

Střídavé elektromotory*

Se stejnosměrnými elektromotory jsme se už seznámili dříve. Vzhledem k tomu, že v elektrické rozvodné síti se používá střídavé napětí, je výhodné používat také střídavé motory. Možností je celá řada, motory mohou být napájené jednofázovým i třífázovým napětím.

? Je možné připojit stejnosměrný elektromotor ke zdroji střídavého napětí? Jak musí být takový motor zkonstruován, aby správně fungoval?

Pokud je stator stejnosměrného motoru tvořen permanentním magnetem, dojde při každém přepólování zdroje ke změně směru otáčení. Takový motor by po připojení ke zdroji střídavého napětí 100krát za sekundu měnil směr otáčení. Rotor by se neotáčel, ale pouze chvěl.

Pokud je stator i rotor tvořen elektromagnetem, změní se při přepólování současně orientace magnetického pole statoru i rotoru a motor se točí stále stejným směrem. Takový motor je možné připojit i ke zdroji střídavého napětí. Proto se motory s komutátorem používají také při napájení ze sítě. V domácnosti najdeme nejčastěji derivační motory s cívkami statoru a rotoru zapojenými paralelně, které mají stálé otáčky. Jsou ve vysavačích, vrtačkách, vysoušečích vlasů, sekačkách, ale například také v obráběcích strojích. Jsou to **jednofázové střídavé elektromotory**.



? Jak je možné využít ke konstrukci motoru točivé magnetické pole, které vznikne v cívkách napájených třífázovým napětím?

Točivé magnetické pole se uplatní při konstrukci **třífázových elektromotorů**. Stator takového motoru je tvořen trojicí nebo několika trojicemi cívek, v nichž vzniká točivé pole.

Pokud je rotorem permanentní magnet nebo stejnosměrný elektromagnet, otáčí se rotor se stejnou frekvencí, jako je frekvence napájecího napětí (běžně 50 Hz). Takový motor se nazývá **synchronní motor**. Synchronní motory se používají, pokud je třeba zajistit stále přesně stejné otáčky. Při velkém zatížení ale motor neudrží synchronní otáčky a zastaví se.

Velmi rozšířené jsou **asynchronní třífázové motory**. Používají se k pohonu různých strojů s velkým výkonem, například cirkulárky, soustruhu, domácí vodárny, pásového dopravníku, ale také pro pohon lokomotiv a jiných dopravních prostředků.



* Tato kapitola obsahuje pouze rozšiřující učivo.



Můžeme se setkat s elektromotory velice rozdílných velikostí – od malých motorků pohánějících hračky po velké motory pro elektrické lokomotivy, válcovací stolice a jiná průmyslová zařízení.



Modelářský motorek



Průmyslový motor pohánějící čerpadlo

Synchronní = časově sladěný

Pokud má třífázový motor pro každou fázi 2 cívky, pak jsou jeho otáčky oproti frekvenci sítě poloviční, pokud má 4 cívky, jsou otáčky čtvrtinové atd. Takovým motorům říkáme **vícepólové**.



Asynchronní motor se bez zatížení roztočí na otáčky blízké frekvenci sítě. Při rostoucím zatížení se jeho otáčky samy plynule snižují a zvyšuje se jeho výkon.



Konstrukce třífázového asynchronního motoru je jednoduchá. Motor funguje díky elektromagnetické indukci. Rotor je tvořen „klecí“ ze silných rovnoběžných kovových tyčí, které jsou na koncích vodivě spojeny kovovými prstenci. (Prostor mezi tyčemi je vyplněn feromagnetickými plechy.)



stator s cívkami

klec

rotor s klecí obloženou plechy



Rozebraný asynchronní motor

Existují i asynchronní motory na jednofázové napětí. Takové napětí však v motoru vytvoří pouze střídavé magnetické pole, nikoli točivé. Jednofázový asynchronní motor potřebuje ve statoru pomocnou cívkou, která rotor roztočí.

Když připojíme na cívky statoru třífázové napětí, vznikne v motoru točivé magnetické pole. Jeho magnetické indukční čáry protínají tyče stojícího rotoru, a tím se v nich indukuje elektrický proud. Na tyče, jimiž protéká proud, působí magnetické pole silou, která celý rotor roztáčí. Čím rychleji se rotor točí, tím menší je rozdíl mezi otáčkami rotoru a točivého magnetického pole, a tím menší proud se v rotoru indukuje. Pokud by se rotor roztočil synchronně, proud by se v rotoru neindukoval a na rotor by přestala působit síla.

Popsanému elektromotoru se také říká **třífázový motor s kotvou nakrátko**. Jeho největší výhodou je, že neobsahuje kartáče ani komutátor. To zaručuje jednoduchost konstrukce, s níž souvisí spolehlivost a dlouhá životnost.

Motor s komutátorem, který má stator i rotor tvořený elektromagnetem, je možné připojit také na zdroj střídavého napětí. Takový motor je součástí mnoha domácích spotřebičů. Třífázové elektromotory využívají toho, že při napájení cívek statoru třífázovým napětím vznikne točivé magnetické pole. Pro pohon strojů jsou nejvhodnější asynchronní třífázové motory s kotvou nakrátko. Jejich rotor nevyžaduje žádné přívody proudu. Synchronní třífázové motory se používají tam, kde je třeba zajistit stále stejné otáčky.

Otázky a úkoly

- 1 Ve kterých spotřebičích máte doma elektromotory?
- 2 Některé elektrické vrtačky umožňují změnu směru otáčení. Jak je toho možno dosáhnout?
- 3 Kolika otáček za minutu dosahuje třífázový synchronní motor připojený na elektrickou síť?
- 4 Za jaké podmínky by se mohl asynchronní motor roztočit se stejnou frekvencí, jako je frekvence sítě (synchronní otáčky)?

Elektromagnetické vlny

První lidé na Měsíci přistáli 20. července 1969. Na Zemi všichni napjatě poslouchali slova prvního člověka, který vystoupil na měsíční povrch, Neila Armstronga: „Je to malý krok pro člověka, obrovský skok pro lidstvo.“ Jakým způsobem se dostal Armstrongův hlas z Měsíce na Zemi, když se mezi oběma vesmírnými tělesy nachází vakuum, kterým se zvuk nešíří? Jak dlouho letělo Armstrongovo poselství k Zemi? Klíčem k odpovědi na obě otázky jsou elektromagnetické vlny a zákonitosti jejich šíření.

V okolí vodiče, kterým protéká elektrický proud, (v okolí pohybujícího se náboje) vzniká magnetické pole. Pohyb elektrického náboje je spojen se změnou elektrického pole, proto můžeme obecně říct, že:

změna elektrického pole způsobuje vznik magnetického pole.

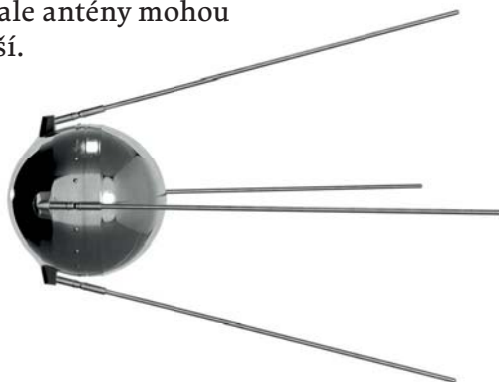
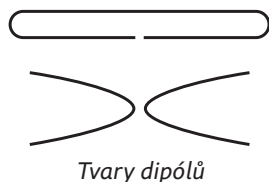
Pokud se mění magnetické pole v blízkosti závitu vodiče, vzniká na vodiči díky jevu elektromagnetické indukce indukované napětí. Elektrické napětí je projevem elektrického pole, proto můžeme obecně říct, že:

změna magnetického pole způsobuje vznik elektrického pole.

Vzájemná souvislost elektrického a magnetického pole vybízí k tomu, abychom obě pole popisovali společně. Zvláště výrazné je to v situaci, kdy se některé z polí mění. Mluvíme pak o **elektromagnetickém poli**.

V okolí vodiče, kterým protéká střídavý proud, vzniká proměnné magnetické pole. Změny tohoto magnetického pole vyvolávají proměnné elektrické pole, změny elektrického pole způsobují opět vznik magnetického pole, ... Obě pole se stále mění a šíří se současně do prostoru – vzniká **elektromagnetická vlna**.

Vodič, který je zdrojem elektromagnetického vlnění a vyzařuje je do prostoru nebo je přijímá, se nazývá **anténa**. Nejjednodušší anténu ve tvaru přímého vodiče můžeme nalézt u osobních vysílaček, podobnými drátovými anténami jsou vybaveny i satelity. I v mobilních telefonech jsou podobné antény, jsou však velmi krátké a jsou skryty uvnitř pouzdra. Jiným tvarem antény je dipól, ale antény mohou být ještě daleko složitější.



Ve druhé polovině 19. století skotský fyzik Maxwell matematicky odvodil, že změny elektrického pole mohou být příčinou vzniku pole magnetického. Z jeho slavných Maxwellových rovnic vyplynula i možnost existence elektromagnetických vln. Experimentálně jejich šíření potvrdil německý fyzik Heinrich Hertz.



James Clerk Maxwell [džejmz klák meksvel] (1831–1879)



Heinrich Hertz [hajnrich herc] (1857–1894)



Z minulého ročníku víme, že vlny mohou být podélné, nebo příčné. Jak poznáme, jaké jsou elektromagnetické vlny? Je to obtížnější než u jiných druhů vlnění, protože zde nekmitají částice látky, mění se jen elektrické a magnetické pole.

K rozlišení, zda je elektromagnetické vlnění příčné, či podélné, nám pomohou antény. U antén pro příjem pozemních vysílačů televize je nejdůležitější částí přijímací dipól. Příjem televize je nejlepší, když je tato část kolmá ke směru k vysílači. Můžeme z toho usoudit, že elektromagnetické vlnění je vlněním příčným. Kolmo ke směru šíření kmitá jak elektrické, tak magnetické pole. Vzhledem k tomu, že elektromagnetické vlnění není vázáno na látku, může se šířit i ve vakuu.

Elektromagnetické vlny se šíří rychlostí světla $c = 300\,000\,000 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

Mezi frekvencí f , vlnovou délkou λ

a rychlostí světla c platí proto vztahy: $f = \frac{c}{\lambda}$, $\lambda = \frac{c}{f}$.



Jaká je vlnová délka elektromagnetického vlnění, které se užívá pro přenos rozhlasového signálu na frekvenci 100 MHz (rozhlasové pásmo FM)?



$$\begin{aligned} f &= 100 \text{ MHz} \\ c &= 300\,000\,000 \frac{\text{m}}{\text{s}} \\ \lambda &= ? \text{ m} \end{aligned}$$

Po dosazení $\lambda = \frac{c}{f} = \frac{300\,000\,000}{100\,000\,000} \text{ m} = 3 \text{ m}$. Vlnová délka je 3 metry.

Elektromagnetické vlnění, podobně jako jiné druhy vlnění, může procházet určitými látkami, může se odrážet a může nastat i ohyb. Elektromagnetické vlny se odrážejí od kovů, neprocházejí jimi. Od izolantů se částečně odrážejí, částečně jimi procházejí.



Stejně jako u mechanického vlnění závisí ohyb elektromagnetického vlnění na rozměrech překážek a na vlnové délce. Proto se výrazně dále šíří dlouhé rozhlasové vlny o vlnové délce několika kilometrů než elektromagnetické vlny vysílačů mobilních operátorů o vlnové délce několika decimetrů. Dlouhé vlny se ohýbají kolem terénních překážek a šíří se za ně. Vlny používané mobilními telefony se za velké překážky (kopce, hory) šíří daleko hůř.



Proč má mobilní telefon v autě, které má kovovou karosérii, signál z vysílače? Kudy elektromagnetické vlnění proniká?

Elektromagnetické vlnění, které se používá pro pozemní vysílání rozhlasu a televize, má vlnové délky od deseti kilometrů do desítek centimetrů.

Mobilní telefony pracují s vlnovými délkami zhruba 15 až 40 cm. Satelitní vysílače televizního signálu používají vlnění s vlnovou délkou několika centimetrů.



Žižkovská televizní věž, Praha

Vztahy mezi frekvencí a periodou jsou stejné jako u mechanického vlnění. Pouze místo rychlosti šíření vlnění v je zde rychlost světla c .

Na základě údajů v sousedním odstavci spočítejte frekvenci dlouhovlnného rozhlasového vysílání a vysílání v síti mobilních telefonů.





Elektromagnetické vlnění se využívá i v dalších zařízeních. Některá z nich jsou na následujících obrázcích. Najdi na internetu, jaké frekvence a vlnové délky používají.



Wifi router



GPS přijímač



Rádiem ovládaná hračka



Radar na lodi



Elektromagnetické vlnění v mikrovlnných troubách má vlnovou délku 12,24 cm a frekvenci 2,45 GHz. Zdrojem elektromagnetických vln s tak vysokou frekvencí je součástka, které se říká magnetron. Mezi vynálezce magnetronu patří český fyzik profesor August Žáček.



Proč se v mikrovlnné troubě musí používat speciální nádobí? Proč nelze do mikrovlnné trouby dávat kovové nádobí ani porcelánové nádobí se zlatým nebo stříbrným vzorem?

Elektromagnetické vlnění s vlnovými délkami mezi 1 mm a 760 nm je tepelné (infračervené) záření. Viditelné světlo je také elektromagnetické vlnění. Má vlnové délky od 760 nm do 370 nm. S elektromagnetickým vlněním, jehož vlnové délky jsou ještě kratší, se seznámíte v kapitole o záření z elektronového obalu atomu.



Každá elektrická jiskra (a tedy také blesk) je zdrojem elektromagnetických vln. Když za bouřky posloucháme rozhlas, projeví se každý blesk praskotem. Stejně se projevuje spotřebič s motorem, který má poškozený, jiskřící komutátor.



Elektrické a magnetické pole spolu často souvisejí. Zvláště výrazné je to v situaci, kdy se některé z polí mění. Mluvíme pak o elektromagnetickém poli. Elektromagnetické vlny jsou příčné a šíří se i ve vakuu. Šíří se rychlostí světla. Elektromagnetickými vlnami se přenášejí signály rozhlasu, televize a mobilních telefonů. I světlo je elektromagnetické vlnění.

Otázky a úkoly

- 1 Jak dlouho letěl z povrchu Měsíce vzkaz Neila Armstronga zmíněný v úvodu kapitoly?
- 2 Budíky i náramkové hodinky řízené rádiem se řídí elektromagnetickým vlněním z Mainflingu u Frankfurtu nad Mohanem. O kolik mikrosekund se liší údaj na takových hodinkách od správného času? Má tento rozdíl význam pro měření času?
- 3 Občanské „CB“ radiostanice pracují na frekvenci 27 MHz. Jaká je vlnová délka jimi vysílaného elektromagnetického vlnění?

