

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه کنید
یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۶۶۴۰۶۸۵۷ و ۰۶۶۴۱۲۶۰-۰۵۱۱ تماس حاصل نمایید

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

موضوع پروژه درسی:

مشخص کردن راکتانس محورهای d و q از موتورهای سنکرون
مغناطیس دائم بدون اندازه گیری موقعیت روتور

نام استاد: دکتر نظر زاده

نام دانشجو: مهران شادمان

مقطع: کارشناسی ارشد

رشته: مهندسی برق - قدرت

واحد علوم و تحقیقات تهران

مشخص کردن راکتانس محورهای d و q از موتورهای سنکرون مغناطیس دائم بدون اندازه گیری وضعیت روتور

خلاصه مقاله :

اهمیت موتورهای سنکرون مغناطیس دائم در زیاد شدن دامنه کاربردی آن است و در آینده بیشتر (PMSMs) بدون سنسور شفت عمل خواهند کرد و مشخصات تجربی پارامترهای ماشین که مقداری هم تلورانس دارند اطلاعات با ارزشی خواهد بود.

بنابراین در این مقاله روشی بیان شده که در آن نیروی الکترو موتوری القایی و راکتانس محور d از آزمایش بی باری و راکتانس محور q و زاویه بار δ از آزمایش بارداری به وسیله یک روش تحلیلی مشخص شده اند.

در این روش محدودیت اندازه گیری زاویه بار δ وجود ندارد این روش مناسب است برای (PMSMs) های که بصورت عادی با جریان منفی محور d عمل می کنند بنابراین اشباع در مسیر شار محور d وجود ندارد. خیلی بیشتر از اینها، روش بسیار ساده ای است برای انجام دادن بوسیله هر تکنسین آزمایشگاهی

I- مقدمه:

اهمیت موتورهای سنکرون مغناطیس دائم (PMSMs) هست در افزایش دامنه کاربردی آنها و متفاوت است از مدل های پیشرفته مانند سروموتورها تا کاربردهای که حرکت خطی دارند از قبیل فن ها و پمپ ها دو دلیل عمده برای تمایل به این ماشینها وجود دارد:

۱- بازده بالا و کاهش تلفات روتور در این (PMSMs) ها.

۲- پایین بودن قیمت انرژی مغناطیسی بالا (صرفه جویی اقتصادی بالا).

بیشتر (PMSMs) سه فازه در مدل پیشرفته بصورت محرکهای با سنسور شفت عمل می کنند بوسیله بکارگیری الگوریتم کنترل بدون سنسور برای محرکهای با سرعتهای متغیر و در مورد کاربردهای حرکت خطی طبیعتاً بواسطه اساس عملکرد سنکرون آنها نیاز به سنسور شفت وجود ندارد.

اگر سنسور شفت برداشته شود مشخصات تجربی از پارامترهای ماشین هر چند که مقداری هم تلورانس دارند بسیار با ارزش خواهد بود در زیر نشان خواهیم داد که راکتانس محورهای d و q که از آزمایشهای بارداری بدست آمده بر اساس تابعی از δ بیان شده است که می تواند مشخص شود بوسیله بعضی از انواع سنسورهای شفت یا ماشینهای سنکرون دیگری که کوپل شده اند با محور شفت ماشین سنکرونی که در حال بررسی است.

در این مقاله روشی بیان شده که در آن نیروی محرکه القایی و راکتانس محور d از آزمایش بی باری و راکتانس محور q آزمایش بارداری بدست آمده اند به نظر مولف آزمایشهای ساده ای هستند که نیاز به داشتن دانش بالا و وسایل در مقایسه با آزمایشهای تعیین استاندارد موتورهای القایی ندارد و انجام آن برای تکنسین های آزمایشگاهی آسان است هر چند که نمی تواند ضمانتی با حساسیت بالا برای ماشینهای با اشباع زیاد باشد. در بخش II شاهد روشهای تجربی برای مشخص کردن راکتانسها خواهیم بود در بخشی III دیگرام فازوری (PMSMs) و بعضی روابط اساسی منشعب شده از آن

بحث شده در بخش IV مشخص کردن زاویه δ بیان شده و در بخش V روشهای آزمایش توصیف شده اند و سرانجام در بخش VI یک نتیجه گیری شده است.

II - آزمایشهای برای مشخص کردن راکتانس:

روشهای آزمایش توصیف شده در بخش V اساساً هستند ترکیبی از آزمایشهای بی باری و بارداری، این چنین آزمایشهای جدید نیستند البته این یک گزارش جدید است در این نوشته چندین روش دیگر توصیف شده است برای مشخص کردن راکتانسهای محور d و q بدون احتیاج به در رابطه قرار دادن اطلاعات وضعیت روتور به هر حال با متمرکز ساختن این روشها، برای نمونه ماشین با روی کاری مغناطیسی بدون مشخصه سیم پیچ دمپر با روشهای مختلفی می توان بدست آورد.

آزمایش روتور قفل شده که با یک ولتاژ تک فاز متناوب یا یک ولتاژ شیب سیم پیچهای استاتور تغذیه می شوند که برای وضعیتهای مختلف روتور آن را تکرار می کنند از تحلیل ساده نتایجها و مقایسه کردن آنها یک نتیجه دقیقی بدست می آید و انتخاب فرکانس برای ولتاژ متناوب زیاد اهمیت ندارد 50 یا 60 هرتز خوب است و در مورد ولتاژ شیب بزرگی مقدار ولتاژ زیاد اهمیت ندارد بلکه تنها شیب اولیه ولتاژ مهم می باشد روشهای بوده اند که اثرات اشباع را به حساب آورده اند برای این آزمایشها به نمایش در آمده اند ماشینهای با مشخصه سیم پیچ دمپر برای نمونه (LSPMs) نیاز دارند به یک روش آزمایش متفاوت با (موتورهای باروتورهای بدون قفسه) و با وجود یک قفسه یا یک سیم پیچ دمپر راکتانس سنکرون باید با یک مقدار ثابت مشخص شود یا اقلأ نزدیک

به یک مقدار ثابت. شار مغناطیسی در روتور وقتی که فرکانس ماشین بالا است شار هرگز عبور نخواهد کرد و روتور می بایست اثر حفاظتی روی قفسه داشته باشد در فرکانسهای بالا بنابراین تنها راکتانس پراکندگی مشاهده می شود و از راکتانس سنکرون می توان صرف نظر کرد.

وجود دارد سه روش خالص تجربی برای مشخص کردن راکتانسهای محور d و q

(۱) آزمایشهای یکنواخت بی باری و بارداری با شار ثابت در روتور.

(۲) آزمایشهای با یک شار متناوب فرکانس پایین در روتور.

(۳) آزمایش یک شار گذار در روتور.

روش (۱) یک روش بسیار آسان در هر آزمایشگاه موتور است و آزمایش استاندارد ساده ای که معمولاً استانداردهای موتور القایی را می سازند و تمامی تنکسین های آزمایشگاهی با مراحل آن آشنا می باشند.

روش (۲) بوسیله آزمایش روتور قفل شده که می تواند انجام شود با تغذیه کردن سیم

پیچها با یک ولتاژ متناوب فرکانس پایین و یک شار مغناطیسی فرکانس پایین در روتور

بدست می آید و با تغییر وضعیت روتور در گامهای کوچک و با تکرار اندازه گیری

پیایی راکتانس های محورهای d و q می توانند مشخص شوند از اندازه گیریهای ولتاژ

و جریان و انتخاب فرکانس چندان مهم نیست و یک منبع ولتاژ فرکانس متغیر برای تهیه

کردن فرکانس پایین مساعد است.

روش ۳) می تواند انجام شود بوسیله آزمایش روتور قفل شده در این مورد یک ولتاژ شیب سیم پیچ های استاتور را تغذیه می کند اگر جریان گذرا تحلیل شود و اندوکتانس برای یک وضعیت مخصوص بدست می آید با تکرار این اندازه گیریها برای وضعیتهای مختلف روتور اندوکتانسهای محور d و q می توانند مشخص شوند البته آنالیزهای جریان حالت گذرا به هر حال مشکل است و باید ثابت زمانیهای متفاوت از هم جدا شوند.

دو روش ۲) و ۳) با استفاده از مشخصه فرکانس پایین بدست می آیند در روش ۲) تحلیلها بر اساس محدوده فرکانس و اما در روش ۳) تحلیلها برای محدوده زمانی ساخته می شوند. هر دو روش ۲) و ۳) اشباع می تواند به حساب آورده شود.

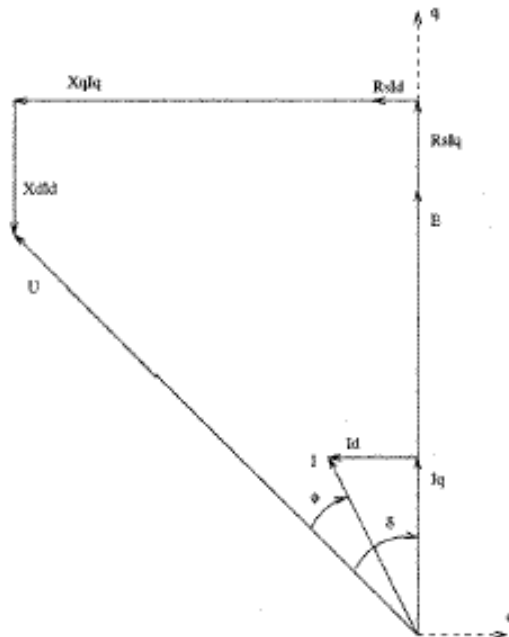
مشخصه های فرکانس پایین می توانند مورد تحقیق قرار بگیرند با روشهای معتبر برای نمونه، ترکیبی از انرژی تداخل با آنالیزهای تقریبی المان محدود و همچنین از دیگر روشهای شامل روش المان محدود با ترکیبی از اندازه گیریها در مقالات مطرح شده و تمامی روشهای آنالیز المان محدود مورد نیاز هستند و روشهایی بسیار پیچیده و مهم هستند که برای حل آنها نیاز به داشتن جزئیات هندسی ماشین هست و این روشها به مشخصه های استاندارد که تکنسین های آزمایشگاهی استفاده می کنند شبیه نیستند در روشهای بیان شده در مقالات [۱۰] - [۱۲] مرجع نیاز به اندازه گیری دقیق زاویه δ است بوسیله اسبابی نظیر اسیلسکوپ و سنور شفت یا بوسیله قرار دادن ماشین سنکرون دیگری روی شفت در مرجع [۱۰] پیشنهاد می شود. مسأله بسیار مهم برای تمامی

روشها این است که چگونه با اشباع برخورد کنیم در [۱۰] بیان شده است که امکان ندارد نیروی محرکه القایی E را از L_d و X_d که از بار تولید شده اند جدا کنیم این یک مسأله ویژه است که E شاید با بار تغییر کند بواسطه اشباع این مسأله در نظر گرفته شده در [۹] مرجع اما روش المان محدود نیاز است.

در نتیجه باید معین شود راکتانس که به دقت اندازه گیری شده آیا هست معتبر برای هر نوع ماشین و برای همه نقاط کار و اگر تمامی اثرات اشباع در نظر گرفته شود. در روش ارائه شده در این مقاله یک مقدار ساده تر شده نتایج معتبر است بشرط که اشباع محور d بواسطه جریانهای پایه ای d و q صورت نگیرد.

III - دیاگرام فازوری موتورهای سنکرون مغناطیس دائم باردار:

در شکل (۱) دیاگرام فازوری یک موتور سنکرون مغناطیس دائم باردار نشان داده شده است و شکل برای عملکرد یکنوع خاص مانند (LSPMs) قطب صاف نمایش داده شده است و موتور عمل می کند با یک جریان کوچک منفی محور d و مسیر شارها اشباع نشده می باشند و E هست مقدار فازی نیروی محرکه القایی و U هست ولتاژ فازی تغذیه و R_s هست مقاومت هر فاز استاتور و X_d و X_q به ترتیب راکتانهای محوره های d و q می باشند و δ هست زاویه بین E و U که برای موتور مثبت لحاظ می شود و ϕ هست زاویه بین جریان استاتور I و مقدار ولتاژ U و I_d و L_q جریانهای جزئی محوره های d و q هستند از دیاگرام فازوری می توان نوشت:



شکل (۱) دیاگرام فازوری باردارى یک موتور سنکرون مغناطیس دائم (PMSM)

$$X_d = \frac{U \cos(\delta) - E - R_s I_q}{I_d} \quad (1)$$

$$X_q = \frac{U \sin(\delta) + R_s I_d}{I_q} \quad (2)$$

$$I_d = I \sin(\phi - \delta) \quad (3)$$

$$I_q = I \cos(\phi - \delta) \quad (4)$$

و اگر I و U و قدرت داخلی اکتیو اندازه گیری شود زاویه ϕ بدست می آید از رابطه زیر

$$P = 3 U I \cos(\phi) \quad (5)$$

فرض کنیم مدار سه فاز باشد و زاویه بار δ باشد نمی توان آن را مشخص کرد مگر اندازه گیری به صورت جدا انجام شود که این نیاز به یک اسلیسکوپ یا سنسور شفت دارد در بخش جدید نشان خواهیم داد که چگونه δ می تواند مشخص شود بدون جدا کردن اندازه گیری زاویه بار.

IV- حساب کردن δ :

اساس قبول کردن اینکه E و X_d می توانند مشخص شوند از آزمایش بی باری (بخش $V-A$ را ببینید) و Φ و U و I بدست می آیند از آزمایش بارداری آن خواهد بود که نشان داده شود که δ می تواند از دیاگرام فازوری بدست آید و چون X_q هنوز شناخته شده نیست پس یک معادله برای δ نباید شامل X_q باشد تا خود نگارنده آن را ببیند این راه حل معادلات ماشین قبلاً به نمایش در نیامده اند این روش تحلیلی است که مراحل آزمایش را آسان می سازد و یک روش حساب شده ای که برای محاسبه δ نیاز هست.

حال اگر اجزاء مولفه محور q و رابطه (۱) مطالعه شوند می توان نوشت

$$E + X_d I_d + R_s I_q = U \cos(\delta) \quad (6)$$

با وارد کردن معادلات (۳) و (۴) در (۶) داریم

$$E + X_d I \sin(\phi - \delta) + R_s I \cos(\phi - \delta) = U \cos(\delta) \quad (7)$$

$$\sin(\phi - \delta) = \sin(\phi)\cos(\delta) - \cos(\phi)\sin(\delta) \quad (۸)$$

$$\cos(\phi - \delta) = \cos(\phi)\cos(\delta) + \sin(\phi)\sin(\delta) \quad (۹)$$

رابطه (۷) را می توان نوشت

$$E = B \cos(\delta) + C \sin(\delta) \quad (۱۰)$$

که

$$B = U - X_d I \sin(\phi) - R_s I \cos(\phi) \quad (۱۱)$$

$$C = X_d I \cos(\phi) - R_s I \sin(\phi) \quad (۱۲)$$

حال رابطه (۱۰) با استفاده از رابطه فرمولی زیر ساده می شود

$$\sin(\delta) = \sqrt{1 - \cos^2(\delta)} \quad (۱۳)$$

با توان دوم رساندن طرفین معادله می توان نوشت

$$\left(\frac{E - B \cos(\delta)}{C} \right)^2 = 1 - \cos^2(\delta) \quad (۱۴)$$

با استفاده از جانشین سازی

$$y = \cos(\delta) \quad (۱۵)$$

با دوباره بازنویسی کردن (۱۴) داریم

$$y^2 - \frac{2EB}{B^2 + C^2}y + \frac{E^2 - C^2}{B^2 + C^2} = 0 \quad (16)$$

که هست یک معادله درجه دوم معمولی با حل y داریم:

$$y = \frac{1}{B^2 + C^2} \left[EB \pm \sqrt{B^2 C^2 - C^2 E^2 + C^4} \right] \quad (17)$$

که علامت تفریق معمولاً راه حل صحیح را می دهد که از شکل (۱) می توان آن را مشاهده کرد و معمولاً δ از ϕ بزرگتر است که در نتیجه معنی آن این است که $\cos(\delta)$ باید کوچکتر از مقدار اندازه گیری شده $\cos(\phi)$ باشد و به راحتی می توان بررسی کرد که کدام روش مورد استفاده قرار بگیرد.

با دانستن δ ، I_d و I_q می توانند بدست آورده شوند از معادلات (۳) و (۴) و بوسیله داخل کردن I_d و I_q در (۲) X_q مشخص می شود، ما در بخش بعد شاهد آزمایشهای

از این داده ها خواهیم بود.

V- آزمایشهای مشخص کردن X_q و X_d

آزمایشهای در دو مرحله انجام می شوند.

(۱) آزمایش بی باری با ولتاژ متغیر U .

(۲) آزمایش بارداری با ولتاژ اسمی U .

اول آزمایش بی باری توصیف می شود بعد آزمایش بارداری.

الف - آزمایش بی باری با دسترس بودن ولتاژ متغیر U

بوسیله ولتاژ متغیر U هر دو E و X_d می توانند مشخص شوند، آزمایش می تواند انجام شود

با مقدار متفاوتی از جریان بوسیله تغییر دادن U که باید همگی به خاطر سپرده شوند.

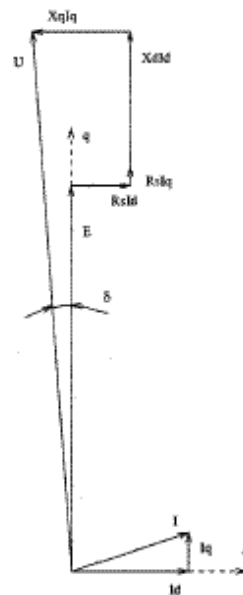
بیشتر موتورهای با یک جریان پایه ای d در نقطه کارنامی عمل می کنند البته (LSPMs)

واقعاً حتی با یک جریان کوچک و منفی I_d عمل خواهند کرد هدف از این اندازه گیریها

بدست آوردن مقدار E و X_d که معرفی کننده مقدار حقیقی بار هستند وقتی که مسیر شار

محور d بطور طبیعی و اشباع نشده باشد و باید توجه کرد که برای ماشینهایی که مسیر

شار محور d آنها در عملکرد طبیعی به اشباع می روند این روشها رد می شوند.



شکل (۲) دیاگرام فازوری یک موتور سنکرون مغناطیس دائم در طول آزمایش بی باری

از (۱) دیده می شود که افت ولتاژ مقاومتی که از R_s و I_q حاصل شده در بی باری چون جریان مولفه q وجود ندارد و زاویه δ تقریباً برابر صفر است در شکل (۲) مقدار زاویه بار δ که یک مقدار جزئی بیشتر از صفر نشان داده شده است که ناشی از اصطکاک و تلفات دیگر است.

با دوباره نوشتن (۱) با این فرضها $\delta = 0$ ، $I_q = 0$ داریم

$$X_d = \frac{U - E}{I} \quad (18)$$

این یک معادله است که در نزدیکی نقطه $U=E$ معتبر نیست و از اینکه I_d مساوی صفر است و تنها مولفه I مربوط به مقدار کوچک I_q می باشد که نیاز هست برای غلبه بر تلفات ها، برای هر فاصله مشخص از این نقطه به هر حال یک رابطه خطی در (۱۸) آمده که یک تقریب خوبی می باشد و E ثابت هست و X_d می تواند بدست آید با خواندن مقدار U و I در معادله (۱۸) و همچنین X_d می تواند مشخص شود به ازای مقادیری مختلفی از X_d ، I_d که در اینجا پیدا شده معرفی کننده یک نمونه از بار می باشد در چنین مواردی شاید نیاز بعضی از مهندسان به رفتار تجربی ماشین باشد.

آزمایش بارداری با ولتاژ اسمی U :

از آزمایش بی باری که انجام شد E و X_d مشخص شده اند و موتور عمل خواهد کرد در ولتاژ و گشتاور اسمی بوسیله اندازه گیری U و I و P با استفاده از معادله (۵) زاویه ϕ می تواند مشخص شود و در بخش IV مشخص کردن δ توصیف شده است با

داشتن اینکه δ و X_d مشخص شده اند و فرض اینکه شار محور d اشباع نشده باشد برقرار باشد X_q می تواند مشخص شود بصورت تابعی از بار، به هر حال به محض اینکه شار محور d به اشباع برود بواسطه I_d و I_q مدل غیر دقیق خواهد بود و در چنین مواردی هیچ راه حلی برای محاسبه کردن δ وجود ندارد و دلیل آن این است که مقدار E و X_d دقیق نیستند و اساساً این نباید مشکلی برای دلایل دقیق بالا باشد یکی دیگر از منابع اشتباه حضور تلفات آهنی است این تلفات باعث زیاد شدن $\cos(\phi)$ شده و این مفهوم که مقدار $\cos(\phi)$ که در معاملات استفاده شده بالاتر از مقدار واقعی باشد و معمولاً نتایج بالاتر از تخمین X_q می باشد بنابراین اگر مقدار دقیق در میان باشد باید مقدار $\cos(\phi)$ تحت بار نامی باید کاهش یابد بواسطه مقدار مساوی از تلفات آهنی و تلفات آهنی را می توان تخمین زد از آزمایش بی باری بوسیله تغییر ولتاژ و اندازه گیری قدرت داخلی اگر تلفات سیم پیچ ها از قدرت داخلی ماشین کسر شود تنها تلفات مکانیکی و آهنی بدست می آید البته تلفات مکانیکی متأثر از ولتاژ تغذیه شده نیست اگر چه تلفات آهنی متناسب با توان دوم ولتاژ تغذیه می باشد.

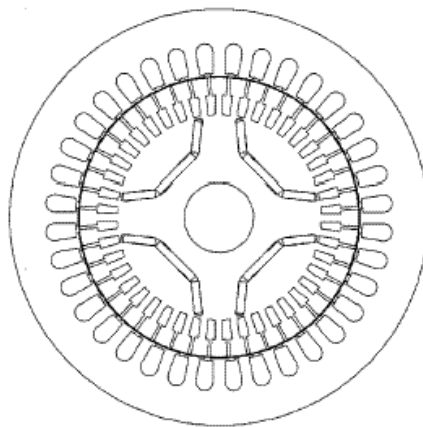
VI- مقایسه ای از آنالیزهای ریاضی و آزمایشها:

برای یک آزمایش معتبر از این روش ترتیبی برای استفاده از یک سنسور شفت در یک دستگاه نمونه اتخاذ شده است و یک سری از ویژگیهای موتورهای تحت آزمایش قرار گرفته در جدول I نشان داده شده اند.

وجود دارد ۳ عدد LSPMs و موتور B هست یک انتگرال موتور و LSPMs یک نقطه اشتراک در عملکرد دارند که آنها با سیگنال کوچک منفی پایه ای جریان محور d در حول نقطه کارنامی عمل می کنند اما انتگرال موتور عمل خواهد کرد با جریان صفر محور d بواسطه کنترل معکوس در این روشها راکتانس محور d تقریباً ثابت است و موتور در حال کارکرد نرمال خود باشد و E ثابت است به شرط آنکه I_q مسیر جریان محور d را به اشباع نبرد.

TABLE I
MOTOR SPECIFICATIONS

Motor	A	B	C	D
type	LSPM	JM	LSPM	LSPM
pole number	4	8	4	6
magnet shape	U	V	U	V
ext. diameter [mm]	250	254	210	210
length [mm]	130	110	115	115
induced voltage [V]	325	93.5	400	318



(LSPM)

()

LSPMs ها آزمایش شده موتورهای سه فازی که هسته مغناطیسی U شکل دارند و در شکل (۳) به نمایش درآمده اند و موتورهای B و D هسته مغناطیسی شکل V دارند و شکل (۴) نشان می دهد تغییرات راکتانسی محورهای d و q برای موتور A.

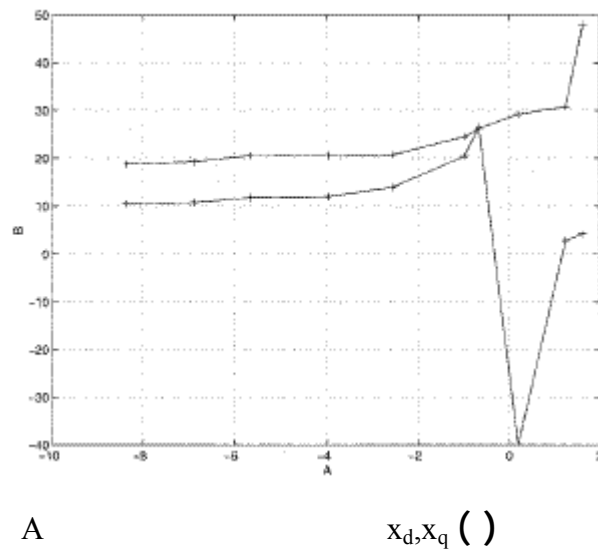


TABLE II
TEST RESULTS, FEM, AND CALCULATIONS

Motor	A	B	C	D
$X_{d_{test}} [\Omega]$	5.2	(1.67)	10.8	*
$X_{q_{test}} [\Omega]$	9.9	(1.75)	19	*
$X_{d_{FEM}} [\Omega]$	5.5	1.55	*	*
$X_{q_{FEM}} [\Omega]$	11	1.72	*	*
$X_{d_{no-load}} [\Omega]$	5.7	1.67	10.2	8.85
$X_{q_{calc}} [\Omega]$	10	no	20.6	13.4

جدول II نشان می دهد مقایسه ای از این آزمایشها را با روش المان محدود (FEM) و روشهای محاسباتی برای موتور A تنها یک مولفه مربوط به راکتانس محور d از آزمایش بی باری بدست آمده و راکتانس محور q که تنها از طریق محاسباتی هست.

راکتانس A و C بدست آمده از اندازه گیریهای که بوسیله اندازه گیری وضعیتهای روتور انجام شده برای موتور B راکتانسها از اندازه گیری آزمایش بی باری بدست آمده‌اند به خوبی آزمایشهای ژنراتور برای اندازه گیری راکتانسهای محورهای d و q.

به هر حال روشهای نشان داده شده یک سری محدودیت همراه هستند که امکان ندارد X_q برای موتور B به روش محاسباتی حساب کنیم دلیل آن این است که آزمایشهای موتور B انجام شده قبل از اینکه روشهای محاسباتی استخراج شوند.

وجود دارد ۱۰٪ خطا برای موتورهای A و C به هر حال مقدار بسیار دقیق از این راکتانسها امکان ندارد و یکی از مهمترین منبع اشتباه هست معتقد بودن به حساب کردن راکتانس محور d در حالیکه اشباع کمتر از بار مجاز است به این نکته باید توجه کرد که ضروری است داشته باشیم مقادیری دقیقی از R_s و E با توجه به حرارت و البته با افزایش درجه حرارت E کاهش و R_s افزایش پیدا می کند.

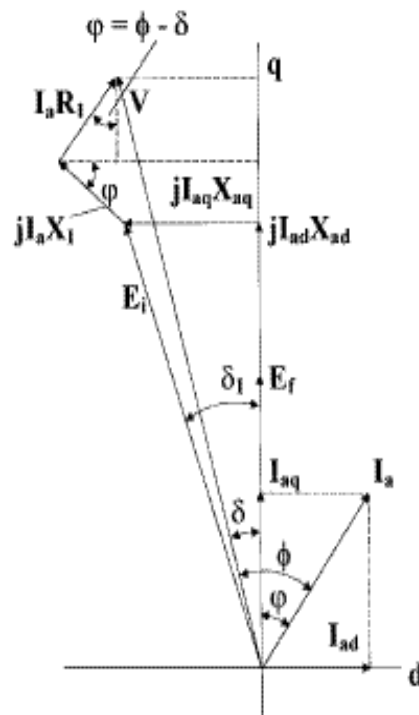
VII - نتیجه:

یک روش برای مشخص کردن راکتانس محور d و q از PMSMs به نمایش در آمده‌اند این روش جدیدی است که می تواند مورد استفاده واقع شود بدون محدودیت اندازه گیری زاویه بار، یک طرح که در آینده خیلی مهم خواهد بود که بیشتر PMSMs بویژه موتورهای حرکت خطی هیچ سنسور شفت نخواهد داشت. و ساختن این حقیقت که امکان مشخص کردن راکتانس بدون محدودیت اندازه گیری زاویه بار در حالیکه زاویه بار که از آزمایش بارداری بدست می آید، وجود دارد.

این روش یک روش خیلی ساده است که می تواند انجام شود بوسیله هر تکنسین آزمایشگاهی این آزمایشها که با یک سری استاندارد آزمایشی انجام می شوند و می سازند استانداردهای روتور القایی و اساس رگولاتورها این روشها در موارد مختلفی با انواع متفاوتی از طراحی آزمایش شده اند و نتیجه ها توافق قابل ملاحظه ای با تئوری داشته اند که با مقایسه روشهای دیگر المان محدود این به نمایش در آمده است.

محاسبات تعیین راکتانسهای ماشین سنکرون مغناطیس دائم به روش تجربی:

با استفاده از دیاگرام فازوری موتورهی سنکرون مغناطیس دائم که در شکل (۵) نشان داده شده است می توان فرمولهای (۱) تا (۴) بدست آوریم



شکل (۵) دیاگرام فازوری یک موتور سنکرون

$$V \cos \delta = E_f + I_{ad} X_{ad} + I_a X_l \sin(\phi - \delta) + I_a R_l \cos(\phi - \delta) \quad (19)$$

چون داریم

$$I_{ad} = I_a \sin(\phi - \delta) \quad I_{aq} = I_a \cos(\phi - \delta) \quad (20)$$

$$V \cos(\delta) = E_f + I_a \sin(\phi - \delta) X_{ad} + I_a X_l \sin(\phi - \delta) + I_a R_l \cos(\phi - \delta)$$

$$V \cos(\delta) = E_f + I_a \sin(\phi - \delta) (X_{ad} + X_l) + I_a R_l \cos(\phi - \delta) \quad (21)$$

$$V \cos(\delta) = E_f + I_a \sin(\phi - \delta) (X_{\delta d}) + I_a R_l \cos(\phi - \delta)$$

$$\Rightarrow X_{\delta d} = \frac{V \cos(\delta) - E_f - I_a R_l \cos(\phi - \delta)}{I_a \sin(\phi - \delta)} \quad (22)$$

$$\Rightarrow X_{\delta d} = \frac{V \cos(\delta) - E_f - I_{aq} R_l}{I_{ad}} \quad (23)$$

$$V \sin(\delta) = I_a X_l \cos(\phi - \delta) + I_{aq} X_{aq} - I_a R_l \sin(\phi - \delta) \quad (24)$$

طبق فرمول شماره (۲۰) می توان نوشت

$$V \sin(\delta) = I_a X_l \cos(\phi - \delta) + I_a \cos(\phi - \delta) X_{aq} - I_a R_l \sin(\phi - \delta) \quad (25)$$

$$V \sin(\delta) = I_a \cos(\phi - \delta) (X_l + X_{aq}) - I_a R_l \sin(\phi - \delta) \quad (26)$$

$$V \sin(\delta) = I_a \cos(\phi - \delta) X_{\delta q} - I_a R_l \sin(\phi - \delta)$$

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoo.cn.com مراجعه کنید
یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۶۶۴۰۶۸۵۷ و ۰۶۶۴۱۲۶۰-۰۵۱۱ تماس حاصل نمایید

$$X_{\delta q} = \frac{V \sin(\delta) + I_a R_1 \sin(\phi - \delta)}{I_a \cos(\phi - \delta)} \quad (27)$$

$$X_{\delta q} = \frac{V \sin(\delta) + I_a R_1}{I_{aq}}$$

که در این معادلات R_1 مقاومت هر فاز سیم پیچ استاتور و V ولتاژ آرمیچر I_a جریان

آرمیچر X_1 راکتانس پراکندگی، E_f نیروی محرکه القایی که در جریان

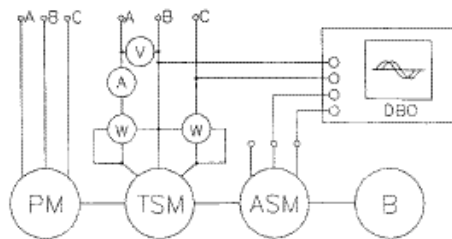
$I_a \approx 0$ محاسبه شده X_{aq} و X_{ad} راکتانسهای متقابل محورهای d و q و همچنین $X_{\delta d}$ و

$X_{\delta q}$ راکتانس کل یا راکتانس سنکرون محورهای d و q می باشند.

روشهای مختلف اندازه گیری زاویه بار δ :

روشهای مختلفی برای اندازه گیری زاویه بار δ و در ماشینهای سنکرون مغناطیسی داریم وجود دارد که ما در اینجا به دو نمونه از آن اشاره می کنیم:

روش (۱): روش آزمایشگاهی برای اندازه گیری زاویه بار ماشین سنکرون مغناطیسی دائم در این روش از یک موتور سنکرون آزمایش شونده (T SM) و یک موتور سنکرون اضافی دیگر با همان تعداد قطب (ASM) و یک محرک اولیه (PM) که ممکن است موتور dc یا سنکرون باشد و یک ترمز (B) و یک اسیلسکوپ استفاده می کنیم طبق شکل شماره (۶).



شکل (۶) ترتیب آزمایشگاهی برای اندازه گیری زاویه بار δ از موتور سنکرون مغناطیسی دائم (PMSM)

دو تا از ترمینالهای فازهای متقابل موتور آزمایش شونده و موتور سنکرون اضافی به ترمینالهای اسیلسکوپ وصل می شوند در بی باری نیرو محرکهای E_{fTSM} از (TSM)

و E_{fASM} از (ASM) را داریم بنابراین با همان وضعیت روتورهای TSM و ASM و با مراعات همان فازهای که به اسلیسکوپ وصل شده بودند وقتی که موتور سنکرون آزمایش شونده (TAM) به یک منبع تغذیه سه فاز وصل می شود و اسلیسکوپ سیگنالهای E_{fASM} و V_{TSM} را دریافت می کنند که زاویه بار δ می تواند مشخص شود. با تفاضل مقادیری E_{fASM} و V_{TSM} که اندازه گیری دقیق زاویه δ بیشتر بستگی به مقدار هارمونیکهای مرتبه بالا از V_{TSM} و E_{fASM} دارد.

روش ۲): کنترل بدون سنسور ماشینهای سنکرون معنطیسی دایم با استفاده از خطای ولتاژ برداری در سالهای اخیر توجه زیادی به کنترل بدون سنسور (تخمین بجای اندازه گیری) شده است و قالب PMSMs ها بکار می برند یک انکودر نصب شده بر روی شفت برای تشخیص موقعیت شار روتور و برای ابقای سنکرویزم، این باعث رشد سریع ماشینهای سنکرون بدون سنسور شده است و بهتر است یک محرک انتقال دهنده قدرت که کابلهای سنسور اضافی به آن وصل نشده باشد و تنها کابلهای قدرت را داریم به عبارت دیگر سنسور شفت روی آن نباشد که ما می توانیم تشخیص دهیم موقعیت و سرعت این ماشینها را به روش تخمین بدست آمده از نیروی ضد محرکه.

این طرح در برگیرنده یک حلقه داخلی کنترل سریع جریان است و یک کنترل سرعت بیرونی و برای تمام پارامترها از مقدار پریونیت نرمالیزه شده بر حسب زمان استفاده شده و بر اصل زیر استوار است.

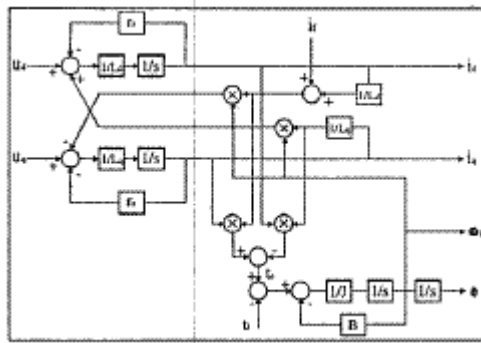
مقدار درست یا صحیح $P^0 =$

$$\Rightarrow \tilde{P} = P^0 - \hat{P} \quad (28)$$

\hat{p} = مقدار تقریبی

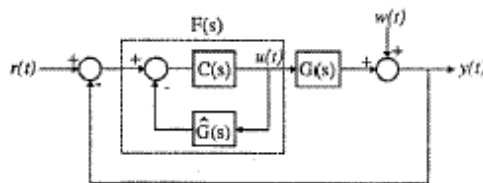
\tilde{P} = خطای تقریبی

که این را روی یک ماشین سنکرون مغناطیس دائم (PMSMs) اجراء می کنیم.
که ابتدا بلوک دیاگرام یک ماشین سنکرون مغناطیس در شکل (۷) نشان داده شده که روابط اساسی آن در شکل d q در مقالات بیان شده است.



شکل (۷) بلوک دیاگرام یک (PMSM) در شکل d - q

حال مدل کوپل نشده کنترل داخلی یا تنظیم گر جریان را بحث می کنیم.
در اصل این کنترل کننده نقش یک جبران کننده را دارد و با ماشین سنکرون مغناطیس دائم (PMSMs) بصورت سری قرار می گیرد، با توجه به شکل (۸) می توان نوشت:



شکل (۸) ساختمان یک کنترلر (IMC)

$$F(s) = [1 - C(s)\hat{G}(s)]^{-1}C(s) \quad (29)$$

و اگر کل مدل را بصورت یک حلقه بسته ببینیم داریم:

$$G_c(s) = G(s).C(s) \quad (30)$$

$G(s)$ تابعی از ورودی و خروجی (PMSMs) می باشد.

$\hat{G}(s)$ خطای خروجی از کنترل کننده فیدبک است.

$$\begin{bmatrix} id \\ iq \end{bmatrix} = G(s) \begin{bmatrix} U_d \\ U_q \end{bmatrix} \Rightarrow G(s) = \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ SL_d + r_s & 0 \\ 0 & SL_q + r_s \end{bmatrix} \quad (31)$$

پس می توان نوشت

$$C(s) = \frac{\alpha}{s + \alpha} G^{-1}(s) \quad (32)$$

$$F(s) = \frac{\alpha}{s} G(s) \quad (33)$$

هدف از این کنترلر هست رسیدن پارمترهای حلقه بسته به حالت دائمی با پاسخ گذرا

سریع.

حال الگوریتم تقریبی را روی این مجموعه می بندیم یعنی ما تشخیص می دهیم موقعیت

و سرعت روتور این ماشینها را به روش تخمین از نیروی ضد محرکه.

$$\varepsilon_d = u_d - \hat{u}_d = -w_r^\circ L_d i_f \sin \tilde{\theta} \quad (34)$$

پس داریم

$$\dot{\hat{w}}_r = -\gamma_1 \varepsilon_d = \gamma_1 \dot{w}_r L_{dif} \sin \tilde{\theta} \quad (35)$$

$$\dot{\hat{\theta}} = \dot{\hat{w}}_r - \gamma_2 \varepsilon_d = \dot{\hat{w}}_r + \gamma_2 \dot{w}_r L_{dif} \sin \tilde{\theta} \quad (36)$$

که γ_1 و γ_2 گین های تناسبی هستند برای مقادیر کوچک از $\tilde{\theta}$ داریم.

$$\dot{\hat{w}}_r = \gamma_1 \dot{w}_r L_{dif} (\tilde{\theta} - \hat{\theta}) \quad (37)$$

$$\dot{\hat{\theta}} = \dot{\hat{w}}_r + \gamma_2 \dot{w}_r L_{dif} (\tilde{\theta} - \hat{\theta}) \quad (38)$$

حالا از این روابط می توانیم استخراج کنیم معادلات حالت سرعت و موقعیت برحسب

خطای تقریبی

$$\tilde{X} = \begin{bmatrix} \tilde{w}_r \\ \tilde{\theta}_r \end{bmatrix} \quad A = \begin{bmatrix} 0 & -\gamma_1 \dot{w}_r L_{dif} \\ 1 & -\gamma_2 \dot{w}_r L_{dif} \end{bmatrix}$$

با استفاده از معادله مشخصه داریم:

$$\det(A - \lambda L) = \lambda^2 + \gamma_2' \lambda + \gamma_1' \quad (39)$$

$$\gamma_1 = \frac{P^2}{w_r L_{dif}}, \quad \gamma_2 = \frac{2P}{w_r L_{dif}} \quad (40)$$

که این بدان معنی است که با محاسبه دو تا گین تناسبی سرعت و مکان تضمینی را

می توانیم بدست آوریم.

که ساختمان کامل یک ماشین سنکرون بدون سنسور در شکل (۹) آمده است.

مثال عددی انتخاب شده بر اساس یکی از مقالات مرجع [۷]:

یک موتور سنکرون مغناطیس دائم حرکت خطی (LSPMs) با مشخصات زیر داده شده است قدرت ۲۵ اسب بخار، سه فاز، چهار قطب با اتصال ستاره، ۲۰۸ ولت، ۷۵ آمپر با ولتاژ تحریک ۹۰ ولت و قاب استاتور T ۲۸۴ از یک موتور با جوشن قفسه ای گردنده برای آزمایش استفاده شده است و یک سری اطلاعات طراحی روتور از نوع مغناطیس دائم (PM) در جدول 1 آمده است و از مغناطیس $SmCo_5$ استفاده شده که شار پسماند آن حدود $0.8T$ می باشد.

اطلاعات استاتور (اطلاعات بر حسب اینچ):

قطر بیرونی	۱۱,۷۵in
قطر داخلی	۷,۷۵in
تعداد شیارها	۴۸
تعداد هادیها در شیارها	۲۲
تعداد دورهای شده در هر فاز	۴۴
ضریب سیم بندی	/۰۹۲۵
مقدار مقاومت در هر فاز	/۰۶۲۵ Ω
اندوکتانس پراکندگی	۴۳۳mH
طول فاصله هوایی	/۰۱۸in

اطلاعات روتور:

قطر بیرونی	۷/۷۱۴ in
قطر داخلی	۲/۲۴۷ in
حلول هسته	۵/۵ in
تعداد شیارها در قفسه	۴۰
مقاومت راه اندازی	۱/۱۰۴۵۳ Ω
مقاومت حرکتی	۱/۰۴۱۰۷ Ω

$$P = 25 \times 736 = 18400$$

جریان آرمیچر ماشین از بی باری تا بار کامل (۷۵A - ۳۰A) می باشد در بی باری مولفه I_q خیلی کم است نزدیک به مقدار صفر و راکتانس محور d را می توان از آزمایش بی باری بدست آورد.

$$X_d = \frac{u - E}{I} \Rightarrow X_d \frac{208 - 90}{30} = 3.93$$

حال وقتی ماشین بارگیری می کند مثلاً برای جریان $I = 50$ آمپر راکتانس X_q را حساب

می کنیم.

$$\varphi = \text{Arc cos}\left(\frac{P}{3 \times u \times i}\right) \Rightarrow \varphi = 56^\circ$$

جهت خرید فایل word به سایت www.kandooon.com مراجعه کنید
یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۶۶۴۰۶۸۵۷ و ۰۶۶۴۱۲۶۰-۵۱۱ تماس حاصل نمایید

$$b = u - X_d I \sin(\varphi) - R_s I \cos(\varphi) = 208 - 2.36 \times 50 \sin(56^\circ) - .0625 \times 50 \times \cos(56^\circ) = 110.86$$

$$C = X_d I \cos(\varphi) - R_s I \sin(\varphi) = 2.36 \times 50 \times \cos(56^\circ) - .0625 \times 50 \times \sin(56^\circ) = 67$$

$$W = \text{Arc cos}\left(\frac{I}{B^2 + C^2} \times \left[EB - \sqrt{B^2 C^2 - C^2 E^2 + C^4}\right]\right)$$

$$W = \text{Arc cos}(.222) = 77^\circ$$

$$\Rightarrow I_d = 50 \times \sin(56 - 77) = -19.78$$

$$I_q = 50 \times \cos(56 - 77) = 45.91$$

$$X_q = \frac{u \sin(w) + R_s I_d}{I_q} \Rightarrow X_q = \frac{208 \times \sin(77) + .0625 \times (-19.78)}{45.91} = X_q = 4.39$$

محاسبه راکتانس محورهای d و q به روش محاسباتی و روش المان محدود:

راکتانس محورهای d و q از مورتورهای سنکرون مغناطیس دائم می توانند مشخص شوند با استفاده از (۱) روش آنالیز یا محاسباتی (۲) روش المان محدود (۳) آزمایشهای تجربی.

(۱) روش آنالیزی:

روش آنالیزی به شکل گسترده بکار می رود در محاسبات راکتانس سنکرون ماشینهای سنکرون قطب برجسته با تحریک الکترو مغناطیسی و به دلیل اینکه روتور ماشینهای سنکرون مغناطیس دائم ساختمان خیلی پیچیده دارند از این رو آن خیلی مشکل است که پیش بینی کنیم مقدار دقیق میدان مغناطیسی توزیعی در فاصله هوایی. با دانستن اینکه راکتانسهای محور d و q مشخص می شوند از رابطه

$$X_{\delta d} = X_{ad} + X_1 \quad \text{و} \quad X_{\delta q} = X_{aq} + X_1 \quad (۴۱)$$

که X_{ad} و X_{aq} به ترتیب راکتانسهای متقابل محور d و q می باشند و X_1 راکتانس پراکندگی هر فاز استاتور است. و X_{ad} و X_{aq} وابسته هستند به اشباع مغناطیسی بواسطه شار اصلی و X_1 راکتانس پراکندگی به شکل شیارها و اتصالات انتهایی آنها بستگی دارد. راکتانسهای متقابل محور d ، X_{ad} و راکتانس متقابل محور q ، X_{aq} بیان می شوند بصورت زیر

$$X_{ad} = K_{fd} X_a \quad \text{و} \quad X_{aq} = K_{fq} X_a \quad (۴۲)$$

که K_{fd} و K_{fq} (form-factor) یا ضریب شکل دهی میدان استاتور که بعداً بدست می آوریم و راکتانس متقابل X_a همان راکتانس ماشین سنکرون روتور استوانه ای است که از رابطه زیر بدست می آید

$$X_a = 4m_1\mu_0 f \frac{(N_1kw_1)^2}{\pi P} \frac{\tau li}{kcg} \quad (43)$$

که هست m_1 تعداد فازهای استاتور و μ_0 مقدار نفوذ نسبی هوا و f فرکانس داخلی و N_1 تعداد دوره های استاتور در هر فاز و kw_1 هست ضریب سیم بندی آرمیچر و k_c ضریب انتقال برای فاصله هوایی و g طول فاصله هوایی محور d ((شکل ۱۱-سه قسمتی))

ضریب شکل دهی میدان استاتور مشخص است از نسبت دامنه مولفه اول هارمونیک به مقدار طبیعی چگالی شار مغناطیسی آرمیچر در محورهای d و q

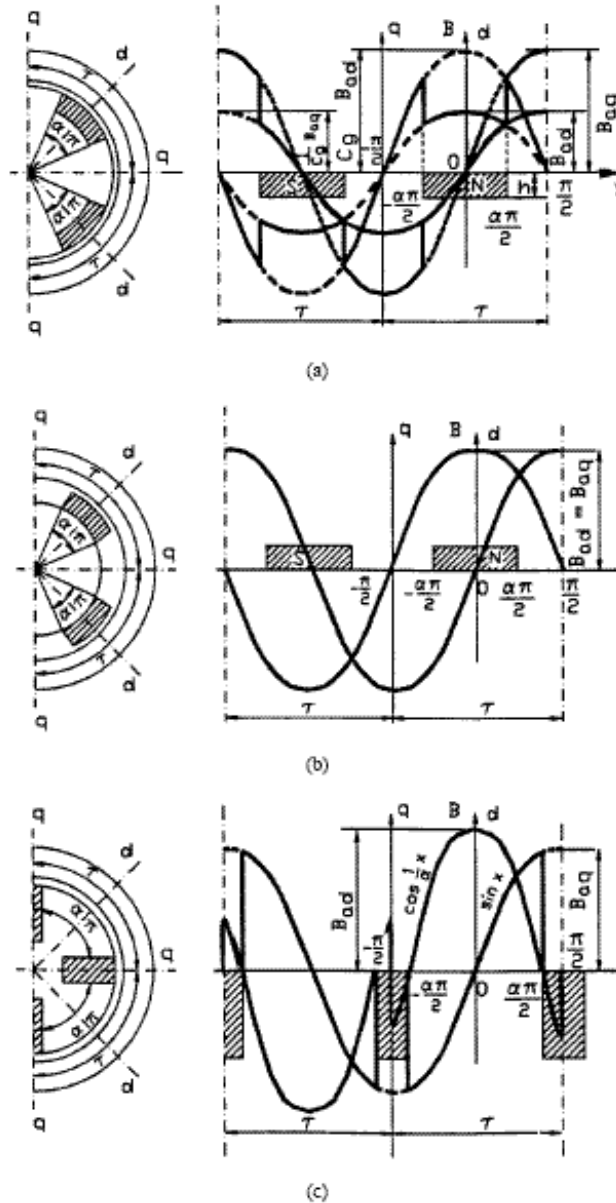
$$K_{fd} = \frac{B_{ad_1}}{B_{ad}} \quad K_{fq} = \frac{B_{aq_1}}{B_{aq}} \quad (44)$$

که بیک مقدار هارمونیک اصلی B_{ad_1} و B_{aq_1} از چگالی شار مغناطیسی استاتور می توانند از سری فوریه هارمونیک اصلی حساب شوند.

$$B_{ad_1} = \frac{4}{\pi} \int_0^{0.5\pi} B(x) \cos(x) dx \quad (45)$$

$$B_{aq_1} = \frac{4}{\pi} \int_0^{0.5\pi} B(x) \sin(x) dx$$

بر اساس توزیع چگالی شار مغناطیسی بر اساس شکل (۱۰) مولفه هارمونیکی اول شار مغناطیسی هست.



شکل (۱۰) توزیع چگالی شار مغناطیسی محورهای d و q برای انواع رتورهای (PM) کمیاب

(II) در مورد PM's های سطحی داریم (قسمت b شکل (۱۰))

$$B_{ad_1} = \frac{4}{\pi} \int_0^{0.5\pi} (B_{ad} \cos x) \cos x dx = B_{ad} \quad (۴۶)$$

$$B_{aq_1} = \frac{4}{\pi} \int_0^{0.5\pi} (B_{aq} \sin x) \sin x dx = B_{aq_1}$$

پس می توان نتیجه گرفت $K_{fd}=K_{fq}=1$ و البته در جدول (۳) مقدار K_{fd} و K_{fq} برای انواع موتورهای سنکرون مغناطیسی دایم بیان شده است.

TABLE I
REACTION FACTORS FOR PM SYNCHRONOUS MACHINES

Rotor configuration	Coefficients k_{fd} and k_{fq}
Inset type PM rotor	$k_{fd} = \frac{1}{\pi} [\alpha\pi + \sin \alpha\pi + c_g(\pi - \alpha\pi - \sin \alpha\pi)]$ $k_{fq} = \frac{1}{\pi} [\frac{1}{c_g}(\alpha\pi - \sin \alpha\pi) + \pi - \alpha\pi + \sin \alpha\pi]$
Surface PM rotor	$k_{fd} = k_{fq} = 1$
Buried PMs	$k_{fd} = \frac{4}{\pi} \alpha \frac{1}{1-\alpha^2} \sin \left[(1+\alpha) \frac{\pi}{2} \right]$ $k_{fq} = \frac{1}{\pi} (\alpha\pi - \sin \alpha\pi)$
Salient pole synchronous motor with field excitation winding	$k_{fd} = \frac{1}{\pi} (\alpha\pi + \sin \alpha\pi)$ $k_{fq} = \frac{1}{\pi} (\alpha\pi - \sin \alpha\pi)$

جدول (۳) ضریب راکتانسها برای یک ماشین سنکرون مغناطیسی دایم

(۲) روش المان محدود:

دو مفهوم زیر بیشتر مورد استفاده واقع می شوند در محاسبات اندوکتانسها، به روش المان محدود که اندوکتانسهای حالت دائمی عبارتند از:

۱- مقدار شار پیوسته از سلف تقسیم بر جریان سلف.

۲- انرژی ذخیره شده در سلف تقسیم بر نصف جریان مربعی.

که از اصل های بالا و قضیه استوکس ابتدا راکتانسهای سنکرون و سپس راکتانس متقابل بدست می آیند پس از آن راکتانس پراکندگی را می توان حساب کرد.
الف) راکتانس سنکرون: با صرف نظر کردن از شار پراکندگی داریم.

$$X_{\delta d} = 2\pi f \frac{\psi_{ad}}{I_{ad}} \quad \text{و} \quad X_{\delta q} = 2\pi f \frac{\psi_{aq}}{I_{aq}} \quad (47)$$

که در آن ψ_{aq} و ψ_{ad} کل شار مغناطیسی محورهای d و q و I_{ad} و I_{aq} جریانهای مغناطیسی آرمیچر مولفه های d و q می باشند و f فرکانس داخلی است.

ب) راکتانس متقابل:

مولفه اصلی از شار مغناطیسی فاصله هوایی محورهای d و q می تواند بدست آید از آنالیز فوریه پتانسیل برداری A حول سطح داخلی هسته آرمیچر که در سری فوریه ضریب a_1 هست نصف اندازه شار محور q و ضریب b_1 هست نصف شار محور d پس هارمونیک اصلی شار برآیند و زاویه بار δ_i هستند که با توجه به شکل (۵) بدست می آید.

$$\phi = 2I_i \sqrt{a_1^2 + b_1^2} \quad \delta_i = \text{Arctan} \left(\frac{b_1}{a_1} \right) \quad (48)$$

شار مغناطیسی با سرعت سنکرون $n_s = \frac{f}{p}$ می گردد و نیروی محرکه القایی در هر فاز

داریم:

$$E_i = \pi \sqrt{2} f N_1 k_w I \phi = \sqrt{(E_f \pm I_{ad} x_{ad})^2 + (I_{aq} x_{aq})^2} \quad (49)$$

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoo.cn.com مراجعه کنید
یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۶۶۴۰۶۸۵۷ و ۰۶۶۴۱۲۶۰-۰۵۱۱ تماس حاصل نمایید

بر اساس دیاگرام فازوری شکل (۵) می توان نوشت:

$$X_{ad} = \frac{E_i \cos \delta_i - E_f}{I_{ad}}, \quad X_{aq} = \frac{E_i \sin \delta_i}{I_{aq}} \quad (50)$$

ج) راکتانس پراکندگی:

راکتانس پراکندگی به دست می آید از تفاضل راکتانس سنکرون محورهای d و q با

راکتانس متقابل محورهای d و q

$$X_l = X_{\delta d} - X_{ad} \quad (51)$$

مقالات مرجع:

[1] S. Alahakoon, K. Walgama, M. Leksell, and L. Hamfors, "Sensorless adaptive control of permanent-magnet synchronous motors based on a voltage error vector, "in proc. 5 th Int. Workshop Advanced Motion control, Coimbra, Portugal, June-July 1998, pp. 204-209.

[2] N. A. Demerdash and H.B. Hamilton, "A simplified approach to determination of saturated synchronous reactances of large turbogenerators under load, " IEEE Trans. Power App. Syst., vol. PAS-95, pp. 560-566, Mar./Apr. 1976.

[3] J. F. Gieras, E. Santini, and M. Wing, " Calculation of synchronous reactances of small permanent-magnet alternationg-current motors: Comparison of analytical approach and finite element method with measurements, "IEEE Trans. Magn., vol.34, pp. 3712-3720, Sept. 1998.

[4] M. Azizur Rahman and Ping Zhou, "Determination of saturated parameters of pm motors using loading magnetic fields" IEEE transactions on magnetics, vol. 27, no.5. september 1991.

[5] T.F. chan and L.L. Lai “Performance of a three- phase AC Generator with inset NdFeB Permanent-Magnet Rotor” IEEE transactions on energy conversion, vol. 19, No. 1. MARCH 2004.

[6] N.A. Demerdash and H.B. Hamilton “A simplified approach to determination of saturated synchronous reactances of large turbogenerators under load” IEEE Transactions of power Apparatus and Systems, vol. PAS-95, no. 2, March/ April 1976.

[7] M.A. Rahman and A.M. Osheiba “Performance of large line- start permanent magnet synchronous motors” IEEE Transaction on Energy, vol 5, No, 1, March 1990.

[8] Raymond B. Sepe and Jeffrey H. Lang “ Real – Time observer-Based (Adaptive) control of Apermanent magnet synchronous motor with out mechanical sensors” IEEE 1991.

جهت خرید فایل word به سایت www.kandoocn.com مراجعه کنید
یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۶۶۴۰۶۸۵۷ و ۰۶۶۴۱۲۶۰-۵۱۱ تماس حاصل نمایید

Filename: Document1
Directory:
Template: C:\Documents and Settings\hadi tahaghoghi\Application
Data\Microsoft\Templates\Normal.dotm
Title:
Subject:
Author: yas
Keywords:
Comments:
Creation Date: 3/28/2012 5:33:00 PM
Change Number: 1
Last Saved On:
Last Saved By: hadi tahaghoghi
Total Editing Time: 0 Minutes
Last Printed On: 3/28/2012 5:33:00 PM
As of Last Complete Printing
Number of Pages: 37
Number of Words: 4,173 (approx.)
Number of Characters: 23,789 (approx.)