

Katedra obecné elektrotechniky
Fakulta elektrotechniky a informatiky, VŠB -TU Ostrava

***PŘECHODOVÝ DĚJ VE
STEJNOSMĚRNÉM EL. OBVODU***

*– zapnutí a vypnutí sériového **RC** členu
ke zdroji stejnosměrného napětí*

Návod do měření

Určeno pro posluchače bakalářských studijních programů FS

Ing. Vítězslav Stýskala, Ph. D., Ing. Václav Kolář, Ph.D., Ing. Jan Dudek, Ph.D.
Říjen 2006, FS

Úkol:

Vypočtete, sledujte a určete časovou konstantu a dobu ustálení přechodového děje v sériovém RC obvodu s proměnnými hodnotami R a C . Ze známé hodnoty odporu R a časové konstanty τ určete hodnotu kapacity C

Sledujte průběhy proudu obvodem $i(t)$, úbytků na kapacitoru $u_C(t)$ a na rezistoru $u_R(t)$.

Zadání úlohy a postup měření:

- I.** V zapojení obvodu dle schématu a s pomocí analogových měřících přístrojů sledujte průběhy napětí na kondenzátoru $u_C(t)$ a na rezistoru $u_R(t)$ a proudu protékajícího obvodem $i(t)$ pro dva stavy tj.

a) po zapnutí ke zdroji

b) při vybíjení nabitého kondenzátoru C přes rezistor R

pro zadanou velikost odporu rezistoru R a neznámou kapacitu C kondenzátoru. Před započetím měření ad **a)** se přesvědčte, je-li kapacitor C vybit na hodnotu $u_C(0) = 0V$.

- II.** Proveďte měření $u_R(t)$, $u_C(t)$ a $i(t)$ s pomocí PC - stejné měření jako v bodě **I**.

- III.** Změřené průběhy veličin sledujte na monitoru, zaznamenejte na FFD 1,44'' a přetřansformujte do tabulkového procesoru (např. Microsoft Excel). Je možné rovněž použít kopii obrazovky (obrázky ve formátu *.gif resp. *.bmp).

Sestrojte grafy a grafickou metodou určete hodnoty τ (např. využitím známého faktu průběhu exponenciální funkce, tzn. $1\tau \approx 0,632$ ustálené hodnoty – viz rozbor) a následně graficky vytyčte T_{UST} .

- IV.** Podle uvedeného známého teoretického vztahu určete časovou konstantu obvodu τ z naměřených hodnot pro případy ad **a)** (tj. nabíjení), ad **b)**, (tj. vybíjení kondenzátoru) a doby ustálení T_{UST} dle technického kritéria $T_{UST} = 5\tau$. Tyto údaje запиšte do tabulek porovnejte průběhy nabíjení a vybíjení a vypočtenou hodnotu kapacity C a zhodnotte je. Srovnajte teoretické průběhy uvedené v rozboru s naměřenými. Případné rozdíly průběhů a hodnot τ a C při nabíjení a vybíjení kondenzátoru vysvětlete v závěru.

K zápisu vypočtených a změřených hodnot použijte tabulku č. 2.

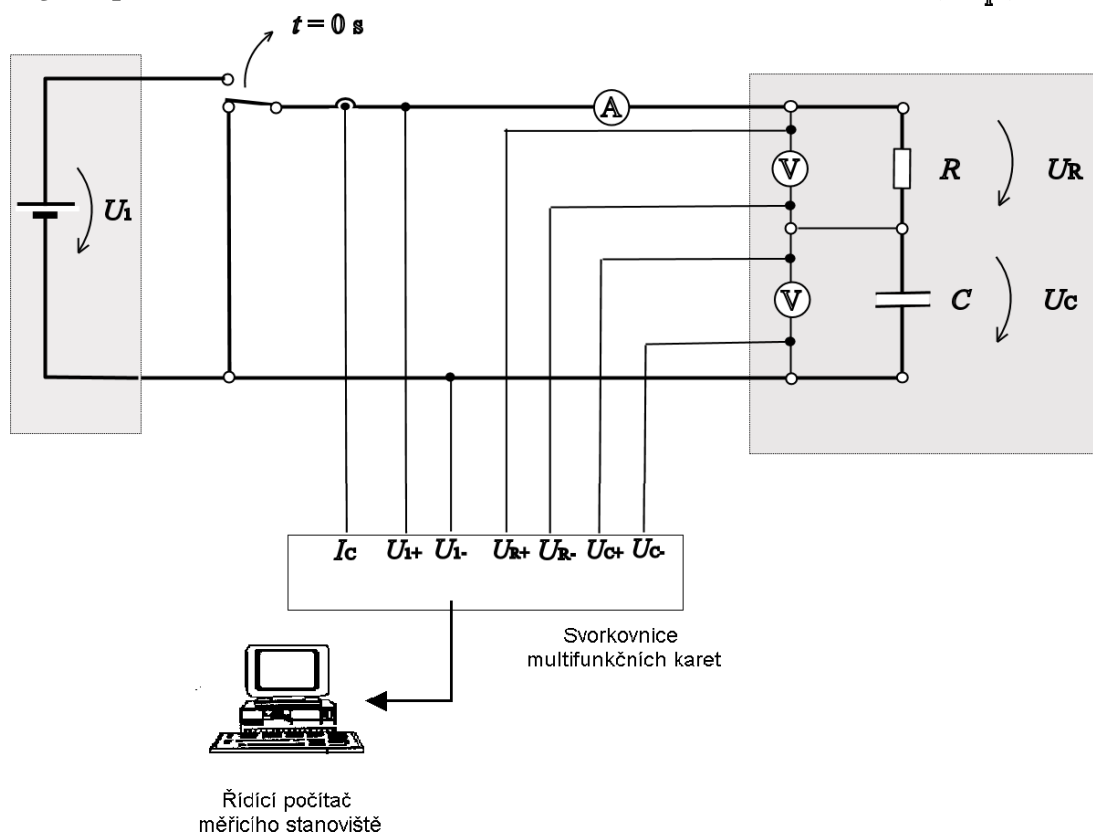
Obě měření (II. a III.) proveďte pro tyto hodnoty prvků:

Vyučující určí a zadá pro každou měřící skupinku různé hodnoty rezistorů z rozsahu 90 – 180 Ω a příslušné hodnoty kapacitorů, tak aby byly časové konstanty obvodu velikostně rozlišitelné.

Schéma zapojení:

Zdroj ss napětí 15 V

Demonstrační panel



Obr. 1. Principiální schéma zapojení

Stručný teoretický rozbor:

Dojde-li v čase $t = 0$ k připojení sériového obvodu RC ke zdroji konstantního stejnosměrného napětí $U_1 = \text{konst.}$, se nebudou úbytek napětí na svorkách kondenzátoru $u_C(t)$, proud obvodem $i(t)$ a úbytek napětí na rezistoru $u_R(t)$ měnit skokově, ale s časem. Je to vlivem akumulace elektrického náboje na deskách kondenzátoru C . Mírou dynamiky nárůstu, resp. poklesu hodnot veličin vlivem přechodného děje je časová konstanta obvodu τ .

Její hodnota je dána parametry RC obvodu

$$\tau = R \cdot C$$

Z průběhů změřených veličin (např. oscilografem nebo pomocí PC) se časová konstanta obvodu τ určí graficky jako tečna průběhu vedená počátkem ($t = 0$). Bod udávající průsečík tečny s úrovní ustálené hodnoty měřené veličiny (v $t = \infty$) určuje velikost τ .

V technické praxi je však často potřeba znát konkrétní dobu ustálení přechodového děje T_{UST} , tzn. dané měřené veličiny. Tomuto požadavku s dostatečnou přesností vyhovuje kritérium

$$T_{UST} = 5 \tau, \quad \text{což odpovídá cca 99,3\% ustálené hodnoty.}$$

A) Odvozené vztahy pro elektrické veličiny v RC sériovém obvodu jsou:

a) po zapnutí se budou napětí na kondenzátoru C a odporu R a proud obvodem měnit v čase podle následujících vztahů

$$i(t) = \frac{U_1}{R} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$u_C(t) = U_1 \cdot (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

$$u_R(t) = U_1 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

b) při vybíjení plně nabitého kondenzátoru C přes rezistor R budou obvodové veličiny probíhat podle vztahů:

$$i(t) = -\frac{U_1}{R} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

proud teče obvodem opačně (vzhledem k situaci **a**))
a má klesající tendenci – časová konstanta obvodu je stejná.

$$u_C(t) = U_1 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} = -u_R(t)$$

oba úbytky napětí mají klasající charakter, směr úbytku napětí na rezistoru je vzhledem k **a**) opačný z důvodů změny směru proudu při vybíjení.

Tab. 1. Vztahy pro vybíjení kondenzátoru přes odpor s komentářem

B) Pro určení časové konstanty τ lze použít třech metod:

1. Metoda analytická
2. Metoda tečny
3. Metoda určení změny 63 % z původní hodnoty (doporučená metoda).

• Metoda analytická

Metoda analytická spočívá v dosazení dvou bodů exponenciální nabíjecí příp. vybíjecí křivky např:

$$u_C(t) = U_1 \cdot (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

(tedy bodu A a B) s hodnotami t_A , resp. $u_C(t_A)$ a t_B , resp. $u_C(t_B)$ vzniknou dvě rovnice o dvou neznámých U_1 a τ .

Výhodou této metody je, že nemusíme znát ustálenou hodnotu U_1

- **Metoda tečny**

Metoda tečny spočívá je založena na faktu, že pro derivaci napětí podle času vznikne vztah

$$\frac{\delta u_c(t)}{\delta t} = \frac{\delta U_1 \cdot (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})}{\delta t}$$

Pro určení směrnice tečny k z bodu $t=0$, dosadíme $t=0$ do vztahu a získáme

$k = \frac{U_1}{\tau}$ potom místo, kde tečna směrnice $y(t) = k \cdot t$ k protíná ustálenou hodnotu U_1 je rovno časové konstantě τ .

Nevýhodou této metody je nepřesné grafické stanovení tečny v bodě $t=0$.

- **Metoda změny**

Metoda změny je založena faktu, že pro $t = \tau$ nabývá vztah

$$u_c(t) = U_1 \cdot (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) = U_1 \cdot (1 - e^{-1}) \cong 0,63 \cdot U_1$$

Tedy 63% napětí ustáleného.

Určíme-li tedy graficky 63% změny napětí a vyneseme-li ji rovnoběžně s osou t , pak průsečík této hodnoty s křivkou nabíjení resp. vybíjení určuje časovou konstantu τ .

Výhodou této grafické metody je relativně vysoká přesnost a malá pracnost. Tato metoda je pro určení časové konstanty τ v tomto měření doporučována.

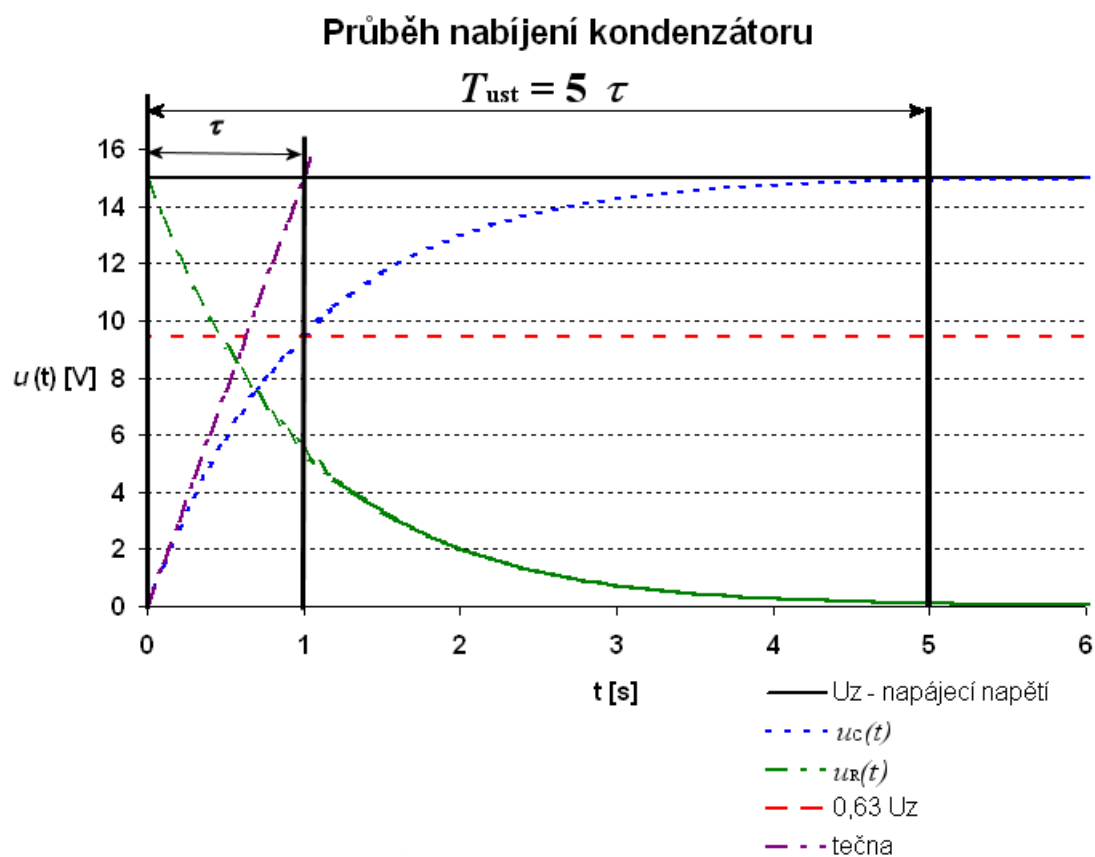
C) Určení kapacity

Kapacitu kondenzátoru C určíme ze vztahu $\tau = R \cdot C$

Z měření vypracujte protokol doplněný grafickou přílohou.

Tabulka č. 2.

ZAPOJENÍ Pomocí PC z $u_c(t)$ nebo $u_R(t)$ ($U_Z = 15V$, ss)	R	C	τ	T_{UST}
	Ω	μF	s	s
II. a) pro nabíjení				
II. b) pro vybíjení				



Obr. 2,3. Ukázka metod vyšetření časové konstanty τ .

