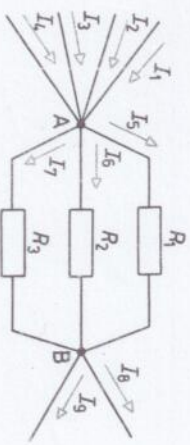


6. Vypočítejte, kolik stojí ročně vytápění místnosti akumulacími kamny s příkonem 3 kW. Topné období uvažujte 6 měsíců, průměrnou dobu zapojení kamen 5 hodin denně, cenu 0,24 Kčs/kW·h. Kolik tepla dodají kamna za tu dobu?
7. Jmenujte několik tepelných spotřebičů a vysvětlete, jak v nich vzniká teplo. Jaké jsou přednosti a nedostatky elektrických zdrojů tepla?
8. Jak a proč se využívají akumulacíni zdroje tepla?
9. Jakou výhodu mají infrazářiče?
10. Proč jsou největší dovolené proudy pro jednotlivé průřezy vodičů předsáňány normami? Co se stane při nadměrném překřčení hustoty proudu ve vodiči?
11. Za jakých podmínek se může zvětšit hustota proudu ve vodiči, aniž se ohroží okolí vodičů nadměrným zvýšením jejich teploty?
12. Proč je jmenovitý proud pro kabely za stejných podmínek menší než jmenovitý proud pro vodiče vedené jednotlivě? Proč je jmenovité zatížení holých vodičů za stejných podmínek větší než jmenovité zatížení vodičů izolovaných?
13. Chrání pojistka zařazená do obvodu před požárem? Zdůvodněte svoji odpověď.
14. Může proud z baterie s napětím 6 V způsobit požár (např. motorového vozidla)? Vysvětlíte proč.
15. Proč se kontakty spínačů musí občas čistit?
16. Ve svorkovnici zjistíte na vodiči blízko šroubového spoje opálenou izolaci. Co způsobilo tuto závadu?

3.19. KIRCHHOFFOVY ZÁKONY

Kirchhoffovy zákony jsou dva a jsou důležité pro řešení složitých elektrických obvodů.

První Kirchhoffův zákon platí pro uzel, tj. pro spoj v obvodu, ve kterém se proud rozvětvuje. Na obr. 43a je znázorněna část elektrického obvodu



Obr. 43. a) První Kirchhoffův zákon

jsou nebezpečně zejména kabely a šňůry položené na hořlavých látkách. Proudovému přetížení vodičů brání pojistky nebo jističe. Nelze však spoléhat na to, že správně jištěné vedení nemůže zavinit požár. Návsem poruch izolace může mezi vodiči začít procházet proud, který je dostatečný pro zahřátí okolí vodiče na zápalnou teplotu, ale neovlivní činnost pojistiky. Pojistka totiž nedovede odlišit proud procházející spotřebičem a proud při průrazu izolace.

Mnoho lidí se domnívá, že malé napětí je z požárního hlediska zcela bezpečné. O svém omylu se přesvědčilo již mnoho majitelů aut, kterým auto po neodborném zásahu do elektroinstalace skořelo, i když napětí nepřesáhlo 12 V.

Podobně jako na kontaktech vzniká přechodový odpor i na spojích. Nedostatečné dotážení vodiče ve svorkovnici způsobí, že spoje se nadměrně zahřejí, izolace se opálí a po čase se přeruší spojení. Elektrická zařízení pod napětím se nesmějí hasit vodou nebo jinými vodivými látkami. Těmito látkami by se totiž napětí rozvedlo do velkých vzdáleností, např. až na čerpadlo a ohrozilo by jeho obsluhu.

Požár elektrických zařízení hasíme prškovými nebo sněhovými hasičními přístroji, popř. pískem nebo mlhou. Požár menších předmětů udusíme tím, že zabráníme (např. přikryvkou) přístupu vzduchu k nim.

Oděv, který hoří na člověku, hasíme vždy jen převalováním, přikryvkou nebo částmi oděvu. Nikdy nemáme použít žádný hasičí přístroj, protože bychom tím zhoršili zdravotní stav postiženého.

V elektrifikovaných budovách se musí před začátkem hašení vodou vypnout hlavní spínač. Prozo musí být hlavní spínač na snadno přístupném místě a musí být viditelně označen.

3.18. OTÁZKY A CVIČENÍ

1. Na čem závisí teplota vodiče a proč?
2. Určete teplotu dodané topným tělesem automatické pračky, která má příkon 2 kW, za 45 minut provozu.
3. Kolik tepla se musí za 1 s odvést z vinnutí cívky, ve které jsou tepelné ztráty 10 W, aby se její teplota nezvyšovala?
4. Jaký výkon musí mít zdroj tepla, který má trvale dodávat 1 MJ tepla za sekundu?
5. Určete proud odporovým vodičem, který za 1 hodinu při napětí 220 V dodá teplo 320 kJ.

se dvěma uzly – A, B, mezi které jsou zapojeny tři rezistory – R_1, R_2, R_3 . Do uzlu A přicházejí proudy I_1, I_2, I_3 a I_4 , odcházejí z něho proudy I_5, I_6 a I_7 . Do uzlu B přicházejí proudy I_5, I_6, I_7 a odcházejí z něho proudy I_8 a I_9 .

Podle elektronové teorie musí elektrony, které vstupují při ustáleném proudu do uzlu, z něho zase vystoupit. Můžeme proto pro uzel A napsat rovnici

$$I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = I_5 + I_6 + I_7$$

Pro uzel B platí

$$I_5 + I_6 + I_7 = I_8 + I_9$$

Tyto dvě rovnice vyjadřují první Kirchhoffův zákon, který zní:

Součet proudů přicházejících do uzlu se rovná součtu proudů odcházejících z uzlu.

Obě uvedené rovnice můžeme také psát ve tvaru

$$I_1 + I_2 + I_3 + I_4 - I_5 - I_6 - I_7 = 0 \quad \text{A}$$

$$I_5 + I_6 + I_7 - I_8 - I_9 = 0 \quad \text{A}$$

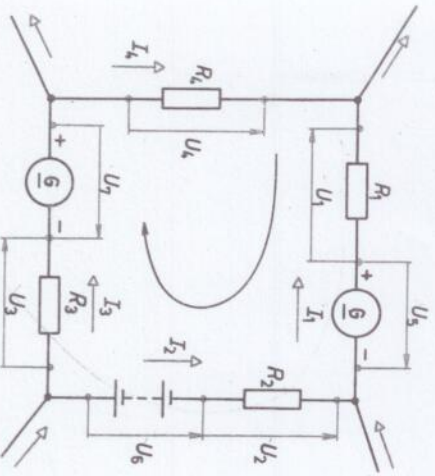
Obecně

$$\sum I = 0 \quad \text{A}$$

Podle těchto rovnic lze vyslovit první Kirchhoffův zákon také takto:

Algebraický součet proudů v uzlu se rovná nule.

Při algebraickém součtu musíme přihlížet i ke znaménku součtových veličin. Zpravidla přitom proudy přicházející do uzlu uvažujeme s kladným znaménkem a proudy odcházející z uzlu se záporným znaménkem.



Obr. 43. b) druhý Kirchhoffův zákon

Druhý Kirchhoffův zákon platí pro uzavřený elektrický obvod. Na obr. 43b je zobrazen jednodušší uzavřený elektrický obvod, který je částí složitějšího rozvodu elektrické energie. V obvodu jsou zapojeny čtyři spotřebiče s odpory R_1, R_2, R_3, R_4 , na kterých je svorkové napětí U_1, U_2, U_3 a U_4 . Svorkové napětí na spotřebičích (rezistorech) působí vždy ve směru procházejícího proudu. Dále v obvodu působí tři zdroje se svorkovým napětím U_5, U_6, U_7 a jejich směr působení je od kladné svorky zdroje k záporné svorce. Větvení obvodu procházejí proudy I_1, I_2, I_3 a I_4 .

Podle druhého Kirchhoffova zákona se algebraický součet všech napětí na svorkách spotřebičů (rezistorů) a na svorkách zdrojů v uzavřeném obvodu rovná nule.

Před psaním druhého Kirchhoffova zákona si vždy zvolíme zcela libovolný směr, kterým budeme postupovat po obvodu. Půjdeme-li po obvodu ve směru šipky napětí, považujeme toto napětí za kladné. Ideme-li proti směru šipky napětí, považujeme toto napětí za záporné. Podle textu uvedeného pro obvod na obr. 43b platí

$$-U_1 - U_2 + U_3 + U_4 + U_5 - U_6 - U_7 = 0 \quad \text{V}$$

$$-R_1 I_1 - R_2 I_2 + R_3 I_3 + R_4 I_4 + U_5 - U_6 - U_7 = 0 \quad \text{V}$$

Obecně

$$\sum U = 0 \quad \text{V}$$

Neznáme-li předem směry proudů v jednotlivých větvích obvodu, zvolíme je libovolně. Vyjde-li při výpočtu proud záporný, prochází proud spotřebičem opačně, než jak jsme předpokládali. Vyjde-li směr proudu ve zdroji proti směru jeho svorkového napětí, pracuje zdroj v tomto případě jako spotřebič (tj. jako motor) nebo se akumulátorová baterie nabíjí apod. Polarita zapojených zdrojů musí být známa. Aplikace Kirchhoffových zákonů probereme v odst. 3.20.2.

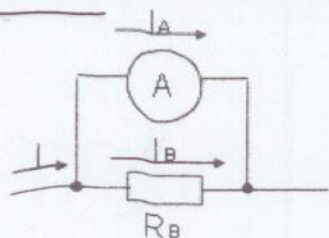
3.20 ŘEŠENÍ SLOŽENÝCH ELEKTRICKÝCH OBVODŮ STEJNOSMĚRNÉHO PROUDU

Ve složeném obvodu je jeden nebo více zdrojů napětí a několik rezistorů, které jsou vzájemně různě spojeny. Odpory spojovacích vodičů při řešení obvodu neuvvažujeme, protože jsou buď zanedbatelné, nebo jsou započítané v jednotlivých daných odporech rezistorů. Řešit obvod elektricky znamená

4. Pomocné měřicí přístroje

Bočník, předřadník a měřicí transformátory – použití, schéma zapojení, vliv vlastní spotřeby měřicích přístrojů na přesnost měření, vyhodnocení

Bočník – používá se ke změně rozsahu ampérmetru

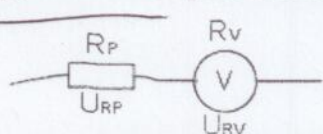


$$R_B = \frac{R_A}{n-1}; R_A - \text{odpor ampérmetru; } n - \text{kolikrát rozšířit}$$

$$\frac{R_B}{R_A} = \frac{I_A}{I_B} \Rightarrow R_B = R_A \frac{I_A}{I_B}$$

Bočník musí být nejméně o třídu přesnější než ampérmetr

předřadník - používá se ke změně rozsahu voltmetru

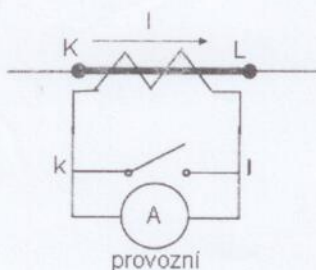
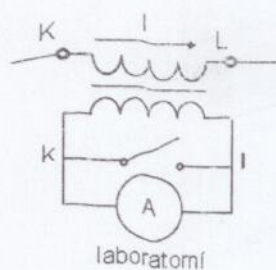


$$R_P = R_V (n-1); R_P - \text{odpor předřadníku; } R_V - \text{odpor voltmetru}$$

$$\frac{U - U_V}{U_V} = \frac{R_P}{R_V} \Rightarrow R_P = R_V \left(\frac{U}{U_V} - 1 \right)$$

U stejnosměrných voltmetrů můžeme použít předřadníky pro vyšší napětí, u střídavých voltmetrů je používáme pouze do 1000 – 1200 V, vyšší napětí změříme bezpečněji pomocí měřicího transformátoru.

Měřicí transformátor proudu – ke změně rozsahů střídavých ampérmetrů



Parametry měřicího transformátoru

I_{1n} – jmenovitý primární proud

I_{2n} – jmenovitý sekundární proud

k_T – jmenovitá převodní konstanta

$$k_T = \frac{I_{1N}}{I_{2N}}$$

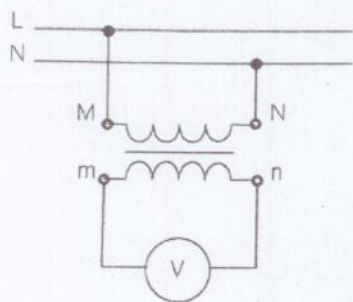
Sekundární proud je normalizován na 5A (výjimečně 1 nebo 10 A)

$$k_A = \frac{M \max}{\alpha \max}; \quad k_A \times k_T \times \alpha = I$$

Pokud je třeba na sekundární vinutí připojit více měřicích přístrojů s proudovými cívkami (wattmetr, fázoměr, elektroměr), zapojují se do série. Vlastní spotřeba ampérmetru s měřicím transformátorem je malá, a nemění se s přepínáním rozsahu. Měřicí přístroj může být daleko od měřicího transformátoru, např. na rozvaděči.

Nesmí pracovat naprázdno.

Měřicí transformátor napětí – ke změně rozsahu střídavých voltmetrů, nejčastěji pro měření napětí většího než 1000 V



Parametry měřicího transformátoru

U_{1N} – jmenovité primární napětí

U_{2N} – jmenovité sekundární napětí

$k_T = \frac{U_{1N}}{U_{2N}}$ – konstanta transformátoru

Je-li třeba zapojit více měřících přístrojů s napětovou cívkou (wattmetr, fázoměr, kmitoměr), připojují se paralelně.

Při měření V_n se musí jedna ze svorek sekundárního vinutí jednopólově uzemnit.

Z výpočtu vidíme, že ideální zdroj napětí i proudu má stejné napětí na prázdně U_0 a stejné napětí U na svorkách vnějšího obvodu. Stálý proud ideálního zdroje proudu se rovná proudu nakrátko ideálního zdroje napětí.

3.23. DĚLIČE NAPĚTÍ

V elektrických obvodech potřebujeme někdy nižší napětí, než je svorkové napětí zdroje. K tomu používáme tzv. *děliče napětí*. Je to v podstatě rezistor s odbočkou (obr. 71), která je rozděluje na dva díly s odpory R_1 a R_2 , spojené do série. Dělič napětí se připojuje paralelně ke zdroji a potřebné nižší napětí U_2 se odebrá ze svorek 1, 2; toto napětí se rovná úbytku napětí na části s odporem R_2 . Dělič s odbočkou přestavitelnou během pohybu jím se po rezistoru se nazývá potenciometr. Můžeme na něm libovolně měnit poměr odporů R_1 , R_2 a získat napětí od nuly až do napětí zdroje. Z nezatiženého děliče proud neoděháváme, kdezto u zatíženého děliče odberáme proud, který musí být mnohem menší než proud procházející děličem, aby napětí na výstupních svorkách příliš nekleslo.

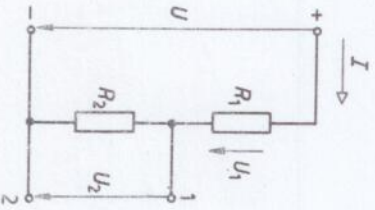
3.23.1. Nezatižený dělič

Schéma nezatiženého děliče je na obr. 71. Zdroj dodává do děliče proud

$$I = \frac{U}{R_1 + R_2}$$

Napětí na výstupních svorkách je

$$U_2 = U \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$



Obr. 71. Nezatižený dělič

Pro poměr napětí platí

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}$$

Poznámka: Děliče napětí mají zpravidla odpory řádově kiloohmy. Je proto výhodné při jejich výpočtu dosazovat do Ohmova zákona proud v mA a potom odpor vyjde v kΩ.

Např.: $U = 250 \text{ V}$, $I = 10 \text{ mA}$, $R = ?$

$$R = \frac{U}{I} = \frac{250 \text{ V}}{10 \cdot 10^{-3} \text{ A}} = \frac{25}{10^{-3}} \Omega = 25\,000 \Omega = 25 \text{ k}\Omega$$

$$R = \frac{U}{I} = \frac{250 \text{ V}}{10 \text{ mA}} = 25 \text{ k}\Omega$$

nebo $U = 250 \text{ V}$, $R = 10 \text{ k}\Omega$, $R = 10 \cdot 10^3 \Omega$, $I = ?$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{250 \text{ V}}{10 \cdot 10^3 \Omega} = \frac{25 \text{ V}}{10^3 \Omega} = 0,025 \text{ A} = 25 \text{ mA}$$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{250 \text{ V}}{10 \text{ k}\Omega} = 25 \text{ mA}$$

nebo $I = 15 \text{ mA} = 15 \cdot 10^{-3} \text{ A}$, $R = 5 \text{ k}\Omega = 5 \cdot 10^3 \Omega$, $U = ?$

$$U = IR = 15 \cdot 10^{-3} \text{ A} \cdot 5 \cdot 10^3 \Omega = 75 \text{ V}$$

$$U = IR = 15 \text{ mA} \cdot 5 \text{ k}\Omega = 75 \text{ V}$$

Příklad 31: Navrhněte nezatižený dělič napětí pro vstupní napětí 250 V a výstupní napětí 200 V. Příkon děliče nemá překročit 0,1 W.
 $U = 250 \text{ V}$, $U_2 = 200 \text{ V}$, $P = 0,1 \text{ W}$

Rěšení:

Příkon děliče

$$P = \frac{U^2}{R}$$

Z toho odpor děliče

$$R = \frac{U^2}{P} = \frac{250^2}{0,1} \Omega = 625 \text{ k}\Omega$$

Odpor R_2

$$R_2 = \frac{U_2 R}{U} = \frac{200 \cdot 625\,000}{250} \Omega = 500 \text{ k}\Omega$$

Odpor R_1

$$R_1 = R - R_2 = (625 - 500) \text{ k}\Omega = 125 \text{ k}\Omega$$

Příklad 32: Dělicem napětí připojeným na napětí 250 V prochází proud 15 mA. Určete odpory R_1 , R_2 tak, aby výstupní napětí děliče bylo

$$U_2 = \frac{3}{5} U_1$$

$$U = 250 \text{ V}, I = 15 \text{ mA}$$

Řešení:

Svorkové napětí zdroje

$$U = U_1 + U_2$$

$$U = U_1 + \frac{3}{5} U_1 = \frac{8}{5} U_1$$

$$U_1 = \frac{5U}{8} = \frac{5 \cdot 250}{8} \text{ V} = 156,25 \text{ V}$$

$$U_2 = \frac{3}{5} U_1 = \frac{3 \cdot 156,25}{5} \text{ V} = 93,75 \text{ V}$$

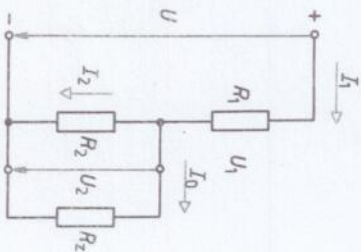
Kontrola

$$U = U_1 + U_2 = (156,25 + 93,75) \text{ V} = 250 \text{ V}$$

Odpory

$$R_1 = \frac{U_1}{I} = \frac{156,25}{15} \text{ k}\Omega = 10,416 \text{ k}\Omega$$

$$R_2 = \frac{U_2}{I} = \frac{93,75}{15} \text{ k}\Omega = 6,25 \text{ k}\Omega$$



Obr. 72. Zatížený dělič

Kontrola

$$R = \frac{U}{I} = \frac{250}{15} \text{ k}\Omega = 16,66 \text{ k}\Omega$$

$$R = R_1 + R_2 = (10,416 + 6,25) \text{ k}\Omega = 16,66 \text{ k}\Omega$$

323.2. Zatížený dělič

Schéma zatíženého děliče je na obr. 72. Proud odebraný dělicem ze zdroje je I_1 a proud dodávaný dělicem do zátěže s odporem R_z je I_0

$$I_1 = \frac{U}{R_1 + \frac{R_2 R_z}{R_2 + R_z}}$$

$$I_0 = I_1 - I_2$$

Svorkové napětí mezi výstupními svorkami při zatížením děličí je

$$U_2 = U \frac{\frac{R_2 R_z}{R_2 + R_z}}{R_1 + \frac{R_2 R_z}{R_2 + R_z}}$$

Úpravou uvedeného vztahu dostaneme

$$U_2 = U \frac{R_2 R_z}{R_1 R_z + R_1 R_2 + R_2 R_z}$$

Příklad 33: Navrhněte dělič, který bude připojen na napětí 120 V a bude odebrat proud 12 mA. Na dělič bude připojena zátěž s odporem 12 k Ω a bude jí procházet proud 2 mA.

Určete: Odpory R_1 , R_2 , napětí na zátěži U_2 , proud I_2 , úbytek napětí ΔU na výstupních svorkách a ztrátu v děličí P_z .

$$U = 120 \text{ V}, I_1 = 12 \text{ mA}, I_0 = 2 \text{ mA}, R_z = 12 \text{ k}\Omega$$

Napětí na výstupu

$$U_2 = I_0 R_z = 2 \cdot 12 \text{ V} = 24 \text{ V}$$

Odpory

$$R_1 = \frac{U_1}{I_1} = \frac{U - U_2}{I_1} = \frac{120 - 24}{12} \text{ k}\Omega = 8 \text{ k}\Omega$$

$$R_2 = \frac{U_2}{I_2} = \frac{U_2}{I_1 - I_0} = \frac{24}{12 - 2} \text{ k}\Omega = 2,4 \text{ k}\Omega$$