

Elektromagnetická indukce

Kromě elektrochemických zdrojů se elektrická energie vyrábí také v generátorech, kde se k činnosti využívá elektromagnetická indukce.

Generátory se instalují v tepelných, vodních a jaderných elektrárnách.

Vznik elektromagnetické indukce

Elektromagnetická indukce je jev, při kterém vzniká při změně magnetického indukčního toku v okolí vodiče indukované napětí. Vodič je umístěn v nestacionálním magnetickém poli.

Stacionární magnetické pole se nemění s časem. Pokud do stacionárního pole umístíme uzavřený elektrický obvod a nebudeme jím pohybovat, pak elektrickým obvodem nebude procházet žádný elektrický proud.

U nestacionárního magnetického pole dochází k časové změně magnetického indukčního toku. Pokud do nestacionárního magnetického pole umístíme elektrický obvod, dojde ke vzniku indukovaného napětí a začne jím procházet proud.

Elektrickým obvodem může začít procházet proud, pokud nastane některá z následujících situací, příp. několik z následujících situací:

- Elektrický obvod se pohybuje v blízkosti stacionárního magnetického pole
- Začnou se pohybovat zdroje magnetického pole
- Dojde ke změně magnetického pole, např. v důsledku změny elektrických proudů, které jsou zdrojem magnetického pole.

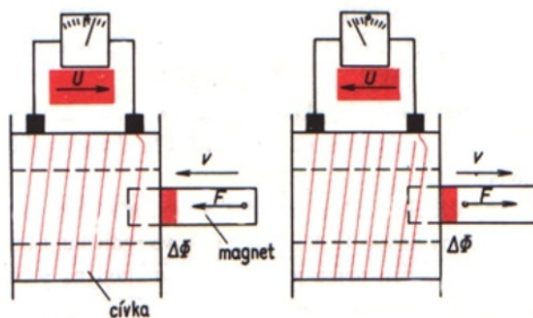
V důsledku změny magnetického pole v okolí cívky se v cívce začne indukovat elektrické napětí a v uzavřeném obvodu začne procházet elektrický proud. Směr proudu je závislý na směru změny magnetického pole a na orientaci pólů magnetu vůči cívce.

Uvedené situace způsobí indukci napětí a v uzavřeném obvodu i průchod elektrického proudu i v případě, že obvod není připojen ke zdroji napětí. Ve všech případech vzniká v elektrickém obvodu proud tím, že na nabitě částice elektrického obvodu začnou působit síly, které je uvedou do pohybu.

Příklady vzniku indukovaného napětí v cívce

1) Pohybujeme-li magnetem v cívce.

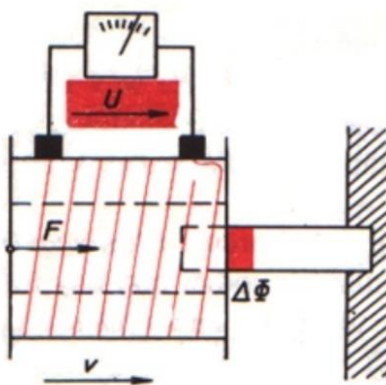
Cívka s větším počtem závitů je spojena s galvanometrem. Do dutiny cívky se rychle zasouvá magnet. Ukazatel galvanometru se vychýlí, ale zase se vrátí do nulové polohy. V cívce se indukuje napětí. Stejně se indukuje při vysunutí magnetu z cívky, ale proud v obvodu má opačný směr. Mezi svorkami je při vysunutí magnetu opačně pólované napětí.



Obr. 1: Pohyb magnetu v cívce

2) Pohybujeme-li cívkou v blízkosti magnetu.

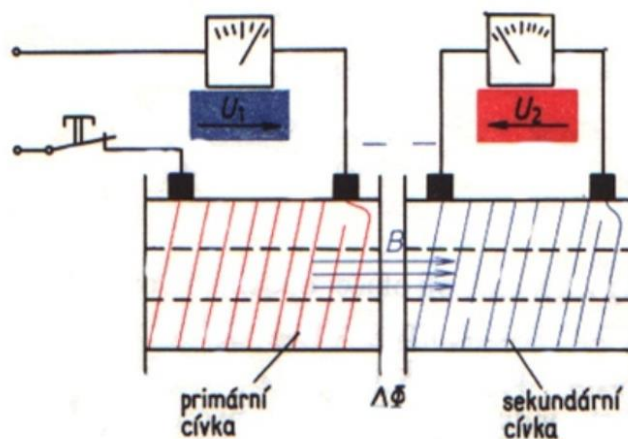
Magnet upevníme a cívku nasouváme na magnet. Výchylka galvanometru je obdobná jako v předcházejícím případě. V cívce se tedy indukuje napětí a připojeným obvodem prochází indukovaný proud.



Obr. 2: Pohyb cívky v blízkosti magnetu

3) Máme-li jednu cívku připojenou ke zdroji a druhou cívku pohybujeme v její blízkosti, ve druhé cívce se indukuje napětí, případně měníme velikost střídavého napájecího napětí či kmitočet v napájecí cívce.

Postavíme vedle sebe dvě cívky. První (primární) cívku spojíme se zdrojem napětí a ke druhé (sekundární) cívce připojíme galvanometr. Ukazatel galvanometru ukazuje výchylku v okamžiku, kdy primární cívku začne nebo přestane procházet elektrický proud. V sekundární cívce se indukuje napětí, je tedy zřejmé, že příčinou indukovaného napětí není pohyb cívky.



Obr. 3: Vzájemné působení dvou cívek

Při zasouvání magnetu do cívky nebo při připojení proudu v primární cívce se magnetický indukční tok v sekundární cívce zvětšoval. Při vysouvání magnetu z dutiny cívky nebo při odpojení od zdroje se magnetický indukční tok zmenšoval.

Indukované napětí tedy vzniká při změně magnetického indukčního toku v okolí vodiče. Tento jev se nazývá elektromagnetická indukce a využívá se především u elektrických strojů.

Indukované napětí

Indukované napětí vzniká ve vodiči při změně magnetického indukčního toku v jeho okolí. Indukované napětí v přímém pohyblivém vodiči je přímo úměrné součinu magnetické indukce, aktivní délky vodiče a rychlosti vodiče. Velikost indukovaného napětí narůstá s rychlostí pohybu vodiče, příp. rychlostí pohybu pole. Máme-li místo vodiče cívku, pak indukované napětí vzrůstá s rostoucím počtem závitů cívky.

Indukované napětí určíme: $U_i = B.l.v$

kde: U_i – indukované napětí ve vodiči

B – magnetická indukce

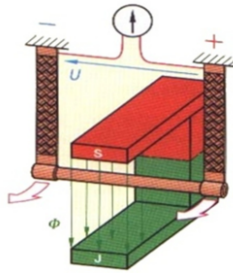
l – délka vodiče v magnetickém poli

v – rychlost pohybu vodiče nebo cívky.

Není-li vektor magnetické indukce kolmý na vektor rychlosti vodiče, platí: $U_i = B.l.v.\sin\alpha$

kde: α – úhel vektoru magnetické indukce a vektoru rychlosti vodiče.

Obr. 1: Vznik indukovaného napětí



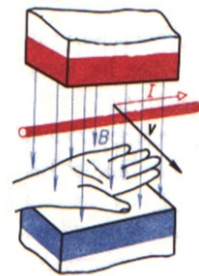
Je-li vodič posouván napříč magnetickým polem, pohybují se s ním i jeho volné elektrony. Pohybující se elektrony jsou odchylovány v magnetickém poli kolmo od směru svého pohybu. Na jednom konci vodiče vzniká nadbytek elektronů a na druhém konci jejich nedostatek. Mezi konci vodiče vzniká napětí.

Směr proudu při elektromagnetické indukci

Směr (polarita) indukovaného napětí závisí na směru pohybu vodiče a na směru magnetického pole. Tento směr určíme pomocí Flemingova pravidla pravé ruky.

Flemingovo pravidlo pravé ruky

Položíme-li pravou ruku dlaní k vodiči tak, aby indukční čáry vstupovaly do dlaně a odvrácený palec ukazoval směr rychlosti pohybu vodiče, pak dohodnutý směr proudu ve vodiči je od hřbetu ruky k napjatým prstům.



Obr. 2: Určení směru procházejícího proudu Flemingovým pravidlem pravé ruky

Princip elektromagnetické indukce se využívá u elektrických strojů točivých i netočivých, např. u alternátoru, motoru nebo transformátoru.

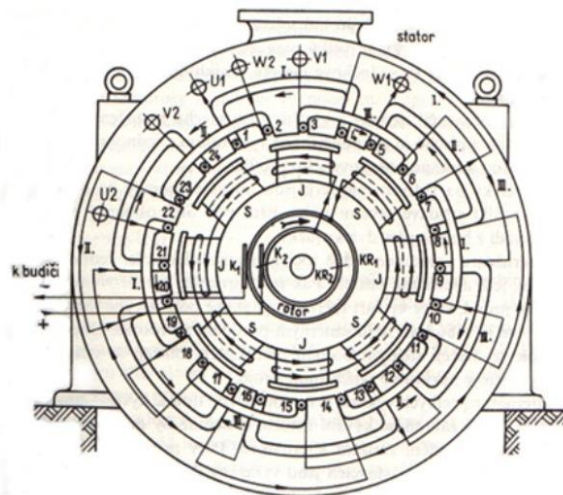
Lenzovo pravidlo

Proud vyvolaný indukovaným napětím je orientován tak, že svými magnetickými účinky působí proti změně původního toku.

Při pohybu vodiče napříč magnetickým polem se ve vodiči indukuje napětí, které vyvolá proud. Tento proud vyvolá kolem vodiče magnetické pole, které pak spolupůsobí společně s polem magnetu. Pole vodiče je orientováno tak, že se výsledné pole před pohybujícím se vodičem zhuští a tím vyvine na vodič sílu působící proti směru jeho pohybu. Ze směru indukčních čar výsledného pole před pohybujícím se vodičem lze určit směr proudu ve vodiči.

Princip alternátoru

Alternátor je točivý elektrický stroj, který přeměňuje mechanickou (pohybovou - rotační) energii na elektrickou energii. Je tedy zdrojem střídavého elektrického napětí. Alternátor pracuje na principu elektromagnetické indukce.



Obr. 1: Schéma alternátoru

Skládá se ze statoru, rotoru a budiče.

Stator je nehybná část, má tvar dutého válce a je svařen ze speciálních plechů a vystužen žebry. Uvnitř pláště je upevněn magnetický obvod složený z elektrotechnických plechů, které jsou od sebe izolovány lakem, aby se omezily ztráty v železe. Na vnitřním obvodu statorových plechů jsou drážky, v nichž je uloženo vinutí z měděných vodičů s izolací. Konce vinutí jsou spojeny do uzlu a začátky vyvedeny na svorky alternátoru.

Uvnitř statoru se otáčí **rotor** s vyniklými póly. Vzduchová mezera mezi rotorem a státorem je malá (jen několik milimetrů), protože vzduch klade velký magnetický odpor. Pólové nástavce mají takový tvar, aby ve vzduchové mezeře vzniklo magnetické pole sinusového průběhu. Póly jsou nejčastěji složeny z vystřížených plechů a staženy nýty.

Na pólových nástavcích jsou umístěny **budící cívk**y obvykle spojeny do série tak, aby vznikl střídavě severní a jižní pól. Stejnoseměrný proud se k nim přivádí z budiče přes dva kroužky.

U alternátoru rozlišujeme dvě točivá magnetická pole. Jedno vzniká ve statoru, je-li alternátor zatížen. Trojfázovým vinutím prochází trojfázový proud, který vytváří točivé magnetické pole. Druhé točivé magnetické pole je vybuzeno stejnosměrným proudem na rotoru. Obě magnetická pole se otáčejí stejným počtem otáček, proto tyto stroje nazýváme synchronní stroje.

Princip činnosti alternátoru

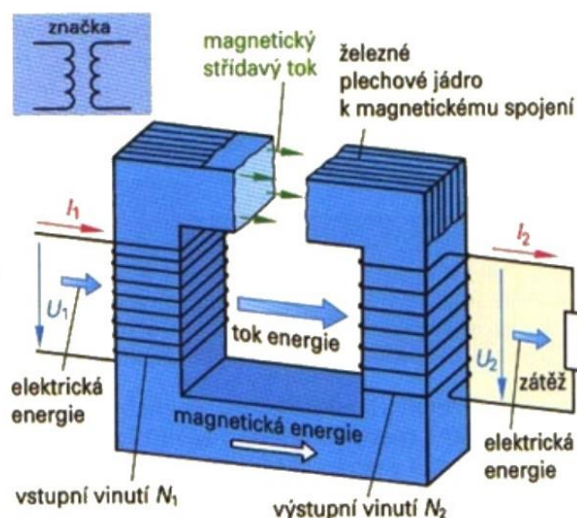
Otáčíme-li rotorem, spolu s ním se otáčí i magnetické pole rotoru, vybuzené budícím vinutím a toto pole působí na vinutí statoru. Ve vinutí statoru se indukuje střídavé napětí, které odebíráme ze svorek alternátoru.

Princip transformátoru

Transformátor je elektrický netočivý stroj, který mění elektrickou energii na elektrickou se stejným kmitočtem a mění se přitom vyšší napětí na nižší nebo naopak. Pracuje na principu elektromagnetické indukce.

Transformátor se skládá z magnetického obvodu, který je tvořený jádrem složeným ze speciálních transformátorových plechů. Plechy jsou vzájemně od sebe izolovány, nejčastěji lakováním. Magnetický obvod tvoří aktivní část transformátoru, která vede elektrický tok. Na magnetickém jádru je umístěno vstupní (primární) a výstupní (sekundární) vinutí. Obě vinutí tvoří elektrický obvod.

Obr. 1: Schéma transformátoru



Transformátorový převod (poměr)

Napětí indukované v cívce je tím větší, čím větší je počet závitů cívky, čím větší je změna magnetického toku a čím kratší je trvání změny toku

$$p = \frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

Napětí na vstupní (primární) a výstupní (sekundární) cívce je přímo úměrné počtu závitů cívek. Proudů procházející cívkami jsou nepřímo úměrné počtu závitů cívek.

Princip činnosti transformátoru

Připojíme-li k primárnímu vinutí střídavé elektrické napětí, prochází vinutím proud, který vybudí proměnné magnetické pole. V magnetickém obvodu transformátoru se uzavírá magnetický tok, který se přenáší do druhé cívky. Vzhledem k tomu, že jde o proměnný magnetický tok, indukuje se v druhé, tj. sekundární cívce napětí. V každém závitě sekundárního napětí se indukuje stejné napětí. Závity jsou spojeny za sebou, jejich napětí se tedy sčítají a výsledný součet tvoří sekundární napětí. Výstupní napětí tedy narůstá ve stejném poměru jako počet závitů sekundárního vinutí. Železné jádro zesílí magnetickou indukci v cívce. Kromě toho závisí napětí indukované na cívce také na rychlosti změn magnetického toku, který prochází cívkou a napětí indukuje.