5.1 Elektrické pole

V úlohách této kapitoly dosazujte $e = 1{,}602 \cdot 10^{-19}$ C, $k = 9 \cdot 10^9$ N · m^2 · C^{-2}, $\varepsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12}$ C^2 · N^{-1} · m^{-2}.

5.1 Zelektrujte třením pravítko a podepřete je tužkou pod jeho těžištěm. Přiblížíte-li k jednomu konci pravítka ruku, pravítko se k ní přitáhne. Vysvětlete.

5.2 Zelektrovanou tyč přibližujte ke kuličce zavěšené na niti. Kulička se nejprve k tyči přitahuje, po dotyku s tyčí se pak od ní odpuzuje. Vysvětlete.

5.3 Je možné zelektrovat skleněnou tyč tak, abychom na jejích koncích dostali dva opačné elektrické náboje?

5.4 K odstraňování prachu z gramofonové desky se doporučuje používat antistatickou utěrku. Proč nemáme utírat desku obyčejnou látkou?

5.5 Jak zjistíte, zda je těleso nabito kladně, nebo záporně?

5.6 Kolik elementárních nábojů odpovídá náboji 1 μC?

5.7 Novodurová tyč získala třením elektrický náboj –80 μC. Kolik volných elektronů přešlo na její povrch?

5.8 Jak se změní velikost elektrické síly mezi dvěma bodovými náboji v případě, že jejich vzdálenost a) zdvojnásobíme, b) ztrojnásobíme?

5.9 Dva bodové náboje se přitahují ze vzdálenosti r elektrickou silou o velikosti 1 N. Jak velkou elektrickou silou se budou přitahovat ze vzdálenosti a) $r/2$, b) $r/3$?

5.10 Jak velkou elektrickou silou působí na sebe ve vakuu dvě kuličky ze vzdálenosti 10 cm, má-li každá z nich elektrický náboj 1 μC?

5.11 Jaká je vzájemná vzdálenost dvou bodových nábojů 10 μC, které na sebe působí ve vakuu elektrickou silou o velikosti 10 N?

5.12 Dva stejné bodové náboje se navzájem přitahují ve vakuu elektrickou silou velikosti 3,6 N. Vzdálenost nábojů je 10 cm. Určete tyto náboje.

5.13 Jak velkou elektrickou silou se navzájem odpuzují dva protony v jádře atomu helia, je-li jejich vzdálenost 10^{-14} m?

5.14 Určete velikost bodového náboje, který působí na bodový náboj 1 μC ve vzdálenosti 3 cm elektrickou silou o velikosti 1 N. Náboje jsou a) ve vakuu, b) v petroleji o relativní permitivitě $\varepsilon_r = 2$.

5.15 Vzdálenost dvou zelektrovaných kuliček ve vakuu s nábojem 6 μC a –4 μC je 6 cm. a) Jak velkou elektrickou silou se navzájem přitahují? b) Jak velkou silou se budou při dané vzdálenosti odpuzovat, jestliže se po vzájemném dotyku jejich náboje vyrovnají? Jaký náboj bude mít pak každá kulička?

5.16 Určete velikost intenzity elektrického pole v místě, kde na bodový náboj 20 μC působí elektrická síla o velikosti 1 N.

5.17 V homogenním elektrickém poli o intenzitě $4 \cdot 10^5\ \mathrm{N \cdot C^{-1}}$ je umístěn náboj 25 μC. Jak velkou silou působí pole na náboj?

5.18 Jak velká je intenzita elektrického pole ve vzdálenosti 30 cm od bodového náboje 1 μC ve vakuu?

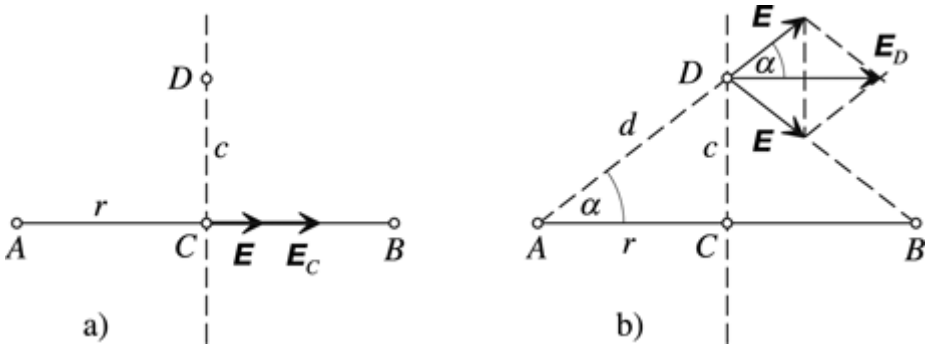
5.19 Sestrojte ve vhodném měřítku graf závislosti velikosti intenzity elektrického pole na vzdálenosti od bodového náboje 10^{-2} μC. Uvažujte vzdálenost od 1 m do 5 m.

5.20 Dva bodové náboje 1 μC a 5 μC jsou ve vakuu ve vzdálenosti 20 cm. Určete velikost a směr intenzity ***E*** elektrického pole ve středu úsečky spojující oba náboje.

5.21 V krajních bodech úsečky $|AB| = 2r$ jsou umístěny dva bodové náboje stejné velikosti Q. Jaká je intenzita ***E*** elektrického pole ve středu úsečky AB, jestliže jde a) o nesouhlasné náboje, b) o souhlasné náboje?

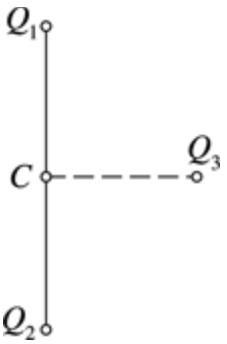
5.22 Jaká je intenzita elektrického pole ve středu rovnoměrně nabitého kruhového prstence?

5.23 V bodech A, B jsou umístěny bodové náboje $Q_A = 8 \cdot 10^{-8}$ C, $Q_B = -8 \cdot 10^{-8}$ C (viz obr. 5-23a [5-2a]). Určete velikost intenzity elektrického pole a) ve středu C úsečky AB, přičemž $|AC| = r = 40$ cm, b) v bodě D, který leží na ose úsečky AB, přičemž $|CD| = c = 30$ cm.



Obr. 5-23

5.24 Na obr. 5-24 [5-3] jsou zakresleny bodové náboje Q_1, Q_2 a Q_3, přičemž $Q_1 = 1$ μC. Určete náboje Q_2 a Q_3, je-li intenzita elektrického pole v bodě C nulová. Bod C leží ve středu úsečky spojující náboje Q_1 a Q_2.



Obr. 5-24

5.25 Působením elektrické síly se přemístí částice s nábojem 10 μC v homogenním elektrickém poli o intenzitě 10^4 V · m^{-1} po dráze 10 cm. Jakou práci síla vykoná, působí-li a) ve směru intenzity pole, b) kolmo ke směru intenzity pole?

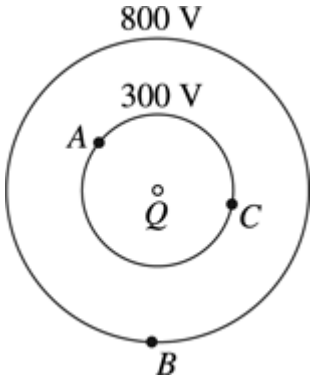
5.26 Přenesením náboje 5 μC z uzemněné vodivé desky na kladně nabitou desku byla vykonána práce 1 J. Desky jsou rovnoběžné a jejich vzdálenost je 20 cm. Určete směr a velikost intenzity elektrického pole mezi deskami.

5.27 Při přenesení náboje 50 μC z místa nulového potenciálu na izolovaný vodič byla vykonána práce 0,2 J. Jaký potenciál má vodič vzhledem k zemi?

5.28 Jakou práci vykoná elektrická síla při přemístění náboje 12 μC mezi dvěma body elektrického pole, mezi nimiž je potenciální rozdíl 500 V?

5.29 Vodič A má vzhledem k zemi elektrický potenciál +120 V, vodič B potenciál –80 V. Jak velký elektrický náboj přeneseme z vodiče B na vodič A, jestliže vykonáme práci 2 .10^{-4} J?

5.30 Elektrický bodový náboj *Q* vytváří elektrické pole, jehož ekvipotenciální hladiny jsou zakresleny na obr. 5-30 [5-4]. Určete práci, kterou vykoná elektrická síla při přemístění náboje 1 μC a) z bodu *A* do bodu *B*, b) z bodu *A* do bodu *C*.



Obr. 5-30

5.31 Při přenesení náboje 0,25 μC mezi dvěma izolovanými vodiči byla vykonána práce 10^{-3} J. Jaké je elektrické napětí mezi vodiči?

5.32 Mezi rovnoběžnými vodivými deskami, jejichž vzdálenost je 10 cm, bylo naměřeno napětí 1 000 V. Určete a) velikost intenzity elektrického pole mezi deskami, b) práci, kterou vykoná elektrická síla při přenesení náboje 1 μC z jedné desky na druhou desku.

5.33 Homogenní elektrické pole mezi deskami, jejichž vzdálenost je 3 cm, má intenzitu 10 kV · m^{-1}. Určete a) napětí mezi deskami, b) velikost intenzity elektrického pole při stálém napětí mezi deskami, jejichž vzdálenost zvětšíme na 15 cm.

5.34 Mezi dvě rovnoběžné vodivé desky, jejichž vzdálenost je 5 cm, vložíme částici s nábojem 10 μC. Jaké je napětí mezi deskami, jestliže na částici působí elektrická síla 1 N?

5.35 Mezi dvěma rovnoběžnými deskami, jejichž vzdálenost je 12 cm, bylo naměřeno napětí 600 V. Určete velikost intenzity elektrického pole mezi deskami.

5.36 Jaká je vzdálenost desek kondenzátoru, které připojíme na napětí 220 V, je-li velikost intenzity elektrického pole mezi deskami 50 kV · m^{-1}?

5.37 Na povrchu kovové koule o poloměru 10 cm je rovnoměrně rozmístěn elektrický náboj 1 μC. Určete plošnou hustotu náboje.

5.38 Plošná hustota elektrického náboje na povrchu kulového vodiče je 4 μC · m^{-2}. Určete velikost intenzity elektrického pole při povrchu vodiče, který je a) ve vakuu, b) v petroleji, jehož relativní permitivita $\varepsilon_r = 2$.

5.39 Na povrchu kovové koule o poloměru 5 cm je rovnoměrně rozmístěn náboj 10^{-8} C. Určete velikost intenzity a elektrický potenciál na povrchu koule.

5.40 Na povrchu duté kovové koule o poloměru 5 cm je rovnoměrně rozmístěn náboj 1 μC. Určete velikost intenzity elektrického pole a elektrický potenciál ve středu koule.

5.41 Přiblížíme-li ke kotouči nabitého elektroskopu dlaň ruky, jeho lístky poněkud poklesnou. Vysvětlete.

5.42 Jak můžeme změnit elektrický potenciál vodiče, aniž bychom se ho dotkli a změnili jeho náboj?

5.43 Na jaký elektrický potenciál vzhledem k zemi se nabije izolovaný vodič o kapacitě 100 pF elektrickým nábojem 1 μC?

5.44 Deskový kondenzátor se nabije elektrickým nábojem 1 μC na potenciál 5 kV. Jaká je kapacita kondenzátoru?

5.45 Mezi deskami kondenzátoru o kapacitě 5 nF je napětí 200 V. Jedna deska kondenzátoru je uzemněná. Jak velký elektrický náboj je na jeho neuzemněné desce?

5.46 Kulový vodič A o kapacitě 20 pF má náboj $3 \cdot 10^{-9}$ C, kulový vodič B o kapacitě 30 pF náboj $4{,}5 \cdot 10^{-9}$ C. Přemístí se náboje mezi vodiči, jestliže je vodivě spojíme? Odpověď zdůvodněte.

5.47 Určete kapacitu osamocené koule o poloměru 9 cm. Na jaký elektrický potenciál vzhledem k zemi se koule nabije nábojem 1 μC?

5.48 Určete kapacitu deskového vzduchového kondenzátoru, jehož obdélníkové desky o rozměrech 20 cm a 30 cm jsou ve vzájemné vzdálenosti 6 mm.

5.49 Určete kapacitu deskového kondenzátoru s účinnou plochou desek 200 cm^2 se slídovým dielektrikem při vzájemné vzdálenosti desek 3 mm. Relativní permitivita dielektrika $\varepsilon_r = 6$.

5.50 Jak se změní kapacita deskového kondenzátoru, jestliže a) zvětšíme vzdálenost jeho desek, b) vložíme mezi desky dielektrikum o relativní permitivitě $\varepsilon_r > 1$?

5.51 Deskový kondenzátor se slídovým dielektrikem má desky o účinné ploše 100 cm^2 ve vzdálenosti 5 mm. Jaké je napětí mezi deskami kondenzátoru, jestliže je nabit elektrickým nábojem 3,2 μC?

5.52 Deskový vzduchový kondenzátor o kapacitě 500 pF odpojíme od zdroje napětí 100 V a ponoříme ho do petroleje, jehož relativní permitivita je $\varepsilon_r = 2$. Určete, jak se změní a) jeho kapacita, b) napětí mezi deskami.

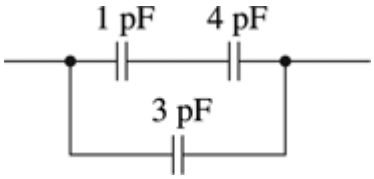
5.53 Jaká je elektrická energie kondenzátoru o kapacitě 50 μF, který nabijeme na napětí 400 V?

5.54 Jaké kapacity můžeme získat spojením dvou kondenzátorů o stejné kapacitě 500 pF?

5.55 Radioamatér má dva kondenzátory o stejné kapacitě. Jak je musí spojit, aby získal a) dvojnásobnou kapacitu, b) poloviční kapacitu?

5.56 Tři kondenzátory o kapacitách 2 nF, 3 nF a 6 nF spojíme sériově. Určete a) výslednou kapacitu tohoto spojení, b) napětí na jednotlivých kondenzátorech, je-li celá baterie připojena na napětí 300 V.

5.57 Určete výslednou kapacitu tří kondenzátorů spojených podle schématu na obr. 5-57 [5-5].



Obr. 5-57

5.2 Elektrický proud v pevných látkách

5.58 Určete proud procházející vodičem, jestliže za jednu minutu prošel jeho průřezem náboj a) 150 C, b) 30 C.

5.59 Vodičem prochází stejnosměrný proud. Za 30 minut jím prošel náboj 1 800 C. Určete velikost proudu. Za jakou dobu projde při tomto proudu vodičem náboj 600 C?

5.60 Jak veliký náboj projde průřezem vodiče za a) 5 s, b) 7,5 s, jestliže se proud v tomto intervalu rovnoměrně zvětšuje od 0 A do a) 12 A, b) 8 A? (Při řešení volte číselné hodnoty buď za a), nebo b).)

5.61 Kondenzátor kapacity 5 μF, nabitý na napětí 200 V, byl vybit vodičem za 0,00l s. Určete střední hodnotu proudu ve vodiči.

5.62 Obvod startéru automobilu byl sepnut po dobu 3 s a procházel jím proud 150 A. Při jízdě automobilu se akumulátor nabíjí proudem 4,5 A. Jak dlouho se nabíjel do původního stavu?

5.63 Základním parametrem akumulátoru je tzv. *kapacita akumulátoru,* což je celkový náboj, který můžeme z akumulátoru odebrat. Udává se v jednotkách ampérhodina (A · h). Kapacita akumulátoru je a) 30 A · h, b) 45 A · h. Za jak dlouho se akumulátor vybije proudem a) 5 A, b) 9 A? (Při řešení volte číselné hodnoty buď za a), nebo b).)

5.64 Proud ve vodiči se s časem mění podle rovnice $\{I\} = 4 + 2\{t\}$, kde I je proud v ampérech a t je čas v sekundách. Jak veliký náboj projde průřezem vodiče v době od $t_1 = 2$ s do $t_2 = 6$ s? Jak veliký ustálený proud by vodičem musel procházet, aby za stejnou dobu prošel průřezem vodiče stejný náboj?

5.65 Kondenzátor s měnitelnou kapacitou je připojen ke zdroji stejnosměrného napětí 100 V. Určete proud procházející přívodními vodiči, jestliže se kapacita kondenzátoru mění o 10 nF za sekundu.

5.66 Kus neizolovaného měděného vodiče složíme na polovinu a zkroutíme. Jak se změní jeho odpor?

5.67 Telefonní vedení z měděného drátu (měrný odpor mědi $\rho_{Cu} = 1{,}7 \cdot 10^{-8}\ \Omega \cdot m$) má a) délku 3 km a průměr 1,6 mm, b) délku 5 km a průměr 1,4 mm. Určete odpor jednoho vodiče vedení.

5.68 Wolframové vlákno v žárovce má délku 65 cm, průměr 0,05 mm a při pokojové teplotě má odpor 18,5 Ω. Určete měrný odpor wolframu.

5.69 Mezi body A a B je nataženo dvouvodičové telefonní vedení. Vedení je zhotoveno z měděného vodiče průměru 3,2 mm. Na vedení došlo k poruše zkratem mezi vodiči. Měřením pomocí ohmmetru v bodě A bylo zjištěno, že zkratované vedení má odpor 51 Ω. V jaké vzdálenosti od bodu A je porucha?

5.70 Cívka měděného drátu má odpor 10,8 Ω a hmotnost 3,4 kg. Určete délku drátu a jeho průměr. (Hustota mědi $\rho = 8{,}4 \cdot 10^3\ kg \cdot m^{-3}$, měrný odpor mědi $\rho_{Cu} = 1{,}7 \cdot 10^{-8}\ \Omega \cdot m$.)

5.71 Určete odpor železné tyče průměru 1 cm, je-li její hmotnost 1 kg ($\rho_{Fe} = 8{,}7 \cdot 10^{-8}\ \Omega \cdot m$).

5.72 Proč se akumulátor v automobilu umisťuje v blízkosti startéru a je s ním spojen vodičem značné tloušťky?

5.73 Do elektrického obvodu jsou zařazeny měděné čtverce zhotovené z plechu stejné tloušťky. Obsahy čtverců jsou 1 cm^2 a 1 dm^2. Dokažte, že elektrický odpor plechů je stejný. Je zajištěno, že čtverec je do obvodu připojen celou hranou.

5.74 Odpor platinového drátu při teplotě 20 °C je 20 Ω a při zahřátí na 500 °C se zvýší na 59 Ω. Určete střední hodnotu teplotního součinitele odporu platiny.

5.75 Hliníkový vodič má při 0 °C odpor 4,25 Ω. Určete jeho odpor při teplotě 200 °C. ($\alpha_{Al} = 4{,}0 \cdot 10^{-3}\ K^{-1}$)

5.76 Odpor vlákna nerozsvícené žárovky je 60 Ω. Při svícení odpor vlákna žárovky vzrostl na 636 Ω. Určete zvýšení teploty vlákna žárovky. ($\alpha = 5{,}0 \cdot 10^{-3}\ K^{-1}$)

5.77 Měděný vodič má při teplotě 15 °C odpor 58 Ω. Určete jeho odpor při teplotách –30 °C a +30 °C. ($\alpha_{Cu} = 4 \cdot 10^{-3}\ K^{-1}$)

5.78 Vinutí cívky z měděného drátu má při teplotě 14 °C odpor 10 Ω. Průchodem proudu se cívka zahřívá a její odpor se zvýší na 12,2 Ω. Na jakou teplotu se vinutí cívky zahřálo?

5.79 Je známo, že vlákno žárovky se přepálí nejčastěji v okamžiku zapnutí proudu, méně často v průběhu svícení. Vysvětlete.

5.80 O jaký teplotní rozdíl je třeba zahřát vodič, aby se jeho odpor zdvojnásobil?

5.81 Cívka má 3 000 závitů o středním průměru 1,5 cm a je navinuta z měděného drátu o průměru 0,6 mm. Při provozu se její teplota zvýšila z 20 °C na 60 °C. Na jakou hodnotu vzrostl odpor cívky? ($\alpha_{Cu} = 4 \cdot 10^{-3}\,K^{-1}$)

5.82 Vinutí kotvy elektromotoru je vyrobeno z mědi a při teplotě 20 °C má odpor 9 Ω. Určete provozní teplotu vinutí, jestliže se jeho odpor zvětšil na 11 Ω.

5.83 Wolframové vlákno žárovky má při teplotě 2 000 °C odpor 204 Ω. Určete jeho odpor při teplotě 20 °C.

5.84 Vodičem o odporu 7,5 Ω prošel za 1,5 min náboj 54 C. Určete napětí zdroje, k němuž byl vodič připojen.

5.85 Vodičem, který je připojen ke zdroji napětí 4,5 V, prošel za 3 min náboj 15 C. Určete odpor vodiče.

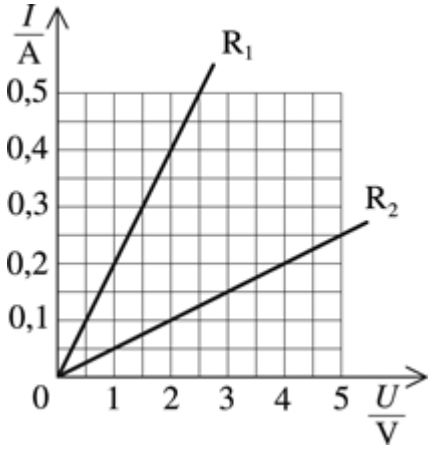
5.86 Vodič o odporu 10 Ω je připojen ke zdroji o napětí 12 V. Určete náboj, který projde vodičem za dobu 20 s.

5.87 Měřením na rezistoru byly zjištěny následující hodnoty napětí a proudu:

$\frac{U}{\mathrm{V}}$	1,2	1,8	2,4	3,0	3,6
$\frac{I}{\mathrm{A}}$	0,08	0,12	0,16	0,20	0,24

Znázorněte tuto závislost graficky tak, že na osu *x* nanesete hodnoty napětí a na osu *y* hodnoty proudu. Čím je závislost proudu na napětí vyjádřena? Určete odpor rezistoru.

5.88 Na obr. 5-88 [5-6] jsou vyjádřeny graficky závislosti proudu na napětí pro dva různé rezistory. Který rezistor má větší odpor? Určete odpory obou rezistorů.



Obr. 5-88

5.89 Na žárovce do kapesní svítilny je napsáno 3,5 V a 0,2 A. Určete odpor vlákna žárovky.

5.90 Elektronický přístroj na síťové napětí (220 V) je opatřen pojistkou, která se přepálí při proudu 0,4 A. Na jakou hodnotu by se musel snížit odpor přístroje, aby se pojistka přepálila?

5.91 Ponorným vařičem prochází při napětí 220 V proud 3,6 A. Určete odpor vařiče. Proč musí být vařič vždy zcela ponořen do vody?

5.92 Relé v telefonním přístroji má odpor 20 Ω a sepne se při proudu 90 mA. Jaké nejmenší napětí musí být na svorkách relé, aby došlo k sepnutí kontaktů?

5.93 Radiotechnické rezistory jsou obvykle vyráběny s tolerancí ±10 % jmenovité hodnoty odporu. Určete interval hodnot napětí na rezistoru 6,8 kΩ, jestliže jím prochází proud 5 mA.

5.94 Výrobce voltmetru udává odpor přístroje v kΩ na 1 V měřicího rozsahu. Laboratorní voltmetr má odpor 20 $k\Omega \cdot V^{-1}$. Určete proud, který voltmetrem prochází, jestliže ručka přístroje ukazuje plnou výchylku při měřicím rozsahu 6 V.

5.95 Univerzální měřicí přístroj Metra DU 10 má při měřicím rozsahu 1,2 A odpor 0,75 Ω. Určete napětí na svorkách přístroje při plné výchylce ručky.

5.96 Galvanický článek má elektromotorické napětí 1,5 V a vnitřní odpor 0,5 Ω. Článek je připojen k obvodu s rezistorem o odporu 3,5 Ω. Jaký proud obvodem prochází?

5.97 K baterii o elektromotorickém napětí 4,5 V je připojen rezistor. Napětí na rezistoru je 4,0 V a obvodem prochází proud 0,1 A. Určete odpor rezistoru a vnitřní odpor baterie.

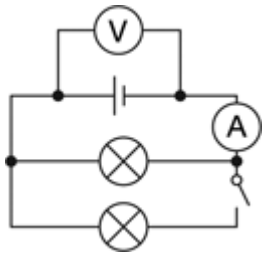
5.98 Ke svorkám zdroje o elektromotorickém napětí a) 3 V, b) 9 V a vnitřním odporu a) 1,8 Ω, b) 5,4 Ω je připojen vnější obvod, kterým prochází proud a) 150 mA, b) 250 mA. Určete odpor vnějšího obvodu. (Při řešení volte číselné hodnoty buď za a), nebo b).)

5.99 Ke svorkám zdroje o elektromotorickém napětí 6 V a vnitřním odporu 10 Ω je připojen voltmetr, který má vnitřní odpor 240 Ω. Jaké napětí naměříme voltmetrem? Výsledek zdůvodněte.

5.100 Akumulátor má elektromotorické napětí a) 2 V, b) 6 V a vnitřní odpor a) 0,5 Ω, b) 1,5 Ω. K jeho svorkám je připojen obvod o odporu a) 1,5 Ω, b) 2,5 Ω. Určete svorkové napětí akumulátoru. (Při řešení volte číselné hodnoty buď za a), nebo b).)

5.101 Jestliže obvodem prochází proud 1,2 A, je svorkové napětí zdroje 9,0 V. Při zvětšení proudu na 2,0 A poklesne svorkové napětí na 8,6 V. Určete a) odpor vnějšího obvodu, b) elektromotorické napětí zdroje, c) proud, který prochází zdrojem při zkratu.

5.102 Jak se mění výchylky ruček ampérmetru a voltmetru v obvodu na obr. 5-102 [5-8], jestliže sepneme vypínač? Odpověď zdůvodněte.



Obr. 5-102

5.103 Ke zdroji o elektromotorickém napětí 1,5 V je připojen rezistor o odporu 2 Ω a obvodem prochází proud 0,5 A. Jaký proud prochází obvodem při zkratu?

5.104 Zdroj o elektromotorickém napětí 1,5 V má vnitřní odpor 0,5 Ω. Jaký největší proud může vzniknout ve vnějším obvodu a za jakých podmínek? Jaký proud prochází obvodem, který má odpor a) 0,5 Ω, b) 1 Ω, c) 2 Ω?

5.105 Ke zdroji stejnosměrného napětí je připojen měnitelný odpor. Je-li nastaven na hodnotu 5,0 Ω, prochází obvodem proud 1,0 A. Při zvětšení odporu na 15 Ω prochází obvodem proud 0,5 A. Určete elektromotorické napětí zdroje a jeho vnitřní odpor.

5.106 2 Kolikrát větší odpor musí mít rezistor připojený ke zdroji napětí, než je vnitřní odpor zdroje, aby při výpočtech, při nichž vnitřní odpor zdroje neuvažujeme, nepřekročila odchylka výsledku od správné hodnoty 1 %?

5.107 Proč se v kapesní svítilně používá baterie o elektromotorickém napětí 4,5 V, ale žárovka má jmenovité hodnoty napětí a proudu 3,5 V a 0,2 A? Určete vnitřní odpor baterie.

5.108 Baterii do kapesní svítilny o elektromotorickém napětí 4,5 V lze zatížit největším proudem 0,5 A. Vnitřní odpor baterie je 5 Ω. Jaký nejmenší odpor může mít vnější obvod a jaké bude napětí na svorkách baterie?

5.109 Ke svorkám zdroje o elektromotorickém napětí 15 V je připojen vnější obvod, kterým prochází proud 1,5 A. Voltmetr připojený ke svorkám zdroje ukazuje napětí 9 V. Určete odpor vnějšího obvodu a vnitřní odpor zdroje.

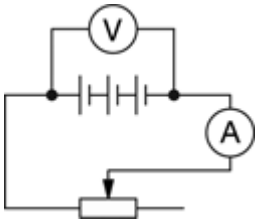
5.110 Ke svorkám zdroje o elektromotorickém napětí 2 V a vnitřním odporu 0,8 Ω je připojen nikelinový drát délky 2,1 m o obsahu kolmého řezu 0,21 mm^2. Určete napětí na svorkách zdroje. Změnu odporu s teplotou neuvažujte. ($\rho_{Ni} = 4{,}2 \cdot 10^{-7}\ \Omega \cdot m$)

5.111 Jak dlouhý musí být železný drát o obsahu kolmého řezu 0,20 mm^2, který připojíme ke zdroji o elektromotorickém napětí 2 V a vnitřním odporu 1,2 Ω, aby vnějším obvodem procházel proud 250 mA? ($\rho_{Fe} = 1{,}2 \cdot 10^{-7}\ \Omega \cdot m$)

5.112 Ke zdroji o elektromotorickém napětí 40 V a vnitřním odporu 0,04 Ω je měděným dvouvodičovým kabelem připojen svařovací přístroj. Kabel má délku 50 m a obsah kolmého řezu vodičů je 170 mm^2. Určete napětí na svorkách zdroje a v místě svařovacího přístroje, jestliže při svařování prochází kabelem proud 200 A. ($\rho_{Cu} = 1{,}7 \cdot 10^{-8}\ \Omega \cdot m$)

5.113 Pro měření elektromotorického napětí a vnitřního odporu zdroje použijeme obvod, jehož schéma je na obr. 5-113 [5-9]. Při určité poloze pohyblivého kontaktu reostatu byly naměřeny hodnoty 4 V, 0,5 A. Když byl kontakt posunut poněkud vlevo, byly naměřeny

hodnoty 3,6 V, 0,9 A. Určete elektromotorické napětí a vnitřní odpor zdroje. Proud procházející voltmetrem je zanedbatelný.



Obr. 5-113

5.114 Ke svorkám zdroje napětí byly postupně připojeny rezistory o odporu 4,5 Ω a 10 Ω a ve vnějším obvodu byly naměřeny proudy 0,2 A a 0,1 A. Určete elektromotorické napětí zdroje a jeho vnitřní odpor.

5.115 Při odporu vnějšího obvodu 1 Ω bylo na svorkách zdroje napětí 1,5 V a při odporu 2 Ω napětí 2 V. Určete elektromotorické napětí zdroje a jeho vnitřní odpor.

5.116 Ke zdroji o elektromotorickém napětí 3,0 V a vnitřním odporu 1,2 Ω je připojena žárovka o odporu 8,0 Ω. Napětí na svorkách žárovky je 2,4 V. Určete odpor přívodních vodičů.

5.117 Od zdroje o elektromotorickém napětí 250 V a vnitřním odporu 0,1 Ω vede do vzdálenosti 100 m hliníkové vedení. Určete hmotnost hliníku použitého ke zhotovení vedení, má-li na konci vedení napětí 220 V a k vedení je připojen spotřebič, kterým prochází proud 100 A. (hustota hliníku $\rho = 2{,}7 \cdot 10^3$ kg · m^{-3}; měrný odpor hliníku $\rho_{Al} = 2{,}7 \cdot 10^{-8}$ Ω · m)

5.118 Tři stejné zdroje napětí 5 V s vnitřním odporem 2 Ω byly spojeny nejprve do série a potom paralelně a v obou případech byl ke vzniklému spojení zdrojů připojen rezistor s odporem takové hodnoty, že obvodem procházel v obou případech stejný proud. Určete hodnotu tohoto odporu.

5.119 Akumulátorová baterie je nabíjena proudem 2,5 A a na svorkách baterie je napětí 12,5 V. Elektromotorické napětí baterie je 12,0 V. Určete vnitřní odpor baterie.

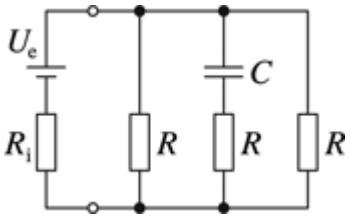
5.120 Akumulátorová baterie je nabíjena proudem 2 A ze zdroje o napětí 12 V. Vnitřní odpor baterie je 0,25 Ω. Určete elektromotorické napětí baterie.

5.121 Akumulátorovou baterii o elektromotorickém napětí 6 V a vnitřním odporu 0,15 Ω je třeba nabíjet proudem 4 A. Určete potřebné nabíjecí napětí.

5.122 2 Ke zdroji o vnitřním odporu 5,0 Ω je připojen rezistor o odporu 15 Ω. K tomuto rezistoru připojíme další rezistor nejprve do série a potom paralelně. Určete hodnotu odporu tohoto rezistoru, jestliže jím prochází v obou případech stejný proud.

5.123 2 Ke zdroji stejnosměrného napětí je připojen kondenzátor. Jestliže ke kondenzátoru připojíme paralelně rezistor o odporu 15 Ω, náboj kondenzátoru se zmenší o 20 % původní hodnoty. Určete vnitřní odpor zdroje napětí.

5.124 2 Určete náboj kondenzátoru o kapacitě 1 μF zapojeného do obvodu podle obr. 5-124 [5-10]. Elektromotorické napětí zdroje je 6 V a všechny rezistory mají stejný odpor 20 Ω.



Obr. 5-124

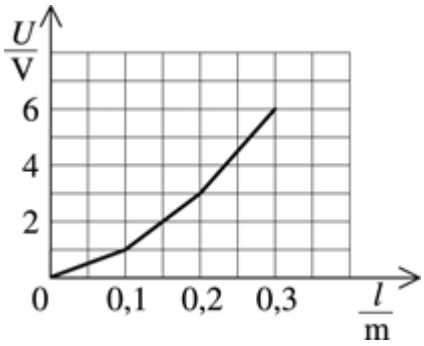
5.125 Tři sériově spojené rezistory o odporech 2 Ω, 2,5 Ω, 3 Ω jsou připojeny ke zdroji o napětí 6 V. Určete napětí na rezistorech.

5.126 Žárovka do kapesní svítilny má jmenovité hodnoty a) 3,5 V, 0,2 A, b) 2,5 V, 0,1 A a má být připojena ke zdroji o napětí a) 6 V, b) 4,5 V. Aby nedošlo k přepálení vlákna žárovky, je k ní sériově připojen rezistor. Určete odpor rezistoru.

5.127 Vánoční stromek je ozdoben žárovkami na napětí 14 V spojenými sériově a připojenými ke zdroji napětí 220 V. Určete nejmenší vhodný počet žárovek a napětí na každé z nich. Co se stane, když jednu žárovku vyšroubujeme? Jaké napětí bychom naměřili na žárovkách a na objímce vyšroubované žárovky? Proč není dovoleno tímto způsobem žárovky vypínat?

5.128 Ke zdroji o elektromotorickém napětí 15 V a vnitřním odporu 3 Ω je připojeno pět sériově spojených žárovek, z nichž každá má odpor 8 Ω. Určete napětí na jedné žárovce.

5.129 Na obr. 5-129 [5-11] je graf znázorňující rozložení napětí podél obvodu tvořeného třemi sériově spojenými vodiči stejné délky *l*. V jakém poměru jsou odpory vodičů?



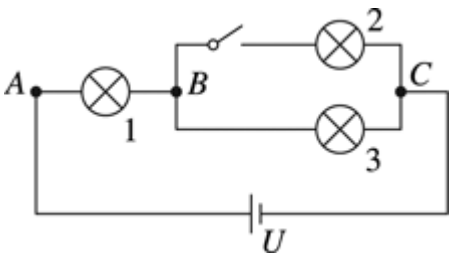
Obr. 5-129

5.130 Elektrický ohřívač o odporu 20 Ω je konstruován na napětí 30 V. K dispozici je však zdroj o napětí 45 V a regulační reostaty a) 6 Ω , 2 A, b) 30 Ω, 4 A, c) 800 Ω, 0,6 A. Který z nich použijeme? Nakreslete schéma obvodu.

5.131 Ocelová tyčka je spojena do série s uhlíkovou tyčkou stejného průměru. V jakém poměru musejí být délky tyček, aby celkový odpor obvodu nezávisel na teplotě?

($\rho_{Fe} = 8{,}7 \cdot 10^{-8}\ \Omega \cdot m$, $\alpha_{Fe} = 6{,}2 \cdot 10^{-3}\ K^{-1}$, $\rho_C = 4{,}0 \cdot 10^{-6}\ \Omega \cdot m$, $\alpha_C = -0{,}8 \cdot 10^{-3}\ K^{-1}$)

5.132 Tři stejné žárovky jsou zapojeny podle obr. 5-132 [5-12]. Jaká napětí naměříme mezi body *A*, *B* a *B*, *C*? Jaká změna nastane, sepneme-li vypínač? Změny zdůvodněte a popř. ověřte experimentálně.

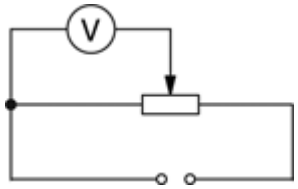


Obr. 5-132

5.133 Celkový odpor dvou rezistorů spojených sériově je 50 Ω a při paralelním spojení mají odpor 12 Ω. Určete odpory rezistorů.

5.134 Jestliže byly ke zdroji o napětí 24 V připojeny dva rezistory sériově, procházel obvodem proud 0,6 A. Když byly tytéž rezistory spojeny paralelně, procházel obvodem proud 3,2 A. Určete odpor rezistorů.

5.135 Potenciometr na obr. 5-135 [5-13] je připojen ke zdroji o napětí 48 V. Pohyblivý kontakt je umístěn uprostřed potenciometru. Odpor potenciometru je 4 kΩ a odpor voltmetru 10 kΩ. Jaké napětí ukáže ručka voltmetru?



Obr. 5-135

5.136 Čtyři rezistory o odporech 1 Ω, 2 Ω, 3 Ω, 4 Ω jsou spojeny paralelně. Určete celkový odpor spojených rezistorů.

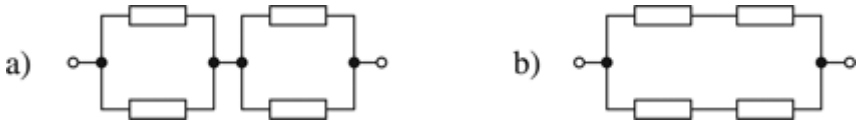
5.137 Žárovkový reostat je tvořen pěti žárovkami spojenými paralelně. Vlákno každé žárovky má v ustáleném stavu odpor 350 Ω. Jaké hodnoty odporu můžeme tímto reostatem nastavit?

5.138 Na kolik stejných částí musíme rozdělit odporový vodič o celkovém odporu 100 Ω, aby paralelně spojené části vodiče měly odpor 1 Ω?

5.139 Tři stejné rezistory jsou spojeny dvojím způsobem podle obr. 5-139 [5-14]. Určete odpory obvodů.

Obr. 5-139

5.140 Čtyři stejné rezistory jsou spojeny dvojím způsobem podle obr. 5-140 [5-15]. Dokažte, že celkový odpor obou obvodů je stejný.



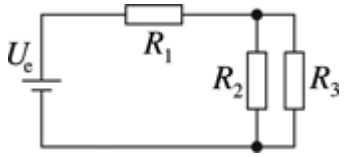
Obr. 5-140

5.141 Čtyři stejné rezistory jsou spojeny dvojím způsobem podle obr. a) 5-141a [5-16], b) 5-141b [5-17]. Určete, při kterém spojení má obvod větší celkový odpor.

Obr. 5-141a

Obr. 5-141b

5.142 Ke zdroji o elektromotorickém napětí 4,5 V a vnitřním odporu 0,5 Ω je připojen obvod, jehož schéma je na obr. 5-142 [5-18]. Rezistory mají odpor $R_1 = 3\ \Omega$, $R_2 = 2\ \Omega$, $R_3 = 6\ \Omega$. Určete proud, který prochází rezistorem R_3.



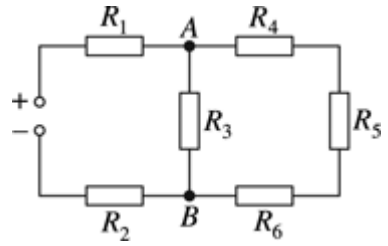
Obr. 5-142

5.143 Tři rezistory o odporech 1 Ω, 2 Ω a 3 Ω můžeme spojit libovolným způsobem. Kolik různých spojení můžeme vytvořit a jaké budou jejich celkové odpory? Schémata spojení rezistorů nakreslete.

5.144 Jaké hodnoty odporu lze získat, máme-li k dispozici tři rezistory o stejném odporu 10 Ω.

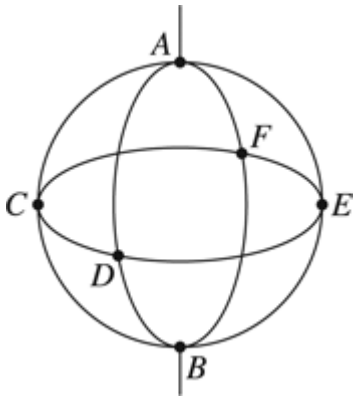
5.145 Spojováním rezistorů o odporu 2 Ω a 3 Ω máme postupně vytvořit obvody o odporech l Ω, 2 Ω, ..., 10 Ω. Jaký nejmenší počet těchto rezistorů potřebujeme a jak je spojíme?

5.146 Ke zdroji o elektromotorickém napětí 55 V (vnitřní odpor zdroje je zanedbatelný) je připojen obvod složený ze stejných rezistorů o odporu $R = 2\ \Omega$ (obr. 5-146 [5-19]). Určete proudy procházející jednotlivými rezistory a napětí mezi body *A* a *B*.



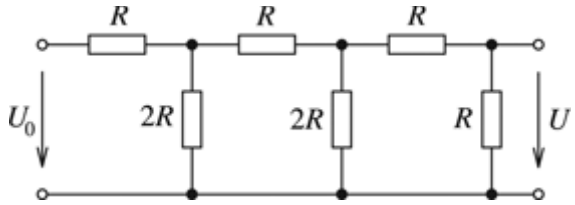
Obr. 5-146

5.147 Tři stejné měděné kroužky o poloměru *r* jsou navzájem spojeny podle obr. 5-147 [5-20]. Průměr vodičů je *d* a jejich měrný odpor ρ. Kroužky jsou připojeny do elektrického obvodu v bodech *A* a *B*. Určete celkový odpor sítě tvořené kroužky.



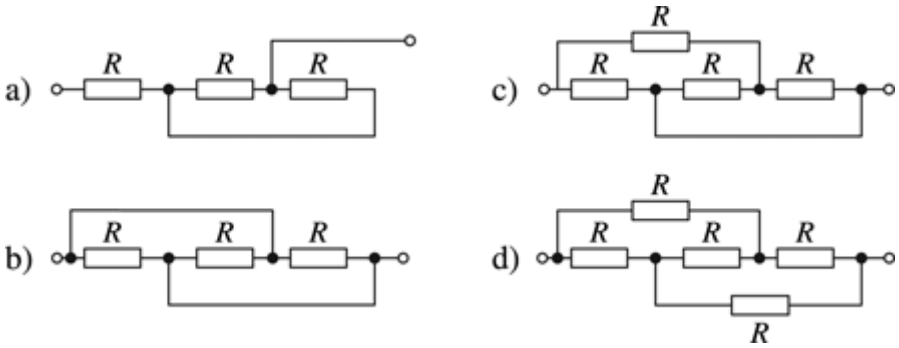
Obr. 5-147

5.148 Na vstup obvodu na obr. 5-148 [5-21] je připojeno napětí U_0. Určete napětí na výstupu.



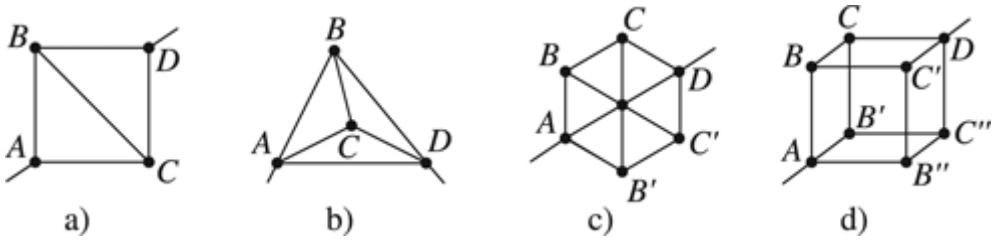
Obr. 5-148

5.149 Určete celkové odpory obvodů na obr. 5-149a až d [5-22].



Obr. 5-149

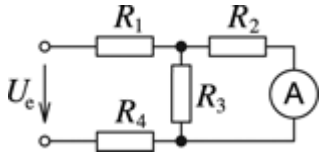
5.150 Určete celkový odpor drátěných sítí na obr. 5-150 [5-23]. Odpory jednotlivých úseků mezi uzlovými body sítí jsou stejné.



Obr. 5-150

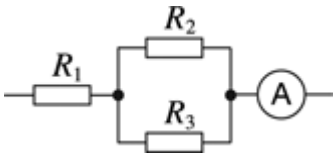
Poznámka: Při řešení postupujte tak, že vyhledáte body sítě, které mají stejný potenciál (nemusejí být totožné s uzlovými body). Vzájemným spojením těchto bodů vznikne jednodušší, ale ekvivalentní spojení o stejném odporu.

5.151 Určete velikost elektrického proudu, který prochází ampérmetrem na obr. 5-151 [5-24]. Obvod je připojen ke zdroji stejnosměrného napětí 15 V a jednotlivé rezistory mají odpor: $R_1 = 5\ \Omega$, $R_2 = 10\ \Omega$, $R_3 = 10\ \Omega$, $R_4 = 5\ \Omega$.



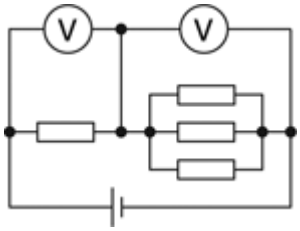
Obr. 5-151

5.152 Elektrický obvod je tvořen rezistory spojenými podle obr. 5-152 [5-25]: $R_1 = 3\ \Omega$, $R_2 = 2\ \Omega$, $R_3 = 4\ \Omega$. Ampérmetrem prochází proud 6 A. Určete napětí na rezistorech.



Obr. 5-152

5.153 Elektrický obvod složený z rezistorů o stejném odporu je zapojen podle obr. 5-153 [5-26]. Jaké napětí budou ukazovat voltmetry, jestliže napětí zdroje je 24 V? Jaké hodnoty odporů bychom museli zvolit při stejném spojení, aby oba voltmetry ukazovaly stejné napětí?



Obr. 5-153

5.154 Odpor rezistoru můžeme určit výpočtem podle Ohmova zákona, jestliže změříme napětí na rezistoru a proud, který jím prochází. Obvod můžeme zapojit dvojím způsobem podle obr. 5-154 [5-27]. Proč takový způsob měření není příliš přesný? Na čem závisí přesnost měření? Proč je schéma na obr. 5-154a [5-27a] vhodné pro měření malých odporů a schéma na obr. 5-154b [5-27b] pro měření velkých odporů? Odpověď zdůvodněte.

Obr. 5-154

5.155 Odpor rezistoru měříme v obvodu zapojeném podle obr. 5-154a [5-27a]. Ampérmetrem byl naměřen proud 0,2 A a voltmetrem napětí 12 V. Odpor voltmetru $R_V = 3\ \text{k}\Omega$. Jaká bude odchylka výsledku, jestliže při výpočtu odporu nebudeme odpor voltmetru uvažovat?

Obr. 5-154

5.156 Odpor rezistoru měříme v obvodu zapojeném podle obr. 5-154b [5-27b]. Naměříme napětí 30 V a proud 1,5 A. Odpor ampérmetru je 0,3 Ω. Určete odpor rezistoru.

Obr. 5-154

5.157 Výchylka ručky ampérmetru odpovídá procházejícímu proudu a nezávisí na odporu přístroje. Proč přesto požadujeme, aby odpor ampérmetru byl co nejmenší?

5.158 Jedna z metod měření odporu ampérmetru je založena na tom, že se k ampérmetru připojí paralelně rezistor takové hodnoty, aby se původně plná výchylka ručky zmenšila na polovinu. Jaký vztah má hodnota odporu rezistoru k odporu ampérmetru? Odpověď zdůvodněte.

5.159 Určete odpor reostatu zapojeného sériově do elektrického obvodu, kterým lze n-krát zmenšit proud procházející rezistorem o odporu R_0.

5.160 1 Měřicí systém ampérmetru má odpor 2,7 Ω a ručka přístroje ukazuje plnou výchylku při proudu 6 mA. Abychom mohli měřit proudy větších hodnot, připojíme paralelně k ampérmetru rezistor o vhodném odporu (tzv. bočník). Určete odpor bočníku, který musíme připojit k ampérmetru, abychom mohli měřit proudy do 60 mA.

5.161 1 Školní galvanometr má odpor 20 Ω a plná výchylka ručky přístroje odpovídá proudu 5 mA. Určete odpor bočníků, které musíme ke galvanometru připojit, abychom mohli měřit proud 1 A a 10 A.

5.162 2 Paralelně k ampérmetru o odporu 0,03 Ω je připojen měděný vodič délky 1 m o průměru 1,5 mm ($\rho_{Cu} = 1{,}7 \cdot 10^{-8}$ Ω · m). Určete celkový proud v obvodu, jestliže ampérmetr ukazuje 0,40 A.

5.163 1 Ampérmetr, který ukazoval plnou výchylku při proudu 5 A, byl bočníkem o odporu 0,2 Ω upraven tak, aby ukazoval plnou výchylku při proudu 6 A. Určete odpor ampérmetru.

5.164 1 Voltmetr o odporu 200 Ω ukazuje plnou výchylku při napětí 6 V. Abychom mohli měřit napětí do 60 V, připojíme k voltmetru sériově rezistor o vhodném odporu (*předřadný odpor*). Určete velikost předřadného odporu.

5.165 1 Voltmetr o odporu 50 Ω ukazuje plnou výchylku při napětí 0,25 V. Jak z tohoto přístroje vytvoříme voltmetr o rozsahu 200 V?

5.166 1 Voltmetrem o odporu 1 kΩ prochází při plné výchylce proud 12 mA. Jakou hodnotu musí mít předřadný odpor, abychom mohli měřit napětí do 300 V?

5.167 1 Univerzální měřicí přístroj má nejmenší napěťový rozsah 0,3 V a největší napěťový rozsah 600 V. Při největším napěťovém rozsahu je odpor přístroje 30 MΩ. Jaký je odpor přístroje při nejmenším rozsahu? Jaký proud prochází přístrojem při plné výchylce?

5.168 Galvanometr ukazuje plnou výchylku při napětí 75 mV a při proudu 15 mA. Jak ho upravíme na univerzální měřicí přístroj pro měření napětí do 150 V a proudu do 150 mA?

5.169 Voltmetr spojený do série s rezistorem o odporu 70 Ω ukazuje napětí 100 V při napětí zdroje 240 V. Jakou hodnotu naměříme tímto voltmetrem, jestliže odpor rezistoru zvětšíme na 35 kΩ?

5.170 Na žárovce jsou uvedeny jmenovité hodnoty a) 6 V, 0,2 A, b) 12 V, 0,1 A. Určete výkon elektrického proudu v žárovce.

5.171 Elektrický jistič vypíná automaticky obvod elektrické sítě 220 V při proudu a) 6 A, b) 25 A. Určete největší výkon v jištěném obvodu.

5.172 Na elektrickém spotřebiči jsou údaje a) 220 V, 100 W, b) 120 V, 400 W. Jaký proud prochází spotřebičem?

5.173 Určete odpor vlákna žárovky se jmenovitými hodnotami: a) 220 V, 60 W, b) 220 V, 40 W.

5.174 Voltmetrem bylo na rezistoru o odporu a) 10 Ω, b) 5 kΩ změřeno napětí a) 5 V, b) 200 mV. Určete výkon elektrického proudu v obvodu. Jmenujte některá elektronická zařízení s velmi malou spotřebou. (Při řešení volte číselné hodnoty buď za a), nebo za b).)

5.175 V elektronickém přístroji prochází rezistorem o odporu a) 5,6 kΩ, b) 1,2 MΩ proud nejvýše a) 10 mA, b) 100 μA. Jaký rezistor zvolí konstruktér přístroje, jestliže jsou rezistory vyráběny na jmenovité zatížení 0,05 W, 0,125 W, 0,25 W, 0,5 W, 1 W, 2 W, ...?

5.176 Určete největší napětí, které může být na rezistoru o odporu a) 150 Ω , b) 10 kΩ , je-li největší dovolený výkon elektrického proudu v rezistoru a) 2 W, b) 0,25 W.

5.177 Kolik žárovek na 220 V o příkonu a) 60 W, b) 200 W může být současně zapojeno do obvodu jednoho jističe do a) 6 A, b) 10 A?

5.178 V osobním automobilu jsou za jízdy zapojeny světlomety se žárovkami 12 V, 40 W a dvě koncová světla se žárovkami 12 V, 5 W. Určete celkový proud odebíraný z akumulátoru. Jak dlouho by mohla být světla zapojena bez dobíjení akumulátoru, je-li jeho kapacita $30\ \mathrm{A \cdot h}$?

5.179 Dílna je vybavena soustruhem o příkonu 1,2 kW, bruskou o příkonu 500 W a stolní vrtačkou o příkonu 0,9 kW. Všechny spotřebiče jsou zapojeny do jednoho obvodu elektrické sítě (220 V). Na jakou hodnotu proudu musí být seřízen jistič obvodu?

5.180 Ke zdroji o napětí 12 V a vnitřním odporu 2 Ω je připojen rezistor o odporu 18 Ω. Určete celkový výkon zdroje, užitečný výkon ve vnějším obvodu a účinnost přenosu elektrické energie ze zdroje do vnějšího obvodu.

5.181 Na svorkách zdroje, ke kterému je připojen rezistor o odporu 5 Ω, je napětí 1,5 V. Vnitřní odpor zdroje je 1 Ω. Určete elektromotorické napětí zdroje, celkový a užitečný výkon a účinnost.

5.182 Dvě žárovky o odporu 800 Ω a 480 Ω jsou zapojeny paralelně a jsou připojeny ke zdroji napětí. Která žárovka má větší příkon a kolikrát?

5.183 Která ze dvou žárovek o stejném příkonu na jmenovitá napětí 220 V a 120 V má větší odpor a kolikrát?

5.184 Při provozu žárovky se z povrchu vlákna vypařuje a rozprašuje kov vlákna, a tím se zmenšuje jeho průměr. Jaký vliv to má na příkon žárovky?

5.185 Spotřebič konstruovaný na napětí 220 V byl připojen k napětí 110 V. Porovnejte příkony spotřebiče, jestliže se při změně napětí odpor spotřebiče nezmění.

5.186 Dvě žárovky se jmenovitými hodnotami 220 V, 40 W a 220 V, 100 W byly spojeny sériově a připojeny ke zdroji o napětí 220 V. Určete příkony obou žárovek při tomto spojení za předpokladu, že změna odporu žárovek je zanedbatelná.

5.187 Abychom mohli připojit žárovku se jmenovitými hodnotami 120 V, 40 W ke zdroji o napětí 220 V, musíme obvod doplnit ochranným rezistorem. Nakreslete schéma obvodu a určete hodnotu rezistoru. Určete výkon ztracený v rezistoru.

5.188 Dvě žárovky na jmenovité napětí 110 V mají příkony 40 W a jedna 80 W. Jak je připojíme ke zdroji o napětí 220 V, aby svítily normálně? Nakreslete schéma obvodu a určete proudy procházející žárovkami.

5.189 Topná spirála žehličky o výkonu 300 W se přepálila. Při opravě byla topná spirála zkrácena o 1/4 délky. Jaký výkon měla spirála po opravě?

5.190 Výkon elektrického vařiče je regulován přepínáním tří topných spirál do různých spojení. Jaké výkony lze přepínačem nastavit, jestliže spirály mají stejný odpor 120 Ω a vařič je připojen k síti o napětí 220 V?

5.191 Ke zdroji o elektromotorickém napětí 2 V a vnitřním odporu 1 Ω je připojen vnější obvod. Výkon elektrického proudu ve vnějším obvodu je 0,75 W. Určete proud v obvodu a jeho odpor.

5.192 Určete vnitřní odpor zdroje, jestliže víme, že výkon elektrického proudu je stejný při odporech obvodu 5 Ω a 0,2 Ω. Předpokládáme konstantní elektromotorické napětí.

5.193 K elektrické síti je pomocí vodičů o odporu 5 Ω připojen rezistor s měnitelným odporem. Jaký proud musí rezistorem procházet, aby výkon elektrického proudu v rezistoru byl stejný jako při proudu 2 A?

5.194 Rezistor je připojen ke zdroji o elektromotorickém napětí 3 V a vnitřním odporu 1 Ω. Určete proud procházející rezistorem, jestliže výkon proudu v rezistoru je 2 W.

5.195 Zdroj napětí je připojen k rezistoru s měnitelným odporem. Jestliže rezistorem procházejí proudy 0,2 A a 2,4 A, je výkon proudu v rezistoru stejný. Jakou hodnotu musí mít proud, aby výkon byl maximální? Určete proud procházející obvodem při zkratu (proud nakrátko).

Poznámka: Výkon v obvodu se s rostoucím proudem zvětšuje, dosahuje maxima při poloviční hodnotě proudu nakrátko a pak se stejným způsobem zmenšuje a při zkratovém proudu je výkon nulový (viz obr. R5-210a [5-29a]).

5.196 Dva rezistory o odporu 10 Ω jsou připojeny ke zdroji o napětí 3 V nejprve do série a potom paralelně. V obou případech je výkon proudu v rezistorech stejný. Určete proudy, které obvodem procházejí.

5.197 Elektromotor na napětí 380 V je zamontován do jeřábu, který zvedl břemeno o hmotnosti 1 t do výše 19 m za 50 s. Elektromotorem při tom procházel proud 20 A. Určete účinnost zařízení. (g = 10 m · s^{-2})

5.198 Za jak dlouho zvedne jeřáb předmět o hmotnosti 0,5 t do výšky 3 m, jestliže elektromotor jeřábu je napájen ze zdroje o napětí 220 V a prochází jím proud 60 A? Zařízení pracuje s účinností 0,8.

5.199 Výtah o hmotnosti 1,2 t je poháněn elektromotorem na 220 V a pracuje s účinností 0,9. Do výše 15 m vyjede za 0,5 min. Určete výkon motoru, proud, který motorem prochází, a spotřebu elektrické energie v kW · h. (g = 9,8 m · s^{-2})

5.200 Obráběcí stroj má výkon 3,8 kW a pracuje s účinností 75 %. Určete příkon elektromotoru stroje a spotřebu elektrické energie za pracovní směnu (8 h).

5.201 Na elektrickém vařiči jsou údaje 220 V, 400 W. Kolik tepla vznikne přeměnou elektrické energie za 30 minut?

5.202 Ponorným vařičem na napětí 220 V se ohřálo 0,5 litru vody ze 20 °C na 100 °C za 8 minut. Určete příkon vařiče. (Měrná tepelná kapacita vody c = 4 200 J · kg^{-1} · K^{-1}, účinnost tepelné výměny je 1.)

5.203 Jak dlouho se bude zahřívat 1,5 litru vody ze 20 °C na 100 °C na vařiči o příkonu 600 W, je-li účinnost vařiče 0,8? (c = 4 200 J · kg^{-1} · K^{-1})

5.204 Na elektrickém vařiči o příkonu 850 W se 2 litry vody zahřály z 15 °C na 100 °C za 20 minut. Určete účinnost vařiče. (c = 4 200 J · kg^{-1} · K^{-1})

5.205 Můžeme při vybíjení akumulátoru využít veškerou energii dodanou akumulátoru při jeho nabíjení? Odpověď zdůvodněte.

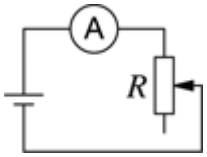
5.206 Vysvětlete, proč se vlákno žárovky zahřívá na vysokou teplotu, avšak přívodní vodiče zůstávají studené.

5.207 Dva rezistory o odporech 10 Ω a 23 Ω jsou připojeny ke zdroji o napětí 100 V. Kolik elektrické energie se v rezistorech přemění na teplo za každou sekundu, jsou-li spojeny a) sériově, b) paralelně?

5.208 Topná spirála vařiče na jmenovité hodnoty napětí 220 V a příkon 600 W má být zhotovena z nichromového vodiče. Určete potřebnou délku a průměr vodiče, je-li nejvyšší přípustná hustota proudu 10 A · mm^{-2}. (Měrný odpor nichromu je 1,1 · 10^{-6} Ω · m; nichrom je slitina niklu a chromu.)

5.209 Do elektrického obvodu jsou zapojeny a) sériově, b) paralelně dva vodiče stejné délky a stejného průřezu. Jeden vodič je měděný ($\rho_{Cu} = 1{,}7 \cdot 10^{-8}\ \Omega \cdot m$) a druhý ocelový ($\rho_{Fe} = 1{,}1 \cdot 10^{-7}\ \Omega \cdot m$). Určete, v jakém poměru budou tepla, která vznikají přeměnou elektrické energie ve vodičích, a poměr napětí na obou vodičích. Určete (kvalitativně), jaké budou teploty vodičů v uvedených případech (měrné tepelné kapacity obou kovů jsou přibližně stejné).

5.210 Ke zdroji o napětí $U_e = 4$ V a vnitřním odporu $R_i = 1\ \Omega$ je připojen reostat o odporu R a ampérmetr (obr. 5-210 [5-28]). Postupným zmenšováním odporu reostatu lze zvětšovat proud v obvodu až do zkratu. Sestavte rovnici pro závislost výkonu ve vnějším obvodu na proudu a rovnici pro účinnost přeměny energie v reostatu. Sestavte graf obou veličin jako funkce proudu $P = f(I)$, $\eta = f(I)$ pro řadu hodnot proudu rostoucího po 0,5 A až do zkratového proudu, proveďte rozbor grafů.



Obr. 5-210

5.211 Proč se při zvýšení teploty odpor polovodiče zmenšuje?

5.212 K jakému druhu látek z hlediska vodivosti můžeme přirovnat křemík při velmi nízké teplotě?

5.213 Jako příměsové prvky, které určují typ vodivosti křemíku, se používají prvky: bor, fosfor, arsen, indium. Pomocí periodické soustavy prvků určete, jaký typ vodivosti tyto prvky způsobují.

5.214 Termistory se používají pro měření rychlosti proudící vody. Na jakém fyzikálním principu je toto měření založeno?

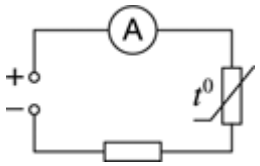
5.215 Termistor má při teplotě 20 °C odpor 50 kΩ a při teplotě 25 °C se jeho odpor snížil na 42,5 kΩ. Určete střední hodnotu teplotního součinitele odporu v tomto intervalu teplot.

5.216 Aby se snížil proudový náraz při zapojení projekčních žárovek nebo žhavicích vláken elektronek, zapojuje se k nim do série termistor. Objasněte podstatu jeho využití.

5.217 Při zvýšení teploty termistoru se jeho odpor zmenšil o 20 %. O kolik procent se přitom zvětšil proud procházející termistorem? Napětí na termistoru je konstantní.

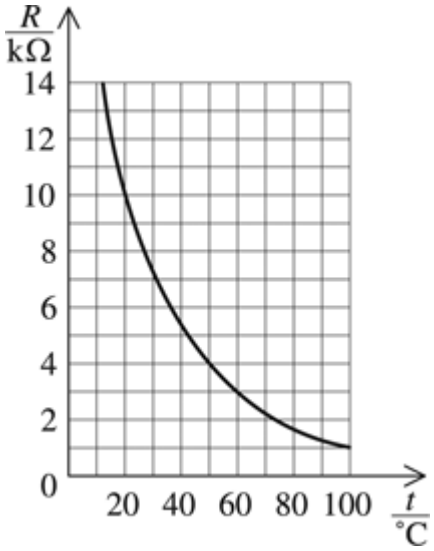
5.218 Střední hodnota teplotního součinitele odporu termistoru $\alpha = -0{,}05\ K^{-1}$. O kolik se musí zvýšit teplota termistoru, aby se jeho odpor zmenšil na polovinu?

5.219 Na obr. 5-219 [5-30] je schéma obvodu, v němž je do série spojen termistor s rezistorem o odporu 1 kΩ. Při teplotě 20 °C byla v obvodu naměřena hodnota proudu 5 mA. Po ponoření termistoru do horké vody se proud v obvodu zvětšil na 10 mA. Určete teplotu vody, je-li střední hodnota teplotního součinitele odporu termistoru $-0{,}04\ K^{-1}$ a obvod je připojen ke zdroji o napětí 20 V.



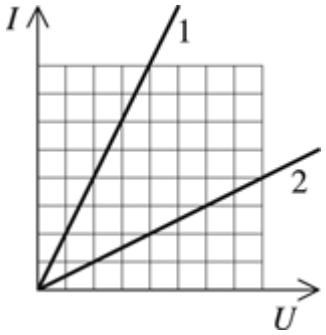
Obr. 5-219

5.220 Na obr. 5-220 [5-31] je graf teplotní závislosti odporu termistoru. Určete potřebný měřicí rozsah miliampérmetru, kterým by bylo možno měřit proud procházející termistorem při napětí na termistoru 20 V. Určete teplotu prostředí, do kterého je vložen termistor, jestliže ampérmetr ukazuje proudy hodnot 20 mA, 5 mA, 2 mA.



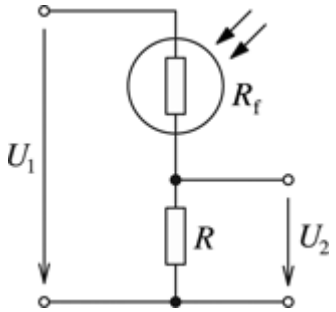
Obr. 5-220

5.221 Na obr. 5-221 [5-32] jsou závislosti proudu na napětí (voltampérové charakteristiky) fotorezistoru, naměřené jednak při neosvětleném, jednak při osvětleném fotorezistoru. Která charakteristika odpovídá osvětlenému fotorezistoru? Odpověď zdůvodněte. Určete, kolikrát je odpor osvětleného fotorezistoru menší než odpor neosvětleného fotorezistoru.



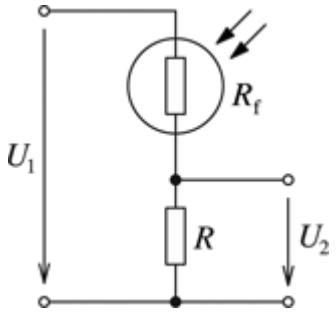
Obr. 5-221

5.222 Fotorezistor o odporu R_f tvoří s rezistorem o odporu R tzv. dělič napětí (obr. 5-222 [5-33]). Jak se změní výstupní napětí děliče (U_2), jestliže fotorezistor osvětlíme? Odpověď zdůvodněte. Vstupní napětí (U_1) děliče je konstantní.



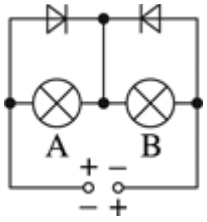
Obr. 5-222

5.223 V děliči napětí na obr. 5-222 [5-33] má fotorezistor za tmy odpor $R_f = 25$ kΩ a odpor rezistoru $R = 5$ kΩ. Děličem napětí prochází proud 0,3 mA. Při osvětlení se proud zvětšil na 1,2 mA. Určete výstupní napětí v obou případech a odpor fotorezistoru při osvětlení.



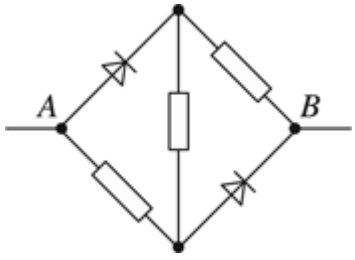
Obr. 5-222

5.224 Ke stejným žárovkám jsou paralelně připojeny polovodičové diody podle schématu na obr. 5-224 [5-34]. Jak budou žárovky svítit, jestliže budeme měnit polaritu zdroje napětí? Odpověď zdůvodněte. Diody považujte za ideální, tzn. v propustném směru je odpor diody nulový ($R = 0$) a v závěrném směru je odpor nekonečně veliký ($R \to \infty$).



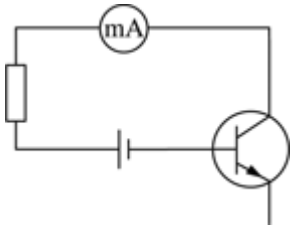
Obr. 5-224

5.225 Obvod na obr. 5-225 [5-35] je tvořen stejnými rezistory o odporu 1 kΩ a polovodičovými diodami ideálních vlastností (viz úlohu 5.224). Určete celkový odpor obvodu, je-li bod *A* připojen a) ke kladnému pólu zdroje, b) k zápornému pólu zdroje.



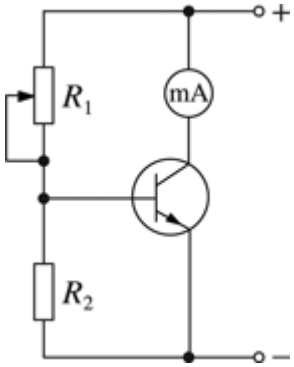
Obr. 5-225

5.226 Při kontrole funkce tranzistoru typu NPN byl ke kolektoru a bázi připojen obvod podle obr. 5-226 [5-36]. Bude obvodem procházet proud? Odpověď zdůvodněte.



Obr. 5-226

5.227 K tranzistoru je připojen dělič napětí podle obr. 5-227 [5-37]. Jak se změní kolektorový proud tranzistoru, jestliže se velikost odporu rezistoru R_1 zmenší? Odpověď zdůvodněte.



Obr. 5-227

5.228 Určete elektrochemické ekvivalenty a) mědi s oxidačním číslem $\nu = 2$, b) stříbra ($\nu = 1$), c) hliníku ($\nu = 3$), d) zinku ($\nu = 2$).

5.229 Při elektrolýze síranu měďnatého ($CuSO_4$) prošel roztokem celkový elektrický náboj $2 \cdot 10^4$ C. Určete hmotnost vyloučené mědi.

5.230 Při elektrolýze se stálým proudem vyloučilo z roztoku dusičnanu stříbrného ($AgNO_3$) 13,2 g stříbra. Určete celkový náboj, který roztokem prošel.

5.231 Roztokem $CuSO_4$ prochází proud 1 A. Kolik atomů mědi se vyloučí na katodě za dobu 1 s?

5.232 Elektrický obvod vytvoříme sériovým spojením žárovky a nádoby pro elektrolýzu naplněné slabým roztokem kuchyňské soli. Bude žárovka svítit více, přidáme-li do roztoku další sůl? Odpověď zdůvodněte a popř. ověřte experimentálně.

5.233 Dvě stejné nádoby pro elektrolýzu (A a B) obsahují roztok $CuSO_4$. Koncentrace roztoku je v nádobě A větší než v nádobě B. V které z nádob se při elektrolýze vyloučí více mědi, jsou-li nádoby spojeny a) sériově, b) paralelně? Odpověď zdůvodněte.

5.234 Při elektrolýze $AgNO_3$ se za 10 minut vyloučilo 0,67 g stříbra. Ampérmetr zapojený sériově s nádobou pro elektrolýzu ukazoval proud 0,9 A. Ukazuje ampérmetr správnou hodnotu proudu?

5.235 Při elektrolýze síranu zinečnatého ($ZnSO_4$) se za 1 h vyloučilo 2,45 g zinku. Určete odpor roztoku v nádobě pro elektrolýzu, jestliže napětí na elektrodách je 6 V.

5.236 Při elektrolýze roztoku kyseliny chlorovodíkové (HCl) se na katodě vyloučil vodík o hmotnosti 1 g. Jakou hmotnost má chlor vyloučený za stejnou dobu na anodě?

5.237 Srovnejte hmotnosti a objemy vodíku a kyslíku, které se za normálních podmínek vyloučí při elektrolýze vody.

5.238 Srovnejte hmotnosti stříbra ($\nu_{Ag} = 1$) a hliníku ($\nu_{Al} = 3$), které se vyloučily na katodách dvou nádob pro elektrolýzu spojených sériově.

5.239 Při laboratorní práci byl určován elektrochemický ekvivalent mědi elektrolýzou roztoku $CuSO_4$. Měděná katoda měla před pokusem hmotnost 70,40 g, po pokusu 70,58 g. Při pokusu procházel elektrolytem proud 0,5 A po dobu 20 min. Vypočítejte elektrochemický ekvivalent mědi.

5.240 Plošný obsah měděné elektrody ponořené do roztoku $CuSO_4$ je 25 cm^2 a elektroda slouží jako katoda. Při elektrolýze procházel roztokem proud 0,4 A a hmotnost elektrody se zvětšila o 132 mg. Určete: a) jak dlouho probíhala elektrolýza, b) jakou tloušťku má vrstva mědi vyloučené na katodě. (hustota mědi $\rho_{Cu} = 8\ 600\ kg \cdot m^{-3}$)

5.241 Povrchová úprava výrobku niklováním probíhala po dobu 2 h v roztoku soli niklu ($\nu = 3$) při hustotě proudu 120 $A \cdot m^{-2}$. Určete tloušťku vrstvy niklu na výrobku, jestliže obsah plochy jeho povrchu je 1 m^2.

5.242 Výrobek je třeba povrchově upravit chromováním tak, aby byl povrch výrobku pokryt vrstvou chromu tloušťky 50 μm. Chromování roztokem soli chromu ($\nu = 3$) probíhá při hustotě proudu 2 $kA \cdot m^{-2}$. Určete dobu chromování. (hustota chromu $\rho_{Cr} = 7{,}1 \cdot 10^3\ kg \cdot m^{-3}$)

5.243 Pro vznik elektrického výboje v plynu za normálního tlaku je nutné vysoké napětí mezi elektrodami, kdežto v plynu za nízkého tlaku nastává výboj již při nižším napětí. Vysvětlete.

5.244 Obloukový výboj vzniká ve vzduchu za normálního tlaku, a přesto není nutné, aby mezi elektrodami bylo vysoké napětí. Vysvětlete.

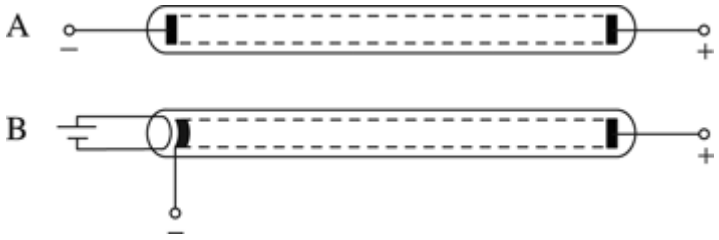
5.245 Proč při vysokém napětí vzniká jiskrový výboj především na kovových vodičích ve tvaru hrotů, nikoliv na kulových plochách? Vysvětlete.

5.246 Mezi Zemí a mrakem vznikl výboj ve formě blesku, při němž byl přenesen náboj 20 C. Rozdíl potenciálů mezi mrakem a Zemí byl 10^6 V. Určete energii výboje.

5.247 Výbojová trubice je opatřena dvěma rovinnými elektrodami o obsahu ploch 1 dm^2. Vzdálenost elektrod je 5 mm. Mezi elektrodami prochází při výboji nasycený proud $2 \cdot 10^{-10}$ A. Určete počet kladných i záporných iontů, které každou sekundu vznikají v objemu 1 cm^3 působením ionizátorů.

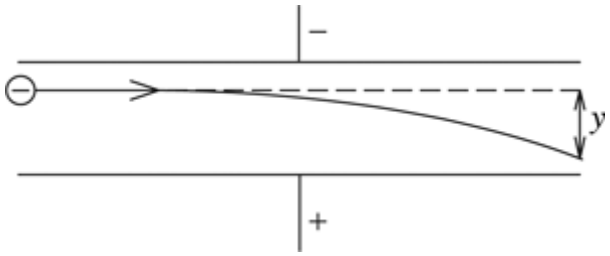
5.248 Jakými způsoby lze pomocí elektrického pole a) zvýšit rychlost elektronů ve vakuu, b) změnit směr pohybu elektronů, c) zabrzdit pohyb elektronů?

5.249 Pro demonstraci katodového záření se používají dva druhy trubic, jejichž princip je na obr. 5-249 [5-38]. V trubici A vzniká katodové záření při vysokém napětí, kdežto v trubici B vzniká katodové záření při podstatně nižším napětí. Objasněte.



Obr. 5-249

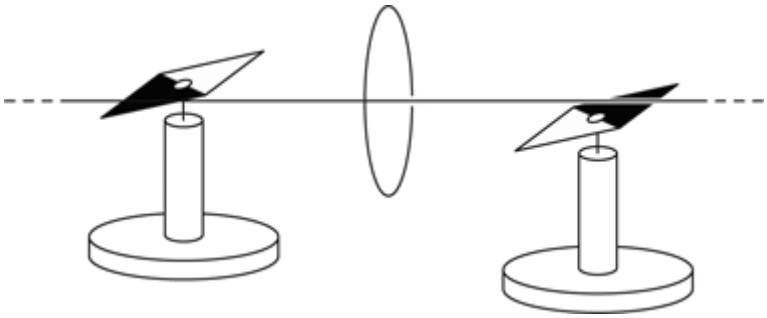
5.250 2 Elektron vlétl rychlostí $6 \cdot 10^7$ m · s^{-1} mezi desky rovinného kondenzátoru (obr. 5-250 [5-39]). Vzdálenost mezi deskami kondenzátoru je 1 cm, délka kondenzátoru ve směru pohybu elektronu je 5 cm. Mezi deskami je napětí 600 V. Určete odchylku elektronu (y) na konci kondenzátoru.



Obr. 5-250

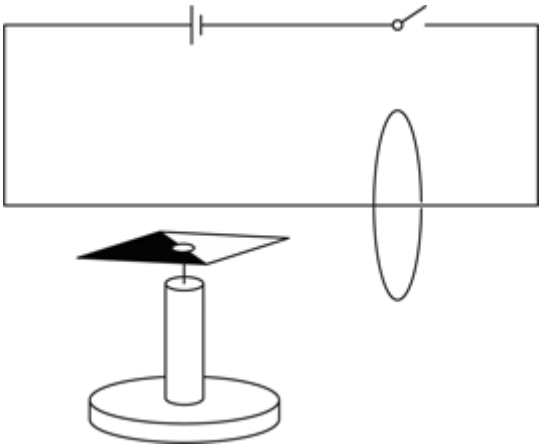
5.3 Magnetické pole

5.251 Při Oerstedově pokusu zaujaly magnetky polohu podle obr. 5-251 [5-40]. Určete směr proudu ve vodiči a vyznačte směr indukční čáry magnetického pole. Polohu magnetek zdůvodněte.



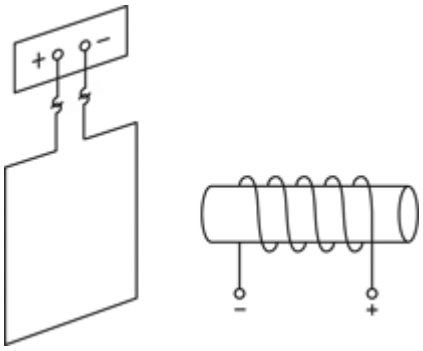
Obr. 5-251

5.252 Jak se vychýlí magnetka na obr. 5-252 [5-41] po uzavření elektrického obvodu? Vyznačte směr indukční čáry magnetického pole.



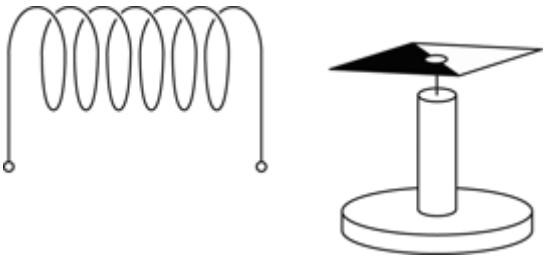
Obr. 5-252

5.253 V blízkosti pohyblivě zavěšené smyčky z drátu je umístěn elektromagnet (obr. 5-253 [5-42]). Kterým směrem se smyčka vychýlí, je-li připojena ke zdroji s polaritou vyznačenou na obrázku?



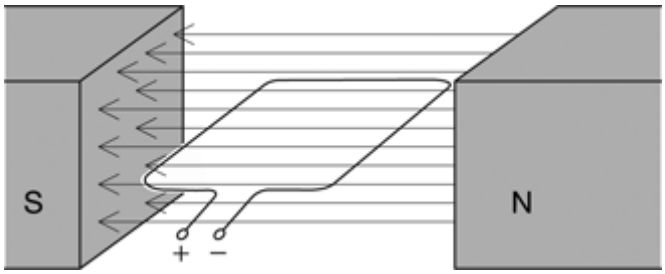
Obr. 5-253

5.254 V blízkosti cívky s proudem zaujala magnetka polohu patrnou z obr. 5-254 [5-43]. Určete směr proudu v cívce.



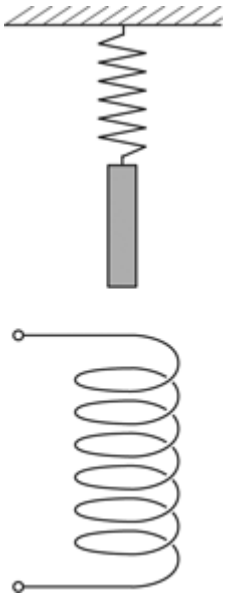
Obr. 5-254

5.255 Mezi póly magnetu je otáčivě umístěna vodivá smyčka, kterou prochází proud (obr. 5-255 [5-44]). Určete, kterým směrem se cívka otočí a jakou zaujme polohu. Odpověď zdůvodněte.



Obr. 5-255

5.256 Nad cívkou je na pružině zavěšen váleček z měkké oceli (obr. 5-256 [5-45]). Co se stane, jestliže a) cívkou začne procházet proud, b) proud se zvětší, c) změní se směr proudu? Jak budou tyto pokusy probíhat, když na pružině bude zavěšen magnet?



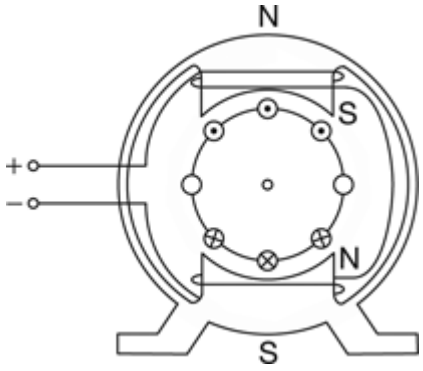
Obr. 5-256

5.257 Vodič délky 20 cm, kterým prochází proud 10 A, je umístěn kolmo k indukčním čárám homogenního magnetického pole o magnetické indukci 15 mT. Určete velikost magnetické síly, která na vodič působí.

5.258 V homogenním magnetickém poli o magnetické indukci 2 T působí na vodič délky 20 cm, kolmý k magnetickým indukčním čárám, síla o velikosti 1,2 N. Určete proud ve vodiči.

5.259 Na vodič vinutí rotoru elektromotoru, kterým prochází proud 20 A, působí síla o velikosti 1,8 N. Určete velikost indukce magnetického pole v místě, kterým vodič prochází kolmo k indukčním čárám. Délka vodiče je 15 cm.

5.260 Na obr. 5-260 [5-46] je schéma řezu elektromotorem na stejnosměrný proud. Určete směr otáčení rotoru elektromotoru.



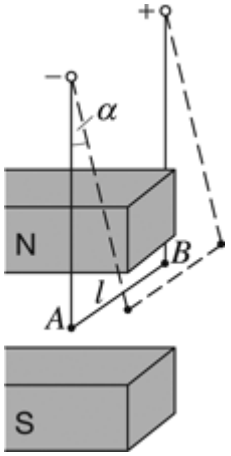
Obr. 5-260

5.261 Rovinná cívka ve tvaru obdélníku o stranách 10 cm a 5 cm má 200 závitů. Cívka je umístěna v homogenním magnetickém poli o velikosti magnetické indukce 0,05 T a prochází jí proud 2 A. Určete největší moment magnetických sil, které na cívku působí. Cívka se otáčí kolem osy, která leží v rovině cívky a je kolmá na indukční čáry magnetického pole.

5.262 Vodič, kterým prochází proud 3 A, je umístěn v homogenním magnetickém poli o magnetické indukci 20 mT. Jaká magnetická síla působí na vodič, jestliže do magnetického pole zasahuje přímá část vodiče délky 10 cm, která svírá se směrem magnetických indukčních čar úhel 45°?

5.263 V homogenním magnetickém poli o magnetické indukci 10 mT, jehož magnetické indukční čáry jsou vodorovné, je zavěšen na dvou lehkých vláknech vodorovný vodič délky 10 cm, který je kolmý k indukčním čárám. Určete změnu tahové síly působící na každé z vláken, jestliže vodičem začne procházet proud 10 A.

5.264 Vodič délky l (AB na obr. 5-264 [5-47]) o hmotnosti m je zavěšen na tenkých vodičích. Jestliže jím prochází proud I, vychýlí se v homogenním magnetickém poli o úhel α vzhledem ke svislému směru. Odvoďte vztah pro magnetickou indukci. Řešte pro l = 5 cm, I = 10 A, m = 50 g, $\alpha = 14°$, $g = 10\ \mathrm{m \cdot s^{-2}}$.

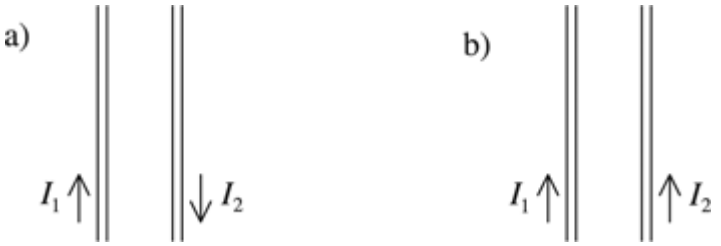


Obr. 5-264

5.265 Na přímý vodič délky 50 cm, kterým prochází proud 2 A, působí v magnetickém poli o magnetické indukci 0,1 T síla 0,05 N. Určete úhel, který svírá vodič se směrem magnetických indukčních čar.

5.266 Vodič délky 30 cm, kterým prochází proud 20 A, je umístěn v homogenním magnetickém poli o magnetické indukci 0,4 T tak, že s indukčními čárami svírá úhel 30°. Určete práci, která se vykoná při přemístění vodiče o 25 cm ve směru kolmém k indukčním čárám i ke směru proudu.

5.267 Určete směry magnetických sil vzájemného působení vodičů, kterými prochází proud podle obr. 5-267 [5-48].



Obr. 5-267

5.268 Jak na sebe navzájem působí vodiče trolejbusového vedení?

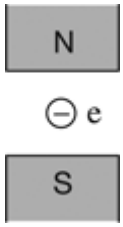
5.269 Dva kruhové vodiče se mohou volně otáčet kolem svislé osy (obr. 5-269 [5-49]). Jakou polohu vodiče zaujmou, jestliže jimi prochází proud ve směru vyznačeném na obr. 5-269 [5-49] a osy otáčení vodičů a) splývají, b) jsou rovnoběžné?

Obr. 5-269

5.270 Jakou silou na sebe navzájem působí dva rovnoběžné vodiče, jimiž procházejí stejně velké proudy 300 A, jestliže jsou od sebe vzdáleny 5 cm a jejich délka je 50 m?

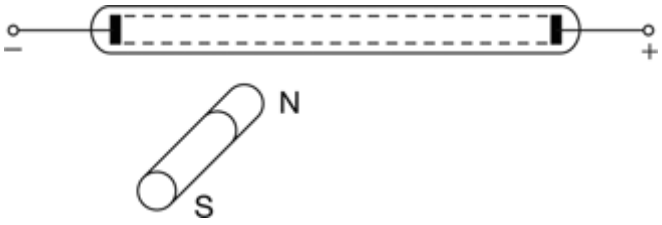
5.271 Dvěma rovnoběžnými vodiči vzdálenými od sebe 10 cm procházejí stejné proudy. Určete proud procházející vodiči, jestliže na 1 m délky vodičů působí síla 0,2 N.

5.272 Elektron e na obr. 5-272 [5-50] se pohybuje směrem za nákresnu. Na kterou stranu se jeho trajektorie zakřiví?



Obr. 5-272

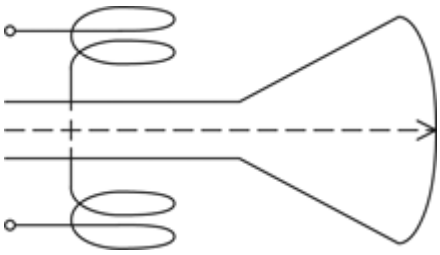
5.273 K trubici pro demonstraci katodového záření přiblížíme magnet podle obr. 5-273 [5-51]. Kterým směrem se katodové záření vychýlí?



Obr. 5-273

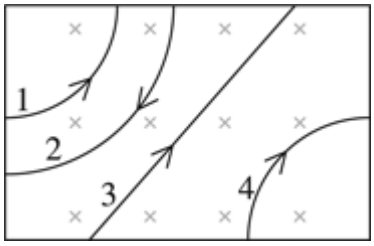
5.274 Dva rovnoběžné vodiče s proudem souhlasného směru se navzájem přitahují, kdežto dva rovnoběžné elektronové paprsky se navzájem odpuzují. Vysvětlete.

5.275 V televizní obrazovce je pohyb elektronového paprsku řízen magnetickým polem vychylovacích cívek (obr. 5-275 [5-52]). Jaký musí být směr proudu v cívkách, aby se elektronový paprsek vychýlil směrem za nákresnu?



Obr. 5-275

5.276 Při studiu částic jaderného záření se studuje jejich pohyb v zařízeních, kde lze pozorovat trajektorii částice v homogenním magnetickém poli. Na obr. 5-276 [5-53] jsou zachyceny trajektorie čtyř částic. Co můžeme říct o jejich náboji?



Obr. 5-276

5.277 Elektron se pohybuje ve vakuu rychlostí o velikosti $3 \cdot 10^6\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$ v homogenním magnetickém poli o magnetické indukci 0,1 T. Určete velikost síly, která na elektron působí, jestliže směr rychlosti elektronu je kolmý na směr indukčních čar.

5.278 1 Elektron se pohybuje ve vakuu rychlostí o velikosti $10^4\ \mathrm{km \cdot s^{-1}}$ v homogenním magnetickém poli o magnetické indukci $5 \cdot 10^{-3}$ T. Směr rychlosti je kolmý na směr indukčních čar. Určete poloměr kružnicové trajektorie elektronu.

5.279 1 Elektrony vlétají různou rychlostí do homogenního magnetického pole kolmo k magnetickým indukčním čárám. Které elektrony se více odkloní od původního směru, rychlejší, nebo pomalejší? Odpověď zdůvodněte.

5.280 1 Do homogenního magnetického pole o magnetické indukci 10 mT vlétl kolmo k indukčním čárám elektron s kinetickou energií 30 keV. Určete poloměr kružnicové trajektorie elektronu.

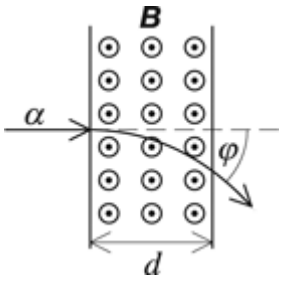
5.281 1 Proton se pohyboval po kružnicové trajektorii o poloměru 5 cm v homogenním magnetickém poli o indukci 20 mT. Určete rychlost protonu.

5.282 1 Proton urychlený potenciálním rozdílem 600 V vlétl do homogenního magnetického pole o magnetické indukci 0,33 T ve směru kolmém k indukčním čárám. Určete poloměr trajektorie protonu ve tvaru kružnice. Změní se energie protonu při pohybu v magnetickém poli?

5.283 1 Proton a částice α (jádro atomu helia; má dvojnásobný náboj a čtyřnásobnou hmotnost ve srovnání s protonem) vlétly do homogenního magnetického pole kolmo k indukčním čárám. Srovnejte poloměry kružnicových trajektorií částic v případech, že částice mají stejnou a) rychlost, b) energii.

5.284 1 Elektron se začal pohybovat z klidu a po průchodu rozdílem potenciálů 220 V vlétl kolmo k indukčním čárám do homogenního magnetického pole o magnetické indukci 5 mT. V magnetickém poli se elektron pohyboval po kružnicové trajektorii o poloměru 1 cm. Určete hmotnost elektronu.

5.285 2 Částice α (jádro atomu helia; má dvojnásobný náboj a čtyřnásobnou hmotnost ve srovnání s protonem) byla urychlena elektrickým polem mezi dvěma body s rozdílem potenciálů 250 kV a vlétla do homogenního magnetického pole o magnetické indukci 0,51 T kolmo k indukčním čárám. Šířka oblasti magnetického pole je 10 cm (obr. 5-285 [5-54]). Určete úhel, o který se částice odchýlí od původního směru.



Obr. 5-285

5.286 1 Homogenní magnetické pole a elektrické pole mají navzájem kolmé magnetické indukční čáry a elektrické siločáry. Magnetické pole má magnetickou indukci 1 mT a elektrické pole má intenzitu 0,5 kV · m^{-1}. Určete, jakou rychlostí a kterým směrem se musí pohybovat elektron, aby se v tomto silovém poli pohyboval přímočaře.

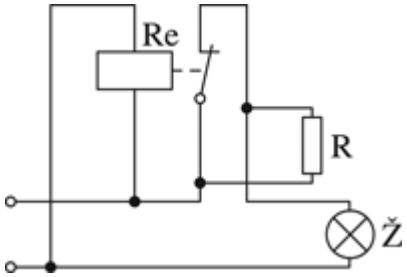
5.287 Proč nelze použít k přepravě rozžhavených ocelových výrobků jeřáb s elektromagnetem?

5.288 Proč se k výrobě trvalých magnetů používá tvrdá ocel a k výrobě elektromagnetů měkké železo?

5.289 Při přepravě ocelových předmětů jeřábem se stává, že předmět po přerušení proudu elektromagnetu neodpadne. Jakým způsobem může být předmět uvolněn?

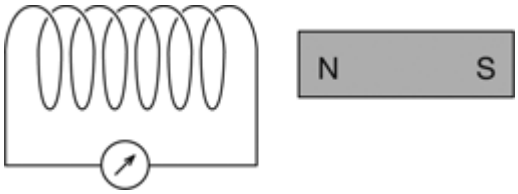
5.290 Na obr. 5-290 [5-55] je schéma zařízení pro ochranu elektrického obvodu před náhlým zvýšením napětí v síti (přepětím). Jeho základem je relé Re tvořené elektromagnetem, který spíná, popř. rozpíná obvod s rezistorem R. V obvodu chráněném před přepětím je žárovka Ž.

Na základě schématu odpovězte na otázky: a) Jak je zapojeno relé vzhledem k žárovce? b) Co se stane, když napětí překročí stanovenou hodnotu? c) Proč bude žárovka svítit při přepětí?



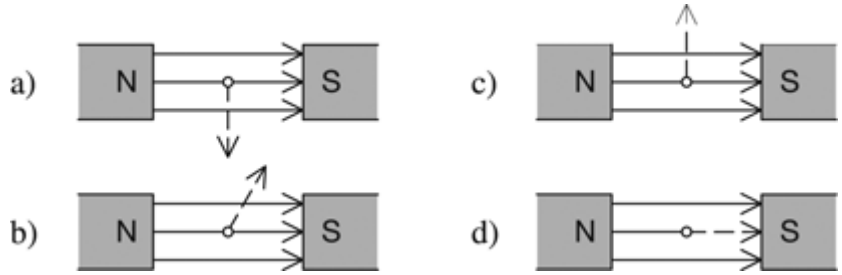
Obr. 5-290

5.291 Určete polaritu indukovaného napětí na koncích cívky (obr. 5-291 [5-56]), do níž zasuneme magnet severním pólem. Odpověď zdůvodněte.



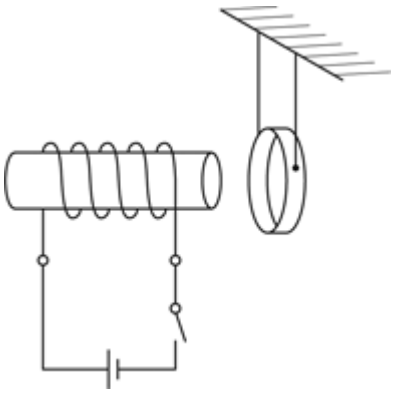
Obr. 5-291

5.292 Určete směr indukovaného proudu v přímém vodiči, který se pohybuje ve směru šipek (obr. 5-292 [5-57]).



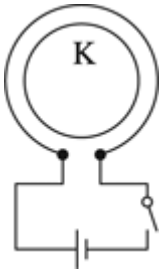
Obr. 5-292

5.293 V blízkosti elektromagnetu je pohyblivě zavěšen vodivý kroužek (obr. 5-293 [5-58]). Kterým směrem se kroužek vychýlí při zapnutí proudu? Odpověď zdůvodněte. Záleží při pokusu na směru proudu v cívce elektromagnetu?



Obr. 5-293

5.294 Určete směr indukovaného proudu v kroužku K na obr. 5-294 [5-59], jestliže sepneme vypínač. Odpověď zdůvodněte.



Obr. 5-294

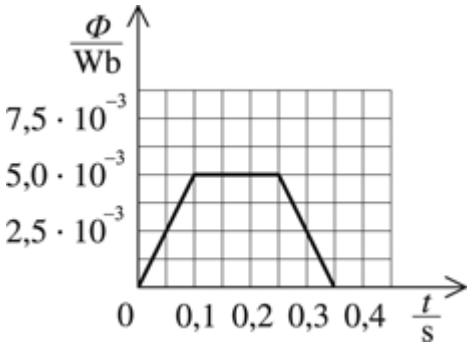
5.295 Tyčový magnet je volně puštěn do dutiny dlouhé cívky, jejíž podélná osa je svislá. Bude padat volným pádem?

5.296 V obvodu tvořeném vodivou smyčkou se za dobu 0,3 s zvětšil indukční tok o 0,06 Wb. Určete střední hodnotu indukovaného napětí.

5.297 V kterém případě bude indukované napětí ve vodivé smyčce větší? Zmenší-li se magnetický indukční tok smyčkou z 1 Wb na nulovou hodnotu za 0,5 s, nebo zvětší-li se z nulové hodnoty na 1 Wb za 0,1 s? Jaká bude polarita indukovaného napětí?

5.298 Magnetický indukční tok procházející cívkou s 80 závity se za dobu 5 s změnil z $3 \cdot 10^{-3}$ Wb na $1{,}5 \cdot 10^{-3}$ Wb. Určete indukované napětí na koncích cívky.

5.299 Magnetický indukční tok cívkou se v závislosti na čase měnil podle grafu na obr. 5-299 [5-60]. Nakreslete graf závislosti napětí na koncích cívky na čase.



Obr. 5-299

5.300 V homogenním magnetickém poli o magnetické indukci 0,25 T se kolmo k indukčním čárám pohybuje rychlostí $0{,}5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ přímý vodič délky 1,2 m. Určete velikost indukovaného napětí na koncích vodiče.

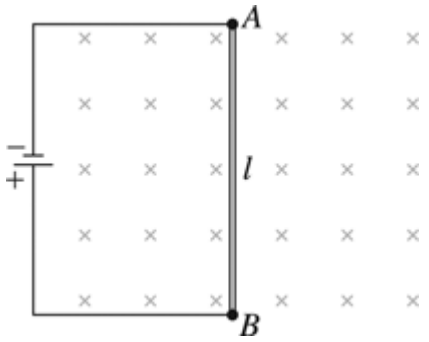
5.301 V homogenním magnetickém poli se kolmo k indukčním čárám pohybuje přímý vodič délky 1,8 m rychlostí $6{,}0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Na koncích vodiče je indukované napětí 1,44 V. Určete magnetickou indukci pole.

5.302 Jestliže navzájem vodivě spojíme svorky dvou demonstračních galvanometrů a rozkýváme ručku prvního, začne se kývat také ručka druhého galvanometru. Pokus vysvětlete.

5.303 Proč se kmitající ručka citlivého galvanometru rychle zastaví, jestliže svorky galvanometru zkratujeme?

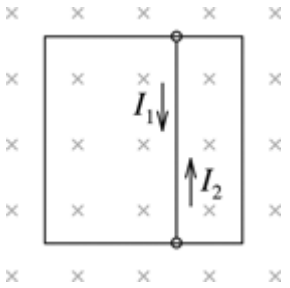
5.304 Elektromagnetický reproduktor, který je tvořen cívkou s malým počtem závitů spojenou s membránou a umístěnou do magnetického pole silného magnetu, může pracovat také jako mikrofon. Vysvětlete.

5.305 Přímý vodič délky 1 m (*AB* na obr. 5-305 [5-61]) o odporu 2 Ω se nachází v magnetickém poli o magnetické indukci 0,1 T. Vodič je připojen ke zdroji o napětí 1 V. Určete proud procházející vodičem, jestliže a) vodič je v klidu, b) vodič se pohybuje rychlostí 4 m · s^{-1} vpravo, c) vodič se pohybuje rychlostí 4 m · s^{-1} vlevo. Kterým směrem a jakou rychlostí se vodič musí pohybovat, aby jím neprocházel žádný proud? Kterým směrem se musí vodič pohybovat, aby jím procházel stejný proud jako v klidu?



Obr. 5-305

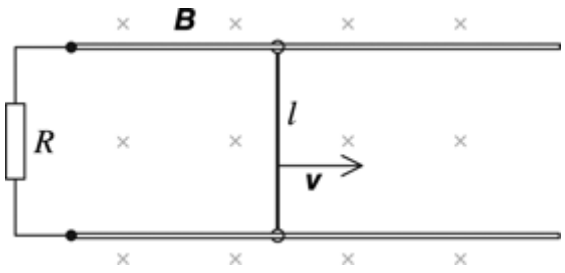
5.306 Čtverec je zhotoven ze čtyř vodičů délky 8 cm o odporu 4 Ω. Ve vzdálenosti 2 cm od jednoho z vodičů je rovnoběžně se stranou čtverce připojen vodič o odporu 1 Ω (obr. 5-306 [5-62]). Čtverec je vložen do homogenního magnetického pole tak, že indukční čáry jsou kolmé na plochu čtverce. Určete proud procházející středním vodičem, jestliže se magnetická indukce pole rovnoměrně mění o 200 mT za 1 s.



Obr. 5-306

5.307 Přímý vodič délky 20 cm se pohybuje v homogenním magnetickém poli o magnetické indukci 10 mT rychlostí 1 m · s^{-1} a směr jeho pohybu svírá se směrem vektoru magnetické indukce úhel 30°. Určete indukované napětí na koncích vodiče.

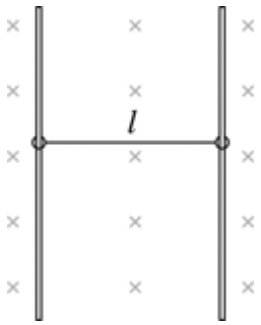
5.308 Vodič délky *l* klouže bez tření po dvou rovnoběžných vodivých tyčích, umístěných v homogenním magnetickém poli tak, že vektor magnetické indukce je kolmý k rovině, v níž tyče leží (obr. 5-308 [5-63]). Konce tyčí jsou navzájem spojeny rezistorem o odporu *R*. Určete velikost síly, kterou musíme na vodič působit, aby se pohyboval rovnoměrně rychlostí ***v***.



Obr. 5-308

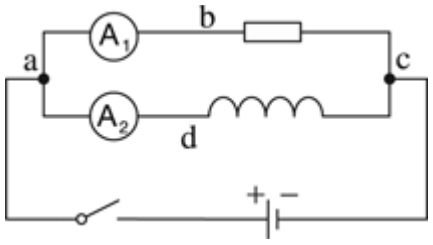
5.309 2 V homogenním magnetickém poli o magnetické indukci $2 \cdot 10^{-5}$ T je umístěn drát délky 2 m o odporu 1 Ω. Drát přeložíme na polovinu a konce vodivě spojíme. Potom z drátu roztažením obou polovin vytvoříme čtverec umístěný tak, že vektor magnetické indukce je kolmý k ploše čtverce. Určete velikost náboje, který při vzniku čtverce projde průřezem drátu.

5.310 2 Dvě rovnoběžné vodivé tyče jsou umístěny ve svislé poloze do homogenního magnetického pole o magnetické indukci. Vektor magnetické indukce je vodorovný. K tyčím je vodivě připojena pohyblivá příčka, která se může bez tření pohybovat podél tyčí (obr. 5-310 [5-64]). Příčka je zhotovena z vodiče o malém odporu. Jestliže příčku volně pustíme, dosáhne určité rychlosti a její další pohyb je rovnoměrný. a) Určete obecně velikost této rychlosti. Uvažte, zda je takový experiment reálný. b) Určete vztah pro rychlost příčky v případě, že konstrukce není svislá, ale svírá s vodorovným směrem úhel α. Vektor magnetické indukce má opět směr kolmý na rovinu, v níž leží tyče. Tření mezi příčkou a tyčemi neuvažujte.



Obr. 5-310

5.311 Odpor obvodu a, b, c je stejný jako odpor obvodu a, d, c (obr. 5-311 [5-65]). Jaké budou výchylky ampérmetrů A_1 a A_2 v okamžiku sepnutí vypínače?



Obr. 5-311

5.312 Elektromagnet s otevřeným jádrem je zapojen v obvodu stejnosměrného proudu. V okamžiku, kdy jádro magneticky uzavřeme, se krátkodobě zmenší proud v obvodu. Vysvětlete.

5.313 Proč se elektromotory velkých výkonů odpojují od sítě postupným zmenšováním proudu pomocí reostatu, a ne okamžitým odpojením pomocí vypínače?

5.314 Rovnoměrnou změnou proudu v cívce o 2 A za 0,25 s se na koncích cívky indukovalo napětí 20 mV. Určete indukčnost cívky.

5.315 Ve vinutí elektromagnetu o indukčnosti 0,44 H se proud změnil za 0,02 s o 5 A. Určete indukované napětí na koncích cívky.

5.316 Po dobu 0,6 s bylo na cívce o indukčnosti 0,12 H stálé indukované napětí 0,3 V. Určete velikost změny proudu v cívce za uvedenou dobu.

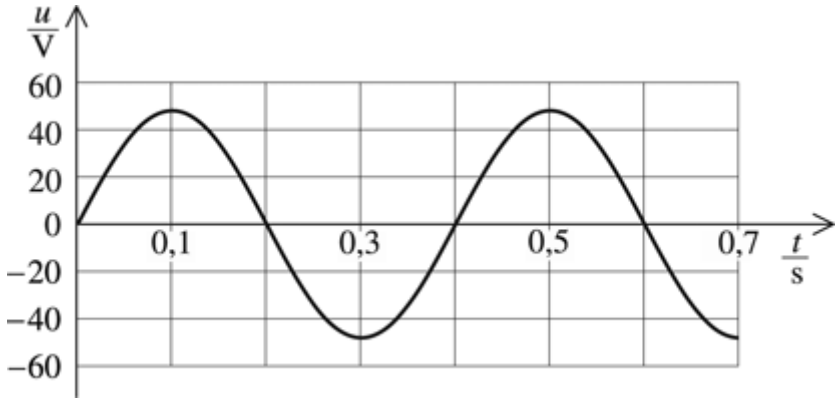
5.317 Dlouhou cívkou o indukčnosti 0,4 mH, která má obsah plochy příčného řezu 10 cm^2 a 100 závitů, prochází proud 0,5 A. Určete velikost magnetické indukce pole uprostřed cívky.

5.318 2 K cívce o indukčnosti 0,3 H, zhotovené ze silného měděného vodiče, je paralelně připojen rezistor a obvod je připojen ke zdroji elektromotorického napětí 4 V, jehož vnitřní odpor je 2 Ω. Určete energii magnetického pole cívky a rezistoru po odpojení zdroje napětí.

5.4 Střídavý proud

5.319 Proč se u doutnavky připojené ke zdroji stejnosměrného napětí pokrývá doutnavým světlem jen jedna elektroda, kdežto po připojení ke zdroji střídavého napětí svítí obě elektrody?

5.320 Na obr. 5-320 [5-66] je časový diagram střídavého napětí. Z diagramu určete amplitudu napětí, periodu a frekvenci napětí a napište rovnici pro okamžitou hodnotu napětí.



Obr. 5-320

5.321 Střídavé napětí o frekvenci 50 Hz má amplitudu napětí 200 V. Napište rovnici pro okamžitou hodnotu střídavého napětí a určete jeho okamžité hodnoty v časech 2,5 ms, 4,0 ms a 5,0 ms. V čase $t = 0$ je $u = 0$.

5.322 Na části obvodu, kterým prochází střídavý proud, je okamžité napětí

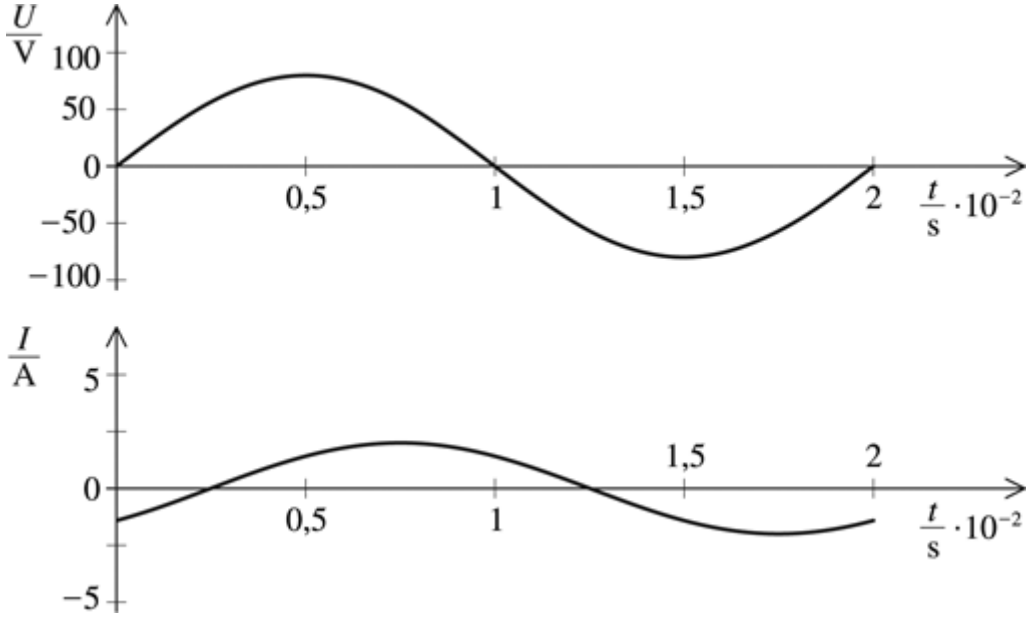
$u = U_m \sin(\omega t + \pi/6)$.

V čase $T/12$ má okamžité napětí hodnotu 10 V. Určete amplitudu napětí, úhlovou frekvenci a frekvenci střídavého proudu, jestliže jeho perioda je 10 ms. Nakreslete časový diagram střídavého napětí.

5.323 Pro střídavý proud v elektrickém obvodu platí rovnice $\{i\} = 5{,}0 \sin 200\pi\{t\}$. Určete amplitudu proudu, periodu a frekvenci proudu a jeho okamžitou hodnotu v čase 1,25 ms od počátečního okamžiku.

5.324 Obvod s rezistorem o odporu 80 Ω je připojen ke zdroji střídavého napětí o amplitudě 240 V a frekvenci 50 Hz. Napište rovnici pro okamžitou hodnotu střídavého proudu v obvodu.

5.325 Na obr. 5-325 [5-68] jsou časové diagramy střídavého napětí a proudu s frekvencí 50 Hz. Určete fázový rozdíl obou veličin a napište rovnice pro okamžité hodnoty střídavého napětí a proudu.



Obr. 5-325

5.326 Střídavý proud má amplitudu 20 mA a frekvenci 1,0 kHz. Určete okamžitou hodnotu střídavého proudu za 0,10 ms od počátečního okamžiku, kdy $i = 0$.

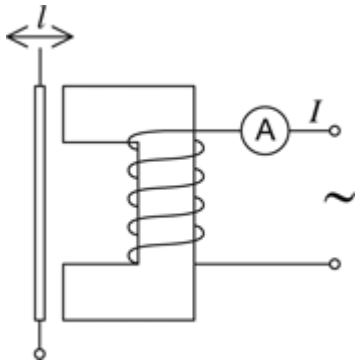
5.327 Střídavý proud má amplitudu 100 mA a frekvenci 2 MHz. Za jakou dobu od počátečního okamžiku ($i = 0$) bude okamžitá hodnota proudu 25 mA?

5.328 Drátovým vedením je současně přenášen nízkofrekvenční a vysokofrekvenční střídavý proud. Navrhněte, jak lze oba signály od sebe oddělit.

5.329 Jak bude svítit žárovka, jestliže je spojena sériově s cívkou, do níž budeme postupně zasunovat železné jádro? Ověřte experimentálně.

5.330 Cívka o zanedbatelně malém odporu je zapojena do obvodu střídavého proudu o frekvenci 50 Hz. Při napětí 24 V prochází cívkou proud 0,5 A. Určete indukčnost cívky.

5.331 Na obr. 5-331 [5-69] je schéma indukčního snímače polohy. Na jakém principu je založen? Pokuste se snímač sestavit a ověřit jeho funkci.



Obr. 5-331

5.332 Cívka má indukčnost 200 mH. Určete její induktanci při frekvencích 50 Hz a 400 Hz.

5.333 Při frekvenci 500 Hz je induktance cívky 35 Ω. Určete indukčnost cívky.

5.334 Nízkofrekvenční tlumivka má indukčnost 1,6 H a vysokofrekvenční tlumivka má indukčnost 0,63 mH. Při jakých frekvencích budou mít shodné induktance 1,0 kΩ?

5.335 Když přerušíme obvod stejnosměrného proudu, proud obvodem neprochází. Kondenzátor představuje také přerušení obvodu, ale střídavý proud obvodem prochází. Vysvětlete.

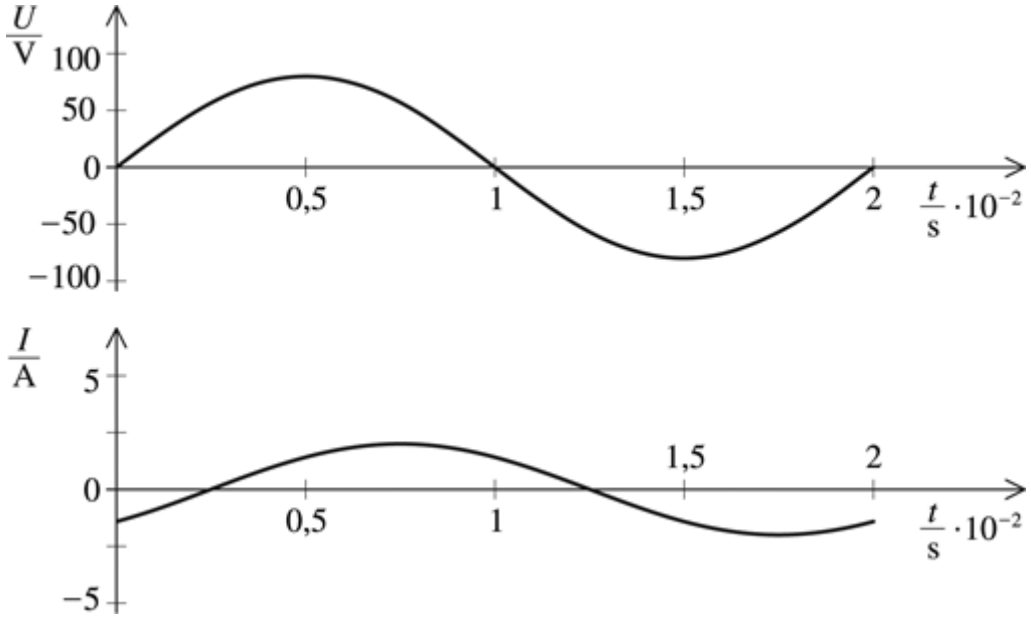
5.336 Kondenzátor o kapacitě 4,0 μF je připojen do obvodu střídavého proudu o frekvenci 50 Hz. Jakou indukčnost by musela mít cívka, která by v obvodu střídavého proudu měla induktanci stejné hodnoty, jakou má kapacitance kondenzátoru?

5.337 Kondenzátor o kapacitě 2,0 μF je připojen do obvodu střídavého proudu o frekvenci 500 Hz. Ke kondenzátoru připojíme další kondenzátor o stejné kapacitě a) paralelně, b) sériově. Jak musíme změnit frekvenci střídavého proudu, aby se kapacitance obvodu nezměnila?

5.338 Kondenzátor je zapojen do obvodu střídavého proudu o napětí 220 V a frekvenci 50 Hz. Obvodem prochází proud 2,5 A. Určete kapacitu kondenzátoru.

5.339 Ke zdroji střídavého napětí o amplitudě 24 V a periodě 2,0 ms je připojen kondenzátor o kapacitě 16 μF. Určete amplitudu proudu v obvodu.

5.340 1 Na obr. 5-325 [5-68] jsou časové diagramy napětí a proudu v obvodu s *RLC* v sérii. Nakreslete fázorový diagram obvodu. Určete velikost impedance obvodu, rezistanci a reaktanci.



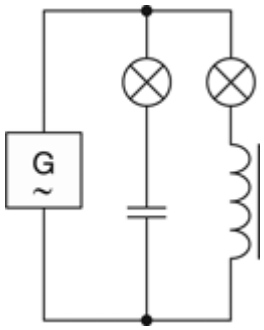
Obr. 5-325

5.341 V neprůhledných skříňkách označených A, B, C jsou uzavřeny obvodové prvky – rezistor, cívka a kondenzátor – tak, že na povrchu každé skříňky jsou jen svorky pro připojení prvku do elektrického obvodu. Skříňky byly postupně spojeny do série se žárovkou a připojeny ke zdroji stejnosměrného a střídavého napětí. Výsledky experimentů jsou v následující tabulce:

Skříňka	A	B	C
Napětí	Žárovka		
stejnosměrné	nesvítí	svítí	svítí
střídavé	svítí	svítí	nesvítí

Určete, který prvek je ve skříňce uzavřen.

5.342 Obvod na obr. 5-342 [5-70] je připojen ke zdroji s měnitelnou frekvencí. Při určité frekvenci svítí obě žárovky stejně. Jak budou žárovky svítit, jestliže se frekvence napětí a) zvětší, b) zmenší? Experimentálně ověřte.



Obr. 5-342

5.343 1 Obvod střídavého proudu je tvořen sériovým spojením rezistoru o odporu 40 Ω, cívky o indukčnosti 0,40 H a kondenzátoru o kapacitě 16 μF. Obvod je připojen ke zdroji střídavého napětí o amplitudě 12 V a frekvenci 50 Hz. Určete amplitudu proudu v obvodu. Nakreslete fázorový diagram obvodu a určete fázový rozdíl mezi napětím a proudem v obvodu.

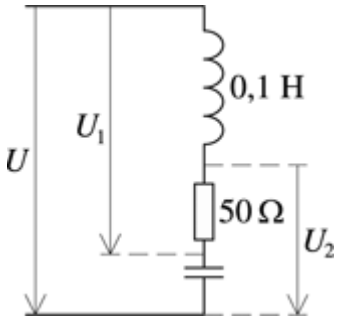
5.344 1 Cívka o indukčnosti 50 mH, jejíž vinutí má odpor 10 Ω, je sériově spojena s kondenzátorem o kapacitě 2 μF. Obvodem prochází střídavý proud o amplitudě 100 mA a frekvenci 0,5 kHz. Určete impedanci obvodu a amplitudu napětí na obvodu.

5.345 1 Sériový obvod střídavého proudu je tvořen rezistorem o odporu 90 Ω, cívkou o indukčnosti 1,3 H a kondenzátorem o kapacitě 10 μF. Obvod je připojen ke zdroji střídavého napětí o amplitudě 100 V a frekvenci 50 Hz. Napište rovnici pro okamžité hodnoty napětí a proudu v obvodu, jestliže počáteční fáze proudu je nulová.

5.346 1 Sériový obvod se skládá z rezistoru o odporu 1,0 kΩ, cívky o indukčnosti 0,50 H, kondenzátoru o kapacitě 1,0 μF. Určete induktanci, kapacitanci a impedanci obvodu při frekvencích 50 Hz a 10 kHz.

5.347 1 Sériový obvod *RLC* se skládá z rezistoru o odporu 21 Ω, cívky o indukčnosti 70 mH a kondenzátoru o kapacitě 82 μF. Obvodem prochází střídavý proud o frekvenci 50 Hz a amplituda napětí na kondenzátoru je 310 V. Určete amplitudy a) proudu v obvodu, b) napětí na rezistoru, c) napětí na cívce, d) napětí na celém obvodu.

5.348 1 Jakou kapacitu musí mít kondenzátor v obvodu na obr. 5-348 [5-72], jestliže při průchodu proudu o frekvenci 50 Hz jsou napětí U_1 a U_2 v poměru 1 : 2? Jaký proud prochází obvodem, je-li obvod připojen ke zdroji střídavého napětí 300 V?

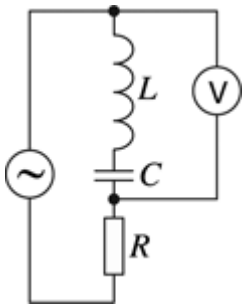


Obr. 5-348

5.349 1 Určete impedanci obvodu střídavého proudu, v němž jsou sériově spojeny obvodové prvky: a) rezistor s odporem 3,0 Ω a cívka s induktancí 4,0 Ω; b) rezistor s odporem 6,0 Ω a kondenzátor s kapacitancí 8,0 Ω; c) rezistor s odporem 12,0 Ω, kondenzátor s kapacitancí 8,0 Ω a cívka s induktancí 20,0 Ω.

5.350 1 V obvodu s *RLC* v sérii platí, že při frekvenci 50 Hz je $X_L = 2X_C$. Jak se musí změnit frekvence, aby nastala rezonance?

5.351 1 Obvodem na obr. 5-351 [5-73] prochází střídavý proud o frekvenci 50 Hz. Jestliže kapacita kondenzátoru je 15 μF, je výchylka ručky voltmetru nulová. Určete indukčnost cívky.



Obr. 5-351

5.352 1 Kondenzátor je spojen s cívkou sériově. Prochází-li obvodem střídavý proud o frekvenci 20 kHz, je induktance cívky 5,0 kΩ. Jakou kapacitu musí mít kondenzátor, aby nastala rezonance?

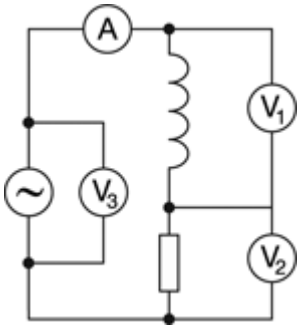
5.353 1 Cívka o indukčnosti L je sériově spojena s kondenzátorem o kapacitě C. Obvodem prochází proud o frekvenci 50 Hz. Jakou hodnotu musí mít součin LC, aby nastala rezonance obvodu?

5.354 1 Kondenzátor o kapacitě 1,6 μF je sériově spojen s cívkou. Obvodem prochází střídavý proud o frekvenci 400 Hz. Jakou indukčnost musí mít cívka, aby nastala rezonance?

5.355 1 Obvod střídavého proudu je tvořen sériovým spojením žárovky, kondenzátoru o kapacitě 20 μF a cívky, která má bez jádra indukčnost 0,1 H a se zasunutým jádrem 1 H. Obvodem prochází střídavý proud o frekvenci 50 Hz. Jak se bude měnit svítivost vlákna žárovky při zasouvání jádra? Při které indukčnosti bude svítivost největší?

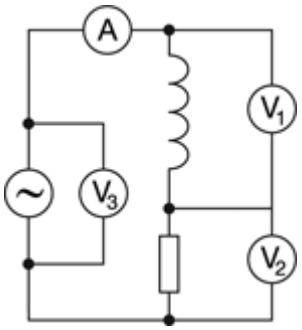
5.356 1 Cívka o indukčnosti 3.10^{-5} H je sériově spojena s deskovým kondenzátorem, jehož desky mají obsah plochy 100 cm^2 a vzájemnou vzdálenost 0,1 mm. Při průchodu střídavého proudu o frekvenci 400 kHz nastala rezonance. Určete relativní permitivitu prostředí mezi deskami kondenzátoru.

5.357 1 V obvodu na obr. 5-357 [5-74a] má cívka indukčnost 48 mH a rezistor má odpor 8,0 Ω. Jaké hodnoty veličin budou ukazovat měřicí přístroje, jestliže voltmetr V_3 ukazuje napětí 34 V a frekvence střídavého proudu je 50 Hz? Určete fázový rozdíl mezi napětím a proudem.



Obr. 5-357

5.358 1 V obvodu na obr. 5-358 [5-74a] je místo cívky kondenzátor. Ampérmetr ukazuje proud 1,0 A, voltmetr V_1 ukazuje napětí 160 V a voltmetr V_2 napětí 120 V. Určete kapacitu kondenzátoru a napětí zdroje (voltmetr V_3). Frekvence střídavého proudu je 50 Hz.



Obr. 5-358

5.359 Sériový obvod střídavého proudu o frekvenci 50 Hz se skládá z reostatu o odporu 240 Ω a dvou kondenzátorů o kapacitách 16 μF spojených paralelně. Kolikrát se změní proud v obvodu, jestliže jeden kondenzátor odpojíme? Jakou část reostatu musíme vyřadit, aby obvodem procházel původní proud?

5.360 Kondenzátor je sériově spojen se žárovkou. Obvod je připojen ke zdroji střídavého napětí 220 V o frekvenci 50 Hz. Jakou kapacitu musí mít kondenzátor, aby jmenovité hodnoty napětí a proudu žárovky byly 55 V a 0,50 A?

5.361 Cívkou v obvodu stejnosměrného proudu prochází při napětí 4,0 V proud 0,50 A. V obvodu střídavého proudu při napětí 9,0 V a frekvenci 50 Hz prochází cívkou proud 180 mA. Určete indukčnost cívky.

5.362 Tlumivka o indukčnosti 2 H a odporu vinutí 20 Ω je připojena nejprve ke zdroji stejnosměrného napětí 20 V a pak ke zdroji střídavého napětí o stejné hodnotě a o frekvenci 50 Hz. Určete proud v obvodu v obou případech.

5.363 Do obvodu střídavého proudu o frekvenci 50 Hz je zapojena tlumivka o indukčnosti 1,50 H a odporu 150 Ω .Tlumivkou prochází proud 450 mA. Určete napětí na tlumivce a fázový rozdíl mezi napětím a proudem.

5.364 Jakou kapacitu musí mít kondenzátor připojený sériově k tlumivce z předcházející úlohy, aby fázový rozdíl napětí a proudu byl nulový? Jaký proud bude obvodem procházet při napětí 120 V?

5.365 K tlumivce o indukčnosti 60 mH a odporu 10 Ω chceme připojit do série rezistor o takovém odporu, aby vznikl obvod o impedanci 26 Ω. Frekvence střídavého proudu je 50 Hz. Určete odpor rezistoru.

5.366 Žárovku se jmenovitými hodnotami napětí a proudu 55 V/0,15 A chceme připojit ke zdroji střídavého napětí 220 V o frekvenci 50 Hz pomocí tlumivky spojené se žárovkou do série. Určete indukčnost tlumivky. Odpor tlumivky neuvažujte.

5.367 Elektrický vařič můžeme připojit buď ke zdroji stejnosměrného napětí, nebo ke zdroji střídavého napětí. Voltmetrem naměříme u obou zdrojů stejné napětí. Bude vařič hřát v obou případech stejně? Odpověď zdůvodněte. Indukčnost topné spirály vařiče je zanedbatelně malá.

5.368 V elektrické síti mohou být efektivní hodnoty napětí 380 V; 220 V; 120 V. Určete příslušné amplitudy napětí.

5.369 Střídavé napětí má efektivní hodnotu 156 V. Určete amplitudu napětí. Za jakou dobu od počátečního okamžiku dosáhne okamžitá hodnota střídavého napětí efektivní hodnoty, je-li jeho frekvence 50 Hz? V počátečním okamžiku je hodnota střídavého napětí nulová.

5.370 Můžeme do obvodu střídavého proudu o efektivním napětí 220 V připojit kondenzátor, který je konstruován na maximální napětí 250 V?

5.371 Pro jaké napětí musí být vypočtena izolace vedení, kterým se přenáší střídavý proud o efektivním napětí 6,0 kV?

5.372 Rezistor o odporu 20 Ω je připojen ke zdroji střídavého napětí o efektivní hodnotě 24 V a frekvenci 50 Hz. Napište rovnici pro okamžitou hodnotu proudu v obvodu. Počáteční fáze proudu je nulová. Určete efektivní hodnotu proudu v obvodu.

5.373 Ke zdroji střídavého napětí o efektivní hodnotě 120 V je připojena doutnavka. Jestliže napětí mezi elektrodami dosáhne hodnoty 85 V, vznikne v doutnavce výboj, a když napětí na tuto hodnotu poklesne, výboj zanikne. Určete dobu, po kterou doutnavka svítí v průběhu poloviny periody střídavého napětí o frekvenci 50 Hz.

5.374 Okamžité hodnoty střídavého proudu a napětí v elektrickém obvodu jsou vyjádřeny rovnicemi: $\{i\} = 5{,}0 \sin \omega\{t\}$, $\{u\} = 100 \sin (\omega\{t\} + \pi/6)$. Určete efektivní hodnoty napětí a proudu v obvodu, účiník a činný výkon. Má spotřebič v obvodu vlastnost kapacitance, anebo induktance?

5.375 Do obvodu s elektromotorem je připojen voltmetr, který ukazuje napětí 220 V, ampérmetr ukazuje proud 10 A a wattmetr ukazuje činný výkon 2,0 kW. Určete účiník a fázové posunutí napětí a proudu v obvodu.

5.376 Určete proud procházející spotřebičem při napětí 220 V, je-li činný výkon 2,2 kW a účiník 0,80.

5.377 Jak se bude měnit činný výkon střídavého proudu ve spotřebiči při zvyšování frekvence, jestliže spotřebič má vlastnosti a) induktance, b) kapacitance?

5.378 Spotřebič s vlastnostmi induktance má v obvodu střídavého proudu o frekvenci 50 Hz impedanci 10 Ω a účiník 0,60. Určete odpor a indukčnost spotřebiče.

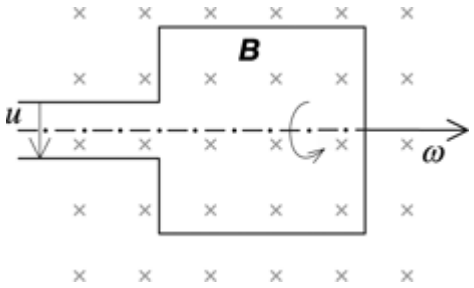
5.379 Spotřebič připojený ke zdroji střídavého napětí 220 V o frekvenci 50 Hz byl v chodu 1 hodinu a procházel jím proud 10 A. Elektroměr za tuto dobu naměřil spotřebovanou energii 1,5 kWh. Určete účiník spotřebiče.

5.380 Elektromotorem prochází při střídavém proudu o napětí 220 V a frekvenci 50 Hz proud 2,0 A. Účiník je 0,50. Elektromotor připojíme ke zdroji střídavého napětí 120 V přes kondenzátor s takovou kapacitou, že elektromotorem prochází opět proud 2,0 A. Určete kapacitu kondenzátoru. Jak se změní účiník obvodu? Při jakém nejmenším napětí může motor pracovat?

5.381 Závit uzavírající plochu o obsahu 100 cm^2 se otáčí v homogenním magnetickém poli s magnetickou indukcí o velikosti 0,050 T kolem osy kolmé k indukčním čárám tak, že vykoná 300 otáček za sekundu (obr. 5-381 [5-76]).

a) Určete okamžité hodnoty u_1 indukovaného elektromotorického napětí v polohách, v nichž normála plochy závitu svírá s vektorem $\boldsymbol{B}$ úhly 0°, 45°, 90°, 135°, 180°, 225°, 270°, 315°, 360°.

b) Zobrazte grafem průběh závislosti $u = u(\omega t)$.



Obr. 5-381

5.382 Primární cívka jednofázového transformátoru má 400 závitů a je připojena ke zdroji střídavého napětí 220 V. Sekundární cívka se skládá ze tří navzájem oddělených částí A, B, C (obr. 5-382 [5-77]).

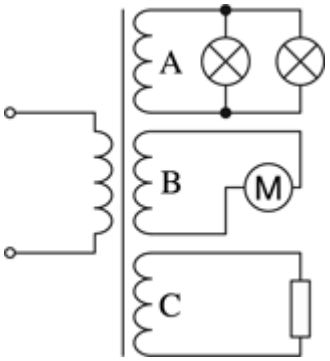
A: K cívce A jsou připojeny dvě žárovky, na nichž jsou údaje 6 V, 0,5 A. Žárovky jsou navzájem paralelně spojeny. Kolik závitů má mít cívka A?

B: K cívce B je připojen elektromotor na napětí 12 V s příkonem 24 W. Kolik závitů má mít cívka B?

C: Cívka C má 64 závitů a je připojena ke spotřebiči, který z ní odebírá proud 2,0 A. Jaké napětí je na svorkách spotřebiče?

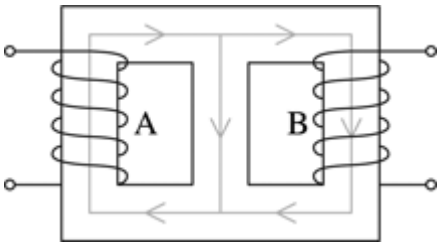
Jaký proud prochází primární cívkou?

Předpokládáme, že tepelné ztráty v cívkách a ztráty magnetizací jádra transformátoru jsou zanedbatelně malé (transformátor pracuje s účinností 100 %).



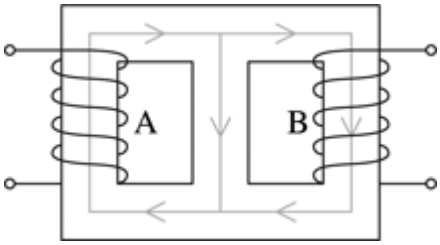
Obr. 5-382

5.383 Jádro transformátoru má tvar, který je znázorněn na obr. 5-383 [5-78]. Na jádru jsou navinuty dvě cívky A, B. Magnetický indukční tok vznikající v kterékoliv z těchto cívek nevystupuje z jádra, ale rozvětvuje se v něm tak, že jeho hodnoty ve větvích jsou navzájem stejné. Připojíme-li cívku A ke zdroji střídavého napětí 40 V, indukuje se na cívce B napětí U. Jaké napětí se bude indukovat na cívce A, připojíme-li cívku B ke zdroji střídavého napětí U?



Obr. 5-383

5.384 Na jádru transformátoru, znázorněném na obr. 5-384 [5-78], jsou navinuty dvě cívky A, B. Jestliže cívku A připojíme ke zdroji střídavého napětí, naměříme na cívce B napětí 13,3 V. Jestliže k témuž zdroji připojíme cívku B, naměříme na cívce A napětí 120 V. Určete transformační poměr.



Obr. 5-383

5.385 Primární cívka jednofázového transformátoru má 880 závitů, sekundární cívka 1200 závitů. Jaké napětí bude na sekundární cívce, když primární cívku připojíme ke střídavému napětí 220 V?

5.386 Jaké maximální napětí U_m je na svorkách spotřebiče, ukazuje-li připojený voltmetr napětí 120 V?

5.387 Sekundární cívkou transformátoru prochází proud 200 mA a je na ní napětí 4 V. Primární cívka je připojena ke střídavému napětí 220 V.

a) Jaký proud prochází primární cívkou?

b) Změní se něco na výsledku řešení, budeme-li předpokládat, že účinnost transformátoru je jen 90 %?

5.388 Cívka se skládá ze 400 obdélníkových závitů o stranách 15 cm a 20 cm. Rovnoměrně se otáčí 3 000krát za minutu v homogenním magnetickém poli s magnetickou indukcí o velikosti 5 mT. Vypočtěte maximální hodnotu elektomotorického napětí indukovaného na cívce.

5.389 Cívkami jednofázového transformátoru procházejí harmonické střídavé proudy o frekvenci 50 Hz. Jaká je maximální hodnota magnetického indukčního toku v jádru transformátoru, jestliže se na jednom závitu vinutí indukuje efektivní napětí 0,25 V?

5.390 Primární cívkou jednofázového transformátoru prochází střídavý proud o frekvenci 50 Hz. V uzavřeném jádru transformátoru je magnetický indukční tok s maximální hodnotou $2 \cdot 10^{-3}$ Wb. Určete efektivní hodnotu střídavého napětí indukovaného na sekundární cívce se 100 závity.

5.391 Cívky trojfázového alternátoru jsou spojeny do hvězdy.

a) Nakreslete fázorový diagram a v něm pomocí fázorů $\boldsymbol{U}_f$, $\boldsymbol{U}_s$ znázorněte fázové a sdružené napětí.

b) Odvoďte vztah pro vzájemnou souvislost napětí $\boldsymbol{U}_f$, $\boldsymbol{U}_s$.

5.392 Jaký proud odebírá z elektrické sítě jednofázový elektromotor, který při napětí 220 V a účiníku 0,80 pracuje s výkonem 6,0 kW, jestliže jeho účinnost je 82 %?

5.393 Elektromotor z předešlé úlohy je třeba připojit ke zdroji napětí 220 V, který je ve vzdálenosti 1 000 m. Napětí na svorkách elektromotoru by nemělo být menší než 210 V.

a) Lze pro vedení použít hliníkový drát o průměru 6,0 mm?

b) Určete nejmenší průměr měděného drátu, který by bylo možné pro vedení použít.

c) Navrhněte jinou možnost připojení elektromotoru ke zdroji napětí.

5.394 Na primárním vinutí transformátoru je napětí 2,0 kV a vinutím prochází proud 2,0 A. Na sekundární cívku transformátoru je připojen elektromotor, který pracuje s účiníkem 0,82 při napětí 220 V. Jaký proud odebírá elektromotor z transformátoru? Jaký je příkon elektromotoru?

5.395 Na elektrickou rozvodnou síť střídavého napětí 2,2 kV máme připojit spotřebiče s celkovým příkonem 4,0 kW. Spotřebiče jsou konstruovány na napětí 220 V, a když jsou všechny současně zapojeny, je hodnota účiníku 0,88. Jak vyřešíte připojení spotřebičů na rozvodnou síť? Jaký proud bude procházet přívodními vodiči?

5.396 Během třetí směny pracuje v továrně jen jedna pětina všech elektrických strojů. Ze sítě elektrického rozvodu 22 kV odebírá továrna proud 8,0 A, při hodnotě účiníku 0,98. Jaký proud odebírá továrna při plném provozu a při hodnotě účiníku 0,86? Jaký je celkový příkon továrny?

5.5 Elektromagnetické kmitání a vlnění

5.397 Nabitý kondenzátor je připojen k cívce. Určete dobu od připojení kondenzátoru k cívce, za kterou se poprvé bude rovnat energie elektrického pole kondenzátoru energii magnetického pole cívky. Dobu vyjádřete v násobcích periody.

5.398 Jak se bude měnit frekvence kmitání oscilačního obvodu, jestliže budeme desky kondenzátoru v oscilačním obvodu navzájem přibližovat?

5.399 Oscilační obvod se skládá z kondenzátoru o kapacitě 100 pF a z cívky o indukčnosti 64 μH. Určete periodu a frekvenci vlastního kmitání oscilátoru.

5.400 Oscilační obvody mají parametry $C_1 = 450$ pF, $L_1 = 2{,}0$ μH, $C_2 = 1{,}2$ nF, $L_2 = 7{,}5 \cdot 10^{-7}$ H. Který obvod kmitá s vyšší frekvencí?

5.401 Kondenzátor oscilačního obvodu má kapacitu 1,0 μF. Určete indukčnost cívky oscilačního obvodu, při které by frekvence vlastního kmitání obvodu byla 1,0 kHz. Jakou

kapacitu bude mít kondenzátor, který musíme připojit paralelně k původnímu kondenzátoru, aby se frekvence vlastního kmitání obvodu zmenšila na polovinu?

5.402 Jakou indukčnost musí mít cívka, která tvoří oscilační obvod s kondenzátorem o kapacitě 50 pF, aby frekvence vlastního kmitání obvodu byla 10 MHz?

5.403 Oscilační obvod, jehož cívka má indukčnost 0,50 mH, kmitá s frekvencí vlastního kmitání 1,0 MHz. Určete kapacitu kondenzátoru v obvodu.

5.404 Oscilační obvod se skládá z cívky o indukčnosti 3,0 mH a deskového kondenzátoru, jehož desky mají tvar disků o poloměru 1,2 cm. Vzájemná vzdálenost desek je 0,30 mm a mezi deskami je vzduch. Určete periodu oscilačního obvodu. Jak se změní perioda kmitání obvodu, jestliže mezi desky vložíme dielektrikum o relativní permitivitě 4,0?

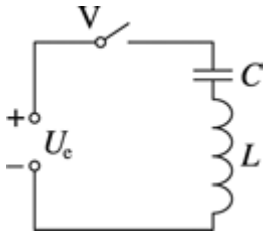
5.405 Oscilační obvod tvoří kondenzátor o kapacitě 10 μF a cívka s měnitelnou indukčností. V jakém intervalu se musí měnit indukčnost cívky, aby se frekvence vlastního kmitání oscilačního obvodu měnila v intervalu od 400 Hz do 500 Hz?

5.406 Oscilační obvod tvoří kondenzátor o kapacitě 24 nF a cívka s indukčností 0,60 H. V počátečním okamžiku je kondenzátor nabit na napětí 50 V. Napište rovnice pro okamžitou hodnotu náboje na deskách kondenzátoru a pro okamžitou hodnotu proudu v obvodu.

5.407 Pro oscilační obvod v úloze 5.406 (C = 24 nF, L = 0,60 H, U_m = 50 V) určete v časových okamžicích $T/8$, $T/4$ a $T/2$ a) napětí na deskách kondenzátoru, b) energii elektrického pole kondenzátoru, c) energii magnetického pole cívky.

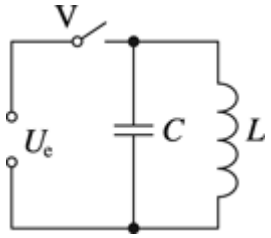
5.408 Napětí na deskách kondenzátoru v oscilačním obvodu se mění podle rovnice $\{u\} = 50 \cos 1{,}0 \cdot 10^4 \pi\{t\}$. Kapacita kondenzátoru je 0,10 μF. Určete a) periodu kmitání obvodu, b) indukčnost cívky v obvodu, c) rovnici pro okamžitou hodnotu proudu obvodu.

5.409 V obvodu na obr. 5-409 [5-79] sepneme vypínač V. Určete největší proud v obvodu a největší napětí na kondenzátoru.



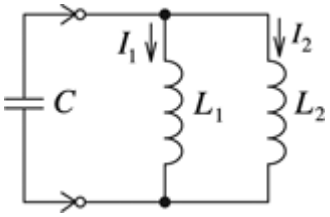
Obr. 5-409

5.410 Ke zdroji stejnosměrného napětí 10 V je připojen oscilační obvod tvořený kondenzátorem o kapacitě 20 μF a cívkou o indukčnosti 20 mH (obr. 5-410 [5-81]). Při sepnutém vypínači prochází cívkou proud 2 A. Vypínač rozpojíme. Určete náboj kondenzátoru v okamžiku, kdy cívkou prochází proud 1 A. Ztráty vznikající přeměnou energie na vnitřní energii obvodu neuvažujte.



Obr. 5-410

5.411 Dvě cívky o indukčnostech L_1 a L_2 jsou spojeny paralelně a v určitém okamžiku je k nim připojen kondenzátor o kapacitě C, nabitý na napětí U (obr. 5-411 [5-82]). Určete amplitudy proudů procházejících cívkami.



Obr. 5-411

5.412 Dva stejné oscilační obvody spojené vazbou mají rezonanční frekvenci f_0. Do cívek obvodů vsuneme ocelová jádra a jejich indukčnost se zvětší 4krát. Jak se změní rezonanční frekvence obvodů? Jak se změní energie nucených kmitů, jsou-li maximální náboje kondenzátorů stejné?

5.413 Jeden oscilační obvod má parametry: indukčnost cívky 3 mH a kapacitu kondenzátoru 2 μF. Druhý oscilační obvod, spojený s ním vazbou, má parametry: indukčnost cívky 4 mH a kapacitu kondenzátoru 1 μF. Jsou obvody v rezonanci? Jestliže nejsou, určete, jak je třeba upravit parametry druhého obvodu, aby nastala rezonance.

5.414 V oscilačním obvodu, jehož kondenzátor má kapacitu 1,0 μF, nastala rezonance při frekvenci 400 Hz. Jestliže ke kondenzátoru paralelně připojíme další kondenzátor, nastane rezonance při frekvenci 100 Hz. Určete kapacitu připojeného kondenzátoru. Odpor obvodu zanedbejte.

5.415 Radiokomunikační pásmo VKV má frekvenční rozsah 88 MHz až 103 MHz. Určete největší a nejmenší vlnovou délku elektromagnetického vlnění v tomto pásmu.

5.416 Podle mezinárodní dohody vysílají lodi nouzové volání SOS na vlnové délce 600 m. Určete frekvenci tohoto elektromagnetického vlnění.

5.417 Televizní vysílač v 1. televizním pásmu pracuje s frekvencí 50 MHz. Určete délku půlvlnného dipólu pro příjem tohoto vysílání.

5.418 Anténní dipól pro příjem televizního vysílání má délku 0,9 m. Pro jakou frekvenci televizního vysílání je určen?

5.419 Oscilační obvod přijímače je naladěn na příjem vysílání přenášeného elektromagnetickým vlněním o vlnové délce 5 m. Určete indukčnost cívky oscilačního obvodu, je-li jeho kapacita 20 pF.

5.420 Na jakou vlnovou délku je naladěn oscilační obvod přijímače, který se skládá z cívky o indukčnosti 2,0 mH a z deskového kondenzátoru? Desky kondenzátoru jsou ve vzájemné vzdálenosti 1,0 cm, obsah plochy desek je 800 cm^2 a relativní permitivita dielektrika mezi deskami je 11.

5.421 Určete kapacitu kondenzátoru oscilačního obvodu, jehož cívka má indukčnost 50 μH, jestliže obvod je naladěn na příjem elektromagnetického vlnění o vlnové délce 300 m.

5.422 Oscilační obvod oscilátoru vysílače se skládá z cívky o indukčnosti 50 μH a z kondenzátoru, jehož kapacitu lze měnit od 60 pF do 240 pF. Určete interval vlnových délek elektromagnetického vlnění, v němž pracuje vysílač.

5.423 Rozhlasový přijímač ladíme nejčastěji změnou obsahu plochy, kterou se překrývají desky rotoru a statoru ladicího kondenzátoru. Jak se změní obsah této plochy při přeladění přijímače na signál vysílače, který vysílá elektromagnetické vlnění o větší vlnové délce?

5.424 Kapacita ladicího kondenzátoru přijímače se mění v rozsahu od C_1 do $C_2 = 9C_1$. Určete rozsah vlnových délek, na jejichž příjem lze rozhlasový přijímač naladit, jestliže při kapacitě C_1 kmitá oscilační obvod přijímače s frekvencí 100 MHz.

5.425 1 Velmi dlouhé dvouvodičové vedení je připojeno ke zdroji střídavého napětí o amplitudě 1,0 V a frekvenci 75 MHz. Určete napětí mezi vodiči ve vzdálenosti 5,5 m od zdroje v okamžiku, kdy je napětí zdroje nulové.

5.426 1 Velmi dlouhé dvouvodičové vedení je připojeno ke zdroji střídavého napětí o amplitudě 2,0 V a frekvenci 150 MHz. Určete vzdálenost od zdroje, v níž je napětí mezi vodiči 1,0 V, je-li v daném okamžiku napětí zdroje 2,0 V.

5.427 Proč vodič ve tvaru smyčky (obr. 5-427 [5-84]) připojený ke zdroji vysokofrekvenčního napětí nevyzařuje elektromagnetické vlnění?

Obr. 5-427

5.428 1 Dvouvodičovým vedením naprázdno prochází střídavý proud, pro který platí

$$i_1 = I_m \sin 2\pi\left(\frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda}\right),$$

kde x je vzdálenost od konce vedení. Na konci vedení nastává odraz s opačnou fází a pro proud v odražené vlně platí

$$i_2 = -I_m \sin 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right).$$

Odvoďte vztah pro stojatou vlnu proudu. Určete, v jaké vzdálenosti od konce vedení má proud kmitny a uzly.

5.429 1 V úloze 428 se řeší případ stojatého elektromagnetického vlnění ve vedení naprázdno. Jaký průběh bude mít stojaté elektromagnetické vlnění ve vedení, které má konce vodivě spojené (vedení nakrátko; $R = 0$)? Odvoďte vztahy pro napětí a proud ve vedení.

5.430 Dvouvodičové vedení naprázdno má délku 12 m. Určete, kolikrát menší jsou amplitudy napětí a proudu ve stojaté vlně ve vzdálenosti 5,0 m od konce vedení vzhledem k amplitudám napětí a proudu v místech, v nichž jsou kmitny. Řešte pro základní frekvenci vedení (délce l vedení odpovídá polovina vlnové délky λ stojaté elektromagnetické vlny; $l = \lambda/2$). Využijte řešení úlohy 5.428.

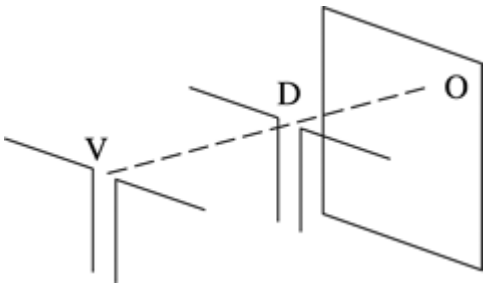
5.431 Jak se změní výsledky předešlé úlohy v případě vedení nakrátko? Řešte opět pro základní frekvenci vedení (délka vedení $l = \lambda/4$).

5.432 Dvouvodičové vedení naprázdno je připojeno ke zdroji vysokofrekvenčního napětí o frekvenci 400 MHz. Jakou délku musí mít vedení, aby na něm vznikly 4 uzly napětí? (V místě připojení zdroje je kmitna napětí.)

5.433 Jestliže umístíme před dipól vysílače kovovou desku, vznikne stojaté vlnění, jehož sousední kmitny jsou ve vzájemné vzdálenosti 15 cm. Určete frekvenci vysílače.

5.434 Elektromagnetické vlnění o frekvenci 375 MHz dopadá kolmo na odraznou plochu a v prostoru před odraznou plochou vzniká stojaté vlnění. V jaké vzdálenosti od odrazné plochy musíme umístit přijímací dipól, aby se dipól rozkmital s maximální amplitudou? V místě dopadu elektromagnetického vlnění má stojatá vlna uzel.

5.435 Pokusný vysílač V vyzařuje elektromagnetické vlnění o frekvenci 428 MHz. Ve vzdálenosti 3,7 m od dipólu vysílače je umístěna odrazná plocha O (obr. 5-435 [5-85]). Podél spojnice odrazné plochy a dipólu vysílače přemisťujeme dipól D přijímače. Kolikrát se při přemisťování signál zesílí a opět zeslabí?



Obr. 5-435

5.436 Proč jsou při radiolokaci elektromagnetické vlny vysílány v krátkých impulzech, a ne nepřetržitě?

5.437 Radiolokátor vysílá 2 000 impulzů za sekundu. Do jaké vzdálenosti lze tímto radiolokátorem zjišťovat sledované objekty?

5.438 Určete největší vzdálenost, do níž lze zjišťovat sledované objekty radiolokátorem, jestliže stopa elektronového paprsku na obrazovce radiolokátoru se pohybuje s periodou 4 ms.

5.439 Nakreslete do sešitu stupnici vzdáleností pro obrazovku radiolokátoru o průměru 20 cm, jestliže se stopa na obrazovce pohybuje s periodou 4 ms.

5.440 V jaké vzdálenosti od antény radiolokátoru je sledovaný objekt, jestliže se odražený signál vrátil za 200 μs? Určete maximální frekvenci impulzů radiolokátoru.

5.441 Radiolokátor vysílá za sekundu 5 000 impulzů elektromagnetického vlnění o vlnové délce 20 cm. Každý impulz tvoří 60 kmitů oscilátoru. Určete největší vzdálenost, do které lze radiolokátorem sledovat objekty. Určete dobu trvání jednoho impulzu.

5.442 Elektromagnetický dipól pro příjem vysílání ve vzduchu má délku 180 cm. Určete jeho délku pro příjem elektromagnetického vlnění se stejnou frekvencí ve vodě (relativní permitivita vody je 81, relativní permeabilita vzduchu je 1).

5.443 Elektromagnetické vlnění o vlnové délce 90 cm přechází ze vzduchu do prostředí, v němž se šíří rychlostí o velikosti $2{,}4 \cdot 10^8\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$. Určete délku dipólu pro příjem vlnění v tomto prostředí.

5.444 Určete základní frekvenci stojatého elektromagnetického vlnění ve dvouvodičovém vedení naprázdno o délce 1,5 m, které je ponořeno do petroleje (relativní permitivita petroleje je 2 a relativní permeabilita je 1).

5.445 Koaxiální kabel je tvořen vodičem, který prochází středem vodivého válce. Je-li prostor mezi vodičem a válcem vyplněn dielektrikem, sníží se rychlost elektromagnetického vlnění přenášeného kabelem o 20 %. Určete relativní permitivitu dielektrika.

5.1 Elektrické pole

V úlohách této kapitoly dosazujte $e = 1{,}602 \cdot 10^{-19}\ \mathrm{C}$, $k = 9 \cdot 10^9\ \mathrm{N \cdot m^2 \cdot C^{-2}}$, $\varepsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12}\ \mathrm{C^2 \cdot N^{-1} \cdot m^{-2}}$.

R5.1 Tělesa zelektrovaná a tělesa elektricky neutrální se navzájem přitahují.

R5.2 Po dotyku získá kulička elektrický náboj souhlasný s nábojem tyče, proto se od tyče odpuzuje.

R5.3 Ano, jeden konec tyče třeme srstí, druhý amalgamovanou kůží.

R5.4. Deska se při utírání obyčejnou látkou zelektruje a přitahuje další prach ze svého okolí.

R5.5 Použijeme např. kuličku z izolantu zavěšenou na niti. Kuličku nabijeme nábojem určité polarity. Pokud je její náboj souhlasný s nábojem tělesa, odpuzuje se. Pokud má opačný náboj než těleso, přitahuje se.

R5.6 $Q = 1\ \mu\mathrm{C} = 10^{-6}\ \mathrm{C}$, $e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}\ \mathrm{C}$; $n = ?$

$$n = \frac{Q}{e} = 6{,}2 \cdot 10^{12}$$

R5.7 $Q = -80\ \mu\mathrm{C} = -8{,}0 \cdot 10^{-5}\ \mathrm{C}$, $e = -1{,}6 \cdot 10^{-19}\ \mathrm{C}$; $n = ?$

$$n = \frac{Q}{e} = 5 \cdot 10^{14}$$

R5.8 a) $r_1 = 2r$, b) $r_2 = 3r$; $F = ?$

$$F \sim \frac{1}{r^2},\ F_1 = \frac{F}{4},\ F_2 = \frac{F}{9}$$

R5.9 F = 1 N, a) $r_1 = r/2$, b) $r_2 = r/3$; F = ?

$$F \sim \frac{1}{r^2}$$

a) $F_1 = 4$ N

b) $F_2 = 9$ N

R5.10 r = 10 cm = 0,1 m, $Q_1 = Q_2$ = 1 μC = 10^{-6} C; F = ?

$$F = k\frac{Q_1 Q_2}{r^2} = 0{,}9 \text{ N}$$

R5.11 $Q_1 = Q_2$ = 10 μC = 10^{-5} C, F = 10 N; r = ?

$$r = \sqrt{\frac{kQ_1Q_2}{F}} = 3 \cdot 10^{-1} \text{ m} = 30 \text{ cm}$$

R5.12 F = 3,6 N, r = 10 cm = 10^{-1} m; Q = ?

$$Q = r\sqrt{\frac{F}{k}} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ C} = 2\ \mu\text{C}$$

Poněvadž se náboje navzájem přitahují, mají náboje opačné znaménko: Q_1 = +2 μC, Q_2 = –2 μC.

R5.13 $r = 10^{-14}$ m, $Q_p = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C; F = ?

$$F = k\frac{Q_p^2}{r^2} = 2{,}3 \text{ N}$$

R5.14 Q_1 = 1 μF = 10^{-6} C, r = 3 cm = $3 \cdot 10^{-2}$ m, F = 1 N, a) $\varepsilon_r = 1$, b) $\varepsilon_r = 2$; Q_2 = ?

a) $Q_2 = \frac{Fr^2}{kQ_1} = 10^{-7} \text{ C} = 0{,}1\ \mu\text{C}$

b) $Q_2' = \frac{\varepsilon_r F r^2}{kQ_1} = \varepsilon_r Q_2 = 2 \cdot 10^{-7} \text{ C} = 0{,}2\ \mu\text{C}$

R5.15 Q_1 = 6 μC = $6 \cdot 10^{-6}$ C, Q_2 = –4 μC = $-4 \cdot 10^{-6}$ C, r = 6 cm = $6 \cdot 10^{-2}$ m; a) F = ?, b) F' = ?, Q' = ?

a) $F = k\frac{Q_1 Q_2}{r^2} = 60 \text{ N}$

b) $Q' = \frac{Q_1 + Q_2}{2} = 10^{-6} \text{ C} = 1\ \mu\text{C}$

$F' = k\frac{Q'^2}{r^2} = 2{,}5 \text{ N}$

R5.16 $Q = 20\ \mu\text{C} = 2 \cdot 10^{-5}\ \text{C}$, $F = 1\ \text{N}$; $E = ?$

$$E = \frac{F}{Q} = 5 \cdot 10^{4}\ \text{N} \cdot \text{C}^{-1}$$

R5.17 $E = 4 \cdot 10^{5}\ \text{N} \cdot \text{C}^{-1}$, $Q = 25\ \mu\text{C} = 2{,}5 \cdot 10^{-5}\ \text{C}$; $F = ?$

$F = QE = 10\ \text{N}$

R5.18 $r = 30\ \text{cm} = 0{,}3\ \text{m}$, $Q = 1\ \mu\text{C} = 10^{-6}\ \text{C}$; $E = ?$

$$E = k\frac{Q}{r^2} = 10^{5}\ \text{N} \cdot \text{C}^{-1}$$

R5.19 $Q = 10^{-2}\ \mu\text{C} = 10^{-8}\ \text{C}$, $r_1 = 1\ \text{m}$, $r_2 = 5\ \text{m}$; $f(E) = ?$

Závislost velikost intenzity elektrického pole E bodového náboje Q na vzdálenosti r je dána vztahem

$$E = k\frac{Q}{r^2}.$$

Dosadíme $k = 9 \cdot 10^{9}\ \text{N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$, $Q = 10^{-8}\ \text{C}$ a dostaneme

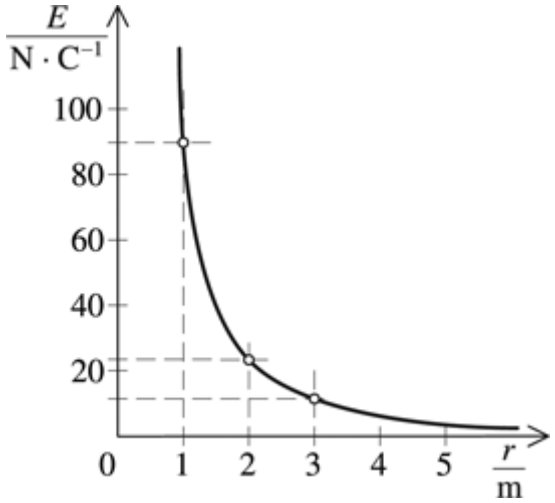
$$E = \frac{90\ \text{N} \cdot \text{C}^{-1} \cdot \text{m}^2}{r^2},$$

kde r je v metrech a intenzita E elektrického pole je v jednotkách $\text{N} \cdot \text{C}^{-1}$.

Číselné hodnoty intenzity E pro vzdálenost $r \in \langle 1\ \text{m}, 5\ \text{m} \rangle$ zapíšeme do tabulky

$\frac{r}{\text{m}}$	1	2	3	4	5
$\frac{E}{\text{N} \cdot \text{C}^{-1}}$	90	22,5	10	5,6	3,6

a sestrojíme graf závislosti velikosti intenzity E bodového náboje na vzdálenosti r (viz obr. R5-19 [5-1]).



Obr. R5-19

R5.20 $Q_1 = 1\ \mu C = 10^{-6}$ C, $Q_2 = 5\ \mu C = 5 \cdot 10^{-6}$ C, $r = 20$ cm $= 0{,}2$ m; E = ?

$$E_1 = k\frac{Q_1}{\left(\frac{r}{2}\right)^2},\ E_2 = -k\frac{Q_2}{\left(\frac{r}{2}\right)^2}$$

$$E = E_1 - E_2 = k\frac{1}{\left(\frac{r}{2}\right)^2}(Q_1 - Q_2) = 3{,}6 \cdot 10^6\ \mathrm{N \cdot C^{-1}}$$

R5.21 $|AB| = 2r$, a) $Q_1 = -Q_2$, b) $Q_1 = Q_2$; E = ?

a) $E_1 = k\frac{1}{r^2}(Q_1 + Q_2) = k\frac{2Q}{r^2}$

b) $E_2 = 0$

R5.22 Vzhledem ke konstantní vzdálenosti středu od nabitého kruhového prstence jsou zde elektrické síly, které by působily na kladný jednotkový náboj, navzájem vykompenzovány a intenzita elektrického pole $E = 0$.

R5.23 $Q_A = 8 \cdot 10^{-8}$ C, $Q_B = -8 \cdot 10^{-8}$ C, $r = 0{,}4$ m, $c = 0{,}3$ m; E_C = ?, E_D = ?

a) Ve středu C úsečky AB jsou intenzity $\boldsymbol{E}$ elektrického pole nábojů Q_A a Q_B stejně velké a stejného směru (viz obr. 5-23a [5-2a]). Velikost výsledné intenzity pole je proto

$$E_C = \frac{2kQ}{r^2},$$

kde $Q = Q_A = |Q_B|$. Pro dané veličiny je $E_C = 9 \cdot 10^3\ \mathrm{N \cdot C^{-1}}$.

b) V bodě D ležícím na ose úsečky AB jsou intenzity $\boldsymbol{E}$ elektrického pole od nábojů Q_A a Q_B opět stejné velké, ale různého směru (viz obr. 5-23b [5-2b]).

Velikost intenzity od každého náboje je $E = kQ/d^2$, kde

$$d = \sqrt{r^2 + c^2} = 0{,}5\ \mathrm{m}.$$

Velikost výsledné intenzity je pak

$$E_D = 2E\cos\alpha\,,$$

kde cos $\alpha = r/d$. Po dosazení $E = kQ/d^2$ dostáváme

$$E_D = \frac{2kQr}{d^3}\,.$$

Pro příslušné číselné hodnoty $E_D = 4{,}6 \cdot 10^3\ \mathrm{N \cdot C^{-1}}$.

Velikost intenzity elektrického pole ve středu C dané úsečky je $9 \cdot 10^3\ \mathrm{N \cdot C^{-1}}$, v bodě D je $4{,}6 \cdot 10^3\ \mathrm{N \cdot C^{-1}}$.

R5.24 $Q_1 = 1\ \mu\mathrm{C} = 10^{-6}$ C, $E_C = 0$; $Q_2 = ?$, $Q_3 = ?$

Intenzita elektrického pole v bodě C bude nulová, když budou náboje Q_1 a Q_2 souhlasné a stejně velké, tzn. když $Q_2 = 1\ \mu\mathrm{C}$, a když náboj Q_3 bude nulový ($Q_3 = 0$).

R5.25 $Q = 10\ \mu\mathrm{C} = 10^{-5}$ C, $E = 10^4\ \mathrm{V \cdot m^{-1}}$, $s = 10$ cm $= 0{,}1$ m; $W_\mathrm{e} = ?$

a) $W_\mathrm{e} = Fs = QEs = 10^{-2}$ J

b) Jestliže elektrická síla působí ve směru kolmém k intenzitě elektrického pole, práce se nekoná, $W_\mathrm{e} = 0$.

R5.26 $Q = 5\ \mu\mathrm{C} = 5 \cdot 10^{-6}$ C, $W_\mathrm{e} = 1$ J, $d = 20$ cm $= 0{,}2$ m; $E = ?$

Vektor $\boldsymbol{E}$ je kolmý k deskám a má směr od kladné desky k desce uzemněné.

$$|E| = \frac{W_\mathrm{e}}{Qd} = 10^6\ \mathrm{V \cdot m^{-1}}$$

R5.27 $Q = 50\ \mu\mathrm{C} = 5 \cdot 10^{-5}$ C, $W_\mathrm{e} = 0{,}2$ J; $\varphi = ?$

$$\varphi = \frac{W_\mathrm{e}}{Q} = 4 \cdot 10^3\ \mathrm{V} = 4\ \mathrm{kV}$$

R5.28 $Q = 12\ \mu\mathrm{C} = 1{,}2 \cdot 10^{-5}$ C, $\Delta\varphi = 500$ V; $W_\mathrm{e} = ?$

$W_\mathrm{e} = Q\Delta\varphi = 6 \cdot 10^{-3}$ J

R5.29 $\varphi_\mathrm{A} = +120$ V, $\varphi_\mathrm{B} = -80$ V, $W_\mathrm{e} = 2 \cdot 10^{-4}$ J; $Q = ?$

$$\Delta\varphi = \varphi_\mathrm{A} - \varphi_\mathrm{B} = 200\ \mathrm{V}$$

$$Q = \frac{W_\mathrm{e}}{\Delta\varphi} = 10^{-6}\ \mathrm{C} = 1\,\mu\mathrm{C}$$

R5.30 $Q = 1\ \mu\mathrm{C} = 10^{-6}$ C, $\varphi_1 = 300$ V, $\varphi_2 = 800$ V; $W_\mathrm{e} = ?$, a) $A \to B$, b) $A \to C$

a) $W_\mathrm{e} = Q\Delta\varphi = 5 \cdot 10^{-4}$ J

b) $W_e = 0$

R5.31 $Q = 0{,}25\mu C = 2{,}5 \cdot 10^{-4}$ C, $W_e = 10^{-3}$ J; $U = ?$

$$U = \frac{W_e}{Q} = 4 \cdot 10^3 \text{ V} = 4 \text{ kV}$$

R5.32 $U = 1\,000$ V, $d = 0{,}1$ m, $q = 10^{-6}$ C; $E = ?$, $W = ?$

a) Vztah mezi napětím U a intenzitou elektrického pole E mezi dvěma rovnoběžnými vodivými deskami je $U = Ed$. Odtud

$$E = \frac{U}{d}.$$

Pro dané hodnoty je velikost intenzity $E = 10^4 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$.

b) Vztah mezi napětím U a prací W, která se vykoná při přenesení náboje q mezi deskami, je $U = W/q$. Odtud

$W = qU$.

Pro dané hodnoty je práce $W = 10^{-3}$ J.

Velikost intenzity elektrického pole je $10^4 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$, práce vykonaná při přenesení náboje je 10^{-3} J.

R5.33 $d = 3$ cm $= 3 \cdot 10^{-2}$ m, $E = 10 \text{ kV} \cdot \text{m}^{-1} = 10^4 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$, $d' = 15$ cm $= 0{,}15$ m; a) $U = ?$, b) $E = ?$

a) $U = Ed = 300 \text{ V}$

b) $E = \frac{U}{d'} = 2 \cdot 10^3 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1} = 2 \text{ kV} \cdot \text{m}^{-1}$

R5.34 $d = 5$ cm $= 5 \cdot 10^{-2}$ m, $Q = 10\ \mu C = 10^{-5}$ C, $F_e = 1$ N; $U = ?$

$$U = \frac{F_e d}{Q} = 5 \cdot 10^3 \text{ V} = 5 \text{ kV}$$

R5.35 $d = 12$ cm $= 0{,}12$ m, $U = 600$ V; $E = ?$

$$E = \frac{U}{d} = 5 \cdot 10^3 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1} = 5 \text{ kV} \cdot \text{m}^{-1}$$

R5.36 $U = 220$ V, $E = 50 \text{ kV} \cdot \text{m}^{-1} = 5 \cdot 10^4 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$; $d = ?$

$$d = \frac{U}{E} = 4{,}4 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 4{,}4 \text{ mm}$$

R5.37 $r = 10$ cm $= 0{,}1$ m, $Q = 1\ \mu C = 10^{-6}$ C; $\sigma = ?$

$$\sigma = \frac{Q}{S} = \frac{Q}{4\pi r^2} = 8 \cdot 10^{-6} \text{ C} \cdot \text{m}^{-2} = 8\ \mu\text{C} \cdot \text{m}^{-2}$$

R5.38 $\sigma = 4\ \mu\text{C} \cdot \text{m}^{-2} = 4 \cdot 10^{-6}\ \text{C} \cdot \text{m}^{-2}$, $\varepsilon_r = 2$; a) $E_0 = ?$ pro $\varepsilon_r = 1$, b) $E = ?$ pro $\varepsilon_r = 2$

$$E = k\frac{Q}{r^2},\ \sigma = \frac{Q}{4\pi r^2}$$

a) $E_0 = k4\pi\sigma = 4{,}5 \cdot 10^5\ \text{V} \cdot \text{m}^{-1}$

b) $E = \frac{E_0}{\varepsilon_r} = 2{,}3 \cdot 10^5\ \text{V} \cdot \text{m}^{-1}$

R5.39 $r = 5\ \text{cm} = 5 \cdot 10^{-2}\ \text{m}$, $Q = 10^{-8}\ \text{C}$; $E = ?$, $\varphi = ?$

$$E = k\frac{Q}{r^2} = 3{,}6 \cdot 10^4\ \text{V} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$\varphi = \frac{kQ}{r} = 1{,}8 \cdot 10^3\ \text{V} = 1{,}8\ \text{kV}$$

R5.40 $Q = 1\ \mu\text{C} = 10^{-6}\ \text{C}$, $r = 5\ \text{cm} = 5 \cdot 10^{-2}\ \text{m}$; $E = ?$, $\varphi = ?$

Uvnitř kovové koule není elektrické pole, takže $E = 0$.

$$\varphi = k\frac{Q}{r} = 1{,}8 \cdot 10^5\ \text{V} = 180\ \text{kV}$$

R5.41 Přiblížíme-li ke kotouči nabitého elektroskopu dlaň ruky, jeho kapacita C se zvětšuje, ale náboj Q se nemění. Proto se potenciál φ zmenšuje ($\varphi = Q/C$) a to se projeví poklesem lístků elektroskopu.

R5.42 Přiblížíme k vodiči jiný vodič spojený se zemí.

R5.43 $C = 100\ \text{pF} = 10^{-10}\ \text{F}$, $Q = 1\ \mu\text{C} = 10^{-6}\ \text{C}$; $\varphi = ?$

$$C = \frac{Q}{\varphi} \Rightarrow \varphi = \frac{Q}{C} = 10^4\ \text{V} = 10\ \text{kV}$$

R5.44 $Q = 1\ \mu\text{C} = 10^{-6}\ \text{C}$, $\varphi = 5\ \text{kV} = 5 \cdot 10^3\ \text{V}$; $C = ?$

$$C = \frac{Q}{\varphi} = 2 \cdot 10^{-10}\ \text{F} = 0{,}2\ \text{nF}$$

R5.45 $C = 5\ \text{nF} = 5 \cdot 10^{-9}\ \text{F}$, $U = 200\ \text{V}$; $Q = ?$

$Q = C\varphi = 10^{-6}\ \text{C} = 1\ \mu\text{C}$

R5.46 $C_A = 20\ \text{pF} = 2 \cdot 10^{-11}\ \text{F}$, $Q_A = 3 \cdot 10^{-9}\ \text{C}$, $C_B = 30\ \text{pF} = 3 \cdot 10^{-11}\ \text{F}$, $Q_B = 4{,}5 \cdot 10^{-9}\ \text{C}$

$$\varphi_A = \frac{Q_A}{C_A} = 1{,}5 \cdot 10^2\ \text{V}$$

$$\varphi_B = \frac{Q_B}{C_B} = 1{,}5 \cdot 10^2\ \text{V}$$

Poněvadž jsou potenciály obou vodičů stejné, náboj se přemísťovat nebude.

R5.47 $r = 9\ \text{cm} = 9 \cdot 10^{-2}\ \text{m}$, $Q = 1\ \mu\text{C} = 10^{-6}\ \text{C}$; $C = ?$, $\varphi = ?$

$$C = \frac{Q}{\varphi} = \frac{Q}{k\frac{Q}{r}} = \frac{r}{k} = 10^{-11}\ \text{F} = 10\ \text{pF}$$

$$\varphi = k\frac{Q}{r} = 10^{5}\ \text{V} = 100\ \text{kV}$$

R5.48 $a = 20\ \text{cm} = 0{,}2\ \text{m}$, $b = 30\ \text{cm} = 0{,}3\ \text{m}$, $d = 6\ \text{mm} = 6 \cdot 10^{-3}\ \text{m}$; $C = ?$

$$C = \varepsilon_0 \frac{S}{d} = \varepsilon_0 \frac{ab}{d} = 9 \cdot 10^{-11}\ \text{F} \approx 90\ \text{pF}$$

R5.49 $S = 200\ \text{cm}^2 = 2 \cdot 10^{-2}\ \text{m}$, $d = 3\ \text{mm} = 3 \cdot 10^{-3}\ \text{m}$, $\varepsilon_\text{r} = 6$; $C = ?$

$$C = \varepsilon_0 \varepsilon_\text{r} \frac{S}{d} = 3{,}5 \cdot 10^{-10}\ \text{F} = 350\ \text{pF}$$

R5.50 b) $\varepsilon_\text{r} > 1$

a) Poněvadž $C \sim 1/d$, kapacita deskového kondenzátoru se zmenší.

b) Poněvadž $C \sim \varepsilon_\text{r}$, kapacita deskového kondenzátoru se zvětší.

R5.51 $S = 10^{-2}\ \text{m}^2$, $d = 5 \cdot 10^{-3}\ \text{m}$, $\varepsilon_\text{r} = 6$, $Q = 3{,}2 \cdot 10^{-6}\ \text{C}$; $U = ?$

Kapacita deskového kondenzátoru je dána vztahem

$$C = \varepsilon_0 \varepsilon_\text{r} \frac{S}{d},$$

kde ε_0 je permitivita vakua, ε_r relativní permitivita dielektrika, S obsah účinné plochy desek, d vzdálenost desek.

Napětí mezi deskami kondenzátoru určíme ze vztahu $Q = CU$, tedy $U = Q/C$, a po dosazení za kapacitu C je

$$U = \frac{Qd}{\varepsilon_0 \varepsilon_\text{r} S}.$$

Pro dané hodnoty $U = 30\ \text{kV}$.

Mezi deskami kondenzátoru je napětí 30 kV.

R5.52 $C_0 = 500\ \text{pF} = 5 \cdot 10^{-10}\ \text{F}$, $U_0 = 100\ \text{V}$, $\varepsilon_\text{r} = 2$; a) $C = ?$, b) $U = ?$

a) $C = \varepsilon_\text{r} C_0 = 10^{-9}\ \text{F} = 1\ \text{nF}$

b) $U = \frac{Q}{C} = \frac{Q}{\varepsilon_\text{r} C_0} = \frac{U_0}{\varepsilon_\text{r}} = 50\ \text{V}$

R5.53 $C = 50\ \mu\text{F} = 5 \cdot 10^{-5}\ \text{F}$, $U = 400\ \text{V}$; $W_\text{e} = ?$

$$W_e = \frac{1}{2}CU^2 = 4\ \text{J}$$

R5.54 $C_0 = 500$ pF

a) spojení paralelně: $C_1 = 2C_0 = 1$ nF

b) spojení do série: $C_2 = C_0/2 = 250$ pF

R5.55 a) paralelně, b) do série.

R5.56 $C_1 = 2$ nF $= 2 \cdot 10^{-9}$ F, $C_2 = 3$ nF $= 3 \cdot 10^{-9}$ F, $C_3 = 6$ nF $= 6 \cdot 10^{-9}$ F, $U_0 = 300$ V; a) C = ?, b) $U_{1,2,3}$ = ?

$$\text{a)}\ \frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

$$C = \frac{C_1C_2C_3}{C_2C_3 + C_1C_3 + C_1C_2} = 10^9\ \text{F} = 1\ \text{nF}$$

b) Všechny kondenzátory mají stejný náboj, takže $U \sim 1/C$.

$$U_1 : U_2 : U_3 = \frac{1}{C_1} : \frac{1}{C_2} : \frac{1}{C_3}$$

$$U_1 = 150\ \text{V}, U_2 = 100\ \text{V}, U_3 = 50\ \text{V}$$

R5.57 $C_1 = 1$ pF, $C_2 = 4$ pF, $C_3 = 3$ pF; C = ?

$$\frac{1}{C_{12}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \Rightarrow C_{12} = \frac{C_1C_2}{C_1 + C_2} = \frac{4}{5}\ \text{pF}$$

$$C = C_{12} + C_3 = 3{,}8\ \text{pF}$$

5.2 Elektrický proud v pevných látkách

R5.58 $t = 1$ min $= 60$ s, a) $Q = 150$ C, b) $Q = 30$ C; I = ?

$$\text{a)}\ I = \frac{Q}{t} = 2{,}5\ \text{A}$$

$$\text{b)}\ I = \frac{Q}{t} = 0{,}5\ \text{A}$$

R5.59 $t = 30$ min $= 1\,800$ s, $Q = 1\,800$ C, $Q' = 600$ C; I = ?, t = ?

$$I = \frac{Q}{t} = 1\ \text{A}$$

$$t = \frac{Q'}{I} = 600\ \text{s} = 10\ \text{min}$$

R5.60 a) $\Delta t = 5$ s, $I_{max} = 12$ A, $I_p = 6$ A; Q = ?

$$Q = I_p \Delta t = 30\ \mathrm{C}$$

b) $\Delta t = 7{,}5$ s, $I_{max} = 8$ A, $I_p = 4$ A; $Q = ?$

$$Q = I_p \Delta t = 30\ \mathrm{C}$$

R5.61 $C = 5\ \mu\mathrm{F} = 5 \cdot 10^{-6}$ C, $U = 200$ V, $t = 10^{-3}$ s; $I = ?$

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{CU}{t} = 1\ \mathrm{A}$$

R5.62 $t = 3$ s, $I = 150$ A, $I' = 4{,}5$ A; $t' = ?$

$$Q = It = I't' \Rightarrow t' = \frac{I}{I'}t = 100\ \mathrm{s}$$

R5.63 a) $Q = 30$ A · h, $I = 5$ A, b) $Q = 45$ A · h, $I = 9$ A; $t = ?$

$$\text{a)}\ t = \frac{Q}{I} = 6\ \mathrm{h}$$

$$\text{b)}\ t = \frac{Q}{I} = 5\ \mathrm{h}$$

R5.64 $t_1 = 2$ s, $t_2 = 6$ s; $Q = ?$, $I = ?$

Dosadíme-li do rovnice $\{I\} = 4 + 2\{t\}$ zadané hodnoty času, dostaneme $I_1 = 8$ A a $I_2 = 16$ A. Střední hodnota proudu ve vodiči $I_s = (8\ \mathrm{A} + 16\ \mathrm{A})/2 = 12$ A. Vodičem prošel za dobu $t_2 - t_1 = (6 - 2)$ s $= 4$ s celkový náboj $Q = I_s t = 48$ C. Proud I_s současně určuje hodnotu ustáleného proudu, který by vodičem musel procházet, aby za stejnou dobu prošel vodičem stejně velký náboj.

R5.65 $U = 100$ V, $\Delta C = 10\ \mathrm{nF} = 10^{-8}$ F, $\Delta t = 1$ s; $I = ?$

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{U \Delta C}{\Delta t} = 10^{-6}\ \mathrm{A} = 1\ \mu\mathrm{A}$$

R5.66 $l' = l/2$, $S' = 2S$; $R' = ?$

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

$$R' = \rho \frac{l'}{S'} = \rho \frac{l/2}{2S} = \frac{R}{4}$$

R5.67 $\rho_{Cu} = 1{,}7 \cdot 10^{-8}\ \Omega \cdot \mathrm{m}$, a) $l = 3\ \mathrm{km} = 3 \cdot 10^3$ m, $d = 1{,}6\ \mathrm{mm} = 1{,}6 \cdot 10^{-3}$ m, b) $l = 5\ \mathrm{km} = 5 \cdot 10^3$ m, $d = 1{,}4\ \mathrm{mm} = 1{,}4 \cdot 10^{-3}$ m; $R = ?$

$$\text{a)}\ R = \rho_{Cu} \frac{l}{\pi d^2/4} = 1{,}7 \cdot 10^{-8} \frac{3 \cdot 10^3}{\pi \left(1{,}6 \cdot 10^{-3}\right)^2/4} = 25\ \Omega$$

$$\text{b)}\ R = \rho_{Cu} \frac{l}{\pi d^2/4} = 1{,}7 \cdot 10^{-8} \frac{5 \cdot 10^3}{\pi \left(1{,}4 \cdot 10^{-3}\right)^2/4} = 55\ \Omega$$

R5.68 l = 65 cm = 0,65 m, d = 0,05 mm = $5 \cdot 10^{-5}$ m, R = 18,5 Ω; ρ_W = ?

$$\rho_W = \frac{R\pi d^2/4}{l} = 5{,}6 \cdot 10^{-8}\ \Omega \cdot \mathrm{m}$$

R5.69 d = 3,2 mm = $3{,}2 \cdot 10^{-3}$ m, R = 51 Ω; l = ?

$$R = \rho_{Cu}\frac{2l}{\pi d^2/4} \Rightarrow l = \frac{R\pi d^2}{8\rho_{Cu}} = 1{,}2 \cdot 10^4\ \mathrm{m} = 12\ \mathrm{km}$$

R5.70 R = 10,8 Ω, m = 3,4 kg, $\rho = 8{,}4 \cdot 10^3$ kg · m^{-3}, $\rho_{Cu} = 1{,}7 \cdot 10^{-8}$ Ω · m; l = ?, d = ?

Odpor R vodiče délky l je určen vztahem

$$R = \rho_{Cu}\frac{l}{S}, \quad (1)$$

kde S je obsah průřezu vodiče. Pro hmotnost m vodiče platí vztah

$$m = \rho V = \rho l S, \quad (2)$$

kde $V = lS$ je objem vodiče. Z rovnic (l) a (2) najdeme

$$R = \rho\rho_{Cu}\frac{l^2}{m}$$

a odtud

$$l = \sqrt{\frac{mR}{\rho\rho_{Cu}}} \approx 510\ \mathrm{m}.$$

Poněvadž S = $\pi d^2/4$, kde d je průměr vodiče, bude z rovnice (1):

$$S = \frac{\rho_{Cu} l}{R}$$

a po dosazení dostaneme

$$d = \sqrt{\frac{4\rho_{Cu} l}{\pi R}} = 1{,}1 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{m} \approx 1\ \mathrm{mm}.$$

R5.71 d = 1 cm = 10^{-2} m, m = 1 kg, $\rho_{Fe} = 8{,}7 \cdot 10^{-8}$ Ω · m, $\rho = 7{,}6 \cdot 10^3$ kg · m^{-3}; R = ?

$$m = \rho\pi(d/2)^2 l \Rightarrow l = \frac{m}{\rho\pi(d/2)^2}$$

$$R = \rho_{Fe}\frac{l}{\pi(d/2)^2} = \frac{16\rho_{Fe} m}{\rho\pi^2 d^4} = 1{,}9 \cdot 10^{-3}\ \Omega$$

R5.72 Aby se zmenšily ztráty způsobené odporem přívodního vodiče.

R5.73 S_1 = 1 cm^2, S_2 = 1 dm^2

Tloušťku plechu označíme d.

$$R \sim \frac{l}{d \cdot l} = \frac{1\,\text{cm}}{d \cdot 1\,\text{cm}} = \frac{1\,\text{dm}}{d \cdot 1\,\text{dm}} = \frac{1}{d} = \text{konst.}$$

R5.74 $t_1 = 20\ °C$, $R_1 = 20\ \Omega$, $t_2 = 500\ °C$, $R_2 = 59\ \Omega$; $\alpha_{Pt} = ?$

$$R_2 = R_1\left[1 + \alpha_{Pt}(t_2 - t_1)\right]$$
$$\alpha_{Pt} = \frac{R_2 - R_1}{R_1(t_2 - t_1)} = 4{,}1 \cdot 10^{-3}\ \text{K}^{-1}$$

R5.75 $t_1 = 0\ °C$, $R_1 = 4{,}25\ \Omega$, $t_2 = 200\ °C$, $\alpha_{Al} = 4{,}0 \cdot 10^{-3}\ \text{K}^{-1}$; $R_2 = ?$

$$R_2 = R_1\left[1 + \alpha(t_2 - t_1)\right] = 7{,}7\ \Omega$$

R5.76 $R_1 = 60\ \Omega$, $R_2 = 636\ \Omega$, $\alpha = 5{,}0 \cdot 10^{-3}\ \text{K}^{-1}$; $\Delta t = ?$

$$\Delta t = \frac{R_2 - R_1}{\alpha R_1} \approx 1\,900\ °C$$

R5.77 $t_1 = 15\ °C$, $R_1 = 58\ \Omega$, $t_2 = -30\ °C$, $t_3 = 30\ °C$, $\alpha_{Cu} = 4 \cdot 10^{-3}\ \text{K}^{-1}$; $R_2 = ?$, $R_3 = ?$

$$R_2 = R_1(1 - \alpha_{Cu}\Delta t) = 48\ \Omega$$
$$R_3 = R_1(1 + \alpha_{Cu}\Delta t) = 61\ \Omega$$

R5.78 $t_1 = 14\ °C$, $R_1 = 10\ \Omega$, $R_2 = 12{,}2\ \Omega$, $\alpha_{Cu} = 4 \cdot 10^{-3}\ \text{K}^{-1}$; $t_2 = ?$

$$R_2 = R_1 + R_1\alpha_{Cu}(t_2 - t_1)$$
$$t_2 = \frac{R_2 - R_1 + R_1 t_1 \alpha_{Cu}}{R_1\alpha_{Cu}} = 69\ °C$$

R5.79 Vlákno nerozsvícené žárovky má malý odpor a při zapnutí obvodu vzniká značný proud.

R5.80 $R' = 2R$; $\Delta t = ?$

$$R' = 2R = R + R\alpha\Delta t$$
$$\Delta t = \frac{2R - R}{R\alpha} = \frac{1}{\alpha}$$

R5.81 $N = 3\,000$, $d = 1{,}5\ \text{cm} = 1{,}5 \cdot 10^{-2}\ \text{m}$, $r = d_{Cu}/2 = 3 \cdot 10^{-4}\ \text{m}$, $t_1 = 20\ °C$, $t_2 = 60\ °C$, $\alpha_{Cu} = 1{,}7 \cdot 10^{-8}\ \Omega \cdot \text{m}$; $R = ?$

Odpor R_1 cívky při nižší teplotě je určen vztahem

$$R_1 = \rho_{Cu}\frac{l}{S} = \rho_{Cu}\frac{N\pi d}{\pi r^2}.$$

Po dosazení dostaneme $R_1 = 8{,}5\ \Omega$. Odpor R_2 při vyšší teplotě vypočítáme podle vztahu

$$R_2 = R_1\left[1 + \alpha(t_2 - t_1)\right] = 9{,}9\ \Omega.$$

R5.82 $t_1 = 20\ °C$, $R_1 = 9\ \Omega$, $R_2 = 11\ \Omega$, $\alpha_{Cu} = 4 \cdot 10^{-3}\ K^{-1}$; $t_2 = ?$

$$R_2 = R_1 + R_1\alpha t_2 - R_1\alpha t_1$$

$$t_2 = \frac{R_2 - R_1 + R_1\alpha t_1}{R_1\alpha} \approx 76\ °C$$

R5.83 $t_1 = 2\ 000\ °C$, $R_1 = 204\ \Omega$, $t_2 = 20\ °C$, $\alpha_W = 4{,}4 \cdot 10^{-3}\ K^{-1}$; $R_2 = ?$

$$R_1 = R_0(1 + \alpha_W t_1)$$

$$R_2 = R_0(1 + \alpha_W t_2) = R_1\frac{1 + \alpha_W t_2}{1 + \alpha_W t_1} = 23\ \Omega$$

R5.84 $R = 7{,}5\ \Omega$, $t = 1{,}5\ \text{min} = 90\ \text{s}$, $Q = 54\ \text{C}$; $U = ?$

$$U = RI = R\frac{\Delta Q}{\Delta t} = 4{,}5\ \text{V}$$

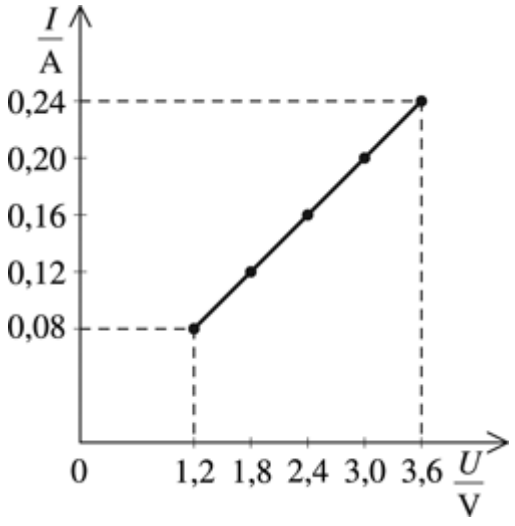
R5.85 $U = 4{,}5\ \text{V}$, $t = 3\ \text{min} = 180\ \text{s}$, $Q = 15\ \text{C}$; $R = ?$

$$R = \frac{U\Delta t}{\Delta Q} = 54\ \Omega$$

R5.86 $R = 10\ \Omega$, $U = 12\ \text{V}$, $t = 20\ \text{s}$; $Q = ?$

$$Q = \frac{Ut}{R} = 24\ \text{C}$$

R5.87 Závislost proudu na napětí je lineární. Grafem je část přímky (obr. R5-87).



Obr. R5-87

$$R = \frac{\Delta U}{\Delta I} = 15\ \Omega$$

R5.88 $R_1 = ?$, $R_2 = ?$

$$R_1 = \frac{\Delta U_1}{\Delta I_1} = 5\,\Omega$$

$$R_2 = \frac{\Delta U_2}{\Delta I_2} = 20\,\Omega$$

$$R_2 > R_1$$

R5.89 $U = 3{,}5$ V, $I = 0{,}2$ A; R = ?

$$R = \frac{U}{I} = 18\,\Omega$$

R5.90 $U = 220$ V, $I = 0{,}4$ A; R = ?

$$R = \frac{U}{I} = 550\,\Omega$$

R5.91 $U = 220$ V, $I = 3{,}6$ A; R = ?

$$R = \frac{U}{I} \approx 61\,\Omega$$

Vzduch odvádí teplo hůře než voda, proto by se topné těleso přepálilo.

R5.92 $R = 20\,\Omega$, $I = 90$ mA $= 9 \cdot 10^{-2}$ A; $U_{\min}$ = ?

$$U_{\min} = RI = 1{,}8\text{ V}$$

R5.93 $I = 5$ mA $= 5 \cdot 10^{-3}$ A, $R = 6{,}8$ kΩ $= 6{,}8 \cdot 10^{3}\,\Omega$, tolerance $\Delta R = 0{,}1R$; $U \in \langle U_1, U_2 \rangle$?

$$U_1 = (R - 0{,}1R)I = 31\text{ V}$$
$$U_2 = (R + 0{,}1R)I = 37\text{ V}$$
$$U \in \langle 31\text{ V}, 37\text{ V} \rangle$$

R5.94 $R = 20\,\text{k}\Omega \cdot \text{V}^{-1}$, $U = 6$ V; I = ?

$$R_v = RU = 1{,}2 \cdot 10^5\,\Omega$$
$$I = \frac{U}{R_v} = 5 \cdot 10^{-5}\text{ A} = 50\,\mu\text{A}$$

R5.95 $I = 1{,}2$ A, $R = 0{,}75\,\Omega$; U = ?

$$U = RI = 0{,}9\text{ V}$$

R5.96 $U_e = 1{,}5$ V, $R_i = 0{,}5\,\Omega$, $R = 3{,}5\,\Omega$; I = ?

$$I = \frac{U_e}{R + R_i} = 0{,}38\text{ A}$$

R5.97 $U_e = 4{,}5$ V, $U = 4{,}0$ V, $I = 0{,}1$ A; R = ?, R_i = ?

Celkový odpor R' obvodu určíme z Ohmova zákona pro celý obvod: $R' = R + R_i = U_e/I$, kde R je odpor rezistoru, R_i je vnitřní odpor baterie, U_e je elektromotorické napětí a I je proud v obvodu. Po dosazení získáme $R' = 45\ \Omega$. Napětí na rezistoru je svorkové napětí U a pro odpor R rezistoru platí:

$$R = \frac{U}{I} = 40\ \Omega$$

To znamená, že vnitřní odpor baterie $R_i = R' - R = 5\ \Omega$.

R5.98 a) $U_e = 3$ V, $R_i = 1{,}8\ \Omega$, $I = 150$ mA $= 0{,}15$ A; R = ?

$$I = \frac{U_e}{R + R_i}$$

$$R = \frac{U_e}{I} - R_i = 18\ \Omega$$

b) $U_e = 9$ V, $R_i = 5{,}4\ \Omega$, $I = 250$ mA $= 0{,}25$ A; R = ?

$$R = \frac{U_e}{I} - R_i = 31\ \Omega$$

R5.99 $U_e = 6$ V, $R_i = 10\ \Omega$, $R_V = 240\ \Omega$; U_V = ?

$$I = \frac{U_e}{R_i + R_V}$$

$$U_V = R_V I = R_V \frac{U_e}{R_i + R_V} = 5{,}8\ \text{V}$$

R5.100 a) $U_e = 2$ V, $R_i = 0{,}5\ \Omega$, $R = 1{,}5\ \Omega$; U = ?

$$I = \frac{U_e}{R_i + R}$$

$$U = R\frac{U_e}{R_i + R} = 1{,}5\ \text{V}$$

b) $U_e = 6$ V, $R_i = 1{,}5\ \Omega$, $R = 2{,}5\ \Omega$; U = ?

$$U = R\frac{U_e}{R + R_i} = 3{,}8\ \text{V}$$

R5.101 $I_1 = 1{,}2$ A, $U_1 = 9{,}0$ V, $I_2 = 2{,}0$ A, $U_2 = 8{,}6$ V; R = ?, U_e = ?, I_k = ?

a) V prvním případě prochází obvodem proud I_1 při svorkovém napětí U_1 a odporu vnějšího obvodu

$$R_1 = \frac{U_1}{I_1} = 7{,}5\ \Omega.$$

Podobně ve druhém případě

$$R_2 = \frac{U_2}{I_2} = 4{,}3\,\Omega.$$

b) Pro svorkové napětí U_1 a U_2 platí rovnice

$$U_1 = U_e - I_1 R_i, U_2 = U_e - I_2 R_i.$$

Odtud

$$U_e = \frac{U_1 I_2 - U_2 I_1}{I_2 - I_1} = 9{,}6\ \mathrm{V}.$$

c) Z rovnice pro svorkové napětí určíme vnitřní odpor zdroje

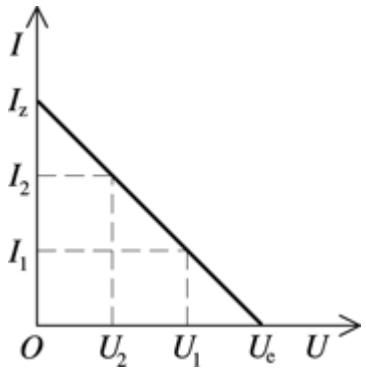
$$R_i = \frac{U_e - U_1}{I_1} = 0{,}5\,\Omega.$$

Ke zkratu dochází, je-li odpor vnějšího obvodu $R = 0$, takže zkratový proud

$$I_k = \frac{U_e}{R_i} = 19\ \mathrm{A}.$$

Úkoly b) a c) lze řešit také graficky.

V grafu závislosti proudu na napětí [$I = f(U)$] vyznačíme body odpovídající U_1, I_1 a U_2, I_2 (obr. R5-101 [5-7]). Body spojíme přímkou (tzv. *zatěžovací charakteristikou* zdroje napětí) a najdeme její průsečíky s osami U a I. Průsečík s osou U určuje elektromotorické napětí U_e a průsečík s osou I určuje zkratový proud I_k.



Obr. R5-101

R5.102 Poněvadž jsou žárovky spojeny paralelně, zmenší se po sepnutí spínače celkový odpor obvodu. Výchylka ručky ampérmetru se zvětší. Jestliže vnitřní odpor zdroje napětí $R_i > 0$, svorkové napětí se zmenší a výchylka ručky voltmetru se zmenší.

R5.103 $U_e = 1{,}5$ V, $R = 2\ \Omega$, $I = 0{,}5$ A; $I_k = ?$

$$I_k = \frac{U_e}{R_i}$$

$$R_i = \frac{U_e - RI}{I}$$

$$I_k = \frac{U_e I}{U_e - RI} = 1{,}5\ \mathrm{A}$$

R5.104 $U_e = 1{,}5$ V, $R_i = 0{,}5\ \Omega$, a) $R = 0{,}5\ \Omega$, b) $R = 1{,}0\ \Omega$, c) $R = 2{,}0\ \Omega$; $I_{max} = ?$, $I = ?$

$$I_{max} = I_k = \frac{U_e}{R_i} = 3{,}0\ \mathrm{A}$$

$$I = \frac{U_e}{R + R_i}$$

a) $I = 1{,}5$ A

b) $I = 1{,}0$ A

c) $I = 0{,}6$ A

R5.105 $R_1 = 5{,}0\ \Omega$, $I_1 = 1{,}0$ A, $R_2 = 15\ \Omega$, $I_2 = 0{,}5$ A; $U_e = ?$, $R_i = ?$

$$U_e = R_1 I_1 + R_i I_1$$

$$U_e = R_2 I_2 + R_i I_2$$

$$R_i = \frac{R_2 I_2 - R_1 I_1}{I_1 - I_2} = 5\ \Omega$$

$$U_e = \frac{I_1 I_2 (R_2 - R_1)}{I_1 - I_2} = 10\ \mathrm{V}$$

R5.106 $R = kR_i$, $\Delta U \le 0{,}01 U_e$; $k = ?$

$$\frac{U_e}{R + R_i} = 0{,}99 \frac{U_e}{R}$$

$$0{,}01R = 0{,}99R_i$$

$$k = 99$$

R5.107 $U_e = 4{,}5$ V, $U = 3{,}5$ V, $I = 0{,}2$ A; $R_i = ?$

Jmenovité napětí U je menší než elektromotorické napětí U_e baterie o úbytek napětí na vnitřním odporu baterie.

$$R_i = \frac{U_e - U}{I} = 5\ \Omega$$

R5.108 $U_e = 4{,}5$ V, $I_{max} = 0{,}5$ A, $R_i = 5\ \Omega$; $R_{min} = ?$, $U = ?$

$$U_e = I_{max} R_{min} + I_{max} R_i$$

$$R_{min} = \frac{U_e}{I_{max}} - R_i = 4\ \Omega$$

$$U = R_{min} I_{max} = 2\ \mathrm{V}$$

R5.109 $U_e = 15$ V, $I = 1{,}5$ A, $U = 9{,}0$ V; $R = ?$, $R_i = ?$

$$R = \frac{U}{I} = 6\,\Omega$$

$$R_i = \frac{U_e - U}{I} = 4\,\Omega$$

R5.110 $U_e = 2{,}0$ V, $R_i = 0{,}8\ \Omega$, $l = 2{,}0$ m, $S = 0{,}21\ \text{mm}^2 = 2{,}1 \cdot 10^{-7}\ \text{m}^2$, $\rho_{Ni} = 4{,}2 \cdot 10^{-7}\ \Omega \cdot \text{m}$; $U = ?$

$$I = \frac{U_e}{R + R_i}$$

$$U = RI = R\frac{U_e}{R + R_i} = \frac{\rho l U_e}{\rho l + R_i S} = 1{,}7\ \text{V}$$

R5.111 $S = 0{,}20\ \text{mm}^2 = 2{,}0 \cdot 10^{-7}\ \text{m}^2$, $U_e = 2$ V, $R_i = 1{,}2\ \Omega$, $I = 250$ mA $= 0{,}25$ A,

$\rho_{Fe} = 1{,}2 \cdot 10^{-7}\ \Omega \cdot \text{m}$; $l = ?$

$$R = \frac{U_e}{I} - R_i$$

$$\rho\frac{l}{S} = \frac{U_e}{I} - R_i$$

$$l = \frac{S}{\rho}\left(\frac{U_e}{I} - R_i\right) \approx 11\ \text{m}$$

R5.112 $U_e = 40$ V, $R_i = 0{,}04\ \Omega$, $l = 50$ m, $S = 170\ \text{mm}^2 = 1{,}7 \cdot 10^{-4}\ \text{m}^2$, $I = 200$ A,
$\rho_{Cu} = 1{,}7 \cdot 10^{-8}\ \Omega \cdot \text{m}$; $U = ?$, $U' = ?$

$$U = U_e - R_i I = 32\ \text{V}$$

$$U' = U - \rho\frac{2l}{S}I = 30\ \text{V}$$

R5.113 $U_1 = 4$ V, $I_1 = 0{,}5$ A, $U_2 = 3{,}6$ V, $I_2 = 0{,}9$ A; $U_e = ?$, $R_i = ?$

$$U_e = U_1 + R_i I_1$$

$$U_e = U_2 + R_i I_2$$

$$R_i = \frac{U_1 - U_2}{I_2 - I_1} = 1\,\Omega$$

$$U_e = \frac{U_1 I_2 - U_2 I_1}{I_2 - I_1} = 4{,}5\ \text{V}$$

R5.114 $R_1 = 4{,}5\ \Omega$, $R_2 = 10\ \Omega$, $I_1 = 0{,}2$ A, $I_2 = 0{,}1$ A; $U_e = ?$, $R_i = ?$

$$I_1 = \frac{U_e}{R_1 + R_i}$$

$$I_2 = \frac{U_e}{R_2 + R_i}$$

$$R_i = \frac{R_2 I_2 - R_1 I_1}{I_1 - I_2} = 1{,}0\ \Omega$$

$$U_e = I_1 (R_1 + R_i) = \frac{I_1 I_2}{I_1 - I_2}(R_2 - R_1) = 1{,}1\ \mathrm{V}$$

R5.115 $R_1 = 1{,}0\ \Omega$, $U_1 = 1{,}5$ V, $R_2 = 2{,}0\ \Omega$, $U_2 = 2{,}0$ V; $U_e = ?$, $R_i = ?$

$$U_e = U_1 + R_i \frac{U_1}{R_1}$$

$$U_e = U_2 + R_i \frac{U_2}{R_2}$$

$$R_i = \frac{R_1 R_2 (U_2 - U_1)}{R_2 U_1 - R_1 U_2} = 1\ \Omega$$

$$U_e = \frac{U_1 U_2 (R_1 - R_2)}{U_2 R_1 - U_1 R_2} = 3\ \mathrm{V}$$

R5.116 $U_e = 3{,}0$ V, $R_i = 1{,}2\ \Omega$, $R = 8{,}0\ \Omega$, $U_z = 2{,}4$ V; $R_v = ?$

Zdroj se žárovkou a přívodními vodiči tvoří sériový obvod, pro který platí

$$U_e = (R_i + R_z + R_v) I,$$

kde R_z je odpor žárovky, R_v je odpor vodičů. Pro proud I v obvodu současně platí

$$I = \frac{U_z}{R_z} = 0{,}3\ \mathrm{A}.$$

Potom

$$R_v = \frac{U_e - (R_i I + U_z)}{I} = 0{,}8\ \Omega.$$

R5.117 $U_e = 250$ V, $R_i = 0{,}1\ \Omega$, $l = 100$ m, $U = 220$ V, $I = 100$ A, $\rho = 2{,}7 \cdot 10^3$ kg · m^{-3}, $\rho_{Al} = 2{,}7 \cdot 10^{-8}\ \Omega \cdot$ m; $m = ?$

$$U_e = U_s + U_v + R_i I$$
$$U_v = U_e - U_s - R_i I$$
$$\rho_{Al} \frac{2l}{S} I = U_e - U_s - R_i I$$
$$S = \frac{\rho_{Al} 2lI}{U_e - U_s - R_i I}$$
$$m = \rho 2lS$$
$$m = \rho \frac{\rho_{Al} 4l^2 I}{U_e - U_s - R_i I} = 15\,\mathrm{kg}$$

R5.118 $U_1 = 5$ V, $R_i = 2\ \Omega$; R = ?

Sériové spojení

$$I = \frac{3U_e}{3R_i + R}$$

Paralelní spojení

$$I = \frac{U_e}{\frac{R_i}{3} + R}$$

Podmínka, aby obvodem v obou případech protékal stejný proud, bude splněna, když $R = R_i = 2\ \Omega$.

R5.119 $I = 2{,}5$ A, $U = 12{,}5$ V, $U_e = 12{,}0$ V; R_i = ?

Při nabíjení akumulátoru má nabíjecí zdroj opačnou polaritu (kladný pól zdroje je připojen k zápornému pólu baterie). Proto platí $U - U_e = IR_i$, kde U je napětí zdroje, U_e je elektromotorické napětí baterie, R_i je vnitřní odpor akumulátoru a I je nabíjecí proud. Odtud

$$R_i = \frac{U - U_e}{I} = 0{,}2\ \Omega.$$

R5.120 $I = 2$ A, $U_z = 12$ V, $R_i = 0{,}25\ \Omega$; U_e = ?

$$U_z - U_e = R_i I$$
$$U_e = U_z - R_i I = 11{,}5\ \mathrm{V}$$

R5.121 $U_e = 6{,}0$ V, $R_i = 0{,}15\ \Omega$, $I = 4$ A; U_z = ?

$$U_z - U_e = R_i I$$
$$U_z = U_e + R_i I = 6{,}6\ \mathrm{V}$$

R5.122 $R_i = 5{,}0\ \Omega$, $R = 15\ \Omega$; R_x = ?

Sériové spojení (obr. R5-122):

$$I = \frac{U_e}{R + R_i + R_x}$$

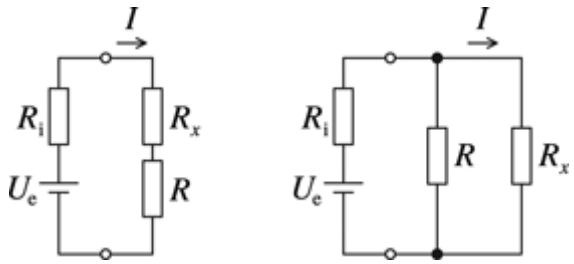
Paralelní spojení (obr. R5-122):

$$I_x = \frac{U_x}{R_x}$$

$$U_x = U_e - R_i I = U_e - R_i \frac{U_e}{R_i + \dfrac{R_x R}{R + R_x}} = U_e \left(\frac{R_x R}{R_i R + R_i R_x + R_x R} \right)$$

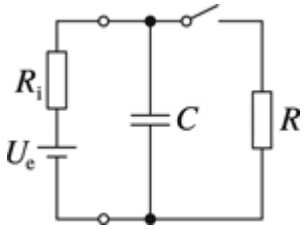
$$\frac{U_e}{R + R_i + R_x} = \frac{U_e \left(\dfrac{R_x R}{R_i R + R_i R_x + R_x R} \right)}{R_x}$$

$$R_x = \frac{R^2}{R_i} = 45\,\Omega$$



Obr. R5-122

R5.123 $R = 15\ \Omega$, $Q_2 = 0{,}8Q_1$; $R_i = ?$



Obr. R5-123

Pokud je ke zdroji připojen jen kondenzátor (spínač na obr. R5-123 je rozpojen), je na kondenzátoru elektromotorické napětí U_e. Když je paralelně ke kondenzátoru připojen rezistor (spínač na obr. R5-123 je spojen), je na kondenzátoru svorkové napětí U.

$$Q_1 = CU_e$$

$$Q_2 = CU = CRI = CR\frac{U_e}{R + R_i} = 0{,}8Q_1 = 0{,}8CU_e$$

$$\frac{R}{R + R_i} = 0{,}8$$

$$R_i = \frac{1}{4}R \approx 3{,}8\ \Omega$$

R5.124 $C = 1\ \mu\text{F} = 10^{-6}$ F, $U_e = 6$ V, $R = R_i = 20\ \Omega$; $Q = ?$

Větví s kondenzátorem stejnosměrný elektrický proud neprochází, takže celkový proud v obvodu:

$$I = \frac{U_e}{R_i + \frac{R}{2}} = \frac{2U_e}{2R_i + R}$$

$$Q = CU = C\frac{R}{2}I = CR\frac{U_e}{2R_i + R} = 2 \cdot 10^{-6}\ \mathrm{C} = 2\ \mu\mathrm{C}$$

R5.125 $R_1 = 2{,}0\ \Omega$, $R_2 = 2{,}5\ \Omega$, $R_3 = 3\ \Omega$, $U = 6$ V; U = ?

$$U_1 : U_2 : U_3 = 2{,}0\ \mathrm{V} : 2{,}5\ \mathrm{V} : 3{,}0\ \mathrm{V}$$
$$U_1 + U_2 + U_3 = 6\ \mathrm{V}$$
$$U_1 = 1{,}6\ \mathrm{V}$$
$$U_2 = 2{,}0\ \mathrm{V}$$
$$U_3 = 2{,}4\ \mathrm{V}$$

R5.126 a) $U_j = 3{,}5$ V, $I_j = 0{,}2$ V, $U = 6{,}0$ V; R = ?

$$U_R = U - U_j$$
$$R = \frac{U - U_j}{I_j} \approx 12\ \Omega$$

b) $U_j = 2{,}5$ V, $I_j = 0{,}1$ A, $U = 4{,}5$ V; R = ?

$$U_R = U - U_j$$
$$R = \frac{U - U_j}{I_j} = 20\ \Omega$$

R5.127 $U_ž = 14$ V, $U = 220$ V; n = ?

$$U = nU_ž$$
$$n = \frac{U}{U_ž} \approx 16$$

Když vyšroubujeme jednu žárovku, žárovky přestanou svítit a na kontaktech v objímce vyšroubované žárovky bude plné síťové napětí. Proto je nebezpečné vypínat žárovky tímto způsobem.

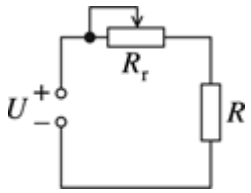
R5.128 $U_e = 15$ V, $R_i = 3\ \Omega$, $R_ž = 8\ \Omega$, $n = 5$; $U_ž$ = ?

$$U_e = nU_ž + R_i I$$
$$U_ž = \frac{U_e - R_i I}{n} = \frac{U_e - R_i \frac{U_e}{nR_ž + R_i}}{n} = 2{,}8\ \mathrm{V}$$

R5.129 $U_1 : U_2 : U_3 = 1 : 2 : 3 \Rightarrow R_1 : R_2 : R_3 = 1 : 2 : 3$

R5.130 $R = 20\ \Omega$, $U = 30$ V, $U_z = 45$ V, a) $R_1 = 6\ \Omega$, $I_1 = 2$ A, b) $R_2 = 30\ \Omega$, $I_2 = 4$ A, c) $R_3 = 800\ \Omega$, $I_3 = 0{,}6$ A

Ohřívačem má procházet jmenovitý proud $I = U/R = 1{,}5$ A. Na reostatu musí vzniknout úbytek napětí $\Delta U = U_z - U = 15$ V. Odpor reostatu tedy musí být $R_r = \Delta U/I \approx 22\ \Omega$. Zvolíme reostat b). Zapojení je na obr. R5-130.



Obr. R5-130

R5.131 $\rho_{Fe} = 8{,}7 \cdot 10^{-8}\ \Omega \cdot$ m, $\alpha_{Fe} = 6{,}2 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{K}^{-1}$, $\rho_C = 4{,}0 \cdot 10^{-6}\ \Omega \cdot$ m, $\alpha_C = -0{,}8 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{K}^{-1}$, $S_{Fe} = S_C$; $\dfrac{l_{Fe}}{l_C} = ?$

$$\Delta R_{Fe} = \Delta R_C$$

$$\rho_{Fe}\frac{\Delta l_{Fe}}{S} = \rho_C\frac{\Delta l_C}{S}$$

$$\rho_{Fe}\frac{l_{Fe}\alpha_{Fe}\Delta t}{S} = \rho_C\frac{l_C\alpha_C\Delta t}{S}$$

$$\frac{l_{Fe}}{l_C} = \frac{\rho_C\alpha_C}{\rho_{Fe}\alpha_{Fe}} \approx 6$$

$$l_{Fe} \approx 6 l_C$$

R5.132 Napětí mezi body *A*, *B* a *B*, *C* je stejné ($U_{AB} = U_{BC}$). Po sepnutí vypínače je celkový odpor paralelně spojených žárovek poloviční ($R_{BC} = R/2$) a $U_{BC} = U_{AB}/2$.

R5.133 $R_s = 50\ \Omega$, $R_p = 12\ \Omega$; $R = ?$

Odpory označíme R_A, R_B. Celkový odpor R_s při sériovém spojení

$R_s = R_A + R_B$. (1)

Při paralelním spojení pro celkový odpor R_p platí

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_A} + \frac{1}{R_B} \text{ a odtud } R_p = \frac{R_A R_B}{R_A + R_B}. \quad (2)$$

Z rovnic (1) a (2) dostaneme po úpravě kvadratickou rovnici

$$R_A^2 - R_s R_B + R_s R_p = 0$$

a po dosazení

$$R_A^2 - 50 R_A + 600 = 0.$$

Řešením této rovnice najdeme:

$$R_{A1,2} = \left(25 \pm \sqrt{25^2 - 600}\right)\Omega = \begin{cases} 30\ \Omega \\ 20\ \Omega \end{cases}$$

Dosazením do rovnice (1) určíme R_B. Zvolíme-li R_{A1}= 30 Ω, pak R_{B1} = 20 Ω a při R_{A2} = 20 Ω je R_{B2} = 30 Ω.

R5.134 U = 24 V, I_s = 0,6 A, I_p = 3,2 A; R_1 = ?, R_2 = ?

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

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

$$R_2^2 - \frac{U}{I_s} R_2 + \frac{U^2}{I_s I_p} = 0$$

$$R_2 = 30\ \Omega,\ R_1 = 10\ \Omega, \text{ popř. } R_2 = 10\ \Omega,\ R_1 = 30\ \Omega$$

R5.135 U_e = 48 V, R = 4 kΩ = 4 · 10^3 Ω, R_v = 10 kΩ = 10^4 Ω; U_v = ?

$$U_v = U_e - U_{R/2} = U_e - RI/2$$

$$I = \frac{U_e}{\frac{RR_v}{2R_v + R} + \frac{R}{2}}$$

$$U_v = U_e\left(\frac{2R_v}{4R_v + R}\right) \approx 22\ \text{V}$$

R5.136 R_1 = 1 Ω, R_2 = 2 Ω, R_3 = 3 Ω, R_4 = 4 Ω; R = ?

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}$$

$$R = \frac{R_1 R_2 R_3 R_4}{R_2 R_3 R_4 + R_1 R_3 R_4 + R_1 R_2 R_4 + R_1 R_2 R_3} = 0{,}48\ \Omega$$

R5.137 $R_ž$ = 350 Ω, n = 1, 2, ... 5; $R_{1\text{-}5}$ = ?

$$\frac{1}{R} = n\frac{1}{R_ž}$$

$$R = \frac{R_ž}{n}$$

R_1 = 350 Ω

R_2 = 350 Ω/2 ≈180 Ω

R_3 = 350 Ω/3 ≈ 120 Ω

R_4 = 350 Ω/4 ≈ 88 Ω

R_5 = 350 Ω/5 = 70 Ω

R5.138 $R_s = 100\ \Omega$, $R_p = 1\ \Omega$; $n = ?$

Vodič můžeme považovat za sériové spojení n stejných částí o odporu R, takže celkový odpor vodiče $R_s = nR$. Při paralelním spojení pro celkový odpor vodiče R_p platí

$$\frac{1}{R_p} = n\frac{1}{R} = n\frac{1}{\frac{R_s}{n}} = \frac{n^2}{R_s}.$$

Odtud

$$n = \sqrt{\frac{R_s}{R_p}} = 10.$$

R5.139

a) $R' = R + \frac{R}{2} = \frac{3}{2}R$

b) $\frac{1}{R'} = \frac{1}{2R} + \frac{1}{R}$

$R' = \frac{2}{3}R$

R5.140

a) $R' = \frac{R}{2} + \frac{R}{2} = R$

b) $\frac{1}{R'} = \frac{1}{2R} + \frac{1}{2R} \Rightarrow R' = R$

R5.141 Obr. 5-141a [5-16].

a) $R_a = \frac{5}{2}R$

b) $R_b = \frac{2}{3}R + R = \frac{5}{3}R$

$R_a > R_b$

Obr. 5-141b [5-17].

a) $\frac{1}{R_a} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R} + \frac{1}{2R}$

$R_a = \frac{2}{5}R$

b) $\frac{1}{R_b} = \frac{1}{\frac{3}{2}R} + \frac{1}{R}$

$R_b = \frac{3}{5}R$

$R_a < R_b$

R5.142 $U_e = 4{,}5$ V, $R_i = 0{,}5\ \Omega$, $R_1 = 3\ \Omega$, $R_2 = 2\ \Omega$, $R_3 = 6\ \Omega$; $I_3 = ?$

Celkový odpor obvodu $R = R_i + R_1 + R_p$, kde R_i je vnitřní odpor zdroje a R_p je celkový odpor paralelně spojených rezistorů R_2 a R_3. Platí:

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}, \text{ odtud } R_p = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = 1{,}5\ \Omega \text{ a } R = 5\ \Omega.$$

Proud procházející obvodem $I = U_e/R = 0{,}9$ A se rozdělí do paralelně spojených odporů v poměru

$$\frac{R_2}{R_3} = \frac{I_3}{I_2} = \frac{I_3}{I - I_3} \text{ a po úpravě } I_3 = \frac{R_2}{R_2 + R_3} I = 0{,}22 \text{ A}.$$

Při řešení můžeme postupovat také tak, že nejprve určíme napětí U_p na paralelně spojených vodičích:

$$\frac{U_p}{U_e} = \frac{R_p}{R_i + R_1 + R_p}$$

Proud I_3 určíme pomocí Ohmova zákona:

$$I_3 = \frac{U_p}{R_3} = \frac{R_p U_e}{(R_i + R_1 + R_p) R_3} = 0{,}22 \text{ A}$$

R5.143 $R_1 = 1\ \Omega$, $R_2 = 2\ \Omega$, $R_3 = 3\ \Omega$; $R = ?$

$R = R_1 + R_2 + R_3 = 6\ \Omega$

$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \Rightarrow R \approx 0{,}55\ \Omega$

$R = R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} \Rightarrow R = 2{,}2\ \Omega,\ R = 2{,}8\ \Omega,\ R = 3{,}7\ \Omega$

$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1 + R_2} + \frac{1}{R_3} \Rightarrow R = 1{,}5\ \Omega,\ R = 1{,}3\ \Omega,\ R = 0{,}83\ \Omega$

Lze vytvořit 8 spojení.

R5.144 $R = 10\ \Omega$, $n = 3$; $R = ?$

$$R_1 = \frac{R}{3} = 3{,}3\ \Omega$$
$$R_2 = 3R = 30\ \Omega$$
$$R_3 = \frac{3}{2}R = 15\ \Omega$$
$$R_4 = \frac{2}{3}R = 6{,}7\ \Omega$$
$$R_5 = R = 10\ \Omega$$
$$R_6 = 2R = 20\ \Omega$$
$$R_7 = \frac{1}{2}R = 5\ \Omega$$

R5.145 $R_a = 2\ \Omega$, $R_b = 3\ \Omega$, $R = 1\ \Omega, 2\ \Omega, \ldots, 10\ \Omega$; $n_{min} = ?$

$R_1 = 1\ \Omega$ ($2R_a$ paralelně)

$R_2 = 2\ \Omega$ (R_a)

$R_3 = 3\ \Omega$ (R_b)

$R_4 = 4\ \Omega$ ($2R_a$ sériově)

$R_5 = 5\ \Omega$ (R_a, R_b sériově)

$R_6 = 6\ \Omega$ ($2R_b$ sériově)

$R_7 = 7\ \Omega$ ($2R_a$, R_b sériově)

$R_8 = 8\ \Omega$ (R_a, $2R_b$ sériově)

$R_9 = 9\ \Omega$ ($3R_b$ sériově)

$R_{10} = 10\ \Omega$ ($2R_a$, $2R_b$ sériově)

Potřebujeme dva rezistory R_a a tři rezistory R_b.

R5.146 $U_e = 55$ V, $R = 2\ \Omega$; $I_{1\text{-}6} = ?$, $U_{AB} = ?$

$$I_1 = I_2 = \frac{U_e}{R_c}$$

$$R_c = R_1 + R_2 + R'$$

$$\frac{1}{R'} = \frac{1}{R} + \frac{1}{3R} \Rightarrow R' = \frac{3}{4}R$$

$$R_c = \frac{11}{4}R$$

$$I_1 = I_2 = \frac{4U_e}{11R} = 10\ \mathrm{A}$$

$$\frac{I_3}{I_{456}} = \frac{3R}{R}$$

$$I_3 + I_{456} = I_1$$

$$I_3 = 7{,}5\ \mathrm{A}$$

$$I_{456} = 2{,}5\ \mathrm{A}$$

$$U_{AB} = RI_3 = 3RI_{456} = 15\ \mathrm{V}$$

R5.147 Poněvadž je síť symetrická, je v bodech *C*, *D*, *E*, *F* stejný potenciál a vodorovným kroužkem proud neprochází. Odpor tohoto kroužku neovlivňuje celkový odpor sítě. Ostatní kroužky můžeme považovat za čtyři paralelně spojené vodiče délky $l = \pi r$ (polovina kružnice). Celkový odpor

$$R = \frac{1}{4}\rho\frac{\pi r}{\frac{1}{4}\pi d^2} = \rho\frac{r}{d^2}.$$

R5.148 U_0; U = ?

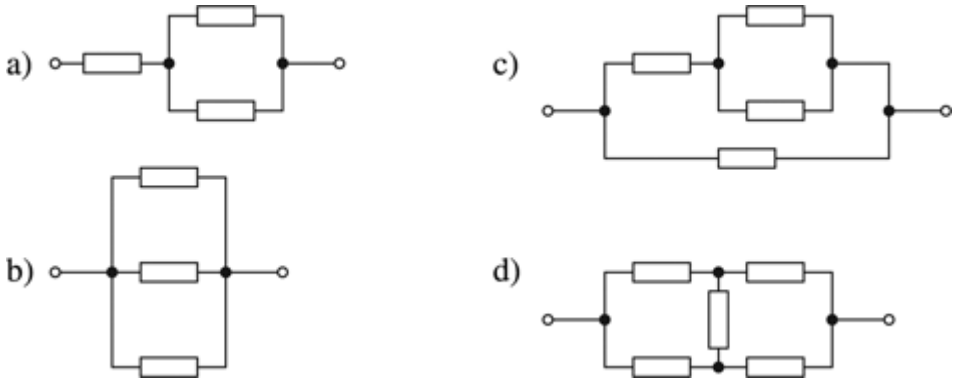
$$\frac{1}{R_{CD}} = \frac{1}{2R} + \frac{1}{2R} = \frac{1}{R} \Rightarrow R_{CD} = R$$

Podobně dostaneme, že $R_{AB} = R$, takže pro napětí platí:

$$U_{AB} = \frac{U_0}{2},\ U_{CD} = \frac{U_{AB}}{2} = \frac{U_0}{4}$$

$$U = \frac{U_{CD}}{2} = \frac{U_0}{8}$$

R5.149 Schémata obvodů nakreslíme v upravené podobě na obr. R5-149.



Obr. R5-149

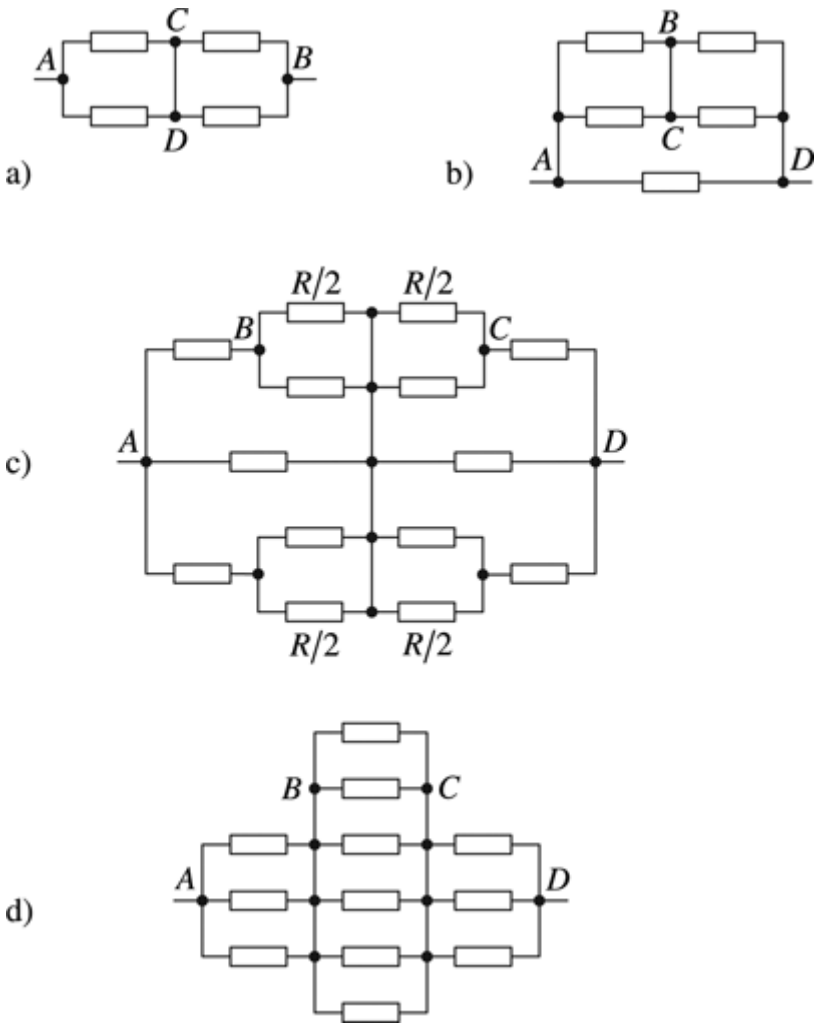
a) $R_c = R + \frac{R}{2} = \frac{3}{2}R$

b) $\frac{1}{R_c} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R} + \frac{1}{R} \Rightarrow R_c = \frac{R}{3}$

c) $\frac{1}{R_c} = \frac{1}{R} + \frac{1}{\frac{R}{2} + R} \Rightarrow R_c = \frac{3}{5}R$

d) $R_c = \frac{R}{2} + \frac{R}{2} = R$

R5.150 Sítě nakreslíme jako náhradní elektrické obvody. Obr. R5-150 [V5-1].



Obr. R5-150

a) $R_c = \frac{R}{2} + \frac{R}{2} = R$

b) $\frac{1}{R_c} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R'}$

$R' = R$

$R_c = \frac{R}{2}$

c) $\frac{1}{R_c} = \frac{1}{\frac{8}{3}R} + \frac{1}{2R} + \frac{1}{\frac{8}{3}R} \Rightarrow R_c = \frac{4}{5}R$

d) $R_c = \frac{R}{3} + \frac{R}{6} + \frac{R}{3} = \frac{5}{6}R$

R5.151 U = 15 V, R_1 = 5 Ω, R_2 = 10 Ω, R_3 = 10 Ω, R_4 = 5 Ω; I_A = ?

(U_3 – napětí na rezistoru R_3, R_{23} – odpor paralelně spojených rezistorů R_2 a R_3, R_c – celkový odpor obvodu)

$$I_A = \frac{U_3}{R_2}$$

$$\frac{U_3}{U_e} = \frac{R_{23}}{R_e} = \frac{\dfrac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}}{R_1 + R_4 + \dfrac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}}$$

$$U_3 = U_e \frac{R_2 R_3}{(R_1 + R_4)(R_2 + R_3) + R_2 R_3}$$

$$I_A = \frac{U_e R_3}{(R_1 + R_4)(R_2 + R_3) + R_2 R_3} = 0{,}5\ \mathrm{A}$$

R5.152 $R_1 = 3\ \Omega$, $R_2 = 2\ \Omega$, $R_3 = 4\ \Omega$, $I_A = 6$ A; $U_1 = ?$, $U_2 = ?$, $U_3 = ?$

$$U_1 = R_1 I_A = 18\ \mathrm{V}$$

$$U_2 = U_3 = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} I_A = 8\ \mathrm{V}$$

R5.153 $U = 24$ V; $U' = ?$, $U'' = ?$

$$R_e = R + \frac{R}{3} = \frac{4}{3} R$$

$$I = \frac{U}{R_e} = \frac{3U}{4R}$$

$$U' = RI = \frac{3}{4} U = 18\ \mathrm{V}$$

$$U'' = U - U' = 6\ \mathrm{V}$$

Aby voltmetry ukazovaly stejné napětí, musejí mít rezistory v paralelním spojení odpor $3R$.

R5.154 Vzniká úbytek napětí na odporu měřicích přístrojů, který ovlivňuje přesnost měření. V obvodu na obr. 5-154a [5-27a] je proud procházející voltmetrem zanedbatelný ve srovnání s proudem, který prochází rezistorem. V obvodu na obr. 5-154b [5-27b] je zanedbatelné napětí na ampérmetru.

R5.155 $I = 0{,}20$ A, $U = 12$ V, $R_V = 3{,}0\ \mathrm{k}\Omega = 3{,}0 \cdot 10^3\ \Omega$; $\Delta R = ?$

Jestliže voltmetr neuvažujeme, předpokládáme, že $R_V \to \infty$, a odpor R rezistoru vypočítáme podle Ohmova zákona

$$R = \frac{U}{I} = 60\ \Omega .$$

Ve skutečnosti však voltmetrem prochází proud $I_V = U/R_V$, takže rezistorem prochází proud $I_r = I - I_V$ a jeho odpor

$$R = \frac{U}{I - I_V} = \frac{U}{I - \dfrac{U}{R_V}} = \frac{UR_V}{IR_V - U} = 61{,}2\ \Omega .$$

Skutečný odpor rezistoru je asi o 1,2 Ω větší než odpor vypočítaný bez přihlédnutí k odporu voltmetru.

R5.156 $U_V = 30$ V, $I = 1{,}5$ A, $R_A = 0{,}3\ \Omega$; $R = ?$

Označíme napětí na rezistoru U a napětí na ampérmetru U_A.

$$U = U_V - U_A$$
$$RI = U_V - R_A I$$
$$R = \frac{U_V}{I} - R_A = 19{,}7\ \Omega \approx 20\ \Omega$$

R5.157 Aby na něm vznikal co nejmenší úbytek napětí.

R5.158 Rezistorem i ampérmetrem prochází stejný proud, a tedy odpor rezistoru je roven odporu ampérmetru.

R5.159 R_0, n; $R_r = ?$

$$U = R_0 I = (R_0 + R_r)\frac{I}{n}$$
$$R_r = (n-1)R_0$$

R5.160 $R_A = 2{,}7\ \Omega$, $I_A = 6$ mA $= 6 \cdot 10^{-3}$ A; $R_b = ?$

Poněvadž ampérmetr a bočník tvoří paralelní spojení, rozdělí se celkový proud I v poměru

$$\frac{I_A}{I_b} = \frac{R_b}{R_A},$$

kde R_b je odpor bočníku, R_A je odpor ampérmetru, I_A je proud procházející ampérmetrem a I_b je proud procházející bočníkem. Současně platí $I = I_A + I_b$, takže

$$\frac{R_b}{R_A} = \frac{I_A}{I - I_A};$$

odtud

$$R_b = \frac{I_A}{I - I_A} R_A = 0{,}3\ \Omega.$$

R5.161 $R_G = 20\ \Omega$, $I_G = 5$ mA $= 5 \cdot 10^{-3}$ A, $I_1 = 1$ A, $I_2 = 10$ A; $R_{b1} = ?$, $R_{b2} = ?$

$$R_b = \frac{I_G}{I - I_G} R_G$$
$$R_{b1} = 0{,}1\ \Omega$$
$$R_{b2} = 0{,}01\ \Omega$$

R5.162 $R_A = 0{,}03\ \Omega$, $l = 1{,}0$ m, $d = 1{,}5$ mm $= 1{,}5 \cdot 10^{-3}$ m, $\rho_{Cu} = 1{,}7 \cdot 10^{-8}\ \Omega \cdot$ m, $I_A = 0{,}40$ A; $I = ?$

(R_v – odpor vodiče, R_c – celkový odpor obvodu)

$$R_v = \rho \frac{4l}{\pi d^2} \approx 0{,}01\ \text{A}$$

$$R_c = \frac{R_v R_A}{R_A + R_v} = 0{,}01\ \Omega$$

$$\frac{I}{I_A} = \frac{R_A}{R_c} = \frac{R_A + R_v}{R_v}$$

$$I = \frac{R_A + R_v}{R_v} I_A = 1{,}6\ \text{A}$$

R5.163 $I_A = 5$ A, $R_b = 0{,}2\ \Omega$, $I = 6$ A; $R_A = ?$

$$R_A = \frac{I - I_A}{I_A} R_b = 0{,}04\ \Omega$$

R5.164 $R_V = 200\ \Omega$, $U_V = 6$ V, $U = 60$ V; $R_p = ?$

Poněvadž předřadný odpor je spojen s voltmetrem sériově, rozdělí se celkové napětí U_v v poměru

$$\frac{U_p}{U_V} = \frac{R_p}{R_V},$$

kde U_p a U_V jsou napětí na předřadném odporu a na voltmetru, R_p a R_V jsou hodnoty předřadného odporu a odporu voltmetru. Současně platí $U = U_p + U_V$, takže

$$\frac{R_p}{R_V} = \frac{U - U_V}{U_V};\ \text{odtud}\ R_p = \frac{U - U_V}{U_V} R_V = 1\,800\ \Omega.$$

R5.165 $R_V = 50\ \Omega$, $U_V = 0{,}25$ V, $U_{max} = 200$ V; $R_p = ?$

Do obvodu voltmetru zařadíme předřadný rezistor o odporu R_p:

$$R_p = \frac{U_{max} - U_V}{U_V} R_V = 4{,}0 \cdot 10^4\ \Omega = 40\ \text{k}\Omega$$

R5.166 $R_V = 1\ \text{k}\Omega = 10^3\ \Omega$, $I = 12\ \text{mA} = 1{,}2 \cdot 10^{-2}$ A, $U_{max} = 300$ V; $R_p = ?$

$$R_p = \frac{U_{max} - U_V}{U_V} R_V = \frac{U_{max} - R_V I}{I} = 2{,}4 \cdot 10^4\ \Omega = 24\ \text{k}\Omega$$

R5.167 $U_{min} = 0{,}3$ V, $U_{max} = 600$ V, $R_{max} = 30\ \text{M}\Omega = 3 \cdot 10^7\ \Omega$; $R_{min} = ?$, $I = ?$

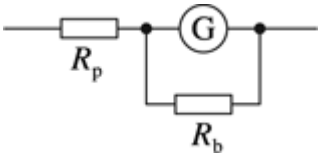
Při nejmenším napěťovém rozsahu probíhá měření bez použití předřadného odporu, při největším napěťovém rozsahu je použit předřadný odpor. V obou případech však měřicím přístrojem prochází stejný proud, takže platí:

$$I = \frac{U_{\min}}{R_{\min}} = \frac{U_{\max}}{R_{\max}}$$

$$R_{\min} = R_{\max}\frac{U_{\min}}{U_{\max}} = 1{,}5\cdot 10^{4}\ \Omega = 15\ \mathrm{k\Omega}$$

$$I = \frac{U_{\max}}{R_{\max}} = 2\cdot 10^{-5}\ \mathrm{A} = 20\ \mu\mathrm{A}$$

R5.168 U_G = 75 mV = 7,5 · 10^{-2} V, I_G = 15 mA = 1,5 · 10^{-2} A, U_{max} = 150 V, I_{max} = 150 mA = 0,15 A; R_p = ?, R_b = ?



Obr. R5-168

$$R_G = \frac{U_G}{I_G} = 5\ \Omega$$

$$R_p = \frac{U_{\max} - U_G}{I_G} = 10^{3}\ \Omega = 1\ \mathrm{k\Omega}$$

$$R_b = R_G\frac{I_G}{I_{\max} - I_G} = 0{,}56\ \Omega$$

R5.169 R = 70 Ω, U_V = 100 V, U_z = 240 V, R' = 35 kΩ = 3,5 · 10^4 Ω; U'_V = ?

$$R_V = R\frac{U_V}{U_z - U_V} = 50\ \Omega$$

$$U'_V = U_z\frac{R_V}{R' - R_V} \approx U_z\frac{R_V}{R'} = 0{,}34\ \mathrm{V}$$

R5.170 a) U = 6 V, I = 0,2 A, b) U = 12 V, I = 0,1 A; P = ?

a) $P = UI$ = 1,2 W

b) $P = UI$ = 1,2 W

R5.171 U = 220 V a) I_a = 6 A, b) I_b = 25 A; P = ?

a) $P_a = UI_a$ = 1 300 W = 1,3 kW

b) $P_b = UI_b$ = 5 500 W = 5,5 kW

R5.172 a) U = 220 V, P = 100 W, b) U = 120 V, P = 400 W; I = ?

$$\text{a) } I_a = \frac{P}{U} = 0{,}45\ \mathrm{A}$$

$$\text{b) } I_b = \frac{P}{U} = 3{,}3\ \mathrm{A}$$

R5.173 a) U = 220 V, P = 60 W, b) U = 220 V, P = 40 W; R = ?

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

$$\text{a) } R_a = \frac{U^2}{P} = 810\ \Omega$$

$$\text{b) } R_b = \frac{U^2}{P} = 1\,200\ \Omega$$

R5.174 a) R = 10 Ω, U = 5 V, b) R = 5 kΩ = $5 \cdot 10^3$ Ω, U = 200 mV= 0,2 V; P = ?

$$\text{a) } P = \frac{U^2}{R} = 2{,}5\ \text{W}$$

$$\text{b) } P = \frac{U^2}{R} = 8 \cdot 10^{-6}\ \text{W}$$

R5.175 a) R = 5,6 kΩ = $5{,}6 \cdot 10^3$ Ω, I = 10 mA = 10^{-2} A, b) R = 1,2 MΩ = $1{,}2 \cdot 10^6$ Ω, I = 100 μA = 10^{-4} A; P = ?

a) $P = I^2R$ = 0,56 W → zvolí rezistor na zatížení 1 W

b) $P = I^2R$ = 0,012 W → zvolí rezistor na zatížení 0,05 W

R5.176 a) R = 150 Ω, P = 2 W, b) R = 10 kΩ = 10^4 Ω, P = 0,25 W; U_{max} = ?

$$P = \frac{U^2}{R} \Rightarrow U = \sqrt{PR}$$

$$\text{a) } U = 17\ \text{V}$$

$$\text{b) } U = 50\ \text{V}$$

R5.177 U = 220 V, a) P_0 = 60 W, I = 6 A, b) P_0 = 200 W, I = 10 A; n = ?

$$n = \frac{P}{P_0} = \frac{UI}{P_0}$$

$$\text{a) } n = 22$$

$$\text{b) } n = 11$$

R5.178 U_1 = 12 V, P_1 = 40 W, U_2 = 12 V, P_2 = 5 W, Q =30 A · h; I = ?, t = ?

Žárovky jsou zapojeny do obvodu paralelně.

$$I = 2\frac{P_1}{U_1} + 2\frac{P_2}{U_2} = 2\frac{P_1 + P_2}{U}$$

$$I = 7{,}5\ \text{A}$$

$$t = \frac{Q}{I} = 4\ \text{h}$$

R5.179 P_1 = 1,2 kW = $1{,}2 \cdot 10^3$ W, P_2 = $5 \cdot 10^2$ W, P = 0,9 kW = $9 \cdot 10^2$ W, U = 220 V; I = ?

$$I = \frac{P_1 + P_2 + P_3}{U} = 12\ \mathrm{A}$$

R5.180 $U_e = 12$ V, $R_i = 2\ \Omega$, $R = 18\ \Omega$; $P_0 = ?$, $P = ?$, $\eta = ?$

Celkový výkon

$$P_0 = U_e I = \frac{U_e^2}{R + R_i} = 7{,}2\ \mathrm{W}.$$

Užitečný výkon (příkon rezistoru)

$$P = UI = RI^2 = \frac{RU_e^2}{(R + R_i)^2} = \frac{P_0}{1 + \frac{R_i}{R}} \approx 6{,}5\ \mathrm{W}.$$

Účinnost přenosu

$$\eta = \frac{P}{P_0} = \frac{\frac{RU_e^2}{(R + R_i)^2}}{\frac{U_e^2}{R + R_i}} = \frac{R}{R + R_i} = 0{,}9.$$

R5.181 $R = 5\ \Omega$, $U = 1{,}5$ V, $R_i = 1\ \Omega$; $U_e = ?$, $P_0 = ?$, $\eta = ?$

$$U_e = U + R_i I = U + R_i \frac{U}{R} = U\left(1 + \frac{R_i}{R}\right) = 1{,}8\ \mathrm{V}$$

$$P_0 = \frac{U_e}{R + R_i} = 0{,}54\ \mathrm{W}$$

$$P = UI = \frac{U^2}{R} = 0{,}45\ \mathrm{W}$$

$$\eta = \frac{P}{P_0} = 0{,}83$$

R5.182 $R_1 = 800\ \Omega$, $R_2 = 480\ \Omega$; $P_1/P_2 = ?$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{I_1^2 R_1}{I_2^2 R_2} = \left(\frac{I_1}{I_2}\right)^2 \frac{R_1}{R_2} = \left(\frac{R_2}{R_1}\right)^2 \frac{R_1}{R_2} = \frac{R_2}{R_1}$$

$$P_2 = \frac{R_1}{R_2} = 1{,}7 P_1$$

R5.183 $U_1 = 220$ V, $U_2 = 120$ V, $P_1 = P_2$; $R = ?$

$$P_1 = P_2$$

$$\left(\frac{U_1}{U_2}\right)^2 = \frac{R_1}{R_2}$$

$$R_1 = R_2\left(\frac{U_1}{U_2}\right)^2$$

$$R_1 \approx 3{,}4R_2$$

R5.184 Zvětšuje se odpor vlákna žárovky a příkon žárovky se zmenšuje ($P = U^2/R$).

R5.185 $U_1 = 220$ V, $U_2 = 110$ V; $P_1/P_2 = ?$

$$P_1 = \frac{U_1^2}{R},\ P_2 = \frac{U_2^2}{R}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{U_1}{U_2}\right)^2 = 4$$

$$P_1 = 4P_2$$

R5.186 $U_1 = 220$ V, $P_1 = 40$ W, $U_2 = 220$ V, $P_2 = 100$ W; $P_1' = ?$, $P_2' = ?$

$$I = \frac{U}{R_1 + R_2} = \frac{U}{\frac{U^2}{P_1} + \frac{U^2}{P_2}} = \frac{P_1P_2}{U(P_1 + P_2)}$$

$$P_1' = RI^2 = \frac{U^2}{P_1}\left(\frac{P_1P_2}{U(P_1 + P_2)}\right)^2 = \frac{P_1P_2^2}{(P_1 + P_2)^2} = 20\ \text{W}$$

$$P_2' = \frac{P_1^2P_2}{(P_1 + P_2)^2} = 8{,}2\ \text{W}$$

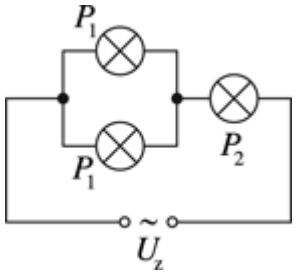
R5.187 $U = 120$ V, $P = 40$ W, $U_z = 220$ V; $R = ?$, $P_R = ?$

$$R = \frac{U_R}{I} = \frac{U_z - U}{\frac{P}{U}} = \frac{U(U_z - U)}{P} = 300\ \Omega$$

$$P_R = U_RI = (U_z - U)\frac{P}{U} = 33\ \text{W}$$

R5.188 $U_1 = 110$ V, $P_1 = 40$ W, $P_2 = 80$ W, $U_2 = 220$ V; $I = ?$

Dvě žárovky s příkonem P_1 spojíme paralelně a připojíme je k žárovce s příkonem P_2 do série (obr. R5-188).



Obr. R5-188

$R_1 = \frac{U_1^2}{P_1}$, odpor sériového spojení : $R' = \frac{R_1}{2} = \frac{U_1^2}{2P_1}$

Celkový odpor spojení : $R = R_2 + R' = \frac{U_2^2}{P_2 + 2P_1}$

Celkový proud : $I = \frac{U_2}{R} = \frac{P_2 + 2P_1}{U_2} = 0{,}73\ \text{A}$

$I_1 = I/2 = 0{,}36\ \text{A}$

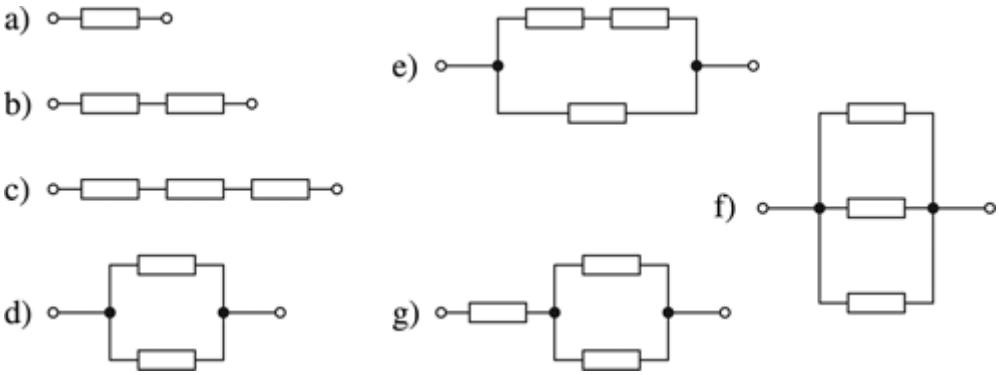
$I_2 = I = 0{,}73\ \text{A}$

R5.189 P = 300 W, l' = 3/4 l; P' = ?

$$\frac{P'}{P} = \frac{R}{R'} = \frac{\rho \frac{l}{S}}{\rho \frac{l'}{S}} = \frac{l}{\frac{3}{4}l} = \frac{4}{3}$$

$P' = \frac{4}{3}P = 400\ \text{W}$

R5.190 R = 120 Ω, U = 220 V; P = ?



Obr. R5-190

$$P_1 = \frac{U^2}{R} = 403\ \mathrm{W}$$
$$P_2 = P_1/2 = 202\ \mathrm{W}$$
$$P_3 = P_1/3 = 134\ \mathrm{W}$$
$$P_4 = 2P_1 = 807\ \mathrm{W}$$
$$P_5 = P_1/2 + P_1 = 3/2\ P_1 = 605\ \mathrm{W}$$
$$P_6 = 3P_1 = 1\,210\ \mathrm{W}$$
$$P_7 = P_1 + 2P_1 = 269\,\mathrm{W}$$

R5.191 $U_e = 2$ V, $R_i = 1\ \Omega$, $P = 0{,}75$ W; $I = ?$, $R = ?$

Pro celkový výkon zdroje napětí platí $U_eI = R_iI^2 + P$, kde P je výkon ve vnější části obvodu. Po úpravě dostaneme kvadratickou rovnici $R_iI^2 - U_eI + P = 0$, která má řešení

$$I_{1,2} = \frac{U_e \pm \sqrt{U_e^2 - 4R_iP}}{2R_i} = \frac{2 \pm \sqrt{4 - 4\cdot 0{,}75}}{2}\ \mathrm{A},$$

takže proud může mít hodnoty $I_1 = 0{,}5$ A, $I_2 = 1{,}5$ A. Těmto proudům odpovídají dvě hodnoty odporu, které určíme ze vztahu

$$R_1 = P/I_1^2 = 3\,\Omega.$$

Podobně určíme $R_2 = 0{,}33\ \Omega$.

R5.192 $R_1 = 5\ \Omega$, $R_2 = 0{,}2\ \Omega$, $P_1 = P_2$; $R_i = ?$

$$\frac{U_e^2}{(R_1 + R_i)^2} R_1 = \frac{U_e^2}{(R_2 + R_i)^2} R_2$$
$$R_1\left(R_2^2 + 2R_2R_i + R_i^2\right) = R_2\left(R_1^2 + 2R_1R_i + R_i^2\right)$$
$$R_i^2 = R_1R_2$$
$$R_i = \sqrt{R_1R_2} = 1\,\Omega$$

R5.193 $R = 5\ \Omega$, $I_1 = 2$ A, $P_1 = P_2$, $U = 220$ V; $I_2 = ?$

$$UI_1 = RI_1^2 + P_1$$
$$UI_2 = RI_2^2 + P_2$$
$$UI_1 - RI_1^2 = UI_2 - RI_2^2$$
$$RI_2^2 - UI_2 - RI_1^2 + UI_1 = 0$$
$$I_{2(1,2)} = \frac{U \pm \sqrt{U^2 - 4R\left(UI_1 - RI_1^2\right)}}{2R}$$
$$I_2 = 42\ \mathrm{A}$$

Druhý kořen vyhovuje podmínce $I_1 = 2$ A.

R5.194 $U_e = 3$ V, $R_i = 1\ \Omega$, $P = 2$ W; $I = ?$

$$U_e = R_i I + U$$
$$U_e I = R_i I^2 + UI$$
$$U_e I = R_i I^2 + P$$
$$R_i I^2 - U_e I + P = 0$$
$$I_{1,2} = \frac{U_e \pm \sqrt{U_e^2 - 4R_i P}}{2R_i}$$
$$I_1 = 1\ \text{A}, I_2 = 2\ \text{A}$$

R5.195 I_1 = 1,2 A, I_2 = 2,4 A, $P_1 = P_2$; I_{max} = ?, I_z = ?

$$U_e I = R_i I^2 + P$$
$$P = -R_i I^2 + U_e I$$
$$P = -R_i \left(I - \frac{U_e}{2R_i} \right)^2 + \frac{U_e^2}{4R_i}$$

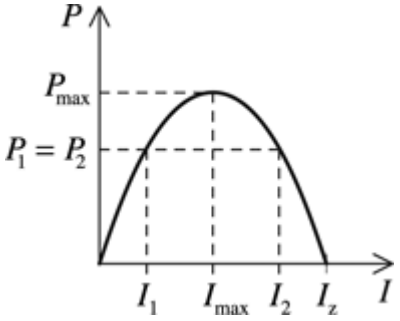
Grafem funkce $P=f(I)$ je parabola procházející počátkem s vrcholem

$$V\left[\frac{U_e}{2R_i}, \frac{U_e^2}{4R_i}\right]$$ (obr. R5-195).

Vrcholu paraboly odpovídá střed intervalu (I_1, I_2), tzn.

$$I_{max} = \frac{I_1 + I_2}{2} = 1{,}3\ \text{A}.$$

Při zkratu obvodem prochází proud $I_z = 2I_{max} = I_1 + I_2$ = 2,6 A.



Obr. R5-195

R5.196 R = 10 Ω, U = 3 V, $P_p = P_s$; I_s = ?, I_p = ?

Sériové spojení (obr. R5-196a)

$$P_s = U_R I = RI^2 = R\frac{U_e^2}{(2R + R_i)^2}$$

Paralelní spojení (obr. R5-196b)

$$P_\mathrm{p} = R\left(\frac{I}{2}\right)^2 = R\frac{U_\mathrm{e}^2}{(R+2R_\mathrm{i})^2}$$

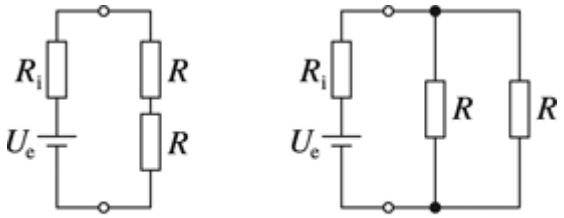
$$P_\mathrm{s} = P_\mathrm{p}$$

$$R\frac{U_e^2}{(2R+R_\mathrm{i})^2} = R\frac{U_\mathrm{e}^2}{(R+2R_\mathrm{i})^2}$$

$$R_\mathrm{i} = R$$

$$I_\mathrm{s} = \frac{U_\mathrm{e}}{3R} = 0{,}1\ \mathrm{A}$$

$$I_\mathrm{p} = \frac{U_\mathrm{e}}{\frac{3}{2}R} = 0{,}2\ \mathrm{A}$$



a) b)

Obr. R5-196

R5.197 U = 380 V, $m = 10^3$ kg, h = 19 m, t = 50 s, I = 20 A, g = 10 m · s^{-2}; η = ?

Při zvedání břemena se koná práce $W = Gh$, kde $G = mg$ je tíha, kterou břemeno působí na lano jeřábu, a h je výška, do níž bylo zvednuto. Příkon elektromotoru $P_1 = UI$ a jeho výkon

$$P_2 = \frac{Gh}{t},$$

kde t je doba, za kterou bylo břemeno zvednuto do výšky h.

Účinnost zařízení

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{mgh}{UIt} = 0{,}5.$$

R5.198 m = 0,5 t = 500 kg, h = 3 m, U = 220 V, I = 60 A, η = 0,8; t = ?

$$\eta = \frac{mgh}{UIt} \Rightarrow t = \frac{mgh}{UI\eta} = 1{,}4\ \mathrm{s}$$

R5.199 m = 1,2 t = 1 200 kg, U = 220 V, η = 0,9, h = 15 m, t = 30 s; P = ?, I = ?, W = ?

$$P = \frac{mgh}{t} = 5\,900\ \mathrm{W}$$

$$\eta = \frac{P}{P_0} = \frac{P}{UI} \Rightarrow I = \frac{P}{U\eta} = 30\ \mathrm{A}$$

$$W = UIt = 1{,}96 \cdot 10^5\ \mathrm{W \cdot s} = 5{,}4 \cdot 10^{-2}\ \mathrm{kW \cdot h}$$

R5.200 $P = 3{,}8\ \text{kW} = 3{,}8 \cdot 10^3\ \text{W}$, $\eta = 0{,}75$, $t = 8\ \text{h}$; $P_0 = ?$, $W = ?$

$$\eta = \frac{P}{P_0}$$

$$P_0 = \frac{P}{\eta} = 5{,}1 \cdot 10^3\ \text{W} = 5{,}1\ \text{kW}$$

$$W = P_0 t = 41\ \text{kW} \cdot \text{h}$$

R5.201 $U = 220\ \text{V}$, $P = 400\ \text{W}$, $t = 1\,800\ \text{s}$; $Q = ?$

$Q = W = Pt = 7{,}2 \cdot 10^5\ \text{J}$

R5.202 $U = 220\ \text{V}$, $V = 0{,}5\ \text{l} \sim m = 0{,}5\ \text{kg}$, $t_1 = 20\ °\text{C}$, $t_2 = 100\ °\text{C}$, $\tau = 480\ \text{s}$, $c = 4\,200\ \text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, $\eta = 1$; $P_0 = ?$

$$P_0 = \frac{mc\Delta t}{\tau} = 350\ \text{W}$$

R5.203 $V = 1{,}5\ \text{l} \sim m = 1{,}5\ \text{kg}$, $t_1 = 20\ °\text{C}$, $t_2 = 100\ °\text{C}$, $P_0 = 600\ \text{W}$, $\eta = 0{,}8$, $c = 4\,200\ \text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$; $\tau = ?$

$$\eta = \frac{\frac{mc\Delta t}{\tau}}{P_0} \Rightarrow \tau = \frac{mc\Delta t}{\eta P_0} = 1\,050\ \text{s} = 17\ \text{min}\ 30\ \text{s}$$

R5.204 $P_0 = 850\ \text{W}$, $m = 2\ \text{kg}$, $t_1 = 15\ °\text{C}$, $t_2 = 100\ °\text{C}$, $\tau = 1\,200\ \text{s}$, $c = 4\,200\ \text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$; $\eta = ?$

$$\eta = \frac{\frac{mc\Delta t}{\tau}}{P_0} = \frac{mc\Delta t}{\tau P_0} = 0{,}7$$

R5.205 Nemůžeme. Vznikají ztráty elektrické energie způsobené vnitřním odporem akumulátoru, přívodních vodičů apod.

R5.206 Vlákno žárovky má mnohem větší odpor než přívodní vodiče.

R5.207 $R_1 = 10\ \Omega$, $R_2 = 23\ \Omega$, $U = 100\ \text{V}$, $t = 1\ \text{s}$; $Q_1 = ?$, $Q_2 = ?$

a) sériové spojení

$$P_1 = I^2 R_1 = \frac{U^2}{(R_1 + R_2)^2} R_1 \approx 92\ \text{W} \sim Q_1 = P_1 t = 92\ \text{J}$$

$$P_2 = I^2 R_2 = \frac{U^2}{(R_1 + R_2)^2} R_2 \approx 210\ \text{W} \sim Q_2 = P_2 t = 210\ \text{J}$$

b) paralelní spojení

$$P_1 = \frac{U^2}{R_1} = 1\,000\ \mathrm{W} \sim Q_1 = P_1 t = 1\,000\ \mathrm{J}$$

$$P_2 = \frac{U^2}{R_2} = 430\ \mathrm{W} \sim Q_2 = P_2 t = 430\ \mathrm{J}$$

R5.208 $U = 220$ V, $P_0 = 600$ W, $j = 10\ \mathrm{A \cdot mm^{-2}} = 10^7\ \mathrm{A \cdot m^{-2}}$, $\rho = 1{,}1 \cdot 10^{-6}\ \Omega \cdot \mathrm{m}$; l = ?, d = ?

$$P_0 = UI = UjS \ \Rightarrow\ S = \frac{P_0}{Uj} = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$d = \sqrt{\frac{4P_0}{\pi U j}} \approx 6 \cdot 10^{-4}\ \mathrm{m} = 0{,}6\ \mathrm{mm}$$

$$R = \frac{U}{I} = \frac{U}{jS} = \rho \frac{l}{S} \ \Rightarrow\ l = \frac{U}{j\rho} = 20\ \mathrm{m}$$

R5.209 $l_1 = l_2$, $S_1 = S_2$, $\rho_{\mathrm{Cu}} = 1{,}7 \cdot 10^{-8}\ \Omega \cdot \mathrm{m}$, $\rho_{\mathrm{Fe}} = 1{,}1 \cdot 10^{-7}\ \Omega \cdot \mathrm{m}$; $Q_1 : Q_2$ = ?, $U_1 : U_2$ = ?, t_1 = ?, t_2 = ?

a) sériové spojení

$$P_1 = I^2 R_1 = \frac{U^2}{(R_1 + R_2)^2} R_1$$

$$P_2 = I^2 R_2 = \frac{U^2}{(R_1 + R_2)^2} R_2$$

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{P_1}{P_2} = \frac{R_1}{R_2} = \frac{\rho_{\mathrm{Cu}} \frac{l}{S}}{\rho_{\mathrm{Fe}} \frac{l}{S}} = \frac{\rho_{\mathrm{Cu}}}{\rho_{\mathrm{Fe}}} = 0{,}15$$

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2} = 0{,}15$$

$$t_{\mathrm{Cu}} < t_{\mathrm{Fe}}$$

b) paralelní spojení

$$P_1 = \frac{U^2}{R_1}$$

$$P_2 = \frac{U^2}{R_2}$$

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{P_1}{P_2} = \frac{R_2}{R_1} = \frac{\rho_{\mathrm{Fe}}}{\rho_{\mathrm{Cu}}} = 6{,}5$$

$$\frac{U_1}{U_2} = 1$$

$$t_{\mathrm{Cu}} > t_{\mathrm{Fe}}$$

R5.210 $U_{\mathrm{e}} = 4$ V, $R_{\mathrm{i}} = 1\ \Omega$; $P = f(I)$, $\eta = f(I)$

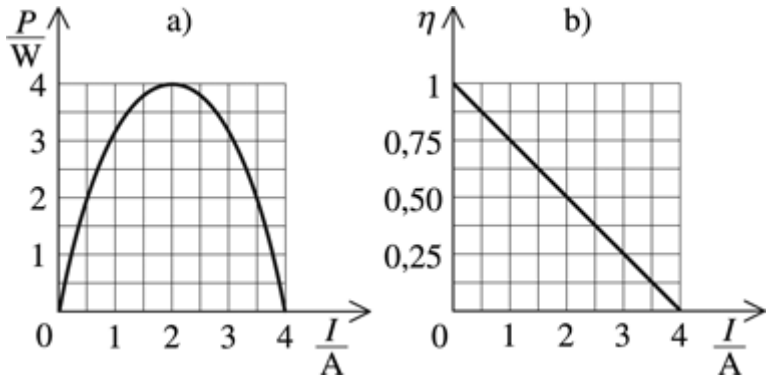
Při průchodu proudu I obvodem je na svorkách zdroje napětí $U = U_e - R_i I$ a výkon P proudu ve vnější části obvodu $P = UI = (U_e - R_i I)I = U_e I - R_i I^2$, $\{P\} = 4\{I\} - \{I^2\}$. Účinnost přeměny energie v obvodu

$$\eta = \frac{UI}{U_e I} = \frac{U_e - R_i I}{U_e},$$
$$\{\eta\} = 1 - 0{,}25\,\{I\}.$$

Pro zvolenou řadu hodnot proudu jsou hodnoty P a η uvedeny v tabulce:

$\frac{I}{\mathrm{A}}$	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
$\frac{P}{\mathrm{W}}$	1,75	3,0	3,75	4,0	3,75	3,0	1,75	0
η	0,875	0,75	0,625	0,5	0,375	0,25	0,125	0

Graf $P = f(I)$ je na obr. R5-210a [5-29a] a graf $\eta = f(I)$ je na obr. R5-210b [5-29b]. Z grafů je zřejmé, že účinnost přeměny energie se s rostoucím proudem v obvodu zmenšuje, ale výkon dosahuje maxima při poloviční hodnotě zkratového proudu. Tento případ nastává, je-li odpor R vnější části obvodu roven vnitřnímu odporu zdroje ($R = R_i$).



Obr. R5-210

R5.211 Zahříváním polovodiče se uvolňují další nosiče náboje.

R5.212 Je to izolant.

R5.213 Bor a indium jsou ve třetím sloupci periodické soustavy prvků a jsou příměsovými prvky polovodičů typu P. Fosfor a arsen jsou v pátém sloupci a jsou příměsovými prvky polovodičů typu N.

R5.214 Proudící voda ochlazuje termistor více při větší rychlosti proudění. Odpor termistoru se s rostoucí rychlostí proudění zvětšuje a měřením odporu se určuje rychlost proudění.

R5.215 $t_1 = 20$ °C, $R_1 = 50$ kΩ $= 5{,}0 \cdot 10^4$ Ω, $t_2 = 25$ °C, $R_2 = 42{,}5$ kΩ $= 4{,}25 \cdot 10^4$ Ω; $\alpha = ?$

$$\Delta R = R_1 \alpha \Delta t$$

$$\alpha = \frac{R_2 - R_1}{R_1 \Delta t} = -0{,}03\ \mathrm{K}^{-1}$$

R5.216 Při zapojení obvodu má termistor značný odpor a žhavicí vlákno má malý odpor. Za provozu se odpor termistoru po zahřátí procházejícím proudem zmenšuje a odpor vlákna se zvětšuje. To má za následek zmenšení napětí na termistoru a zvětšení napětí na žárovce.

R5.217 $\Delta R = -0{,}2R_1$, U = konst.; ΔI = ?

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1} = \frac{\frac{4}{5}R_1}{R_1} = \frac{4}{5}$$

$$I_2 = \frac{5}{4} I_1$$

$$\Delta I = I_2 - I_1 = 0{,}25 I_1$$

Proud se zvětšil o 25 %.

R5.218 $\alpha = -0{,}05\ \mathrm{K}^{-1}$, $R_2 = R_1/2$; Δt = ?

$$\Delta R = R_1 \alpha \Delta t$$

$$\frac{R_1}{2} - R_1 = R_1 \alpha \Delta t$$

$$\Delta t = -\frac{1}{2\alpha} = 10\ ^\circ\mathrm{C}$$

R5.219 $R = 10^3\ \Omega$, $t_1 = 20\ ^\circ\mathrm{C}$, $I_1 = 5\ \mathrm{mA} = 5 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{A}$, $I_2 = 10\ \mathrm{mA} = 10^{-2}\ \mathrm{A}$, $\alpha = -0{,}04\ \mathrm{K}^{-1}$, $U = 20\ \mathrm{V}$; t_2 = ?

$$R_1 = \frac{U}{I_1} - R = 3 \cdot 10^3\ \Omega, \quad R_2 = \frac{U}{I_2} - R = 10^3\ \Omega$$

$$\Delta R = R_2 - R_1 = R_1 \alpha \Delta t$$

$$\Delta t = \frac{\Delta R}{R_1 \alpha} \approx 17\ ^\circ\mathrm{C}$$

$$t_2 = 37\ ^\circ\mathrm{C}$$

R5.220 $U = 20\ \mathrm{V}$, $I_1 = 20\ \mathrm{mA} = 2 \cdot 10^{-2}\ \mathrm{A}$, $I_2 = 5\ \mathrm{mA} = 5 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{A}$, $I_3 = 2\ \mathrm{mA} = 2 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{A}$; t = ?

$$I_A = \frac{U}{R_{min}} = 2 \cdot 10^{-2}\ \text{A} = 20\ \text{mA}$$

$$R_1 = \frac{U}{I_1} = 10^3\ \Omega\ \sim\ t_1 = 100\ °\text{C}$$

$$R_2 = \frac{U}{I_2} = 4 \cdot 10^3\ \Omega\ \sim\ t_2 = 50\ °\text{C}$$

$$R_3 = \frac{U}{I_3} = 10^4\ \Omega\ \sim\ t_3 = 20\ °\text{C}$$

R5.221 Osvětlený fotorezistor – 1, neosvětlený rezistor – 2

$$R_1 = \frac{U}{I_1},\ R_2 = \frac{U}{I_2}$$

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{1}{4}$$

V osvětleném fotorezistoru je více volných nosičů náboje, takže jeho odpor je menší. Odpor osvětleného fotorezistoru je 4krát menší než neosvětleného.

R5.222 Při osvětlení fotorezistoru se jeho odpor zmenší, zmenší se také napětí U_f na fotorezistoru a zvětší se výstupní napětí U_2 ($U_2 = U_1 - U_f$).

R5.223 $R_f = 25\ \text{k}\Omega = 2{,}5 \cdot 10^4\ \Omega$, $R = 5\ \text{k}\Omega = 5 \cdot 10^3\ \Omega$, $I_1 = 0{,}3\ \text{mA} = 3 \cdot 10^{-4}\ \text{A}$, $I_2 = 1{,}2\ \text{mA} = 1{,}2 \cdot 10^{-3}\ \text{A}$; $U = ?$, $R_{fo} = ?$

a) bez osvětlení $U_2 = RI_1 = 1{,}5\ \text{V}$

b) při osvětlení $U_2 = RI_2 = 6{,}0\ \text{V}$

$$I_2(R_{fo} + R) = I_1(R_f + R)$$

$$R_{fo} = \frac{I_1}{I_2}(R_f + R) - R = 2{,}5 \cdot 10^3\ \Omega = 2{,}5\ \text{k}\Omega$$

R5.224 Žárovky budou svítit střídavě: + pól zdroje je vlevo – svítí žárovka B, + pól zdroje vpravo – svítí žárovka A.

R5.225 $R = 1\ \text{k}\Omega$; $R_c = ?$

a) Diody jsou spojeny v propustném směru a rezistory jsou spojeny paralelně:

$$R_a = \frac{R}{3} = 0{,}33\ \text{k}\Omega$$

b) Diody jsou spojeny v závěrném směru a rezistory jsou spojeny sériově:

$R_b = 3R = 3\ \text{k}\Omega$

R5.226 Proud obvodem nebude procházet. Přechod mezi bází a kolektorem je zapojen v závěrném směru.

R5.227 Napětí báze se zvětší, takže tranzistorem prochází větší proud báze a proud kolektorový se rovněž zvětší.

R5.228. a) Cu ($M_m = 63{,}54 \cdot 10^{-3}$ kg · mol^{-1}), $\nu = 2$, b) Ag ($M_m = 108{,}87 \cdot 10^{-3}$ kg · mol^{-1}), $\nu = 1$, c) Al ($M_m = 26{,}98 \cdot 10^{-3}$ kg · mol^{-1}), $\nu = 3$, d) Zn ($M_m = 65{,}37 \cdot 10^{-3}$ kg · mol^{-1}), $\nu = 2$; A = ?

$$A = \frac{M_m}{F\nu}$$

a) $A_{Au} = 3{,}3 \cdot 10^{-7}$ kg · C^{-1}, b) $A_{Ag} = 1{,}1 \cdot 10^{-6}$ kg · C^{-1}, c) $A_{Al} = 0{,}93 \cdot 10^{-7}$ kg · C^{-1}, d) $A_{Zn} = 3{,}4 \cdot 10^{-7}$ kg · C^{-1}.

R5.229 $Q = 2 \cdot 10^4$ C; m = ?

$$m = AQ = \frac{M_m}{F\nu} Q = 6{,}6 \cdot 10^{-3}\ \text{kg} = 6{,}6\ \text{g}$$

R5.230 $m = 13{,}2$ g $= 13{,}2 \cdot 10^{-3}$ kg; Q = ?

$$Q = \frac{m}{A} = \frac{mF\nu}{M_m} = 1{,}2 \cdot 10^4\ \text{C}$$

R5.231 $I = 1$ A, $t = 1$ s; n = ?

Látkové množství 1 molu libovolné látky má hmotnost M_m (molární hmotnost) a obsahuje $N_A = 6{,}022\ 17 \cdot 10^{23}$ mol^{-1} částic (Avogadrova konstanta). Při elektrolýze se vyloučí měď o hmotnosti m, která obsahuje N atomů. Platí $N = mN_A/M_m$ a po dosazení do Faradayova zákona pro elektrolýzu

$$m = \frac{NM_m}{N_A} = \frac{1}{F}\frac{M_m}{\nu} It\,,$$

v němž F je Faradayova konstanta ($F = 9{,}65 \cdot 10^4$ C · mol^{-1}) a ν je oxidační číslo mědi ($\nu = 2$), dostaneme $N = N_A It/F\nu = 3{,}1 \cdot 10^{18}$.

R5.232 Přidáním soli se zvětší obsah iontů v roztoku, jeho odpor se zmenší a žárovka bude svítit více.

R5.233 a) Sériové spojení. Poněvadž proud procházející oběma nádobami je stejný, vyloučí se stejné množství mědi.

b) Paralelní spojení. Poněvadž je v nádobě A větší koncentrace iontů, je odpor elektrolytu menší, prochází jím větší proud a vyloučí se více mědi než v nádobě B.

R5.234 $AgNO_3$ ($A_{Ag} = 1{,}1 \cdot 10^{-6}$ kg · mol^{-1}), $t = 10$ min $= 600$ s, $m = 0{,}67$ g $= 6{,}7 \cdot 10^{-4}$ kg, $I = 0{,}9$ A; I_A = ?

$$m = A_{Ag} It$$

$$I = \frac{m}{A_{Ag} t} = 1{,}0\ \text{A}$$

Ampérmetr neukazuje správnou hodnotu.

R5.235 $ZnSO_4$ ($A_{Zn} = 3{,}4 \cdot 10^{-7}$ kg · C^{-1}), $t = 1$ h = 3 600 s, $m = 2{,}45$ g = $2{,}45 \cdot 10^{-3}$ kg, $U = 6$ V; $R = ?$

$$R = \frac{U}{I} = \frac{U}{\frac{m}{A_{Zn} t}} = \frac{U A_{Zn} t}{m} = 3\,\Omega$$

R5.236 $m_H = 1$ g = 10^{-3} kg; $m_{Cl} = ?$

$$\frac{m_{Cl}}{m_H} = \frac{A_{Cl} Q}{A_H Q} = \frac{M_{mCl}}{M_{mH}}$$

$$m_{Cl} = \frac{M_{mCl}}{M_{mH}} m_H = 3{,}5 \cdot 10^{-2}\ \text{kg} = 35\ \text{g}$$

R5.237 $m_H : m_O = ?$, $V_H : V_O = ?$

Pro poměr hmotností vodíku a kyslíku vyloučených při elektrolýze vody platí podle Faradayova zákona

$$\frac{m_H}{m_O} = \frac{A_H}{A_O} = \frac{\frac{M_{mH}}{F \nu_H}}{\frac{M_{mO}}{F \nu_O}} = \frac{M_{mH} \nu_O}{M_{mO} \nu_H} = \frac{1}{8}.$$

Poněvadž vodík i kyslík jsou plyny tvořené dvojatomovými molekulami, zaujímají plyny o molární hmotnosti M_m stejný molární objem V_m. Pro objem V plynu o hmotnosti m platí

$$V = \frac{m V_m}{M_m}$$

a pro poměr objemů vyloučeného vodíku a kyslíku dostaneme po úpravě

$$\frac{V_H}{V_O} = \frac{m_H M_{mO}}{m_O M_{mH}} = \frac{\nu_O}{\nu_H} = \frac{2}{1}.$$

R5.238 $\nu_{Ag} = 1$, $\nu_{Al} = 3$; $m_{Ag} : m_{Al} = ?$

$$\frac{m_{Ag}}{m_{Al}} = \frac{A_{Ag}}{A_{Al}} = \frac{\frac{M_{mAg}}{F \nu_{Ag}}}{\frac{M_{mAl}}{F \nu_{Al}}} = \frac{M_{mAg} \nu_{Al}}{M_{mAl} \nu_{Ag}} \approx 12$$

$$m_{Ag} : m_{Al} \approx 12 : 1$$

R5.239 $m_1 = 70{,}40$ g = $7{,}040 \cdot 10^{-2}$ kg, $m_2 = 70{,}58$ g = $7{,}058 \cdot 10^{-2}$ kg, $I = 0{,}5$ A, $t = 20$ min = 1 200 s; $A_{Cu} = ?$

$$m = AIt$$

$$A = \frac{m_2 - m_1}{It} = 3 \cdot 10^{-7}\ \mathrm{kg \cdot C^{-1}}$$

R5.240 $S = 25\ \mathrm{cm^2} = 2{,}5 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{m^2}$, $I = 0{,}4$ A, $\Delta m = 132$ mg $= 1{,}32 \cdot 10^{-4}$ kg, $\rho_{Cu} = 8\,600\ \mathrm{kg \cdot m^{-3}}$, $A_{Cu} = 3 \cdot 10^{-7}\ \mathrm{kg \cdot C^{-1}}$; a) t = ?, b) d = ?

a) $\Delta m = A_{Cu} It$

$$t = \frac{\Delta m}{A_{Cu} I} = 1\,100\ \mathrm{s} \approx 18\ \mathrm{min}$$

b) $\Delta m = \rho V = \rho S d$

$$d = \frac{\Delta m}{\rho S} = 6{,}1 \cdot 10^{-6}\ \mathrm{m} = 6{,}1\ \mu\mathrm{m}$$

R5.241 $t = 2$ h, $\nu = 3$, $j = 120\ \mathrm{A \cdot m^{-2}}$, $A_{Ni} = 2{,}03 \cdot 10^{-7}\ \mathrm{kg \cdot C^{-1}}$, $\rho_{Ni} = 8\,900\ \mathrm{kg \cdot m^{-3}}$; d = ?

Při dané hustotě proudu prochází plochou o obsahu 1 $\mathrm{m^2}$ proud 120 A a na ploše se vytvoří vrstva kovu o hmotnosti

$$m = A_{Ni} It = \frac{M_m It}{\nu F} = 0{,}18\ \mathrm{kg}.$$

Pro hmotnost kovu platí $m = \rho_{Ni} S d$, kde ρ_{Ni} je hustota niklu, S je obsah plochy, d je tloušťka vyloučené vrstvy niklu. Odtud

$$d = \frac{m}{S\rho_{Ni}} = 2{,}0 \cdot 10^{-5}\ \mathrm{m} = 20\ \mu\mathrm{m}.$$

R5.242 $d = 50\ \mu\mathrm{m} = 5{,}0 \cdot 10^{-5}$ m, $\nu_{Cr} = 3$, $j = 2\ \mathrm{kA \cdot m^{-2}} = 2{,}0 \cdot 10^3\ \mathrm{A \cdot m^{-2}}$, $\rho_{Cr} = 7{,}1 \cdot 10^3\ \mathrm{kg \cdot m^{-3}}$, $A_{Cr} = 1{,}8 \cdot 10^{-7}\ \mathrm{kg \cdot C^{-1}}$; t = ?

$$t = \frac{\rho_{Cr} d}{A_{Cr} j} = 986\ \mathrm{s} \approx 16\ \mathrm{min}$$

R5.243 Za nízkého tlaku uplyne delší doba mezi dvěma srážkami iontů. Iont je elektrickým polem urychlován delší dobu a získá tak energii potřebnou k ionizaci nárazem již při nižším napětí.

R5.244 Ionizace nastává vlivem vysoké teploty výboje.

R5.245 V blízkosti hrotů má elektrické pole velkou intenzitu.

R5.246 $Q = 20$ C, $\Delta\varphi = 10^6$ V; E = ?

$E = Q\Delta\varphi = 2 \cdot 10^7$ J = 20 MJ

R5.247 $S = 1\ \mathrm{dm^2} = 10^2\ \mathrm{cm^2}$, $d = 5$ mm $= 0{,}5$ cm, $I = 2 \cdot 10^{-10}$ A; n = ?

Předpokládejme, že při ionizaci vznikají páry iontů nesoucí po jednom elementárním náboji o velikosti $e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C. Jestliže v objemu 1 $\mathrm{cm^3}$ vzniká ionizací náboj $Q = ne$, kde n je počet iontů, pro nasycený proud I platí

$$I = \frac{QV}{t} = \frac{neSd}{t}$$

a odtud

$$n = \frac{It}{eSd} = 2{,}5 \cdot 10^{7}\ \mathrm{cm}^{-3}.$$

R5.248 a) Elektrickým polem, jehož intenzita má opačný směr než rychlost elektronu.

b) Elektrickým polem, jehož intenzita je kolmá ke směru rychlosti.

c) Elektrickým polem, jehož intenzita má stejný směr jako rychlost elektronu.

R5.249 V trubici A jsou elektrony z kovu katody uvolňovány vysokým napětím.

V trubici B jsou elektrony z kovu katody uvolňovány termoemisí.

R5.250 $v_0 = 6 \cdot 10^7\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$, $d = 1\ \mathrm{cm} = 10^{-2}\ \mathrm{m}$, $l = 5\ \mathrm{cm} = 5 \cdot 10^{-2}\ \mathrm{m}$, $U = 600\ \mathrm{V}$, $m_\mathrm{e} = 9{,}1 \cdot 10^{-31}\ \mathrm{kg}$, $e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}\ \mathrm{C}$; $y = ?$

Pohyb elektronu je obdobný jako pohyb při vodorovném vrhu. V souřadnicové soustavě *Oxy* platí:

$$x = v_x t, \quad y = \frac{1}{2} a t^2$$

$$v_x = v_0, \quad a = \frac{F_\mathrm{e}}{m_\mathrm{e}} = \frac{eE}{m_\mathrm{e}}$$

$$E = \frac{U}{d}$$

$$x = v_0 t$$

$$y = \frac{1}{2} \frac{eU}{m_\mathrm{e} d} t^2$$

Vyloučíme t a dosadíme $x = l$:

$$y = \frac{eUx^2}{2m_\mathrm{e} v_0^2 d} = \frac{eUl^2}{2m_\mathrm{e} v_0^2 d} = 3{,}7 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{m}$$

5.3 Magnetické pole

R5.251 Proud teče vpravo. Severní (tmavé) konce magnetek ukazují orientaci magnetické indukční čáry.

R5.252 Severní konec magnetky se vychýlí za nákresnu.

R5.253 Vpravo, poněvadž magnetické indukční čáry kroužku i magnetu jsou orientovány souhlasně.

R5.254 Kladný pól zdroje je vpravo.

R5.255 Do svislé polohy. Vodič spojený s pólem + bude nahoře, takže magnetické indukční čáry magnetu i smyčky jsou orientovány souhlasně.

R5.256 a) Váleček se přitáhne k cívce; b) výchylka válečku se zvětší, c) váleček se rovněž přitáhne. Při použití magnetu bude výchylka záviset na směru proudu.

R5.257 l = 20 cm = 0,2 m, I = 10 A, B = 15 mT = 1,5 · 10^{-2} T; F_m = ?

$$F_m = BIl = 0{,}03\ \text{N} = 30\ \text{mN}$$

R5.258 B = 2 T, l = 20 cm = 0,2 m, F_m = 1,2 N; I = ?

$$I = \frac{F_m}{Bl} = 3\ \text{A}$$

R5.259 I = 20 A, F_m = 1,5 N, l = 15 cm = 0,15 m; B = ?

$$B = \frac{F_m}{Il} = 0{,}6\ \text{T}$$

R5.260 Rotor elektromotoru se pohybuje proti směru pohybu hodinových ručiček.

R5.261 a = 0,1 m, b = 0,05 m, N = 200, B = 0,05 T, I = 2 A; M = ?

Uvažujme, že cívka je otáčivá kolem delší strany a je umístěna v magnetickém poli tak, že její vodiče jsou kolmé k indukčním čárám. Pro velikost momentu M_0 magnetické síly F_m, která působí na jeden závit, platí vztah

$M_0 = F_m b = BIab$.

Poněvadž cívka má N závitů, je velikost celkového momentu magnetické síly

$M = NM_0 = BNIab$ = 0,1 N · m.

Snadno dokážeme, že ke stejnému výsledku dospějeme i v případě, že by se cívka otáčela kolem kratší strany, popř. kolem osy umístěné v libovolném místě v rovině cívky.

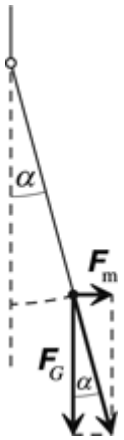
R5.262 I = 3 A, B = 20 mT = 2 · 10^{-2} T, l = 10 cm = 0,1 m, α = 45°; F_m = ?

$$F_m = BIl\sin\alpha = 4{,}2\cdot 10^{-3}\ \text{N}$$

R5.263 B = 10 mT = 1,0 · 10^{-2} T, l = 10 cm = 0,1 m, I = 10 A; ΔF_t = ?

$$\Delta F_t = \frac{BIl}{2} = 5\cdot 10^{-3}\ \text{N} = 5\ \text{mN}$$

R5.264 l = 5 cm = 5 · 10^{-2} m, I = 10 A, m = 50 g = 5 · 10^{-2} kg, α = 14°, g = 10 m · s^{-2}; B = ?



Obr. R5-264

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{F_\mathrm{m}}{F_\mathrm{G}} = \frac{BIl}{mg}$$

$$B = \frac{mg\ \operatorname{tg}\alpha}{Il} = 0{,}25\ \mathrm{T}$$

R5.265 l = 50 cm = 0,5 m, I = 2 A, B = 0,1 T; F_m = 0,05 N; α = ?

$$\sin\alpha = \frac{F_\mathrm{m}}{BIl} = 0{,}5$$

$$\alpha = 30°$$

R5.266 l = 30 cm = 0,3 m, I = 20 A, B = 0,4 T, α = 30°, s = 25 cm = 0,25 m; W = ?

$$W = F_\mathrm{m}s = BIls\sin\alpha = 0{,}3\ \mathrm{J}$$

R5.267 Vodiče se a) odpuzují; b) přitahují.

R5.268 Vodiče se odpuzují, poněvadž jimi prochází proud opačným směrem.

R5.269 a) Poloha se nezmění, b) vodiče budou ležet vedle sebe ve společné rovině tak, že nejbližšími body vodičů bude proud procházet souhlasným směrem.

R5.270 $I_1 = I_2$ = 300 A, d = 5 cm = $5 \cdot 10^{-2}$ m, l = 50 m; F_m = ?

$$F_\mathrm{m} = \frac{\mu}{2\pi}\frac{I_1 I_2}{d}l = 18\ \mathrm{N}$$

R5.271 d = 10 cm = 0,1 m, l = 1 m, F_m = 0,2 N; I = ?

$$I = \sqrt{\frac{2\pi F_\mathrm{m} d}{\mu l}} = 320\ \mathrm{A}$$

R5.272 Poněvadž elektron má záporný náboj, působí na něj magnetická síla opačného směru, než je směr určený Flemingovým pravidlem levé ruky. Trajektorie se zakřiví vpravo.

R5.273 Katodové záření je tvořeno zápornými elektrony. Proto je směr magnetické síly, která na částice působí, opačný než směr určený Flemingovým pravidlem levé ruky. Záření se vychýlí dolů.

R5.274 Vodiče na sebe působí magnetickou silou, kdežto v elektronovém paprsku je větší elektrická síla, kterou se elektrony navzájem odpuzují.

R5.275 Kladný pól zdroje proudu je na horní svorce cívky.

R5.276 Náboj částice: 1 – kladný, 2 – záporný, 3 – žádný, 4 – záporný.

R5.277 $v = 3 \cdot 10^6\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$, $B = 0{,}1\ \mathrm{T}$; $F_\mathrm{m} = ?$

$$F_\mathrm{m} = Bev = 4{,}8 \cdot 10^{-14}\ \mathrm{N}$$

R5.278 $v = 10^4\ \mathrm{km \cdot s^{-1}} = 10^7\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$, $B = 5 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{T}$; $r = ?$

Při pohybu elektronu po kružnicové trajektorii je magnetická síla $F_\mathrm{m} = Bev$ silou dostředivou $F_\mathrm{d} = mv^2/r$:

$$Bev = \frac{mv^2}{r}$$

$$r = \frac{mv}{Be} = 1{,}1 \cdot 10^{-2}\ \mathrm{m}$$

R5.279 Pomalejší, poněvadž jejich trajektorie má menší poloměr.

R5.280 $B = 10\ \mathrm{mT} = 10^{-2}\ \mathrm{T}$, $E_\mathrm{k} = 30\ \mathrm{keV} = 3{,}0 \cdot 10^2 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}\ \mathrm{J} = 4{,}8 \cdot 10^{-17}\ \mathrm{J}$; $r = ?$

$$E_\mathrm{k} = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow mv = \sqrt{2mE_\mathrm{k}}$$

$$r = \frac{mv}{Be} = \frac{\sqrt{2mE_\mathrm{k}}}{Be} = 5{,}8 \cdot 10^{-2}\ \mathrm{m} = 5{,}8\ \mathrm{cm}$$

R5.281 $r = 5\ \mathrm{cm} = 5 \cdot 10^{-2}\ \mathrm{m}$, $B = 20\ \mathrm{mT} = 2 \cdot 10^{-2}\ \mathrm{T}$, $m_\mathrm{p} = 1{,}66 \cdot 10^{-27}\ \mathrm{kg}$; $v = ?$

$$Bev = \frac{m_\mathrm{p}v^2}{r}$$

$$v = \frac{Ber}{m_\mathrm{p}} = 9{,}6 \cdot 10^4\ \mathrm{m \cdot s^{-1}} = 96\ \mathrm{km \cdot s^{-1}}$$

R5.282 $\Delta U = 600\ \mathrm{V}$, $B = 0{,}33\ \mathrm{T}$; $r = ?$

Proton má kladný náboj e a v elektrickém poli s potenciálním rozdílem ΔU získá kinetickou energii:

$$E_\mathrm{k} = \frac{1}{2}m_\mathrm{p}v^2 = e\Delta U$$

$$r = \frac{mv}{Be} = \frac{\sqrt{2m_\mathrm{p}e\Delta U}}{Be} = \sqrt{\frac{2m_\mathrm{p}\Delta U}{B^2 e}} = 1{,}1 \cdot 10^{-2}\ \mathrm{m} = 1{,}1\ \mathrm{cm}$$

Energie protonu se při pohybu v magnetickém poli nezmění.

R5.283 $Q_\alpha = 2e$, $m_\alpha = 4m_\mathrm{p}$

$$\text{a) } v = \frac{Ber_\mathrm{p}}{m_\mathrm{p}} = \frac{B2er_\alpha}{4m_\mathrm{p}} \Rightarrow r_\alpha = 2r_\mathrm{p}$$

$$\text{b) } E_\mathrm{k} = \frac{r_\mathrm{p}^2 B^2 e^2}{2m_\mathrm{p}} = \frac{r_\mathrm{p}^2 B^2 4e^2}{2 \cdot 4m_\mathrm{p}} \Rightarrow r_\mathrm{p} = r_\alpha$$

R5.284 $\Delta U = 220$ V, $B = 5$ mT $= 5 \cdot 10^{-3}$ T, $r = 1$ cm $= 10^{-2}$ m; $m_\mathrm{e} = ?$

$$Bev = m_\mathrm{e}\frac{v^2}{r} \Rightarrow v^2 = \frac{B^2e^2r^2}{m_\mathrm{e}^2}$$

$$E = \frac{1}{2}m_\mathrm{e}v^2 = \frac{1}{2}\frac{B^2e^2r^2}{m_\mathrm{e}} = e\Delta U$$

$$m_\mathrm{e} = \frac{B^2er^2}{2\Delta U} = 9{,}1 \cdot 10^{-31}\ \mathrm{kg}$$

R5.285 $\Delta\varphi = U = 250$ kV $= 2{,}5 \cdot 10^5$ V, $B = 0{,}51$ T, $d = 10$ cm $= 0{,}1$ m; $\alpha = ?$

Částice α o hmotnosti $m_\alpha = 4m_\mathrm{p}$ a s nábojem $Q_\alpha = 2e$ získá v elektrickém poli o rozdílu potenciálů U kinetickou energii:

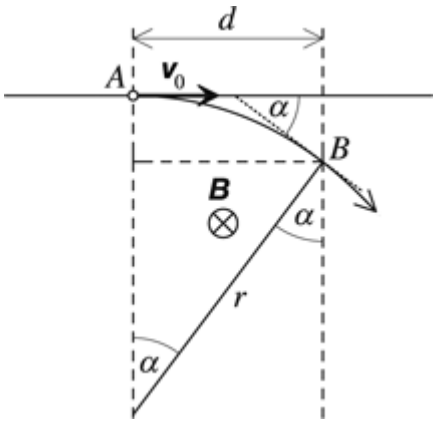
$$E_\mathrm{k} = \frac{1}{2}m_\alpha v^2 = Q_\alpha U$$

$$r = \frac{m_\alpha v}{BQ_\alpha} = \frac{1}{B}\sqrt{\frac{2m_\alpha U}{Q_\alpha}} = \frac{2}{B}\sqrt{\frac{m_\mathrm{p}U}{e}}$$

Do magnetického pole elektron vstupuje v bodě A a opouští ho v bodě B. Z obr. R5-285 je patrné, že pro úhel α platí:

$$\sin\alpha = \frac{d}{r} = \frac{dB}{2}\sqrt{\frac{e}{m_\mathrm{p}U}} = 0{,}5$$

$$\alpha = \arcsin\alpha = 30°$$



Obr. R5-285

R5.286 $B = 1\ \text{mT} = 10^{-3}\ \text{T}$, $E = 0{,}5\ \text{kV} \cdot \text{m}^{-1} = 500\ \text{V} \cdot \text{m}^{-1}$; $v = ?$

$F_\text{m} = F_\text{e}$

$$Bev = Ee \Rightarrow v = \frac{E}{B} = 5 \cdot 10^5\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Elektron se musí pohybovat ve směru kolmém k magnetickým indukčním čárám i k elektrickým siločarám.

R5.287 Při vyšší teplotě kovy ztrácejí feromagnetismus.

R5.288 Tvrdá ocel zůstává po zmagnetování magnetická, kdežto magnetické pole měkké oceli rychle zaniká.

R5.289 Změnou směru proudu v elektromagnetu.

R5.290 a) Relé je zapojeno paralelně; b) relé sepne a k žárovce je připojen ochranný rezistor; c) žárovka je spojena se zdrojem napětí přes rezistor.

R5.291 Podle Lenzova zákona je pól + indukovaného napětí vlevo.

R5.292 Proud má směr: a) před nákresnu; b) za nákresnu; c) za nákresnu. d) Proud se neindukuje.

R5.293 Kroužek se vychýlí vpravo. Indukovaný proud v kroužku vytváří magnetické pole a jeho působením se kroužek od magnetu odpuzuje. Na směru proudu v cívce nezáleží.

R5.294 Proud má směr proti pohybu hodinových ručiček. (Podle Lenzova zákona opačný směr než ve vnějším kroužku.)

R5.295 Ne. V cívce vzniká indukovaný proud, který svými účinky působí proti pohybu magnetu.

R5.296 $\Delta t = 0{,}3\ \text{s}$, $\Delta\Phi = 0{,}06\ \text{Wb}$; $U_\text{i} = ?$

$$\left|U_\text{i}\right| = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = 0{,}2\ \text{V}$$

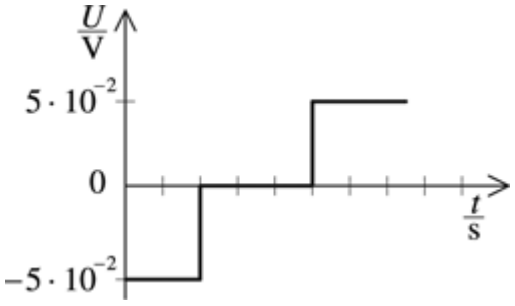
R5.297 $\Delta\Phi_1 = -1\text{Wb}$, $\Delta\Phi_2 = 1\ \text{Wb}$, $\Delta t_1 = 0{,}5\ \text{s}$, $\Delta t_2 = 0{,}1\ \text{s}$

$$U_{\text{i}1} = -\frac{\Delta\Phi_1}{\Delta t_1} = +2\ \text{V}, U_{\text{i}2} = -\frac{\Delta\Phi_2}{\Delta t_2} = -10\ \text{V}$$

R5.298 $n = 80$, $\Delta t = 5\ \text{s}$, $\Phi_1 = 3 \cdot 10^{-3}\ \text{Wb}$, $\Phi_2 = 1{,}5 \cdot 10^{-3}\ \text{Wb}$; $U_\text{i} = ?$

$$U_\text{i} = -\frac{n(\Phi_2 - \Phi_1)}{\Delta t} = 2{,}4 \cdot 10^{-2}\ \text{V} = 24\ \text{mV}$$

R5.299 Obr. R5-299 [V5-2].



Obr. R5-299

R5.300 $B = 0{,}25$ T, $v = 0{,}5$ m · s^{-1}, $l = 1{,}2$ m; $U_i = ?$

Při pohybu působí na elektrony ve vodiči magnetická síla o velikosti $F_m = Bev$ a ta je příčinou vzniku indukovaného elektrického pole ve vodiči, jehož intenzita $E_i = F_m/e$. Pro velikost indukovaného napětí U_i pak platí

$U_i = E_i l = Bvl = 0{,}15$ V.

R5.301 $l = 1{,}8$ m, $v = 6{,}0$ m · s^{-1}, $U_i = 1{,}44$ V; $B = ?$

$$U_i = Blv$$

$$B = \frac{U_i}{lv} = 0{,}13\ \mathrm{T}$$

R5.302 Při pohybu cívky měřicího systému se indukuje napětí a druhý galvanometr se rozkmitá.

R5.303 Galvanometrem pochází indukovaný proud, který svými účinky působí proti mechanickému pohybu.

R5.304 Při pohybu kmitací cívky se v ní indukuje napětí, které odpovídá průběhu kmitání.

R5.305 $l = 1$ m, $R = 2\ \Omega$, $B = 0{,}1$ T, $U = 1$ V; $I = ?$

a) $$I = \frac{U}{R} = 0{,}5\ \mathrm{A}$$

b) $v = 4\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$, $\Delta\Phi > 0$

$$I = \frac{U + U_i}{R} = \frac{U + Blv}{R} = 0{,}7\ \mathrm{A}$$

c) $v = -4\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$, $\Delta\Phi < 0$

$$I = \frac{U - Blv}{R} = 0{,}3\ \mathrm{A}$$

Aby vodičem procházel stejný proud jako v klidu ($I = 0{,}5$ A), musí se pohybovat vlevo takovou rychlostí, že $RI = U_i = Blv$. Odtud

$$v = \frac{RI}{Bl} = 10\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}.$$

R5.306 $l = 0{,}08$ m, $R = 4\ \Omega$, $r = 1\ \Omega$, $\Delta B/\Delta t = 0{,}2$ T · s^{-1}; $I = ?$

Rovnoměrná změna magnetické indukce má za následek vznik indukovaného napětí a uzavřenými částmi obvodu procházejí indukované proudy I_1 a I_2, které mají ve středním vodiči opačný směr, takže pro proud ve středním vodiči platí:

$I = I_1 - I_2$

Indukovaný proud I_1 vypočítáme ze vztahu

$$I_1 = \frac{U_{i1}}{R_1} = \frac{S_1 \frac{\Delta B}{\Delta t}}{R_1} = \frac{\frac{3l^2}{4}\frac{\Delta B}{\Delta t}}{R + \frac{3R}{2} + r} = \frac{3l^2 \frac{\Delta B}{\Delta t}}{2(5R + 2r)}.$$

Podobně najdeme pro proud I_2 vztah:

$$I_2 = \frac{l^2 \frac{\Delta B}{\Delta t}}{2(3R + 2r)}$$

Pro výsledný proud po úpravě a dosazení zadaných hodnot dostaneme:

$$I = \frac{2(R + r)l^2}{(5R + 2r)(3R + 2r)} \frac{\Delta B}{\Delta t} = 4{,}2 \cdot 10^{-5}\ \text{A} = 42\ \mu\text{A}$$

R5.307 l = 20 cm = 0,2 m, B = 10 mT = 0,01 T, v = 1 m · s^{-1}, α = 30°; U_i = ?

$$v' = v\cos\beta = v\cos(90° - \alpha)$$
$$U_i = Blv' = Blv\cos(90° - \alpha) = 1{,}0 \cdot 10^{-3}\ \text{V} = 1{,}0\ \text{mV}$$

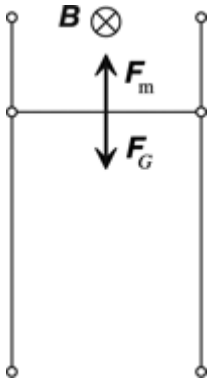
R5.308 F_m = ?

$$U_i = Blv$$
$$F_m = BIl = B\frac{U_i}{R}l = \frac{B^2l^2}{R}v$$

R5.309 $B = 2 \cdot 10^{-5}$ T, l = 2 m, R = 1 Ω; Q = ?

$$\Delta S = \frac{l^2}{16} = 0{,}25\ \text{m}^2$$
$$|U_i| = \frac{B\Delta S}{\Delta t}$$
$$Q = I\Delta t = \frac{U_i}{R}\Delta t = \frac{B\Delta S}{R} = 5 \cdot 10^{-6}\ \text{C} = 5\ \mu\text{C}$$

R5.310 Obr. R5-310.



Obr. R5-310

a) Aby se příčka pohybovala rovnoměrným pohybem, musí být $F_m = F_g$.

$$F_m = BIl = B\frac{U_i}{R}l = \frac{B^2l^2}{R}v_1$$

$$F_g = mg$$

$$v_1 = \frac{mgR}{B^2l^2}$$

Tato situace není reálná, poněvadž nelze vytvořit tak rozměrné magnetické pole s dostatečně velkou hodnotou magnetické indukce.

b) Při šikmé poloze konstrukce určuje velikost indukovaného napětí rychlost v_2, která je svislou složkou rychlosti v_1 pohybu příčky:

$$v_2 = \frac{v_1}{\sin\alpha} = \frac{mgR}{B^2l^2\sin\alpha}$$

R5.311 Ručka ampérmetru A_2 se vychýlí později vlivem indukčnosti cívky.

R5.312 Elektrická energie proudu v obvodu se mění v energii magnetického pole uzavřeného jádra.

R5.313 Mezi kontakty vypínače by vzniklo jiskření v důsledku indukce velkého napětí na vinutí motoru.

R5.314 $\Delta I = 2$ A, $\Delta t = 0{,}25$ s, $U_i = 20$ mV $= 2 \cdot 10^{-2}$ V; L =?

$$|U_i| = L\frac{\Delta I}{\Delta t} \Rightarrow L = \frac{U_i\Delta t}{\Delta I} = 2{,}5\cdot 10^{-3}\ \text{H} = 2{,}5\ \text{mH}$$

R5.315 $L = 0{,}44$ H, $\Delta t = 0{,}02$ s, $\Delta I = 5$ A; U_i = ?

$$|U_i| = L\frac{\Delta I}{\Delta t} = 110\ \text{V}$$

R5.316 $\Delta t = 0{,}6$ s, $L = 0{,}12$ H, $U_i = 0{,}3$ V; ΔI = ?

$$\Delta I = \frac{U_i\Delta t}{L} = 1{,}5\ \text{A}$$

R5.317 $L = 0{,}4$ mH, $S = 10\ \mathrm{cm}^2 = 10^{-3}\ \mathrm{m}^2$, $n = 100$, $I = 0{,}5$ A; $B = ?$

$$\Phi = LI = BSn \Rightarrow B = \frac{LI}{Sn} = 2 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{T} = 2\ \mathrm{mT}$$

R5.318 $L = 0{,}3$ H, $U_e = 4$ V, $R_i = 2\ \Omega$; $E = ?$

V případě, že odpor cívky můžeme zanedbat, je zdroj elektrického proudu zkratován a cívkou prochází zkratový proud $I_z = U_e/R_i$. Poněvadž svorkové napětí je nulové, neprochází rezistorem paralelně připojeným k cívce žádný proud. Po odpojení zdroje je celková energie soustavy cívka – rezistor určena jen energií E_m magnetického pole v okamžiku odpojení zdroje. Pro výpočet energie magnetického pole cívky o indukčnosti L platí vztah

$$E_m = \frac{1}{2} LI^2.$$

Po dosazení hodnoty zkratového proudu dostaneme

$$E_m = \frac{LU_e^2}{2R_i^2} = 0{,}6\ \mathrm{J}.$$

5.4 Střídavý proud

R5.319 Periodicky se mění polarita napětí.

R5.320 50 V; 0,4 s; 2,5 Hz; $\{u\} = 50 \sin 5\pi\{t\}$

R5.321 $f = 50$ Hz, $U_m = 200$ V, $t_1 = 2{,}5$ ms $= 2{,}5 \cdot 10^{-3}$ s, $t_2 = 4{,}0$ ms $= 4{,}0 \cdot 10^{-3}$ s, $t_3 = 5{,}0$ ms $= 5{,}0 \cdot 10^{-3}$ s; $u = ?$

$$u = U_m \sin \omega t$$
$$\{u_1\} = 200 \sin 100\pi\{t_1\} = 200 \sin \pi/4 = 140, \quad u_1 = 140\ \mathrm{V}$$
$$\{u_2\} = 200 \sin 100\pi\{t_2\} = 200 \sin 2\pi/5 = 190, \quad u_2 = 190\ \mathrm{V}$$
$$\{u_3\} = 200 \sin 100\pi\{t_3\} = 200 \sin \pi/2 = 200, \quad u_3 = 200\ \mathrm{V}$$

R5.322 $t = T/12$, $u = 10$ V, $T = 10$ ms $= 10^{-2}$ s; $U_m = ?$, $\omega = ?$, $f = ?$

Pro okamžitou hodnotu střídavého napětí platí:

$$u = U_m \sin\left(\frac{2\pi}{T} t + \frac{\pi}{6}\right) = U_m \sin\frac{\pi}{3} = \frac{\sqrt{3}}{2} U_m$$

Odtud:

$$U_m = \frac{2u}{\sqrt{3}} = \frac{20}{\sqrt{3}}\ \mathrm{V} = 11{,}5\ \mathrm{V}$$

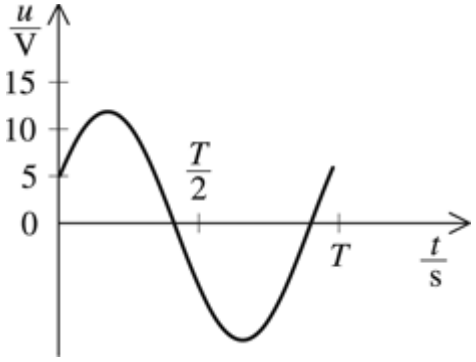
Frekvence střídavého napětí

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{10^{-2}}\ \text{Hz} = 100\ \text{Hz}$$

a úhlová frekvence

$\omega = 2\pi f = 6{,}3 \cdot 10^2\ \text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$.

Časový diagram střídavého napětí je na obr. R5-322 [5-67].



Obr. R5-322

R5.323 $\{i\} = 5{,}0 \sin 200\pi\{t\}$, $t = 1{,}25\ \text{ms} = 1{,}25 \cdot 10^{-3}\ \text{s}$; $I_\text{m} = ?$, $T = ?$, $f = ?$, $i = ?$

Porovnáním s rovnicí pro okamžitou hodnotu střídavého proudu $i = I_\text{m} \sin(\omega t + \varphi)$ určíme:

$$I_\text{m} = 5{,}0\ \text{A}$$

$$\frac{2\pi}{T} = 200\pi \Rightarrow T = 0{,}01\ \text{s}$$

$$f = \frac{1}{T} = 100\ \text{Hz}$$

$$\{i\} = 5{,}0 \sin \pi/4 = 3{,}5, \quad i = 3{,}5\ \text{A}$$

R5.324 $R = 80\ \Omega$, $U_\text{m} = 240\ \text{V}$, $f = 50\ \text{Hz}$; $i = ?$

$$i = \frac{U_\text{m}}{R} \sin 2\pi f t$$

$$\{i\} = 3 \sin 100\pi\{t\}$$

R5.325 $f = 50\ \text{Hz}$; $u = ?$, $i = ?$

$\{u\} = 150 \sin 100\pi\{t\}$; $\{i\} = 2 \sin(100\pi\{t\} - \pi/4)$

Střídavý proud je vzhledem ke střídavému napětí posunut o fázi $-\pi/4$.

R5.326 $I_\text{m} = 20\ \text{mA} = 0{,}02\ \text{A}$, $f = 1\ \text{kHz} = 10^3\ \text{Hz}$, $t = 0{,}10\ \text{ms} = 10^{-4}\ \text{s}$; $i = ?$

$$\{i\} = 0{,}02 \sin 2\pi \cdot 10^3\{t\}, \ i = 0{,}012\ \text{A} = 12\ \text{mA}$$

R5.327 $I_\text{m} = 100\ \text{mA} = 0{,}1\ \text{A}$, $f = 2\ \text{MHz} = 2 \cdot 10^6\ \text{Hz}$, $i = 25\ \text{mA} = 2{,}5 \cdot 10^{-2}\ \text{A}$; $t = ?$

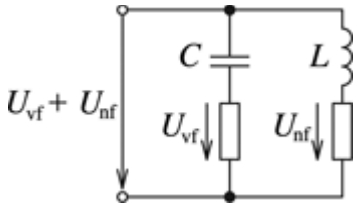
$$i = I_\mathrm{m} \sin 2\pi f t$$

$$\sin 2\pi \cdot 2 \cdot 10^6 \{t\} = \frac{i}{I_\mathrm{m}} = 0{,}25$$

$$4 \cdot 180° \cdot 10^6 \{t\} = 14{,}5° \Rightarrow \{t\} = 2 \cdot 10^{-8}$$

$$t = 2 \cdot 10^{-8}\ \mathrm{s}$$

R5.328 Zapojením kondenzátoru sériově s rezistorem se oddělí vysokofrekvenční složka a cívkou projde do paralelního obvodu nízkofrekvenční signál, obr. R5-328 [V5-3].



Obr. R5-328

R5.329 Svítivost žárovky se bude zmenšovat, poněvadž se zvětšuje indukčnost cívky, a tím i její induktance.

R5.330 f = 50 Hz, U = 24 V, I = 0,5 A; L = ?

$$X_L = \frac{U}{I} = \omega L$$

$$L = \frac{U}{I \cdot 2\pi f} = 0{,}15\ \mathrm{H}$$

R5.331 Uzavřením magnetického obvodu jádra se mění indukčnost snímače, což ovlivňuje proud v obvodu cívky snímače.

R5.332 L = 200 mH = 0,2 H, f_1 = 50 Hz, f_2 = 400 Hz; X_L = ?

$$X_{L1} = \omega_1 L = 2\pi f_1 L = 63\ \Omega$$
$$X_{L2} = \omega_2 L = 2\pi f_2 L = 500\ \Omega$$

R5.333 f = 500 Hz, X_L = 35 Ω; L = ?

$$L = \frac{X_L}{2\pi f} = 1{,}1 \cdot 10^{-2}\ \mathrm{H} = 11\ \mathrm{mH}$$

R5.334 L_1 = 1,6 H, L_2 = 0,63 mH = 6,3 · 10^{-4} H, X_L = 1 kΩ = 10^3 Ω; f = ?

$$f_1 = \frac{X_L}{2\pi L_1} = 100\ \mathrm{Hz}$$

$$f_2 = \frac{X_L}{2\pi L_2} = 2{,}5 \cdot 10^5\ \mathrm{Hz} = 0{,}25\ \mathrm{MHz}$$

R5.335 Kondenzátor se periodicky nabíjí a vybíjí a obvodem prochází nabíjecí a vybíjecí proud.

R5.336 $C = 4{,}0\ \mu\text{F} = 4{,}0 \cdot 10^{-6}$ F, $f = 50$ Hz; $L = ?$

$$X_L = X_C$$

$$\omega L = \frac{1}{\omega C} \Rightarrow L = \frac{1}{\omega^2 C} = \frac{1}{4\pi^2 f^2 C} = 2{,}5\ \text{H}$$

R5.337 $C = 2{,}0\ \mu\text{F} = 2{,}0 \cdot 10^{-6}$ F, $f = 500$ Hz; $f_1 = ?$, $f_2 = ?$

a) $C_1 = 2C$

$$X_{C1} = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2\pi f_1 2C} \Rightarrow f_1 = \frac{f}{2} = 250\ \text{Hz}$$

b) $C_2 = C/2$

$$X_{C2} = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2\pi f_2 C/2} \Rightarrow f_2 = 2f = 1\,000\ \text{Hz}$$

R5.338 $U = 220$ V, $f = 50$ Hz, $I = 2{,}5$ A; $C = ?$

$$X_C = \frac{U}{I} = \frac{1}{2\pi f C}$$

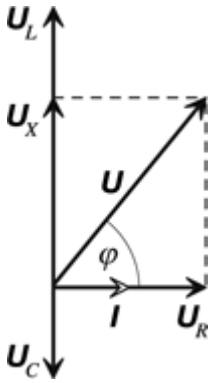
$$C = \frac{I}{2\pi f U} = 3{,}6 \cdot 10^{-5}\ \text{F} = 36\ \mu\text{F}$$

R5.339 $U_\text{m} = 24$ V, $T = 2{,}0$ ms $= 2{,}0 \cdot 10^{-3}$ s, $C = 16\ \mu\text{F} = 1{,}6 \cdot 10^{-5}$ F; $I_\text{m} = ?$

$$X_C = \frac{U_\text{m}}{I_\text{m}} = \frac{1}{\frac{2\pi}{T} C}$$

$$I_\text{m} = \frac{2\pi U_\text{m} C}{T} = 1{,}2\ \text{A}$$

R5.340 Obr. R5-340.



Obr. R5-340

Z obr. 5-325 [5-68] najdeme $U_\text{m} = 80$ V, $I_\text{m} = 2$ A a fázový posun střídavého napětí vzhledem k proudu v obvodu $\varphi = \pi/4$:

$$Z = \frac{U_\mathrm{m}}{I_\mathrm{m}} = 40\ \Omega$$

$$R = X = \frac{U_R}{I_\mathrm{m}} = \frac{U_\mathrm{m} \sin\varphi}{I_\mathrm{m}} \approx 0{,}7Z = 28\ \Omega$$

R5.341 Po připojení ke zdroji stejnosměrného napětí svítí žárovka v obvodu s rezistorem a v obvodu s cívkou. Po připojení ke zdroji střídavého napětí svítí žárovka v obvodu s rezistorem a v obvodu s kondenzátorem: A – kondenzátor, B – rezistor, C – cívka.

R5.342 Více svítí žárovka ve větvi a) s *C*, b) s *L*.

R5.343 $R = 40\ \Omega$, $L = 0{,}40$ H, $C = 16\ \mu\mathrm{F} = 1{,}6 \cdot 10^{-5}$ F, $U_\mathrm{m} = 12$ V, $f = 50$ Hz; $I_\mathrm{m} = ?$, $\varphi = ?$

Pro impedanci obvodu platí vztah:

$$Z = \frac{U_\mathrm{m}}{I_\mathrm{m}} = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

$$I_\mathrm{m} = \frac{U_\mathrm{m}}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}} = 0{,}14\ \mathrm{A}$$

Amplitudy napětí na obvodových prvcích mají hodnoty:

$U_R = I_\mathrm{m} R = 5{,}6$ V

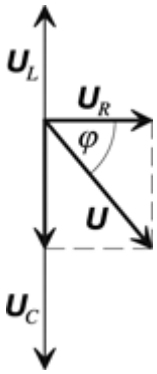
$U_L = I_\mathrm{m} \omega L = 18$ V

$$U_C = \frac{I_\mathrm{m}}{\omega C} = 28\ \mathrm{V}$$

Z těchto hodnot sestrojíme fázorový diagram (obr. R5-343 [5-71]) a určíme fázový rozdíl:

$$\mathrm{tg}\,\varphi = \frac{U_L - U_C}{U_R} = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R} \approx -1{,}8$$

$\varphi \approx -61°$



Obr. 5-343

Amplituda proudu v obvodu je 0,14 A a celkové napětí na obvodu se za proudem opožďuje o 61°. To znamená, že obvod jako celek má vlastnost kapacitance.

R5.344 $L = 50\ \text{mH} = 5{,}0 \cdot 10^{-2}\ \text{H}$, $R = 10\ \Omega$, $C = 2{,}0\ \mu\text{F} = 2{,}0 \cdot 10^{-6}\ \text{F}$, $I_\text{m} = 100\ \text{mA} = 0{,}1\ \text{A}$, $f = 0{,}5\ \text{kHz} = 5 \cdot 10^2\ \text{Hz}$; $Z = ?$, $U_\text{m} = ?$

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2} \approx 10\ \Omega$$

$$U_\text{m} = ZI_\text{m} = 1\ \text{V}$$

R5.345 $R = 90\ \Omega$, $L = 1{,}3\ \text{H}$, $C = 10\ \mu\text{F} = 10^{-5}\ \text{F}$, $U_\text{m} = 100\ \text{V}$, $f = 50\ \text{Hz}$; $u = ?$, $i = ?$

$$u = U_\text{m} \sin(2\pi f t + \varphi)$$

$$i = I_\text{m} \sin 2\pi f t$$

$$Z = \frac{U_\text{m}}{I_\text{m}} = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2} \Rightarrow I_\text{m} = \frac{U_\text{m}}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}} \approx 0{,}8\ \text{A}$$

$$\text{tg}\varphi = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R} = 1,\ \ \varphi = \pi/4$$

$$\{u\} = 10^2 \sin(100\pi\{t\} + \pi/4)$$

$$\{i\} = 0{,}8 \sin 100\pi\{t\}$$

R5.346 $R = 1{,}0\ \text{k}\Omega = 10^3\ \Omega$, $L = 0{,}50\ \text{H}$, $C = 1{,}0\ \mu\text{F} = 1{,}0 \cdot 10^{-6}\ \text{F}$, $f_1 = 50\ \text{Hz}$, $f_2 = 10\ \text{kHz} = 10^4\ \text{Hz}$; $X_L = ?$, $X_C = ?$, $Z = ?$

a) $f_1 = 50\ \text{Hz}$

$$X_L = \omega L = 160\ \Omega$$

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = 3{,}2 \cdot 10^3\ \Omega = 3{,}2\ \text{k}\Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2} = 3{,}2 \cdot 10^3\ \Omega = 3{,}2\ \text{k}\Omega$$

b) $f_2 = 10^4\ \text{Hz}$

$X_L = 31\ \text{k}\Omega$; $X_C = 16\ \Omega$; $Z = 31\ \text{k}\Omega$

R5.347 $R = 21\ \Omega$, $L = 70\ \text{mH} = 7{,}0 \cdot 10^{-2}\ \text{H}$, $C = 82\ \mu\text{F} = 8{,}2 \cdot 10^{-5}\ \text{F}$, $f = 50\ \text{Hz}$, $U_{\text{m}C} = 310\ \text{V}$; a) $I_\text{m} = ?$, b) $U_{\text{m}R} = ?$, c) $U_{\text{m}L} = ?$, d) $U_\text{m} = ?$

a) $$I_\text{m} = \frac{U_{\text{m}C}}{X_C} = U_{\text{m}C}\omega C = U_{\text{m}C} \cdot 2\pi f C = 8\ \text{A}$$

b) $$U_{\text{m}R} = RI_\text{m} = 170\ \text{V}$$

c) $$U_{\text{m}L} = X_L I_\text{m} = \omega L I_\text{m} = 180\ \text{V}$$

d) $$U_\text{m} = \sqrt{U_{\text{m}R}^2 + (U_{\text{m}L} - U_{\text{m}C})^2} = 210\ \text{V}$$

R5.348 f = 50 Hz, $U_1 : U_2 = 1 : 2$, U = 300 V; C = ?, I = ?

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{Z_1}{Z_2} = \frac{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}}{\sqrt{R^2 + (1/\omega C)^2}} = \frac{1}{2}$$

$$\frac{U_1^2}{U_2^2} = \frac{R^2\omega^2C^2 + \omega^4L^2C^2}{R^2\omega^2C^2 + 1} = \frac{1}{4}$$

$$C = \frac{1}{\omega\sqrt{3R^2 + 4\omega^2L^2}} = 3{,}0 \cdot 10^{-5}\ \text{F} = 30\,\mu\text{F}$$

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{U}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}} \approx 3{,}3\ \text{A}$$

R5.349 R_1 = 3,0 Ω, X_{L1} = 4,0 Ω, R_2 = 6,0 Ω, X_{C2} = 8,0 Ω, R_3 = 12 Ω, X_{C3} = 8,0 Ω, X_{L3} = 20 Ω; Z = ?

a) $Z_1 = \sqrt{R_1^2 + X_{L1}^2} = 5\,\Omega$

b) $Z_2 = \sqrt{R_2^2 + X_{C2}^2} = 10\,\Omega$

c) $Z_3 = \sqrt{R_3^2 + (X_{L3} - X_{C3})^2} = 17\,\Omega$

R5.350 f =50 Hz, $X_L = 2X_C$; f_1 = ?

$$X_L = 2X_C$$

$$2\pi fL = \frac{2}{2\pi fC} \Rightarrow LC = \frac{2}{(2\pi f)^2}$$

Při rezonanci $X_L = X_C$, takže:

$$(2\pi f_1)^2 = \frac{1}{LC} = \frac{(2\pi f)^2}{2}$$

$$f_1 = \sqrt{\frac{4\pi^2 f^2}{2 \cdot 4\pi^2}} = \frac{f}{\sqrt{2}} = 35\ \text{Hz}$$

R5.351 f = 50 Hz, C = 15 μF = 1,5 · 10^{-5} F; L = ?

Napětí na části obvodu LC je nulové při rezonanci, tzn. když $X_L = X_C$. Pak platí:

$$\omega L = \frac{1}{\omega C}$$

$$L = \frac{1}{\omega^2 C} = 0{,}68\ \text{H}$$

R5.352 f = 20 kHz = 2,0 · 10^4 Hz, X_L = 5,0 kΩ = 5,0 · 10^3 Ω; C = ?

Při rezonanci $X_L = X_C$, tedy

$$X_L = \frac{1}{2\pi f C} \Rightarrow C = \frac{1}{2\pi f X_L} = 1{,}6 \cdot 10^{-9}\ \mathrm{F} = 1{,}6\ \mathrm{nF}.$$

R5.353 f = 50 Hz; LC = ?

$$\omega^2 = 4\pi^2 f^2 = \frac{1}{LC} \Rightarrow LC = \frac{1}{4\pi^2 f^2} = 1{,}0 \cdot 10^{-5}\ \mathrm{s}^{-2}$$

R5.354 C = 1,6 μF = 1,6 · 10^{-6} F, f = 400 Hz; L = ?

$$\omega^2 = 4\pi^2 f^2 = \frac{1}{LC} \Rightarrow L = \frac{1}{4\pi^2 f^2 C} = 0{,}1\ \mathrm{H}$$

R5.355 C = 20 μF = 2,0 · 10^{-5} F, L_1 = 0,1 H, L_2 = 1 H, f =50 Hz; L = ?

Při zasouvání jádra se mění impedance obvodu a podle její velikosti se mění proud v obvodu, a tedy i svítivost vlákna žárovky. Největší je při rezonanci, tzn. když $X_L = X_C$. Tedy když

$$L = \frac{1}{4\pi^2 f^2 C} = 0{,}5\ \mathrm{H}.$$

R5.356 L = 3 · 10^{-5} H, S = 10^{-2} m^2, d = 10^{-4} m, f_0 = 400 kHz = 4 · 10^5 Hz; ε_r = ?

Při rezonanci platí pro sériový obvod

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}.$$

Protože kapacita deskového kondenzátoru je

$$C = \frac{\varepsilon S}{d},$$

kde $\varepsilon = \varepsilon_r \varepsilon_0$ (permitivita vakua je ε_0 = 8,854 · 10^{-12} F · m^{-1}), platí

$$\varepsilon_r = \frac{d}{4\pi^2 f_0^2 \varepsilon_0 S L} \approx 6.$$

Látka mezi deskami kondenzátoru má relativní permitivitu 6 (např. porcelán, slída).

R5.357 L = 4,8 · 10^{-2} H, R = 8,0 Ω, U_3= 34 V, f = 50 Hz; U_1 = ?, U_2 = ?, I = ?, φ = ?

Obvod na obr. 5-357 [5-74a] je obvod střídavého proudu s *RL* v sérii, který má impedanci o velikosti

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2},$$

a ampérmetr ukazuje velikost proudu v obvodu

$$I = \frac{U_3}{Z} = \frac{U_3}{\sqrt{R^2 + (2\pi f L)^2}} = 2\ \mathrm{A}.$$

Napětí U_2 na rezistoru má stejnou fázi jako proud a má velikost $U_2 = RI = 16$ V.

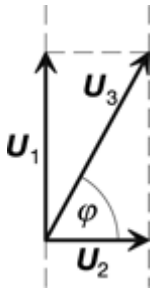
Velikost napětí U_1 na cívce určíme pomocí fázorového diagramu na obr. R5-357 [5-74b], podle kterého platí

$$U_1 = \sqrt{U_3^2 - U_2^2} \approx 30 \text{ V}.$$

Z fázorového diagramu také určíme fázový rozdíl φ mezi napětím U_3 a proudem I v obvodu, který má stejnou počáteční fázi jako napětí U_2 na rezistoru. Platí

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{U_1}{U_2} = 1{,}875,$$

a tedy $\varphi \approx 62°$.



Obr. R5-357

R5.358 $I = 1{,}0$ A, $U_1 = 160$ V, $U_2 = 120$ V, $f = 50$ Hz, $R = 8\ \Omega$; $C = ?$, $U_3 = ?$

$$U_3 = \sqrt{U_1^2 + U_2^2} = 200 \text{ V}$$

Poněvadž jde o sériový obvod, platí:

$$X_C = \frac{U_1}{I} = \frac{1}{2\pi f} \quad \Rightarrow \quad C = \frac{I}{2\pi f U_1} = 1{,}6 \cdot 10^{-5} \text{ F} = 16\ \mu\text{F}$$

R5.359 $f = 50$ Hz, $R_1 = 240\ \Omega$, $C = 16\ \mu\text{F} = 1{,}6 \cdot 10^{-5}$ F; $I = ?$, $R_2 = ?$

$$C_1 = 2C, C_2 = C$$

$$X_1 = \frac{1}{\omega C_1} = \frac{1}{2\omega C}, X_2 = \frac{1}{\omega C_2} = \frac{1}{\omega C} \Rightarrow X_1 = 0{,}5X_2$$

$$I_1 = \frac{U}{Z_1} = \frac{U}{\sqrt{R_1^2 + X_1^2}}, \quad I_2 = \frac{U}{Z_2} = \frac{U}{\sqrt{R_1^2 + X_2^2}}$$

$$I_1 = I_2 \sqrt{\frac{R_1^2 + X_2^2}{R_1^2 + 0{,}25X_2^2}} = 1{,}2I_2$$

Proud v obvodu se zmenší 1,2krát.

Proud v obvodu se nezmění, když $Z_1 = Z_2$:

$$Z_1 = \sqrt{R_1^2 + X_1^2} = \sqrt{R_1^2 + \left(\frac{1}{\omega 2C}\right)^2}\,,\; Z_2 = \sqrt{R_2^2 + X_2^2} = \sqrt{R_2^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

$$R_2 = \sqrt{R_1^2 + \frac{1}{4\omega^2 C^2} - \frac{1}{\omega^2 C^2}} = \sqrt{R_1^2 - \frac{3}{4\omega^2 C^2}} = 170\ \Omega \sim 0{,}7 R_1$$

Aby se proud v obvodu nezměnil, je třeba vyřadit 30 % reostatu.

R5.360 U = 220 V, f = 50 Hz, U_1 = 55 V, I = 0,50 A; C = ?

$$X_C = \frac{U_2}{I} = \frac{\sqrt{U^2 - U_1^2}}{I} = \frac{1}{\omega C}$$

$$C = \frac{I}{\omega\sqrt{U^2 - U_1^2}} = 7{,}5 \cdot 10^{-6} = 7{,}5\ \mu\text{F}$$

R5.361 U' = 4,0 V, I' = 0,50 A, U = 9,0 V, I = 180 mA, f = 50 Hz; L = ?

Skutečnou cívku považujeme za sériový obvod RL, pro který platí

$$Z = \frac{U}{I} = \sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}\,.$$

Odpor cívky určíme pomocí hodnot napětí U' a proudu I' v obvodu stejnosměrného proudu, takže

$$\frac{U}{I} = \sqrt{\left(\frac{U'}{I'}\right)^2 + \omega^2 L^2}\,.$$

Odtud

$$L = \frac{1}{2\pi f}\sqrt{\left(\frac{U}{I}\right)^2 - \left(\frac{U'}{I'}\right)^2} = 0{,}16\ \text{H}.$$

R5.362 L = 2 H, R = 20 Ω, U_{ss} = 20 V, U_{st} = 20 V, f = 50 Hz; I = ?

a) $I_{ss} = \frac{U_{ss}}{R} = 1\ \text{A}$

b) $I_{st} = \frac{U_{st}}{Z} = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}} = 3{,}2 \cdot 10^{-2}\ \text{A} = 32\ \text{mA}$

R5.363 f = 50 Hz, L = 1,5 H, R = 150 Ω, I = 0,45 A; U = ?, φ = ?

$$U = IZ = I\sqrt{R^2 + (\omega L)^2} = 220\ \text{V}$$

$$\text{tg}\,\varphi = \frac{X_L}{R} = \frac{\omega L}{R} = 3{,}1$$

$$\varphi = 72°$$

R5.364 U = 120 V, L = 1,50 H, R = 150 Ω, f = 50 Hz; C = ?, I = ?

Fázový rozdíl napětí $\varphi = 0$ při rezonanci, tzn. když $X_L = X_C$ a $Z = R$:

$$\omega^2 = \frac{1}{LC} \Rightarrow C = \frac{1}{\omega^2 L} = \frac{1}{4\pi^2 f^2 L} = 6{,}8 \cdot 10^{-6}\ \mathrm{F} = 6{,}8\ \mu\mathrm{F}$$

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{U}{R} = 0{,}8\ \mathrm{A}$$

R5.365 $L = 60\ \mathrm{mH} = 6{,}0 \cdot 10^{-2}\ \mathrm{H}$, $R_1 = 10\ \Omega$, $Z = 26\ \Omega$, $f = 50\ \mathrm{Hz}$; $R = ?$

$$Z^2 = (R_1 + R_2)^2 + X_L^2$$
$$R_2^2 + 2R_1R_2 + \left(R_1^2 - Z^2 + X_L^2\right) = 0$$

Kvadratická rovnice má dvě řešení $R_{21} = 28\ \Omega$, $R_{22} = 8\ \Omega$. Poněvadž $R_{21} > Z$, má fyzikální význam jen druhé řešení: $R_2 = 8\ \Omega$.

R5.366 $U_ž = 55\ \mathrm{V}$, $I_ž = 0{,}15\ \mathrm{A}$, $U = 220\ \mathrm{V}$, $f = 50\ \mathrm{Hz}$; $L = ?$

Pro napětí v obvodu platí

$$U^2 = U_ž^2 + U_t^2,$$

kde U_t je napětí na tlumivce. Induktance tlumivky

$$X_L = 2\pi f L = \frac{U_t}{I_ž} = \frac{\sqrt{U^2 - U_ž^2}}{I_ž}.$$

Odtud

$$L = \frac{\sqrt{U^2 - U_ž^2}}{2\pi f I_ž} = 4{,}5\ \mathrm{H}.$$

R5.367 Vařič bude hřát v obou případech stejně; $\cos\varphi = 1$.

R5.368 $U_1 = 380\ \mathrm{V}$, $U_2 = 220\ \mathrm{V}$, $U_3 = 120\ \mathrm{V}$; $U_m = ?$

$$U_m = U\sqrt{2} \approx 1{,}41U$$
$$U_{m1} = 537\ \mathrm{V}, U_{m2} = 311\ \mathrm{V}, U_{m3} = 170\ \mathrm{V}$$

R5.369 $U = 156\ \mathrm{V}$; $U_m = ?$, $t = ?$

$$U_m = U\sqrt{2} = 220\ \mathrm{V}$$
$$u = U_m \sin\omega t$$
$$\{u\} = 220\sin 100\pi\{t\} = 156$$
$$\sin 100\pi t = \frac{U}{U\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2} \Rightarrow 100\pi t = \frac{\pi}{4}$$
$$t = \frac{1}{400}\ \mathrm{s} = 2{,}5 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{s} = 2{,}5\ \mathrm{ms}$$

R5.370 U = 220 V, U_{max} = 250 V

Ne, napětí v obvodu dosahuje hodnoty $U_m = U\sqrt{2}$ = 311 V > U_{max}.

R5.371 U = 6,0 kV = 6,0 · 10^3 V

$$U_m = U\sqrt{2} = 8{,}5 \cdot 10^3 \text{ V} = 8{,}5 \text{ kV}$$

R5.372 R = 20 Ω, U = 24 V, f = 50 Hz; I =?

$$i = I_m \sin \omega t = \frac{U_m}{R} \sin \omega t = \frac{U\sqrt{2}}{R} \sin \omega t$$
$$\{i\} = 1{,}7 \sin 100\pi \{t\}$$

R5.373 U = 120 V, U_z = 85 V, f = 50 Hz; t = ?

Amplituda střídavého napětí $U_m = U\sqrt{2} = 170$ V a jeho perioda T = 1/50 s = 0,02 s.
V časovém diagramu na obr. R5-373 [5-75] je vyznačen časový interval, v němž doutnavka svítí. Protože napětí U_z, při kterém se doutnavka zapálí, resp. zhasne, je rovno polovině napětí U_m, platí pro okamžik zapálení doutnavky

$$\frac{U_z}{U_m} = \sin \omega t = \frac{1}{2}.$$

V průběhu první půlperiody je tato rovnice splněna v případech

$$\frac{2\pi}{T} t_1 = \frac{\pi}{6} \text{ a } \frac{2\pi}{T} t_2 = \frac{5}{6}\pi.$$

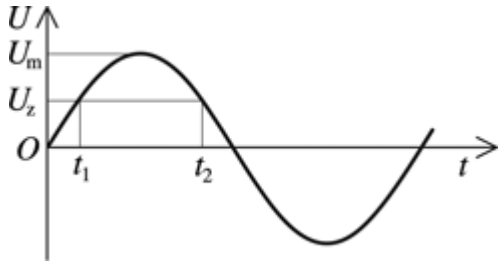
Odtud

$$t_1 = \frac{T}{12} \text{ a } t_2 = \frac{5}{12} T,$$

takže doutnavka svítí v časovém intervalu $\Delta t = t_2 - t_1 = T/3$.

Po dosazení periody střídavého napětí dostaneme Δt = 1/150 s.

V průběhu jedné půlperiody svítí doutnavka po dobu 6,6 ms.



Obr. R5-373

R5.374 $\{i\}$ = 5,0 sin $\omega\{t\}$, $\{u\}$ = 100 sin ($\omega\{t\}$ + π/6)

Z rovnic vyplývá:

$I_m = 5{,}0$ A, $U_m = 100$ V, $\varphi = \dfrac{\pi}{6} = 30°$

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 3{,}5 \text{ A}, U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = 71 \text{ V}$$

$$\cos\varphi = \cos\frac{\pi}{6} = 0{,}87$$

$$P = UI\cos\varphi = 220 \text{ W}$$

Spotřebič má vlastnosti induktance, napětí předbíhá proud.

R5.375 $U = 220$ V, $I = 10$ A, $P = 2{,}0$ kW $= 2{,}0 \cdot 10^3$ W; $\cos\varphi = ?$, $\varphi = ?$

$$\cos\varphi = \frac{P}{UI} = 0{,}91$$

$$\varphi = 24° 30' \approx 25°$$

R5.376 $U = 220$ V, $P = 2{,}2$ kW $= 2{,}2 \cdot 10^3$ W, $\cos\varphi = 0{,}80$; $I = ?$

$$I = \frac{P}{U\cos\varphi} = 12{,}5 \text{ A}$$

R5.377 f se zvětšuje, a) X_L, b) X_C; $P = ?$

$$\text{a) } P = UI\cos\varphi = UI\frac{R}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}}$$

Jestliže se zvětšuje frekvence, činný výkon střídavého proudu se zmenšuje.

$$\text{b) } P = UI\cos\varphi = UI\frac{R}{\sqrt{R^2 + \dfrac{1}{\omega^2 C^2}}} = \frac{R\omega C}{\sqrt{(R\omega C)^2 + 1}}$$

Jestliže se zvětšuje frekvence, zvětšuje se také činný výkon střídavého proudu.

R5.378 $f = 50$ Hz, $Z = 10\ \Omega$, $\cos\varphi = 0{,}6$; $R = ?$, $L = ?$

$$\cos\varphi = \frac{R}{Z} \Rightarrow R = Z\cos\varphi = 6{,}0\ \Omega$$

$$Z^2 = R^2 + X_L^2 = Z^2\cos^2\varphi + \omega^2 L^2$$

$$L = \sqrt{\frac{Z^2(1 - \cos^2\varphi)}{\omega^2}} \approx 2{,}5 \cdot 10^{-3} \text{ H} = 25 \text{ mH}$$

R5.379 $U = 220$ V, $t = 1$ h $= 3\,600$ s, $I = 10$ A, $W = 1{,}5$ kW · h $= 1{,}5 \cdot 10^3$ W · h; $\cos\varphi = ?$

$$W = Pt \Rightarrow P = \frac{W}{t}$$

$$\cos\varphi = \frac{P}{UI} = \frac{W}{UIt} = 0{,}68$$

R5.380 $U_1 = 220$ V, $I = 2{,}0$ A, $\cos\varphi_1 = 0{,}50$, $U_2 = 120$ V; C = ?, $\cos\varphi_2$ = ?, U_3= ?

Činný výkon elektromotoru je

$P = UI\cos\varphi = 220$ W,

jeho rezistance má hodnotu

$$R = \frac{P}{I^2} = 55\,\Omega$$

a impedance

$$Z_1 = \frac{R}{\cos\varphi} = 110\,\Omega.$$

Ze vztahu pro impedanci

$$Z_1 = \sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}$$

určíme induktanci elektromotoru

$X_L = \omega L \approx 95\ \Omega$.

Jestliže elektromotor spojíme do série s kondenzátorem, je impedance

$$Z_2 = \frac{U_2}{I} = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2} = 60\,\Omega$$

a pro kapacitu kondenzátoru platí

$$C = \frac{1}{\omega\left(\omega L - \sqrt{Z_2^2 - R^2}\right)} \approx 45\,\mu\text{F}.$$

Účiník obvodu

$$\cos\varphi_2 = \frac{R}{Z_2} \approx 0{,}92\,.$$

Z rovnice

$$\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right) = \sqrt{Z_2^2 - R^2}$$

vyplývá, že pro reálnou kapacitu musí mít také výraz pod odmocninou reálnou hodnotu, tzn. že mezní hodnota napětí je určena vztahem

$$\frac{U_3}{I} = R \text{ a odtud } U_3 = 110\text{ V}.$$

Připojením elektromotoru přes kondenzátor o kapacitě 45 μF se zvýší účiník na 0,92. Zdroj střídavého napětí musí mít hodnotu napětí nejméně 110 V.

R5.381 $S = 100\ \mathrm{cm}^2 = 10^{-2}\ \mathrm{m}^2$, $B = 0{,}050\ \mathrm{T} = 5{,}0 \cdot 10^{-2}\ \mathrm{T}$, $f = 300\ \mathrm{Hz}$; a) $u = ?$

a) $u = -\dfrac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\dfrac{BS\cos\omega t}{\Delta t} = \omega BS\sin\omega t$

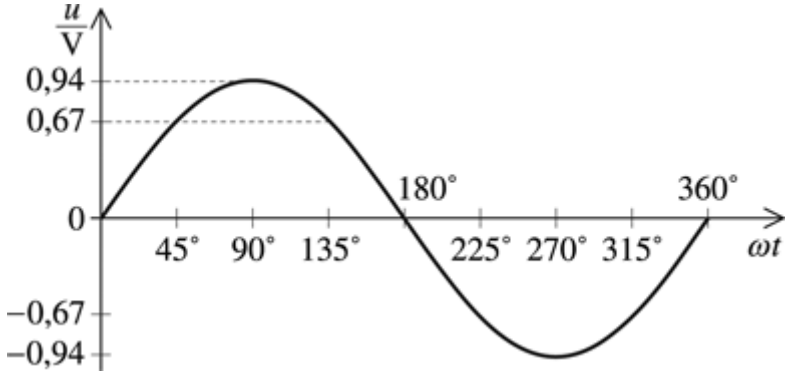
$U_\mathrm{m} = \omega BS = 2\pi fBS = 0{,}94\ \mathrm{V}$

$u = U_\mathrm{m}\sin\omega t$

$\{u\} = 0{,}94\sin(2\pi\cdot 300\{t\})$

úhel ωt	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	360°
$\dfrac{u}{\mathrm{V}}$	0	0,67	0,94	0,67	0	–0,67	–0,94	–0,67	0

b) graf (obr. R5-381)



Obr. R5-381

R5.382 $U = 220\ \mathrm{V}$, $N = 400$, $U_\mathrm{A} = 6{,}0\ \mathrm{V}$, $I_\mathrm{A} = 2I_\mathrm{Z} = 2 \cdot 0{,}50\ \mathrm{A} = 1{,}0\ \mathrm{A}$, $U_\mathrm{B} = 12\ \mathrm{V}$, $P_\mathrm{B} = 24\ \mathrm{W}$, $N_\mathrm{C} = 64$, $I_\mathrm{C} = 2{,}0\ \mathrm{A}$; $N_\mathrm{A} = ?$, $N_\mathrm{B} = ?$, $U_\mathrm{C} = ?$, $I = ?$

Jestliže předpokládáme, že transformátor pracuje se 100% účinností, můžeme napětí indukované na každém jeho závitu vyjádřit vztahem

$$U_0 = \frac{U}{N}.$$

A. Protože na cívce A s N_A závity je známé napětí U_A, platí:

$$U_\mathrm{A} = N_\mathrm{A}U_0;\ N_\mathrm{A} = \frac{U_\mathrm{A}}{U_0} = \frac{U_\mathrm{A}}{U}N$$

$$N_\mathrm{A} = \frac{6}{220}400 = 10{,}9 \approx 11$$

Cívka A má 11 závitů.

B. Na cívce B s N_B závity je známé napětí U_B:

$$U_\mathrm{B} = N_\mathrm{B} U_0;\ N_\mathrm{B} = \frac{U_\mathrm{B}}{U_0} = \frac{U_\mathrm{B}}{U} N$$

$$N_\mathrm{B} = \frac{12}{220} \cdot 400 = 21{,}8 \approx 22$$

Cívka B má 22 závitů.

C. Na cívce C se známým počtem závitů N_C je napětí U_C:

$$U_\mathrm{C} = N_\mathrm{C} U_0 = N_\mathrm{C} \frac{U}{N}$$

$$U_\mathrm{C} = 6{,}4 \cdot \frac{220}{440}\ \mathrm{V} = 35{,}2\ \mathrm{V} \approx 35\ \mathrm{V}$$

Na cívce C je napětí 35 V.

Protože ztráty považujeme za zanedbatelně malé, bude

$$P = P_\mathrm{A} + P_\mathrm{B} + P_\mathrm{C}, UI = P = P_\mathrm{A} + P_\mathrm{B} + P_\mathrm{C},$$

$$I = \frac{P_\mathrm{A} + P_\mathrm{B} + P_\mathrm{C}}{U},$$

$$I = \frac{6 \cdot 1{,}0 + 24 + 35 \cdot 2{,}0}{220}\ \mathrm{A} \approx 0{,}45\ \mathrm{A}.$$

Primární cívkou prochází proud 0,45 A.

R5.383 Je-li zdroj napětí připojen k cívce A, prochází cívkou B 1/2 magnetického indukčního toku. Ten vytvoří napětí U připojené k cívce B, ale cívkou A pak prochází 1/4 původního magnetického toku a na cívce A je napětí 10 V.

R5.384 U_B = 13,3 V, U_A = 120 V; k = ?

$$U = kU_\mathrm{B} = \frac{U_\mathrm{A}}{k}$$

$$k = \sqrt{\frac{U_\mathrm{A}}{U_\mathrm{B}}} = 3$$

R5.385 N_1 = 880, N_2 = 1 200, U_1 = 220 V; U_2 = ?

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} \Rightarrow U_2 = U_1 \frac{N_2}{N_1} = 300\ \mathrm{V}$$

R5.386 U = 120 V; U_m = ?

$$U_\mathrm{m} = U\sqrt{2} = 170\ \mathrm{V}$$

R5.387 I_2 = 200 mA = 0,2 A, U_2 = 4 V, U_1 = 220 V; a) I_1 = ?, b) η = 0,9, I_1' = ?

a) $$\frac{I_1}{I_2} = \frac{U_2}{U_1} \Rightarrow I_1 = I_2 \frac{U_2}{U_1} = 3{,}6 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{A} \approx 4\ \mathrm{mA}$$

b) Výsledek se nezmění: 10 % z hodnoty výsledku je 0,4 mA. Výsledek však můžeme vyjádřit jen jednou platnou číslicí; pro 4 mA + 0,4 mA = 4,4 mA ≈ 4 mA.

R5.388 $n = 400$, $S = (15 \times 20)\ \mathrm{cm}^2 = 3 \cdot 10^{-2}\ \mathrm{m}^2$, $f = 3\,000\ \mathrm{min}^{-1} = 50\ \mathrm{s}^{-1}$, $B = 5\ \mathrm{mT} = 5 \cdot 10^{-3}$ T; $U_\mathrm{m} = ?$

$U_\mathrm{m} = 2\pi fBS = 2\pi \cdot 50 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot 12 = 19\ \mathrm{V}$

R5.389 $f = 50$ Hz, $U = 0{,}25$ V; $\Phi_\mathrm{m} = ?$

Jestliže pro magnetický indukční tok cívkou platí $\Phi = \Phi_\mathrm{m} \cos \omega t$, pak

$$u_\mathrm{i} = -\frac{\mathrm{d}\Phi}{\mathrm{d}t} = \omega\Phi_\mathrm{m} \sin \omega t = U_\mathrm{m} \sin \omega t\ .$$

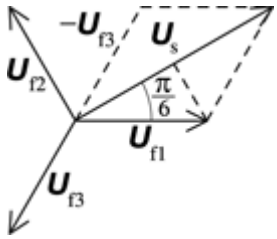
Odtud

$$U_\mathrm{m} = \omega\Phi_\mathrm{m} \ \Rightarrow\ \Phi_\mathrm{m} = \frac{U_\mathrm{m}}{\omega} = \frac{U\sqrt{2}}{2\pi f} = 1{,}1 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{Wb} = 1{,}1\ \ \mathrm{mWb}$$

R5.390 $f = 50$ Hz, $\Phi_\mathrm{m} = 2 \cdot 10^{-3}$ Wb, $n = 100$; $U = ?$

$$U = \frac{U_\mathrm{m}}{\sqrt{2}} = \frac{\omega n \Phi_\mathrm{m}}{\sqrt{2}} = \frac{2\pi f n \Phi_\mathrm{m}}{\sqrt{2}} = 44\ \mathrm{V}$$

R5.391 a) Obr. R5-391 [V5-4]



Obr. R5-391

b) $U_\mathrm{s} = 2U_\mathrm{f} \cos(\pi/6) = \sqrt{3}U_\mathrm{f}$

R5.392 $U = 220$ V, $\cos\varphi = 0{,}80$, $P = 6{,}0$ kW $= 6{,}0 \cdot 10^3$ W, $\eta = 0{,}82$; $I = ?$

$$\eta = \frac{P}{P'}$$

$$P' = UI\cos\varphi$$

$$I = \frac{P}{\eta U \cos\varphi} = 42\ \mathrm{A}$$

R5.393 $U_\mathrm{min} = 210$ V, $l = 1\,000$ m, $d = 6{,}0$ mm $= 6{,}0 \cdot 10^{-3}$ m; a) $R = ?$, b) $d_\mathrm{minCu} = ?$

a) $\rho_\mathrm{Al} = 2{,}7 \cdot 10^{-8}\ \Omega \cdot \mathrm{m}$, $\rho_\mathrm{Cu} = 1{,}8 \cdot 10^{-8}\ \Omega \cdot \mathrm{m}$

$$R = \rho\frac{l}{S} = \rho\frac{2l}{\pi(d/2)^2} = 1{,}9\ \text{V}$$

$$\Delta U = IR \approx 80\ \text{V}$$

$$U' = U - \Delta U \approx 140\ \text{V}$$

Ne, napětí na svorkách elektromotoru by bylo přibližně jen 140 V.

b) $\Delta U = 10$ V

$$R_{\text{Cu}} = \frac{\Delta U}{I} = 0{,}24\ \Omega$$

$$d = \sqrt{\frac{\rho_{\text{Cu}} 8l}{\pi R_{\text{Cu}}}} = 1{,}4\cdot 10^{-2}\ \text{m} = 14\ \text{mm}$$

c) Elektromotor je třeba připojit pomocí dvou transformátorů.

R5.394 $U_1 = 2{,}0$ kV $= 2 \cdot 10^3$ V, $I_1 = 2{,}0$ A, $\cos\varphi = 0{,}82$, $U_2 = 220$ V; $I_2 = ?$, $P_2 = ?$

$$U_1 I_1 = U_2 I_2 \Rightarrow\ I_2 = \frac{U_1 I_1}{U_2} = 18\ \text{A}$$

$$P_2 = U_1 I_1 \cos\varphi = 3\,300\ \text{W} = 3{,}3\ \text{kW}$$

R5.395 $U_1 = 2{,}2$ kV $= 2\,200$ V, $P = 4{,}0$ kV $= 4{,}0 \cdot 10^3$ V, $U_2 = 220$ V, $\cos\varphi = 0{,}88$; $I_2 = ?$

Spotřebiče připojíme k sekundární cívce transformátoru s transformačním poměrem 1 : 10.

$$\cos\varphi = \frac{P}{U_2 I_2} \Rightarrow\ I_2 = \frac{P}{U_2 \cos\varphi} = 21\ \text{A}$$

R5.396 $U = 22$ kV $= 2{,}2 \cdot 10^4$ V, $I_1 = 8{,}0$ A, $\cos\varphi_1 = 0{,}98$, $\cos\varphi_2 = 0{,}86$; $I_2 = ?$, $P' = ?$

$$P = UI_1\cos\varphi_1$$

$$5P = UI_2\cos\varphi_2 \Rightarrow I_2 = \frac{5P}{UI_2\cos\varphi_2} = \frac{5I_1\cos\varphi_1}{\cos\varphi_2} \approx 46\ \text{A}$$

$$P' = UI_2\cos\varphi_2 = 8{,}6\cdot 10^5\ \text{W} = 0{,}86\ \text{MW}$$

5.5 Elektromagnetické kmitání a vlnění

R5.397 $E_\text{e} = E_\text{m}$; $t = ?$

$$E_\text{e} = \frac{1}{2}\frac{q^2}{C} = \frac{1}{2}\frac{Q_\text{m}^2\sin^2\omega t}{C}$$

$$E_\text{m} = \frac{1}{2}Li^2 = \frac{1}{2}LQ_\text{m}^2\omega^2\cos^2\omega t$$

Poněvadž $\omega^2 = 1/LC$, bude $E_\text{e} = E_\text{m}$, když $\sin\omega t = \cos\omega t$. To je splněno pro $\omega t = \pi/4$, takže platí:

$$\frac{2\pi}{T}t = \frac{\pi}{4} \Rightarrow t = \frac{T}{8}$$

R5.398 Kapacita kondenzátoru se bude zvětšovat, a tedy frekvence elektromagnetického kmitání se bude zmenšovat ($f \sim 1/\sqrt{C}$).

R5.399 $C = 100\ \text{pF} = 10^{-12}\ \text{F}$, $L = 64\ \mu\text{H} = 6{,}4 \cdot 10^{-5}\ \text{H}$; $T = ?$, $f = ?$

$$T = 2\pi\sqrt{LC} = 0{,}5 \cdot 10^{-6}\ \text{s}$$

$$f = \frac{1}{T} = 2 \cdot 10^{6}\ \text{Hz} = 2\ \text{MHz}$$

R5.400 $C_1 = 450\ \text{pF}$, $L_1 = 2\ \mu\text{H}$, $C_2 = 1{,}2\ \text{nF}$, $L_2 = 7{,}5 \cdot 10^{-7}\ \text{H}$; $f = ?$

$$f_1 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 C_1}} = 5{,}3 \cdot 10^{6}\ \text{Hz} = 5{,}3\ \text{MHz}$$

$$f_2 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_2 C_2}} = 5{,}3 \cdot 10^{6}\ \text{Hz} = 5{,}3\ \text{MHz}$$

$$f_1 = f_2 = 5{,}3\ \text{MHz}$$

R5.401 $C_1 = 1{,}0\ \mu\text{F} = 1{,}0 \cdot 10^{-6}\ \text{F}$, $f_1 = 1{,}0\ \text{kHz} = 1{,}0 \cdot 10^{3}\ \text{Hz}$, $f_2 = 0{,}5 f_1$; $L = ?$, $C_2 = ?$

Indukčnost oscilačního obvodu

$$L = \frac{1}{4\pi^2 f_1^2 C_1} = \frac{1}{4\pi^2 \cdot 10^6 \cdot 10^{-6}}\ \text{H} \approx 25\ \text{mH}\,.$$

Při paralelním zapojení kondenzátorů

$$f_2 = \frac{f_1}{2} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L(C_1 + C_2)}}\,.$$

Odtud

$$\sqrt{\frac{C_2}{C_1} + 1} = 2$$

a $C_2 = 3C_1 = 3{,}0 \cdot 10^{-6}\ \text{F} = 3{,}0\ \mu\text{F}$.

R5.402 $C = 50\ \text{pF} = 5{,}0 \cdot 10^{-11}\ \text{F}$, $f = 1{,}0\ \text{MHz} = 1{,}0 \cdot 10^{6}\ \text{Hz}$; $C = ?$

$$\omega^2 = 4\pi^2 f^2 = \frac{1}{LC} \Rightarrow L = \frac{1}{4\pi^2 f^2 C} = 5{,}1 \cdot 10^{-6}\ \text{H} = 5{,}1\ \mu\text{H}$$

R5.403 $L = 0{,}50\ \text{mH} = 5{,}0 \cdot 10^{-4}\ \text{H}$, $f = 1{,}0\ \text{MHz} = 1{,}0 \cdot 10^{6}\ \text{Hz}$; $C = ?$

$$C = \frac{1}{4\pi^2 f^2 L} = 5{,}1 \cdot 10^{-11}\ \text{F} = 51\ \text{pF}$$

R5.404 L = 3,0 mH = 3,0 · 10^{-3} H, r = 1,2 cm = 1,2 · 10^{-2} m, d = 0,30 mm = 3,0 · 10^{-4} m, ε_r = 4,0; T_0 = ?, ΔT = ?

$$C = \varepsilon_0 \varepsilon_r \frac{S}{d} = \varepsilon_0 \varepsilon_r \frac{\pi r^2}{d}$$

$$T_0 = 2\pi\sqrt{LC} = 2\pi\sqrt{L\frac{\varepsilon_0 S}{d}} = 2\pi r\sqrt{L\frac{\varepsilon_0 \pi}{d}} = 1{,}3\cdot 10^{-6}\ \mathrm{s} = 1{,}3\ \mu\mathrm{s}$$

$$C = \varepsilon_r C_0$$

$$\frac{T_0}{T} = \sqrt{\frac{LC_0}{LC}} = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_r}} \Rightarrow T = T_0\sqrt{\varepsilon_r} = 2{,}5\cdot 10^{-6}\ \mathrm{s} = 2{,}5\ \mu\mathrm{s}$$

R5.405 C = 10 μF = 1,0 · 10^{-5} F, f_1 = 400 Hz, f_2 = 500 Hz; L = ?

$$L_1 = \frac{1}{4\pi^2 f_1^2 C} = 1{,}6\cdot 10^{-2}\ \mathrm{H} = 16\ \mathrm{mH}$$

$$L_2 = \frac{1}{4\pi^2 f_2^2 C} = 1{,}0\cdot 10^{-2}\ \mathrm{H} = 10\ \mathrm{mH}$$

R5.406 C = 24 nF = 2,4 · 10^{-8} F, L = 0,60 H, U_m = 50 V; q = ?, i = ?

Je-li napětí kondenzátoru oscilačního obvodu v počátečním okamžiku U_m, platí

$q = CU_m \cos \omega t$,

kde $\omega = 1/\sqrt{LC}$ je úhlová frekvence vlastního kmitání obvodu. Dosazením číselných hodnot dostaneme

$\{q\} = 1{,}2 \cdot 10^{-6} \cos 8{,}3 \cdot 10^3 \{t\}$.

Pro okamžitou hodnotu proudu v obvodu platí vztah

$i = I_m \sin \omega t$.

Amplitudu proudu I_m určíme pomocí zákona zachování energie ve tvaru

$$\frac{1}{2}CU_m^2 = \frac{1}{2}LI_m^2 .$$

Odtud

$$I_m = U_m\sqrt{\frac{C}{L}} = 10^{-2}\ \mathrm{A} ,$$

takže

$\{i\} = 10^{-2} \sin 8{,}3 \cdot 10^3\ \{t\}$.

R5.407 C = 24 nF = 2,4 · 10^{-8} F, L = 0,60 H, U_m = 50 V, $t = T/8, T/4, T/2$; a) u_C = ?, b) U_e = ?, c) E_m = ?

a) $u_C = U_\mathrm{m} \cos \frac{2\pi}{T} t$

$\{u_{C1}\} = 50 \cos \frac{\pi}{4} = 35\,,\ u_{C1} = 35\ \mathrm{V}$

$\{u_{C2}\} = 50 \cos \frac{\pi}{2} = 0\,,\ u_{C2} = 0$

$\{u_{C3}\} = 50 \cos \pi = 50\,,\ u_{C3} = -50\ \mathrm{V}$

b) $E_\mathrm{e} = \frac{1}{2} C u_C^2$

$E_{\mathrm{e}1} = 1{,}5 \cdot 10^{-5}\ \mathrm{J}$

$E_{\mathrm{e}2} = 0$

$E_{\mathrm{e}3} = 3{,}0 \cdot 10^{-5}\ \mathrm{J}$

c) $\{i\} = 10^{-2} \sin \frac{2\pi}{\{T\}} \{t\},\ i_1 = 7{,}0 \cdot 10^{-3}\ \mathrm{A},\ i_2 = 10^{-2}\ \mathrm{A}, i_3 = 0$

$E_\mathrm{m} = \frac{1}{2} L i^2$

$E_{\mathrm{m}1} = 1{,}5 \cdot 10^{-5}\ \mathrm{J}$

$E_{\mathrm{m}2} = 3{,}0 \cdot 10^{-5}\ \mathrm{J}$

$E_{\mathrm{m}3} = 0$

R5.408 $\{u\} = 50 \cos 1{,}0 \cdot 10^4 \pi \{t\}$, $C = 0{,}10\ \mu\mathrm{F} = 1{,}0 \cdot 10^{-7}$ F; a) T = ?, b) L = ?, c) i = ?

a) $\omega = \frac{2\pi}{T} = 1{,}0 \cdot 10^4 \pi\ \mathrm{s}^{-1} \ \Rightarrow\ T = 2{,}0 \cdot 10^{-4}\,\mathrm{s} = 0{,}2\ \mathrm{ms}$

b) $\omega^2 = \frac{1}{LC} \ \Rightarrow\ L = \frac{1}{\omega^2 C} = 1{,}0 \cdot 10^{-2}\ \mathrm{H} = 0{,}01\ \mathrm{H}$

c) $i = U_\mathrm{m} C \omega \sin \omega t$

$\{i\} = 0{,}16 \sin 10^4 \pi \{t\}$

R5.409 I_m = ?, U_m = ?

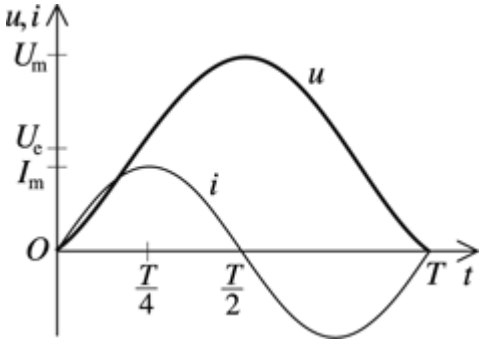
Po sepnutí vypínače začne probíhat periodický děj, jehož průběh je znázorněn časovým diagramem na obr. R5-409 [5-80]. Proud v obvodu se vlivem indukčnosti cívky postupně zvětšuje až na největší hodnotu I_m. Tímto proudem se nabíjí kondenzátor a v libovolném okamžiku platí podle zákona zachování energie

$$\frac{L i^2}{2} + \frac{C u^2}{2} = q U_\mathrm{e} = C u U_\mathrm{e}.$$

V okamžiku, kdy proud dosáhne své největší hodnoty, bude časová změna $\Delta i/\Delta t = 0$ a indukované napětí na cívce $U_\mathrm{i} = -L \Delta i/\Delta t = 0$. Napětí na kondenzátoru tedy bude rovno napětí zdroje U_e. Od tohoto okamžiku se kondenzátor začne nabíjet na úkor energie magnetického pole cívky a proud se začne zmenšovat. Ze zákona zachování energie pro $u = U_\mathrm{e}$ vyplývá, že

$$I_\mathrm{m} = U_\mathrm{e} \sqrt{\frac{C}{L}}.$$

Nabíjení pokračuje po tu dobu, dokud obvodem prochází proud. Z podmínky $i = 0$ vyplývá podle zákona zachování energie pro $u = U_m$, že $U_m = 2U_e$.



Obr. R5-409

R5.410 $U_e = 10$ V, $C = 20\ \mu\text{F} = 2{,}0 \cdot 10^{-5}$ F, $L = 20$ mH $= 2{,}0 \cdot 10^{-2}$ H, $I_1 = 2$ A, $I_2 = 1$ A; $Q = ?$

V počátečním okamžiku prochází cívkou proud I_1 a na kondenzátoru je napětí U_e. Celková energie obvodu:

$$E_c = \frac{1}{2}LI_1^2 + \frac{1}{2}CU_e^2$$

Podle zákona zachování energie je celková energie obvodu v okamžiku, kdy cívkou prochází proud I_2,

$$E_c = \frac{1}{2}LI_2^2 + \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}.$$

Odtud

$$Q = C\sqrt{U_e^2 + \frac{L}{C}\left(I_1^2 - I_2^2\right)} \approx 1{,}1 \cdot 10^{-3}\ \text{C}.$$

R5.411 Napětí na cívkách je stejné, ale $U_{L1} = L_1\Delta I_1/\Delta t$, $U_{L2} = L_2\Delta I_2/\Delta t$. V počátečním okamžiku jsou proudy nulové, takže vzhledem k tomu, že $U_{L1} = U_{L2}$, platí $L_1\Delta I_1 = L_2\Delta I_2$ a proudy dosáhnou hodnoty amplitudy proudu v témž okamžiku. To bude tehdy, až napětí na kondenzátoru bude nulové. Podle zákona zachování energie platí

$$\frac{1}{2}CU^2 = \frac{1}{2}L_1I_{m1}^2 + \frac{1}{2}L_2I_{m2}^2$$

a odtud

$$I_{m1} = U\sqrt{\frac{CL_2}{L_1(L_1 + L_2)}} \quad \text{a} \quad I_{m2} = U\sqrt{\frac{CL_1}{L_2(L_1 + L_2)}}.$$

R5.412 f_0, $L' = 4L$, $Q = Q'$; $f_0' = ?$, $E = ?$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi}\frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$f_0' = \frac{1}{2\pi}\frac{1}{\sqrt{L'C}} = \frac{1}{2\pi}\frac{1}{\sqrt{4LC}} = \frac{f_0}{2}$$

Poněvadž kondenzátory mají stejné maximální náboje, je stejná také celková energie obvodů.

R5.413 $L_1 = 3\ \text{mH} = 3 \cdot 10^{-3}\ \text{H}$, $C_1 = 2\ \mu\text{F} = 2 \cdot 10^{-6}\ \text{F}$, $L_2 = 4\ \text{mH} = 4 \cdot 10^{-3}\ \text{H}$, $C_2 = 1\ \mu\text{F} = 10^{-6}\ \text{F}$; $\omega_1 = ?$, $\omega_2 = ?$

$$\omega_1^2 = \frac{1}{L_1 C_1} = 1{,}7 \cdot 10^8\ \text{s}^{-2}$$

$$\omega_2^2 = \frac{1}{L_2 C_2} = 2{,}5 \cdot 10^8\ \text{s}^{-2}$$

Obvody nejsou v rezonanci. Rezonance nastane při zvětšení indukčnosti L_2 nebo kapacity C_2 oscilačního obvodu 1,5krát.

R5.414 $C_1 = 1{,}0\ \mu\text{F} = 10^{-6}\ \text{F}$, $f_1 = 400\ \text{Hz}$, $f_2 = 100\ \text{Hz}$; $C_2 = ?$

$$f_1 = \frac{1}{2\pi}\frac{1}{\sqrt{LC_1}},\quad f_2 = \frac{1}{2\pi}\frac{1}{\sqrt{L(C_1 + C_2)}}$$

$$\frac{f_1^2}{f_2^2} = \frac{C_1 + C_2}{C_1} = 1 + \frac{C_2}{C_1}$$

$$C_2 = C_1\left(\frac{f_1^2}{f_2^2} - 1\right) = 1{,}5 \cdot 10^{-5}\ \text{F} = 15\ \mu\text{F}$$

R5.415 $f_{\text{min}} = 88\ \text{MHz} = 8{,}8 \cdot 10^7\ \text{Hz}$, $f_{\text{max}} = 103\ \text{MHz} = 10{,}3 \cdot 10^7\ \text{Hz}$; $\lambda_{\text{max}} = ?$, $\lambda_{\text{min}} = ?$

$$\lambda_{\text{max}} = \frac{c}{f_{\text{min}}} = 3{,}4\ \text{m}$$

$$\lambda_{\text{min}} = \frac{c}{f_{\text{max}}} = 2{,}9\ \text{m}$$

R5.416 $\lambda = 600\ \text{m}$; $f = ?$

$$f = \frac{c}{\lambda} = 5 \cdot 10^5\ \text{Hz} = 0{,}5\ \text{MHz}$$

R5.417 $f = 50\ \text{MHz} = 5 \cdot 10^7\ \text{Hz}$; $l = ?$

$$l = \frac{\lambda}{2} = \frac{c}{2f} = 3\ \text{m}$$

R5.418 $l = 0{,}9\ \text{m}$; $f = ?$

$$l = \frac{\lambda}{2} = \frac{c}{2f} \Rightarrow f = \frac{c}{2l} = 1{,}7 \cdot 10^8\ \text{Hz} = 170\ \text{MHz}$$

R5.419 $\lambda = 5{,}0$ m, $C = 20$ pF $= 2{,}0 \cdot 10^{-11}$ F; $L = ?$

Oscilační obvod je naladěn na rezonanční frekvenci

$$f_0 = \frac{c}{\lambda} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}.$$

Odtud

$$L = \frac{\lambda^2}{4\pi^2 C c^2} = 3{,}5 \cdot 10^{-7}\ \text{H}.$$

Cívka oscilačního obvodu má indukčnost 0,35 μH.

R5.420 $L = 2{,}0$ mH $= 2{,}0 \cdot 10^{-3}$ H, $d = 1{,}0$ cm $= 10^{-2}$ m, $S = 800$ cm^2 $= 8{,}0 \cdot 10^{-2}$ m, $\varepsilon_r = 11$; $\lambda = ?$

$$\lambda = cT = c2\pi\sqrt{LC}$$

$$C = \varepsilon_r \varepsilon_0 \frac{S}{d}$$

$$\lambda = 2\pi c\sqrt{\frac{L\varepsilon_r\varepsilon_0 S}{d}} \approx 2{,}4 \cdot 10^3\ \text{m}$$

R5.421 $L = 50$ μH $= 5{,}0 \cdot 10^{-5}$ H, $\lambda = 300$ m; $C = ?$

$$\lambda = cT = c2\pi\sqrt{LC}$$

$$C = \frac{(\lambda/2\pi c)^2}{L} \approx 5{,}1 \cdot 10^{-10}\ \text{F} = 0{,}51\ \text{nF}$$

R5.422 $L = 50$ μH $= 5{,}0 \cdot 10^{-5}$ H, $C_1 = 60$ pF $= 6{,}0 \cdot 10^{-11}$ F, $C_2 = 2{,}4 \cdot 10^{-10}$ F; $\lambda_1 = ?$, $\lambda_2 = ?$

$$\lambda_1 = cT_1 = c2\pi\sqrt{LC_1} \approx 100\ \text{m}$$

$$\lambda_2 = cT_2 = c2\pi\sqrt{LC_2} \approx 210\ \text{m}$$

R5.423 Přeladěním na signál o větší vlnové délce je třeba zvětšit kapacitu kondenzátoru $(\lambda \sim \sqrt{C})$, a tedy zvětšit obsah plochy mezi rotorem a statorem.

R5.424 $C_2 = 9C_1$, $f_1 = 100$ MHz $= 10^8$ Hz; $\lambda_1 = ?$, $\lambda_2 = ?$

$$\lambda_1 = \frac{c}{f_1} = c2\pi\sqrt{LC_1} = 3\ \text{m}$$

$$\lambda_2 = \frac{c}{f_2} = c2\pi\sqrt{LC_2} = c2\pi\sqrt{L9C_1} = 3\lambda_1 = 9\ \text{m}$$

R5.425 $U_m = 1{,}0$ V, $f = 75$ MHz $= 7{,}5 \cdot 10^7$ Hz, $x = 5{,}5$ m; $u = ?$

Vedením se šíří postupná elektromagnetická vlna o vlnové délce

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3\cdot 10^8}{7{,}5\cdot 10^7}\ \mathrm{m} = 4\ \mathrm{m}.$$

Je-li v počátečním okamžiku ($t = 0$) napětí zdroje nulové, je mezi vodiči ve vzdálenosti x od zdroje okamžité napětí

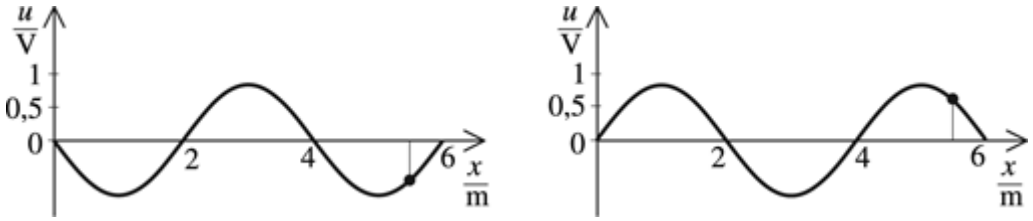
$$u_1 = U_\mathrm{m} \sin 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right) = 1{,}0 \sin 2\pi\left(-\frac{5{,}5}{4}\right)\mathrm{V} = -\sin 2{,}75\pi\ \mathrm{V} \approx 0{,}71\ \mathrm{V}.$$

Napětí zdroje má však nulovou hodnotu i v okamžiku $t = T/2$.

V tomto okamžiku je v uvažované vzdálenosti od zdroje napětí

$$u_2 = 1{,}0 \sin 2\pi\left(0{,}5 - \frac{5{,}5}{4}\right)\mathrm{V} = -\sin 1{,}75\pi\ \mathrm{V} \approx 0{,}71\ \mathrm{V}.$$

Ve vzdálenosti 5,5 m od zdroje elektromagnetického vlnění je mezi vodiči napětí – 0,71 V nebo + 0,71 V. Oba případy jsou znázorněny na obr. R5-425 [5-83]. Hodnoty napětí se s periodou T opakují.



Obr. R5-425

R5.426 $U_\mathrm{m} = 2{,}0$ V, $f = 150$ MHz $= 1{,}5 \cdot 10^8$ Hz, $u_\mathrm{z} = 2{,}0$ V, $u = 1{,}0$ V; $x = ?$

$$\lambda = \frac{c}{f} = 2{,}0\ \mathrm{m}$$

Jestliže je v čase $t = 0$ napětí zdroje $u_\mathrm{z} = U_\mathrm{m}$, je okamžité napětí podél vedení popsáno vztahem

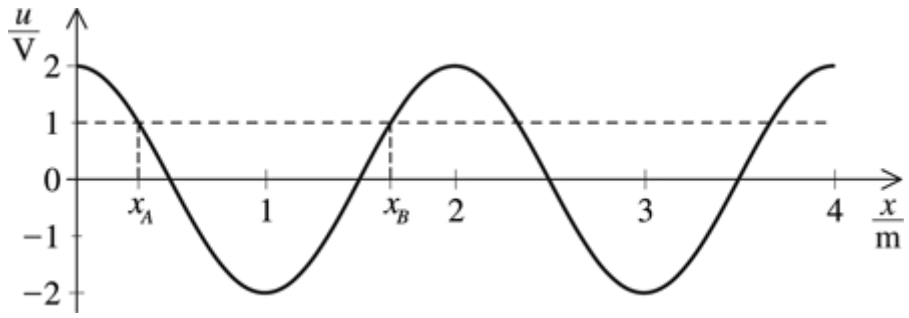
$$u = U_\mathrm{m} \cos 2\pi \frac{x}{\lambda}.$$

Hodnotu $u = U_\mathrm{m}/2 = +1{,}0$ V má napětí mezi vodiči vedení současně v bodě A ve vzdálenosti x_A od zdroje a v bodě B ve vzdálenosti x_B (obr. R5-426) a také ve všech bodech vzdálených $k\lambda$ od těchto bodů ($k = 1, 2, \ldots$). Platí:

$$\cos 2\pi \frac{x_1}{\lambda} = \frac{1}{2}$$

$$2\pi \frac{x_A}{\lambda} = \frac{\pi}{3} \Rightarrow x_1 = \frac{\lambda}{6} + k\lambda = 0{,}33\ \mathrm{m} + k\lambda$$

$$2\pi \frac{x_B}{\lambda} = \frac{5\pi}{3} \Rightarrow x_2 = \frac{5\lambda}{6} + k\lambda = 1{,}7\ \mathrm{m} + k\lambda$$



Obr. R5-426

R5.427 Protože rovnoběžnými vodiči procházejí v každém okamžiku proudy opačného směru. Jejich magnetická pole v okolí se navzájem ruší a zesilují se jen v prostoru mezi vodiči.

R5.428

$$i = i_1 + i_2 = I_\mathrm{m} \sin 2\pi\left(\frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda}\right) - I_\mathrm{m} \sin 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right) = 2I_\mathrm{m} \sin\left(\frac{2\pi x}{\lambda}\right)\cos 2\pi\frac{t}{T}$$

Amplituda stojaté vlny:

$$I_0 = 2I_\mathrm{m} \sin\left(\frac{2\pi x}{\lambda}\right)$$

Proud má kmitny ve vzdálenostech $x_\mathrm{k} = (2k + 1)\lambda/4$, kde $k = 0, 1, 2, \ldots$, a uzly jsou ve vzdálenostech $x_\mathrm{u} = k\lambda/2$.

R5.429 Při odrazu na konci vedení se fáze napětí mění v opačnou a napětí v postupné a odražené vlně jsou popsána rovnicemi:

$$u_1 = U_\mathrm{m} \sin 2\pi\left(\frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda}\right),\ u_2 = -U_\mathrm{m} \sin 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)$$

$$u = u_1 + u_2 = 2U_\mathrm{m} \sin\left(\frac{2\pi x}{\lambda}\right)\cos\frac{2\pi t}{T}$$

Fáze proudu se při odrazu nemění a proudy v postupné a odražené vlně popisují rovnice:

$$i_1 = I_\mathrm{m} \sin 2\pi\left(\frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda}\right), i_2 = I_\mathrm{m} \sin 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)$$

$$i = i_1 + i_2 = 2I_\mathrm{m} \cos\left(\frac{2\pi x}{\lambda}\right)\sin\frac{2\pi t}{T}$$

R5.430 $l = 12$ m, $x = 5{,}0$ m, $\lambda = 2l$; $U_0/U_x = ?$, $I_0/I_x = ?$

Protože $\lambda = 2l$, je amplituda napětí ve stojaté vlně $U_x = 2U_\mathrm{m} \cos(\pi x/l)$. Pro poměr napětí platí

$$\frac{U_0}{U_x} = \frac{1}{\cos(5\pi/12)} \approx 3{,}9.$$

Podobně amplituda proudu ve stojaté vlně $I_x = 2I_\mathrm{m} \sin(\pi x/l)$, takže

$$\frac{I_0}{I_x} = \frac{1}{\sin(5\pi/12)} \approx 1{,}03.$$

R5.431 l = 12 m, x = 5 m, $\lambda = 4l$; U_0/U_x = ?, I_0/I_x = ?

Poněvadž $\lambda = 4l$, je $U_x = 2U_\mathrm{m} \sin(\pi x/2l)$ a $I_x = 2I_\mathrm{m} \cos(\pi x/2l)$.

Odtud $\dfrac{U_0}{U_x} = 1{,}6, \quad \dfrac{I_0}{I_x} = 1{,}3.$

R5.432 f = 400 MHz = 4,0 · 10^8 Hz, n = 4, $u_z = U_\mathrm{m}$; l = ?

Na konci dvouvodičového vedení naprázdno vzniká kmitna napětí. Poněvadž na začátku vedení je také kmitna napětí, budou na vedení 4 uzly v případě, že délka vedení $l = 2\lambda$.

$$l = 2\lambda = 2\frac{c}{f} = 1{,}5 \text{ m}$$

R5.433 l = 15 cm = 0,15 m; f = ?

Kmitny jsou ve vzájemné vzdálenosti $\lambda/2$.

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{c}{2l} = 1{,}0 \cdot 10^9 \text{ Hz} = 1{,}0 \text{ GHz}$$

R5.434 f = 375 MHz; l = ?

Stojatá elektromagnetická vlna má kmitnu ve vzdálenosti $\lambda/4$ od odrazné plochy.

$$l = \frac{\lambda}{4} = \frac{c}{4f} = 0{,}2 \text{ m}$$

R5.435 f = 428 MHz = 4,28 · 10^8 Hz, l = 3,7 m

Vlnová délka elektromagnetického vlnění $\lambda = c/f$ = 0,7 m. Kmitny, popř. uzly stojatého elektromagnetického vlnění jsou ve vzájemných vzdálenostech $\lambda/2$. Signál se zesílí při přechodu kmitnou. Tato situace nastane n-krát:

$$n = \frac{l}{\lambda/2} = \frac{2lf}{c} = 10$$

R5.436 Protože při nepřetržitém vysílání by nebylo možné určit časový rozdíl mezi vyslaným a přijatým signálem.

R5.437 n = 2 000 s^{-1}; s = ?

Doba mezi dvěma impulzy $t = 1/n$ a této době odpovídá největší vzdálenost, kterou signál urazí od radiolokátoru k objektu a zpět:

$$s = \frac{ct}{2} = \frac{c}{2n} = 7{,}5 \cdot 10^4 \text{ m} = 75 \text{ km}$$

R5.438 t = 4 ms = 4 · 10^{-3} s; s = ?

$$s = \frac{ct}{2} = 6 \cdot 10^5 \text{ m} = 600 \text{ km}$$

R5.439 Stupnice odpovídá vzdálenostem od 0 do 600 km; měřítko 1 cm ~ 30 km.

R5.440 $t = 2 \cdot 10^{-4}$ s; s = ?, f = ?

Vzdálenost sledovaného objektu

$$s = \frac{ct}{2} = 3 \cdot 10^4 \text{ m} = 30 \text{ km}.$$

Frekvence impulzů radiolokátoru může být maximálně taková, aby se signál vrátil právě v okamžiku, kdy je vyslán nový impulz. To znamená, že

$$f = \frac{1}{t} = 5 \cdot 10^3 \text{ Hz} = 5 \text{ kHz}.$$

R5.441 $n = 5\,000 \text{ s}^{-1} = 5 \cdot 10^3 \text{ s}^{-1}$, $\lambda = 20$ cm = 0,2 m, $n' = 60$; s = ?, t = ?

$$s = \frac{c}{2n} = 3 \cdot 10^4 \text{ m} = 30 \text{ km}$$

$$t = n'T = n'\frac{\lambda}{c} = 4 \cdot 10^{-8} \text{ s} = 0{,}04 \text{ μs}$$

R5.442 $l = 180$ cm = 1,8 m, $\varepsilon_r = 81$, $\mu_r = 1$; l' = ?

$$l' = \frac{\lambda'}{2} = \frac{v}{2f} = \frac{c}{2f\sqrt{\varepsilon_r \mu_r}} = \frac{\lambda}{2\sqrt{\varepsilon_r \mu_r}} = \frac{l}{\sqrt{\varepsilon_r \mu_r}} = 0{,}2 \text{ m} = 20 \text{ cm}$$

R5.443 $\lambda = 90$ cm = 0,9 m, $v = 2{,}4 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; l' = ?

$$l' = \frac{\lambda'}{2} = \frac{v}{2f} = \frac{v}{2\frac{c}{\lambda}} = \frac{v\lambda}{2c} = 0{,}36 \text{ m} = 36 \text{ cm}$$

R5.444 $l = 1{,}5$ m, $\varepsilon_r = 2$, $\mu_r = 1$; f = ?

$$\lambda = 2l = \frac{v}{f} = \frac{c}{f\sqrt{\varepsilon_r \mu_r}}$$

$$f = \frac{c}{2l\sqrt{\varepsilon_r \mu_r}} \approx 7{,}1 \cdot 10^7 \text{ Hz} = 71 \text{ MHz}$$

R5.445 $v = 0{,}8c$; ε_r = ?

$$v = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon_r}} = 0{,}8c$$

$$\sqrt{\varepsilon_r} = \frac{1}{0{,}8}$$

$$\varepsilon_r \approx 1{,}6$$