

## ΑΣΚΗΣΗ 208

### ΚΥΚΛΩΜΑ ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΥ ΕΝ ΣΕΙΡΑ

Αντικείμενο της άσκησης είναι να πραγματοποιήσετε μετρήσεις σε ένα RLC κύκλωμα σειράς έτσι ώστε α) να σχεδιάσετε την καμπύλη συντονισμού β) να προσδιορίσετε τις χαρακτηριστικές συχνότητες  $f_0$ ,  $f_1$ ,  $f_2$  και γ) να υπολογίσετε τον συντελεστή υπέρτασης  $Q_0$ .

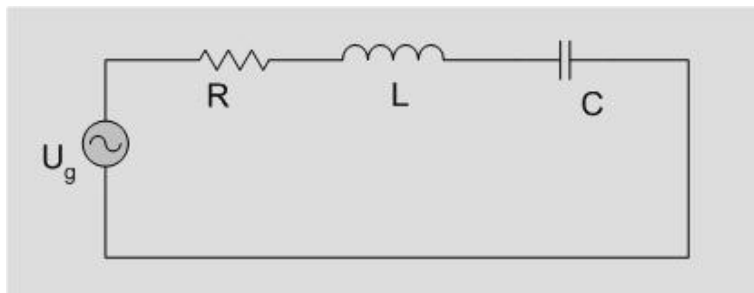
**Η θεωρία της άσκησης δεν καλύπτεται από το βιβλίο του Εργαστηρίου. Διαβάστε συμπληρωματικά από το βιβλίο του μαθήματος το φαινόμενο υπέρτασης στο συντονισμό και το συντελεστή υπέρτασης**

θ

Στο Σχ.1 φαίνεται ένα RLC κύκλωμα σειράς που διεγείρεται από μία πηγή εναλλασσόμενης τάσης. Η εμπέδηση (σύνθετη αντίσταση) του κυκλώματος δίνεται από τη σχέση,

$$\mathbf{Z} = R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right) = R + j(X_L - X_C) \quad (1)$$

όπου  $X_L = \omega L$  και  $X_C = 1/\omega C$ .



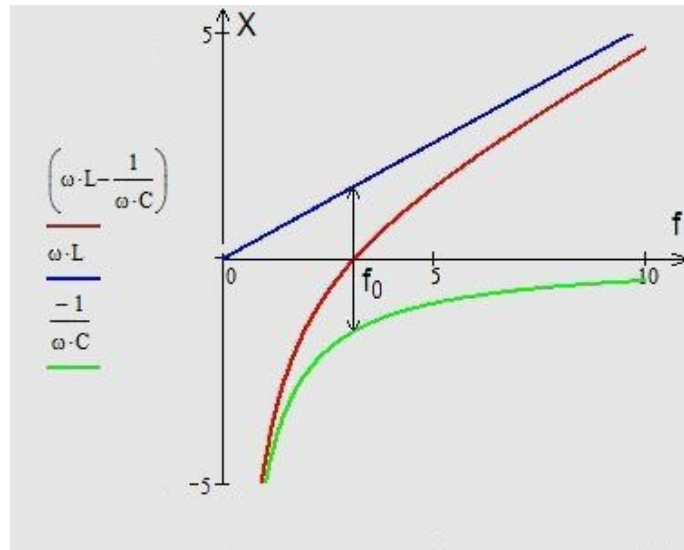
Σχ.1

Το μέτρο της σύνθετης αντίστασης του κυκλώματος  $Z = |\mathbf{Z}|$  δίνεται από τη σχέση

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \quad (2)$$

Η γραφική παράσταση της αντίστασης  $X = X_L - X_C$  συναρτήσει της συχνότητας  $f$  φαίνεται στο Σχ.2. Το ρεύμα  $I$  που διαρρέει το κύκλωμα δίνεται από τη σχέση,

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}} \quad \text{όπου } U = |U_g| \quad (3)$$



Σχ.2

Για  $X=0$  ή  $X_L=X_C$  και συνεπώς  $\omega_0 L = \frac{1}{\omega_0 C}$  ή  $\omega_0 = 2\pi f = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ , (4)

το ρεύμα  $I$  λαμβάνει τη μέγιστη τιμή του  $I_0 = \frac{U}{R}$ . (5)

Η κυκλική συχνότητα  $\omega_0$  καλείται συχνότητα συντονισμού του κυκλώματος.

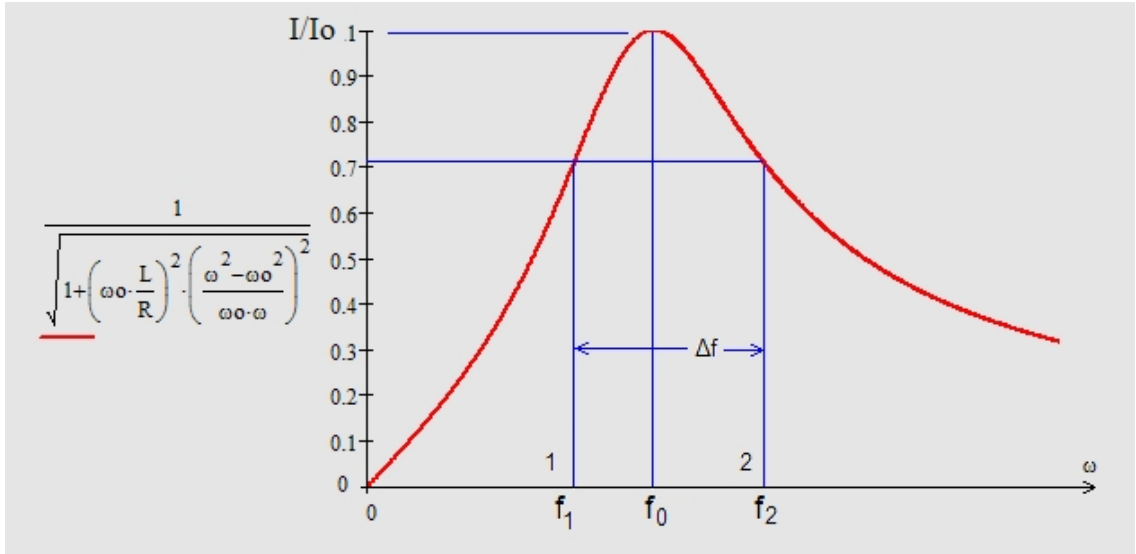
Από τις σχέσεις (3) και (5) προκύπτει η σχέση

$$\frac{I}{I_0} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{X_0}{R}\right)^2 \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}\right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + (Q_0)^2 \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}\right)^2}} \quad (6)$$

όπου  $X_0 = \omega_0 L = \frac{1}{\omega_0 C}$  και  $Q_0 = \frac{X_0}{R}$  (7)

Το  $Q_0$  καλείται συντελεστής υπέρτασης του κυκλώματος στη συχνότητα συντονισμού.

Η γραφική παράσταση της σχέσης (6) φαίνεται στο Σχ.3. Για  $I = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$  ή  $I=0.707 I_0$



Σχ.3

λαμβάνονται από την καμπύλη του Σχ.3 οι συχνότητες  $f_1$  και  $f_2$  οι οποίες ορίζουν το εύρος ζώνης συντονισμού  $\Delta f$ . Στις συχνότητες εντός του εύρους αυτού θεωρούμαι ότι συντονίζεται πρακτικά το κύκλωμα. Επειδή στα σημεία 1 και 2 το ρεύμα στο κύκλωμα είναι  $I=0.707 I_0$ , η απορροφώμενη σ' αυτά πραγματική ισχύς από την αντίσταση  $R$  ισούται με το μισό της απορροφώμενης ισχύος στη συχνότητα συντονισμού. Για τις συχνότητες  $f_0$ ,  $f_1$ ,  $f_2$  και το συντελεστή  $Q_0$  ισχύει

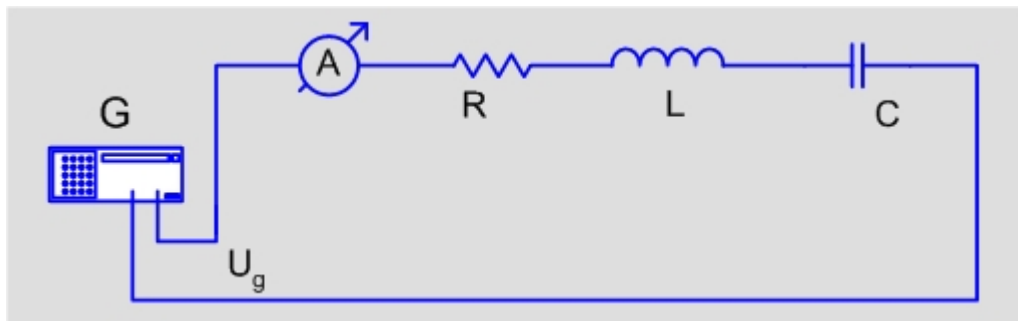
$$f_0 = \sqrt{f_1 f_2} \quad (8) \quad \text{και} \quad Q_0 = \frac{f_0}{f_2 - f_1} = \frac{f_0}{\Delta f} \quad (9)$$



### Πειραματική Διάταξη - Μετρήσεις

1. Πραγματοποιήστε τη συνδεσμολογία του κυκλώματος που φαίνεται στο Σχ.4 με τις ακόλουθες τιμές για τα στοιχεία:

$C=0.1 \mu\text{F}$ ,  $L=100 \text{ mH}$ ,  $R_1=80 \Omega$ , και  $R_2=500 \Omega$ ,  $U_g=4\text{V p-p}$



Σχ.4

2. Μετρήστε την ένταση  $I$  του κυκλώματος για τις ακόλουθες συχνότητες της γεννήτριας και συμπληρώστε τον πίνακα που ακολουθεί:

100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1200, 1300, 1400, 1500, 1550, 1600, 1650, 1700, 1800, 1900, 2000, 2500, 3000, 3500, 4000, 5000, 10000 Hz και για τις δύο τιμές της αντίστασης.

3. Εντοπίστε τη συχνότητα συντονισμού  $f_0$ . Για τη συχνότητα αυτή μετρήστε στον παλμογράφο τις τάσεις  $V_{L(p-p)}$  και  $V_{C(p-p)}$  και για τις δύο τιμές της αντίστασης.



### Επεξεργασία Μετρήσεων

1. Να παρασταθεί γραφικά η σχέση  $I/I_0 = \sigma(f)$  σε κοινούς άξονες με παράμετρο τις αντιστάσεις  $R$ .
2. Να προσδιορισθούν από την καμπύλη  $I/I_0 = \sigma(f)$  και για  $R=0 \Omega$  οι συχνότητες  $f_0$ ,  $f_1$ ,  $f_2$  και  $\Delta f$ .
3. Να επαληθευθεί η σχέση (8).
4. Να προσδιοριστεί ο συντελεστής  $Q_0$ .
5. Να υπολογισθούν οι θεωρητικές τιμές των  $f_0$ ,  $f_1$ ,  $f_2$  και  $Q_0$ .
6. Ποιος είναι ο βασικός λόγος για τη διαφορά της θεωρητικής τιμής  $Q_0 = \frac{\omega_0 L}{R}$  από την πειραματική; Ποια τιμή κατά τη γνώμη σας είναι η περισσότερο σωστή και γιατί;
7. Σε κάθε περίπτωση απόκλισης των πειραματικών τιμών από τις θεωρητικές ποια είναι τα συμπεράσματά σας.

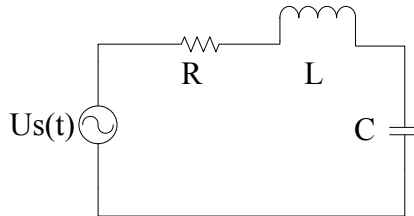
### ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

<b>F(Hz)</b>	<b>I1 (R=80Ω)</b>	<b>I2 (R=500Ω)</b>	<b>I<sub>1</sub>/I<sub>0</sub></b>	<b>I<sub>2</sub>/I<sub>0</sub></b>
100				
200				
300				
400				
500				
600				
700				
800				
900				
1000				
1100				
1200				
1300				
1400				
1500				
1550				
1600				
1650				
1700				
1800				
1900				
2000				
2500				
3000				
4000				
5000				
10000				

## Ερωτήσεις προς Μελέτη

Για να παρακολουθήσετε την Άσκηση θα πρέπει να γνωρίζετε τουλάχιστον το 80% των απαντήσεων.

1. Στο R-L-C κύκλωμα του σχήματος ποια είναι η συνθήκη για να έχουμε συντονισμό;



2. Ποια είναι η συχνότητα συντονισμού;

3. Αν  $U_s(t)=15\cos 2000t$ ,  $R=100\Omega$ ,  $L=1\text{mH}$  και  $C=10\mu\text{F}$ , ποιο είναι το ρεύμα συντονισμού;

4. Αν το κύκλωμα βρίσκεται σε συντονισμό με  $U_s(t)=30\cos 2000t$  και το πλάτος της τάσης στο πηνίο είναι 45 Volts, βρείτε το πλάτος της τάσης στον πυκνωτή και στην αντίσταση.

5. Ποια είναι η διαφορά φάσης μεταξύ των τάσεων  $U_L(t)$  και  $U_C(t)$ ; Δικαιολογήστε την απάντησή σας.

6. Σχεδιάστε την καμπύλη συντονισμού συναρτήσει της συχνότητας.

7. Ποια είναι η συνολική σύνθετη αντίσταση του κυκλώματος R-L-C σειράς;

8. Ποια είναι η συνολική σύνθετη αντίσταση του κυκλώματος R-L-C σειράς στο συντονισμό;

9. Πώς μεταβάλλονται οι σύνθετες αντιστάσεις του πυκνωτή και του πηνίου συναρτήσει της συχνότητας;

10. Τι είναι το φαινόμενο της υπέρτασης στο συντονισμό;

11. Αν το κύκλωμα R-L-C σειράς βρίσκεται σε συντονισμό με συντελεστή υπέρτασης (ποιότητας)  $Q=4$  και  $U_s(t)=5\cos 2000t$  ποια είναι τα πλάτη των τάσεων  $U_L(t)$ ,  $U_C(t)$  και  $U_R(t)$ ;

12. Αν θεωρήσω σαν έξοδο (απόκριση) του κυκλώματος την τάση στην αντίσταση ποια είναι η συνάρτηση μεταφοράς του κυκλώματος? Μπορεί το κύκλωμα να θεωρηθεί σαν φίλτρο συχνοτήτων για κάποια περιοχή συχνοτήτων; Αν ναι ποια είναι η περιοχή αυτή; (για να απαντήσετε στην ερώτηση αυτή χρησιμοποιήστε τις γνώσεις σας για τα φίλτρα συχνοτήτων της άσκησης 207).