

POLNJENJE IN PRAZNJENJE KONDENZATORJA

1. UVOD

Prazen kondenzator polnimo skozi upornik R, s konstantno gobilno napetostjo izvira U. Takoj ob vključitvi je padec napetosti na kondenzatorju U_c nič, padec napetosti na uporniku U_r pa največji. Zaradi pritekajočega naboja napetost na kondenzatorju narašča. Ves čas velja: $U=U_c+U_r=U_c+IR$

Če je ob času $t=0$ na kondenzatorju napetost nič, je ta po času t:

$$U_c = U \left[1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right]$$

Napetost na kondenzatorju se eksponentno približuje napetosti izvira.

Kondenzator, ki je napolnjen, praznimo skozi upornik R. Napetost na kondenzatorju

poganja tok $I = \frac{U_c}{R}$ tako, da naboj odteka iz kondenzatorja. Zaradi odtekajočega naboja

se napetost na kondenzatorju spreminja po enačbi $U_c = U_0 e^{-\frac{t}{RC}}$. Napetost na kondenzatorju eksponentno pojemlja s časom. Konstanta RC nam pove, v kolikšnem času se napetost na kondenzatorju e-krat zmanjša. Čas, v katerem se napetost na kondenzatorju zmanjša na polovico začetne, imenujemo razpolovni čas. Velja zveza $t_{1/2} = RC \ln 2$.

NALOGA:

1. Nariši grafe $U=U(t)$ za polnjenje in praznjenje kondenzatorja pri različnih vrednostih upora
2. Iz enačbe za spreminjanje napetosti pri praznjenju kondenzatorja izpelji enačbo za razpolovni čas! Upoštevaj, da se začetna napetost v tem času zmanjša za polovico!
3. S pomočjo grafov za praznjenje kondenzatorja določi konstante RC iz razpolovnega časa in jih primerjaj z izračunano vrednostjo!

4. Logaritmiraj enačbo za praznjenje kondenzatorja in izrazi $\ln \frac{U_0}{U(t)}$ kot funkcijo časa. Kaj je sorazmernostni koeficient?

5. Za praznjenje kondenzatorja skozi prvi upor izračunaj vrednosti $\ln \frac{U_0}{U(t)}$. Nariši graf $\ln \frac{U_0}{U(t)} = f(t)$ ter iz strmine določi konstanto RC.

POTREBŠČINE:

- ŠMI-03
- Digitalni voltmeter
- Vezna plošča s kondenzatorji
- Merilna ura
- Uporovna dekada
- Vezna žica

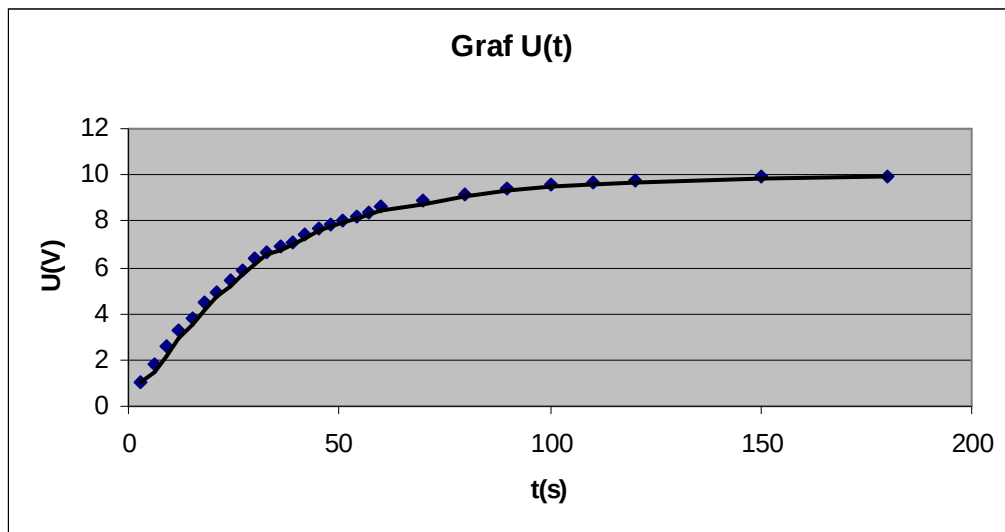
2. POTEK DELA IN REZULTATI

Vezje zvežemo kakor je narisano na delovnem listu. Pripravimo merilno uro in začnemo meritev polnjenja kondenzatorja pri upor 30k Ω , ko vtaknemo vezno žico nazaj v ŠMI.

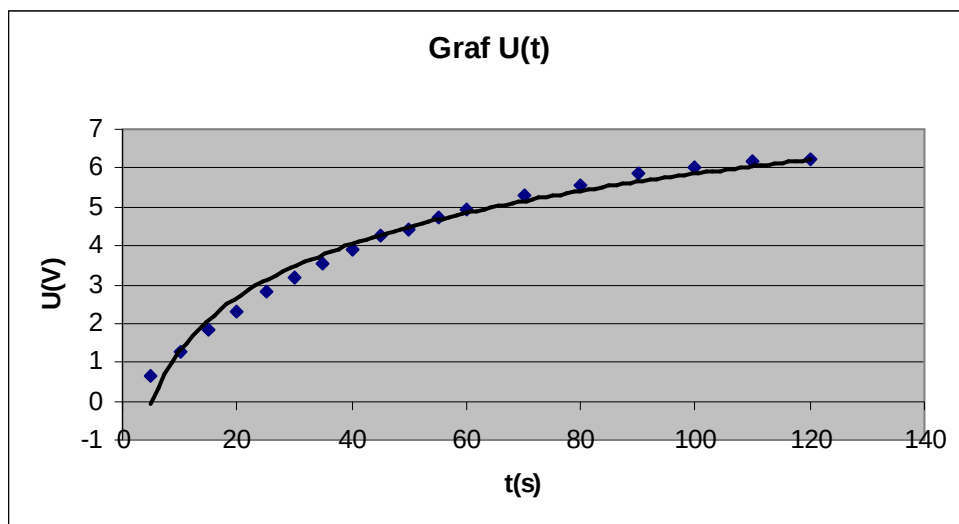
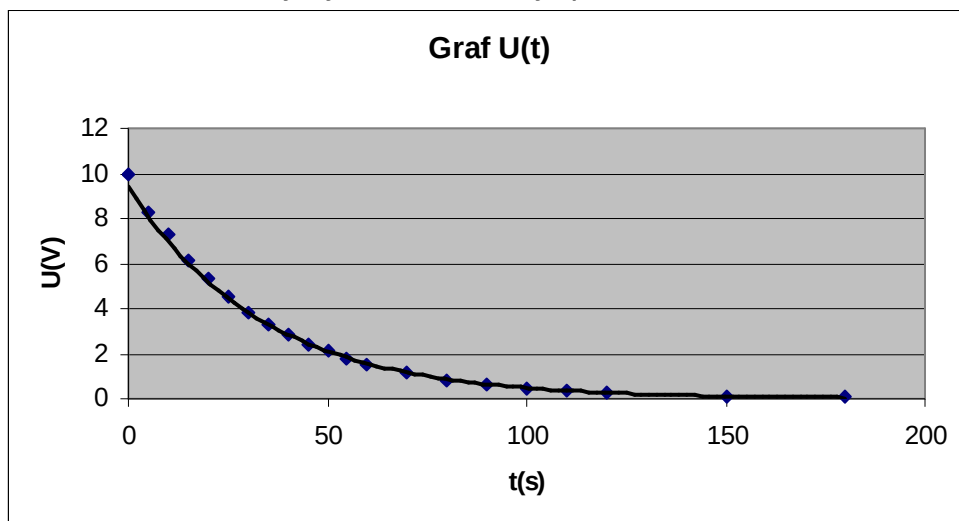
Dovolj pogosto moramo zapisovati ustrezno napetost na kondenzatorju. Na začetku, ko so hitrejše spremembe napetosti v krajših časovnih intervalih, kasneje, ko so te spremembe manjše, pa v daljših. Z meritvijo zaključimo, ko se napetost praktično ne spreminja več. Isto meritev ponovimo tudi pri $70\text{k}\Omega$.

1. NALOGA: Nariši grafe $U=U(t)$ za polnjenje in praznjenje kondenzatorja pri različnih vrednostih upora

Graf 1: Polnjenje kondenzatorja pri $30\text{k}\Omega$

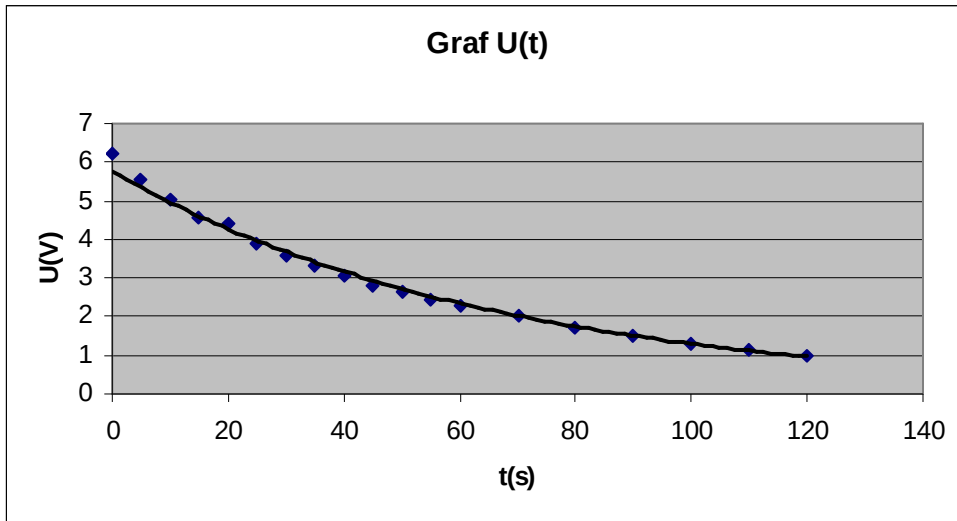


Graf 2: Praznjenje kondenzatorja pri $30\text{k}\Omega$



Graf 3:
Polnjenje
kondenzatorja
pri $70\text{k}\Omega$

Graf 4: Praznjenje kondenzatorja pri 70 kΩ



2. NALOGA: Iz enačbe za spreminjanje napetosti pri praznjenju kondenzatorja izpelji enačbo za razpolovni čas! Upoštevaj, da se začetna napetost v tem času zmanjša za polovico!

$$U = U_0 e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$\frac{U_0}{2} = U_0 e^{-\frac{t_{1/2}}{RC}} \rightarrow \frac{1}{2} = e^{-\frac{t_{1/2}}{RC}} \rightarrow \frac{1}{2} = \frac{1}{e^{\frac{t_{1/2}}{RC}}} \rightarrow$$

$$e^{\frac{t_{1/2}}{RC}} = 2 \rightarrow \lg e^{\frac{t_{1/2}}{RC}} = \lg 2 \rightarrow \frac{t_{1/2}}{RC} \cdot \lg e = \lg 2 \rightarrow t_{1/2} = \frac{RC \cdot \lg 2}{\lg e}$$

3. NALOGA: S pomočjo grafov za praznjenje kondenzatorja določi konstante RC iz razpolovnega časa in jih primerjaj z izračunano vrednostjo!

1. R=30kΩ, C=0,001F

- izračunana vrednost:

Izračunani RC=30s



- določitev konstante RC s pomočjo grafa - Iz grafa 2 sem odčital: $U_0 = 9.95 \text{ V}$

Pri razpolovnem času je bila napetost enaka polovici začetne napetosti pred praznjenjem:

$$\frac{U_0}{2} = \frac{9,9V}{2} = 4,95V$$

. Nato sem določil razpolovni čas - Iz grafa 2 sem razbral, pri katerem času je napetost enaka polovici začetne (4.98V), to je pri približno 21 sekundah.

Nato sem razpolovni čas vnesel v enačbo $t_{1/2} = RC \ln 2$ in dobil:

$$t_{1/2} = RC \ln 2$$

Izmerjeni $RC=30.5s$

2. $R=70\text{ k}\Omega$, $C=0,001F$

- izračunana vrednost:

Izračunani $RC=70s$

$$RC = 70\text{ s}$$

- določitev konstante RC s pomočjo grafa - Iz grafa 4 sem odčital: $U_0=6,23V$

Pri razpolovnem času je bila napetost enaka polovici začetne napetosti pred praznjenjem:

$$\frac{U_0}{2} = \frac{6,2V}{2} = 3,1V$$

. Nato sem določil razpolovni čas - Iz grafa 4 sem razbral, pri katerem času je napetost enaka polovici začetne (3.12V), to je pri približno 40 sekundah.

Nato sem razpolovni čas vnesel v enačbo $t_{1/2} = RC \ln 2$ in dobil:

$$t_{1/2} = RC \ln 2$$

Izmerjeni $RC=57.7s$

Pri prvem primeru meritev sem dobil dokaj natančno vrednost RC, ki znaša 30,5s. To ni tako velika napaka glede na izračunano vrednost, ki znaša 30s.

Pri drugem primeru meritev je pa rezultat dokaj nenatančen, saj sem dobil vrednost za produkt $RC=57,70s$, kar je glede na izračunan rezultat dokaj velika napaka. Če bi upoštevali trendno črto ($U_0=5.7V$) bi dobili rezultat bistveno boljši ($RC=65s$). To napako pripisujem nenatančni izvedbi meritev, saj krivci za tak rezultat skoraj zagotovo niso tehnični pripomočki (upor, voltmeter, digitalna ura), saj bi pri prvem delu dobil tudi podobno drugačen rezultat.

4. NALOGA: Logaritmiraj enačbo za praznejnje kondenzatorja in izrazi $\ln \frac{U_0}{U(t)}$ kot funkcijo časa. Kaj je sorazmernostni koeficient?

$$U_0 = \frac{Q}{C} = \frac{I_0 R C}{R} = I_0 C R$$

$$U(t) = \frac{Q(t)}{C} = \frac{I_0 R C \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right)}{R} = I_0 C R \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right)$$

$$I_0 = \frac{U_0}{R} = \frac{U_0}{R} \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right)$$

Sorazmernostni koeficient: $\frac{1}{RC}$

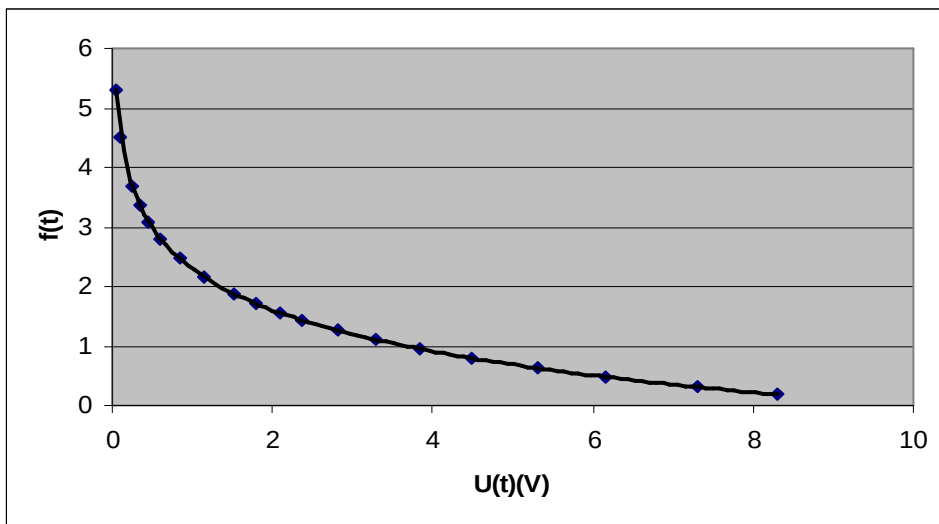
5.NALOGA: Za praznejnje kondenzatorja skozi prvi upor izračunaj vrednosti $\ln \frac{U_0}{U(t)}$.

Nariši graf $\ln \frac{U_0}{U(t)} = f(t)$ ter iz strmine določi konstanto RC.

Tabela: Rezultati pri $U_0=9,95V$

t(s)	U(t)(V)	$\ln \left(\frac{U_0}{U(t)} \right)$	RC=t/ln(U ₀ /U(t))
5	8,30	0,18	27,78
10	7,30	0,31	32,26
15	6,15	0,48	31,25
20	5,30	0,63	31,75
25	4,50	0,80	31,25
30	3,85	0,95	31,58
35	3,30	1,10	31,82
40	2,81	1,26	31,75
45	2,38	1,43	31,47
50	2,09	1,56	32,05
55	1,80	1,71	32,16
60	1,52	1,88	31,91
70	1,14	2,16	32,40
80	0,84	2,47	32,39
90	0,61	2,80	32,14
100	0,46	3,07	32,57
110	0,34	3,38	32,54
120	0,25	3,68	32,61
150	0,11	4,50	33,33
180	0,05	5,29	34,02

Graf 5 - $\ln \frac{U_0}{U(t)} = f(t)$



Konstante RC iz strmine sem določil tako, da sem iz enačbe $\ln \frac{U_0}{U(t)} = \frac{t}{RC}$ za vse čase

izračunal vrednosti $\ln \frac{U_0}{U(t)}$, ter nato izračunal vrednosti za konstanto RC ($RC = \frac{t}{\ln \frac{U_0}{U(t)}}$).

Vse vrednosti RC so podane v tabeli zgoraj, nato pa sem izračunal srednjo vrednost RC, ki znaša 31,95s. Glede na vrednost RC=30s, izračunano v tretji nalogi, se vrednost RC=31,95s razlikuje za manj kot 10%, kar pomeni, da je tudi ta način določanja konstante RC primeren.