξάνεται η αντίσταση **μειώνεται** η ένταση.
- ✚ Δηλαδή αν διπλασιάσουμε την τάση **Θα διπλασιαστεί και η ένταση.**
- ✚ Τι θα γίνει αν μειώσουμε την αντίσταση στο μισό; **Πάλιν Θα διπλασιαστεί η ένταση**

$$I = \frac{U}{R}$$

Ωμικός και μη ωμικός καταναλωτής

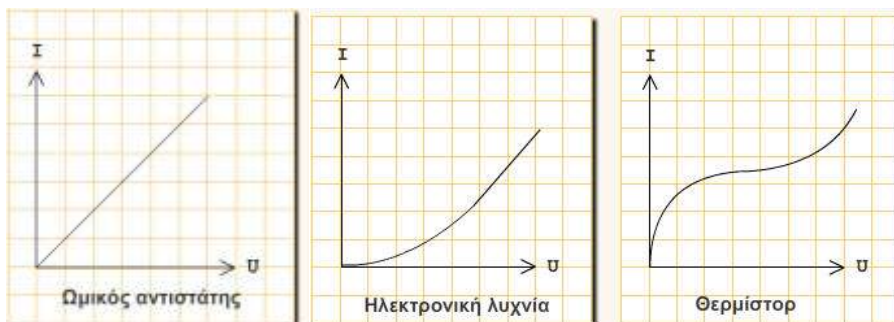
- ✦ Η γραφική παράσταση είναι ευθεία γραμμή μόνο αν η αντίσταση είναι σταθερή όσο μεταβάλλεται η τάση.
- ✦ Καταναλωτής που παρουσιάζει σταθερή αντίσταση λέγεται ωμικός.
- ✦ Όταν η αντίσταση δεν είναι σταθερή τότε τον καταναλωτή τον ονομάζουμε μη ωμικό.



Σαββίδης Μιχάλης

9

Ωμικός και μη ωμικός καταναλωτής



Σαββίδης Μιχάλης

10

Ο νόμος του Ωμ – Παράδειγμα 1

- ✚ Να υπολογίσετε την ένταση του ρεύματος που διαρρέει μια αντίσταση 20Ω όταν εφαρμόζεται στα άκρα της, τάση 12 V

$$I = \frac{U}{R} = \frac{12}{20} = \frac{3}{5} = 0.6 \text{ A} = 0.6 \times 10^3 \text{ mA}$$



$$I = 600 \text{ mA}$$

Σαββίδης Μιχάλης

11

Φύλλο εργασίας 2 – Λύση ασκήσεων 6,7,8

6. Πόση είναι η ένταση του ρεύματος I που περνά από ένα λαμπτήρα τάσης $U=9\text{V}$ αν η ηλεκτρική αντίσταση του λαμπτήρα είναι $R=3\Omega$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{9}{3} = 3 \text{ A}$$

7. Μια ηλεκτρική ψηστήρα συνδέεται στο ηλεκτρικό δίκτυο του σπιτιού τάσης $U=220\text{V}$ και διαρρέεται από ρεύμα έντασης $I=10 \text{ A}$. Ποια η ηλεκτρική αντίσταση R του θερμαντικού στοιχείου της ψηστήρας;

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

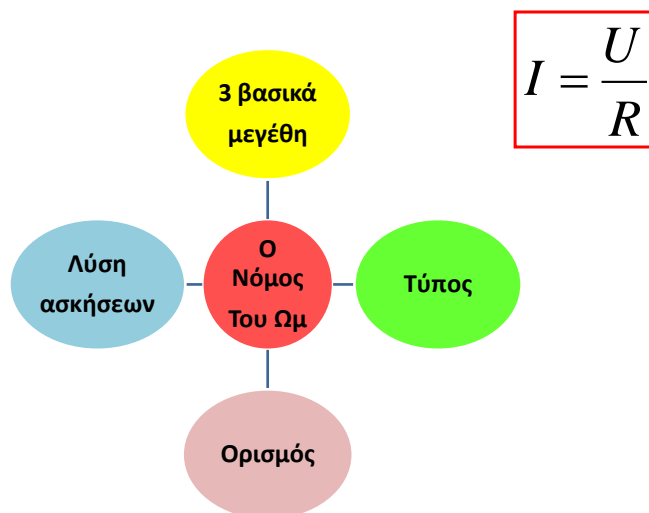
7. Ποια η ηλεκτρική τάση που επικρατεί στα άκρα μιας ηλεκτρικής αντίστασης $R=600\Omega$ μέσα από την οποία περνά ρεύμα έντασης $I=0,2 \text{ A}$.

$$U = I * R = 0.2 * 600 = 120 \text{ V}$$

Σαββίδης Μιχάλης

12

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ



Σαββίδης Μιχάλης

13

Επίλυση Κυκλωμάτων Σ.Ρ. με τη χρήση των Κανόνων του Κίρχωφ (kirchoff)

- ✚ Ένα κύκλωμα με μία ή περισσότερες πηγές που διαρρέονται από το ίδιο ρεύμα ονομάζεται **απλό κύκλωμα**
- ✚ Ένα κύκλωμα του οποίου οι πηγές συνδέονται κατά διάφορους τρόπους, με αποτέλεσμα να μη διαρρέονται από το ίδιο ρεύμα, ονομάζεται **σύνθετο κύκλωμα**.
- ✚ **Κόμβος** κυκλώματος ονομάζεται το κοινό σημείο σύνδεσης τριών ή περισσότερων αγωγών που διαρρέονται από ρεύμα.
- ✚ **Κλάδος** κυκλώματος είναι το μέρος του κυκλώματος μεταξύ δύο κόμβων που μπορεί να περιλαμβάνει πηγές και αντιστάσεις.
- ✚ **Βρόχος** κυκλώματος ονομάζεται οποιαδήποτε κλειστή διαδρομή μέσα στο κύκλωμα που μπορεί να περιλαμβάνει πηγές και αντιστάσεις.

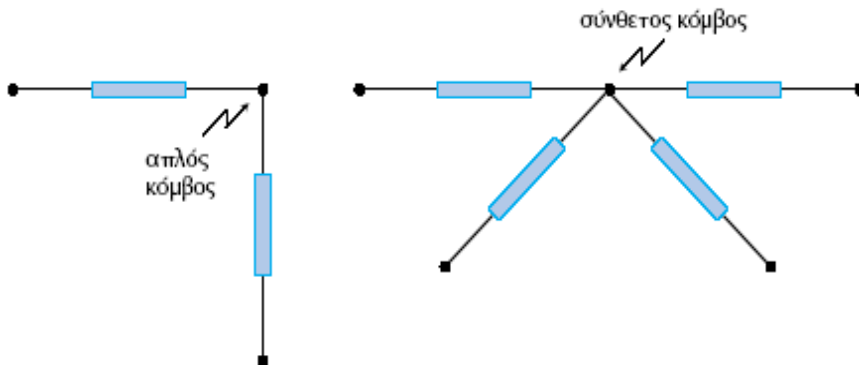
Σαββίδης Μιχάλης



14

Κόμβος

✚ Ο κόμβος διακρίνεται σε απλό και σε σύνθετο



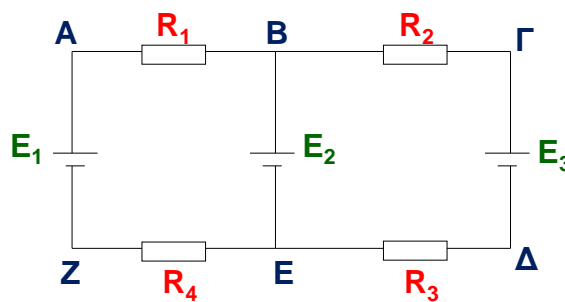
Σαββίδης Μιχάλης



15

Βρόχος κυκλώματος

✚ Βρόχος κυκλώματος ονομάζεται οποιαδήποτε κλειστή διαδρομή μέσα στο κύκλωμα που μπορεί να περιλαμβάνει πηγές και αντιστάσεις.



Βρόχος 1: ABEZA

Βρόχος 2: ΒΓΔΕΒ

Βρόχος 3: ΑΓΔΖΑ

Σύνθετοι Κόμβοι B, E

Σαββίδης Μιχάλης

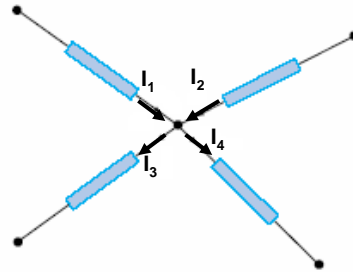


16

1^{ος} κανόνας του Κίρχωφ. (κανόνας των κόμβων ή των ρευμάτων)

✚ Ο 1^{ος} κανόνας διατυπώνει τα εξής:

“ το αλγεβρικό άθροισμα των εντάσεων των ρευμάτων σε κάθε κόμβο συνθέτου κυκλώματος είναι ίσο με μηδέν “



$$\sum I = 0$$

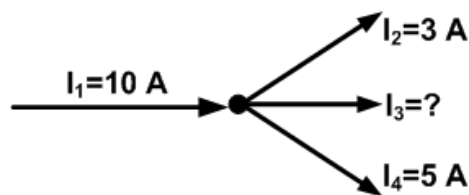
$$I_1 + I_2 - I_3 - I_4 = 0$$

Σαββίδης Μιχάλης



17

Εφαρμόζοντας το 1^ο κανόνα του Κίρχωφ



✚ Θεωρούμε θετικά τα ρεύματα που εισέρχονται στο κόμβο και αρνητικά αυτά που εξέρχονται από το κόμβο.

$$I_1 - I_2 - I_3 - I_4 = 0$$



$$I_3 = I_1 - I_2 - I_4 = 10 - 3 - 5 = 2 \text{ A}$$

Σαββίδης Μιχάλης

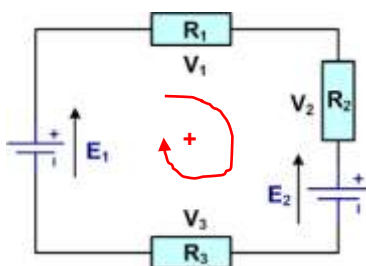


18

2^{ος} κανόνας του Κίρχωφ. (κανόνας των βρόχων ή των τάσεων).

- ✚ Σε ένα κλειστό κύκλωμα το αλγεβρικό άθροισμα των ηλεκτρεγερτικών δυνάμεων των πηγών ισούται με το αλγεβρικό άθροισμα των πτώσεων τάσεων στις αντιστάσεις του βρόχου.

$$\Sigma E = \Sigma IR$$



$$E_1 - E_2 = V_1 + V_2 + V_3$$

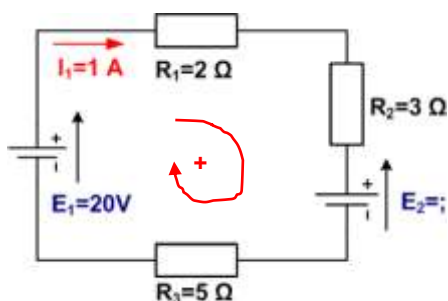
Σαββίδης Μιχάλης



19

Εφαρμόζοντας το 2^ο κανόνα του Κίρχωφ

- ✚ Στο κύκλωμα του σχήματος να εφαρμόσετε τον κανόνα των τάσεων του Κίρχωφ και να υπολογίσετε την τάση της πηγής E_2 .



$$E_1 - E_2 = I_1 R_1 + I_1 R_2 + I_1 R_3 \Rightarrow$$

$$20 - E_2 = I_1 (R_1 + R_2 + R_3) \Rightarrow$$

$$20 - E_2 = 1 * (2 + 3 + 5) \Rightarrow$$

$$20 - E_2 = 10 \Rightarrow$$

$$E_2 = 20 - 10 = 10 \text{ V}$$

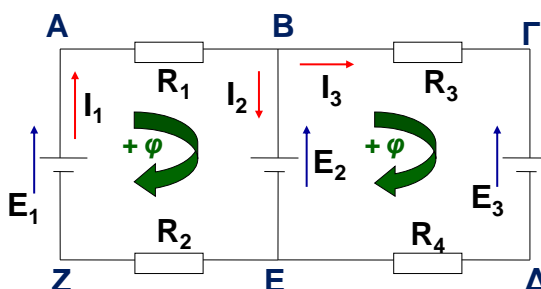
Σαββίδης Μιχάλης



20

Επίλυση Κυκλωμάτων Σ.Ρ. Υποθέσεις – Προετοιμασία - Εφαρμογή

- ✦ Ονομάζουμε τους κόμβους
- ✦ Η φορά των ρευμάτων τοποθετείται αυθαίρετα γιατί δε γνωρίζουμε εκ των προτέρων τη φορά.
- ✦ Τοποθετούμε τη φορά των πηγών.
- ✦ Για ευκολία των υπολογισμών τοποθετούμε μια αυθαίρετη φορά (φ)
- ✦ Εφαρμόζουμε τον 1^ο κανόνα σε ένα σύνθετο κόμβο
- ✦ Εφαρμόζουμε τον 2^ο κανόνα σε δύο βρόχους.



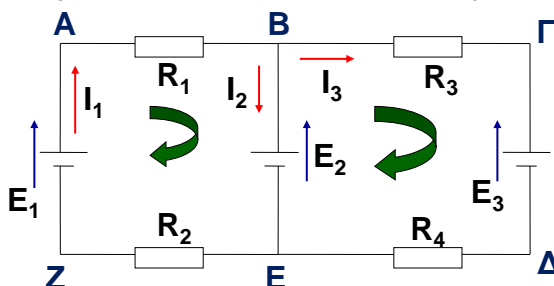
Σαββίδης Μιχάλης



21

Παράδειγμα 1

- ✦ Να βρείτε τα ρεύματα για το πιο κάτω κύκλωμα. ($R_1=1\Omega$, $R_2=2\Omega$, $R_3=4\Omega$, $R_4=2\Omega$, $E_1=12\text{ V}$, $E_2=24\text{ V}$, $E_3=10\text{ V}$)



1ος Κανόνας:
Κανόνας των εντάσεων.
Κόμβος Β:

$$I_1 = I_2 + I_3$$

2^{ος} Κανόνας. Κανόνας των τάσεων: Βρόγχος ΑΒΕΖΑ

$$E_1 - E_2 = I_1 R_1 + I_2 R_2 \Rightarrow 12 - 24 = I_1 + 2I_2 \Rightarrow -12 = 3I_1 \Rightarrow \underline{I_1 = -4\text{ A}}$$

2^{ος} Κανόνας. Κανόνας των τάσεων: Βρόγχος ΒΓΔΕΒ

$$E_2 - E_3 = I_3 R_3 + I_2 R_2 \Rightarrow 24 - 10 = 4I_3 + 2I_2 \Rightarrow 14 = 4I_3 + 2I_2$$

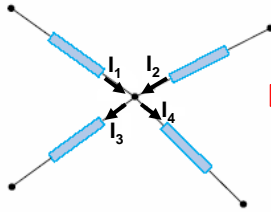
$$\Rightarrow -4 = I_2 + 1.75 \Rightarrow \underline{I_2 = -5.75}$$

Σαββίδης Μιχάλης

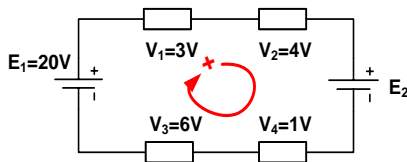


22

Λύση Φύλλου Εργασίας 1



$$I_1 + I_2 = I_3 + I_4 \Rightarrow 5 + 4 = I_3 + 7 \Rightarrow I_3 = 9 - 7 = 2A$$



$$E_1 - E_2 = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 \Rightarrow$$

$$20 - E_2 = 3 + 4 + 6 + 1 \Rightarrow$$

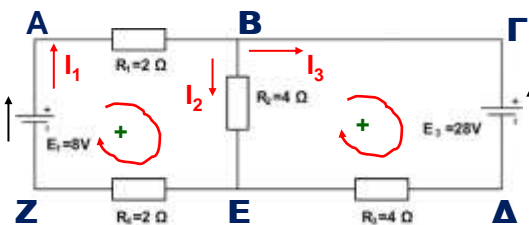
$$E_2 = 20 - 14 = 6V$$

Σαββίδης Μιχάλης



23

Λύση Φύλλου Εργασίας 2



1ος Κανόνας.
Κανόνας των εντάσεων.
Κόμβος Β:

$$I_1 = I_2 + I_3$$

2ος Κανόνας. Κανόνας των τάσεων: Βρόγχος ΑΒΕΖΑ

$$E_1 = I_1(R_1 + R_4) + I_2 R_2 \Rightarrow 8 = 4I_1 - 4I_2 \Rightarrow 2 = I_1 + I_2$$

2ος Κανόνας. Κανόνας των τάσεων: Βρόγχος ΒΓΔΕΒ

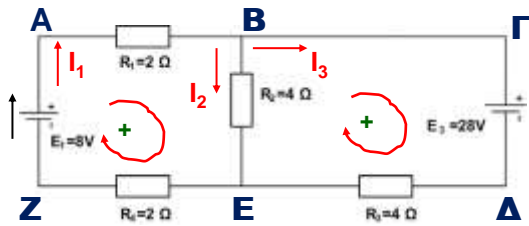
$$-E_2 = -I_2 R_2 + I_3 R_3 \Rightarrow -28 = -4I_2 + 4I_3 \Rightarrow -7 = -I_2 + I_3$$

Σαββίδης Μιχάλης



24

Λύση Φύλλου Εργασίας 2



$$\begin{aligned} (1) \quad I_1 &= I_2 + I_3 \\ (2) \quad 2 &= I_1 + I_2 \\ (3) \quad -7 &= -I_2 + I_3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (1) \quad I_1 - I_2 - I_3 &= 0 \\ (2) \quad 2 - I_1 - I_2 &= 0 \end{aligned} \quad \Rightarrow 2I_1 - 2 = I_3$$

$$\begin{aligned} (1) \quad I_1 - I_2 - I_3 &= 0 \\ (3) \quad -7 + I_2 - I_3 &= 0 \end{aligned} \quad \Rightarrow I_1 = 2I_3 + 7$$

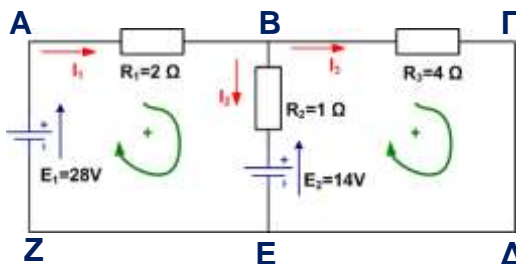
$$\begin{aligned} (4) \quad 2I_1 - 2 - I_3 &= 0 \\ (4) \& (5) \quad I_1 = 2(2I_1 - 2) + 7 \Rightarrow \\ & I_1 = 4I_1 - 4 + 7 \Rightarrow \\ & -3I_1 = 3 \Rightarrow I_1 = -1A \\ & \text{(Αντίθετη φορά)} \\ \Rightarrow I_3 &= 2I_1 - 2 = 2(-1) - 2 = -4A \\ \Rightarrow I_1 &= I_2 + I_3 \Rightarrow I_2 = I_1 - I_3 = -1 - (-4) = 3A \end{aligned}$$

Σαββίδης Μιχάλης



25

Λύση Φύλλου Εργασίας 3



1ος Κανόνας.
Κανόνας των εντάσεων.
Κόμβος Β:

$$I_1 = I_2 + I_3$$

2ος Κανόνας. Κανόνας των τάσεων: Βρόγχος ΑΒΕΖΑ

$$E_1 - E_2 = I_1 R_1 + I_2 R_2 \Rightarrow 28 - 14 = 2I_1 + I_2 \Rightarrow 14 = 2I_1 - I_2$$

2ος Κανόνας. Κανόνας των τάσεων: Βρόγχος ΒΓΔΕΒ

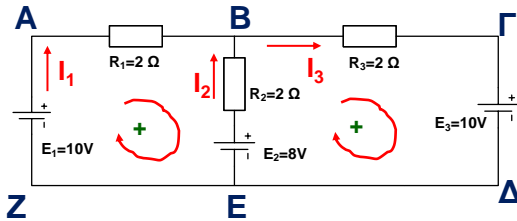
$$E_2 = -I_2 R_2 + I_3 R_3 \Rightarrow 14 = -I_2 + 4I_3 \Rightarrow 14 = 4I_3 - I_2$$

Σαββίδης Μιχάλης



26

Λύση Φύλλου Εργασίας 4



1ος Κανόνας. Κανόνας των εντάσεων. Κόμβος Β:

$$I_1 + I_2 = I_3$$

2ος Κανόνας. Κανόνας των τάσεων: Βρόγχος ΑΒΕΖΑ

$$E_1 - E_2 = I_1 R_1 - I_2 R_2 \Rightarrow 10 - 8 = 2I_1 - 2I_2 \Rightarrow 1 = I_1 - I_2$$

2ος Κανόνας. Κανόνας των τάσεων: Βρόγχος ΒΓΔΕΒ

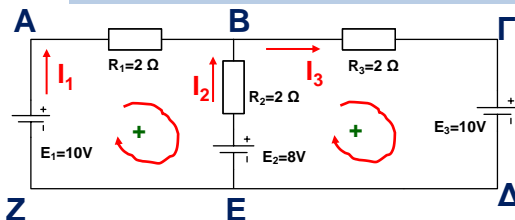
$$E_2 - E_3 = I_2 R_2 + I_3 R_3 \Rightarrow 8 - 10 = 2I_2 + 2I_3 \Rightarrow -1 = I_2 + I_3$$

Σαββίδης Μιχάλης



27

Λύση Φύλλου Εργασίας 4



$$(1) I_1 + I_2 = I_3$$

$$(2) 1 = I_1 - I_2$$

$$(3) -1 = I_2 + I_3$$

$$\left. \begin{array}{l} (1) I_1 + I_2 = I_3 \\ (2) 1 = I_1 - I_2 \end{array} \right\} \begin{array}{l} (4) I_1 + I_2 - 1 = I_3 - I_1 + I_2 \\ \Rightarrow 2I_1 - 1 = I_3 \end{array} \left\} \begin{array}{l} (4) 2I_1 - 1 = I_3 \Rightarrow 2(-1) - 1 = I_3 \Rightarrow \\ I_3 = -3A \end{array} \right.$$

$$\left. \begin{array}{l} (1) I_1 = I_2 + I_3 \\ (3) -1 = I_2 + I_3 \end{array} \right\} \begin{array}{l} (5) I_1 + 1 = 0 \Rightarrow I_1 = -1A \\ (2) I_1 = I_2 + I_3 \Rightarrow I_2 = I_1 - I_3 \Rightarrow \\ I_2 = -1 - (-3) = 2A \end{array} \right.$$

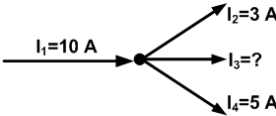
(Αντίθετη φορά)

Σαββίδης Μιχάλης



28

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ



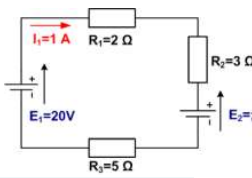
$I_1 = 10 \text{ A}$

$I_2 = 3 \text{ A}$

$I_3 = ?$

$I_4 = 5 \text{ A}$

**Κανόνες
Κίρχωφ**



$E_1 = 20 \text{ V}$

$R_1 = 2 \ \Omega$

$R_2 = 3 \ \Omega$

$R_3 = 5 \ \Omega$

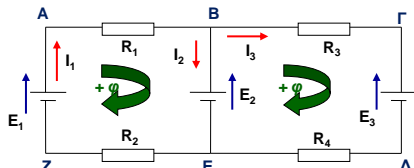
$I_1 = 1 \text{ A}$

$E_2 = ?$

**1^{ος} κανόνας -
κανόνας των ρευμάτων**
 $\Sigma I = 0$

**2^{ος} κανόνας -
κανόνας των τάσεων**
 $\Sigma E = \Sigma IR$

**Λύση
Ασκήσεων**



29

Συνδεσμολογίες πυκνωτών

Στόχοι:

Οι μαθητές να είναι σε θέση να:

- Υπολογίζουν την ολική χωρητικότητα πυκνωτών ενωμένων σε σειρά ή παράλληλα.

Βιβλιογραφία

- Ηλεκτροτεχνία - τομέας ηλεκτρολογικός – ΤΕΕ. Α΄ τάξη 1ου κύκλου Ο.Ε.Δ.Β.
- Κυκλώματα συνεχούς και εναλλασσόμενου ρεύματος - τομέας ηλεκτρονικών – ΤΕΕ Α΄ τάξη 1ου κύκλου Ο.Ε.Δ.Β.
- Στοιχεία ηλεκτρολογίας - τομέας μηχανολογικός Α΄ τάξη 1ου κύκλου Ο.Ε.Δ.Β.

Χωρητικότητα πυκνωτή

- Χωρητικότητα πυκνωτή είναι ο σταθερός λόγος του φορτίου Q που είναι αποθηκευμένο στον πυκνωτή δια της τάσης που εμφανίζεται μεταξύ των οπλισμών του πυκνωτή.
- Η χωρητικότητα εξαρτάται από τη κατασκευή του πυκνωτή.

Μονάδα μέτρησης της
Χωρητικότητας
Το Farad (F)

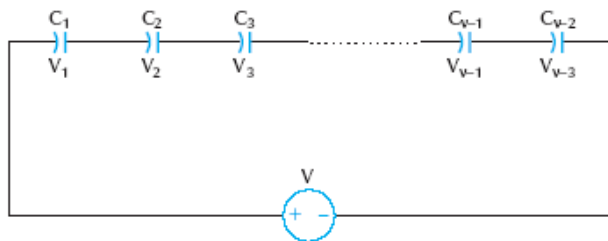
$$C = \frac{Q}{V}$$

Q → ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΦΟΡΤΙΑ
 V → ΤΑΣΗ ΣΤΑ ΑΚΡΑ ΤΟΥ ΠΥΚΝΩΤΗ
 1ΦΑΡΑΝΤ (F) = 1ΚΟΥΛΟΜ (Cb) / 1 ΒΟΛΤ(V)

Σαββίδης Μιχάλης

31

Συνδεσμολογία πυκνωτών - Σύνδεση σε σειρά



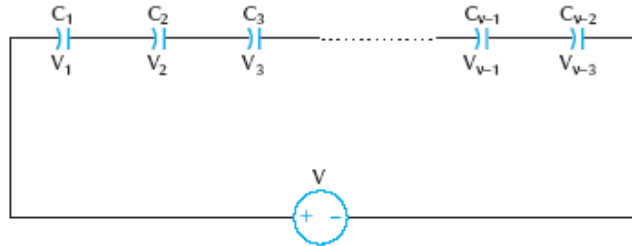
- Για να φορτιστούν οι πυκνωτές φορτίο q από τον αριστερό οπλισμό του C_1 μεταφέρετε στον οπλισμό του C_v μέσω της πηγής.
- Έτσι όλοι οι ενδιάμεσοι οπλισμοί φορτίζονται εξ επαγωγής.

$$q_{ολ} = q_1 = q_2 = \dots = q_v \quad V = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_v$$

Σαββίδης Μιχάλης

32

Συνδεσμολογία πυκνωτών - Σύνδεση σε σειρά



$$C_{ολ} = \frac{q}{V} = \frac{q}{V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_v} \Rightarrow \frac{1}{C_{ολ}} = \frac{V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_v}{q}$$

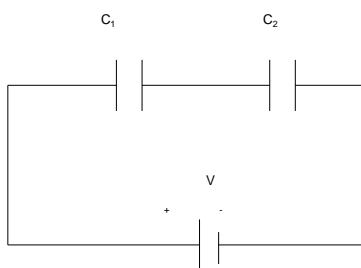
$$\frac{1}{C_{ολ}} = \frac{V_1}{q} + \frac{V_2}{q} + \frac{V_3}{q} + \dots + \frac{V_v}{q} \Rightarrow \frac{1}{C_{ολ}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_v}$$

Σαββίδης Μιχάλης

33

Συνδεσμολογία πυκνωτών - παράδειγμα

- Δύο πυκνωτές $C_1=1\mu\text{F}$ και $C_2=2\mu\text{F}$ συνδέονται σε σειρά. Στα άκρα της συνδεσμολογίας εφαρμόζεται τάση $V=24\text{V}$ να βρεθεί η ολική χωρητικότητα



$$\frac{1}{C_{ολ}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_v}$$

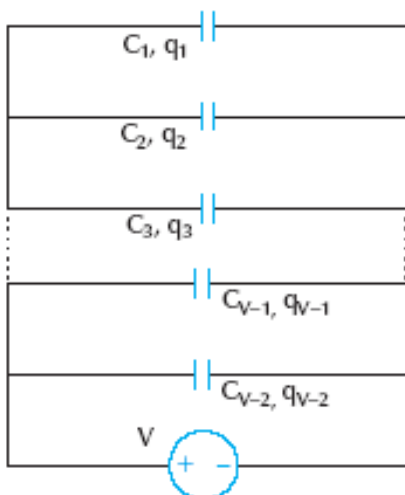
$$\frac{1}{C_{ολ}} = \frac{1}{1} + \frac{1}{2} = \frac{2+1}{2} = \frac{3}{2}$$

$$C_{ολ} = \frac{2}{3} = 0.67\mu\text{F}$$

Σαββίδης Μιχάλης

34

Παράλληλη συνδεσμολογία πυκνωτών



- Στη παράλληλη συνδεσμολογία οι πυκνωτές είναι συνδεδεμένοι με τους ομώνυμους οπλισμούς τους άρα έχουν την ίδια τάση με τη πηγή.

- Το ολικό φορτίο είναι:

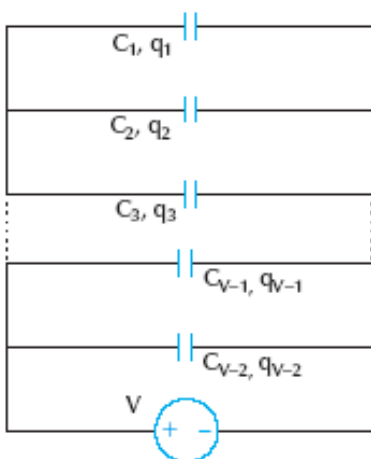
$$q_{ολ} = q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_v$$

$$V = V_1 = V_2 = V_3 = \dots = V_v$$

Σαββίδης Μιχάλης

35

Παράλληλη συνδεσμολογία πυκνωτών



$$C_{ολ} = \frac{q_{ολ}}{V} \Rightarrow$$

$$C_{ολ} = \frac{q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_v}{V} \Rightarrow$$

$$C_{ολ} = \frac{q_1}{V} + \frac{q_2}{V} + \frac{q_3}{V} + \dots + \frac{q_v}{V} \Rightarrow$$

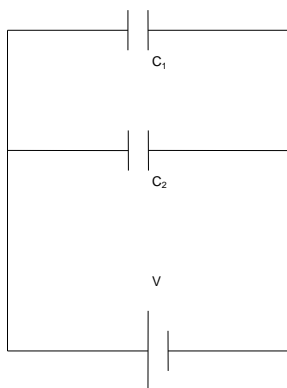
$$C_1 = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_v$$

Σαββίδης Μιχάλης

36

Παράλληλη συνδεσμολογία πυκνωτών Παράδειγμα

- Δύο πυκνωτές $C_1=1 \mu\text{F}$ και $C_2=2 \mu\text{F}$ συνδέονται παράλληλα. Στα άκρα της συνδεσμολογίας εφαρμόζεται τάση $V=10\text{V}$ να βρεθεί η ολική χωρητικότητα



$$C_{\text{ολ}} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n$$

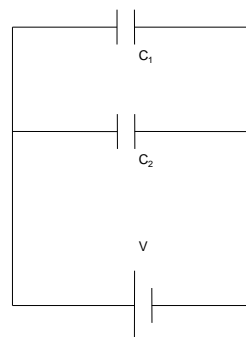
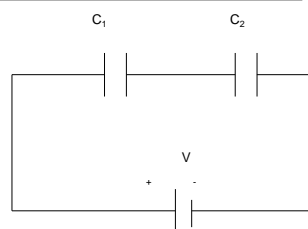
$$C_{\text{ολ}} = 1 + 2 = 3 \mu\text{F}$$

Σαββίδης Μιχάλης

37

Φύλλο Εργασίας

- Δύο πυκνωτές $C_1=6\mu\text{F}$ και $C_2=12\mu\text{F}$ συνδέονται σε σειρά. Στα άκρα της συνδεσμολογίας εφαρμόζεται τάση $V=24\text{V}$ να βρεθεί η ολική χωρητικότητα
- Δύο πυκνωτές $C_1=2.2\mu\text{F}$ και $C_2=3.3\mu\text{F}$ συνδέονται παράλληλα. Στα άκρα της συνδεσμολογίας εφαρμόζεται τάση $V=10\text{V}$ να βρεθεί η ολική χωρητικότητα

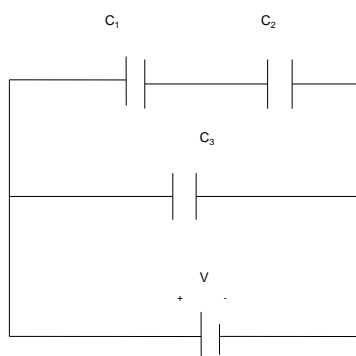


Σαββίδης Μιχάλης

38

Εργασία για το σπίτι

1. Να βρεθεί η ολική χωρητικότητα της συνδεσμολογίας που φαίνεται στο σχήμα. Δίνονται $C_1=2\mu\text{F}$, $C_2=8\mu\text{F}$, $C_3=2.4\mu\text{F}$ και $V=24\text{V}$.



Σαββίδης Μιχάλης

39

Εφαρμοσμένη Ηλεκτρολογία

ΕΝΟΤΗΤΑ : Πηνία

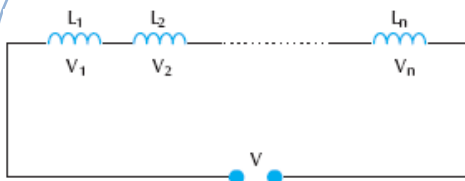
Βιβλιογραφία

1. Ηλεκτροτεχνία - τομέας ηλεκτρολογικός – ΤΕΕ. Α΄ τάξη 1ου κύκλου Ο.Ε.Δ.Β.
2. Κυκλώματα συνεχούς και εναλλασσόμενου ρεύματος - τομέας ηλεκτρονικών – ΤΕΕ Α΄ τάξη 1ου κύκλου Ο.Ε.Δ.Β.
3. Στοιχεία ηλεκτρολογίας - τομέας μηχανολογικός Α΄ τάξη 1ου κύκλου Ο.Ε.Δ.Β.

Σαββίδης Μιχάλης

40

Συνδεσμολογίες πηνίων – Σε σειρά



Ολική αυτεπαγωγή της συνδεσμολογίας :

$$V = L_{ολ} \frac{\Delta I}{\Delta t} \quad (1)$$

Οι τάσεις των πηνίων είναι:

$$V_1 = L_1 \frac{\Delta I}{\Delta t} \quad V_2 = L_2 \frac{\Delta I}{\Delta t} \quad \dots \quad V_{v-1} = L_{v-1} \frac{\Delta I}{\Delta t} \quad V_v = L_v \frac{\Delta I}{\Delta t} \quad (2)$$

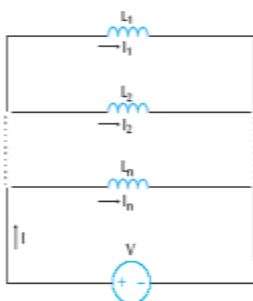
$$V = V_1 + V_2 + \dots + V_{v-1} + V_v \quad (3)$$

ΑΠΟ ΤΙΣ ΣΧΕΣΕΙΣ 1,2,3 $L_{ολ} \frac{\Delta I}{\Delta t} = L_1 \frac{\Delta I}{\Delta t} + L_2 \frac{\Delta I}{\Delta t} + \dots + L_{v-1} \frac{\Delta I}{\Delta t} + L_v \frac{\Delta I}{\Delta t} \Rightarrow$

$$L_{ολ} \frac{\Delta I}{\Delta t} = (L_1 + L_2 + \dots + L_{v-1} + L_v) \frac{\Delta I}{\Delta t} \Rightarrow L_{ολ} = L_1 + L_2 + \dots + L_{v-1} + L_v$$

41

Συνδεσμολογίες πηνίων – παράλληλα



Ρυθμός μεταβολής του ρεύματος για κάθε πηνίο:

$$\frac{\Delta I_1}{\Delta t} = \frac{V}{L_1} \quad \frac{\Delta I_2}{\Delta t} = \frac{V}{L_2} \quad \dots \quad \frac{\Delta I_{v-1}}{\Delta t} = \frac{V}{L_{v-1}} \quad \frac{\Delta I_v}{\Delta t} = \frac{V}{L_v} \quad (1)$$

Ολικός συντελεστής αυτεπαγωγής:

$$V = L_{ολ} \frac{\Delta I}{\Delta t} \Rightarrow \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{V}{L_{ολ}} \quad (2)$$

Από τον 1ον κανόνα του Kirchhoff προκύπτει:

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{\Delta I_1}{\Delta t} + \frac{\Delta I_2}{\Delta t} + \dots + \frac{\Delta I_{v-1}}{\Delta t} + \frac{\Delta I_v}{\Delta t} \quad (3)$$

ΑΠΟ ΤΙΣ ΣΧΕΣΕΙΣ 1,2,3 \Rightarrow

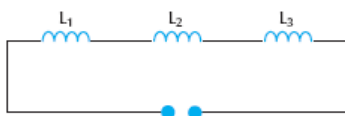
$$\frac{V}{L_{ολ}} = \frac{V}{L_1} + \frac{V}{L_2} + \dots + \frac{V}{L_{v-1}} + \frac{V}{L_v}$$

$$\frac{1}{L_{ολ}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \dots + \frac{1}{L_{v-1}} + \frac{1}{L_v}$$

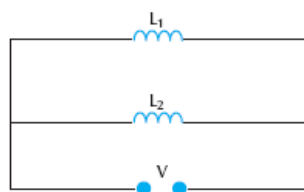
42

Φύλλο Εργασίας

1. Τρία πηνία $L_1=2\text{mH}$, $L_2=6\text{mH}$, $L_3=4\text{mH}$ συνδέονται σε σειρά. Να υπολογισθεί ο συντελεστής αυτεπαγωγής του συστήματος.



2. Δοο πηνία έχουν συντελεστές αυτεπαγωγής $L_1=3\text{mH}$ και $L_2=6\text{mH}$. Τα δύο πηνία συνδέονται παράλληλα και τροφοδοτούνται με τάση. Να υπολογισθεί ο συντελεστής αυτεπαγωγής του συστήματος.

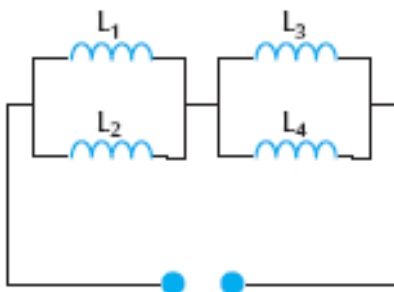


Σαββίδης Μιχάλης

43

Εργασία για το σπίτι

1. Για τη συνδεσμολογία του σχήματος δίνονται : $L_1=3\text{mH}$, $L_2=6\text{mH}$, $L_3=20\text{mH}$, $L_4=5\text{mH}$. Να υπολογισθεί ο συντελεστής αυτεπαγωγής του συστήματος.



Σαββίδης Μιχάλης

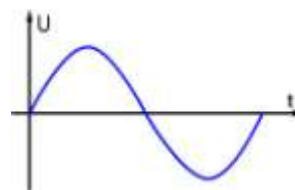
44

Εναλλασσόμενο Ρεύμα

- ✚ Όταν τα ηλεκτρόνια ρέουν σταθερά προς μία κατεύθυνση σε ένα κύκλωμα και το ρεύμα έχει σταθερή τιμή, τότε όλα τα ηλεκτρικά μεγέθη, όπως η τάση και η ισχύς, είναι σταθερά.
- ✚ Το ρεύμα αυτό ονομάζεται συνεχές ρεύμα (DC, Direct Current)



- ✚ Αν το ρεύμα δεν έχει σταθερή τιμή, ονομάζεται μεταβαλλόμενο ρεύμα.
- ✚ Ένα ρεύμα που ρέει πρώτα προς τη μία κατεύθυνση και μετά προς την αντίθετη ονομάζεται εναλλασσόμενο ρεύμα (AC, Alternative Current).
- ✚ Η τάση μεταβάλλεται κάθε στιγμή ημιτονοειδώς

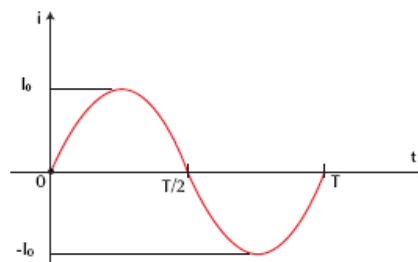
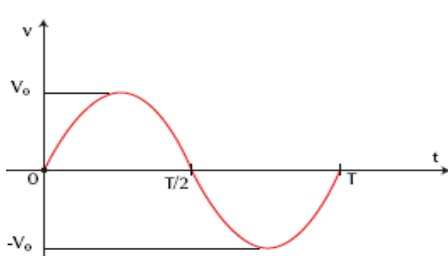


Σαββίδης Μιχάλης



45

Εναλλασσόμενο Ρεύμα / Τάση - Ορισμοί



- ✚ Εναλλασσόμενο ρεύμα ονομάζεται το ρεύμα του οποίου η φορά και η τιμή (ένταση) μεταβάλλονται περιοδικά με το χρόνο.
- ✚ Εναλλασσόμενη τάση ονομάζεται η τάση της οποίας η πολικότητα και η τιμή της μεταβάλλονται περιοδικά με το χρόνο.

Σαββίδης Μιχάλης



46

Πλεονεκτήματα του Ε.Ρ έναντι του Σ.Ρ

- ✚ Το Εναλλασσόμενο Ρεύμα επιτρέπει την ανύψωση ή τον υποβιβασμό της τάσης με τη χρήση μετασχηματιστών. Έτσι γίνεται πιο οικονομική η μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας με λιγότερες απώλειες.
- ✚ Το Εναλλασσόμενο Ρεύμα δημιουργεί μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο και έτσι επιτρέπει τη χρήση του επαγωγικού κινητήρα που είναι φθηνότερος σε σύγκριση με τον αντίστοιχο κινητήρα συνεχούς ρεύματος.
- ✚ Εξαιτίας της εύκολης μεταφοράς το Ε.Ρ παράγεται εκεί που υπάρχει φτηνή πρώτη ενέργεια.
- ✚ Μπορεί με κατάλληλη ανορθωτική διάταξη να χρησιμοποιηθεί και εκεί που απαιτείται οπωσδήποτε Σ.Ρ, π.χ φόρτιση συσσωρευτών, ηλεκτρομαγνήτες κ.λ.π.

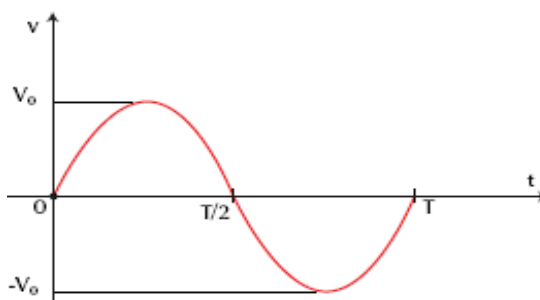
Σαββίδης Μιχάλης



47

Εναλλασσόμενη Τάση - Μεγέθη

- ✚ v : Στιγμιαία τάση, η τάση σε ορισμένη χρονική στιγμή.
- ✚ V_0 : Πλάτος, δηλαδή η μέγιστη τιμή της τάσης.
- ✚ T : Περίοδος, δηλαδή ο χρόνος που χρειάζεται για μια ολόκληρη μεταβολή της τάσης (μονάδα το **s**).
- ✚ f : Συχνότητα. Ο αριθμός των πλήρων μεταβολών της τάσης στη μονάδα του χρόνου (μονάδα f το **Hz**)



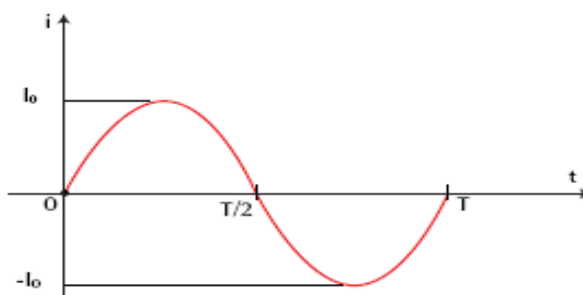
Σαββίδης Μιχάλης



48

Εναλλασσόμενο Ρεύμα - Μεγέθη

- ✚ i : Στιγμαία ένταση, η ένταση του ρεύματος σε ορισμένη χρονική στιγμή.
- ✚ I_0 : Πλάτος, δηλαδή η μέγιστη τιμή της έντασης του ρεύματος.
- ✚ T : Περίοδος, δηλαδή ο χρόνος που χρειάζεται για μια ολόκληρη μεταβολή της έντασης του ρεύματος (μονάδα το **s**).
- ✚ f : Συχνότητα, ο αριθμός των πλήρων μεταβολών της έντασης στη μονάδα του χρόνου (μονάδα **f** το **Hz**).



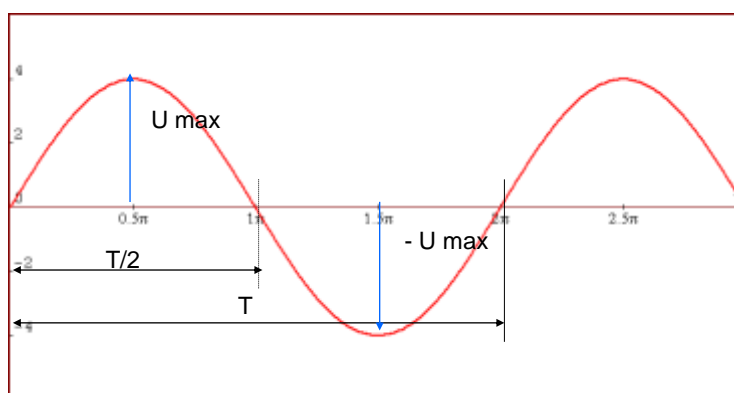
Σαββίδης Μιχάλης



49

Κύκλος Εναλλασσόμενου Ρεύματος

Κύκλος: Ονομάζουμε μια πλήρη μεταβολή της Η.Ε.Δ. από $0^\circ - 360^\circ$.



Σαββίδης Μιχάλης



50

Περίοδος και Συχνότητα Εναλλασσόμενου Ρεύματος

- ✚ **Περίοδο** ονομάζουμε το χρόνο σε δευτερόλεπτα, που χρειάζεται η Η.Ε.Δ. για ένα πλήρη κύκλο.
- ✚ Την συμβολίζουμε με το γράμμα **T**
- ✚ Μονάδα μέτρησης το **s** (sec).

$$T = \frac{1}{f}$$

- ✚ **Συχνότητα**: Ονομάζουμε τον αριθμό των κύκλων που κάνει η Η.Ε.Δ. ανά δευτερόλεπτο.
- ✚ Τη συχνότητα τη συμβολίζουμε με το γράμμα **f**
- ✚ Μονάδα μέτρησης τα **Hz** (hertz).
- ✚ Η σχέση μεταξύ της συχνότητας και της περιόδου είναι:

$$f = \frac{1}{T}$$

Σαββίδης Μιχάλης



51

Εναλλασσόμενο Ρεύμα

- ✚ Το εναλλασσόμενο ρεύμα αλλάζει συνεχώς κατεύθυνση. Μπορεί να αλλάξει κατεύθυνση χιλιάδες ή δισεκατομμύρια φορές το δευτερόλεπτο.
- ✚ Για να μετρηθούν τα χαρακτηριστικά της εναλλασσόμενης τάσης χρησιμοποιείται ο παλμογράφος που απεικονίζει την τάση σε σχέση με το χρόνο.
- ✚ Η τάση μιας οικιακής παροχής στην Κύπρο μεταβάλλεται το ίδιο (240v, 0v, - 240v)
- ✚ Ο κύκλος αυτός επαναλαμβάνεται συνεχώς. Η διάρκεια ενός κύκλου είναι 1/50 του δευτερολέπτου (ο χρόνος αυτός ονομάζεται περίοδος **T**)
- ✚ Δηλαδή σε 1 δευτερόλεπτο επαναλαμβάνονται 50 κύκλοι. Αυτή είναι η συχνότητα της εναλλασσόμενης τάσης (**f**).

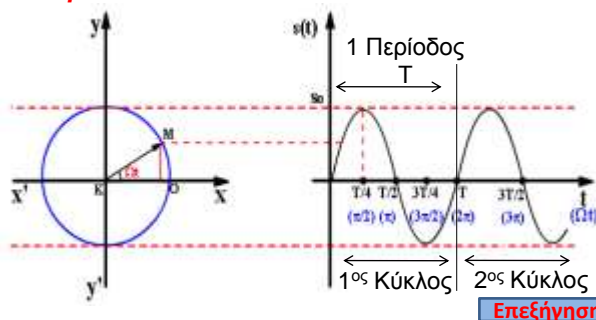
Σαββίδης Μιχάλης



52

Εναλλασσόμενο Ρεύμα – Κυκλική Συχνότητα

- ✚ Σε μια ημιτονοειδής κυματομορφή ανεξάρτητη μεταβλητή είναι ο χρόνος t
- ✚ Το περιστρεφόμενο πλαίσιο στο οποίο παράγεται η τάση έχει γωνιακή ταχύτητα ω .
- ✚ Άρα η γωνιά φ που διαγράφει το πλαίσιο σε χρόνο t είναι συνάρτηση του χρόνου. ($\varphi = \omega t$).
- ✚ Τα μεγέθη φ και t είναι ανάλογα, άρα μεταβάλλονται με τον ίδιο τρόπο.
- ✚ Άρα η εναλλασσόμενη τάση είναι συνάρτηση της γωνίας περιστροφής του πλαισίου φ .



Επεξήγηση

53

Εναλλασσόμενο Ρεύμα – Κυκλική Συχνότητα

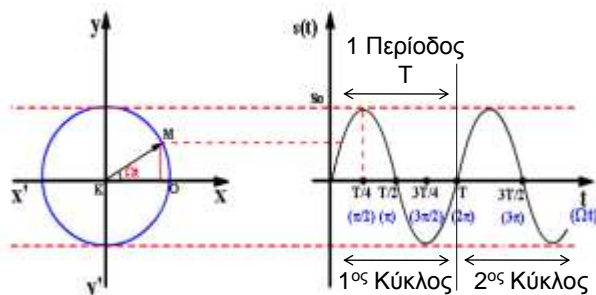
- ✚ Άρα η γωνιακή ταχύτητα με την οποία περιστρέφεται η μηχανή είναι:

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T} \text{ (rad / s)}$$

- ✚ **Κυκλική συχνότητα:** Είναι η γωνία την οποία διαγράφει το πλαίσιο ανά δευτερόλεπτο

- ✚ Άρα η γωνία περιστροφής σε συνάρτηση με το χρόνο t είναι:

$$\varphi = \omega t = 2\pi f t = \frac{2\pi t}{T}$$

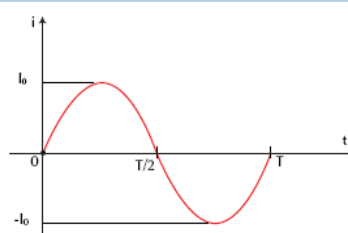
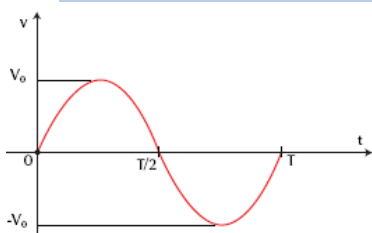


Ορισμοί

Επεξήγηση

54

Εναλλασσόμενο Ρεύμα - Εξισώσεις



$$v = V_0 \eta \mu \varphi = V_0 \eta \mu \omega t = V_0 \eta \mu 2\pi f t = V_0 \eta \mu \frac{2\pi t}{T}$$

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

$\omega = 2\pi f$ Κυκλική συχνότητα (μονάδα το **rad/s**)

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

Σαββίδης Μιχάλης



55

Πλάτος Τάσης

- ✚ Στο εναλλασσόμενο ρεύμα τα μεγέθη μεταβάλλονται κάθε στιγμή και μπορούν να έχουν οποιαδήποτε τιμή ανάμεσα σε μια ελάχιστη και μία μέγιστη.
- ✚ Πλάτος τάσης ονομάζεται η κατακόρυφη απόσταση από τη μέση ως τη μέγιστη τιμή.

$$\text{πλάτος τάσης} = \frac{\text{τάση}_{\text{κορυφή σε κορυφή}}}{2} \Rightarrow V_0 = \frac{V_{pp}}{2}$$



Ανακεφαλαίωση



56

Ενεργός Τιμή

- ✚ Στο Ε.Ρ. η τάση και η ένταση μεταβάλλονται με το χρόνο (στιγμιαίες και μέγιστες τιμές).
- ✚ Χρησιμοποιούμε έτσι την έννοια της ενεργούς τιμής για να χαρακτηρίσουμε την εναλλασσόμενη τάση ή ένταση.
- ✚ Όταν μετρούμε την τάση ή το ρεύμα σε ένα κύκλωμα Ε.Ρ. οι τιμές που μετράνε τα όργανα μετρήσεως είναι πάντα οι ενεργείς τιμές.
- ✚ Ενεργό τιμή του εναλλασσόμενου ρεύματος λέμε την τιμή του συνεχούς ρεύματος που όταν διαρρέει ένα ωμικό καταναλωτή, για ορισμένο χρονικό διάστημα παράγει το ίδιο ποσό θερμότητας με το εναλλασσόμενο ρεύμα όταν αυτό διαρρέει τον ίδιο αντιστάτη στο ίδιο χρονικό διάστημα.

$$U_{\varepsilon\nu} = \frac{U_0}{\sqrt{2}} = 0.707 \cdot U_0$$

$$I_{\varepsilon\nu} = \frac{I_0}{\sqrt{2}} = 0.707 \cdot I_0$$

Σαββίδης Μιχάλης

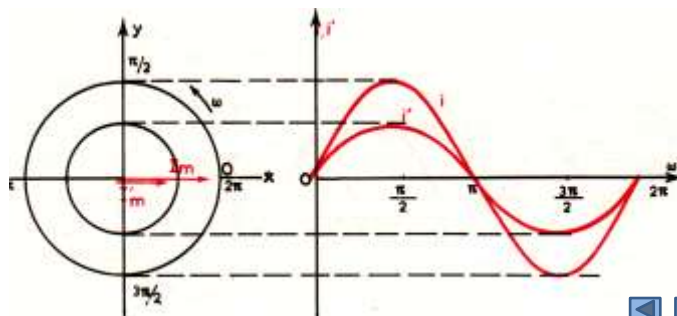
Επεξήγηση



57

Φάση και διαφορά φάσης

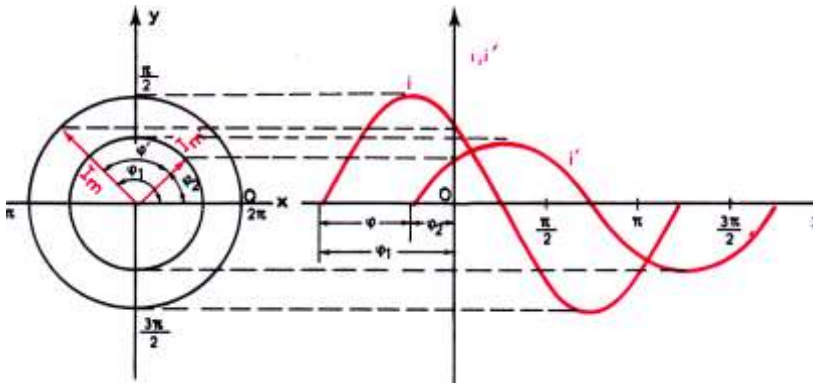
- ✚ Φάση ονομάζουμε τη γωνία σε μοίρες ή ακτίνια που έχει διανύσει το εναλλασσόμενο μέγεθος (τάση ή ένταση) από την αρχή μέτρησης του χρόνου μέχρι μια ορισμένη στιγμή.
- ✚ Όταν το μέγεθος έχει διανύσει το ένα τέταρτο του κύκλου, λέμε ότι η φάση είναι 90° ή $\pi/2$.
- ✚ Δύο εναλλασσόμενα μεγέθη, που παίρνουν τις μέγιστες και ελάχιστες τιμές τους τις ίδιες χρονικές στιγμές λέμε ότι βρίσκονται σε φάση.



58

Φάση και διαφορά φάσης

- ✚ Δύο εναλλασσόμενα μεγέθη που έχουν διαφορετική αρχική φάση με αποτέλεσμα να παίρνουν τις μέγιστες και ελάχιστες τιμές τους σε διαφορετικές χρονικές στιγμές, λέμε ότι παρουσιάζουν διαφορά φάσης.

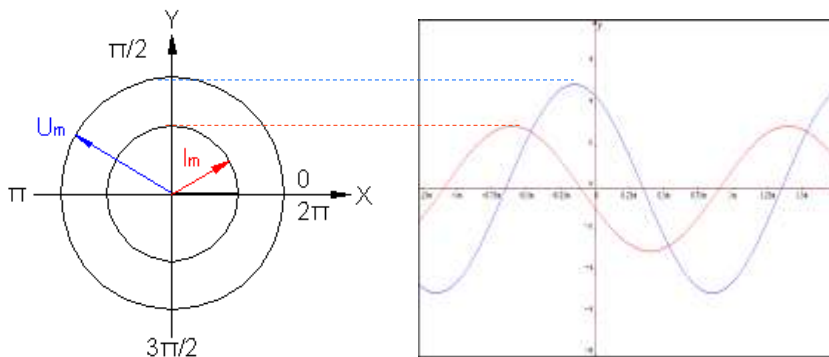


Σαββίδης Μιχάλης



59

Σύστημα με διαφορά φάσης



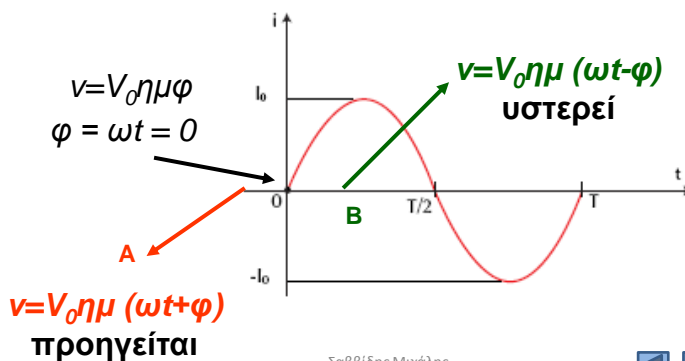
Σαββίδης Μιχάλης



60

Φάση ημιτονοειδούς κυματομορφής

- ✚ Φάση μιας ημιτονοειδούς κυματομορφής (τάσης ή έντασης) είναι η γωνιά στον άξονα των γωνιών ωt που καθορίζει την αρχή της κυματομορφής.
- ✚ Η φάση φ είναι ίση με την απόσταση της αρχής της κυματομορφής από το μηδέν του άξονα των γωνιών ωt .



Σαββίδης Μιχάλης



61

Παράδειγμα 1

Υπολογισμός διαφοράς φάσης.

- ✚ Δίνονται τα ρεύματα:

$$i_1 = 10 \sin \omega t,$$

$$i_2 = 10 \sin (\omega t + 45^\circ),$$

$$i_3 = 10 \sin (\omega t + 135^\circ),$$

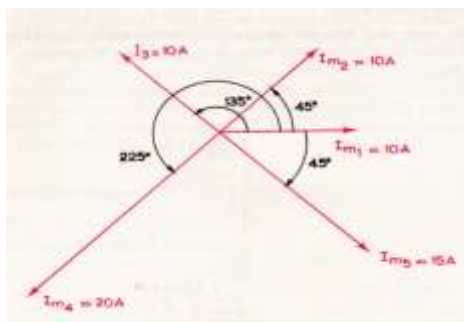
$$i_4 = 20 \sin (\omega t + 225^\circ),$$

$$i_5 = 15 \sin (\omega t - 45^\circ).$$

- α) $\varphi_3 - \varphi_1 = 135^\circ - 0^\circ = 135^\circ$
 β) $\varphi_4 - \varphi_2 = 225^\circ - 45^\circ = 180^\circ$
 γ) $\varphi_1 - \varphi_5 = 0^\circ - (-45^\circ) = 45^\circ$

Να βρείτε τη διαφορά φάσης μεταξύ των ρευμάτων:

- α) i_1 και i_3 , β) i_2 και i_4 , γ) i_1 και i_5 .
 δ) Να σχεδιαστεί επίσης το ανυσματικό διάγραμμα.



Σαββίδης Μιχάλης



62

Παράδειγμα 2

Υπολογισμός διαφοράς φάσης.

✚ Δίνονται τρία ρεύματα:

$$i_1 = I_{m1} \sin \omega t ,$$

$$i_2 = I_{m2} \sin (\omega t + \pi/2) ,$$

$$i_3 = I_{m2} \sin (\omega t - \pi/2) .$$

Να υπολογισθούν οι διαφορές φάσεις μεταξύ των ρευμάτων και να σχεδιάσετε το διανυσματικό διάγραμμα.

α) $\varphi_2 - \varphi_1 = \pi/2 - 0^0 = \pi/2.$

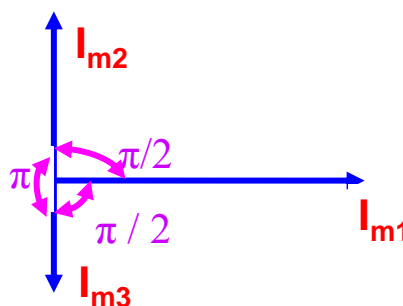
Το i_2 προπορεύεται του i_1 κατά $\pi/2$

β) $\varphi_1 - \varphi_3 = 0 - (-\pi/2) = \pi/2$

Το i_1 προπορεύεται του i_3 κατά π

γ) $\varphi_2 - \varphi_3 = \pi/2 - (-\pi/2) = \pi$

Το i_2 προπορεύεται του i_3 κατά $\pi.$



Σαββίδης Μιχάλης



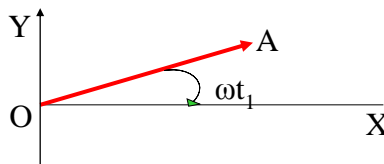
63

Διανυσματική παράσταση εναλλασσόμενου μεγέθους

✚ Μπορούμε να απεικονίσουμε τα εναλλασσόμενα μεγέθη με διανύσματα.

✚ Το διάνυσμα είναι ένα ευθύγραμμο τμήμα με καθορισμένο:

- ◆ Μήκος
- ◆ Φορά
- ◆ Διεύθυνση.



✚ Έτσι μπορούμε να απεικονίσουμε την τάση ή ένταση με μια ευθεία γραμμή ή βέλος.

✚ Το μήκος της ευθείας παριστάνει τη τιμή του μεγέθους.

✚ Η διεύθυνση της ευθείας παριστάνει τη διεύθυνση του μεγέθους.

✚ Το βέλος παριστάνει τη φορά του μεγέθους.

✚ Τα διανύσματα δεν έχουν καμία σχέση με το Ε.Ρ. Είναι καθαρά συμβολικά.

✚ Τα χρησιμοποιούμε όταν θέλουμε να απεικονίσουμε πολλά εναλλασσόμενα ρεύματα στο ίδιο κύκλωμα.

Σαββίδης Μιχάλης



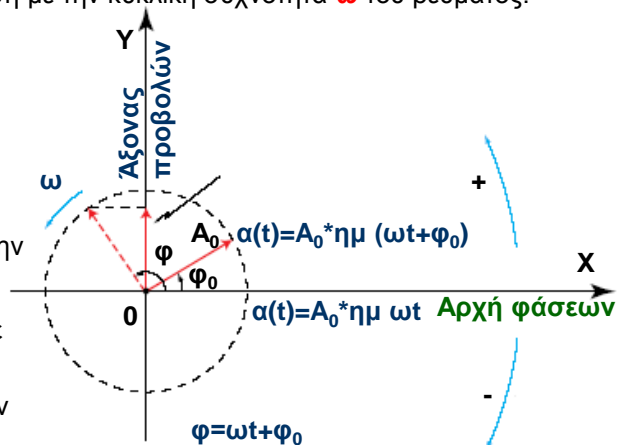
64

Διανυσματική παράσταση εναλλασσόμενου μεγέθους

✚ Θεωρούμε ότι τα διανύσματα περιστρέφονται αριστερόστροφα και με γωνιακή ταχύτητα ίση με την κυκλική συχνότητα ω του ρεύματος.

✚ Πάνω στο ίδιο διανυσματικό διάγραμμα παριστάνουμε μόνο τα εναλλασσόμενα μεγέθη που έχουν την ίδια συχνότητα

✚ Τα απεικονίζουμε σε ένα σύστημα ορθογώνιων αξόνων $X-\psi$



Σαββίδης Μιχάλης



65

Διανυσματική παράσταση εναλλασσόμενου μεγέθους

✚ Ο άξονας ο X αποτελεί την αρχή των φάσεων.

✚ Είναι η αφετηρία μέτρησης των φασικών γωνιών.

✚ Κατά την αριστερή φορά οι γωνίες θεωρούνται θετικές, ενώ κατά την αντίθετη αρνητικές.

✚ Ο άξονας ο Y αποτελεί τον άξονα των στιγμιαίων τιμών.

Το εναλλασσόμενο μέγεθος $a(t)$ με γωνιακή ταχύτητα ω , ίση με την κυκλική συχνότητα του μεγέθους, αυξάνεται συνεχώς και μετά από χρόνο t $\varphi = \omega t + \varphi_0$



Σαββίδης Μιχάλης

Παράδειγμα



66

Βιβλιογραφία - Πηγές

1. Κ. Βουρνάς, Ο. Δαφερμός, Σ. Πάγκαλος, Γ. Χατζαράκης, Ηλεκτροτεχνία , τομέας ηλεκτρολογικός, ΤΕΕ Α΄ τάξη 1^{ου} κύκλου, Αθήνα: Ο.Ε.Δ.Β., 2000,
2. Χ. Κανελλόπουλος, Γ. Παλής, Γ. Χατζαράκης, Κυκλώματα συνεχούς και εναλλασσόμενου ρεύματος , τομέας ηλεκτρονικών, ΤΕΕ Α΄ τάξη 1^{ου} κύκλου, Αθήνα: Ο.Ε.Δ.Β., 2001,
3. Μ. Ιωαννίδου, Θ. Μικρώνης, Β. Τσίλης, Ανάλυση ηλεκτρικών κυκλωμάτων, τομέας ηλεκτρολογικός, ΤΕΕ Α΄ τάξη 1^{ου} κύκλου, Αθήνα: Ο.Ε.Δ.Β., 2001,
4. Α. Παρτασίδης, Γ. Γωγάκης, Φ. Λυσιώτης, Ηλεκτρολογία για την Ε΄ τάξη τεχνικής κατεύθυνσης, Λευκωσία: Αρλό Λτδ., 2000,

Σαββίδης Μιχάλης



67

Επίλυση ηλεκτρικών κυκλωμάτων εναλλασσόμενου ρεύματος (Ε.Ρ.)

Εκπαιδευτής: Σαββίδης Μιχάλης
Τεχνική Σχολή Αυγόρου

Σαββίδης Μιχάλης

68

Περιεχόμενα

- ▶ Αντίσταση R στο εναλλασσόμενο ρεύμα
- ▶ Πηνίο L στο εναλλασσόμενο ρεύμα
- ▶ Πυκνωτής C στο εναλλασσόμενο ρεύμα
- ▶ Ισχύς στο εναλλασσόμενο ρεύμα
- ▶ RL σε σειρά στο εναλλασσόμενο ρεύμα
- ▶ RC σε σειρά στο εναλλασσόμενο ρεύμα
- ▶ RLC σε σειρά στο εναλλασσόμενο ρεύμα

Σαββίδης Μιχάλης

69

Στόχοι μαθήματος

Ο μαθητής να είναι σε θέση να:

- ✚ Σχεδιάζει Κύκλωμα εναλλασσόμενου ρεύματος που να περιλαμβάνει μια πηγή και μία αντίσταση.
- ✚ Γράφει τις εξισώσεις της τάσης και της έντασης του κυκλώματος.
- ✚ Σχεδιάζει τη γραφική παράσταση και το διανυσματικό διάγραμμα για το κύκλωμα που να δείχνουν τη σχέση μεταξύ του ρεύματος και της τάσης.
- ✚ Λύει προβλήματα χρησιμοποιώντας τον νόμο του Ωμ και τις σχέσεις που ισχύουν στο κύκλωμα.

Σαββίδης Μιχάλης



70

Εναλλασσόμενο Ρεύμα

- ✚ Στο συνεχές ρεύμα (νόμος του Ohm) η ένταση του ρεύματος σε ένα καταναλωτή εξαρτάται από την εφαρμοζόμενη τάση και από την αντίσταση του καταναλωτή.

$$R = \frac{V}{I}$$

- ✚ Όταν η τάση είναι συνεχής, η αντίσταση του καταναλωτή είναι ίση με την ηλεκτρική αντίσταση R , η οποία ονομάζεται ωμική αντίσταση
- ✚ Όταν η τάση είναι εναλλασσόμενη, ο καταναλωτής μπορεί να εμφανίζει εκτός από ωμική αντίσταση και μια άλλη αντίσταση που οφείλεται στη μεταβολή του ρεύματος.

Σαββίδης Μιχάλης



71

Εναλλασσόμενο Ρεύμα

- ✚ Η συνολική αντίσταση αποτελεί την αντίσταση του εναλλασσόμενου ρεύματος και ονομάζεται σύνθετη αντίσταση.
- ✚ Τα κύρια στοιχεία που αποτελούν ένα κύκλωμα εναλλασσόμενου ρεύματος είναι:
 - ◆ Ωμικός αντιστάτης με αντίσταση R , (**ωμική αντίσταση**). Η ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται σε θερμική.
 - ◆ Το πηνίο με αυτεπαγωγή L , (**επαγωγική αντίσταση**). Η ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται σε ενέργεια μαγνητικού πεδίου.
 - ◆ Ο πυκνωτής με χωρητικότητα C , (**χωρητική αντίσταση**). Η ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται σε ενέργεια ηλεκτρικού πεδίου.

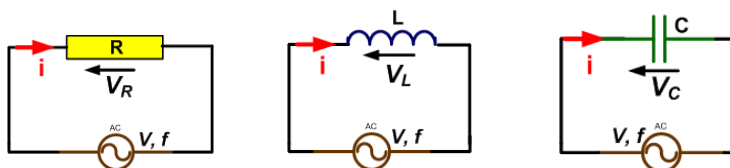
Σαββίδης Μιχάλης



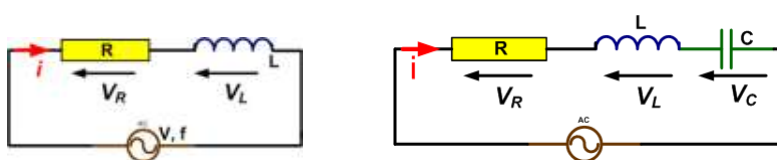
72

Είδη κυκλωμάτων στο ε.ρ.

✚ **Απλό κύκλωμα:** Όταν αποτελείται από ένα στοιχείο.



✚ **Σύνθετο κύκλωμα:** Όταν αποτελείται από δύο ή τρία στοιχεία



Σαββίδης Μιχάλης



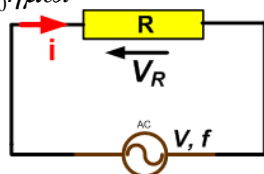
73

Αντίσταση (R) στο εναλλασσόμενο ρεύμα

✚ Αν στα άκρα μιας ωμικής αντίστασης εφαρμοστεί εναλλασσόμενη τάση παρατηρούμε τα εξής:

- ◆ Το κύκλωμα προκαλεί τα ίδια φαινόμενα όπως ακριβώς το συνεχές.
- ◆ Η ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται σε θερμική.
- ◆ Το ρεύμα που περνά από την αντίσταση είναι εναλλασσόμενο με συχνότητα ίση με τη συχνότητα της τάσης.
- ◆ Η τάση και η ένταση είναι μεγέθη συμφασικά
- ◆ Ισχύει ο νόμος του Ohm. $R = \frac{V}{I}$

$$i = I_0 \eta \mu \omega t$$



$$v = V_0 \eta \mu \omega t$$



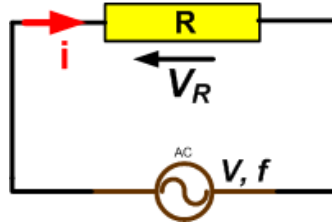
Σαββίδης Μιχάλης



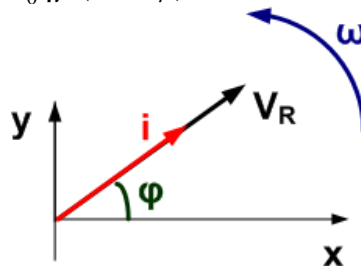
74

Αντίσταση (R) στο εναλλασσόμενο ρεύμα

$$i = I_0 \eta \mu(\omega t + \varphi)$$



$$v = V_0 \eta \mu(\omega t + \varphi)$$

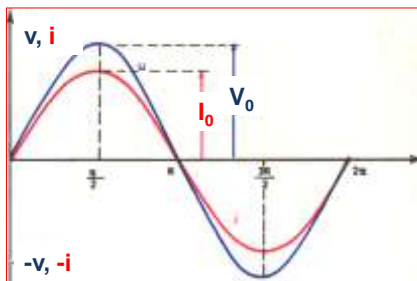


Σαββίδης Μιχάλης



75

Πλάτος και ενεργός τιμή



Κυματομορφή της τάσης και του ρεύματος σε κύκλωμα με ωμικό αντιστάτη

$$R = \frac{V_0}{I_0} \Rightarrow I_0 = \frac{V_0}{R} \Rightarrow V_0 = I_0 * R$$

- ✚ Ενεργό τιμή του εναλλασσόμενου ρεύματος λέμε την τιμή του συνεχούς ρεύματος που όταν διαρρέει ένα ωμικό καταναλωτή, για ορισμένο χρονικό διάστημα, παράγει το ίδιο ποσό θερμότητας με το εναλλασσόμενο ρεύμα όταν αυτό διαρρέει τον ίδιο αντιστάτη στο ίδιο χρονικό διάστημα.

$$V_{\varepsilon v} = \frac{V_0}{\sqrt{2}} = 0.707 * V_0$$

$$I_{\varepsilon v} = \frac{I_0}{\sqrt{2}} = 0.707 * I_0$$

Σαββίδης Μιχάλης



76

Παράδειγμα 1

Αντίσταση στο Εναλλασσόμενο Ρεύμα

- ✚ Στα άκρα αντίστασης $R=10\ \Omega$ εφαρμόζεται εναλλασσόμενη τάση που δίνεται από τον τύπο $v=340\ \eta\mu 314t$. Να βρείτε:
- Τη συχνότητα του ρεύματος που διαρρέει τον αντιστάτη,
 - Τη μέγιστη και ενεργό τιμή της τάσης και του ρεύματος,
 - Την εξίσωση της στιγμιαίας τιμής του ρεύματος,
 - Να σχεδιάσετε το διανυσματικό διάγραμμα τάσης και έντασης.

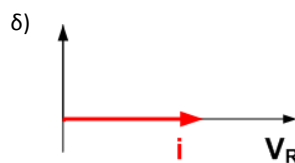
$$\alpha) \omega = 2\pi f \Rightarrow f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{314}{2 \cdot 3.14} = 50\text{Hz}$$

$$\nu) i = I_0 \eta\mu\omega t = 34\eta\mu 314t$$

$$\beta) V_0 = 340\text{V}, \quad I_0 = \frac{V_0}{R} = \frac{340}{10} = 34\text{A},$$

$$V_{\epsilon\nu} = \frac{V_0}{\sqrt{2}} = \frac{340}{\sqrt{2}} = 240.4\text{V},$$

$$I_{\epsilon\nu} = \frac{I_0}{\sqrt{2}} = \frac{34}{\sqrt{2}} = 24.04\text{A}$$



Σαββίδης Μιχάλης



77

Στόχοι μαθήματος

Ο μαθητής να είναι σε θέση να:

- ✚ Σχεδιάζει Κύκλωμα εναλλασσόμενου ρεύματος που να περιλαμβάνει μια πηγή και ένα πηνίο.
- ✚ Γράφει τις εξισώσεις της τάσης και της έντασης του κυκλώματος.
- ✚ Σχεδιάζει τη γραφική παράσταση και το διανυσματικό διάγραμμα για το κύκλωμα που να δείχνουν τη σχέση μεταξύ του ρεύματος και της τάσης.
- ✚ Λύει προβλήματα χρησιμοποιώντας τον νόμο του Ωμ και τις σχέσεις που ισχύουν στο κύκλωμα.

Σαββίδης Μιχάλης



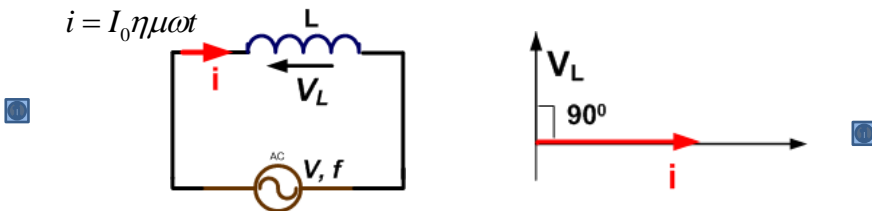
78

Πηνίο (L) στο εναλλασσόμενο ρεύμα

- ✚ Αν στα άκρα ενός ιδανικού πηνίου (χωρίς ωμικές απώλειες), εφαρμοστεί εναλλασσόμενη τάση τότε:
 - ◆ Το ρεύμα που περνά από το πηνίο L είναι εναλλασσόμενο με συχνότητα ίση με τη συχνότητα της τάσης.
 - ◆ Το πηνίο παρουσιάζει επαγωγική αντίσταση: $X_L = \omega L = 2\pi fL$
 - ◆ Η τάση προπορεύεται της έντασης κατά 90°
 - ◆ Για κάθε στιγμήαία τιμή της τάσης και της έντασης ισχύει ο νόμος του Ωμ:

$$X_L = \frac{V}{I} \Rightarrow I = \frac{V}{X_L} = \frac{V}{\omega L} = \frac{V}{2\pi fL}$$

$$i = I_0 \eta \mu \omega t$$



$$v = V_0 \eta \mu(\omega t + 90^\circ)$$

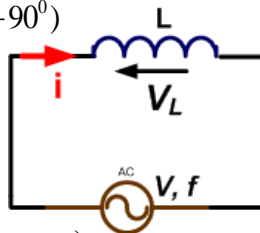
Σαββίδης Μιχάλης

Συχνότητα

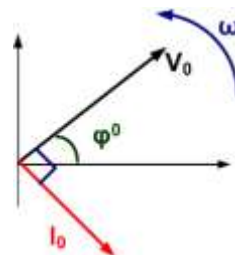
79

Πηνίο (L) στο εναλλασσόμενο ρεύμα

$$i = I_0 \eta \mu(\omega t + \varphi_0 - 90^\circ)$$



$$v = V_0 \eta \mu(\omega t + \varphi_0)$$



Σαββίδης Μιχάλης

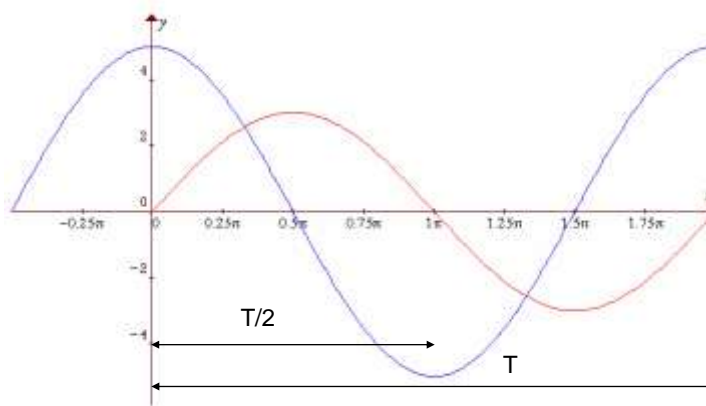
Ισχύς

Ισχύς

80

Πηνίο (L) στο εναλλασσόμενο ρεύμα Γραφική παράσταση

- ✚ Στην πιο κάτω ημιτονική παράσταση της τάσης και του ρεύματος για κύκλωμα εναλλασσόμενου ρεύματος με πηνίο βλέπουμε ότι η τάση προηγείται της έντασης.



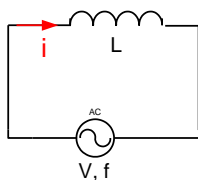
Σαββίδης Μιχάλης



81

Παράδειγμα 2 Πηνίο στο Εναλλασσόμενο Ρεύμα

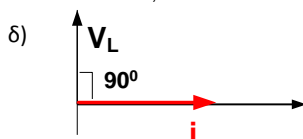
- ✚ Ένα πηνίο αυτεπαγωγής $L=2\text{ H}$ συνδέεται σε εναλλασσόμενη τάση $v=220\eta\mu 314t$. Να βρείτε:
 - Την επαγωγική αντίσταση,
 - Το ρεύμα στο κύκλωμα,
 - Την εξίσωση της στιγμιαίας τιμής του ρεύματος,
 - Να σχεδιάσετε το διανυσματικό διάγραμμα τάσης και έντασης.



$$\alpha) X_L = \omega L = 314 * 2 = 628\Omega$$

$$\beta) I_0 = \frac{V_0}{X_L} = \frac{220}{628} = 0.35\text{ A}$$

$$\gamma) i = I_0 \eta \mu \omega t = 0.35 \eta \mu (314t - 90^\circ)$$



Σαββίδης Μιχάλης



82

Στόχοι μαθήματος

Ο μαθητής να είναι σε θέση να:

- ✚ Σχεδιάζει Κύκλωμα εναλλασσόμενου ρεύματος που να περιλαμβάνει μια πηγή και ένα πυκνωτή.
- ✚ Γράφει τις εξισώσεις της τάσης και της έντασης του κυκλώματος.
- ✚ Σχεδιάζει τη γραφική παράσταση και το διανυσματικό διάγραμμα για το κύκλωμα που να δείχνουν τη σχέση μεταξύ του ρεύματος και της τάσης.
- ✚ Λύει προβλήματα χρησιμοποιώντας τον νόμο του Ωμ και τις σχέσεις που ισχύουν στο κύκλωμα.

Σαββίδης Μιχάλης

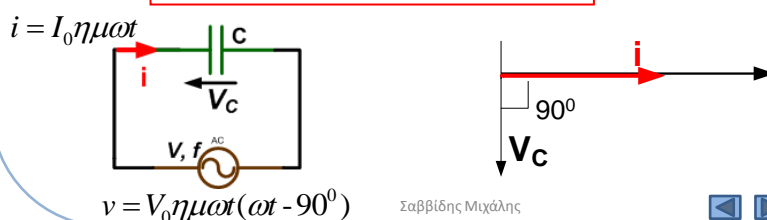


83

Πυκνωτής (C) στο εναλλασσόμενο ρεύμα

- ✚ Αν στα άκρα ενός ιδανικού πυκνωτή (χωρίς ωμικές απώλειες), εφαρμοστεί εναλλασσόμενη τάση τότε:
 - ◆ Το ρεύμα που περνά από τον πυκνωτή **C** είναι εναλλασσόμενο με συχνότητα ίση με τη συχνότητα της τάσης.
 - ◆ Ο πυκνωτής παρουσιάζει χωρητική αντίσταση: $X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi fC}$
 - ◆ Το ρεύμα προπορεύεται της τάσης κατά 90° .
 - ◆ Για κάθε στιγμιαία τιμή της τάσης και της έντασης ισχύει ο νόμος του

$$\text{Ωμ: } X_C = \frac{V}{I} \Rightarrow I = \frac{V}{X_C} = \frac{V}{\frac{1}{\omega C}} = \omega CV = 2\pi fCV$$



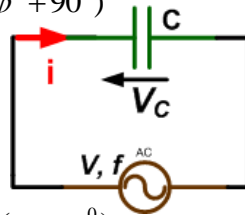
Σαββίδης Μιχάλης



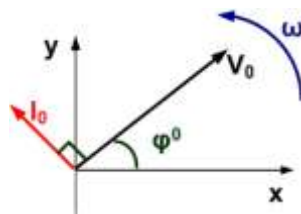
84

Πυκνωτής (C) στο εναλλασσόμενο ρεύμα

$$i = I_0 \eta \mu \omega t (\omega t + \varphi^0 + 90^0)$$



$$v = V_0 \eta \mu \omega t (\omega t + \varphi^0)$$



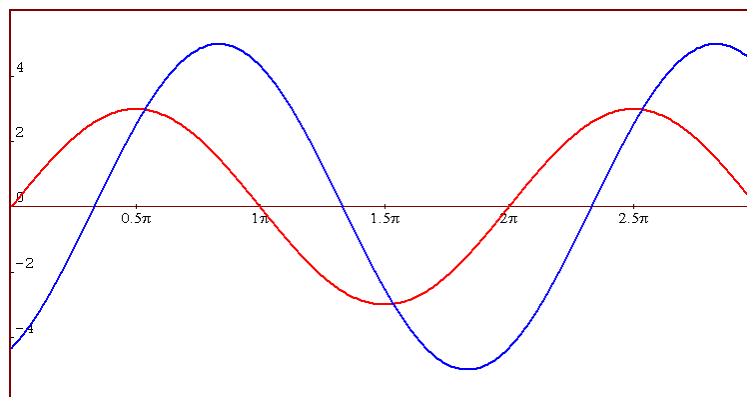
Σαββίδης Μιχάλης



85

Πυκνωτής (C) στο εναλλασσόμενο ρεύμα Γραφική παράσταση

- ✚ Ημιτονική παράσταση της στιγμιαίας τάσης και του ρεύματος για κύκλωμα με πυκνωτή C σε σειρά. Βλέπουμε ότι η τάση υστερεί της έντασης.



Σαββίδης Μιχάλης

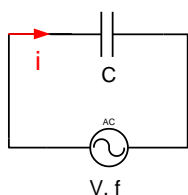


86

Παράδειγμα 3

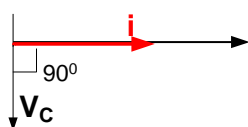
Πυκνωτής στο Εναλλασσόμενο Ρεύμα

- ✚ Ένας πυκνωτής χωρητικότητας $C=20 \mu\text{F}$ συνδέεται σε εναλλασσόμενη τάση που δίνεται από τον τύπο $v=220 \eta\mu 314t$. Να βρείτε:
- Την χωρητική αντίσταση του πυκνωτή,
 - Την ένταση του ρεύματος που τον διαρρέει
 - Την εξίσωση της στιγμιαίας τιμής του ρεύματος.



$$\alpha) X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{314 * 20 * 10^{-6}} = 159 \Omega$$

$$\beta) I_0 = \frac{V_0}{X_C} = \frac{220}{159} = 1.38 \text{ A}$$



$$\gamma) i = I_0 \eta \mu \omega t = 1.38 \eta \mu (314t + 90^\circ)$$

Σαββίδης Μιχάλης



87

Ισχύς στο εναλλασσόμενο ρεύμα

✚ Τρεις μορφές ισχύος

- ◆ Πραγματική ισχύς (W) $P = V * I * \sigma \nu \eta \phi$
- ◆ Άεργος ισχύς (VAR) $Q = V * I * \eta \mu \phi$
- ◆ Φαινόμενη ισχύς (VA) $S = V * I$

V και I
Αντιστοιχούν με
Ενεργείς τιμές

✚ Πραγματική ισχύς P

- ◆ Είναι η ισχύς που καταναλώνεται στο ωμικό μέρος της σύνθετης αντίστασης υπό μορφή θερμότητας. Η πραγματική ισχύς είναι πάντα θετική: $-90^\circ = \phi < 90^\circ$ τότε $0 = \sigma \nu \eta \phi = 1$
- ◆ Σε κύκλωμα Ε.Ρ. με ωμική αντίσταση R όπου το ρεύμα και η τάση βρίσκονται σε φάση, το γινόμενο $V * I$ αντιπροσωπεύει την πραγματική ισχύ. Σε αυτή την περίπτωση: $\phi = 0$ ($\sigma \nu \eta \phi = 1$, $\eta \mu \phi = 1$). Άρα $P = S$
- ◆ Είναι η μέγιστη ισχύς που απορροφά ένας καταναλωτής.

Σαββίδης Μιχάλης



88

Ισχύς στο εναλλασσόμενο ρεύμα

✚ Άεργος ισχύς Q

- ◆ Στον πυκνωτή και στο πηνίο δεν καταναλώνεται ενέργεια ούτε δημιουργείται θερμότητα joule. Η πραγματική ισχύς είναι μηδέν.
- ◆ Είναι η ισχύς που παρουσιάζεται στο επαγωγικό (η ενέργεια αποθηκεύεται στο μαγνητικό πεδίο) ή χωρητικό (η ενέργεια αποθηκεύεται στο ηλεκτρικό πεδίο) μέρος της σύνθετης αντίστασης.
- ◆ Έτσι το γινόμενο $V \cdot I$ αντιπροσωπεύει την άεργο ισχύ.
- ◆ Η άεργος ισχύς μπορεί να πάρει θετικές ή αρνητικές τιμές:

$$-90^\circ \leq \varphi \leq 90^\circ \text{ τότε } -1 \leq \eta\mu\varphi \leq 1$$
- ◆ Σε κύκλωμα εναλλασσόμενου ρεύματος με πηνίο L ή πυκνωτή C :
 $\varphi=90^\circ$ ($\cos\varphi = 0$, $\eta\mu\varphi = 1$). Άρα υπάρχει μόνο άεργη ισχύς. $Q=S$

Σαββίδης Μιχάλης



89

Ισχύς στο εναλλασσόμενο ρεύμα

✚ Φαινόμενη ισχύς S

- ◆ Σε κύκλωμα Ε.Ρ με ωμική αντίσταση R το γινόμενο $V \cdot I$ αντιπροσωπεύει την πραγματική ισχύ.
- ◆ Στην περίπτωση κυκλώματος Ε.Ρ. με πηνίο L ή πυκνωτή C το γινόμενο $V \cdot I$ αντιπροσωπεύει την άεργο ισχύ.
- ◆ Στην περίπτωση κυκλώματος RL σε σειρά το γινόμενο $V \cdot I$ δεν αντιπροσωπεύει τίποτα.
- ◆ Επειδή έχει διαστάσεις ισχύος ονομάζεται φαινόμενη ισχύς.
- ◆ Η φαινόμενη ισχύς είναι η ισχύς που προσφέρεται για κατανάλωση ενώ η πραγματική ισχύς είναι η ισχύς που αξιοποιείται για την παραγωγή του έργου.

Σαββίδης Μιχάλης



90

Ισχύς στο εναλλασσόμενο ρεύμα

- ✚ Αν $Q > 0$, το κύκλωμα παρουσιάζει επαγωγική συμπεριφορά. Η τάση προηγείται του ρεύματος κατά γωνία φ
- ✚ Το **συνφ** ονομάζεται συντελεστής ισχύος του κυκλώματος και στη περίπτωση αυτή λέγεται επαγωγικός ή μεταπορείας.
- ✚ Αν $Q < 0$, το κύκλωμα παρουσιάζει χωρητική συμπεριφορά. Η τάση έπεται του ρεύματος κατά γωνία φ
- ✚ Το **συνφ** ονομάζεται συντελεστής ισχύος του κυκλώματος και στη περίπτωση αυτή λέγεται χωρητικός ή πρωτοπορείας.

Σαββίδης Μιχάλης

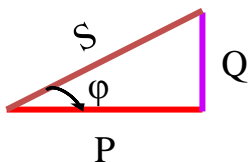


91

Ισχύς στο εναλλασσόμενο ρεύμα

✚ Τρίγωνο ισχύος

- ◆ Τη φαινόμενη, την πραγματική και την άεργο ισχύ μπορούμε να τις παρουσιάσουμε με ένα ορθογώνιο τρίγωνο:
- ◆ Από το τρίγωνο μπορούμε να γράψουμε τη σχέση:



$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

$$P = V * I * \sigma\upsilon\nu\phi$$

$$Q = V * I * \eta\mu\phi$$

$$S = V * I$$

$$P = S * \sigma\upsilon\nu\phi$$

$$Q = S * \eta\mu\phi$$

Σαββίδης Μιχάλης



92

Παράδειγμα 4

Ισχύς στο Εναλλασσόμενο Ρεύμα

- ✚ Σε ένα σύστημα η πραγματική και η άεργος ισχύς είναι αντίστοιχα $P=200\text{ W}$ και $Q=150\text{ VA}$. Να υπολογίσετε την φαινόμενη ισχύ και το συντελεστή ισχύος.

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{200^2 + 150^2} = 250\text{ KVA} \Rightarrow P = S * \cos\phi \Rightarrow \cos\phi = \frac{P}{S} = \frac{200}{250} = 0.8$$

Παράδειγμα 5

- ✚ Ένας πυκνωτής χωρητικότητας $C=20\text{ }\mu\text{F}$ συνδέεται σε εναλλασσόμενη τάση $v=220\text{ V}$ με συχνότητα $f=50\text{ Hz}$. Να βρείτε:
 - Την χωρητική αντίσταση του πυκνωτή,
 - Την ένταση του ρεύματος που τον διαρρέει
 - Την άεργο ισχύ.

$$X_c = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2 * 3.14 * 50 * 20 * 10^{-6}} = 159\Omega \quad I = \frac{V}{X_c} = \frac{220}{159} = 1.38\text{ A}$$

$$Q = V * I * \eta\mu\phi = 220 * 1.38 * \eta\mu 90^0 = 303.6\text{ Var}$$

Σαββίδης Μιχάλης



93

Στόχοι μαθήματος

Ο μαθητής να είναι σε θέση να:

- ✚ Σχεδιάζει Κύκλωμα εναλλασσόμενου ρεύματος που να περιλαμβάνει μια πηγή, μία αντίσταση και ένα πηνίο συνδεδεμένα σε σειρά.
- ✚ Γράφει τις εξισώσεις της τάσης και της έντασης του κυκλώματος.
- ✚ Σχεδιάζει τη γραφική παράσταση και το διανυσματικό διάγραμμα για το κύκλωμα που να δείχνουν τη σχέση μεταξύ του ρεύματος και της τάσης.
- ✚ Λύει προβλήματα χρησιμοποιώντας τον νόμο του Ωμ και τις σχέσεις που ισχύουν στο κύκλωμα.

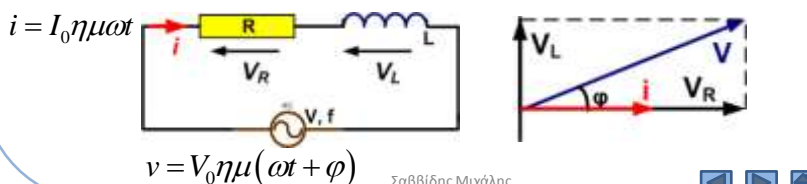
Σαββίδης Μιχάλης



94

Κύκλωμα RL σε σειρά στο Εναλλασσόμενο Ρεύμα

- Ο συνδυασμός αντίστασης R και πηνίου L σε σειρά αντιπροσωπεύει το πραγματικό πηνίο.
- Αν στο κύκλωμα εφαρμόζουμε μία εναλλασσόμενη τάση V το ρεύμα που περνά από τον αντιστάτη και το πηνίο είναι το ίδιο.
- Τα σύμβολα της τάσης και της έντασης αντιπροσωπεύουν ενεργείς τιμές.
- Η εναλλασσόμενη τάση V αντισταθμίζει δύο πράγματα:
 - Την πτώση τάσης στην ωμική αντίσταση, $V_R = I * R$ και η οποία είναι συμφασική με την ένταση.
 - Την πτώση τάσης στην επαγωγική αντίσταση, $V_L = I * \omega L = I * X_L$ η οποία προπορεύεται της έντασης του ρεύματος κατά 90° .



95

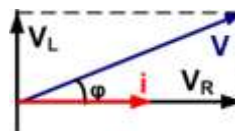
Κύκλωμα RL σε σειρά στο Εναλλασσόμενο Ρεύμα

- Η εφαρμοζόμενη τάση V ισούται με το ανυσματικό άθροισμα των τάσεων V_R και V_L .
- Σε κύκλωμα RL σε σειρά στο εναλλασσόμενο ρεύμα η τάση προπορεύεται του ρεύματος κατά μία γωνία φ , που είναι μικρότερη των 90° .
- Από το τρίγωνο των τάσεων εφαρμόζοντας το πυθαγόρειο θεώρημα μπορούμε να υπολογίσουμε τη σύνθετη αντίσταση Z και τον συντελεστή ισχύος $\cos \varphi$:

$$V^2 = V_R^2 + V_L^2 = I^2 * R^2 + I^2 * X_L^2 = I^2(R^2 + X_L^2) \Rightarrow$$

$$\frac{V^2}{I^2} = R^2 + X_L^2 \Rightarrow \frac{V}{I} = \sqrt{R^2 + X_L^2} \Rightarrow Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

$$\cos \varphi = \frac{V_R}{V} = \frac{I * R}{I * Z} \Rightarrow \cos \varphi = \frac{R}{Z} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + X_L^2}}$$

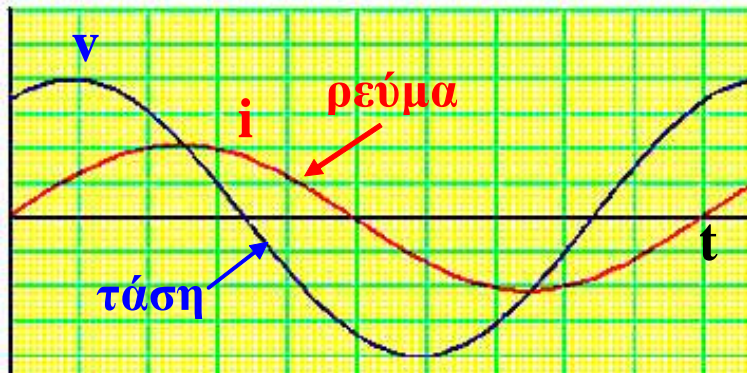


Σαββίδης Μιχάλης

96

Γραφική παράσταση κυκλώματος RL σε σειρά

- Στην πιο κάτω ημιτονική παράσταση της τάσης και του ρεύματος για κύκλωμα εναλλασσόμενου ρεύματος με πραγματικό πηνίο βλέπουμε ότι η τάση προηγείται της έντασης.



Σαββίδης Μιχάλης



97

Βασικό Τυπολόγιο Κυκλωμάτων RL σε σειρά

$v = V_0 \eta \mu(\omega t + \varphi)$	$i = I_0 \eta \mu \omega t$
Σύνθετη Αντίσταση	$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$
Ένταση ρεύματος	$I = \frac{V}{Z}$
Τάση αντίστασης και πηνίου	$V_R = I * R, V_L = I * X_L$
Επαγωγική Αντίσταση	$X_L = \omega L = 2\pi fL$
Συντελεστής ισχύος	$\sigma \nu \nu \phi = \frac{R}{Z}$
Πραγματική Ισχύς	$P = V * I * \sigma \nu \nu \phi$
Άεργος Ισχύς	$Q = V * I * \eta \mu \phi$
Φαινόμενη Ισχύς	$S = V * I$



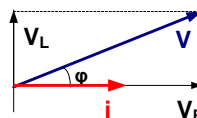
98

Παράδειγμα 6

RL σε σειρά στο Εναλλασσόμενο Ρεύμα

✚ Κύκλωμα RL σειράς με $R=4 \Omega$, $L = 9,55 \text{ mH}$ τροφοδοτείται από εναλλασσόμενη τάση $v=50\eta\mu 314t$. Να βρείτε:

- Την σύνθετη αντίσταση του κυκλώματος
- Την τιμή της έντασης του ρεύματος
- Τον συντελεστή ισχύος και τη διαφορά φάσης
- Την άεργο ισχύ
- Την εξίσωση της στιγμιαίας τιμής του ρεύματος.



$$\alpha) X_L = \omega L = 314 * 9.55 * 10^{-3} = 3\Omega \Rightarrow Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{4^2 + 3^2} = 5\Omega$$

$$\beta) I_0 = \frac{V_0}{Z} = \frac{50}{5} = 10A \quad \gamma) \cos\phi = \frac{R}{Z} = \frac{4}{5} = 0.8 \Rightarrow \phi = 36.9^\circ$$

$$\delta) V_{ev} = \frac{V_0}{\sqrt{2}} = \frac{50}{1.41} = 35.36V \quad I_{ev} = \frac{I_0}{\sqrt{2}} = \frac{10}{1.41} = 7.07A$$

$$Q = V * I * \eta\mu\phi = 35.36 * 7.07 * \eta\mu 36.9^\circ = 150Var$$

$$\epsilon) i = I_0 \eta\mu\omega t = 10\eta\mu(314t - 36.9^\circ)$$



99

Στόχοι μαθήματος

Ο μαθητής να είναι σε θέση να:

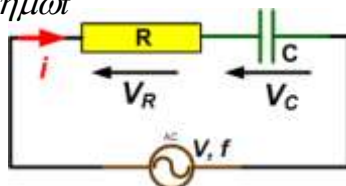
- ✚ Σχεδιάζει κύκλωμα εναλλασσόμενου ρεύματος που να περιλαμβάνει μια πηγή, μία αντίσταση και ένα πυκνωτή συνδεδεμένα σε σειρά.
- ✚ Γράφει τις εξισώσεις της τάσης και της έντασης του κυκλώματος.
- ✚ Σχεδιάζει τη γραφική παράσταση και το διανυσματικό διάγραμμα για το κύκλωμα που να δείχνουν τη σχέση μεταξύ του ρεύματος και της τάσης.
- ✚ Λύει προβλήματα χρησιμοποιώντας τον νόμο του Ωμ και τις σχέσεις που ισχύουν στο κύκλωμα.



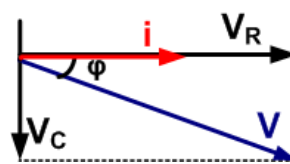
Κύκλωμα RC σε σειρά στο Εναλλασσόμενο Ρεύμα

- ✦ Σε κύκλωμα εναλλασσόμενου ρεύματος με αντίσταση R και πυκνωτή C σε σειρά η τάση υστερεί του ρεύματος κατά μία γωνία ϕ , που είναι μικρότερη των 90° .
- ✦ Τα μεγέθη I, V_R είναι συμφασικά και τα μεγέθη I, V_C διαφέρουν κατά 90° .
- ✦ Τα σύμβολα της τάσης και της έντασης αντιπροσωπεύουν ενεργείς τιμές.
- ✦ Για κυκλώματα σειράς το διάνυσμα του ρεύματος λαμβάνεται ως αναφορά.

$$i = I_0 \eta \mu \omega t$$



$$v = V_0 \eta \mu(\omega t - \phi)$$



Σαββίδης Μιχάλης

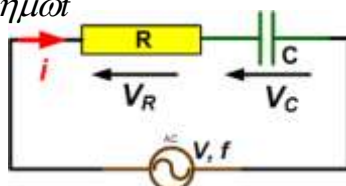


101

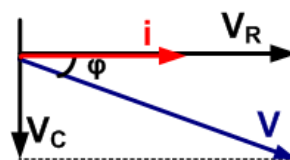
Κύκλωμα RC σε σειρά στο Εναλλασσόμενο Ρεύμα

- ✦ Η πτώση τάσης V αντισταθμίζει δύο πράγματα:
 - ◆ Την πτώση τάσης στην ωμική αντίσταση R και η οποία είναι συμφασική με την ένταση. $V_R = I * R$
 - ◆ Την πτώση τάσης στην χωρητική αντίσταση $V_C = \frac{I}{\omega C} = I * X_C$ και η οποία υστερεί της έντασης του ρεύματος κατά 90° .

$$i = I_0 \eta \mu \omega t$$



$$v = V_0 \eta \mu(\omega t - \phi)$$



Σαββίδης Μιχάλης



102

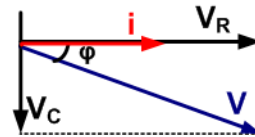
Κύκλωμα RC σε σειρά στο Εναλλασσόμενο Ρεύμα

- Η εφαρμοζόμενη τάση V ισούται με το ανυσματικό άθροισμα των τάσεων V_R και V_C .
- Από το τρίγωνο των τάσεων εφαρμόζοντας το πυθαγόρειο θεώρημα μπορούμε να υπολογίσουμε τη σύνθετη αντίσταση Z και τον συντελεστή ισχύος $\cos \varphi$:

$$V^2 = V_R^2 + V_C^2 = I^2 * R^2 + I^2 * X_C^2 = I^2(R^2 + X_C^2) \Rightarrow$$

$$\frac{V^2}{I^2} = R^2 + X_C^2 \Rightarrow \frac{V}{I} = \sqrt{R^2 + X_C^2} \Rightarrow Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$$

$$\cos \varphi = \frac{V_R}{V} = \frac{I * R}{I * Z} \Rightarrow \cos \varphi = \frac{R}{Z} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + X_C^2}}$$



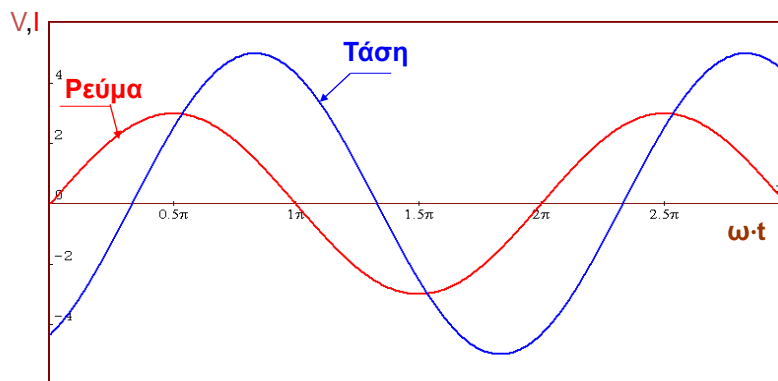
Σαββίδης Μιχάλης



103

Κύκλωμα RC σε σειρά στο Εναλλασσόμενο Ρεύμα

- Ημιτονική παράσταση της στιγμιαίας τάσης και του ρεύματος για κύκλωμα RC σε σειρά.
- Βλέπουμε ότι η τάση υστερεί της έντασης.

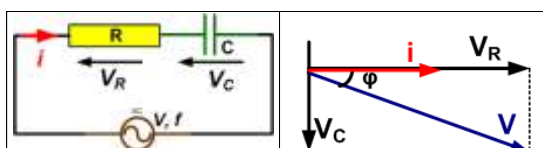


Σαββίδης Μιχάλης



104

Βασικό Τυπολόγιο Κυκλωμάτων RC σε σειρά



$v = V_0 \eta \mu(\omega t - \varphi)$	$i = I_0 \eta \mu \omega t$
Σύνθετη Αντίσταση	$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$
Ένταση ρεύματος	$I = \frac{V}{Z}$
Τάση αντίστασης και πυκνωτή	$V_R = I * R, V_C = I * X_C$
Χωρητική Αντίσταση	$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$
Συντελεστής ισχύος	$\sigma \upsilon \nu \phi = \frac{R}{Z}$
Πραγματική Ισχύς	$P = V * I * \sigma \upsilon \nu \phi$
Άεργος Ισχύς	$Q = V * I * \eta \mu \phi$
Φαινόμενη Ισχύς	$S = V * I$



105

Παράδειγμα 7 RC σε σειρά στο Εναλλασσόμενο Ρεύμα

✚ Κύκλωμα εναλλασσόμενου ρεύματος περιλαμβάνει αντίσταση $R=60\Omega$ σε σειρά με πυκνωτή χωρητικότητας $C=40\mu F$. Τα δύο στοιχεία θεωρούνται ιδανικά και στα άκρα του συνδυασμού τους εφαρμόζεται τάση $v=240 V$ συχνότητας $f=50Hz$. Να βρείτε:

- Την χωρητική αντίσταση του πυκνωτή
- Την σύνθετη αντίσταση του κυκλώματος
- Το ρεύμα στο κύκλωμα
- Την τάση στα άκρα του πυκνωτή και της αντίστασης
- Τον συντελεστή ισχύος και τη διαφορά φάσης
- Το διανυσματικό διάγραμμα τάσεων και εντάσεων.
- Την πραγματική ισχύ

Σαββίδης Μιχάλης

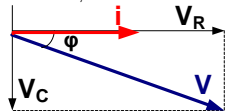
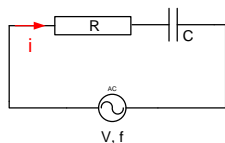


106

Παράδειγμα 7

RC σε σειρά στο Εναλλασσόμενο Ρεύμα - Λύση

Δεδομένα	Ζητούμενα
C=40μF	α) X_C ;
R=60Ω	β) Z=;
V=240V	γ) I=;
f=50Hz	δ) V_C ;, V_R
	ε) $\cos\phi$;, ϕ ;
	στ) Διάνυσμα τάσης έντασης
	ζ) P=;



$$\alpha) X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2 * 3,14 * 50 * 40 * 10^{-6}} = 80\Omega$$

$$\beta) Z = \sqrt{R^2 + X_C^2} = \sqrt{60^2 + 80^2} = 100\Omega$$

$$\gamma) I = \frac{V}{Z} = \frac{240}{100} = 2.4A$$

$$\delta) V_C = I * X_C = 2.4 * 80 = 192V$$

$$V_R = I * R = 2.4 * 60 = 144V$$

$$\epsilon) \cos\phi = \frac{R}{Z} = \frac{60}{100} = 0.6 \Rightarrow \phi = 53^\circ$$

$$\zeta) P = V * I * \cos\phi = 240 * 2.4 * 0.6 = 345.6W$$

Σαββίδης Μιχάλης



107

Στόχοι μαθήματος

Ο μαθητής να είναι σε θέση να:

- ✚ Σχεδιάζει Κύκλωμα εναλλασσόμενου ρεύματος που να περιλαμβάνει μια πηγή, μία αντίσταση, ένα πηνίο και ένα πυκνωτή συνδεδεμένα σε σειρά.
- ✚ Γράφει τις εξισώσεις της τάσης και της έντασης του κυκλώματος.
- ✚ Σχεδιάζει τη γραφική παράσταση και το διανυσματικό διάγραμμα για το κύκλωμα που να δείχνουν τη σχέση μεταξύ του ρεύματος και της τάσης.
- ✚ Λύει προβλήματα χρησιμοποιώντας τον νόμο του Ωμ και τις σχέσεις που ισχύουν στο κύκλωμα.

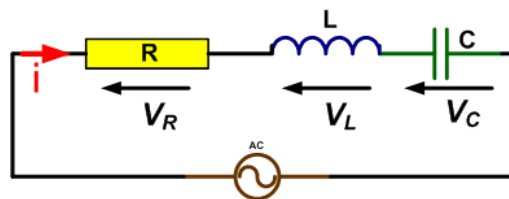
Σαββίδης Μιχάλης



108

Κύκλωμα RLC σε σειρά στο Εναλλασσόμενο Ρεύμα

- ✚ Το κύκλωμα RLC είναι στην πραγματικότητα ένα πραγματικό πηνίο συνδεδεμένο σε σειρά με ένα πυκνωτή.
- ✚ Η αντίσταση αντιπροσωπεύει την αντίσταση απωλειών του πηνίου και σε μικρό βαθμό του πυκνωτή.
- ✚ Όταν στα άκρα του κυκλώματος εφαρμόσουμε εναλλασσόμενη τάση τότε στα άκρα του κάθε στοιχείου θα παρουσιαστεί μια πτώση τάσης.



$$v = V_0 \eta \mu(\omega t + \varphi)$$

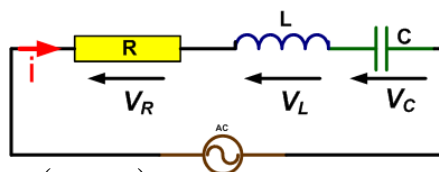
Σαββίδης Μιχάλης



109

Κύκλωμα RLC σε σειρά στο Εναλλασσόμενο Ρεύμα

- ✚ Αυτή η πτώση τάσης αντισταθμίζει τρία πράγματα:
 - ◆ Την πτώση τάσης στην ωμική αντίσταση R και η οποία είναι συμφασική με την ένταση. $V_R = I * R$
 - ◆ Την πτώση τάσης στην επαγωγική αντίσταση $V_L = I * \omega L = I * X_L$ και η οποία προπορεύεται της έντασης του ρεύματος κατά 90° .
 - ◆ Την πτώση τάσης στην χωρητική αντίσταση $V_C = \frac{I}{\omega C} = I * X_C$ και η οποία υστερεί της έντασης του ρεύματος κατά 90° .



$$v = V_0 \eta \mu(\omega t + \varphi)$$

Σαββίδης Μιχάλης



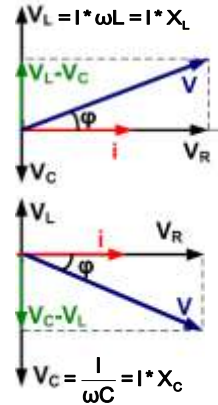
110

Κύκλωμα RLC σε σειρά στο Εναλλασσόμενο Ρεύμα

✚ Αν $X_L - X_C > 0$ ($V_L > V_C$), το κύκλωμα παρουσιάζει επαγωγική συμπεριφορά, γιατί $\varphi > 0$, και συνεπώς η τάση προηγείται του ρεύματος κατά γωνία φ .

✚ Αν $X_L - X_C < 0$ ($V_C > V_L$) το κύκλωμα παρουσιάζει χωρητική συμπεριφορά, γιατί $\varphi < 0$, και συνεπώς η τάση υστερεί του ρεύματος κατά γωνία φ .

✚ Αν $X_L - X_C = 0$ ($V_C = V_L$) η τάση και η ένταση είναι μεγέθη συμφασικά, γιατί $\varphi = 0$, και το κύκλωμα έχει ωμική συμπεριφορά. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται **Συντονισμός**.



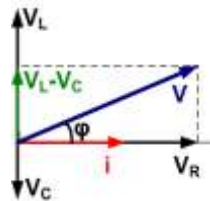
Σαββίδης Μιχάλης



111

Κύκλωμα RLC σε σειρά στο Εναλλασσόμενο Ρεύμα

✚ Από το τρίγωνο των τάσεων εφαρμόζοντας το πυθαγόρειο θεώρημα μπορούμε να υπολογίσουμε τη σύνθετη αντίσταση Z και τον συντελεστή ισχύος $\cos \varphi$:



$$V_L = I * \omega L = I * X_L$$

$$V_C = \frac{I}{\omega C} = I * X_C$$

$$V^2 = V_R^2 + (V_L - V_C)^2 = I^2 * R^2 + I^2 * (X_L - X_C)^2 = I^2 [R^2 + (X_L - X_C)^2]$$

$$\Rightarrow \frac{V^2}{I^2} = R^2 + (X_L - X_C)^2 \Rightarrow \frac{V}{I} = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \Rightarrow Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$\cos \varphi = \frac{V_R}{V} = \frac{I * R}{I * Z} \Rightarrow \cos \varphi = \frac{R}{Z} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}}$$

Σαββίδης Μιχάλης



112

Συντονισμός σειράς

- Η συχνότητα στην οποία επιτυγχάνεται συντονισμός είναι:

$$X_L - X_C = 0 \Rightarrow \omega_0 L - \frac{1}{\omega_0 C} = 0 \Rightarrow \omega_0 L = \frac{1}{\omega_0 C} \Rightarrow$$

$$\omega_0^2 = \frac{1}{LC} \Rightarrow \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \Rightarrow f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

- Η σύνθετη αντίσταση παίρνει ελάχιστη τιμή:

$$Z_{\max} = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{R^2 + 0} \Rightarrow Z_{\max} = R$$

- Η ένταση του ρεύματος παίρνει μέγιστη τιμή:

$$I_{\min} = \frac{V_0}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}} = \frac{V_0}{\sqrt{R^2 + 0}} \Rightarrow I_{\min} = \frac{V_0}{R}$$

Σαββίδης Μιχάλης



113

Παράδειγμα 8

RLC σε σειρά στο Εναλλασσόμενο Ρεύμα

- Ένα κύκλωμα εναλλασσόμενου ρεύματος περιλαμβάνει μια ωμική αντίσταση $R=16 \Omega$, ένα πηνίο με συντελεστή αυτεπαγωγής $L=11.9mH$, και ένα πυκνωτή χωρητικότητας $C=16.6 \mu F$, συνδεδεμένα σε σειρά. Το κύκλωμα τροφοδοτείται από εναλλασσόμενη τάση $120 V / 400Hz$. Να υπολογισθεί:
 - Η επαγωγική αντίσταση του πηνίου
 - Η χωρητική αντίσταση του πυκνωτή
 - Η σύνθετη αντίσταση του κυκλώματος
 - Η τιμή του ρεύματος στο κύκλωμα
 - Ο συντελεστής ισχύος του κυκλώματος και η διαφορά φάσης
 - Η τάση στα άκρα του πηνίου και του πυκνωτή
 - Η πραγματική ισχύ, η άεργος και φαινόμενη ισχύ
 - Να αναφέρετε αν το κύκλωμα συμπεριφέρεται χωρητικά ή επαγωγικά.

Σαββίδης Μιχάλης

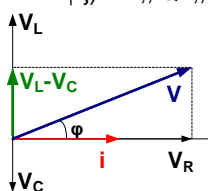


114

Παράδειγμα 8

RLC σε σειρά στο Εναλλασσόμενο Ρεύμα - Λύση

Δεδομένα	Ζητούμενα
L=11.9mH	α) X_L ;
C=16.6μF	β) X_C ;
R=16Ω	γ) Z;
V=120V	δ) I=;
f=400Hz	ε) $\cos\phi$;; ϕ ;;
	στ) V_L ;; V_C
	ζ) P=;; Q=;; S=;



Το Κύκλωμα συμπεριφέρεται επαγωγικά $V_L > X_C$. Η τάση προηγείται της έντασης κατά 20° .

$$\alpha) X_L = \omega L = 2\pi fL = 2 * 3,14 * 400 * 11,9 * 10^{-3} = 30\Omega$$

$$\beta) X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{2 * 3,14 * 400 * 16,6 * 10^{-6}} = 24\Omega$$

$$\gamma) Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{16^2 + (30 - 24)^2} = \sqrt{16^2 + 6^2} = 17\Omega$$

$$\delta) I = \frac{V}{Z} = \frac{120}{17} = 7A \quad \epsilon) \cos\phi = \frac{R}{Z} = \frac{16}{17} = 0,94 \Rightarrow \phi = 20^\circ$$

$$\sigma\tau) V_C = I * X_C = 7 * 24 = 168V$$

$$V_L = I * X_L = 7 * 30 = 210V$$

$$\zeta) P = V * I * \cos\phi = 120 * 7 * 0,94 = 790W$$

$$Q = V * I * \eta\mu\phi = 120 * 7 * \eta\mu 20^\circ = 287Var$$

$$S = V * I = 120 * 7 = 840VA$$

Σαββίδης Μιχάλης



115

Βασικό τυπολόγιο

Κύκλωμα RL σε σειρά	Κύκλωμα RC σε σειρά	Κύκλωμα RLC σε σειρά
$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$	$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$	$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$
$I = \frac{V}{Z}$	$I = \frac{V}{Z}$	$I = \frac{V}{Z}$
$V_R = I * R, V_L = I * X_L$	$V_R = I * R, V_C = I * X_C$	$V_R = I * R, V_C = I * X_C$ $V_L = I * X_L$
$X_L = \omega L = 2\pi fL$	$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi fC}$	$X_L = \omega L = 2\pi fL$ $X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi fC}$
$\cos\phi = \frac{R}{Z}$		
$P = V * I * \cos\phi$		
$Q = V * I * \eta\mu\phi$		
$S = V * I$		

Σαββίδης Μιχάλης



116

Βιβλιογραφία

1. Κ. Βουρνάς, Ο. Δαφερμός, Σ. Πάγκαλος, Γ. Χατζαράκης, Ηλεκτροτεχνία , τομέας ηλεκτρολογικός, ΤΕΕ Α΄ τάξη 1^{ου} κύκλου, Αθήνα: Ο.Ε.Δ.Β., 2000, σελ. 360-375
2. Χ. Κανελλόπουλος, Γ. Παλής, Γ. Χατζαράκης, Κυκλώματα συνεχούς και εναλλασσόμενου ρεύματος , τομέας ηλεκτρονικών, ΤΕΕ Α΄ τάξη 1^{ου} κύκλου, Αθήνα: Ο.Ε.Δ.Β., 2001, σελ. 265-273
3. Μ. Ιωαννίδου, Θ. Μικρώνης, Β. Τσίλης, Ανάλυση ηλεκτρικών κυκλωμάτων, τομέας ηλεκτρολογικός, ΤΕΕ Α΄ τάξη 1^{ου} κύκλου, Αθήνα: Ο.Ε.Δ.Β., 2001, σελ. 235-304
4. Α. Παρτασίδης, Γ. Γωγάκης, Φ. Λυσιώτης, Ηλεκτρολογία για την Ε΄ τάξη τεχνικής κατεύθυνσης, Λευκωσία: Αρλό Λτδ., 2000, σελ. 179-218

Σαββίδης Μιχάλης



117

Συνδεσμολογία Αστέρα στο Τριφασικό ρεύμα

Εκπαιδευτής: Σαββίδης Μιχάλης
Τεχνική Σχολή Αυγόρου

Μάθημα: Εφαρμοσμένη Ηλεκτρολογία

Βιβλιογραφία

1. Ηλεκτροτεχνία - τομέας ηλεκτρολογικός – ΤΕΕ. Α΄ τάξη 1ου κύκλου Ο.Ε.Δ.Β.
2. Κυκλώματα συνεχούς και εναλλασσόμενου ρεύματος - τομέας ηλεκτρονικών – ΤΕΕ Α΄ τάξη 1ου κύκλου Ο.Ε.Δ.Β.
3. Στοιχεία ηλεκτρολογίας - τομέας μηχανολογικός Α΄ τάξη 1ου κύκλου Ο.Ε.Δ.Β.
4. ΨΕΠ Ηλεκτρολογίας

Σαββίδης Μιχάλης

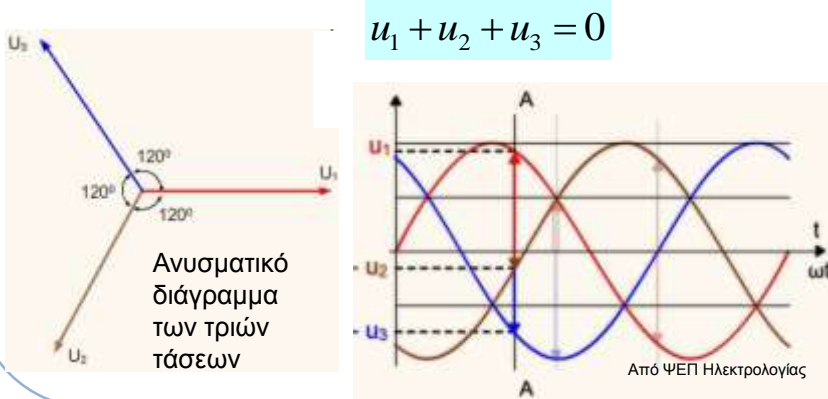
118

Χαρακτηριστικά των παραγόμενων τάσεων

- ✚ Τρεις τέτοιες τάσεις αποτελούν ένα συμμετρικό τριφασικό σύστημα.

$$u_1 = U_m \eta \mu \omega t \quad u_2 = U_m \eta \mu (\omega t - 120^\circ) \quad u_3 = U_m \eta \mu (\omega t - 240^\circ)$$

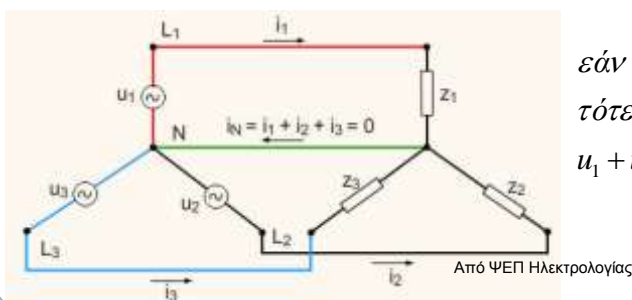
- ✚ Σε ένα τέτοιο σύστημα το αλγεβρικό άθροισμα των στιγμιαίων τιμών των τάσεων ισούται σε κάθε χρονική στιγμή με μηδέν:



119

Ισοζυγισμένο φορτίο

- ✚ Ένα τριφασικό φορτίο είναι ισοζυγισμένο όταν η σύνθετη αντίσταση Z είναι ίδια σε κάθε φάση του φορτίου.
- ✚ Σε ισοζυγισμένο τριφασικό σύστημα το άθροισμα των στιγμιαίων τιμών των τάσεων και των ρευμάτων είναι ίσο με μηδέν.
- ✚ Σε μια τέτοια περίπτωση έχουμε συμμετρικό αλληλένδετο τριφασικό σύστημα .
- ✚ Ουδέτερος αγωγός δεν διαρρέεται από ρεύμα και μπορεί να καταργηθεί.



$$\text{εάν } Z_1 = Z_2 = Z_3 = Z$$

$$\text{τότε : } i_1 + i_2 + i_3 = 0$$

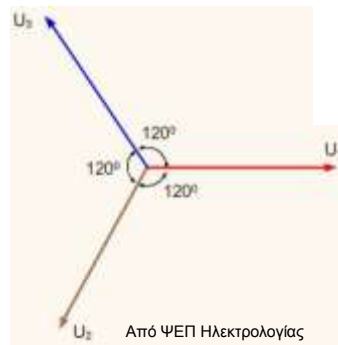
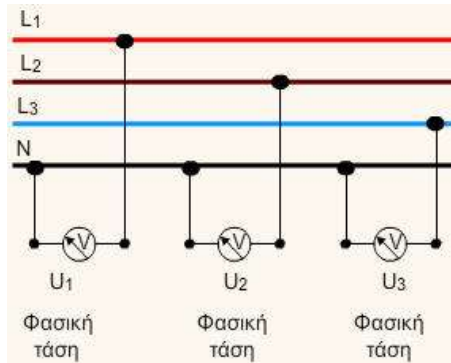
$$u_1 + u_2 + u_3 = 0$$

Σαββίδης Μιχάλης

120

Φασική τάση

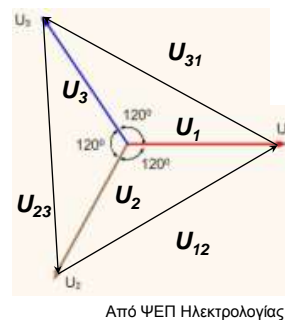
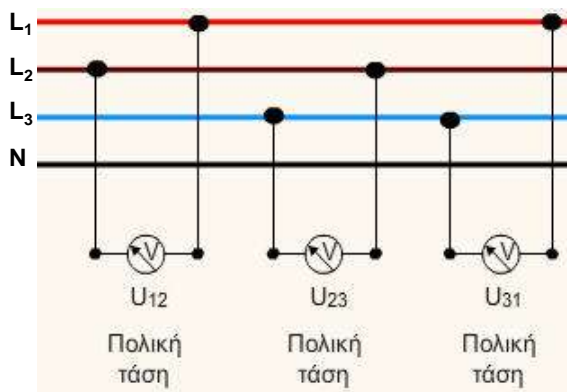
- ✚ Το τριφασικό ρεύμα μας δίνει τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσουμε δύο τάσεις: α) Τη φασική τάση (U_ϕ), β) την πολική τάση (U_π).
- ✚ Με το νόμο του Ωμ υπολογίζουμε το φασικό ρεύμα.
- ✚ Φασική τάση (U_ϕ) είναι η τάση μεταξύ του αγωγού μιας φάσης και του ουδέτερου αγωγού.
- ✚ Σε ένα συμμετρικό τριφασικό σύστημα $U_{\phi 1} = U_{\phi 2} = U_{\phi 3} = U_\phi$



121

Πολική τάση

- ✚ Πολική τάση (U_π) είναι η τάση μεταξύ των αγωγών δύο φάσεων.
- ✚ Σε ένα συμμετρικό τριφασικό σύστημα $U_{12} = U_{23} = U_{31} = U_\pi$



Σαββίδης Μιχάλης

122

Στόχοι

Ο μαθητής στο τέλος του μαθήματος να μπορεί να:

- ✚ Σχεδιάζει τη συνδεσμολογία αστέρα και να τοποθετεί τις τάσεις και τα ρεύματα
- ✚ Υπολογίζει τις τάσεις και τα ρεύματα συνδεομένων καταναλωτών.

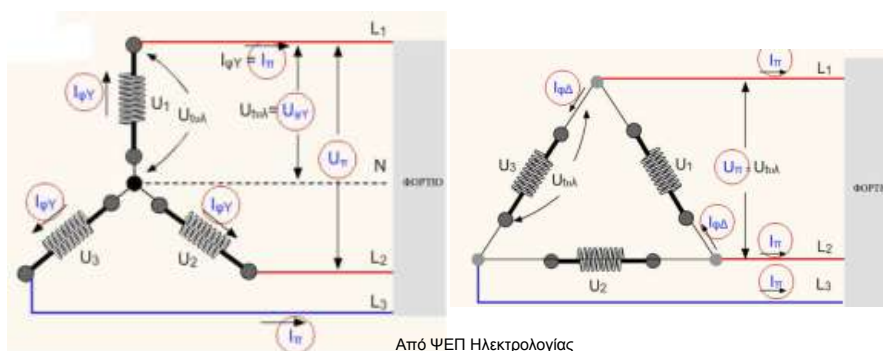


Σαββίδης Μιχάλης

123

Σύνδεση αστέρα και σύνδεση τριγώνου

- ✚ Στις τριφασικές γεννήτριες υπάρχουν δύο τρόποι σύνδεσης των φάσεων, ώστε να δημιουργείται τριφασικό σύστημα ρευμάτων:
 - ◆ Σύνδεση τριφασικής γεννήτριας σε αστέρα
 - ◆ Σύνδεση τριφασικής γεννήτριας σε τρίγωνο.

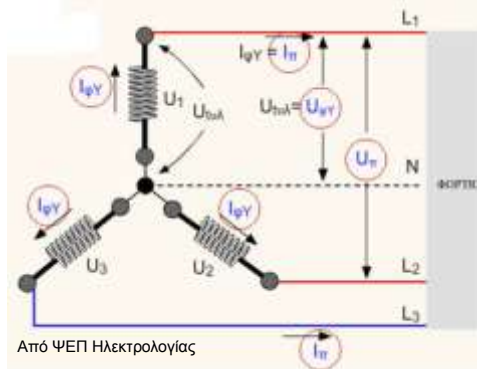


Σαββίδης Μιχάλης

124

Θεωρητικό κύκλωμα σύνδεσης τριφασικής γεννήτριας σε αστέρα

- ✦ Στα άκρα των τυλιγμάτων επικρατεί η φασική τάση $U_{\tau\omega\lambda} = U_{\phi\gamma} = U_{\phi}$
- ✦ Όταν υπάρχει ουδέτερος αγωγός, φασική τάση (U_{ϕ}) είναι η τάση μεταξύ του αγωγού μιας φάσης και του ουδέτερου αγωγού.
- ✦ Πολική τάση (U_{π}) είναι η τάση μεταξύ των αγωγών δύο φάσεων
- ✦ Ρεύμα γραμμής ή πολικό ρεύμα (I_L ή I_{π}) είναι το ρεύμα που διαρρέει τους αγωγούς των φάσεων L_1, L_2, L_3 .
- ✦ Το φασικό ρεύμα ($I_{\phi\gamma}$ ή I_{ϕ}) διαρρέει κάθε φάση (πηγίο) της γεννήτριας



$$U_{\tau\omega\lambda} = U_{\phi\gamma} = U_{\phi}$$

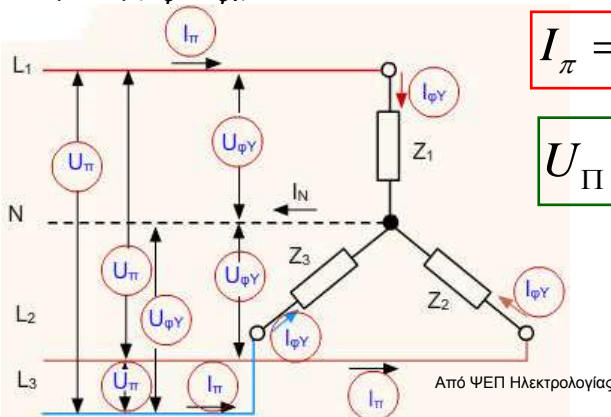
$$U_{\pi} = \sqrt{3} U_{\phi}$$

$$I_{\pi} = I_{\phi\gamma} = I_{\phi}$$

125

Θεωρητικό κύκλωμα σύνδεσης τριφασικού φορτίου σε αστέρα

- Όταν το φορτίο είναι ισοζυγισμένο $Z_1 = Z_2 = Z_3 = Z$ το $I_N = 0$.
- Σύμφωνα με το Νόμος Ωμ η ένταση του ρεύματος που διαρρέει τους αγωγούς των φάσεων διαρρέει και την κάθε φάση του φορτίου $I_{\pi} = I_{\phi\gamma} = I_{\phi}$
- Στα άκρα κάθε φάσης φορτίου συνδεδεμένου σε αστέρα επικρατεί η φασική τάση ($U_{\phi} = U_{\phi\gamma}$)



$$I_{\pi} = I_{\phi\gamma} = I_{\phi}$$

$$U_{\pi} = \sqrt{3} U_{\phi}$$

$$I = \frac{U_{\phi}}{Z}$$

126

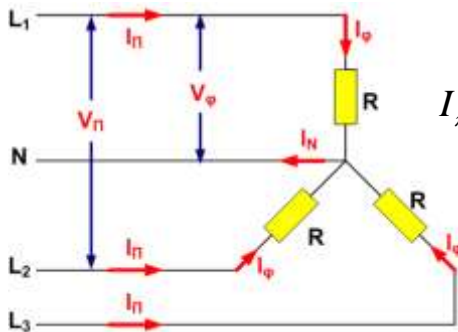
Φύλλο εργασίας 2 – Άσκηση 3 (Λύση)

Δεδομένα	Ζητούμενα
$U_{\pi}=380V$	α) $U_{\phi}=?$;
$R=20\Omega$	β) $I_{\pi}=?$;
	γ) $I_{\phi}=?$;

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

$$U_{\phi} = \frac{U_{\pi}}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 219.3V$$

$$I_{\pi} = I_{\phi} = \frac{U_{\phi}}{R} = \frac{219.3}{20} = 11A$$



Σαββίδης Μιχάλης

127

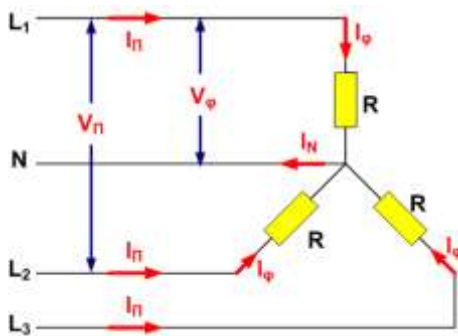
Φύλλο εργασίας 2 – Άσκηση 4 (Λύση)

Δεδομένα	Ζητούμενα
$U_{\pi}=415V$	α) $U_{\phi}=?$;
$R=30\Omega$	β) $I_{\pi}=?$;
	γ) $I_{\phi}=?$;

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

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

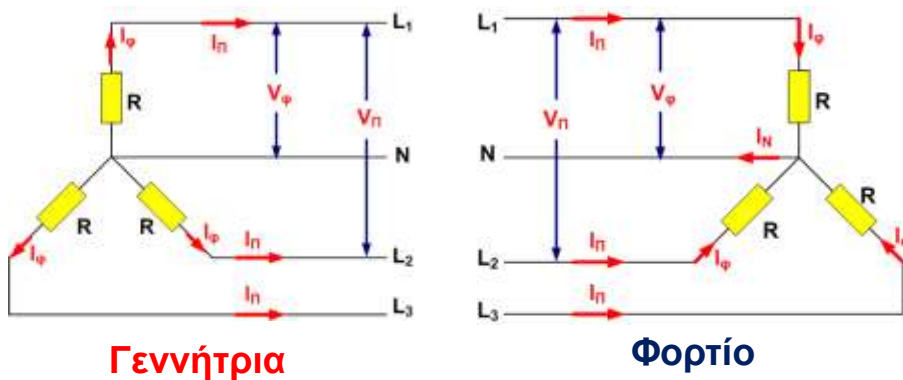
$$I_{\pi} = I_{\phi} = \frac{U_{\phi}}{R} = \frac{240}{30} = 8A$$



Σαββίδης Μιχάλης

128

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ Συνδεσμολογία αστέρα



$$I_{\pi} = I_{\varphi}$$

$$U_{\Pi} = \sqrt{3} U_{\varphi}$$

$$I = \frac{U_{\varphi}}{R}$$

Σαββίδης Μιχάλης

129

Συνδεσμολογία τριγώνου στο Τριφασικό ρεύμα

Εκπαιδευτής: Σαββίδης Μιχάλης

Τεχνική Σχολή Αυγούρου

Μάθημα: Εφαρμοσμένη Ηλεκτρολογία

Βιβλιογραφία

1. Ηλεκτροτεχνία - τομέας ηλεκτρολογικός – ΤΕΕ. Α΄ τάξη 1ου κύκλου Ο.Ε.Δ.Β.
2. Κυκλώματα συνεχούς και εναλλασσόμενου ρεύματος - τομέας ηλεκτρονικών – ΤΕΕ Α΄ τάξη 1ου κύκλου Ο.Ε.Δ.Β.
3. Στοιχεία ηλεκτρολογίας - τομέας μηχανολογικός Α΄ τάξη 1ου κύκλου Ο.Ε.Δ.Β.
4. ΨΕΠ Ηλεκτρολογίας

Σαββίδης Μιχάλης

130

Στόχοι

Ο μαθητής στο τέλος του μαθήματος να μπορεί να:

- ✚ Σχεδιάζει τη συνδεσμολογία τριγώνου και να τοποθετεί τις τάσεις και τα ρεύματα
- ✚ Υπολογίζει τις τάσεις και τα ρεύματα συνδεομένων καταναλωτών.



Σαββίδης Μιχάλης

131

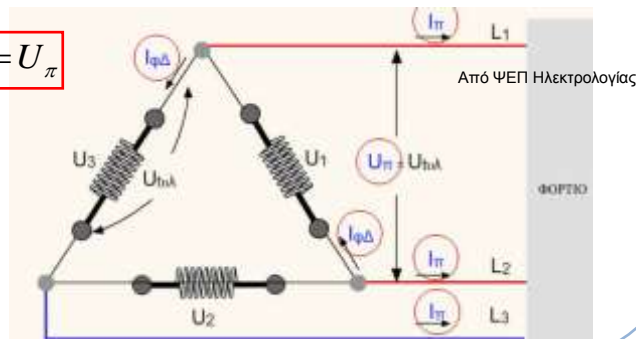
Θεωρητικό κύκλωμα σύνδεσης τριφασικής γεννήτριας σε τρίγωνο

- ✚ Στα άκρα των τυλιγμάτων επικρατεί η πολική τάση ($U_{\tau\omega\lambda} = U_{\pi}$)
- ✚ Φασική τάση (U_{φ}) είναι η τάση στα άκρα κάθε πηνίου της γεννήτριας.
- ✚ Στη σύνδεση τριγώνου η φασική τάση είναι ίδια με την πολική τάση
- ✚ Ρεύμα γραμμής ή πολικό ρεύμα είναι το ρεύμα που διαρρέει τους αγωγούς των φάσεων L_1, L_2, L_3 . Συμβολίζεται ως I_L ή I_{π} .
- ✚ Φασικό ρεύμα τριγώνου είναι το ρεύμα που διαρρέει κάθε φάση των πηνίων της γεννήτριας στη σύνδεση τριγώνου ($I_{\varphi\Delta}$)

$$U_{\tau\omega\lambda} = U_{\varphi\Delta} = U_{\varphi} = U_{\pi}$$

$$I_{\varphi\Delta} = I_{\varphi}$$

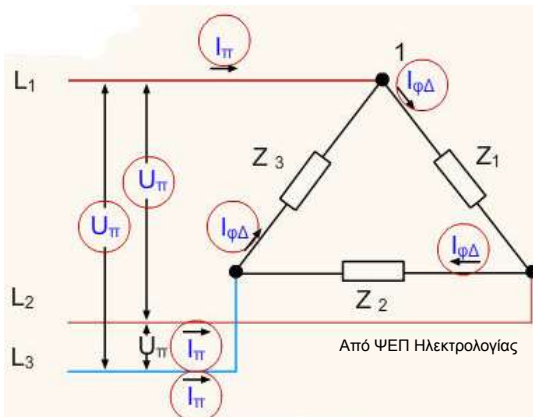
$$I_{\Pi} = \sqrt{3} I_{\varphi}$$



132

Θεωρητικό κύκλωμα σύνδεσης τριφασικού φορτίου σε τρίγωνο

- Όταν το φορτίο είναι ισοζυγισμένο $Z_1 = Z_2 = Z_3 = Z$ στα άκρα κάθε φάσης του φορτίου συνδεδεμένου σε τρίγωνο επικρατεί η πολική τάση.
- Υπάρχουν τα ρεύματα γραμμής ($I_{\varphi\Delta}$) των αγωγών L_1, L_2, L_3 .
- Υπάρχουν τα ρεύματα που διαρρέουν τους καταναλωτές (I_{π})



$$U_{\varphi\Delta} = U_{\Pi} = U_{\varphi}$$

$$I_{\pi} = \sqrt{3} I_{\varphi}$$

133

Φύλλο εργασίας 2 – Άσκηση 4 (Λύση)

Δεδομένα | Ζητούμενα

$$U_{\pi}=480V \quad \alpha) U_{\varphi}=?;$$

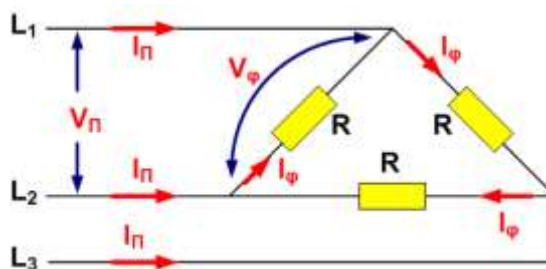
$$R=10\Omega \quad \beta) I_{\pi}=?;$$

$$f=50 \text{ Hz} \quad \gamma) I_{\varphi}=?;$$

$$U_{\Pi} = 480V = U_{\varphi}$$

$$I_{\varphi} = \frac{U_{\varphi}}{R} = \frac{480}{10} = 48A$$

$$I_{\pi} = \sqrt{3} I_{\varphi} = \sqrt{3} * 48 = 83A$$



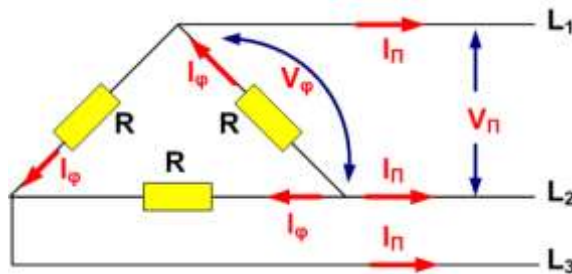
Σαββίδης Μιχάλης

134

Φύλλο εργασίας 2 – Άσκηση 5 (Λύση)

Δεδομένα	Ζητούμενα	
$U_{\varphi}=240V$	α) $U_{\Pi}=?$;	$U_{\Pi} = 240V = U_{\varphi}$
$Z=10\Omega$	β) $I_{\Pi}=?$;	$I_{\varphi} = \frac{U_{\varphi}}{Z} = \frac{240}{10} = 24A$
	γ) $I_{\varphi}=?$;	

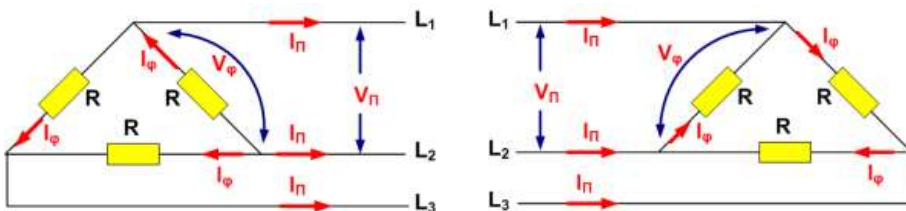
$$I_{\pi} = \sqrt{3} I_{\varphi} = \sqrt{3} * 24 = 41.6A$$



Σαββίδης Μιχάλης

135

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ Συνδεσμολογία τριγώνου



Γεννήτρια

Φορτίο

$$U_{\Pi} = U_{\varphi}$$

$$I_{\pi} = \sqrt{3} I_{\varphi}$$

$$I = \frac{U_{\varphi}}{R}$$

Σαββίδης Μιχάλης

136

Παραγωγή, Μεταφορά και Διανομή Ηλεκτρικής Ενέργειας

Εκπαιδευτής: Σαββίδης Μιχάλης
Τεχνική Σχολή Αυγόρου

Βιβλιογραφία

- ✚ Τεχνολογία Ηλεκτρικών Εγκαταστάσεων - Μέρος Α', ΥΑΠ, ΔΜΤΕΕ 1988
- ✚ Ηλεκτρική Εγκατάσταση κατοικίας, ΥΑΠ ΔΜΤΕΕ 1997
- ✚ Έντυπο πληροφοριακό υλικό της Α.Η.Κ.
- ✚ Ψηφιακή Εκπαιδευτική Πλατφόρμα (ΨΕΠ)

Σαββίδης Μιχάλης

137

ΣΤΟΧΟΙ ΤΟΥ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

Οι μαθητές να είναι σε θέση να γνωρίζουν:

- ✚ Τα στάδια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κύπρο.
- ✚ Τις τάσεις που χρησιμοποιούνται στο δίκτυο διανομής της Κύπρου.
- ✚ Τον τρόπο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας σε κατοικίες.



138

Αρχή διατήρησης της ενέργειας

- ✚ Η ενέργεια δεν μπορεί να δημιουργηθεί από το μηδέν ούτε να καταστραφεί, έχει κάποια πηγή (πετρέλαιο, άνθρακας, ήλιος, άνεμος, νερό).
- ✚ Μπορεί να μεταφέρεται από ένα σώμα στο άλλο ή να μετασχηματίζεται από μια μορφή στη άλλη, αλλά η ολική της ποσότητα παραμένει σταθερή
- ✚ Η ηλιακή ενέργεια μπορεί να μετατραπεί σε θερμική ενέργεια - ηλεκτρική κινητική
- ✚ Η ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να μετατραπεί σε θερμότητα, μηχανική ενέργεια.
- ✚ Η χημική ενέργεια (πετρέλαιο, φυσικό αέριο) μετατρέπεται με την καύση σε θερμική ενέργεια

Σαββίδης Μιχάλης



139

Μετατροπές ενέργειας

A/A	Συσκευή	Μετατροπή
1	Μπαταρία	Χημική → Ηλεκτρική
2	Ηλιακός θερμοσίφωνας	Ηλιακή → Θερμική
3	Κινητήρας	Ηλεκτρική → Κινητική
4	Γεννήτρια	Κινητική → Ηλεκτρική
5	Φωτοβολταϊκά	Φωτεινή → Ηλεκτρική
6	Ανεμογεννήτρια	Αιολική → Ηλεκτρική



140

ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Μη ανανεώσιμες πηγές:

Ανανεώνονται με τέτοιο ρυθμό ώστε να είναι εμπορικά χρησιμοποιήσιμες.

- ✚ Άνθρακας
- ✚ Φυσικό Αέριο
- ✚ Πετρέλαιο
- ✚ Ουράνιο

Ανανεώσιμες πηγές:

εξαντλούνται εντελώς όταν αυτές χρησιμοποιηθούν

- ✚ Αιολική
- ✚ Ηλιακή
- ✚ Γεωθερμική
- ✚ Κυματική
- ✚ Παλιρροιακή
- ✚ Υδροδυναμική
- ✚ Βιομάζα κτλ.

Σαββίδης Μιχάλης



141

Η ΑΗΚ διαθέτει τρεις Ηλεκτροπαραγωγούς Σταθμούς με συνολική εγκαταστημένη ισχύ 1188 MW

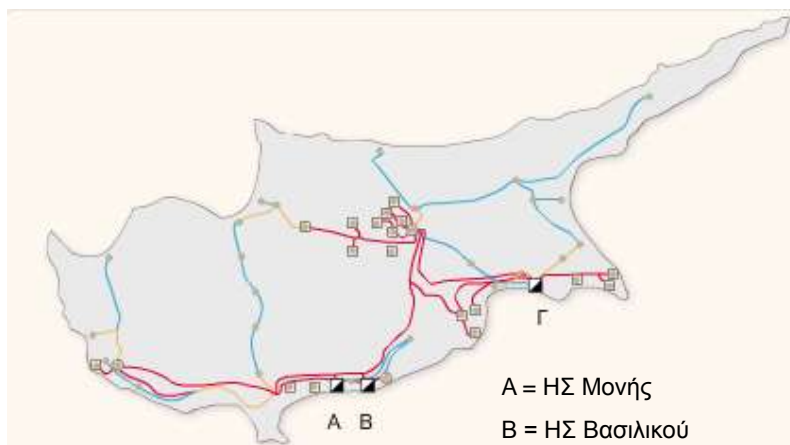
Σταθμός Βασιλικού	3 x 130 MW	Ατμοηλεκτρικές Μονάδες	390 MW
Σταθμός Βασιλικού	1 x 38 MW	Αεριοστρόβιλος	38 MW
Σταθμός Δεκέλειας	6 x 60 MW	Ατμοηλεκτρικές Μονάδες	360 MW
Σταθμός Μονής	6 x 30 MW	Ατμοηλεκτρικές Μονάδες	180 MW
Σταθμός Μονής	4 x 37,5 MW	Αεριοστρόβιλος	150 MW
Συνολική Εγκατεστημένη Ισχύς			1188 MW

Σαββίδης Μιχάλης



142

Σταθμοί Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας



Χάρτης από ΨΕΠ Ηλεκτρολογίας

A = ΗΣ Μονής

B = ΗΣ Βασιλικού

Γ = ΗΣ Δεκέλειας

Σαββίδης Μιχάλης



143

Θέση του σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας:

- ✚ Η θέση στην οποία κτίζεται ένας ηλεκτροπαραγωγικός σταθμός επιλέγεται μετά από σχετική μελέτη κατά την οποία λαμβάνονται υπόψη διάφοροι παράγοντες όπως είναι:
 - ◆ Το είδος του σταθμού.
 - ◆ Η θέση των άλλων σταθμών.
 - ◆ Θέση του φορτίου
 - ◆ Η θέση του πρέπει να είναι τέτοια ώστε να μπορούν να μεταφέρονται εύκολα τα καύσιμα στο σταθμό.
 - ◆ Να υπάρχει πρόσβαση σε άφθονο νερό για την ψύξη των μηχανών.



Από ΨΕΠ Ηλεκτρολογίας



144

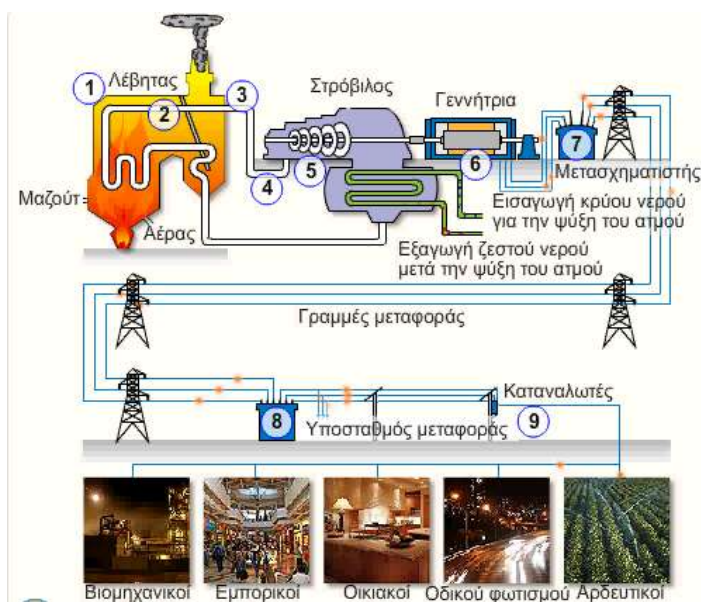
Θέση του σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας:

- ◆ Να προσφέρεται αρκετός χώρος για αποθήκευση των καυσίμων χωρίς να χρειάζεται να ανανεώνεται το απόθεμα των καυσίμων πολύ συχνά
- ◆ Να υπάρχει αρκετός χώρος για μελλοντική επέκταση του σταθμού όταν αυξηθεί το φορτίο.
- ◆ Πρέπει ο σταθμός να είναι μακριά από κατοικημένες περιοχές για να αποφεύγεται η ενόχληση από θορύβους ή καυσαέρια.



145

Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας



146

Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

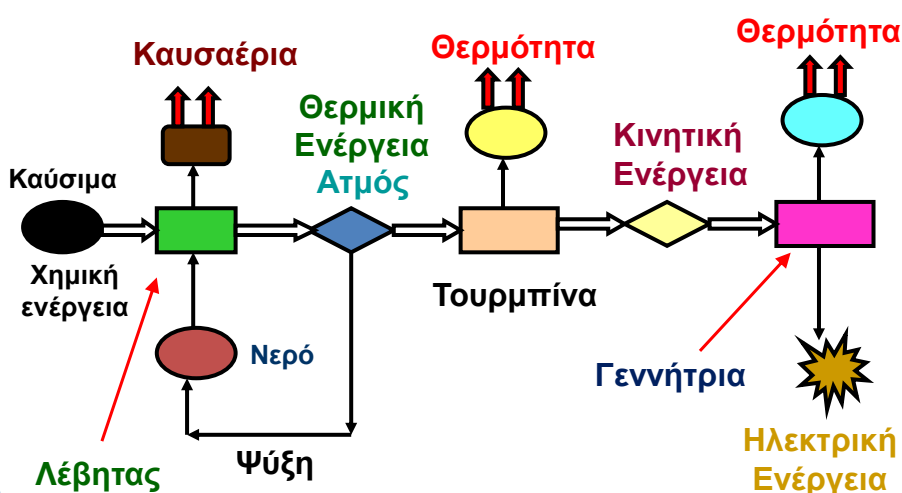
- ✚ Οι ηλεκτροπαραγωγοί σταθμοί στη Κύπρο είναι θερμικοί, δηλαδή μετατρέπουν την **θερμική ενέργεια σε ηλεκτρική**.
- ✚ Η θερμότητα παράγεται με την καύση αργού πετρελαίου (**μαζούτ**).
- ✚ Το μαζούτ καίγεται στο **λέβητα** και από τη θερμότητα που παράγεται ζεσταίνεται το νερό, που είναι μέσα στις σωληνώσεις του λέβητα και μετατρέπεται σε ατμό υψηλής πίεσης.
- ✚ Ο ατμός με μεγάλη ταχύτητα και υψηλή πίεση κατευθύνεται στα πτερύγια του **στροβίλου**, προκαλώντας την περιστροφή του.
- ✚ Ο στρόβιλος με τη σειρά του περιστρέφει την **γεννήτρια** που βρίσκεται στον ίδιο άξονα μαζί του.

Σαββίδης Μιχάλης



147

Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας Μετατροπή ενέργειας

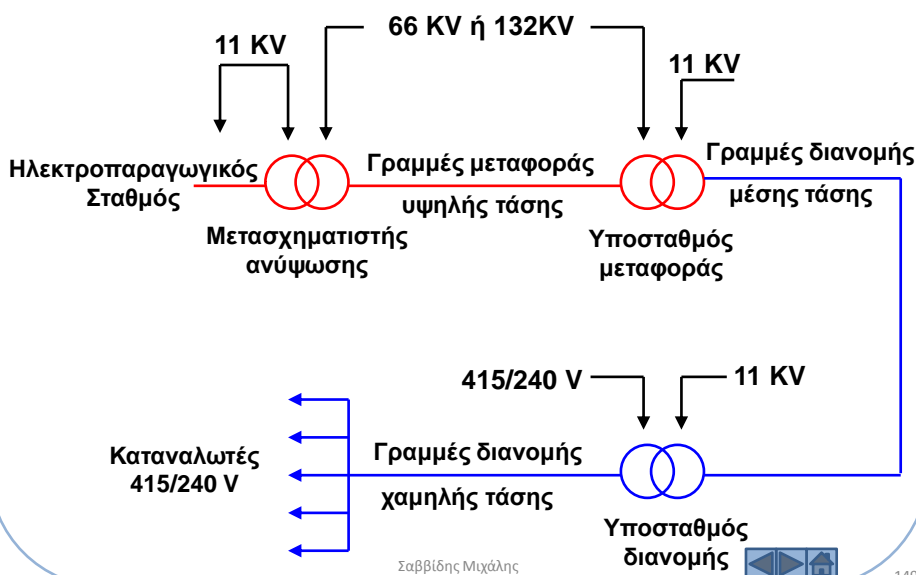


Σαββίδης Μιχάλης



148

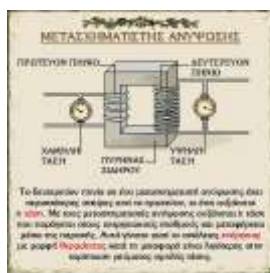
Μονογραμμικό διάγραμμα του δικτύου παραγωγής και μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας



149

Μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας

- ✚ Η τάση που παράγεται στους σταθμούς από τις γεννήτριες είναι 11 KV.
- ✚ Για σκοπούς μεταφοράς πρέπει να ανυψωθεί σε τάση 66KV ή 132 KV, ώστε να ελαττωθούν οι απώλειες κατά την μεταφορά του.
- ✚ Αυτό γίνεται από τους μετασχηματιστές ισχύος του σταθμού παραγωγής, οι οποίοι αποτελούν τον υποσταθμό μεταφοράς.



© 1994, 1996 Dietrich Kienle, H.M.C., © 1997 Σενάκης

- ✚ Μετά τους μετασχηματιστές το ρεύμα μεταφέρεται σε υψηλή τάση 66 KV ή 132 KV στις γραμμές μεταφοράς από όπου διακλαδώνεται σ' ολόκληρη την Κύπρο.

Σαββίδης Μιχάλης



150

Μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας

- ✚ Με την αύξηση της τάσης στις γραμμές μεταφοράς μειώνεται η ένταση του ρεύματος στις γραμμές μεταφοράς. Μειώνοντας την ένταση του ρεύματος πετυχαίνουμε:
 - ◆ Να χρησιμοποιούμε αγωγούς μικρότερης διατομής καθώς επίσης μετασχηματιστές και μηχανισμούς διακοπής του ρεύματος μικρότερης έντασης. Άρα πιο οικονομικό δίκτυο.
 - ◆ Να μειώνουμε τις απώλειες ηλεκτρικής ενέργειας λόγω θερμότητας στις γραμμές μεταφοράς, αφού οι απώλειες αυτές είναι ανάλογες του τετραγώνου της έντασης του ρεύματος και της αντίστασης του αγωγού ($P_{\text{απ}}=I^2R$).

Σαββίδης Μιχάλης



151

Γραμμές μεταφοράς

- ✚ Το δίκτυο της Αρχής Ηλεκτρισμού περιέχει **γραμμές υψηλής τάσης διπλού κυκλώματος** που στηρίζονται στους ίδιους στύλους ή πυλώνες καθώς επίσης και γραμμές μονού ή διπλού κυκλώματος που ακολουθούν παράλληλη διαδρομή και βρίσκονται πολύ κοντά η μια στην άλλη.

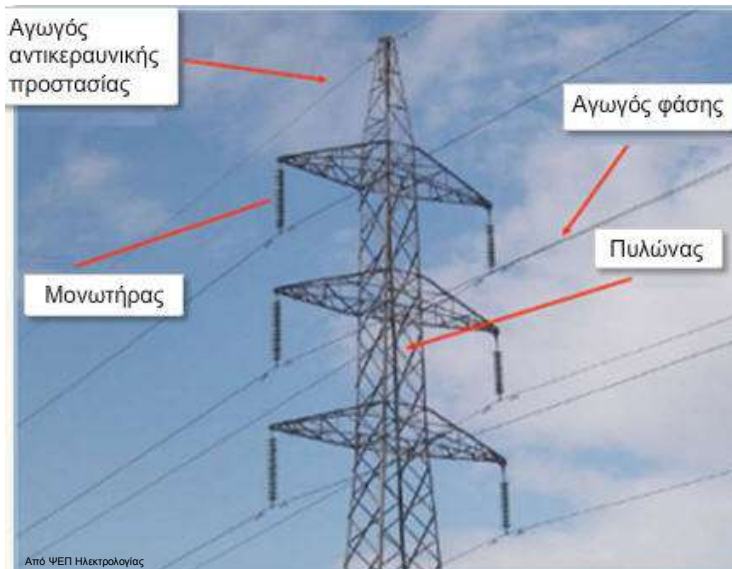


Σαββίδης Μιχάλης



152

Γραμμές μεταφοράς



Από ΨΕΠ Ηλεκτρολογίας

Σαββίδης Μιχάλης



153

Διανομή ηλεκτρικής ενέργειας

- ✚ Οι γραμμές μεταφοράς καταλήγουν στις πόλεις όπου βρίσκονται οι **υποσταθμοί**.
- ✚ Στους υποσταθμούς υπάρχουν μετασχηματιστές που **υποβιβάζουν** την τάση και πάλι στις 11 KV.
- ✚ Η τάση των 11 KV διακλαδώνεται μέσα στις πόλεις.
- ✚ Μερικοί μεγάλοι καταναλωτές όπως εργοστάσια, νοσοκομεία, τροφοδοτούνται απ' ευθείας με 11 KV όπου έχουν τους δικούς τους μετασχηματιστές για να υποβιβάζουν την τάση.
- ✚ Για τους μικρότερους καταναλωτές η τάση υποβιβάζεται με την βοήθεια άλλων μετασχηματιστών στα 240/415 V. Οι μετασχηματιστές αυτοί βρίσκονται μέσα σε μικρά υποστατικά (σπιτάκια) ή βρίσκονται πάνω στους ξύλινους στύλους

Σαββίδης Μιχάλης



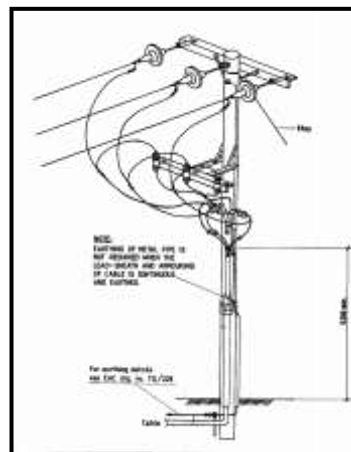
154

Δίκτυο διανομής

Υπαίθριοι υποσταθμοί σε κάθε πόλη υποβιβάζουν την τάση στις 11 KV.

Η διανομή των 11,000 V μέσα στις πόλεις γίνεται:

- α) με εναέρια καλώδια (σε οριζόντια διάταξη)
- β) με υπόγεια καλώδια

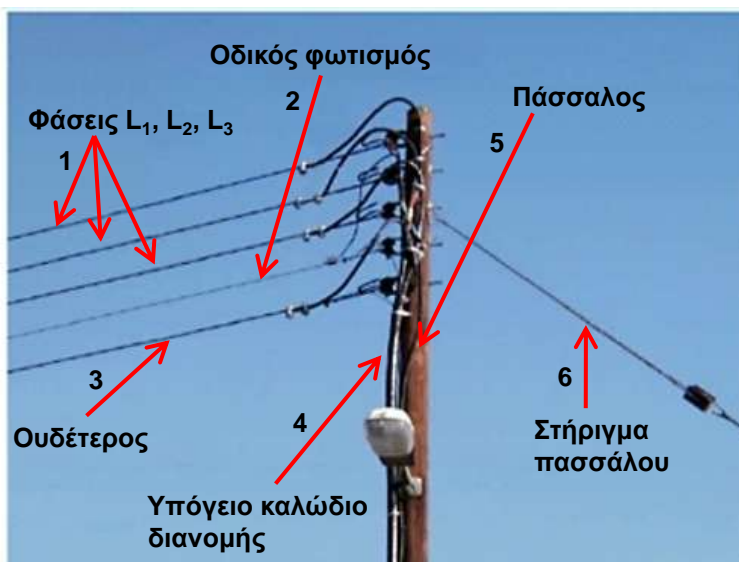


Σαββίδης Μιχάλης



155

Γραμμές 240/415 V

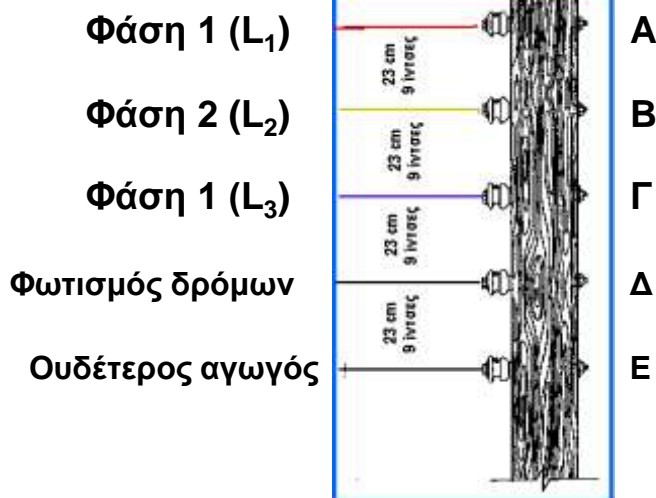


Σαββίδης Μιχάλης



156

Γραμμές 240/415 V



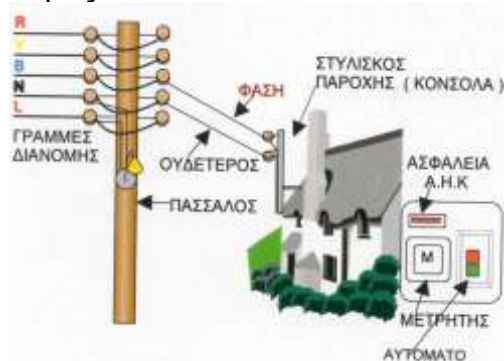
Σαββίδης Μιχάλης



157

Σύνδεση Παροχής σε καταναλωτές

- Η παροχή που δίνει η Α.Η.Κ. στους καταναλωτές είναι μονοφασική 240 V ή Τριφασική 415 V
- Στη πρώτη περίπτωση δίνεται μόνο μία φάση (οποιαδήποτε) και ο ουδέτερος αγωγός.
- Για τριφασική παροχή συνδέονται και οι τρεις φάσεις και ο ουδέτερος.

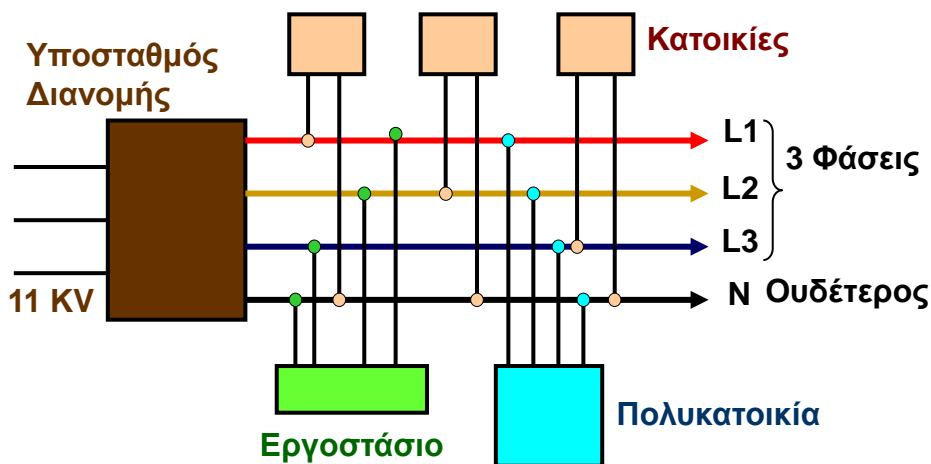


- Η σύνδεση της παροχής μπορεί να είναι εναέρια ή υπόγεια



158

Διανομή της Ηλεκτρικής Ενέργειας



Σαββίδης Μιχάλης



159

Εφαρμοσμένη Ηλεκτρολογία

ΕΝΟΤΗΤΑ : Μετασχηματιστές

Βιβλιογραφία

1. Ηλεκτροτεχνία - τομέας ηλεκτρολογικός – ΤΕΕ. Α΄ τάξη 1ου κύκλου Ο.Ε.Δ.Β.
2. Κυκλώματα συνεχούς και εναλλασσόμενου ρεύματος - τομέας ηλεκτρονικών – ΤΕΕ Α΄ τάξη 1ου κύκλου Ο.Ε.Δ.Β.
3. Στοιχεία ηλεκτρολογίας - τομέας μηχανολογικός Α΄ τάξη 1ου κύκλου Ο.Ε.Δ.Β.

Σαββίδης Μιχάλης

160

ΣΤΟΧΟΙ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

Ο μαθητής να είναι σε θέση:

- Να περιγράφει τη βασική κατασκευή και λειτουργία του μετασχηματιστή.
- Να σχεδιάζει το σύμβολό του.
- Να αναφέρει τα βασικά χαρακτηριστικά του.
- Να αναφέρει χρήσεις του μετασχηματιστή.
- Να αναφέρει διάφορους τύπους μετασχηματιστή.

Δραστηριότητες:

- Επίδειξη της κατασκευής και λειτουργίας μετασχηματιστή.
- Παρουσίαση διαφόρων τύπων μετασχηματιστών.

Σαββίδης Μιχάλης

161

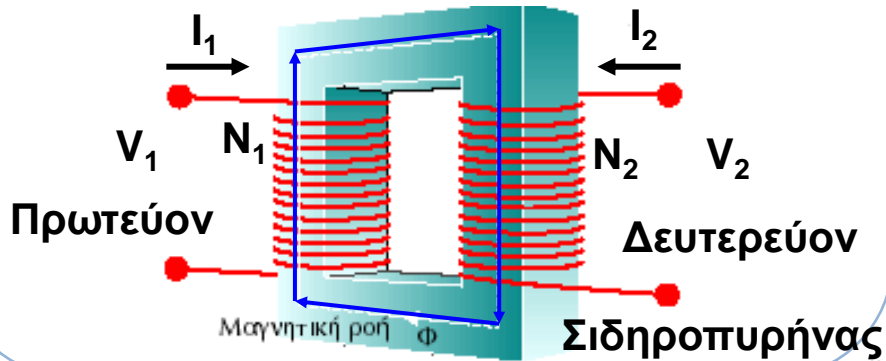
Ηλεκτρικές Μηχανές

- Ηλεκτρική μηχανή ονομάζεται κάθε μηχανή η οποία μετατρέπει τη μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική ή αντίστροφα ή μετατρέπει τα χαρακτηριστικά του ηλεκτρικού ρεύματος.
- Κατηγορίες ηλεκτρικών μηχανών:
 1. Γεννήτριες. Μετατρέπουν την μηχανική ενέργεια σε ηλεκτρική.
 2. Κινητήρες. Μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια σε μηχανική.
 3. Μετασχηματιστές. Μεταβάλλει την εναλλασσόμενη τάση
 4. Ανορθωτές. Μετατρέπουν το εναλλασσόμενο ρεύμα σε συνεχές.

162

Μετασχηματιστές

- Ο μετασχηματιστής είναι μια διάταξη που χρησιμοποιείται για τον υποβιβασμό ή την ανύψωση μιας εναλλασσόμενης τάσης χωρίς αισθητή απώλεια ισχύος.
- Ο μετασχηματιστής δεν έχει κινούμενα μέρη



Βαθμός απόδοσης

- Ο βαθμός απόδοσης των μετασχηματιστών είναι 98%
- Θεωρούμε έτσι ότι η παραλαμβανόμενη ισχύς είναι ίση σχεδόν με την αποδιδόμενη ισχύ.

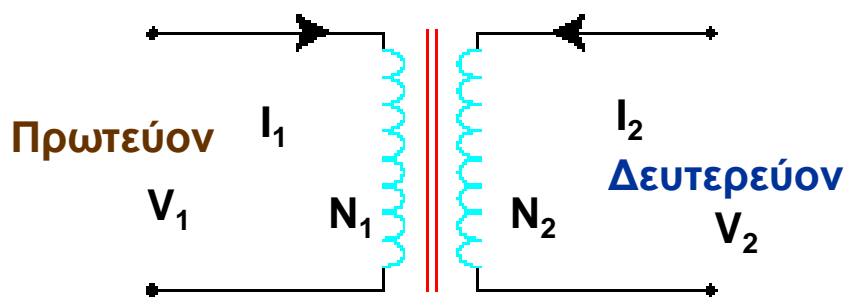
$$\eta \% = \frac{P_{εξ}}{P_{εισ}}$$

Κατασκευή μετασχηματιστή

Ο μετασχηματιστής αποτελείται από:

1. Πυρήνα (Ελάσματα σιδήρου. Κορμός, Ζυγώματα)
2. Το πρωτεύον πηνίο
3. Το δευτερεύον πηνίο

ΣΥΜΒΟΛΟ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗ



Σαββίδης Μιχάλης

165

ΠΥΡΗΝΑΣ

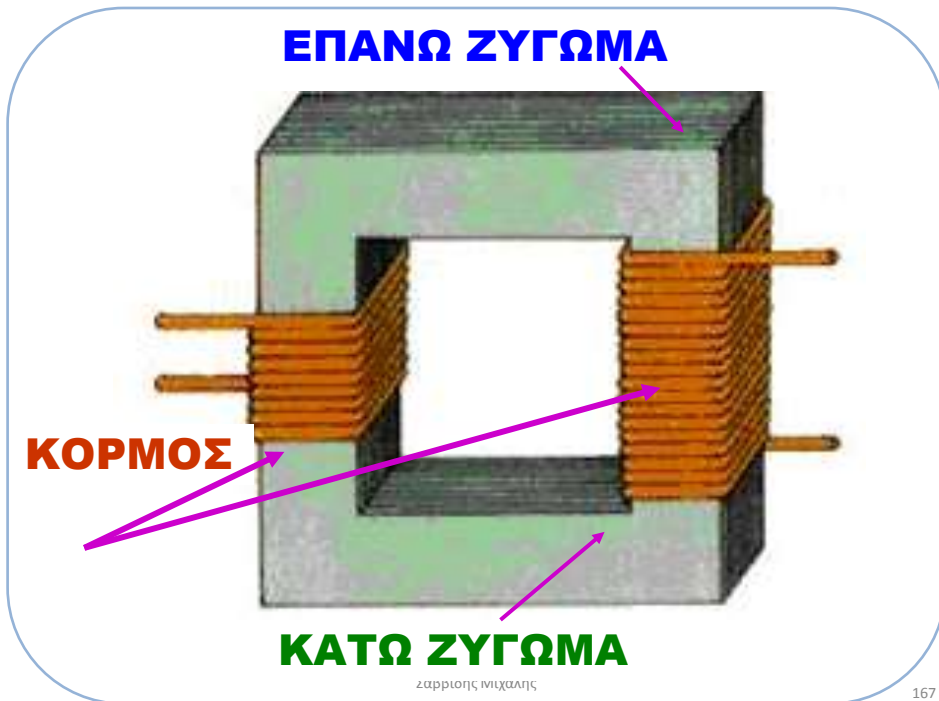
- ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΖΕΤΑΙ ΑΠΟ ΕΛΑΣΜΑΤΑ ΣΙΔΗΡΟΥ
- ΑΠΟΤΕΛΕΙΤΑΙ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΚΟΡΜΟΥΣ ΚΑΙ ΤΑ ΖΥΓΩΜΑΤΑ

ΤΥΛΙΓΜΑΤΑ

- ΠΡΩΤΕΥΟΝ ΤΥΛΙΓΜΑ -- Συνδέεται με την πηγή.
- ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΝ ΤΥΛΙΓΜΑ—Συνδέεται με τους καταναλωτές.
- ΕΙΝΑΙ ΤΥΛΙΓΜΕΝΑ ΣΤΟΥΣ ΔΥΟ ΚΟΡΜΟΥΣ.

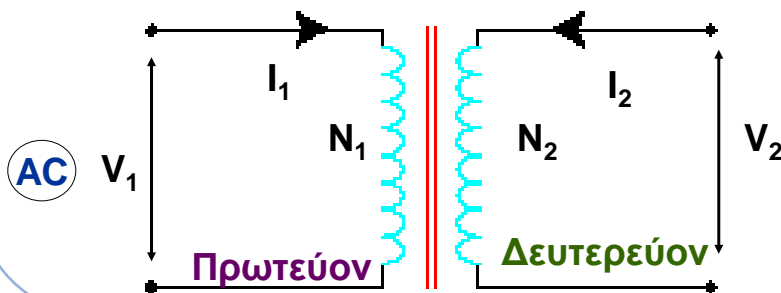
Σαββίδης Μιχάλης

166



Κατασκευή μετασχηματιστή

- Ο μετασχηματιστής τροφοδοτείται από εναλλασσόμενη τάση και διαρρέεται από εναλλασσόμενο ρεύμα
- Δημιουργείται ένα εναλλασσόμενο μαγνητικό πεδίο, που κυκλοφορεί στον πυρήνα και διαπερνά το δευτερεύον πηνίο.
- Δημιουργείται έτσι στα άκρα του δευτερεύοντος πηνίου εναλλασσόμενη τάση από επαγωγή.



ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

- Η λειτουργία του μετασχηματιστή βασίζεται στο φαινόμενο της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής
- Εφαρμόζουμε εναλλασσόμενη τάση στο πρωτεύον πηνίο με αριθμό σπειρών N_1
- Τότε μέσα σε αυτό κυκλοφορεί ρεύμα I_1 .
- Το ρεύμα αυτό δημιουργεί μεταβαλλόμενη μαγνητική ροή.
- Η ροή αυτή διοχετεύεται μέσα από τον σιδηροπυρήνα και διαπερνά το δευτερεύον τύλιγμα και δημιουργεί σε αυτό ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή.

Σαββίδης Μιχάλης

169

- Αν στα άκρα του δευτερεύοντος πηνίου συνδέσουμε ένα φορτίο τότε μέσα σε αυτό κυκλοφορεί ρεύμα I_2 λόγω της τάσης U_2 που επικρατεί στα άκρα του.
- Η ισχύς που παραλαμβάνει ο μετασχηματιστής είναι ίση με αυτή που αποδίδει.

$$U_1 \cdot I_1 = U_2 \cdot I_2$$

Σαββίδης Μιχάλης

170

• Άρα:
$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1} = \lambda_\mu$$

- Όπου λ_μ είναι ο λόγος μετασχηματισμού ο οποίος Ισούται με το λόγο των σπειρών :

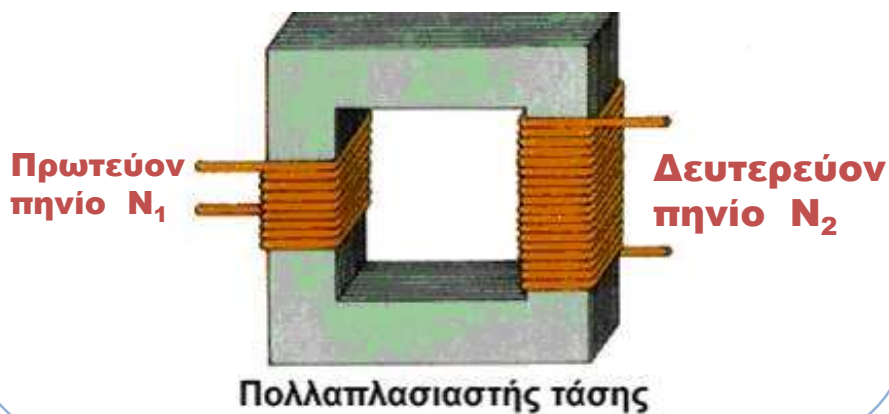
$$\frac{N_1}{N_2}$$

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1} = \lambda_\mu$$

Σαββίδης Μιχάλης

171

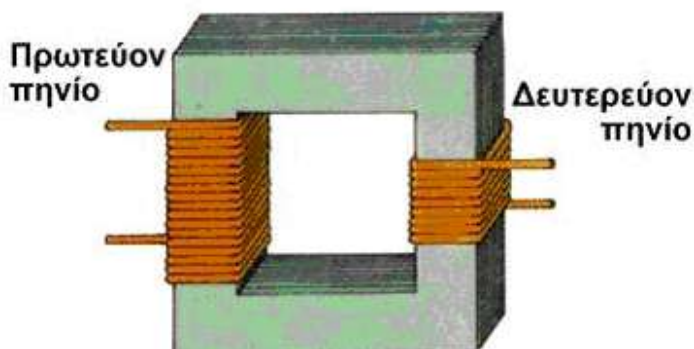
- Ανάλογα με τον αριθμό των σπειρών του πρωτεύοντος και του δευτερεύοντος η τάση στο δευτερεύον μπορεί να είναι μεγαλύτερη ή μικρότερη από την τάση του πρωτεύοντος.



Σαββίδης Μιχάλης

172

- Άρα λιγότερες σπείρες στο τύλιγμα του δευτερεύοντος (από ότι στο πρωτεύον) σημαίνει, ότι σ' αυτό έχουμε μικρότερη τάση και μεγαλύτερη ένταση από ότι στο πρωτεύον. (Μετασχηματιστής υποβιβασμού).



Διαιρέτης Τάσης

Σαββίδης Μιχάλης

173

Παράδειγμα

- Να βρείτε τον αριθμό των σπειρών N_2 του δευτερεύοντος τυλίγματος ενός μετασχηματιστή υποβιβασμού της τάσης του δικτύου από $U_1 = 220V$ σε $U_2 = 22V$ όταν το πρωτεύον έχει $N_1 = 500$ σπείρες. Ποιος ο λόγος μετασχηματισμού του μετασχηματιστή;

Σαββίδης Μιχάλης

174

ΛΥΣΗ

Από την σχέση

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} = \lambda_{\mu}$$

$$N_2 = \frac{U_2}{U_1} \cdot N_1 = \frac{22}{220} \cdot 500 = 50 \text{ σπείρες}$$

Ο λόγος μετασχηματισμού είναι:

$$\lambda_{\mu} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{22}{220} = 10$$

Σαββίδης Μιχάλης

175

Διόρθωση Συντελεστή Ισχύος

Εκπαιδευτής: Σαββίδης Μιχάλης
Τεχνική Σχολή Αυγόρου

Βιβλιογραφία

1. Ηλεκτροτεχνία - τομέας ηλεκτρολογικός – ΤΕΕ. Α΄ τάξη 1ου κύκλου Ο.Ε.Δ.Β.
2. Κυκλώματα συνεχούς και εναλλασσόμενου ρεύματος - τομέας ηλεκτρονικών – ΤΕΕ Α΄ τάξη 1ου κύκλου Ο.Ε.Δ.Β.
3. Στοιχεία ηλεκτρολογίας - τομέας μηχανολογικός Α΄ τάξη 1ου κύκλου Ο.Ε.Δ.Β.
4. Ανάλυση ηλεκτρικών κυκλωμάτων τομέας ηλεκτρολογικός – ΤΕΕ Α΄ Τάξη 1ου Κύκλου. Συγγραφείς: Μ. Ιωαννίδου, Θ. Μικρώνης, Β. Τσίλης Ο.Ε.Δ.Β.
5. ΨΕΠ Ηλεκτρολογίας

Σαββίδης Μιχάλης

176

Στόχοι μαθήματος



Οι μαθητές να είναι σε θέση να:

- ✚ Κατανοούν την έννοια του Σ.Ι. σε κυκλώματα Ε.Ρ.
- ✚ Εξηγούν την αναγκαιότητα της βελτίωσης του Σ.Ι.
- ✚ Αναφέρουν τρόπους που γίνεται η βελτίωση του Σ.Ι.
- ✚ Υπολογίζουν την άεργη ισχύ και χωρητικότητα πυκνωτών που χρειάζονται για βελτίωση του Σ.Ι. σε τριφασικά επαγωγικά φορτία.
- ✚ Αναφέρουν εφαρμογές στη βελτίωση του Σ.Ι.

Σαββίδης Μιχάλης



177

Συντελεστής ισχύος (συνφ)

- ✚ Ο συντελεστής ισχύος εκφράζει το ποσοστό του ρεύματος που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από μια εγκατάσταση υπό μορφή χρήσιμης ενέργειας και κατ'επέκταση το ποσοστό του ρεύματος που σπαταλείται.
- ✚ Αν π.χ. ο συντελεστής ισχύος μιας εγκατάστασης είναι 0.7 ή 70%, αυτό σημαίνει ότι μόνο 70% του ρεύματος που προμηθεύεται για παραγωγή χρήσιμης ενέργειας.
- ✚ Το υπόλοιπο 30% παραμένει άεργο ή απλά σπαταλάται.

Σαββίδης Μιχάλης

178

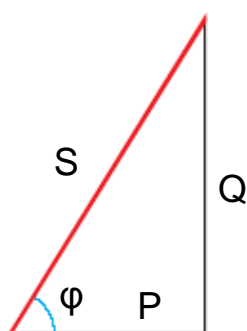
Συντελεστής ισχύος

- ✚ Το ένα μέρος του ρεύματος που μετατρέπεται σε χρήσιμο έργο ονομάζεται βαττικό ρεύμα και το δεύτερο που δεν παράγει έργο ονομάζεται άεργο.
- ✚ Η ισχύς που παράγεται από το βαττικό ρεύμα ονομάζεται ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΙΣΧΥΣ και μετρείται σε KW.
- ✚ Η ισχύς η οποία δημιουργείται από το άεργο ρεύμα ονομάζεται ΑΕΡΓΗ ΙΣΧΥΣ και μετρείται σε KVAr.
- ✚ Το ανυσματικό άθροισμα των δύο αυτών ισχύων ονομάζεται ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ και μετρείται σε KVA.
- ✚ Η ισχύς αυτή απορροφάται από την ηλεκτρική εγκατάσταση για να μας αποδώσει το έργο που χρειαζόμαστε.

Σαββίδης Μιχάλης

179

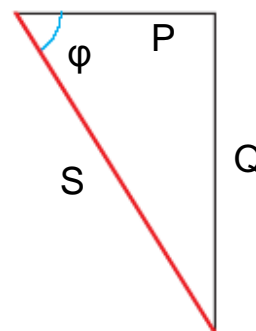
Συντελεστής ισχύος



$$P = S \cos\phi$$

$$Q = S \sin\phi$$

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



Επαγωγική συμπεριφορά

- ✚ Πραγματική ισχύς (Watt – W)
- ✚ Άεργος ισχύς (VAR)
- ✚ Φαινόμενη ισχύς (VA)

Χωρητική συμπεριφορά

$$P = V \cdot I \cdot \cos\phi$$

$$Q = V \cdot I \cdot \sin\phi$$

$$S = V \cdot I$$

Σαββίδης Μιχάλης

180

Συντελεστής ισχύος

- ✚ Όταν το φορτίο που τροφοδοτείται δεν είναι καθαρά ωμικός καταναλωτής, τότε η τάση και το ρεύμα δεν βρίσκονται σε φάση.
- ✚ Ο συντελεστής ισχύος παίρνει τιμές από μηδέν μέχρι 1 και εξαρτάται αποκλειστικά από το είδος του φορτίου.
- ✚ Αν ο συντελεστής ισχύος ισούται με μονάδα, τότε η ισχύς θα αξιοποιείται στο μέγιστο βαθμό.
- ✚ Κάτι τέτοιο συμβαίνει όταν τροφοδοτούμε μια ωμική αντίσταση.
- ✚ Όμως τις περισσότερες περιπτώσεις, τα διάφορα φορτία περικλείουν και επαγωγικούς ή χωρητικούς καταναλωτές, με αποτέλεσμα ο συντελεστής ισχύος να είναι χαμηλός.

Σαββίδης Μιχάλης

181

Παράδειγμα:

Γεννήτρια εργάζεται στα 400V και παράγει ρεύμα 2000 A.

- ✚ Αν ο συντελεστής ισχύος του φορτίου ισούται με 1, τότε η μηχανή θα έχει δυνατότητα να παράγει

$$P=400*2000*1=800KW$$

- ✚ Αν ο συντελεστής ισχύος του φορτίου ισούται με 0.5, τότε η μηχανή θα έχει δυνατότητα να παράγει

$$P=400*2000*0.5=400KW$$

- ✚ Δηλαδή η γεννήτρια θα αναπτύσσει μόνο τη μισή της ισχύ.
- ✚ Μπορούμε να πούμε λοιπόν ότι, όσο πιο μεγάλος είναι ο συντελεστής ισχύος τόσο μεγαλύτερη θα είναι η ισχύς που παράγεται και μεταφέρεται.

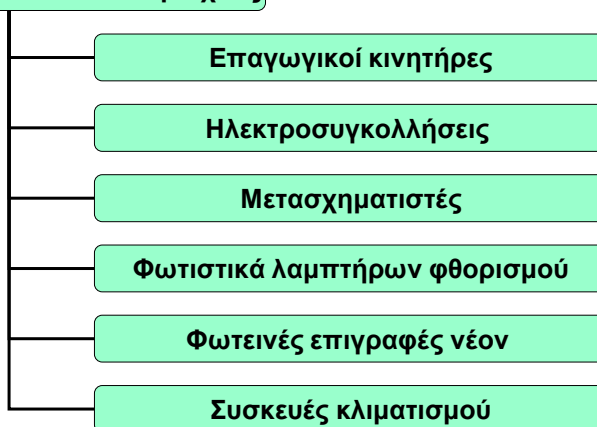
Σαββίδης Μιχάλης

182

Συσκευές με χαμηλό συντελεστή ισχύος

- ✦ Αιτία για την πρόκληση χαμηλού συντελεστή ισχύος είναι η άεργος ισχύς που μεταφέρεται σε κάθε ηλεκτρικό φορτίο που λειτουργεί με μαγνητικό πεδίο. Γενικά κάθε συσκευή που περιλαμβάνει πηνίο.

Συσκευές με χαμηλό συντελεστή ισχύος



183

Συσκευές με χαμηλό συντελεστή ισχύος

- ✦ Οι συσκευές με καθαρά ωμική αντίσταση έχουν το μεγαλύτερο Σ.Ι. που είναι η μονάδα ($\cos\phi = 1$). Οι συσκευές που περιλαμβάνουν πηνία στο κύκλωμά τους έχουν μικρότερο Σ.Ι.

Συσκευές	Σ.Ι.
Λάμπα πυρακτώσεως	1
Λάμπα φθορισμού	0,6-0,8
Φωτεινή επιγραφή "NEON"	0,4-0,5
Ηλεκτρική αντίσταση	0,95
Ηλεκτρικός ανεμιστήρας	0,5-0,75
Θερμάστρα αντίστασης	1
Ηλεκτρικός φούρνος αντίστασης	0,6-0,9
Ηλεκτροσυγκόλληση	0,3-0,4
Ηλεκτροκινητήρες	0,65-0,85

Σαββίδης Μιχάλης

184

Επιπτώσεις του χαμηλού συντελεστή ισχύος



185

Επιπτώσεις από το χαμηλό συντελεστή ισχύος.

- ✚ Όταν ο συντελεστής ισχύος ενός φορτίου μιας ηλεκτρικής εγκατάστασης είναι χαμηλός, το ηλεκτρικό σύστημα, θα πρέπει να παράξει περισσότερο ρεύμα από όσο θεωρητικά χρειάζεται
- ✚ Ο εξοπλισμός όπως μετασχηματιστές, διακόπτες, καλώδια κ.τ.λ. πρέπει να είναι μεγαλύτερης δυναμικότητας για να ανταποκρίνεται στο αυξημένο φορτίο.
- ✚ Εάν λοιπόν ο συντελεστής ισχύος του όλου συστήματος είναι χαμηλός, το σύστημα αυτό δεν θα είναι αποδοτικό (μεγάλες απώλειες) και το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας θα είναι κατά συνέπεια ψηλότερο.

Σαββίδης Μιχάλης

186

Επιπτώσεις από το χαμηλό συντελεστή ισχύος.

- ✚ Εξαιτίας των απωλειών αυτών δημιουργούνται σοβαρά προβλήματα στην ΑΗΚ όπως:
 - ◆ Αυξημένη διατομή των αγωγών για τη μεταφορά και διανομή του αυξημένου ρεύματος
 - ◆ Μεγαλύτερη άσκοπη πτώση τάσης στο σύστημα μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας.
 - ◆ Αύξηση των δαπανών για την παραγωγή, μεταφορά και διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας – μεγαλύτερες γεννήτριες, μεγαλύτερους μετασχηματιστές, μεγαλύτερης χωρητικότητας μηχανισμοί και καλώδια.

Σαββίδης Μιχάλης

187

ΟΦΕΛΟΣ ΑΠΟ ΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΙΣΧΥΟΣ

- ✚ Η ΑΗΚ επιβάλλει όπως όταν ο συντελεστής ισχύος (συνφ) είναι χαμηλός να το αυξήσουμε.
- ✚ Δημιουργεί μεγάλες επιπτώσεις στην ΑΗΚ.
- ✚ Ο αποδεκτός συντελεστής ισχύος είναι $\cos\phi=0.85$, όχι χαμηλότερο.

ΟΦΕΛΟΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΗΚ	ΟΦΕΛΟΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΗ
<ol style="list-style-type: none"> 1. Εγκατάσταση μικρότερων γεννητριών 2. Μείωση του κόστους παραγωγής 3. Μικρότεροι μετασχηματιστές 4. Μικρότερης διατομής καλώδια 5. Μικρότεροι μηχανισμοί 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Με την ίδια μέγιστη ζήτηση μπορούμε να έχουμε μεγαλύτερο φορτίο. 2. Μειώνεται το κόστος κατανάλωσης ρεύματος.

Σαββίδης Μιχάλης

188

Διόρθωση Συντελεστή Ισχύος

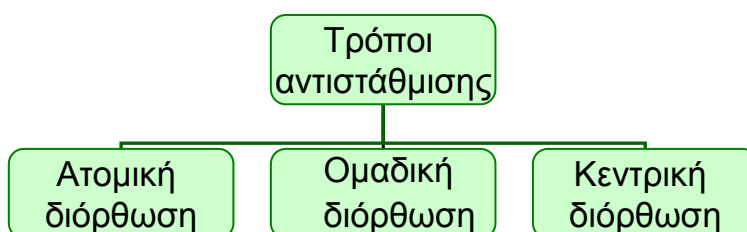
- ✚ Η βελτίωση του συνφ (ή διαφορετικά η αντιστάθμιση της άεργης ισχύος των επαγωγικών φορτίων), γίνεται με τη σύνδεση πυκνωτών κατάλληλης χωρητικότητας παράλληλα με τα φορτία.
- ✚ Με την τοποθέτηση των πυκνωτών, όλη η άεργος ισχύς που καταναλώνεται μας την δίνουν πίσω οι πυκνωτές.
- ✚ Η τιμή (χωρητικότητα) του πυκνωτή αυτού πρέπει να υπολογισθεί ακριβώς για να μας δίνει τόση άεργη ισχύ όσο καταναλώνεται από την επαγωγή, γιατί διαφορετικά θα φθάσουμε στο αντίθετο αποτέλεσμα και η άεργος ισχύς από επαγωγική θα καταλήξει χωρητική.

Σαββίδης Μιχάλης

189

ΤΡΟΠΟΙ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ ΤΩΝ ΠΥΚΝΩΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΟΡΘΩΣΗ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΙΣΧΥΟΣ (συνφ)

- ✚ Ανάλογα με τη θέση που θα τοποθετήσουμε τους πυκνωτές στο κύκλωμα της εγκατάστασης διακρίνουμε τρεις τρόπους διόρθωσης του συντελεστή ισχύος.



- ✚ Κατά την ατομική διόρθωση οι πυκνωτές τοποθετούνται κοντά στη συσκευή της οποίας θέλουμε να διορθώσουμε το συντελεστή ισχύος (συνφ).
- ✚ Οι πυκνωτές συνδέονται στο κύκλωμα όταν εργάζεται η συσκευή.

Σαββίδης Μιχάλης

190

ΤΡΟΠΟΙ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ ΤΩΝ ΠΥΚΝΩΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΟΡΘΩΣΗ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΙΣΧΥΟΣ (συνφ)

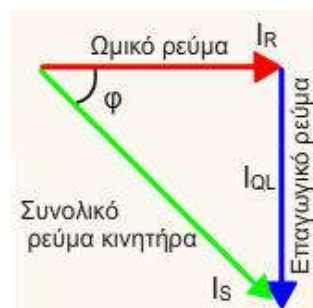
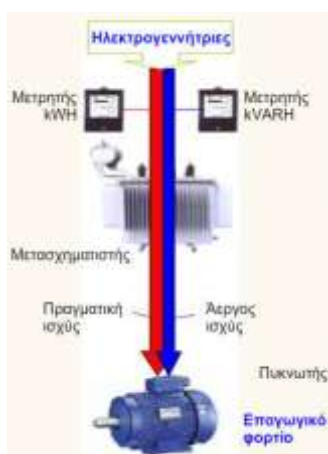
- ✚ Κατά την ομαδική διόρθωση οι πυκνωτές τοποθετούνται κοντά στην ομάδα από συσκευές που θέλουμε να διορθώσουμε το συνφ με ειδικό αυτόματο πίνακα ελέγχου
- ✚ Κατά την κεντρική διόρθωση διορθώνεται ο συντελεστής ισχύος ολόκληρης της εγκατάστασης με την τοποθέτηση των πυκνωτών κοντά στο γενικό διακόπτη της εγκατάστασης.
- ✚ Η κεντρική βελτίωση του συντελεστή ισχύος είναι σήμερα ο πιο διαδεδομένος τρόπος διόρθωσης του συντελεστή ισχύος στη Κύπρο.
- ✚ Με την κεντρική βελτίωση κύριος στόχος είναι η μεγαλύτερη ελάττωση των λογαριασμών προς την ΑΗΚ.

Σαββίδης Μιχάλης

191

Σύνδεση πυκνωτή σε επαγωγικό φορτίο

- ✚ Όταν συνδέεται ο πυκνωτής παρέχει στον κινητήρα την άεργο ισχύ που χρειάζεται για τη δημιουργία του μαγνητικού πεδίου.



Από ΨΕΠ Ηλεκτρολογίας

Σαββίδης Μιχάλης

192

Σύνδεση πυκνωτή σε επαγωγικό φορτίο

- ✚ Αντί δηλαδή, η άεργος ισχύς, να μεταφέρεται από την πηγή στο φορτίο και από το φορτίο πίσω στην πηγή, πηγαινοέρχεται από τον πυκνωτή στο φορτίο.
- ✚ Με τον τρόπο αυτό μειώνεται η συνολική ένταση του ρεύματος που τραβά ο κινητήρας από το δίκτυο.
- ✚ Αν η χωρητικότητα του πυκνωτή ήταν μεγαλύτερη ώστε η γωνία ϕ να γίνεται μηδέν, θα είχαμε πλήρη βελτίωση του συντελεστή ισχύος, το συνολικό ρεύμα του κινητήρα θα γινόταν ίσο με το ωμικό ρεύμα και θα είχαμε μια παρόμοια περίπτωση με τον συντονισμό σε παράλληλο RLC κύκλωμα.
- ✚ Η σύνδεση του πυκνωτή παράλληλα στον κινητήρα κάνει το κύκλωμα να μοιάζει με το παράλληλο πρακτικό RLC κύκλωμα.

Σαββίδης Μιχάλης

193

Υπολογισμός πυκνωτή - παράδειγμα

- ✚ Αν ο συντελεστής ισχύος είναι μικρότερος από 0.85, τότε η ΑΗΚ επιβάλλει στον καταναλωτή να διορθώσει τον συντελεστή ισχύος.
- ✚ Πρέπει να υπολογίσουμε το μέγεθος σε KVAR του πυκνωτή που θα χρησιμοποιήσουμε
- ✚ Αυτό μπορεί να γίνει με την βοήθεια πίνακα.
- ✚ Για παράδειγμα για να βελτιώσουμε τον συντελεστή ισχύος ενός φορτίου 100 KVA από 0.60 σε 0.90, συχνότητας 50Hz τότε:

$$Q_C = S * \sigma \nu \varphi_1 * n_s = 100 * 0.6 * 0.849 = 50.94 \text{ kVAR}$$

- ✚ Αυτή είναι η ισχύς του πυκνωτή που χρειαζόμαστε για να βελτιώσουμε τον συντελεστή ισχύος.

Σαββίδης Μιχάλης

194

Υπολογισμός πυκνωτή - παράδειγμα

- ✦ Η χωρητικότητα του πυκνωτή που χρειαζόμαστε θα την βρούμε από τον τύπο:

$$\left. \begin{aligned} Q_C &= \frac{U^2}{X_C} \\ X_C &= \frac{1}{2\pi f c} \end{aligned} \right\} Q_C = U^2 2\pi f c \Rightarrow \boxed{C = \frac{Q_C}{3U_\pi^2 * 2\pi * f}}$$

Σε σύνδεση τριγώνου

$$C_\Delta = \frac{Q_{C\phi}}{U_\pi^2 * 2\pi * f} = \frac{50940}{3 * 415^2 * 2 * 3,14 * 50} = 313,8 * 10^{-6} F = 313,8 \mu F$$

Σε σύνδεση αστέρα

$$C_Y = \frac{Q_{C\phi}}{3U_\phi^2 * 2\pi * f} = \frac{50940}{3 * 240^2 * 2 * 3,14 * 50} = 938 * 10^{-6} F = 938 \mu F$$

Σαββίδης Μιχάλης

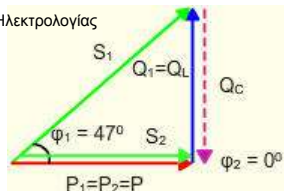
195

Υπολογισμός της χωρητικότητας πυκνωτή για πλήρη αντιστάθμιση – Παράδειγμα 1

1. Τριφασικός επαγωγικός καταναλωτής ισχύος 15 kW και με συντελεστή ισχύος 0,68 συνδέεται σε τριφασικό δίκτυο πολικής τάσης 415 / 240V, συχνότητας 50Hz. Για να επιτευχθεί πλήρης αντιστάθμιση της άεργης ισχύος του κινητήρα συνδέονται στο δίκτυο 3 πυκνωτές. Να υπολογίσετε την απαιτούμενη χωρητικότητα κάθε πυκνωτή, εάν οι 3 πυκνωτές συνδεθούν α) σε αστέρα, β) σε τρίγωνο.

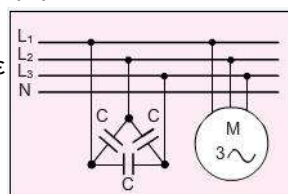
Δεδομένα	Ζητούμενα
$U_L = 415 V$	Q_L
$U_\phi = 240 V$	Q_C
$f = 50 \text{ Hz}$	C_Δ
$P = 15 \text{ kW}$	C_Y
$\text{συν}\phi_s = 0,68$	
$\text{συν}\phi_s = 1$	

Από ΨΕΠ Ηλεκτρολογίας

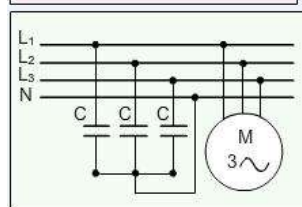


Σαββίδης Μιχάλης

σύνδεση σε τρίγωνο



σύνδεση σε αστέρα



Από ΨΕΠ Ηλεκτρολογίας

196

Υπολογισμός της χωρητικότητας πυκνωτή για πλήρη αντιστάθμιση – Παράδειγμα 1

- Υπολογίστε την άεργη ισχύ του φορτίου και την άεργη ισχύ που χρειάζεται να συνεισφέρουν οι πυκνωτές.

$$\cos\varphi_1 = \frac{P}{S_1} \Rightarrow S_1 = \frac{P}{\cos\varphi_1} = \frac{15000}{0.68} = 22059VA$$

- Η άεργος ισχύς του κινητήρα:

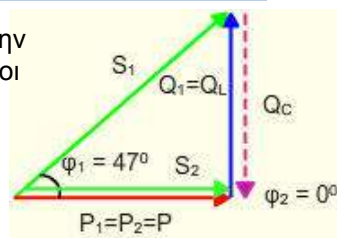
$$Q_L = Q_C = \sqrt{S_1^2 - P^2} = \sqrt{22059^2 - 15000^2} = 16174VAR$$

- Για να γίνει πλήρης αντιστάθμιση πρέπει:

$$Q_C = Q_L = Q_C = 16174VAR$$

- Αφού θα χρησιμοποιηθούν 3 πυκνωτές, ο κάθε ένας θα συνεισφέρει το 1/3 της ολικής άεργης ισχύος

$$Q_{C\phi} = \frac{Q_C}{3} = \frac{16174}{3} = 5391VAR$$



Από ΨΕΠ Ηλεκτρολογίας

Σαββίδης Μιχάλης

197

Υπολογισμός της χωρητικότητας πυκνωτή για πλήρη αντιστάθμιση – Παράδειγμα 1

- Υπολογισμός της χωρητικότητας κάθε πυκνωτή σε σύνδεση τριγώνου.
- Η τάση κάθε πυκνωτή είναι η πολική

$$C_\Delta = \frac{Q_{C\phi}}{U_\pi^2 * 2\pi * f} = \frac{5391}{415^2 * 2 * 3,14 * 50} = 99 * 10^{-6} F = 99 \mu F$$

- Υπολογισμός της χωρητικότητας κάθε πυκνωτή σε σύνδεση αστέρα.
- Η τάση κάθε πυκνωτή είναι η φασική

$$C_Y = \frac{Q_{C\phi}}{U_\phi^2 * 2\pi * f} = \frac{5391}{240^2 * 2 * 3,14 * 50} = 298 * 10^{-6} F = 298 \mu F$$

- Παρατήρηση: αν η σύνδεση των πυκνωτών γίνει σε αστέρα θα χρειαστούν πυκνωτές με τριπλάσια χωρητικότητα.

Σαββίδης Μιχάλης

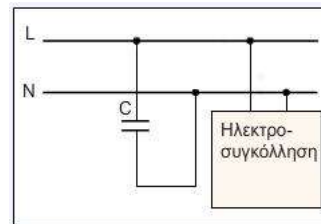
198

Υπολογισμός της χωρητικότητας πυκνωτή για μερική αντιστάθμιση – Παράδειγμα 2

2. Μονοφασική συσκευή ηλεκτροσυγκόλλησης ισχύος 2,34kW όταν λειτουργεί σε δίκτυο 240V, 50 Hz τραβά από το δίκτυο ένταση ρεύματος 15 A. Να υπολογίσετε:

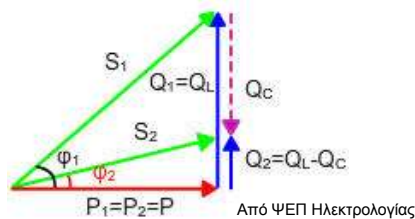
- α) τη χωρητικότητα πυκνωτή που όταν συνδεθεί στην παροχή της συσκευής θα βελτιώσει το συντελεστή ισχύος σε 0,95.
β) την ένταση του ρεύματος που θα τραβά η συσκευή από το δίκτυο μετά τη βελτίωση του συντελεστή ισχύος.

Δεδομένα	Ζητούμενα
$U_p = 240 \text{ V}$	Q_L
$f = 50 \text{ Hz}$	Q_C
$P = 2,34 \text{ kW}$	συν φ_1
συν $\varphi_2 = 0,95$	C
	I_2



Κύκλωμα άσκησης

Από ΨΕΠ Ηλεκτρολογίας



199

Υπολογισμός της χωρητικότητας πυκνωτή για μερική αντιστάθμιση – Παράδειγμα 2

- ✚ Υπολογίστε την άεργη ισχύ του φορτίου και την άεργη ισχύ που χρειάζεται να συνεισφέρει ο πυκνωτής.
- ✚ Υπολογίστε τη φαινόμενη ισχύ της συσκευής:

$$S_1 = U * I = 240 * 15 = 3600 \text{ VA}$$

- ✚ Υπολόγισε τον αρχικό συντελεστή ισχύος συν φ_1 και τη διαφορά φάσης φ_1 :

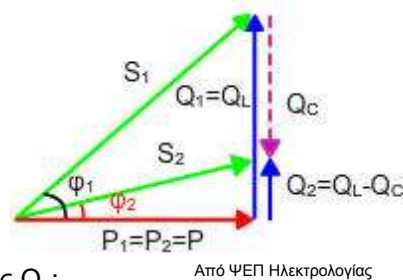
$$\text{συν}\varphi_1 = \frac{P}{S_1} = \frac{2340}{3600} = 0,65 \Rightarrow \varphi_1 = 49,4^\circ$$

- ✚ Υπολόγισε τη διαφορά φάσης φ_2 :

$$\text{συν}\varphi_2 = 0,95 \Rightarrow \varphi_2 = 18,2^\circ$$

- ✚ Υπολογίστε την άεργη ισχύ της συσκευής Q_1 :

$$Q_1 = Q_L = P * \varepsilon\varphi\varphi_1 = 2340 * \varepsilon\varphi 49,4^\circ = 2730 \text{ VAR}$$



Σαββίδης Μιχάλης

200

Υπολογισμός της χωρητικότητας πυκνωτή για μερική αντιστάθμιση – Παράδειγμα 2

- ✚ Υπολογίστε την άεργη ισχύ της συσκευής μετά τη σύνδεση του πυκνωτή Q_2 :

$$Q_2 = P * \varepsilon\varphi_2 = 2340 * \varepsilon\varphi 18.2^0 = 769 \text{VAR}$$

- ✚ Υπολογίστε την άεργη ισχύ του πυκνωτή Q_C :

$$Q_2 = Q_1 - Q_C \Rightarrow Q_C = Q_1 - Q_2 = 2730 - 769 = 1961 \text{VAR}$$

- ✚ Υπολογισμός της χωρητικότητας κάθε πυκνωτή.

$$C = \frac{Q_C}{U^2 * 2\pi * f} = \frac{1961}{240^2 * 2 * 3,14 * 50} = 108 * 10^{-6} \text{F} = 108 \mu\text{F}$$

- ✚ Η ένταση του ρεύματος που τραβά η ηλεκτροσυγκόλληση από το δίκτυο μετά τη βελτίωση του συντελεστή ισχύος θα είναι:

$$I_2 = \frac{P}{U * \sigma\upsilon\nu\varphi_2} = \frac{2340}{240 * 0,95} = 10,2 \text{A}$$

Σαββίδης Μιχάλης

201

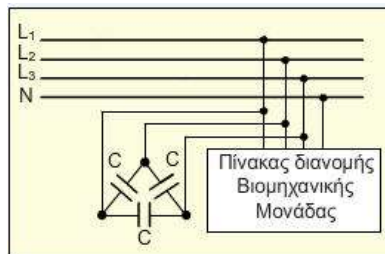
Υπολογισμός της άεργης ισχύος με χρήση ειδικών πινάκων – Παράδειγμα 3

3. Η εγκατεστημένη ισχύς σε μια τριφασική βιομηχανική μονάδα είναι 200 kVA και η τάση λειτουργίας της 415/240 V, 50 Hz. Για να βελτιωθεί ο συντελεστής ισχύος και να γίνει 0,95 συνδέονται στο δίκτυο 3 πυκνωτές σε τρίγωνο.

α) να χρησιμοποιήσετε τους ειδικούς πίνακες που δίνονται για να υπολογίσετε την άεργο ισχύ των πυκνωτών.

β) να υπολογίσετε την χωρητικότητα κάθε πυκνωτή.

Δεδομένα	Ζητούμενα
S = 200 kVA	n_s
$U_n = 415 \text{ V}$	Q_c
f = 50 Hz	$Q_{c\varphi}$
$\sigma\upsilon\nu\varphi_1 = 0,7$	C_φ
$\sigma\upsilon\nu\varphi_2 = 0,95$	



Κύκλωμα άσκησης

Από ΨΕΠ Ηλεκτρολογίας

Σαββίδης Μιχάλης

202

Υπολογισμός της άεργης ισχύος με χρήση ειδικών πινάκων – Παράδειγμα 3

- ✚ Χρησιμοποίησε τους πίνακες για να βρείτε τον ειδικό συντελεστή n_s .
- ✚ Από τον πίνακα 3 για υφιστάμενο Σ.Ι. $\text{συν}\varphi_1=0,7$ και προτεινόμενο Σ.Ι. $\text{συν}\varphi_2=0,95$ βρίσκουμε ότι $n_s=0,691$
- ✚ Υπολογίστε την άεργη ισχύ των πυκνωτών:

$$Q_c = S * \text{συν}\varphi_1 * n_s = 200 * 0.7 * 0.691 = 96.74 \text{ kVAR}$$

- ✚ Υπολογισμός της χωρητικότητας κάθε πυκνωτή. Αφού θα χρησιμοποιηθούν 3 πυκνωτές, ο κάθε ένας θα συνεισφέρει το 1/3 της ολικής άεργης ισχύος

$$Q_{c\varphi} = \frac{Q_c}{3} = \frac{96.74}{3} = 32.24 \text{ kVAR}$$

$$C_\varphi = \frac{Q_{c\varphi}}{U^2 * 2\pi * f} = \frac{32240}{415^2 * 2 * 3,14 * 50} = 596 * 10^{-6} \text{ F} = 596 \mu\text{F}$$

Σαββίδης Μιχάλης

203

ΠΙΝΑΚΑΣ 1					
ΕΞΕΥΡΕΣΗΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΗΣ					
ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΑΝΑΓΚΑΙΩΝ ΠΥΚΝΩΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΟΡΘΩΣΗ					
ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΙΣΧΥΟΣ					
Υφιστάμενος Σ.Ι.	Προτεινόμενος Σ.Ι.				
	1,0	0,95	0,90	0,85	0,80
0,40	2,291	1,963	1,807	1,671	1,541
0,41	2,225	1,896	1,740	1,605	1,475
0,42	2,161	1,832	1,676	1,541	1,410
0,43	2,100	1,771	1,615	1,480	1,349
0,44	2,041	1,712	1,557	1,421	1,291
0,45	1,985	1,656	1,501	1,365	1,235
0,46	1,930	1,602	1,446	1,310	1,180
0,47	1,877	1,548	1,392	1,257	1,128
0,48	1,828	1,499	1,343	1,208	1,077
0,49	1,779	1,450	1,295	1,159	1,029

Σαββίδης Μιχάλης

204

ΠΙΝΑΚΑΣ 2					
ΕΞΕΥΡΕΣΗΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΗΣ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΑΝΑΓΚΑΙΩΝ ΠΥΚΝΩΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΟΡΘΩΣΗ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΙΣΧΥΟΣ					
Υφιστάμενος Σ.Ι.	Προτεινόμενος Σ.Ι.				
	1,0	0,95	0,90	0,85	0,80
0,50	1,732	1,403	1,248	1,112	0,982
0,51	1,687	1,358	1,202	1,067	0,936
0,52	1,643	1,314	1,158	1,023	0,892
0,53	1,600	1,271	1,116	0,980	0,850
0,54	1,559	1,230	1,074	0,939	0,808
0,55	1,518	1,189	1,034	0,898	0,768
0,56	1,479	1,150	0,995	0,859	0,729
0,57	1,442	1,113	0,957	0,822	0,691
0,58	1,405	1,076	0,920	0,785	0,654
0,59	1,368	1,040	0,884	0,748	0,618
0,60	1,333	1,004	0,849	0,713	0,583

Σαββίδης Μιχάλης

205

ΠΙΝΑΚΑΣ 3					
ΕΞΕΥΡΕΣΗΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΗΣ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΑΝΑΓΚΑΙΩΝ ΠΥΚΝΩΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΟΡΘΩΣΗ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΙΣΧΥΟΣ					
Υφιστάμενος Σ.Ι.	Προτεινόμενος Σ.Ι.				
	1,0	0,95	0,90	0,85	0,80
0,61	1,299	0,970	0,815	0,679	0,549
0,62	1,266	0,937	0,781	0,646	0,516
0,63	1,233	0,904	0,748	0,613	0,482
0,64	1,201	0,872	0,716	0,581	0,450
0,65	1,169	0,840	0,685	0,549	0,419
0,66	1,138	0,810	0,654	0,518	0,388
0,67	1,108	0,779	0,624	0,488	0,358
0,68	1,078	0,750	0,594	0,458	0,328
0,69	1,049	0,720	0,565	0,429	0,298
0,70	1,020	0,691	0,536	0,400	0,270

Σαββίδης Μιχάλης

206