

História vývoja jednosmerného motora

Tesár Richard · Elektrotechnika, Strojárstvo

21.09.2009



Jednosmerné stroje sa začali prakticky využívať v predminulom storočí. Dopomohli k tomu poznatky o magnetizme a elektromagnetickej indukcii. Predstavovali začiatok novej doby a tým bola zahájená elektrifikácia a mohutný rozvoj vedy a techniky. Bez elektrických strojov by nebolo možné nahradiť ľudskú prácu prácou strojov. História vývoja strojov na jednosmerný prúd, predstavuje dôkaz širokých možností ľudských objavov a ich postavenia do služieb spoločnosti.

Motory na jednosmerný prúd využívajú Oerstedov objav z roku 1918, podľa ktorého elektrický prúd pôsobí na magnetické pole. Oerstedovi bolo jasné, že podľa princípu akcie a reakcie musí rovnako magnetické pole pôsobiť na vodič, cez ktorý preteká elektrický prúd. Michael Faraday v roku 1821 na Vianoce uskutočnil prvý úspešný pokus. Usporiadáním vodičov a trvalým magnetom dokázal vzájomný účinok prúdu a magnetického poľa. Profesor Amos Jedlík v roku 1829 - 1830 v Bratislave zostrojil prvý skutočný elektromotor s elektromagnetickou cievkou. Podľa niektorých prameňov bol slovenského pôvodu. Študoval na Trnavskej univerzite.

Podľa zahraničnej literatúry je prvý pôvodca elektromotora označený Salvatore dal Negro, ktorý ale svoj prvý motor zostrojil až v roku 1831. Boris Semenovič Jakobi bol ako prvý ktorý využil elektromotor na pohon. Jeho výkon bol asi 0,5 kW a poháňal na Neve v Petrohrade loď s dvanástimi cestujúcimi. Bolo to v roku 1838, motor napájal prúdom z 320 galvanických článkov. Vývoj elektromotorov bol brzdený nedostatkom vhodného zdroja. Praktické použitie elektromotora umožnilo až dynamo.

Dynamo využíva Faradayov objav elektromagnetickej indukcie. Po mnohoročných pokusoch ho ukončili 29.8.1931. Zostrojil aj prvý generátor trvale dodávajúci jednosmerný prúd, ktoré je známe ako Barlovo koleso. Prvé strojčeky, ktoré využívali Faradayov objav vyrábali striedavý prúd. V roku 1860 bol zostrojený skutočný generátor jednosmerného prúdu italským fyzikom Pacinottom. Pracoval na princípe magnetického poľa v ktorom sa otáčal železný prstenec ovinutý medeným drôtom. Vodiče na vonkajšej strane prstenca boli odizolované a dotýkali sa ich zberacie kefy. V magnetickom poli sa pohybovala iba vonkajšia strana jednotlivých závitov. Každý závit mal iba jednu aktívnu stranu. V závitoch sa indukovalo striedavé napätie a zberacie kefy ho usmerňovali tak že prúd pretekal len vonkajším obvodom toho istého smeru.

Pacinottiho kotvu zdokonalil v roku 1869 Zenóbe Theophil Gramme. Grameho kotva mala viacej cievok z izolovaného drôtu. Začiatok a koniec každej cievky bol pripojený na dve susedné lamely, upravené na obvode valca. Po lamelách kĺzali kefy, ktoré odoberali prúd. Lamely s kefami predstavujú prvý komutátor, zariadenie na usmerňovanie prúdu. Generátory na jednosmerný prúd mali permanentné magnety. V roku 1866 ich Wild nahradil elektromagnetmi. Jeho stroj bol prvý generátor s cudzím buđením. Skladal sa z dvoch strojov, jeden menší so stálymi magnetmi zastával funkciu budiča a napájal elektromagnety väčšieho stroja. Ďalšie zlepšenie v stavbe dynám predstavuje zavedenie bubnovej kotvy. Bubnová kotva má cievky navinuté na povrch valca tak, že obe strany každého závitú sú aktívne (indukuje sa v nich napätie). Neaktívne ostávajú iba čelné spojky. Bubnová kotva s drážkami podobe pochádza od Švéda Wenströma.

U nás prvé dynamá začal vyrábať František Křižík. Osobne až do konca svojho života veril iba v budúcnosť jednosmerného prúdu, i keď spor so stúpcami striedavého prúdu prehral. Dnes, keď sa jednosmerný prúd najmä zásluhou výkonných a jednoduchých usmerňovačov opäť začína používať v pohonoch a na prenos veľkých výkonov na veľké vzdialenosti.[2]

Delenie elektrických strojov

Elektrické stroje delíme na stroje :

- točivé
- netočivé

Elektrické stroje točivé zabezpečujú transformáciu elektrickej energie na mechanickú alebo naopak. Prenos energie zabezpečuje magnetický obvod. Do tejto kategórie patria aj elektromagnety, relé, stykače, ktoré vykonávajú jednorazový alebo lineárny pohyb. Točivé stroje delíme na :

- motory- elektromechanické prevodníky
- generátory- mechanicko-elektrické prevodníky

Do kategórie netočivých elektrických strojov patria transformátory, tlmivky. Do tejto kategórie nezahrňujeme elektrické polovodičové meniče.

Elektrické motory sa podľa charakteru napájacieho elektrického zdroja delia na:

- jednosmerné motory,
- striedavé motory,
- univerzálne motory,

Jednosmerné motory delíme podľa druhu budenia na:

- s cudzím buđením,
- s paralelným buđením,
- so sériovým buđením,
- s kombinovaným sériovo-paralelným buđením.

Jednosmerné motory namiesto budiaceho vinutia môžu mať stále magnety umiestnené na statore. Tieto motory sa označujú ako JM s permanentnými magnetmi. Používajú sa od výkonu 0,1W až do 10 kW. Majú lineárne regulačné charakteristiky. Používajú sa najmä v náročných aplikáciách, napr. polohové servopohony pre obrábacie stroje a roboty.

Jednosmerné motory s permanentnými magnetmi

Vlastnosti:

- konštantný magnetický tok
- nevznikajú straty budiaceho vinutia
- nie je možné odbudzovať motor, rozsah rýchlostí je obmedzený $\omega \leq \omega_n$
- obmedzenie výkonu radové $P_{max} = 10 \text{ kW}$
- využitie priestoru je lepšie a konštrukcia viacpólových strojov je jednoduchšia
- magnetický obvod statora vychádza menší čím sa znižuje aj vonkajší priemer motora

Najvhodnejším materiálom na výrobu statora je zliatina NdFeB (neodym-železo-bor), jeho použitie je však obmedzené nižšou dovolenou pracovnou teplotou v porovnaní so zliatinou SmCO5 (Samarium-Cobalt). Magnetické materiály sú približne pätnásťkrát drahšie ako ferity, ale je ich však za potreby na stroj s porovnateľnými parametrami približne trikrát menej. Stroj s permanentným magnetom so vzácnych zemín je teda menší a ľahší. Usporí sa ešte aj na ďalších aktívnych a konštrukčných materiáloch, takže nakoniec je takýto stroj len o niečo drahší ako stroj s feritovými magnetmi.

Je možné rozdeliť jednosmerné motory s kotvou so železa a bez železa. Motory so železnou kotvou sa vyrábajú s drážkovanou alebo hladkou kotvou zloženou z orientovaných plechov kvôli obmedzeniu vírivých prúdov.

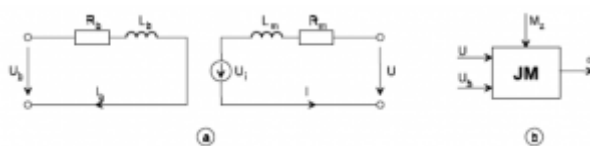
Motory s hladkou kotvou sa vyznačujú lepšou komutáciou vplyvom väčšej vzduchovej medzery a menšou indukčnosťou cievok kotvy, takže pomocné póly nie sú potrebné. Rovnomernosť otáčania bude vyššia ako pri kotve s drážkami, pretože magnetický odpor medzi kotvou a statorom sa nemení. Prítomnosť železa v kotve síce zvyšuje moment zotrvačnosti a tým sa znižuje dynamika motora, ale na druhej strane sa zvyšuje tepelná zotrvačnosť, takže tieto motory sú odolné proti krátkodobému preťaženiu, ktoré nastáva väčšinou pri rozbehu a brzdení.

Motory s kotvou bez železa majú rotor zložený len z vodičov samonosne navinutých a lepených v tvare hrnca, s jeho dnom je spojený komutátor s klasickým prevedením. Statory sú kvôli uzatvoreniu magnetického obvodu dva, pričom magnety môžu byť umiestnené na oboch častiach statora. Vzhľadom na malý moment zotrvačnosti kotvy je možné dosiahnuť vysokých uhlových zrýchlení. Určité problémy sú s malou tepelnou zotrvačnosťou kotvy a zhoršeným odvodom Jouleových strát najmä pri nízkych otáčkach. Vplyvom zaťaženia a nerovnomerného ohrevu dochádza k deformácii tvaru kotvy, čo pri malých vzduchových medzerách môže viesť k odieraniu kotvy o stator. Preto je potrebná cudzia ventilácia.

Jednosmerné motory s cudzím buđením

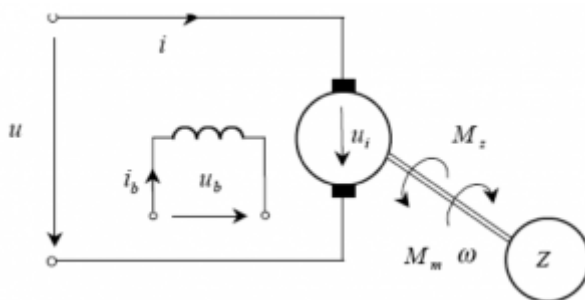
Jednosmerný motor s cudzím buđením, je vyjadrený náhradnou schémou, obr 1 a).

Jeho regulačné vlastnosti vyjadruje bloková schéma obr 1 b). Náhradnú schému jednosmerného motora s cudzím budením je možné nakresliť obr 2.



Obr 1 a) náhradná elektrická schéma JM s cudzím budením,
b) bloková schéma riadenia JM

Regulačné vlastnosti JM sa vyšetrojú z modelov. Chovanie v prechodných stavoch charakterizuje dynamický model JM. Chovanie v ustálenom stave vyjadruje statický model.



Obr. 2 Náhradná schéma jednosmerného motora s cudzím budením

Jednosmerné motory môžu mať namiesto budiaceho vinutia stále magnety umiestnené na statore. Takéto motory sa označujú ako JM s permanentným magnetom. Používajú sa od výkonov okolo 1W až do 10 kW. Tieto motory majú lineárne regulačné charakteristiky. Používajú sa na polohové servopohony pre obrábacie stroje a veľké uplatnenie majú aj v robotike.

Literatúra

1. Žalman, M.: Akčné členy, STU, Bratislava 2003
2. Mravec R.: Elektrické stroje a prístroje 2, Alfa Bratislava, 1976 3