

6. Prechodné javy v obvodoch 1. rádu s jednosmerným napájaním

Cieľ cvičenia:

Analýza správania lineárnych obvodov v čase medzi dvoma ustálenými stavmi. Skúmanie prechodných javov v sériovom RC obvode s jednosmerným napájaním. Experimentálne overenie teoretických znalostí o prechodných javoch.

Všeobecné poznatky:

Analýza elektrických obvodov v ustálenom stave predpokladá, že všetky elektrické veličiny sú v čase buď konštantné alebo sa v čase menia periodicky, špeciálne harmonicky. Analýzu správania dynamického stavu lineárneho obvodu, tzn. správania sa obvodu v čase medzi dvoma rôznymi ustálenými stavmi, rieši analýza pomocou prechodných dejov. Analýza prechodných javov (dynamických stavov) elektrických obvodov má pre rôzne odbory a oblasti elektrotechniky veľký význam. Počas prechodných javov môžu vzniknúť značné kvantitatívne odchýlky elektrických veličín v porovnaní s ich ustálenými hodnotami, tzn. môže dôjsť k prepätiu na niektorých prvkoch obvodu alebo môžu tiecť zväčšené prúdy, tzv. nadprúdy. To môže mať za následok rôzne poruchy, najčastejšie prerez izolácie, zníženie životnosti zariadenia a iné.

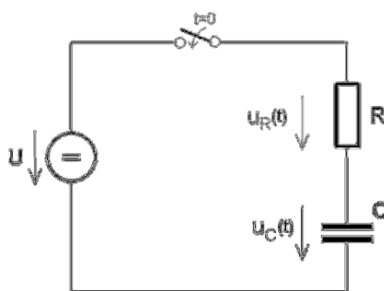
Analýzu prechodných javov v lineárnych elektrických obvodoch robíme v troch krokoch.

1. Zostavíme matematický model a určíme matematické počiatočné podmienky.
2. Riešime matematický model.
3. Fyzikálne interpretujeme výsledky riešenia.

Prechodné (dynamické) javy vznikajú v elektrických obvodoch v dôsledku:

1. zmeny parametra aktívneho prvku obvodu, napr. pripojením, odpojením alebo nespojitou (skokovitou) zmenou napätia alebo prúdu napäťového alebo prúdového zdroja,
2. zmeny parametra pasívneho prvku obvodu, napr. nespojitým zväčšením alebo zmenšením odporu, indukčnosti alebo kapacity príslušného prvku,
3. zmeny topologickej štruktúry obvodu, napr. prerušením vetvy, skratovaním vetvy, pripojením ďalšej vetvy, atď.

Sériový dvojpól rezistor - kapacitor (pripojenie na zdroj):



Obr1. Pripojenie sériového dvojpólu RC na jednosmerný zdroj napätia

Z druhého Kirchhoffovho zákona platí:

$$u_R(t) + u_C(t) = U$$

Dosadíme za:

$$u_R(t) = R \cdot i(t) = R \cdot C \cdot \frac{du_C(t)}{dt}$$

a dostávame:

$$R \cdot C \cdot \frac{du_C(t)}{dt} + u_C(t) = U$$

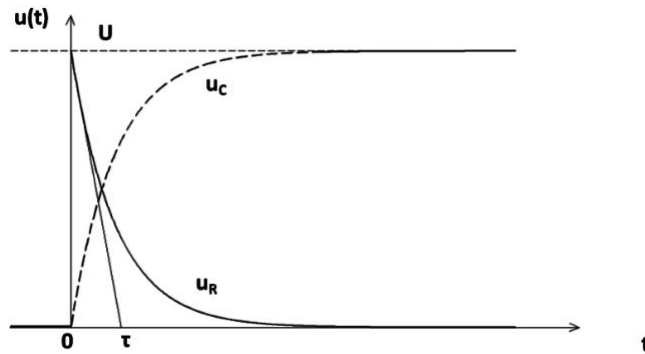
Riešenie poslednej rovnice pri splnení podmienky $u_C(0) = 0$ (v čase $t = 0$) potom bude:

$$u_C(t) = U \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right),$$

kde časová konštanta $\tau = R \cdot C$.

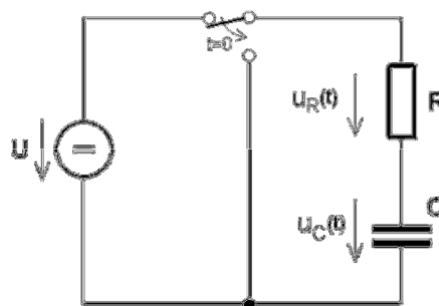
Časový priebeh napätia na kapacitore $u_C(t)$ a napätia na rezistore $u_R(t)$ je znázornený na obr.2. Napätie na kapacitore rastie z počiatočnej nulovej hodnoty exponenciálne na ustálenú hodnotu U s časovou konštantou $\tau = R \cdot C$. Priebeh napätia na rezistore vypočítame zo vzťahu:

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



Obr.2 Časové priebehy v sériovom RC obvode po pripojení na zdroj napätia

Sériový dvojpól rezistor - kapacitor (skratovanie dvojpólu a odpojenie od zdroja):



Obr.3. Odpojenie sériového dvojpólu RC dvojpólu od zdroja napätia

Ak skratujeme dvojpól R-C, obr.3, pri súčasnom odpojení od zdroja, vybíja sa kapacitor cez rezistor podľa vzťahu:

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

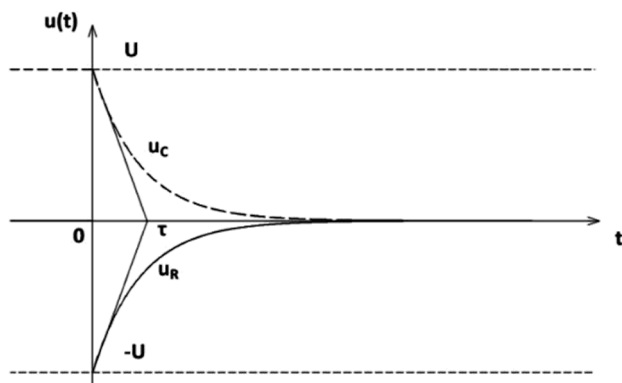
kde U je napätie na kapacitore v okamihu skratovania. Priebeh vybíjacieho prúdu dostaneme zo vzťahu:

$$i(t) = C \cdot \frac{du_C(t)}{dt} = -\frac{U}{R} e^{-\frac{t}{\tau}}$$

Napätie na rezistore $u_R(t)$ potom vyjadríme ako:

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

Prúd (aj napätie na rezistore) sa mení v čase $t=0$ z nulovej hodnoty skokom na maximálnu hodnotu a potom exponenciálne klesá na nulovú hodnotu. Keďže vybíjací prúd tečie opačným smerom ako je orientácia napätia na kapacitore, tak má zápornú hodnotu. Kapacitor dočasne plní funkciu zdroja. Úbytok napätia na rezistore je orientovaný v smere pretekajúceho prúdu a teda napätie na rezistore má opačný smer ako na kapacitore (Obr.4).



Obr.4 Časové priebehy na sériovom RC dvojpóle pri odpojení od zdroja napätia

Priebeh napätia sa zobrazuje v programe, ktorý je vytvorený v programovacom jazyku MATLAB. Program po nastavení vstupných parametrov (začiatok prechodného javu a nový ustálený stav) vypočíta a vyznačí časovú konštantu τ priamo v grafe.

Pokyny pre meranie a spracovanie výsledkov:

1. Prípravok, ktorý je k dispozícii, umožňuje zapájanie jednotlivých prvkov R a C. Na obvode možno sledovať priebeh nabíjania a vybíjania kondenzátora C.
2. Pomocou programu *Prevodník* zmerajte časovú konštantu prechodného javu pre dve rôzne hodnoty odporu rezistora a dve hodnoty kapacity kondenzátora pre obe polohy prepínača (τ_1 a τ_2). (V menu daného programového prostredia je umiestnené tlačidlo začiatočné a koncové časové značky). Tie umiestnite na daný časový priebeh prechodného javu. Počiatočná časová značka musí byť umiestnená na začiatok prechodného javu a koncová značka na miesto, kde už prechodný jav odoznel. Hodnoty rezistorov odmerajte multimetrom. Namerané hodnoty overte výpočtom. Údaje zapíšte do tabuľky.
3. K prípravku ďalej pripojte kondenzátor C_1 s neznámou hodnotou kapacity. Pomocou programu zistíte hodnotu časovej konštanty a vypočítajte kapacitu kondenzátora C_1 . Postup opakujte aj pre neznámy kondenzátor C_2 a údaje zapisujte do tabuľky.

Zoznam prístrojov a zariadení:

Prípravok na meranie prechodných javov.

Kondenzátory so známymi a neznámymi hodnotami kapacít.

Rezistory so známymi a neznámymi hodnotami odporu.

PC

Tabuľka nameraných a vypočítaných hodnôt:

Tab.1

#	R []	R_{multi} []	C []	τ_1 []	τ_2 []	$\tau_{\text{vypoč}}$ []
1						
2						
3						
4						

Tab.2

#	R_{multi} []	C []	τ_1 []	τ_2 []	τ_{str} []	C_1 vypoč []	C_2 vypoč []
1							
2							