

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

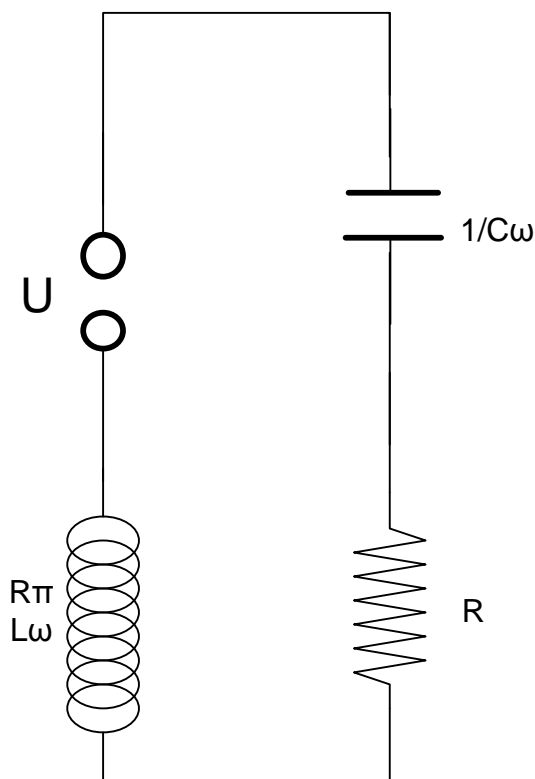
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 5^η
ΚΥΚΛΩΜΑ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ RLC ΣΕ ΣΕΙΡΑ
ΣΕ ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟ

A. ΣΚΟΠΟΣ

Σκοπός της εργαστηριακής αυτής άσκησης είναι η μελέτη του κυκλώματος εναλλασσομένου ρεύματος RLC σε σειρά όταν αυτό βρίσκεται σε συντονισμό.

B. ΘΕΩΡΙΑ

Έστω ένα κύκλωμα RLC σε σειρά (σχήμα 1) το οποίο αποτελείται από έναν αντιστάτη ωμικής αντίστασης R , ένα πυκνωτή χωρητικότητας C και από ένα πηνίο με συντελεστή αυτεπαγωγής L & ωμική αντίσταση R_{π} .



Σχήμα 1. Κύκλωμα RLC σε σειρά.

Το κύκλωμα αυτό διεγείρεται από μία πηγή εναλλασσόμενης τάσης πλάτους U_0 και συχνότητας f . 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 :

$$\omega = 2\pi f$$

Στο ηλεκτρικό αυτό κύκλωμα, υπάρχουν τρεις πτώσεις τάσης, μία κατά μήκος του αντιστάτη ωμικής αντιστάσεως R (U_R), μία κατά μήκος του πυκνωτή χωρητικότητας C (U_C) 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_C στα άκρα του πυκνωτή υστερεί της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα κατά $\pi/2$ (90°). 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 του κυκλώματος RLC σε σειρά δίνεται από την ακόλουθη σχέση :

$$U_{rms} = \sqrt{U_{R_{tot\ rms}}^2 + (U_{L_{rms}} - U_{C_{rms}})^2} = I_{rms} \sqrt{R_{tot}^2 + (L\omega - \frac{1}{C\omega})^2}$$

Επιπλέον ισχύει

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

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

$$Z = \frac{U_{rms}}{I_{rms}} = \sqrt{R_{tot}^2 + (L\omega - \frac{1}{C\omega})^2}$$

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

$$I_{rms} = \frac{U_{rms}}{Z} = \frac{U_{rms}}{\sqrt{R_{tot}^2 + (L\omega - \frac{1}{C\omega})^2}}$$

Η διαφορά φάσης φ μεταξύ της τάσης τροφοδοσίας και της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα δίνεται από την σχέση :

$$\sin\varphi = \frac{X_L - X_C}{R_{tot}} = \frac{L\omega - \frac{1}{C\omega}}{R_{tot}}$$

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

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

Η σύνθετη αντίσταση του πηνίου δίνεται από την ακόλουθη σχέση :

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

Η διαφορά φάσης φ_π μεταξύ της τάσης στα άκρα του πηνίου και της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα δίνεται από την σχέση :

$$\varphi_{\pi} = \frac{X_L}{R_{\pi}} = \frac{L\omega}{R_{\pi}}$$

Μεταβάλλοντας την συχνότητα της εναλλασσόμενης τάσης της πηγής και διατηρώντας το πλάτος της σταθερό η χωρητική αντίσταση του πυκνωτή και η επαγωγική αντίσταση του πηνίου μεταβάλλονται. Όταν η γωνιακή ταχύτητα της εναλλασσόμενης τάσης έχει μία τιμή ω_0 τέτοια ώστε η χωρητική αντίσταση του πυκνωτή να ισούται με την επαγωγική αντίσταση του πηνίου, τότε το κύκλωμα βρίσκεται σε κατάσταση συντονισμού. Τότε ισχύει η ακόλουθη σχέση :

$$L\omega_0 = \frac{1}{C\omega_0}$$

Η συχνότητα f_0 για την οποία το κύκλωμα είναι σε συντονισμό δίνεται από την ακόλουθη εξίσωση :

$$f_0^2 = \frac{1}{4\pi^2 LC}$$

Όταν η συχνότητα της πηγής είναι μεγαλύτερη από την συχνότητα συντονισμού το κύκλωμα παρουσιάζει επαγωγική συμπεριφορά. Αντίθετα, όταν η συχνότητα της πηγής είναι μικρότερη από την συχνότητα συντονισμού το κύκλωμα παρουσιάζει χωρητική συμπεριφορά. Σύμφωνα με τις ανωτέρω σχέσεις είναι φανερό ότι όταν το κύκλωμα βρίσκεται σε συντονισμό ισχύουν τα ακόλουθα :

- Η σύνθετη αντίσταση του κυκλώματος έχει την ελάχιστη τιμή της και ισχύει $Z=R+R_{\pi}$
- Η ενεργός τιμή της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα είναι μέγιστη και ισχύει $I_{\text{rms}}=U_{\text{rms}}/(R+R_{\pi})$
- Η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα και η τάση της πηγής έχουν την ίδια φάση
- Το κύκλωμα παρουσιάζει ωμική συμπεριφορά
- Η χωρητική αντίσταση του πυκνωτή ισούται με την επαγωγική αντίσταση του πηνίου

Ο συντελεστής ποιότητας Q του κυκλώματος RLC σειράς σε συντονισμό δίνεται από την ακόλουθη σχέση :

$$Q = \frac{L\omega_0}{R}$$

Γ. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ – ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ – ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

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

- Γεννήτρια συχνοτήτων εναλλασσομένου ρεύματος
- Παλμογράφος
- Αμπερόμετρο εναλλασσομένου ρεύματος
- Βολτόμετρο Εναλλασσομένου ρεύματος
- Πολύμετρο
- Ωμόμετρο
- Μεταβλητή ωμική αντίσταση
- Πηνίο
- Πυκνωτής

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

1. Να πραγματοποιήσετε το ηλεκτρικό κύκλωμα του σχήματος 1 χρησιμοποιώντας τον αντιστάτη ωμικής αντίστασης $R=15\Omega$, τον πυκνωτή χωρητικότητας $C=50\mu F$ και το πηνίο με συντελεστή αυτεπαγωγής $L=15mH$ & ωμική αντίσταση $R_{\pi}=3\Omega$.
2. Μετρήστε την ωμική αντίσταση R του αντιστάτη που σας δίνεται.
3. Μετρήστε την χωρητικότητα C του πυκνωτή που σας δίνεται.
4. Συνδέστε την γεννήτρια εναλλασσομένου ρεύματος στα άκρα της εν σειράς συνδεσμολογίας του αντιστάτη, του πυκνωτή και του πηνίου.
5. Για σταθερή ενεργό τιμή $2V$ και για συχνότητες f (του πίνακα 2) της πηγής εναλλασσόμενου ρεύματος (γεννήτριας), μετρήστε (με χρήση πολύμετρου) την ενεργό τιμή της τάσης της πηγής, την ενεργό τιμή της πτώσης τάσης $U_{R_{rms}}$ στα άκρα του αντιστάτη, την ενεργό τιμή της πτώσης τάσης $U_{C_{rms}}$ στα άκρα του πυκνωτή και την ενεργό τιμή της τάσης $U_{\pi_{rms}}$ στα άκρα του πηνίου.
6. Για σταθερή ενεργό τιμή $2V$ και για συχνότητες f (του πίνακα 1) της πηγής εναλλασσόμενου ρεύματος (γεννήτριας), μετρήστε (με χρήση παλμογράφου) το πλάτος, την ενεργό τιμή, την περίοδο και την συχνότητα της τάσης της πηγής, της πτώσης τάσης $U_{R_{rms}}$ στα άκρα του αντιστάτη, της πτώσης τάσης $U_{C_{rms}}$ στα άκρα του πυκνωτή και της τάσης $U_{\pi_{rms}}$ στα άκρα του πηνίου.
7. Για τις περιπτώσεις του βήματος 5, μετρήστε με την βοήθεια πολύμετρου την ενεργό τιμή της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει το ηλεκτρικό κύκλωμα
8. Για τις περιπτώσεις του βήματος 5, να υπολογίσετε θεωρητικά την ενεργό τιμή της πτώσης τάσης $U_{\pi_{rms}}$ στα άκρα του πηνίου, την ενεργό τιμή της πτώσης τάσης $U_{C_{rms}}$ στα άκρα του πυκνωτή, την ενεργό τιμή της πτώσης τάσης $U_{R_{rms}}$ στα άκρα του αντιστάτη και την ενεργό τιμή της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει το ηλεκτρικό κύκλωμα.
9. Για τις περιπτώσεις του βήματος 5, να υπολογίσετε θεωρητικά και πειραματικά (με την χρήση παλμογράφου) την διαφορά φάσης ϕ μεταξύ της τάσης τροφοδοσίας και της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα, την διαφορά φάσης ϕ_{π} μεταξύ της τάσης στα άκρα του πηνίου και της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα
10. Για τις περιπτώσεις του βήματος 5, να υπολογίσετε θεωρητικά και πειραματικά, την σύνθετη αντίσταση Z του κυκλώματος και την σύνθετη αντίσταση Z_{π} του πηνίου.
11. Για τις περιπτώσεις του βήματος 5 να προσδιορίσετε την συμπεριφορά του κυκλώματος (ωμική / επαγωγική / χωρητική)
12. Να σχεδιάσετε την γραφική παράσταση της σύνθετης αντίστασης του κυκλώματος συναρτήσει της συχνότητας της πηγής.
13. Να σχεδιάσετε την γραφική παράσταση της ενεργού τιμής της έντασης του εναλλασσόμενου ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα συναρτήσει της συχνότητας της πηγής.
14. Να υπολογίσετε θεωρητικά και πειραματικά την συχνότητα συντονισμού του κυκλώματος.
15. Να συμπληρώσετε τους πίνακες 1, 2 & 3 και να σχολιάσετε τα πειραματικά και θεωρητικά αποτελέσματα.
16. Να σχεδιάσετε διανυσματικό διάγραμμα των τάσεων και των ρευμάτων όταν το κύκλωμα βρίσκεται σε κατάσταση συντονισμού.

17. Να υπολογίσετε τον συντελεστή ποιότητας του κυκλώματος σε συντονισμό.
18. Να συγκρίνετε τις θεωρητικές και πειραματικές τιμές όλων των μετρούμενων φυσικών μεγεθών.
19. Να υπολογίσετε το σχετικό και το απόλυτο σφάλμα όλων των μετρούμενων φυσικών μεγεθών.

f (KHz)	Πειραματικές τιμές (παλμογράφος)								
	U _{R0} (V)	f (KHz)	U _{C0} (V)	U _{π0} (V)	U ₀ (V)	T (sec)	φ	φ _π	Συμπεριφορά του κυκλώματος
0,050									
0,075									
0,500									
0,750									
1,000									
1,500									
2,000									
3,000									
4,000									
5,000									
6,000									
8,000									
10,000									
20,000									
30,000									
40,000									
50,000									

Πίνακας 1

f (KHz)	Πειραματικές τιμές (πολύμετρο)								
	U _{Rrms} (V)	I _{rms} (A)	U _{Crms} (V)	U _{πrms} (V)	Z _π (Ω)	Z (Ω)	εφφ	εφφ _π	Συμπεριφορά του κυκλώματος
0,050									
0,075									
0,500									
0,750									
1,000									
1,500									
2,000									
3,000									
4,000									
5,000									
6,000									
8,000									
10,000									
20,000									
30,000									
40,000									
50,000									

Πίνακας 2

f (KHz)	Θεωρητικές τιμές								Συμπεριφορά του κυκλώματος
	$U_{R_{rms}}$ (V)	I_{rms} (A)	$U_{C_{rms}}$ (V)	$U_{\pi rms}$ (V)	Z_{π} (Ω)	Z (Ω)	εφφ	εφφ _{π}	
0,050									
0,075									
0,500									
0,750									
1,000									
1,500									
2,000									
3,000									
4,000									
5,000									
6,000									
8,000									
10,000									
20,000									
30,000									
40,000									
50,000									

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