

**ΤΕΙ ΚΑΒΑΛΑΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ**  
**ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑΣ & ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ**  
**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ II**

**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 7<sup>η</sup>**  
**ΔΙΟΡΘΩΣΗ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΙΣΧΥΟΣ**

**A. ΣΚΟΠΟΣ**

Σκοπός της εργαστηριακής αυτής άσκησης είναι η μελέτη, ο υπολογισμός και η διόρθωση του συντελεστή ισχύος σε κυκλώματα εναλλασσομένου ρεύματος.

**B. ΘΕΩΡΙΑ**

Σε κύκλωμα εναλλασσομένου ρεύματος, όπου τα φορτία περιλαμβάνουν εκτός από ωμικές αντιστάσεις, πηνία ή πυκνωτές ή οποιοδήποτε συνδυασμό τους, η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα και η τάση τροφοδοσίας του έχουν μεταξύ τους διαφορά φάσης. Η φαινόμενη ισχύς του ηλεκτρικού κυκλώματος δίνεται από τον τύπο :

$$S = U_{\text{rms}} I_{\text{rms}}$$

όπου  $U_{\text{rms}}$  είναι η ενεργός τιμή της τάσης τροφοδοσίας του ηλεκτρικού κυκλώματος και  $I_{\text{rms}}$  η ενεργός τιμή της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος που το διαρρέει. Η φαινόμενη ισχύς του κυκλώματος δεν καταναλώνεται στην πράξη, με αποτέλεσμα να μην είναι εφικτή η μέτρησή της με χρήση βαττόμετρου. Η μέση ισχύς του κυκλώματος δίνεται από τον τύπο :

$$P = U_{\text{rms}} I_{\text{rms}} \cos\phi$$

όπου  $\phi$  είναι η διαφορά φάσης μεταξύ της τάσης τροφοδοσίας του ηλεκτρικού κυκλώματος και της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος που το διαρρέει. Ο όρος  $\cos\phi$  ονομάζεται συντελεστής ισχύος του κυκλώματος. Η άεργος ισχύς του ηλεκτρικού κυκλώματος δίνεται από τον τύπο:

$$Q = U_{\text{rms}} I_{\text{rms}} \sin\phi$$

και σχετίζεται με τα στοιχεία αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας στο κύκλωμα, δηλαδή με τα χωρητικά και επαγωγικά φορτία του.

Διαιρώντας κατά μέλη τις δύο ανωτέρω σχέσεις προκύπτει η ακόλουθη εξίσωση :

$$Q = P \tan\phi$$

Η φαινόμενη, η άεργος και η μέση ισχύς του ηλεκτρικού κυκλώματος σχηματίζουν ένα ορθογώνιο τρίγωνο, το οποίο ονομάζεται τρίγωνο ισχύος.

Ο συντελεστής ισχύος  $\cos\phi$  είναι μεγαλύτερος ή ίσος με το 0 και μικρότερος ή ίσος της μονάδας. Σε κύκλωμα εναλλασσομένου ρεύματος με μικρό συντελεστή ισχύος, οι ηλεκτρικές γραμμές μεταφοράς του καταπονούνται περισσότερο λόγω της μεγάλης έντασης των άεργων ηλεκτρικών ρευμάτων που διαρρέουν το ηλεκτρικό κύκλωμα για αυτή την πραγματική ισχύ. Σε ένα δίκτυο φωτισμού, το οποίο αποτελείται μόνο από λαμπτήρες πυρακτώσεως, ο συντελεστής ισχύος είναι ίσος με τη μονάδα, η δε επαγωγική τους αντίσταση θεωρείται αμελητέα. Σε μία μονάδα παραγωγής (βιομηχανία ή βιοτεχνία), που έχει φορτίο και κινητήρες, ο συντελεστής ισχύος σπάνια είναι μεγαλύτερος από 0,85.

Σύμφωνα με τα ανωτέρω, ο χαμηλός συντελεστής ισχύος σε κυκλώματα εναλλασσομένου ρεύματος είναι ανεπιθύμητος, διότι σύμφωνα με την ακόλουθη σχέση :

$$I_{rms} = \frac{P}{U_{rms} \cos \phi}$$

για μέση ισχύ και τάση σταθερές, όσο πιο μικρός είναι ο συντελεστής ισχύος, τόσο πιο μεγάλη είναι η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που απορροφά το κύκλωμα από το δίκτυο, άρα πιο μεγάλες είναι οι θερμικές απώλειες κατά μήκος των γραμμών του δικτύου και πιο μεγάλη η πτώση τάσης στη γραμμή. Αξίζει να σημειωθεί ότι η ΔΕΗ επιβάλλει πρόστιμα στους καταναλωτές με μικρό συντελεστή ισχύος.

Επομένως, είναι απαραίτητη η διόρθωση και πιο συγκεκριμένα η αύξηση του συντελεστή ισχύος στα κυκλώματα εναλλασσομένου ρεύματος. Αυτό επιτυγχάνεται με την σύνδεση παράλληλα στην εγκατάσταση ενός πυκνωτή, έτσι ώστε ο συντελεστής ισχύος να αυξηθεί και να γίνει ίσος με την επιθυμητή τιμή, έστω  $\cos \phi_1$ . Στην περίπτωση αυτή η άεργος ισχύς  $Q_1$  θα δίνεται από την ακόλουθη εξίσωση :

$$Q_1 = P \tan \phi_1$$

Η καθαρή άεργος ισχύς που βλέπει το δίκτυο είναι  $Q_1 = Q - U_{rms} I_{C_{rms}}$ . Έτσι ισχύει :

$$Q - Q_1 = P(\tan \phi - \tan \phi_1) = U_{rms} I_{C_{rms}}$$

όπου  $I_{C_{rms}}$  είναι η ενεργός τιμή της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει τον πυκνωτή C και δίνεται από την ακόλουθη σχέση :

$$I_{C_{rms}} = U_{rms} C \omega$$

όπου  $\omega$  είναι η κυκλική συχνότητα της εναλλασσόμενης τάσης που τροφοδοτεί το ηλεκτρικό κύκλωμα και  $U_{rms}$  είναι η ενεργός τιμή της τάσης τροφοδοσίας. Σύμφωνα με τις δύο ανωτέρω σχέσεις, η χωρητικότητα C του πυκνωτή που θα συνδεθεί παράλληλα στην εγκατάσταση, έτσι ώστε να διορθωθεί ο συντελεστής ισχύος του ηλεκτρικού κυκλώματος, ισούται με :

$$C = \frac{P(\tan \phi_1 - \tan \phi)}{\omega U_{rms}^2}$$

## Γ. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ – ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ – ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

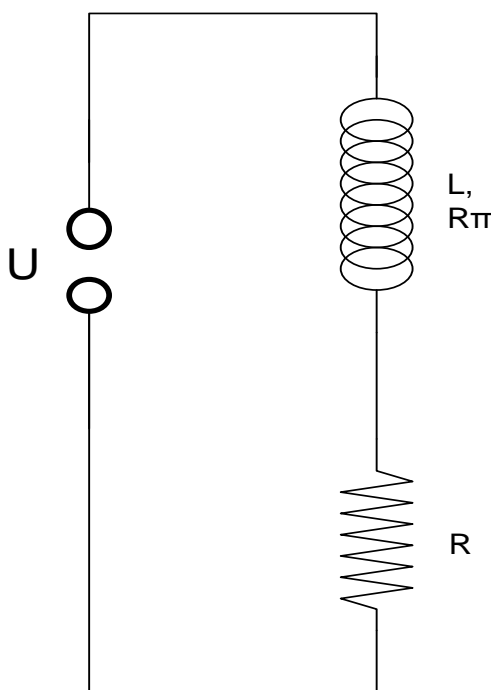
Τα όργανα που απαιτούνται στην εργαστηριακή αυτή άσκηση είναι τα εξής :

- Πηγή εναλλασσομένου ρεύματος
- Αμπερόμετρο εναλλασσομένου ρεύματος
- Βολτόμετρο Εναλλασσομένου ρεύματος
- Ωμόμετρο
- Ωμική αντίσταση
- Πυκνωτής
- Πηνίο
- Βαττόμετρο

Στη συνέχεια ακολουθεί η πειραματική διαδικασία και η επεξεργασία των μετρήσεων της εργαστηριακής άσκησης.

**ΜΕΡΟΣ Α**

1. Πραγματοποιήστε το ηλεκτρικό κύκλωμα του παρακάτω σχήματος χρησιμοποιώντας τον αντιστάτη ωμικής αντίστασης  $R=3\Omega$  και το πηνίο με συντελεστή αυτεπαγωγής  $L=15\text{mH}$  και ωμική αντίσταση  $R_{\pi}=3\Omega$ .
2. Μετρήστε την ωμική αντίσταση  $R$  του αντιστάτη που σας δίνεται.
3. Ρυθμίστε την τάση της πηγής ως εξής :  $5\text{V}/50\text{Hz}$ .
4. Μετρήστε την ενεργό τιμή της τάσης τροφοδοσίας του κυκλώματος.
5. Μετρήστε την ενεργό τιμή της πτώσης τάσης  $U_{R_{\text{rms}}}$  στα άκρα του αντιστάτη, την ενεργό τιμή της πτώσης τάσης  $U_{L_{\text{rms}}}$  στα άκρα του πηνίου και την ενεργό τιμή της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει το ηλεκτρικό κύκλωμα.
6. Μετρήστε την μέση (καταναλισκόμενη) ισχύ του κυκλώματος με την χρήση βαττόμετρου (επιλογέας στην θέση W).
7. Μετρήστε την άεργο ισχύ του κυκλώματος με χρήση βαττόμετρου (επιλογέας στην θέση VAR).

**Σχήμα 1. Κύκλωμα RL σε σειρά.**

8. Μετρήστε την φαινόμενη ισχύ του κυκλώματος χρησιμοποιώντας βολτόμετρο και αμπερόμετρο.
9. Υπολογίστε τον συντελεστή ισχύος του κυκλώματος με βάση τις ανωτέρω μετρήσεις.
10. Κατασκευάστε το τρίγωνο ισχύος και το διανυσματικό διάγραμμα των τάσεων και της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος του κυκλώματος.
11. Υπολογίστε την θεωρητική τιμή της ενεργού τιμής της πτώσης τάσης  $U_{R_{\text{rms}}}$  στα άκρα του αντιστάτη, της ενεργού τιμής της πτώσης τάσης  $U_{L_{\text{rms}}}$  στα άκρα του πηνίου και της

- ενεργού τιμής της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει το ηλεκτρικό κύκλωμα.
12. Υπολογίστε την θεωρητική τιμή της μέσης ισχύος του ηλεκτρικού κυκλώματος.
  13. Υπολογίστε την θεωρητική τιμή της άεργου ισχύος του ηλεκτρικού κυκλώματος.
  14. Υπολογίστε την θεωρητική τιμή της φαινόμενης ισχύος του ηλεκτρικού κυκλώματος.
  15. Υπολογίστε την θεωρητική τιμή του συντελεστή ισχύος του κυκλώματος.
  16. Να σχολιάσετε τα ανωτέρω πειραματικά αποτελέσματα και να συγκρίνετε τις θεωρητικές και πειραματικές τιμές όλων των μετρούμενων φυσικών μεγεθών.
  17. Να υπολογίσετε το σχετικό και το απόλυτο σφάλμα όλων των φυσικών μεγεθών που υπολογίσατε.
  18. Να συμπληρώσετε τους πίνακες 1 & 2.

### ΜΕΡΟΣ Β

19. Υπολογίστε την χωρητικότητα  $C$  του πυκνωτή που πρέπει να συνδεθεί παράλληλα στο δίκτυο έτσι ώστε να διορθωθεί ο συντελεστής ισχύος του ηλεκτρικού κυκλώματος και να γίνει ίσος με 0,85.
20. Συνδέστε παράλληλα στο δίκτυο τον πυκνωτή χωρητικότητας  $C$  που υπολογίσατε στο προηγούμενο βήμα και ακολουθήσετε τα παρακάτω βήματα.
21. Ρυθμίστε την τάση της πηγής ως εξής :  $5V/50Hz$ .
22. Μετρήστε την ενεργό τιμή της τάσης τροφοδοσίας του κυκλώματος.
23. Μετρήστε την ενεργό τιμή της πτώσης τάσης  $U_{R_{rms}}$  στα άκρα του αντιστάτη, την ενεργό τιμή της πτώσης τάσης  $U_{\pi rms}$  στα άκρα του πηνίου και την ενεργό τιμή της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει το ηλεκτρικό κύκλωμα.
24. Μετρήστε την μέση (καταναλισκόμενη) ισχύ του κυκλώματος με την χρήση βαττόμετρου (επιλογέας στην θέση  $W$ ).
25. Μετρήστε την άεργο ισχύ του κυκλώματος με χρήση βαττόμετρου (επιλογέας στην θέση  $VAR$ ).
26. Μετρήστε την φαινόμενη ισχύ του κυκλώματος χρησιμοποιώντας βολτόμετρο και αμπερόμετρο.
27. Υπολογίστε τον συντελεστή ισχύος του κυκλώματος με βάση τις μετρήσεις των βημάτων 21, 22, 23, 24, 25 & 26.
28. Κατασκευάστε το τρίγωνο ισχύος και το διανυσματικό διάγραμμα των τάσεων και της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος του κυκλώματος.
29. Υπολογίστε την θεωρητική τιμή της ενεργού τιμής της πτώσης τάσης  $U_{R_{rms}}$  στα άκρα του αντιστάτη, της ενεργού τιμής της πτώσης τάσης  $U_{\pi rms}$  στα άκρα του πηνίου και της ενεργού τιμής της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει το ηλεκτρικό κύκλωμα.
30. Υπολογίστε την θεωρητική τιμή της μέσης ισχύος του ηλεκτρικού κυκλώματος.
31. Υπολογίστε την θεωρητική τιμή της άεργου ισχύος του ηλεκτρικού κυκλώματος.
32. Υπολογίστε την θεωρητική τιμή της φαινόμενης ισχύος του ηλεκτρικού κυκλώματος.
33. Να σχολιάσετε τα ανωτέρω πειραματικά αποτελέσματα και να συγκρίνετε τις θεωρητικές και πειραματικές τιμές όλων των μετρούμενων φυσικών μεγεθών.
34. Να υπολογίσετε το σχετικό και το απόλυτο σφάλμα όλων των φυσικών μεγεθών που υπολογίσατε.
35. Να συμπληρώσετε τους πίνακες 3 & 4.

f (Hz)	Πειραματικές τιμές									
	$U_{Rrms}$ (V)	$U_{\pi rms}$ (V)	$U_{rms}$ (V)	$I_{rms}$ (A)	C ( $\mu$ F)	S (VA)	P (W)	Q (VAR)	cos $\phi$	$\phi$ ( $^{\circ}$ )
50					-----					

Πίνακας 1 (χωρίς πυκνωτή)

f (Hz)	Θεωρητικές τιμές									
	$U_{Rrms}$ (V)	$U_{\pi rms}$ (V)	$U_{rms}$ (V)	$I_{rms}$ (A)	C ( $\mu$ F)	S (VA)	P (W)	Q (VAR)	cos $\phi$	$\phi$ ( $^{\circ}$ )
50					-----					

Πίνακας 2 (χωρίς πυκνωτή)

f (Hz)	Πειραματικές τιμές									
	$U_{Rrms}$ (V)	$U_{\pi rms}$ (V)	$U_{rms}$ (V)	$I_{rms}$ (A)	C ( $\mu$ F)	S (VA)	P (W)	Q (VAR)	cos $\phi$	$\phi$ ( $^{\circ}$ )
50										

Πίνακας 3 (με την διόρθωση του συντελεστή ισχύος)

f (Hz)	Θεωρητικές τιμές									
	$U_{Rrms}$ (V)	$U_{\pi rms}$ (V)	$U_{rms}$ (V)	$I_{rms}$ (A)	C ( $\mu$ F)	S (VA)	P (W)	Q (VAR)	cos $\phi$	$\phi$ ( $^{\circ}$ )
50										

Πίνακας 4 (με την διόρθωση του συντελεστή ισχύος)

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ :**

1. G. M Miller, "Modern Electronic Communication", Prentice Hall, Inc., 1978.
2. E.N. Πρωτονοτάριου, "Μαθήματα Ειδικής Ηλεκτροτεχνίας".
3. H.H. Skilling, "Electrical Engineering Circuits", John Wiley and Sons.
4. D.F. Tuttle, "Circuits", McGraw-Hill.
5. M.E. Valhenburg, "Network Analysis", 3rd Edition, Prentice-Hall, Englewood Cliffs.
6. Παντελή Χρ. Βαφειάδη, "Ανάλυση Ηλεκτρικών Κυκλωμάτων", 2<sup>η</sup> Έκδοση, Αθήνα 2000.
7. W.H. Hayt, J. E. Kemmerly, "Engineering Circuit Analysis", 2nd Edition, McGraw-Hill.
8. E. Παπαδημητράκη- Χλίγλια, "Ηλεκτρομαγνητισμός", 1978.
9. Χατζαράκης Γεώργιος Ε. , "Ηλεκτρικά Κυκλώματα", Τόμος Β., Έκδοση 1η, ΕΚΔΟΣΕΙΣ Α. ΤΖΙΟΛΑ & ΥΙΟΙ Ο.Ε.
10. Ν. Κολλιόπουλου, "Ηλεκτροτεχνία ΙΙ", Τόμος 2, Έκδοση 2η, Εκδόσεις ΣΤΕΛΛΑ ΠΑΡΙΚΟΥ & ΣΙΑ ΟΕ.