

Νόμοι Kirchhoff - Διαίρετης Τάσης

Κλάιντι Τσάμη

Στην εργαστηριακή άσκηση αυτή, ερευνήσαμε ένα κύκλωμα διαίρεσης τάσης με στόχο να εξετάσουμε τα φαινόμενα που επηρεάζουν τις πειραματικές μας μετρήσεις. Αναλύσαμε την επίδραση του φαινομένου επίδρασης φορτιού στις πειραματικές μέτρησης και εξετάσαμε τη σημασία της ακρίβειας στις πειραματικές διαδικασίες. Με τη σύγκριση των μετρήσεων σε διάφορες συνθήκες, ανακαλύψαμε πώς οι ανθρώπινες παρεμβάσεις επηρεάζουν επίσης τα αποτελέσματα. Αυτή η εμπειρία μας βοήθησε να κατανοήσουμε βαθύτερα τη σύνθετη σχέση μεταξύ των εξωτερικών παραγόντων και των πειραματικών αποτελεσμάτων μας, ενισχύοντας τη δεξιότητά μας στην ανάλυση και τη βελτίωση των μετρήσεών μας στο μέλλον.

Η εργαστηριακή άσκηση αυτή πραγματοποιήθηκε με σκοπό την κατανόηση των φαινομένων που επηρεάζουν την πειραματική μέτρηση διάφορων ηλεκτρικών μεγεθών. Μέσω της σύγκρισης της θεωρητικής τιμής ενός μεγέθους με την πειραματική τιμή που καταγράφηκε από την πειραματική διάταξη, μπορούμε να καταλήξουμε σε σημαντικά για την εργασία συμπεράσματα. Εάν η μετρημένη τιμή συγκλίνει με τη θεωρητική, μπορούμε να εξάγουμε κατάλληλα συμπεράσματα για την ορθότητα της θεωρίας και των φαινομένων που επηρεάζουν τις πειραματικές μετρήσεις, επιτυγχάνοντας έτσι μια βαθύτερη κατανόηση της θεωρίας και των διαφόρων φαινομένων.

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 η αντιστάσεις, τότε η συνολική αντίσταση θα ισούται με:

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

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.

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

Η παραπάνω σχέση φυσικά ισχύει για ένα απλό κύκλωμα το οποίο περιέχει μόνο μια αντίσταση R . Στην περίπτωση όπου στο κύκλωμα υπάρχουν, για παράδειγμα 3 αντιστάσεις R_1, R_2 και R_3 οι οποίες βρίσκονται σε σειρά, η τάση στα άκρα του κυκλώματος σύμφωνα με τις σχέσεις (1) και (2) θα ισούται με:

$$(1) \Rightarrow R = R_1 + R_2 + R_3 \quad (3)$$

$$(2) \Rightarrow V_s = I \cdot R \stackrel{(3)}{\Rightarrow} I = V_s / (R_1 + R_2 + R_3) \quad (4)$$

Για την τάση στα άκρα κάθε αντίστασης όμως θα ισχύει το εξής: Για παράδειγμα στα άκρα της αντίστασης R_1 θα ισχύει σύμφωνα με την σχέση (1):

$$V_1 = I \cdot R_1 \stackrel{(4)}{\Rightarrow} V_1 = \frac{V_s}{(R_1 + R_2 + R_3)} \cdot R_1 = V_s \cdot \frac{R_1}{(R_1 + R_2 + R_3)} \Rightarrow V_1 = V_s \cdot \frac{R_1}{(R_1 + R_2 + R_3)} \quad (5)$$

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

$$\% \text{ απόκλιση} = \frac{\text{ονομ. τιμή} - \text{πειρ. τιμή}}{\text{ονομ. τιμή}} \quad (6)$$

Τέλος παρατίθενται παρακάτω 2 εικόνες η οποίες περιέχουν σημαντικές πληροφορίες για την εκτέλεση της εργασίας καθώς και τα πειραματικά δεδομένα της εργαστηριακής άσκησης αυτής μέσα σε πίνακες στους οποίους θα γίνει αναφορά μεταγενέστερα στην εργαστηριακή αναφορά:

Πειραματική διαδικασία:

Καταρχάς όπως ειπώθηκε και παραπάνω ο σκοπός της πειραματικής άσκησης αυτής είναι η κατανόηση των φαινομένων που επηρεάζουν την πειραματική μέτρηση διάφορων ηλεκτρικών μεγεθών. Για την επίτευξή του σκοπού αυτού θα μελετηθεί παρακάτω ένα κύκλωμα διαιρετή τάσης (Εικόνα 1). Το κύκλωμα αυτό αποτελείται από τρεις αντιστάτες R_1, R_2 και R_3 οι οποίοι είναι συνδεδεμένοι σε σειρά και τροφοδοτούνται από πηγή συνεχούς τάσης $V_{dc} = 10V$.

Για την υλοποίηση της πειραματικής διαδικασίας απαιτείτε μια πηγή τάσης, τρεις αντιστάσεις με τιμές ($R_1 = 1.5 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 3.3 \text{ k}\Omega$ και $R_3 = 1.0 \text{ k}\Omega$), μια πλακέτα διασύνδεσης (breadboard), ένα πολύμετρο και τέλος ένα κιβώτιο αντιστάσεων.

α) Αρχικά χρειάζεται πρώτα να γίνει η ωμομέτρηση των αντιστάσεων. Για να μετρηθεί η κάθε αντίσταση πειραματικά χρειάζεται μια πλακέτα διασύνδεσης και ένα πολύμετρο. Έχοντας βρει την κατάλληλη αντίσταση, δηλαδή τα καταλληλά χρώματα που αντιστοιχούν σε αντίσταση με τιμή $1.5 \text{ k}\Omega$ πάμε και συνδέουμε την αντίσταση στο breadboard. Στα άκρα της αντίστασης αυτής συνδέουμε το πολύμετρο το οποίο και το ρυθμίζουμε στην ένδειξη Ω . Η πειραματική τιμή της αντίστασης διακρίνετε στη οθόνη του πολύμετρο η οποία και για την πρώτη αντίστασης R_1 ισούται με $R_{1,\pi} = 1.48 \text{ k}\Omega$. Ακολουθώντας την ίδια διαδικασία και για της άλλες δυο αντιστάσεις καταλήγουμε στις εξής πειραματικές τιμές:

$$R_{2,\pi} = 3.28 \text{ k}\Omega \text{ και } R_{3,\pi} = 0.99 \text{ k}\Omega.$$

Εφόσον πλέον γνωρίζουμε της ονομαστικές τιμές αλλά και της πειραματικές τιμές των αντιστάσεων είναι εύκολο να βρεθεί η απόκλιση της πειραματικής από την ονομαστική τιμή. Σύμφωνα με την σχέση (6) για την κάθε αντίσταση ξεχωριστά θα ισούται με:

$$\% \text{ απόκλιση } (R_1) = \frac{\text{ονομ. τιμή} - \text{πειρ. τιμή}}{\text{ονομ. τιμή}} \cdot 100 = \frac{1.5 - 1.48}{1.5} \cdot 100 = \frac{0.02}{1.5} \cdot 100 = 0.0133 \cdot 10$$

$$\% \text{ απόκλιση } (R_2) = \frac{3.3 - 3.28}{3.3} = \frac{0.02}{3.3} = 6.06 \cdot 10^{-3}$$

$$\% \text{ απόκλιση } (R_3) = \frac{1 - 0.99}{1} = \frac{0.01}{1} = 0.01$$

Τα δεδομένα αυτά είναι και τα δεδομένα του Πίνακα Ι της (Εικόνας 1). Παρατηρείτε ότι η πειραματική τιμή έχει μια μικρή απόκλιση σε σχέση με την ονομαστική την οποία και υπολογίσαμε παραπάνω. Για ποιον λόγο συμβαίνει όμως αυτό;

Αυτό συμβαίνει λόγω της επίδρασης της εσωτερικής αντίστασης του πολύμετρου, το φαινόμενο αυτό ονομάζεται φαινόμενο επίδρασης φορτιού και επιδρά περισσότερο στην πειραματική τιμή όταν η τιμή της αντίστασης του κυκλώματος είναι ίδιας τάξης μεγέθους με την εσωτερική αντίσταση του οργάνου μέτρησης που στην περίπτωση μας είναι το πολύμετρο.

Για να βρεθεί το ποσοστό επίδρασης του φαινομένου αυτού απλά χρειάζεται να πολλαπλασιαστεί η απόκλισή με το 100%. Συγκεκριμένα για κάθε αντίσταση το ποσοστό επίδρασης του φαινομένου επίδρασης φορτιού θα ισούται με :

$$LE_{R1} = 100\% \cdot \% \text{ απόκλιση } (R_1) = 100\% \cdot 0.0133 = 1.33 \%$$

$$LE_{R2} = 100\% \cdot \% \text{ απόκλιση } (R_2) = 100\% \cdot 6.06 \cdot 10^{-3} = 0.606 \%$$

$$LE_{R3} = 100\% \cdot \% \text{ απόκλιση } (R_3) = 100\% \cdot 0.01 = 1 \%$$

Το ποσοστό αυτό είναι περίπου ίδιο και στις τρεις αντιστάσεις καθώς και η τρεις έχουν ίδια τάξης μεγέθους τιμή, δηλαδή ήταν κάτι αναμενόμενο.

β) Στο δεύτερο μέρος της πειραματικής εργασίας χρειάζεται να συνδεσουμε την πηγή τάσης και να μετρήσουμε την πειραματική τιμή της. Για να το επιτύχουμε αυτό καταρχάς συνδέουμε στο breadboard της τρεις αντιστάσεις σε σειρά, έπειτα συνδέουμε το ελεύθερο άκρο της αντίστασης R_1 με τον αρνητικό πόλο της πηγής και το ελεύθερο άκρο της αντίστασης R_3 με την γείωση της πηγής. Έπειτα ρυθμίζουμε την τάση στην πηγή στα 10V. Τέλος περνούμε το πολύμετρο, επιλέγουμε να μας μέτρηση συνεχή τάση και το συνδέουμε στα άκρα του κυκλώματος. Η τιμή που εμφανίζεται στην οθόνη του πολύμετρου είναι η πειραματική τιμή και ισούται με $V_{\pi} = 9.6 V$.

Σύμφωνα με την εξίσωση (6) η απόκλιση της πειραματικής τιμής από την ονομαστική θα ισούται με:

$$\% \text{ απόκλιση } (V) = \frac{\text{ονομ. τιμή} - \text{πειρ. τιμή}}{\text{ονομ. τιμή}} = \frac{10 - 9.6}{10} = \frac{0.4}{10} = 0.04$$

Θα πρέπει να προσέξουμε όμως ότι η απόκλιση αυτή δεν παρατηρείτε μόνο λόγω του φαινομένου επίδρασης φορτιού αλλά και λόγω της ακρίβειας της ρυθμίσεις της τιμής στα 10V της πηγής τάσης. Εφόσον η επιλογή της τιμής αυτής δεν έγινε ψηφιακά αλλά με το χέρι, υπάρχει η επίδραση ανθρωπίνου παράγοντα στην πειραματική τιμή που υπολογίστηκε.

γ) Στο τρίτο μέρος θα πραγματοποιήσουμε μέτρηση της τάσης στα άκρα κάθε αντίστασης. Η ονομαστικές τιμές μπορούν ευκολά να υπολογιστούν μέσω της θεωρίας και συγκεκριμένα μέσω της εξίσωσης (5):

*Να σημειωθεί ότι παρακάτω δεν έγινε μετατροπή της αντίστασης από kΩ σε Ω διότι λόγω του κλάσματος δεν επηρεάζεσαι η τελική τιμή.

$$V_1 = V \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2 + R_3} = 10 \cdot \frac{1.5}{1.5 + 3.3 + 1} = 10 \cdot 0.26 = 2.6 V \Rightarrow V_1 = 2.6 V$$

$$V_2 = V \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2 + R_3} = 10 \cdot \frac{3.3}{1.5 + 3.3 + 1} = 10 \cdot 0.57 = 5.7 V \Rightarrow V_2 = 5.7 V$$

$$V_3 = V \cdot \frac{R_3}{R_1 + R_2 + R_3} = 10 \cdot \frac{1}{1.5 + 3.3 + 1} = 10 \cdot 0.17 = 1.7 \text{ V} \Rightarrow V_3 = 1.7 \text{ V}$$

Εφόσον έχουμε βρει της θεωρητικές τιμές το μόνο που χρειάζεται είναι να βρούμε της πειραματικές. Αυτό γίνεται εύκολα όπως ακριβώς μετρήθηκε προηγουμένως η τάση V του κυκλώματος με την μόνη διαφορά ότι συνδέουμε το πολύμετρο στα άκρα κάθε αντίστασης και όχι στα άκρα του κυκλώματος. Η πειραματικές τιμές που εμφάνισε το πολύμετρο είναι ίσες με:

$$V_{1,\pi} = 2.47 \text{ V}, \quad V_{2,\pi} = 5.47 \text{ V} \text{ και } V_{3,\pi} = 1.66 \text{ V}$$

Έχοντας πλέον και της θεωρητικές αλλά και της πειραματικές τιμές στα χεριά μας μπορούμε πλέον να βρούμε την απόκλιση η οποία σύμφωνα με την σχέση (6) για κάθε αντίσταση ξεχωριστά θα ισούται με:

$$\% \text{ απόκλιση } (V_1) = \frac{\text{θεωρ. τιμή} - \text{πειρ. τιμή}}{\text{θεωρ. τιμή}} = \frac{2.6 - 2.47}{2.6} = \frac{0.13}{2.6} = 0.05$$

$$\% \text{ απόκλιση } (V_2) = \frac{5.7 - 5.47}{5.7} = \frac{0.23}{5.7} = 0.04$$

$$\% \text{ απόκλιση } (V_3) = \frac{1.7 - 1.66}{1.7} = \frac{0.04}{1.7} = 0.02$$

Τα παραπάνω δεδομένα είναι τα δεδομένα που αποτυπώνονται στον πίνακα II στην εικόνα 1.

Φυσικά η απόκλιση των τιμών αυτή παρατηρείτε λόγω του φαινομένου επίδρασης φορτίου και το ποσοστό επίδρασης του φαινομένου σε κάθε τιμή θα ισούται με:

$$LE_{V1} = 100\% \cdot \% \text{ απόκλιση } (V_1) = 100\% \cdot 0.05 = 5 \%$$

$$LE_{V2} = 100\% \cdot \% \text{ απόκλιση } (V_2) = 100\% \cdot 0.04 = 4 \%$$

$$LE_{V3} = 100\% \cdot \% \text{ απόκλιση } (V_3) = 100\% \cdot 0.02 = 1 \%$$

δ) Στο τέταρτο μέρος εφόσον προηγουμένως έγινε η μέτρηση της τάσης στα άκρα του κυκλώματος χρειάζεται να γίνει και η μέτρηση της έντασης I του ρεύματος. Η μέτρηση αυτή μπορεί να επιτευχθεί εάν παρεμβάλουμε το πολύμετρο ως αμπερόμετρο σε σειρά στο κύκλωμα. Η ένδειξη του πολύμετρου στην οθόνη του είναι ίση με: $I_\pi = 1.65 \text{ mA}$. Αυτή η τιμή αντιστοιχεί στην πειραματική τιμή της έντασης I του κυκλώματος. Εφόσον γνωρίζουμε την πειραματική τιμή και της έντασης I αλλά και της τάσης V του κυκλώματος μπορούμε να επαναλάβουμε το μέρος γ) της πειραματικής εργασίας αλλά με διαφορετικό τρόπο. Αυτό που μπορούμε να κάνουμε είναι να βρούμε της πειραματικές τιμές της τάσης V κάθε αντίστασης μέσω του νόμου του Ohm (εξίσωση (2)) αντί να μετρήσουμε την κάθε τάση μέσω του πολύμετρου όπως έγινε στο μέρος γ). Σύμφωνα με την εξίσωση (2) λοιπόν θα ισχύει ότι:

$$V_{\pi,1} = I_\pi \cdot R_{\pi,1} = 1.65 \cdot 10^{-3} \cdot 1.48 \cdot 10^3 = 2.44 \text{ V} \Rightarrow V_{\pi,1} = 2.44 \text{ V}$$

$$V_{\pi,2} = I_\pi \cdot R_{\pi,2} = 1.65 \cdot 10^{-3} \cdot 3.28 \cdot 10^3 = 5.41 \text{ V} \Rightarrow V_{\pi,2} = 5.41 \text{ V}$$

$$V_{\pi,3} = I_\pi \cdot R_{\pi,3} = 1.65 \cdot 10^{-3} \cdot 0.99 \cdot 10^3 = 1.63 \text{ V} \Rightarrow V_{\pi,3} = 1.63 \text{ V}$$

Μπορούμε να συγκρίνουμε λοιπόν της τιμές αυτές με της θεωρητικές τιμές που βρέθηκαν παραπάνω και να βρούμε την απόκλιση της κάθε τιμής. Σύμφωνα με την σχέση (6) θα ισχύει ότι:

$$\% \text{ απόκλιση } (V_1) = \frac{\text{θεωρ. τιμή} - \text{πειρ. τιμή}}{\text{θεωρ. τιμή}} = \frac{2.6 - 2.47}{2.6} = \frac{0.13}{2.6} = 0.05$$

$$\% \text{ απόκλιση } (V_2) = \frac{5.7 - 5.41}{5.7} = \frac{0.29}{5.7} = 0.05$$

$$\% \text{ απόκλιση } (V_3) = \frac{1.7 - 1.63}{1.7} = \frac{0.07}{1.7} = 0.04$$

Η απόκλιση των τιμών είναι λίγο μεγαλύτερη από αυτήν στο μέρος γ) καθώς όπως ειπώθηκε και παραπάνω αυτό συμβαίνει διότι η ρύθμιση της πηγής τάσης δεν έγινε με μεγάλη ακρίβεια και αυτό επηρεάζει και την τιμή της πειραματικής τιμής της έντασης I . Γι' αυτό και δεν είναι σωστό να βρούμε το ποσοστό επίδρασης του φαινομένου επίδρασης φορτίου στις τιμές αυτές.

ε) Στο πέμπτο μέρος θα επιχειρήσουμε να συνδεσουμε ένα κιβώτιο αντιστάσεων στα άκρα του αντιστάτη R_3 ώστε να παίξει τον ρόλο αντιστάτη φορτίου R_L . Με αυτόν τον τρόπο θα καταλάβουμε καλύτερα πως αλλάζει η τιμή της αποκλίσεις όσο αλλάζει και η τάξη μεγέθους της αντίστασης του κυκλώματος. Έχοντας συνδέσει λοιπόν το κιβώτιο αντιστάσεων στα άκρα του αντιστάτη R_3 ξεκινάμε και μετράμε την τάση V στα άκρα κάθε αντίστασης βάζοντας στο κιβώτιο της εξής τιμές (1kΩ, 10 kΩ, 100 kΩ και 950 kΩ). Κάνοντας μια μέτρηση σε κάθε αντίσταση για της διάφορες τιμές στο κιβώτιο αντιστάσεων προκύπτει το παρακάτω πινακάκι (πίνακας IV - Εικόνα 2).

R_L	V_1	V_2	V_3
1 kΩ	2.71 V	5.96 V	0.9 V
10 kΩ	2.51 V	5.52 V	1.52 V
100 kΩ	2.48 V	5.45 V	1.64 V
950 kΩ	2.47 V	5.42 V	1.65 V

Πίνακας IV

Αν πάρουμε υπόψιν μόνο της τιμές της τάσης V_3 και συγκρινουμε της τιμές αυτές με την θεωρητική τιμή της τάσης η οποία υπολογίστηκε παραπάνω και ήταν ίση με: $V = 1.66 \text{ V}$ παρατηρούμε ότι έχουμε της εξής αποκλίσεις σύμφωνα με την εξίσωση (6):

$$\% \text{ απόκλιση } (R_L = 1 \text{ k}\Omega) = \frac{1.66 - 0.9}{1.66} = \frac{0.76}{1.66} = 0.46$$

$$\% \text{ απόκλιση } (R_L = 10 \text{ k}\Omega) = \frac{1.66 - 1.52}{1.66} = \frac{0.14}{1.66} = 0.08$$

$$\% \text{ απόκλιση } (R_L = 100 \text{ k}\Omega) = \frac{1.66 - 1.64}{1.66} = \frac{0.02}{1.66} = 0.01$$

$$\% \text{ απόκλιση } (R_L = 950 \text{ k}\Omega) = \frac{1.66 - 1.65}{1.66} = \frac{0.01}{1.66} = 6.02 \cdot 10^{-3}$$

Από της παραπάνω τιμές παρατηρούμε κάτι αναμενόμενο, όσο αυξάνουμε την τιμή της αντίστασης στο κιβώτιο αντιστάσεων τόσο μικραίνει και η απόκλιση της τιμής V_3 από την θεωρητική. Αυτό συμβαίνει διότι αυξάνοντας την αντίσταση πλέον αλλάζει η τάξη μεγέθους της τιμής με αποτέλεσμα το φαινόμενο επίδρασης φορτίου να επιδρά λιγότερο στην τιμή. Τα ποσοστά του φαινομένου είναι τα παρακάτω τα οποία αποδεικνύουν τα παραπάνω λεγόμενα:

$$LE_{V3,1} = 100\% \cdot \% \text{ απόκλιση } (R_L = 1 \text{ k}\Omega) = 100\% \cdot 0.46 = 4.6 \%$$

$$LE_{V3,2} = 100\% \cdot \% \text{ απόκλιση } (R_L = 10 \text{ k}\Omega) = 100\% \cdot 0.08 = 8 \%$$

$$LE_{V3,3} = 100\% \cdot \% \text{ απόκλιση } (R_L = 100 \text{ k}\Omega) = 100\% \cdot 0.01 = 1 \%$$

$$LE_{V3,4} = 100\% \cdot \% \text{ απόκλιση } (R_L = 950 \text{ k}\Omega) = 100\% \cdot 6.02 \cdot 10^{-3} = 0.602 \%$$

στ) Στο ίδιο συμπέρασμα θα καταλήξουμε και αν συνδεσουμε το κιβώτιο των αντιστάσεων στα άκρα του αντιστάτη R_1 . Με τον ίδιο τρόπο εάν πάρουμε μέσω του πολύμετρου μετρήσεις τάσης V στα άκρα των αντιστάσεων για της ίδιες τιμές του κιβωτίου αντιστάσεων καταλήγουμε στις τιμές του πίνακα VI της εικόνας 2:

R_L	V_1	V_2	V_3
1 kΩ	1.18 V	6.46 V	0.95 V
10 kΩ	2.23 V	5.63 V	1.71 V
100 kΩ	2.45 V	5.46 V	1.65 V
950 kΩ	2.47 V	5.44 V	1.65 V

Πίνακας VI

Στην περίπτωση αυτή παίρνουμε υπόψιν μόνο της τιμές της τάσης V_1 και συγκρινουμε της τιμές αυτές με την θεωρητική τιμή της τάσης η οποία υπολογίστηκε παραπάνω και ήταν ίση με: $V = 2.47 \text{ V}$ παρατηρούμε ότι έχουμε της εξής αποκλίσεις σύμφωνα με την εξίσωση (6):

$$\% \text{ απόκλιση } (R_L = 1 \text{ k}\Omega) = \frac{2.47 - 1.18}{2.47} = \frac{1.29}{2.47} = 0.52$$

$$\% \text{ απόκλιση } (R_L = 10 \text{ k}\Omega) = \frac{2.47 - 2.23}{2.47} = \frac{0.24}{2.47} = 0.1$$

$$\% \text{ απόκλιση } (R_L = 100 \text{ k}\Omega) = \frac{2.47 - 2.45}{2.47} = \frac{0.02}{2.47} = 8.1 \cdot 10^{-3}$$

$$\% \text{ απόκλιση } (R_L = 950 \text{ k}\Omega) = \frac{2.47 - 2.47}{2.47} = \frac{0}{2.47} = 0$$

Παρατηρούμε από της παραπάνω τιμές των αποκλίσεων ακριβώς το ίδιο μοτίβο, δηλαδή όσο μεγαλώνει η τιμή της αντίστασης του κιβωτίου τόσο μικραίνει και η απόκλιση της πειραματικής τιμής.

Συμπέρασμα :

Στη διάρκεια της εργαστηριακής άσκησης, αναλύσαμε ένα κύκλωμα διαίρεσης τάσης με σκοπό να κατανοήσουμε περισσότερο τα φαινόμενα που επηρεάζουν τις πειραματικές τιμές που μετράμε. Ένα από τα κύρια φαινόμενα που παρατηρήσαμε ήταν το φαινόμενο επίδρασης φορτίου στις μετρήσεις μας. Καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι το φαινόμενο αυτό επηρεάζει σημαντικά τις τιμές της τάσης και αυξάνει την ανασφάλεια στις μετρήσεις μας. Επιπλέον, παρατηρήσαμε επίσης τις απρόσεκτες ανθρώπινες παρεμβάσεις που μπορούν να έχουν επίπτωση στα αποτελέσματά μας. Αυτή η εμπειρία

μας έδωσε βαθύτερη κατανόηση σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο διάφορα φαινόμενα επηρεάζουν τις πειραματικές μας μετρήσεις.