

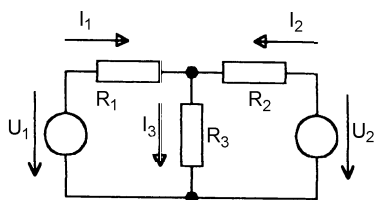
Metody řešení lineárních elektrických obvodů

Lineárním obvodem rozumíme takový obvod, který je složen výhradně z lineárních prvků (tj. prvků s přímkovou voltampérovou charakteristikou).

Z nejvýznamnějších a nejpoužívanějších metod řešení lineárních obvodů zde jmenujme:

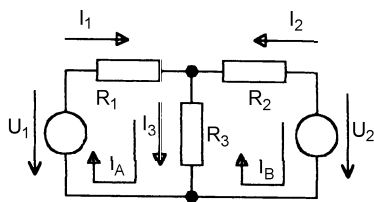
- metodu řešení pomocí smyčkových proudů
- metodu řešení pomocí uzlových napětí
- metodu řešení lineární superpozicí
- Theveninovu (Nortonovu) poučku

Pro demonstraci řešení všemi třemi metodami – tedy metodou smyčkových proudů, uzlových napětí a superpozicí použijeme shodný příklad. Zapojení obvodu vidíme na obr. 1. Ve všech případech je naším úkolem zjistit velikosti proudů I_1 , I_2 a I_3 .



Obr. 1. Společný příklad pro demonstraci metod řešení lineárních obvodů

Při užití metody řešení pomocí *smyčkových proudů* zavedeme v obvodu daném příkladem smyčkové proudy I_A a I_B .



Obr. 2. Metoda řešení smyčkovými proudy

Pro obě smyčky zapíšeme rovnice podle II. Kirchhoffova zákona:

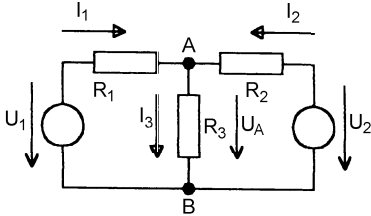
$$\begin{aligned}0 &= -U_1 + I_A R_1 + R_3 (I_A - I_B) \\0 &= U_2 + R_3 (I_B - I_A) + I_B R_2\end{aligned}$$

Tak jsme získali soustavu rovnic, jejíž vyřešením bychom získali velikosti smyčkových proudů I_A a I_B . Pro jednotlivé proudy v obvodu pak platí:

$$I_1 = I_A \qquad I_2 = -I_B \qquad I_3 = I_A - I_B$$

V případě, že dostaneme záporný proud, signalizuje to pouze skutečnost, že proud má opačný smysl, než jsme původně předpokládali.

V případě použití metody řešení pomocí *uzlových napětí* zvolíme nejprve v obvodu *vztažný uzel* pro uzlová napětí. V našem případě je to uzel *B*. Pro uzel *A* platí podle I. Kirchhoffova zákona:



Obr. 3. Metoda řešení uzlovými napětími

Pomocí uzlového napětí U_A můžeme nyní pro jednotlivé proudy zapsat:

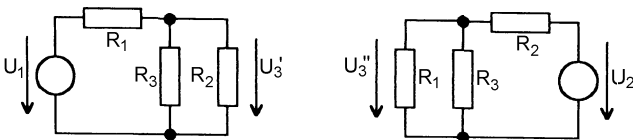
$$I_1 = \frac{U_1 - U_A}{R_1} \quad I_2 = \frac{U_2 - U_A}{R_2} \quad I_3 = \frac{U_A}{R_3} \quad (2, 3, 4)$$

Tyto výrazy dosadíme do rovnice (1):

$$\frac{U_A}{R_3} = \frac{U_1 - U_A}{R_1} + \frac{U_2 - U_A}{R_1} \quad (5)$$

Řešením rovnice (5) dostaneme velikost napětí U_A . Tu následně dosadíme do rovnic (2,3,4), čímž získáme konkrétní hodnoty jednotlivých proudů.

Zákon lineární superpozice říká, že v lineárním obvodu obsahujícím několik zdrojů můžeme určit proud v libovolné větvi nebo napětí mezi dvěma libovolnými body tak, že ho uvažujeme jako algebraický součet proudů (napětí) od jednotlivých zdrojů samostatně, přičemž zbývající zdroje jsou vyřazeny. Vyřazením zdroje rozumíme v případě zdroje *napěťového* jeho *zkratování* a v případě zdroje *proudového* jeho *rozpojení*. Při použití této metody je třeba dbát na orientace jednotlivých zdrojů.



Obr. 4. Metoda řešení lineárních obvodů využitím zákona

V našem konkrétním případě nejprve zkratujeme zdroj U_2 a zjistíme napěťový příspěvek od zdroje U_1 . Ten je

$$U_3' = U_1 \frac{R_2 \parallel R_3}{R_1 + R_2 \parallel R_3}$$

Následně zkratujeme zdroj U_1 a získáváme napěťový příspěvek od zdroje U_2

$$U_3'' = U_2 \frac{R_1 \parallel R_3}{R_2 + R_1 \parallel R_3}$$

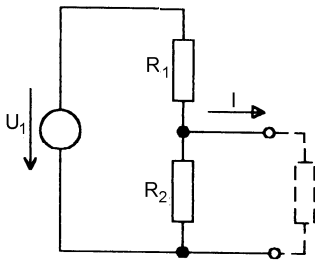
Tak získáváme napětí U_3 na rezistoru R_3

$$U_3 = U'_3 + U''_3$$

Pomocí nějž jsme schopni zjistit hodnoty jednotlivých proudů v obvodu.

Podle *Theveninovy poučky* lze každý lineární obvod nahradit náhradním obvodem v podobě ideálního zdroje napětí a jediného náhradního odporu. Napětí náhradního zdroje je rovno napětí naprázdno mezi uvažovanými svorkami, náhradní odpor je roven odporu mezi těmito svorkami při vyřazení všech zdrojů (napěťové zdroje zkratované, proudové zdroje rozpojené). Nortonova poučka je de facto analogická, pouze obvod nahrazuje pomocí zdroje proudu.

Typickou aplikací Theveninovy poučky je její aplikace na zatížený dělič napětí.



Obr. 5. Dělič napětí zatížený proudem I – příklad vhodný k aplikaci Theveninovy poučky

V příkladu na obr. 5. máme za úkol vypočítat napětí na výstupní straně děliče, jež je zatížen proudem I .² Napětí naprázdno náhradního zdroje bude napětím na nezatíženém děliči, tedy

$$U_0 = U_1 \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Náhradní odpor R bude mít hodnotu odporu na výstupních svorkách při zkratovaném zdroji U_1 , tedy hodnotu rovnu paralelní kombinaci odporů R_1 a R_2

$$R = R_1 \parallel R_2 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

Napětí na výstupu děliče zatíženého proudem I bude tedy

$$U = U_0 - IR$$

²Toto zadání je záměrné – pokud bychom zadali odpor připojený k výstupu děliče, celý příklad by bylo možno bagatelizovat vypočtením paralelní kombinace tohoto odporu s odporem R_2 a následným tradičním výpočtem nezatíženého děliče pouze s uvažováním této kombinace namísto R_2 . Zde však přistoupíme k náhradě tohoto obvodu zdrojem ideálním zdrojem napětí a náhradním odporem R .

Další metody řešení lineárních obvodů, jako jsou duální obvody či transfigurace Δ - Y , jsou popsány v [MF81], [JBM81] nebo v [MH97]³.

Použitá literatura

- [JBM81] *Javorský, L. – Bobek, A. – Musil, R.:* Základy elektrotechniky. SNTL, Praha, 1981.
- [MF81] *Maňátka, J. – Foitová, E.:* Elektronika pro 3. ročník SPŠ elektrotechnických. SNTL, Praha, 1981.
- [MH97] *Mikulec, M. – Havlíček, V.:* Základy teorie elektrických obvodů I. Vydavatelství ČVUT, Praha, 1997.

³Tato publikace vzhledem k svému charakteru poskytuje rovněž jiný přístup k řešení elektrických obvodů než je předkládaný „středoškolský“.