
ΦΟΡΤΙΣΗ – ΕΚΦΟΡΤΙΣΗ ΠΥΚΝΩΤΗ

ΠΑΤΡΑ, ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2025

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

- 1 Σκοπός
- 2 Θεωρία
 - 2.1 Φόρτιση πυκνωτή
 - 2.2 Εκφόρτιση πυκνωτή
 - 2.3 Κυκλώματα με αντιστάσεις και πυκνωτές σε σειρά και παράλληλα
- 3 Πειραματική διάταξη
- 4 Πειραματική διαδικασία
 - 4.1 Μέρος 1. Μέτρηση χωρητικότητας, αντίστασης και τάσης
 - 4.2 Μέρος 2: Μελέτη της φόρτισης/εκφόρτισης συναρτήσει της αντίστασης και χωρητικότητας
- 5 Σύνοψη ατομική έκθεση
- 6 Βιβλιογραφία

1 Σκοπός

Στην άσκηση αυτή μελετάται η φόρτιση/εκφόρτιση ενός πυκνωτή μέσω αντίστασης στην περίπτωση συνεχούς ρεύματος (πηγή σταθερής τάσης). Συγκεκριμένα, μετράται το ρεύμα συναρτήσει του χρόνου και προσδιορίζεται η επίδραση της χωρητικότητας του πυκνωτή, της αντίστασης και της τάσης στην φόρτιση/εκφόρτιση του πυκνωτή. Εισάγεται η έννοια της «σταθεράς του χρόνου», προσδιορίζεται πειραματικά και συγκρίνεται με την τιμή που προβλέπει η θεωρία.

ΛΕΞΕΙΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ

πυκνωτής, ωμική αντίσταση, συνεχές ρεύμα, συνεχής τάση, σύνδεση σε σειρά και παράλληλα, φόρτιση, εκφόρτιση, σταθερά χρόνου, φορτίο, αμπερόμετρο

2 Θεωρία

Όταν μια συνεχής τάση (DC) εφαρμοστεί σε έναν πυκνωτή, τότε αυτός αρχίζει να φορτίζεται και παρατηρείται ρεύμα φόρτισης ενώ όταν η τάση μειώνεται, ο πυκνωτής εκφορτίζεται. Οι πυκνωτές αποθηκεύουν ηλεκτρική ενέργεια και για αυτόν τον λόγο λειτουργούν και ως μικρές μπαταρίες που μπορούν να αποθηκεύσουν ή να αποδώσουν ενέργεια κατά περίπτωση. Η φόρτιση και η εκφόρτιση του πυκνωτή δεν αποτελεί μια στιγμιαία διεργασία, αλλά απαιτείται συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Ο χαρακτηριστικός χρόνος που απαιτείται για τη φόρτιση ή την εκφόρτιση έως ένα ποσοστό της μέγιστης χωρητικότητας του πυκνωτή, ονομάζεται **σταθερά του χρόνου τ** .

2.1 Φόρτιση πυκνωτή

Έστω το κύκλωμα του Σχ. 1, όπου υπάρχει μια πηγή σταθερής τάσης V , μια αντίσταση R και ένας πυκνωτής με χωρητικότητα C , όλα σε σειρά. Στο κύκλωμα επίσης χρησιμοποιείται ένας διακόπτης δυο θέσεων.

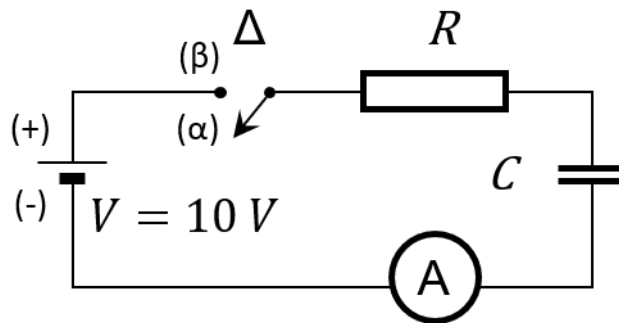


Διακόπτης δύο θέσεων

Όπως φαίνεται στο Σχ. 8.1, όταν ο διακόπτης βρίσκεται στη θέση (α), το κύκλωμα είναι ανοικτό και δεν υπάρχει ρεύμα. Έστω ότι ο διακόπτης Δ κλείνει την χρονική στιγμή $t = 0$ μεταβαίνοντας στη θέση (β). Εφόσον ο πυκνωτής είναι αφόρτιστος, τότε η αρχική συνθήκη για το ηλεκτρικό του φορτίο του Q είναι η

$$Q(0) = 0 \quad (1)$$

Όσο όμως περνάει ο χρόνος, η πηγή τροφοδοτεί τον πυκνωτή με φορτίο, δηλαδή τον φορτίζει όπως λέμε και έτσι το φορτίο αυξάνει με τον χρόνο. Σε τυχαίο χρόνο t έχει τιμή $Q(t)$.



Σχήμα 1: Κύκλωμα φόρτισης (α) πριν κλείσει ο διακόπτης Δ με τον πυκνωτή αφόρτιστο και (β) αφού κλείσει ο διακόπτης στο $t = 0$ και αρχίζει η φόρτιση του πυκνωτή.

Από τον ορισμό της χωρητικότητας $C = Q/V_C$ ενός πυκνωτή, η τάση του πυκνωτή ισούται με

$$V_C(t) = \frac{Q(t)}{C} \quad (2)$$

και επομένως η αρχική της τιμή είναι η

$$V_C(0) = 0 \quad (3)$$

Για να μελετήσουμε τη συμπεριφορά του κυκλώματος στο Σχ. 8.1, εφαρμόζουμε τον δεύτερο κανόνα του Kirchhoff ο οποίος μας δίνει $V - V_R - V_C = 0$. Αντικαθιστώντας την Εξ. (2) και χρησιμοποιώντας το νόμο του Ohm $V_R = IR$, οδηγεί στο αποτέλεσμα

$$V - IR - \frac{Q}{C} = 0 \quad (4)$$

Μπορούμε να κάνουμε χρήση του ορισμού του ρεύματος $I = dQ/dt$ στην Εξ. (4) εάν την παραγωγίσουμε ως προς το χρόνο. Το αποτέλεσμα είναι

$$\frac{dI}{dt} - \frac{1}{RC}I = 0 \quad (5)$$

Η παραπάνω είναι μια απλή διαφορική εξίσωση 1^{ου} βαθμού ως προς το ρεύμα το οποίο θα είναι γενικά μια συνάρτηση του χρόνου $I(t)$. Μπορούμε εύκολα να δούμε ότι η λύση της είναι η

$$I_t = I_0 e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (6)$$

όπου η ποσότητα

$$\tau = RC \quad (7)$$

ονομάζεται «**σταθερά του χρόνου**» και το I_0 είναι η αρχική τιμή του ρεύματος την οποία την βρίσκουμε εύκολα συνδυάζοντας τις Εξ. (1) και (4):

$$I_0 = \frac{V}{R} \quad (8)$$

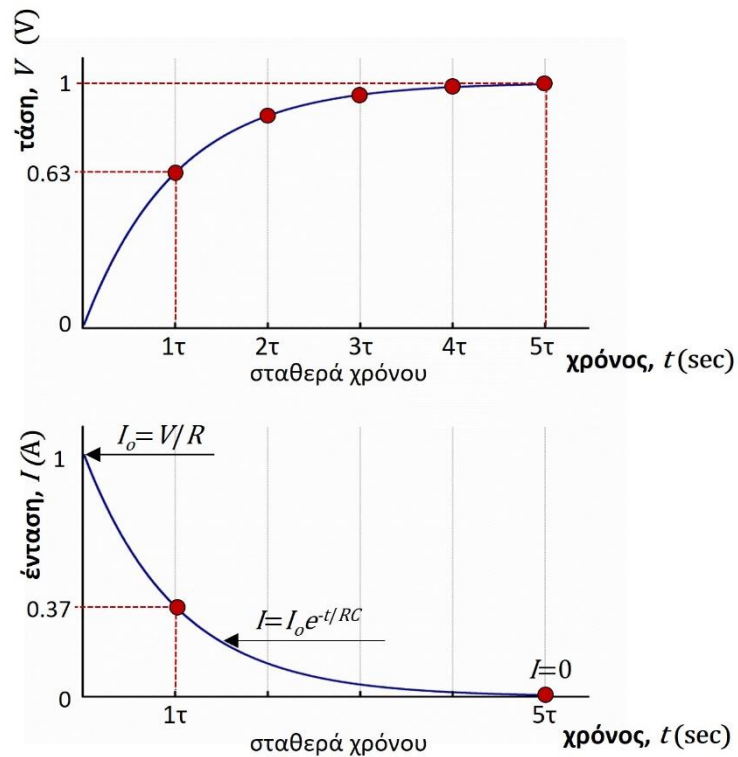
Αφού το ρεύμα είναι η παράγωγος του φορτίου ως προς ο χρόνο, τότε η ολοκλήρωση του ρεύματος στην Εξ. 6 πρέπει να μας δίνει το φορτίο Q . Λαμβάνοντας υπόψιν την αρχική συνθήκη Εξ. 1, η ολοκλήρωση οδηγεί στην

$$Q(t) = CV(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \quad (9)$$

η οποία με την βοήθεια της Εξ.2 οδηγεί στο αποτέλεσμα

$$V_C(t) = V(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \quad (10)$$

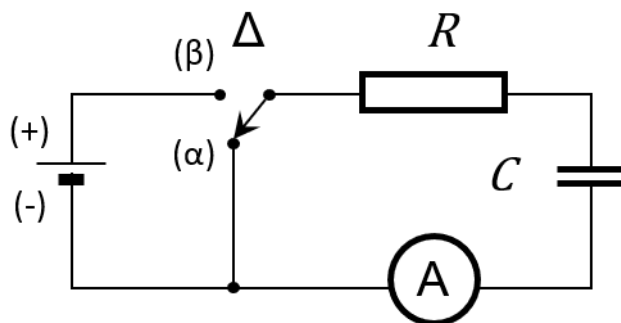
Οι αντίστοιχες γραφικές παραστάσεις της $V_C(t)$ και του $I(t)$ φαίνονται στο Σχήμα 2. Η τάση ξεκινάει από την τιμή 0 (αφόρτιστος πυκνωτής) και φτάνει ασυμπτωτικά στην μέγιστη τιμή της V που δεν είναι άλλη από την τάση της πηγής V . Το ρεύμα ξεκινάει από την μέγιστη τιμή V/R και πέφτει ασυμπτωτικά στην τιμή 0. Η σταθερά του χρόνου τ ονομάζεται έτσι επειδή έχει μονάδες χρόνου και αριθμητικά είναι ο χρόνος που απαιτείται για να μειωθεί η τιμή του ρεύματος στο $1/e$ της αρχικής του τιμής. Η πρακτική σημασία της φαίνεται στο Σχήμα 2 όπου για χρόνο ίσο με 5 σταθερές χρόνου, δηλαδή 5τ , οι γραφικές παραστάσεις είναι εξαιρετικά κοντά στις ασυμπτωτικές τους τιμές (λιγότερο από 0.7 % οπότε πρακτικώς θεωρούμε ότι έχουν φτάσει σε αυτές).



Σχήμα 2: Η μεταβολή της τάσης, V , και του ρεύματος, I , του πυκνωτή με τον χρόνο κατά τη φόρτιση.

2.2 Εκφόρτιση πυκνωτή

Όπως είδαμε στην προηγούμενη ενότητα, όταν ο διακόπτης του κυκλώματος του Σχ. 3 έχει παραμείνει κλειστός στη θέση (β) για μεγάλο χρονικό διάστημα, τότε ο πυκνωτής θα έχει φορτιστεί σε κάποιο φορτίο.



Σχήμα 3: Κύκλωμα εκφόρτισης με τον πυκνωτή φορτισμένο στην θέση (β) και μεταβαίνοντας τον διακόπτη στο $t = 0$ στη θέση (α) αρχίζει η εκφόρτιση του πυκνωτή.

Εάν τώρα κατά τη στιγμή $t = 0$ (νέα έναρξη χρόνου) αντικατασταθεί η πηγή με βραχυκύκλωμα, όπως στη θέση (α) του Σχ. 3, τότε ο πυκνωτής θα αρχίσει να εκφορτίζεται δια μέσου της αντίστασης. Εάν η αρχική τιμή του φορτίου είναι Q_0 τότε αποδεικνύεται ότι ισχύουν οι σχέσεις

$$Q(t) = Q_0 e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (11)$$

και

$$I(t) = -\frac{Q_0}{\tau} e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (12)$$

(προσέξτε το αρνητικό πρόσημο). Η αντίστοιχη τάση του πυκνωτή προκύπτει από τις Εξ. 2 και 11 ως

$$V_C(t) = \frac{Q_0}{C} e^{-t/\tau} \quad (13)$$

Εάν θεωρήσουμε ότι η φόρτιση του πυκνωτή είχε διαρκέσει άπειρο χρόνο (δηλαδή πρακτικά για χρόνο μεγαλύτερο του 5τ) τότε κατά τη φόρτιση αυτή ο πυκνωτής θα είχε λάβει την μέγιστη τάση που όπως είδαμε είναι η τάση της πηγής V . Σε αυτή την περίπτωση, η αρχική τιμή για την διαδικασία εκφόρτισης είναι η

$$V_C(0) = V \quad (14)$$

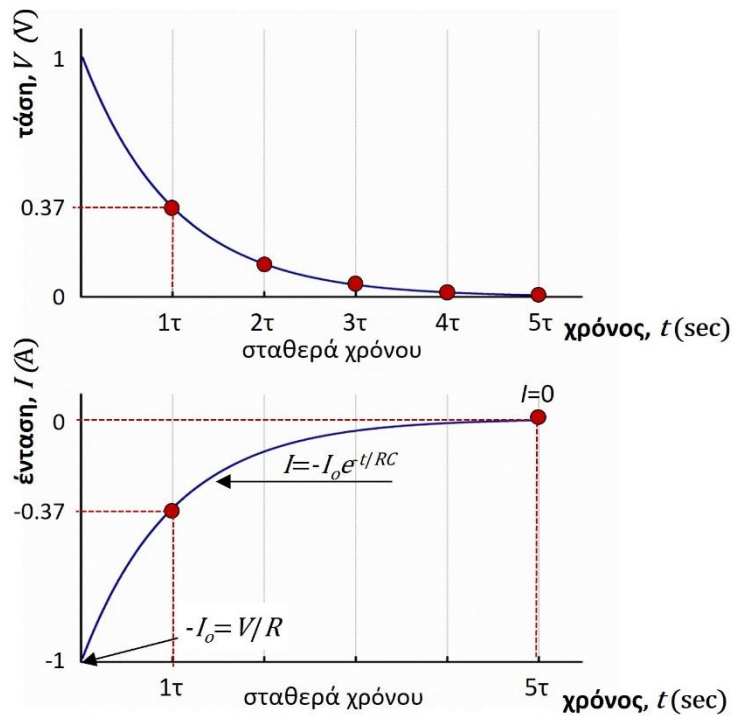
η οποία όταν συνδυαστεί με τις Εξισώσεις 13 και 12 οδηγεί στις

$$Q_0 = CV \quad (15)$$

και

$$I_0 = -\frac{V}{R} \quad (16)$$

Η εξάρτηση της τάσης και του ρεύματος του πυκνωτή με τον χρόνο t κατά τη εκφόρτιση φαίνεται στο Σχήμα 8.4. Και οι δυο φθίνουν εκθετικά αλλά το ρεύμα είναι αρνητικό. Η σταθερά του χρόνου $\tau = RC$ έχει ακριβώς την ίδια φυσική σημασία όπως πριν.



Σχήμα 4: Η μεταβολή της τάσης, V , και του ρεύματος, I , του πυκνωτή με τον χρόνο κατά την εκφόρτιση.

Η σταθερά χρόνου μπορεί να υπολογισθεί σχετικά εύκολα στην περίπτωση φόρτισης με την εξής απλή διαδικασία: Εάν λογαριθμήσουμε την Εξ. 6, τότε αυτή οδηγεί στο αποτέλεσμα

$$\ln I = \ln I_0 - \frac{t}{\tau} \quad (17)$$

η οποία έχει την μορφή μιας γραμμικής εξίσωσης ευθείας $y = y_0 - \lambda x$ εάν κάνουμε τις αντιστοιχίες $y = \ln I$, $y_0 = \ln I_0$ και $\lambda = 1/\tau$. Επομένως σε μια γραφική παράσταση του $\ln I$ συναρτήσει του t θα πρέπει να προκύψει μια φθίνουσα ευθεία, η κλίση της οποίας (κατ' απόλυτη τιμή) είναι ίση με το αντίστροφο της σταθεράς του χρόνου.

3 Πειραματική διάταξη

Για τη διεξαγωγή της άσκησης χρησιμοποιούνται τα εξής:

- Τροφοδοτικό συνεχούς τάσης (DC)
- Πολύμετρο Fluke
- Χρονόμετρο
- Πυκνωτές και αντιστάσεις διαφόρων τιμών, διακόπτης δυο θέσεων

Το Σχήμα 5 παρακάτω παρουσιάζει διαγραμματικά την πειραματική διάταξη.

4 Πειραματική διαδικασία

4.1 Μέρος 1. Μέτρηση χωρητικότητας, αντίστασης και τάσης



Στον πάγκο σας πρέπει να υπάρχει ένα σύνολο τεσσάρων πυκνωτών $C_1, C_2 \dots C_4$ και τριών αντιστάσεων.

Μέτρηση χωρητικότητας με το ψηφιακό πολυμέτρο FLUKE: Ο επιλογέας πρέπει να βρίσκεται στη θέση «Ω», και πατώντας επανειλημμένα το κουμπί «SELECT» εμφανίζεται στην οθόνη η σωστή μονάδα της χωρητικότητας. Τα καλώδια συνδέονται στις εισόδους «+» και «COM». Οι άλλες άκρες των καλωδίων πρέπει να συνδεθούν στον κάθε πυκνωτή ξεχωριστά.

Μέτρηση αντίστασης με το ψηφιακό πολυμέτρο FLUKE:



Ο επιλογέας πρέπει να βρίσκεται στη θέση «Ω», και πατώντας επανειλημμένα το κουμπί «SELECT», εμφανίζεται στην οθόνη η σωστή μονάδα της αντίστασης. Τα καλώδια συνδέονται στις εισόδους «+» και «COM».

Οι άλλες άκρες των καλωδίων πρέπει να συνδεθούν στην κάθε αντίσταση ξεχωριστά.



Στο υπόλοιπο του πειράματος, πρέπει να γνωρίζουμε την τάση του τροφοδοτικού και για αυτό θα την μετρήσουμε με την βοήθεια του πολυμέτρου ως βολτόμετρο. Αφού βεβαιωθείτε ότι το τροφοδοτικό είναι σβηστό, ρυθμίστε τον επιλογέα του πολυμέτρου στην ένδειξη «V AC/DC» και πατώντας επανειλημμένα το κουμπί «SELECT», εμφανίζεται στην οθόνη το σύμβολο για την συνεχής τάση (—). Ακολουθώντας συνδέστε τα καλώδια με τους ακροδέκτες του τροφοδοτικού. Ο αποδέκτης «COM» είναι ο αρνητικός (-) ενώ ο «+» είναι ο θετικός (+).

Ρυθμίστε την τάση του τροφοδοτικού σας μεταξύ 8 και 12 Volts. Αφού ο επιβλέπωντας ελέγξει την συνδεσμολογία σας, θέσετε το τροφοδοτικό σας σε λειτουργία ώστε να μετρηθεί η ακριβής τιμή της τάσης. Αυτή η τιμή πρέπει να κρατηθεί σταθερή κατά τη διάρκεια όλου του πειράματος

4.2 Μέρος 2: Μελέτη της φόρτισης/εκφόρτισης συναρτήσει της αντίστασης και χωρητικότητας

Το παρόν πείραμα αποτελείται από δυο μέρη τα οποία περιγραφικά είναι τα εξής:

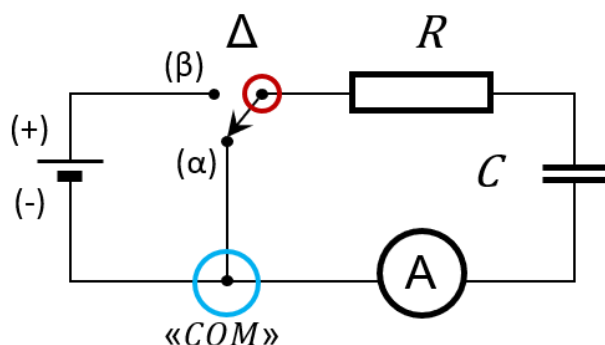
- (α) Με δεδομένη χωρητικότητα του πυκνωτή και για δυο διαφορετικές τιμές της αντίστασης, μετράμε την μεταβολή της έντασης του ρεύματος με τον χρόνο κατά τη φόρτιση/εκφόρτιση του πυκνωτή.
- (β) Με δεδομένη αντίσταση και για δυο διαφορετικές τιμές της χωρητικότητας του πυκνωτή μετράμε την μεταβολή της έντασης του ρεύματος με τον χρόνο κατά τη φόρτιση/εκφόρτιση του πυκνωτή.



Σε αυτό το πείραμα, το πολύμετρο θα χρησιμοποιηθεί μόνο ως αμπερόμετρο. Ρυθμίστε τον επιλογέα του πολυμέτρου στην ένδειξη «Ω/μΑ» και πατώντας επανειλημμένα το κουμπί «SELECT», θα εμφανιστεί στην οθόνη το σύμβολο για την συνεχή ένταση του ρεύματος και την μονάδα της. Ο αποδέκτης «COM» είναι ο αρνητικός (-) ενώ ο «+» είναι ο θετικός (+). Αναλυτικά τα δυο μέρη είναι τα εξής:

- (α) Από το σύνολο των τεσσάρων πυκνωτών του πρώτου μέρους, επιλέξτε αυτόν με τη μεγαλύτερη χωρητικότητα. Επίσης επιλέξτε μια αντίσταση και συνδέστε αυτήν με τον πυκνωτή, με το ψηφιακό πολύμετρο (αμπερόμετρο), τον διακόπτη δύο θέσεων και το τροφοδοτικό συνεχούς τάσης (DC), όλα σε σειρά. Το όλο κύκλωμά σας πρέπει να μοιάζει με αυτό του Σχ. 5, δείτε παρακάτω.

Προσοχή: Το αμπερόμετρο συνδέεται πάντα σε σειρά στο κύκλωμα του οποίου θέλουμε να μετρήσουμε την ένταση του ρεύματος.



Σχήμα 5: (α) αρχική θέση διακόπτη και θέση για την εκφόρτιση, (β) θέση διακόπτη για φόρτιση του πυκνωτή.

Φόρτιση: Αρχικά ξεκινούμε στην θέση (α) το διακόπτη δύο θέσεων και βεβαιωνόμαστε ότι ο πυκνωτής είναι αφόρτιστος βραχυκυκλώνοντας τα άκρα του. Αφού έχουμε εξοικειωθεί με το χρονόμετρο του πειράματος και το έχουμε μηδενίσει, κλείνουμε κατά τη στιγμή $t = 0$ το διακόπτη στην θέση (β). Προσέχουμε ώστε να διαβάσουμε αμέσως την πρώτη ένδειξη του αμπερομέτρου (την μέγιστη τιμή) αφού αυτή θα αλλάζει συνεχώς με το χρόνο. Καταγράφουμε τις τιμές του ρεύματος συναρτήσει του χρόνου ($\Delta t = 10 \text{ sec}$). Σταματάμε το πείραμα όταν δεν βλέπουμε σημαντικές αλλαγές στη μεταβολή του ρεύματος, μέχρι αυτό να πέσει κάτω από $0.02 \mu A$.

Προσοχή: Μην κλείσετε το τροφοδοτικό ακόμα!

Εκφόρτιση: Μεταβιβάζουμε τον διακόπτη δυο θέσεων στη θέση (α) τη στιγμή $t = 0$ (**νέα αρίθμηση**) για να ξεκινήσει η εκφόρτιση. Προσέχουμε ώστε να διαβάσουμε αμέσως την πρώτη ένδειξη του αμπερομέτρου (την μέγιστη τιμή) αφού αυτή θα αλλάζει συνεχώς με το χρόνο. Καταγράφουμε τις τιμές του ρεύματος συναρτήσει του χρόνου ($\Delta t = 10 \text{ sec}$). Σταματάμε το πείραμα όταν η ένταση του ρεύματος έχει πέσει κατ' απόλυτη τιμή κάτω από $0.02 \mu A$. Τι παρατηρείτε για το πρόσημο του αμπερόμετρου;

Επαναλαμβάνουμε όλα τα παραπάνω

- με συνδυασμό τριών αντιστάσεων σε παράλληλη σύνδεση.
- με συνδυασμό τριών πυκνωτών σε σύνδεση σε σειρά. Από το σύνολο των τεσσάρων πυκνωτών επιλέξτε αυτούς με τη μεγαλύτερη χωρητικότητα.

5 Σύντομη ατομική έκθεση

ΠΕΡΙΛΗΨΗ –ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ/ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΑΡΑΤΗΜΑ (φύλλο μετρήσεων)

Κάθε φοιτητής/φοιτήτρια παραδίδει μια έκθεση, η οποία περιλαμβάνει

- το αρχείο EXCEL και
- το υπόλοιπο γραπτό (με τις γραφικές παραστάσεις!) σε μορφή pdf.

Η τελική μορφή της έκθεσής θα πρέπει να ακολουθεί πιστά τις οδηγίες συγγραφής που δίνονται στα «Έγγραφα» στις [ΓΕΝΙΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ ΕΡΓ 2023](#).

Κάθε έκθεση ελέγχεται για λογοκλοπή με το πρόγραμμα [Turnitin](#). Σε περίπτωση [λογοκλοπής](#) άνω του 30%, η έκθεση θα αξιολογηθεί με 0/10.

- ✓ Το όνομα του αρχείου περιέχει μόνο το αντίστοιχο τμήμα και τον αριθμό μητρώου του φοιτητή, για παράδειγμα τμήμα A1 και AM = 1020875 -> A1-1020875.pdf.
- ✓ Η εργασία θα παραδίνεται αυστηρά μέχρι δυο εβδομάδες μετά την εκτέλεση της άσκησης ηλεκτρονικά μέσω του eclass «Εργασίες» στο πλαίσιο της σχετικής άσκησης.
- ✓ Κατά προτίμηση, οι εργασίες πρέπει να ανεβαίνουν σε μορφή PDF. Τα σχόλια του βαθμολογητή μπορούν να φανούν μόνο σε υπολογιστή με εφαρμογή που ανοίγει τέτοιου είδους αρχεία, όπως το Adobe Reader και όχι σε φυλλομετρητές του διαδικτύου ή σε κινητά. Εκεί τα σχόλια δεν εμφανίζονται ορθά.

Ζητούνται τα ακόλουθα στο κεφάλαιο «αποτελέσματα»:

- (1) Εξηγείστε τις έννοιες πυκνωτής, ωμική αντίσταση, συνεχές ρεύμα, σταθερά χρόνου και φορτίο. Δείξτε ότι η σταθερά του χρόνου RC έχει μονάδες χρόνου.
- (2) Υπολογίστε την ολική χωρητικότητα και την ολική αντίσταση για τους συνδυασμούς που χρησιμοποιήσατε αναλυτικά χρησιμοποιώντας τους τύπους της θεωρίας.
- (3) Να γίνουν οι γραφικές παραστάσεις του ρεύματος I σαν συνάρτηση του χρόνου αλλά και $\ln I$ σαν συνάρτηση του χρόνου για την φόρτιση του πυκνωτή και για διάφορες τιμές της αντίστασης.

Προσοχή: Ζητάμε **ένα κοινό διάγραμμα** $I = f(t)$ με τις τρεις καμπύλες για να μπορεί να γίνει σύγκριση των αποτελεσμάτων. Ζητάμε παρομοίως **ένα κοινό διάγραμμα** $\ln I = f(t)$ με τις τρεις καμπύλες όπως εξηγήθηκε παραπάνω. Μεμονωμένα διαγράμματα δεν θα γίνουν δεκτά.

- (4) Να προσδιοριστεί η σταθερά του χρόνου από την κλίση της γραφικής παράστασης $\ln I = f(t)$ και την αντίστοιχη γραμμική εξίσωση (17) για τις τρεις περιπτώσεις. Εφαρμόστε την εξίσωση της μετάδοσης σφάλματος για την σταθερά του χρόνου ώστε να υπολογίσετε για μια περίπτωση RC το σφάλμα της συναρτήσεως των σφαλμάτων των μεταβλητών της.

- (5) Ποιες είναι οι πειραματικές και οι θεωρητικές τιμές του αρχικού ρεύματος και της σταθεράς του χρόνου; Με τις μετρήσεις και τους υπολογισμούς σας να συμπληρώσετε τον παρακάτω πίνακα (μη ξεχνάτε τις μονάδες).

R (ΜΩ)	C (μF)	σταθερά χρόνου		% απόκλιση	αρχικό ρεύμα		% απόκλιση
		θεωρία	πείραμα		θεωρία	πείραμα	

- (6) Από τις καμπύλες φόρτισης να προσδιοριστεί το συνολικό φορτίο. Το φορτίο είναι ίσο με το εμβαδόν κάτω από την καμπύλη. Για τον υπολογισμό αυτό μπορείτε να χρησιμοποιήσετε το EXCEL σύμφωνα με τις οδηγίες που παρέχονται στο eclass του μαθήματος ή το MATLAB σύμφωνα με τις οδηγίες που παρέχονται στο eclass του μαθήματος «ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ» στο Μάθημα 11.
- (7) Ποιες είναι οι πειραματικές και θεωρητικές τιμές του φορτίου; Με τις μετρήσεις και τους υπολογισμούς σας να συμπληρώσετε τον παρακάτω πίνακα (μη ξεχνάτε τις μονάδες).

R (ΜΩ)	C (μF)	μέγιστο φορτίο του πυκνωτή		% απόκλιση
		θεωρία	πείραμα	

- (8) Να σχεδιαστούν οι καμπύλες φόρτισης/εκφόρτισης του ρεύματος συναρτήσει του χρόνου για τις τρεις περιπτώσεις σε γραμμικό διάγραμμα. Τι παρατηρείτε;

Προσοχή: Ζητάμε **ένα κοινό διάγραμμα** με τις τρεις καμπύλες φόρτισης και τις τρεις καμπύλες εκφόρτισης για να μπορεί να γίνει σύγκριση των αποτελεσμάτων. Μεμονωμένα διαγράμματα δεν θα γίνουν δεκτά.

- (9) Αναφέρατε τα απόλυτα σφάλματα και τυχόν συστηματικά σφάλματα (σε αριθμούς και μονάδες) που εμφανίζονται στις μετρήσεις σας.

BONUS

Να υπολογιστεί από τα πειραματικά δεδομένα της φόρτισης η ολική χωρητικότητα για εν παράλληλη σύνδεση και η ολική αντίσταση για εν σειρά συνδυασμό. Να υπολογιστούν θεωρητικά οι καμπύλες φόρτισης για τουλάχιστον 3τ. Να σχεδιαστούν οι καμπύλες του ρεύματος σαν συνάρτηση του χρόνου για την φόρτιση του πυκνωτή

(α) για τις τρεις περιπτώσεις της αντίστασης,

(β) για τις τρεις περιπτώσεις χωρητικότητας

δηλαδή πειραματικές και θεωρητικές τιμές μαζί σε δυο γραμμικά διαγράμματα. . Τι παρατηρείτε;

6 Βιβλιογραφία

- [1] R. A. Serway, “Physics for Scientists and Engineers, Volume 2”, Saunders College Publishing, 1990.
- [2] H. D. Young, «Πανεπιστημιακή Φυσική», Τόμος Α, Κεφ. 27, εκδόσεις Παπαζήση, Αθήνα, 1994 .
- [3] [ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΣΦΑΛΜΑΤΑ 2022](#)