ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΛΑΜΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ

"ΗΛΕΚΤΡΟΤΕΧΝΙΑ – ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ"

ΣΑΚΕΛΛΑΡΗ ΔΕΣΠΟΙΝΑ
ΦΥΣΙΚΟΣ- M.SC.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΆΣΚΗΣΗ 1

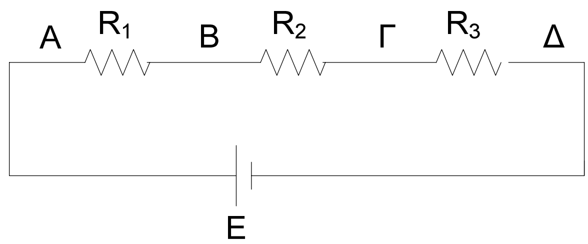
"ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΩΜΙΚΩΝ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ"

ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΆΣΚΗΣΗΣ: μελέτη απλών κυκλωμάτων με συνδεσμολογία ωμικών αντιστάσεων σε σειρά και παράλληλα, καταγραφή πειραματικών μετρήσεων, υπολογισμός ολικής αντίστασης.

1.1. ΣΥΝΔΕΣΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ ΣΕ ΣΕΙΡΑ

Α. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Θεωρούμε το κύκλωμα του σχήματος 1.1.1, όπου οι αντιστάσεις R_1,R_2,R_3 είναι συνδεδεμένες σε σειρά.



Σχήμα 1.1.1.: Σύνδεση αντιστάσεων R_1,R_2,R_3 σε σειρά

Η τάση στα άκρα της αντίστασης R_1 είναι $V_{R1}= V_A- V_B$ (1), της R_2 είναι $V_{R2}=V_B- V_Γ$ (2) και της R_3 $V_{R3}= V_Γ- V_Δ$ (3).

Προσθέτοντας κατά μέλη τις σχέσεις (1)-(3) προκύπτει ότι:

$$V_{R1}+V_{R2}+V_{R3}= V_A- V_Δ \quad (4)$$

Αλλά από το σχήμα προκύπτει ότι : $V_A- V_Δ=V_{ολ}$.

Άρα η (4) γίνεται: $\mathbf{V_{ολ}=V_{R1}+V_{R2}+V_{R3} \ (5)}$

Επιπλέον, ισχύουν οι σχέσεις:

$$V_{R1}=I_1 \cdot R_1,\ V_{R2}=I_2 \cdot R_2,\ V_{R3}= I_3 \cdot R_3 \text{και } V_{ολ}=I_{ολ} \cdot R_{ολ} \ (6).$$

Από τις σχέσεις (5),(6) έχουμε:

$$I_{ολ} \cdot R_{ολ}= I_1 \cdot R_1+ I_2 \cdot R_2+ I_3 \cdot R_3 \quad (7)$$

Χαρακτηριστικό της συνδεσμολογίας αντιστάσεων σε σειρά είναι ότι όλες οι αντιστάσεις διαρρέονται από την ίδια ένταση ρεύματος Ι, που είναι ίση με την $I_{ολ}$. Δηλαδή:

$$\mathbf{I_{ολ}= I_1= I_2= I_3 \ (8)}$$

Άρα από (7),(8) προκύπτει ότι:

$$\mathbf{R_{ολ}=R_1+R_2+R_3 \ (9)}$$

Β. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. Πραγματοποιήστε το κύκλωμα του σχήματος 1.1.1 και εφαρμόστε τάση Ε=10V. Ακολουθώντας τα παρακάτω βήματα συμπληρώστε τον Πίνακα 1.1.
2. Μετρήστε την $I_{ολ,π}$ του κυκλώματος με αμπερόμετρο* και την $V_{ολ,π}$ με βολτόμετρο*
3. Υπολογίστε την $R_{ολ,π}= V_{ολ,π}/ I_{ολ,π}$.
4. Υπολογίστε την $R_{ολ,θ}$ με τη βοήθεια της σχέσης $R_{ολ}=R_1+R_2+R_3$.
5. Συγκρίνετε τα αποτελέσματα των $R_{ολ,π}$ και $R_{ολ,θ}$. Που πιθανώς οφείλονται οι διαφοροποιήσεις των αποτελεσμάτων;
6. Αποσυνδέστε την πηγή και μετρήστε με ωμόμετρο την $R_{ολ,ωμ}$.
7. Συγκρίνετε τα αποτελέσματα των 5,6.
8. Μετρήστε τις I_1,I_2,I_3.
9. Συγκρίνετε το αποτέλεσμα του βήματος 8 με αυτό του 2.
10. Μετρήστε τις U_{R1}, U_{R2}, U_{R3} και βρείτε το $U_{ολ}= U_{R1}+U_{R2}+U_{R3}$.
11. Συγκρίνετε τα αποτελέσματα του 10 με αυτά του 2.

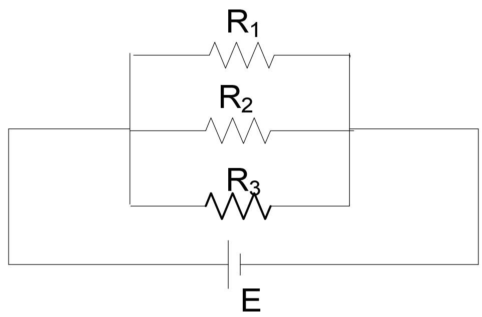
Πίνακας 1.1

E	$I_{ολ,π}$	$V_{ολ,π}$	I_1	I_2	I_3	U_{R1}	U_{R2}	U_{R3}

1.2. ΠΑΡΑΛΛΗΛΗ ΣΥΝΔΕΣΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ

Α. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Θεωρούμε το κύκλωμα του σχήματος 1.2.1, όπου οι αντιστάσεις R_1,R_2,R_3 είναι συνδεδεμένες παράλληλα.



Σχήμα 1.2.1.: Σύνδεση αντιστάσεων R_1,R_2,R_3 παράλληλα

Αν θεωρήσουμε ότι I_1, I_2 και I_3 είναι οι εντάσεις των ρευμάτων που διαρρέουν τις R_1, R_2 και R_3 αντίστοιχα, τότε σύμφωνα με τον 1^o Κανόνα του Kirchhoff στον κόμβο Άρα ισχύει:

$$\mathbf{I_{ολ}=I_1+I_2+I_3 \quad (9)}$$

Επίσης, ισχύουν οι σχέσεις : $I_{ολ} = \frac{V_{ολ}}{R_{ολ}}$ (10), $I_1 = \frac{V_1}{R_1}$ (11), $I_2 = \frac{V_2}{R_2}$ (12) και $I_3 = \frac{V_3}{R_3}$ (13).

Χαρακτηριστικό της παράλληλης σύνδεσης αντιστάσεων είναι ότι όλες οι αντιστάσεις έχουν την ίδια τάση V, που είναι ίση με την ολική τάση $V_{ολ}$. Δηλαδή:

$$\mathbf{V_{ολ}= V_1= V_2= V_3} \quad \textbf{(14)}$$

Από τις σχέσεις (9)-(14) προκύπτει ότι:

$$I_{ολ} = I_1 + I_2 + I_3 \Rightarrow \frac{V}{R_{ολ}} = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3} \Rightarrow \frac{1}{R_{ολ}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad \textbf{(15)}$$

Β. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. Πραγματοποιήστε το κύκλωμα του σχήματος 1.2.1 και εφαρμόστε τάση E=10V. Ακολουθώντας τα παρακάτω βήματα συμπληρώστε τον Πίνακα 1.2.
2. Μετρήστε την $I_{ολ,π}$ του κυκλώματος με αμπερόμετρο* και την $V_{ολ,π}$ με βολτόμετρο*
3. Υπολογίστε την $R_{ολ,π}= V_{ολ,π}/ I_{ολ,π}$.
4. Υπολογίστε την $R_{ολ,θ}$ με τη βοήθεια της σχέσης $\frac{1}{R_{ολ}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$
5. Συγκρίνετε τα αποτελέσματα των $R_{ολ,π}$ και $R_{ολ,θ}$. Που πιθανώς οφείλονται οι διαφοροποιήσεις των αποτελεσμάτων;
6. Αποσυνδέστε την πηγή και μετρήστε με ωμόμετρο την $R_{ολ,ωμ}$.
7. Συγκρίνετε τα αποτελέσματα των 5,6.
8. Μετρήστε την I_1,I_2,I_3 (τοποθετώντας το αμπτερόμετρο στους αντίστοιχους κλάδους) και υπολογίστε την $I_{ολ} =I_1+I_2+I_3$.
9. Συγκρίνετε το αποτέλεσμα του 8 με αυτό του 2.
10. Μετρήστε την U_{R1}, U_{R2}, U_{R3} με το πολύμετρο.
11. Συγκρίνετε τα αποτελέσματα της 10 με αυτά της 2.

Πίνακας 1.2

E	$I_{ολ,π}$	$V_{ολ,π}$	I_1	I_2	I_3	U_{R1}	U_{R2}	U_{R3}

* Θυμίζουμε ότι το αμπερόμετρο συνδέεται σε σειρά και το βολτόμετρο παράλληλα στο στοιχείο του οποίου θέλουμε να μετρήσουμε την ένταση του ρεύματος και την τάση αντίστοιχα.

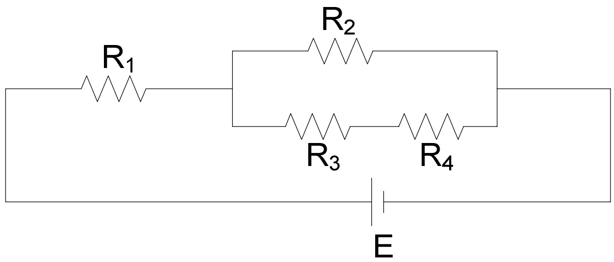
ΆΣΚΗΣΗ 2

"ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ ΣΕ ΣΕΙΡΑ ΚΑΙ ΠΑΡΑΛΛΗΛΑ"

ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΆΣΚΗΣΗΣ: μελέτη σύνθετων κυκλωμάτων ωμικών αντιστάσεων, σχεδιασμός ισοδύναμου κυκλώματος, προσδιορισμός της ολικής αντίστασης.

Α. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Θεωρούμε το κύκλωμα του σχήματος 2.1, όπου οι αντιστάσεις R_1,R_2,R_3 είναι συνδεδεμένες όπως φαίνεται στο σχήμα.



Σχήμα 2.1: Αρχικό κύκλωμα

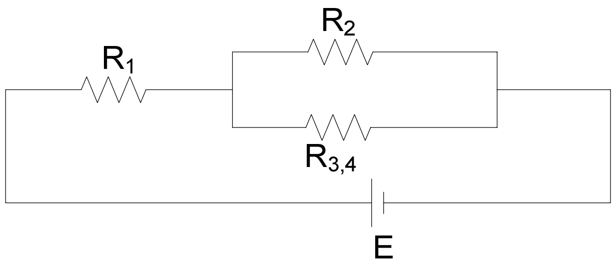
Για να υπολογίσουμε την ***ολική ή ισοδύναμη αντίσταση*** ενός κυκλώματος στο οποίο εμφανίζονται πολλές αντιστάσεις που συνδέονται μεταξύ τους με περίπλοκο τρόπο συνήθως εργαζόμαστε ως εξής.

Βρίσκουμε ομάδες αντιστάσεων που συνδέονται μεταξύ τους είτε σε σειρά είτε παράλληλα και υπολογίζουμε την ισοδύναμη αντίσταση αυτής της ομάδας αντιστάσεων. Κατόπιν επανασχεδιάζουμε το νέο, ***ισοδύναμο κύκλωμα***. Επαναλαμβάνουμε αυτή τη διαδικασία μέχρις ότου να καταλήξουμε σε μία αντίσταση $R_{ολ}$.

Στο παράδειγμά μας παρατηρούμε ότι R_3 και R_4 συνδέονται σε σειρά. Άρα:

$$R_{3,4}= R_3+ R_4$$

Το νέο κύκλωμα έχει ως εξής (σχ.2.2) :

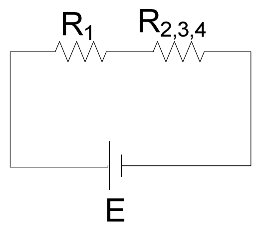


Σχήμα 2.2: Ισοδύναμο κύκλωμα του αρχικού με την $R_{3,4}$ να έχει αντικαταστήσει τις R_3 και R_4.

Οι αντιστάσεις R_2 και $R_{3,4}$ συνδέονται παράλληλα. Η ισοδύναμή τους αντίσταση θα είναι:

$$R_{2,3,4} = \frac{R_2 \cdot R_{3,4}}{R_2 + R_{3,4}}$$

με ισοδύναμο κύκλωμα αυτό του σχήματος 2.3.

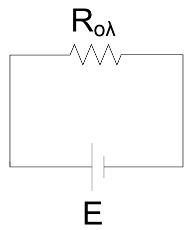


Σχήμα 2.3: Ισοδύναμο κύκλωμα του αρχικού του σχ.2.1

Τέλος, η R_1 με την $R_{2,3,4}$ είναι συνδεδεμένες σε σειρά άρα η ολική αντίσταση του κυκλώματος θα είναι η:

$$R_{ολ}=R_1+R_{2,3,4}$$

Το τελικό ισοδύναμο κύκλωμα του αρχικού (σχ.2.1) φαίνεται στο παρακάτω σχήμα (σχ.2.4).

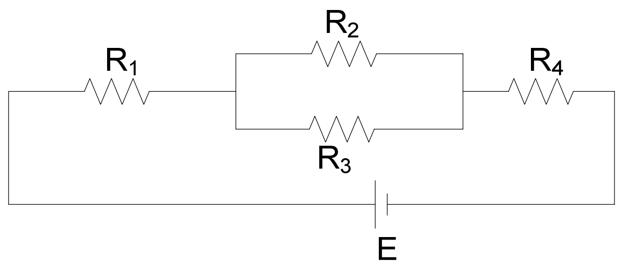


Σχήμα 2.4: Ισοδύναμο κύκλωμα του αρχικού του σχ.2.1

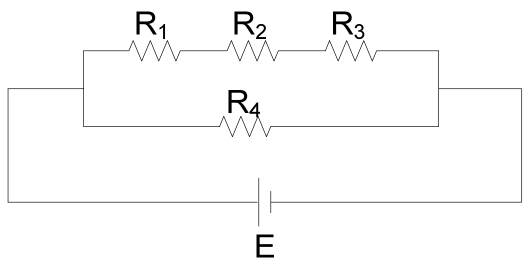
Β. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. Πραγματοποιήστε το κύκλωμα του σχήματος 2.5 και εφαρμόστε τάση E=10V.
2. Μετρήστε την $I_{ολ,π}$ και $V_{ολ,π}$ και υπολογίστε την $R_{ολ,π}= V_{ολ}/ I_{ολ}$.
3. Υπολογίστε την $R_{ολ,θ}$.
4. Συγκρίνετε τα αποτελέσματα των $R_{ολ,π}$ και $R_{ολ,θ}$.
5. Αποσυνδέστε την πηγή και μετρήστε με ωμόμετρο την $R_{ολ,ωμ}$.
6. Συγκρίνετε τα αποτελέσματα των 4,5.
7. Υπολογίστε την τιμή της R_3 με το χρωματικό κώδικα αντιστάσεων και κατόπιν με το ωμόμετρο.
8. Συγκρίνετε τα αποτελέσματα που βρήκατε στο προηγούμενο βήμα.
9. Υπολογίστε την ισχύ στην αντίσταση R_1 και R_2*.
10. Επαναλάβετε τις ίδιες μετρήσεις για το κύκλωμα του σχήματος 2.6.

* Υπενθυμίζουμε ότι η ισχύς σε ωμικό αντιστάτη είναι $P=U \cdot I=I^2 \cdot R=U^2/R$



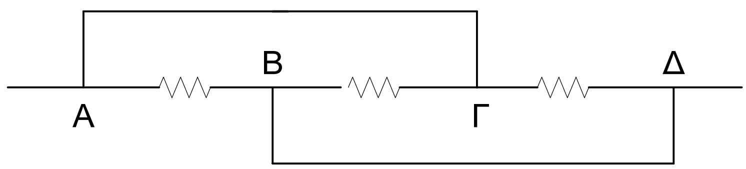
Σχήμα 2.5: Κύκλωμα εργαστηριακής άσκησης(1)



Σχήμα 2.6: Κύκλωμα εργαστηριακής άσκησης(2)

ΆΣΚΗΣΗ

Να υπολογίσετε την ισοδύναμη αντίσταση μεταξύ των σημείων Α και Β της συνδεσμολογίας του σχήματος 2.7, αν R=600Ω.



Σχήμα 2.7: Συνδεσμολογία άσκησης

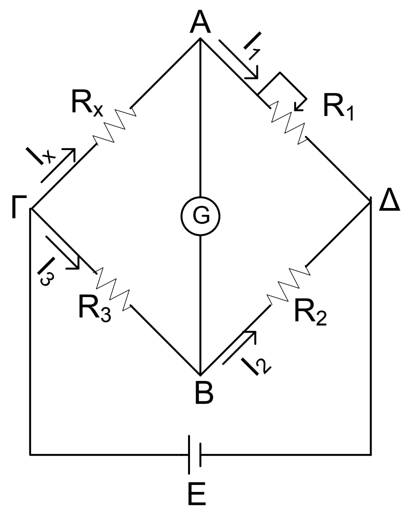
ΆΣΚΗΣΗ 3

"ΓΕΦΥΡΑ WHEATSTONE"

ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΆΣΚΗΣΗΣ: μελέτη της Γέφυρας Wheatstone, υπολογισμός άγνωστης αντίστασης R_x.

Α. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Η Γέφυρα Wheatstone είναι μια διάταξη με την οποία μπορούμε να υπολογίσουμε την τιμή μιας άγνωστης αντίστασης R_x με μεγάλη ακρίβεια.. Μια τέτοια διάταξη φαίνεται στο σχήμα 3.1.



Σχήμα 3.1: Γέφυρα Wheatstone

Οι αντιστάσεις R_2,R_3 έχουν γνωστή, σταθερή τιμή ενώ η R_1 είναι μια μεταβλητή αντίσταση την τιμή της οποίας μπορούμε να τη γνωρίζουμε. Η R_x είναι η άγνωστη αντίσταση που θέλουμε να μετρήσουμε. Τροφοδοτώντας τον κύκλωμα με την πηγή Ε το γαλβανόμετρο που βρίσκεται στον κλάδο ΑΒ διαρρέεται από ρεύμα. Μεταβάλλοντας την τιμή της R_1 είναι δυνατό να μηδενιστεί η ένδειξη του οργάνου. Τότε λέμε ότι η *γέφυρα ισορροπεί*.

Εφαρμόζοντας τότε τον δεύτερο κανόνα του Kirchhoff στους βρόχους ΑΓΒΑ και ΑΒΔΑ έχουμε:

$$\mathrm{I}_x R_x - \mathrm{I}_3 R_3 = 0 \Rightarrow \frac{\mathrm{I}_3}{\mathrm{I}_x} = \frac{R_x}{R_3} \quad (1)$$

$$\mathrm{I}_1 R_1 - \mathrm{I}_2 R_2 = 0 \Rightarrow \frac{\mathrm{I}_2}{\mathrm{I}_1} = \frac{R_1}{R_2} \quad (2)$$

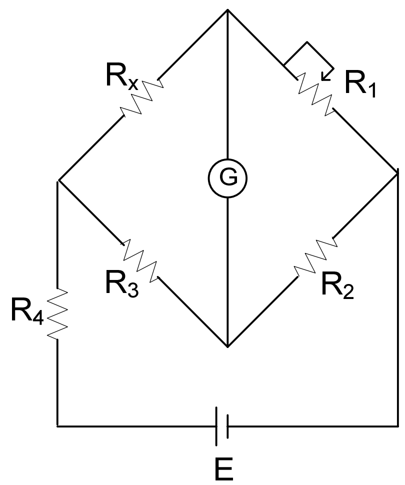
Λαμβάνοντας υπόψη ότι $I_x=I_1$ και $I_2=I_3$ (από τον 1° κανόνα Kirchhoff) και από τις (1)-(2) προκύπτει ότι:

$$R_x = R_1 \frac{R_3}{R_2} \quad (4)$$

Από την τελευταία σχέση προκύπτει ότι φέρνοντας τη γέφυρα σε ισορροπία μπορούμε να υπολογίσουμε την R_x. Το πλεονέκτημα της γέφυρας Wheatstone είναι η δυνατότητα υπολογισμού μιας αντίστασης με μεγάλη ακρίβεια, καθώς το μόνο σφάλμα που υπεισέρχεται οφείλεται στον προσδιορισμό της θέσης ισορροπίας από την ένδειξη του γαλβανομέτρου.

Β. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. Πραγματοποιήστε το κύκλωμα του σχήματος 3.2 με R_2=1kΩ, R_3=10KΩ, R_1 ρυθμιστική αντίσταση(ποτενσιόμετρο) και εφαρμόστε τάση E=10V.
2. Φέρτε τη γέφυρα σε ισορροπία και βρείτε την R_x από τη σχέση 4.
3. Μετρήστε με ένα πολύμετρο την I_x και V_x.
4. Υπολογίστε από το νόμο του Ohm την τιμή της R_x ($R_x=V_x/ I_x$).
5. Υπολογίστε με το χρωματικό κώδικα αντιστάσεων την R_x.
6. Συγκρίνετε τα αποτελέσματα των 2,5,6.
7. Με τη γέφυρα Wheatstone που υλοποιήσατε ποια είναι η μικρότερη και ποια η μεγαλύτερη άγνωστη αντίσταση που μπορείτε να μετρήσετε;



Σχήμα 3.2: Κύκλωμα εργαστηριακής άσκησης

ΆΣΚΗΣΗ 4

"ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΣΥΝΘΕΤΩΝ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ"

ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΆΣΚΗΣΗΣ: μελέτη κυκλωμάτων εναλλασσόμενου ρεύματος με σύνθετες αντιστάσεις, υπολογισμός σύνθετης αντίστασης.

Α. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Στην περίπτωση κυκλώματος το οποίο διαρρέεται από εναλλασσόμενο ρεύμα για να χαρακτηρίσουμε τις δυσκολίες που συναντούν τα ηλεκτρόνια στην κίνησή τους χρησιμοποιούμε τη *σύνθετη αντίσταση ή εμπέδηση (impedance),Z.*

Ως εμπέδηση Z ορίζεται το πηλίκο των ενεργών τιμών της τάσης προς την ένταση:

$$Z = \frac{V_{\varepsilon\nu}}{\mathrm{I}_{\varepsilon\nu}}$$

1. Ωμική αντίσταση

Η ωμική αντίσταση στο εναλλασσόμενο ρεύμα συμπεριφέρεται με τον ίδιο τρόπο όπως και στο συνεχές. Δηλαδή:

$$Z=R$$

Σε ένα κύκλωμα εναλλασσόμενου ρεύματος με ωμική αντίσταση η τάση η ένταση είναι διανύσματα συμφασικά.

2. Επαγωγική αντίσταση

Η επαγωγική αντίσταση ενός ιδανικού πηνίου αυτεπαγωγής L ισούται με το πηλίκο της τάσης προς την ένταση ρεύματος που το διαρρέει, δηλαδή:

$$Z_L = \frac{\bar{V}}{\bar{I}} = j\omega L$$

όπου ω η κυκλική συχνότητα του εναλλασσόμενου ρεύματος. Το μέτρο της επαγωγικής αντίστασης είναι X_L:

$$X_L=\omega L$$

Καθώς όμως "ιδανικό" πηνίο δεν υπάρχει και στην πράξη το ίδιο το πηνίο εμφανίζει αντίσταση R πρέπει να το λαμβάνουμε υπόψη μας στους υπολογισμούς μας

Σε ένα κύκλωμα εναλλασσόμενου ρεύματος με πηνίο η τάση προηγείται της έντασης κατά π/2.

3. Χωρητική αντίσταση

Η χωρητική αντίσταση του πυκνωτή ισούται με το πηλίκο της τάσης προς την ένταση ρεύματος του κυκλώματος:

$$Z_C = \frac{\bar{V}}{\bar{I}} = \frac{1}{j\omega C}$$

και το μέτρο της είναι:

$$X_C = \frac{1}{\omega C}$$

Σε ένα κύκλωμα εναλλασσόμενου ρεύματος με πυκνωτή η τάση υστερεί της έντασης κατά π/2.

4. Σύνθετα κυκλώματα

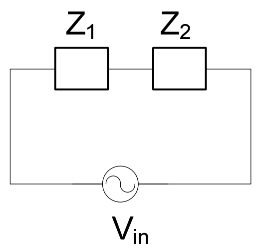
Στην περίπτωση κυκλώματος όπου έχουμε πολλές σύνθετες αντιστάσεις, π.χ Z_1,Z_2,Z_3, η συνολική αντίσταση προκύπτει από το διανυσματικό άθροισμά τους.

Για παράδειγμα αν $Z_1= R_1+jX_1$ και $Z_2= R_2+jX_2$ είναι συνδεδεμένες ***σε σειρά*** (σχήμα 4.2) τότε:

$$Z_{ολ}= Z_1+Z_2 = (R_1+R_2) + j(X_1+X_2)$$

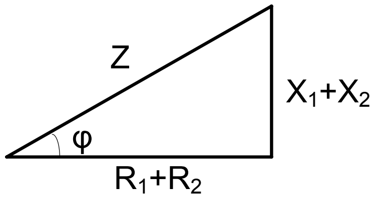
Και το μέτρο της ολικής σύνθετης αντίστασης είναι:

$$Z_{ολ} = \sqrt{(R_1 + R_2)^2 + (X_1 + X_2)^2}$$



Σχήμα 4.2: Σύνδεση σύνθετων αντιστάσεων Z_1,Z_2.σε σειρά

Από την τελευταία εξίσωση φαίνεται ότι η σύνθετη αντίσταση $Z_{ολ}$ είναι ίση με το μέτρο της υποτείνουσας του ορθογωνίου τριγώνου με κάθετες πλευρές το πραγματικό και το φανταστικό μέρος της $Z_{ολ}$ (σχήμα 4.3). Η γωνία φ του τριγώνου αποτελεί τη διαφορά φάσης φ μεταξύ τάσης και έντασης του εναλλασσόμενου ρεύματος.

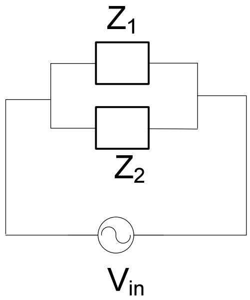


Σχήμα 4.3: Τρίγωνο σύνθετης αντίστασης

Αν $Z_1= R_1+jX_1$ και $Z_2= R_2+jX_2$ είναι συνδεδεμένες ***παράλληλα*** (σχήμα 4.4) τότε:

$$\frac{1}{Z_{Ολ}} = \frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2}$$

με Z_1, Z_2 να είναι μιγαδικοί αριθμοί.

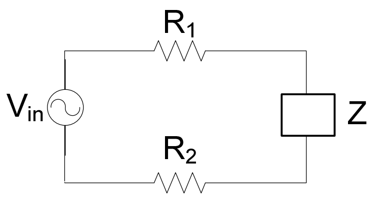


Σχήμα 4.4: Παράλληλη σύνδεση σύνθετων αντιστάσεων Z_1,Z_2.

Αν το κύκλωμα που μας δίνεται είναι πιο περίπλοκο τότε σταδιακά απλοποιούμε το κύκλωμα και καταλήγουμε στην $Z_{ολ}$ (όπως στη Άσκηση 2).

Β. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. Υλοποιείστε το κύκλωμα του σχήματος 4.5 με: R_1=50Ω, R_2=25Ω και Z πυκνωτής χωρητικότητας C=1μF. Εφαρμόστε ημιτονική τάση $V_{in}=10V_{p-p}$ (μετρώντας με παλμογράφο) και συχνότητα f=200Hz.
2. Με βάση τις τιμές που σας δίνονται υπολογίστε το μέτρο της σύνθετης αντίστασης $Z_{θεωρ}$ για f=200Hz*.
3. Μετρήστε με τη βοήθεια του αμπερόμετρου το $I_{εν}$.
4. Υπολογίστε από τις πειραματικές τιμές το μέτρο της ολικής σύνθετης αντίστασης $Z_{πειρ}=V_{εν}/I_{εν}$, με $V_{εν}$ την τάση εισόδου.
5. Συγκρίνετε τα αποτελέσματα των 2,4.
6. Επαναλάβετε τα βήματα 1-5 με σύνθετη αντίσταση πηνίο αυτεπαγωγής L=10mH, αφού πρώτα μετρήσετε την αντίσταση του πηνίου $R_{πην}$ (Σημείωση: Τα πηνία στην πράξη δεν είναι ιδανικά και πρέπει να το λαμβάνουμε υπόψη μας στους υπολογισμούς)



Σχήμα 4.5:Πειραματική διάταξη σύνθετων αντιστάσεων

* Θυμίζουμε ότι η συχνότητα συνδέεται με την κυκλική συχνότητα με τη σχέση: ω=2πf.

ΆΣΚΗΣΗ 5

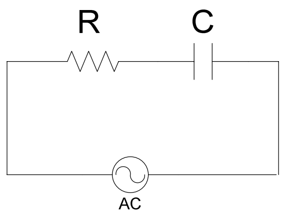
"ΚΥΚΛΩΜΑ RC ΣΕ ΣΕΙΡΑ"

ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΆΣΚΗΣΗΣ: μελέτη κυκλωμάτων εναλλασσόμενου ρεύματος RC σειράς. Υπολογισμός της σύνθετης αντίστασης, της χωρητικότητας πυκνωτή και μελέτη της μεταβολής της σύνθετης αντίστασης και του ρεύματος σε συνάρτηση με τη συχνότητα.

Α. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Θεωρούμε το κύκλωμα του σχήματος 5.1 όπου η ωμική αντίσταση R συνδέεται σε σειρά με πυκνωτή C και στα άκρα τους εφαρμόζεται εναλλασσόμενη τάση. Τότε το μέτρο της σύνθετης αντίστασης του κυκλώματος Z είναι:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2} \Rightarrow Z = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2} \quad (1)$$

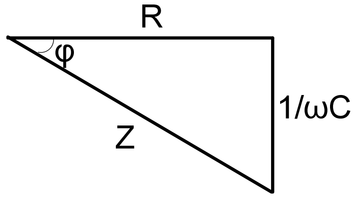


Σχήμα 5.1: Κύκλωμα RC σε σειρά

Σχεδιάζοντας το τρίγωνο της εμπέδησης (σχήμα 5.2.) βλέπουμε ότι η διαφορά φάσης μεταξύ τάσης και έντασης ρεύματος* δίνεται από τη σχέση:

$$\tan\phi = \frac{X_c}{R} = \frac{\frac{-1}{\omega C}}{R} \quad (2)$$

Όπως προκύπτει από τη σχέση (2) καθώς το tanφ είναι αρνητικός αριθμός το ρεύμα προηγείται της τάσης.



Σχήμα 5.2: Τρίγωνο σύνθετης αντίστασης για το κύκλωμα RC σειράς.

Β. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. Πραγματοποιήστε το κύκλωμα του σχήματος 5.1, με : R=1kΩ, C=0,01μF. Εφαρμόστε ημιτονική τάση $3V_{p\text{-}p}$ (μετρώντας με παλμογράφο) και συχνότητα 1kHz.
2. Με βάση τις τιμές που σας δίνονται υπολογίστε το μέτρο της σύνθετης αντίστασης $Z_{θεωρ}$.
3. Μετρήστε με τη βοήθεια του παλμογράφου τις $V_{R,0}$, $V_{C,0}$ και υπολογίστε την $I_{ολ,0}$ ($I_{ολ,0}= V_{R,0}/R$).
4. Υπολογίστε από τις πειραματικές τιμές το μέτρο της σύνθετης αντίστασης $Z_{πειρ}$ ($|Z_{πειρ}|=V_{ολ,0}/I_{ολ,0}$).
5. Συγκρίνετε τα αποτελέσματα των 2,4.
6. Μετρήστε με ωμόμετρο την ωμική αντίσταση R.
7. Υπολογίστε τη χωρητικότητα του πυκνωτή C με τη βοήθεια των πειραματικών αποτελεσμάτων από τη σχέση: $C = \dfrac{1}{\omega\sqrt{Z^2 - R^2}}$.
8. Συγκρίνετε την τιμή της χωρητικότητας C με τη τιμή που δίνει ο κατασκευαστής.
9. Μεταβάλλοντας τη συχνότητα συμπληρώστε τον παρακάτω Πίνακα.

f(Hz)	V_R (Vpp)	V_C (Vpp)	$V_{ολ}$ (Vpp)	$I_{ολ,0}= V_{R,0}/R$ (A)	$\lvert Z_{πειρ}\rvert=V_{ολ,0}/I_{ολ,0}(\Omega)$
100					
500					
1k					
5 k					
7 k					
9 k					
11 k					
13 k					
15 k					
17 k					
19 k					
20 k					
50 k					
100 k					
200 k					

10. Με τις τιμές του Πίνακα κατασκευάστε τη γραφική παράσταση του $Z_{πειρ}$ καθώς και της $I_{ολ}$ σε συνάρτηση με τη κυκλική συχνότητα ω ($Z_{πειρ}$=f(ω) και $I_{ολ,0}$=f(ω)).
11. Σε ποιά τιμή τείνει ασυμπτωτικά το Z για μεγάλες συχνότητες; Σχολιάστε τη μορφή της $I_{εν,ολ}$=f(ω).

* Βοηθητικά μπορούμε να κατασκευάζουμε το τρίγωνο της σύνθετης αντίστασης και έτσι να υπολογίζουμε τη διαφορά φάσης φ.

ΆΣΚΗΣΗ 6

"ΚΥΚΛΩΜΑ RL ΣΕ ΣΕΙΡΑ"

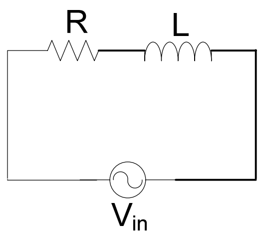
ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΆΣΚΗΣΗΣ: μελέτη κυκλωμάτων εναλλασσόμενου ρεύματος RL σειράς. Υπολογισμός της σύνθετης αντίστασης, της αυτεπαγωγής του πηνίου και μελέτη της μεταβολής της σύνθετης αντίστασης και του ρεύματος σε συνάρτηση με τη συχνότητα.

Α. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Έστω ότι έχουμε το κύκλωμα του σχήματος 6.1. όπου ωμική αντίσταση R συνδέεται σε σειρά με ιδανικό πηνίο αυτεπαγωγής L και στα άκρα τους εφαρμόζεται εναλλασσόμενη τάση. Τότε το μέτρο της σύνθετης αντίστασης του κυκλώματος Z είναι:

$$Z = \sqrt{R^2 + (L\omega)^2} \Rightarrow$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (L\omega)^2} \quad (1)$$

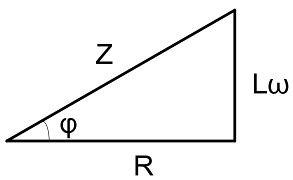


Σχήμα 6.1: Κύκλωμα RL σε σειρά

Αν σχεδιάσουμε το τρίγωνο της σύνθετης αντίστασης(σχήμα 6.2) για το κύκλωμα του σχήματος 6.1 βλέπουμε ότι η διαφορά φάσης μεταξύ τάσης και έντασης ρεύματος δίνεται από τη σχέση:

$$\tan\phi = \frac{X_L}{R} = \frac{\omega L}{R} \tan\theta = \frac{X_L}{R} = \frac{\omega L}{R} \quad (2)$$

Από την τελευταία σχέση προκύπτει ότι η τάση στο κύκλωμα προηγείται της έντασης του ρεύματος κατά γωνία φ.



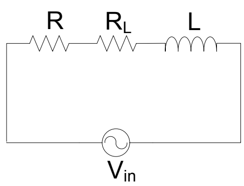
Σχήμα 6.2: Τρίγωνο σύνθετης αντίστασης για το κύκλωμα RL σειράς.

Β. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. Πραγματοποιήστε το κύκλωμα του σχήματος 6.3, με : R_1=1kΩ, L=10mH. Εφαρμόστε ημιτονική τάση $3V_{p\text{-}p}$ (μετρώντας με παλμογράφο) και συχνότητα 1kHz.
2. Με βάση τις τιμές που σας δίνονται υπολογίστε το μέτρο της σύνθετης αντίστασης $Z_{θεωρ}$.
3. Μετρήστε με τη βοήθεια του παλμογράφου τις $V_{R,0}$, $V_{L,0}$ και υπολογίστε την $I_{ολ,0}$ ($I_{ολ,0}= V_{R,0}/R$).
4. Υπολογίστε από τις πειραματικές τιμές το μέτρο της σύνθετης αντίστασης $Z_{πειρ}$($|Z_{πειρ}|=V_{ολ,0}/I_{ολ,0}$).
5. Συγκρίνετε τα αποτελέσματα των 2,4. Που οφείλεται η διαφορά των τιμών του Z;
6. Μετρήστε με ωμόμετρο την ωμική αντίσταση R_1 και R_L .
7. Υπολογίστε με τη βοήθεια των πειραματικών αποτελεσμάτων την αυτεπαγωγή το πηνίου L από τη σχέση: $L = \dfrac{\sqrt{Z^2 - R^2}}{\omega}$, όπου $R= R_1+R_L$.
8. Συγκρίνετε την τιμή την αυτεπαγωγή L που υπολογίσατε με τη τιμή που δίνει ο κατασκευαστής.
9. Μεταβάλλοντας τη συχνότητα συμπληρώστε τον παρακάτω Πίνακα.

f(Hz)	V_R (V_{pp})	V_L (V_{pp})	$V_{ολ}$ (V_{pp})	$I_{ολ,0}= V_{R,0}/R$ (A)	$\|Z_{πειρ}\|=V_{ολ,0}/I_{ολ,0}$(Ω)
100					
500					
1k					
5 k					
7 k					
9 k					
11 k					
13 k					
15 k					
17 k					
19 k					
20 k					
50 k					
100 k					
200 k					

10. Με τις τιμές του Πίνακα κατασκευάστε τη γραφική παράσταση του $I_{εν,ολ}$ σε συνάρτηση με τη κυκλική συχνότητα ω.
11. Πώς ερμηνεύεται η μορφή των γραφικών παραστάσεων;



Σχήμα 6.3: Πειραματική διάταξη κυκλώματος RL σε σειρά

ΆΣΚΗΣΗ 7

"ΙΣΧΥΣ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ"

ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΆΣΚΗΣΗΣ: μελέτη ισχύος σε κυκλώματα εναλλασσόμενου ρεύματος, υπολογισμός μέσης και φαινόμενης ισχύος.

Α. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Έστω ότι έχουμε ένα σύνθετο κύκλωμα στα άκρα του οποίου εφαρμόζεται εναλλασσόμενη τάση:

$$V=V_0\sin(\omega t)$$

Το κύκλωμα διαρρέεται από ρεύμα I το οποίο παρουσιάζει μια διαφορά φάσης με την τάση:

$$I=I_0\cos(\omega t-\varphi)$$

Στιγμιαία ισχύς είναι η:

$$P=V\cdot I=1/2V_0\cdot I_0[\cos\varphi-\cos(2\omega t-\varphi)] \quad (1)$$

η οποία όπως φαίνεται αποτελείται από δύο συνιστώσες. Η πρώτη συνιστώσα είναι η:

$$1/2V_0\cdot I_0\cos\varphi=V_{\varepsilon\nu}\cdot I_{\varepsilon\nu}\cos\varphi \quad (2)$$

η οποία είναι ανεξάρτητη του χρόνου και η δεύτερη συνιστώσα είναι η

$$1/2V_0\cdot I_0\cos(2\omega t-\varphi)= V_{\varepsilon\nu}\cdot I_{\varepsilon\nu}\cos(2\omega t-\varphi) \quad (3)$$

η οποία μεταβάλλεται με το χρόνο.

Ολοκληρώνοντας για τη διάρκεια μιας περιόδου τη σχέση (1) καταλήγουμε στη *μέση ή ενεργό ή πραγματική ισχύ*:

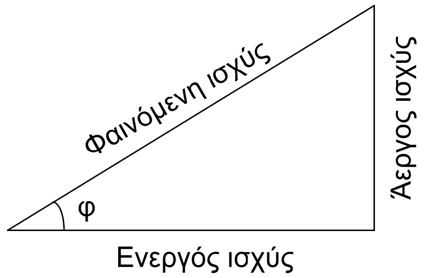
$$P_{\mu\acute{\varepsilon}\sigma\eta}=V_{\varepsilon\nu}\cdot I_{\varepsilon\nu}\cos\varphi \quad (4)$$

Ο συντελεστής *cosφ* λέγεται *συντελεστής ισχύος* και το γινόμενο $V_{\varepsilon\nu}\cdot I_{\varepsilon\nu}$ *φαινόμενη ισχύς*, δηλαδή:

$$P_{\varphi\alpha\iota\nu}=V_{\varepsilon\nu}\cdot I_{\varepsilon\nu} \quad (5)$$

Όπως φαίνεται από τις δυο τελευταίες σχέσεις η μέση ή πραγματική ισχύς που αποδίδεται στο κύκλωμα είναι μικρότερη από τη φαινόμενη ισχύ κατά τον παράγοντα cosφ.

Η σχέση μεταξύ της μέσης και της φαινόμενης ισχύος μπορεί να απεικονιστεί με το *τρίγωνο της ισχύος* (σχήμα 7.1). Σε αυτό το τρίγωνο η υποτείνουσα ισοδυναμεί με την φαινόμενη ισχύ και οι δύο κάθετες είναι η ενεργός και *άεργη ισχύς*. Η γωνία φ του τριγώνου εκφράζει τη διαφορά φάσης μεταξύ τάσης και έντασης του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα.

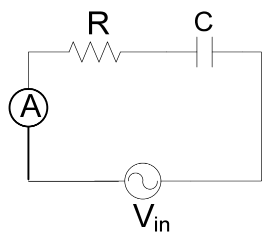


Σχήμα 7.1: Τρίγωνο ισχύος

Τέλος να θυμίσουμε ότι σε ένα σύνθετο κύκλωμα αποθηκεύεται ενέργεια στους πυκνωτές και τα πηνία, τα οποία κατά διαστήματα την αποδίδουν στο κύκλωμα, ενώ καταναλώνεται ενέργεια στις ωμικές αντιστάσεις με τη μορφή θερμότητας.

Β. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. Πραγματοποιήστε το κύκλωμα του σχήματος 7.2 με : R_1=1kΩ, C=0,01μF.
2. Τροφοδοτήστε το κύκλωμα με ημιτονική τάση $5V_{p-p}$ (ελέγχοντας με το κανάλι 1 του παλμογράφου) και συχνότητα f=1kHz.
3. Μετρήστε με τον παλμογράφο την τάση Vc, V_R και υπολογίστε την $V_{ολ,εν}$ του κυκλώματος.
4. Υπολογίστε την $I_{ολ,εν}$ του κυκλώματος από τη σχέση $I_{ολ,εν}= V_{R,εν}/R$
5. Υπολογίστε την φαινόμενη ισχύ, $P_{φαιν}$ (σχέση 5).
6. Με το κανάλι 1,2 του παλμογράφου μετρήστε την V_R,V_C.
7. Μετρήστε την περίοδο T και τη χρονική μετατόπιση Δt των κυματομορφών και υπολογίστε τη φάση φ ($\phi = \dfrac{\Delta t \cdot 360}{T}$)
8. Υπολογίστε την μέση ισχύ, $P_{μέση}$ (σχέση 4).



Σχήμα 7.3:Κύκλωμα εργαστηριακής άσκησης

ΆΣΚΗΣΗ

Δίνεται πηνίο ωμικής αντίστασης 20Ω και αυτεπαγωγής L=10mH το οποίο συνδέεται σε σειρά με αντίσταση R=1kHz. Στα άκρα του κυκλώματος εφαρμόζεται εναλλασσόμενη τάση συχνότητας 1kHz και V_{p-p}=300πV. Να υπολογιστούν η σύνθετη αντίσταση του κυκλώματος,ο συντελεστής ισχύος και η φαινόμενη και μέση ισχύς.

ΆΣΚΗΣΗ 8

" ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΣ ΣΕΙΡΑΣ"

ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΆΣΚΗΣΗΣ: μελέτη κυκλωμάτων συντονισμού με στοιχεία σε σειρά, υπολογισμός συχνότητας συντονισμού, συντελεστή ποιότητας.

Α. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Έστω το κύκλωμα του σχήματος 8.1 στο οποίο τα R,L,C συνδέονται σε σειρά. Τότε η σύνθετη αντίσταση του κυκλώματος είναι:

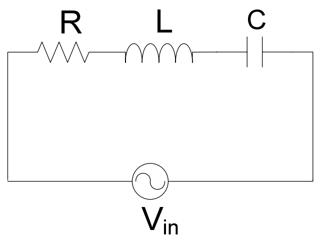
$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2} \quad (1)$$

Όπως φαίνεται από αυτή τη σχέση η τιμή της σύνθετης αντίστασης εξαρτάται από την κυκλική συχνότητα ω. Υπάρχει μια τιμή της κυκλικής συχνότητας ω για την οποία ο δεύτερος όρος της εμπέδησης Z γίνεται μηδέν. Δηλαδή:

$$\omega_0 L - \frac{1}{\omega_0 C} = 0 \Rightarrow$$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

Όταν λοιπόν η κυκλική συχνότητα πάρει την τιμή ω_0 (η οποία καλείται *κυκλική συχνότητα συντονισμού*), τότε λέμε ότι το κύκλωμα βρίσκεται σε συντονισμό.



Σχήμα 8.1: Κύκλωμα συντονισμού RLC σειράς

Επίσης κατά το συντονισμό η τιμή του Z γίνεται ελάχιστη και ίση με τη R (όπως φαίνεται από τη σχέση (1)):

$$Z=R$$

καθώς και η ένταση του ρεύματος I γίνεται μέγιστη:

$$I = \frac{V_{in}}{Z} = \frac{V_{in}}{R}$$

Συντελεστής ποιότητας Q ενός κυκλώματος RLC, καλείται το πηλίκο της μέγιστης αποθηκευμένης ενέργειας στο κύκλωμα προς την ενέργεια που καταναλίσκεται ανά περίοδο Τ, επί το 2π:

$$Q = 2\pi \frac{\text{Μ}\acute{\varepsilon}\gamma\iota\sigma\tau\eta\alpha\pi o\theta.\varepsilon\nu\acute{\varepsilon}\rho\gamma\varepsilon\iota\alpha}{\tau\alpha\nu\alpha\lambda.\varepsilon\nu\acute{\varepsilon}\rho\gamma\varepsilon\iota\alpha \,/\, \text{T}}$$

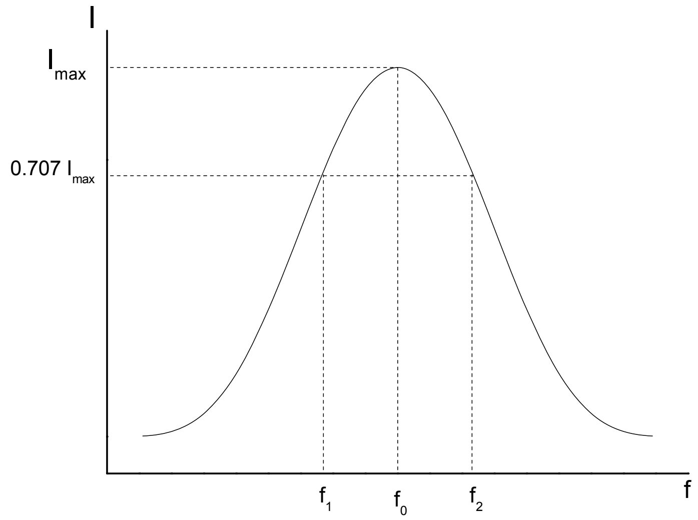
Μετά από πράξεις καταλήγουμε στην εξής σχέση:

$$Q = \frac{1}{\omega_0 CR} \quad (3)$$

Το εύρος ζώνης συχνοτήτων (Bandwidth,BW) ορίζεται ως εξής:

$$BW = f_2 - f_1 \quad (4),$$

όπου f_1,f_2 οι συχνότητες κατά τις οποίες το ρεύμα του κυκλώματος γίνεται ίσο με $\frac{I_0}{\sqrt{2}}$ =0,707·I_0 (σχήμα 8.2).



Σχήμα 8.2: Γραφική παράσταση της I_0 σε συνάρτηση με τη συχνότητα

Τέλος, μετά από πράξεις καταλήγουμε στη σχέση που συνδέει τι συντελεστή ποιότητας Q και το εύρος ζώνης συχνοτήτων που είναι η ακόλουθη:

$$BW = \frac{f_0}{Q} \quad (5)$$

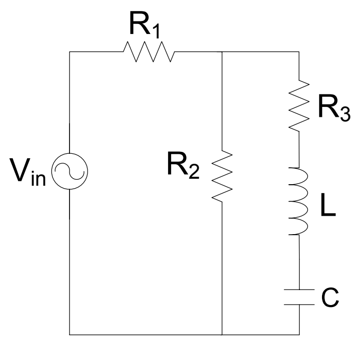
Β. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. Πραγματοποιήστε το κύκλωμα του σχήματος 8.3, με : R_1=1kΩ, L=40μH, C=0,1μF και R_2=10Ω, R_3=400Ω.
2. Υπολογίστε με βάση τις τιμές που σας δίνονται τη συχνότητα συντονισμού (f_0) και στο συντελεστή ποιότητας (Q) του κυκλώματος.

3. Τροφοδοτήστε το κύκλωμα με ημιτονική τάση $5V_{p\text{-}p}$ (ελέγχοντας με το κανάλι 1 του παλμογράφου), συνδέστε το κανάλι 2 στα άκρα της R_3 και μεταβάλλοντας τη συχνότητα συμπληρώστε τον παρακάτω Πίνακα.

f(Hz)	$V_{0,R_3} = \dfrac{V_{R3,\,p-p}}{2}$	$I_{0,R3} = \dfrac{V_{0,R3}}{R_3}$
100		
300		
500		
1k		
3 k		
5 k		
7 k		
9 k		
11 k		
13 k		
15 k		
17 k		
19 k		
20 k		
50 k		

4. Με τις τιμές του Πίνακα κατασκευάστε τη γραφική παράσταση της $I_{0,R3}$ και της $V_{0,R3}$ σε συνάρτηση με τη συχνότητα ($I_{0,R3}$=f(f) και $V_{0,R3}$=f(f)).
5. Με τη βοήθεια της γραφικής παράστασης $I_{0,R3}$=f(f) βρείτε τη συχνότητα συντονισμού (f_0), τα f_1,f_2, BW και το συντελεστή ποιότητας (Q).
6. Να συγκρίνετε τα αποτελέσματα των 2,5.



Σχήμα 8.3: Πειραματική διάταξη για το κύκλωμα συντονισμού σε σειρά

ΆΣΚΗΣΗ 9

"ΠΑΡΑΛΛΗΛΟΣ ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΣ "

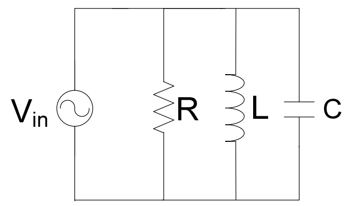
ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΆΣΚΗΣΗΣ: μελέτη κυκλωμάτων συντονισμού με στοιχεία παράλληλα συνδεδεμένα, υπολογισμός συχνότητας συντονισμού, συντελεστή ποιότητας.

Α. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Όπως αναφέραμε στην προηγούμενη εργαστηριακή άσκηση, ένα κύκλωμα βρίσκεται σε *συντονισμό* για κάποια συγκεκριμένη τιμή του ω κατά την οποία το φανταστικό μέρος του Z είναι μηδέν.

Έστω το κύκλωμα του σχήματος 9.1, με τα R,L,C να συνδέονται παράλληλα. Το μέτρο της σύνθετης αντίστασης του κυκλώματος είναι:

$$Z = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{R^2} + \left(C\omega - \frac{1}{L\omega}\right)^2}} \quad (1)$$



Σχήμα 9.1: Κύκλωμα παράλληλου συντονισμού

Όταν το κύκλωμα βρίσκεται σε κατάσταση συντονισμού, τότε ισχύει:

$$C\omega_0 - \frac{1}{L\omega_0} = 0$$

$$\Rightarrow \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

όπου ω_0 η κυκλική συχνότητα συντονισμού ή κυκλική ιδιοσυχνότητα.. Επίσης κατά το συντονισμό όπως φαίνεται από τη σχέση (1) η τιμή του Z γίνεται μέγιστη και ίση με τη R, δηλαδή:

$$Z = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{R^2}}} \Rightarrow Z = R \; (2)$$

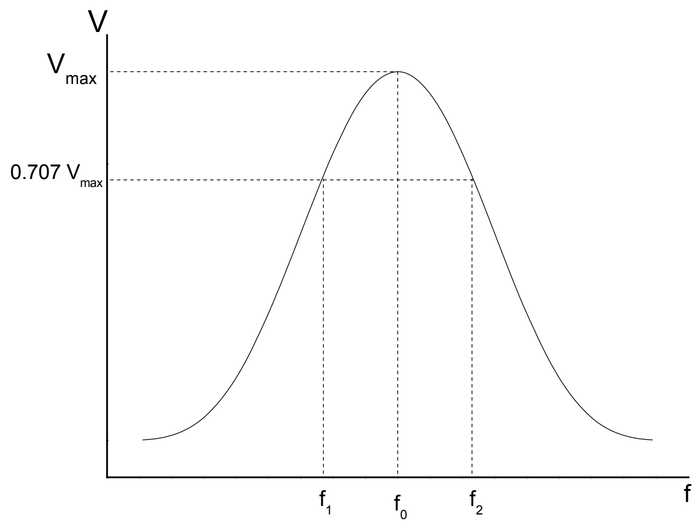
Ο συντελεστής ποιότητας Q είναι όπως στο κύκλωμα συντονισμού σειράς, δηλαδή:

$$Q = \frac{R}{\omega_0 L} = \omega_0 CR \quad (3)$$

Το εύρος ζώνης συχνοτήτων (Bandwidth,BW) είναι:

$$BW=f_2-f_1=f_0/Q \quad (4),$$

όπου f_2,f_1 οι συχνότητες κατά τις οποίες η τάση του κυκλώματος γίνεται ίση με $\frac{V_0}{\sqrt{2}}$ =0,707·V_0 (σχήμα 9.2).

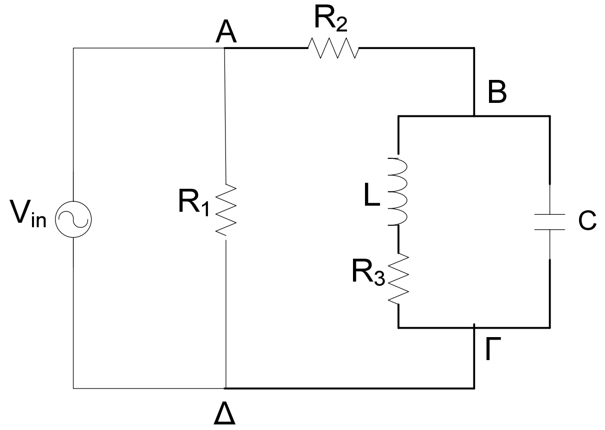


Σχήμα 9.2: Γραφική παράσταση της V_0 σε συνάρτηση με τη συχνότητα

Β. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. Πραγματοποιήστε το κύκλωμα του σχήματος 9.3, με : R_1=50Ω, R_2=1kΩ, R_3=33Ω και L=10mH, C=0,01μF.
2. Υπολογίστε με βάση τις τιμές που σας δίνονται τη συχνότητα συντονισμού (f_0) και στο συντελεστή ποιότητας του κυκλώματος Q, όπου $Q=\omega_0 L/R_3$.
3. Τροφοδοτήστε το κύκλωμα με ημιτονική τάση $5V_{p\text{-}p}$ (ελέγχοντας με το κανάλι 1 του παλμογράφου), συνδέστε το κανάλι 2 στους κόμβους Β,Δ και μεταβάλλοντας τη συχνότητα συμπληρώστε τον παρακάτω Πίνακα.
4. Με τις τιμές του Πίνακα κατασκευάστε τη γραφική παράσταση της $V_{ΒΔ,0}$ σε συνάρτηση με τη συχνότητα f ($V_{ΒΔ,0}$=f(f)).
5. Με τη βοήθεια της γραφικής παράστασης βρείτε τη συχνότητα συντονισμού (f_0), τα f_1,f_2, BW και το συντελεστή ποιότητας Q, με τη βοήθεια της σχέσης 4.
6. Να συγκρίνετε τα αποτελέσματα των 2,5.
7. Φέρνοντας το κύκλωμα σε κατάσταση συντονισμού μετρήστε την τάση στα άκρα της R_3 (V_{R3}) υπολογίστε το ρεύμα που διαρρέει το πηνίο $I_{πην}$= V_{R3}/ R_3.
8. Αποσυνδέουμε την R_3 από τον κλάδο του πηνίου και την συνδέουμε στον κλάδο όπου βρίσκεται ο πυκνωτής και με ο ίδιο τρόπο υπολογίζουμε το $I_{πυκν}$ =V_{R3}/ R_3.
9. Σχολιάστε τα αποτελέσματα των 7,8.

f(Hz)	$V_{B\Delta,p-p}$ (V)	$V_{B\Delta,0} = \dfrac{V_{B\Delta,p-p}}{2}$ (V)
100		
300		
500		
1k		
3 k		
5 k		
7 k		
9 k		
11 k		
13 k		
15 k		
17 k		
19 k		
20 k		
50 k		



Σχήμα 9.3: Κύκλωμα παράλληλου συντονισμού

ΆΣΚΗΣΗ 10

“ΦΙΛΤΡΑ ΔΙΕΛΕΥΣΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ 1ΗΣ ΤΑΞΗΣ -RC”

ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΆΣΚΗΣΗΣ: εισαγωγή στα φίλτρα, μελέτη φίλτρου διέλευσης υψηλών και χαμηλών συχνοτήτων 1ης τάξης –RC, υπολογισμός απολαβής, συχνότητας αποκοπής.

1. ΦΙΛΤΡΟ ΔΙΕΛΕΥΣΗΣ ΥΨΗΛΩΝ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ- RC

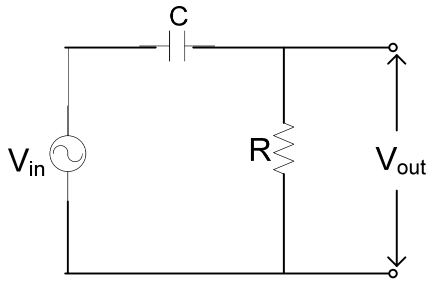
Α. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Τα φίλτρα είναι ηλεκτρικά κυκλώματα που δρουν επιλεκτικά ως προς το περιεχόμενο συχνοτήτων της εισόδου τους. Σκοπός των φίλτρων είναι η αναπαραγωγή ενός τμήματος του φάσματος συχνοτήτων του σήματος εισόδου και η πλήρης εξάλειψη του υπόλοιπου φάσματος συχνοτήτων.

Τα φίλτρα τα διακρίνουμε, ανάλογα με την περιοχή συχνοτήτων που αναπαράγουν ή αποσβένουν, στις εξής τέσσερις μεγάλες κατηγορίες: τα βαθυπερατά (Low Pass,LP) τα υψηπερατά (High Pass,HP), τα φίλτρα διέλευσης ζώνης συχνοτήτων (Band Pass,BP) και τα φίλτρα αποκοπής ζώνης συχνοτήτων (Band Reject,BR).

Θεωρούμε ότι έχουμε το κύκλωμα RC του σχήματος 10.1.1 στο οποίο εφαρμόζεται εναλλασσόμενη τάση εισόδου V_{in}. Η τάση που αναπτύσσεται στους ακροδέκτες της αντίστασης λέγεται τάση εξόδου (V_{out}). Τότε ο λόγος της τάσης εξόδου προς την τάση εισόδου είναι:

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}} \quad (1)$$

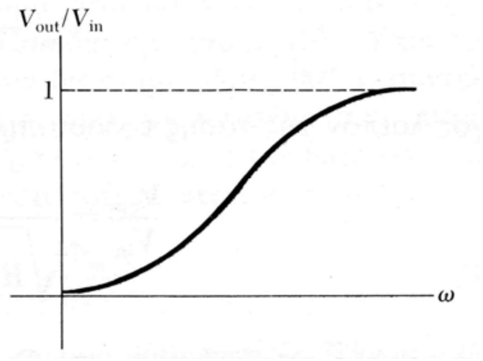


Σχήμα 10.1.1: Κύκλωμα RC- Φίλτρο διέλευσης υψηλών συχνοτήτων

Απολαβή (Α) του κυκλώματος καλείται ο λογάριθμος του πηλίκου της τάσης εξόδου προς την τάση εισόδου πολλαπλασιασμένο επί το 20. Δηλαδή:

$$A = 20\log\frac{V_{out}}{V_{in}} \ (2)$$

Η απολαβή δίνεται σε μονάδες Decibel (dB). Στο σχήμα 10.1.2 δίνεται η μορφή της γραφικής παράστασης του λόγου V_{out}/V_{in} για ένα κύκλωμα σαν αυτό του σχήματος 10.1.1. Από ότι φαίνεται για χαμηλές συχνότητας η τάση εξόδου είναι μικρή σε σχέση με την τάση εισόδου ενώ στις υψηλές συχνότητες τα δύο σήματα είναι ίσα. Επομένως ένα τέτοια κύκλωμα που αφήνει να διέρχονται οι υψηλές συχνότητες και “φιλτράρει” τις χαμηλές, καλείται φίλτρο διέλευσης υψηλών συχνοτήτων.



Σχήμα 10.1.2: Ο Λόγος της V_{out} προς V_{in} για το Φίλτρο διέλευσης υψηλών συχνοτήτων

Η συχνότητα κατά την οποία η τάση εξόδου V_{out} γίνει ίση με $V_{out,\max}/\sqrt{2}$ καλείται *συχνότητα αποκοπής* και δίνεται από τη σχέση:

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} \ (3)$$

Τέλος η συνάρτηση μεταφοράς ενός φίλτρου διέλευσης υψηλών συχνοτήτων 1ης τάξης είναι:

$$H(s) = \frac{s}{s+\omega_c},$$

με ω_c τη συχνότητα αποκοπής του και f_c δίνεται από τη σχέση 3.

B. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

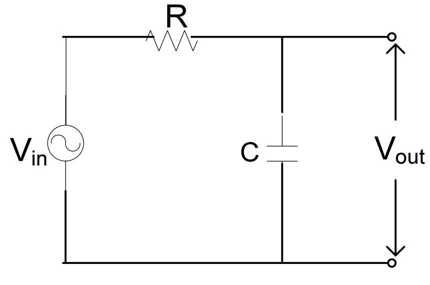
1. Πραγματοποιήστε το κύκλωμα του σχήματος 10.1.1, με : R=1kΩ, C=0,01μF. Εφαρμόστε στην είσοδο του φίλτρου ημιτονική τάση $4V_{p\text{-}p}$ (μετρώντας με παλμογράφο).
2. Μεταβάλλοντας τη συχνότητα συμπληρώστε τον παρακάτω Πίνακα.
3. Με τις τιμές του Πίνακα και σε ημιλογαριθμικό χαρτί κατασκευάστε τη γραφική παράσταση της απολαβής A.
4. Υπολογίστε τη συχνότητα αποκοπής πειραματικά (το A στα -3dB).
5. Υπολογίστε τη συχνότητα αποκοπής θεωρητικά από τη σχέση (3).
6. Συγκρίνετε τα αποτελέσματα των 4,5.

f(Hz)	V_{in} (V)	Vout (V)	$\frac{V_{out}}{V_{in}}$	A (dB)
100				
300				
500				
1k				
3 k				
5 k				
7 k				
9 k				
11 k				
13 k				
15 k				
17 k				
19 k				
20 k				
50 k				

2. Φίλτρο Διέλευσης Χαμηλών Συχνοτήτων- RC

Θεωρούμε ότι έχουμε το κύκλωμα RC του σχήματος 10.2.1 με τάση εισόδου V_{in} και τάση εξόδου την τάση στους ακροδέκτες του πυκνωτή (V_{out}). Τότε ο λόγος της τάσης εξόδου προς την τάση εισόδου είναι:

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{1/\omega C}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}} \quad (4)$$



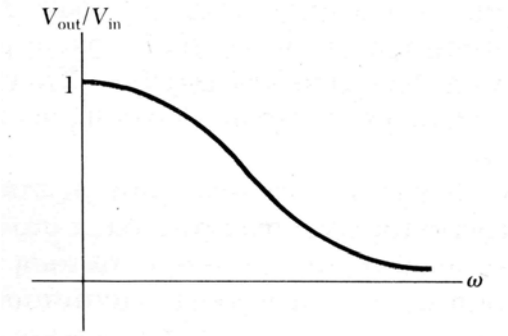
Σχήμα 10.2.1: Κύκλωμα RC- Φίλτρο διέλευσης χαμηλών συχνοτήτων

Ο λόγος αυτός παριστάνεται στο σχήμα 10.2.2 από όπου και φαίνεται ότι από ένα τέτοιο κύκλωμα διέρχονται σήματα χαμηλών συχνοτήτων. Για αυτό και ονομάζεται φίλτρο διέλευσης χαμηλών συχνοτήτων.

Η συνάρτηση μεταφοράς ενός φίλτρου διέλευσης χαμηλών συχνοτήτων 1ης τάξης είναι:

$$H(s) = \frac{\omega_c}{s + \omega_c}$$

όπου ω_c η συχνότητα αποκοπής του.



Σχήμα 10.2.2: Τάση εξόδου προς τάση εισόδου γι α φίλτρο διέλευσης χαμηλών συχνοτήτων

Β. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1.Πραγματοποιήστε το κύκλωμα του σχήματος 10.2.1, με: R=1kΩ, C=0,01μF. Εφαρμόστε στην είσοδο του φίλτρου ημιτονική τάση $4V_{p\text{-}p}$ (μετρώντας με παλμογράφο).

2. Μεταβάλλοντας τη συχνότητα συμπληρώστε τον παρακάτω Πίνακα.

f(Hz)	V_{in} (V)	Vout (V)	$\frac{V_{out}}{V_{in}}$	A (dB)
100				
300				
500				
1k				
3 k				
5 k				
7 k				
9 k				
11 k				
13 k				
15 k				
17 k				
19 k				
20 k				
50 k				

3. Με τις τιμές του Πίνακα και σε ημιλογαριθμικό χαρτί κατασκευάστε τη γραφική παράσταση της απολαβής Α.
4. Υπολογίστε τη συχνότητα αποκοπής πειραματικά (το Α στα -3dB).
5. Υπολογίστε τη συχνότητα αποκοπής θεωρητικά από τη σχέση (3).
6. Συγκρίνετε τα αποτελέσματα των 4,5.

ΆΣΚΗΣΗ 11

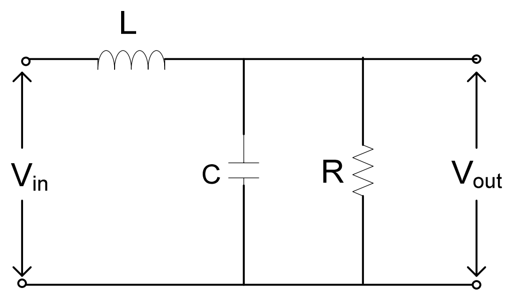
"ΦΙΛΤΡΟ ΔΙΕΛΕΥΣΗΣ ΧΑΜΗΛΩΝ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ 2ΗΣ ΤΑΞΗΣ-LC"

ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΆΣΚΗΣΗΣ: μελέτη φίλτρου διέλευσης χαμηλών συχνοτήτων 2ης τάξης –LC, υπολογισμός της απολαβής, συχνότητας αποκοπής.

Α. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Στην προηγούμενη εργαστηριακή άσκηση υλοποιήσαμε χαμηλοπερατό φίλτρο 1ης τάξης. Είναι, όμως, δυνατόν να κατασκευάσουμε φίλτρο διέλευσης χαμηλών συχνοτήτων 2ης τάξης το οποίο, μάλιστα, προσεγγίζει καλύτερα την επιθυμητή συμπεριφορά.

Ένα τέτοιο φίλτρο υλοποιείται με το κύκλωμα του σχήματος 11.1.



Σχήμα 11.1: Φίλτρο διέλευσης χαμηλών συχνοτήτων-LC 2ης τάξης

Η συνάρτηση μεταφοράς του είναι:

$$H(s) = \frac{{\omega_c}^2}{s^2 + \left(\omega_c / Q\right)s + {\omega_c}^2}$$

και η συχνότητα αποκοπής δίνεται από τη σχέση:

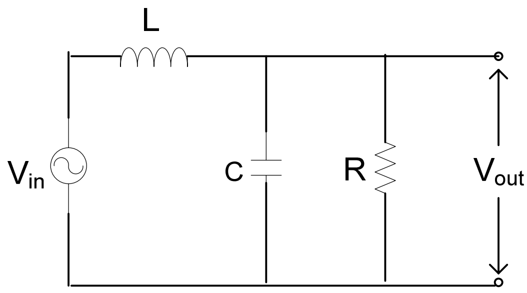
$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Β. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. Πραγματοποιήστε το κύκλωμα του σχήματος 11.2, με : R=1kΩ, C=0,01μF και L=10mH. Εφαρμόστε στην είσοδο του φίλτρου ημιτονική τάση $4V_{p\text{-}p}$ (μετρώντας με παλμογράφο).
2. Μεταβάλλοντας τη συχνότητα συμπληρώστε τον παρακάτω Πίνακα.

f(Hz)	V_{in} (V)	Vout (V)	$\frac{V_{out}}{V_{in}}$	A (dB)
100				
300				
500				
1k				
3 k				
5 k				
7 k				
9 k				
11 k				
13 k				
15 k				
17 k				
19 k				
20 k				
50 k				

3. Με τις τιμές του Πίνακα και σε ημιλογαριθμικό χαρτί κατασκευάστε τη γραφική παράσταση της απολαβής Α.
4. Υπολογίστε τη συχνότητα αποκοπής πειραματικά (το Α στα -3dB).
5. Υπολογίστε τη συχνότητα αποκοπής θεωρητικά από τη σχέση $f_c = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$.
6. Συγκρίνετε τα αποτελέσματα των 4,5.



Σχήμα 11.2: Φίλτρο διέλευσης χαμηλών συχνοτήτων-LC 2ης τάξης

ΆΣΚΗΣΗ 12

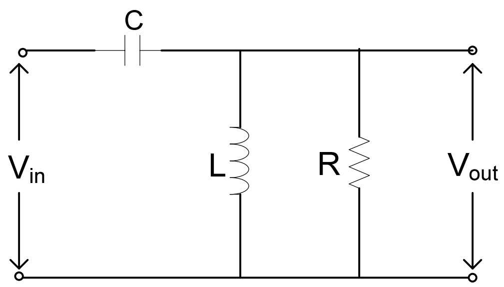
"ΦΙΛΤΡΟ ΔΙΕΛΕΥΣΗΣ ΥΨΗΛΩΝ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ 2^{ΗΣ} ΤΑΞΗΣ-LC"

ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΆΣΚΗΣΗΣ: μελέτη φίλτρου διέλευσης υψηλών συχνοτήτων 2^{ης} τάξης –LC, υπολογισμός της απολαβής, συχνότητας αποκοπής.

Α. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Στην εργαστηριακή άσκηση 10 μελετήσαμε φίλτρο διέλευσης υψηλών συχνοτήτων 1^{ης} τάξης. Όπως προαναφέραμε είναι δυνατό να κατασκευάσουμε και υψηπερατό φίλτρο 2^{ης} τάξης.

Ένα τέτοιο κύκλωμα φαίνεται στο σχήμα 12.1.



Σχήμα 12.1: Φίλτρο διέλευσης χαμηλών συχνοτήτων-LC 2^{ης} τάξης

Η συνάρτηση μεταφοράς του κυκλώματος είναι:

$$H(s) = \frac{s^2}{s^2 + \left(\omega_0 / Q\right) s + \omega_c{}^2}$$

Η συχνότητα αποκοπής δίνεται από τη σχέση:

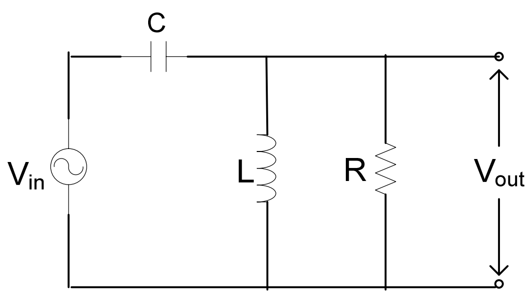
$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Β. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1. Πραγματοποιήστε το κύκλωμα του σχήματος 12.2, με : R=1kΩ, C=0,01μF και L=10mH. Εφαρμόστε στην είσοδο του φίλτρου ημιτονική τάση 4V_{p-p} (μετρώντας με παλμογράφο).
2. Μεταβάλλοντας τη συχνότητα συμπληρώστε τον παρακάτω Πίνακα.

f(Hz)	V_{in} (V)	Vout (V)	$\frac{V_{out}}{V_{in}}$	A (dB)
100				
300				
500				
1k				
3 k				
5 k				
7 k				
9 k				
11 k				
13 k				
15 k				
17 k				
19 k				
20 k				
50 k				

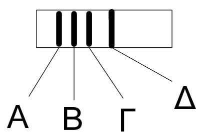
3. Με τις τιμές του Πίνακα και σε ημιλογαριθμικό χαρτί κατασκευάστε τη γραφική παράσταση της απολαβής Α.
4. Υπολογίστε τη συχνότητα αποκοπής πειραματικά (το Α στα -3dB).
5. Υπολογίστε τη συχνότητα αποκοπής θεωρητικά από τη σχέση $f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$.
6. Συγκρίνετε τα αποτελέσματα των 4,5.



Σχήμα 12.2: Φίλτρο διέλευσης χαμηλών συχνοτήτων-LC 2^{ης} τάξης

ΧΡΩΜΑΤΙΚΟΣ ΚΩΔΙΚΑΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΝ		
Χρώμα	**Ως αριθμός**	**Ως ανοχή**
Μαύρο	0	-
Καφέ	1	1
Κόκκινο	2	2
Πορτοκαλί	3	-
Κίτρινο	4	-
Πράσινο	5	0,5
Μπλε	6	-
Μοβ	7	-
Γκρι	8	-
Άσπρο	9	-
Χρυσαφί	-1	5
Ασημί	-2	10
Καθόλου	-	20

Η τιμή μιας σταθερής αντίστασης υπολογίζεται με βάση το χρωματικό κώδικα αποκωδικοποιώντας τους τέσσερις έγχρωμους δακτυλίους που βρίσκονται σε αυτή.



Η τιμή της αντίσταση R είναι :

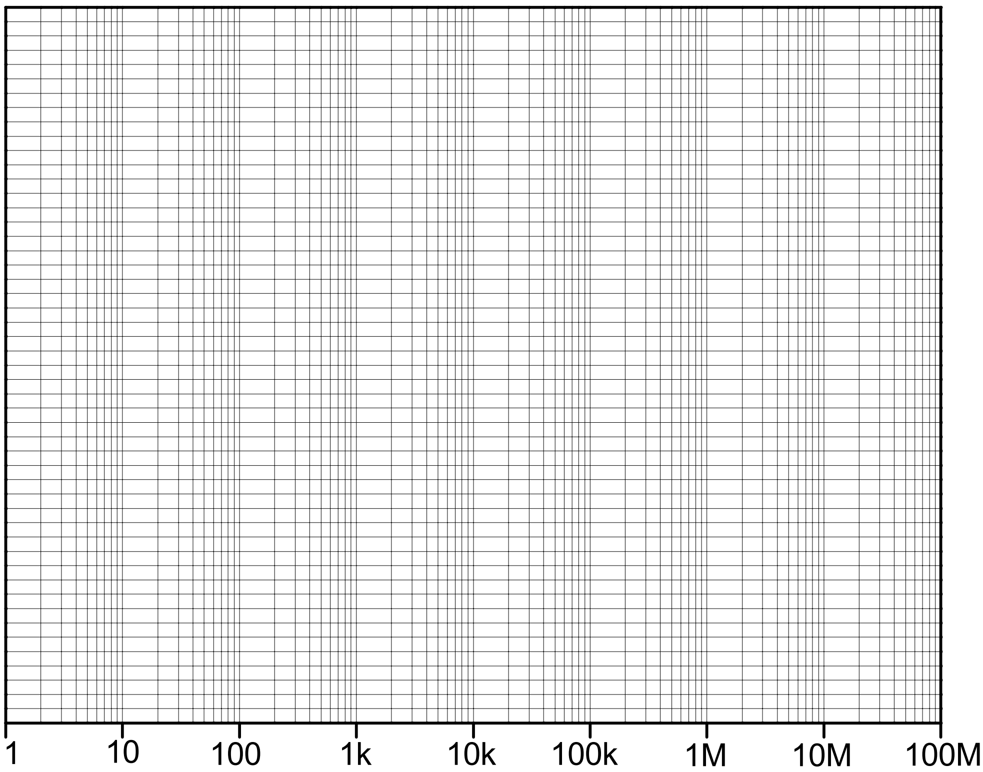
$(AB)\cdot 10^{\Gamma} \pm \Delta\%$

Για παράδειγμα αν Α=μπλε, Β=γκρι, Γ=πορτοκαλί και Δ=ασημί τότε:

$R=(68)\cdot 10^{3}$ Ohm =68 kOhm και ανοχή 10%

Συνοπτικός Πίνακας των μέτρων των σύνθετων αντιστάσεων των εργαστηριακών ασκήσεων.

Κύκλωμα	**Μέτρο Σύνθετης Αντίστασης**
R	Z=R
L	Z=Lω
C	$Z = \frac{1}{C\omega}$
RL σε σειρά	$Z = \sqrt{R^2 + (L\omega)^2}$
RC σε σειρά	$Z = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}$
RLC σε σειρά	$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$
RLC παράλληλα	$Z = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{R^2} + \left(C\omega - \frac{1}{L\omega}\right)^2}}$


1
10
100
1k
10k
100k
1M
10M
100M

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Κ.Α.Καρύμπακας, "Γενική Ηλεκτρονική, Τόμος Α"
2. Κ.Α.Καρύμπακας, "Γενική Ηλεκτρονική, Τόμος Β"
3. Ν.Ι.Μάργαρης, "Βασική θεωρία ηλεκτρικών κυκλωμάτων, Τόμος Ι"
4. Ν.Ι.Μάργαρης, "Βασική θεωρία ηλεκτρικών κυκλωμάτων, Τόμος ΙΙ"
5. R.A.Serway, "Physics for scientists & engineers, Τόμος ΙΙ"
6. Τ.Η.Τριανταφύλου, "Εργαστηριακές Ασκήσεις Ηλεκτροτεχνίας & Ηλεκτρικών Κυκλωμάτων"