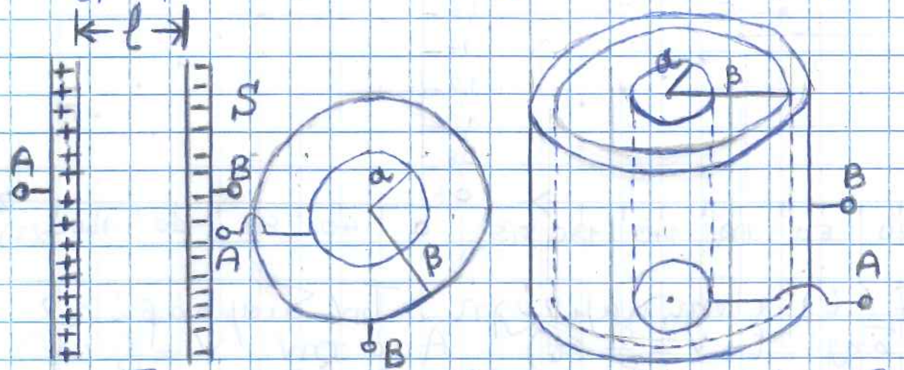
ΒΣΠ 17/12/23 7ο μάθημα

Μέτρηση της χωρητικότητας πυκνωτή

Γενικά: Ο πυκνωτής (από το πύκνωμα) αποτελεί ένα εντοπισμένο ηλεκτρικό πεδίο στον χώρο. Αποτελείται από δύο παράλληλες πλάκες με αντίθετα φορτία $+Q$ και $-Q$. Οι πλάκες μπορεί να έχουν διάφορες μορφές π.χ. επίπεδες (επίπεδος πυκνωτής), σφαιρικές (σφαιρικός πυκνωτής), ή κυλινδρικές (κυλινδρικός πυκνωτής), όπως στα σχήματα:



Η χωρητικότητα C του πυκνωτή χωρίς διηλεκτρικό είναι αντίστο

$$C_0 = \epsilon_0 \frac{S}{l} \quad \text{(επίπεδος)}$$

$$C_0 = 4\pi\epsilon_0 \frac{\alpha}{1-\frac{\alpha}{\beta}} \quad \text{(σφαιρικός)}$$

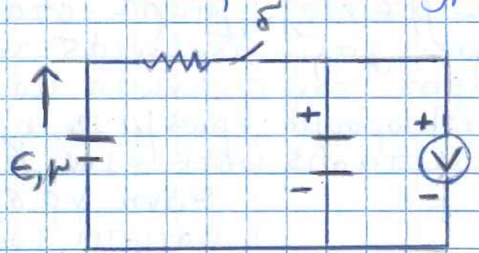
$$C_0 = 2\pi\epsilon_0 \frac{\beta}{\ln\left(\frac{\beta}{\alpha}\right)} \quad \text{(κυλινδρικός)}$$

Σχέση χωρητικότητας C, φορτίου Q και τάσης V πυκνωτή:

$C = \frac{Q}{V}$. Ο πυκνωτής περιέχει εντοπισμένη ενέργεια: $W = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{Q^2}{2C}$

Σπουδαίο ρόλο παίζει η μέγιστη τάση V_{max} λειτουργίας του, που μπορεί να εφαρμοσθεί σ' αυτόν χωρίς να δημιουργηθεί σπινθήρας και διατρηθεί. Παίζουν ρόλο η απόσταση l των οπλισμών και η διηλεκτρική αντοχή E_a. Τότε η μέγιστη γίνεται: $V_{max} = E_a \cdot l$ με E_a η μέγιστη ένταση ηλεκτρικού πεδίου.

Θεωρία: Κύκλωμα φόρτισης − εκφόρτισης πυκνωτή:



Θεμελιώδης σχέση πυκνωτή: $Q = C \cdot V$

Νόμος του Ωμ: $I = \frac{V}{R}$

Εκφόρτιση πυκνωτή: $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{R_V}\frac{dV}{dt}$

αλλά $\frac{dV}{dt} = \frac{1}{C}\frac{dQ}{dt}$ επειδή $I = \frac{dQ}{dt}$

$\Rightarrow \frac{dI}{dt} = -\frac{1}{RC} I$ "−" λόγω ελάττωσης $\Rightarrow \frac{dI}{I} = -\frac{1}{R_V C} dt$

Εκθετική λύση: Ολοκληρώνουμε $\Rightarrow \ln I = -\frac{t}{R_V C} + \ln I_0 \Rightarrow$

$I = I_0 \cdot e^{-\frac{t}{R_V C}}$. Ανάλογα $V = V_0 e^{-\frac{t}{R_V C}}$ και $Q = Q_0 e^{-\frac{t}{R_V C}}$

ΟΡΙΖΩ $\tau = R_V C$. Η $\ln V = f(t)$ είναι ΕΥΘΕΙΑ ΜΕ ΚΛΙΣΗ $k = -\frac{1}{R_V C} = -\frac{1}{\tau}$

Το $R_V C$ καλείται σταθερά χρόνου τ. Γραφική λύση: $V = f(t)$ είναι εκθετική πτώση (καμπύλη). Διαμορφώνω σε ευθεία:

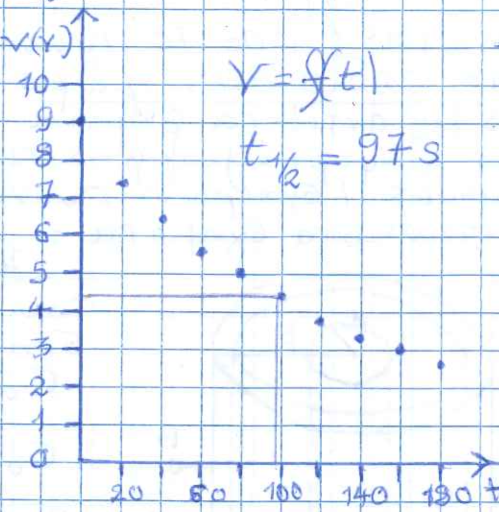
$\ln V = -\frac{1}{R_V C} t + \ln V_0$ Θεωρητικός Τύπος του Πειράματος.

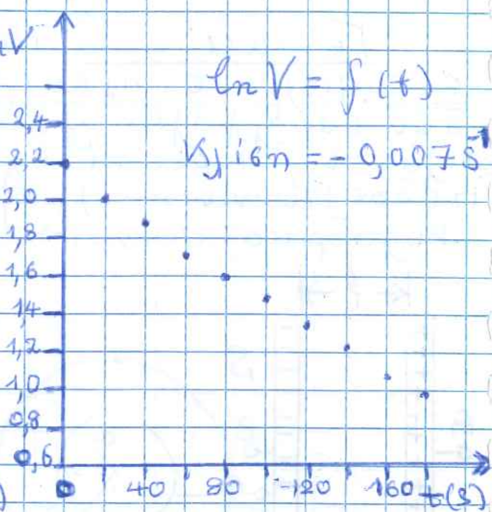
ΠΕΙΡΑΜΑ

Συνδεσμολογούμε το άνω κύκλωμα. Κλείνουμε τον διακόπτη δ και αναμένουμε την φόρτιση του πυκνωτή. Τότε το βολτόμετρο δεν ανεβαίνει πλέον. Ανοίγουμε τον διακόπτη δ. Ο πυκνωτής εκφορτίζεται μέσω της εσωτερικής αντίστασης R_v του βολτομέτρου. Συλλε-

(παίρ)νουμε ανά 20 sec 10 ενδείξεις του βολτομέτρου που πέφτουν εκθετικά με τον χρόνο με αρχική ένδειξη V_0 (μέγιστη τάση).

t(s)	V(V)	lnV
0	9,00	2,20
20	7,50	2,01
40	6,50	1,87
60	5,70	1,74
80	5,00	1,60
100	4,40	1,48
120	3,90	1,36
140	3,40	1,22
160	3,00	1,08
180	2,70	0,99



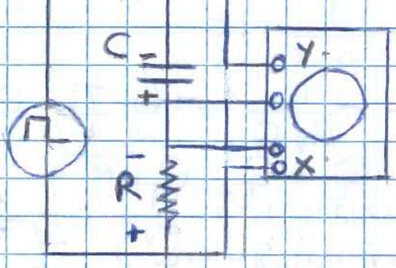


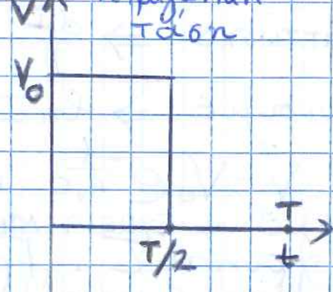
Η συνάρτηση $V = f(t)$ είναι καμπύλη. Την διαμορφώνω σε ευθεία με το ln δηλ. $\ln V = f(t)$. Από την $V = f(t)$ βρίσκω το $t_{1/2}$ (να πέσει η τάση στο $V_0/2$). Βάσει της σχέσης: $\tau = t_{1/2}/\ln 2 = 1,44\, t_{1/2} = 140\,s \Rightarrow C = \frac{\tau}{R_V} = 350\,\mu F$

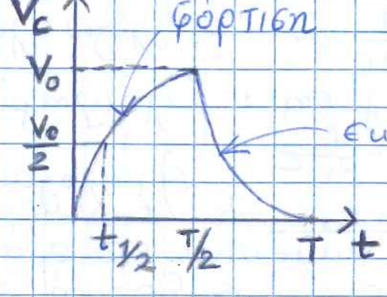
Από την συνάρτηση $\ln V = f(t)$ βρίσκω την κλίση K. Τότε $\tau = -\frac{1}{K}$. Από την $\tau = R_V \cdot C$ γνωστής ούσης της $R_V = 400\,K\Omega$ βρίσκω την χωρητικότητα C του πυκνωτού $C = \frac{\tau}{R_V} = 358\,\mu F$. Περίπου όμοιες τιμές.

ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ ΦΟΡΤΙΣΗΣ-ΕΚΦΟΡΤΙΣΗΣ ΣΕ ΠΑΛΜΟΓΡΑΦΟ

Στην περίπτωση συστήματος RC με πολύ μικρή σταθερά χρόνου το βολτόμετρο δεν μπορεί λόγω αδράνειας να παρακολουθήσει τη μεταβολή της τάσης του πυκνωτή κατά την φόρτιση και την εκφόρτισή του. Μπορούμε όμως με τον παλμογράφο. Επιλέγουμε συχνότητες τετραγωνικής τάσης ώστε στην οθόνη να σχηματιστεί ευσταθής καμπύλη $V_C = f(t)$







Μετρούμε τον χρόνο υποδιπλασιασμού $t_{1/2}$ της τάσης V_C και από αυτόν υπολογίζουμε την σταθερά χρόνου τ. Γνωρίζοντας την εσωτερική αντίσταση της γεννήτριας τετραγωνικής τάσης R και το $\tau = \frac{t_{1/2}}{\ln 2} = 1,44 \times t_{1/2}$ βρίσκουμε το C.