

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

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 3^η

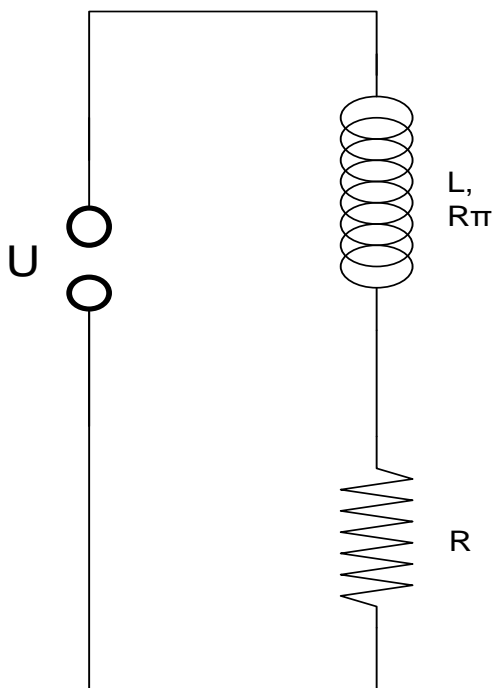
ΑΠΟΚΡΙΣΗ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ R,L ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΣΕ ΣΕΙΡΑ

A. ΣΚΟΠΟΣ

Σκοπός της εργαστηριακής αυτής άσκησης είναι η μελέτη του κυκλώματος εναλλασσομένου ρεύματος RL σε σειρά.

B. ΘΕΩΡΙΑ

Θεωρούμε ένα κύκλωμα RL σε σειρά (σχήμα 1) το οποίο διεγείρεται από μία πηγή εναλλασσόμενης τάσης πλάτους U_0 και συχνότητας f



Σχήμα 1. Κύκλωμα RL σε σειρά.

Η εναλλασσόμενη αυτή τάση περιγράφεται από την εξίσωση :

$$U(t) = U_0 \cos(\omega t)$$

όπου ω είναι η γωνιακή ταχύτητα της εναλλασσόμενης τάσης και δίνεται από την σχέση :

$$\omega = 2\pi f$$

Θεωρούμε αρχικά ότι, το πηνίο είναι ιδανικό δηλαδή δεν έχει ωμική αντίσταση. Το ηλεκτρικό αυτό κύκλωμα είναι ένας διαιρέτης εναλλασσόμενης τάσης. Η διαίρεση της τάσης της πηγής στον αντιστάτη και στο πηνίο εξαρτάται από την ωμική αντίσταση R του αντιστάτη, τον συντελεστή αυτεπαγωγής L του πηνίου και την συχνότητα f της εναλλασσόμενης τάσης.

Ένα ιδανικό πηνίο με συντελεστή αυτεπαγωγής L που διαρρέεται από εναλλασσόμενο ρεύμα παρουσιάζει αντίσταση στη διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος που ονομάζεται επαγωγική αντίσταση και συμβολίζεται με X_L . Αξίζει να σημειωθεί ότι, το ιδανικό πηνίο σε κύκλωμα συνεχούς ρεύματος παρουσιάζει μηδενική αντίσταση, δηλαδή συμπεριφέρεται ως βραχυκύκλωμα. Επιπλέον το πραγματικό πηνίο σε κύκλωμα συνεχούς ρεύματος παρουσιάζει μόνο ωμική αντίσταση (οφείλεται στην ωμική αντίσταση του χάλκινου σύρματος από το οποίο είναι κατασκευασμένο), δηλαδή συμπεριφέρεται ως ωμικός αντιστάτης. Στο διεθνές σύστημα μονάδων (SI) η μονάδα μέτρησης της σύνθετης αντίστασης του πηνίου είναι το Ω .

Ο ολικός συντελεστής αυτεπαγωγής της εν σειράς και της παράλληλης συνδεσμολογίας πηνίων με συντελεστές αυτεπαγωγής L_1, L_2, \dots, L_n δίνεται από τους ακόλουθους τύπους:

$$\text{Συνδεσμολογία εν παράλληλω : } L_{ολ}^{-1} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \dots + \frac{1}{L_n}$$

$$\text{Συνδεσμολογία σειράς : } L_{ολ} = L_1 + L_2 + L_3 + \dots + L_n$$

Η επαγωγική αντίσταση X_L του πηνίου δίνεται από τον τύπο:

$$X_L = L\omega = L \cdot 2\pi f$$

B1. Ιδανικό πηνίο.

Θεωρούμε ότι το πηνίο του κυκλώματος του σχήματος 1 είναι ιδανικό. Στο ηλεκτρικό αυτό κύκλωμα, υπάρχουν δύο πτώσεις τάσης, μία κατά μήκος του αντιστάτη ωμικής αντιστάσεως R (U_R) και μία λόγω αυτεπαγωγής στα άκρα του ιδανικού πηνίου με συντελεστή αυτεπαγωγής L (U_L).

Η πτώση τάσης $U_R = IR$ είναι συμφασική με την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος I που διαρρέει το κύκλωμα. Η τάση U_L στα άκρα του πηνίου προηγείται της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα κατά $\pi/2$ (90°).

Η ενεργός τιμή της τάσης τροφοδοσίας U του κυκλώματος RL σε σειρά δίνεται από την ακόλουθη σχέση :

$$U_{rms} = \sqrt{U_{Rrms}^2 + U_{Lrms}^2} = \sqrt{I_{rms}^2 R^2 + I_{rms}^2 X_L^2} = I_{rms} \sqrt{R^2 + X_L^2} = I_{rms} \sqrt{R^2 + L^2 \omega^2}$$

όπου

U_{Rrms} : ενεργός τιμή της τάσης στα άκρα του αντιστάτη ωμικής αντίστασης R ,

U_{Lrms} : ενεργός τιμή της τάσης λόγω αυτεπαγωγής στα άκρα του πηνίου και

I_{rms} : ενεργός τιμή της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα.

Οπότε ισχύει :

$$\frac{U_{rms}}{I_{rms}} = \sqrt{R^2 + L^2 \omega^2}$$

Σύμφωνα με τον νόμο του Ohm, το πηλίκο U_{rms}/I_{rms} ισούται με την σύνθετη αντίσταση (εμπέδηση) του κυκλώματος, η οποία συμβολίζεται με Z . Άρα ισχύει

$$Z = \frac{U_{rms}}{I_{rms}} = \sqrt{R^2 + L^2 \omega^2}$$

Η ενεργός τιμή της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα δίνεται από την σχέση :

$$I_{rms} = \frac{U_{rms}}{Z} = \frac{U_{rms}}{\sqrt{R^2 + X_L^2}}$$

Η τάση τροφοδοσίας του κυκλώματος προηγείται κατά γωνία ϕ της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος που το διαρρέει. Η διαφορά φάσης ϕ μεταξύ της τάσης τροφοδοσίας και της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα δίνεται από τις σχέσεις :

$$\begin{aligned} \epsilon\phi\phi &= \frac{X_L}{R} = \frac{L\omega}{R} \\ \sigma\nu\nu\phi &= \frac{R}{Z} \end{aligned}$$

Όσο μειώνεται η συχνότητα της πηγής που τροφοδοτεί το κύκλωμα, η επαγωγική αντίσταση του πηνίου μειώνεται και το ποσοστό της τάσης της πηγής που εφαρμόζεται στον αντιστάτη αυξάνεται.

Όσο αυξάνεται η συχνότητα της πηγής που τροφοδοτεί το κύκλωμα, η επαγωγική αντίσταση του πηνίου αυξάνεται και το ποσοστό της τάσης της πηγής που εφαρμόζεται στον αντιστάτη μειώνεται.

B2. Πραγματικό πηνίο.

Θεωρούμε ότι το πηνίο του κυκλώματος του σχήματος 1 είναι πραγματικό, δηλαδή έχει και ωμική αντίσταση R_L . Στο ηλεκτρικό αυτό κύκλωμα, υπάρχουν δύο πτώσεις τάσης, μία κατά μήκος του αντιστάτη ωμικής αντιστάσεως R (U_R) και μία στα άκρα του πηνίου (U_π). Η τάση στα άκρα του πηνίου οφείλεται στην ωμική και στην επαγωγική αντίσταση του πηνίου.

Η πτώση τάσης $U_R=IR$ είναι συμφασική με την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος I που διαρρέει το κύκλωμα. Η τάση U_L λόγω αυτεπαγωγής στα άκρα του πηνίου προηγείται της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα κατά $\pi/2$ (90°). Η πτώση τάσης στα άκρα του πηνίου U_π προηγείται της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα κατά γωνία ϕ_π .

Η ενεργός τιμή της τάσης τροφοδοσίας U_{rms} του κυκλώματος RL σε σειρά δίνεται από την ακόλουθη σχέση :

$$U_{rms} = \sqrt{U_{R_{tot\ rms}}^2 + U_{L_{rms}}^2} = \sqrt{I_{rms}^2 R_{tot}^2 + I_{rms}^2 X_L^2} = I_{rms} \sqrt{R_{tot}^2 + L^2 \omega^2}$$

όπου

$U_{R_{rms}}$: ενεργός τιμή της τάσης στα άκρα του αντιστάτη ωμικής αντίστασης R ,

$U_{L_{rms}}$: ενεργός τιμή της τάσης λόγω αυτεπαγωγής στα άκρα του πηνίου και

I_{rms} : ενεργός τιμή της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα.

Επιπλέον ισχύουν οι ακόλουθες σχέσεις :

$$U_{R_{tot\ rms}} = I_{rms} (R+R_L) \quad \& \quad R_{tot}=R+R_L$$

Οπότε ισχύει :

$$\frac{U_{rms}}{I_{rms}} = \sqrt{R_{tot}^2 + L^2 \omega^2}$$

Σύμφωνα με τον νόμο του Ohm, το πηλίκο U_{rms}/I_{rms} ισούται με την σύνθετη αντίσταση (εμπέδηση) του κυκλώματος, η οποία συμβολίζεται με Z . Άρα ισχύει

$$Z = \frac{U_{rms}}{I_{rms}} = \sqrt{R_{tot}^2 + L^2 \omega^2}$$

Η ενεργός τιμή της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα δίνεται από την σχέση :

$$I_{rms} = \frac{U_{rms}}{Z} = \frac{U_{rms}}{\sqrt{R_{tot}^2 + X_L^2}}$$

Η τάση τροφοδοσίας του κυκλώματος προηγείται κατά γωνία ϕ της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος που το διαρρέει. Η διαφορά φάσης ϕ μεταξύ της τάσης τροφοδοσίας και της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα δίνεται από τις σχέσεις :

$$\epsilon\phi\phi = \frac{X_L}{R_{tot}} = \frac{L\omega}{R_{tot}}$$

$$\sigma\nu\nu\phi = \frac{R_{tot}}{Z}$$

Η ενεργός τιμή της τάσης στα άκρα του πηνίου δίνεται από την ακόλουθη σχέση :

$$U_{\pi rms} = \sqrt{U_{RLrms}^2 + U_{Lrms}^2} = \sqrt{I_{rms}^2 R_L^2 + I_{rms}^2 X_L^2} = I_{rms} \sqrt{R_L^2 + L^2 \omega^2}$$

Η σύνθετη αντίσταση του πηνίου δίνεται από την ακόλουθη σχέση :

$$Z_{\pi} = \sqrt{R_L^2 + L^2 \omega^2}$$

Η τάση στα άκρα του πηνίου προηγείται κατά γωνία ϕ_{π} της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος που το διαρρέει. Η διαφορά φάσης ϕ_{π} μεταξύ της τάσης στα άκρα του πηνίου και της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα δίνεται από τις σχέσεις :

$$\epsilon\phi\phi_{\pi} = \frac{X_L}{R_L} = \frac{L\omega}{R_L}$$

$$\sigma\nu\nu\phi_{\pi} = \frac{R_L}{Z_{\pi}}$$

Γ. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ – ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ – ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

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

- Πηγή εναλλασσομένου ρεύματος
- Παλμογράφος
- Αμπερόμετρο εναλλασσομένου ρεύματος
- Βολτόμετρο Εναλλασσομένου ρεύματος
- Πολύμετρο
- Ωμόμετρο
- Μεταβλητή ωμική αντίσταση
- Πηνίο

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

1. Να πραγματοποιήσετε το ηλεκτρικό κύκλωμα του σχήματος 1 χρησιμοποιώντας τον αντιστάτη ωμικής αντίστασης $R=14\Omega$ και το πηνίο με συντελεστή αυτεπαγωγής $L=15\text{mH}$ & ωμική αντίσταση $R_p=3\Omega$.
2. Μετρήστε την ωμική αντίσταση R του αντιστάτη που σας δίνεται.
3. Ρυθμίστε την τάση της γεννήτριας ως εξής : $14\text{V}/50\text{Hz}$.
4. Με την βοήθεια βολτομέτρου μετρήστε την ενεργό τιμή της τάσης τροφοδοσίας του κυκλώματος.
5. Με την βοήθεια βολτομέτρου και αμπερομέτρου μετρήστε την ενεργό τιμή της πτώσης τάσης $U_{R_{\text{rms}}}$ στα άκρα του αντιστάτη, την ενεργό τιμή της πτώσης τάσης $U_{\text{πrms}}$ στα άκρα του πηνίου και την ενεργό τιμή της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει το ηλεκτρικό κύκλωμα.
6. Με την βοήθεια του παλμογράφου να μετρήσετε το πλάτος, την περίοδο και την συχνότητα της τάσης τροφοδοσίας του κυκλώματος.
7. Με την βοήθεια του παλμογράφου να μετρήσετε το πλάτος, την περίοδο και την συχνότητα της τάσης στα άκρα του αντιστάτη.
8. Με την βοήθεια του παλμογράφου να μετρήσετε το πλάτος, την περίοδο και την συχνότητα της τάσης στα άκρα του πηνίου.
9. Χρησιμοποιώντας τα πειραματικά αποτελέσματα των βημάτων 6, 7 & 8, να υπολογίσετε την ενεργό τιμή της τάσης τροφοδοσίας της πηγής, την ενεργό τιμή της τάσης στα άκρα του πηνίου και την ενεργό τιμή της τάσης στα άκρα της αντίστασης.
10. Με την βοήθεια του παλμογράφου να υπολογίσετε την διαφορά φάσης μεταξύ U_R και U_{π} .
11. Με την βοήθεια του παλμογράφου να υπολογίσετε την διαφορά φάσης μεταξύ U_R και U .
12. Με την βοήθεια του παλμογράφου να υπολογίσετε την διαφορά φάσης μεταξύ U και U_{π} .
13. Να συγκρίνετε και να σχολιάσετε τα αποτελέσματα των παραπάνω μετρήσεων.
14. Να υπολογίσετε θεωρητικά την ενεργό τιμή της πτώσης τάσης $U_{\text{πrms}}$ στα άκρα του πηνίου.
15. Να υπολογίσετε θεωρητικά και πειραματικά την ενεργό τιμή της πτώσης τάσης $U_{L_{\text{rms}}}$ λόγω αυτεπαγωγής στα άκρα του πηνίου.
16. Να υπολογίσετε θεωρητικά και πειραματικά την ενεργό τιμή της πτώσης τάσης $U_{R_{L_{\text{rms}}}}$ λόγω ωμικής αντίστασης στα άκρα του πηνίου.
17. Να υπολογίσετε θεωρητικά την ενεργό τιμή της πτώσης τάσης $U_{R_{\text{rms}}}$ στα άκρα του αντιστάτη.
18. Να υπολογίσετε θεωρητικά την ενεργό τιμή της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει το ηλεκτρικό κύκλωμα.
19. Να υπολογίσετε θεωρητικά και πειραματικά την διαφορά φάσης ϕ μεταξύ της τάσης τροφοδοσίας και της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα.
20. Να υπολογίσετε θεωρητικά και πειραματικά την διαφορά φάσης ϕ_{π} μεταξύ της τάσης στα άκρα του πηνίου και της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα.
21. Να υπολογίσετε θεωρητικά και πειραματικά την σύνθετη αντίσταση Z του κυκλώματος.
22. Να υπολογίσετε θεωρητικά και πειραματικά την σύνθετη αντίσταση Z_{π} του πηνίου.
23. Να συμπληρώσετε τους πίνακες 1,2 &3.
24. Να σχεδιάσετε διανυσματικό διάγραμμα των τάσεων και των ρευμάτων του κυκλώματος.
25. Ποια η συμπεριφορά του πηνίου στο εναλλασσόμενο ρεύμα και ποια στο συνεχές ;
26. Να σχολιάσετε τα ανωτέρω πειραματικά αποτελέσματα και να συγκρίνετε τις θεωρητικές και πειραματικές τιμές όλων των μετρούμενων φυσικών μεγεθών.

27. Να υπολογίσετε το σχετικό και το απόλυτο σφάλμα όλων των φυσικών μεγεθών που υπολογίσατε.

f (Hz)	Πειραματικές τιμές (χρήση πολύμετρου)							
	$U_{R_{rms}}$ (V)	U_{rms} (V)	$U_{\pi rms}$ (V)	Z (Ω)	Z_{π} (Ω)	συνφ	συνφ $_{\pi}$	I_{rms} (A)
50								

Πίνακας 1

f (Hz)	Πειραματικές τιμές (χρήση παλμογράφου)							
	U_{R0} (V)	$U_{\pi0}$ (V)	U_0 (V)	T (sec)	f (Hz)	Διαφορά φάσης μεταξύ U_R και U_{π}	Διαφορά φάσης μεταξύ U_R και U	Διαφορά φάσης μεταξύ U και U_{π}
50								

Πίνακας 2

f (Hz)	Θεωρητικές τιμές								
	$U_{R_{rms}}$ (V)	$U_{L_{rms}}$ (V)	$U_{RL_{rms}}$ (V)	$U_{\pi rms}$ (V)	Z (Ω)	Z_{π} (Ω)	συνφ	συνφ $_{\pi}$	I_{rms} (A)
50									

Πίνακας 3

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ :

1. G. M Miller, "Modern Electronic Communication", Prentice Hall, Inc., 1978.
2. Louis E. Frenzel, "Ηλεκτρονικές Επικοινωνίες", Α. ΤΖΙΟΛΑ Ε, 1994.
3. Γεωργίου Κ. Κοκκινάκη, "Βασικές Γνώσεις Τηλεφωνίας-Τηλεγραφίας", Ίδρυμα Ευγενίδου, 1978.
4. Ε.Ν. Πρωτονοτάριου, "Μαθήματα Ειδικής Ηλεκτροτεχνίας".
5. Η.Η. Skilling, "Electrical Engineering Circuits", John Wiley and Sons.
6. D.F. Tuttle, "Circuits", McGraw-Hill.
7. Μ.Ε. Valhenburg, "Network Analysis", 3rd Edition, Prentice-Hall, Englewood Cliffs.
8. Παντελή Χρ. Βαφειάδη, "Ανάλυση Ηλεκτρικών Κυκλωμάτων", 2^η Έκδοση, Αθήνα 2000.
9. W.H. Hayt, J. E. Kemmerly, "Engineering Circuit Analysis", 2nd Edition, McGraw-Hill.
10. Ε. Παπαδημητράκη- Χλίχλια, "Ηλεκτρομαγνητισμός", 1978.
11. Χατζαράκης Γεώργιος Ε. , "Ηλεκτρικά Κυκλώματα", Τόμος Β., Έκδοση 1η, ΕΚΔΟΣΕΙΣ Α. ΤΖΙΟΛΑ & ΥΙΟΙ Ο.Ε.
12. Ν. Κολλιόπουλου, "Ηλεκτροτεχνία ΙΙ", Τόμος 2, Έκδοση 2η, Εκδόσεις ΣΤΕΛΛΑ ΠΑΡΙΚΟΥ & ΣΙΑ ΟΕ.