

Εργαστηριακή άσκηση

ΜΕΤΡΗΣΗ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΠΥΚΝΩΤΗ

Λεων. Ι. Παληός

Εργαστηριακή άσκηση

Εύρεση χωρητικότητας πυκνωτή

Στόχοι

Με τη διεξαγωγή αυτής της εργαστηριακής άσκησης επιδιώκουμε :

1. Να εξοικειωθείτε με τη συναρμολόγηση ηλεκτρικών κυκλωμάτων.
2. Να εξοικειωθείτε με τη διαδικασία φόρτισης και εκφόρτισης πυκνωτή.
3. Να εξοικειωθείτε με τη χρήση πολυμέτρου ως βολτόμετρο.
4. Να κατασκευάσετε μια γραφική παράσταση από πειραματικές μετρήσεις.
5. Να υπολογίσετε τη χωρητικότητα ενός πυκνωτή πραγματοποιώντας εργαστηριακά μια άσκηση που συναντάμε συχνά σε βιβλία Φυσικής.

Θεωρητικές επισημάνσεις

1. Πυκνωτή ονομάζουμε ένα σύστημα δύο αγωγών που διαχωρίζονται από κάποιο μονωτή, το οποίο μπορεί να αποθηκεύει ηλεκτρικό φορτίο και ηλεκτρική ενέργεια. Οι δύο αγωγοί ονομάζονται οπλισμοί του πυκνωτή.

Αν μεταξύ των δύο αρχικά αφόρτιστων οπλισμών εφαρμόσουμε μια διαφορά δυναμικού V , τότε ο ένας οπλισμός αποκτά φορτίο $+Q$ και ο άλλος φορτίο $-Q$. Το φορτίο (χωρίς πρόσημο) σε οποιονδήποτε οπλισμό λέγεται φορτίο Q του πυκνωτή.

2. Το φορτίο Q ενός πυκνωτή είναι ανάλογο με τη διαφορά δυναμικού V ανάμεσα στους οπλισμούς του. Ο συντελεστής αναλογίας μεταξύ Q και V ονομάζεται χωρητικότητα C του πυκνωτή.

$$C = \frac{Q}{V}$$

Η χωρητικότητα είναι χαρακτηριστικό μέγεθος του πυκνωτή που εκφράζει την ικανότητά του να αποθηκεύει φορτία. Η τιμή της εξαρτάται από τα γεωμετρικά στοιχεία των οπλισμών και από το υλικό που βρίσκεται μεταξύ τους.

Μονάδα μέτρησης της χωρητικότητας στο S.I.: $1 \text{ C/V} = 1 \text{ Farad}$.

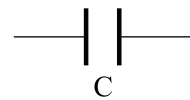
3. Σύνδεση φορτισμένου πυκνωτή με άλλον αφόρτιστο. Ένας πυκνωτής με χωρητικότητα C_0 φορτίζεται από ηλεκτρική πηγή τάσης V_0 . Στη συνέχεια, με τη βοήθεια μεταγωγού διακόπτη, αποσυνδέεται από την πηγή και συνδέεται με αφόρτιστο πυκνωτή χωρητικότητας C (σχ.2).

Όταν ο πυκνωτής C_0 συνδεθεί με τον πυκνωτή C φορτία μετακινούνται από τους οπλισμούς του στους οπλισμούς του πυκνωτή C . Έτσι ο πυκνωτής C αποκτά φορτίο Q , ενώ στον πυκνωτή C_0 απομένει φορτίο Q'_0 . Η μετακίνηση φορτίου από τον έναν πυκνωτή στον άλλον γίνεται σχεδόν ακαριαία. Στην τελική κατάσταση δεν υπάρχει κίνηση φορτίων, οπότε οι οπλισμοί που είναι συνδεδεμένοι μεταξύ τους αποκτούν το ίδιο δυναμικό. Συνεπώς μεταξύ των οπλισμών κάθε πυκνωτή επικρατεί η ίδια διαφορά δυναμικού. Η κοινή διαφορά δυναμικού V_k βρίσκεται από την διατήρηση του ηλεκτρικού φορτίου για το σύστημα των πυκνωτών:

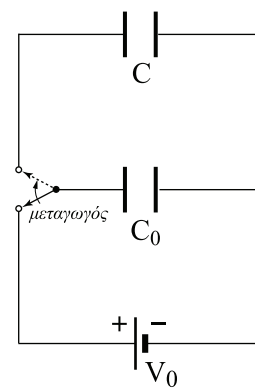
$$Q_0 = Q'_0 + Q \quad \text{ή}$$

$$C_0 V_0 = C_0 V_k + C V_k \quad \text{οπότε}$$

$$V_k = \frac{C_0}{C_0 + C} V_0 \quad (1)$$



Σχ. 1: Σύμβολο πυκνωτή



Σχ. 2

Φύλλο εργασίας

ΟΝΟΜΑ

ΕΠΩΝΥΜΟ

ΤΜΗΜΑ

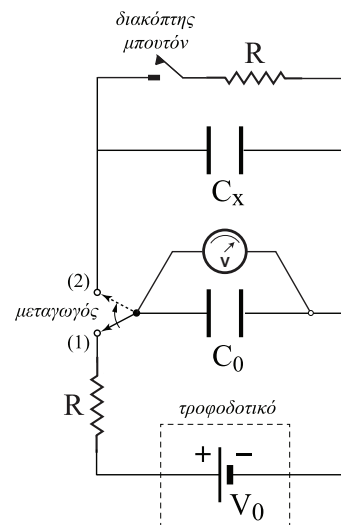
ΟΜΑΔΑ

Πειραματική μέθοδος

Η πειραματική διάταξη που θα χρησιμοποιηθεί και η συνδεσμολογία των οργάνων φαίνεται στην εικόνα 3.



(α)



(β)

Εικόνα 3: (α) Φωτογραφία και (β) συνδεσμολογία της πειραματικής διάταξης.

Όταν ο μεταγωγός βρίσκεται στη θέση 1, πυκνωτής με γνωστή χωρητικότητα C_0 φορτίζεται από πηγή συνεχούς τάσης V_0 (τροφοδοτικό). Γυρνώντας τον μεταγωγό στη θέση 2 ένα μέρος του φορτίου του πυκνωτή C_0 μεταφέρεται στον πυκνωτή του οποίου τη χωρητικότητα C_x θέλουμε να βρούμε. Με τον μεταγωγό στη θέση (2) οι δύο πυκνωτές αποκτούν την ίδια διαφορά δυναμικού V_K μεταξύ των οπλισμών τους.

Η V_K δίνεται από τη σχέση (1) :

$$V_K = \frac{C_0}{C_0 + C_x} V_0 \quad (2)$$

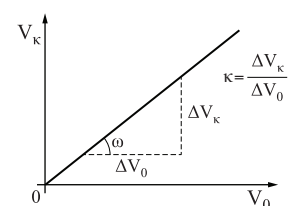
Από την τελευταία σχέση προκύπτει ότι η V_K είναι ανάλογη της V_0 ($V_K = [\sigma\tau\alpha\theta.]V_0$). Επομένως η γραφική παράσταση $V_K - V_0$ είναι ευθεία γραμμή, η κλίση K της οποίας ισούται με:

$$K = \frac{C_0}{C_0 + C_x} \quad (3)$$

Η κλίση K προσδιορίζεται από την εφαπτομένη της γωνίας ω που σχηματίζει η ευθεία της γραφικής παράστασης $V_K - V_0$ με τον άξονα V_0 (σχ. 4).

$$K = \epsilon\phi\omega = \frac{\Delta V_K}{\Delta V_0}$$

Με βάση τα προηγούμενα, για να βρούμε την τιμή της C_x , εργαζόμαστε ως εξής: μετράμε την V_K για διάφορες τιμές της V_0 , σχεδιάζουμε την γραφική παράσταση $V_K - V_0$ και υπολογίζουμε την κλίση της K . Με γνωστά τα K και C_0 από τη σχέση (3) βρίσκουμε τη C_x .



Σχ. 4

Απαιτούμενα όργανα και υλικά

Τροφοδοτικό μεταβαλλόμενης συνεχούς τάσης.

Πυκνωτής C_0 με ονομαστική χωρητικότητα $680 \mu\text{F}/35 \text{ V}$ και ανοχή 20%.

Πυκνωτής C_x με ονομαστική χωρητικότητα $1000 \mu\text{F}/35 \text{ V}$ και ανοχή 20%.

Δύο προστατευτικές αντιστάσεις $R = 1000 \Omega/0,25 \text{ W}$

Πολύμετρο

Μεταγωγός διακόπτης

Διακόπτης μπουτόν

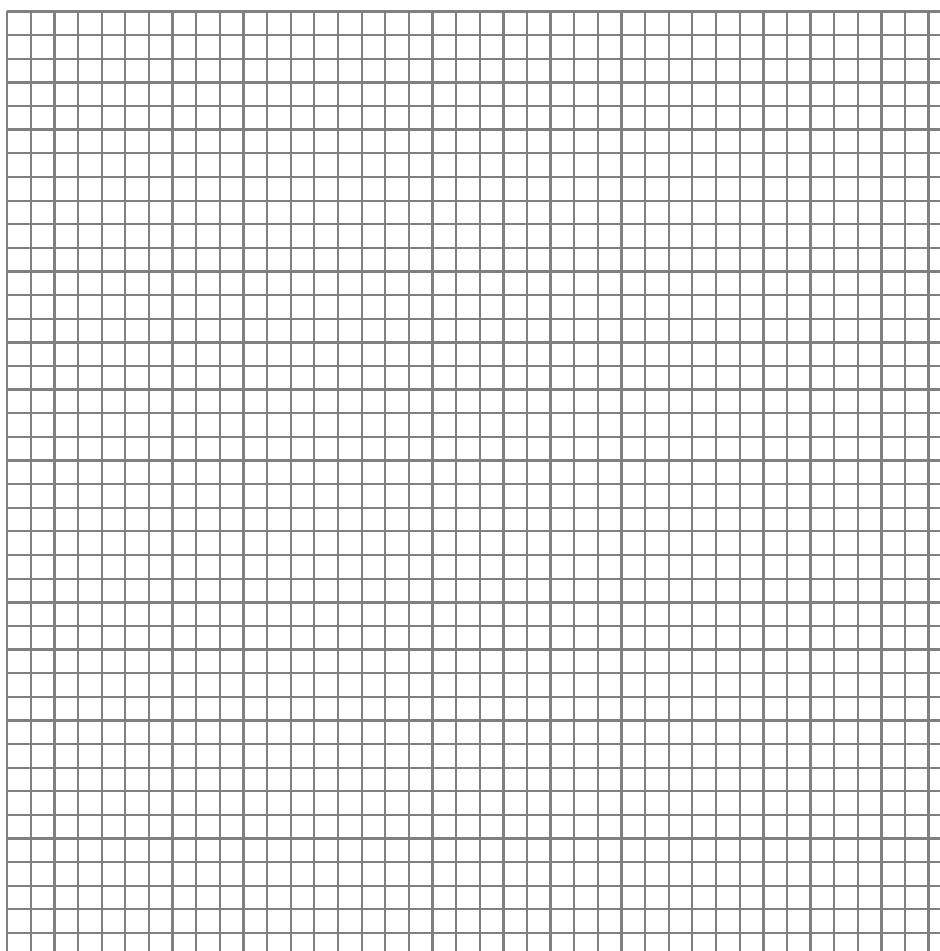
11 αγωγοί σύνδεσης

Πειραματικό μέρος - Μετρήσεις

- Χρησιμοποιείστε την έξοδο $0 - 20 \text{ V DC}$ του τροφοδοτικού.
- Συναρμολογείστε το κύκλωμα του σχήματος 4.
ΠΡΟΣΟΧΗ: Ο ακροδέκτης του πυκνωτή C_0 που σημειώνεται με το πρόσημο (-) στο περίβλημα, πρέπει να συνδεθεί με τον αρνητικό πόλο του τροφοδοτικού, καθώς και με τον αντίστοιχο ακροδέκτη του πυκνωτή C .
- Ρυθμίστε το πολύμετρο έτσι ώστε να χρησιμοποιηθεί ως βολτόμετρο. Αυτό γίνεται ως εξής: συνδέστε την υποδοχή V/Ω του πολυμέτρου με τον οπλισμό του πυκνωτή C_0 που συνδέεται με τον θετικό πόλο του τροφοδοτικού, και την υποδοχή COM με τον άλλο οπλισμό του C_0 . Περιστρέψτε τον επιλογέα της κλίμακας του πολυμέτρου στην ένδειξη 20 της περιοχής $V=$.
ΠΡΟΣΟΧΗ: Να μην ανοίξετε το τροφοδοτικό αν δεν ελεγχθεί το κύκλωμα από τον καθηγητή.
- Με τον διακόπτη μπουτόν ανοικτό βάλτε τον μεταγωγό στη θέση (1).
- Ρυθμίστε την τάση στο τροφοδοτικό περίπου στα $2 \text{ V} - 3 \text{ V}$. Περιμένετε λίγο να σταθεροποιηθεί η ένδειξη του βολτομέτρου και καταχωρείστε τη στην πρώτη στήλη (V_0) του πίνακα μετρήσεων.
- Γυρίστε τον μεταγωγό στη θέση (2). Περιμένετε λίγο και καταχωρείστε τη νέα ένδειξη του βολτομέτρου στην δεύτερη στήλη (V_K) του πίνακα μετρήσεων.
- Πιέστε τον διακόπτη μπουτόν ώστε να εκφορτιστούν οι πυκνωτές. Κρατείστε τον διακόπτη πατημένο μέχρι η ένδειξη του βολτομέτρου να μηδενιστεί.
- Επαναλάβετε τα βήματα 4, 5, 6 και 7 μεταβάλλοντας κάθε φορά την τάση εξόδου του τροφοδοτικού κατά $2 \text{ V} - 3 \text{ V}$ περίπου.
- Με τα ζεύγη των τιμών V_0 και V_K του πίνακα μετρήσεων σχεδιάστε τη γραφική παράσταση της V_K συναρτήσει της V_0 .
Παρατήρηση: Η αρχή των αξόνων στη γραφική παράσταση $V_K - V_0$ είναι πειραματικό σημείο, αφού για $V_0 = 0$ είναι και $V_K = 0$. Όμως η γραφική παράσταση $V_K - V_0$ που προκύπτει από πειραματικές τιμές μπορεί, λόγω πειραματικών σφαλμάτων, να τέμνει κάποιον από τους άξονες κοντά στην αρχή. Ακόμα κι έτσι, η κλίση της δεν αλλάζει, επειδή τα πειραματικά σφάλματα μετατοπίζουν με τον ίδιο τρόπο όλες τις μετρήσεις, με συνέπεια η ευθεία που προκύπτει πειραματικά να είναι παράλληλα μετατοπισμένη σε σχέση με τη θεωρητική.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

| V_0 (Volts) | V_{κ} (Volts) |
|------------------|-------------------------|
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |



Επεξεργασία της γραφικής παράστασης $V_K - V_0$.

1. Παρατηρήστε τα πειραματικά σημεία στο διάγραμμα $V_K - V_0$. Η γραμμή που παριστάνει τη σχέση $V_K - V_0$ είναι ευθεία ή καμπύλη; Χαράξτε τη καλύτερη δυνατή γραμμή η οποία ταιριάζει στα πειραματικά σημεία.

2. Διαλέξτε δύο σημεία της ευθείας $V_K - V_0$, που να απέχουν αρκετά μεταξύ τους, όχι απαραίτητα πειραματικά (εάν υπάρχουν τέτοια πάνω στην ευθεία), και προσδιορίστε τις συντεταγμένες τους $(V_{0,1}, V_{K,1})$, $(V_{0,2}, V_{K,2})$ με $V_{0,2} > V_{0,1}$.

| | |
|-------------|-------------|
| $V_{0,1} =$ | $V_{K,1} =$ |
| $V_{0,2} =$ | $V_{K,2} =$ |

Υπολογίστε τη κλίση K της ευθείας και γράψτε το αποτέλεσμα :

$$K = \frac{\Delta V_K}{\Delta V_0} = \frac{V_{K,2} - V_{K,1}}{V_{0,2} - V_{0,1}} = \frac{\quad}{\quad} =$$

3. Υπολογίστε από τη σχέση (3) τη χωρητικότητα C_x αντικαθιστώντας τις τιμές K και C_0 .

$$C_x = \left(\frac{1}{K} - 1 \right) C_0$$

Σας δίνεται ότι $C_0 = 685 \mu\text{F}$. Η τιμή αυτή μετρήθηκε με καπασιτόμετρο και θεωρείται ακριβέστερη της ονομαστικής.

.....

.....

.....

| |
|---------|
| $C_x =$ |
|---------|

4. Σας δίνεται ότι η χωρητικότητα C_x μετρήθηκε με καπασιτόμετρο ίση με $905 \mu\text{F}$. Αν θεωρήσουμε την τιμή αυτή ως πραγματική ($C_{\text{πρ}}$), να υπολογίσετε το επί τοις εκατό σφάλμα στον πειραματικό προσδιορισμό της τιμής της C_x .

$$\sigma\% = \frac{|(C_{\text{πρ}} - C)|}{C_{\text{πρ}}} \times 100 = \frac{\quad}{\quad} =$$

