دانشگاه صنعتي اميركبير
(پلي تكنيك تهران)
دانشكده مهندسي برق

پايان‌نامه كارشناسي ارشد

مهندسي برق- قدرت

عنوان رساله:

طراحي، واكاوي و ساخت يک مولد جديد شار معكوس

نگارش:

حميدبهرامي

استاد راهنما:

دكتر سيد مجتبي ميرسليم

ارديبهشت ۱۳۸۶

سپاسگزاري:

سپاس او را که توانم بخشيد تا چند قدمي هرچند اندك در راه فراگيري علم و دانش بردارم.

از تمامي کساني که در اين امر به گونه‌اي من را ياري رساندند، کمال تشکر را دارم.

از استاد راهنمايم، جناب آقاي دکتر مجتبي ميرسليم، که متقبل زحمات زيادي در راستاي اتمام اين پايان‌نامه شدند و نيز از دوستان عزيزم، جناب آقايان مهران ميرزايي، علي محمدي، هادي بهرامي که همواره مشاور توانمندي برايم بودند، کمال تشکر را دارم.

چکیده:

در این رساله طراحي و واکاوي و ساخت یک مولد DSPM شار شعاعي جدید دور زیاد مورد پژوهش قرارگرفته است. این مولد داراي یک ساختار دو استاتور- دو روتور، استاتور چهار قطب و روتور دو قطب است. همچنین چهار عدد آهنرباي از نوع نئودیوم- آهن- بر با چگالي انرژي بالا در یوغهاي آن جاسازي شده است. روند این رساله به این صورت است که ابتدا ساختار مولدهاي مرسوم و DSPM، مزایا و معایب آنها بررسي میشوند. سپس ساختار جدید مولد DSPM و معادلات مربوط به مدل الکتریکي و دینامیکي معرفي میشود. این ساختار توسط نرم افزار اجزاء محدود opera8.5 واکاوی و توزیع شار و چگالي شار در قسمتهاي مختلف ماشین و نمودارهاي مربوط به چگالي شار در فاصله هوایي جهت صحه گزاري طراحي نشان داده میشود. در ادامه یک نمونه آزمایشگاهي از آن ساختار ساخته شده وآزمونهاي بي باري و بارداري روي آن صورت مي‌گیرد. سپس نتایج حاصل از آزمونها با نتایج اجزاء محدود مقایسه، صحت و دقت نتایج نظري و عملي بررسي میشود. در نهایت پیشنهادها و کارهاي آینده ارائه خواهد شد.

فهرست

فصل اول مقدمه..... ۱

۱-۱- مقدمه..... ۲

۱-۲- اهداف پایان‌نامه..... ۳

فصل دوم کلیات انواع مولدها و آهنرباها..... ٤

۲-۱- مولدهاي هموپلار ٦

۲-۱-۱مولد Flux-Switch ۷

۲-۱-۲ مولد سوئیچ رلوکتانس..... ۸

۲-۲مولدهاي هترو‌پلار ۹

۲-۲-۱ مولد القايي ۹

۲-۲-۲مولدهاي سنکرون..... ۱۰

۲-۲-۳ مولدهاي DC ۱۳

۲-۳ آهنربا..... ۱٤

۲-۴ ماشينهاي آهنربايي دو طرف برجسته ۱٦

۲-۴-۱ ساختار دو طرف برجسته با آهنربا بر روي استاتور ۱٦

۲-۴-۲ ساختار دو طرف برجسته با آهنربا بر روي روتور..... ۱۸

۲-۵ نتيجه گيري..... ۱۹

فصل سوم ساختار مولد پيشنهادي ۲۰

۳-۱ ساختار فيزيکي..... ۲۱

۳-۲ عملکرد مولد ۲۳

۳-۳ توان توليدي و ولتاژ back-emf [۲۴]..... ۲٦

۳-۳-۱ مدل الکتريکي با وجود متوالي بودن سيم پيچهاي دو فاز ۳۰

۳-۴ معادله Sizing توان براي هريک از استاتورهای مولد پيشنهادي]۴۶]..... ۳٤

۳-۵ مقايسه مولدDSPM با ماشين القايي از نظر توليد توان [۴۶]..... ۳٦

۳-۶ نتيجه گيري..... ۳۷

فصل چهارم طراحي الكترومغناطيسي مولد پيشنهادي ۳۸
۴-۱ طراحي ۳۹
۴-۱-۱ مقادير پيش فرض ٤٠
۴-۱-۲ محاسبه ابعاد اوليه ماشين ٤٠
٤-۱-۳ اندازه اوليه آهنربا ٤۲
۴-۱-۴ محاسبه قطر خارجي ماشين ٤٥
۴-۱-۵ طراحي سيم پيچي آرميچر ٤٥
۴-۲ محاسبات پرمانس[۴۷-۴۹] ٤۷
۴-۲-۱ محاسبه پرمانس در مكان Full-aligned ٤۸
۴-۲-۲ محاسبه پرمانس در مكان Half-aligned ٤۹
۴-۲-۳ محاسبه پرمانس در مكان Full-misaligned ٥٠
۴-۳ محاسبات اندوكتانس[۴۷-۴۹] ٥٠
۴-۳-۱ بيشينه اندوكتانس ٥٠
۴-۳-۲ كمينه اندوكتانس ٥۲
۴-۴ تلفات مسي در مولد پيشنهادي[۴۷-۴۸] ٥٤
۴-۴-۱ تلفات مسي ٥٤
۴-۵ نتيجه گيري ٥٦

فصل پنجم واكاوی اجزاء محدود ٥۷
۵-۱ تئوری واكاوی اجزاء محدود دو بعدی ٥۸
۵-۲ اجرای واكاوی اجزاء محدود دو بعدی ٥۹
۵-۳ مواد مولد پيشنهادي ٦۱
۵-۴ توزيع شار وچگالي شار درمولد DSPM در حالت بي باري و باباری ٦۲
۵-۵ نتيجه گيري ٦۷

فصل ششم مراحل ونتايج ساخت ٦۸
۶-۱ مراحل ساخت ٦۹
۶-۲ آزمونهاي مولد پيشنهادي ۷۲
۶-۳ نتيجه گيري ۷۹

فصل هفتم مقايسه نتايج واكاوی اجزاء محدود و عملي ۸۰
۷-۱ مقايسه نتايج حاصل از واكاوی اجزاء محدود و نتايج عملي ۸۱
۷-۲ دلايل بروز اختلاف بين نتايج عملي و نظري ۸٤
۷-۲-۱ استفاده از واكاوی اجزاء محدود دو بعدي ۸٤
۷-۲-۲ نا مشخص بودن منحني B-H آهنربا و آهن به طور دقيق ۸٤
۷-۲-۳ غير يكنواخت بودن شكاف هوايي ۸۵
۷-۲-۴ استفاده از ورقه هاي ۵۰ Hz در فركانس بالاتر ۸۵
۷-۳ نتيجه گيري ۸۵
فصل هشتم نتيجه گيري و پيشنهادها ۸٦
۸-۱ نتيجه گيري ۸۷
۸-۲ پيشنهادها براي كارهاي آينده ۸۸
مراجع ۸۹
پيوست ۱ ..... ۹٤
پيوست ۲ ..... ۹۷
پيوست ۳ ..... ۱۰۰
پيوست ۴ ..... ۱۰۵

ترتيب شكلها

شكل ۲-۱ اصول كاري مولدهاي هموپلار ۷

شكل ۲-۲ شكل ساده مولد **Flux-Switch** جهت نشان دادن اصول كاري..... ۸

شكل ۲-۳ ساختار مغناطيسي مولد سوئيچ رلوكتانس ۹

شكل ۲-٤ حالت هاي كاري يك ماشين القايي..... ۱۰

شكل۲-۵ مشخصه خروجي مولد سنكرون مستقل از شبكه ۱۲

b منحني ولتاژ ترمينال (V) – جريان بار (I_a) به ازاي جريان تحريك ثابت..... ۱۲

cمنحني جريان تحريك(I_f) – جريان بار (I_a) به ازاي ولتاژ ترمينال ثابت ۱۲

شكل ۲-۶ مشخصه خروجي مولد**DC** ۱٤

a نمايش اصول تحريك خودي درمولدهاي DC شنت..... ۱٤

b ولتاژ آرميچر (V) بر حسب جريان آرميچر(I_a) به ازاي جريان تحريك ثابت..... ۱٤

شكل۲-۷ منحني مغناطيسي **DC** براي مواد آهنربايي معمولي..... ۱٦

شكل ۲-۸ انواع ساختارهاي **DSPM** ارائه شده در مقالات ۱۸

a ساختار ۴/۶ ..... ۱۸

b ساختار ۶/۴ ..... ۱۸

c ساختار ۱۲/۸..... ۱۸

d ساختار ۸/۶ ..... ۱۸

شكل ۲-۹ ماشين **DSPM** با آهنربا بر روي روتور..... ۱۸

شكل ۳-۱ ساختار مغناطيسي مولد **DSPM** پيشنهادی..... ۲۲

شكل ۳-۲ از بالا به پايين عبارت است از: λ_{a1} ، λ_{b1} ، λ_{a2} ، λ_{b2} - تغييرات شار دور آهنربا در سيم پيچ فازهاي **a** و**b** از استاتورهاي $\mathbf{a_1}$ و $\mathbf{a_2}$. $e_{a_1+b_1}$ ، $e_{a_2+b_2}$ ، $e_{a_1+b_1+a_2+b_2}$ - به ترتيب مجموع ولتاژهاي القايي درسيم پيچهاي $\mathbf{a_1}$ و $\mathbf{b_1}$ ، $\mathbf{a_2}$ و $\mathbf{b_2}$ ، $\mathbf{a_1}$ و $\mathbf{b_2}$ و $\mathbf{a_2}$ و $\mathbf{b_1}$ و $\mathbf{b_2}$ ۲٤

شکل ۳-۳ تغییرات اندوکتانسهاي متقابل و خودي در صورت متوالي شدن چهار فاز..... ۲٦

شکل۳-٤ جهت شار و جریان یکی از سیمپیچها ۲۷

a روتور در حال وارد شدن به استاتور ۲۷

b روتور در حال ترک کردن استاتور..... ۲۷

شکل ۳-۵ مدار معادل الکتریکی مولد **DSPM** پیشنهادي ۲۸

شکل ۳-٦ مدار معادل درصورت متوالی شدن دو فاز يكي ازاستاتورها..... ۳۲

شکل ٤-۱ ابعاد اصلي مولد **DSPM** پیشنهادي ۳۹

شکل٤-۲ مدار معادل مغناطیسي يكي از استاتورها..... ٤۳

شکل٤-۳ مشخصه مغناطیس زدایي خطي آهنربا ٤۵

شکل ٤-٤ روتور و استاتور در مکان **Full-aligned** ٤۸

شکل ٤-۵ روتور و استاتور در مکان **Half-aligned** ٤۹

شکل ٤-٦ روتور و استاتور در حالت **Full-misaligned** ۵۰

شکل ٤-۷ مکان روتور و استاتور در حالت اندوکتانس بیشینه..... ۵۱

a- مسیر مقاومت مغناطیسی ماشین براي محاسبه اندوکتانس خودي و متقابل..... ۵۱

b- مدار معادل مغناطیسي با صرفنظر کردن از مقاومتهای مغناطیسی آهني ۵۱

شکل٤-۸ مکان روتور و استاتور در حالت اندوکتانس کمینه ۵۳

a - مسیر مقاومت مغناطیسی ماشین براي محاسبه اندوکتانس خودي و متقابل ۵۳

b- مدار معادل مغناطیسي با صرفنظر از مقاومتهای مغناطیسی آهني..... ۵۳

شکل ٤-۹ نمای بالایي طول متوسط سیم پیچي یک فاز..... ۵٤

شکل۵-۱ مدل مش زده مولد **DSPM** پیشنهادي ٦۰

شکل ۵-۲ توزیع شار ناشي از آهنربا دربي باري ٦٤

Full-misaligned (a)..... ٦٤

Full-aligned (b).....٦٤
Half-aligned (c) ٦٤
شكل٥-٣ مولد درمكان و در باباری **Half-aligned** ٦٤
شكل ٥-٤ نمودارچگالي شار- مكان روتور، زير قطبهاي استاتور در بي باري و ناشي از شار آهنربا ٦٥
شكل ٥-٥ نمودارچگالي شار- مكان روتور، زيرقطبهاي استاتور و در باباری، ناشي از شار آهنربا وعكسالعمل آرميچر..... ٦٦
شكل ٥-٦ چگالي شار در كل ماشين در بي باري..... ٦٦
شكل ٥-٧ چگالي شاردر كل ماشين درباباری ٦٧
شكل٦-١ ورقه هاي استاتور و روتور وايركات شده..... ٧٠
شكل ٦-٢ روتور مولد پيشنهادي..... ٧٠
شكل ٦- ٣ روش سربندی سيم پيچيهای دو استاتور ٧١
شكل ٦-٤ ورقه هاي پرچ شده و جاسازي شده داخل پوسته ٧١
شكل ٦-٥ شكل نهايي مولد..... ٧٢
شكل ٦-٦ مولد تحت آزمون..... ٧٣
شكل ٦-٧ ولتاژ بی باری مولد..... ٧٤
شكل ٦-٨ شكل موجهاي بي باري با ٤٥ درجه اختلاف فازدرسرعت نامي ٧٤
شكل ٦-٩ ولتاژ بي باري بر حسب سرعت..... ٧٦
شكل٦-١٠ ولتاژباباری بر حسب سرعت ٧٧
شكل٦-١١ شكل توان خروجي بر حسب سرعت ٧٨
شكل٦-١٢ شكل بازده بر حسب سرعت ٧٨

شكل٦-١٣ شكل **FFT** ولتاژ بي باري..... ٧٩

شكل ٧-١ مقايسه ولتاژ بي باري حاصل از نتايج نظري و عملي ٨٢

شكل ٧-٢ مقايسه ولتاژ بابارى حاصل از نتايج نظري و عملي..... ٨٢

شكل ٧-٣ مقايسه توان خروجي حاصل از نتايج نظري و عملي..... ٨٣

شكل ٧-٤ مقايسه بازده حاصل از نتايج نظري و عملي ٨٣

شكل ١ انواع ساختار ماشينهاي دو طرف برجسته با شار دوسويه و آهنرباهاي قرار گرفته بر روي قوس استاتور
..... ٩٥

a ۴/۶ ..... ٩٥

b ۶/۸ ..... ٩٥

شكل ٢ انواع ساختارهاي ماشينهاي دو طرف برجسته با شار دوسويه و آهنرباهاي قرار گرفته بر روي يوغ استاتور..... ٩٦

a ۱۲/۱۲ ..... ٩٦

b ۱۲/۱۰ ..... ٩٦

شكل ١ ساختار تضعيف ميدان با استفاده از يك جدا ساز قابل چرخش..... ٩٨

شكل ٢ ساختارمولد **FWDSPM** ٩٩

شكل ٣ شار پيوندي- مكان روتور به ازاي جريان تحريكهاي مختلف..... ٩٩

ليست جدولها

جدول ۴-۱ ابعاد طراحي شده مربوط به يكي ازاستاتورها ٤٧

جدول ۴-۲ نتايج حاصل از محاسبات پرمانس، اندوكتانس خودي،اندوكتانس متقابل هر فاز..... ٥٤

جدول ۴-۳ نتايج محاسبات مقاومت..... ٥٦

جدول ۵-۱ مشخصات مواد استفاده شده در واكاوی اجزاء محرود..... ٦١

جدول ۶-۱ نتايج آزمونهاي بي باري وبا باري در سرعتهاي مختلف..... ٧٥

جدول ۱ نتايج محا سبه وزن و حجم..... ١٠٤

فصل اول

مقدمه

۱-۱- مقدمه

هدف اصلي از اين رساله طراحي، واكاوی و ساخت يك مولد آهنربايي با ساختار دوطرف برجسته (DSPM) كه در دور زياد است. چون ساختارهايي كه در آنها آهنربا روي روتور نصب شده، براي سرعت زياد مناسب نيستند در اين رساله ترجيح داده ميشود كه آهنربا روي استاتور قرارگيرد. اين مولدها بخاطر ساختار ساده و محكم شبيه ماشينهاي سوئيچ رلوكتانس، و نيز استفاده از ورقه هاي مورق ترانس بر روي استاتور و روتور داراي قيمت ساخت كم هستند. در اين مولد از هيچ تحريك الكتريكي روي استاتور و روتور استفاده نمي شود، و تحريك آن، آهنرباي نايا‌ب خاكي با چگالي شار زياد است. اين امر تلفات مسي ماشين و همچنين حجم ماشين را كاهش مي دهد. با اين اوصاف اين نوع مولدها بعضي از مشخصات عملياتي و ساخت مطلوب را بر آورده مي‌كنند.

نتايج مقايسه‌اي نشان مي دهد كه قابليت توليد توان در مولدهاي DSPM نسبت به مولدهاي سوئيچ رلوكتانس (SRM) بيشتر است [۱] و [۲]. بدين‌ترتيب، اين نوع ماشينها براي توليد توان در مواردي كه بازده، وزن و حجم ماشين بسيار مهم اند گزينه مناسبي هستند. در اين ماشينها تحريك آهنربا است اما در ماشينهاي سوئيچ رلوكتانس تحريك از طريق جريان ورودي فراهم ميشود. بنابراين مزيت ديگر اين مولدها اين است كه خروجي AC آنها ميتواند به آساني و با مدارهاي الكترونيك قدرت ارزان قيمت مانند يكسو كننده پل، يكسو شود. كه اين امر در مقايسه با مبدل اكتيو همراه با كنترلر هيستريسزي و مدارهاي گيت كه در درايو ماشينهاي سوئيچ رلوكتانس استفاده ميشود ساده‌تر است. بعلت نداشتن تلفات سوئيچينگ، بازده كل سيستم زيادتر است. بنابراين قابليت اطمينان و نيرومندي سيستم بيشتر خواهد بود.

در مقايسه با مولدهاي سنكرون با سيم پيچ تحريك، مولدهای DSPM سه مزيت اساسي دارند. اولين مزيت اين است كه اين مولدها حلقه هاي لغزان[1] و جاروبك ندارند. درمولدهای سنكرون با سيم پيچ تحريك، اين بخشها بايد در شرايط مناسب نگهداري شوند و موقعي كه خراب ميشوند نياز به تعويض دارند. مزيت دوم مولدهای DSPM پر بازده، نداشتن هيچ گونه سيم پيچ تحريك، و بنابراين نداشتن تلفات مسي و مشكل خنك كنندگي مربوط به سيم پيچ تحريك است. مزيت سوم اين مولدها اين است كه از هيچ سيم پيچي روي روتور استفاده نمي‌كنند. بنابراين لختي روتور

1.Slip-Ring

كوچكتر است و مولد قادر است كه در سرعتهاي زياد هم بچرخد. با توجه به مطالب بالا اين نوع مولدها گزينه خوبي براي سرعتهاي زياد هستند.

تاكنون بيش از ۴۸ مقاله در زمينه ساختار ماشينهاي دو طرف برجسته با آهنربا و تنظيم دور و بهينه سازي ساختار آنها ارائه شده است. ساختار ارائه شده در اين رساله كاملا جديد و متفاوت از بقيه و داراي مزاياي خاص خود ميباشد. از مزيتهاي اين مولد نسبت به ساختارهاي ديگر تلفات كم هسته بخاطر روتور دو قطب و حداقل بودن فركانس در هسته نسبت به ديگر ساختارها است. اين ساختار نسبت به ساختارهاي ديسكي پر دور با توجه به شعاعي بودن شار براحتي با واكاوی دو بعدي اجزاء محدود قابل بررسي است. همچنين ساخت اين ساختار نسبت به ساختارهاي ديسكي ساده‌تر و داراي هزينه كمتر است زيرا شار شعاعي است و ساخت ورقه‌هاي آن ساده‌تر و ارزان‌تر است.

۱-۲- اهداف پايان‌نامه

هدف از اين رساله طراحي، واكاوی و ساخت يك مولد جديد از خانواده ماشينهاي DSPM است كه جهت مصارف دور زياد مناسب اند. روند اين رساله به اين صورت است كه ابتدا ساختار مولدهاي مرسوم و DSPM ، مزايا و معايب آنها بررسي ميشود. سپس ساختار جديد مولد DSPM و معادلات مربوط به مدل الكتريكي و ديناميكي معرفي ميشود. اين ساختار توسط نرم افزار اجزاء محدود opera8.5 واكاوی ، و توزيع شار و چگالي شار در قسمتهاي مختلف ماشين ونمودارهاي مربوط به چگالي شار در فاصله هوايي برای صحت طراحي نشان داده ميشود. در ادامه يک نمونه آزمايشگاهي از اين ساختار ساخته ميشود و آزمونهاي بي باري و بارداري روي آن صورت مي گيرد. سپس نتايج حاصل از آزمونها با نتايج اجزاء محدود مقايسه ، صحت و دقت نتايج نظري و عملي بررسي ميشود. در نهايت پيشنهادها و كارهاي آينده ارائه خواهد شد.

فصل دوم
کلیات انواع مولدها و آهنرباها

مولدها به طور كلي به دو دسته هموپلار وهتروپلار تقسيم ميشوند [٣-٦] . در نوع هتروپلار، هاديهابه ترتيب از زيرقطبهاي N وS عبور مي‌كنند، بنابراين ولتاژتوليد شده از نوع ولتاژ متناوب است. در صورتيكه ولتاژتوليد شده توسط ماشينهاي هموپلار متناوب نبوده بلكه تک سويه ميباشد. بنابراين نياز به كموتاتور روي روتور ندارند. البته تعريف هموپلار براي ماشينهاي جديد كافي نيست. براي مثال براي قرار دادن ماشينهايي شبيه SRM به جرگه هموپلار، تعريف هموپلار بايد تا حدي اصلاح شود. اگر عكس شار وجود نداشته باشد يا در واقع شار تک سويه باشد ماشين جزء ماشينهاي هموپلار بررسي ميشود. بنابراين با اين تعريف جديد از توپولوژي هموپلار، بعضي از ماشينهاي آهنربايي دوطرف برجسته و ماشينهاي SRM بخاطر وجود شار تک سويه روي قطب، جزء هموپلار به حساب مي آيند.

ساختارهاي دوطرف برجسته به طور معمول با عنوان آلترناتورهاي القايي هموپلار هم شناخته ميشوند[٤]، كه در گذشته براي كاربردهاي فركانس زيادا بر سرعت مورد استفاده قرار گرفته‌اند. اين آلترناتورهاي القايي هموپلار به دو گروه عمده تقسيم ميشوند. گروه اول ماشينهاي يک طرف برجسته با سيم پيچي استاتور توزيع سينوسي هستند. يک مثال از اين نوع مولد نوع قطب چنگكي يا LUNDELL است [٧]، كه به عنوان آلترناتور در اتومبيل مورد استفاده قرار مي گيرد گروه دوم كه آلترناتورهاي دوطرف برجسته را شامل ميشود سيم پيچيهاي استاتور به طور متمركز

اطراف قطبهاي مغناطيسي پيچيده ميشوند. اين نوع آلترناتورها گاهي اوقات در كاربردهاي فركانس يا سرعت زياد بخصوص در صنعت هوايي مورد استفاده قرار مي‌گيرند. اما اين خانواده از ماشينهاي هموپلار كمتر توسعه يافته‌اند.

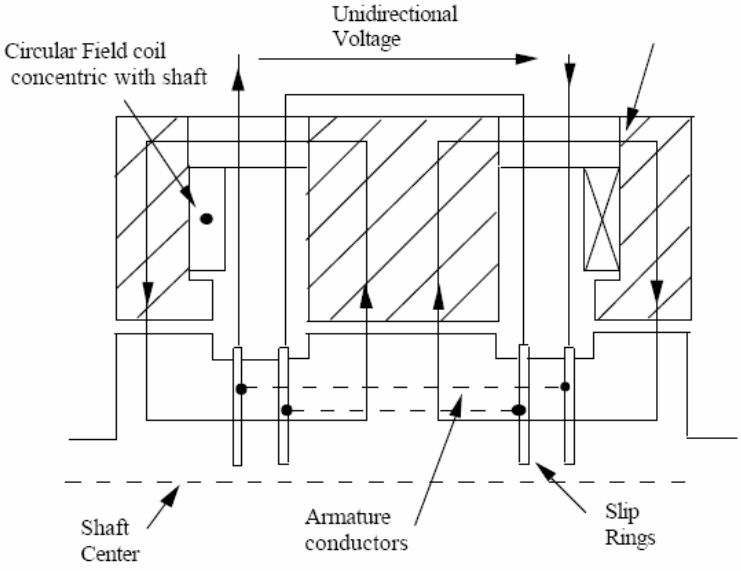
عملكرد ماشينهاي هموپلار و هتروپلار توسط دو قانون فيزيكي الكترومغناطيسي، قانون لنز و فارادي، به بهترين وجه قابل توصيف هستند. اين دو قانون در مورد ماشين هايي مانند مولد DSPM هم صدق مي كنند. با استفاده از اين دو قانون ميتوان پديده هاي عكس العمل آرميچر و توليد ولتاژ در اين نوع مولدها را به خوبي توصيف كرد. قانون القاي فارادي به سادگي دامنه ولتاژ القاء شده در مدار مغناطيسي كه به آهنگ تغيير شار پيوندي وابسته است تعيين مي‌كند. به طوركلي شار پيوندي حاصلضرب شار توليد شده و تعداد دور است.

تغييرات شار پيوندي ممكن است با تغيير جريان يا حركت آهنربا در برابر سيم پيچها صورت گيرد. قانون لنز، جهت جريان در سيم پيچي را تعيين كند، بطوريكه ميدان مغناطيسي ايجاد شده توسط اين جريان هميشه مخالف با تغييرات شار پيوندي اصلي است. عكس العمل آرميچر درمولد DSPM نيز بر اساس اين قانون بررسي شود كه در بخشهاي بعدي به طور كامل توضيح داده ميشود.

در اين فصل ابتدا مولدهاي هموپلار و هتروپلار و انواع آنها و موارد كاربردي آنها مطرح ميشود. همچنين تاريخچه و انواع آهنرباهاي مورد استفاده در ماشينهاي الكتريكي بررسي ميشوند. در پايان انواع ساختار ماشنيهاي DSPM و كاربردهای آنها به اختصار مطرح مي شوند.

۲-۱- مولدهاي هموپلار

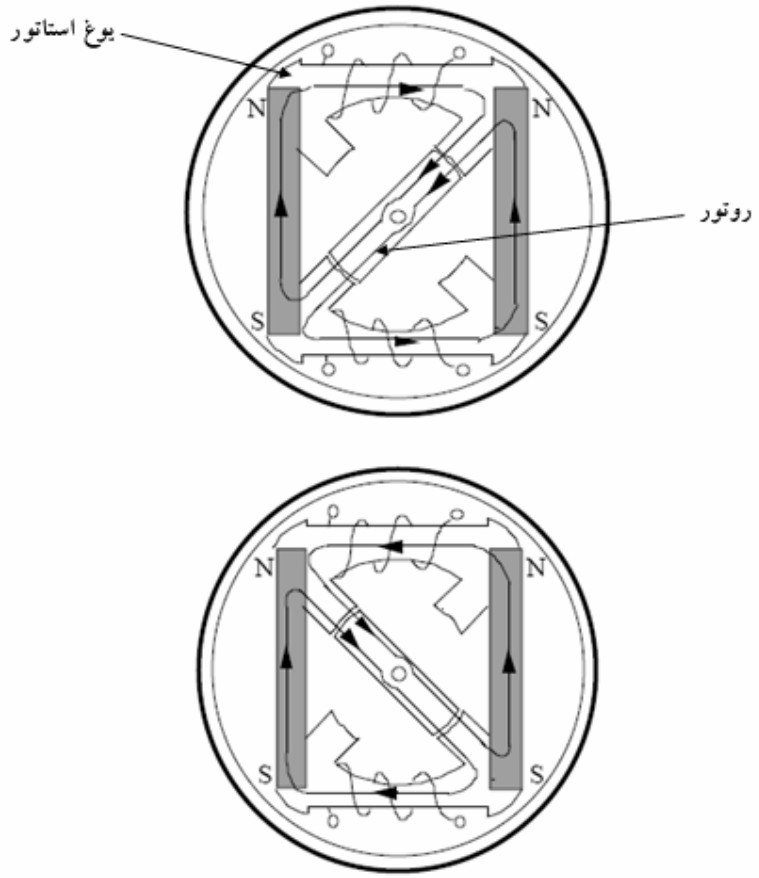
مطابق شكل۲-۱ رفتار شار در اين مولدها به اين صورت است كه شار در فاصله هوايي در يک جهت وارد روتور شده و پس از عبور از كنار محور به طرف ديگر روتور ميرود، و از طريق فاصله هوايي به استاتور باز مي گردد. بنابراين هاديهاي روي روتور هميشه شار را در يک جهت قطع مي‌كنند. اين ولتاژ توليدی مربوط به شار پيوندی يک دور است. بنابراين برای بدست آوردن ولتاژ خروجی بيشتر، ميتوان حلقه های لغزان مربوط به هاديهای مختلف را با هم متوالی كرد[۸-۹].



شکل ۲-۱ اصول کاري مولدهاي هموپلار

۲-۱-۱مولد **Flux-Switch**

مولد دیگر، Flux-Switch است که توسط آقایان Rauch و Jonhson [٦] در سال ۱۹۵۰ ارائه شد. شکل ۲-۲ به طور ساده اصول کاري مولد Flux-Switch را نشان مي‌دهد. مطابق این شکل، مولد از دو آهنربا، دو یوغ مجزاي مورق و روتور دو قطب تشکیل شده است. موقعیکه روتور $\pi/2$ رادیان مکانیکي مي‌چرخد، جهت شارپیوندي سیم پیچها عکس میشود و EMF تولید مي‌کند. با چرخش کامل روتور چهار مرتبه شار عکس میشود، در نتیجه چهار سیکل ولتاژ خروجي را تولید مي‌کند. هندسه DSPM از آلترناتور Flux-Switch نشات گرفته است، با این تفاوت که در ماشینهاي DSPM سیم پیچها روي قطب استاتور قرار مي گیرند واز آهنرباهایي با چگالي شار زیاد استفاده میشود.

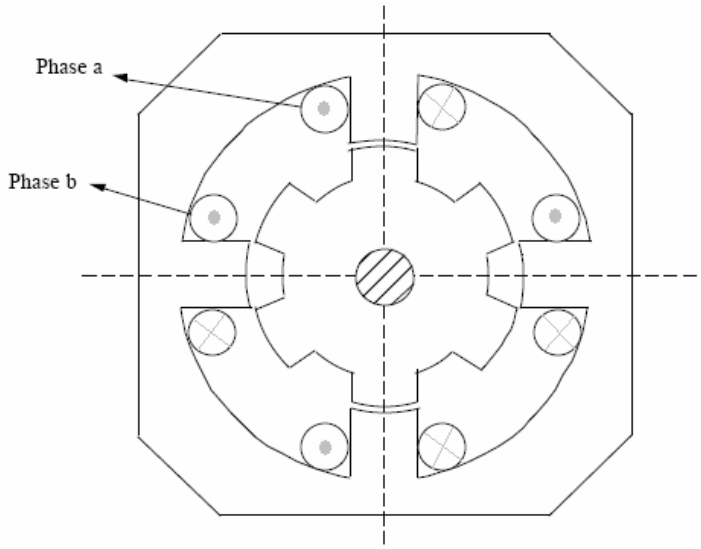


شكل ۲-۲ شكل ساده مولد Flux-Switch جهت نشان دادن اصول كاري

۲-۱-۲ مولد سوئيچ رلوكتانس

ماشينهاي سوئيچ رلوكتانس (SRM)، به طور وسيع شامل مدارهاي الكترونيك قدرت و كنترل پيشرفته ميشوند [۱۰-۱۳]. از آنجايي كه شار عبوري از سيم پيچهاي استاتور SRM يك جهته است، اين ماشينها، جزء ماشين‌هاي هموپلار قرار مي‌گيرند. گشتاور در اين ماشينها بخاطر تغيير دررلوكتانس ديده شده توسط سيم پيچيهاي استاتور توليد ميشود. SRM داراي يك ساختار بسيار ساده همراه با استاتور و روتور مورق است كه سيم پيچيهاي آن روي قطبهاي استاتور واقع شده‌اند. چون سيم پيچي آن متمركز صورت است، در مقايسه با ماشينهاي القايي داراي مس كمتر، پراكندگي دور انتهايي كمتر و تلفات مسي كمتر است. همچنين به دليل دارا بودن روتور بدون سيم پيچي، ميتوان از اين ماشين در سرعت زيادا استفاده كرد. تركيب قطبهاي استاتور و روتور مختلف بسته به نوع درايو، وجود دارد. يك مولد SRM ۴/۶ در شكل ۲-۳ نشان داده شده است.

با وجود ساختار ساده اين ماشين و لختي كم روتورآن معايبي نيز دارد. يكي از مهمترين معايب، مربوط به تحريك است. به طوريكه، انرژي مكانيكي همواره به صورت پيوسته از طريق محور وارد سيستم ميشود اما انرژی الکتریکی از طريق يك مبدل به سيستم وارد و خارج ميشود. از معايب ديگر اين نوع SRM رفتار غيرخطي آن به دليل ساختار دو طرف برجسته آن ميباشد. كه اين امر طراحي و كنترل اين نوع ماشينها را مشكل مي كند [۱۴].



شكل ۲-۳ ساختار مغناطيسي مولد سوئيچ رلوكتانس

۲-۲مولدهاي هترويلار

در مولدهاي هترويلار ولتاژ توليد شده يك ولتاژ متناوب ميباشد. مولدهاي DC، مولدهاي القايي، مولدهاي سنكرون به عنوان مولدهاي هترويلار شناخته شده‌اند. در بخش هاي زير اصول كاري، كاربردها، فوايد و معايب اين مولدها بحث خواهد شد.

۲-۲-۱ مولد القايي

شكل ۲-۴ منحني گشتاور- سرعت يك ماشين القايي چند فاز و ناحيه‌هاي كاري آنرا در حالتهاي مولدي، موتوري و ترمزي نشان ميدهد. ماشينهاي القايي هترويلار با دو شرط ميتوانند به عنوان مولد