Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών &
Μηχανικών Υπολογιστών
Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο

Διαφάνειες Εργαστηρίου Ηλεκτρικές Μετρήσεις

Άννα Τασολάμπρου

Εισαγωγή στα τριφασικά συστήματα

Χρήση

Σε παραγωγή, μεταφορά, διανομή και χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας

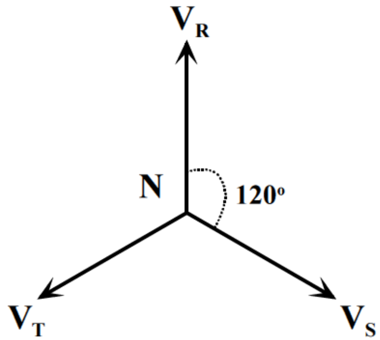
Πλεονεκτήματα

(α) απαιτούνται 25% λιγότερα καλώδια σε τριφασικό δίκτυο απ' ότι σε μονοφασικό για την μεταφορά της ίδια ποσότητας ηλεκτρικής ενέργειας σε ίδια απόσταση και με την ίδια τάση μεταξύ των αγωγών

(β) σε συμμετρικά τριφασικά δίκτυα η ισχύς είναι σταθερή και ίση με την μέση ισχύ, με αποτέλεσμα σταθερή ροπή σε τριφασικούς κινητήρες, που έτσι λειτουργούν χωρίς κραδασμούς

(γ) οι τριφασικές μηχανές έχουν καλύτερο βαθμό απόδοσης και γενικότερα καλύτερα χαρακτηριστικά λειτουργίας από τις μονοφασικές μηχανές.

Εισαγωγή στα τριφασικά συστήματα



$$V_R = V_0 \sin(\omega t) \qquad V_S = V_0 \sin(\omega t + 120^0) \qquad V_T = V_0 \sin(\omega t - 120^0)$$

ή

$$V_R = V_0 \sin(\omega t) \qquad V_S = V_0 \sin(\omega t - 120^0) \qquad V_T = V_0 \sin(\omega t + 120^0)$$

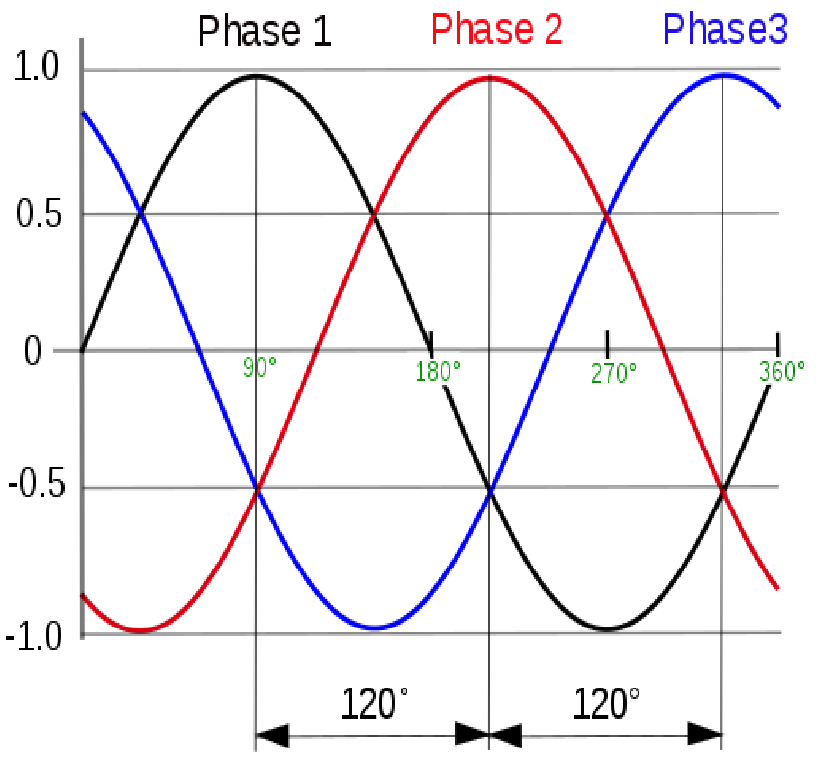
3 φάσεις R,S,T και/(ή) ένας ουδέτερος N

(α) Φασική τάση V_ϕ: είναι η τάση μεταξύ μιας φάσης και του ουδέτερου

(β) Πολική τάση V_π: είναι η τάση μεταξύ δύο φάσεων

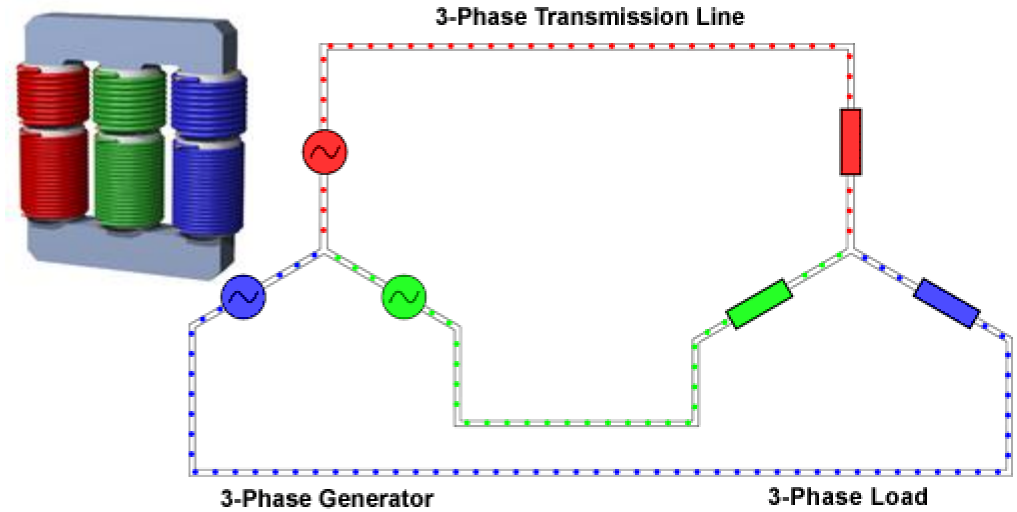
(γ) Φασικό ρεύμα I_ϕ: είναι το ρεύμα στον καταναλωτή

(δ) Πολικό ρεύμα I_π: είναι το ρεύμα της γραμμής

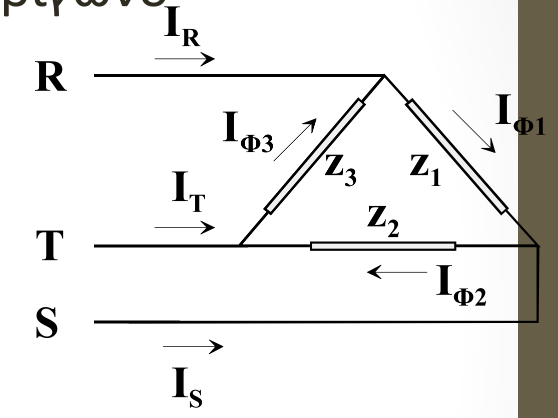


Τρόποι Σύνδεσης Τριφασικού

Σύνδεση σε Αστέρα

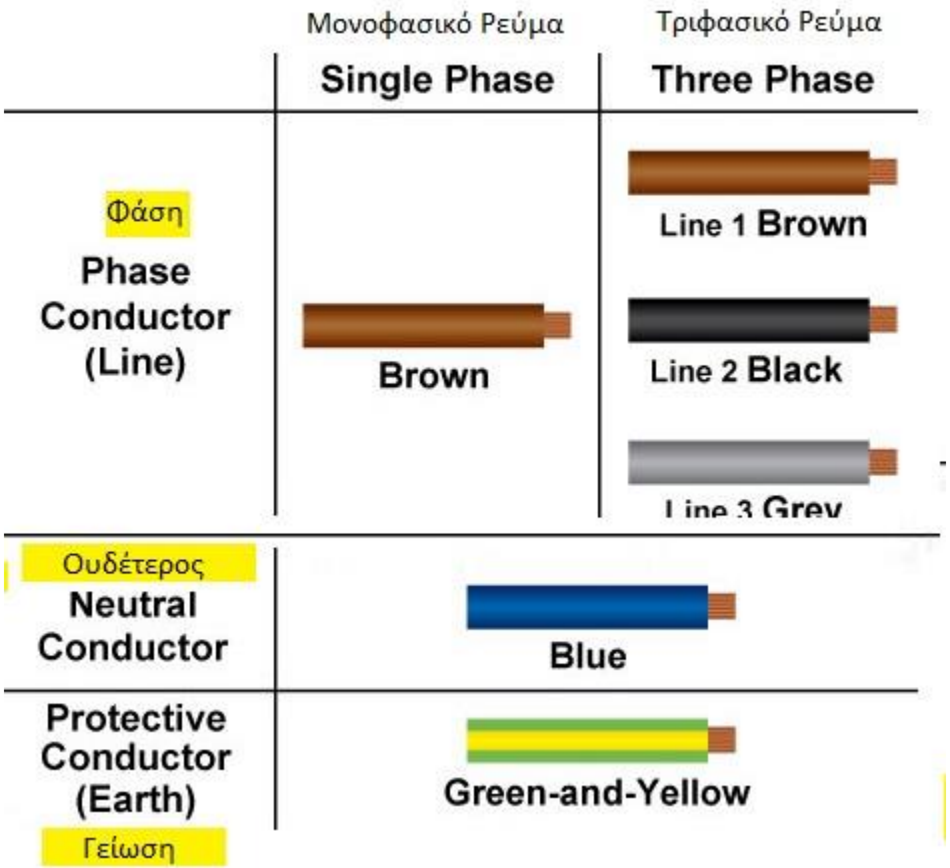


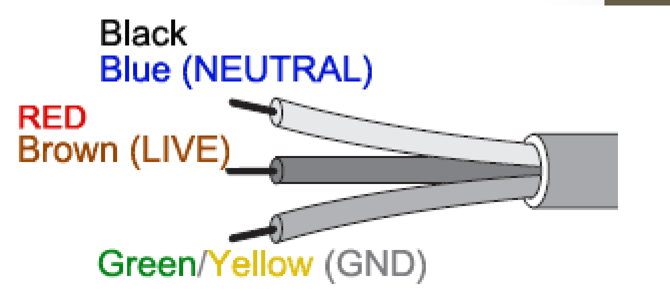
Σύνδεση σε Τρίγωνο



- Οι περιελίξεις των τριφασικών γεννητριών συνδέονται σε αστέρα καθώς η διάταξη τριγώνου μπορεί να οδηγήσει σε μεγαλύτερες απώλειες λόγω ρευμάτων που προκαλούνται από ασυμμετρία φορτίου.
- Το φορτίο, αυτό μπορεί να είναι συνδεμένο είτε σε αστέρα είτε σε τρίγωνο.

Χρωματισμός Καλωδίων



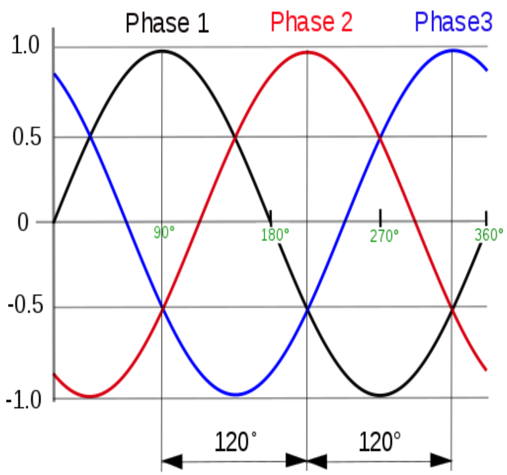


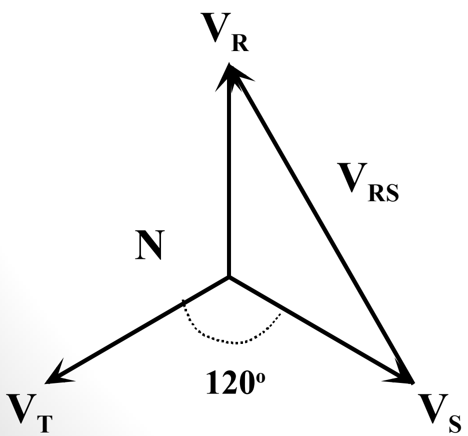
Σχέση μεταξύ τάσεων

$$V_R = V_0 \sin(\omega t)$$

$$V_S = V_0 \sin(\omega t + 120^0)$$

$$V_T = V_0 \sin(\omega t - 120^0)$$





Φασική με πολική

$$\dot{V}_{RS} = \dot{V}_R - \dot{V}_S$$

$$|V_{RS}| = \sqrt{V_R^2 + V_S^2 - 2V_R V_S \cos 120^o} =$$

$$\sqrt{2V_0^2 - 2V_0^2(-1/2)} = \sqrt{3V_0^2} = V_0\sqrt{3}$$

$$\sin A + \sin B = 2\sin\left(\frac{A+B}{2}\right)\cos\left(\frac{A-B}{2}\right)$$

Άθροισμα φασικών τάσεων

$$V_{\varphi 1} + V_{\varphi 2} + V_{\varphi 3} = V_0 \sin(\omega t) + V_0 \sin(\omega t + 120^0) + V_0 \sin(\omega t - 120^0)$$

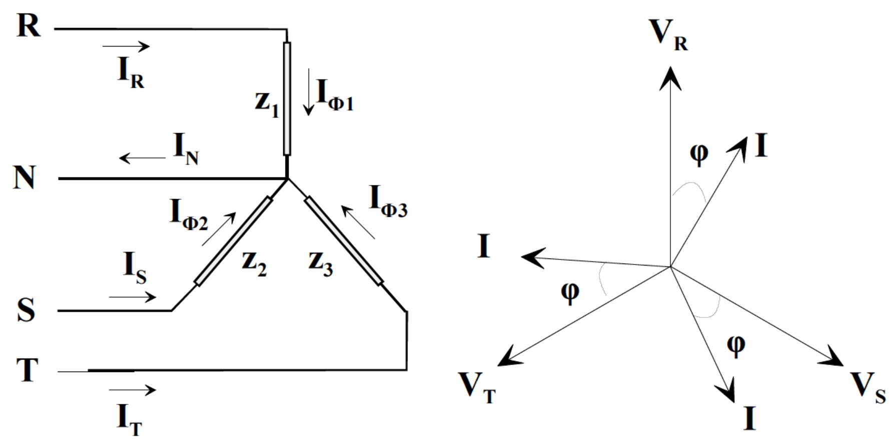
$$= V_0[\sin(\omega t) + 2\sin(\frac{\omega t + 120^0 + \omega t - 120^0}{2})\cos(\frac{\omega t + 120^0 - \omega t + 120^0}{2})]$$

$$= V_0[\sin(\omega t) + 2\sin(\frac{2\omega t}{2})\cos(\frac{240^0}{2})] = V_0[\sin(\omega t) + 2\sin(\omega t)\cos(120^0)]$$

$$= V_0[\sin(\omega t) + 2\sin(\omega t)(-\frac{1}{2})] = V_0[\sin(\omega t) - \sin(\omega t)] = 0$$

Σύνδεση συμμετρικού φορτίου σε συνδεσμολογία αστέρα

$$\dot{I}_N = -(\dot{I}_{\varphi 1} + \dot{I}_{\varphi 2} + \dot{I}_{\varphi 3})$$

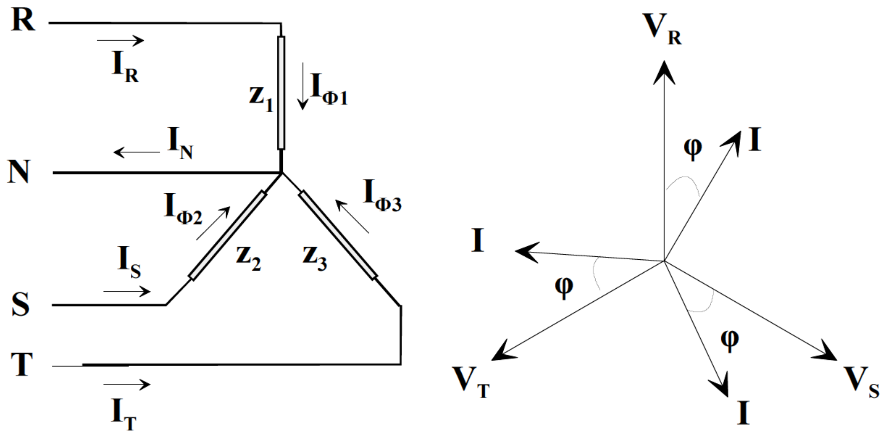


- $|Z_1| = |Z_2| = |Z_3|$
- Όλες οι εντάσεις γραμμής και οι φασικές εντάσεις είναι ίσες:

  $I_R = I_S = I_T = I_Γ = I_{φ1} = I_{φ2} = I_{φ3} = I_φ$
- Υπάρχει ένα κοινό σημείο N (ουδέτερος)
- $\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi_3 = 120^0 = \tan^{-1}(\frac{X_L - X_c}{R})$
- Λόγω συμμετρίας : μία επιστροφή από ουδέτερο ($I_N = 0$)
- Καλώδιο μικρής διαμέτρου, άρα οικονομία

Σύνδεση συμμετρικού φορτίου σε συνδεσμολογία αστέρα

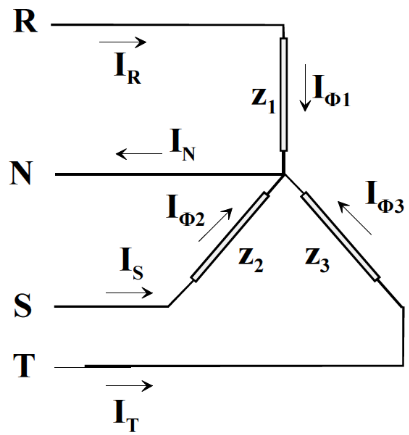
$$\dot{I}_N = -\left(\dot{I}_{\varphi 1} + \dot{I}_{\varphi 2} + \dot{I}_{\varphi 3}\right)$$

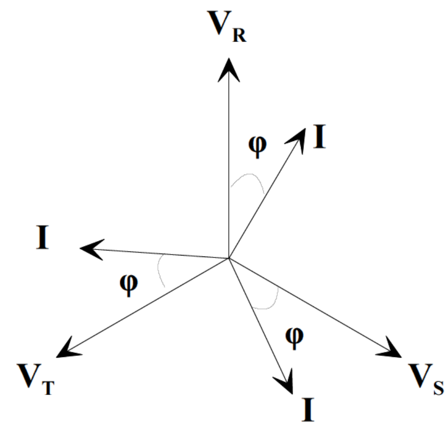


- Οι φασικές τάσεις είναι μεταξύ τους ίσες : $V_{\phi 1} = V_{\phi 2} = V_{\phi 3}$
- Το διανυσματικό άθροισμα των φασικών τάσεων είναι ίσο με μηδέν ($V_{\phi 1}+V_{\phi 2}+V_{\phi 3}=0$)
- Οι πολικές τάσεις είναι μεταξύ τους ίσες
- Ισχύει η σχέση : $|V_\pi| = \sqrt{3}|V_\varphi|$

Σύνδεση ασύμμετρου φορτίου σε συνδεσμολογία αστέρα

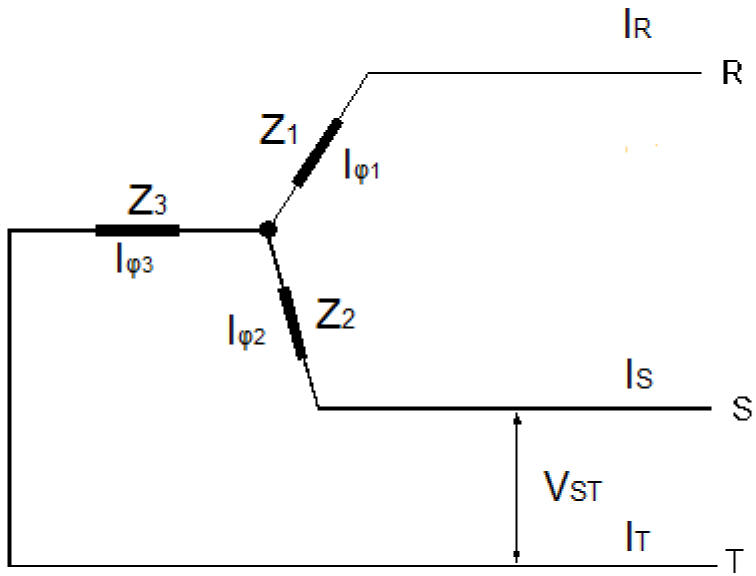
$$\dot{I}_N = -\left(\dot{I}_{\varphi 1} + \dot{I}_{\varphi 2} + \dot{I}_{\varphi 3}\right)$$





- Κάθε ένταση γραμμής ισούται με την αντίστοιχη φασική ένταση $I_R = I_{\phi1}$, $I_S = I_{\phi2}$, $I_T = I_{\phi3}$
- Τα ρεύματα γραμμής και οι φασικές εντάσεις δεν είναι γενικά ίσα μεταξύ τους ($\varphi_1 \neq \varphi_2 \neq \varphi_3 \Rightarrow I_N \neq 0$)
- Οι φασικές τάσεις είναι μεταξύ τους ίσες ($V_{\phi1}=V_{\phi2}=V_{\phi3}$) και το άθροισμα τους ίσο με μηδέν ($V_{\phi1}+V_{\phi2}+V_{\phi3}=0$)
- Ισχύει η σχέση : $|V_\pi| = \sqrt{3}|V_\varphi|$

Σύνδεση ασύμμετρου φορτίου σε συνδεσμολογία αστέρα χωρίς ουδέτερο



- Κάθε ένταση γραμμής ισούται με την αντίστοιχη φασική ένταση $I_R = I_{\phi1}$, $I_S = I_{\phi2}$, $I_T = I_{\phi3}$
- Το ρεύμα στο σημείο ένωσης (ουδέτερος) είναι μηδέν.
- Οι φασικές τάσεις είναι διάφορες μεταξύ τους παρόλο που οι πολικές τάσεις είναι ίσες.

$$V_{\phi1} \neq V_{\phi2} \neq V_{\phi3}$$

$$V_{RS} = V_{ST} = V_{TR}$$

Συνδεσμολογία Αστέρα

Περίπτωση	Τι ισχύει
Συμμετρικός αστέρας	$\lvert I_R\rvert=\lvert I_S\rvert=\lvert I_T\rvert=\lvert I_{\varphi 1}\rvert=\lvert I_{\varphi 2}\rvert=\lvert I_{\varphi 3}\rvert$ $I_N=0$ $I_{\varphi 1}+I_{\varphi 2}+I_{\varphi 3}=0$ $V_{\varphi 1}+V_{\varphi 2}+V_{\varphi 3}=0$ $V_{\varphi 1}=V_{\varphi 2}=V_{\varphi 3}$ $V_{\pi}=\sqrt{3}V_{\varphi}$
Ασύμμετρος αστέρας με ουδέτερο	$\lvert I_R\rvert=\lvert I_{\varphi 1}\rvert$, $\lvert I_S\rvert=\lvert I_{\varphi 2}\rvert$, $\lvert I_T\rvert=\lvert I_{\varphi 3}\rvert$, $\lvert I_{\varphi 1}\rvert\neq\lvert I_{\varphi 2}\rvert\neq\lvert I_{\varphi 3}\rvert$ $I_N\neq 0$ $I_{\varphi 1}+I_{\varphi 2}+I_{\varphi 3}=-I_N$ $V_{\varphi 1}+V_{\varphi 2}+V_{\varphi 3}=0$ $V_{\varphi 1}=V_{\varphi 2}=V_{\varphi 3}$ $V_{\pi}=\sqrt{3}V_{\varphi}$
Ασύμμετρος αστέρας χωρίς ουδέτερο	$\lvert I_R\rvert=\lvert I_{\varphi 1}\rvert$, $\lvert I_S\rvert=\lvert I_{\varphi 2}\rvert$, $\lvert I_T\rvert=\lvert I_{\varphi 3}\rvert$, $\lvert I_{\varphi 1}\rvert\neq\lvert I_{\varphi 2}\rvert\neq\lvert I_{\varphi 3}\rvert$ $I_N=0$ $V_{\varphi 1}\neq V_{\varphi 2}\neq V_{\varphi 3}$, $V_{\pi 1}=V_{\pi 2}=V_{\pi 3}$

Παράδειγμα 1

Έστω συμμετρικό τριφασικό φορτίο συνδεδεμένο σε αστέρα με κάθε φάση να αποτελείται από πηνίο R_L=30 Ω και X_L=40 Ω. Αν η πολική τάση της πηγής είναι 415 V να βρεθούν: η φασική τάση, το φασικό ρεύμα και το ρεύμα γραμμής.

Λύση

$$V_\varphi = V_\pi / \sqrt{3} = 415 / \sqrt{3} = 240\mathrm{V}$$

$$Z_\varphi = 30 + j40 = \sqrt{30^2 + 40^2} \angle \tan^{-1}(40/30) = 50\angle 53{,}1^\circ \Omega$$

$$I_\varphi = V_\varphi / Z_\varphi = 240 / 50\angle 53{,}1^\circ = 4{,}8\angle -53{,}1^\circ \mathrm{A}$$

$$I_\pi = I_\varphi = 4{,}8\angle -53{,}1^\circ \mathrm{A}$$

Παράδειγμα 2

Έστω συμμετρικό τριφασικό φορτίο με επαγωγική συμπεριφορά συνδεδεμένο σε αστέρα. Αν η πολική τάση της πηγής είναι 380 V, το ρεύμα της γραμμής 8,8 A και ο συντελεστής ισχύος (σε κάθε φάση) 0,8 να βρεθούν: η φασική τάση, το φασικό ρεύμα καθώς και η ωμική και επαγωγική αντίσταση σε κάθε φάση.

Λύση

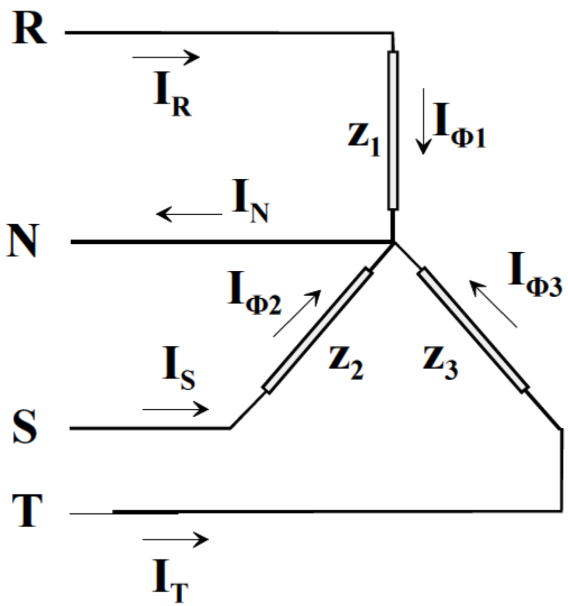
$$V_\varphi = V_\pi / \sqrt{3} = 380 / \sqrt{3} = 220\text{V}$$

$$I_\varphi = I_\pi = 8{,}8\angle -36{,}9^\circ \text{ A}$$

$$Z_\varphi = V_\varphi / I_\varphi = 220 / (8{,}8\angle -36{,}9^\circ) = 25\angle 36{,}9^\circ \,\Omega$$

$R_\phi = Z_\phi \cos\phi = 25 * 0{,}8 = 20\Omega$
$X_\phi = Z_\phi \sin\phi = 25 * \sin(36{,}9) = 15\Omega$

Παράδειγμα 3



Έστω το φορτίο του σχήματος όπου:

Z1: R=10 Ω

Z2: R=7.79 Ω και C=70.8 mF

Z3: R=9.53 Ω και L=17.5 mH

Αν έχουμε τροφοδοσία στα 380/220 V, 50 Hz να βρεθούν τα ρεύματα του κυκλώματος

Απάντηση

Εμπεδήσεις

$$\boxed{\begin{aligned}\dot{Z}_1 &= (10 + j0) = (10\angle 0)\Omega \\ \dot{Z}_2 &= (7.79 - j4.5) = (9\angle -30)\Omega \\ \dot{Z}_3 &= (9.53 + j5.5) = (11\angle 30)\Omega\end{aligned}}$$

Τάσεις : $\boxed{\dot{V}_R = (220\angle 0)V,\ \dot{V}_S = (220\angle -120)V,\ \dot{V}_T = (220\angle 120)V}$

Ρεύματα

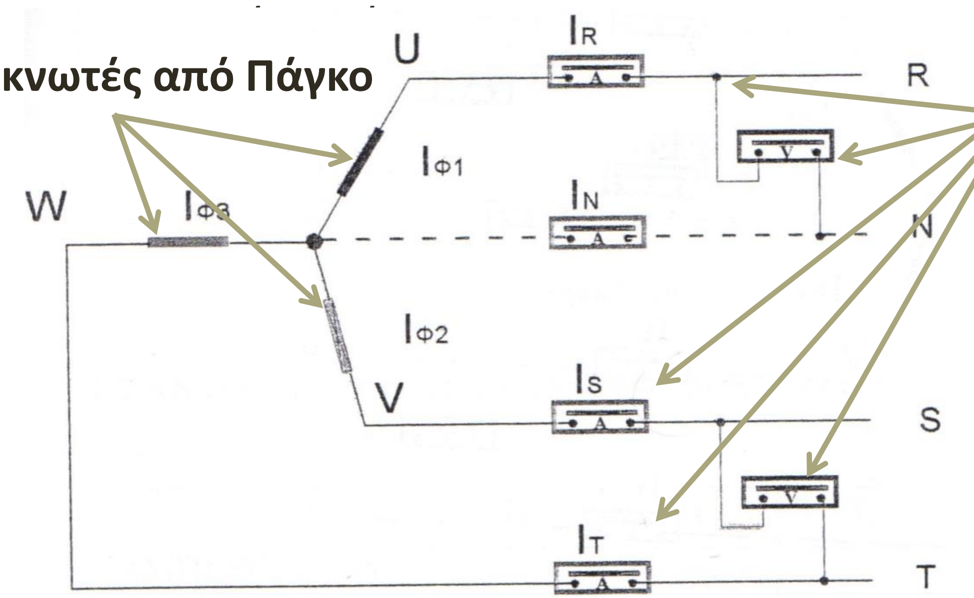
$$\boxed{\begin{aligned}\dot{I}_{\varphi1} &= \frac{\dot{V}_R}{\dot{Z}_1} = \frac{220\angle 0}{10\angle 0} = (22\angle 0)A = (22 + j0)A \\ \dot{I}_{\varphi2} &= \frac{\dot{V}_S}{\dot{Z}_2} = \frac{220\angle -120}{9\angle -30} = (22.44\angle -90)A = (0 - j22.44)A \\ \dot{I}_{\varphi3} &= \frac{\dot{V}_T}{\dot{Z}_3} = \frac{220\angle 120}{11\angle 30} = (20\angle 90)A = (0 + j20)A\end{aligned}}$$

$$\boxed{\begin{gathered}\dot{I}_N = -(\dot{I}_{\varphi1} + \dot{I}_{\varphi2} + \dot{I}_{\varphi3}) = -[22 + j(20 - 22.44)] = -22 + j2.44 \Rightarrow \\ \dot{I}_N = (22.13\angle 173.67)A\end{gathered}}$$

Συμμετρικός Τριφασικός καταναλωτής Συνδεδεμένος σε αστέρα

- Πραγματοποιείστε την παρακάτω συνδεσμολογία, τροφοδοτείστε το κύκλωμα με φασική τάση 100V και καταχωρήστε τις μετρήσεις σας στον

Πυκνωτές από Πάγκο



Ψηφιακά Πολύμετρα

ΑΜΠΕΡΟΜΕΤΡΟ	I_R	I_S	I_T	I_N
ΒΟΛΤΟΜΕΤΡΟ	$U_{Φ1}$	$U_{Φ2}$	$U_{Φ3}$	
ΒΟΛΤΟΜΕΤΡΟ	U_{RS}	U_{ST}	U_{TR}	

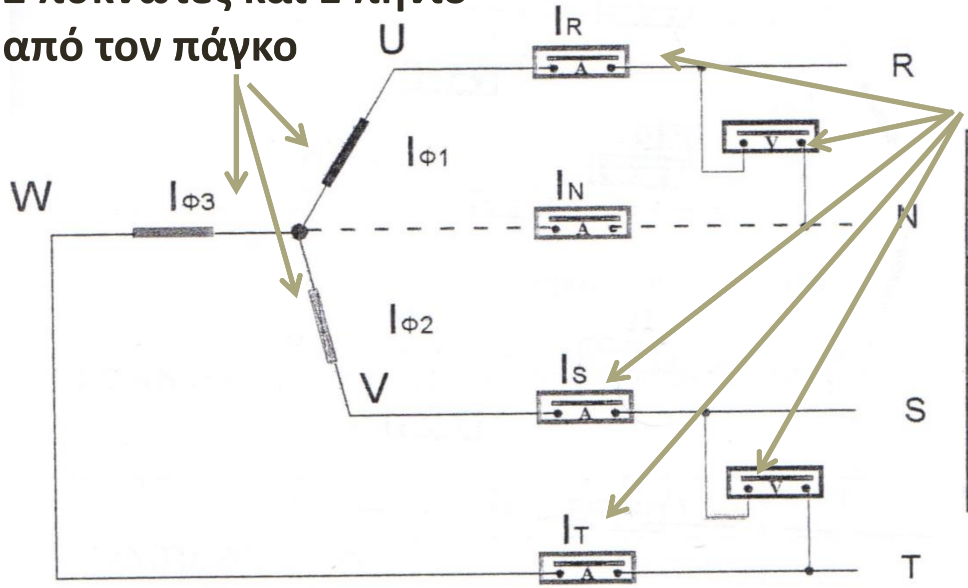
R,S,T,N τριφασικό από πάγκο

- Να σχεδιάσετε το διανυσματικό διάγραμμα των εντάσεων I_R , I_S ,I_T και να διαπιστωθεί ότι $I_R + I_S + I_T = 0$ (διανυσματικά)
- Να σχεδιάσετε το διανυσματικό διάγραμμα των φασικών και πολικών τάσεων

Ασύμμετρος Τριφασικός καταναλωτής χωρίς ουδέτερο

- Πραγματοποιείστε την παρακάτω συνδεσμολογία, τροφοδοτείστε το κύκλωμα με τάση 120V και καταχωρήστε τις μετρήσεις σας στον παρακάτω πίνακα.

2 πυκνωτές και 1 πηνίο από τον πάγκο



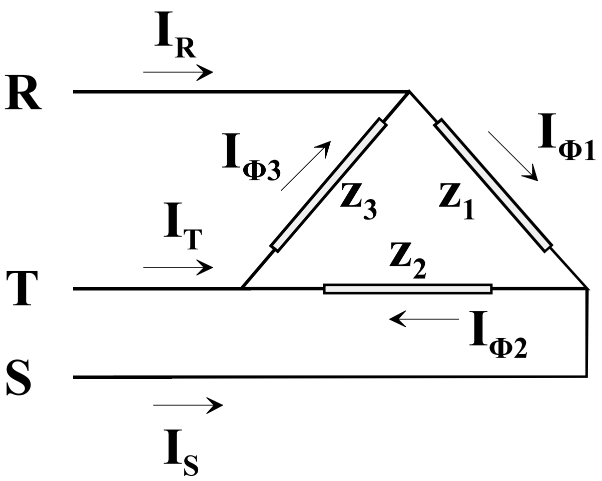
Ψηφιακά Πολύμετρα

	I_R	I_S	I_T
ΑΜΠΕΡΟΜΕΤΡΟ			
	$U_{\Phi 1}$	$U_{\Phi 2}$	$U_{\Phi 3}$
ΒΟΛΤΟΜΕΤΡΟ			
	U_{RS}	U_{ST}	U_{TR}
ΒΟΛΤΟΜΕΤΡΟ			

R,S,T,N τριφασικό από πάγκο

Να σχεδιάσετε το διανυσματικό διάγραμμα των φασικών και πολικών τάσεων

Συνδεσμολογία Τρίγωνο

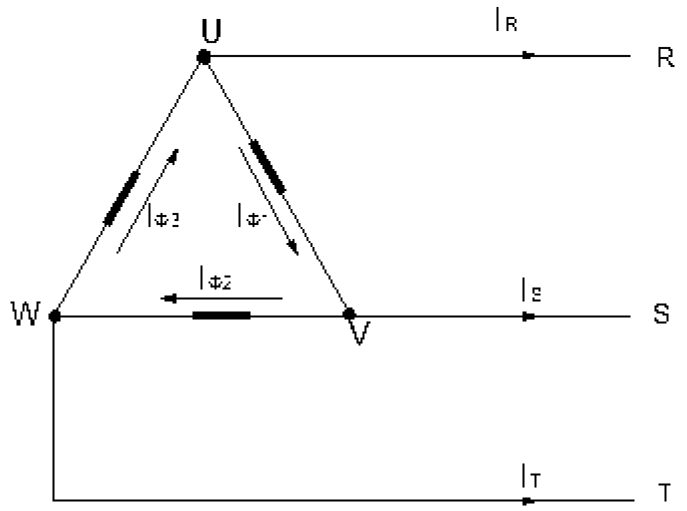


- Κάθε καταναλωτής είναι συνδεμένος μεταξύ δύο φάσεων, δηλαδή οι φασικές τάσεις είναι ίσες με τις πολικές.
- Τα φασικά ρεύματα δεν είναι ίδια με τα πολικά
- Δεν υπάρχει ουδέτερος.
- Ανεξάρτητα από την συμμετρία του φορτίου ισχύουν οι σχέσεις:

$$\vec{V}_{\varphi 1} + \vec{V}_{\varphi 2} + \vec{V}_{\varphi 3} = \vec{V}_{RS} + \vec{V}_{ST} + \vec{V}_{TR} = 0$$

$$\left.\begin{array}{l} \dot{I}_R = \dot{I}_{\varphi 1} - \dot{I}_{\varphi 3} \\ \dot{I}_S = \dot{I}_{\varphi 2} - \dot{I}_{\varphi 1} \\ \dot{I}_T = \dot{I}_{\varphi 3} - \dot{I}_{\varphi 2} \end{array}\right. \Rightarrow \underbrace{\dot{I}_R + \dot{I}_S + \dot{I}_T = \left(\dot{I}_{\varphi 1} - \dot{I}_{\varphi 3}\right) + \left(\dot{I}_{\varphi 2} - \dot{I}_{\varphi 1}\right) + \left(\dot{I}_{\varphi 3} - \dot{I}_{\varphi 2}\right) = 0}_{\vec{I}_R + \vec{I}_S + \vec{I}_T = 0}$$

Σύνδεση συμμετρικού φορτίου σε συνδεσμολογία τρίγωνο



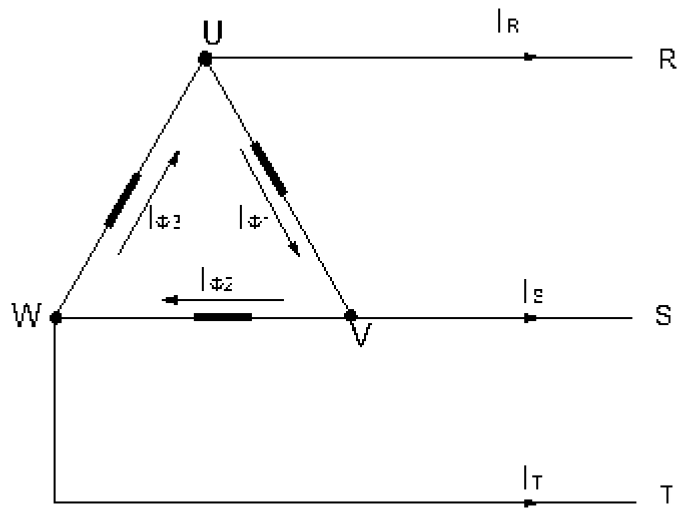
- Οι πολικές τάσεις είναι μεταξύ τους ίσες:

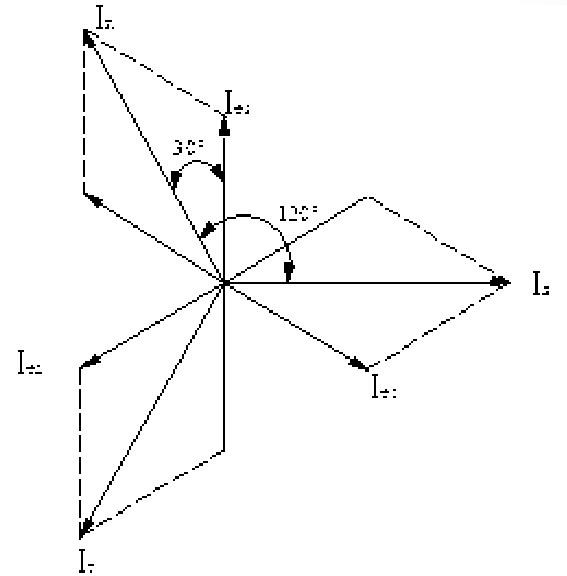
$$|V_{RS}|=|V_{ST}|=|V_{TR}|$$

- Το διανυσματικό άθροισμα των τάσεων είναι ίσο με μηδέν

$$V_{RS} + V_{ST} + V_{TR} = 0$$

Σύνδεση συμμετρικού φορτίου σε συνδεσμολογία τρίγωνο





- Στην περίπτωση συμμετρικού φορτίου θα ισχύει: $|Z_1|=|Z_2|=|Z_3|$, $φ_1=φ_2=φ_3$
- Οι φασικές εντάσεις είναι μεταξύ τους ίσες: $|I_{φ1}|=|I_{φ2}|=|I_{φ3}|=I_φ$
- Οι εντάσεις γραμμής είναι μεταξύ τους ίσες: $|I_R|=|I_S|=|I_T|=I$
- Μεταξύ των εντάσεων γραμμής και των φασικών εντάσεων ισχύει η σχέση :

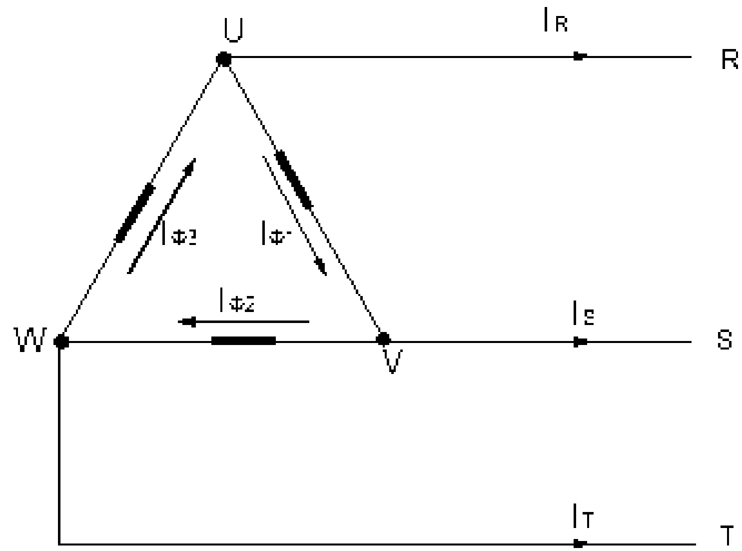
$$\dot{I}_R = \dot{I}_{\varphi 1} - \dot{I}_{\varphi 3}$$

$$I = \sqrt{3}\, I_\varphi$$

$$\left|I_R\right| = \sqrt{I_\varphi^2 + I_\varphi^2 - 2 I_\varphi I_\varphi \cos 120^o} = \sqrt{3 I_\varphi^2} = I_\varphi \sqrt{3}$$

- Το διανυσματικό άθροισμα των εντάσεων είναι ίσο με μηδέν $I_{φ1} + I_{φ2} + I_{φ3} = 0$

Σύνδεση ασύμμετρου φορτίου σε συνδεσμολογία τρίγωνο



- Οι πολικές τάσεις είναι μεταξύ τους ίσες . $|V_{RS}| = |V_{ST}| = |V_{TR}|$
- Οι φασικές εντάσεις είναι διάφορες μεταξύ τους . $I\phi_1 \neq I\phi_2 \neq I\phi_3$
- Οι εντάσεις γραμμών είναι διάφορες μεταξύ τους $I_R \neq I_S \neq I_T$
- Το διανυσματικό άθροισμα των πολικών τάσεων είναι ίσο με μηδέν.

$$V_{RS} + V_{ST} + V_{TR} = 0$$

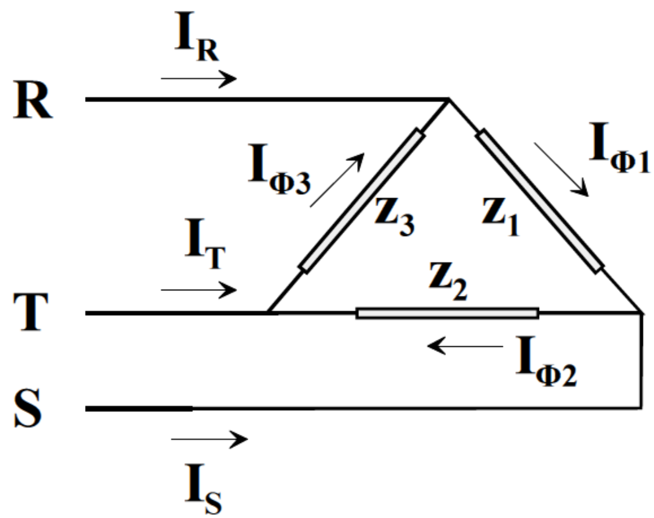
- Το διανυσματικό άθροισμα των φασικών εντάσεων είναι διάφορο του μηδενός.

$$I_{\phi 1} + I_{\phi 2} + I_{\phi 3} \neq 0$$

Συνδεσμολογία Τρίγωνο

Περίπτωση	Τι ισχύει
Συμμετρικό φορτίο σε τρίγωνο	$\lvert V_{RS} \rvert = \lvert V_{ST} \rvert = \lvert V_{TR} \rvert$ $\lvert I_{\varphi 1} \rvert = \lvert I_{\varphi 2} \rvert = \lvert I_{\varphi 3} \rvert = I_{\varphi}$ $\lvert I_R \rvert = \lvert I_S \rvert = \lvert I_T \rvert = I_{\pi}$ $V_{RS} + V_{ST} + V_{TR} = 0$ $\lvert I_{\pi} \rvert = \lvert I_{\varphi} \rvert \sqrt{3}$ $I_{\varphi 1} + I_{\varphi 2} + I_{\varphi 3} = 0$
Ασύμμετρο φορτίο σε τρίγωνο	$\lvert V_{RS} \rvert = \lvert V_{ST} \rvert = \lvert V_{TR} \rvert$ $I_{\varphi 1} \neq I_{\varphi 2} \neq I_{\varphi 3}$ $I_R \neq I_S \neq I_T$ $V_{RS} + V_{ST} + V_{TR} = 0$ $I_{\varphi 1} + I_{\varphi 2} + I_{\varphi 3} = 0 \quad \lvert I_{\pi} \rvert = \lvert I_{\varphi} \rvert \sqrt{3}$

Παράδειγμα 1



Έστω το φορτίο του σχήματος όπου:

Z1: R=10 Ω και L=31.8 mH

Z2: R=8.66 Ω και L=15.9 mH

Z3: R=12 Ω και L=50.9 mH

Αν έχουμε τροφοδοσία στα 380/220 V, 50 Hz να βρεθούν τα ρεύματα.

Απάντηση

Εμπεδήσεις

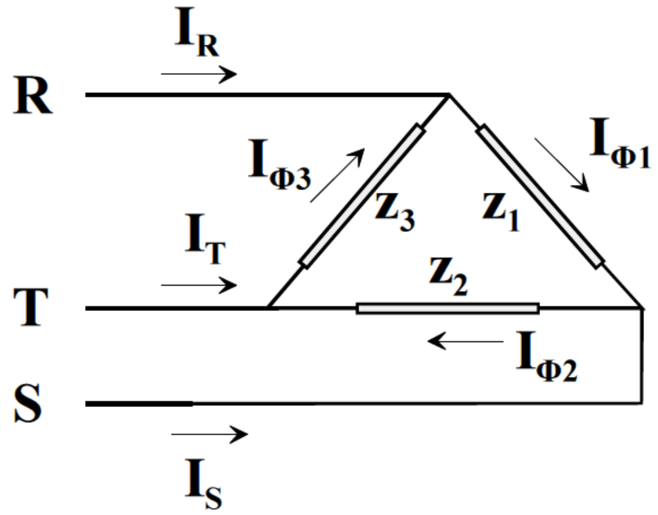
$$\dot{Z}_1 = (10 + j10) = (14.14\angle 45)\Omega$$
$$\dot{Z}_2 = (8.66 + j5) = (10\angle 30)\Omega$$
$$\dot{Z}_3 = (12 + j16) = (20\angle 53)\Omega$$

Τάσεις $V_{RS} = (380\angle 0)V,\ \ V_{ST} = (380\angle -120)V,\ \ V_{TR} = (380\angle 120)V$

Φασικά Ρεύματα

$$\dot{I}_{\varphi 1} = \frac{\dot{V}_{RS}}{\dot{Z}_1} = \frac{380\angle 0}{14.14\angle 45} = (26.87\angle -45)A = (19 - j19)A$$
$$\dot{I}_{\varphi 2} = \frac{\dot{V}_{ST}}{\dot{Z}_2} = \frac{380\angle -120}{10\angle 30} = (38\angle -150)A = (-32.91 - j19)A$$
$$\dot{I}_{\varphi 3} = \frac{\dot{V}_{TR}}{\dot{Z}_3} = \frac{380\angle 120}{20\angle 53} = (19\angle 67)A = (7.42 + j17.49)A$$

Παράδειγμα 1 (Συνέχεια)



Έστω το φορτίο του σχήματος όπου:

Z1: R=10 Ω και L=31.8 mH

Z2: R=8.66 Ω και L=15.9 mH

Z3: R=12 Ω και L=50.9 mH

Αν έχουμε τροφοδοσία στα 380/220 V, 50 Hz να βρεθούν τα ρεύματα.

Απάντηση

Πολικά Ρεύματα:

$$\boxed{\begin{gathered}\dot{I}_R = \dot{I}_{\varphi1} - \dot{I}_{\varphi3} = (19 - 7.42) + j(-19 - 17.49) = 11.58 - j36.47 = (38.28\angle -72.4)A \\ \dot{I}_S = \dot{I}_{\varphi2} - \dot{I}_{\varphi1} = (-32.91 - 19) + j(-19 + 19) = -51.91 + j0 = (51.91\angle 180)A \\ \dot{I}_T = \dot{I}_{\varphi3} - \dot{I}_{\varphi2} = (7.42 + 32.91) + j(17.49 + 19) = 40.33 + j36.49 = (54.39\angle 42.1)A\end{gathered}}$$

Παράδειγμα 2

Έστω συμμετρικό τριφασικό φορτίο συνδεδεμένο σε τρίγωνο με κάθε φάση να αποτελείται από πηνίο RL=30 Ω και XL=40 Ω. Αν η πολική τάση της πηγής είναι 415 V να βρεθούν: το φασικό ρεύμα και το πολικό ρεύμα.

Λύση

$$Z_{\varphi} = \sqrt{30^2 + 40^2} = 50\Omega$$

$$I_{\varphi} = {}^{V_{\pi}}\!/_{Z_{\varphi}} = {}^{415}\!/_{50} = 8{,}3\text{A}$$

$$I_{\pi} = \sqrt{3} * I_{\varphi} = \sqrt{3} * 8{,}3 = 14{,}38\text{A}$$

Παράδειγμα 3

Έστω συμμετρικό τριφασικό φορτίο με επαγωγική συμπεριφορά συνδεδεμένο σε τρίγωνο. Αν η πολική τάση της πηγής είναι 380 V, το πολικό ρεύμα 8,8 A και ο συντελεστής ισχύος (σε κάθε φάση) 0,8 να βρεθούν: η φασική τάση, το φασικό ρεύμα καθώς και η ωμική και επαγωγική αντίσταση σε κάθε φάση.

Λύση

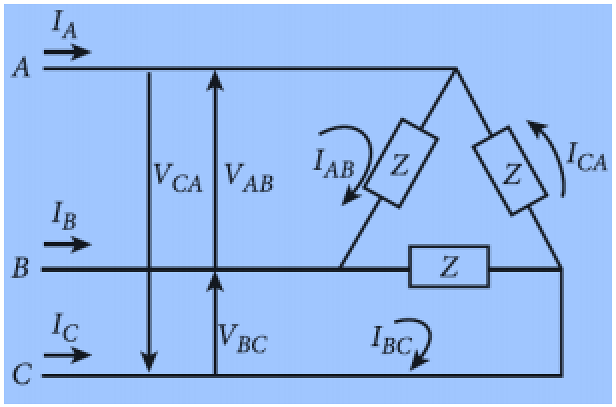
$$I_\pi = \sqrt{3} * I_\varphi \Rightarrow I_\varphi = I_\pi / \sqrt{3} = 8{,}8 / \sqrt{3} = 5{,}08\text{A}$$

$$Z_\varphi = {}^{V_\pi}\!\!/_{I_\varphi} = {}^{380}\!/_{5{,}08} = 74{,}8\Omega$$

$R_\phi = Z_\phi \cos\phi = 74{,}8 * 0{,}8 = 59{,}84\Omega$

$X_\phi = Z_\phi \sin\phi = 74{,}8 * \sin 36{,}9 = 44{,}88\Omega$

Ένα τριφασικό τρισυρματικό 380 V, ABC σύστημα τροφοδοτεί συμμετρικό τριφασικό φορτίο συνδεδεμένο σε τρίγωνο με μιγαδική αντίσταση $10\angle 45^\circ$ Ω/κλάδο. Υπολογίστε τα ρεύματα I_A, I_B και I_C των γραμμών τροφοδοσίας και σχεδιάστε το διάγραμμα των παραστατικών μιγάδων.



$$V_{AB} = |V_\pi| \angle 120^\circ = 380\angle 120^\circ \text{ V}$$

$$V_{BC} = |V_\pi| \angle 0^\circ = 380\angle 0^\circ \text{ V}$$

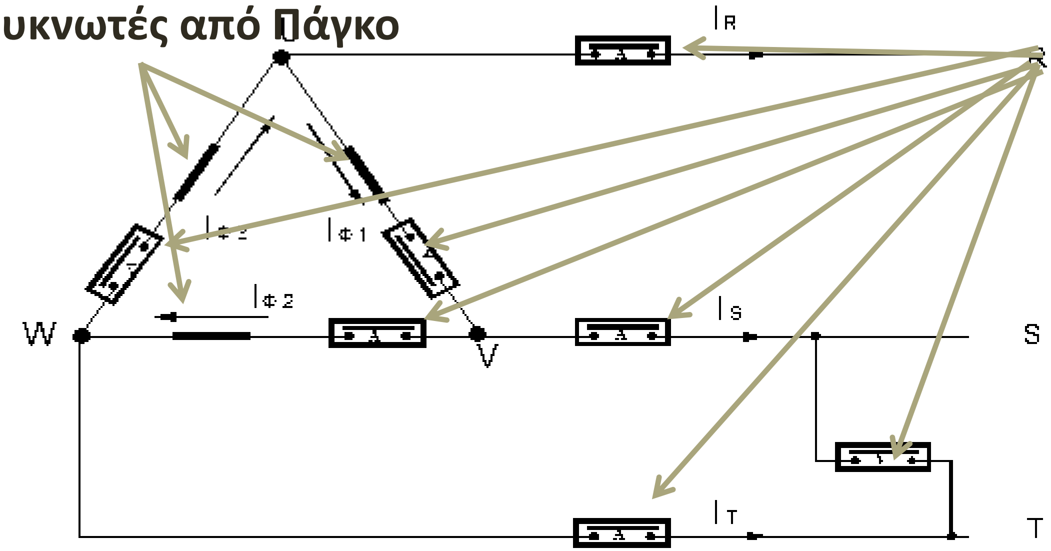
$$V_{CA} = |V_\pi| \angle 240^\circ = 380\angle 240^\circ \text{ V}$$

Στο σχήμα έχουμε ορίσει τις θετικές φορές τάσεων και ρευμάτων οπότε:

Συμμετρικός Τριφασικός καταναλωτής Συνδεδεμένος σε τρίγωνο

- Πραγματοποιείστε την παρακάτω συνδεσμολογία, τροφοδοτείστε το κύκλωμα με πολική τάση 173V και καταχωρήστε τις μετρήσεις σας στον παρακάτω πίνακα.

Πυκνωτές από Πάγκο



Ψηφιακά Πολύμετρα

	I_R	I_S	I_T
ΑΜΠΕΡΟΜΕΤΡΟ			
	$I_{\Phi1}$	$I_{\Phi2}$	$I_{\Phi3}$
ΑΜΠΕΡΟΜΕΤΡΟ			
	V_{RS}	V_{ST}	V_{TR}
ΒΟΛΤΟΜΕΤΡΟ			

R,S,T τριφασικό από πάγκο

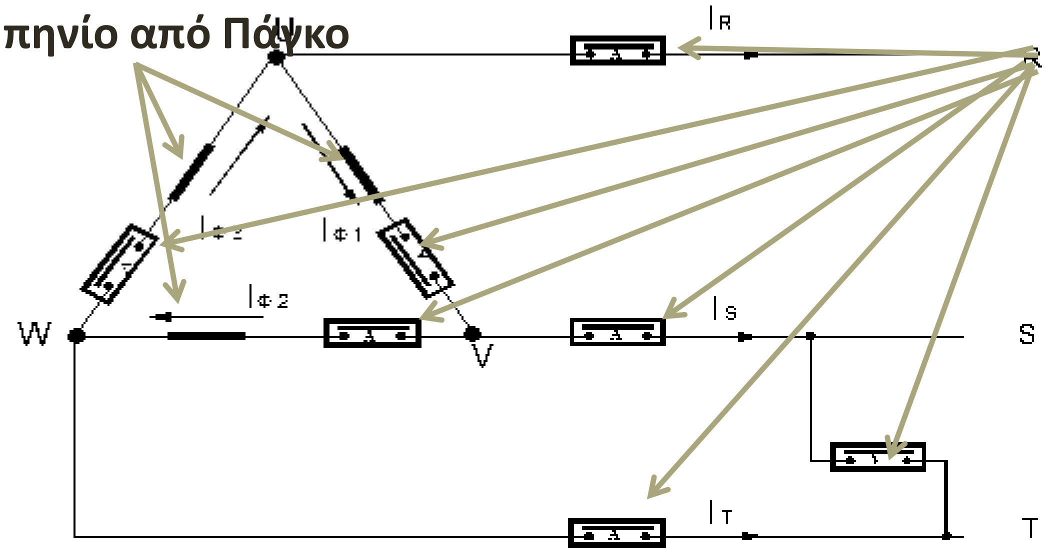
- Να σχεδιασθεί το διανυσματικό διάγραμμα των πολικών τάσεων.
- Να σχεδιασθεί το διανυσματικό διάγραμμα των φασικών και πολικών εντάσεων

Ασύμμετρος Τριφασικός καταναλωτής Συνδεδεμένος σε τρίγωνο

- Πραγματοποιείστε την παρακάτω συνδεσμολογία, τροφοδοτείστε το κύκλωμα με πολική τάση 173V και καταχωρήστε τις μετρήσεις σας στον παρακάτω πίνακα.

2 πυκνωτές και

1 πηνίο από Πάγκο



Ψηφιακά Πολύμετρα

ΑΜΠΕΡΟΜΕΤΡΟ	I_R	I_S	I_T
ΑΜΠΕΡΟΜΕΤΡΟ	$I_{\Phi 1}$	$I_{\Phi 2}$	$I_{\Phi 3}$
ΒΟΛΤΟΜΕΤΡΟ	V_{RS}	V_{ST}	V_{TR}

R,S,T τριφασικό από πάγκο

- Να σχεδιασθεί το διανυσματικό διάγραμμα των πολικών τάσεων.

Μέτρηση ισχύος σε τριφασικά συστήματα

- Ενεργός Ισχύς τριφασικού συστήματος

$$P_{o\lambda} = \mathrm{P}_{\varphi 1} + \mathrm{P}_{\varphi 2} + \mathrm{P}_{\varphi 3} = \mathrm{V}_{\varphi 1}\mathrm{I}_{\varphi 1}\cos_{\varphi 1} + \mathrm{V}_{\varphi 2}\mathrm{I}_{\varphi 2}\cos_{\varphi 2} + \mathrm{V}_{\varphi 3}\mathrm{I}_{\varphi 3}\cos_{\varphi 3}$$

- Αν $\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi_3 = \varphi$ $\Rightarrow$ $\boxed{P_{o\lambda} = 3\cdot \mathrm{P}_{\varphi 1} = 3\cdot \mathrm{V}_{\varphi 1}\mathrm{I}_{\varphi 1}\cos_{\varphi 1} = 3\cdot \mathrm{V}_{\varphi}\mathrm{I}_{\varphi}\cos_{\varphi}}$
- Αν έχουμε σύνδεση αστέρα $V_{\pi} = \sqrt{3}V_{\varphi}$

$$\boxed{P_{o\lambda} = 3\cdot \mathrm{V}_{\varphi}\mathrm{I}_{\varphi}\cos_{\varphi} = 3\cdot \frac{V_{\pi}}{\sqrt{3}}\mathrm{I}_{\pi}\cos_{\varphi} = \sqrt{3}\mathrm{V}_{\pi}\mathrm{I}_{\pi}\cos_{\varphi}}$$

- Αν έχουμε σύνδεση τρίγωνο $\mathrm{I}_{\pi} = \sqrt{3}\mathrm{I}_{\varphi}$

$$\boxed{P_{o\lambda} = 3\cdot \mathrm{V}_{\varphi}\mathrm{I}_{\varphi}\cos_{\varphi} = 3\cdot \mathrm{V}_{\pi}\frac{\mathrm{I}_{\pi}}{\sqrt{3}}\cos_{\varphi} = \sqrt{3}\mathrm{V}_{\pi}\mathrm{I}_{\pi}\cos_{\varphi}}$$

Μέτρηση ισχύος σε τριφασικά συστήματα

- Άεργη Ισχύς τριφασικού συστήματος

$$Q_{o\lambda} = Q_{\varphi 1} + Q_{\varphi 2} + Q_{\varphi 3} = \mathrm{V}_{\varphi 1}\mathrm{I}_{\varphi 1}\sin\varphi_1 + \mathrm{V}_{\varphi 2}\mathrm{I}_{\varphi 2}\sin\varphi_2 + \mathrm{V}_{\varphi 3}\mathrm{I}_{\varphi 3}\sin\varphi_3$$

- Αν $\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi_3 = \varphi$ $\Rightarrow$ $\boxed{Q_{o\lambda} = 3\mathrm{V}_{\varphi}\mathrm{I}_{\varphi}\sin\varphi}$
- Αν έχουμε σύνδεση αστέρα $V_{\pi} = \sqrt{3}V_{\varphi}$

$$\boxed{Q_{o\lambda} = 3\cdot\mathrm{V}_{\varphi}\mathrm{I}_{\varphi}\sin\varphi = 3\cdot\frac{V_{\pi}}{\sqrt{3}}\mathrm{I}_{\pi}\sin\varphi = \sqrt{3}\mathrm{V}_{\pi}\mathrm{I}_{\pi}\sin\varphi}$$

- Αν έχουμε σύνδεση τρίγωνο $\mathrm{I}_{\pi} = \sqrt{3}\mathrm{I}_{\varphi}$

$$\boxed{Q_{o\lambda} = 3\cdot\mathrm{V}_{\varphi}\mathrm{I}_{\varphi}\sin\varphi = 3\cdot\mathrm{V}_{\pi}\frac{\mathrm{I}_{\pi}}{\sqrt{3}}\sin\varphi = \sqrt{3}\mathrm{V}_{\pi}\mathrm{I}_{\pi}\sin\varphi}$$

Φαινόμενη ισχύς $\boxed{S = 3\mathrm{V}_{\varphi}\mathrm{I}_{\varphi} = \sqrt{3}\mathrm{V}_{\pi}\mathrm{I}_{\pi}}$

Μέτρηση ισχύος σε τριφασικά συστήματα

Παράδειγμα 1

Τριφασικός καταναλωτής αποτελείται από τρία όμοια πηνία συνδεδεμένα κατά αστέρα. Μετράμε: $I_{γραμμής}$=25A, S=20kVA, P=11kW. Να βρεθούν η πολική τάση, η φασική τάση, η άεργος ισχύς και τα R, x_L κάθε φάσης.

Απάντηση

$$Q=\sqrt{S^2-P^2}=\sqrt{20^2-11^2}=16.7\text{kVAR}$$

$$\cos\phi=\frac{P}{S}=\frac{11}{20}=0.55$$

$$P=\sqrt{3}V_\pi I_\pi cos\varphi \Rightarrow V_\pi=\frac{P}{\sqrt{3}I_\pi\cos\varphi}=\frac{11.000}{\sqrt{3}\times 25\times(11/20)}=462\text{V}$$

$$V_\varphi=\frac{V_\pi}{\sqrt{3}}=267\text{V}$$

$$R_\varphi=Z_\varphi\cos\varphi=\frac{V_\varphi}{I_\varphi}\cos\varphi=\frac{267}{25}\frac{11}{20}=5.87\Omega$$

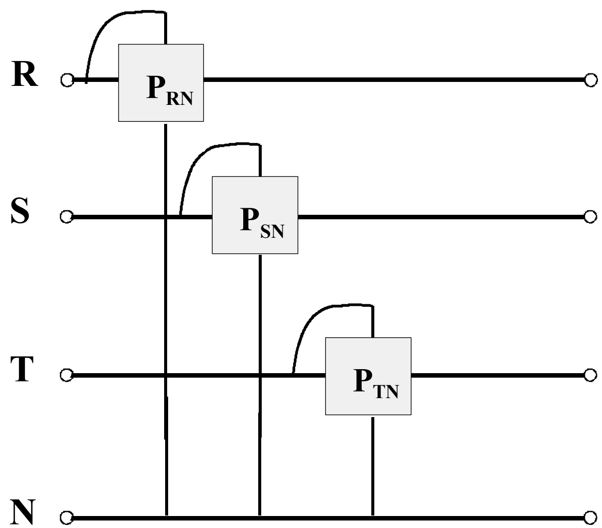
$$X_{L\varphi}=Z_\varphi\sin\varphi=\frac{V_\varphi}{I_\varphi}\sqrt{1\text{-}\cos^2\varphi}=\frac{267}{25}\sqrt{1-\left(\frac{11}{20}\right)^2}=8.97\Omega$$

Μέτρηση Ενεργού Ισχύος σε τριφασικό σύστημα 4 αγωγών

Συνδεσμολογία Αστέρα (Με ουδέτερο)

- Ως κοινό σημείο για την σύνδεση τους μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε ο ουδέτερος είτε μία από τις φάσεις.
- Η τριφασική ισχύς δίνεται από το άθροισμα της ισχύος κάθε βαττομέτρου
- Αν είναι κοινός ο ουδέτερος η ισχύς θα είναι

$$\boxed{\mathrm{P}_{3\varphi} = \mathrm{P}_{\mathrm{RN}} + \mathrm{P}_{\mathrm{SN}} + \mathrm{P}_{\mathrm{TN}} = V_{RN} \cdot I_R \cdot \cos\varphi_R + V_{SN} \cdot I_S \cdot \cos\varphi_S + V_{TN} \cdot I_T \cdot \cos\varphi_T}$$



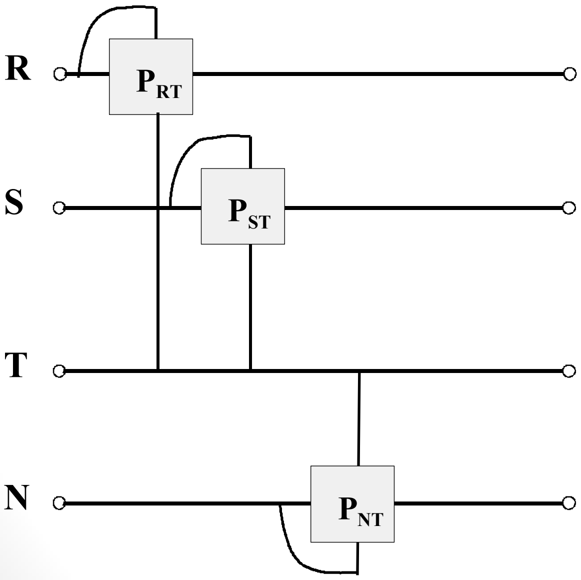
*** Αν ένα βαττόμετρο δείχνει αρνητικά, αντιστρέφουμε την σύνδεση στο πηνίο τάσης και η ένδειξη αφαιρείται.**

Μέτρηση Ενεργού Ισχύος σε τριφασικό σύστημα 4 αγωγών

Συνδεσμολογία Αστέρα (Κοινή φάση)

- Ας υποθέσουμε τώρα ότι έχουμε το ίδιο κύκλωμα όπως προηγούμενα, όμως, για την μέτρηση της ισχύος χρησιμοποιούμε κοινή τη φάση Τ.
- Η τριφασική ισχύς δίνεται από το άθροισμα της ισχύος κάθε βαττομέτρου

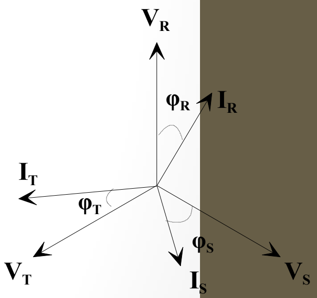
$$\boxed{\mathrm{P}_{3\varphi} = \mathrm{P}_{\mathrm{RT}} + \mathrm{P}_{\mathrm{ST}} + \mathrm{P}_{\mathrm{NT}} = V_{RT} \cdot I_R \cdot \cos\varphi_{RT} + V_{ST} \cdot I_S \cdot \cos\varphi_{ST} + V_{NT} \cdot I_N \cdot \cos\varphi_{NT}}$$



Πρέπει να υπολογιστούν οι τρεις φάσεις ϕ_{RT}, ϕ_{ST}, ϕ_{NT} αλλά και το ρεύμα I_N

- **Για τον υπολογισμό των φάσεων, προκύπτει από το διάγραμμα φάσεων στο φορτίο (για την συγκεκριμένη περίπτωση):**

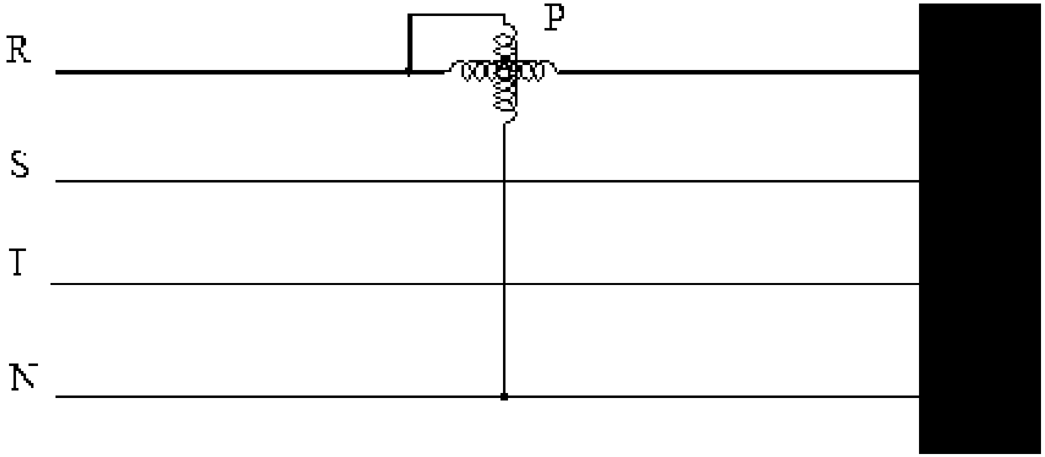
$\phi_{RT}=30°-\phi_R$, $\phi_{ST}=30°+\phi_S$, $\phi_{NT}=60°+\phi_S+\theta$
όπου θ η διαφορά φάσης μεταξύ I_S και I_N, η οποία μπορεί να υπολογιστεί μαζί με το ρεύμα I_N.

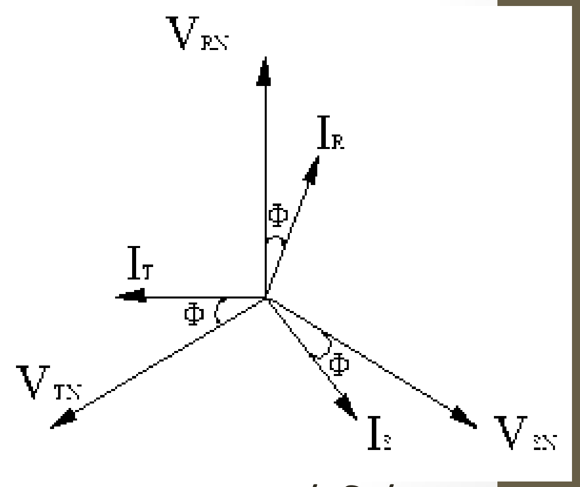


Μέτρηση Ενεργού Ισχύος σε τριφασικό σύστημα 4 αγωγών

Συνδεσμολογία Αστέρα (Με ουδέτερο)

- Εάν το φορτίο είναι συμμετρικό
- $P_{3\phi}$=3 P (ένα μόνο βαττόμετρο)





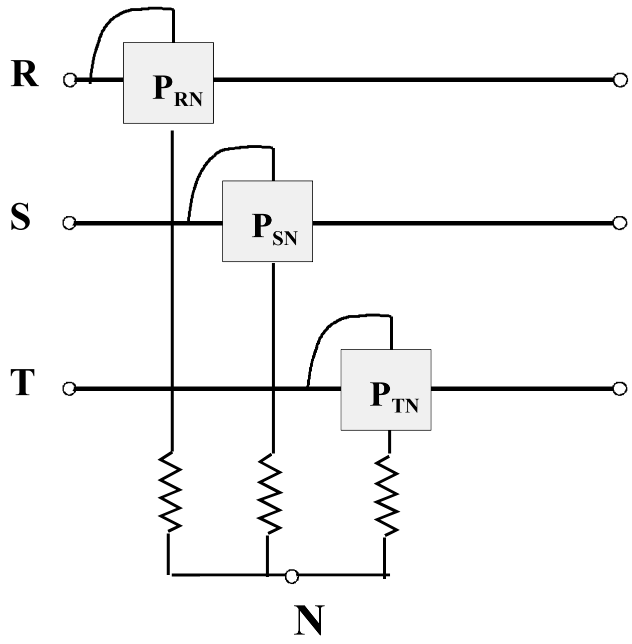
Διανυσματικό διάγραμμα τάσεων και εντάσεων

Μέτρηση Ενεργού Ισχύος σε τριφασικό σύστημα 3 αγωγών

Σε συνδεσμολογίες που δεν απαιτούν ουδέτερο

- Δημιουργία τεχνικού ουδετέρου με την βοήθεια τριών ίσων αντιστάσεων

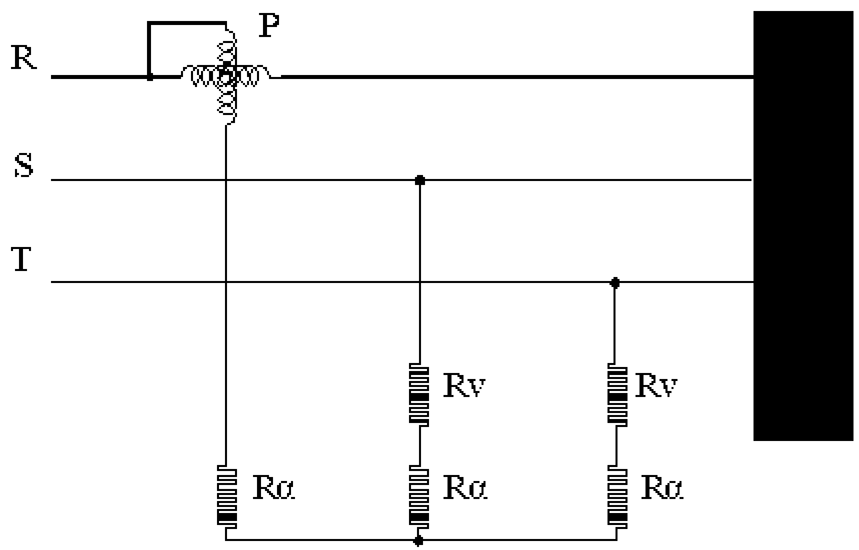
$$\boxed{\mathrm{P}_{3\varphi} = \mathrm{P}_{\mathrm{RN}} + \mathrm{P}_{\mathrm{SN}} + \mathrm{P}_{\mathrm{TN}} = V_{RN} \cdot I_R \cdot \cos\varphi_R + V_{SN} \cdot I_S \cdot \cos\varphi_S + V_{TN} \cdot I_T \cdot \cos\varphi_T}$$



Μέτρηση Ενεργού Ισχύος σε τριφασικό σύστημα 3 αγωγών

Σε συνδεσμολογίες που δεν απαιτούν ουδέτερο

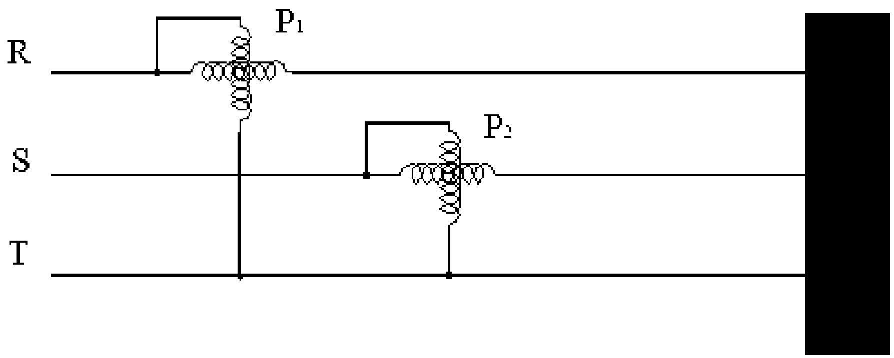
- Δημιουργία τεχνικού ουδετέρου με την βοήθεια τριών ίσων αντιστάσεων Rα
- Εάν υπάρχει συμμετρικό φορτίο
- $P_{3\phi} = 3\ P$
- Τοποθετούμε παράλληλα στις 2 φάσεις και στον τεχνητό ουδέτερο μια αντίσταση ίση με την εσωτερική αντίσταση του βαττομέτρου

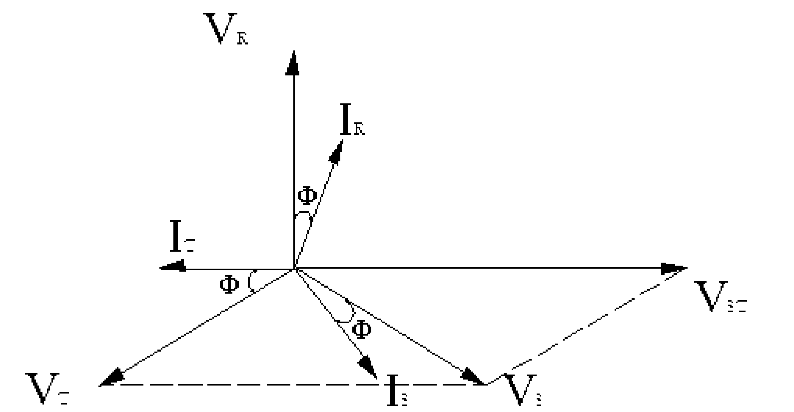


Μέθοδος ARON

Σε συνδεσμολογίες που δεν απαιτούν ουδέτερο

- Εάν <u>ΔΕΝ</u> υπάρχει συμμετρικό φορτίο
- $\mathbf{P_{3\phi} = P_1 + P_2}$





Διανυσματικό διάγραμμα τάσεων και εντάσεων , μέτρησης ισχύος με δυο βατόμετρα με κοινό κόμβο τον αγωγό Τ.

$P_1 = V_{RT}\, I_R \cos(V_{RT}, I_R)$
$(V_{RT}, I_R) = \phi_1 - 30^0$ σε μοίρες
$P_1 = V_{RT}\, I_R \cos(\phi_1 - 30^0)$

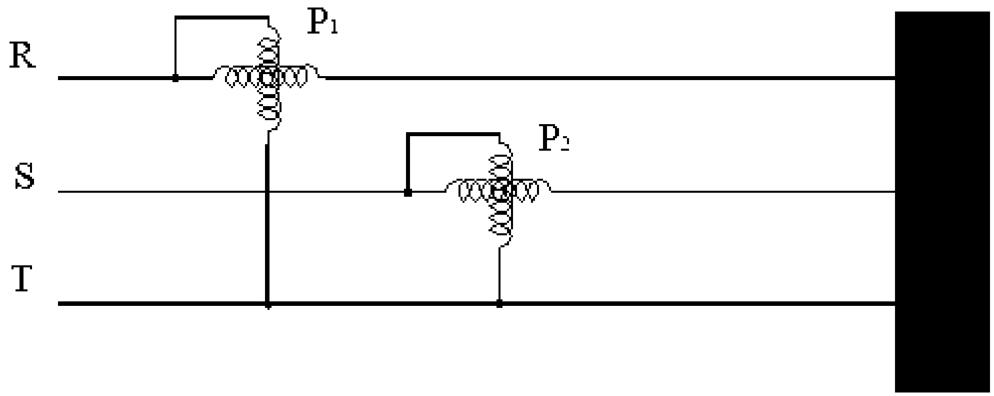
$P_2 = V_{ST,}\, I_R \cos(V_{ST,}\, I_S)$
$(V_{S,T}\, I_S) = \phi_2 + 30^0$ σε μοίρες
$P_2 = V_{ST}\, I_S \cos(\phi_2 + 30^0)$

Αν το φορτίο είναι επαγωγικό οι γωνίες ϕ_1 , ϕ_2 είναι θετικές
Τότε το $\cos(\phi_1 - 30^o)$ είναι μεγαλύτερο του $\cos(\phi_2 + 30^o)$
Όταν $\phi_2 = 60^o$ τότε $\mathbf{P_{3\phi} = P_1}$
Όταν $\phi_2 > 60^o$ τότε $\cos\phi < 0$ (αρνητικό – αλλαγή συνδεσμολογίας)

Μέθοδος ARON

Σε συνδεσμολογίες που δεν απαιτούν ουδέτερο

- **$P_{3\phi} = P_1 + P_2$**



Αν το σύστημα είναι συμμετρικό και ισορροπημένο τότε:

$V_{RS} = V_{ST} = V_{TR} = V$ και $I_R = I_S = I_T = I$ και $\phi_1=\phi_2=\phi_3=\phi$

Άρα

$P_1 = VI\cos(\phi-30^0)$, $P_2 = VI\cos(\phi+30^0)$

$$P_3\phi = P_1 + P_2 = VI\,(\cos(\phi-30^0) + \cos(\phi+30^0)) = 2VI\cos\phi\,\frac{\sqrt{3}}{2} = \sqrt{3}VI\cos\varphi$$

Παράδειγμα 2

Ένας τριφασικός κινητήρας αποτελούμενος από τρία όμοια πηνία ωμικής αντίσταση R =10 Ω και αυτεπαγωγικής αντίσταση X_L = 12 Ω ,συνδέετε σε τριφασικό δίκτυο πολικής τάσεως 380 V αρχικά σε αστέρα και έπειτα σε τρίγωνο.

Να υπολογιστεί :

Η τριφασική ισχύς που απορροφά ο κινητήρας από το δίκτυο σε κάθε περίπτωση

Λύση

Η σύνθετη αντίσταση κάθε πηνίου είναι :

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{10^2 + 12^2} = \sqrt{244} = 15{,}62\ \Omega \qquad \cos\varphi = \frac{R}{Z} = \frac{10}{15{,}62} = 0{,}64$$

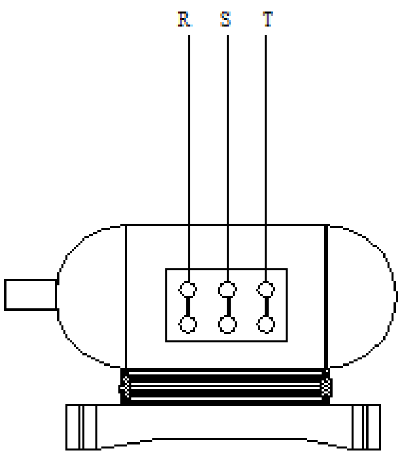
Σύνδεση σε αστέρα :

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{220}{15{,}62} = 14\ \mathrm{A}$$

$P_{3\phi}$ = 3 Vφ. I. cosφ = 3□220□14 □ 0,64 = 5913,6 W

Σύνδεση σε τρίγωνο :

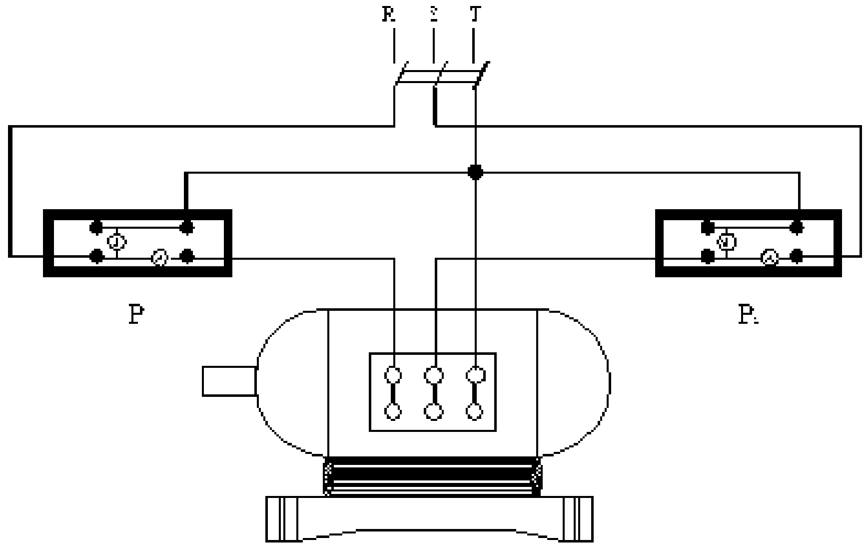
$$I = \frac{U}{Z} = \frac{380}{15{,}62} = 27{,}32\ \mathrm{A} \quad \Rightarrow I\pi = 27{,}32 \,\mathrm{x}\, \sqrt{3} = 47{,}32\ \mathrm{A}$$



$$P_{3\varphi} = \sqrt{3}\,.V_{\pi}\,.\,I.\cos\varphi = \sqrt{3}\times 380 \times 47{,}32 \times 0{,}64 = 19933\,\mathrm{W}$$

Παράδειγμα 3

Για να μετρήσουμε την ισχύ σε ένα τριφασικό κινητήρα συνδέσαμε 2 βαττόμετρα σε σύνδεση Aron όπως στο παρακάτω σχήμα . Εάν οι ενδείξεις των οργάνων είναι : P_1 = 1850 W, P_2 = 2500 W. Βρείτε την συνολική ισχύ του κινητήρα :



Η τριφασική ισχύς θα είναι : $P_{3\phi} = P_1 + P_2$

- $P_{3\phi}$ = 1850 + 2500 = 4350 W

*Με την συνδεσμολογία Aron οι ενδείξεις των οργάνων λαμβάνονται αλγεβρικά

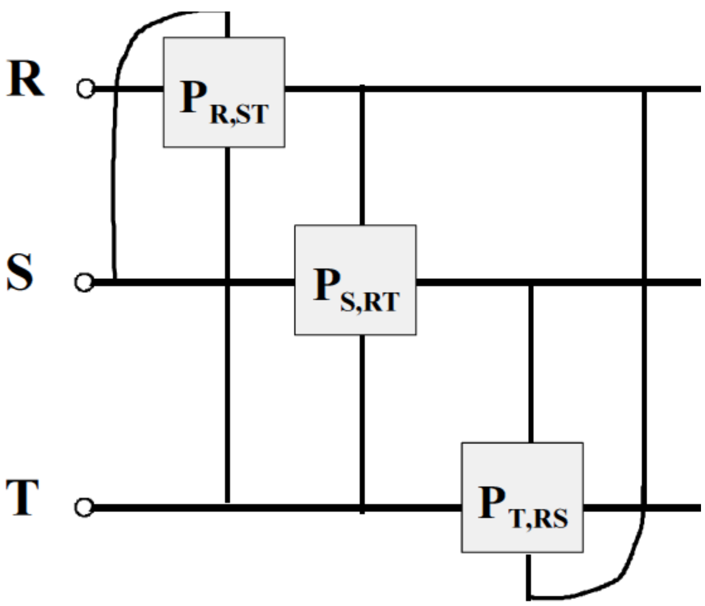
Μέτρηση άεργης ισχύος

Άμεση Μέτρηση με Βαρμετρο

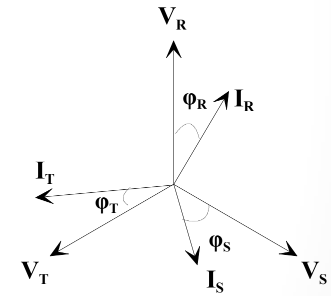
- Οι συνδεσμολογίες αντίστοιχες με αυτές των βατομέτρων
  - Σε τριφασικό σύστημα 4 αγωγών απαιτούνται 3 βάρμετρα για την μέτρηση της άεργης ισχύος.
    - Αν το φορτίο είναι συμμετρικό, τότε μετράμε την άεργη ισχύ σε ένα αγωγό και πολλαπλασιάζουμε επί 3.
  - Σε τριφασικό σύστημα 3 αγωγών, η χρήση 3 βάρμετρων προϋποθέτει ότι τα πηνία τάσης τους συνδέονται μεταξύ κάθε φάσης και ενός τεχνητού ουδέτερου που δημιουργείται.
    - Αν το φορτίο είναι συμμετρικό απαιτείται μόνο ένα βάρμετρο και ένδειξη του να πολλαπλασιάζεται επί 3.
  - Με την μέθοδο Aron σε σύστημα 3 αγωγών, τα πηνία ρεύματος 2 βάρμετρων συνδέονται στις δύο γραμμές, ενώ τα αντίστοιχα πηνία τάσης μεταξύ κάθε μιας από τις δύο αυτές γραμμές και της τρίτης.

Έμμεση Μέτρηση άεργης ισχύος

- 3 βατόμετρα που το κάθε ένα συνδέεται ως εξής :
    - το πηνίο ρεύματος του συνδέεται με μία από τις φάσης (π.χ. την R)
    - το πηνίο τάσης του μεταξύ των δύο άλλων φάσεων (δηλαδή των S και T)



$$P_{R,ST} = V_{ST} I_R \cos\phi_R$$



Για την γωνία ϕ_S ισχύει ότι
$\phi_S = 120 - \phi_R - 30 = 90 - \phi_R$

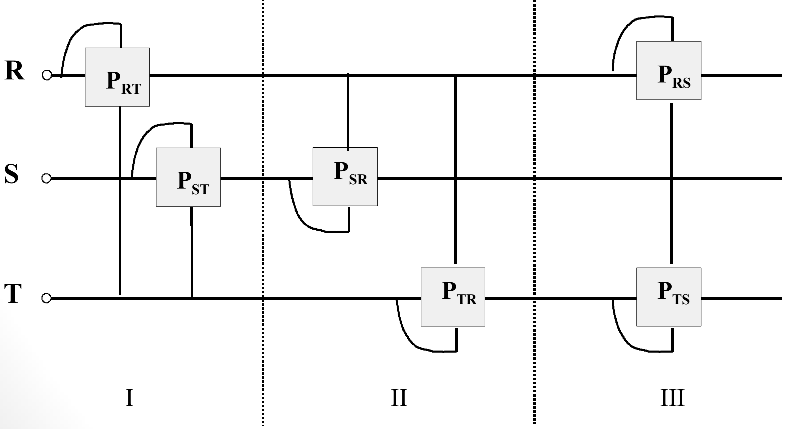
$$P_{R,ST} = V_{ST} I_R \cos(90 - \phi_R) = \sqrt{3} V_R I_R \sin\phi_R = \sqrt{3} Q_R$$

Ομοίως αποδεικνύεται ότι $P_{S,RT} = \sqrt{3} Q_S \ , \ P_{T,RS} = \sqrt{3} Q_T$

$$Q_{o\lambda} = \frac{1}{\sqrt{3}} \left(P_{R,ST} + P_{S,RT} + P_{T,RS} \right)$$

Έμμεση Μέτρηση άεργης ισχύος

- Αν έχω συμμετρικό σύστημα, χρησιμοποιώ ένα βαττόμετρο και πολλαπλασιάζω επί 3.
  - Για επαγωγικό φορτίο, η διάταξη λειτουργεί κανονικά.
  - Για χωρητικό όμως, πρέπει να αναστρέψουμε την σύνδεση
- Η άεργη ισχύς μπορεί να μετρηθεί και απλά με δύο βατόμετρα. Αν το φορτίο είναι συμμετρικό, θα ισχύει :



$$P_{RT} = V_\pi I_\pi cos(\varphi - 30)$$

$$P_{ST} = V_\pi I_\pi cos(\varphi + 30)$$

$$P_{RT} - P_{ST} = V_\pi I_\pi \sin\phi$$

$$Q = \sqrt{3}\,(P_{RT} - P_{ST})$$

Παράδειγμα 4

Τριφασικός κινητήρας αποτελούμενος από τρία όμοια πηνία καθένα από τα οποία έχει X_L=30 Ω και R_L=40 Ω συνδέεται στο δίκτυο της ΔΕΗ (Vπ=380 V, f=50 Hz) αρχικά σε αστέρα και στη συνέχεια σε τρίγωνο. Να βρεθεί η ενεργός και η άεργος ισχύς σε κάθε περίπτωση.

Λύση

Η σύνθετη αντίσταση κάθε πηνίου είναι :

$$Z=\sqrt{R_L^2+X_L^2}=\sqrt{40^2+30^2}=50\,\Omega$$

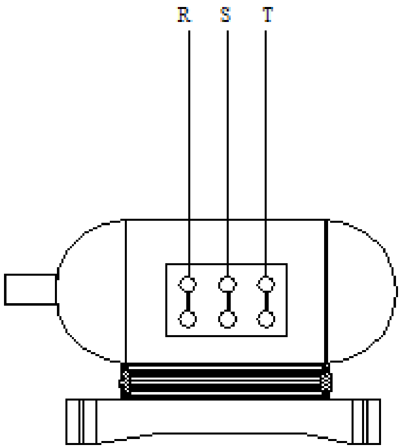
$$\cos\varphi=\frac{R_L}{Z}=\frac{40}{50}=0{,}8\Rightarrow\sin\varphi=0{,}6$$

Σύνδεση σε αστέρα : $I_\varphi=\frac{V_\varphi}{Z}=\frac{220}{50}=4{,}4\text{A}$

$P_{ολ}=3V_\phi I_\phi\cos\phi=3*220*4{,}4*0{,}8=2.323{,}2$ W

$Q_{ολ}=3V_\phi I_\phi\sin\phi=3*220*4{,}4*0{,}6=1.742{,}4$ VAR

Σύνδεση σε τρίγωνο : $I_\varphi=\frac{V_\pi}{Z}=\frac{380}{50}=7{,}6\text{A}$ $I_\pi=\sqrt{3}I_\varphi=13{,}16\text{A}$



$P_{ολ}= V_\pi I_\phi\cos\phi=$ *380*13,16*0,8=6,9 kW

$Q_{ολ}= V_\pi I_\phi\sin\phi=$ *380*13,16*0,6=5,2 kVAR

Παράδειγμα 5

Τριφασικό συμμετρικό επαγωγικό φορτίο συνδεμένο σε αστέρα τροφοδοτούμενο από γραμμή 345 kV απορροφά 500 MVA με συντελεστή ισχύος 0,866. Να βρεθούν: το φορτίο, τα ρεύματα φάσης και γραμμής καθώς και η ενεργός και η άεργος ισχύς. Ποια θα ήταν τα αποτελέσματα αν το φορτίο ήταν συνδεμένο σε τρίγωνο;

Λύση

Σύνδεση σε αστέρα :

$$V_\varphi = \frac{V_\pi}{\sqrt{3}} = \frac{345*10^3}{\sqrt{3}} = 199{,}19\angle 0^\circ \text{ kV}$$

$$I_\varphi = I_\pi = \frac{S}{\sqrt{3}V_\pi} = \frac{500*10^6}{\sqrt{3}*345*10^3} = 836{,}7\angle -30^\circ \text{ A}$$

$$Z_\varphi = \frac{V_\varphi}{I_\varphi} = \frac{199{,}19*10^3\angle 0^\circ}{836{,}7\angle -30^\circ} = 238{,}07\angle 30^\circ\,\Omega = 206 + j119\,\Omega$$

$P_{ο\lambda} = V_\pi I_\phi \cos\phi = 433\text{MW}$

$Q_{ο\lambda} = V_\pi I_\phi \sin\phi = 250 \text{ MVAR}$

Παράδειγμα 5

Τριφασικό συμμετρικό επαγωγικό φορτίο συνδεμένο σε αστέρα τροφοδοτούμενο από γραμμή 345 kV απορροφά 500 MVA με συντελεστή ισχύος 0,866. Να βρεθούν: το φορτίο, τα ρεύματα φάσης και γραμμής καθώς και η ενεργός και η άεργος ισχύς. Ποια θα ήταν τα αποτελέσματα αν το φορτίο ήταν συνδεμένο σε τρίγωνο;

Λύση

Σύνδεση σε τρίγωνο:

$$V_\varphi = V_\pi = 345\angle 0^\circ \,\text{kV}$$

$$I_\pi = \frac{S}{\sqrt{3}V_\pi} = \frac{500*10^6}{\sqrt{3}*345*10^3} = 836{,}7\angle -30^\circ \,\text{A}$$

$$I_\varphi = \frac{I_\pi}{\sqrt{3}} = 483{,}07\angle -30^\circ \,\text{A}$$

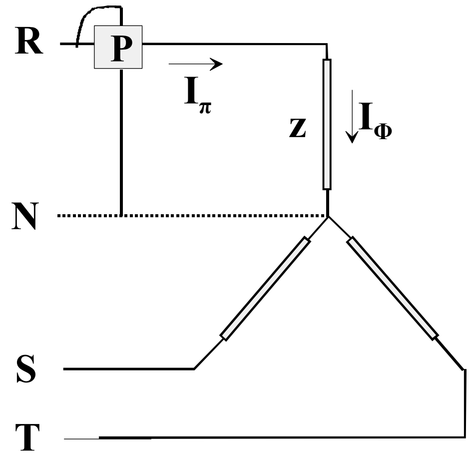
$$Z_\varphi = \frac{V_\varphi}{I_\varphi} = \frac{345*10^3\angle 0^\circ}{483{,}1\angle -30^\circ} = 714{,}2\angle 30^\circ \,\Omega = 618{,}5 + j357\,\Omega$$

$$P_{o\lambda} = V_\pi I_\varphi \cos\varphi = 433\text{MW}$$

$$Q_{o\lambda} = V_\pi I_\varphi \sin\varphi = 250\text{ MVAR}$$

Παράδειγμα 6

Έστω κινητήρας ισχύος 5700 W, ο οποίος δουλεύει σε αστέρα σε δίκτυο 380V/220V/50Hz με cosφ=0.866 (φ=30°). Να βρεθούν τα ρεύματα και να δοθούν οι δυνατές συνδεσμολογίες για την μέτρηση ισχύος και οι ενδείξεις των αντιστοίχων οργάνων.



Λύση

$$P=\sqrt{3}V_\pi I_\pi cos\varphi \Rightarrow I_\pi=\frac{P}{\sqrt{3}V_\pi \cos\varphi}=\frac{5.700}{\sqrt{3}\times 380\times 0.866}=10A$$

$I_\pi = I_\phi = 10A$

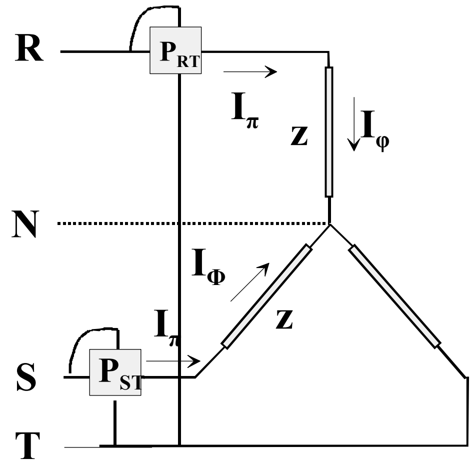
$$\left.\begin{aligned} V_R &= (220\angle 0)V \\ V_S &= (220\angle -120)V \\ V_T &= (220\angle 120)V \end{aligned}\right\} \quad \begin{aligned} I_R &= (10\angle -30)A \\ I_S &= (10\angle -150)A \\ I_T &= (10\angle 90)A \end{aligned}$$

Στην περίπτωση τεχνητού ουδετέρου έχουμε :
$P_{ολ}$=3P_1 =3$V_\phi I_\phi cos_\phi$=3×220×10×0.866~=5.700 W

Επομένως, η ένδειξη του ενός βαττομέτρου που χρησιμοποιείται είναι 5700 W.

Παράδειγμα

Έστω κινητήρας ισχύος 5700 W, ο οποίος δουλεύει σε αστέρα σε δίκτυο 380V/220V/50Hz με cosφ=0.866 (φ=30°). Να βρεθούν τα ρεύματα και να δοθούν οι δυνατές συνδεσμολογίες για την μέτρηση ισχύος και οι ενδείξεις των αντιστοίχων οργάνων.



Λύση

$$P=\sqrt{3}V_\pi I_\pi cos\varphi \Rightarrow I_\pi=\frac{P}{\sqrt{3}V_\pi \cos\varphi}=\frac{5.700}{\sqrt{3}\times 380\times 0.866}=10A$$

$I_\pi = I_\phi = 10A$

$$V_R=(220\angle 0)V \qquad I_R=(10\angle -30)A$$
$$V_S=(220\angle -120)V \qquad I_S=(10\angle -150)A$$
$$V_T=(220\angle 120)V \qquad I_T=(10\angle 90)A$$

Στην περίπτωση με 2 βατόμετρα έχουμε :

$$P_R=V_{RT}I_R\cos(30-\varphi)=380\times 10\times\cos 0=3800W$$
$$P_S=V_{ST}I_S\cos(30+\varphi)=380\times 10\times\cos 60=1900W$$

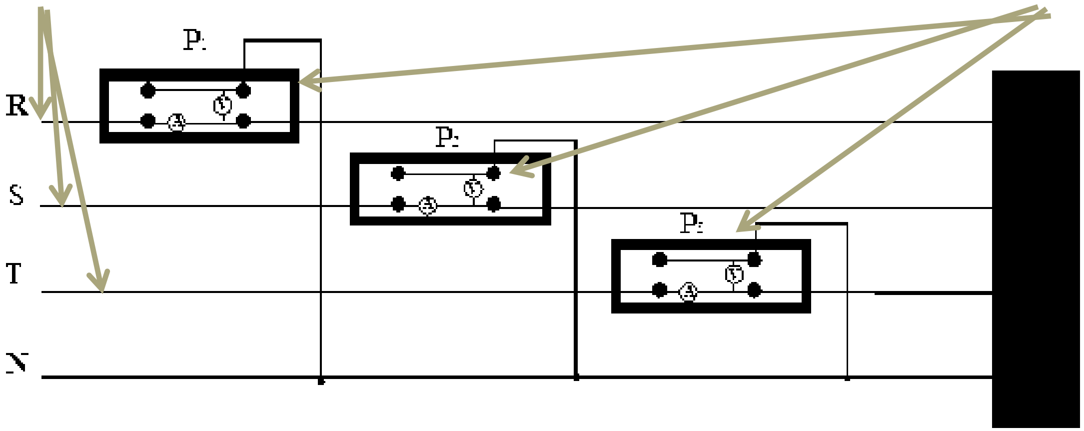
Οπότε, και πάλι υπολογίζουμε συνολική ισχύ 5.700 W, με το ένα βαττόμετρο να δείχνει 3.800 W, ενώ το άλλο 1.900 W.

Μέτρηση Ενεργού Ισχύος σε ασύμμετρο τριφασικό σύστημα 4 αγωγών

- Πραγματοποιείστε την παρακάτω συνδεσμολογία αστέρα, τροφοδοτείστε το κύκλωμα με φασική τάση 120V και καταχωρήστε τις μετρήσεις σας στον παρακάτω πίνακα.

2 πηνία και 1 πυκνωτής από Πάγκο

Βαττόμετρα



ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΟΡΓΑΝΩΝ	
P_1	
P_2	
P_3	

R,S,T τριφασικό από πάγκο

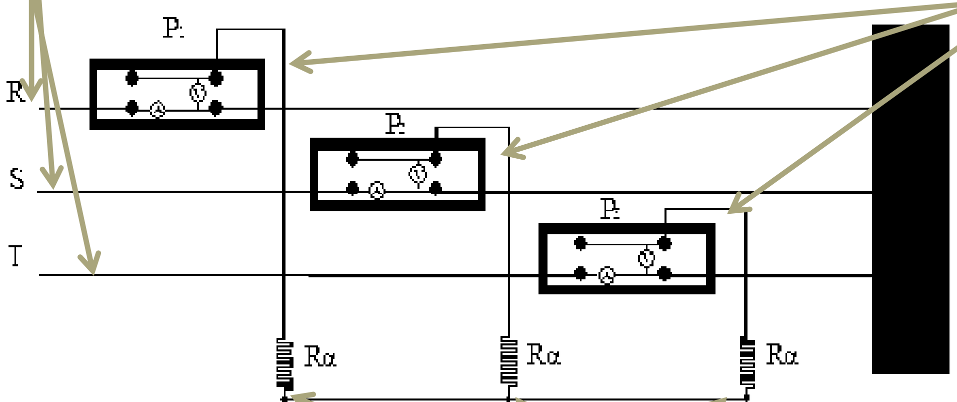
- Να υπολογίσετε την τριφασική ισχύ

Μέτρηση Ενεργού Ισχύος σε τριφασικό σύστημα 3 αγωγών

Πραγματοποιείστε την παρακάτω συνδεσμολογία αστέρα, τροφοδοτείστε το κύκλωμα με φασική τάση 120V και καταχωρήστε τις μετρήσεις σας στον παρακάτω πίνακα.

2 πηνία και 1 πυκνωτής από Πάγκο

Βαττόμετρα



Αντίσταση 290Ω

ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΟΡΓΑΝΩΝ	
P_1	
P_2	
P_3	

R,S,T τριφασικό από πάγκο

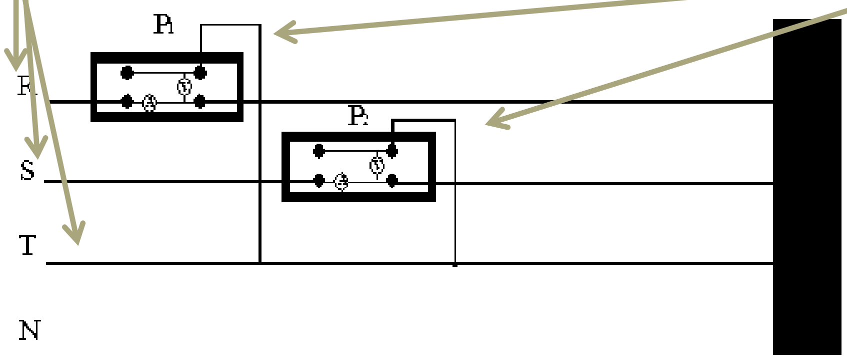
- Να υπολογίσετε την τριφασική ισχύ

Μέθοδος Aron

Πραγματοποιείστε την παρακάτω συνδεσμολογία τρίγωνο, τροφοδοτείστε το κύκλωμα με πολική τάση 220V και καταχωρήστε τις μετρήσεις σας στον παρακάτω πίνακα.

2 πηνία και 1 πυκνωτής από Πάγκο

Βαττόμετρα



ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΟΡΓΑΝΩΝ	
P_1	
P_2	

R,S,T τριφασικό από πάγκο

- Αν βαττόμετρο αρνητικό – αλλαγή συνδεσμολογίας και μετράμε -P

- Να υπολογίσετε την τριφασική ισχύ

Μέτρηση ισχύος σε τριφασικά συστήματα

- Ενεργός Ισχύς τριφασικού συστήματος

$$P_{o\lambda} = \mathrm{P}_{\varphi 1} + \mathrm{P}_{\varphi 2} + \mathrm{P}_{\varphi 3} = \left|\mathrm{V}_{\varphi 1}\right| \cdot \left|\mathrm{I}_{\varphi 1}\right| \cdot \cos\varphi_1 + \left|\mathrm{V}_{\varphi 2}\right| \cdot \left|\mathrm{I}_{\varphi 2}\right| \cos\varphi_2 + \left|\mathrm{V}_{\varphi 3}\right| \cdot \left|\mathrm{I}_{\varphi 3}\right| \cdot \cos_{\varphi 3}$$

- Αν $\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi_3 = \varphi$ $\Rightarrow$ $\boxed{P_{o\lambda} = 3 \cdot \mathrm{P}_{\varphi 1} = 3 \cdot \left|\mathrm{V}_{\varphi 1}\right| \cdot \left|\mathrm{I}_{\varphi 1}\right| \cos\varphi_1 = 3 \cdot \left|\mathrm{V}_{\varphi}\right| \cdot \left|\mathrm{I}_{\varphi}\right| \cos\varphi}$
- Αν έχουμε σύνδεση αστέρα $\left|V_{\pi}\right| = \sqrt{3}\left|V_{\varphi}\right|$

$$\boxed{P_{o\lambda} = 3 \cdot \left|\mathrm{V}_{\varphi}\right| \cdot \left|\mathrm{I}_{\varphi}\right| \cos\varphi = 3 \cdot \frac{\left|V_{\pi}\right|}{\sqrt{3}} \cdot \left|\mathrm{I}_{\pi}\right| \cdot \cos\varphi = \sqrt{3}\left|\mathrm{V}_{\pi}\right| \cdot \left|\mathrm{I}_{\pi}\right| \cdot \cos\varphi}$$

- Αν έχουμε σύνδεση τρίγωνο

$$\left|\mathrm{I}_{\pi}\right| = \sqrt{3}\left|\mathrm{I}_{\varphi}\right|$$

$$\boxed{P_{o\lambda} = 3 \cdot \left|\mathrm{V}_{\varphi}\right| \cdot \left|\mathrm{I}_{\varphi}\right| \cdot \cos\varphi = 3 \cdot \left|\mathrm{V}_{\pi}\right| \cdot \frac{\left|\mathrm{I}_{\pi}\right|}{\sqrt{3}} \cdot \cos\varphi = \sqrt{3}\left|\mathrm{V}_{\pi}\right| \cdot \left|\mathrm{I}_{\pi}\right| \cdot \cos\varphi}$$

Μέτρηση ισχύος σε τριφασικά συστήματα

- Άεργη Ισχύς τριφασικού συστήματος

$$Q_{ο\lambda} = Q_{\varphi 1} + Q_{\varphi 2} + Q_{\varphi 3} = \left|\mathrm{V}_{\varphi 1}\right| \cdot \left|\mathrm{I}_{\varphi 1}\right| \sin\varphi_1 + \left|\mathrm{V}_{\varphi 2}\right| \cdot \left|\mathrm{I}_{\varphi 2}\right| \sin\varphi_2 + \left|\mathrm{V}_{\varphi 3} \cdot\right| \left|\mathrm{I}_{\varphi 3}\right| \sin\varphi_3$$

- Αν $\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi_3 = \varphi$ ⇒ $\boxed{Q_{ο\lambda} = 3\left|\mathrm{V}_{\varphi}\right| \cdot \left|\mathrm{I}_{\varphi}\right| \sin\varphi}$
- Αν έχουμε σύνδεση αστέρα $\left|V\right|_{\pi} = \sqrt{3}\left|V_{\varphi}\right|$

$$\boxed{Q_{ο\lambda} = 3 \cdot \left|\mathrm{V}_{\varphi}\right| \cdot \left|\mathrm{I}_{\varphi}\right| \sin\varphi = 3 \cdot \frac{\left|V_{\pi}\right|}{\sqrt{3}} \left|\mathrm{I}_{\pi}\right| \sin\varphi = \sqrt{3}\left|\mathrm{V}_{\pi} \cdot\right| \left|\mathrm{I}_{\pi}\right| \sin\varphi}$$

- Αν έχουμε σύνδεση τρίγωνο $\left|\mathrm{I}_{\pi}\right| = \sqrt{3}\left|\mathrm{I}_{\varphi}\right|$

$$\boxed{Q_{ο\lambda} = 3 \cdot \left|\mathrm{V}_{\varphi}\right| \cdot \left|\mathrm{I}_{\varphi}\right| \cdot \sin\varphi = 3 \cdot \left|\mathrm{V}_{\pi}\right| \cdot \frac{\left|\mathrm{I}_{\pi}\right|}{\sqrt{3}} \cdot \sin\varphi = \sqrt{3}\left|\mathrm{V}_{\pi}\right| \cdot \left|\mathrm{I}_{\pi}\right| \cdot \sin\varphi}$$

Φαινόμενη ισχύς $\boxed{S = 3 \cdot \left|\mathrm{V}_{\varphi}\right| \cdot \left|\mathrm{I}_{\varphi}\right| = \sqrt{3} \cdot \left|\mathrm{V}_{\pi}\right| \cdot \left|\mathrm{I}_{\pi}\right|}$

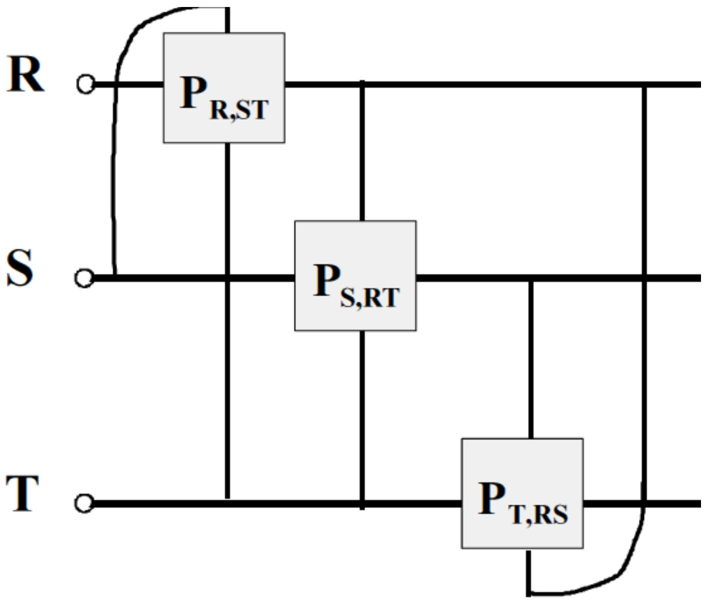
Μέτρηση άεργης ισχύος

Άμεση Μέτρηση με Βαρμετρο

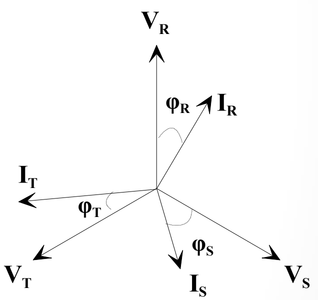
- Οι συνδεσμολογίες αντίστοιχες με αυτές των βατομέτρων
  - Σε τριφασικό σύστημα 4 αγωγών απαιτούνται 3 βάρμετρα για την μέτρηση της άεργης ισχύος.
    - Αν το φορτίο είναι συμμετρικό, τότε μετράμε την άεργη ισχύ σε ένα αγωγό και πολλαπλασιάζουμε επί 3.
  - Σε τριφασικό σύστημα 3 αγωγών, η χρήση 3 βάρμετρων προϋποθέτει ότι τα πηνία τάσης τους συνδέονται μεταξύ κάθε φάσης και ενός τεχνητού ουδέτερου που δημιουργείται.
    - Αν το φορτίο είναι συμμετρικό απαιτείται μόνο ένα βάρμετρο και ένδειξη του να πολλαπλασιάζεται επί 3.
  - Με την μέθοδο Aron σε σύστημα 3 αγωγών, τα πηνία ρεύματος 2 βάρμετρων συνδέονται στις δύο γραμμές, ενώ τα αντίστοιχα πηνία τάσης μεταξύ κάθε μιας από τις δύο αυτές γραμμές και της τρίτης.

Έμμεση Μέτρηση άεργης ισχύος

- 3 βατόμετρα που το κάθε ένα συνδέεται ως εξής :
  - το πηνίο ρεύματος του συνδέεται με μία από τις φάσης (π.χ. την R)
  - το πηνίο τάσης του μεταξύ των δύο άλλων φάσεων (δηλαδή των S και T)



$$P_{R,ST} = \left|V_{ST}\right| \cdot \left|I_R\right| \cdot \cos\phi_R$$



Για την γωνία ϕ_S ισχύει ότι
$\phi_S = 120 - \phi_R - 30 = 90 - \phi_R$

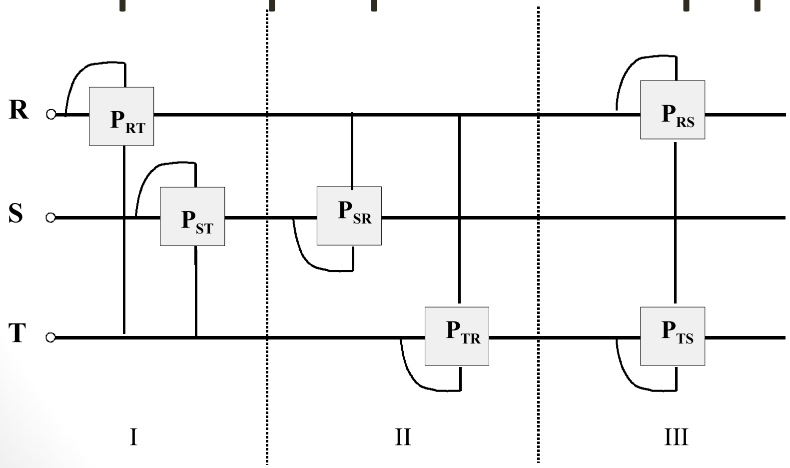
$$P_{R,ST} = V_{ST} I_R \cos(90 - \phi_R) = \sqrt{3}\left|V_R\right| \cdot \left|I_R\right| \cdot \sin\phi_R = \sqrt{3} Q_R$$

Ομοίως αποδεικνύεται ότι $P_{S,RT} = \sqrt{3} Q_S$, $P_{T,RS} = \sqrt{3} Q_T$

$$Q_{o\lambda} = \frac{1}{\sqrt{3}} \left(P_{R,ST} + P_{S,RT} + P_{T,RS} \right)$$

Έμμεση Μέτρηση άεργης ισχύος

- Αν έχω συμμετρικό σύστημα, χρησιμοποιώ ένα βαττόμετρο και πολλαπλασιάζω επί 3.
  - Για επαγωγικό φορτίο, η διάταξη λειτουργεί κανονικά.
  - Για χωρητικό όμως, πρέπει να αναστρέψουμε την σύνδεση
- Η άεργη ισχύς μπορεί να μετρηθεί και απλά με δύο βατόμετρα. Αν το φορτίο είναι συμμετρικό, θα ισχύει :



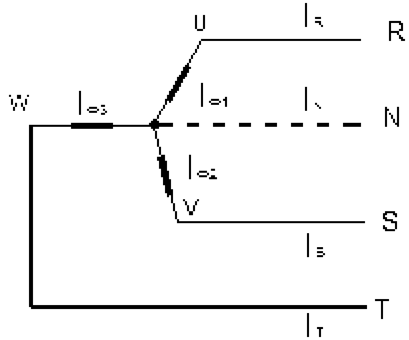
$$P_{RT} = |V_\pi| \cdot |I_\pi| \cdot cos(\varphi - 30)$$

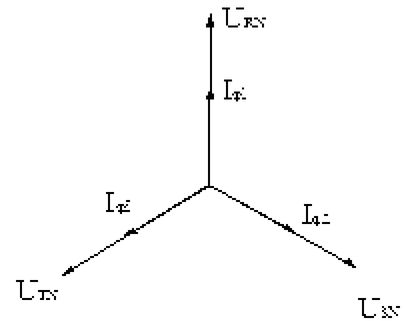
$$P_{ST} = |V_\pi| \cdot |I_\pi| \cdot cos(\varphi + 30)$$

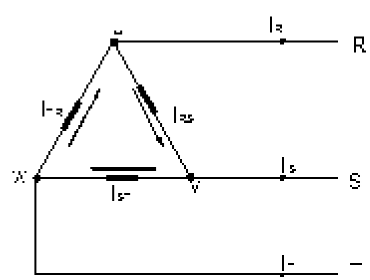
$$\left.\begin{array}{l} P_{RT} - P_{ST} = |V_\pi|\,|I_\pi| \sin\varphi \\ Q = \sqrt{3} \cdot |V| \cdot |I| \cdot \sin\varphi \end{array}\right\} \quad Q = \sqrt{3}\,(P_{RT} - P_{ST})$$

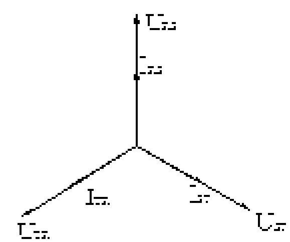
Συντελεστής Ισχύος

- Για καθαρά ωμικά φορτία σε αστέρα και τρίγωνο = 1



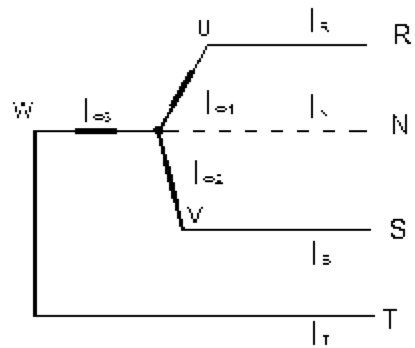


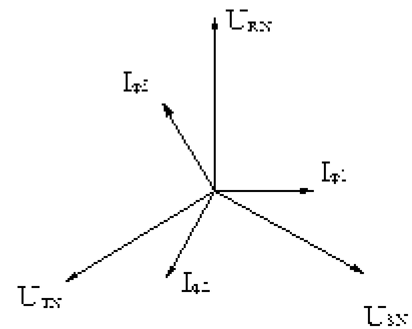


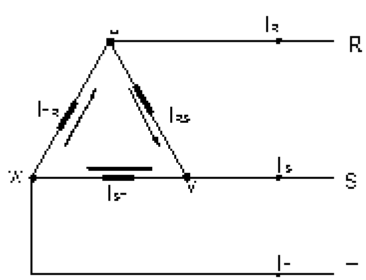


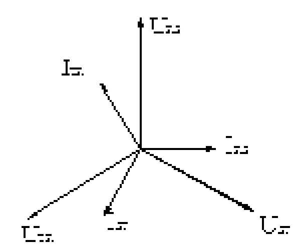
Συντελεστής Ισχύος

- Για καθαρά επαγωγικά φορτία σε αστέρα και τρίγωνο = 0



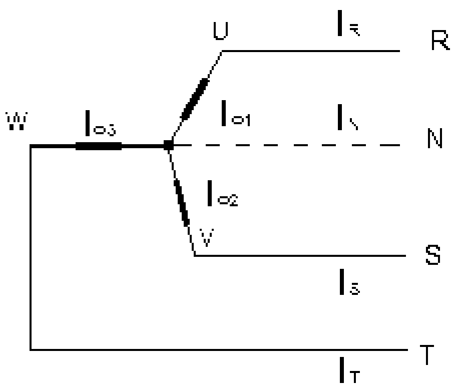


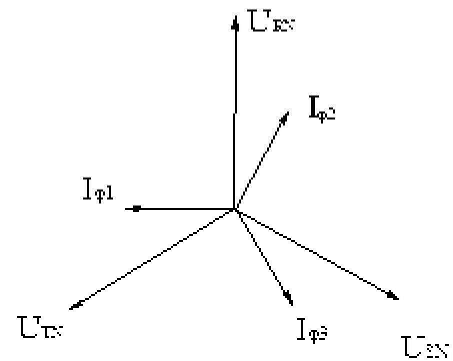


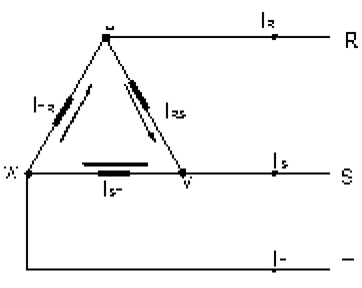


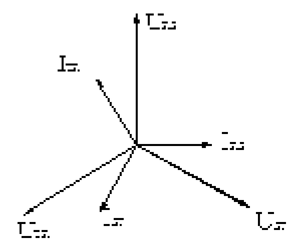
Συντελεστής Ισχύος

- Για καθαρά χωρητικά φορτία σε αστέρα και τρίγωνο = 0



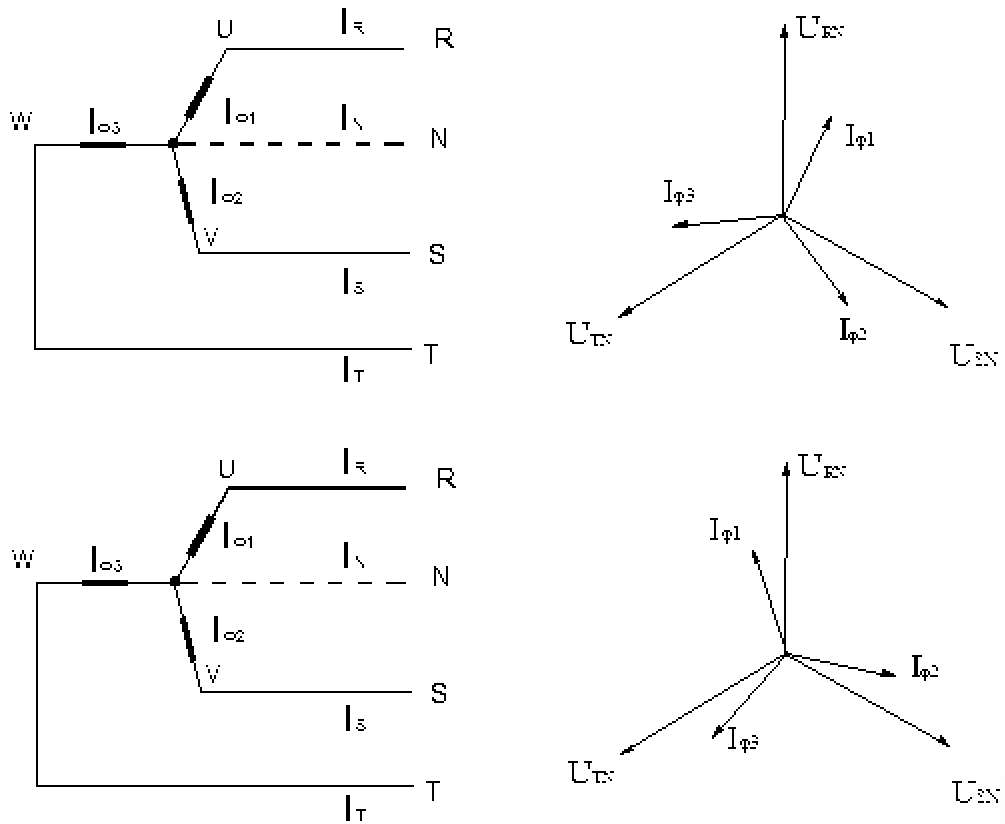






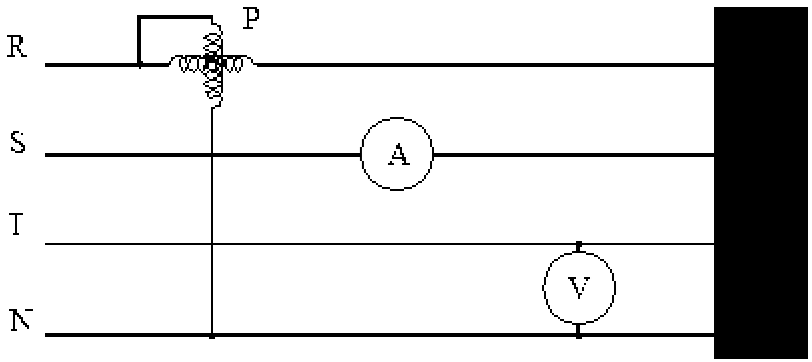
Συντελεστής Ισχύος

- Για σύνθετα επαγωγικά και χωρητικά φορτία σε αστέρα = φ



ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΟΥ ΙΣΧΥΟΣ

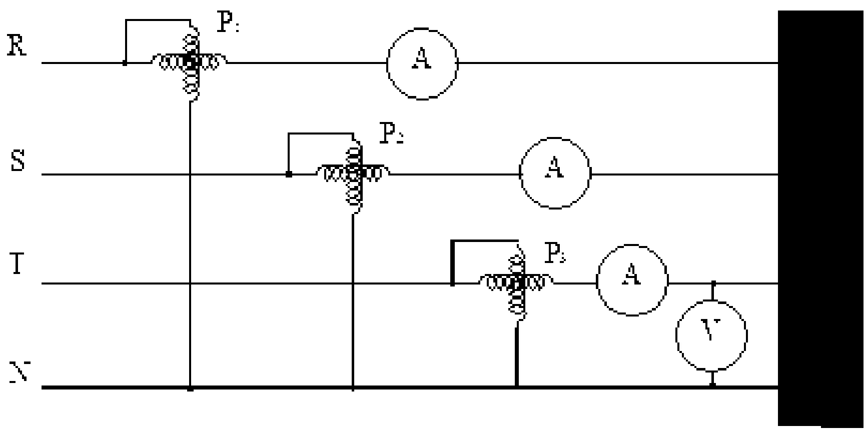
Σε συμμετρικά συστήματα



$$\cos\varphi = \frac{3\,W}{3|V_\varphi||I|} = \frac{W}{|V_\varphi||I|}$$

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΟΥ ΙΣΧΥΟΣ

Σε ασύμμετρα συστήματα



$$\cos\varphi_1 = \frac{W_1}{|V_\varphi||I_1|}, \cos\varphi_2 = \frac{W_2}{|V_\varphi||I_2|}, \cos\varphi_3 = \frac{W_3}{|V_\varphi||I_3|}$$

Παράδειγμα 1

Τριφασικό συμμετρικό επαγωγικό φορτίο συνδεμένο σε αστέρα τροφοδοτούμενο από γραμμή 345 kV απορροφά 500 MVA με συντελεστή ισχύος 0,866. Να βρεθούν: το φορτίο, τα ρεύματα φάσης και γραμμής καθώς και η ενεργός και η άεργος ισχύς. Ποια θα ήταν τα αποτελέσματα αν το φορτίο ήταν συνδεμένο σε τρίγωνο;

Λύση

Σύνδεση σε αστέρα :

$$V_\varphi = \frac{V_\pi}{\sqrt{3}} = \frac{345*10^3}{\sqrt{3}} = 199{,}19\angle 0^\circ\,\mathrm{kV}$$

$$I_\varphi = I_\pi = \frac{S}{\sqrt{3}V_\pi} = \frac{500*10^6}{\sqrt{3}*345*10^3} = 836{,}7\angle -30^\circ\,\mathrm{A}$$

$$Z_\varphi = \frac{V_\varphi}{I_\varphi} = \frac{199{,}19*10^3\angle 0^\circ}{836{,}7\angle\text{-}30^\circ} = 238{,}07\angle 30^\circ\,\Omega = 206 + j119\,\Omega$$

$P_{ολ}= V_\pi I_\phi \cos\phi=433MW$

$Q_{ολ}= V_\pi I_\phi \sin\phi=250\ MVAR$

Παράδειγμα 1

Τριφασικό συμμετρικό επαγωγικό φορτίο συνδεμένο σε αστέρα τροφοδοτούμενο από γραμμή 345 kV απορροφά 500 MVA με συντελεστή ισχύος 0,866. Να βρεθούν: το φορτίο, τα ρεύματα φάσης και γραμμής καθώς και η ενεργός και η άεργος ισχύς. Ποια θα ήταν τα αποτελέσματα αν το φορτίο ήταν συνδεμένο σε τρίγωνο;

Λύση

Σύνδεση σε τρίγωνο:

$$V_\varphi = V_\pi = 345\angle 0^\circ \,\mathrm{kV}$$

$$I_\pi = \frac{S}{\sqrt{3}V_\pi} = \frac{500*10^6}{\sqrt{3}*345*10^3} = 836{,}7\angle -30^\circ\,\mathrm{A}$$

$$I_\varphi = \frac{I_\pi}{\sqrt{3}} = 483{,}07\angle -30^\circ\,\mathrm{A}$$

$$Z_\varphi = \frac{V_\varphi}{I_\varphi} = \frac{345*10^3\angle 0^\circ}{483{,}1\angle \text{-}30^\circ} = 714{,}2\angle 30^\circ\,\Omega = 618{,}5 + j357\,\Omega$$

$$P_{\text{ολ}} = V_\pi I_\varphi \cos\varphi = 433\mathrm{MW}$$

$$Q_{\text{ολ}} = V_\pi I_\varphi \sin\varphi = 250\ \mathrm{MVAR}$$

Παράδειγμα 2

Τριφασικό συμμετρικό επαγωγικό φορτίο συνδεμένο σε αστέρα τροφοδοτούμενο από γραμμή 345 kV απορροφά 500 MVA με συντελεστή ισχύος 0,866. Να βρεθούν: το φορτίο, τα ρεύματα φάσης και γραμμής καθώς και η ενεργός και η άεργος ισχύς. Ποια θα ήταν τα αποτελέσματα αν το φορτίο ήταν συνδεμένο σε τρίγωνο;

Λύση

Σύνδεση σε τρίγωνο:

$$V_\varphi = V_\pi = 345\angle 0^\circ \, \mathrm{kV}$$

$$I_\pi = \frac{S}{\sqrt{3}V_\pi} = \frac{500*10^6}{\sqrt{3}*345*10^3} = 836{,}7\angle -30^\circ \, \mathrm{A}$$

$$I_\varphi = \frac{I_\pi}{\sqrt{3}} = 483{,}07\angle -30^\circ \, \mathrm{A}$$

$$Z_\varphi = \frac{V_\varphi}{I_\varphi} = \frac{345*10^3\angle 0^\circ}{483{,}1\angle\text{-}30^\circ} = 714{,}2\angle 30^\circ \, \Omega = 618{,}5 + j357 \, \Omega$$

$$P_{ολ} = V_\pi I_\varphi \cos\varphi = 433\mathrm{MW}$$

$$Q_{ολ} = V_\pi I_\varphi \sin\varphi = 250 \, \mathrm{MVAR}$$

Παράδειγμα 2

Τριφασικό συμμετρικό επαγωγικό φορτίο συνδεμένο σε αστέρα τροφοδοτούμενο από γραμμή 345 kV απορροφά 500 MVA με συντελεστή ισχύος 0,866. Να βρεθούν: το φορτίο, τα ρεύματα φάσης και γραμμής καθώς και η ενεργός και η άεργος ισχύς. Ποια θα ήταν τα αποτελέσματα αν το φορτίο ήταν συνδεμένο σε τρίγωνο;

Λύση

Σύνδεση σε τρίγωνο:

$$V_\varphi = V_\pi = 345\angle 0^\circ \,\mathrm{kV}$$

$$I_\pi = \frac{S}{\sqrt{3}V_\pi} = \frac{500*10^6}{\sqrt{3}*345*10^3} = 836{,}7\angle -30^\circ \,\mathrm{A}$$

$$I_\varphi = \frac{I_\pi}{\sqrt{3}} = 483{,}07\angle -30^\circ \,\mathrm{A}$$

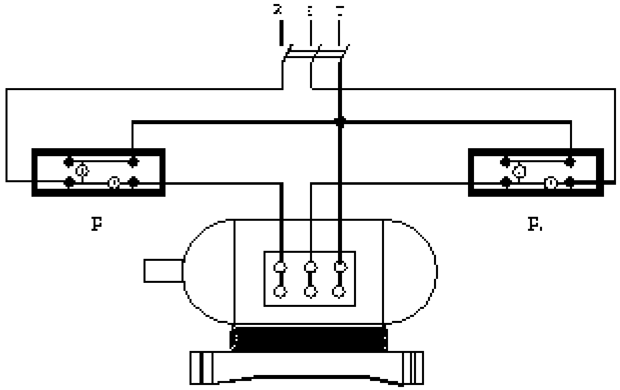
$$Z_\varphi = \frac{V_\varphi}{I_\varphi} = \frac{345*10^3\angle 0^\circ}{483{,}1\angle\text{-}30^\circ} = 714{,}2\angle 30^\circ\,\Omega = 618{,}5 + j357\,\Omega$$

$P_{ολ}= V_\pi I_\varphi cos\varphi=433MW$

$Q_{ολ}= V_\pi I_\varphi sin\varphi=250$ MVAR

Παράδειγμα 3

Για να μετρήσουμε την άεργο ισχύ σε ένα τριφασικό κινητήρα συνδέσαμε 2 βαττόμετρα σε σύνδεση Aron. Εάν οι ενδείξεις των οργάνων είναι : P_1 = 1850 W, P_2 = 2500 W Να υπολογισθεί η τριφασική άεργος ισχύς :



Η τριφασική άεργος ισχύς θα είναι :

$$Q = \sqrt{3} \left(P_1 - P_2\right)$$

$$Q = \sqrt{3} \left(P_1 - P_2\right) = \sqrt{3}(1850 - 2500) = \sqrt{3} - 650 = -1125{,}8 \text{ Var}$$

Παράδειγμα 4

- Ένας τριφασικός κινητήρας απορροφά από δίκτυο πολικής τάσεως 380 V ενεργό ισχύ 2500 W. Εάν το απορροφούμενο ρεύμα είναι 6A να υπολογισθεί ο συντελεστής ισχύος

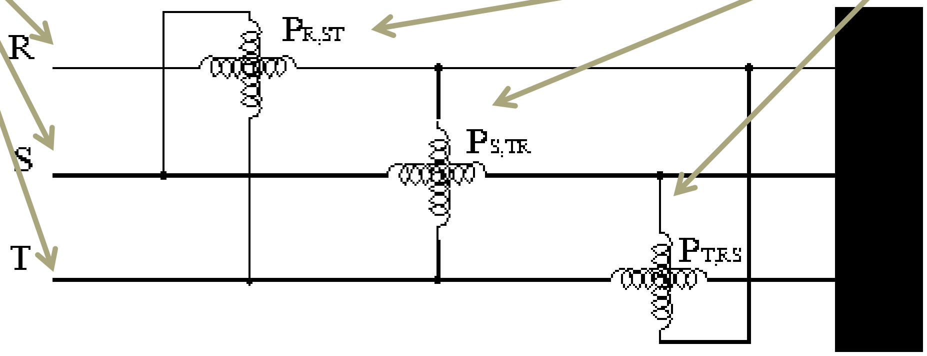
$$P_{3\varphi} = \sqrt{3}\,.\left|V_{\pi}\right|.\left|I\right|.\cos\varphi \Rightarrow \quad \cos\varphi = \frac{P_{3\varphi}}{\sqrt{3}\,.\left|V_{\pi}\right|.\left|I\right|} = \frac{2500}{\sqrt{3}\times 400\times 6} = 0{,}601$$

Μέτρηση Ενεργού Ισχύος σε ασύμμετρο τριφασικό σύστημα 4 αγωγών

- Πραγματοποιείστε την παρακάτω συνδεσμολογία τρίγωνο, τροφοδοτείστε το κύκλωμα με πολική τάση 173V και καταχωρήστε τις μετρήσεις σας στον παρακάτω πίνακα.

3 πυκνωτές

Βαττόμετρα



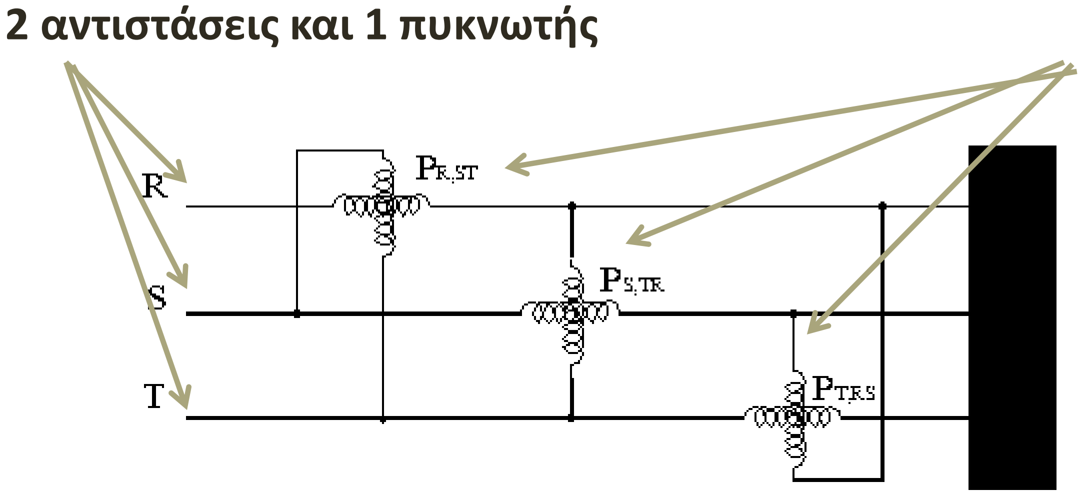
ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ	ΟΡΓΑΝΩΝ
$P_{R,ST}$	
$P_{S,TR}$	
$P_{T,RS}$	

R,S,T τριφασικό από πάγκο

- Να υπολογίσετε την άεργο τριφασική ισχύ

Μέτρηση Ενεργού Ισχύος σε ασύμμετρο τριφασικό σύστημα 4 αγωγών

- Πραγματοποιείστε την παρακάτω συνδεσμολογία τρίγωνο, τροφοδοτείστε το κύκλωμα με πολική τάση 173V και καταχωρήστε τις μετρήσεις σας στον παρακάτω πίνακα.



ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ	ΟΡΓΑΝΩΝ
$P_{R,ST}$	
$P_{S,TR}$	
$P_{T,RS}$	

R,S,T τριφασικό από πάγκο

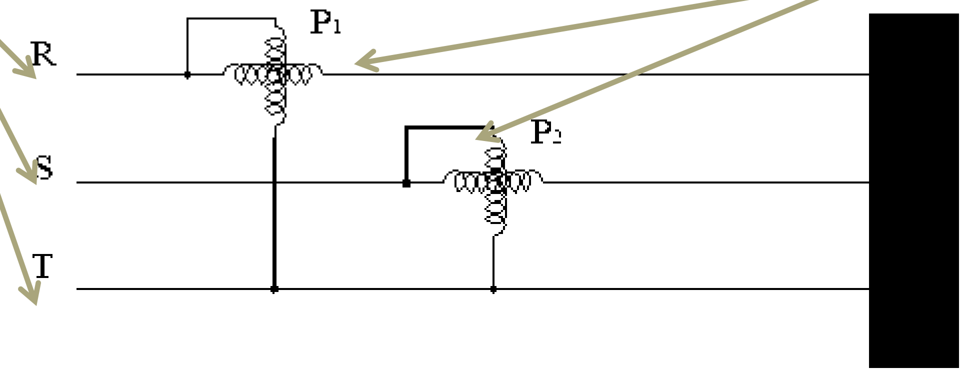
- Να υπολογίσετε την άεργο τριφασική ισχύ

Μέτρηση Ενεργού Ισχύος σε ασύμμετρο τριφασικό σύστημα 4 αγωγών

- Πραγματοποιείστε την παρακάτω συνδεσμολογία τρίγωνο, τροφοδοτείστε το κύκλωμα με πολική τάση 173V και καταχωρήστε τις μετρήσεις σας στον παρακάτω πίνακα.

2 αντιστάσεις και 1 πυκνωτής

Βαττόμετρα



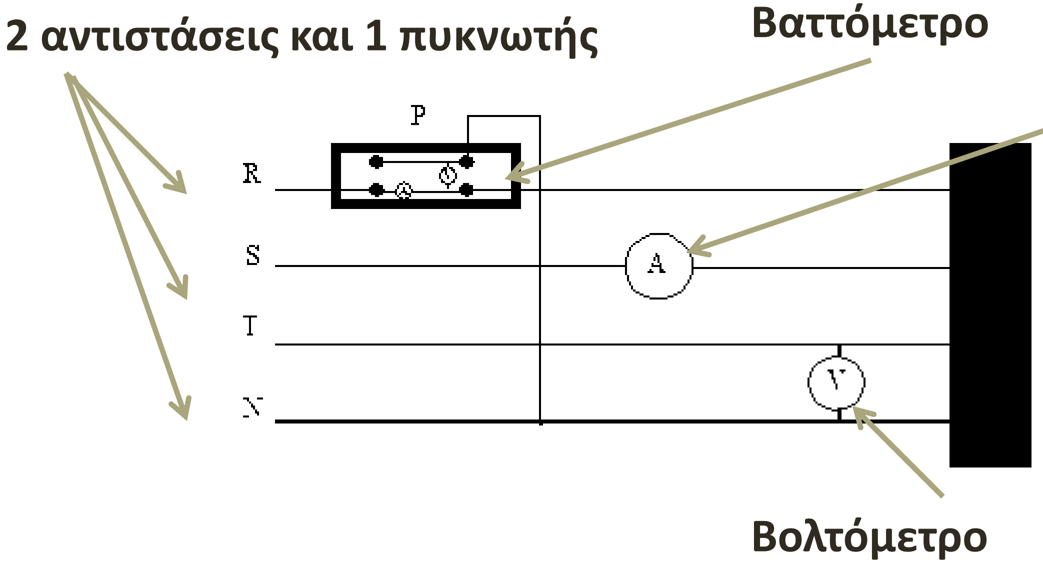
R,S,T τριφασικό από πάγκο

ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΟΡΓΑΝΩΝ	
P_1	
P_2	

- Να υπολογίσετε την άεργο τριφασική ισχύ

Μέτρηση Ενεργού Ισχύος σε ασύμμετρο τριφασικό σύστημα 4 αγωγών

- Πραγματοποιείστε την παρακάτω συνδεσμολογία τρίγωνο, τροφοδοτείστε το κύκλωμα με πολική τάση 173V και καταχωρήστε τις μετρήσεις σας στον παρακάτω πίνακα.



ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΟΡΓΑΝΩΝ	
ΒΑΤΤΟΜΕΤΡΟ	
ΑΜΠΕΡΟΜΕΤΡΟ	
ΒΟΛΤΟΜΕΤΡΟ	

R,S,T τριφασικό από πάγκο

- Να υπολογίσετε τον συντελεστή ισχύος

Παράδειγμα

Ένας τριφασικός κινητήρας αποτελούμενος από τρία όμοια πηνία ωμικής αντίσταση R =10 Ω και αυτεπαγωγικής αντίσταση X_L = 12 Ω ,συνδέετε σε τριφασικό δίκτυο πολικής τάσεως 400V αρχικά σε αστέρα και έπειτα σε τρίγωνο.

Να υπολογιστεί : Η τριφασική ισχύς που απορροφά ο κινητήρας από το δίκτυο σε κάθε περίπτωση

Η σύνθετη αντίσταση κάθε πηνίου είναι :

Σύνδεση σε αστέρα :

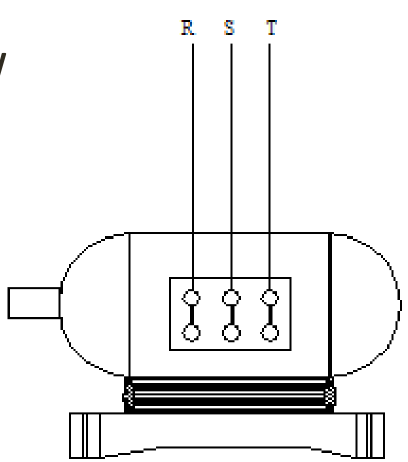
$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{10^2 + 12^2} = \sqrt{244} = 15{,}62\ \Omega \qquad \cos\varphi = \frac{R}{Z} = \frac{10}{15{,}62} = 0{,}64$$

$$P_{3\phi} = 3\ |V_\phi| \square |I| \square \cos\phi = 3 \square 230 \square 14.72 \square 0.64 = 6500.32\ W$$

$$Q_{3\phi} = 3\ |V_\phi| \square |I| \square \sin\phi = 3 \square 230 \square 14.72 \square 0.768 = 7800.42\ W$$

Σύνδεση σε τρίγωνο :

$$|I| = \frac{|V|}{|Z|} = \frac{230}{15{,}62} = 14.72\ A$$



$$|I_\varphi| = \frac{|V|}{|Z|} = \frac{400}{15.62} = 25.61\ A \Rightarrow |I_\pi| = 25.61 \cdot \sqrt{3} = 44.36\ A$$

$$P_{3\varphi} = \sqrt{3}\,.|V_\pi|.|I|.\cos\varphi = \sqrt{3} \times 400 \times 44.36 \times 0{,}64 = 19669.45\ W$$

$$Q_{3\varphi} = \sqrt{3}\,.|V_\pi|.|I|.\sin\varphi = \sqrt{3} \times 400 \times 44.36 \times 0{,}768 = 23603\ Var$$