دانشکده مهندسی

گروه برق

پایان نامه کارشناسی

گرایش قدرت

عنوان:

کنترل موتورهای سوئیچ رلوکتانسی

استاد راهنما:

جناب آقای دکتر ابوالفضل جلیلوند

نگارش : حکمت اله مرادخانی

شهریور ۱۳۸۷

فهرست مطالب

موضوع ..... صفحه

چکیده ۵

فصل اول

اصول کارکرد موتور رلوکتانسی سوئیچ(SRM) ۶

۱-۱- مقدمه ۶

۱-۲- تاریخچه ۶

۱-۳- کارکرداولیه موتوررلوکتانسی سوئیچ ۸

۱-۴- اصول کارکرد موتور رلوکتانسی سوئیچ ۹

۱-۵- استخراج رابطه بین اندوکتانس و موقعیت روتور ۱۴

۱-۶- مدار معادل ۱۷

۱-۷- پیکر بندی SRM ۱۹

۱-۸- ماشین های رلوکتانسی سوئیچ خطی ۲۲

فصل دوم

کنترل درایو SRM ۲۴

۲-۱-مقدمه ۲۴

۲-۲- اصول کنترل ۲۵

۲-۳ - کنترل سرعت حلقه بسته درایو SRM: ۲۸

۲-۴- طراحی کنترل کننده های جریان ۳۶

۲-۵- کنترل کننده چگالی شار ۶۵

۲-۶-کنترل گشتاور ۶۷

۲-۷- طراحی کنترل کننده سرعت ۹۴

فصل سوم

کاربردها ۱۰۲

۳-۱- مقدمه ۱۰۲

۳-۲- مرور خصوصیات محرک SRM برای ملاحظه کاربرد آنها ۱۰۳

۳-۳- کاربردها ۱۰۵

فهرست علائم و اختصارات ۱۱۰

مراجع ۱۱۲

چکیده

نظریه و ساختمان ماشین های الکتریکی معمولی ، که ما شین های DC با انواع اتصالات داخلی، اعم از شنت،سری و کمپوند و نیز ماشین های AC سه فازسنکرون وآسنکرون (القایی) را شامل می شود ، اغلب مورد بررسی قرار می گیرند. ضمن آنکه هر یک از ماشین های فوق ، بر حسب نیاز و دسترسی به امکانات لازم از مزایای بسیار زیادی برخوردارند ، دارای معایبی نیز هستند که استفاده از آنها را تحت شرایطی محدود می سازد . بعنوان مثال ، موتورهای DC مزایای زیادی از نظر قابلیت کنترل سرعت دارند ، ولی قیمت آنها زیادتر از موتورهای AC هم قدرت است و بعلاوه نیاز به منابع DC دارند که در هر محلی ، بخصوص در محلهای غیر صنعتی مثل منازل و ادارات دردسترس نیستند . این اشکال در مورد به کارگیری ماشین های AC نیز وجود دارد .

با توجه مسایل فوق موتور های رلوکتانسی به خاطر ساختار نسبتا ساده و هزینه کمتر آنها مورد توجه و استفاده قرار می گیرند . موتورهای سوییچ رلوکتانسی یک نوع خاصی از موتورهای رلوکتانسی هستند که به خاطر مزایایی از قبیل عدم سیم پیچی روتور و متمرکز بودن سیم پیچی استاتور و کوچک بودن روتور نسبت به سایر موتورها برای قدرت های یکسان و عدم نیاز به جاروبک، مورد توجه هستند.

در این پروژه ضمن مطالعه و بررسی ساختار فنی این نوع از موتورها(سوییچ رلوکتانسی) و ذکر موارد کاربرد آنها ، موضوع کنترل این موتورها مورد مطالعه و تحقیق قرار می گیرد . در این راستا روشهای مختلفی که در جهت کنترل موتورهای سوییچ رلوکتانسی مورد استفاده واقع می شوند مورد مطالعه قرار گرفته ، مشخصات و موارد کاربرد هر یک از آنها تحلیل خواهد شد .

فصل اول

اصول کارکرد موتور سوئیچ رلوکتانسی(SRM)

۱-۱- مقدمه

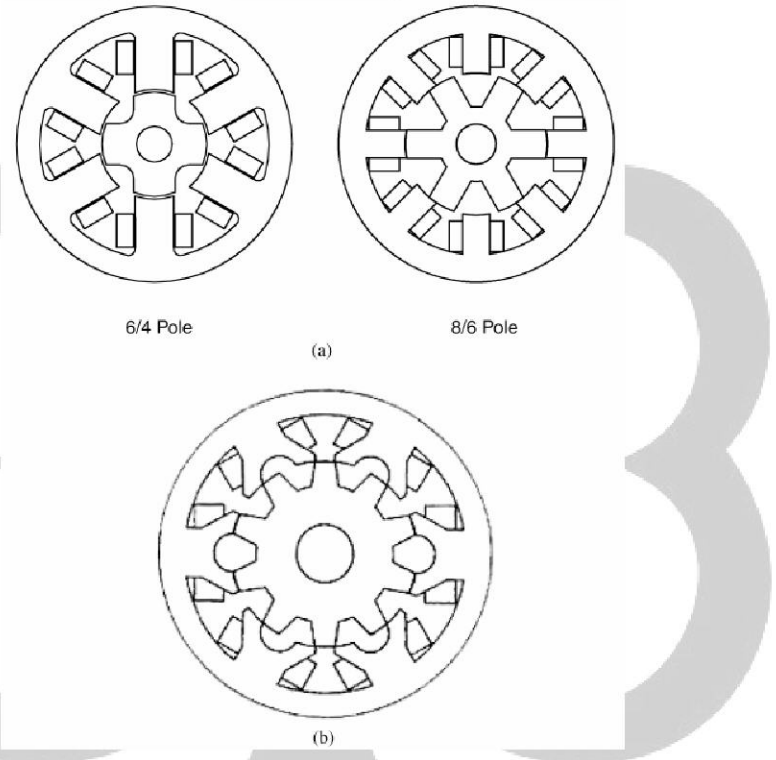
در این بخش مقدمهٔ مختصری در مورد SRM و اصول کارکرد آن آورده می شود. نحوه ی تولید گشتاور کلید فهم هر ماشینی می باشد . نحوهٔ کارکرد ماشین و خصوصیات برجستهٔ آن از گشتاور نتیجه می شود. گشتاور به یک رابطهٔ بین چگالی شار یا اندوکتانس و موقعیت روتور نیاز دارد. ما نحوهٔ کارکرد اشباع نشده را مطرح می کنیم. کارکرد ماشین در همهٔ چهار ربع گشتاور نسبت به سرعت از روی اندوکتانس نسبت به مشخصات موقعیت روتور ماشین نتیجه می شود و مانند دیگر ماشین ها مدار معادل SRM فرمول بندی میشود.

۱-۲- تاریخچه

در سال ۱۹۶۹ یک موتور رلوکتانس متغیر برای کاربردهای با سرعت متغیر پیشنهاد شد، اصل این موتور به قبل از سال ۱۸۴۲ برمی گردد که با ورود ابزارهای سوئیچینگ ارزان و با توان بالا امکان سرمایه گذاری در این مورد فراهم شد. هر چند این ماشین نوعی ماشین سنکرون است، اما ترکیبی جدید و مخصوص به خود را دارد. سیم پیچی استاتور این ماشین مانند سیم پیچی های میدان یک موتور dc است و روی روتور، هیچگونه سیم یا آهنربایی وجود ندارد. استاتور و روتور هر دو ، قطب برجسته[1] هستند، به همین

1- salient pole

دلیل به این ماشین، ماشین با دو برجستگی[1] هم گفته می شود. شکل(۱-چ۱) چنین ماشینی را نشان می دهد. همچنین یک مدل اصلاح شده با دو دندانه در هر قطب در شکل(۱-b۱)شان داده شده است. وقتی که سیم پیچی های استاتور تحریک شود، قطب های آن با قطب های روتور در یک راستا[2] قرار می گیرند قسمت چرخشی در موقعیتی قرار می گیردکه در مقابل تحریک، حداقل مقدار رلوکتانس را داشته باشد. وقتی که دو قطب روتور با دو قطب استاتور در یک راستا قرار می گیرند، قطب های دیگر روتور نسبت به قطب های دیگر استاتور همراستا نخواهد بود. پس از این اگر قطب های سمت دیگر استاتور تحریک شوند، این قطب های تحریک شدهٔ استاتور سعی می کنند با قطب های سمت دیگر روتور در یک راستا قرار بگیرند. به این صورت با سوئیچینگ متوالی جریانها به داخل سیم پیچهای استاتور، روتور میچرخد.



شکل۱-۱ موقعیت موتور سوئیچ رلوکتانسی.(چ) یک دندانه در هر قطب. (ح) دودندانه در هر قطب

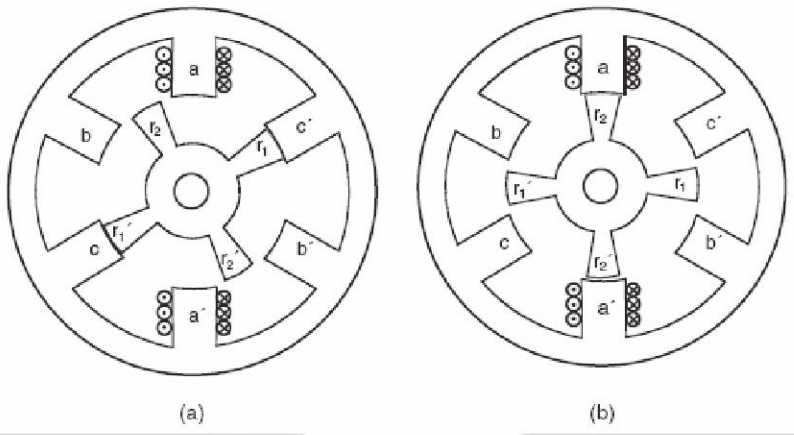
2- doubly salieny
1 - aligment

وقتی که یک رلوکتانس متغیر وجود دارد، سوئیچینگ جریان به داخل سیم پیچی های استاتور موجب چرخش روتور و در نتیجه موجب تولید گشتاور و توان خواهد شد. بنابراین، این درایو موتور سرعت متغیر (VSM) به عنوان یک موتور سوئیچ رلوکتانسی[1] (SRM) شناخته می شود.

۱-۳- کارکرداولیه موتور سوئیچ رلوکتانسی

در شکل (۱-چ۲) ملاحظه می شود که قطب های r_1 و r_1' روتور و قطب های c و c' استاتور در یک راستا قرار گرفته اند. اعمال جریان به فاز a در شکل (۱-چ۲) نشان داده شده است. از طریق قطب های a و a' استاتور و قطب های r_2 و r_2' روتور شاری جاری می شود که این شار میل دارد که به ترتیب قطب های r_2 و r_2' روتور را بسوی قطب های a و a' استاتور بکشاند. وقتی که آنها در یک ردیف قرار گرفتند، جریان فاز a استاتور قطع می شود. وضعیت گفته شده در شکل(۱-ح۲) نشان داده شده است. حالا اگر سیم پیچ های فاز b استاتور تحریک شوند، r_1 و r_1' به ترتیب در جهت حرکت عقربه های ساعت به سمت b و b' کشیده می شوند. همچنین تحریک مشابه سیم پیچ های فاز c موجب می شود که r_2 و r_2' به ترتیب در امتداد c و c' قرار بگیرند. از این تحریک سه فاز برای چرخش روتور به اندازه 90° استفاده می شود. برای یک دور چرخش کامل روتور با توجه به تعداد قطب های روتور، سوئیچینگ جریان در فازها باید چندین بار تکرار شوند. سوئیچینگ جریان ها به صورت توالی a c b موجب چرخش روتور در جهت مخالف خواهد شد.

2- Switched Reluctance Motor

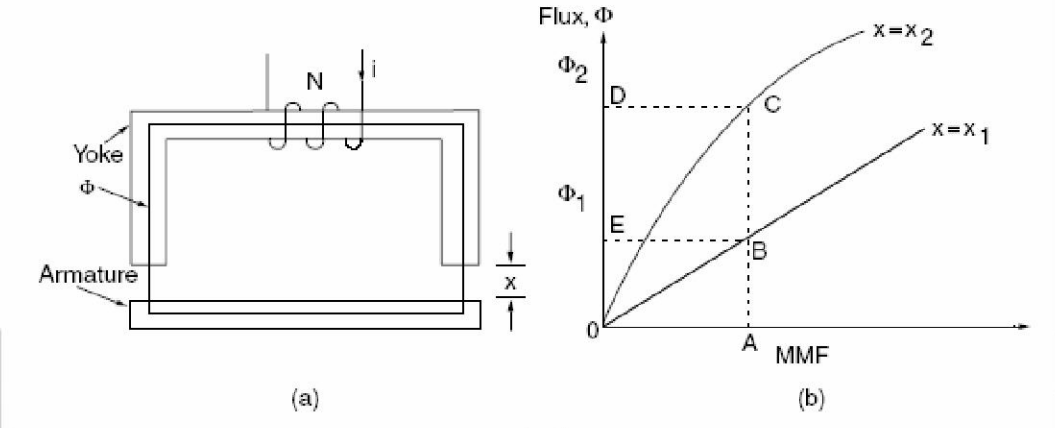


شکل۱- ۲عملکرد یک SRM.(a) همراستایی فاز c. (b)همراستایی فاز a

۱-۴ - اصول کارکرد موتور سوئیچ رلوکتانسی

مطابق شکل(۱-چ۳)برای تولید گشتاور در موتور سوئیچ رلوکتانسی از اصول کلی تبدیل انرژی الکترو مکانیکی در یک سلونوئید[1] استفاده می شود. سلونوئید N دور دارد، وقتی که آن را با یک جریان، i ، تحریک کنیم، پیچک یک شار φ را پدید می آورد. افزایش جریان موجب می شود که آرمیچر که متحرک است به سمت یوغ که ثابت است حرکت کند. منحنی شار نسبت به نیروی محرکهٔ مغناطیسی (mmf) برای دو مقدار فاصلهٔ هوایی x_1 و x_2 که $x_1>x_2$ می باشد در شکل(۱-۳b)نشان داده شده است. منحنی شار نسبت به نیروی محرکهٔ مغناطیسی برای فاصلهٔ هوایی x_1 خطی می باشد، چون برای این x رلوکتانس فاصلهٔ هوایی غالب می باشد.

1- solenoid



شکل۱-۳ سلونوئید و مشخصات آن.(a) یک سلونوئید.(b)مشخصه ی شار مغناطیسی نسبت به mmf.

انرژی الکتریکی ورودی بصورت زیر نوشته می شود:

$$W_e = \int e\,i\,dt = \int i\,dt\,\frac{dN\Phi}{dt} = \int Ni\,d\Phi = \int F\,d\Phi \qquad (۱-۱)$$

در این معادله e و F به ترتیب emf و mmf را اشاره می کنند.

این انرژی الکتریکی ورودی برابر مجموع انرژی ذخیره شده در پیچک، W_f، و انرژی تبدیل شده به کار مکانیکی، W_m، می باشد و به صورت زیر نوشته می شود:

$$W_e = W_f + W_m \qquad (۱-۲)$$

وقتی که هیچ کار مکانیکی انجام نمی شود، مثلاً وقتی که آرمیچر از موقعیت x_1 راه اندازی می شود، انرژی ذخیره شده در میدان برابر انرژی الکتریکی ورودی است، که از معادله (۱-۱) بدست می آید. این انرژی در شکل(۱-۳b)برابر با ناحیهOBEO است. مکمل انرژی میدان که با عبارت کو انرژی[1] معرفی می شود، از روی شکل(۱-۳b)و برابر ناحیه OBAO می باشد و طبق قوانین ریاضی برابر با ناحیه $\int \Phi .\, df$ است. کو انرژی وجود خارجی ندارد، اما مکمل انرژی میدان می باشد. به طور مشابه برای موقعیت x_2 آرمیچر، انرژی

1-Coenergy

میدان مغناطیسی برابر با ناحیه OCDO است و کوانرژی هم برابر با ناحیهٔ OCAO است. برای تغییرات با فاصله های کم x، معادله (۱-۲) بصورت زیر نوشته می شود:

$$\delta W_e = \delta W_f + \delta W_m \qquad (۱-۳)$$

از روی شکل(۱-۳b) برای یک تحریک ثابت F_1 معلوم، در نقطهٔ کار A ، متغیرهـای مختلـف بـصورت زیـر استخراج می شود:

$$\delta W_e = \int_{\phi_1}^{\phi_2} F_1 \, d\phi = F_1(\phi_2 - \phi_1) = \text{area(BCDEB)} \qquad (۱-۴)$$

$$\delta W_f = \delta W_{f|_{x=x_2}} - \delta W_{f|_{x=x_1}} = \text{area(OCDO)} - \text{area(OBEO)} \qquad (۱-۵)$$

با استفاده از معادلات (۱-۳) تا (۱-۵) برای تغییرات کوچک ،انرژی مکانیکی به صورت زیر حاصل می شود:

$$\delta W_m = \delta W_e - \delta W_f = \text{area(OBCO)} \qquad (۱-۶)$$

که آن، ناحیهٔ بین دو منحنی، برای یک نیروی محرکهٔ مغناطیسی مشخص می باشد.

برای یک ماشین دوّار، نموّ[1] انرژی مکانیکی برحسب گـشتاور الکترومغناطیـسی و تغییـرات موقعیـت روتـور بصورت زیر نوشته می شود:

$$\delta W_m = T_e \delta\theta \qquad (۱-۷)$$

در ایـن رابطـه T_e برابـر گشتاورالکترومغناطیـسی و $\delta\theta$ نمـوّ زاویـه روتـور مـی باشـد.بنـابراین، گـشتاور الکترومغناطیسی بصورت زیر بدست می آید:

$$T_e = \frac{\delta W_m}{\delta\theta} \qquad (۱-۸)$$

1- Incremental

دانشجویان محترم:

جهت دسترسی به متن کامل پایان نامه‌ها به کتابخانه دانشکده مهندسی و یا آزمایشگاه پروژه گروه برق مراجعه فرمایید.

مراجع و منابع

1- Nasar, S.A., D.C.- switched reluctance motor. In Proceedings of the Institution of Electrical Engineers (London),Vol.116,No.6,June 1969,pp.1048.

2 - Byrne ,J. and J.C. Lacy , Electrodinamic system comprising a variable reluctance machine, U.S. Patent 3956678,May 1976.

3- Miller,T.J.E., switched reluctance motors and Their Control,Magna Physics Publishing / Clarendon Prss,Oxford,1993.

4- Krishnan , R., Electric Motor Drives, Prentice-Hall, Englewood Cliffs,NJ,2001.

5- John, G. and A.R. Eastham , Speed Control of SRM using slide mode control Strategy , Conf . Rec .IEEE IAS , Ann.Mtg., Oct.1995,pp.263-270.

6- .Buja , G.S., R,Menis , and M.I.Valle , Variable structure control of an SRM drive,IEEE Trans. on Industrial Electronics,40(1),56-63,1993.

7- Ilic-Spong , M.,T,J,E.Miller , S.R.MacMinn , and J.S.Thorp , Instantaneous torque control of electric motor drives , IEEE Trans. on Power Electronics, 2(1),55-661,1987.

8- Radun , A.V. , Hirh power density switched reluctance motor drive for aerospace Application ,IEEE Trans. on Ind.Appl.,113-119,1992.