



## Fizikalni praktikum II

### Poročilo

# Vaja 49: Prehodni pojavi v električnem korgu

Simon Bukovšek

Datum vaje: 8. marec 2022

Datum oddaje poročila: 15. marec 2022

## 1 Teoretični uvod

Preučevali bomo tri prehodne pojave v električnem krogu: polnjenje in praznjenje kondenzatorja ter električni nihajni krog. Izpeljava za prve dva pojave je dokaj preprosta, zato so napisani samo rezultati. Praznjenje kondenzatorja:

$$U(t) = U_n e^{-\frac{t}{RC}}.$$

Polnjenje kondenzatorja:

$$U(t) = U_n \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right).$$

Izpeljava nihanjega kroga spet ni višja matematika, v končni fazi se dobi dušeno harmonično nihanje. Ob upoštevanju, da  $R^2 \ll \frac{L}{C}$ , dobimo:

$$U(t) = -I_0 \sqrt{\frac{L}{C}} e^{-\frac{tR}{2L}} \sin\left(\frac{t}{\sqrt{LC}}\right),$$

pri čemer je  $I_0$  začetni tok skozi tuljavo.

## 2 Pripomočki

- Električni elementi (upor, tuljava, kondenzator)
- Osciloskop
- Vir stopničaste napetosti

## 3 Meritve

Pri merjenju praznjenja kondenzatorja smo priklopili kondenzator na konstantno napetost vzporedno z uporom. Nato smo vir napetosti ugasnili in merili napetost na kondenzatorju. Za praznjenje kondenzatorja

smo vezali kondenzator zaporedno z uporom. Ko je bila napetost na kondenzatorju nič, smo priklopili zunanji vir napetosti in spremljali, kako se spreminja napetost na kondenzatorju. Za merjenje nihajnega korga, smo vzporedno vezali tuljavo in kondenzator ter ju priključili na konstantno napetost. Nato smo napetost izklopili in opazovali, kako se spreminja napetost na obeh elementih.

## 4 Podatki in analiza

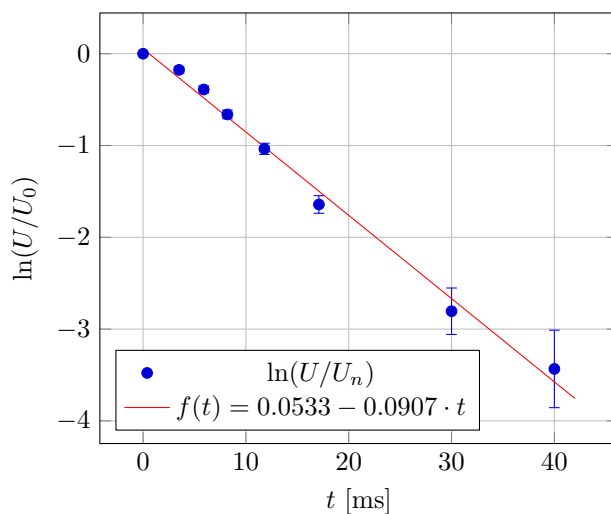
### 1. PRAZNIENJE KONDENZATORJA.

Napetost na viru je bila  $U_n = 128 \text{ V}$ , upornost upornika je bila  $R = 38 \text{ k}\Omega$  in kapacitivnost kondenzatorja je bila  $C = 0,250 \text{ }\mu\text{F}$ . Izmerjeni podatki o napetosti so v spodnji tabeli, graf pa v dodatku. V tretjem stolpcu je preračunana vrednost  $\ln(U(t)/U_0)$ .

$t$ [ms] ( $\pm 1$ ms)	$U$ [V] ( $\pm 2$ V)	$\ln(U/U_n)$
0,0	124	0,000
3,5	104	$-0,176 \pm 0,035$
5,9	84	$-0,389 \pm 0,040$
8,2	64	$-0,661 \pm 0,047$
11,8	44	$-1,036 \pm 0,061$
17,1	24	$-1,642 \pm 0,096$
30,0	7,5	$-2,805 \pm 0,253$
40,0	4	$-3,434 \pm 0,422$

Sedaj lahko narišemo graf  $\ln(U/U_n)$  v odvisnosti od časa in naklon nam da vrednost  $1/RC$ . Naklon

Graf logaritma napetosti na kondenzatorju v odvisnosti od časa



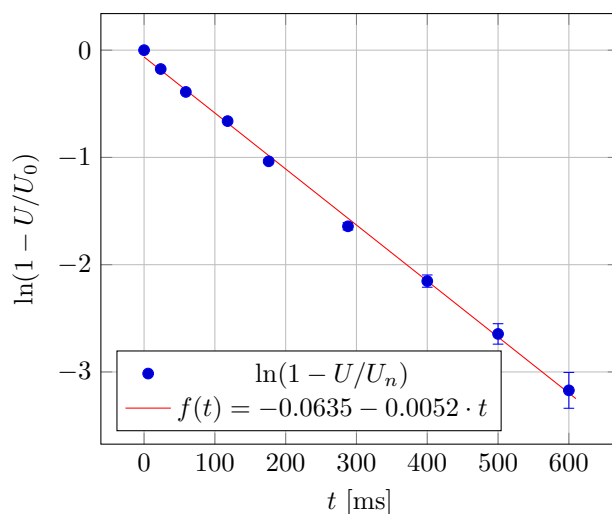
grafa je enak  $k = (-0,0907 \pm 0,0099) \text{ ms}^{-1}$ , ki je enak obratni in nasprotni vrednosti razpadnega časa  $\tau = -1/k = (11,03 \pm 0,60) \text{ ms}$ . Teoretična vrednost razpadnega časa je enaka  $\tau = RC = 9,5 \text{ ms}$ , kar je 16% napaka. To je znotraj nezanesljivosti kondenzatorja, ki ima kapacitivnost podano z 20% napako.

### 2. POLNJENJE KONDENZATORJA

Pri polnjenju kondenzatorja smo uporabili isti kondenzator  $C = 0,25 \text{ }\mu\text{F}$ , vendar nekoliko večji upornik  $R = 2,7 \text{ M}\Omega$ . Pri tem je bila napetost na napolnjenem kondenzatorju enaka  $U_n = (31 \pm 1) \text{ V}$ . Določene meritve napetosti v odvisnosti od časa so prikazane v spodnji tabeli, celoten potek pa je prikazan med pripetimi listi. V zadnjem stolpcu tabele je izračunana še vrednost  $\ln(1 - U/U_n)$ .

$t$ [ms] ( $\pm 5$ ms)	$U$ [V] ( $\pm 0,2$ V)	$\ln(1 - U/U_n)$
0	0,0	$0,000 \pm 0,006$
23,5	5,0	$-0,176 \pm 0,008$
59	10,0	$-0,389 \pm 0,010$
118	15,0	$-0,661 \pm 0,013$
176	20,0	$-1,036 \pm 0,018$
288	25,0	$-1,642 \pm 0,034$
400	27,4	$-2,153 \pm 0,057$
500	28,8	$-2,646 \pm 0,095$
600	29,7	$-3,172 \pm 0,167$

Graf logaritma ena minus napetosti na kondenzatorju v odvisnosti od časa



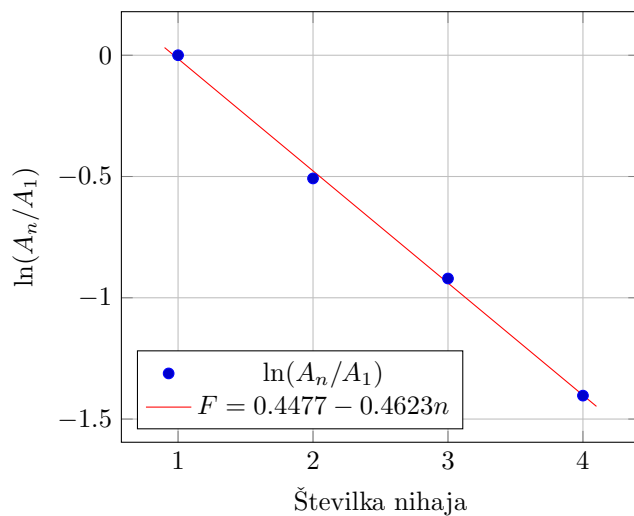
Sedaj lahko narišemo graf odvisnosti  $\ln(1 - U/U_n)$  od časa in izmerimo naklon premice, ki bi moral ustrezati vrednosti  $k = -1/\tau$ . Naklon je enak  $k = -(0,00522 \pm 0,00024) \text{ ms}^{-1}$ , iz česar sledi, da je razpadni čas enak  $\tau = -1/k = (191,6 \pm 8,4) \text{ ms}$ . Vrednost razpadnega časa, izračunana iz kapacitivnosti in upornosti, je enak  $\tau = RC = 0,675 \text{ s}$ . Torej je naš izmerjen rezultat zgrešen za faktor 3,5. Kar bi to lahko pojasnilo, je notranji upor na osciloskopu. Če verjamemo kondenzatorju, da ima res  $2,5 \mu\text{F}$ , se lahko vprašamo, kakšen bi moral biti upor, preko katerega se polni, da bi bil tipičen čas enak izmerjenemu. Dobimo  $R_{iz} = \tau_{iz}/C = 674 \text{ k}\Omega$ . Glede na to da je bil uporabljen upornik mnogo večji od tega, lahko sklepamo, da je zaradi vzporedne vezave osciloskopa in upora, izračnan upor točno enak notranjemu uporu osciloskopa. Velja namreč  $R_{os} = (1/R_{iz} - 1/R_{up})^{-1} = 898 \text{ k}\Omega$ .

### 3. NIHANJE ELEKTRIČNEGA KROGA

V tem delu smo uporabili kondenzator z kapacitivnostjo  $C = 1 \text{ nF}$  ter tuljavo z induktivnosjo  $L = 1,227 \text{ H}$  in notranjim uporom  $R = 138 \Omega$ . Začetna napetost je bila  $U_0 = 124 \text{ V}$ . Izmerili smo časovno razliko med desetimi nihlaji in dobili relativna časa  $t_1 = (-4,56 \pm 0,10) \text{ ms}$  in  $t_2 = (7,35 \pm 0,10) \text{ ms}$ . Iz tega sledi, da je nihajni čas enak  $t_0 = (t_2 - t_1)/10 = (1,19 \pm 0,02) \text{ ms}$ . Iz danih podatkov lahko izračunamo, da je pričakovani nihajni čas enak  $t_0 = 2\pi\sqrt{LC} = 0,22 \text{ ms}$ . Odstopnje od izmerjene vrednosti je za faktor 5. Izmerili smo tudi amplitude pri različnih zaporednih vrhovih. Podane so v naslednji tabeli. Celoten graf nihanja je med dodanimi listi. V zadnjem stolpcu tabele so vrednosti  $\ln(A_n/A_1)$ .

$n$	$A_n$ [V]	$\ln(A_n/A_1)$
1	1180	0
2	710	-0,508
3	470	-0,921
4	290	-1,403

Odvisnot logaritma amplitude napetosti od številke nihaja



Slika 1: Odvisnot logaritma amplitude napetosti od številke nihaja

Naklon grafa nam da vrednost koeficienta dušenja  $\beta$ , množeno z nihajnim časom  $t_0$ . Naklon je enak  $k = -0,462 \pm 0,013$ , torej je  $\beta = k/t_0 = (388 \pm 18) \text{ s}^{-1}$ . izračunana vrednost tega faktorja je  $\beta = 56 \text{ s}^{-1}$ . Odstopanje je za faktor 7. Določimo lahko še začetni tok skozi tuljavo, ki je preprosto  $I_0 = U_0/R = 0,90 \text{ A}$ . Sedaj lahko iz svojih izračunov narišemo graf. Graf je oblike:

$$U = -\frac{I_0}{\omega_0 C} e^{-\beta t} \sin(\omega_0 t),$$

kjer je  $\omega_0 = \frac{2\pi}{t_0} = 5280 \text{ s}^{-1}$ .

Odvisnost napetosti od časa v električnem nihajnem krogu

