

Synchrónne motory

Tesár Richard · Elektrotechnika, Strojárstvo

21.10.2009



Synchrónne motory patria spolu so synchrónnymi generátormi (alternátormi) medzi synchrónne stroje. Vývoj riadiacej a výkonovej polovodičovej elektroniky zapríčinil prudký nárast využitia týchto strojov. Spočiatku sa využívali na premenu mechanickej energie na elektrickú energiu striedavého prúdu – synchrónne generátory, neskôr si našli uplatnenie aj ako kompenzátory jalového výkonu a v dnešnej dobe sa nasadzujú v rôznych aplikáciách v takmer každom odvetví priemyslu na zmenu elektrickej energie na mechanickú – synchrónne motory. V tomto príspevku popíšeme jednotlivé druhy synchrónnych strojov a na základe matematického modelu SMPM zostavíme simulačný model.

1. Synchrónne stroje

1.1 Synchrónne generátory

Na výrobu elektrickej energie sa využívajú synchrónne generátory, nazývané tiež alternátory, ktoré sa vo veľkej miere používajú ako 3-fázové generátory striedavého prúdu. Synchrónne generátory poháňané parnými turbínami sa nazývajú turboalternátory. Konštrukčne sú vyhotovené s dvomi pólmi. Keďže sú poháňané rýchlobežným médiom (para, plyn), rotory týchto strojov majú malý priemer a veľkú dĺžku. A naopak, alternátory poháňané vodnými turbínami s pomaly bežným médiom (voda) sa nazývajú hydroalternátory a sú konštrukčne vyhotovené ako viac – pólové stroje s veľkým priemerom a s malou dĺžkou.

1.2 Synchrónne kompenzátory

Kompenzátory sa využívajú na kompenzáciu jalového výkonu v miestach kde sa na prenosové vedenie pripájajú transformátory a asynchrónne motory väčších výkonov. Synchrónny kompenzátor je vlastne synchrónny motor pracujúci naprázdno, dodávajúci len jalový výkon, čím výrazne odbremení alternátory v elektrárnach a prenosové vedenia. Sú umiestnené vo väčších rozvodniach, kde sú vybavené regulátorom budiaceho napätia na udržiavanie konštantného napätia v danej časti prenosovej sústavy.

1.3 Synchrónne motory

V dnešnej dobe sa synchronne motory významne uplatňujú v aplikáciách s polohovým a rýchlostným riadením pre nezávislosť otáčok od zmeny zaťaženia. Synchronnosť otáčok znamená, že pracujú bez sklzu, tzn. že otáčky rotora sú zhodné s otáčkami statorového magnetického poľa. Vyznačujú sa tiež vysokou prevádzkovou účinnosťou, veľkým rozsahom otáčok a vysokou dynamikou. Pri spúšťaní majú vysoký záberový prúd a malý záberový moment. Ďalšou z nevýhod sú problémy s rozbehom, pretože pracujú bez sklzu. Použitím prevodovky a vhodnou voľbou typu riadenia sa tieto nedostatky dajú minimalizovať. Konštrukčné vyhotovenie bez vonkajších mechanických častí citlivých na nečistoty a opotrebenie je výhodné z hľadiska údržby a životnosti synchronných motorov.

Synchronne motory, podobne ako ostatné synchronne stroje, sa podľa konštrukcie delia na:

- Budené stroje - s hladkým rotorom- s vyjadrenými pólmi
- Motory s permanentnými magnetmi - motory s elektronickým komutátorom- krokové motory
- Nebudené stroje - reakčné motory

1.4 Synchronne stroje s hladkým rotorom

Sú to motory s viacfázovým striedavým vinutím na statore, ktoré vytvára točivé magnetické pole, a jednosmerným vinutím na rotore, ktoré vytvára magnetické pole otáčajúce sa spolu s rotorom. Tieto magnetické polia, otáčajúce sa synchronnými otáčkami, sa vo vzduchovej medzere, medzi statorom a rotorom, sčítavajú do tzv. hlavného magnetického poľa.

Rotor tvorí pevný valec, na povrchu s pozdĺžnymi drážkami, v ktorých je umiestnené budiace vinutie. Keďže sa hlavné magnetické pole a rotor otáčajú synchronne, neindukuje sa napätie na budiacom vinutí, ale na stojatom statorovom vinutí kotvy.

Synchronne stroje s hladkým rotorom sa najčastejšie používajú ako turboalternátory, pretože para poháňajúca turbíny vytvára veľký krútiaci moment dôsledkom čoho na rotor pôsobí veľká odstredivá sila, ktorú by rotor s vyjadrenými pólmi nevydržal.

1.5 Synchronne stroje s vyjadrenými pólmi

Rotor synchronneho stroja s vyjadrenými pólmi je tvorený rotorovým kolesom na ktorom je umiestnený určitý počet pólov. Pričom každý pól pozostáva z póloveho nástavca a vlastného budiaceho vinutia.

Rotory hydroalternátorov sa prevažne vyrábajú s vyjadrenými pólmi. Voda poháňajúca turbínu nevytvára taký veľký krútiaci moment a na hriadel' nepôsobí taká veľká odstredivá sila, ktorú by rotor nevydržal.

1.6 Motory s elektronickým komutátorom

Sú to vlastne synchronne motory s permanentnými magnetmi. Stator týchto motorov má väčšinou trojfázové vinutie. Rotorové magnetické pole je vytvárané pomocou PM. Nahradením budiaceho vinutia permanentnými magnetmi prináša veľa výhod. Ide

najmä o konštrukčné zjednodušenie, zvýšenie účinnosti, a v neposlednom rade nie je potrebné vytvárať magnetické pole (otáčajúce sa s rotorom) napájaním budiaceho vinutia jednosmerným prúdom, keďže toto zabezpečuje práve pôsobenie PM. Takáto konštrukcia SM má ale aj isté nevýhody a je to najmä cena kvalitných PM a to, že nie je možné meniť budenie motora, keďže PM vytvárajú konštantné magnetické pole, čím prichádzame o možnosť meniť prevádzkové vlastnosti motora.

Synchrónne motory s PM sa delia na:

- Valcové motory
- Diskové motory

1.6.1 Valcové motory

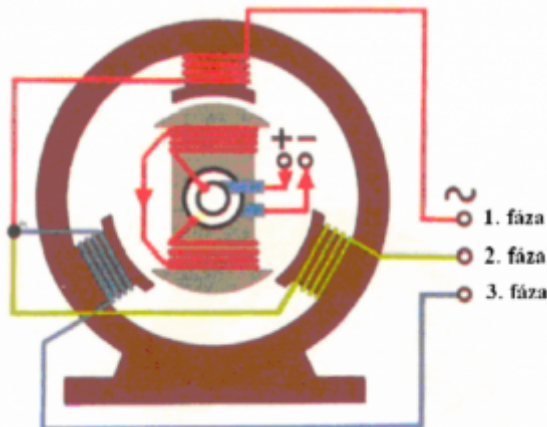
Usporiadanie PM vo valcových motoroch môže byť povrchové (obvodové) alebo vnútorné (skryté). Povrchové usporiadanie PM je možné považovať za stroj s nevyjadrenými pólmi resp. s hladkým rotorom. Rotor s vnútorným usporiadaním PM je stroj s vyjadrenými pólmi.

1.6.2 Diskové motory

Veľmi malý moment zotrvačnosti diskových motorov predurčuje použitie týchto motorov v dynamicky náročných aplikáciách. Vďaka konštrukcie s PM sú tieto motory vhodné i pre vysoké rýchlosti.

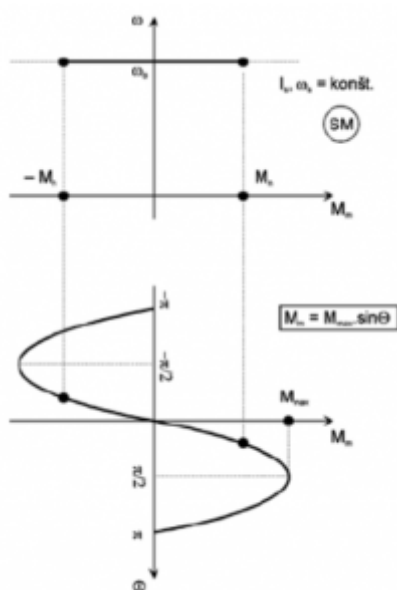
2 Konštrukcia a princíp činnosti SM

Stator synchrónneho motora sa skladá zo symetrického trojfázového statorového vinutia. Prechod prúdu jednotlivými fázami statorového vinutia má za následok vznik točivého magnetického poľa. Rotor obsahuje v prípade budených synchrónnych motorov jedno vinutie, ktoré je napájané jednosmerným prúdom cez krúžky rotora obr. 1. Takto vzniknuté magnetické pole rotora môže byť vytvorené aj použitím permanentných magnetov, ktoré zabezpečujú konštantný budiaci magnetický tok. Potom hovoríme o synchrónnom motore s permanentnými magnetmi v rotore a často sa označuje skratkou SMPM alebo PMSM. Výhodou synchrónnych motorov s permanentnými magnetmi oproti budeným synchrónnym motorom je fakt, že vďaka absencii budiaceho vinutia odpadajú budiace straty a nutnosť jednosmerného zdroja budiaceho prúdu. Rotor SMPM sa najčastejšie konštruje ako hladký, pričom zásadný vplyv na vlastnosti motora má použitý materiál permanentných magnetov. Používajú sa materiály zo vzácnych zemín (prvky zo skupiny lanthanoidov, samarium - Sm, neodým - Nd, praseodym - Pr atď.). Veľmi často sa používajú magnety z materiálu Nd-Fe-B.



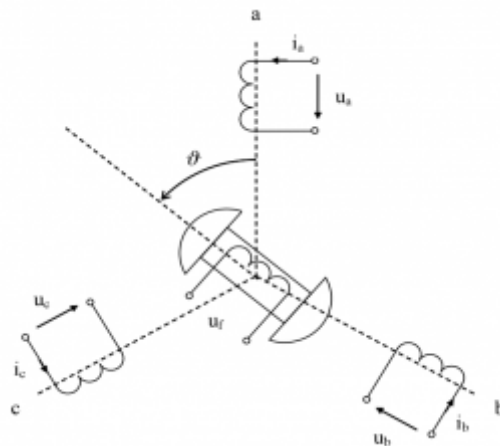
Obr. 1 Konštrukčné vyhotovenie budeného synchronného motora

Po pripojení symetrického trojfázového napätia na statorové vinutie (cievky), ktoré sú mechanicky a elektricky zhodné, vzájomne pootočené o 120° a označíme ich a, b, c sa rotor otáča v ustálenom stave synchronne s otáčavým magnetickým poľom. Pri zaťažení SM sa oneskoruje uhol natočenia rotora oproti otáčavému magnetickému poľu o záťažný uhol Θ . Typický priebeh tejto závislosti je na obr. 2 a zároveň dokumentuje aj priebeh momentovej charakteristiky SM.



Obr. 2 Vzťah synchronizačnej a momentovej charakteristiky synchronného motora

Otáčavé magnetické pole vyvolané trojfázovým systémom (a, b, c), ktoré sme v predchádzajúcich riadkoch pripojili k statorovému vinutiu môže byť vytvorené aj ekvivalentným dvojfázovým systémom (α, β) obr. 3. V ďalšej časti sa preto budeme v krátkosti zaoberať vznikom kruhového otáčavého poľa a jeho prepočtom do ekvivalentných dvojfázových systémov. Je to z toho dôvodu, aby sme neskoršie odviedli matematický model synchronného motora s permanentnými magnetmi v rovine d, q (dvojfázový súradný systém pevne spojený s rotorom).



Obr. 3 Náhradné schémy trojfázového a dvojfázového dvojpólového synchronného motora s permanentnými magnetmi v rotore (SMPM)

V nasledujúcom článku sa budeme venovať vzniku kruhového otáčavého poľa a priamej a spätnej Clarcovej transformácii. Odvodíme model SMPM pre simuláciu v Matlabe.

Literatúra

1. Dal Y. Ohm: Dynamic model of PM synchronous motor, Drivetech Inc., Virginia
http://www.drivetechinc.com/articles/IM97PM_Rev1forPDF.pdf
2. Žalman, M.: Akčné členy, STU, Bratislava 2003