

ΤΕΙ ΠΑΤΡΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ

ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

(ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΕΣ ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ)

ΜΑΙΟΣ 2009

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Ηλεκτροτεχνία Εναλλασσόμενου Ρεύματος: Α. Δροσόπουλος:
 - 1.16 Φάσορες: σελ.. 14-25
 - 6 Τριφασικά Συστήματα: σελ.. 169-189
 - Α. Μιγαδικοί αριθμοί: σελ. 239-245

2. ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ, JOSEPH A. EDMINISTER, SCAUM'S OUTLINE SERIES, Ελληνική Μετάφραση:
 - Κεφ. 4 σελ 35-38
 - Κεφ. 5 σελ 35-47
 - Κεφ. 14 σελ. 195-206

Εισαγωγικές έννοιες

Ιδιότητες και Μετασχηματισμοί Μιγαδικών Αριθμών

Καρτεσιανή Μορφή Μιγαδικών Αριθμών.

Έστω οι παρακάτω μιγαδικοί αριθμοί σε καρτεσιανή μορφή:

$$z_1 = x_1 + jy_1, z_2 = x_2 + jy_2$$

$$\text{Πρόσθεση : } z_3 = z_1 + z_2 = (x_1 + x_2) + j(y_1 + y_2)$$

$$\text{Αφαίρεση : } z_3 = z_1 - z_2 = (x_1 - x_2) + j(y_1 - y_2)$$

Οι πράξεις του πολλαπλασιασμού και της διαίρεσης απαιτούν αρκετές πράξεις και είναι προτιμότερο να γίνονται με τους μιγαδικούς αριθμούς σε πολική μορφή.

Πολική Μορφή Μιγαδικών Αριθμών.

Έστω οι παρακάτω μιγαδικοί αριθμοί σε πολική μορφή:

$$z_1 = |z_1| \angle \theta_1, z_2 = |z_2| \angle \theta_2$$

$$\text{Πολλαπλασιασμός : } z_3 = z_1 * z_2 = |z_1 * z_2| \angle (\theta_1 + \theta_2)$$

$$\text{Διαίρεση : } z_3 = \frac{z_1}{z_2} = \left| \frac{z_1}{z_2} \right| \angle (\theta_1 - \theta_2)$$

Οι πράξεις της πρόσθεσης και της αφαίρεσης απαιτούν αρκετές πράξεις και είναι προτιμότερο να γίνονται με τους μιγαδικούς αριθμούς σε καρτεσιανή μορφή.

Μετατροπή Μιγαδικών Αριθμών από Πολική Μορφή σε Καρτεσιανή Μορφή.

$$\text{Πολική Μορφή : } z = |z| \angle \theta$$

$$\text{Καρτεσιανή Μορφή : } z = x + jy$$

$$x = z * \cos \theta$$

$$y = z * \sin \theta$$

Μετατροπή Μιγαδικών Αριθμών από Καρτεσιανή Μορφή σε Πολική Μορφή.

$$\text{Καρτεσιανή Μορφή : } z = x + jy$$

$$\text{Πολική Μορφή : } z = |z| \angle \theta$$

$$z = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$\tan \theta = \frac{y}{x}$$

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{y}{x} \right)$$

Άσκηση 8

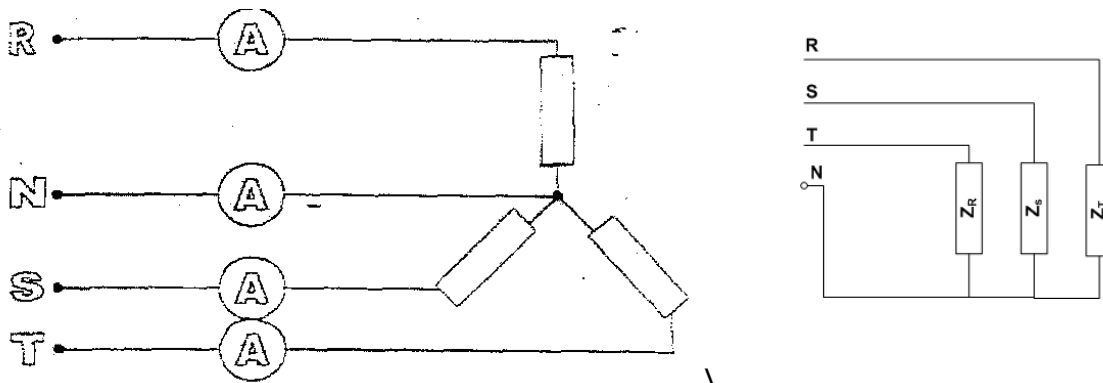
Μετρήσεις σε τριφασικά συστήματα σε σύνδεση αστέρα.

Α. Πειραματική διαδικασία – μετρήσεις

1. Με χρήση του ενδείκτη διαδοχής φάσεων να εντοπίσετε τη σύνδεση της τριφασικής πηγής ώστε να έχουμε ορθή διαδοχή. Σημειώστε στο ακόλουθο σχήμα τη σύνδεση που εντοπίσατε.

Αριθμός ακροδέκτη	1	2	3	4
Φάση				N

2. Μετρήστε τις πολικές και φασικές τάσεις με το βολτόμετρο. Καταγράψτε τις μετρήσεις σας στον Πίνακα 1.
3. Να συνδέσετε τις 3 ωμικές αντιστάσεις σε συνδεσμολογία 4 αγωγών (αστέρας με ουδέτερο), τοποθετώντας κατάλληλα αμπερόμετρα για τη μέτρηση των ρευμάτων, όπως στο σχήμα 1. Καταγράψτε τις μετρήσεις σας στον Πίνακα 2.
4. Να αφαιρέσετε τον ουδέτερο. Παρατηρείτε κάποια μεταβολή; Πως ερμηνεύετε την παρατήρησή σας; Να καταγράψτε τις τιμές των φασικών ρευμάτων στο πίνακα 2
5. Να δημιουργήσετε ασυμμετρία στον αστέρα και να μετρήσετε τα ρεύματα σε συνδεσμολογία 4 αγωγών (με ουδέτερο). Τι παρατηρείτε;
6. Αφαιρέσετε τον ουδέτερο στον ασύμμετρο αστέρα. Τι παρατηρείτε.
7. Να καταγραφούν όλες οι μετρήσεις των ρευμάτων και για αυτή την περίπτωση.
8. Μετρήστε τις τάσεις μεταξύ κάθε φάσης και του κόμβου Ο του αστέρα και την Τάση ON μεταξύ κόμβου του αστέρα και ουδετέρου. Τι παρατηρείτε;



Σχήμα 1: Τριφασικό φορτίο σε συνδεσμολογία αστέρα

ΠΙΝΑΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ**Πίνακας 1:** Μέτρηση τάσεων

Τάσεις	Χαρακτηρισμός	Τιμή
Φασικές		
Πολικές		

Πίνακας 2: Μετρήσεις σε τριφασικό φορτίο σε μορφή αστέρα

Αστέρας	Σύνδεση ουδέτερου	ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ				ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ			
		I_R	I_S	I_T	I_N	I_R	I_S	I_T	I_N
Συμμετρικός	ΝΑΙ								
	ΟΧΙ								
Ασύμμετρος	ΝΑΙ								
	ΟΧΙ								

Πίνακας 3: Τιμές Φορτίων

Αστέρας	Z_R	Z_S	Z_T
Συμμετρικός			
Ασύμμετρος			

Πίνακας 4: Μετρήσεις τάσεων σε ασύμμετρο τριφασικό φορτίο χωρίς ουδέτερο.

Τάση	Τιμή
V_{RO}	
V_{SO}	
V_{TO}	
V_{ON}	

Β. Ερωτήσεις υπολογισμοί.

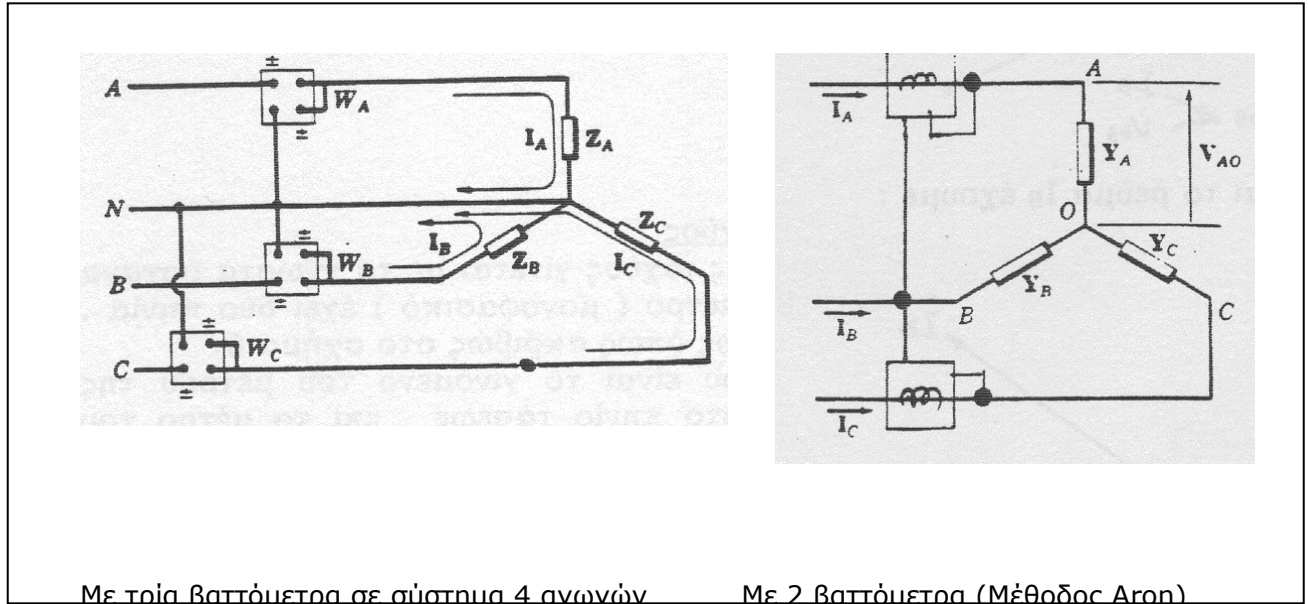
1. Ποια είναι η ονομαστική τιμή της φασικής και πολικής τάσης στο Ελληνικό Δίκτυο Ηλεκτρικής Ενεργείας.
2. Ποια σχέση συνδέει τη φασική με την πολική τάση στα τριφασικά συστήματα; Επιβεβαιώνετε αυτό από τις μετρήσεις σας.
3. Τι παρατηρείτε για τις τάσεις στα φορτία στον ασύμμετρο αστέρα χωρίς ουδέτερο;
4. Σε μια τριφασική οικιακή εγκατάσταση τα φορτία διασυνδέονται κατανέμοντας τα σε συνδέσεις μεταξύ κάθε φάσης και ουδετέρου. Γενικά επειδή κάθε χρονική στιγμή δεν λειτουργούν όλα τα φορτία και δεν είναι ίσα μεταξύ τους ο αστέρας που προκύπτει είναι ασύμμετρος. Τι πρόβλημα προκύπτει αν από λάθος υπάρξει διακοπή του ουδετέρου στην κεντρική γραμμή τροφοδοσίας στην ως άνω εγκατάσταση και τι συνέπειες μπορεί να έχει.
5. Από τις τιμές των τάσεων που μετρήσατε να υπολογίσετε τα ρεύματα γραμμών στο συμμετρικό και ασύμμετρο αστέρα στις συνδεσμολογίες με ουδέτερο.
6. Να συγκρίνετε τα αποτελέσματα των υπολογισμών σας με τις αντίστοιχες μετρήσεις και να δείτε αν συμφωνούν.
7. Να κατασκευάσετε σε κατάλληλη βαθμολογημένη κλίμακα το διανυσματικό διάγραμμα τάσεων και ρευμάτων για το συμμετρικό και ασύμμετρο αστέρα 4 αγωγών.

Γ. Άσκηση

1. Ένα τριφασικό σύστημα RST τεσσάρων αγωγών με πολική τάση 400 V τροφοδοτεί ένα φορτίο αστέρα με $Z_R = 10 \angle 0^\circ \Omega$, $Z_S = 15 \angle 30^\circ \Omega$, $Z_T = 10 \angle -30^\circ \Omega$. Να βρεθούν τα ρεύματα γραμμών, το ρεύμα ουδετέρου.

Άσκηση 9

Μετρήσεις ηλεκτρικής ισχύος σε τριφασικά συστήματα σε σύνδεση αστέρα.



(α)

(β)

Σχήμα 1. Μέτρηση της ηλεκτρικής ισχύος

A. Πειραματική διαδικασία – μετρήσεις

1. Να συνδέσετε τα φορτία του εργαστηριακού σας πάγου σε συνδεσμολογία αστέρα 4 αγωγών τοποθετώντας τα απαραίτητα βαττόμετρα για τη μέτρηση της ηλεκτρικής ισχύος, όπως στο **σχήμα 1α**.
2. Να καταγράψετε τις μετρήσεις σας στον Πίνακα 1.
3. Να πραγματοποιήσετε τις μετρήσεις σας τόσο για συμμετρικό φορτίο και ασύμμετρο.
4. Να συνδέσετε το συμμετρικό φορτίο σε μορφή αστέρα τριών αγωγών και να μετρήσετε την ηλεκτρική ισχύ. Να καταγράψετε τις μετρήσεις σας στον Πίνακα 2
5. Να μετρήσετε την ηλεκτρική ισχύ με τη μέθοδο των δύο βαττομέτρων (μέθοδος Aron) στην περίπτωση του συμμετρικού αστέρα τριών αγωγών, όπως στο **σχήμα 1β**. Να καταγράψετε τις μετρήσεις σας στον Πίνακα 3.

6. Συγκρίνετε τα αποτελέσματα για τις 2 μεθόδους μετρήσεων στον συμμετρικό αστέρα τριών αγωγών;

Πίνακας 1: Μετρήσεις ισχύος σε σύστημα 4 αγωγών

		ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ				ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ			
Σύνδεση ουδετέρου	Αστέρας	P_R	P_S	P_T	P	P_R	P_S	P_T	P
ΝΑΙ	Συμμετρικός								
	Ασύμμετρος								

Πίνακας 2: Μετρήσεις ισχύος σε σύστημα 3 αγωγών

		ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ				ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ			
Σύνδεση ουδετέρου	Αστέρας	P_R	P_S	P_T	P	P_R	P_S	P_T	P
ΟΧΙ	Συμμετρικός								
	Ασύμμετρος								

Πίνακας 3: Μετρήσεις ισχύος σε σύστημα 3 αγωγών με τη μέθοδο Aron

		ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ			ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ		
Σύνδεση ουδετέρου	Αστέρας	P_R	P_T	P	P_R	P_T	P
ΟΧΙ	Συμμετρικός						
	Ασύμμετρος						

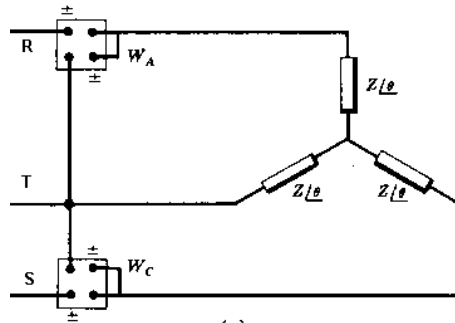
Β. Ερωτήσεις - υπολογισμοί.

1. Ποια σχέση μπορείτε να χρησιμοποιήσετε στον υπολογισμό της ισχύος σε συμμετρικό τριφασικό σύστημα;
2. Να υπολογίσετε την ηλεκτρική ισχύ από τις τιμές των ρευμάτων και των τάσεων, λαμβάνοντας υπόψη ότι αφού τα φορτία μας είναι ωμικά δεν υπάρχει διαφορά φάσεως μεταξύ τάσεων και ρευμάτων.

3. Να υπολογίσετε την ηλεκτρική ισχύ, στον συμμετρικό αστέρα μέσω της σχέσης $P = \sqrt{3}U_{\Pi}I_{\gamma} \cos \phi$. Τι παρατηρείτε;
4. Από τις μετρήσεις σας επιβεβαιώστε τι παριστάνει το $I^2_{\gamma}R$ σε ένα φορτίο κατά τη λειτουργία του σε εναλλασσόμενο ρεύμα;

Γ. Ασκήσεις

1. Τρεις όμοιες ωμικές αντιστάσεις $R=1000 \Omega$ συνδέονται κατά αστέρα σε τριφασικό δίκτυο 400V/50 Hz. Υπολογίστε την πραγματική ισχύ. (Υ 158.7 W)
2. Να υπολογίσετε τις ενδείξεις των βαττομέτρων στο ακόλουθο κύκλωμα, με δεδομένες τις τιμές των ρευμάτων. Η τριφασική πηγή είναι 230/400V με δεξιόστροφη διαδοχή φάσεων



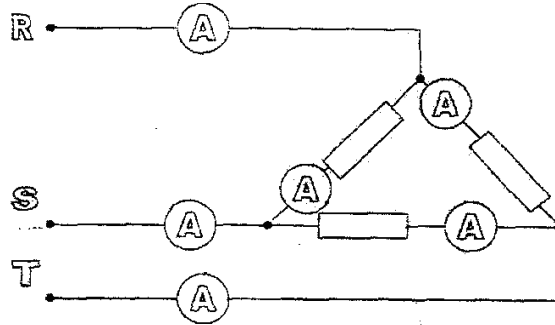
Δίνονται τα ρεύματα:

$$\begin{aligned} I_R &= 29.72 \angle 80^\circ \\ I_S &= 57.3 \angle -9.9^\circ \\ I_T &= 57.3 \angle 179.9^\circ \end{aligned}$$

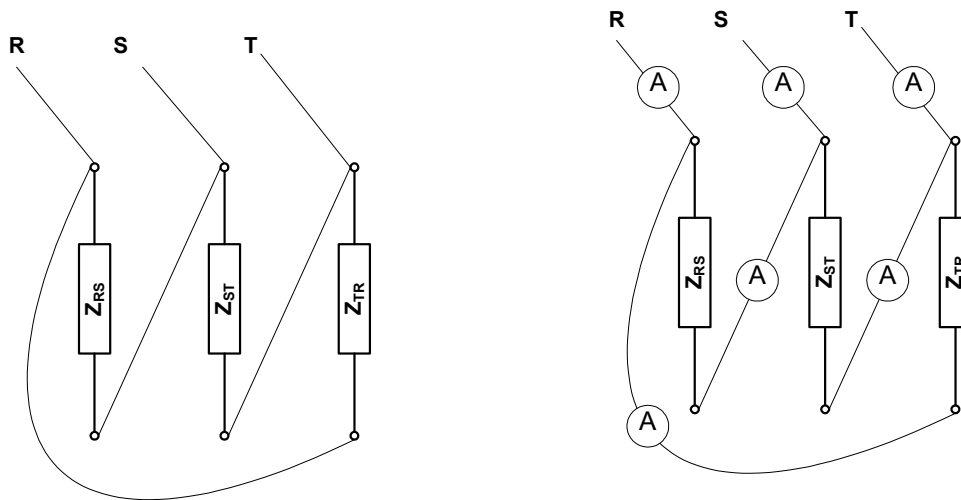
Άσκηση 10

Μετρήσεις σε τριφασικά συστήματα σε σύνδεση τριγώνου

Α. Πειραματική διαδικασία – μετρήσεις

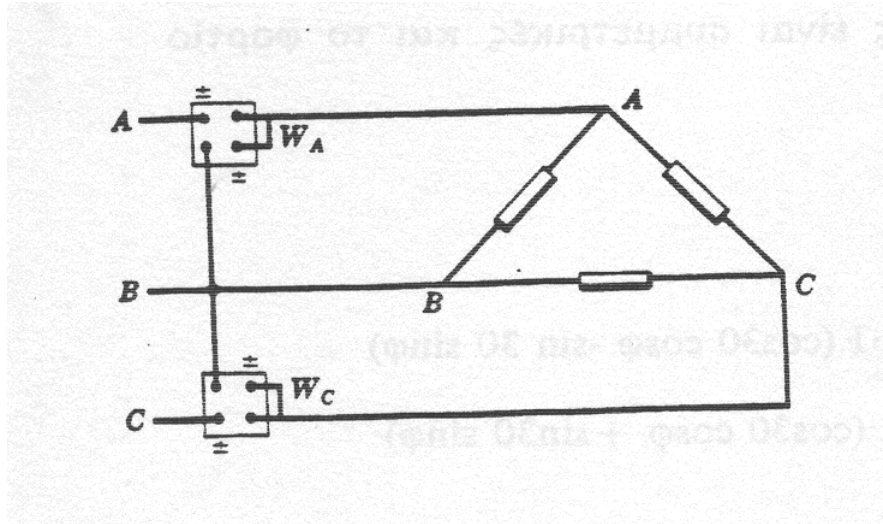


Σχήμα 1 : Συνδεσμολογία τριγώνου με τα όργανα για τη μέτρηση των ρευμάτων.



Σχήμα 2 : Συνδεσμολογία τριγώνου παραστατικό κατασκευαστικό σχήμα

1. Να συνδέσετε τις 3 ωμικές αντιστάσεις 1000 Ω του πάγκου εργασίας σας σε συνδεσμολογία τριγώνου, όπως στο σχήμα 2.
2. Να συνδέσετε τα αμπερόμετρα και να τροφοδοτήσετε το φορτίο για τη μέτρηση των ρευμάτων κλάδων και των ρευμάτων γραμμής.
3. Να επαναλάβετε τις μετρήσεις για ασύμμετρο τριφασικό φορτίο αφού αντικαταστήσετε την μία αντίσταση με τον παράλληλο συνδυασμό 1000//1000 Ω και να καταγράψετε τις τιμές στο Πίνακα 1.



Σχήμα 3: Μέθοδος Aron για τη μέτρηση της ισχύος

4. Να σχεδιάσετε τη συνδεσμολογία για τη μέτρηση της ισχύος με τη μέθοδο Aron. Να σημειώσετε σαφώς σε ποιες γραμμές θα συνδεθούν τα πηνία τάσεως και εντάσεως των βαττόμετρων.
5. Να πραγματοποιήσετε το ηλεκτρικό κύκλωμα που σχεδιάσατε με την τοποθέτηση των οργάνων,
6. Να μετρήσετε την ηλεκτρική ισχύ με τη μέθοδο Aron στο συμμετρικό και ασύμμετρο φορτίο και να καταγράψετε τις τιμές στο Πίνακα 3.

Πίνακας 1: Μετρήσεις σε τριφασικό φορτίο σε μορφή τριγώνου

	ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ						ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ					
	Ρεύματα κλάδων			Ρεύματα γραμμών			Ρεύματα κλάδων			Ρεύματα γραμμών		
Τρίγωνο	I_{RS}	I_{ST}	I_{TR}	I_R	I_S	I_T	I_{RS}	I_{ST}	I_{TR}	I_R	I_S	I_T
Συμμετρικό												
Ασύμμετρο												

Πίνακας 2: Τιμές Φορτίων

Τρίγωνο	Z_{RS}	Z_{ST}	Z_{TR}
Συμμετρικό			
Ασύμμετρο			

Πίνακας 3: Μετρήσεις ισχύος σε συνδεσμολογία τριγώνου με τη μέθοδο Aron

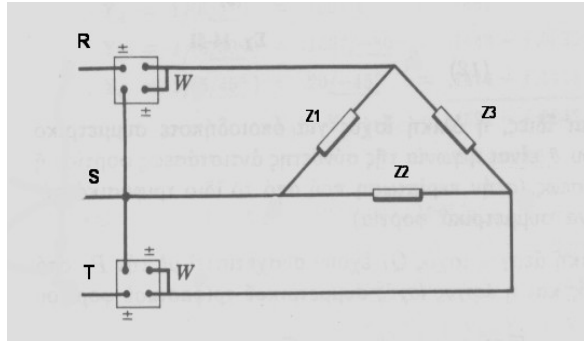
	ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ			ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ		
Τρίγωνο	P_R	P_T	P	P_R	P_T	P
Συμμετρικό						
Ασύμμετρο						

Β. Ερωτήσεις - υπολογισμοί.

1. Ποια σχέση συνδέει το ρεύμα γραμμής με το ρεύμα κλάδου στο συμμετρικό τριφασικό φορτίο κατά την συνδεσμολογία τριγώνου.
2. Από τις μετρήσεις που λάβατε, να συγκρίνετε το ρεύμα γραμμής και το ρεύμα κλάδου στο συμμετρικό τριφασικό φορτίο σε συνδεσμολογία τριγώνου. Τι παρατηρείτε;
3. Συγκρίνετε τα ρεύματα γραμμών στο τρίγωνο σε σχέση με τα αντίστοιχα στη σύνδεση συμμετρικού αστέρα. Τι παρατηρείτε;
4. Να υπολογίσετε τα ρεύματα κλάδων και γραμμών στο τριφασικό φορτίο σε συνδεσμολογία τριγώνου.
5. Να γίνουν τα διανυσματικά διαγράμματα τάσεων και ρευμάτων στο συμμετρικό και σύμμετρο τρίγωνο. Τα διαγράμματα θα γίνουν σε κατάλληλα βαθμολογημένα κλίμακα.
6. Από τις τιμές ρευμάτων που υπολογίσατε και τις τιμές των πολικών τάσεων να υπολογίσετε τις τιμές της ισχύος για τις δύο περιπτώσεις.
7. Πότε ένα βατόμετρο στη μέθοδο Aron μπορεί να δείξει ένδειξη μηδέν ενώ διαρρέεται από ρεύμα.
8. Υπάρχει περίπτωση να δείξει αρνητική τιμή; Πότε θα συμβεί αυτό;

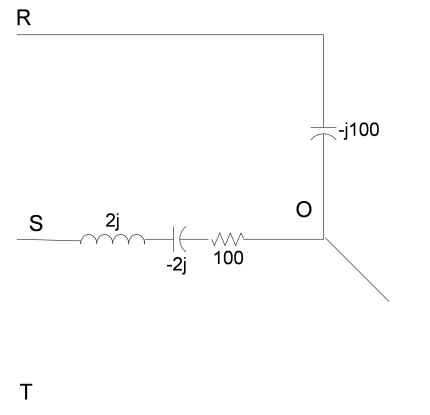
Γ. Ασκήσεις

1. Τρεις όμοιες ωμικές αντιστάσεις $R=1000 \Omega$ συνδέονται σε τρίγωνο σε τριφασικό δίκτυο 400V-500 Hz. Υπολογίστε την πραγματική ισχύ. ($\Delta 480 \text{ W}$)
2. Ένα τριφασικό σύστημα RST τριών αγωγών και 400 V τροφοδοτεί ένα φορτίο σε σύνδεση τριγώνου με $Z_{RS}=25\angle 90^\circ \Omega$, $Z_{ST}=15\angle 30^\circ \Omega$, $Z_{TR}=20\angle 0^\circ \Omega$. Να υπολογίσετε τα ρεύματα των κλάδων και των γραμμών.
3. Να βρεθούν οι ενδείξεις των βαττομέτρων που θα τοποθετηθούν στις φάσεις R και T για τη μέτρηση της ισχύος με τη μέθοδο Aron στο προηγούμενο κύκλωμα.
4. Τι θα δείξουν τα βαττόμετρα στο κύκλωμα του ακόλουθου σχήματος. Δίνονται οι τιμές των ρευμάτων
 $I_R = 5 \angle 35^\circ$
 $I_T = 5 \angle 120^\circ$
 Το τριφασικό σύστημα είναι δεξιόστροφο με $U_{\pi} = 400 \text{ V}$ και να δεχθείτε το διάνυσμα της τάσης U_{ST} τοποθετημένη σε γωνία 0°



ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΣΕ ΤΡΙΦΑΣΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

1. Να υπολογίσετε τα ρεύματα γραμμής και την πραγματική ισχύ σε ένα τρίγωνο με σύνθετες αντιστάσεις σε κάθε κλάδο $15\angle 52^\circ \Omega$.
2. Σε ένα τριφασικό σύστημα αστέρα 3 αγωγών με φασική τάση τάση 220 V και ρεύματα $I_R = 43,5 \angle 116,6^\circ \Omega$, $I_S = 43,3 \angle -48^\circ \Omega$, $I_T = 11,39 \angle 218^\circ \Omega$. Να βρείτε τις ενδείξεις των βατομέτρων που θα τοποθετηθούν στις φάσεις R, και S για τη μέτρηση ισχύος κατά Aron .(5270 W , 6370 W)
3. Ένα φορτίο σε σύνδεση αστέρα με $Z_R = 10 \angle 0^\circ \Omega$, $Z_S = 10 \angle 60^\circ \Omega$, $Z_T = 10 \angle -60^\circ \Omega$. συνδέετε σε τριφασικό σύστημα αστέρα 3 αγωγών RST τάσης 200 V. Να βρεθούν οι τάσεις των φορτίων ($V_{R0} = 173 \angle 90^\circ \text{ V}$, $V_{S0} = 100 \angle 0^\circ \text{ V}$, $V_{T0} = 100 \angle 180^\circ \text{ V}$)
4. Ένα τριφασικό σύστημα RST με πολική τάση 208 V Τροφοδοτεί ένα τρίγωνο με $Z_{RS} = 5 \angle 0^\circ \Omega$, $Z_{ST} = 4 \angle 30^\circ \Omega$ και $Z_{TR} = 6 \angle -15^\circ \Omega$. Να βρείτε τα ρεύματα γραμμής και τις ενδείξεις δύο βατομέτρων που θα τοποθετηθούν στις γραμμές R, T για μέτρηση ισχύος με τη μέθοδο Aron (70,5 \angle 99,65 A, 90,5 \angle -43,3 A, 54,6 \angle 187,9, 13,7 KW, 11,25 KW)
5. Το κύκλωμα του σχήματος τροφοδοτείται από τριφασικό δίκτυο πολικής τάσεως 400 V διαδοχής RST Να υπολογιστεί η τάση V_{OT} στο πιο κάτω σχήμα



ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΜΕ ΤΟΝ ΑΝΑΛΥΤΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ



Α. Μετρήσεις με γέφυρα μετρήσεων και υπολογισμοί για μονοφασική πηγή.

1. Για το επαγωγικό φορτίο του πάγκου εργασίας σας και με χρήση της γέφυρας μετρήσεων μετρήστε τα μεγέθη L και R.
2. Μετρήστε την τάση της μονοφασικής πηγής εναλλασσόμενης τάσης.

Πίνακας Ι

R	
L	
U	

3. Προσδιορίστε από τα στοιχεία, L, R την πραγματική, άεργο, και φαινόμενη ισχύ που θα απορροφήσει το φορτίο, αν συνδεθεί στην πηγή.
4. Προσδιορίστε τον συντελεστή ισχύος.
5. Προσδιορίστε τη διαφορά φάσεως μεταξύ τάσεως και ρεύματος που θα παρουσιαστεί όταν το φορτίο αυτό συνδεθεί στην πηγή.
6. Καταχωρείστε τα αποτελέσματα των υπολογισμών σας στον Πίνακα ΙΙ

Πίνακας ΙΙ

	Υπολογισμός	Μέτρηση
P		
Q		
S		
cosφ		
φ		
Φ (Από τις κυματομορφές)		

Β. Μετρήσεις με τον αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας

1. Συνδέστε το επαγωγικό φορτίο με την πηγή .
2. Με τον αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας μετρήστε την πραγματική, άεργο, φαινόμενη ισχύ.
3. Μετρήστε τον συντελεστή ισχύος και τη γωνία
4. Μετρήστε τη διαφορά φάσεως από τις κυματομορφές τάσεως ρεύματος που εμφανίζονται στην οθόνη του αναλυτή.
5. Καταχωρείστε τα αποτελέσματα στον Πίνακα ΙΙ
6. Συγκρίνετε τις τιμές που μετρήσατε με τις τιμές που υπολογίσατε από τις τιμές των R και L στον Πίνακα ΙΙ. Εντοπίζετε διαφορές; Που τις αποδίδετε;

Γ. Μετρήσεις ηλεκτρικής ενέργειας.

1. Τροφοδοτήστε το επαγωγικό φορτίο παράλληλα με το ωμικό από εναλλασσόμενη τάση η οποία διέρχεται από τον μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας. (Χρησιμοποιείστε δηλαδή ως πηγή τους ακροδέκτες που παρέχουν τάση μέσω του μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας)
2. Συνδέστε τον αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας.
3. Μετρήστε την πραγματική, άεργο και φαινόμενη ενέργεια που καταναλώνει το φορτίο αν παραμείνει συνδεδεμένο μέχρι ο μετρητής να πραγματοποιήσει 3 στροφές.
4. Συγκρίνετε την ηλεκτρική ενέργεια που μετρήσατε με τον αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας με την ένδειξη που παίρνετε από τον μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας.

5. Προσδιορίστε το επί τοις εκατό σφάλμα του μετρητή, θεωρώντας ως όργανο αναφοράς τον αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας.

Πίνακας III

Μέγεθος	Μετρητής ηλ. Ενέργειας	Αναλυτής Ηλ. Ενέργειας.
Wh		
VARh		
VAh		

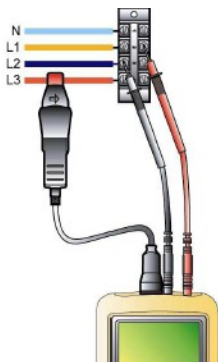
Δ. Μετρήσεις με τον αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας σε τριφασικά συστήματα.

1. Συνδέστε τα τρία φορτία των 1000 Ω του πάγκου εργασίας σας σε διάταξη τριγώνου και τροφοδοτήστε από την πηγή τριφασικής τάσεως.
2. Οι μετρήσεις που θα ακολουθήσουν θα γίνουν με τον αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας.
3. Μετρήστε τα ρεύματα γραμμών και τα ρεύματα κλάδων.
4. Από τις μετρήσεις σας συγκρίνετε τα ρεύματα γραμμών με τα ρεύματα κλάδων στο συμμετρικό τριφασικό σύστημα σε συνδεσμολογία τριγώνου. Τι Παρατηρείται;

Πίνακας IV

Ρεύματα κλάδων		Ρεύματα Γραμμών	
I_{RS}		I_R	
I_{ST}		I_S	
I_{TR}		I_T	

5. Μετρήστε την ισχύ κάθε κλάδου και τη συνολική ισχύ ($P=3P_k$)



6. Μετρήστε την ισχύ μέσω της λειτουργίας 3Φ του Αναλυτή Ηλεκτρικής Ενέργειας.
7. Με χρήση του αναλυτή ηλεκτρικής ενέργειας να προσδιορίσετε τη διαδοχή των φάσεων στην τριφασική πηγή του πάγκου εργασίας σας.

Πίνακας V

P_k	
$P = 3P_k$	
P (Λειτουργία 3 Φ)	