

PŘECHODOVÝ JEV V RC OBVODU

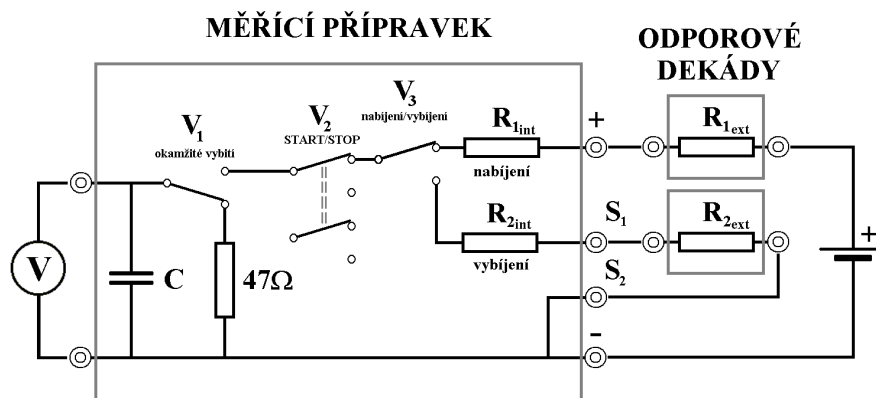
Pracovní úkoly:

1. Odvoďte vztah popisující časovou závislost elektrického napětí na kondenzátoru při vybíjení.
2. Měřením určete nabíjecí a vybíjecí křivku kondenzátoru pro 5-10 různých hodnot odporu.
3. Určete nabíjecí a vybíjecí konstantu RC. Změřenou hodnotu porovnejte s vypočítanou.

Pomůcky: zdroj stejnosměrného napětí, přípravek pro měření, voltmetr, dvě odporové dekády, počítač, vodiče

Princip měření:

Měření se provádí v zapojení podle obrázku č. 1.



Obrázek č. 1: Schéma zapojení měřicího obvodu pro studium nabíjení a vybíjení kondenzátoru

Rezistory R_{1ext} a R_{1int} se uplatňují při nabíjení kondenzátoru ze zdroje stejnosměrného napětí. Rezistory R_{2ext} a R_{2int} slouží jako zátěž pro vybíjení kondenzátoru. Rezistory uvnitř přípravku slouží jako ochrana pro případ náhodného nastavení nulového odporu na dekádách. Přepínačem V_3 se volí mezi režimem nabíjení a vybíjení.

Pokyny pro měření:

1. Zapojte obvod podle schématu na obrázku 1. Na dekádách nastavte hodnoty odporů pro nabíjení a vybíjení. Hodnoty odporů na dekádách volte tak, aby celkové odpory ležely v rozmezí $30\text{k}\Omega$ - $150\text{k}\Omega$ pro nabíjení a $85\text{k}\Omega$ - $200\text{k}\Omega$ pro vybíjení. Na zdroji nastavte velikost napětí do 20V. Spusťte měřicí program na počítači.
2. Na základě hodnot kapacity kondenzátoru C a velikostí odporů odhadněte časové konstanty RC obvodu τ_n pro nabíjení a τ_v pro vybíjení.
3. Přepínač V_3 přepněte do polohy pro vybíjení, spínač V_2 do polohy „STOP“. Vybijte kondenzátor pomocí spínače V_1 . Jakmile klesne napětí na kondenzátoru na 0V, rozepte vybíjecí spínač V_1 .
4. Zadejte nastavené hodnoty do měřicího programu a zadejte název souboru (včetně přípony TXT) pro uložení naměřených hodnot.
5. Přepínač V_3 přepněte do polohy pro nabíjení. Spusťte měření tlačítkem „START“ v měřicím programu. **Současně** s přepnutím spínače V_2 do polohy „START“ se spustí načítání hodnot do počítače. Program zapisuje hodnoty času a napětí na kondenzátoru do textového souboru a vykresluje graf závislosti $U=f(t)$. Po ustálení napětí přejděte na následující bod postupu.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

6. Přepněte přepínač V_3 do polohy pro vybíjení. Program stále průběžně zapisuje hodnoty do souboru a vykresluje graf. Po vybití kondenzátoru zastavte měření přepnutím přepínače V_2 do polohy „STOP“, program automaticky zastaví načítání hodnot.
7. Opakujte postup z bodů 3-6 pro další velikosti nabíjecích a vybíjecích odporů.
8. Sestrojte grafy $U=U(t)$ a $\ln \frac{U_0 - U_C}{U_0} = f(t)$ pro nabíjení kondenzátoru.
9. Sestrojte grafy $U=U(t)$ a $\ln \frac{U_C}{U_{C0}} = f(t)$ pro vybíjení kondenzátoru.
10. Určete časové konstanty RC obvodu τ_n pro nabíjení a τ_v pro vybíjení.
11. Z časových konstant τ_n a τ_v stanovte kapacitu kondenzátoru C .
12. Porovnejte vypočtené a změřené hodnoty časových konstant τ_n a τ_v .
13. Porovnejte změřenou hodnotu kapacity kondenzátoru s hodnotou uváděnou výrobcem.
14. Posuďte, zda je možné zanedbat hodnotu vnitřního odporu voltmetru.

Postup zpracování:

Nabíjení kondenzátoru:

Přechodový jev nabíjení kondenzátoru popisuje rovnice (1)

$$U_C = U_0 \cdot (1 - e^{-\frac{1}{R \cdot C} t}) = U_0 \cdot (1 - e^{-\frac{1}{\tau_n} t}) \quad (1)$$

Po proložení získané závislosti $U=U(t)$ teoretickou závislostí (1) lze získat časovou konstantu RC obvodu τ_n . Pro známou velikost odporu R jsme schopni určit hodnotu kapacity kondenzátoru C .

$$C = \frac{\tau_n}{R_{\text{ext}} + R_{\text{int}}} \quad (2)$$

Pozn.: Z matematického rozboru výrazu (1) vyplývá, že elektrické napětí na kondenzátoru dosáhne hodnoty napětí zdroje v nekonečném čase. Z praktického hlediska po určité konečné době roste napětí na kondenzátoru již tak pomalu, že je tento růst běžnými přístroji neměřitelný.

Pro zpracování měření použijte linearizace:

$$\ln \frac{U_0 - U_C}{U_0} = -\frac{1}{(R_{\text{ext}} + R_{\text{int}}) \cdot C} \cdot t, \quad \text{tj.} \quad \ln \frac{U_0 - U_C}{U_0} = -\frac{1}{\tau} \cdot t = f(t) \quad (3)$$

Graf závislosti $\ln \frac{U_0 - U_C}{U_0} = f(t)$ lze zpracovat běžnou lineární regresí. Časovou konstantu τ_n určete ze směrnice přímky k :

$$\tau_n = -\frac{1}{k}, \quad (4)$$

V technické praxi často časovou konstantu RC obvodu τ_n chápeme jako dobu, za kterou se kondenzátor nabije na napětí o velikosti 63,2 % napětí zdroje.

Pozn.: Měření je zatíženo systematickou chybou způsobenou vnitřním odporem použitého voltmetru. Voltmetrem paralelně připojeným k nabíjenému kondenzátoru prochází elektrický proud, který by jinak nabíjel kondenzátor. Nabíjení trvá déle a naměřená kapacita vychází vyšší.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Vybíjení kondenzátoru:

Přechodový jev vybíjení kondenzátoru popisuje rovnice (5)

$$U_c = U_{c0} \cdot e^{-\frac{1}{R \cdot C} \cdot t} = U_{c0} \cdot e^{-\frac{1}{\tau_v} \cdot t} \quad (5)$$

Po proložení získané závislosti $U=U(t)$ teoretickou závislostí (5) lze získat časovou konstantu RC obvodu τ_v . Pro známou velikost odporu R lze stanovit hodnotu kapacity kondenzátoru C .

Pro zpracování použijte linearizace:

$$\ln \frac{U_c}{U_{c0}} = -\frac{1}{(R_{2ext} + R_{2int}) \cdot C} \cdot t, \quad \text{tj.} \quad \ln \frac{U_c}{U_{c0}} = -\frac{1}{\tau} \cdot t = f(t) \quad (6)$$

Graf závislosti $\ln \frac{U_c}{U_{c0}} = f(t)$ lze zpracovat běžnou lineární regresí. Časovou konstantu τ_v určíme ze směrnice přímky podle vztahu (7).

$$\tau_v = -\frac{1}{k}, \quad (7)$$

V technické praxi je časová konstanta RC obvodu τ_v chápána jako doba, za kterou se kondenzátor vybije na napětí o velikosti 36,8 % napětí zdroje (tj. $U_c = \frac{U_{c0}}{e}$).

Pozn.: Měření je zatíženo systematickou chybou způsobenou vnitřním odporem použitého voltmetru. Voltmetrem paralelně připojeným k vybíjenému kondenzátoru prochází elektrický proud, který vybíjí kondenzátor. Vybíjení trvá kratší dobu a vypočtená kapacita vychází nižší.

Systematickou chybu měření při nabíjení a vybíjení lze částečně eliminovat použitím voltmetru o velkém vstupním odporu a rezistorů s výrazně nižšími hodnotami odporů pro nabíjení a vybíjení.

Z důvodu bezpečnosti jsou kondenzátor C a rezistory R_{1int} a R_{2int} umístěny uvnitř krabičky.

Reálné hodnoty použitých součástek:

Kondenzátor: 470 μ F/100 V

Velikost odporu vnitřního nabíjecího rezistoru: $R_{1int}=1918 \Omega$

Velikost odporu vnitřního vybíjecího rezistoru: $R_{2int}=75 \text{ k}\Omega$

Velikost vstupního odporu voltmetru $R_v=10 \text{ M}\Omega$

Pozor!

V kondenzátoru se hromadí velké množství elektrické energie, která se může prakticky okamžitě uvolnit a způsobit úraz elektrickým proudem!



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE

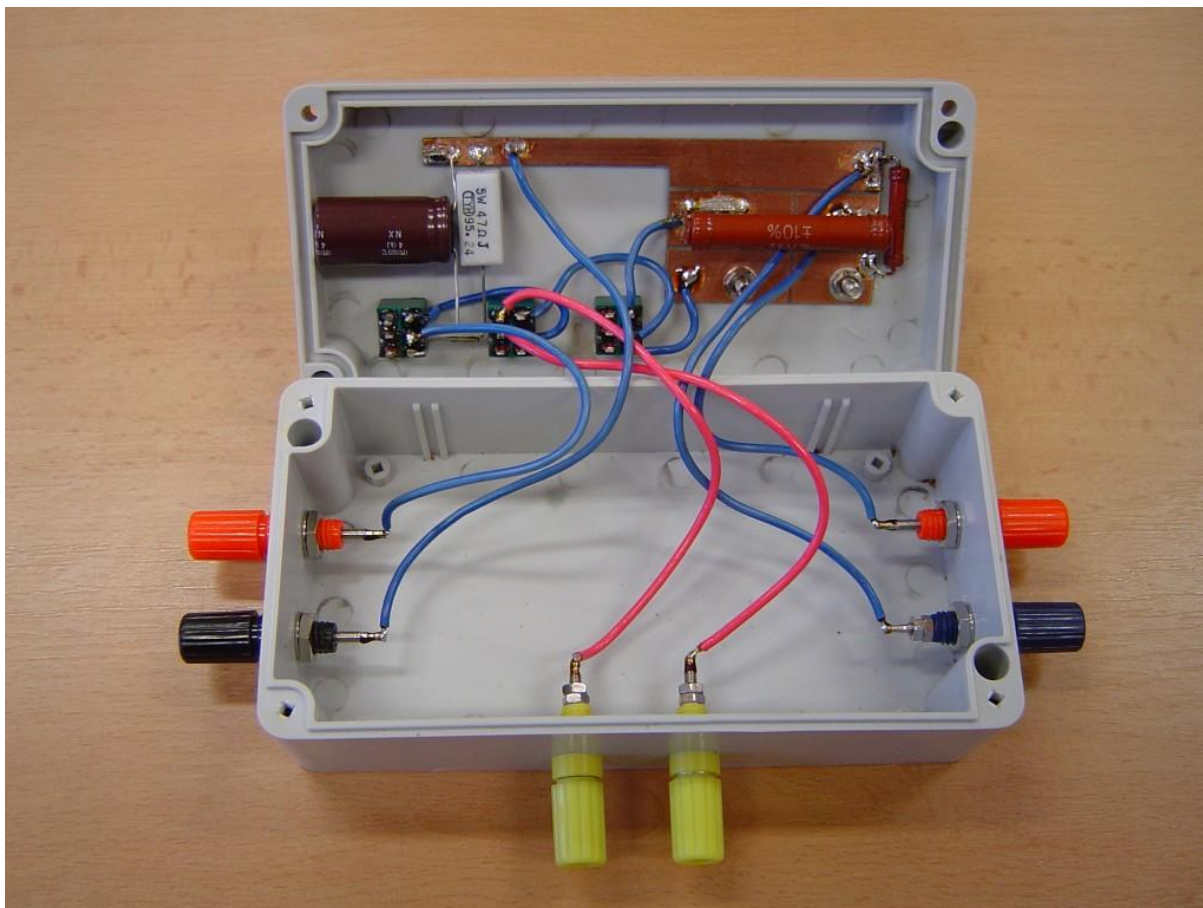


MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Obrázek č. 2: Uspořádání součástek uvnitř měřicího přípravku



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ