

## 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

## Ο Νόμος του Ωμ

ΚΑΒΑΛΙΕΡΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

MSc. ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ

## 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

## 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.

## 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 ( $\Omega\mu$  -  **$\Omega$** ).

## 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  $\Omega\mu$  ( $\Omega$ )

### 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

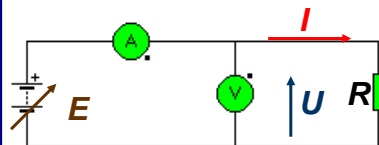
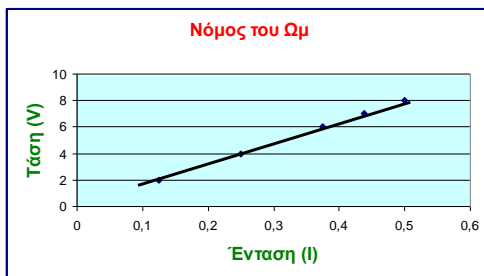
### Από τον τύπο του Ωμ.....

- ✚ 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**

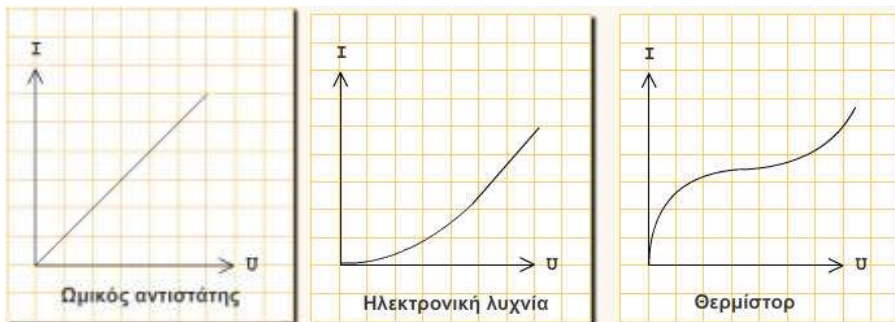
$$I = \frac{U}{R}$$

### 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.



### Ωμικός και μη ωμικός καταναλωτής



### Ο νόμος του Ωμ – Παράδειγμα 1

- ✚ Να υπολογίσετε την ένταση του ρεύματος που διαρρέει μια αντίσταση  $20 \Omega$  όταν εφαρμόζεται στα άκρα της, τάση  $12 \text{ V}$

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



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

### 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  $R=3\Omega$

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

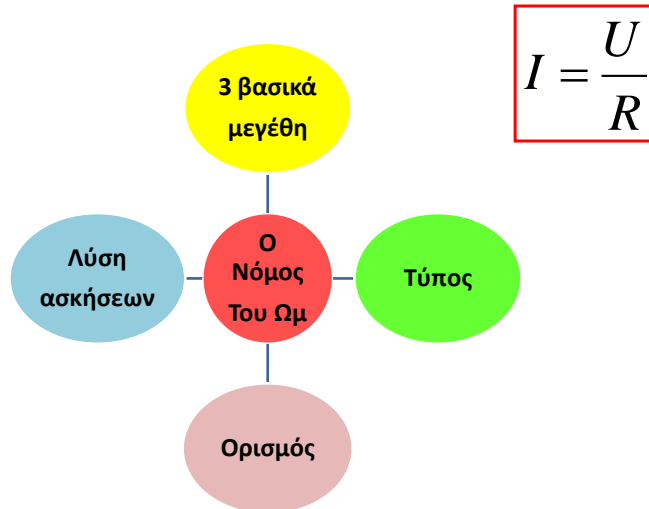
7. Μια ηλεκτρική ψηστήρα συνδέεται στο ηλεκτρικό δίκτυο του σπιτιού τάσης  $U=220\text{V}$  και διαρρέεται από ρεύμα έντασης  $I=10 \text{ A}$ . Ποια η ηλεκτρική αντίσταση  $R$  του θερμαντικού στοιχείου της ψηστήρας;

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

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

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

## ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ



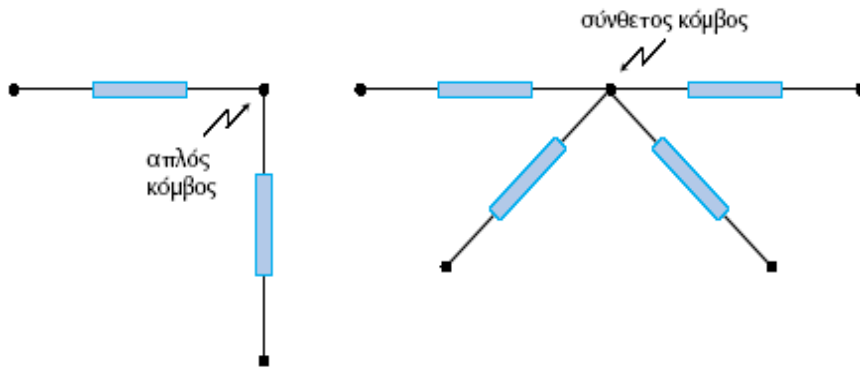
### Επίλυση Κυκλωμάτων Σ.Ρ. με τη χρήση των Κανόνων του Κίρχωφ (kirchoff)

- ✚ 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.



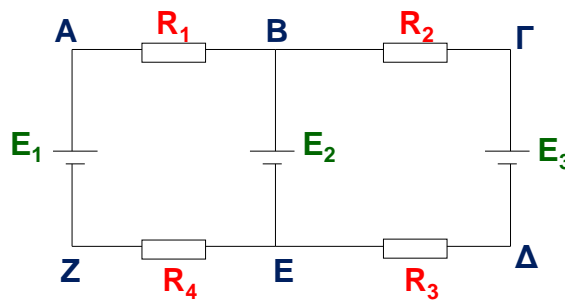
## Κόμβος

✚ Ο κόμβος διακρίνεται σε απλό και σε σύνθετο



## 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 Β, Ε

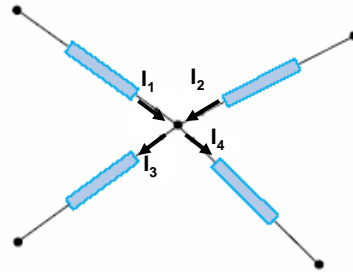




## 1<sup>ος</sup> κανόνας του Κίρχωφ. (κανόνας των κόμβων ή των ρευμάτων)

✚ Ο 1<sup>ος</sup> κανόνας διατυπώνει τα εξής:

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

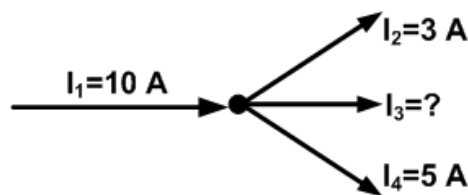


$$\sum I = 0$$

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



## Εφαρμόζοντας το 1<sup>ο</sup> κανόνα του Κίρχωφ



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

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



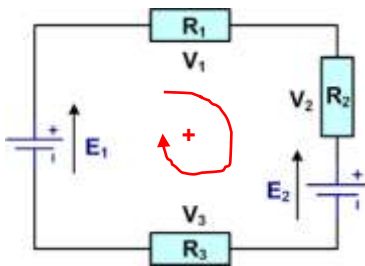
$$I_3 = I_1 - I_2 - I_4 = 10 - 3 - 5 = 2 \text{ A}$$



## 2<sup>ος</sup> 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.

$$\Sigma E = \Sigma IR$$

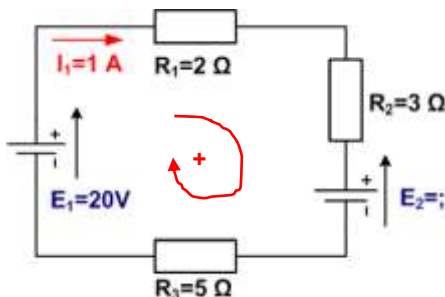


$$E_1 - E_2 = V_1 + V_2 + V_3$$



## Εφαρμόζοντας το 2<sup>ο</sup> κανόνα του Κίρχωφ

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



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

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

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

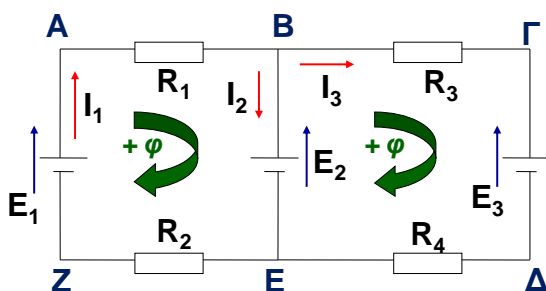
$$20 - E_2 = 10 \Rightarrow$$

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



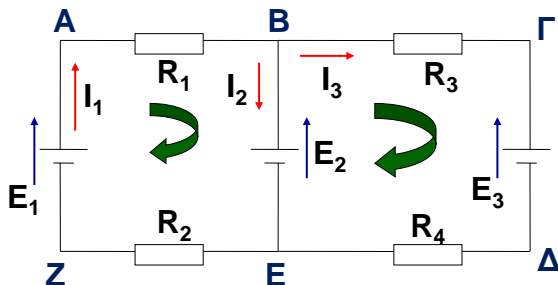
## Επίλυση Κυκλωμάτων Σ.Ρ. Υποθέσεις – Προετοιμασία - Εφαρμογή

- ✦ 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 ( $\varphi$ )
- ✦ Εφαρμόζουμε τον 1<sup>ο</sup> κανόνα σε ένα σύνθετο κόμβο
- ✦ Εφαρμόζουμε τον 2<sup>ο</sup> κανόνα σε δύο βρόχους.



### 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<sup>ος</sup> Κανόνας. Κανόνας των τάσεων: Βρόγχος ΑΒΕΖΑ

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

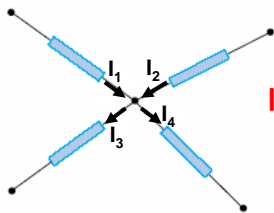
2<sup>ος</sup> Κανόνας. Κανόνας των τάσεων: Βρόγχος ΒΓΔΕΒ

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

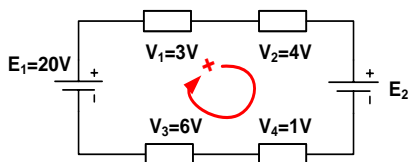
$$\Rightarrow -4 = I_2 + 1.75 \Rightarrow \underline{I_2 = -5.75\text{ A}}$$



### Λύση Φύλλου Εργασίας 1



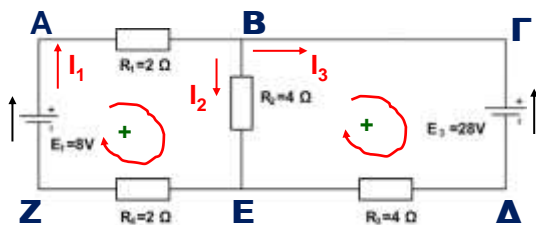
$$I_1 + I_2 = I_3 + I_4 \Rightarrow 5 + 4 = I_3 + 7 \Rightarrow I_3 = 9 - 7 = 2A$$



$$E_1 - E_2 = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 \Rightarrow 20 - E_2 = 3 + 4 + 6 + 1 \Rightarrow E_2 = 20 - 14 = 6V$$



### Λύση Φύλλου Εργασίας 2



1ος Κανόνας.  
Κανόνας των εντάσεων.  
Κόμβος Β:

$$I_1 = I_2 + I_3$$

2ος Κανόνας. Κανόνας των τάσεων: Βρόγχος ΑΒΕΖΑ

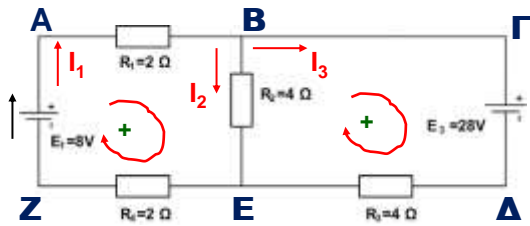
$$E_1 = I_1(R_1 + R_4) + I_2 R_2 \Rightarrow 8 = 4I_1 - 4I_2 \Rightarrow 2 = I_1 - I_2$$

2ος Κανόνας. Κανόνας των τάσεων: Βρόγχος ΒΓΔΕΒ

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



### Λύση Φύλλου Εργασίας 2



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

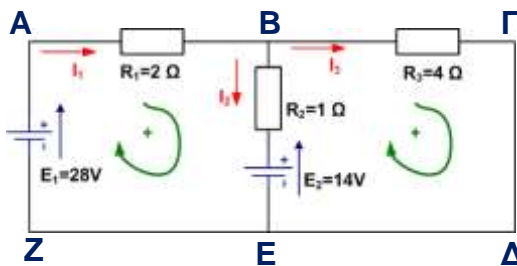
$$\begin{aligned} (1) \quad I_1 - I_2 - I_3 &= 0 \\ (2) \quad 2 - I_1 - I_2 &= 0 \end{aligned} \Rightarrow 2I_1 - 2 = I_3$$

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

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



### Λύση Φύλλου Εργασίας 3



1ος Κανόνας.  
Κανόνας των εντάσεων.  
Κόμβος Β:

$$I_1 = I_2 + I_3$$

2ος Κανόνας. Κανόνας των τάσεων: Βρόγχος ΑΒΕΖΑ

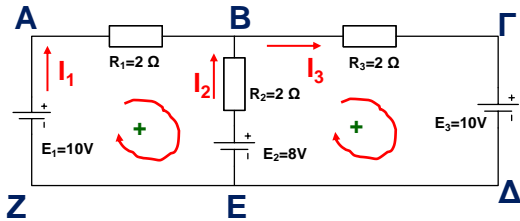
$$E_1 - E_2 = I_1 R_1 + I_2 R_2 \Rightarrow 28 - 14 = 2I_1 + I_2 \Rightarrow 14 = 2I_1 - I_2$$

2ος Κανόνας. Κανόνας των τάσεων: Βρόγχος ΒΓΔΕΒ

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



### Λύση Φύλλου Εργασίας 4



1ος Κανόνας. Κανόνας των εντάσεων. Κόμβος Β:

$$I_1 + I_2 = I_3$$

2ος Κανόνας. Κανόνας των τάσεων: Βρόγχος ΑΒΕΖΑ

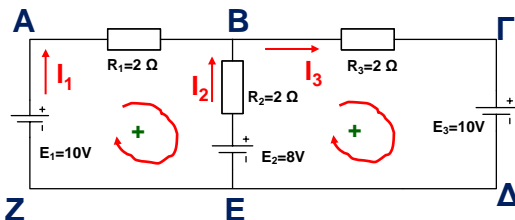
$$E_1 - E_2 = I_1 R_1 - I_2 R_2 \Rightarrow 10 - 8 = 2I_1 - 2I_2 \Rightarrow 1 = I_1 - I_2$$

2ος Κανόνας. Κανόνας των τάσεων: Βρόγχος ΒΓΔΕΒ

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



### Λύση Φύλλου Εργασίας 4



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

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

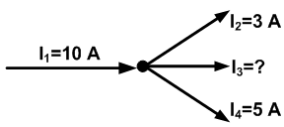
$$(3) -1 = I_2 + I_3$$

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

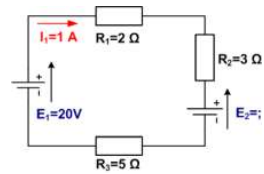
$$\left. \begin{array}{l} (1) I_1 = I_2 + I_3 \\ (3) -1 = I_2 + I_3 \end{array} \right\} \begin{array}{l} (5) I_1 + 1 = 0 \Rightarrow I_1 = -1A \\ \text{(Αντίθετη φορά)} \end{array}$$



## ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ



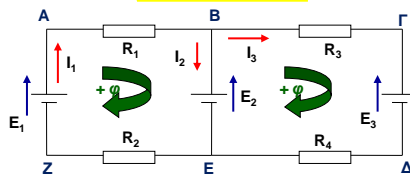
**Κανόνες  
Κίρχωφ**



**1<sup>ος</sup> κανόνας -  
κανόνας των ρευμάτων**  
 **$\Sigma I = 0$**

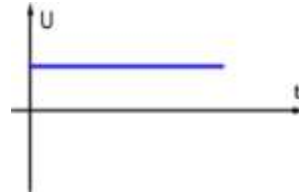
**2<sup>ος</sup> κανόνας -  
κανόνας των τάσεων**  
 **$\Sigma E = \Sigma IR$**

**Λύση  
Ασκήσεων**

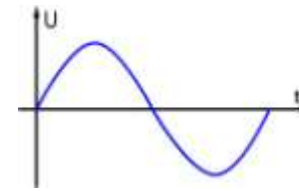


## Εναλλασσόμενο Ρεύμα

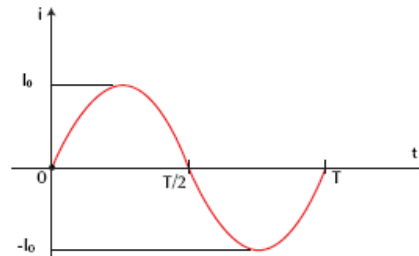
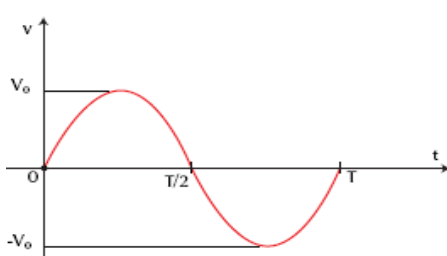
- ✚ Όταν τα ηλεκτρόνια ρέουν σταθερά προς μία κατεύθυνση σε ένα κύκλωμα και το ρεύμα έχει σταθερή τιμή, τότε όλα τα ηλεκτρικά μεγέθη, όπως η τάση και η ισχύς, είναι σταθερά.
- ✚ Το ρεύμα αυτό ονομάζεται συνεχές ρεύμα (DC, Direct Current)



- ✚ 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



## 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.





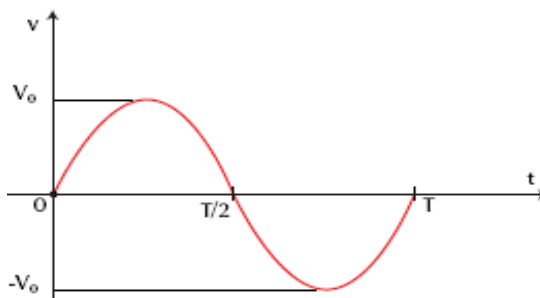
## Πλεονεκτήματα του Ε.Ρ έναντι του Σ.Ρ

- ✚ 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.



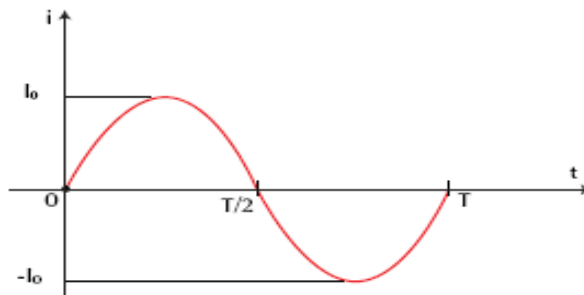
## Εναλλασσόμενη Τάση - Μεγέθη

- ✚  $v$ : 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**)



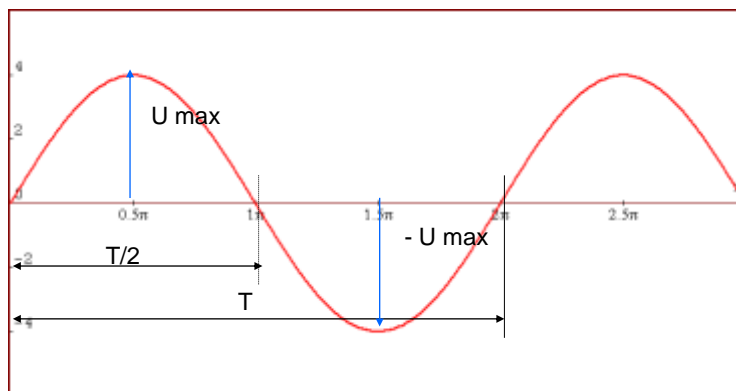
## Εναλλασσόμενο Ρεύμα - Μεγέθη

- $i$ : Στιγμιαία 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**).



## Κύκλος Εναλλασσόμενου Ρεύματος

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



## 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:

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



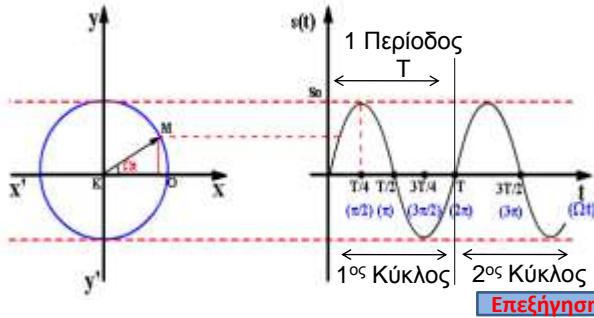
## Εναλλασσόμενο Ρεύμα

- ✚ 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 (  **$f$** ).



## 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  $\omega$ .
- ✚ Άρα η γωνιά  $\varphi$  που διαγράφει το πλαίσιο σε χρόνο  $t$  είναι συνάρτηση του χρόνου. ( $\varphi = \omega t$ ).
- ✚ Τα μεγέθη  $\varphi$  και  $t$  είναι ανάλογα, άρα μεταβάλλονται με τον ίδιο τρόπο.
- ✚ Άρα η εναλλασσόμενη τάση είναι συνάρτηση της γωνίας περιστροφής του πλαισίου  $\varphi$ .



Επεξήγηση

## Εναλλασσόμενο Ρεύμα – Κυκλική Συχνότητα

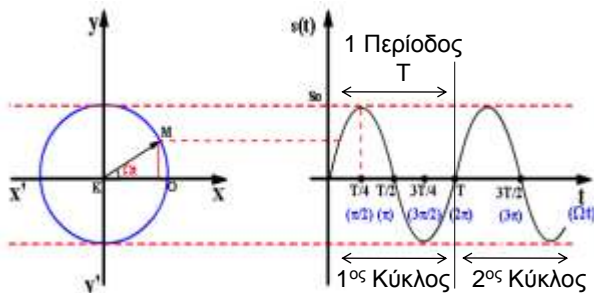
- ✚ Άρα η γωνιακή ταχύτητα με την οποία περιστρέφεται η μηχανή είναι:

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

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

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

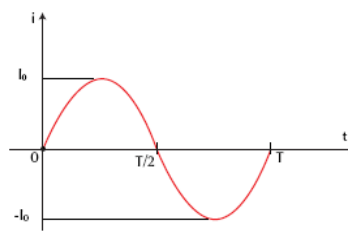
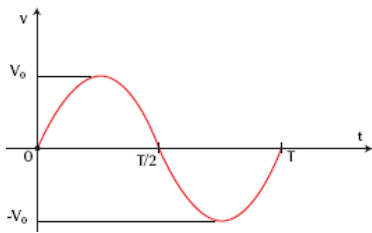
$$\varphi = \omega t = 2\pi f t = \frac{2\pi t}{T}$$



Ορισμοί

Επεξήγηση

## 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



## 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



## 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.

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

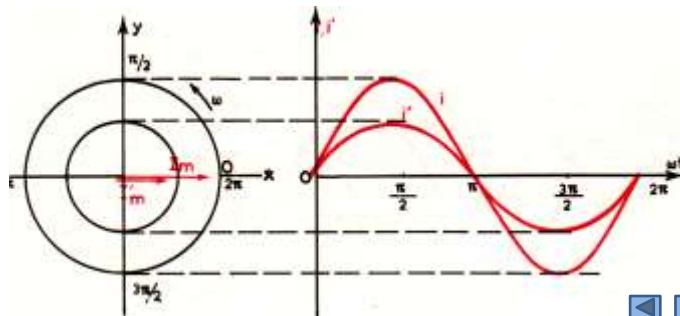
$$I_{\varepsilon\nu} = \frac{I_0}{\sqrt{2}} = 0.707 \cdot I_0$$

Επεξήγηση



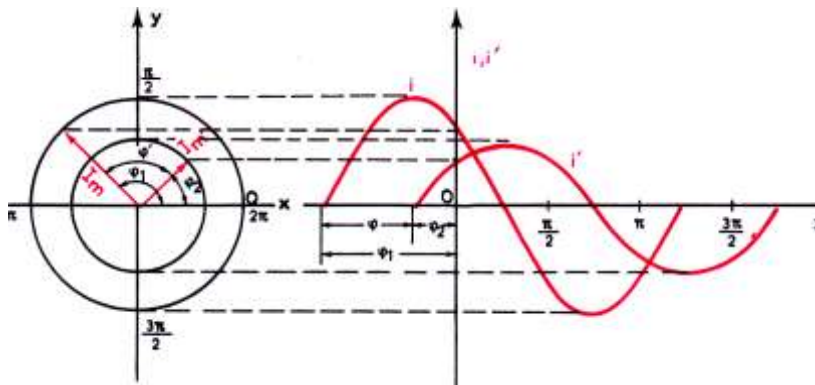
## Φάση και διαφορά φάσης

- ✚ 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  $90^\circ$  ή  $\pi/2$ .
- ✚ Δύο εναλλασσόμενα μεγέθη, που παίρνουν τις μέγιστες και ελάχιστες τιμές τους τις ίδιες χρονικές στιγμές λέμε ότι βρίσκονται σε φάση.

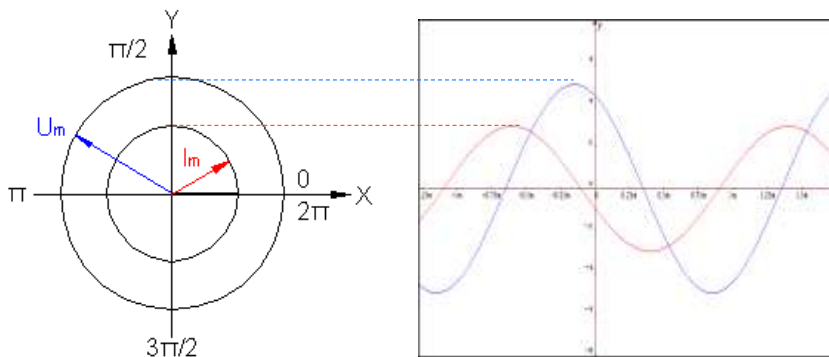


## Φάση και διαφορά φάσης

- ✚ 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.

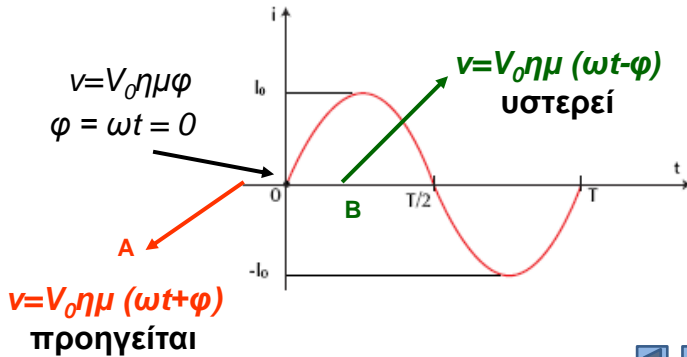


## Σύστημα με διαφορά φάσης



## Φάση ημιτονοειδούς κυματομορφής

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



## Παράδειγμα 1

### Υπολογισμός διαφοράς φάσης.

- ✚ Δίνονται τα ρεύματα:

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

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

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

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

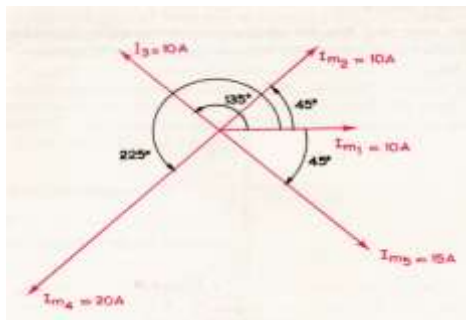
$$i_5 = 15 \sin (\omega t - 45^\circ) .$$

- 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.





## Παράδειγμα 2

### Υπολογισμός διαφοράς φάσης.

✚ **Δίνονται τρία ρεύματα:**

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

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

$$i_3 = I_{m3} \sin ( \omega t - \pi/2 ).$$

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

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

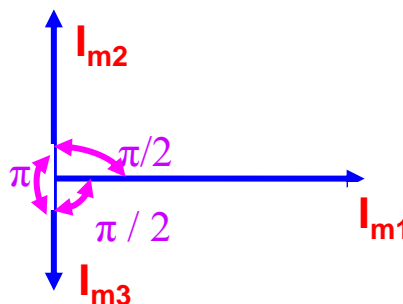
Το  $i_2$  προπορεύεται του  $i_1$  κατά  $\pi/2$

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

Το  $i_1$  προπορεύεται του  $i_3$  κατά  $\pi$

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

Το  $i_2$  προπορεύεται του  $i_3$  κατά  $\pi.$

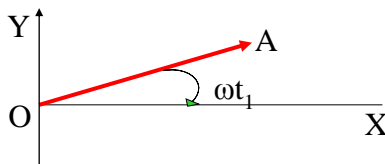


### Διανυσματική παράσταση εναλλασσόμενου μεγέθους

✚ 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 E.P. Είναι καθαρά συμβολικά.

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

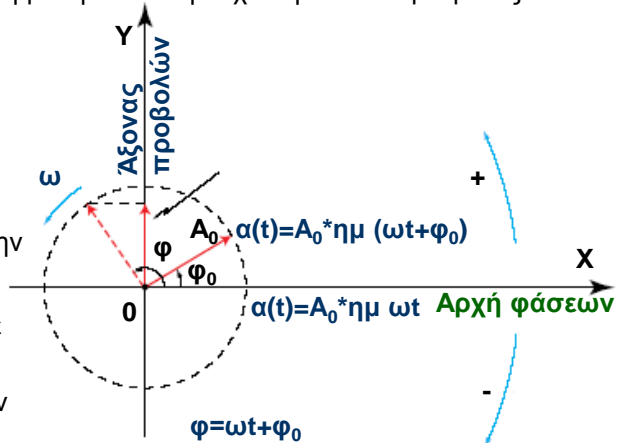


### Διανυσματική παράσταση εναλλασσόμενου μεγέθους

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

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

✚ Τα απεικονίζουμε σε ένα σύστημα ορθογώνιων αξόνων  $X-Y$



### Διανυσματική παράσταση εναλλασσόμενου μεγέθους

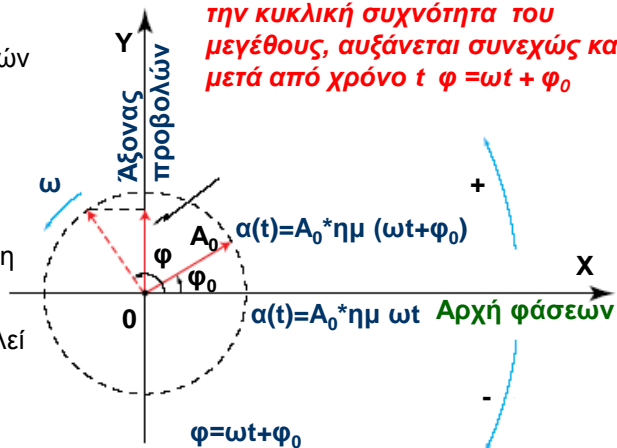
✚ Ο άξονας ο  $X$  αποτελεί την αρχή των φάσεων.

✚ 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  $\omega$ , ίση με την κυκλική συχνότητα του μεγέθους, αυξάνεται συνεχώς και μετά από χρόνο  $t$   $\varphi = \omega t + \varphi_0$*



## **Βιβλιογραφία - Πηγές**

1. Κ. Βουρνάς, Ο. Δαφερμός, Σ. Πάγκαλος, Γ. Χατζαράκης, Ηλεκτροτεχνία , τομέας ηλεκτρολογικός, ΤΕΕ Α΄ τάξη 1<sup>ου</sup> κύκλου, Αθήνα: Ο.Ε.Δ.Β., 2000,
2. Χ. Κανελλόπουλος, Γ. Παληός, Γ. Χατζαράκης, Κυκλώματα συνεχούς και εναλλασσόμενου ρεύματος , τομέας ηλεκτρονικών, ΤΕΕ Α΄ τάξη 1<sup>ου</sup> κύκλου, Αθήνα: Ο.Ε.Δ.Β., 2001,
3. Μ. Ιωαννίδου, Θ. Μικρώνης, Β. Τσίλης, Ανάλυση ηλεκτρικών κυκλωμάτων, τομέας ηλεκτρολογικός, ΤΕΕ Α΄ τάξη 1<sup>ου</sup> 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,



## **Επίλυση ηλεκτρικών κυκλωμάτων εναλλασσόμενου ρεύματος (Ε.Ρ.)**

ΚΑΒΑΛΙΕΡΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ  
MSc. ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ

## 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

## 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.



## 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.



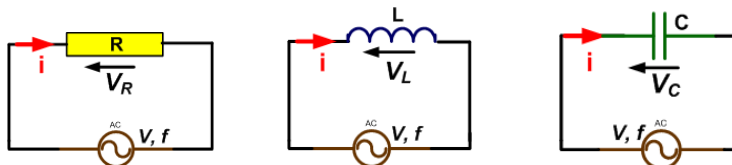
## Εναλλασσόμενο Ρεύμα

- ✚ 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.

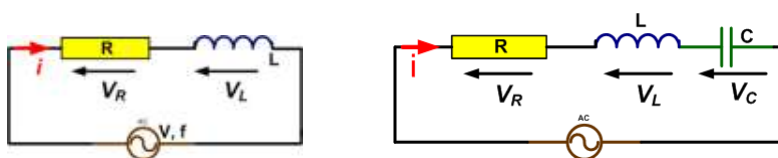


## Είδη κυκλωμάτων στο ε.ρ.

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



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

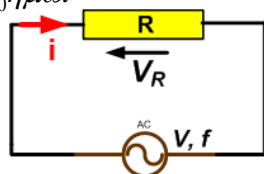


## Αντίσταση ( $R$ ) στο εναλλασσόμενο ρεύμα

✚ 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.  $R = \frac{V}{I}$

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

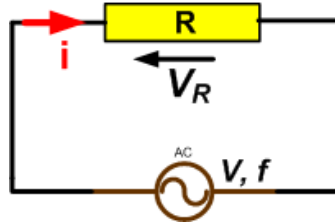


$$v = V_0 \eta \mu \omega t$$

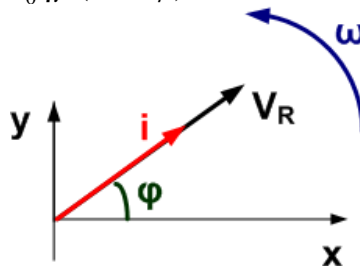


## Αντίσταση (R) στο εναλλασσόμενο ρεύμα

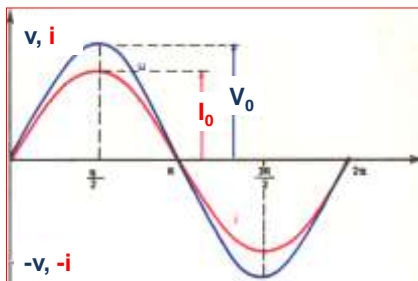
$$i = I_0 \eta \mu(\omega t + \varphi)$$



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



## 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.

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

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



## 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.

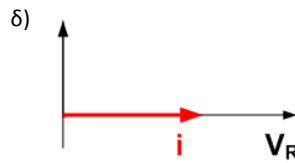
α)  $\omega = 2\pi f \Rightarrow f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{314}{2 \cdot 3.14} = 50\text{Hz}$

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

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

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

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



## 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.

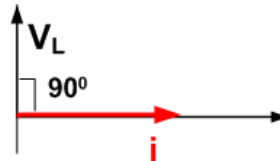
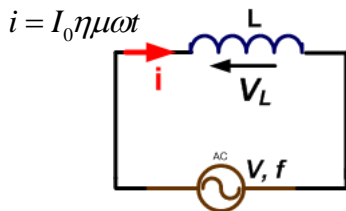




## Πηνίο (L) στο εναλλασσόμενο ρεύμα

- ✚ 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  $90^\circ$
  - ◆ Για κάθε στιγμήαία τιμή της τάσης και της έντασης ισχύει ο νόμος του Ωμ:

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

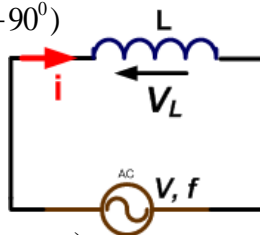


$$v = V_0 \eta \mu(\omega t + 90^\circ)$$

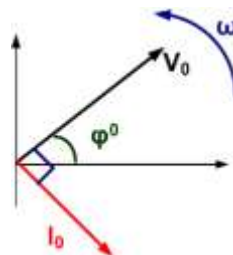
ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ

## Πηνίο (L) στο εναλλασσόμενο ρεύμα

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



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

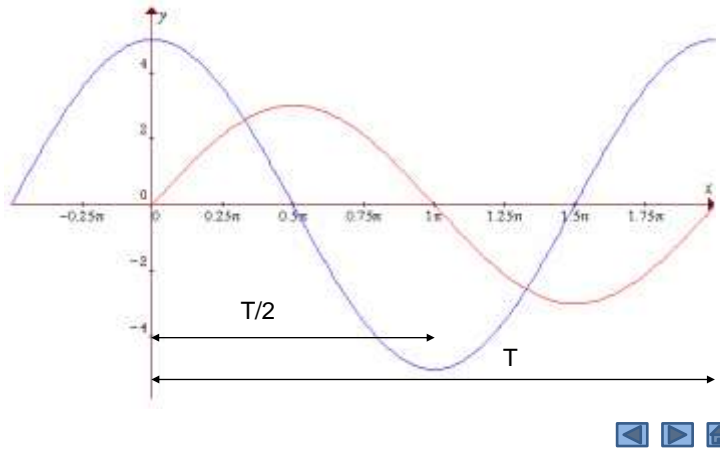


Ισχύς

Ισχύς

## Πηνίο ( $L$ ) στο εναλλασσόμενο ρεύμα Γραφική παράσταση

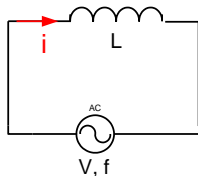
- ✚ Στην πιο κάτω ημιτονική παράσταση της τάσης και του ρεύματος για κύκλωμα εναλλασσόμενου ρεύματος με πηνίο βλέπουμε ότι η τάση προηγείται της έντασης.



## Παράδειγμα 2

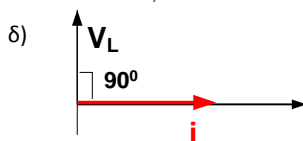
### Πηνίο στο Εναλλασσόμενο Ρεύμα

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



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

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



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

## 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.



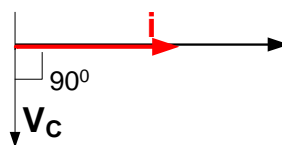
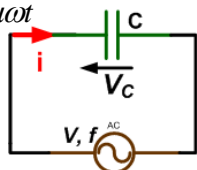
## Πυκνωτής (C) στο εναλλασσόμενο ρεύμα

✚ 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  $90^\circ$ .
- ◆ Για κάθε στιγμιαία τιμή της τάσης και της έντασης ισχύει ο νόμος του

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

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



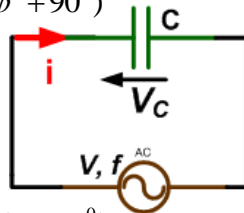
$$v = V_0 \eta \mu \omega t (\omega t - 90^\circ)$$

Σαββίδης Μιχάλης

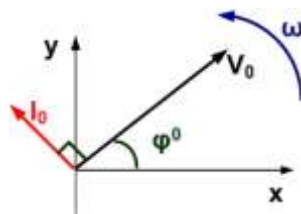


## Πυκνωτής (C) στο εναλλασσόμενο ρεύμα

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

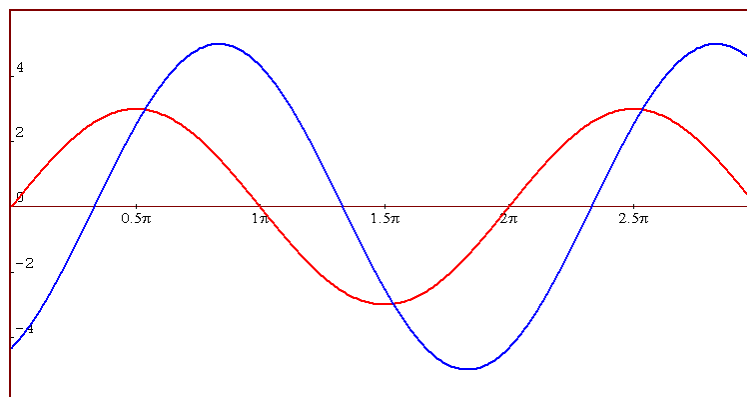


$$v = V_0 \eta \mu \omega t (\omega t + \varphi^0)$$



## 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.

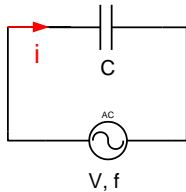


### Παράδειγμα 3

#### Πυκνωτής στο Εναλλασσόμενο Ρεύμα

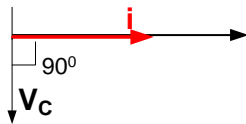
✚ Ένας πυκνωτής χωρητικότητας  $C=20\ \mu\text{F}$  συνδέεται σε εναλλασσόμενη τάση που δίνεται από τον τύπο  $v=220\ \eta\mu 314t$ . Να βρείτε:

- Την χωρητική αντίσταση του πυκνωτή,
- Την ένταση του ρεύματος που τον διαρρέει
- Την εξίσωση της στιγμιαίας τιμής του ρεύματος.



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

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



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



### Ισχύς στο εναλλασσόμενο ρεύμα

#### ✚ Τρεις μορφές ισχύος

- Πραγματική ισχύς (W)  $P = V * I * \sigma\upsilon\upsilon\phi$
- 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 καταναλίσκεται στο ωμικό μέρος της σύνθετης αντίστασης υπό μορφή θερμότητας. Η πραγματική ισχύς είναι πάντα θετική:  $-90^\circ = \phi < 90^\circ$  τότε  $0 = \sigma\upsilon\upsilon\phi = 1$
- 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:  $\phi = 0$  ( $\sigma\upsilon\upsilon\phi = 1$ ,  $\eta\mu\phi = 1$ ). Άρα  $P = S$
- Είναι η μέγιστη ισχύς που απορροφά ένας καταναλωτής.



## 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:  
 $-90^\circ \leq \varphi \leq 90^\circ$  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.  $Q=S$



## 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.



## Ισχύς στο εναλλασσόμενο ρεύμα

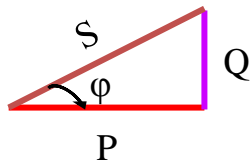
- ✚ Αν  $Q > 0$ , το κύκλωμα παρουσιάζει επαγωγική συμπεριφορά. Η τάση προηγείται του ρεύματος κατά γωνία  $\varphi$
- ✚ Το **συνφ** ονομάζεται συντελεστής ισχύος του κυκλώματος και στη περίπτωση αυτή λέγεται επαγωγικός ή μεταπορείας.
- ✚ Αν  $Q < 0$ , το κύκλωμα παρουσιάζει χωρητική συμπεριφορά. Η τάση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



## 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:



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

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

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

$$S = V * I$$

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

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



#### 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:  
α) Την χωρητική αντίσταση του πυκνωτή,  
β) Την ένταση του ρεύματος που τον διαρρέει  
γ) Την άεργο ισχύ.

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

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



### Στόχοι μαθήματος

**Ο μαθητής να είναι σε θέση να:**

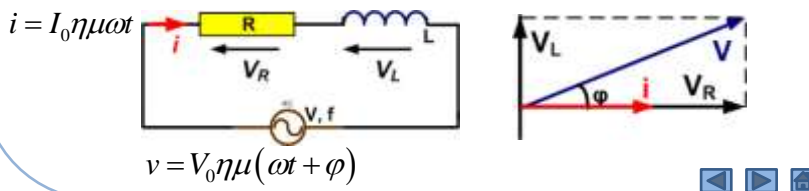
- ✚ Σχεδιάζει Κύκλωμα εναλλασσόμενου ρεύματος που να περιλαμβάνει μια πηγή, μία αντίσταση και ένα πηνίο συνδεδεμένα σε σειρά.
- ✚ Γράφει τις εξισώσεις της τάσης και της έντασης του κυκλώματος.
- ✚ Σχεδιάζει τη γραφική παράσταση και το διανυσματικό διάγραμμα για το κύκλωμα που να δείχνουν τη σχέση μεταξύ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





### 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  $90^\circ$ .



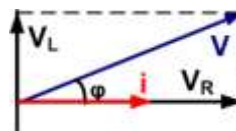
### Κύκλωμα $RL$ σε σειρά στο Εναλλασσόμενο Ρεύμα

- ✚ 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  $\phi$ , που είναι μικρότερη των  $90^\circ$ .
- ✚ Από το τρίγωνο των τάσεων εφαρμόζοντας το πυθαγόρειο θεώρημα μπορούμε να υπολογίσουμε τη σύνθετη αντίσταση  $Z$  και τον συντελεστή ισχύος  $\cos \phi$ :

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

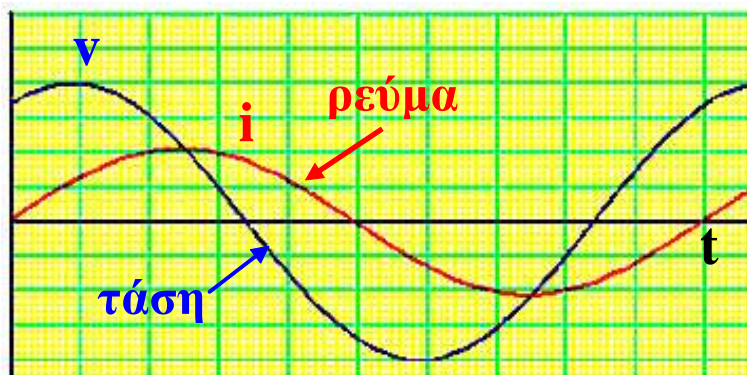
$$\frac{V^2}{I^2} = R^2 + X_L^2 \Rightarrow \frac{V}{I} = \sqrt{R^2 + X_L^2} \Rightarrow Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

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



### 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.



### 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	$S = V * I$

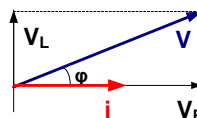


## Παράδειγμα 6

### 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.



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

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

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

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

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



## Στόχοι μαθήματος

**Ο μαθητής να είναι σε θέση να:**

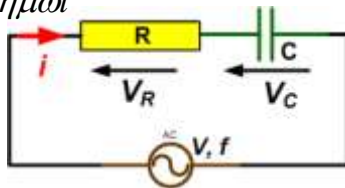
- ✚ Σχεδιάζει κύκλωμα εναλλασσόμενου ρεύματος που να περιλαμβάνει μια πηγή, μία αντίσταση και ένα πυκνωτή συνδεδεμένα σε σειρά.
- ✚ Γράφει τις εξισώσεις της τάσης και της έντασης του κυκλώματος.
- ✚ Σχεδιάζει τη γραφική παράσταση και το διανυσματικό διάγραμμα για το κύκλωμα που να δείχνουν τη σχέση μεταξύ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



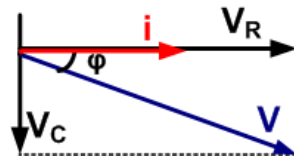
## Κύκλωμα RC σε σειρά στο Εναλλασσόμενο Ρεύμα

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

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



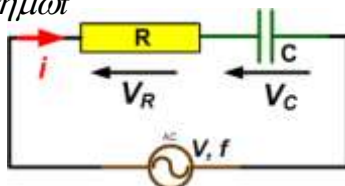
$$v = V_0 \eta \mu(\omega t - \varphi)$$



## 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  $90^\circ$ .

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



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



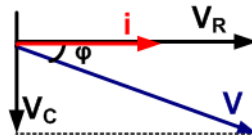
## Κύκλωμα RC σε σειρά στο Εναλλασσόμενο Ρεύμα

- ✚ 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  $\cos \varphi$ :

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

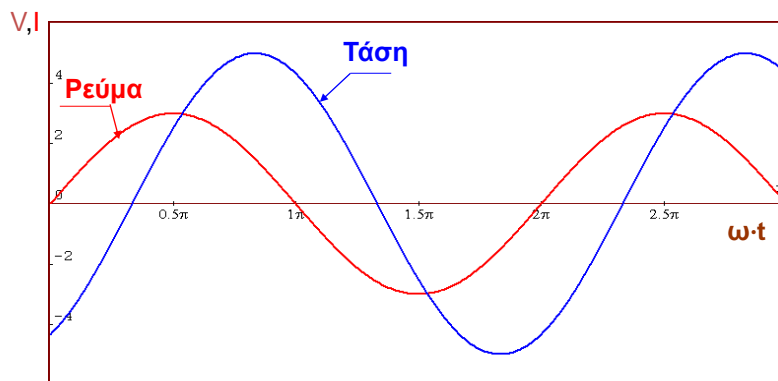
$$\frac{V^2}{I^2} = R^2 + X_C^2 \Rightarrow \frac{V}{I} = \sqrt{R^2 + X_C^2} \Rightarrow Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$$

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

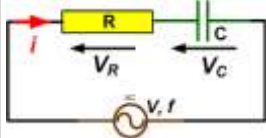
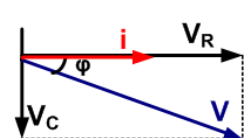


## Κύκλωμα RC σε σειρά στο Εναλλασσόμενο Ρεύμα

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



## 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	$S = V * I$



### 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  $v=240\text{ V}$  συχνότητας  $f=50\text{ Hz}$ . Να βρείτε:

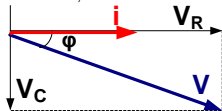
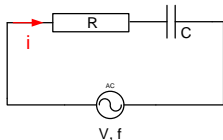
- α) Την χωρητική αντίσταση του πυκνωτή
- β) Την σύνθετη αντίσταση του κυκλώματος
- γ) Το ρεύμα στο κύκλωμα
- δ) Την τάση στα άκρα του πυκνωτή και της αντίστασης
- ε) Τον συντελεστή ισχύος και τη διαφορά φάσης
- στ) Το διανυσματικό διάγραμμα τάσεων και εντάσεων.
- ζ) Την πραγματική ισχύ



## 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) $\sigma\upsilon\nu\phi$ =;, $\phi$ =;
	στ) Διάνυσμα τάσης έντασης
	ζ) P=;



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

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

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

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

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

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

$$\zeta) P = V * I * \sigma\upsilon\nu\phi = 240 * 2.4 * 0.6 = 345.6W$$



## Στόχοι μαθήματος

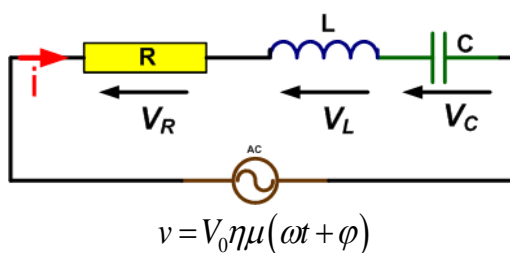
**Ο μαθητής να είναι σε θέση να:**

- ✚ 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.



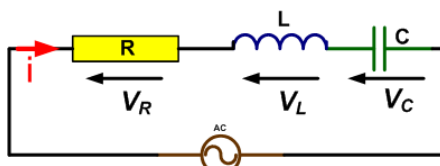
### Κύκλωμα $RLC$ σε σειρά στο Εναλλασσόμενο Ρεύμα

- ✚ 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.



### 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  $90^\circ$ .
  - ◆ Την πτώση τάσης στην χωρητική αντίσταση  $V_C = \frac{I}{\omega C} = I * X_C$  και η οποία υστερεί της έντασης του ρεύματος κατά  $90^\circ$ .



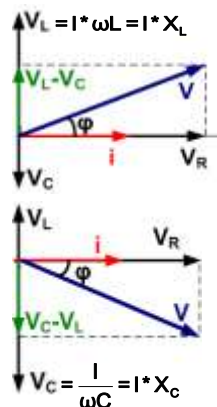
$$v = V_0 \eta\mu(\omega t + \varphi)$$





### 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  $\varphi$ .



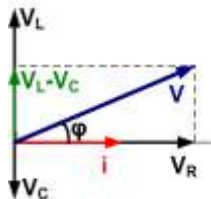
✚ Αν  $X_L - X_C < 0$  ( $V_C > V_L$ ) το κύκλωμα παρουσιάζει χωρητική συμπεριφορά, γιατί  $\varphi < 0$ , και συνεπώς η τάση υστερεί του ρεύματος κατά γωνία  $\varphi$ .

✚ 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**.



### 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  $\cos \varphi$ :



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

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

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

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

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



### 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:

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



### 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:

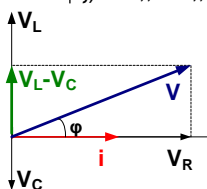
- Η επαγωγική αντίσταση του πηνίου
- Η χωρητική αντίσταση του πυκνωτή
- Η σύνθετη αντίσταση του κυκλώματος
- Η τιμή του ρεύματος στο κύκλωμα
- Ο συντελεστής ισχύος του κυκλώματος και η διαφορά φάσης
- Η τάση στα άκρα του πηνίου και του πυκνωτή
- Η πραγματική ισχύ, η άεργος και φαινόμενη ισχύ
- Να αναφέρετε αν το κύκλωμα συμπεριφέρεται χωρητικά ή επαγωγικά.



### 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) $\cos\phi$ ;; $\phi$ ;;
	στ) $V_L$ ;; $V_C$
	ζ) P=;; Q=;; S=;



Το κύκλωμα συμπεριφέρεται επαγωγικά  $V_L > X_C$ . Η τάση προηγείται της έντασης κατά  $20^\circ$ .

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

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

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

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

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

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

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

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

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



#### Βασικό τυπολόγιο

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



## Βιβλιογραφία

1. Κ. Βουρνάς, Ο. Δαφερμός, Σ. Πάγκαλος, Γ. Χατζαράκης, Ηλεκτροτεχνία , τομέας ηλεκτρολογικός, ΤΕΕ Α΄ τάξη 1<sup>ου</sup> κύκλου, Αθήνα: Ο.Ε.Δ.Β., 2000, σελ. 360-375
2. Χ. Κανελλόπουλος, Γ. Παληός, Γ. Χατζαράκης, Κυκλώματα συνεχούς και εναλλασσόμενου ρεύματος , τομέας ηλεκτρονικών, ΤΕΕ Α΄ τάξη 1<sup>ου</sup> 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<sup>ου</sup> 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



## Συνδεσμολογία Αστέρα στο Τριφασικό ρεύμα



### Βιβλιογραφία

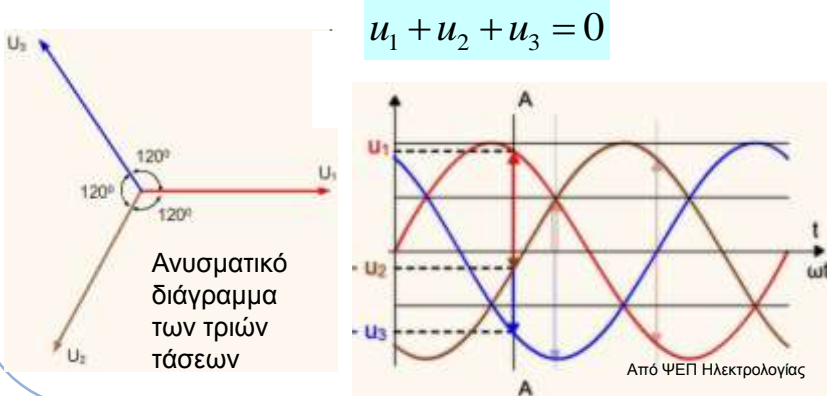
1. Ηλεκτροτεχνία - τομέας ηλεκτρολογικός – ΤΕΕ. Α΄ τάξη 1<sup>ου</sup> κύκλου Ο.Ε.Δ.Β.
2. Κυκλώματα συνεχούς και εναλλασσόμενου ρεύματος - τομέας ηλεκτρονικών – ΤΕΕ Α΄ τάξη 1<sup>ου</sup> κύκλου Ο.Ε.Δ.Β.
3. Στοιχεία ηλεκτρολογίας - τομέας μηχανολογικός Α΄ τάξη 1<sup>ου</sup> κύκλου Ο.Ε.Δ.Β.
4. ΨΕΠ Ηλεκτρολογίας

## Χαρακτηριστικά των παραγόμενων τάσεων

- ✦ Τρεις τέτοιες τάσεις αποτελούν ένα συμμετρικό τριφασικό σύστημα.

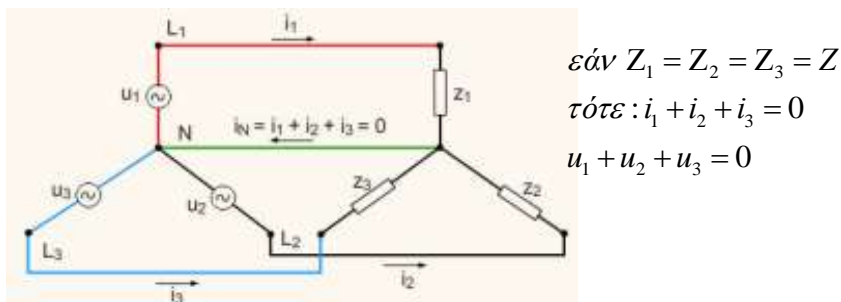
$$u_1 = U_m \eta \mu \omega t \quad u_2 = U_m \eta \mu (\omega t - 120^\circ) \quad u_3 = U_m \eta \mu (\omega t - 240^\circ)$$

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



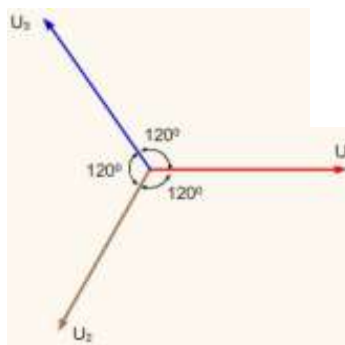
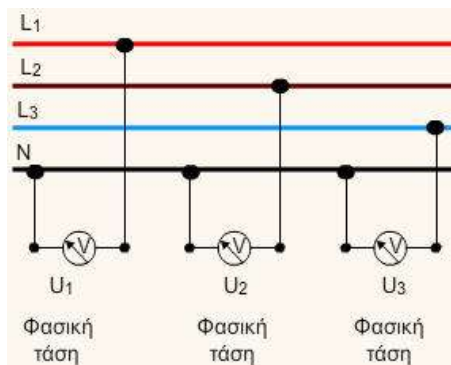
## Ισοζυγισμένο φορτίο

- ✦ 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.



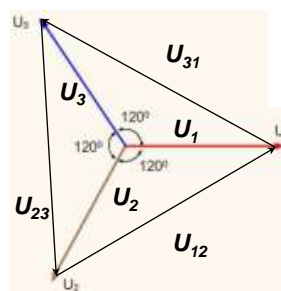
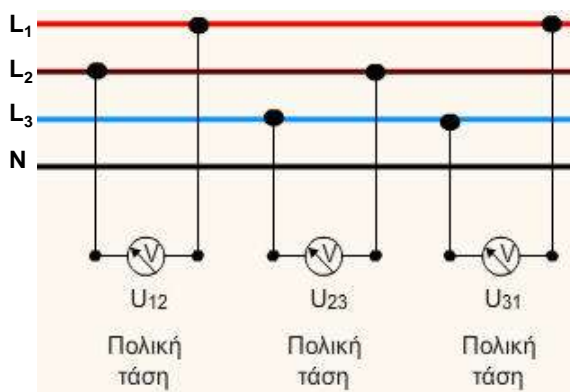
## Φασική τάση

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



## Πολική τάση

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



## Στόχοι

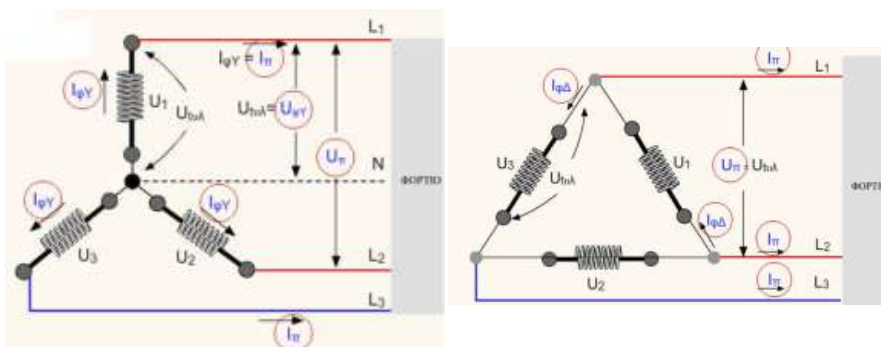
Ο μαθητής στο τέλος του μαθήματος να μπορεί να:

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



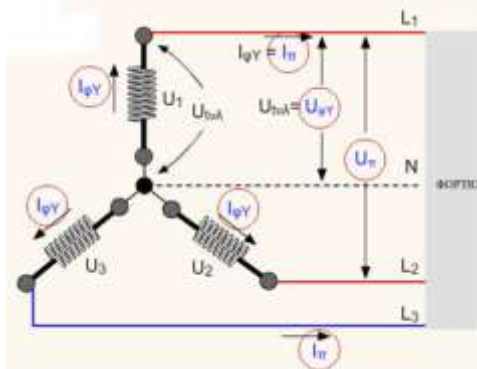
## Σύνδεση αστέρα και σύνδεση τριγώνου

- ✚ 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.



### 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 ( $U_{\phi}$ ) είναι η τάση μεταξύ του αγωγού μιας φάσης και του ουδέτερου αγωγού.
- ✦ Πολική τάση ( $U_{\pi}$ ) είναι η τάση μεταξύ των αγωγών δύο φάσεων
- ✦ Ρεύμα γραμμής ή πολικό ρεύμα ( $I_L$  ή  $I_{\pi}$ ) είναι το ρεύμα που διαρρέει τους αγωγούς των φάσεων  $L_1, L_2, L_3$ .
- ✦ Το φασικό ρεύμα ( $I_{\phi\gamma}$  ή  $I_{\phi}$ ) διαρρέει κάθε φάση (πηγίο) της γεννήτριας



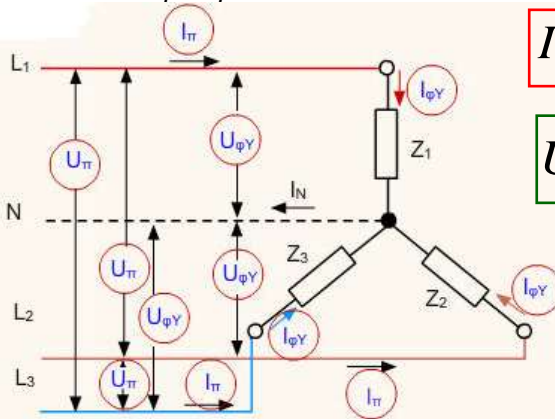
$$U_{\tau\omega\lambda} = U_{\phi\gamma} = U_{\phi}$$

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

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

### 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 ( $U_{\phi} = U_{\phi\gamma}$ )



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

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

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



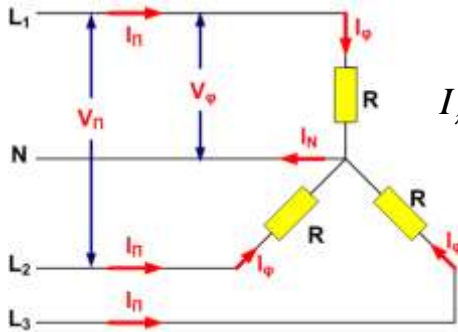
### Φύλλο εργασίας 2 – Άσκηση 3 (Λύση)

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

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

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

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



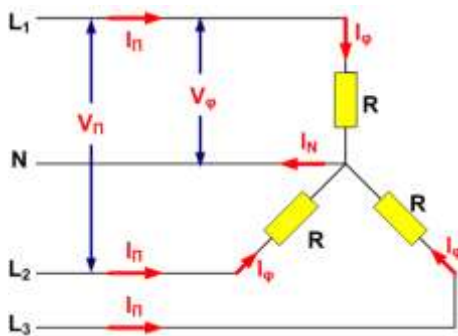
### Φύλλο εργασίας 2 – Άσκηση 4 (Λύση)

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

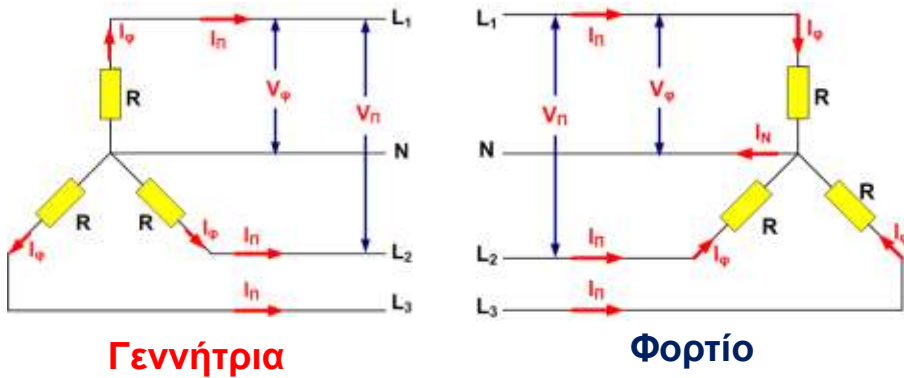
$$U_{\pi} = 380V$$

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

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



## ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ Συνδεσμολογία αστέρα



$$I_\pi = I_\varphi$$

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

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

## Συνδεσμολογία τριγώνου στο Τριφασικό ρεύμα

### 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

## 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.



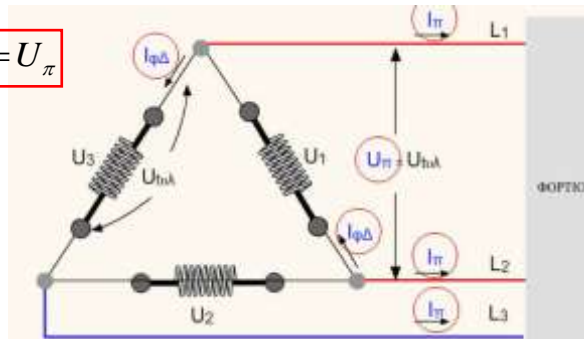
### Θεωρητικό κύκλωμα σύνδεσης τριφασικής γεννήτριας σε τρίγωνο

- ✚ Στα άκρα των τυλιγμάτων επικρατεί η πολική τάση ( $U_{\tau\omega\lambda} = U_{\pi}$ )
- ✚ Φασική τάση ( $U_{\varphi}$ ) 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  $I_{\pi}$ .
- ✚ Φασικό ρεύμα τριγώνου είναι το ρεύμα που διαρρέει κάθε φάση των πηνίων της γεννήτριας στη σύνδεση τριγώνου ( $I_{\varphi\Delta}$ )

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

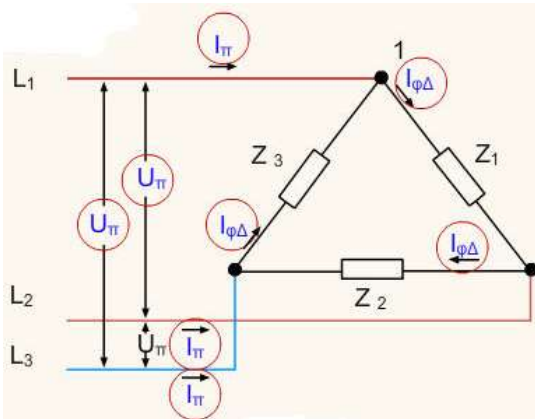
$$I_{\varphi\Delta} = I_{\varphi}$$

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



### 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 ( $I_{\pi}$ )



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

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

### Φύλλο εργασίας 2 – Άσκηση 4 (Λύση)

Δεδομένα | Ζητούμενα

$U_{\pi}=480V$  | α)  $U_{\varphi}=?$ ;

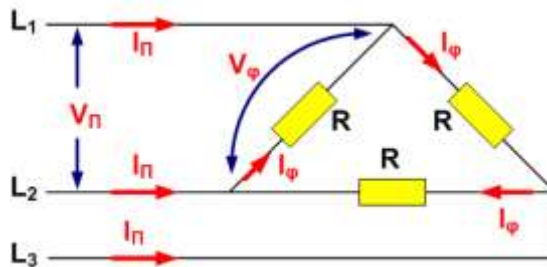
$R=10\Omega$  | β)  $I_{\pi}=?$ ;

$f=50\text{ Hz}$  | γ)  $I_{\varphi}=?$ ;

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

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

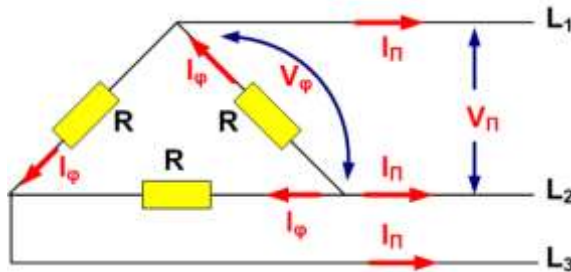
$$I_{\pi} = \sqrt{3} I_{\varphi} = \sqrt{3} * 48 = 83A$$



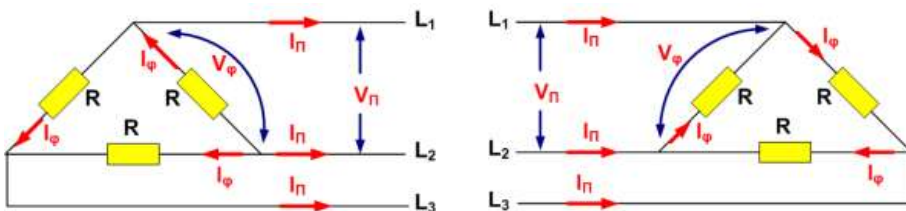
### Φύλλο εργασίας 2 – Άσκηση 5 (Λύση)

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) $I_{\varphi}=?$ ;	

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



### ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ Συνδεσμολογία τριγώνου



**Γεννήτρια**

**Φορτίο**

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

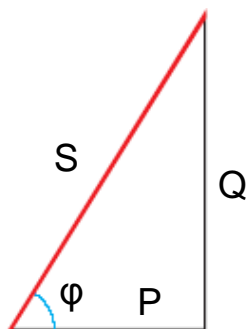
$$I_{\pi} = \sqrt{3} I_{\varphi}$$

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

## 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.

## Συντελεστής ισχύος



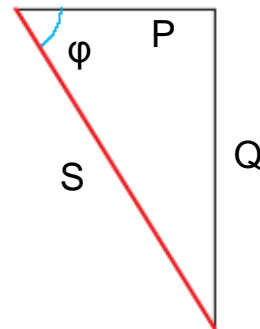
### Επαγωγική συμπεριφορά

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

$$P = S \cos\phi$$

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

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



### Χωρητική συμπεριφορά

$$P = V \cdot I \cdot \cos\phi$$
$$Q = V \cdot I \cdot \eta\mu\phi$$
$$S = V \cdot I$$

## 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.

## 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

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

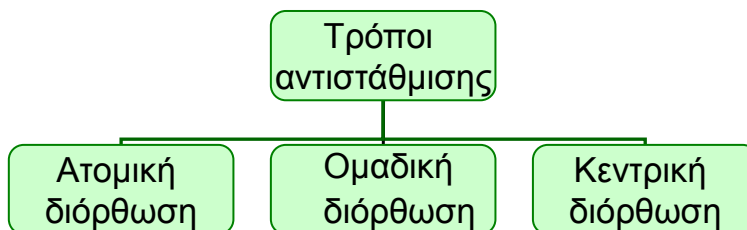
- ✚ Δηλαδή η γεννήτρια θα αναπτύσσει μόνο τη μισή της ισχύ.
- ✚ Μπορούμε να πούμε λοιπόν ότι, όσο πιο μεγάλος είναι ο συντελεστής ισχύος τόσο μεγαλύτερη θα είναι η ισχύς που παράγεται και μεταφέρεται.

## 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.

## 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.

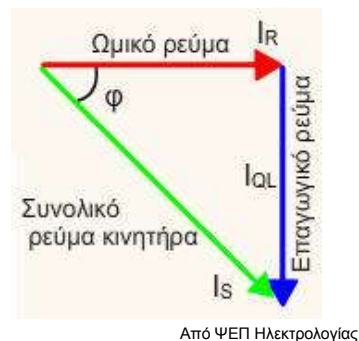


### ΤΡΟΠΟΙ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ ΤΩΝ ΠΥΚΝΩΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΟΡΘΩΣΗ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΙΣΧΥΟΣ (συνφ)

- ✚ 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.

### Σύνδεση πυκνωτή σε επαγωγικό φορτίο

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



### Σύνδεση πυκνωτή σε επαγωγικό φορτίο

- ✚ Αντί δηλαδή, η άεργος ισχύς, να μεταφέρεται από την πηγή στο φορτίο και από το φορτίο πίσω στην πηγή, πηγαίνει 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  $\phi$  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.

### 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:

$$Q_C = S * \sin\phi_1 * n_s = 100 * 0.6 * 0.849 = 50.94 \text{ kVAR}$$

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

### 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

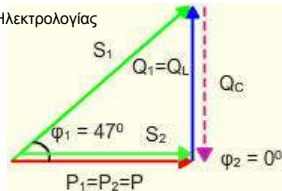
$$C_Y = \frac{Q_{C\phi}}{3U_\phi^2 * 2\pi * f} = \frac{50940}{3 * 240^2 * 2 * 3,14 * 50} = 938 * 10^{-6} F = 938 \mu F$$

### Υπολογισμός της χωρητικότητας πυκνωτή για πλήρη αντιστάθμιση – Παράδειγμα 1

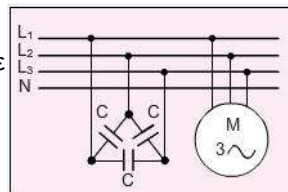
- Τριφασικός επαγωγικός καταναλωτής ισχύος 15 kW και με συντελεστή ισχύος 0,68 συνδέεται σε τριφασικό δίκτυο πολικής τάσης 415 / 240V, συχνότητας 50Hz. Για να επιτευχθεί πλήρης αντιστάθμιση της άεργης ισχύος του κινητήρα συνδέονται στο δίκτυο 3 πυκνωτές. Να υπολογίσετε την απαιτούμενη χωρητικότητα κάθε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

Δεδομένα	Ζητούμενα
$U_L = 415 V$	$Q_L$
$U_\phi = 240 V$	$Q_C$
$f = 50 \text{ Hz}$	$C_\Delta$
$P = 15 \text{ kW}$	$C_Y$
$\text{συν}\phi_1 = 0,68$	
$\text{συν}\phi_2 = 1$	

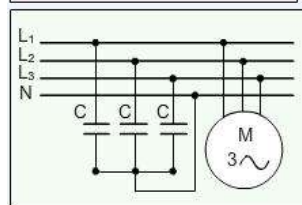
Από ΨΕΠ Ηλεκτρολογίας



σύνδεση σε τρίγωνο



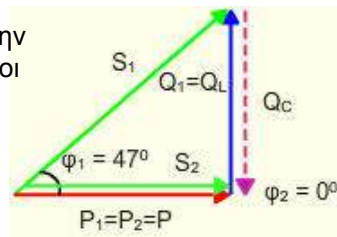
σύνδεση σε αστέρα



### 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.

$$\sigma\upsilon\nu\varphi_1 = \frac{P}{S_1} \Rightarrow S_1 = \frac{P}{\sigma\upsilon\nu\varphi_1} = \frac{15000}{0.68} = 22059VA$$



Από ΨΕΠ Ηλεκτρολογίας

- Η άεργος ισχύς του κινητήρα:

$$Q_1 = Q_L = \sqrt{S_1^2 - P_1^2} = \sqrt{22059^2 - 15000^2} = 16174VAR$$

- Για να γίνει πλήρης αντιστάθμιση πρέπει:

$$Q_C = Q_1 = Q_L = 16174VAR$$

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

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

### Υπολογισμός της χωρητικότητας πυκνωτή για πλήρη αντιστάθμιση – Παράδειγμα 1

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

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

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

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

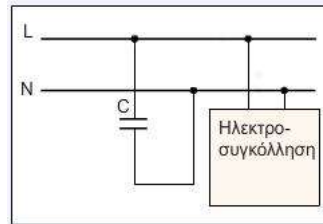
- Παρατήρηση: αν η σύνδεση των πυκνωτών γίνει σε αστέρα θα χρειαστούν πυκνωτές με τριπλάσια χωρητικότητα.

### Υπολογισμός της χωρητικότητας πυκνωτή για μερική αντιστάθμιση – Παράδειγμα 2

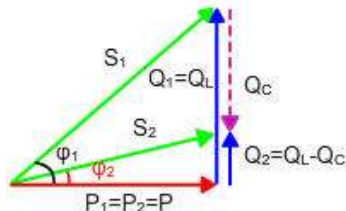
2. Μονοφασική συσκευή ηλεκτροσυγκόλλησης ισχύος 2,34kW όταν λειτουργεί σε δίκτυο 240V, 50 Hz τραβά από το δίκτυο ένταση ρεύματος 15 A. Να υπολογίσετε:

- 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 $\varphi_1$
συν $\varphi_2 = 0,95$	C
	$I_2$



Κύκλωμα άσκησης



### 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 $\varphi_1$  και τη διαφορά φάσης  $\varphi_1$ :

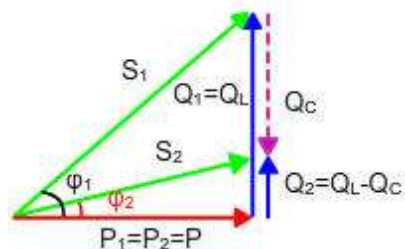
$$\text{συν}\varphi_1 = \frac{P}{S_1} = \frac{2340}{3600} = 0.65 \Rightarrow \varphi_1 = 49.4^\circ$$

- ✚ Υπολόγισε τη διαφορά φάσης  $\varphi_2$ :

$$\text{συν}\varphi_2 = 0.95 \Rightarrow \varphi_2 = 18.2^\circ$$

- ✚ Υπολογίστε την άεργη ισχύ της συσκευής  $Q_1$ :

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



**Υπολογισμός της χωρητικότητας πυκνωτή για μερική αντιστάθμιση – Παράδειγμα 2**

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

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

- ✚ 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.

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

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

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

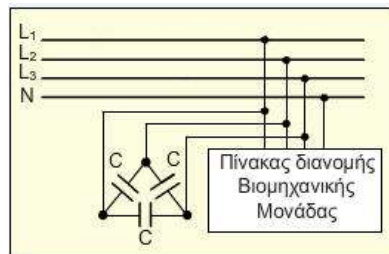
**Υπολογισμός της άεργης ισχύος με χρήση ειδικών πινάκων – Παράδειγμα 3**

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	$Q_{c\varphi}$
$\sigma\upsilon\nu\varphi_1 = 0,7$	$C_\varphi$
$\sigma\upsilon\nu\varphi_2 = 0,95$	



Κύκλωμα άσκησης

### Υπολογισμός της άεργης ισχύος με χρήση ειδικών πινάκων – Παράδειγμα 3

- ✚ Χρησιμοποιήσε 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

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

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

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