

Μέτρηση Τάσεων Με Παλμογράφο

Κλάιντι Τσάμη

Περίληψη:

Στην παρακάτω εργαστηριακή άσκηση εστιάσαμε στην εμβάθυνση των γνώσεων μας σχετικά με το εναλλασσόμενο ρεύμα. Μέσα από πολλαπλά πειράματα, επικεντρωθήκαμε στις θεωρητικές αρχές που διέπουν το εναλλασσόμενο ρεύμα και προχωρήσαμε σε ακριβείς μετρήσεις, συμπεριλαμβανομένων των μετρήσεων σε εναλλασσόμενα κυκλώματα. Ο στόχος μας ήταν η κατανόηση πλήρως των πρακτικών και θεωρητικών πτυχών του θέματος, βελτιώνοντας έτσι τις γνώσεις μας και τις δεξιότητές μας στον τομέα του εναλλασσόμενου ρεύματος.

Εισαγωγή:

Η παρούσα εργαστηριακή άσκηση εκτελέστηκε με σκοπό τη μέτρηση τάσεων σε διάφορα ηλεκτρικά κυκλώματα, χρησιμοποιώντας ένα παλμογράφο και εναλλασσόμενο ρεύμα (AC). Η χρήση εναλλασσόμενου ρεύματος σε αυτά τα κυκλώματα ανοίγει τον δρόμο για την εξερεύνηση διαφόρων θεωριών και φαινομένων που σχετίζονται με αυτό το είδος του ρεύματος, καθώς και με άλλα ηλεκτρονικά εξαρτήματα που χρησιμοποιήθηκαν. Μέσα από την πρακτική εφαρμογή της μέτρησης των τάσεων σε αυτά τα κυκλώματα, επιτυγχάνεται όχι μόνο η απλή απόκτηση πειραματικών δεδομένων, αλλά και μια εμβάθυνση σε βασικές θεωρίες που αφορούν το εναλλασσόμενο ρεύμα. Παράλληλα, εξετάζονται φαινόμενα που αφορούν τη συμπεριφορά διαφόρων ηλεκτρονικών στοιχείων που χρησιμοποιήθηκαν στην άσκηση. Η κατανόηση αυτών των θεωριών και φαινομένων δεν περιορίζεται μόνο στην εφαρμογή, αλλά διευρύνεται, επιτρέποντας στους συμμετέχοντες να αντιληφθούν τις βαθύτερες διαδικασίες που διαμορφώνουν τη συμπεριφορά των κυκλωμάτων και των ηλεκτρονικών συσκευών.

Θεωρία:

Για την μαθηματική μελέτη της εργαστηριακής άσκησης αυτής χρειάζονται κάποιες βασικές θεωρίες και εξισώσεις η οποίες αναγράφονται και αριθμούνται παρακάτω.

Καταρχάς, εάν σε ένα κύκλωμα έχουμε συνδέσει πολλές αντιστάσεις σε σειρά, το ρεύμα που διαπερνά κάθε αντίσταση είναι το ίδιο, αυτό διότι το ρεύμα έχει μόνο μία διαδρομή. Η συνολική αντίσταση στο κύκλωμα αυτό θα είναι το άθροισμα των αντιστάσεων. Για παράδειγμα, εάν στο κύκλωμα συνδέονται σε σειρά n αντιστάσεις, τότε η συνολική αντίσταση θα ισούται με:

$$R = R_1 + R_2 + \dots + R_n \quad (1)$$

Από την άλλη εάν οι n αντιστάσεις συνδέονται παράλληλα τότε για την συνολική αντίσταση θα ισχύει ότι:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} \quad (1.1)$$

Νόμος του Ohm:

Σύμφωνα με τον νόμο του Ohm η τάση στα άκρα ενός κυκλώματος ισούται με το γινόμενο της τιμής της αντίστασης επί την τιμή του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα.

$$\Delta\text{ηλαδή: } V = I \cdot R \quad (2)$$

Εναλλασσόμενο ρεύμα:

Το εναλλασσόμενο ρεύμα είναι το ηλεκτρικό ρεύμα το οποίο μεταβάλλεται περιοδικά με τον χρόνο στη διεύθυνση και το πλάτος. Συμβολισμός: **ac**. Η γραφική αναπαράσταση του ac ρεύματος συνήθως γίνεται με τη χρήση του γραφήματος κυματομορφής. Κατά τη διάρκεια ενός κύκλου AC ρεύματος ή τάσης, το ρεύμα και η τάση αλλάζουν κατεύθυνση περιοδικά και ακολουθούν μια ημιτονική καμπύλη. Η χρονική περίοδος ενός AC σήματος είναι η περίοδος **T** μέχρι να επαναληφθεί η κυματομορφή και να επανέλθει στην αρχική της θέση.

Για την στιγμιαία τιμή ρεύματος σε χρόνο t θα ισχύει ότι:

$$I = I_0 \sin(\omega t) \quad (3) \quad , \text{ όπου } I_0 \text{ το μέγιστο ρεύμα και } \omega \text{ η γωνιακή συχνότητα}$$

Για την στιγμιαία τιμή της τάσης σε χρόνο t θα ισχύει ότι:

$$V = V_0 \sin(\omega t) \quad (4) \quad , \text{ όπου } V_0 \text{ η μέγιστη τάση}$$

Συχνότητα:

Ο αριθμός των κύκλων που ένα ημιτονικό σήμα θα κάνει σε ένα δευτερόλεπτο. Μονάδα Hertz (Hz).

$$f = \frac{1}{T} \quad (5)$$

Γωνιακή συχνότητα:

Η γωνιακή συχνότητα ενός ημιτονικού σήματος είναι ένα μέτρο για το πόσες φορές το σήμα ολοκληρώνει έναν πλήρη κύκλο σε μια μονάδα χρόνου.

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f \quad (6)$$

Πλάτος:

Το μέγιστο (**peak**) πλάτος ενός σήματος αναφέρεται στη μέγιστη θετική ή αρνητική τιμή που μπορεί να φτάσει το σήμα. Με άλλα λόγια, είναι η απόσταση από το μηδέν (ή τη βάση της κυματομορφής) μέχρι την κορυφή του σήματος.

Το **peak to peak** (PP) αναφέρεται στην απόσταση μεταξύ της μέγιστης θετικής τιμής και της μέγιστης αρνητικής τιμής ενός σήματος. Με άλλα λόγια, είναι η απόσταση του άνω με του κάτω ορίου της κυματομορφής.

Μέγιστο (Peak) Πλάτος: V_p ή I_p

Πλάτος Peak-to-Peak: V_{pp} ή I_{pp}

Σχέση μεταξύ του πλάτους Peak και του πλάτους Peak-to-peak:

$$V_{pp} = 2V_p \quad (7)$$

Ενεργός τιμή Root Mean Square (RMS):

Γενικά όταν σε ένα κύκλωμα το οποίο το διαπερνά ac ρεύμα μετρήσουμε μέσω ενός πολύμετρου την τιμή της έντασης του ρεύματος ή της τάσης τότε η τιμή που θα εμφανιστεί στο πολύμετρο είναι η ενεργός τιμή (RMS). Για παράδειγμα αν θελήσουμε να μετρήσουμε την τάση μέσω του πολύμετρου γράφουμε την τάση αυτή ως V_{RMS} .

Για της ενεργές τιμές έχει αποδειχθεί ότι ισχύει η παρακάτω σχέση:

$$V_{RMS} = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot V_p = \frac{V_0}{\sqrt{2}} \quad (8), \text{ το ίδιο ισχύει και για την ένταση } I_{RMS}$$

Γωνία φάσης:

Η γωνία φάσης είναι μια γωνιακή μέτρηση της θέσης ενός ημιτονικού σήματος σε σχέση με ένα σήμα αναφοράς. (Με την προϋπόθεση ότι το σήμα και το σήμα αναφοράς πρέπει να έχουν την ίδια συχνότητα).

Γενικά αν ένα σήμα έπεται ενός σήματος αναφοράς όταν: $\varphi_{signal} - \varphi_{reference} < 0^\circ$, ενώ ένα σήμα προηγείται ενός σήματος αναφοράς όταν $\varphi_{signal} - \varphi_{reference} > 0^\circ$.

Επιπλέον, επειδή πρόκειται να συγκριθούν πειραματικές τιμές με θεωρητικές (ονομαστικές), απαιτείται η χρήση μιας σχέσης για την απόκλιση των τιμών αυτών. Αυτή η σχέση δίνεται από τον παρακάτω τύπο:

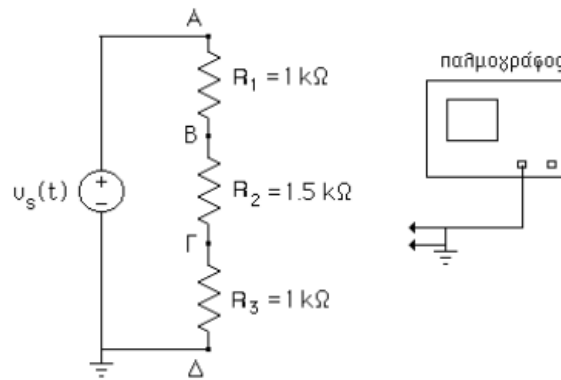
$$\% \text{ απόκλιση} = \frac{\text{ονομ. τιμή} - \text{πειρ. τιμή}}{\text{ονομ. τιμή}} \quad (9)$$

Πειραματική διαδικασία:

Τα βασικά ηλεκτρονικά εξαρτήματα που θα χρειαστούν για την υλοποίηση της εργαστηριακής ασκήσεως είναι τα παρακάτω:

- Γεννήτρια ημιτονίου ρεύματος
- Παλμογράφος
- Πλακέτα διασύνδεσης (breadboard)
- Πολύμετρο
- Αντιστάτες ($1\text{ k}\Omega$, $1.5\text{ k}\Omega$ και $10\text{ k}\Omega$)
- Πηνίο ($L=8.5\text{ H}$)
- Πυκνωτής ($C=100\text{ nF}$)
- Και διάφορα καλώδια για την διασύνδεση των εξαρτημάτων αυτών

A) Στο πρώτο μέρος της εργαστηριακής άσκησης θα γίνει μέτρηση τάσεων στα άκρα αντιστάσεων σε ένα απλό κύκλωμα το οποίο περιέχει μόνο 3 αντιστάσεις ($R_1 = 1\text{ k}\Omega$, $R_2 = 1.5\text{ k}\Omega$ και $R_3 = 1\text{ k}\Omega$). Αρχικά οι τάσεις θα μετρηθούν μέσω του παλμογράφου και έπειτα μέσω του πολύμετρου. Θα πρέπει λοιπόν αρχικά να κατασκευάσουμε το παρακάτω κύκλωμα (Εικόνα 4):



Εικόνα 4

Η σύνδεση του κυκλώματος αυτού είναι η εξής: Καταρχάς συνδέουμε σε σειρά τους τρεις αντιστάτες ($R_1 = 1\text{ k}\Omega$, $R_2 = 1.5\text{ k}\Omega$ και $R_3 = 1\text{ k}\Omega$), έπειτα συνδέουμε την γεννήτρια ημιτονικού ρεύματος στα άκρα των αντιστάσεων, δηλαδή τον αρνητικό πόλο με την ελεύθερη άκρη της αντίστασης R_1 και την γείωση με την ελεύθερη άκρη της αντίστασης R_3 . Επιλέγουμε στην γεννήτρια συχνότητα 500 Hz και Στον παλμογράφο επιλέγουμε στον κατακόρυφο άξονα 2 V. Έπειτα μέσω του παλμογράφου κάνουμε της εξής μετρήσεις:

1) Συνδέουμε τον αρνητικό πόλο του παλμογράφου στο A και την γείωση του παλμογράφου στο B ώστε να μετρήσουμε την τάση στα άκρα της R_1 . Η τιμή που εμφάνισε ο παλμογράφος είναι η εξής:

$V_{\max(R_1)} = 1.36\text{ V}$, η τιμή αυτή αντιστοιχεί στην μέγιστη τάση.

2) Έπειτα πάμε και μετράμε την τάση στα άκρα του αντιστάτη R_2 , συνδέουμε λοιπόν τον αρνητικό πόλο του παλμογράφου στο B και την γείωση την για να γίνει καλύτερη μελέτη του κυκλώματος την χωρίζουμε σε δυο περιπτώσεις:

i) Πρώτα πάμε και συνδέουμε την γείωση στο B, η τιμή που εμφάνισε ο παλμογράφος είναι η εξής:

$V_{\max(R_{2,B})} = 80\text{ mV}$, η τιμή της τάσης είναι μικρή καθώς με την σύνδεση της γείωσης στο B δεν μετράμε την τάση στα άκρα της R_2 διότι πρακτικά μηδενίζουμε την αντίσταση αυτή.

ii) Από την άλλη εάν η γείωση συνδεθεί στο Γ η τιμή που έδειξε ο παλμογράφος θα είναι η σωστή. Η τιμή αυτή ισούταν με:

$V_{\max(R_2)} = 880\text{ mV}$

3) Τέλος πάμε και μετράμε μέσω του παλμογράφου την τάση στα άκρα του αντιστάτη R_3 .

i) Πάλι εάν συνδεσουμε την γείωση στο Γ δεν θα μπορέσουμε να μετρήσουμε την τάση αυτή καθώς πρακτικά μηδενίζουμε την αντίσταση R_3 .

$V_{\max(R_{3,\Gamma})} = 80\text{ mV}$

ii) Ενώ αν συνδεσουμε την γείωση στο Δ θα γίνει υπολογισμός της σωστής τιμής της τάσης, η οποία μέσω του παλμογράφου ισούταν με:

$V_{\max(R_3)} = 320\text{ mV}$

Όλες οι παραπάνω τιμές αντιστοιχούν στην μέγιστη τάση V_0 .

Εάν επαναλάβουμε της ίδιες μετρήσεις χρησιμοποιώντας αυτήν την φορά το πολύμετρο ως βολτόμετρο και όχι τον παλμογράφο καταλήγουμε στις εξής τιμές:

1) $V_{R1} = 0.96 \text{ V}$

2) i) $V_{R2,B} = 0.03 \text{ V}$ και ii) $V_{R2} = 0.59 \text{ V}$

3) i) $V_{R3,B} = 0.053 \text{ V}$ και ii) $V_{R3} = 0.28 \text{ V}$

Σύμφωνα με την θεωρία η παραπάνω τιμές είναι η ενεργές τιμές τάσης καθώς υπολογίστηκαν μέσω του βολτομέτρου στο οποίο και επιλέξαμε να μας εμφανίσει ένα εναλλασσόμενες τιμές τάσης. Για να επιβεβαιώσουμε ότι όντως η τιμές αυτές είναι η ενεργές μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την εξίσωση (8), σύμφωνα με την εξίσωση αυτή ισχύει ότι:

$$V_{\text{RMS}} = \frac{V_0}{\sqrt{2}} \Rightarrow V_0 = \sqrt{2} \cdot V_{\text{RMS}}$$

Άρα το μόνο που χρειάζεται να κάνουμε είναι να πολλαπλασιάσουμε με $\sqrt{2}$ της τιμές που βρήκαμε με το πολύμετρο. Οπότε:

$$V_{\text{max}(R_1)} = \sqrt{2} \cdot 0.96 = 1.36 \text{ V} \Rightarrow V_{\text{max}(R_1)} = 1.36 \text{ V}$$

$$V_{\text{max}(R_{2,B})} = \sqrt{2} \cdot 0.03 = 0.04 \text{ V} = 40 \text{ mV} \Rightarrow V_{\text{max}(R_{2,B})} = 40 \text{ mV}$$

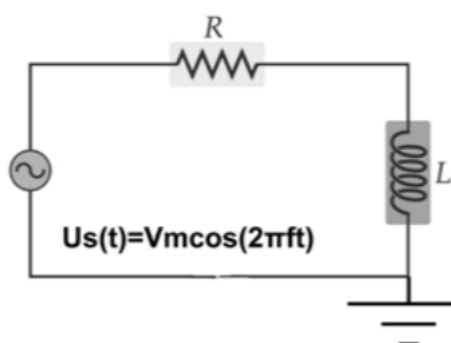
$$V_{\text{max}(R_2)} = \sqrt{2} \cdot 0.59 = 0.83 \text{ V} = 830 \text{ mV} \Rightarrow V_{\text{max}(R_2)} = 830 \text{ mV}$$

$$V_{\text{max}(R_{3,r})} = \sqrt{2} \cdot 0.053 = 0.075 \text{ V} = 75 \text{ mV} \Rightarrow V_{\text{max}(R_{3,r})} = 75 \text{ mV}$$

$$V_{\text{max}(R_3)} = \sqrt{2} \cdot 0.28 = 0.39 \text{ V} = 390 \text{ mV} \Rightarrow V_{\text{max}(R_3)} = 390 \text{ mV}$$

Παρατηρούμε φυσικά μια μικρή απόκλιση στις παραπάνω τιμές σε σχέση με της τιμές που βρήκαμε μέσω του παλμογράφου παρόλ' αυτά οι τιμές έχουν βγει πολύ κοντά και επιβεβαιώνουν την εξίσωση (8).

Β) Στο δεύτερο μέρος της εργαστηριακής άσκησης θα μελετήσουμε το παρακάτω κύκλωμα R-L (Εικόνα 5) και θα μετρήσουμε με τον παλμογράφο τα πλάτη και της φάσεις των τάσεων στα άκρα των στοιχείων του κυκλώματος.



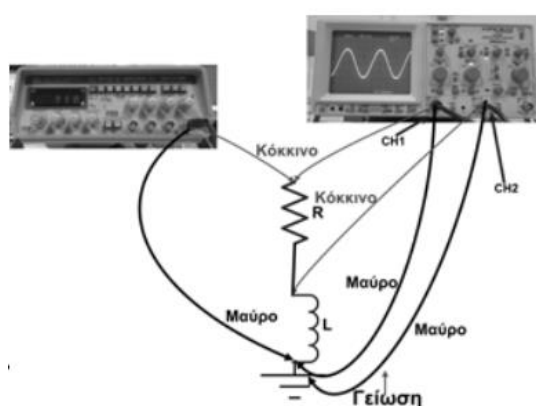
Εικόνα 5

Αρχικά τα επιπλέον ηλεκτρονικά εξαρτήματα που θα χρειαστούμε για το δεύτερο μέρος είναι τα εξής:

- Πηνίο $L = 8.5\text{ H}$
- Αντίσταση $R = 10\text{ k}\Omega$

Επιπλέον για να γίνει σωστή μέτρηση τάσεων του κυκλώματος θα πρέπει να χωρίσουμε την πειραματική διαδικασία σε δυο μέρη. Πρώτα λοιπόν πάμε και συνδέουμε στον παλμογράφο άλλο ένα τριαξονικό καλώδιο στο channel 2.

α) Στο πρώτο μέρος της πειραματικής διαδικασίας θα προσπαθήσουμε να μετρήσουμε την πραγματική τιμή της τάσης του πηνίου. Για να το πετύχουμε αυτό ακολουθούμε την εξής διαδικασία:



Εικόνα 6

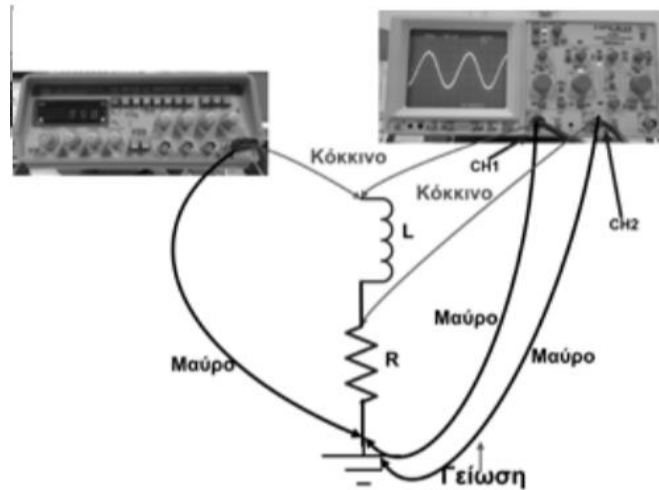
Πρώτα από όλα πάμε και συνδέουμε στο breadboard την αντίσταση και το πηνίο. Έπειτα συνδέουμε την γεννήτρια ημιτονικού ρεύματος την οποία έχουμε ρύθμιση στα 300 Hz στα άκρα του κυκλώματος, δηλαδή τον αρνητικό πόλο με την ελεύθερη άκρη της αντίστασης R και την γείωση με την ελεύθερη άκρη του πηνίου, έχοντας παράλληλα συνδέσει με καλώδιο την αντίσταση και το πηνίο. Στον παλμογράφο επιλέγουμε στον κατακόρυφο άξονα 1 V και έχοντας την ρύθμιση dual επιλεγμένη ώστε να βλέπουμε 2 σήματα ταυτόχρονα στην οθόνη, πάμε και συνδέουμε το channel 1 στα άκρα του κυκλώματος και το channel 2 στα άκρα του πηνίου. Με αυτόν τον τρόπο σωστή τιμή τάσης του πηνίου θα μας εμφανίσει μόνο το channel 2. Το channel1 από την άλλη δεν θα μας εμφανίσει την τιμή τις τάσης της αντίστασης καθώς έχει συνδεθεί στα άκρα του κυκλώματος. Αυτό έγινε όμως για να εμφανιστεί στον παλμογράφο η σωστή τιμή της φάσης των δυο σημάτων. Το κύκλωμα μας θα πρέπει να μοιάζει με αυτό της εικόνας 6 .Αν ακολουθήσουμε την διαδικασία αυτή ο παλμογράφος εμφανίζει της εξής τιμές:

Φάση: $P_{has} = 327.5\text{ degree} \rightarrow 360 - 327.5 = 32.5\text{ degree} \Rightarrow P_{has} = 32.5\text{ degree}$

Στα άκρα του κυκλώματος (channel 1): $V_{max} = 1.40\text{ V}$

Πηνίο (channel 2): $V_{pp} = 1.96\text{ V}$

β) Στο δεύτερο μέρος για να μετρήσουμε την τάση της αντίστασης μέσω του παλμογράφου θα πρέπει το κύκλωμα μας να γίνει όπως ακριβώς της εικόνας 7. Η μονή διαφορά με το παραπάνω κύκλωμα είναι το ότι αυτήν την φορά η γεννήτρια ημιτονίου ρεύματος συνδέεται με τον αρνητικό πόλο στο πηνίο και με την γείωση στην αντίσταση και ότι το channel 2 συνδέεται στα άκρα της αντίστασης αντί του πηνίου.



Εικόνα 7

Σε αυτήν την περίπτωση η τιμές που εμφανίζει ο παλμογράφος εμφανίζονται παρακάτω:

Φάση: $P_{has} = 51.15 \text{ degree}$

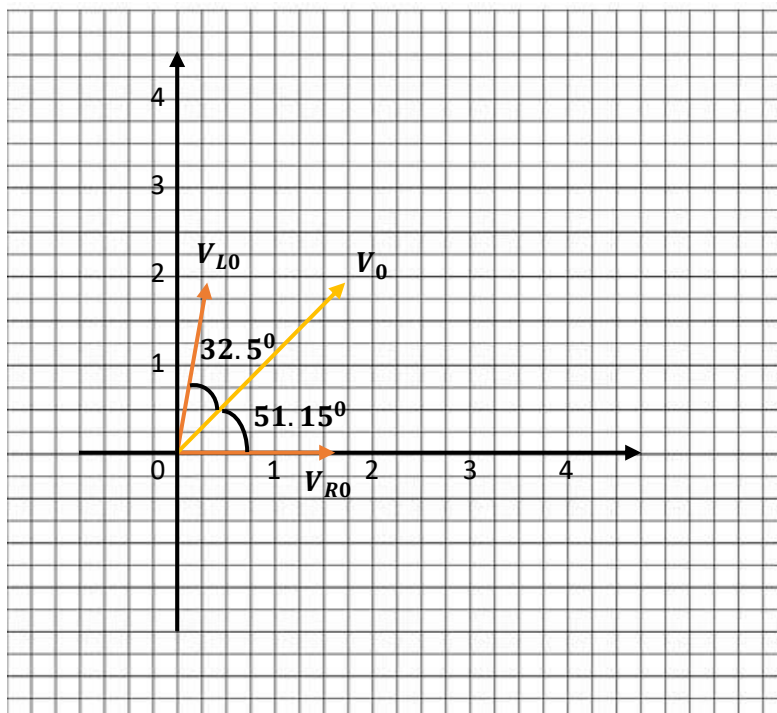
Στα άκρα του κυκλώματος (channel 1): $V_{max} = 1.40 \text{ V}$

Αντίσταση (channel 2): $V_{pp} = 1.56 \text{ V}$

Σύμφωνα λοιπόν με της παραπάνω τιμές μπορούμε να δημιουργήσουμε το διάγραμμα των τάσεων του κυκλώματος. Γενικά παραπάνω μετρήσαμε μέσω του α) μέρους το V_{L0} και την γωνία $\theta_1 = 32.5^\circ$. Ενώ με το δεύτερο μέρος β) το V_{L0} και την γωνία $\theta_2 = 51.15^\circ$.

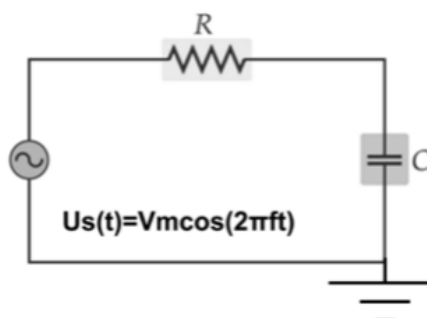
Μέσω του παρακάτω διαγράμματος λοιπόν (Διάγραμμα 1) μπορούμε μέσω του πυθαγορείου θεωρήματος να βρούμε το V_0 δηλαδή την τάση στα άκρα του κυκλώματος.

θα ισχύει λοιπόν ότι: $V_0 = \sqrt{V_{L0}^2 + V_{R0}^2} = \sqrt{1.96^2 + 1.56^2} = 2.5 \text{ V} \Rightarrow V_0 = 2.5 \text{ V}$



Διάγραμμα 1

Γ) Στο τρίτο μέρος της εργαστηριακής άσκησης θα μελετήσουμε το παρακάτω κύκλωμα R-C και θα μετρήσουμε με τον παλμογράφο τα πλάτη και της φάσεις των τάσεων στα άκρα των στοιχείων του κυκλώματος.



Εικόνα 8

Αρχικά τα επιπλέον ηλεκτρονικά εξαρτήματα που θα χρειαστούμε για το δεύτερο μέρος είναι τα εξής:

- Πυκνωτής $C = 100 \text{ nF}$
- Αντίσταση $R = 1.0 \text{ k}\Omega$

Με την ίδια λογική του προηγούμενου μέρους θα μετρήσουμε την τάση στα άκρα των στοιχείων μέσω του παλμογράφου. Πρώτα συνδέοντας το channel 2 στα άκρα του πυκνωτή και έπειτα στο άκρο της αντίστασης.

α) Πρώτα πάμε λοιπόν και συνδέουμε την αντίσταση $R = 1.0 \text{ k}\Omega$ και τον πυκνωτή στο breadboard, έπειτα συνδέουμε τα δυο αυτά στοιχεία μέσω καλωδίου. Η γεννήτρια ημιτονικού ρεύματος την οποία έχουμε ρυθμίσει στα 2000 Hz, θα συνδεθεί με τον αρνητικό πόλο στο ελεύθερο άκρο της αντίστασης και με την γείωση στο ελεύθερο άκρο του πυκνωτή. Τέλος συνδέουμε το channel 1 στα άκρα του κυκλώματος και το channel 2 στα άκρα του πυκνωτή. Στον παλμογράφο επιλέγουμε στον κατακόρυφο άξονα 1 V. Εάν ακολουθήσουμε την παραπάνω διαδικασία ο παλμογράφος θα μας εμφανίσει της εξής τιμές:

Φάση: $P_{has} = 50.64 \text{ degree}$

Στα άκρα του κυκλώματος (channel 1): $V_{max} = 1.36 \text{ V}$

Στον πυκνωτή (Channel 2): $V_{pp} = 1.28 \text{ V}$

β) Στο δεύτερο μέρος για να μετρήσουμε την τάση της αντίστασης μέσω του παλμογράφου θα πρέπει το κύκλωμα μας να αλλάξει ως εξής. Θα πρέπει η γεννήτρια ημιτονίου ρεύματος να συνδέεται με τον αρνητικό πόλο στο ελεύθερο άκρο του πυκνωτή και με την γείωση στο ελεύθερο άκρο της αντίστασης και το channel 2 να συνδέεται στα άκρα της αντίστασης αντί του πυκνωτή. Ο πυκνωτής και η αντίσταση συνεχίζουν να συνδέονται απλά αυτήν την φορά πρώτα θα συνδεθεί ο πυκνωτής στο breadboard με την αντίσταση. Εάν ακολουθήσουμε την παραπάνω διαδικασία ο παλμογράφος θα μας εμφανίσει της εξής τιμές:

Φάση: $P_{has} = 329.6 \text{ degree} \rightarrow 360 - 329.6 = 30.4 \text{ degree} \Rightarrow P_{has} = 30.4 \text{ degree}$

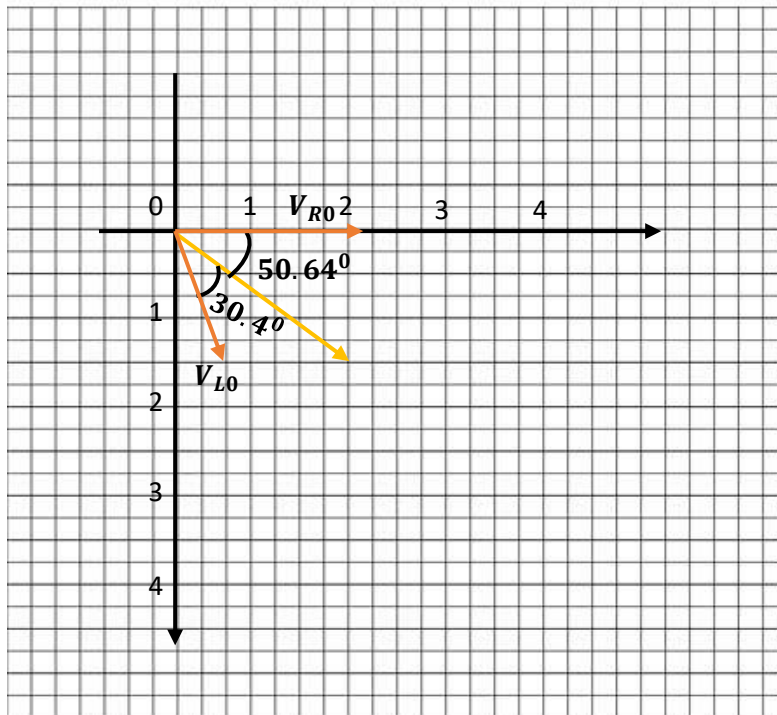
Στα άκρα του κυκλώματος (channel 1): $V_{max} = 1.36 \text{ V}$

Στον πυκνωτή (Channel 2): $V_{pp} = 1.28 V$

Σύμφωνα λοιπόν με της παραπάνω τιμές μπορούμε να δημιουργήσουμε το διάγραμμα των τάσεων του κυκλώματος. Γενικά παραπάνω μετρήσαμε μέσω του α) μέρους το V_{C0} και την γωνία $\theta_1 = 50.64^\circ$. Ενώ με το δεύτερο μέρος β) το V_{R0} και την γωνία $\theta_2 = 30.4^\circ$.

Μέσω του παρακάτω διαγράμματος λοιπόν (Διάγραμμα 1) μπορούμε μέσω του πυθαγορείου θεωρήματος να βρούμε το V_0 δηλαδή την τάση στα άκρα του κυκλώματος.

Θα ισχύει λοιπόν ότι: $V_0 = \sqrt{V_{C0}^2 + V_{R0}^2} = \sqrt{1.28^2 + 2.24^2} = 2.58 V \Rightarrow V_0 = 2.58 V$



Διάγραμμα 2

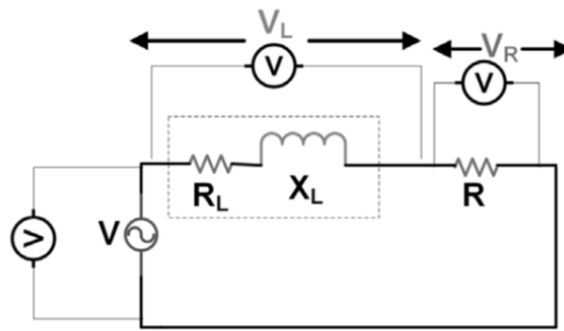
Δ) Στο τελευταίο μέρος της εργαστηριακής άσκησης θα μελετήσουμε τα μέρη Β) και Γ) με τη μέθοδο των τριών βολτομέτρων. Με λίγα λόγια θα επιχειρήσουμε να μετρήσουμε της ενεργές τιμές των V , V_R , V_{L0} και V_{C0} .

Καταρχάς πάμε και βάζουμε το πολύμετρο σε λειτουργία βολτομέτρου ενεργών τιμών τάσης. Έπειτα ξεκινάμε με την μελέτη του κυκλώματος R-L.

Κύκλωμα R-L:

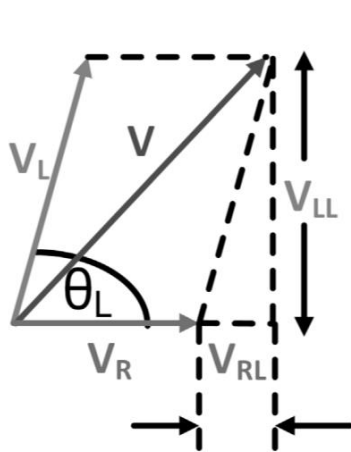
Επαναλαμβάνουμε λοιπόν τη διαδικασία του κυκλώματος R-L και την πρώτη φορά όπου το κανάλι 2 του παλμογράφου είναι συνδεδεμένο στα άκρα του πηνίου, πάμε και μετράμε την τάση του πηνίου με το πολύμετρο. Έπειτα, επαναλαμβάνουμε και το δεύτερο μέρος, δηλαδή εκείνο στο οποίο το κανάλι 2 είναι συνδεδεμένο στα άκρα της αντίστασης και κάνουμε μια ακόμη μέτρηση, αυτή της ενεργής τιμής τάσης της αντίστασης. Τέλος, πάμε και μετράμε με το πολύμετρο την τάση στα άκρα του κυκλώματος (Εικόνα 9). Οι τιμές αυτές που εμφανίστηκαν στο πολύμετρο αποτυπώνονται παρακάτω:

$V_L = 0.78 V$, $V_R = 0.52 V$ και $V = 0.99 V$



Εικόνα 9

Τα διανύσματα των ενεργών τιμών που μετρήθηκαν αποτυπώνονται στην εικόνα 10. Μπορούμε λοιπόν μέσω των διανυσμάτων αυτών να υπολογίσουμε τα θ_L , V_{LL} και V_{RL} τα οποία θα ισούνται με:



$$\cos(\theta_L) = \frac{V^2 - V_R^2 - V_L^2}{2V_R V_L} = \dots \Rightarrow \theta_L = 82.82 \text{ degree}$$

Ενώ στο κυκλώμα η ενεργός τιμή του ρευματος θα ισουτε με :

$$I_{RMS} = \frac{V_R}{R} = \frac{0.52}{10^4} = 5.2 \cdot 10^{-3} \text{ A} \Rightarrow I_{RMS} = 5.2 \cdot 10^{-3} \text{ A}$$

$$V_{RL} = V_L \cdot \cos(\theta_L) = 0.78 \cdot \cos(82.82) = 0.0975 \text{ V}$$

$$\Rightarrow V_{RL} = 0.0975 \text{ V}$$

$$V_{LL} = V_L \cdot \sin(\theta_L) = 0.78 \cdot \sin(82.82) = 0.7722 \text{ V}$$

$$\Rightarrow V_{LL} = 0.7722 \text{ V}$$

Εικόνα 10

Επιπλέον εφόσον γνωρίζουμε την τάση μέσω του νομού του ohm μπορούμε να βρούμε και την αντίσταση, οπότε:

$$R_L = V_{RL} / I_{RMS} = \frac{0.0975}{5.2 \cdot 10^{-3}} = 1.9 \cdot 10^3 = 1.9 \text{ k}\Omega \Rightarrow R_L = 1.9 \text{ k}\Omega$$

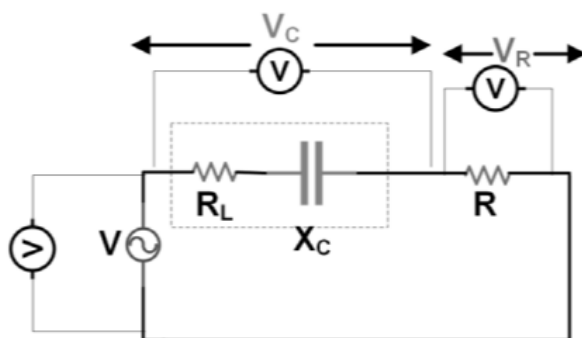
και

$$X_L = V_{LL} / I_{RMS} = \frac{0.7722}{5.2 \cdot 10^{-3}} = 14.85 \cdot 10^3 = 14.85 \text{ k}\Omega \Rightarrow X_L = 14.85 \text{ k}\Omega$$

Κύκλωμα R-C:

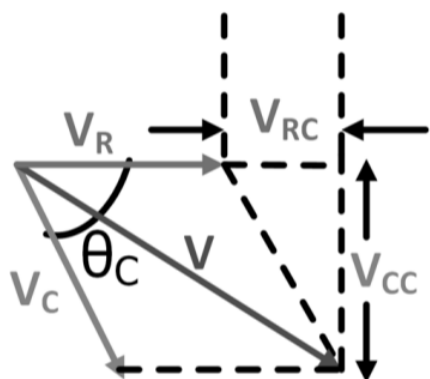
Ακολουθούμε την ίδια διαδικασία με το κύκλωμα R-C, δηλαδή επαναλαμβάνουμε ολόκληρη τη διαδικασία και στο τέλος μετράμε μέσω του πολυμέτρου την τάση των στοιχείων στο κανάλι 2 και την τάση στα άκρα του κυκλώματος. Οι ενεργές τιμές του κυκλώματος R-C (Εικόνα 11) που εμφάνισε το πολύμετρο αποτυπώνονται παρακάτω:

$$V_C = 0.58 \text{ V}, V_R = 0.76 \text{ V και } V = 0.96 \text{ V}$$



Εικόνα 11

Τα διανύσματα των ενεργών τιμών που μετρήθηκαν αποτυπώνονται στην εικόνα 12. Μπορούμε λοιπόν μέσω των διανυσμάτων αυτών να υπολογίσουμε τα θ_C , V_{CC} και V_{RC} τα οποία θα ισούνται με:



Εικόνα 12

$$\cos(\theta_C) = \frac{V^2 - V_R^2 - V_C^2}{2V_R V_C} = 89.5 \text{ degree}$$

$$\Rightarrow \theta_L = 89.5 \text{ degree}$$

Ενώ στο κυκλωμα η ενεργος τιμη του ρευματος θα ισοτε με :

$$I_{RMS} = \frac{V_R}{R} = \frac{0.76}{10^3} = 0.76 \cdot 10^{-3} A \Rightarrow I_{RMS} = 7.6 \cdot 10^{-4} A$$

$$V_{RC} = V_C \cdot \cos(\theta_C) = 0.58 \cdot \cos(89.5) = 5.06 \cdot 10^{-3} V$$

$$\Rightarrow V_{RL} = 5.06 \cdot 10^{-3} V$$

$$V_{CC} = V_C \cdot \sin(\theta_C) = 0.58 \cdot \sin(89.5) = 0.5742 V \Rightarrow V_{LL} = 0.5742 V$$

Επιπλέον εφόσον γνωρίζουμε την τάση μέσω του νομού του ohm μπορούμε να βρούμε και την αντίσταση, οπότε:

$$R_L = \frac{V_{RL}}{I_{RMS}} = \frac{5.06 \cdot 10^{-3}}{7.6 \cdot 10^{-4}} = 6.6 \Omega \Rightarrow R_L = 6.6 \Omega$$

και

$$X_C = \frac{V_{CC}}{I_{RMS}} = \frac{0.5742}{7.6 \cdot 10^{-4}} = 0.075 \cdot 10^4 = 750 \Omega \Rightarrow X_L = 750 \Omega$$

Συμπέρασμα:

Στην εργαστηριακή άσκηση αυτή εξετάσαμε προσεκτικά τα βασικά αρχέγονα του εναλλασσόμενου ρεύματος και μάθαμε πώς να μετρήσουμε ακριβώς τις τάσεις σε διάφορα σημεία ενός κυκλώματος. Χρησιμοποιήσαμε παλμογράφο και πολύμετρο για τις μετρήσεις, καταφέροντας να κατανοήσουμε πλήρως τις αρχές του εναλλασσόμενου ρεύματος και τις τεχνικές μετρήσεων τάσης σε κυκλώματα. Αυτή η εμπειρία βελτίωσε την ικανότητά μας να εφαρμόζουμε πειραματικές μεθόδους, παρέχοντάς μας βαθύτερη κατανόηση του θέματος.