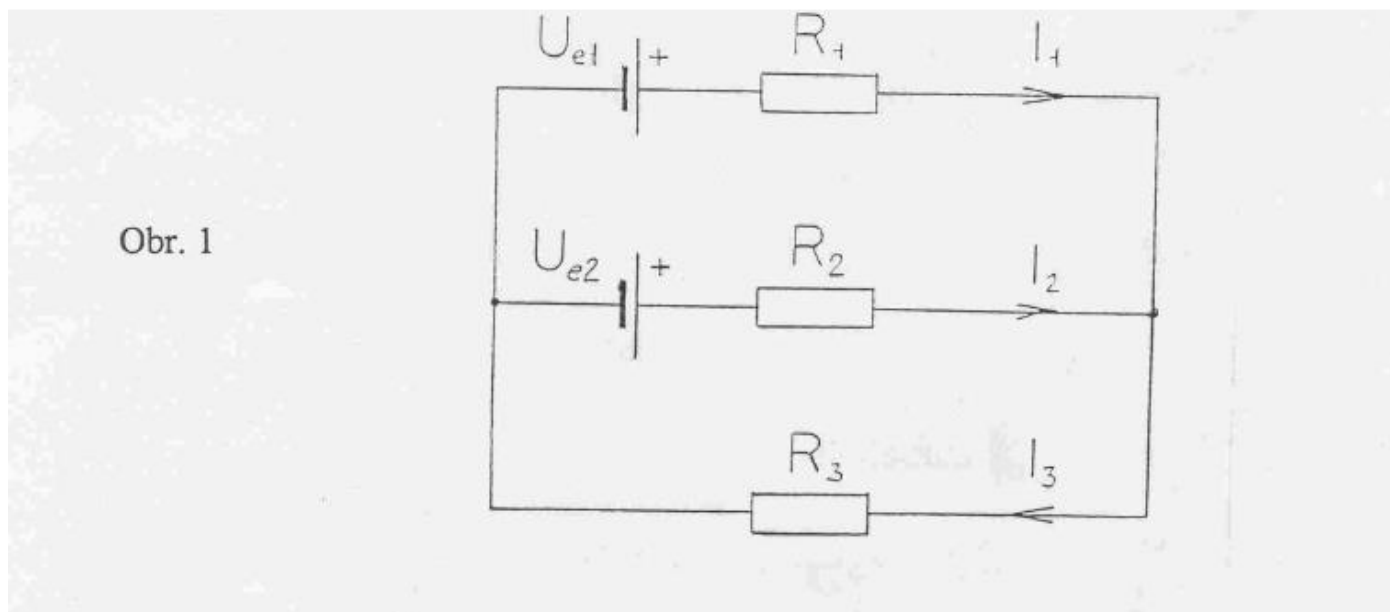


Ověření Kirchhoffových zákonů

Úvod a teorie

Elektrická síť je elektrické zapojení obsahující alespoň jeden uzel. Uzel sítě je místo, ve kterém se stýkají alespoň 3 větve. Větev elektrické sítě je nejkratší spojení mezi dvěma uzly.

Elektrická síť skládající se právě ze tří větví je např. na Obr. 1 níže.



V této síti vidíme 2 uzly, v horní a prostřední větvi jsou zdroje elektromotorického napětí, ve spodní větvi zdroj není. Dále vidíme v každé větvi jeden rezistor. Obecně po zapnutí zdrojů tečou všemi větvemi sítě nenulové elektrické proudy, v obrázku jsou označeny jako I_1 , I_2 , I_3 . Směr i velikost každého proudu závisí na velikosti napětí zdrojů a rezistorů v síti. Řešit elektrickou síť znamená určit ze známých hodnot napětí zdrojů a rezistorů proudy ve všech větvích sítě, tj. najít proudy I_1 , I_2 , I_3 . A právě pro řešení elektrické sítě slouží Kirchhoffovy zákony. Než se na ně podíváme, ještě si ujasněme, že v každé elektrické síti je možno studovat situaci v jednotlivých obvodech sítě, obvod v síti dostaneme tak, že si zvolíme výchozí bod (např. uzel vlevo v síti na Obr. 1) a po síti (tj. vodiči sítě, zdroje a rezistory v obvodu) se dostaneme zpět do výchozího bodu, aniž bychom kterýkoli jiný než výchozí bod prošli v našem obvodu více než jednou.

A nyní již Kirchhoffovy zákony: jsou dva, první se týká proudů v libovolném uzlu sítě, druhý se týká situace v libovolném obvodu sítě.

1. Kirchhoffův zákon

Algebraický součet proudů v libovolném uzlu se rovná nule.

$$\sum_{k=1}^n I_k = 0$$

Úloha č. 3 – Ověření Kirchhoffových zákonů

Ve vztahu výše jsou indexem k odlišeny jednotlivé proudy vstupující do uzlu nebo vystupující ze zvoleného uzlu, n je pak počet proudů vstupujících do uzlu nebo vystupujících z uzlu. Slovo algebraický znamená, že např. proudy vstupující do uzlu bereme jako kladné, proudy vystupující pak mají záporné znaménko.

2. Kirchhoffův zákon

V libovolném uzavřeném obvodu sítě se algebraický součet elektromotorických napětí zdrojů rovná algebraickému součtu úbytků ohmických napětí na jednotlivých rezistorech.

$$\sum_{j=1}^n U_{ej} = \sum_{k=1}^m R_k I_k$$

Ve vztahu výše jsou indexem ej odlišena jednotlivá elektromotorická napětí všech zdrojů v obvodu, vidíme, že zdrojů je celkem n . Indexem k jsou odlišeny rezistory a proudy v obvodu, je jich celkem m . Při psaní rovnice z 2. K.z. postupujeme takto:

- Zvolíme si obvod v síti a směr, kterým ho budeme procházet. Směr je dobré si označit přímo do obrázku (tj. do našeho obvodu v zapojení) obloukem se šipkou na konci, která vyznačuje právě směr. Kromě toho si zvolíme (libovolně) orientace proudů ve všech větvích sítě (vyznačíme je opět šipkami, viz Obr. 1).
- Začneme ve zvoleném bodě, postupujeme ve směru šipky pro procházení obvodu. Na jednu (např. levou) stranu rovnice napíšeme všechna elektromotorická napětí, na které narazíme. Napětí napíšeme se znaménkem $+$, pokud zdroj posílá proud ve směru naší šipky, se znaménkem mínus, pokud zdroj posílá proud proti naší šipce. Všichni víme, že ve schematické značce zdroje je delší užší čárka kladný pól zdroje, kratší a tlustší čárka záporný pól zdroje. Zdroj samozřejmě posílá proud (je dohodnuto, že kladných částic) ze svého kladného pólu. Současně na druhou (např. pravou) stranu rovnice napíšeme součty ohmických napětí (je to součin RI) na všech odporech, na které v našem obvodu narazíme. Součin RI bereme jako kladný, jsou-li v dané větvi šipky procházení a směru proudu souhlasné, jinak je RI záporné.

Úloha č. 3 – Ověření Kirchhoffových zákonů

Řešení sítě vede k řešení soustavy lineárních rovnic. Má-li síť N uzlů, dostane se z prvního zákona $N-1$ lineárně nezávislých rovnic. Z druhého zákona se dostane tolik lineárně nezávislých rovnic, kolik je v síti obvodů, které mají alespoň prvek U_e nebo R , jenž není společný se žádným jiným obvodem.

Pro síť na obr. 1 dostáváme

$$\begin{aligned}I_1 + I_2 - I_3 &= 0 \\R_1 I_1 - R_2 I_2 &= U_{e1} - U_{e2} \\R_2 I_2 + R_3 I_3 &= U_{e2}\end{aligned}$$

Z matematiky pak plyne, vysvětlíme jen na příkladu sítě z Obr. 1, že pro řešení sítě musíme použít jednu rovnici pro součet proudů v uzlu a 2 rovnice z 2. K.z. Nelze to tedy udělat tak, že by se použily pouze 3 rovnice pro všechny 3 obvody, které v síti jsou, protože tyto 3 lineární rovnice jsou lineárně závislé, máme tedy méně rovnic než je počet neznámých proudů.

Cíle a úkoly měření

Cílem úlohy je prakticky ověřit platnost Kirchhoffových zákonů. Provedeme tak, že pro zvolený počet, velikost a polaritu zdrojů a pro různé velikosti rezistorů naměříme i spočteme proudy ve všech 3 větvích naší sítě. Spočtené i naměřené hodnoty zapisujeme do společné tabulky, provedeme 10x, tabulka tedy bude obsahovat 10 srovnání naměřených a spočtených hodnot.

Výsledky, které dostaneme, kriticky zhodnotíme. V závěru úlohy případně objasníme, jak mohly vzniknout případné rozdíly. Dále do závěru úlohy napíšeme, zda jsme platnost K.z. ověřili, anebo neověřili.

Vlastní měření

1. Zapojíme síť dle Obr. 1, a to bez zapnutí zdrojů.
2. Vyučující zapojení zkontroluje, zapne zdroje a ověří, že úloha správně funguje.
3. Student změří proudy ve všech větvích, sestaví K. rovnice pro řešení sítě a proudy spočte. Obojí zapíše do tabulky.
4. Potom 4x změni velikost napětí zdrojů a pro každou změnu provede bod 3.
5. Poté požádá vyučujícího o změnu polarity některého zdroje, dál totéž, co v bodě 3. a 4.
6. Změnu napětí zdrojů mohou studenti po poučení provádět samostatně, při výměně rezistorů v síti je třeba postupovat dle bodů 1-2 výše.
7. Pokračujeme plněním úkolů dle zadání.
8. Nejlépe do příští hodiny zpracujeme protokol z měření.

Úloha č. 3 – Ověření Kirchhoffových zákonů

Na obrázku níže je foto úlohy při měření.

