برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

موضوع پروژه:

شناسایی و معرفی موتورهای با سرعت بسیار بالا

WikiPower.ir

برای خرید فایل word این پروژه اینجا کلیک کنید.
(شماره پروژه = ۴۹۵)
پشتیبانی: ۰۹۳۵۵۴۰۵۹۸۶

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فهرست منابع

عنوان

چکیده ۱
مقدمه..... ۲
فصل اول
۱-۱- تاریخچه..... ۸
۱-۲- اجزاء ماشینهای گردان الکتریکی..... ۱۱
۱-۳- طبقه بندی موتورهای الکتریکی..... ۱۳
فصل دوم
۲-۱- موتورهای DC..... ۱۴
۲-۲- موتور DC شنت سرعت بالا..... ۱۶
۲-۳- موارد کاربرد و قابلیتها..... ۱۹
۲-۴- موتورهای DC مغناطیس دائم سرعت بالا..... ۲۰
تاریخچه ای از مغناطیسهای دائم..... ۲۰
۲-۵- دسته بندی مواد مغناطیس دائم بر اساس مساحت حلقه..... ۲۲
۲-۶- پارامترهای مهم یک مغناطیس دائم..... ۲۲
۲-۶-۱- چگالی شار پسماند (B_r) و نیروی بازدارنده(H_c)..... ۲۳
۲-۶-۲- انرژی دریافتی و انرژی دریافتی ماکزیمم... ۲۳
۲-۶-۳- درجه حرارت کوری ۲۴
۲-۶-۴- پایداری مواد مغناطیس دائم..... ۲۴ ۲-۶-۵- تاثیر دما بر مواد مغناطیس ۲۴
۲-۷-دسته بندی مواد مغناطیس دائمی که در موتورهای الکتریکی بکار می رود..... ۲۵
۲-۷-۱- آلنیکو (Alnico)..... ۲۵

۲-۷-۲- فریتها (Ferrite)..... ۲۶
۲-۷-۳- مواد مغناطیس دائم کمیاب زمینی..... ۲۸
۲-۸- ماشینهای مغناطیس دائم DC ۲۹
فصل سوم
موتورهای القایی ..... ۳۵ ۳-۱- موتور الکتریکی .....
۳۶ ۳-۲- اصل ساخت اولیه و کاربردی..... ۳۷ ۳-۳-
استاتور..... ۳۸ ۳-۴- رتور..... ۳۹ ۳-۵- انواع موتورهای القایی
..... ۴۰ ۳-۶- موتور القایی تکفاز..... ۴۰ ۳-۷- موتورهای AC سه فاز.....
۴۶ فصل چهارم ۴-۱- موتورهای تحریک مغناطیس دائم
سرعت بالا.... ۵۱ ۱- موتورهای سنکرون مغناطیس دائم سرعت بالا..... ۵۱ ۲- موتورهای BLDC
سرعت بالا..... ۵۱ فصل پنجم موتورهای سنکرون
مغناطیس دائم..... ۵۳
۵-۱- مقدمه..... ۵۳
۵-۲- تاریخچه ای از موتورهای سنکرون مغناطیس دائم..... ۵۵
۵-۳- روشهای طراحی موتورهای مغناطیس دائم ۵۷
۵-۴- سابقه طراحی موتورهای سنکرون مغناطیس دائم ۶۰
۵-۵- کاربرد مواد مغناطیس دائم ۶۳
۵-۶- موقعیت آهنربای دائم بر روی روتور..... ۶۸
۵-۶-۱- روتور با آهنربای سطحی ۷۰
۵-۶-۲- روتور با آهنربای داخلی..... ۷۳
۵-۷- ساختمان موتور آهنربای دائم سنکرون ۷۷
۵-۷-۱ استاتور..... ۷۸
۵-۷-۲- سیم پیچ استاتور..... ۷۸
۵-۷-۳- فاصله هوایی..... ۷۹
۵-۷-۴- روتور..... ۸۰
- سیم پیچ میراکننده

۵-۷-۵- یوغ ۸۱
۵-۷-۶- شفت..... ۸۱
۵-۷-۷- بدنه موتور..... ۸۱
۵-۸- نظریه و مدل سازی ماشینهای سنکرون مغناطیس دائم سرعت بالا ۸۲
۵-۸-۱- مقدمه ۸۲
۵-۸-۲- موتورهای مغناطیس دائم سرعت بالا..... ۸۳
۵-۸-۳- مدل ریاضی موتور سنکرون با مغناطیس دائم. ۸۹
۵-۸-۴- مدل Simulink برای PMSM..... ۹۵
۵-۹- مقایسه موتورهای سنکرون آهنربای دائم و موتور القایی ۱۰۱
۵-۱۰- مقایسه موتورهای آهنربای دائم سنکرون سرعت بالا با موتورهای BLDC سرعت بالا ۱۰۳
فصل ششم موتورهای کوچک فوق العاده بالا..... ۱۰۵
۶-۱- تولید آزمایشی موتورهای کوچک با سرعت فوق العاده زیاد..... ۱۰۶
۶-۲- هدف ۱۰۶
۶-۳- مقدمه ۱۰۶
۶-۴- اجزاء و عملکرد سیستم..... ۱۰۸
فصل هفتم
موتورانیورسال سرعت بالا..... ۱۱۷
۷-۱- مقدمه..... ۱۱۸
۷-۲- موتورهای یونیورسال..... ۱۱۸
۷-۳- مشخصه های گشتاور و کاربردهای موتور انیورسال..... ۱۱۹
۷-۴- انواع موتور انیورسال ۱۲۱
۷-۵- معادلات اصلی موتور ۱۲۲
۷-۶- عکس العمل آرمیچر..... ۱۲۴
۷-۷- قطبهای کمکی..... ۱۲۵

فصل هشتم موتور DC بدون جاروبک BLDC سرعت بالا..... ۱۲۹ ۸-۱- اساس کار موتورهای DC معمولی ..... ۱۳۰ ۸-۲- تولید گشتاور در موتورهای معمولی ۱۳۱
۸-۳- موتور DC بدون جاروبک سرعت بالا..... ۱۳۲
۸-۴- اساس حرکت موتورهای DC بدون جاروبک سرعت بالا..... ۱۳۶
۸-۵- رابطه گشتاور جریان در موتورهای بدون جاروبک سرعت بالا..... ۱۳۹
۸-۶- برسی وضعیت کموتاسیون..... ۱۴۱
۸-۷- ساختمان و عملکرد موتور DC بدون جاروبک سرعت بالا..... ۱۴۳ ۸-۷-۱- ساختمان استاتور ۱۴۳
۸-۷-۲-روتور مغناطیس دائم موتورهای DC بدون جاروبک سرعت بالا..... ۱۴۶
۸-۸- نحوه کار موتور DC بدون جاروبک سرعت بالا .. ۱۴۶
۸-۹- قطع فلوی شار نشتی ..... ۱۴۶ ۸-۱۰- گشتاور..... ۱۴۸
۸-۱۱- EMF مخالف ..... ۱۵۰ ۸-۱۲- موتورهای DC بدون جاروبک ۳ سیم پیچی سرعت بالا..... ۱۵۱
۸-۱۳- موتورهای DC بدون جاروبک ذوزنقه ای سرعت بالا ..... ۱۵۲ ۸-۱۴- گشتاور تولیدی در هر فاز موتور ذوذنقه ای سرعت بالا ..... ۱۵۳ ۸-۱۵- دامنه ی EMF مخالف و گشتاور هر فاز ..... ۱۵۵ ۸-۱۶- اتصالات استاتور ..... ۱۵۶ ۸-۱۷- موتورهای DC بدون جاروبک سرعت بالا..... ۱۵۸
۸-۱۸- جریان AC ورودی سینوسی ۱۵۹
۸-۱۹- چگالی شار سینوسی در فاصله هوایی..... ۱۵۹
۸-۲۰- توزیع سیم پیچ ها بصورت سینوسی..... ۱۵۹
۸-۲۱- EMF مخالف..... ۱۶۱
۸-۲۲- گشتاور..... ۱۶۴
۸-۲۳- EMF و کشتاور سه فاز..... ۱۶۶
۸-۲۴- مقایسه موتور با شکل موج سینوسی و ذوزنقه ای

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

سرعت بالا..... ۱۶۷

نتیجه گیری نهایی..... ۱۷۱

منابع..... ۱۷۳

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

شناسایی و معرفی موتورهای با سرعت بسیار بالا

دانشجو :

محرمعلی خلجی

WikiPower.ir

چکیده

امروزه موتورهای الکتریکی در صنایع گوناگون کاربرد دارند . با پیشرفت ساخت مواد مغناطیس دائم و الکترونیک قدرت امکان ساخت سرعت بالا فراهم شده است . امروزه بیشتر موتورهای مغناطیس دائم می باشند. نیاز به طراحی موثر این ماشینها دارد و برای طراحی موثر لازم است شناخت کافی پارامتریک از این ماشینها داشته باشیم . و همچنین دستیابی به سرعت و گشتاور بالا در موتورهای الکتریکی باعث افزایش راندمان آنها می شود و در بسیاری موارد در صنعت و وسایل هوافضا و سیستم های کامپیوتری به سرعتهای بسیار زیاد نیاز است . برای افزایش بیشتر سرعت این موتورها ، شناسایی ساختمان و چگونگی کارکرد آنها ضروری است . در اوایل طراحی و استفاده از موتورهای الکتریکی مواد مغناطیس دائم در ساختمان این ماشینها به کار گرفته شد اما به دلیل چگالی فلوی مغناطیسی پایین مواد مغناطیس اولیه ، ادامه استفاده از آنها منتفی شد و تحریک الکترو مغناطیسی جانشین آنها گشت و با گذشت زمان و کشف مواد مغناطیس دائم با فلوی مغناطیسی بالا و المانهای الکترونیک قدرت ، ساخت دوباره ماشینهای مغناطیس دائم و گسترش پیدا کرد . به گونه ای که این گونه موتورها امروزه رقیب های جدی DC و حتی موتورهای القایی محسوب و پیشرفتهای اخیر تکنولوژی الکترونیک قدرت و مواد مغناطیس دائم با تلفات کم امکان ساخت موتورها با سرعت بسیار زیاد و فوق العاده زیاد و با کارایی بالا را ایجاد کرده است . این موتورها کاربردهای گوناگونی دارند مانند وسایل نقلیه الکتریکی هوافضا ، مهندسی پزشکی و کمپرسورها . اندازه کوچک و سبکی وزن باعث استقبال از این موتورها شده است به گونه ای که می توانیم بگوییم قرن بیست و یکم قرن موتورهای مغناطیس دائم است . آنچه که در این جا برای ما طراح است سرعت بسیار زیاد این موتورها می باشد . در این پروژه بخش های اصلی برای معرفی موتورهای مغناطیس دائم اختصاص یافته است . چون اکثر موتورهای سرعت بالای امروزی مغناطیس دائم هستند .

مقدمه

اصولاً بسیاری از پیشرفتهای تجهیزات صنعتی و ساخت ماشین آلات با قدرتها و تواناییهای زیاد ناشی از توسعه و پیشرفتهای موتورهای الکتریکی بوده است و چرخهای عظیم صنایع امروزی را موتورهای الکتریکی به حرکت در می آورند .

موتورهای الکتریکی امکان دسترسی به انرژی مکانیکی در حالتهای مختلف را با هزینه نسبتاً کم ، طول عمر زیاد ، بهره برداری ساده و کم سر و صدا و روشهای متنوع و کارآمد کنترل ، فراهم ساخته اند .

در حال حاضر موتورهای الکتریکی از قدرتهای بسیار کوچک (چند میلی وات) برای استفاده در ابزار دقیق و مهندسی و پزشکی و ... تا قدرتهای بسیار زیاد (صدها کیلو وات) برای استفاده در صنایع سیمان و کارخانجات نورد فولاد و پالایشگاه و ... ساخته می شوند . معمولاً موتورهای با سرعت بالای 3000 RPM را موتورهای سرعت بالا می نامند و امروزه با ساخت موتورهای سرعت بالا امکان استفاده از این وسایل در زمینه های پزشکی ، کامپیوتر و هوافضا که در آنها به سرعت بالا در گشتاور ثابت لازم است ، میسر شده است . به گونه ای که سرعت این موتورها به بالای 50000 RPM نیز می رسد . از نظر تاریخی در دهه های اولیه قرن نوزدهم میلادی دانشمندان برای ساخت مولدها و موتورها کوشش های فراوانی به عمل آورده اند . نمونه آزمایشگاهی موتورهای الکتریکی ساخته شدند اما رواج گسترده موتورهای الکتریکی تا اواخر قرن نوزدهم به تأخیر افتاد و در دو دهه آخر قرن نوزدهم با عملی شدن احداث شبکه های تولید انتقال الکتریسته موتورهای الکتریکی به سرعت مطرح و مورد استفاده قرار گرفتند . و به مرور زمان با پیشرفت صنعت ، و نیاز استفاده از موتورها در زمینه هایی که به سرعت بالا نیاز است . ساخت موتورهای سرعت بالا مطرح شد ، و از آنجا که شبکه های اولیه غالباً جریان مستقیم بودند ، ماشینهای الکتریکی هم از نوع جریان مستقیم بودند و این

موتورها دارای گستره تغییر سرعت خوبی هستند به گونه ای که موتور DC سری دارای گشتاور راه اندازی وسرعت بالایی می باشد . و عمده ترین مشکل در بالا بردن سرعت این موتورها جاروبک هایی است که جریان موتور را تامین می کنند و همچنین نبود سیستم های تولید جریان مستقیم می باشد و با به وجود آمدن شبکه های جریان متناوب استفاده از موتورهای DC در بسیاری موارد مقرون به صرفه از لحاظ اقتصادی نبود ، پس طبیعتاً موتورهای جریان مستقیم هم جای خود را تا حدودی به موتورهای جریان متناوب دادند . و در بسیاری از موارد موتورهای AC بر موتورهای DC ارجعیت دارند . و در سیستم های AC نیز برای ساختن موتورهای سرعت بالا مشکلاتی وجود داشت ، از آن جایی که سرعت این موتورها با فرکانس رابطه مستقیم و با تعداد قطبها رابطه عکس دارد ، حداقل تعداد قطبها دو می باشد پس برای افزایش سرعت موتور باید فرکانس را افزایش دهیم ، افزایش فرکانس با ساخت و گسترش المانهای الکترونیک قدرت امکان پذیر شد ولی با افزایش فرکانس تلفات حرارتی موتور که ناشی از تلفات فوکو وهیسترزیس می باشد افزایش می یابد و باعث ازبین رفتن سیم پیچ ها می گردد . و امکان خنک سازی در آنها کم است . ولی اساساً موتورهای جریان متناوب نسبت به موتورهای جریان مستقیم دارای ساختمان ساده تر ، عمر مفید بیشتر و تعمیر و نگهداری راحت تری هستند که موجب برتری اقتصادی این موتورها بر موتورهای جریان مستقیم می شود . ماشین های الکتریکی سه فاز به دو گروه اصلی (ماشین های القایی و ماشینهای سنکرون) دسته بندی می شوند که از نظر ساختمان ، و طرز کار و کاربرد تفاوتهای زیادی دارند . در این میان ماشینهای انیورسال نیز با هر دو نوع جریان کار می کنند،واز سرعت و گشتاور راه اندازی خوبی برخودار هستند.در میان ماشین های الکتریکی سه فاز،ماشینهای AC القایی ساده تر و ارزانتر بوده و بیشتر به عنوان موتور مورد استفاده قرار می گیرد ولی برای دستیابی به سرعت های بالا مناسب نمی باشد ولی ماشین سنکرون که ساختمان پیچیده تر و قیمت گرانتری دارد،وبرای افزایش

سرعت از قابلیت بالایی برخودار می باشد.در ابتدای ساخت موتورها از مغناطیس های دائم بر روی استاتور موتورها DC استفاده می شد ، با گذشت زمان مغناطیس های دائم بر روی روتور انتقال داده شدند ، با این وضعیت دیگر جاروبکها نیز برداشته شدند . و در ماشینهای سنکرون هم به دلیل وجود جاروبکها که جریان تحریک میدان را تامین می کنند برای ساختن موتور سرعت بالا با مشکل مواجه بودند اما با استفاده از مفناطیس های دائم در روتور موتورهای سنکرون این مشکل نیز برطرف شده است . که به این گونه موتورها اصطلاحاً PMSM گفته می شود . به کار رفتن مغناطیس های دائم در موتورها مزیتهای مانند طراحی فشرده ، دستیابی به گشتاور ثابت در سرعتهای بالا ، امکان خنک سازی موتور به صورت راحت تر دارد .

امروزه موتورهای سرعت بالا در زمینه های پزشکی ، کامپیوتر و وسایل هوافضا کاربرد گسترده ای پیدا کرده اند . به طور مثال در دریلهای که در جراحی های جمجمه بکارگرفته می شوند از موتور سرعت بالایی استفاده شده که سرعت بالای 40000RPM می باشد ، و همچنین نمونه دیگری از این موتورها در مته های دندان پزشکی بکار گرفته شده است . موتورهای بکار گرفته در دیسک گردانهای کامپیوتر نیز موتورهای سرعت بالایی هستند که سرعت آنها به بالای 50000RPM نیز می رسد.در سیستمهای هوافضا مثلاً در هواپیما برای تهویه از این موتورها استفاده می شود .

عمده موتورهای سرعت بالای امروزی سنکرون مغناطیس دائم می باشند ، که با پیشرفت تکنولوژی ساخت مواد مغناطیس دائم پیشرفت الکترونیک قدرت امکان ساخت این گونه موتورها در توانهای کم میسر شده است .

این موتورها به دو صورت تغذیه می شوند یک دسته از این موتورها با جریان خط که به این موتورهای سرعت بالا اصطلاحاً BLDC (موتورهای DC بدون جاروبک) گفته می شود و موتورهای سرعت بالا بکار رفته در دیسک گردانهای کامپیوتر نیز از این دسته می باشند . و دسته دیگری هستند که با

تغذیه اینورتری می باشند . که به کمک المانهای الکترونیک قدرت برای افزایش سرعت فرکانس را افزایش می دهیم . با بکار بردن مغناطیس های دائم در اشکال متفاوت در روتور این موتورها می توان گونه های مختلفی از موتورهای سرعت بالا ساخت که هر کدام از آنها مزایا و کاربردهای خاص خود را دارند .

در این نوشتار که هدف اصلی ، شناسایی و معرفی موتورهای با سرعت بسیار زیاد می باشد عمده بحث راجع به موتورهای مغناطیس دائم می باشد . چون بیشتر موتورهای سرعت بالای امروزی در این دسته می باشند .

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل اول

کلیاتی در رابطه با موتورهای الکتریکی

WikiPower.ir

برای دریافت فایل wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۱-۱) تاریخچه

قدیم ترین سیستمهای قدرت در ایالات متحده آمریکا سیستم های DC بودند ولی از سال ۱۸۹۰ میلادی بود که سیستم های قدرت AC بطور آشکار بر سیستم های DC یافتند با این وجود ، هنوز هم بخشهای بزرگی از خرید سالانه کشورها به موتورهای DC تا این اندازه رواج دارند

چند علت در مورد محبوبیت کاربرد موتورهای DC وجود دارد . یکی از آنها این است که سیستمهای قدرت DC هنوز در اتومبیلها ، کامیونها و هواپیماها کاربرد دارند . وقتی وسیله نقلیه ای از یک سیستم قدرت استفاده می کند ، واضح است که موتورهای DC در آن بکار گرفته خواهند شد . مورد استفاده دیگر موتورهایDC در حالتی است که احتیاج به تغییرات وسیعی در سرعت و به گشتاور راه اندازی بالا نیاز باشد موتورهای DCدر اولویت هستند .

موتورهای DC در موارد کنترل سرعت از گسترده کنترل خوبی برخودار هستند. و در صورتی که منبع DC در دسترس نباشد، یکسو کننده های نیمه هادی و مدارات برشگر برای ایجاد توازن لازم به کار گرفته می شوند .

موتورهای DC از گستره تغییرات وسیعی برخودار می باشند، بزرگترین مشکلی که در موتورهای DC مطرح است جاروبک ها می باشد که باعث کاهش کارآیی و افزایش هزینه تعمییر و نگهداری می شوند و با افزایش سرعت یکی از قسمتهایی که به شدت آسیب و مانع عملکرد مطلوب موتور می شود جاروبکها هستند و مساله دیگری که وجود دارد نبود سیستمهای قدرت DC مانع استفاده از این موتورها در ابعاد بزرگ می شود، اما امروزه با پیشرفت تکنولوژی الکترونیک قدرت و کشف و ساخت مواد مغناطیس دائم باعث شده اند که موتورهای DC در ابعاد کوچک که مورد توجه قرار گیرد، بطوری که در سیستم های صوتی و کامپیوتری و رباطها به طور گسترده استفاده می شوند و تا حد قابل قبولی می توان سرعت آنها را افزایش داد.

موتورهای الکتریکی AC از نظر ساختمان و نوع عملکرد به دو دسته القایی و سنکرون تقسیم می شوند و به لحاظ الکتریکی نیز دو دسته تکفاز و سه فاز می باشند. موتورهای AC همگی بر اساس میدان دوار مغناطیسی که در استاتور ایجاد می شود کار می کنند، موتورهای القایی دارای سیستم تک تحریکه می باشند، استاتور آنها با استاتور موتورهای سنکرون تفاوتی ندارد، اما روتورهای آنها با هم متفاوت می باشد.

در موتورهای القایی روتور به طور کلی به دو صورت روتور سیم پیچی شده یا روتور قفس سنجابی ساخته می شود ، که در روتور قفس سنجابی به جای سیم در شیارهای روتور از میله های هادی الکتریکی استفاده شده است. کار سیم پیچها یا میله های هادی در روتور بستن مدار جریان القاء شده بر اثر گردش میدان مغناطیسی دوار استاتور می باشد. به هرگونه ای که پس از جاری شدن جریان روتور شروع به گردش می کند. و به سرعت روتور به دلیل لنگی همواره از سرعت میدان دوار کمتر می باشد و سرعت سنکرون با فرکانس شبکه رابطه مستقیم و با تعداد قطبهای استاتور رابطه عکس دارد مطابق رابطه:

$$n_{sync} = \frac{120f}{\mathrm{p}}$$

که در این رابطه f فرکانس شبکه ای که موتور به آن متصل است و P تعداد قطبهای مغناطیسی موتور است. همان طور که این رابطه نشان می دهد سرعت سنکرون به دو عامل وابسته است و با فرکانس (F) رابطه مستقیم داشته و با تعداد قطبها (P) رابطه معکوس دارد. لذا در این گونه موتورها برای افزایش سرعت باید فرکانس را افزایش داده و تعداد قطبها را کم کنید که حداقل تعداد قطبها برابر دو می باشد، با توجه به این وضعیت حداکثر سرعتی که در حالت عادی یعنی در فرکانس ۵۰ هرتس می توانیم داشته باشیم برابر 3000 RPM می باشد که سرعت روتور موتور القایی به دلیل وجود لغزش از این کمتر خواهد بود، و برای بالا بردن سرعت با مبدلهای الکترونیک باید

فرکانس را افزایش دهیم اما با افزایش فرکانس تلفات فوکو و هیسترزیس افزایش یافته و باعث داغ شدن هسته و آسیب دیدن سیم پیچها می شود و خنک سازی در این سیستم هزینه بر خواهد بود پس موتورهای القایی برای دستیابی به سرعت بسیار زیاد گزینه های مناسبی نخواهد بود.

موتورهای سنکرون دسته دیگری از موتورهای AC می باشند که اصطلاحاً جزء سیستمهای دو تحریکه می باشند، استاتور آنها از نظر ساختمان دقیقاً مشابه استاتور موتورهای القایی است. سیم پیچ های سه فاز در داخل شیارهای هسته آهنی استاتور تعبیه شده که وظیفه آنها ایجاد میدان دوار در هسته استاتور است. روتور این موتورها به صورت یک پارچه یا از ورقهای مغناطیسی ساخته می شود و بر روی آن یک سیم پیچی جریان مستقیم به نام سیم پیچی تحریک نصب شده است.

جریان تغذیه سیم پیچی تحریک روتور، از طریق دو حلقه لغزان که بر روی محور روتور نصب شده به وسیله جاروبکها تأمین می شود و روتور عملاً به صورت یک مغناطیس الکتریکی (چرخ قطب) رفتار می کند که تعداد قطبهای روتور به اندازه قطب های استاتور خواهد بود.

تغییرات سرعت در موتورهای سنکرون نسبت به موتورهای القایی بهتر است و دستیابی به سرعت های بسیار زیاد امکان پذیرتر است، با ساختن روتور از مواد مغناطیس دائم می توان جاروبکها را که یکی از عوامل مانع برای افزایش سرعت هستند حذف کرد.

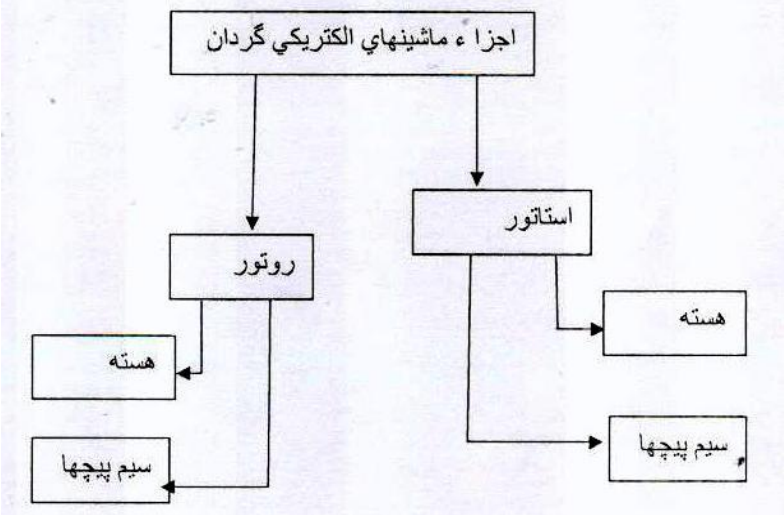
موتورهای سنکرون به لحاظ ساختمانی در انواع گوناگون ساخته می شوند، به طور کلی موتورهای سنکرون برلای دستیابی به سرعتهای بسیار زیاد بیشتر مورد توجه قرار دارند و در سیستمهای گوناگونی از آنها استفاده می شود. با قرار دادن مغناطیس های دائم در اشکال گوناگون و با افزایش فرکانس توسط مبدلهای فرکانس می توانیم سرعت را به طور گسترده ای تغییر دهیم.

۱-۲) اجزاء ماشینهای گردان الکتریکی

به طور کلی ماشینهای الکتریکی گردان از دو قسمت اصلی تشکیل شده اند:

الف) استاتور

ب) روتور



استاتور به قسمت ساکن موتور اتلاق می شود و معمولاً از هسته های فولادی با خاصیت مغناطیسی بالا و سیم پیچهای که بر روی هسته پیچیده می شوند تشکیل شده است. و یا از مواد مغناطیس دائم ساخته می شود.

روتور قسمت دوار موتور است که از هسته های فولادی با خاصیت مغناطیسی بالا و سیم پیچهای که بر روی هسته پیچیده می شوند تشکیل شده است. و یا از مواد مغناطیس دائم ساخته می شود. و شفت نیز یکی از قسمت های مهم موتور می باشد که از مواد با خاصیت مغناطیسی کم ساخته می شود. و شفت نیز یکی از قسمت های مهم موتور می باشد که از مواد با خاصیت مغناطیسی کم ساخته می شود و استحکام مکانیکی آن بسیار بالا است.

موتورهای دارای سرعت RPM ۳۰۰۰ به بالا، موتورهایی با سرعت بسیار زیاد می باشند. و آنچه دراینجا مورد بررسی قرارا می گیرد فقط بررسی سرعت این موتورها بدون تغییر و تبدیل سرعت با چرخ دندها مکانیکی می باشد.

۱-۳) طبقه بندی موتورهای الکتریکی براساس پارامترهای مختلف

جدول (۱-۱)

پارامتر	نوع ماشین	قدرت، ولتاژ، دور
قدرت	ماشینهای بسیار بسیار کوچک	از ۱ وات تا ۱۰۰ تا یک کیلو وات
	ماشینهای بسیار کوچک	از ۱۰۰ وات تا یک کیلو وات
	ماشینهای کوچک	از یک کیلو وات تا ۱۰ کیلو وات
	ماشینهای متوسط	از ۱۰ کیلو وات ۱۰۰ کیلو وات
	ماشینهای بزرگ	از ۱۰۰ کیلو وات ۱۰۰۰ کیلو وات
	ماشینهای بسیار بزرگ	بیش از ۱۰۰۰ کیلو وات
ولتاژ	ولتاژ ضعیف	کمتر از ۱۰۰ ولت
	ولتاژ متوسط	از ۱۰۰ ولت تا ۱۰۰۰ ولت
	ولتاژ قوی (فشار قوی)	بیش از ۱۰۰۰ ولت
دوره	کم دور	کمتر از ۲۵۰ دور در دقیقه
	دور متوسط	از ۲۵۰ تا ۱۰۰۰ دور در دقیقه
	دور زیاد	از ۱۰۰۰ تا ۳۰۰۰ دور در دقیقه
	دور بسیار زیاد	بیش از ۳۰۰۰ دور در دقیقه

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل دوم

موتورهای DC سرعت بالا

یکی از اولین موتورهای دوار، اگر نگوییم اولین، توسط مایکل فرادی در سال ۱۸۲۱ م ساخته شده بود و شامل یک سیم آویخته شده آزاد که در یک ظرف جیوه غوطه ور بود، می شد. یک آهنربای دائم در وسط ظرف قرار داده شده بود. وقتی که جریان سیم عبور می کرد، سیم حول آهنربا به گردش در می آمد و نشان می داد که جریان منجر به افزایش یک میدان مغناطیسی دایره ای اطراف سیم می شود. این موتور اغلب در کلاس های فیزیک مدارس نشان داده می شود، اما گاه بجای ماده سمی جیوه، از آب نمک استفاده می شود.

موتور کلاسیک جریان مستقیم دارای آرمیچری از آهنربای الکتریکی است. یک سوییچ گردشی به نام کموتاتور جهت جریان الکتریکی را در هر سیکل دو بار برعکس می کند تا در آرمیچر جریان یابد و آهنرباهای الکتریکی، آهنربای دائمی را در بیرون موتور جذب و دفع کنند. سرعت موتور DCبه مجموعه ای از ولتاژ و جریان عبوری از سیم پیچهای موتور و بار موتور یا گشتاور ترمزی ، بستگی دارد.

سرعت موتور جریان مستقیم وابسته به ولتاژ و گشتاور آن وابسته به جریان است. معمولاً سرعت توسط ولتاژ متغیر یا عبور جریان و با استفاده از تپ ها (نوعی کلید تغییر دهنده وضعیت سیم پیچ) در سیم پیچی موتور یا با داشتن یک منبع ولتاژ متغیر، کنترل می‌شود. بدلیل اینکه این نوع از موتور می‌تواند در سرعتهای پایین گشتاوری زیاد ایجاد کند، معمولاً از آن در کاربردهای کششی نظیر لکوموتیوها استفاده می‌کنند .

اما به هرحال در طراحی کلاسیک محدودیتهای متعددی وجود دارد که بسیاری از این محدودیتها ناشی از نیاز به جاروبکهایی برای اتصال به کموتاتور است. سایش جاروبکها و کموتاتور ، ایجاد اصطکاک می‌کند و هر چه که سرعت موتور بالاتر باشد، جاروبکها می‌بایست محکمتر فشار داده شوند تا اتصال خوبی را برقرار کنند. نه تنها این اصطکاک منجر به سر و صدای موتور می‌شود بلکه

این امر یک محدودیت بالاتری را روی سرعت ایجاد می‌کند و به این معنی است که جاروبکها نهایتاً از بین رفته نیاز به تعویض پیدا می‌کنند .

به طور کلی ۵ دسته موتور DC وجود دارد:

۱- موتورهای DC با تحریک مستقل

۲- موتور DC شنت

۳- موتور DC با مغناطیس دائم

۴- موتور DC سری

۵- موتور DC کمپوند

در میان موتورهای DC چون موتور شنت از بقیه کاربرد بیشتری دارد و دارای گستره کنترل سرعت خوبی می باشد، و موتور مغناطیس دائم نیز نوعی موتور شنت می باشد را مورد بررسی قرار می دهیم:

۲-۲) موتور DC شنت سرعت بالا

یک موتور DC شنت موتوری است که مدار میدان آن به صورت موازی یا تغذیه آن بسته شده است روابط حاکم بر این موتور از روی مدار معادل آن بدست می آید، که آنچه در این جا بیشتر مد نظر ماست رابطه سرعت و چگونگی تغییرات آن می باشد. یعنی رابطه زیر:

$$E_A = K\emptyset\omega \qquad (۲-۱)$$

همان گونه که از رابطه بالا پیداست برای افزایش سرعت به طور ذاتی باید تا حد امکان K را که ضریب ثابت محسوب می شود و با تعداد قطبهای روتور رابطه مستقیم و با تعداد مسیرهای جریان در روتور رابطه عکس دارد با قضاوت در رابطه ریاضی حاکم بر آن می توانیم بگوییم که با افزایش تعداد مسیرهای جریان می توانیم K را کاهش دهیم اما از طرف دیگر مقاومت روتور افزایش می یابد

در صورتی که ما می خواهیم آن کاهش یابد. و همچنین $\emptyset$ پارامتر دیگری است که باید کاهش یابد تا سرعت افزایش یابد $\emptyset$ به ابعاد روتور و میدان مغناطیسی وابسته است و برای کاهش آن تا حد امکان باید ابعاد روتور را کوچک کنیم پس نتیجه می گیریم که برای دستیابی به سرعتهای بسیار زیاد در این گونه موتورهای، ابعاد آنها کوچک می شود I_A و R_A که به ترتیب جریان و مقاومت مدار روتور می باشند، برای افزایش سرعت باید آنها را کاهش دهیم.

نمونه هایی از این موتور که ساخت شرکت Carter Motor با مشخصات مورد نظر آورده شده است و همچنین موارد کاربرد این موتورها و قابلیتهای آن ذکر گردیده است:

شکل (۲-۱) موتور dc شنت ساخت کمپانی Carter Motor

تعدادی از موتورهای dc شنت ساخت کمپانی carter motor با مشخصات در زیر آورده شده است :

جدول (۲-۱)

Model	Volts	Type	HP	Amps	Rpm

Number					
BMSD188BB	12 VDC	SHUNT	1/8	12.0	1.800
KMSC3604BB	230 VDC	SHUNT	1/4	6.0	3.600
MSB1815EF	115 VDC	SHUNT	1/15	0.9	1.800
MSC1115BB	115 VDC	SHUNT	1/5	2.4	1.100
MSD7575DF	115 VDC	SHUNT	3/4	6.5	7.500
YMSD502CB	100 VDC	SHUNT	1/2	0.2	5.000

همان گونه که در جدول (۲-۱) مشاهده می شود، موتورهای DC شنت از گستره تغییرات سرعت زیادی برخوردارند . اما سه مدل از مدلهای ذکر شده دارای سرعت بسیار زیاد می باشند.

۱- مدل KMSC3604BB

۲- مدل MSD7575DF

۳- مدل YMSD502CB

WikiPower.ir

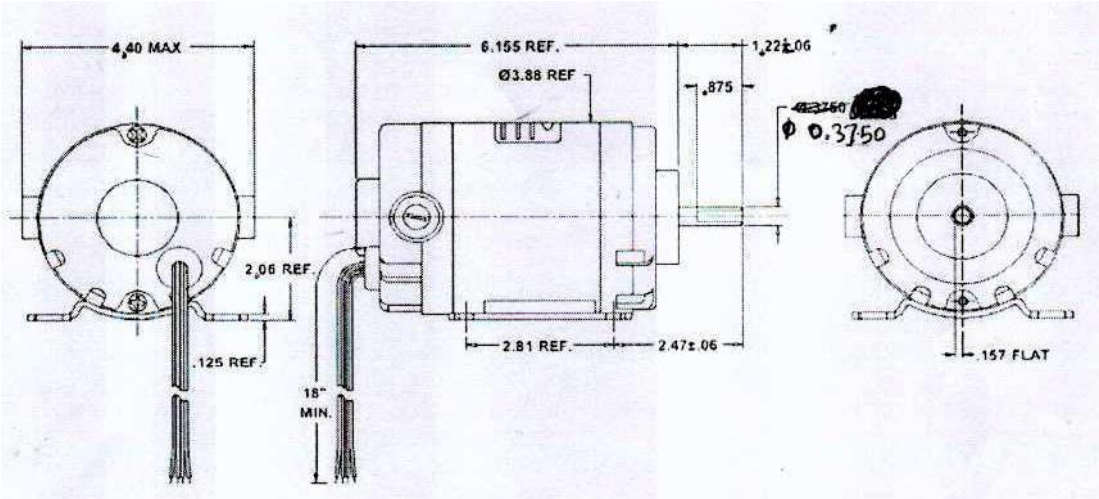
هر سه موتور ذکر شده از نظر قدرت جزء موتورهای بسیار کوچک می باشند چون قدرت آنها از یک کیلو وات کمتر است.

۲-۳) موارد کاربرد و قابلیتها

این موتورها در پمپها، وسایل پزشکی، دستگاههای چاپ، سانتریفوژها، دستگاههای صیقل دهنده، وسایل حمل و نقل و ... کاربرد دارند.

این موتورها دارای قابلیتهای مانند اضافه کردن چرخدنده، دارای سیستم کنترل سرعت، دارای سیستم ترمز نرم، دارای دو شفت اضافی می باشد.

گستره تغییرات سرعت این موتور بین 500RPM تا 13000RPM می باشد. و ولتاژ تغذیه آن بین 12vdc تا 230vdc و قدرت آن بین 0.015HP تا 1.5HP تغییر می کند.



شکل (۲-۲) ابعاد موتور نشان داده شده در شکل (۲-۱)

۲-۴) موتورهای DC مغناطیس دائم سرعت بالا

تاریخچه ای از مغناطیسهای دائم

در حدود ۶۰۰ سال پیش از میلاد مسیح فیلسوف یونانی تالس یک ماده مغناطیسی سخت را معرفی کرد که سنگ معدن طبیعی یا $Fe_3\ O_4$ بود. این ماده به آن علت که در منطقه مگنزیا کشف گردید مگنت نام گرفت. اولین مغناطیس مصنوعی یک میله آهنی بود که به وسیله مالش با آهن ربا خاصیت مغناطیسی پیدا کرد. شاید بتوان گفت که نخستین استفاده علمی از مغناطیسها در ساخت قطب نما بوده است. مدارک موجود حاکی از آن است که در حدود قرن پنجم میلادی، مواد مغناطیسی مرغوب در چین موجود بوده اند، اما اولین گزارش رسمی موجود در مورد مغناطیسها در مقالات مربوط به سال ۱۶۰۰ پس از میلاد می باشد. پیشرفت بزرگ بعدی اختراع الکترومغناطیس توسط استورگون (STURGEON) در سال ۱۸۲۵ بود. اولین کاربرد مغناطیسهای دائم در ساختمان ماشینهای الکتریکی به کارهای هانری (Henry , 1831)، پیسکی (H,Plxii ,1832) ، ریچی (W.ritchie,1933)، واتکینز (F.watkins, 1835) ، دوان پورت (T.Davenpor, 1837) و ژاکوبی (M.H.Jacobi) بر می گردد. در برخی ماشینهای الکتریکی ساخته شده در آن سالها

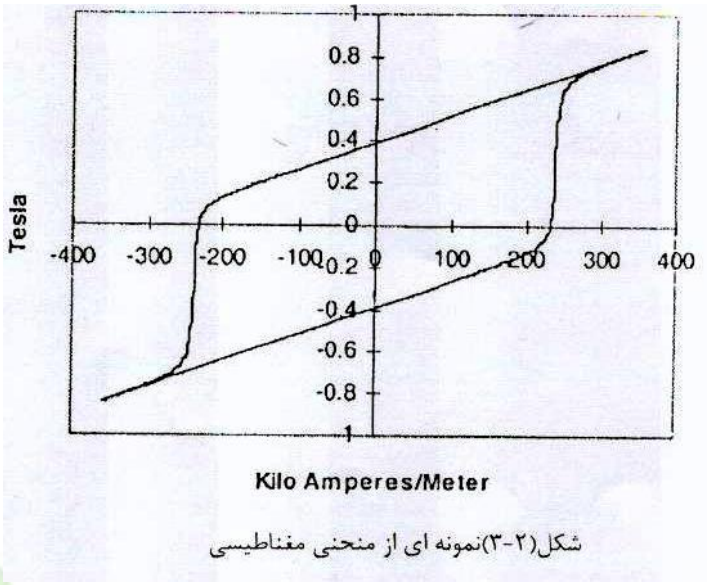
برای ایجاد میدان مغناطیسی از مغناطیس دائم استفاده کردند. این مغناطیسهای اولیه از جنس فولاد بوده که به علت عدم قابلیت لازم تبدیل انرژی را تنها در مقیاسهای پایین میسر می ساخت. این ایراد سبب گردید که در نسل بعدی ماشینهای الکتریکی به جای مغناطیس از سیم پیچ های مسی و هسته هایی از آهن نرم استفاده شد و مغناطیس دائم به طور موقت از ساختمان ماشینها حذف گردید. در سال ۱۹۳۱ با ساختن آلنیکو (آلیاژ آهن ، نیکل ، کبالت و آلومینیوم) در ژاپن، بار دیگر ایده استفاده از مغناطیس دائم در ساختمان ماشینهای الکتریکی مطرح گردید. یک موتور DC با مغناطیس دائم، موتوری است که قطبهایش از آهنربا تشکیل شده است. این ماشین اساساً یک موتور DC شنت است که مدار میدان با آهنربای دائمی جایگزین شده است. گاهی در بارهای کوچک از این موتور بجای موتور شنت استفاده می شود، چون از پیچیدگی کمتری برخودار هستند. طبق تعریف، فلوی یک موتور DC با آهنربای دائم و ثابت است، از این رو سرعت این گونه موتورها را نمی توان به روش تغییر جریان یا فلوی میدا تحت کنترل درآورد. تنها روشهایی که برای کنترل سرعت موتورهای DC با آهنربای دائم می توان به کار برد تغییر ولتاژ آرمیچر و مقاومت آرمیچر است.

۲-۵) دسته بندی مواد مغناطیس دائم بر اساس مساحت حلقه هیستزیس آنها

۱ – مواد مغناطیسی نرم: افت پسماند بستگی به مساحت حلقه هیسترزیس دارد لذا هسته مغناطیسی مورد استفاده در میدانهای متناوب از موادی ساخته می شود که حلقه پسماند آنها باریک است. به این مواد، مواد مغناطیسی نرم گویند.

۲ – مواد مغناطیسی سخت: این مواد در غیاب میدانهای مغناطیسی خارجی، دو قطبی های هم راستا داشته و دارای حلقه پسماند پهن می باشند.

در مواد مغناطیسی سخت این چگالی پسماند باقی می ماند مغناطیس های دائم (PMها) مواد مغناطیسی سخت می باشند.



شکل(۲-۳)نمونه ای از منحنی مغناطیسی

۲-۶) پارامترهای مهم یک مغناطیس دائم

یک مغناطیس دائم در ربع دوم حلقه هیسترزین مورد استفاده قرار می گیرد. در این ربع جهت شدت میدان مغناطیسی H و چگالی شار B عکس یکدیگرند. منحنی B-H در ربع دوم را منحنی مغناطیس زدایی می نامند پارامترهای یک مغناطیس دائم عبارتند از:

۲-۶-۱) چگالی شار پسماند (B_r) و نیروی بازدارنده (H_c)

اگر یک مغناطیس دائم تا حد اشباع مغناطیس شود و سپس شدت میدان مغناطیسی آن تا صفر کاهش یابد، مغناطیس همچنان خاصیت خود را حفظ کند. چگالی شار در این نقطه از منحنی B-H را چگالی شار پسماند می نامند و آن را با B_r نشان می دهند چنانچه شدت میدان مغناطیسی در جهت معکوس افزایش یابد در نقطه ای از منحنی B-H چگالی شار صفر خواهد شد. شدت میدان مغناطیسی در این نقطه را نیروی خنثی کننده یا بازدارنده مغناطیسی می نامند و آن را با H_c نشان

می دهند. نیروی بازدارنده در واقع اندازه MMF مورد نیاز برای مغناطیس زدایی مغناطیسی می باشد.

۲-۶-۲) انرژی دریافتی و انرژی دریافتی ماکزیمم

قدر مطلق حاصل ضرب چگالی شار مغناطیسی B در شدت مغناطیسی H در هر نقطه از منحنی مغناطیس زدایی را انرژی دریافتی می نامند که نمایانگر چگالی انرژی در یک PM می باشد. مقدار بیشینه ممکن حاصل ضرب فوق را انرژی دریافتی ماکزیمم می نامند. واحد انرژی دریافتی J/m^3 می باشد. حجم مورد نیاز مغناطیس را می توان با تنظیم نقطه کار آن حول نقطه انرژی دریافتی ماکزیمم حداقل کرد. بنابراین انتخاب ماده ای با بیشترین انرژی دریافتی ممکن برای یک کاربرد خاص، کمترین حجم ماده مغناطیسی مورد نیاز را خواهد داشت.

۲-۶-۳) درجه حرارت کوری

با افزایش درجه حرارت، خواص مغناطیسی مغناطیس های دائم (PMها) تضعیف می شود. دمای کوری دمایی است که در آن ، ماده خواص مغناطیسی خود را از دست می دهد و برای استفاده باید دوباره مغناطیس شود.

۲-۶-۴) پایداری مواد مغناطیس دائم

هدف عمده از بکارگیری مواد مغناطیس دائم، بدست آوردن شار ثابت برای مدت زمانی طولانی است. ولی تقریباً در تمامی وسائل، شرایطی به وجود می آید که شار دریافتی از مغناطیس دائم، تضعیف می گردد. چنانچه نوع و اندازه عوامل تغییر دهنده شار مشخص باشد می توان میزان تغییرات شار را پیش بینی کرد. دو عامل دما و میدانهای مغناطیس زدایی خارجی تاثیر عمده در پایداری ماده مغناطیسی دارند.

۲-۶-۵) تاثیر دما بر مواد مغناطیس

تغییرات ناشی از دما عموماً پیچیده و کنترل آن مشکل است. رابطه بین خاصیت مغناطیسی مواد و دما قابل پیش بینی است و در برخی موارد می توان شکل منحنی B را بر حسب دما با دانستن ساختار مغناطیسی ماده محاسبه نمود. ولی در اکثر موارد، مقادیر B برحسب دما مستقیماً اندازه گیری می شود. در کلیه مواد، با افزایش دما پسماند مغناطیسی (B_r) کاهش می یابد. تغییرات B با دما، به اندازه قطعه، میدان درونی و ساختار ماده بستگی دارد. همان گونه که ذکر شد در دمای کوری مغناطیسهای دائم خاصیت مغناطیسی خود را از دست می دهند و برای استفاده مجدد از آنها باید دوباره مغناطیس شوند. همچنین ساختار کریستالی اغلب مواد PM در درجه حرارت خاصی تغییر می کند، به گونه ای که ماده مغناطیسی برای همیشه خواص فرو مغناطیسی خود را از دست می دهد و حالت پارامغناطیسی پیدا می کند. به این دلایل برای مغناطیسها بالاترین دما مجاز کار تعیین می گردد که کمتر از دو مقدار فوق می باشد.

WikiPower.ir

۲-۷) دسته بندی مواد مغناطیس دائمی که در موتورهای سرعت بالا بکار می رود

۲-۷-۱) آلنیکو (Alnico)

اولین موادی که به صورت تجاری مورد استفاده قرار گرفتند مغناطیس هایی هستند که از آلیاژ آلنیکو به دست می آیند. آلومینیوم، نیکل، آهن و کبالت ترکیب اصلی این آلیاژها را تشکیل می دهند. مهمترین مزایای آلنیکو را می توان در چگالی شار پسماند (B_r) بالای آن و همچنین ضریب حساسیت پایین آن دانست. از دیگر مشخصات مغناطیسی آلنیکو می توان به عملکرد خوب آن در دمای بالا اشاره کرد. آلنیکو به علت نوع ترکیباتش هادی الکتریکی خوبی می باشد. متأسفانه نقطه ضعف این ماده کوچک بودن نیروی بازدارنده آن (H_c) می باشد که باعث می گردد در برابر

میدانهای خارجی بسیار حساس باشد. کاربرد عمده آلنیکو در صنعت در حدود سالهای ۱۹۴۰ تا ۱۹۷۰ بود.

۲-۷-۲) فریتها (Ferrite)

این مواد از ترکیب اکسید آهن و کربنات باریم یا استرانتیم به دست می آیند که اولین بار در سال ۱۹۵۰ پدید آمدند. به علت آن که این مواد بسیار سخت و شکننده می باشند به آنها سرامیک هم گفته می شود. مهمترین مزایای فریتها قیمت پایین آنها و مقاومت الکتریکی و حرارتی بسیار بالا ی آنها می باشد که به معنای عدم وجود تلفات جریانهای گردابی است. حداکثر دمای کاری فریتها برابر ۴۰۰ درجه سانتیگراد است. این مواد نسبت به آلنیکوها نیروی بازدارنده (H_c) بالاتری دارند اما نقطه ضعف این مواد کوچک بودن چگالی شار پسماند (B_r) آنها می باشد.

شکل (۲-۴) دو موتور مغناطیس دائم که مواد مغناطیسی آنها فریت می باشد. ساخت کمپانی Electrfly

همان گونه که در کنار شکل (۲-۴) آورده شده است گستره تغییرات سرعت این موتورها بین 20000 تا 23400RPM تغییر می کند. و برای کار با ولتاژ ۷ تا ۹,۲ ولت طراحی شده اند. و ابعاد آن در حد چند سانتی متر می باشد.

شکل (۲-۵) موتور مغناطیس دائم که مواد مغناطیس آن فریت می باشد. ساخت کمپانی Electrfly

همان گونه که در کنار شکل (۲-۵) درج شده است گستره تغییرات این موتور بین 12.900RPM تا 24.500RPM است. و ابعاد آن بسیار کوچک است.

۲-۷-۳) مواد مغناطیس دائم کمیاب زمینی

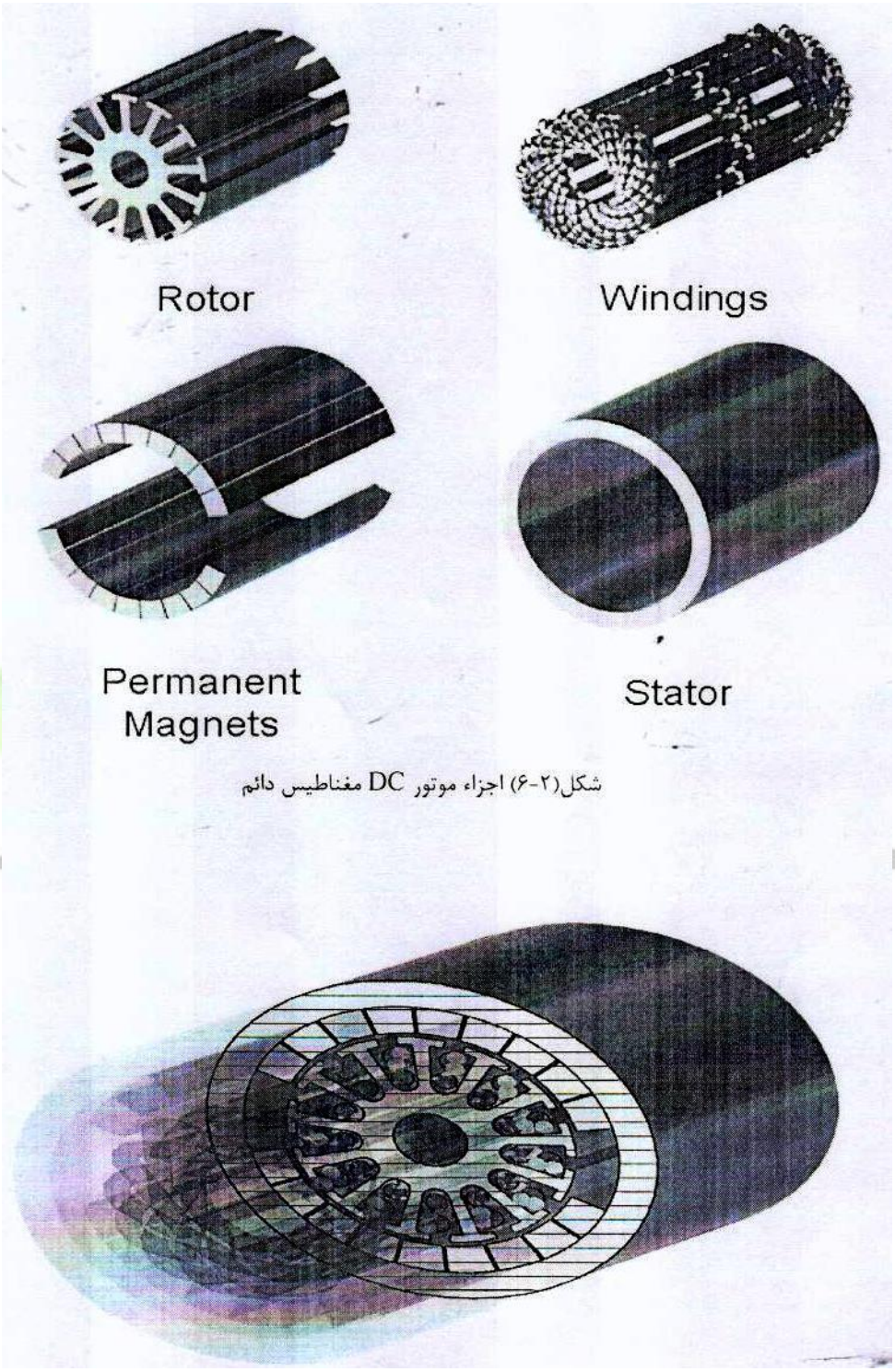
در سال ۱۹۶۰ آهن ربای دائم از آلیاژ کبالت و ساماریم (SmCo) کشف شد. این ماده یک ماده مغناطیس دائم قوی با منحنی مغناطیسی خطی است که این مشخصه سبب ناچیز بودن تلفات میدان می گردد. (شیبی در حدود u ۱,۰۶ دارد.)

از مزایای این مواد می توان به چگالی شار پسماند (B_r) بالا، نیروی بازدارنده (H_c) بالا و انرژی دریافتی زیاد اشاره کرد. نقطه ضعف این مواد خصوصیات ضعیف مکانیکی و شکننده بودن آنهاست. نسل بعدی مواد مغناطیس دائم کمیاب زمینی در سال ۱۹۸۳ معرفی گردید که از ترکیبات نئودیمیم، آهن و برن (NdFeB) می باشد. این مواد علاوه بر مزایای قبلی از نظر مکانیکی نیز قوی هستند و هزینه کمتری نسبت به (SmCo) دارند. در مقابل نقطه ضعف این مواد وابستگی شدید رفتار آنها به دما می باشد.

۲-۸) ماشینهای مغناطیس دائم DC

در ابتدای به کارگیری مغناطیس های دائم از آنها در استاتور ماشینهای DC استفاده می شد. یعنی جایگزین سیم پیچ میدان شد که این امر سبب کمتر شدن وزن و حجم ماشینهای DC و حذف تلفات مسی(ناشی از جریان سیم پیچ میدان) گردید.این ماشینهای جدید PMDC (Permanent Magnet DC Motor) نامیده می شوند. در ماشینهای PMDC کموتاسیون مانند ماشینهای DC معمولی انجام می شود. لازم به ذکر است که عمده کاربرد این موتورها در وسایل زیر دریایی می باشد. اجزاء موتور مغناطیس دائم DC در صحفه بعد آورده شده است.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

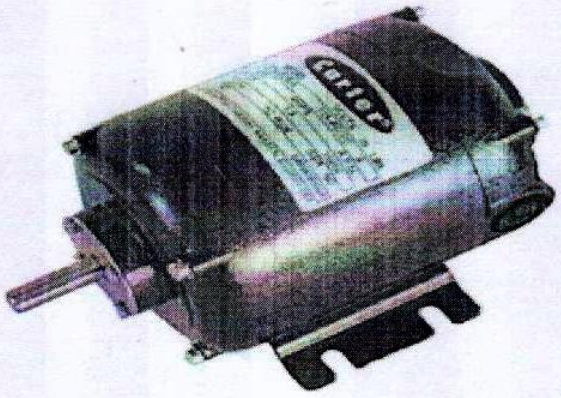


شکل(۲-۶) اجزاء موتور DC مغناطیس دائم

شکل (۲-۷) چگونگی سوار شدن سیم پیچها بر روی روتور و سوار شدن مغناطیس های دائم بر روی استاتور

وجود کموتاتور و جاروبک عمده ترین عیب ماشینهای DC به شمار می رود. وجود این اجزاء باعث می گردد که ماشینهای DC از لحاظ سرعت دچار محدودیت شوند و انجام کموتاسیون به ویژه در جریانهای بالا با اشکال صورت می گیرد و جاروبکها تولید جرقه می کنند و ماشین به نگهداری و تعمیرات منظم نیاز پیدا می کند.

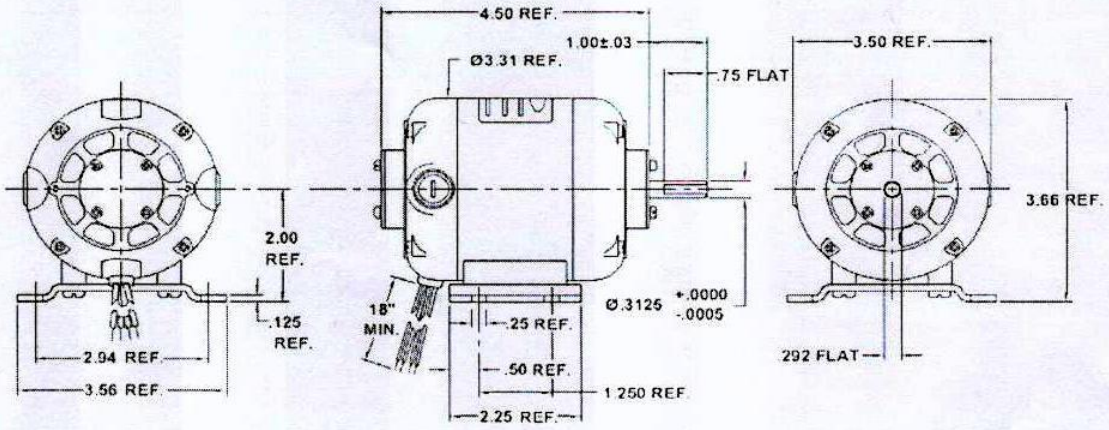
به منظور غلبه بر این مشکلات PM ها از استاتور به روتور منتقل شدند، به این ترتیب ماشینهای PMAC به وجود آمدند. که در فصلهای آینده آنها را مورد بررسی قرار می دهیم.



DC Permanent Magnet Motors

Voltage Range: 6 -240 VDC
Speed Range: 500 RPM-20,000 RPM
HP Range: .015 HP-.5HP

شکل(۲-۸)موتور مغناطیس دائم کلاسیك ساخت کمپاني carter motor



شکل (۲-۹) ابعاد موتور شکل(۲-۸)

نمونه ای از موتور PMAC با برخی مشخصات ساخت کمپانی carter motor :

Model Nember CPA5020F	Volts 115 VAC/DC	Amps 0.65	HP 1/20	RPM 5.000

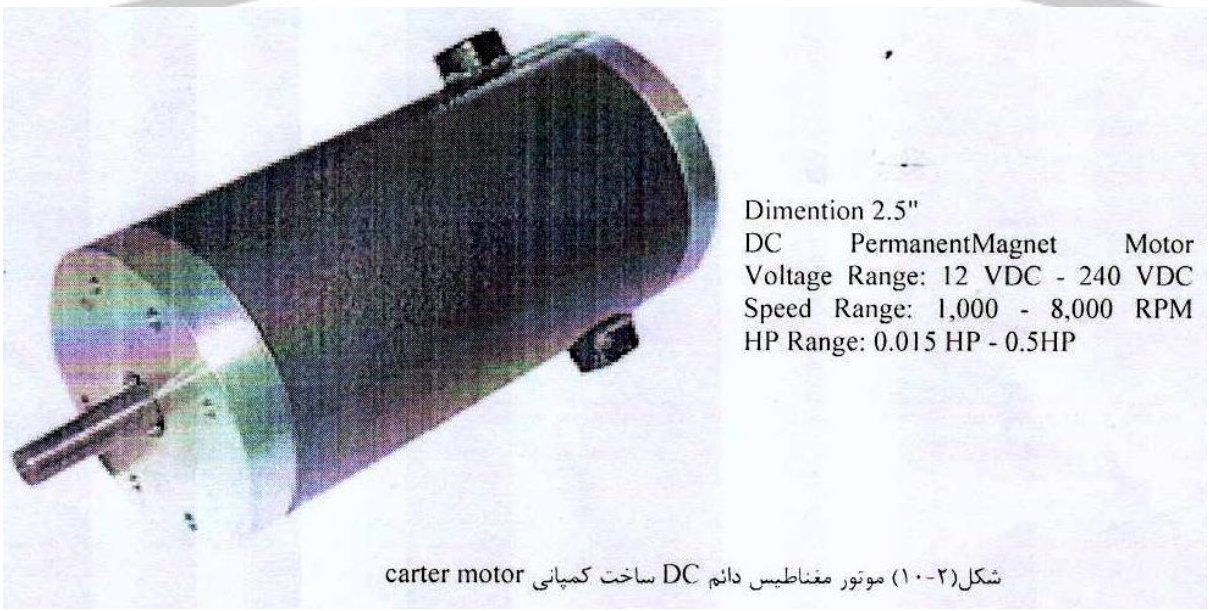
این موتور در موارد زیر کاربرد دارد:

پمپها، مهندسی پزشکی، سانتریفیورژها، تهویه استخرهای شنا، وسایل حمل و نقل، تجهیزات دندان پزشکی، ماشینهای آسیاب، تجهیزات چاپ و غیره .

دارای قابلیتهای مانند کنترل سرعت، گیربکس، سیستم ترمز نرم، پیکربندی شفت چندگانه.

گستره تغییرات سرعت آن بین 500RPM تا 20.000RPM می باشد و قدرت آن بین 0.015HP تا 0.5HP می باشد. و ولتاژ تغذیه آن 6VDC تا 240VDC می باشد.

قطر خارجی استاتور آن 3.3inch می باشد. و قطر شفت آن 5/16inch می باشد.



شکل(۲-۱۰) موتور مغناطیس دائم DC ساخت کمپانی carter motor

همان طور که در کنار شکل آورده شده است. قطر استاتور این موتور 2.5 inch و قطر شفت آن 5/6 inch می باشد، دارای گستره تغییرات سرعت 1000 RPM تا 8000RPM و گستره تغییرات ولتاژ تغذیه بین 12VDC تا 240VDC و قدرت آن بین 0.015HP تا 0.5HP می باشد.

در جدول زیر دو نمونه موتور مغناطیس دائم DC با سریال و برخی مشخصات آورده شده است:

جدول (۲-۳)

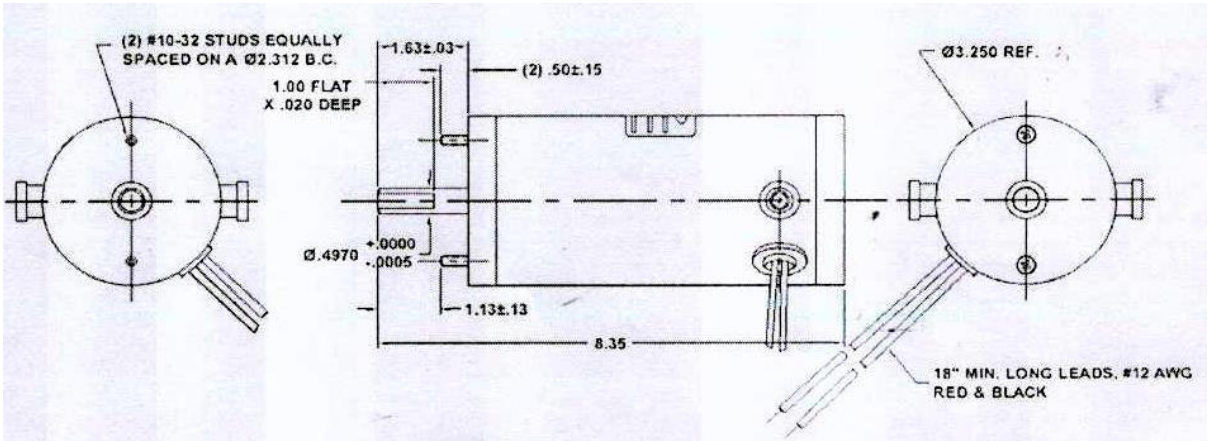
Model Number	Volts	HP	Amps	RPM
2502-04	24 VDC	0.10	1.0	1.600
2502-05	115VDC	0.24	7.0	8.000

در این جدول (۳-۲) فقط موتور با شماره سریال 2502-05 که به لحاظ قدرت بسیار کوچک می باشد. و از نظر سرعت جزء موتورهای با سرعت زیاد می باشد.

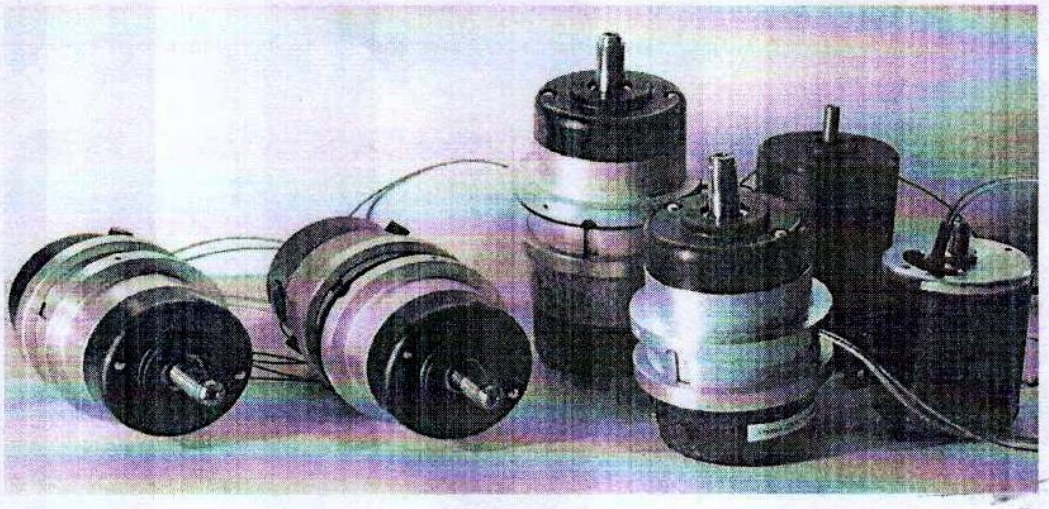
این موتور در وسایل پزشکی، اسباب بازی ها، تجهیزات زیر آب، تجهیزات چاپ، وسایل شمارش پول، ماشینهای برقی کاربرد دارد. و دارای سیستم کنترل سرعت، و محفظه ای که در مقابل آب محافظ می باشد و دارای سیستم ترمز نرم و دارای دو شفت اضافی می باشد.

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل(۲-۱۱) ابعاد موتور شکل (۲-۱۰)



شکل (۲-۱۲)نمونه هایی از موتورDC مغناطیس دائم

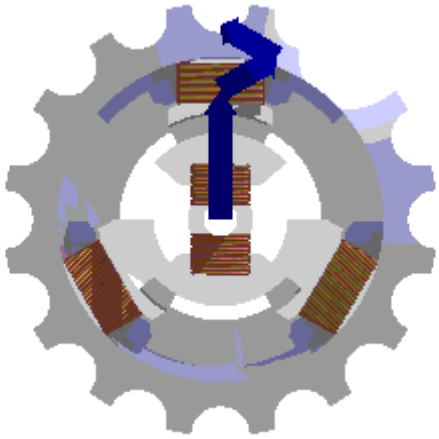
برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل سوم

موتورهای القایی

WikiPower.ir

۱-۳)موتور الکتریکی



میدان مغناطیسی چرخنده به عنوان مجموعی از بردارهای مغناطیسی کوئل‌های سه‌فازه.

تصویر چند نوع موتور

موتور الکتریکی، نوعی ماشین الکتریکی است که الکتریسیته را به حرکت مکانیکی تبدیل می‌کند. عمل عکس آن که تبدیل حرکت مکانیکی به الکتریسیته‌است، توسط ژنراتور انجام می‌شود. این دو وسیله بجز در عملکرد، مشابه یکدیگر هستند. اکثر موتورهای الکتریکی توسط الکترومغناطیس کار

می‌کنند، اما موتورهایی که بر اساس پدیده‌های دیگری نظیر نیروی الکترواستاتیک و اثر پیزوالکتریک کار می‌کنند، هم وجود دارند.

ایده کلی این است که وقتی که یک ماده حامل جریان الکتریسیته تحت اثر یک میدان مغناطیسی قرار می‌گیرد، نیرویی بر روی آن ماده از سوی میدان اعمال می‌شود. در یک موتور استوانه‌ای، چرخانه (روتور) به علت گشتاوری که ناشی از نیرویی است که به فاصله‌ای معین از محور چرخانه به چرخانه اعمال می‌شود، می‌گردد.

اغلب موتورهای الکتریکی دوار هستند، اما موتور خطی هم وجود دارند. در یک موتور دوار بخش متحرک (که معمولاً درون موتور است) چرخانه یا روتور و بخش ثابت ایستانه یا استاتور خوانده می‌شود. موتور شامل آهنرباهای الکتریکی است که روی یک قاب سیم پیچی شده‌است. گر چه این قاب اغلب آرمیچر خوانده می‌شود، اما این واژه عموماً به غلط بکار برده می‌شود. در واقع آرمیچر آن بخش از موتور است که به آن ولتاژ ورودی اعمال می‌شود یا آن بخش از ژنراتور است که در آن ولتاژ خروجی ایجاد می‌شود. با توجه به طراحی ماشین، هر کدام از بخش‌های چرخانه یا ایستانه می‌توانند به عنوان آرمیچر باشند.

۱-۱-۱-۱- ۳-۲)اصل ساخت اولیه و کاربری

مانند بیشتر موتورها , یک موتورهای القایی AC یک قسمت ثابت بیرونی به نام استاتور و یک روتور که در درون آن می چرخد دارند , که میان آندو یک فاصله دقیق کارشناسی شده وجود دارد.به طور مجازی همه موتورهای الکتریکی از میدان مغناطیسی دوار برای گرداندن روتورشان استفاده می کنند.یک موتور سه فاز القایی AC تنها نوعی است که در آن میدان مغناطیسی دوار به طور طبیعی

بوسیله استاتور به خاطر طبیعت تغذیه گر آن تولید می شود.در حالی که موتورهای DC به وسیله ای الکتریکی یا مکانیکی برای تولید این میدان دوار نیاز دارند.یک موتور القایی AC تک فاز نیازمند یک وسیله الکتریکی خارجی برای تولید این میدان مغناطیسی چرخشی است. در درون هر موتور دو سری آهنربای مغناطیسی تعبیه شده است.در یک موتور القایی AC یک سری از مغناطیس شونده‌ها به خاطراینکه تغذیه AC به پیچه‌های استاتور متصل است در استاتور تعبیه شده اند.بخاطر طبیعت متناوب تغذیه ولتاژ AC بر اساس قانون لنز نیرویی الکترومغناطیسی به روتور وارد می‌شود (درست شبیه ولتاژی که در ثانویه ترانسفورماتور القا می شود).بنابر این سری دیگر از مغناطیس شونده‌ها خاصیت مغناطیسی پیدا می کنند.-نام موتور القایی از اینجاست-.تعامل میان این مگنت‌ها انرژی چرخیدن یا تورک (گشتاور) را فراهم می آورد.در نتیجه موتور در جهت گشتاو بوجود آمده چرخش می کند.

۱-۱-۱-۲- ۳-۳)استاتور

استاتور از چندین قطعه باریک آلومینیم یا آهن سبک ساخته شده است.این قطعات بصورت یک سیلندر تو خالی به هم منگنه و محکم شده اند(هسته استاتور) از شیارهایی تشکیل شده اند.سیم پیچهایی از سیم روکش دار در این شیارها جاسازی شده اند.هر گروه پیچه با هسته ای که آن را فرا گرفته یک آهنربای مغناطیسی (با دو پل) را برای کار کردن با تغذیه AC شکل می دهد.تعداد قطبهای یک موتور القایی AC به اتصال درونی پیچه‌های استاتوربستگی دارد.پیچه‌های استاتور مستقیما به منبع انرژی متصل اند.آنها به صورتی متصل اند که با برقراری تغذیه AC یک میدان مغناطیسی چرخنده تولید می شود.

۱-۱-۱-۳- ۴-۳)روتور

روتور از چندین قطعه مجزای باریک فولادی که میانشان میله هایی از مس یا آلومینیم تعبیه شده ساخته شده است.در رایج‌ترین نوع روتور (روتور قفس سنجابی) این میله‌ها در انتهای خود به صورت الکتریکی و مکانیکی بوسیله حلقه هایی به هم متصل شده اند.تقریبا ۹۰ درصد از موتورهای القایی دارای روتور قفس سنجابی می باشند و این به خاطر آن است که این نوع روتور ساختی مستحکم و ساده دارد.این روتور از هسته ای چند تکه استوانه ای با محوری که شکافهای موازی برای جادادن رساناها درون آن دارد تشکیل شده است.هر شکاف یک میله مسی یا آلومنیومی یا آلیاژی را شامل می شود.در این میله‌ها به طور دائمی بوسیله حلقه‌های انتهایی آنها همچنان که در شکل دو مشاهده می‌شود مدار کوتاه برقرار است.چون این نوع مونتاژ درست شبیه قفس سنجاب است , این نام برای آن انتخاب شده است.میله ای روتور دقیقا با محور موازی نیستند.در عوض به دو دلیل مهم قدری مورب نصب می شوند. دلیل اول آنکه موتور با کاهش صوت مغناطیسی بدون صدا کارکرده و برای آنکه از هارمونیکها در شکافها کاسته شود. دلیل دوم آن است که گرایش روتور به هنگ کردن کمتر شود.دندانه‌های روتور به خاطر جذب مغناطیسی مستقیم (محض) تلاش می کنند که در مقابل دندانه‌های استاتور باقی بمانند.این اتفاق هنگامی می افتد که تعداد دندانه‌های روتور و استاتور برابر باشند. روتور بوسیله مهار هایی در دو انتها روی محور نصب شده ; یک انتهای محور در حالت طبیعی برای انتقال نیرو بلندتر از طرف دیگر گرفته می شود.ممکن است بعضی موتورها محوری فرعی در طرف دیگر(غیر گردنده - غیر منتقل کننده نیرو) برای اتصال دستگاههای حسگر حالت(وضعیت) و سرعت داشته باشند.بین استاتور و روتور شکافی هوایی موجود است.بعلت القا انرژی از استاتور به

روتور منتقل می شود.تورک تولید شده به روتور نیرو داده و سپس برای چرخیدن به آن نیرو می کند.صرف نظر از روتور استفاده شده قواعد کلی برای دوران یکی است.

۱-۲- ۳-۵)انواع موتورهای القایی

عموما دسته بندی موتورهای القای براساس تعداد پیچه‌های استاتور است که عبارتند از:

- موتورهای القایی تک فاز
- موتورهای القایی سه فاز

۱-۲-۱- ۳-۶)موتورهای القایی تک فاز

احتمالا بیشتر از کل انواع موتورها از موتورهای القایی AC تک فاز استفاده می شود.منطقی است که باید موتورهای دارای کمترین گرانی و هزینه نگه داری بیشتر استفاده شود. موتور القایی AC تک فاز بهترین مصداق این توصیف است.آن طور که از نام آن برمیاید این نوع از موتور تنها یک پیچه (پیچه اصلی) دارد و با یک منبع تغذیه تک فاز کار می کند.در تمام موتورهای القایی تک فاز روتور از نوع قفس سنجابی است. موتور القایی تک فاز خود راه انداز نیست.هنگامی که موتور به یک تغذیه تک فاز متصل است پیچه اصلی دارای جریانی متناوب می شود.این جریان متناوب میدان مغناطیسی ای ضربانی تولید می کند.بسبب القا روتور تحریک می شود.چون میدان مغناطیسی اصلی ضربانی است تورکی که برای چرخش موتور لازم است بوجود نمی آید و سبب ارتعاش روتور و نه چرخش آن می شود.از این رو موتور القایی تک فاز به دستگاه آغاز گری نیاز داردکه می تواندضربات آغازی را برای چرخش موتور تولید کند. دستگاه آغاز گر موتورهای القایی تک فاز اساسا پیچه ای اضافی در استاتور است (پیچه کمکی) که در شکل سه نشان داده شده است.پیچه استارت می تواند

دارای خازنهای سری ویا سوئیچ گریز از مرکز باشد.هنگامی که ولتاژ تغذیه برقرار است جریان در پیچه اصلی بسبب مقاومت پیچه اصلی ولتاژتغذیه را افت میدهد (ولتاژ به جریان تبدیل می شود).در همین حین جریان در پیچه استارت بسته به مقاومت دستگاه استارت به افزایش ولتاژ تغذیه تبدیل می شود.فعل و انفعال میان میدانهای مغناطیسی که پیچه اصلی و دستگاه استارت می سازند میدان برایندی میسازند که در جهتی گردش می کند.موتور گردش را در جهت این میدان برایند آغاز میکند. هنگامی که موتور به ۷۵ درصد دور مجاز خود می رسد یک سوئیچ گریز از مرکز پیچه استارت را از مدار خارج می کند.از این لحظه به بعد موتور تک فاز می تواند تورک کافی را برای ادامه کارکرد خود نگه دارد. بجز انواع خاص دارای Capacitor start / capacitor run عموماهمه موتورهای تک فاز فقط برای کاربری‌های بالای ۴/۳ hp استفاده می شوند. بسته به انواع تکنیکهای استارت موتورهای القایی تک فاز AC در دسته بندی ای وسیع آن گونه که در شکل زیر توصیف شده قرار دارند.

WikiPower.ir

۱-۲-۱-۱- موتور القایی AC فاز شکسته

موتور فاز شکسته همچنین به عنوان Induction start/Induction run (استارت القایی/کارکرد القایی)هم شناخته می‌شود که دو پیچه دارد.پیچه استارت از سیم نازکتر و تعداد دور کمتر نسبت به پیچه اصلی برای بوجود آوردن مقاومت بیشتر ساخته شده است.همچنین میدان پیچه استارت در زاویه ای غیر از آنچه که پیچه اصلی دارد قرار می گیرد که سبب آغاز چرخش موتور می شود.پیچه اصلی که از سیم ضخیم تری ساخته شده است موتور را همیشه درحالت چرخش باقی نگه می دارد. تورک آغازین کم است مثلا ۱۰۰ تا ۱۷۵ درصد تورک ارزیابی شده.موتور برای استارت جریانی زیاد طلب می کند.تقریبا ۷۰۰ تا ۱۰۰۰ درصد جریان ارزیابی شده.تورک

بیشینه تولید شده نیز در محدوده ۲۵۰ تا ۳۵۰ درصد از تورک براوردشده می باشد.(برای مشاهده منحنی سرعت – گشتاور به شکل ۹نگاه کنید). کاربریهای خوب برای موتورهای فاز شکسته شامل سمباده (آسیاب)های کوچک , دمنده‌ها و فنهای کوچک و دیگر دستگاههایی با نیاز به تورک آغازین کم با و نیاز به قدرت ۲۰/۱ تا ۳/۱ اسب بخار می باشد.از استفاده از این موتورها در کاربریهایی که به دوره‌های خاموش و روشن و گشتاور زیاد نیازدارند خود داری نمایید.

۱-۲-۱-۲- موتور القایی با استارت خازنی

این نوع , موتور اصلاح شده فاز شکسته با خازنی سری با آن برای بهبود استارت است.همانند موتور معمولی فاز شکسته این نوع موتور یک سوئیچ گریز از مرکز داشته که هنگامی که موتور به ۷۵ درصد سرعت ارزیابی شده می رسد , پیچه استارت را از مدار خارج می نماید.از آنجا که خازن با مدار استارت موازی است , گشتاور استارت بیشتری تولید می‌کند , معمولاً در حدود ۲۰۰ تا ۴۰۰ درصد گشتاور ارزیابی شده.و جریان استارت معمولاً بین ۴۵۰ تا ۵۷۵ درصد جریان ارزیابی شده است.که بسیار کمتر از موتور فاز شکسته و بعلت سیم ضخیمتر در مدار استارت است. نوع اصلاح شده ای از موتو با استارت خازنی ، موتور با استارت مقاومتی است.در این نوع موتور خازن استارت با یک مقاومت جایگزین شده است.موتور استارت مقاومتی در کاربریهایی مورد استفاده قرار می گیرد که میزان گشتاور استارتینگی کمتر از مقداری که موتور استارت خازنی تولید می‌کند لازم است.صرف نظر از هزینه این موتور امتیازات عمده ای نسبت به موتور استارت خازنی ندارد. این موتورها در انواع مختلف کاربریهای پولی و تسمه ای مانند تسمه نقاله‌های کوچک , پمپها و دمنده‌های بزرگ به خوبی بسیاری از خود گردانها و کاربریهای چرخ دنده ای استفاده می شوند.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۱-۲-۱-۳- موتورهای AC القایی با خازن دائمی اسپلیت

این موتور (PSC) نوعی خازن دائما متصل به صورت سری به پیچه استارت دارد.این کار سبب آن می‌شود که پیچه استارت تازمانی که موتور به سرعت چرخش خود برسد بصورت پیچه ای کمکی عمل کند.از آنجا که خازن عملکرد اصلی , باید برای استفاده مداوم طراحی شده باشد , نمیتواند توان استارتی معادل یک موتور استارت خازنی ایجاد نماید.گشتاور استارت یک موتور (PSC) معمولاً کم و در حدود ۳۰ تا ۱۵۰ درصد گشتاور ارزیابی شده است.موتورهای (PSC) جریان استارتی پایین , معمولاً در کمتر از ۲۰۰ درصد جریان برآورد شده دارند که آنها را برای کاربریهایی با سرعتهای دارای چرخه‌های خاموش روشن بالا بسیار مناسب میسازد.برای منحنی سرعت – گشتاور به شکل ۹ مراجعه کنید. موتورهای PSC امتیازات فراوانی دارند.طراحی موتور براحتی برای استفاده با کنترل کننده‌های سرعت میتواند اصلاح شود.همچنین می توانند برای بازدهی بهینه و ضریب توان بالا در فشار برآورد شده طراحی شوند.آنها به عنوان قابل اطمینان‌ترین موتور تک فاز مطرح میشوند.مخصوصا به این خاطر که به سوئیچ گریز از مرکز نیازی ندارند. موتورهای PSC بسته به طراحیشان کاربری بسیار متنوعی دارند که شامل فنها , دمنده‌ها با نیاز به گشتاور استارت کم و چرخه‌های کاری غیر دائمی مانند تنظیم دستگاهها (طرز کارها) , عملگرها و بازکننده‌های درب گاراژها میشود.

۱-۲-۱-۴- موتورهای AC القایی استارت با خازن/ کارکرد با خازن

این موتور , همانند موتور با استارت خازن , خازنی از نوع استارتی در حالت سری با پیچه کمکی برای گشتاور زیاد استارت دارد.همچنین مانند یک موتور PSC خازنی از نوع کارکرد که درکنار

خازن استارت در حالت سری با پیچه کمکی است که بعد از شروع به کار موتور از مدار خارج می شود.این حالت سبب بوجود آمدن گشتاوری در حد اضافی می شود. این نوع موتور می تواند ... و بازده بیشتر طراحی شود.این موتور بخاطر خازنهای کارکرد و استارت و سوئیچ گریز از مرکز آن پرهزینه است. این موتور می تواند در بسیاری از کاربریهایی که از هرموتور تک فاز دیگری انتظار میرود استفاده شود.این کاربریها شامل ماشینهای مرتبط با چوب , کمپرسورهای هوا , پمپهای آب فشار قوی , پمپهای تخلیه و دیگر کاربردهای نیازمند گشتاورهای بالا در حد ۱ تا ۱۰ اسب بخار می شوند.

۱-۲-۱-۵- موتور القایی AC با قطب سایه دار

موتورهای با قطب سایه دار فقط یک پیچه اصلی دارند و پیچه استارت ندارند.استارت خوردن بوسیله طرح خاص آن که حلقه پیوسته مسی ای را دور قسمت کوچکی از هر قطب موتور حلقه می‌کند انجام می شود.این سایه که قطب را دو تکه می‌کند سبب می‌شود که میدان مغناطیسی ای ضعیفتر در ناحیه سایه خورده نسبت به قسمت دیگر و در کنار آن بوجود آید.تعامل میان میدانها محور را به چرخش وامی دارد. چون موتور با قطب سایه خورده پیچه استارت , سوئیچ استارت ویا خازن ندارد از نظر الکتریکی ساده و ارزان است.همچنین سرعت آن راصرفا با تغییر ولتاژ یا بوسیله یک پیچه با چند دور مختلف می توان کنترل کرد. ساخت موتور با قطب سایه خورده از نظر مکانیکی اجازه تولید انبوه را میدهد.درحقیقت این موتورها به موتورهای یک بار مصرف معروفند.بدین معنی که جایگزین کردن آنها ارزانتر از تعمیر آنهاست. موتورهای با قطب سایه دار بسیاری مشخصات مثبت دارند.اما چندین مورد بی فایدگی هم دارند.گشتاور استارت کم آن معمولاً ۲۵ تا ۷۵ درصد گشتاور برآوردی است.این موتور موتوری با اتلاف بالاست که سرعتی حدود ۷ تا ۱۰ درصد سرعت سنکرون دارد.عموما

بازده این نوع موتور بسیار پایین است (زیر ۲۰ درصد). هزینه اولیه پایین آن را برای قدرت کمتر یا کاربردهای با کار کمتر مناسب می سازد.شاید وسیعترین استفاده از آنها در فنهای چند سرعته برای استفاده خانگی است.ولی گشتاور کم موتور دارای قطب سایه دار را برای بیشتر کاربریهای صنعتی یا تجاری که در آنها کار مداوم یا چرخه‌های گردش بیشتر معمول است غیر قابل استفاده می کند.

۱-۲-۲- ۳-۷)موتورهای AC سه فاز

برای کاربردهای نیازمند به توان بالاتر، از موتورهای القایی سه فاز AC (یا چند فاز) استفاده می‌شود. این موتورها از اختلاف فاز موجود بین فازهای تغذیه چند فاز الکتریکی برای ایجاد یک میدان الکترومغناطیسی دوار درونشان، استفاده می‌کنند. اغلب، روتور شامل تعدادی هادی‌های مسی است که در فولاد قرار داده شده‌اند. از طریق القای الکترومغناطیسی میدان مغناطیسی دوار در این هادی‌ها القای جریان می‌کند، که در نتیجه منجر به ایجاد یک میدان مغناطیسی متعادل کننده شده و موجب می‌شود که موتور در جهت گردش میدان به حرکت در آید.

این نوع از موتور با نام موتور القایی معروف است. برای اینکه این موتور به حرکت درآید بایستی همواره موتور با سرعتی کمتر از بسامد منبع تغذیه اعمالی به موتور، بچرخد، چرا که در غیر این صورت میدان متعادل کننده‌های در روتور ایجاد نخواهد شد. استفاده از این نوع موتور در کاربردهای ترکشن نظیر لوکوموتیوها، که در آن به موتور ترکشن آسنکرون معروف است، روز به روز در حال افزایش است. به سیم پیچهای روتور جریان میدان جدایی اعمال می‌شود تا یک میدان مغناطیسی پیوسته ایجاد شود، که در موتور همزمان وجود دارد، موتور به صورت همزمان با میدان مغناطیسی دوار ناشی از برق AC سه فاز، به گردش در می‌آید. موتورهای همزمان (سنکرون) را می‌توانیم به عنوان مولد جریان هم بکار برد.

سرعت موتور AC در ابتدا به فرکانس تغذیه بستگی دارد و مقدار لغزش، یا اختلاف در سرعت چرخش بین چرخانه و میدان ایستانه، گشتاور تولیدی موتور را تعیین می‌کند. تغییر سرعت در این نوع از موتورها را می‌توان با داشتن دسته سیم پیچها یا قطبهایی در موتور که با روشن و خاموش کردنشان سرعت میدان دوار مغناطیسی تغییر می‌کند، ممکن ساخت. به هر حال با پیشرفت الکترونیک قدرت می‌توانیم با تغییر دادن بسامد منبع تغذیه، کنترل یکنواخت تری بر روی سرعت موتورها داشته باشیم.

۱-۲-۱-۲-۱-۷-۳)موتور قفس سنجابی

تقریبا ۹۰ درصد موتورهای القایی AC سه فاز از این نوعند.که روتور آنها از نوع قفس سنجابی است که در ابتدا توضیح داده شد.محدوده‌های طبقه بندی نیروی آنها از یک سوم تا چند صد اسب بخار است.موتورهای این نوعی که در دسته یک اسب بخار به بالا اند در مقایسه با مشابه‌های تک فاز کم هزینه ترند و میتوانند در استارت در فشارهای سنگینتر بکار کنند.

۱-۲-۱-۲-۲-۷-۳)موتور با روتور پیچشی

موتور با حلقه لغزان یا موتور روتور پیچشی نوعی از موتور القایی قفس سنجابی است.درحالی که استاتور در این موتور همانند موتور قفس سنجابی است یک سری از پیچه‌ها را روی روتور خود دارد که در حالت مدارکوتاه نیستند ولی به یک سری از رینگهای لغزان ختم می شوند.این پیچه‌ها در اضافه کردن مقاومتها و خازنهای خارجی سودمندند.اسلیپ لازم برای تولید گشتاور بیشینه نهایی مستقیما با مقاومت روتور متناسب است.در موتور با حلقه لغزان مقاومت موثر روتور با اضافه کردن مقاومت خارجی میان حلقه‌های لغزان کاهش میابد. بنابراین امکان بدست آوردن لغزش بیشتر و

همچنین گشتاور بیشینه نهایی در سرعتهای کمتر وجود دارد. یک مقاومت خارجی می تواندر سرعت تقریبا صفر را نتیجه دهد که گشتاور بیشینه نهایی بسیار زیادی با جریان استارت کم را تولید می کند.هنگامی که موتور شتاب می گیرد مقدار مقاومت می تواند کاهش یابد تا مشخصات موتور برای کارهایی با فشار زیاد مناسب شود.هنگامی که موتور به سرعت اصلی میرسد خازنهای خارجی از مدار خارج می شوند و این بدین معنی است که اکنون موتور به عنوان یک موتور القایی استاندارد کار می کند. این نوع موتور برای فشارهای مانا (کارهایی با فشار ثابت) که درآنها گشتاور نهایی باید در سرعت تقریبا صفر تولید شده و موتور درکمترین زمان و با کمترین مصرف جریان تا سرعت بیشینه شتاب گیرد ایده آل است. قسمت پایینی موتور با حلقه لغزان که در آن حلقه‌ها به همراه مجموعه براشها است به نگهداری منظم نیاز داردکه از نظر قیمت , استاندارد بودن آن را به عنوان یک موتور قفس سنجابی غیر ممکن می کند.اگر پیچه‌ها کوتاهتر شوده و استارت زده شود معمولاً جریان بالااز روتور در حالت متوقف عبورمی کند که در حد ۱۴۰۰ درصد است.درحالیکه در این حالت درآن گشتاوری در حد ۶۰درصد تولید مینماید که در بسیاری از کاربریها چنین امکان پشتیبانی چنین چیزی نیست.با تغییر مقاومتهای روتور منحنی سرعت گشتاور تعدیل می گرددکه بدان وسیله سرعتی که درآن موتور در فشاری مخصوص کارمی کند تعدیل می شود.ظرفیت تکمیل فشار میتواند سرعت را تا ۵۰درصد سرعت سنکرون کاهش دهد.خصوصا هنگامی که فشار , از انواعی با نیاز به گشتاور – سرعتهای مختلف مثل پرسهای چاپ یا کمپرسورها است.کاهش سرعت تا زیر ۵۰درصد بازده را به خاطر اتلاف انرژی در مقاومتها به شدت کاهش میدهد.این نوع موتور در کاربریهایی با چرخش با گشتاور و سرعتهای مختلف مانند پرسهای چاپ , کمپرسورها , تسمه نقاله‌ها , بالابرنده‌ها و آسانسورها مورد استفاده قرار می گیرد.

۱-۳- ۳-۷-۳)موتورهای پله‌ای

نوع دیگری از موتورهای الکتریکی موتور پله‌ای است، که در آن یک روتور درونی، شامل آهنرباهای دائمی توسط یک دسته از آهنرباهایی با کنترل الکترونیکی روشن و خاموش شدن خارجی، کنترل می‌شود. یک موتور پله‌ای ترکیبی از یک موتور الکتریکی DC و یک سلونوئید است. موتورهای پله‌ای ساده توسط بخشی از یک سیستم دنده‌ای در حالتهای موقعیتی معینی قرار می‌گیرند، اما موتورهای پله‌ای نسبتاً کنترل شده، می‌توانند بسیار آرام بچرخند. موتورهای پله‌ای کنترل شده با رایانه یکی از فرم‌های سیستم‌های تنظیم موقعیت است، بویژه وقتی که بخشی از یک سیستم دیجیتال دارای کنترل فرمان یار باشند .

۱-٤- ۳-۷-۴)موتورهای خطی

یک موتور خطی اساساً یک موتور الکتریکی است که از حالت دوار در آمده تا بجای اینکه یک گشتاور (چرخش) گردشی تولید کند، یک نیروی خطی توسط ایجاد یک میدان الکترومغناطیسی سیار در طولش، بوجود آورد. موتورهای خطی اغلب موتورهای القایی یا پله‌ای هستند

فصل چهارم.موتورهای تحریک مغناطیس دائم سرعت بالا

۴-۱) موتورهای تحریک مغناطیس دائم سرعت بالا

الف) موتورهای سنکرون مغناطیس دائم سرعت بالا

موتور سنکرون مغناطیس دائم موتورهایی هستند که به دو گروه تقسیم می شوند، که گروه اول آنها را تحت عنوان موتور سنکرون مغناطیس دائم (PMSM) معرفی می شوند و تغذیه آنها جریانی سینوسی می باشد. و به لحاظ تغییرات و اندازه سرعت در اولویت قرار دارند و بیشتر سرو موتورها در این دسته هستند. و به همین جهت در این پروژه یک بخش را به این موتورها اختصاص می دهیم.

ب) موتورهای BLDC سرعت بالا

موتورهای DC بدون جاروبک نیز دسته دیگری از موتورهای سنکرون مغناطیس دائم هستند که اخیراً از اهمیت و کاربردهای بسیار برخودار شده اند. این موتورها دارای روتور مغناطیس دائم می باشند و تغذیه آنها به شکل ذوزنقه ای می باشد و به همین دلیل به این موتورها طبق شباهتی که به موتورهای DC دارند به آنها موتورهای DC بدون جاروبک گفته می شود. و عمده کاربردهای این موتورها در درایوهای کامپیوتر و رباطها می باشد. بنابر اهمیت زیاد این موتور نیز یک بخش را به معرفی این گونه موتورها اختصاص می دهیم.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل پنجم

موتور سنکرون مغناطیس دائم سرعت بالا

۵-۱) مقدمه

بیش از صد سال است که موتورهای الکتریکی مورد استفاده قرار می گیرد. موتورهای سنکرون (SM) و موتورهای القایی (IM) به طور گسترده ای در بخش های گوناگون صنعتی به کار می روند. مدت زمان طولانی استفاده از این موتورها باعث شده که متخصصان تجربه کافی در طراحی موتورهای ۵۰ و ۶۰ هرتز برای کار در توانها و سرعتهای مختلف را پیدا کنند. تولید مبدل های فرکانس و استفاده از مواد جدید آهنربای دائم رقابت تازه ای بین طراحان در ساخت این موتورهای سرعت بالا یعنی موتورهای آهنربای دائم سنکرون (PMSM) بوجود آورد است. تولید موتورهای PMSM تحول فوق العاده ای در صنعت ساخت موتورهای الکتریکی به حساب می آید و پیش بینی می شد که این موتورها بتوانند جایگزین مناسبی برای موتورهای القایی در صنعت باشند.

اگر چه اصول کار موتورهای آهنربای دائم قبل از اختراع موتورهای القایی مطرح شده بود اما تا سال ۱۹۳۲ میلادی که اولین مواد آهنربای دائم آلنیکو (AINICO) به طور اقتصادی تولید شد ماشین های آهنربای دائم به صورت صنعتی ساخته نشده بودند. زیرا آلنیکو و مواد آهنربای ماقبل آن (فریت) انرژی کمی تولید می کردند و عملکرد آنها در موتورهای کوچک با توان کسری از کیلو وات امکان پذیر بود.

با پیدایش مواد آهنربای دائم با انرژی بالا در دهه ۱۹۷۰ میلادی ساخت موتورهای آهنربای دائم با توان بالا به صورت صنعتی آغاز شد ، به همین دلیل بیشتر کار طراحی این موتورها در ۲۰ سال گذشته صورت گرفته است. در سالهای اخیر به دلیل نیاز صنعت به موتورهای با راندمان بالا و عملکرد دینامیکی سریع و دقیق همراه با پیشرفت سیستم های جدید کنترل شامل کنترل برداری و کنترل مستقیم گشتاور لزوم طراحی موتورهای جدید افزایش یافته است. موتورهای آهنربای دائم سنکرون (PMSM) در مقایسه با موتورهای القایی راندمان و ضریب قدرت بهتری دارند بنابراین برای کار با درایو های AC سرعت متغییر مناسب تر می باشند. از این رو یک موتور القایی را که در سرعت های پایین باید از طریق یک جعبه دنده مکانیکی به بار وصل شود، می توان با یک موتور آهنربای دائم که به طور مستقیم به بار وصل می شود جایگزین کرد این کار علاوه بر اینکه راندمان کل سیستم را افزایش می دهد باعث کاهش هزینه تعمییر و نگهداری آن نیز می گردد. موتورهای آهنربای دائم همراه با مبدل های فرکانس یک انتخاب ساده و موثر را برای درایوهای با سرعت متغییر به وجود می آورند. زیرا راندمان نهایی حتی در سرعت های کم نیز زیاد می شود و کنترل سیستم نیز دقیق می باشد.

۲-۵) تاریخچه ای از موتورهای سنکرون مغناطیس دائم سرعت بالا

در حدود ۶۰۰ سال پیش از میلاد مسیح فیلسوف یونانی تالس یک ماده مغناطیسی سخت را معرفی کرد که سنگ معدن طبیعی یا $Fe_3\ O_4$ بود. این ماده به آن علت که در منطقه مگنزیا کشف گردید مگنت نام گرفت. اواین مغناطیس مصنوعی یک میله آهنی بود که به وسیله مالش با آهن ربا خاصیت مغناطیسی پیدا کرد. شاید بتوان گفت که نخستین استفاده علمی از مغناطیسها در ساخت قطب نما بوده است. مدارک موجود حاکی از آن است که در حدود قرن پنجم میلادی، مواد مغناطیسی مرغوب در چین موجود بوده اند، اما اولین گزارش رسمی موجود در مورد مغناطیسها در

مقالات مربوط به سال ۱۶۰۰۰ پس از میلاد می باشد. پیشرفت بزرگ بعدی اختراع الکترومغناطیس توسط استورگون (STURGEON) در سال ۱۸۲۵ بود. اولین کاربرد مغناطیسهای دائم در ساختمان ماشینهای الکتریکی به کارهای هانری (Henry , 1831)، پیسکی (H,Plxii ,1832) ، ریچی (W.ritchie,1933)، واتکینز (F.watkins, 1835) ، دوان پورت (T.Davenpor, 1837) و ژاکوبی (M.H.Jacobi) بر می گردد. در برخی ماشینهای الکتریکی ساخته شده در آن سالها برای ایجاد میدان مغناطیسی از مغناطیس دائم استفاده کردند. این مغناطیسهای اولیه از جنس فولاد بوده که به علت عدم قابلیت لازم تبدیل انرژی را تنها در مقیاسهای پایین میسر می ساخت. این ایراد سبب گردید که در نسل بعدی ماشینهای الکتریکی به جای مغناطیس از سیم پیچ های مسی و هسته هایی از آهن نرم استفاده شد و مغناطیس دائم به طور موقت از ساختمان ماشینها حذف گردید. در سال ۱۹۳۱ با ساختن آلنیکو (آلیاژ آهن ، نیکل ، کبالت و آلومینیوم) در ژاپن، بار دیگر ایده استفاده از مغناطیس دائم در ساختمان ماشینهای الکتریکی مطرح گردید.

در سال ۱۹۹۱ هیپنر و هارلی ساختمان روتور موتور آهنربای دائم را برای رسیدن به یک ساختار مناسب مورد بررسی قرار دادند. آنها برای بهینه سازی عملکرد موتور کمیت های ولتاژ استاتور و استحکام مکانیکی روتور را به صورت مجزا به عنوان توابع هدف تعریف کردند. آنها با استفاده از روش جستجوی مستقیم در هر مرحله با تغییرهای طراحی که طول آهنربا تا سطح روتور یا ضخامت پل بین دو قطب بودند سعی داشتند تا به حالت بهینه برسند. در طول نیز برای کاهش حجم محاسبات محدویت هایی را بر بهینه سازی اعمال کردند.

در سال ۱۹۹۳ اسلمون کار بهینه سازی را برای کاهش تلفات بر روی موتور آهنربای دائم سنکرون انجام داد. نتایج بدست آمده نشان می دهد که با یک طراحی مناسب می توان تلفات این موتور را نسبت به موتور القایی هم اندازه ۶۰ درصد کاهش داد. [۴] با توجه به اینکه در این موتورها تلفات

روتور و تلفت سرگردان قابل چشم پوشی است. رسیدن به این هدف امکان پذیر می باشد. این محقق در سال ۱۹۹۴ با ارائه یک مدل تحلیلی به بررسی تاثیر کمیت های مختلف موتور آهنربای دائم سنکرون بر گشتاور تولیدی موتور پرداخت . بدین منظور افزایش گشتاور و شتاب موتور را به عنوان هدف بهینه سازی در نظر گرفت و برای رسیدن به این هدف سعی کرد با توجه به ابعاد استاتور و نحوه سیم بندی آن تعداد مناسب قطب های روتور را انتخاب کند همچنین در تمام طراحی سعی بر آن داشت تا برای افزایش راندمان تلفات هسته و تلفات اهمی را کاهش دهد و با کاهش اینرسی موتور شتاب آن را افزایش دهد.

۵-۳) روشهای طراحی موتورهای مغناطیس دائم سرعت بالا

عواملی که بر بکارگیری موتورهای مغناطیس دائم می افزاید:

- چگالی فلوی فاصله هوایی بالا .
- نسبت توان به وزن بالا (بزرگترین نسبت توان به جرم موتور ممکن).
- نسبت گشتاور به اینرسی بزرگتر (به منظور توانایی شتاب گیری بالاتر).
- عملکرد با گشتاور صاف (ضربانهای گشتاور کمتر)، حتی در سرعتهای کم برای دستیابی به دقت تثبیت وضعیت بهتر .
- گشتاور کنترل شده در وضعیت صفر .
- عملکرد در رنج سرعت بالا .
- توانایی تولید گشتاور ماکزیمم بالا (شتاب گیری سریع و توقف سریع در مدت کوتاه).
- راندمان بالا و ضریب توان بالا (در جهت کاهش هزینه منبع تغذیه مورد استفاده).
- طراحی فشرده و خلاصه
- کاهش وزن

این عامل باعث رشد سریع کاربرد موتورهای آهنربای دائم در صنعت شده است. یکی از نکات مهم در ساخت این موتورها ، طراحی مناسب آنها می باشد. با توجه به اهمیت طراحی این موتورها روش های مختلفی برای طراحی بهینه آنها پیشنهاد شده است. از جمله این روشها می توان، روش جستجوی مستقیم، الگوریتم ژنتیک ، و تحلیل اجزای محدود، یا ترکیبی از روشهای ذکر شده را نام برد.

در روش جستجوی مستقیم از طریق تغییر تصادفی پارامترهای موتور مقادیری برای آنها انتخاب می شود که موتور بهترین عملکرد را داشته باشد. بنابراین اگر تعداد متغییرهای زیاد انتخاب شود و زمان بهینه سازی طولانی خواهد شد همچنین ممکن است بهینه سازی در یک نقطه بهینه محلی توقف شود. از سوی دیگر روند بهینه سازی به نتایج به دست آمده در مرحله قبل بستگی ندارد و برای انتخاب متغییرها در هر مرحله به نتایج بدست آمده از مراحل قبل توجهی نمی شود. برای کاهش زمان بهینه سازی باید تعداد متغییرها را کاهش داد که این کار دقت نتایج بدست آمده را کاهش می دهد. صحت نتایج بدست آمده از طریق مقایسه نتایج تحلیل اجزای محدود بررسی می شود.

طراحی با استفاده از الگوریتم ژنتیک این مزیت را دارد که مقدار متغییرها در هر مرحله با توجه به نتایج بدست آمده در مرحله قبل تغییر می کند. همچنین با استفاده از عملکرد جهش امکان متوقف شدن طراحی در نقطه بهینه محلی از بین می رود. در این روش نیز اگر تعداد متغییرها زیاد باشد زمان بهینه سازی طولانی خواهد شد، بنابراین در بیشتر طراحی ها تنها ضخامت آهنربا و زاویه قطب به عنوان متغییرهای روتور در روند بهینه سازی استفاده می شوند. صحت نتایج بدست آمده از الگوریتم ژنتیک از طریق مقایسه با نتایج تحلیل اجزای محدود بررسی می شود.

در روش تحلیل اجزای محدود قسمت های مختلف ماشین به اجزای کوچکی تقسیم می شوند. اجزای محدود نواحی که گردایان ولتاژ زیاد است کوچک و با تعداد بیشتر و اجزای بزرگ برای نواحی که گردایان ولتاژ کم است مورد استفاده قرار می گیرد. پس از تقسیم ماشین به اجزای کوچک معادلات بردار پتانسیل مغناطیس به هر یک از آنها اعمال می شود و پتانسیل هر یک از این نقاط بدست می آید. با بدست آوردن ارتباط پتانسیل نقاط مختلف با هم می توان هر یک از مشخصه های موتور را بدست آورد. این روش بسیار دقیق است ولی با توجه به حجم بالای محاسبات زمان بر می باشد از این رو روش تحلیل اجزای محدود بیشتر برای بررسی صحت نتایج بدست آمده از روش های دیگر به کار می رود.

در روشهای طراحی ارائه شده بهینه سازی کمیت های مختلفی از موتور را به عنوان تابع هدف می توان در نظر گرفت از جمله این توابع هدف افزایش گشتاور، بازده و گستره کنترل سرعت یا کاهش تلفات، وزن و حجم موتور می باشد. همچنین می توان ترکیبی از توابع ذکر شده را به عنوان تابع هدف در نظر گرفت.

WikiPower.ir

۴-۵) سابقه طراحی موتورهای سنکرون مغناطیس دائم سرعت بالا

اسلمون موتور آهنربای دائم با آهنربای سطحی را بهینه سازی کرد و نشان داد که تلفات موتورهای آهنربای دائم را می توان ۶۰٪ کمتر از تلفات موتور القایی هم اندازه خود کرد. با توجه به اینکه در این موتور ها تلفات روتور و تلفات سر گردان قابل چشم پوشی است این کار قابل دستیابی است. علاوه بر آن از آنجایی که در این موتورها جزء تحریک جریان در سیم پیچ روتور حذف می شود تلفات مسی نیز کاهش می یابد. اسلمون و سباستین به استعداد دی مغناطیس شدن آهنربا در موتورهای با آهنربای سطحی وداخلی پی بردند. نتایج تحقیقات آنها نشان داد که یک موتور آهنربای دائم می تواند گشتاوری حدود ۲ برابر یک موتور القایی هم اندازه خود تولید کند. علاوه براین رابطه

خطی گشتاور و جریان تا جریان های بالا امکان پذیر است . در جریانهای بالا رابطه خطی بین جریان و گشتاور توسط دو عامل، حفاظت در برابر دی مغناطیس شدن آهنربای دائم و اشباع استاتور محدود می گردد. محاسبات و نتایج آزمایشات آنها نشان دادکه یک موتور 3/5kw آهنربای دائم حتی می تواند گشتاوری معادل ۹ برابر گشتاور نامی یک موتور القایی با همان اندازه تولید کند. این دو محقق نشان دادند که احتمال دی مغناطیس شدن قطب ها در توان های کم و متوسط حتی در حالتی که جریان اتصال کوتاه برقرار شود کم می باشد. موتورهای آهنربای داخلی حساسیت کمتری نسبت به دی مغناطیس شدن دارند. بیانچی و بلوگنانی مطالعاتی بر روی بهینه سازی موتور آهنربای دائم سطحی انجام دادند. آنها محسبات تحلیلی و نتایج تحلیل اجزای محدود را با الگوریتم ژنتیک ترکیب کردند. الگوریتم ژنتیک آنها بر اساس تئوری تکامل بنا نهاده شده بود و تکرارهای بسیار زیادی نیاز داشت تا به نتیجه برسد لذا بسیار زمان بر بود. همچنین نسبت به نتقطه شروع مناسب حساسیت نداشت. محققان مذکور نتایج مبتنی بر الگوریتم ژنتیک را با طراحی براساس روش جستجوی مستقیم مقایسه کردند به روشنی مشخص شد که نتایج الگوریتم ژنتیک بسیار بهتر از نتایج جستجوی مستقیم است. بیانچی و بلوگنانی برای بهینه سازی موتور آهنربای سطحی را در نظر گرفتند. از آنجایی که موتور SPM برای طراحی های مختلف بسیار انعطاف پذیر است برای بهینه سازی بسیار مناسب می باشد. این محققان موتور SPM را با تغذیه سینوسی و مستطیلی تحریک کردند. در ابتدا وزن آهنربای موتور را در تحریک مستطیلی با روش الگوریتم ژنتیک و محاسبات تحلیلی حداقل کردند و از نتایج تحقیقات خود به این نتیجه رسیدند که تعداد حالت های انتخابی، تعداد تکرار و جهش در نتیجه بهینه سازی تاثیر گذار است. بیانچی و بلوگنانی روش تحلیل اجزای محدود و الگوریتم ژنتیک را باهم ترکیب کردند و متوجه شدند در این حالت تلفات هسته و اثر دی مغناطیس شدن آهنربای و دیگر عملکردها در طی مراحل طراحی بهتر در نظر

گرفته می شود. موتور SPM مورد آزمایش یک موتور ۸ قطب ۴۸ شیار با سیم پیچی یک لایه متمرکز و قطر خارجی ثابت بود. تحلیل اجزای محدود در ابتدا برای رسیدن به حداقل وزن آهنربا و سپس برای رسیدن به حداکثر گشتاور انجام شد. برای کاهش حجم محاسبات می توان تعداد متغییرها و دامنه تغییرات آنها را محدود کرد، در این صورت نتایج بدست آمده دقیق نخواهد بود و نتایج ترکیب الگوریتم و تحلیل اجزای محدود مشابه نتایج به دست آمده از ترکیب تحلیل اجزای محدود و روش جستجوی مستقیم با منطق فازی خواهد شد.

طراحی بهینه موتورهای آهنربای دائم سنکرون به منظورهای مختلفی با توابع هدف متفاوتی انجام گرفته است. برای بهینه سازی عملکرد موتور می توان افزایش گشتاور، بازده و گستره سرعت و کاهش تلفات، وزن و حجم موتور را به عنوان هدف طراحی در نظر گرفت. در بسیاری از مقالات راندمان موتور به عنوان تابع هدف در نظر گرفته شده و در طول طراحی سعی بر آن بوده تا موتور بیشترین راندمان را داشته باشد. برای رسیدن به این هدف کاهش تلفات هسته و تلفات اهمی، بهبود شکل موج چگالی شار فاصله هوایی و کاهش وزن موتور مورد توجه قرار گرفته است.

طراحی بهینه با هدف چند گانه مانند افزایش راندمان و کاهش وزن موتور در مقالات بسیاری مورد بررسی قرار گرفته است. افزایش گشتاور و کاهش نوسان گشتاور به عنوان عامل موثر در بهبود عملکرد موتور فاکتورهای مهمی در طراحی می باشند. مقالات متعددی در زمینه بهینه سازی گشتاور ارائه شده است. با ایجاد تغییراتی در شکل آهنربا و نحوه توزیع سیم پیچ استاتور می توان شکل گشتاور تولیدی را بهبود بخشید. بهبود مشخصه گشتاور سرعت نیز در بسیاری از مقالات به عنوان هدف طراحی در نظر گرفته شده است.

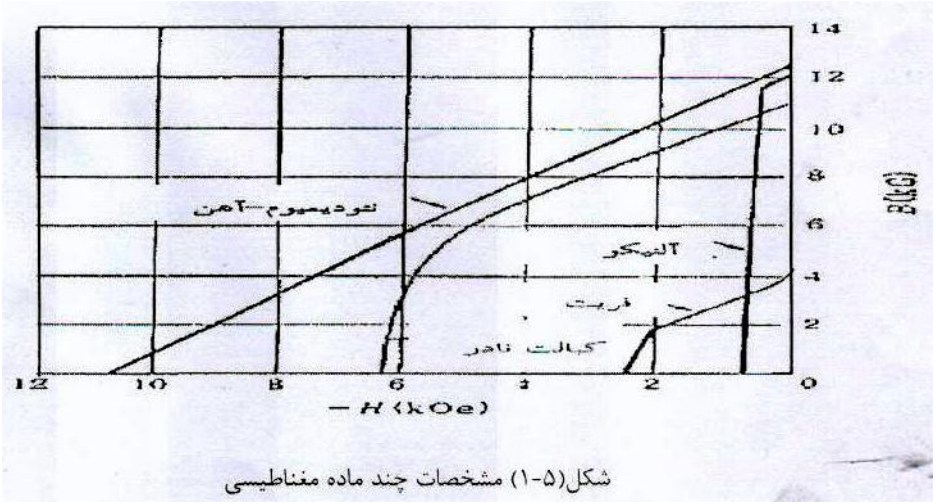
۵-۵) کاربرد مواد مغناطیس دائم در موتورهای سرعت بالا

مهمترین قسمت حلقه (B-H) برای ماده مغناطیس، قسمتی است که در ناحیه دوم قرار گرفته و به نام منحنی ضد مغناطیس کنندگی نامیده می شود.

یک ماده مغناطیس طبیعی از نوع سخت خواهد بود، چنانچه حلقه هیسترزیس آن در این ناحیه جایی که مغناطیس دائم در حالت طبیعی عمل کند، به صورت خطی باشد. در مقابل اگر این بخش از منحنی مشخصه مغناطیسی دارای زانو باشد، ماده اصطلاحاً نرم گفته می شود.

مشخصات مغناطیسی چند ماه مغناطیس طبیعی متداول مانند آلنیکو – فریت – کبالت – نئودیمیوم – آهن در شکل (۱-۵) نشان داده شده است. این مواد را می توان از نظر مشخصات زیر مقایسه نمود: ماکزیمم چگالی فلوی مغناطیسی (بر حسب تسلا) – نیروی ضد مغناطیس شوندگی (بر حسب آمپر بر متر) – ماکزیمم حاصل ضرب انرژی (بر حسب ژول بر متر مکعب) – ضریب حساسیت دمایی (بر حسب درجه سانتگراد) و همچنین چگالی حجمی ماده (بر حسب گرم بر سانتیمتر مکعب).

مقادیر نمونه این پارامترهای مشخصه، برای مواد مغناطیسی مذکور در جدول (۵-۱) دسته بندی شده است.

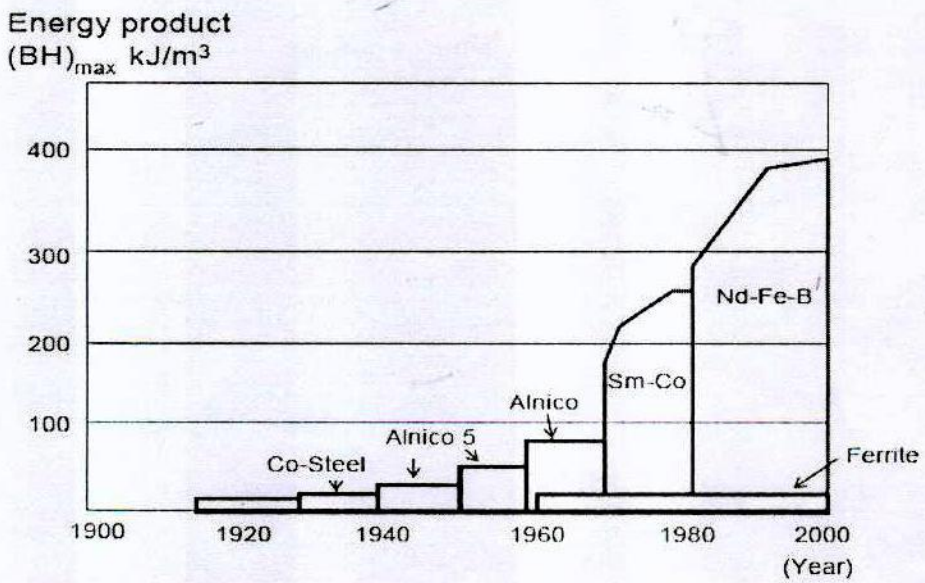


شکل(۵-۱) مشخصات چند ماده مغناطیسی

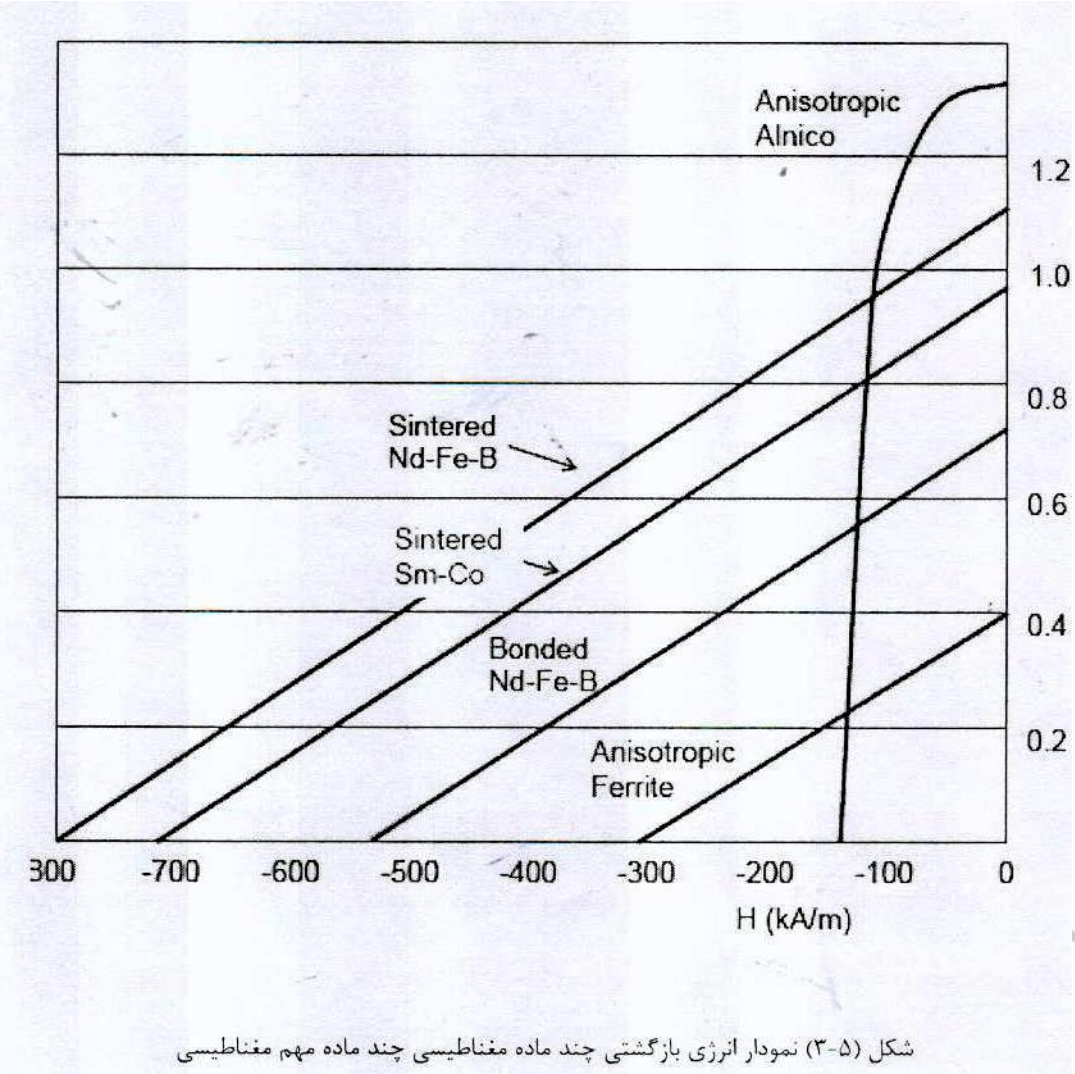
برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

جدول(۵-۱) مشخصات چند ماده مغناطیسی

ماده مغناطیسی	Hc (KA/m)	Br (T)	BHm(kj/m3)	J (gcm^{-3})	Tc (%/° C)
آلنیکو	٤١/١~١١٩/٤	٠/٥٥~١/٣٥	٦٥	٧~٧,٣	-٠,٠٠٢
کبالت	١٢٧/٤~٢٧٠/٧	٠/٢~٠/٤	٣١	٤/٨~٥	-٠/٨~-٠/٢
کبالت نادر	٥٩٨~٦٠٠	٠/٨٣~١/١٧	٢٤٠	٨/١~٨/٤	- ٠/٠٥
نئودیمیوم - آهن	٧٩٦~٨١٢	١/١٨~١/٢٥	٢٨٧	٤,٧	-٠/١



شکل (۵-۲) نمودار تاریخی تولید مواد مغناطیسی و بهبود انرژی دریافتی این مواد



شکل (۵-۳) نمودار انرژی بازگشتی چند ماده مغناطیسی چند ماده مهم مغناطیسی

مواد مغناطیسی طبیعی باعث ایجاد تحریک با طول عمر زیاد در موتور می شود. انتخاب نوع ماده و بکار بردن این مواد به عنوان تحریک دائم بر روی موتور، با توجه به مشخصات مورد نیاز برای طراحی موتور از جمله نسبت گشتاور در واحد حجم موتور، رنج عملکرد دمائی، سختی شرایط وارده بر مغناطیس و همچنین هزینه اولیه ماده مغناطیسی انجام می پذیرد.

چگالی توان ماکزیمم برای رسیدن به چگالی توان ماکزیمم، حاصلضرب قابلیت باردهی مغناطیسی و الکتریکی موتور تا حد ممکن باید بالا انتخاب شود. قابلیت باردهی الکتریکی به ضریب حساسیت حرارتی و اثر ضد مغناطیس شوندگی برای جلوگیری از ضد مغناطیس شدن زود هنگام نیاز می

باشد.همچنین ماده باید دارای نیرو ضد مغناطیس بالا باشد، که این امر به انتخاب مواد گران قیمت منوط می شود.

قابلیت باردهی مغناطیسی با فلوی فاصله هوایی، بطور مستقیم وابسته به چگالی فلوی پسماند در مغناطیس دائم می باشد و با سطح قطب مغناطیس نیز متناسب است ، بنابراین چگالی توان بالا، نیازمند به مغناطیس دائم با بزرگترین حجم میباشد (طول در سطح قطب ماکزیمم). با توجه به این مساله در صورت استفاده از مواد مغناطیس دائم سرامیک یا فریت که دارای حاصلضرب انرژی پایینی می باشند محدودیت بر روی حجم مغناطیس از محدودیتهای مکانیکی و ساختاری، روی حجم روتور ناشی می شود که اجازه رسیدن به چگالی توان بالا با این نوع مواد را نخواهد داد. با انتخاب مواد مغناطیس کمیاب مانند کبالت یا دیگر مواد مشابه با حاصلضرب انرژی بالا، عامل هزینه مغناطیس محدود کننده خواهد شد. از طرف دیگر چگالی فلوی فاصله هوایی در موتورهای AC با اشباع دندانه های استاتور محدود می شود. افزایش اشباع، نیروی محرکه مغناطیس بالا از تحریک را طلب می کند که موجب افزایش بیش از حد حرارت دراثر تلفات هسته می شود. به همین دلیل برای انرژی قابل استفاده از مغناطیس نیز یک حد ماکزیمم وجود دارد.

رنج عملکرد دمائی – با توجه به اینکه چگالی فلوی پسماند و نیروی ضد مغناطیس کنندگی با افزایش درجه حرارت کاهش می یابد. بنابراین انتخاب ماده مغناطیس و حجم مورد نیاز باید با توجه به حداکثر دمای عملکرد صورت پذیرد.

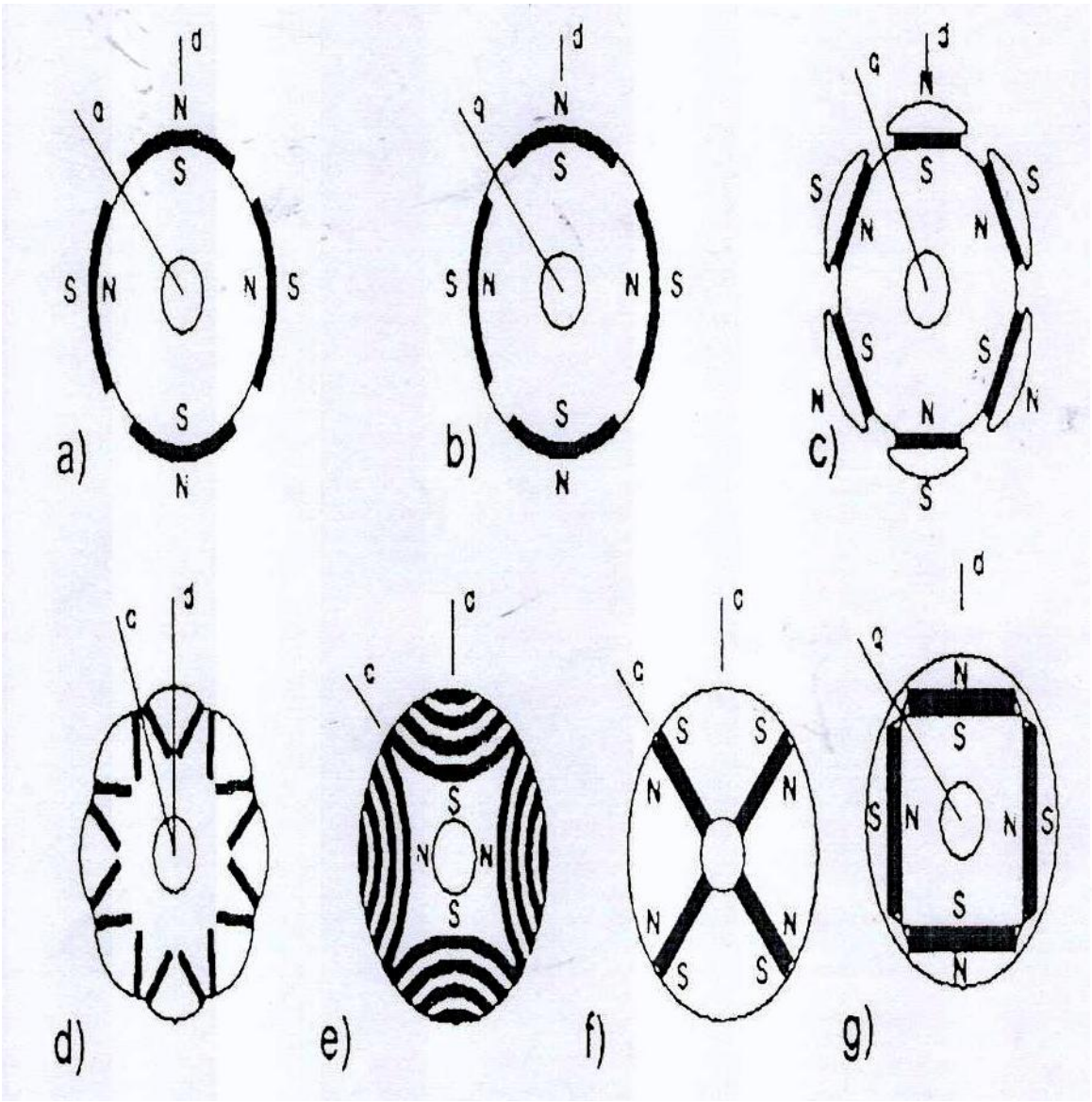
سختی شرایط عملکرد- ماده مغناطیسی در اثر شوکهای ناشی از خطاهای ایجاد شده، از قبیل جریانهای اتصال کوتاه در قسمت محرک الکترونیکی موتور، می تواند ضد مغناطیس شود. البته اینگونه مسائل با انجام پیش بینی های حفاظتی در قسمت کنترل کننده و قدرت (اینورتر) باید محدود شود. ولی به هر حال در طراحی، لازم است تمامی عاملهایی که موجب اعمال فشار بر

مغناطیس می شود، نه تنها عامل الکترومغناطیسی بلکه عوامل حرارتی و مکانیکی در نظر گرفته شده و تطبیق لازم صورت گیرد.

۵-۶) موقعیت آهنربای دائم بر روی روتور موتورهای سنکرون مغناطیس دائم سرعت بالا

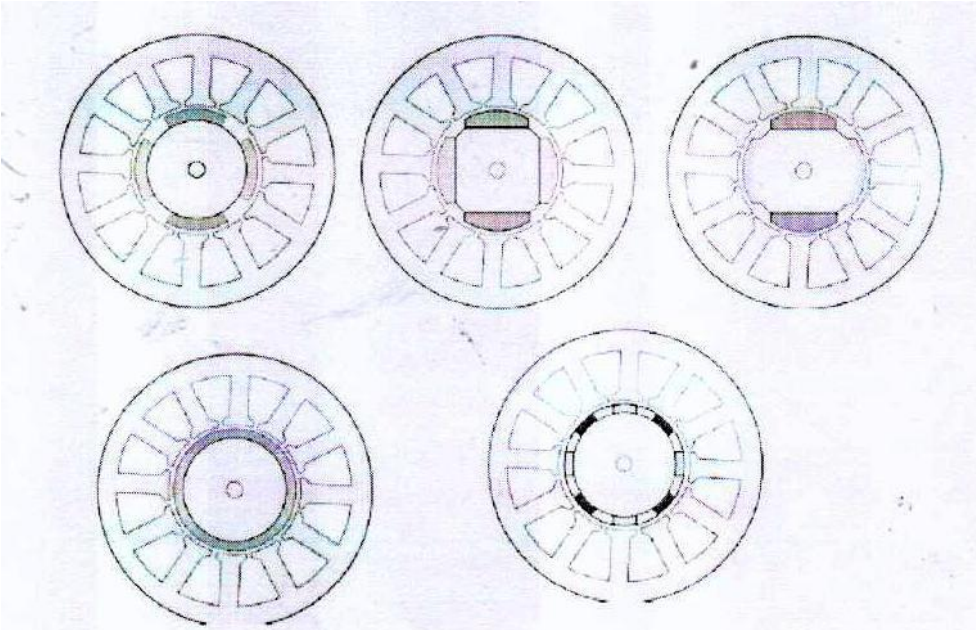
موتورهای سنکرون آهنربای دائم بر اساس نحوه قرار گرفتن آهنربا در درون روتور نیز تقسیم بندی می شوند. آهنربا ممکن است بر سطح روتور چسبانده شود یا فرورفته باشد، که این دسته از موتورها به عنوان موتورهای با آهنربای سطحی شناخته می شوند. همچنین ممکن است آهنربا درون روتور به صورت مماسی، مورب یا به صورت چند لایه باشد. این دسته از موتورها به عنوان موتورهای آهنربای داخلی شناخته می شوند. هر کدام از این ساختارها دارای مزایا و معایبی است که در این بخش با بررسی ویژگی های هر یک از ساختارهای روتور یک شکل مناسب برای روتور پیشنهاد می گردد.

هفت ساختار متفاوت روتور در شکل (۵-۴) آورده شده است. در تمام این ساختارها شار تولیدی شعاعی می باشد و این به مفهوم آن است که شار تولیدی در روتور هم راستا با شعاع روتور است. در این شکل ها همان گونه که ملاحضه می شود، آهنربا بر روی سطح یا در داخل روتور جای داده شده است در زیر به ترتیب ویژگی های هر یک از آنها مورد بررسی قرار می گیرد.



A) آهنربای سطحی b) روتور با آهنربای سطحی فرو رفته c) آهنربای سطحی با کفش قطب برای تولید شار سینوسی d) آهنربای داخلی مایل با کفش قطب سینوسی e) آهنربای داخلی چند لایه f) آهنربای داخلی مماس

۵-۶-۱) روتور با آهنربای سطحی در موتورهای سرعت بالا



شکل(۵-۵) برش چند موتور مغناطیسی دائم با روتور آهنربای سطحی

ساده ترین و احتمالاً ارزانترین روتوری که با آهنربای دائم می توان ساخت روتور با آهنربای سطحی می باشد. امروزه این روتور یکی از معمول ترین روتورها می باشد. با توجه به کوچک بودن قطر هسته آهنی اینرسی این روتور کاهش می یابد، بنابراین ساختار مناسبی برای درایورهای سرو می باشد. عکس العمل آرمیچر این نوع روتور ها به مقدار قابل ملاحضه ای کوچک است. از آنجا که رفتار مغناطیسی آهنربا مثل هوا است لذا طول موثر فاصله هوایی بزرگتر از اندازه واقعی آن است. با توجه به اینکه طول فاصله هوایی موتورها زیاد است، اندوکتانس مغناطیسی موتور خیلی کوچک است و این به مفهوم آن است که شار پیوندی استاتور اغلب معادل با شار پیوندی تولید شده به وسیله قطب های آهنربای دائم می باشد. کوچک بودن اندوکتانس همیشه یک فاکتور مناسب نیست زیرا توانایی کار در ناحیه تضعیف شار بسیار مشکل می شود. در ناحیه تضعیف شار با اینکه ولتاژ به بیشترین مقدار خود رسیده است با تضعیف شار سرعت روتور افزایش می یابد. برای این کار مقدار شار تولیدی محور d استاتور در جهت عکس شار روتور افزایش داده می شود دراین صورت برآیند شار روتور و شار محور d استاتور کاهش می یابد، در نتیجه شار روتور ضعیف می شود و سرعت

موتور افزایش می یابد. این ناحیه از کار موتور مشابه ناحیه تضعیف شار در موتورهای سنکرون معمولی می باشد. در صورتی که اندوکتانس موتور کم باشد تنها در بارهای کم و با افزایش زیاد جریان دی مغناطیس کننده امکان تضعیف شار روتور وجود دارد.

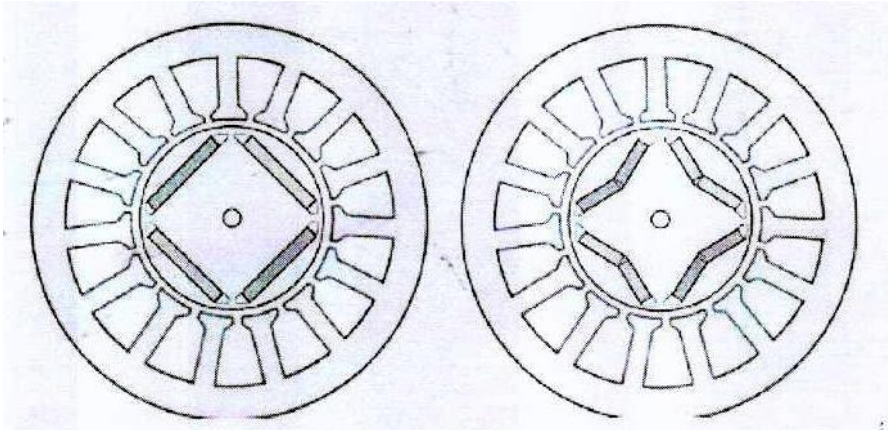
در روتور با آهنربای سطحی با توجه به اینکه سطح روتور دایره ای شکل می باشد برای نصب آهنربا بر روی روتور باید آن را به صورت منحنی شکل در آورده یا به صورت تکه های کوچک آهنربا روی روتور چسباند. اگر چگالی شار سینوسی نیاز باشد انتهای قطب های آهنربا را باید به صورت منحنی شکل برش داد یا از کفش قطب سینوسی مانند شکل (c) استفاده کرد. اکثر آهنرباهای معمول مانند فریت و آهنربای نادر زمین سخت و شکننده می باشند لذا شکل دادن آنها در کار مشکل و پر هزینه ای است. قطب های آهنربای چسبی نیز تنها برای سرعت های پایین مانند ژنراتورهای بادی مناسب می باشند، در سرعت های بالا به علت وجود نیروی گریز از مرکز دیگر چسب ها نمی توانند قطب های آهنربا را بر روی روتور نگه دارند. برای برطرف کردن این مشکل می توان بین قطب ها را با یک ماده مغناطیسی پر کرد یا توسط یک نوار فولادی یا فیبر شیشه ای قطب ها را بر روی روتور محکم کرد. اگر از استوانه فولادی استفاده شود در داخل این استوانه جریان های فوکو القا می شود که این امر باعث افزایش تلفات موتور می گردد. از آنجایی که معمولاً موتورهای آهنربای دائم با مبدل های فرکانس کار می کنند و این مبدلها دارای هارمونیک های فرکانس می باشند لذا تلفات فوکو زیاد خواهد شد. استفاده از فیبر شیشه دارای این مزیت است که مقدار جریان فوکو القایی کاهش می یابد زیرا ضریب نفوذ مغناطیسی پایینی دارد و ضریب هدایت حرارتی فیبر نوری پایین است بنابراین مانع از آن می شود که گرمای تولید شده در روتور به استاتور انتقال پیدا کند در نتیجه روتور و قطب های آهنربا گرم می شوند.

قطب ها را می توان مانند شکل (b) بر روی روتور قرار داده و بین آنها را با آهن پر کرد. در این حالت استقامت مکانیکی قطب ها بیشتر خواهد شد، این روتور ، روتور با آهنربای فرو رفته نامیده می شود. در این حالت اندوکتانس مغناطیسی در راستای محور q افزایش خواهد یافت و اثر عکس العمل آرمیچر زیاد می شود و باعث افزایش زاویه قطب و کاهش گشتاور می گردد. موتورهای آهنربای سطحی مانند موتورهای سنکرون بدون برجستگی قطب هستند، اندوکتانس محورهای d و q دراین موتورها با هم برابرند و مانند موتورهای با قطب صاف می باشند در صورتی که در موتورهای با آهنربای فرو رفته و داخلی اندوکتانس محورهای d و q با هم تفاوت دارد و مانند موتورهای سنکرون با قطب برجسته می باشند. برجستگی قطب علاوه بر اینکه عملکرد موتور را در سرعتهای بالا سرعت سنکرون بهبود می دهد باعث تولید گشتاور رلوکتانسی می شود.

در موتورهای با آهنربای سطحی اگر موقعیت قرار گرفتن آهنربا در روتور درست انتخاب شود چگالی شار فاصله هوایی حداقل باید نصف چگالی شار پس ماند آهنربا باشد. چگالی شار پس ماند مواد آهنربا نادر زمین در دمای ۸۰ درجه سانتی گراد برابر با یک تسلا می باشد ، پس چگالی شار فاصله هوایی باید بیش از 0/5 تسلا باشد. چگالی شار پس ماند بیشتر، تنها با استفاده حجم بیشتری از آهنربا قابل دستیابی است.

امروزه بیشتر مواد آهنربای نادر زمین از نوعNdFeB می باشد که چگالی شار پس ماند و نیروی بازدارنده (H_c) بالایی دارد اما ضریب هدایت آنها نیز بالا است بنابراین هارمونیک های تولید شده در اینورتر باعث ایجاد تلفات اضافی در آنها می گردد.

۵-۶-۲) روتور با آهنربای داخلی در موتورهای سرعت بالا



شکل (۵-۶) برش دو موتور مغناطیسی دائم با روتور آهنربای داخلی

در قسمت قبل روتورهای با آهنربای سطحی بررسی شد. نتایج نشان می دهد که این موتورها برای کار در سرعت های پایین مناسب می باشند ولی استحکام مکانیکی لازم را برای کار در سرعت های بالا ندارد همچنین با توجه به اینکه این موتورها دارای اندوکتانس کوچکی می باشند برای کار در ناحیه تضعیف شار مناسب نمی باشند. در موتورهای آهنربای دائم بر روی سطح روتور قرار دارد و احتمال آسیب دیدن آن در مراحل ساخت و نصب نیز وجود دارد. همانطوری که در شکل (۵-۶) آورده شده است آهنربای دائم در موتورهای آهنربای دائم داخلی سنکرون به صورت محوری، شعاعی، مماسی و مایل قرار داده می شود. ساختارهای دیگری هم برای روتور وجود دارد که نمونه های بیشتر مورد استفاده قرار می گیرد اینجا مورد بررسی قرار می گیرد.

ساختارهای مختلف روتور دارلای مزایا و معایبی می باشند. مشکل عمده ای که موتورهای آهنربای داخلی دارند پل های آهنی بین قطب هاست که برای یکپارچگی روتور در نظر گرفته می شود. از این طریق این پل ها مقداری از شار در داخل روتور به صورت شار نشتی بین قطب ها اتصال کوتاه می شود. شار عبوری از این پل ها در فرایند تولید گشتاور نقشی ندارند. برای کاهش این شار نشتی می توان از موانع شار که در شکل (۵-۶) نیز نشان داده شده است استفاده کرد. این موانع شار را

می توان به صورت حفره های از هوا در نظر گرفت یا اینکه در داخل آنها با مواد غیر مغناطیسی پر کرد. این موانع نمی توانند کاملاً جلوی شار نشتی را بگیرد ولی می توانند مقدار آن را کاهش دهند.

در شکل (d) موتور با آهنربای مایل دیده می شود. در این موتورها چگالی شار فاصله هوایی به شکل سینوسی بسیار نزدیک است، در نتیجه نوسان گشتاور کمتری تولید کنند، همچنین نسبت گشتاور به حجم بالایی دارد. اما همانطوری که در شکل دیده می شود روتور این موتورها ساختمان پیچیده ای دارند، حجم آهنربای مصرفی آن بالا است و طول فاصله هوایی غیر یکنواخت است. در این موتورها فاصله هوایی را می توان به صورت یکنواخت درآورد ولی در این حالت شکل چگالی شار فاصله هوایی تغییر خواهد کرد.

در شکل (e) روتور آهنربای داخلی با چند لایه آهنربا دیده می شود. آزمایش ها نشان می داده است که کاربرد بیش از دولایه آهنربا تاثیر زیادی بر میزان گشتاور تولیدی ندارد، بنابراین معمولاً این موتورها به صورت دو لایه ساخته می شوند. توزیع شار فاصله هوایی در این موتورها مناسب می باشد همچنین گشتاور مغناطیسی و رلوکتانس تولیدی آنها از موتورهای با آهنربای مماسی بیشتر است اما همانطوری که در شکل دیده می شود این موتورها ساختمان پیچیده ای دارند و مقدار آهنربای دائم بیشتری در ساخت آنها مصرف می شود. همچنین با توجه به شکل منحنی لایه های مختلف قطب ها و شکننده بودن مواد آهنربای دائم، ساخت آنها کار مشکل و پرهزینه ای است.

شکل موج چگالی شار ناشی از قطب های آهنربا به شکل و محل قرار گرفتن آنها در روتور بستگی دارد. در شکل (f) قطب ها به صورت شعاعی قرار گرفته اند. همانطوری که از شکل مشخص است این روتورها ساختمان ساده ای دارند و استحکام مکانیکی آنها نیز زیاد می باشد. اما با توجه به نحوه توزیع شار، شکل موج چگالی شار فاصله هوایی در این نوع موتور هارمونیک بالایی دارد و مقدار

چگالی شار فاصله هوایی، گشتاور تولیدی و راندمان این موتورها از انواع دیگر ساختارها کمتر است.

همچنین مقدار تلفات مسی در این موتورها بیشتر از موتورهای با آهنربای سطحی است.

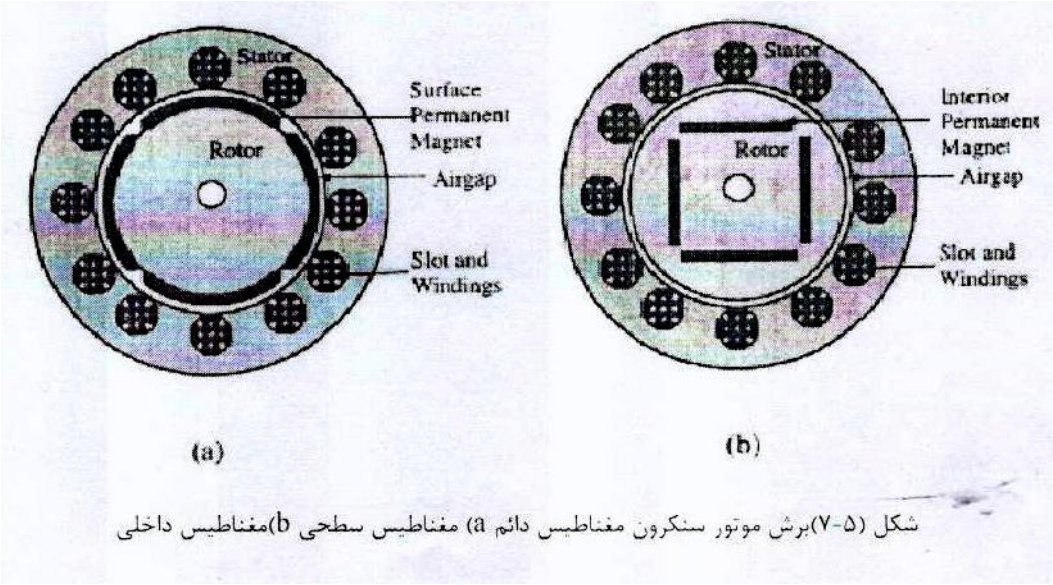
یکی از شکل های معمول موتورهای آهنربای داخلی روتور با آهنربای مماسی می باشد که در شکل (g) آورده شده است. این روتورها دارای شکل ساده ای هستند، استحکام مکانیکی زیادی دارند و دارای توزیع چگالی شار هوایی نزدیک به شکل سینوسی می باشند، هر چه چگالی شار تولیدی بیشتر آهنربا و سیم پیچ های استاتور به شکل سینوسی نزدیک تر باشند علاوه بر اینکه میزان گشتاور تولیدی بیشتر خواهد بود نوسان آن نیز کمتر می باشد، همچنین در این حالت تلفات نیز کمتر خواهد شد. شکل شار تولیدی استاتور به نحوه سیم پیچی آن بستگی دارد. هر اندازه توزیع سیم پیچی به شکل سینوسی نزدیک تر باشد شار تولیدی نیز به شکل سینوسی نزدیکتر خواهد بود.

هر چند تعداد شیار در قطب و شیار در فاز بیشتر باشد توزیع سیم پیچی شکل بهتری می تواند داشته باشد.

WikiPower.ir

۵-۷) ساختمان موتور آهنربای دائم سرعت بالا

شکل (۵-۷) مقطع دو موتور آهنربای دائم سنکرون با دو ساختار قرار گرفتن مغناطیس دائم بر روی روتور را نشان می دهد. همانطوری که دیده می شود در این موتورها آهنربا بر روی روتور قرار گرفته است. این عمل برای حذف جاروبک ها و حلقه های لغزان انجام می شود. البته اساس عملکرد این موتورها بر پایه این نیست که آهنربا بر روی روتور قرار گیرد.



شکل (۵-۷)برش موتور سنکرون مغناطیس دائم a) مغناطیس سطحی b)مغناطیس داخلی

موتورهای آهنربای دائم سنکرون دارای ساختمانی مشابه موتورهای سنکرون معمولی می باشند، با این تفاوت که در این موتورها حلقه های لغزان و سیم پیچ تحریک حذف شده و این عامل باعث به وجود آمدن یک فرق اساسی بین موتورهای سنکرون آهنربای دائم و موتورهای سنکرون معمولی شده است، که آن را کنترل ضریب توان یا کنترل توان راکتیو از طریق کنترل فاز جریان آرمیچر بجای کنترل تحریک می باشد.

قسمتهای مختلف موتور سنکرون مغناطیس دائم (PMSM)به شرح زیر است:

۵-۷-۱) استاتور

استاتور قسمت ساکن موتور می باشد و دارای اجزا زیر است:

- ورقه های استاتور از فولاد نرم می باشند. قسمت های مختلف آن شامل دندنه ها، شیارها و یوغ است و ضخامت ورقه ها به فرکانس منبع ولتاژ آرمیچر و تلفات هسته مورد نظر بستگی دارد. ورقه ها در کنار هم قرار می گیرد و استاتور را بوجود می آورند. طول استاتور (L) یک پارامتر اصلی برای تعیین اندازه قطب های آهنربای دائم ماشین سنکرون می باشد. همانطوری که در شکل (۵-۷) دیده می شود شکل استاتور ماشین PMSM مشابه استاتور ماشین های

القایی است و این یکی از مزایای مهم موتورهای آهنربای دائم سنکرون می باشد. به نحوی که در طراحی و ساخت و تولید انبوه آنها می توان از استاتور موتورهای القایی هم اندازه استفاده کرد.

۵-۷-۲) سیم پیچ استاتور

سیم پیچ های موتورهای آهنربای دائم مشابه ماشینهای معمول AC می باشد سیم پیچ ها معمولاً دو لایه سیم پیچ در یک شیار و به صورت حلقوی هستند، اما سیم پیچ یک لایه متمرکز نیز معمول می باشد. عنصر اصلی در طراحی سیم پیچ تعداد شیار بر قطب است. هرچه تعداد شیار بر قطب بیشتر انتخاب گردد شکل موج نیروی محرکه مغناطیسی تولیدی آن به موج سینوسی نزدیک تر خواهد بود. سیم پیچ ها معمولاً با گام کسری می باشند تا هارمونیک های ولتاژ تولید شده در سیم پیچ کاهش یابد.

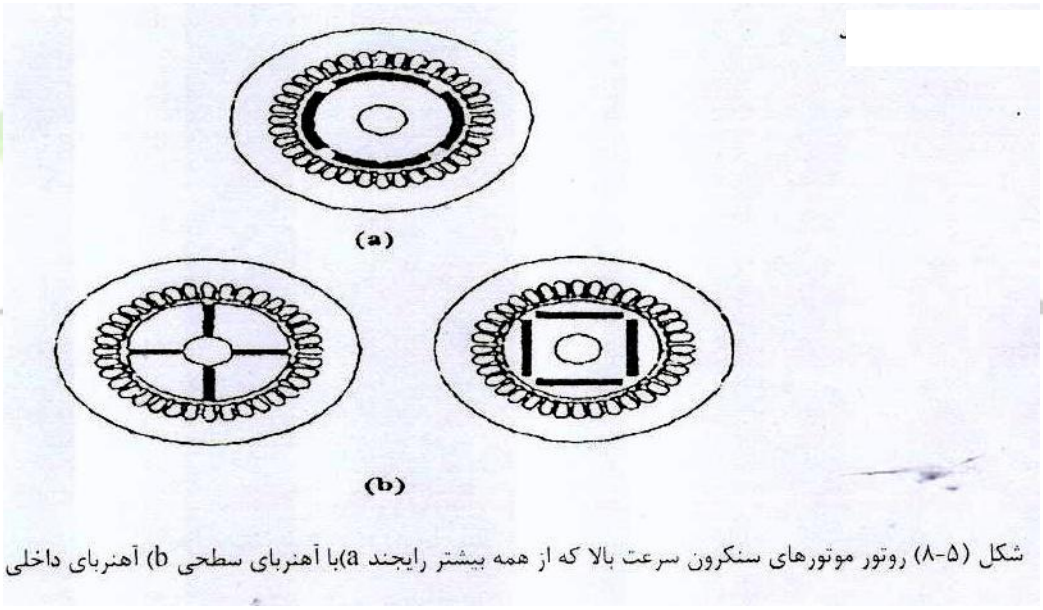
۵-۷-۳) فاصله هوایی

فاصله هوایی یکی از پارامترهای مهم ماشین های الکتریکی می باشد که در ماشین های مغناطیس دائم نقش ویژه دیگری نیز دارد به این صورت که طول فاصله هوایی عمدتاً نقطه کار آهنربای دائم را در حالت بی باری مشخص می کند. طول فاصله هوایی بر طراحی ساختمان و ساختار مکانیکی ماشین نیز تاثیر دارد، فاصله هوایی بزرگ باعث کاهش تلفات سیم پیچ ها می گردد و هزینه ساخت موتور را کاهش می دهد ولی نیاز به یک آهنربای با نیروی بازدارنده بزرگ دارد. در این حالت برای تولید چگالی شار معینی در فاصله هوایی باید حجم آهنربای دائم بیشتری مورد استفاده قرار گیرد. بالعکس هر چه طول فاصله هوایی کوچکتر باشد طراحی و ساخت پیچیده تر خواهد بود، تلفات سیم پیچ ها افزایش می یابد و حجم آهنربای کمتری مورد استفاده قرار می گیرد.

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۵ – ۷ – ۴) روتور

عضو اصلی موتور آهنربای دائم سنکرون روتور است. آهنربای دائم در موتور PMSM همان کار قطب سیم پیچی شده در موتور سنکرون را انجام می دهد. مشابه موتورهای سنکرون معمول در موتورهای آهنربای دائم روتور ممکن است به صورت قطب برجسته باشد، حتی در حالت صاف بودن سطح روتور وجود آهنربای دائم از نظر مغناطیسی باعث برجستگی قطب می گردد. شکل (۸-۵) سه شکل معمول روتور موتورهای آهنربای دائم را نشان می دهد.



شکل (۵-۸) روتور موتورهای سنکرون سرعت بالا که از همه بیشتر رایجند a)با آهنربای سطحی b) آهنربای داخلی

- سیم پیچ میراکننده

تعدادی میله های قفسه ای همانند موتورهای القایی و سنکرون معمول درون روتور موتورهای آهنربای دائم که وجود این میله ها برای عملکرد معمول موتور ضروری نیست ولی در اکثر کاربردها این میله ها را در روتور می توان پیدا کرد. این میله ها در راه اندازی موتور استفاده می گردد. در این حالت موتور به صورت القایی راه اندازی می شود تا به حدود سرعت نامی خود برسد سپس

میدان آهنربا با میدان تولیدی استاتور همزمان می شود علاوه بر این وجود میله ها باعث میرا شدن نوسانات سرعت پیرامون سرعت سنکرون می گردد.

۵-۷-۵) **یوغ**

بخش مغناطیسی روتور است که مسیر عبور شار از قطب ها را تامین می کند این قسمت از موتور دارای ضریب نفوذ مغناطیسی بالایی است و برای کاهش تلفات ناشی از جریان گردابی به صورت مورق ساخته می شود. قطب های آهنربای دائم، موانع شار و میله های میرا کننده در داخل این قسمت قرار دارند. بیشتر کار طراحی بر روی این قسمت انجام می گیرد. ابعاد آهنربا، موقعیت قرار گرفتن آنها، ابعاد موانع شار و نحوه قرار گرفتن میله های میرا کننده بر عملکرد موتور تاثیر گذار است.

۶-۷-۵) **شفت**

شفت میله وسط روتور است که اجزای روتور بر روی آن نصب می شود. ضریب نفوذ مغناطیسی این قسمت کم است و مسیر مناسبی برای عبور شار نیست. استحکام مکانیکی شفت بالا است تا بتواند فشارهای مکانیکی را در هنگام کار، تغییر سرعت و تغییر جهت چرخش بر موتور وارد می شود تحمل کند.

۷-۷-۵) **بدنه موتور**

بدنه موتور سطح خارجی موتور است که به عنوان پوسته موتور شناخته می شود. این بخش از موتور قسمت های داخلی را از محیط بیرون جدا می کند، استاتور، روتور و سیم پیچ ها در داخل بدنه موتور محصور شده اند. از طریق بدنه موتور گرمای تولید شده در سیم پیچ های استاتور به محیط

بیرون انتقال داده می شود. ضریب نفوذ مغناطیسی این بخش از موتور کم می باشد و شار تولید شده در موتور از این قسمت کمتر می کند.

۵ – ۸) نظریه و مدل سازی ماشینهای سنکرون مغناطیس دائم سرعت بالا

۵ – ۸ – ۱) مقدمه

استفاده از موتورهای DC به خاطر قابلیت بالای آنها به عنوان یک سرو، تجربه تاریخی بیشتری نسبت به موتورهای ACدارا می باشد و این به خاطر مزایای کنترلی آنها می باشد . به طوریکه براحتی با تغییر ولتاژ آنها می توان پاسخ مناسبی را بالا زدگی و زمان بالا آمدن کم از آن بدیت آورد . اما مشکلات ناشی از وجود کمتاتور و جاروبکها که ایجاد جرقه می نمایند و همچنین نیاز مدارم آنها به تغییر و نگهداری که خود باعث ایجاد هزینه می گردد باعث شده است که استفاده از موتورهای دیگر را جهت کنترل سرعت و یا موقعیت شئی توجیه پذیر سازد و مچنین گرانی خود این موتورهانیز مزید بر علت می باشد . موتورهای AC که در انواع مختلفی ساخته می شوند به شرطی که کمترل مناسبی بر روی آنها انجام گیرد بهطوریکه پاسخی شبیه به موتورهای DC را بتوانند از خود نشان دهد یک رقیب جدی برای موتور عادی DC بشمار می روند . لیکن بایستی توجه نمود که قیمت و پیچیدگی درایو موتورهای AC به مراتب بیشتر از موتورهای DC می باشند .

یکنوع از این ماشینها سروموتورهای معناطیس دائم است که ببه علت قابلیت کنترل دقیق بر روی آنها می توانند جایگزین موتورهای DC گردند .

۵ – ۸ – ۲) موتورهای سنکرون معناطیس دائم سرعت بالا

ساختمان داخلی ماشین های سنکرون شامل سه سیم پیچ جداگانه روی سه فاز استاتور و یک سیم پیچ تحریک روی موتور است که به طور الکتریکی میدان مغناطیسی را تغذیه می نماید این سیم پیچ جامل جخریان DC می باشد و همچنین بر موتور آ» ماشینها، سیم پیچهای میرا کننده قرار دارند که شبیه استاتور

ماشینهای القایی هستند و سرعت اسن ماشینهاثابت می باشد که متناسب بافرکانس تغذیه ورودی وتعداد قطبهاست .

سیم پیچ میدان در این ماشینها می تواند به وسیله معناطیس دائم جایگزین گردد که در این صورت به آنها ماشین PMSM اطلاق می شود . استفاده از مغناطیس دائم این سودنژمندی رادارد که باعث حذف جاروبکهاو رینگاهای لغزان می شود که این باعث بالارفتن راندمان می گردد . همچنین چون گرما در قسمت استاتور ایجاد می گردد بنابراین خنک کردن ماسین و انتقال گرما از درون به بیرون ماشین راحت تر می شود و بنابراین می توان از این خاصیت جهت حفاظت در یرایر اضافه بار استفاده نمود زیرادمای موتور نسبت مستقیم با اضافه بار روی ماشین دارد و با نصب یک سنسور روی بدنه این موتور می توان از آ» در برابر اضافه بار حفاظت نمود .

همچنین استفاده از مغناطیس دائم سایز ماشین رانیز کوچکتر می نماید . ماشینهای سنکرون مغناطیس دائم به دو گروه عمده تقسیم می شوند :

۱-ماشینهای مغناطیس دائم تغذیه شده بوسیله اینورتر جریان کهپخش شار ذوزنقه ای شکل دارند .

۲-ماشینهای سنکرونی که شار پخش شده در فاصله هوایی تقریباً سینوسی شکلی دارند و تغذیه شده با جریان سینوسی شکل استاتور هستند .

معیارهایی که در طراحی یک سرو موتور مورد نیاز است به شرح زیر می باشند :

چگالی فلوی فاصله هوایی بالا ، گشتاور کنترل شده در سرعت صفر ، نسبت توان به وزن بالا (بزرگترین نسبت توان به جرم موتور ممکن) ، نسبت گشتاور به اینرسب بزرگتر (به منظور شتاب گیری بالاتر) ، عملکرد با گشتاور صاف ، عملکرد در رنج سرعت بالا ، توانایی تولید گشتاور تا ماکزیمم بالا(شتاب گیری سریع و توقف سریع در کوتاه مدت)، راندمان بالا و ضریب توان بالا ، طراحی خلاصه و فشرده .

تمامی این ویژگی ها رامی توان توسط ماشینهای سیکرون مغناطیس دائم که به صودت برداری یا کنترل مستقیم گشتاور بهره برداری می شوند بر آورد ساخت ، به منظور حصول به ثایت زمانی مکانیکی کوچک بایستی روتور را با نسبت بالای طول به قطر (L/D) ساخت .

گاهی نیز روتور از یک ماده پلاتینی سخت که مغناطیسها داخل آ» قرار گرفته اند ساخته می شوند . به روتورهای استوانه ای بلند ، ماشینهای بامیدان شعاعی نیز اطلاق می شود و به روتور از نوع دیسکی نیز میدان محوری گفته می شود . این نوع اخیر اکثراً در کاربرد رباتیک مصرف می شود در سرور درایوهای ماشین ابزار نوع اول کاربرد دارد .

روشهلی عملی گوناگونی جهت نصب مغناطیسها بر روی روتور وجود دارد . در یک حالت از مغناطیسها طبیعی نادر ماند کبالت (Sm_2Co_{17},$SmCO_5$) و یا تنئودیمیم آهن بورن (NdfeB) استفاده می شود که انرژی بالایی تولید کرده و کاهش قدرت مغناطیسی آنها نیز کم است و توسط مواد چشبنده ای قوی به سطح فلزی روتور نصب شود . بخ لحاظ استحکام بالای مکانیکی که برای سرعت های بالا کاملاً ضروری است ، فضای بین مغناطیسها با ماده غیر مغناطیسی پر شده و سطح نهایی نیز توسط یکماده با مقاومت مکانیکی بالا نظیز فایبر گلاس پوشانده می شود . امروزه یکی از محدودیتها در استفاده از مغناطیس های طبیعی قیمت آنها ست . ولی انتظار می رود که در آینده ببا بهبود تکنیک ساخت مغناطیس مصنوعی قابل جایگزینی باشد یکی از مشکلات مغناطیسی NDFeB کاهش شدت میزان مفناطیسی یا افزایش درجه حرارت است .

هنگامی که موتور سنکرون PM با مغناطیسهای سطحی در کاربرد های فراکانس متغیر استفاده می شود نیازی به سیم بندی دمپر نخواهد بود . که در واقع چنین چیزی روی روتور تعبیه نشده است .

در سایر ساختارهای کاربردی از روتور با مغناطیسهای داخلی استفاده می شود . PMSM در حالی که قطعات مغناطیسی روی سطح موتور نصب می شود در برابر میدان خارجی از خود ضریب نفوذ مغناطیسی نسبی در حدود (1/.2T-1/2T)نشان می دهند بنابراین می توان ماشین را با فاصله ی هوایی بزرگ در

نظر گرفت که اثرات اغزش را قابل صرف نظر می کند . همچنین به دلیل بزرگ بودن فاصله هوایی اندوکتانس سنکرون ، $L_s=L_{sl}+L_M$ ، نیز کوچک بوده و لذا اثرات عکس العمل آرمیچر قابل صرف نظر کردن می باشد . یک نتیجه دیگر بزرگ شدن فاصله هوایی کوچک شدن ثابت زمانی الکتریکی سیم بندی استاتور است . قطعات مغناطیس ها گوناگونی دارند ، میله ای شکل و یا به صورت قطاع محیطی با زواییای تا ۹۰ درجه و ضخامتی تا چند میلیمتر ، مغناطیس های پوسته ای که به صورت شعاعی نیط مغناطیس شده اند توزیع شار فاصله هوایی یکنواخت تری ایجاد می کنند و همچنین ریپل های گشتاور را کاهش می دهند . هر چند این ریپلهای گشتاور را توسط طراحی مناسب استاور می توان کاهش داد .

در موتور سنکرون مغناطیس دائم بامغناطیس های داخلی به دلیل اینکه روی مغناطیسها با یک ورق فولادی پوشیده می شود از نظر ظاهری فاصله هوایی یکنواختی وجود دارد ولی به دلیل اینکه هر مغناطیس توسط یک قطب فولادی پوشیده شده است به طور موثری مدار مغناطیسی ماشین عوض می شود و مسیرهای نشتی با پرمانس بالا ایجاد می شود . بنابراین لغزشی تولید می شود که نکانیزم تولید گشتاور درماشین را تحت تاثیر قرار می دهد . بنابراین علاوه بر مولفه گشتاور ناشی از لغزش تولید می شود ،در موتورهای مغناطیس دائم راکتانس مولفه q از راکتانس مولفه d بزگتر است . بایستی درنظر داشت که برای کاربرد سرومکانیزم که ریپل گشتاور باید کم باشد می توان از روشهای مرسوم در کاهش ریپل و هارمونیکهای گشتاور استفاده کرد هر چند ماشینکاری سطح مغناطیسی به دلیل ماده سرامیکی سخت آن پرهزینه است . همچنین ساخت مغناطیسها به دلیل ماده سرامیکی سخت آن پر هزینه می باشد . همچنین ساخت مغناطیسها در اشکال مختلف امکان پذیر نیست . در کاربرد سرو موتورها ۱ تا ۲ درصد گشتاور نامی برای اندازه گشتاور دندانه ای قابل قبول است . هر چند حداکثر اثرات هارمونیکی گشتاور توسط یک مبدل مناسب و سنسورهای دقیقی برای تعیین موقعیت و سرعت قابل تقلیل است .

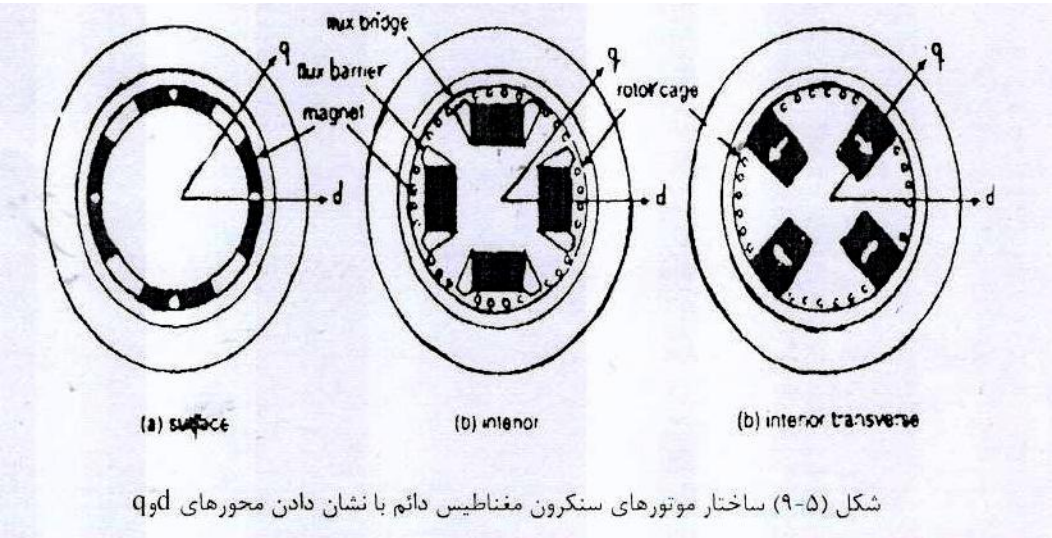
توجه به این نکته ضروری است که در موتورهای سنکرون مغناطیس دائم دندانه در استاتور موجود است . هر چند می توان موتوری ساخت که دارای دندانه استاتور نباشد در این حالت سیم بندی های استاتور

خارج از آن سر هم شده و سپس به داخل استاتور فرستاده می شوند لذا در این حالت امکان بیشتری برای سیم بندی موجد است و در مقابل می توان قطر هادیها را افزود که این خود موجب افزایش مقدار نامی جریان استاتور می شود .

یک چنین موتوری در سرعتهای پایین نیز هارمونیک دندانه ای نخواهد داشت و لذا تلفات آهن نیز کاهش می یابد . همچنین به جهت فضای شعاعی ایجاد شده می توان قطرو موتور را نیز افزایش داد .

توسط مواد مغناطیس طبیعی چگالی شار فاصله هوایی تا یک تسلا قابل حصول است . هر چند به دلیل اشباع مغناطیسی دندانه ها و تلفات آهن بهترین کار استفاده از مغناطیسهای قوی تر نیست چرا که دندانه ها به نحو چشمگیری (به خصوص در عکس العمل آرمیچر در حالت اضافه بار) اشباع شده و با وجود فاصله ی هوایی ، اعوجاج ایجاد شده در میدان به دلیل اشباع باعث کاهش شار و لذا ولتاژ القایی می گردد. تنها محدودیت در موتورهای مغناطیس دائم سنکرون بالا بودن قیمت مواد مغناطیس دائم است . ساختار مغناطیس دائم سطحی با ماده مغناطیس مدرن دارای Hc بالا رایجترین نوع موتور های سنکرون می باشد .

زمانی که با مواد مغناطیس دائم Hc کمتر و با خطر غیر مغناطیس شدن مواجه هستیم مغناطیسها معمولاً داخل روتور نصب می شوند .



شکل (۵-۹) ساختار موتورهای سنکرون مغناطیس دائم با نشان دادن محورهای qوd

در شکل (۹ – ۵) ساخت موتورهای سنکرون دائم دیده می شود . این ساختار استفاده از طول بیشتری از مغناطیسیها را ممکن می سازد و با وجود ماده مغناطیس با Hc کمتر فضای کافی برای تمرکز شار مورد نیاز ایجاد می شوند . در حالت کلی موتور سنکرون که از طریق خط با فرکانس ثابت به راه می افتد نیاز به یک قفس سنجابی راه انداز تعبیه شده روی روتور دارد تا گشتاور القایی ایجاد شده بر گشتاور متغییر تولیدی مغناطیسهای دائم غلبه کرده و موتور به راه بیافتد . زیرا متوسط گشتاور تولیدی توسط مدار تحریک و یا مغناطیسهای دائم صفر بوده و به دلیل ثابت زمانی مکانیکی بالای روتور نسبت به فرکانس گردش میدان مغناطیسی سه فاز استاتور ، روتور در هر ربع سیکل قادر به حرکت نخواهد بود لذا فقط در جای خودش لرزش کرده و گرم می شود . یکی از فوائد دیگر قفس سنجابی تعبیه شده بهبود پایداری دینامیکی ماشین خواهد بود . چرا که در هر حالت گشتاور تولیدی القایی به گونه ای است که سرعت روتور را به سرعت سنکرون کند . موتور سنکرون که توسط یک اینورتر تغذیه می شود به دلیل امکان سنکرونیزاسیون فرکانس ولتاژ خروجی اینورتر با سرعت روتور نیازی به قفس سنجابی راه انداز نخواهد داشت .

۵ – ۸ – ۳) مدل ریاضی موتور سنکرون با مغناطیس دائم سرعت بالا

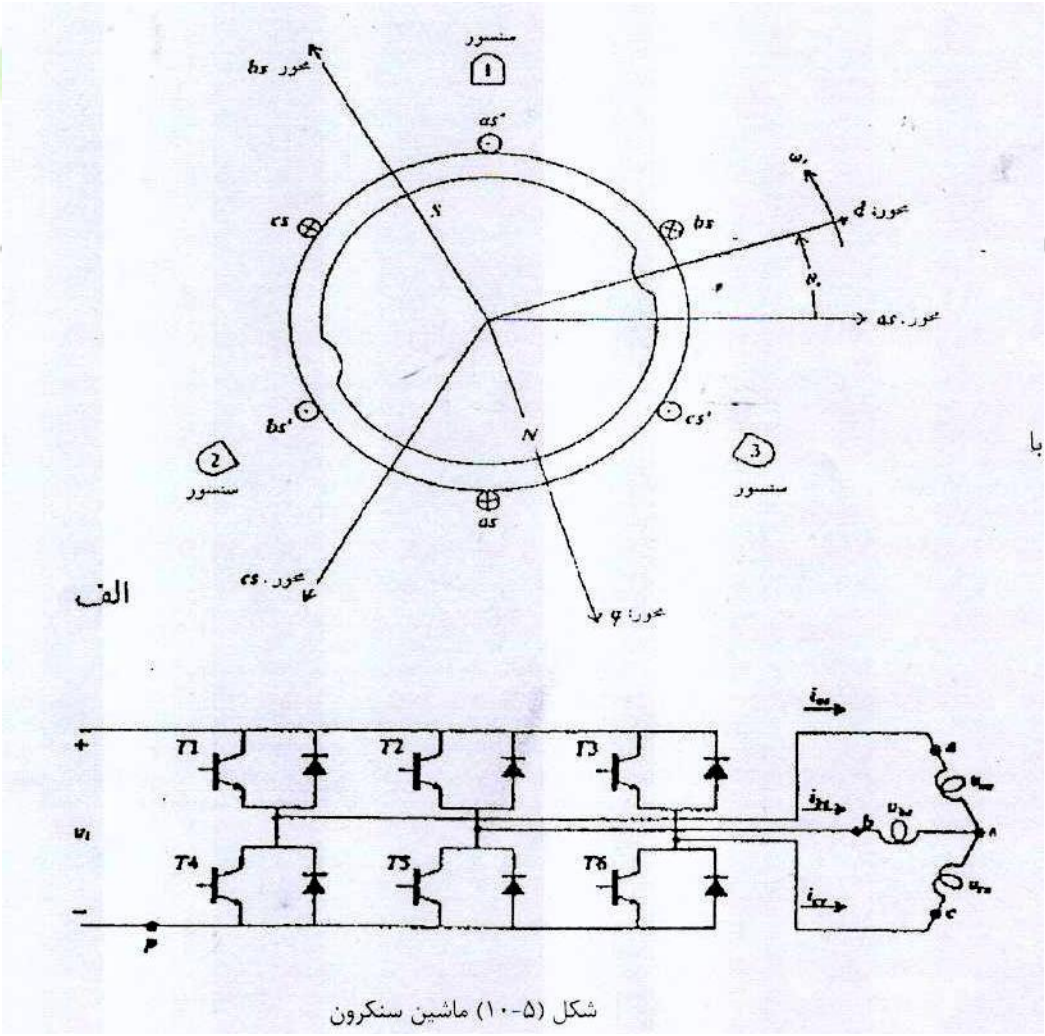
PMSM از نظر استاتور بسیار شبیه به موتور سنکرون با روتور سیم پیچی شده در این نوع موتور ، مواد مغناطیس دائم با مقاومت الکتریکی بالا بر روی روتور استفاده می شود . بنابراین جریان القا شده در روتور قابل صرف نظر است . همچنین هیچ اختلافی بین emf تولید شده با مغناطیس طبیعی و آنچه بوسیله یک سیم پیچ تحریک DC به وجود می آید ، نمی توان در نظر گرفت .

در نتیجه مدل ریاضی PMSM دارای مشابهت زیادی با نوع روتور سیم پیچی شده خواهد بود و با توجه به مدل به راحتی قابل بیان است . برای بررسی این مدا ابتدا فرضیات زیر را در نظر می گیریم .

- از اثر اشباع صرفنظر می شود ، اگر چه این مسأله با یجاد تغییر در پارامترهای ماشین قابل اعمال است .
- ولتاژ محرکه القایی در استاتور سینوسی می باشد .

- از اثرات جریان فوکو و تلفات هیسترزیس صرف نظر می شود .
- بر روی تحریک دینامیکی جرینی وجود ندارد .
- بر روی روتور هیچ گونه قفسه یا میله های میراکننده وجود ندارد .

در شکل (۱۰ – ۵) یک ماشین سنکرون مغناطیس دائم دو قطب نشان داده شده است . استاتور این ماشین بوسیله یک اینورتر سه فاز به منظور اعمال موج ولتاژ با فرکانس و دامنه متغییر برای ایجاد جریانهای سه فاز تقریباً سینوسی تغذیه می شود . در هر لحظه از زمان با شناسایی موقعیت روتور سعی می شود تا برای حفظ حالت سنکرونی ، فرکانس سوئیچ اینورتر (فرکانس تغذیه استاتور) با سرعت چرخش روتور یکسان باشد .



شکل (۵-۱۰) ماشین سنکرون

توجه به فرضیات قبل و شکل معادلات ولتاژ به فرم ماتریسی زیر قابل بیان است :

$$V_{abcs} = R_s I_{abcs} + P\lambda_{abcs} \qquad (۵-۱)$$

که V_{abcs} بردار ولتاژ استاتور ، I_{abcs} ، بردار جریان R_s ماتریس قطری مقاومت سیم پیچهای استاتور در مختصات سه فاز می باشد . همچنین $P\lambda_{abcs}$ بردار شار استاتور است که با معادله ماتریسی زیر بر حسب بردارهای جریان و شار مغناطیسی بیان می گردد .

$$\lambda_{abcs} = L_s I_{abcs} + \lambda_m \qquad (۵-۲)$$

در این رابطه Ls ماتریس اندوکتانس و λ_m بردار شار دور پیوندی حاصل از فلوی مغناطیس روتور Φ_f با هر یک از فلودهای استاتور می باشد و در نتیجه $P\lambda_m$ ولتاژ القایی مدار در هر یک از سیم پیچ های استاتور خواهد بود .

$$\lambda'_a = \lambda'_f \begin{bmatrix} \sin\theta_r \\ \sin(\theta_r - \frac{2\pi}{3}) \\ \sin(\theta_r - \frac{2\pi}{3}) \end{bmatrix} \qquad (۵-۳)$$

چنانچه انتقال به مختصات دو محوری مرجع روتور انجام گیرد ، معادلات ماتریسی فوق به فرم زیر تبدیل خواهد شد .

$$\begin{cases} \lambda_{ds} = L_d I_{ds} + \lambda'_f \\ \lambda_{qs} = L_q I_{qs} \\ \lambda_{os} = L_l I_{os} \end{cases} \qquad (۵-۴)$$

برای دریافت فایل wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

(۵ – ۵)

$$\left.\begin{aligned} V_{ds} &= r_s i_{ds} + P\lambda_{ds} - W_s\lambda_q \\ V_{qs} &= r_s i_{qs} + P\lambda_{qs} - W_s\lambda ds \\ V_{os} &= r_s i_{os} + P\lambda_{os} o \end{aligned}\right\}$$

که در این معادلات :

Vds و Vqs محور d وq

Ids و iqs جریانهای محور d و q

Ld وLq اندوکتانسهای محور dوq و Lls اندوکتانس نشت حاصل از شار پراکندگی

λ_{ds} و λ_{qs} شار دورهای محور d و q و λ_f دامنه فلوی روتور با استاتور در نتیجه مغناطیسهای دائم بر روی روتور

Ws و rs به ترتیب فرکانس زاویه ای تغذیه استاتور و مقاومت هر فاز استاتور می باشد در این حالت گشتاور الکترومغناطیسی تولیدی از رابطه (۶ – ۵) بدست می آید :

(۶-۵)

$$T = \left(\frac{3}{2}\right)\left(\frac{P}{2}\right)\left(\lambda_{ds} i_{ds} - \lambda_{qs} i_{qs}\right)$$

رابطه (۵ – ۷) ، فقط بر حسب جریانهای دو محور نیز قابل بیان است .

(۵ – ۷)

$$T = \left(\frac{3}{2}\right)\left(\frac{P}{2}\right)\left[\lambda'_f i_{qs} + (L_{d-Lq}) i_{qs} i_{ds}\right]$$

این رابطه نشان می دهید کهگشتاور الکترومغناطیسی تولیدی شامل یک مولفه متناسب با حاصلضرب جریان محور ، در دامنه فلوی حاصل از مغناطیس دائم (گشتاور الکترو مغناطیسی) و مولفه دیگر در اثر اختلاف اندوکتانسهای دو محور d وq به نام گشتاور رلوکتانسی می باشد .

(۵ – ۸)

$$\left\{\begin{array}{l} T_{er}=\left(\frac{3}{2}\right)\left(\frac{P}{2}\right)\left(L_a-L_q\right)i_{qs}i_{ds}\Big) \\ T_{em}=\left(\frac{3}{2}\right)\left(\frac{P}{2}\right)\lambda'_f i_{qs} \\ Te=Tem+Ter \end{array}\right\}$$

همچنین معادله دینامیکی موتور ارتباط بین گشتاور الکترومغناطیسی تولیدی و سرعت روتور ωr در هر لحظه را با توجه به گشتاور اعمالی روی شافت ، بیان می کند .

(۵ – ۹)

$$T_e-T_e=J(\frac{2}{P})P\omega_r+(\frac{2}{P})\omega_r$$

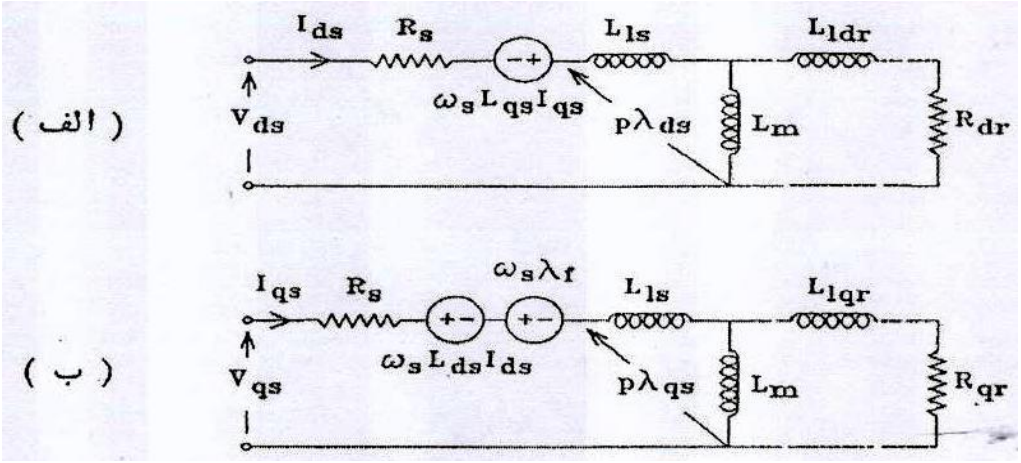
کهP تعداد قطبها ، Ti گشتاور بار ، Bm ضریب میرایی و J اینرسی دورانی روتور بر حسب Kgm2 می باشد ، در تحلیل حالت دینامیکی موتور ، دسته معادلات () تا () بر حسب متغییر حالت شار یا جریان به فرم معادلات حالت نوشته می شود . .

$$\left\{\begin{array}{l} P\lambda_{qs}=V_{qs}-r_s i_{qs}-W_s\lambda_{ds} \\ P\lambda_{qs}=V_{ds}-r_s i_{ds}-W_s\lambda_{qs} \\ P\lambda_o=V_{os}-r_s i_{os}-W_s\lambda_{ds} \end{array}\right\}$$

(۵ – ۱۰)

با استفاده از این معادلات مدل دو محوری ماشین در مختصات سنکرون مطابق با شکل () قابلرسم است . بدلیل اینکه فلوی مغناطیسی روتور λ_f در جهت محور d مقدار ثابتی است (با صرفنظر کردن از حساسیت دمایی مواد مغناطیسی) ، در نتیجه نیروی محرکه القایی (emf) حاصل از آن در جهت محور q ظاهر

خواهد شد . در این نوع ماشین اثر میرایی حاصل ز روتور وجود ندارد و در نتیجه مدار معادل روتور به صورت باز رسم می شود .



با توجه به شکل (۱۱ – ۵) و استفاده از ماتریس تبدیل پارک ، ks ، چنانچه زاویه بین محور فاز a استاتور و محور d روتور در هر لحظه θ_r باشد که :

$$\varsigma_r = \int \omega_r(t')dt' + \theta_r(0)$$

هر کدام از متغیرهای دو محور d وq از روی متغیرهای متناظر در حالت سه مجوزی از ماتریس انتقال پارک قابل محاسبه است . به عنوان نمونه :

(۵ – ۱۲)

$$\begin{bmatrix} V_{qs} \\ V_{ds} \\ V_{as} \end{bmatrix} = \frac{2}{3} \begin{bmatrix} -\sin(\theta_r) & -\sin\left(\theta_r - \frac{2\pi}{3}\right) & -\sin\left(\theta_r + \frac{2\pi}{3}\right) \\ \cos(\theta_r) & \cos\left(\theta_r - \frac{2\pi}{3}\right) & \cos\left(\theta_r + \frac{2\pi}{3}\right) \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{bmatrix}$$

بعد از حل معادلات در فرم دو محوری ، به طور متناظر با استفاده معکوس پارک معادل سه محوری ولتاژ و جریانهای ماشین محاسبه می شود .

(۱۳ – ۵)

$$V_{abcs} = K_s^{-1} V_{q_{dos}}$$

$$I_{abcs} = K_s^{-1} I_{q_{dos}}$$

به طور نمونه داریم :

(۱۴ – ۵)

$$\begin{bmatrix} V_{qs} \\ V_{ds} \\ V_{as} \end{bmatrix} = \frac{2}{3} \begin{bmatrix} -\sin(\theta_r) coc(\theta_r) 1 \\ -\sin\left(\theta_r - \frac{2\pi}{3}\right) \cos\left(\theta_r + \frac{2\pi}{3}\right) 1 \\ -\sin\left(\theta_r + \frac{2\pi}{3}\right) \cos\left(\theta_r + \frac{2\pi}{3}\right) 1 \end{bmatrix}$$

قابل ذکر است که انتقال محورها همزمان و بطور متناظر در جریانها و فلوی پیوندی استاتور نیز اعمال می شود .

توان کل ورودی به ماشین برابر است با :

(۱۵ –۵)

$$P_s = V_{as} i_a + V_{bs} i_b + V_{cs} i_c$$

که بر حسب متغیرهای محورهای qوd و برای سیستم متقارن بصورت زیر تبدیل می شود :

$$Ps = 3(V_{ds} i_d + V_{qs} i_q)/2$$

۵ – ۸ – ۴) مدل Simulink برای موتور سنکرون مغناطیس دائم سرعت بالا (PMSM)

در اینجا مدل سازی PMSM با استفاده از معادلات زیر در فریم روتور و از طریق نرم افزار MATLAB صورت گرفته شده است . و موتور مورد نظر با راندمان بالا و قابلیت خود راه اندازی ، طی اتصال مستقیم به خط ، تغذیه می شود مغناطیسهای دائم گشتاور سنکرون را نولید کرده و قفس سنجابی نیز در سرعتهای

غیر سنکرون با فرکانس استاتور ، گشتاور القایی تولید می کند و با نامساوی بودن Ld وLq یک جزء گشتاور دیگر بنام گشتاور رلوکتانسی نیز در پاسخ ها تأثیر دارد .

البته با وارد کردن اطلاعات موتور سنکرون یا مغناطیس سطحی (Lq=Ld) بطور اتوماتیک مدل ماشین به روتور استوانه ای تبدیل می شود و همچنین با حذف اثر مقاومت و اندوکتانسهای qوd دمپر ، اثر آن قابل حذف بودن و موتور بدون راه اندازی مدل می گردد . دوباره نوشتن معادلات بیان شده بصورت شار برحسب ولتاژ و ساده کردن آنها داریم :

معادلات شار پیوندی :

$$\begin{cases} \phi_q = \omega\int\{V_q - \dfrac{\omega_r}{\omega_b}\phi_d + \dfrac{r_s}{X_{ls}}(\phi_{mq} - \phi_q)\}dt \\ \phi_d = \omega_b\int\{V_d + \dfrac{\omega_r}{\omega_b}\phi q + \dfrac{r_s}{X_{ls}}(\phi_{md} - \phi_d)\}dt \\ \phi_0 = \omega_b\int\{V0 - \dfrac{r_s}{X_{ls}}\phi_0)\}dt \\ \phi'_{kq} = \dfrac{\omega_b r'_{kq}}{X'_{i\,kq}}\int(\phi_{mq} - \iota_{kq})dt \\ \phi'_{kq} = \dfrac{\omega_b r'_{kd}}{X'_{i\,kd}}\int(\phi_{md} - \phi_{kd})dt \end{cases} \qquad (۱۷-۵)$$

که در آن :

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

(۵ – ۱۸)

$$\begin{cases} \phi_{mq} = X_{MQ}\left(\dfrac{\phi_q}{X_{ls}} + \dfrac{\phi'_{kq}}{X'_{lkq}}\right) \\ \phi_{mq} = X_{MQ}\left(\dfrac{\phi_d}{X_{ls}} + \dfrac{\phi'_{kd}}{X'_{lkd}}\right) \\ \dfrac{1}{XMQ} = \dfrac{1}{Xmq} + \dfrac{1}{X'lkq} + \dfrac{1}{Xls}, Xd = Xls + Xmd \\ \dfrac{1}{XMD} = \dfrac{1}{Xmd} + \dfrac{1}{X'lkq} + \dfrac{1}{Xls}, Xq = Xls + Xmq \end{cases}$$

و جریانهای سیم بندی :

$$\begin{cases} i'kq = \dfrac{\phi'kq - \phi mq}{X'lkq}, iq = \phi q - \\ i'_{kd} = \dfrac{\phi'_{kd} - \phi_{md}}{X'_{lkd}}, i_d = \dfrac{\phi_d - \varphi_{md}}{X_{ls}} \end{cases}$$

(۵ – ۱۹)

WikiPower.ir

و معادلات گشتاور الکترومغناطیسی :

$$\begin{cases} T_{em} = (\phi_d i_q - \phi_q i_q) \\ T_{em} = (X_d - X_q) i_q i_d + X_{md} i'_{kd} i_q - X_{mq} i'_{kq} i_d + X_{md} i'_m i_q \\ T_{em} + T_{mech} - T_{damp} = 2H \dfrac{d(\omega_r - \omega_e)/\omega_b}{dt} \end{cases}$$

(۵ – ۲۰)

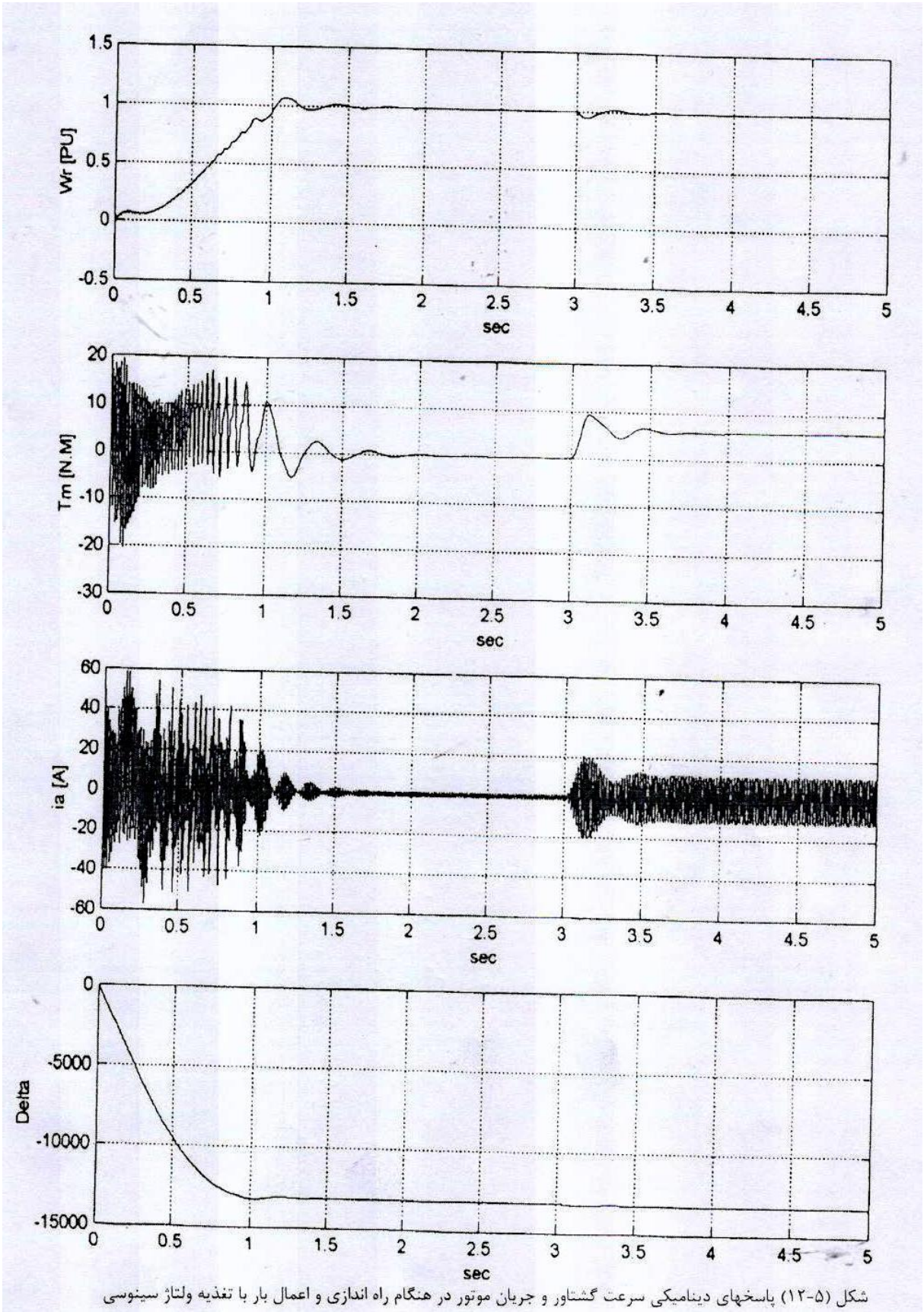
$$\delta(t) = \theta_r(t) - \theta_e(t) = \omega_b \int \{(\omega_r(t) - \omega_e)/\omega_b\} dt + \theta_r(o) - \theta_e(o)$$

(۵ – ۲۱)

در خاتمه موتور PMSM ، شبیه سازی و نتایج آن آورده شده است .در مدت شتابگیری موتور که حدود ۱/۲۱ ثانیه می باشد ، گشتاور الکترومغناطیسی به صورت نوسانی شدید با دامنه بالا است تا موتور را به سرعت مبناء برساند . از این به بعد بخاطر نبودن گشتاور بار ، مقدار گشتاور الکترومغناطیسی به صفر نزدیک می شود . در لحظه ۳ ثانیه باری معادل 6N.M به موتور وارد می شود . بنابراین گشتاور الکترومغناطیسی تا مقدار گشتاور بار افزایش یافته و سرعت موتور را در حد سرعت مبناء ثابت نگه می دارد . قبلاً بیان گردید که موتورهای AC به شرط آنکه بتوان کنترل مناسبی بر روی آنها قرار داد بطوریکه پاسخی شبیه به پاسخ موتورهای DC از خود نشان دهند ، می توانند رقیب جدی برای موتورهای DC به شمار آیند . بنابراین لازم است انواع روشهای کنترلی مناسب بر روی موتورها را بررسی و بهترین روش کنترل را انتخاب نمود .

WikiPower.ir

برای دریافت فایل wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل (۵-۱۲) پاسخهای دینامیکی سرعت گشتاور و جریان موتور در هنگام راه اندازی و اعمال بار با تغذیه ولتاژ سینوسی

۵ – ۹) مقایسه موتورهای سنکرون آهنربای دائم سرعت بالا و موتور القایی

با توجه به اینکه موتورهای آهنربای دائم PMSM بر روی روتور خود سیم پیچی تحریک ندارند در حالت کار پایدار تلفات روتور خیلی کم و قابل صرف نظر کردن است . بنابراین تمام تلفات در استاتور خواهد بود و انتقال آن به محیط بیرون آسان است . همچنین موتورهای PMSM در ضریب قدرت بالایی کار می کنند که این امر باعث کاهش تلفات مسی می شود . از آنجایی که در این موتورها گام قطب را تنها شار نشتی بین دو قطب محدود می کند انتخاب گام قطب کوچک امکان پذیر است . موتورها PMSM معمولاً دارای جفت قطب های بیشتری نسبت به موتورهای القایی می باشند . در موتورهای PMSM نیاز به فضای کمتری برای یوغ استاتور است و می توان روتور را با قطر بزرگتر انتخاب کرد تا تعداد قطب بیشتری بر روی آن جای بگیرد .

با کوچک شدن یوغ مقدار سیم لبه های انتهایی نیز کاهش می یابد و باعث کاهش مقاومت سیم و تلفات آن می گردد . محل ، مقدار و مشخصه آهنربای دائم بر مقدار چگالی شار فاصله هوایی را تا ۱/۲ تسلا افزایش داد.

در موتورهای القایی با افزایش تعداد قطب ها، گام قطبی کاهش می یابد و اندوکتانس مغناطیسی کم می شود. بنابراین جریان میدان مغناطیسی کننده افزایش می یابد.با افزایش جریان مغناطیسی کننده ضریب قدرت موتور کاهش می یابد. از این رو هر چه تعداد قطب ها در این موتورها افزایش یابد ضریب قدرت کم می شود. اندوکتانس مغناطیسی محور D با تعداد قطب رابطه ی عکس دارد و با مجذور تعداد دور سیم پیچ رابطه ی مستقیم دارد.

در رابطه ی فوق p تعداد زوج قطب،NPH تعداد دور سیم پیچ در هر فاز و ضریب سیم پیچی می باشند. در موتورهای القایی جریان مغناطیس کننده استاتور متناسب با مربع تعداد قطب ها است: بنابراین ضریب قدرت با افزایش تعداد زوج قطب و جریان مغناطیس کننده کاهش می یابد.

$$COS\phi = \frac{l}{l_{mag}} \qquad (۲۴ - ۵)$$

روابط فوق نشان می دهند که با افزایش تعداد قطب ها جریان مغانیط کننده افزایش می یابد و ظریب قدرت موتور کم می شود. معمولاً موتورهای چهارقطبی ظریب قدرتی بین ۰/۹ – ۰/۸دارند که با افزایش قطب ها به هشت ، ضریب قدرت بین ۰/۸ – ۰/۷ خواهد شد . با کاهش ضریب قدرت توان ظاهری ظاهری ورودی موتور زیاد می شود بنابراین راندمان آن کاهش می یابد .

جریان استاتور ماشین القایی شامل دو جزء جریان مغناطیس کننده و جریان تولید کننده گشتاور است . در موتورهای آهنربای دائم سنکرون چگالی شارپ فاصله هوایی عمدتاً توسط قطب های آهنربای دائمی تولید می شود و جزئ جریان مغناطیس کننده استاتور ندارد . بنابرلین تعداد قطب های روتور را می توان به گونه ای انتخاب کرد که راندمان وگشتاور و موتور حداکثر گردد . تعداد قطب ها بر پارامترهای گشتاور ، وزن روتور ، احتمال دی مغناطیس شدن قطب ها ، شار سرگردان در انتهای آهنربا و نوسان گشتاور تأثیر گذار است . علاوه بر این قطب ها بر ابعاد ، قیمت و راندمان کل سیستم اثر می گذارد .

۵ – ۱۰) مقایسه موتورهای آهنربای دائم سنکرون سرعت بالا با موتورهای BLDC سرعت بالا

موتورهای آهنربای دائم به دو دسته موتورهای جریان مستقیم بدون جاروبک (BLDC) و موتورهای آهنربای دائم سنکرون (PMSM) تقسیم می شوند . موتورهای BLDC دارای شکل موج جریان استاتور مستطیلی شکل و نیروی صد محرکه الکتریکی (Back – EMF) مستطیلی باذوزنقه می باشد . موتورهای آهنربای دائم با توزیع سنکرون با توزیع شار فاصله هوایی مستطیلی و سیم پیچ استاتور متمرکز ، نیروی ضد محرکه ذوزنقه ای به وجود می آید . به خاطر شکل موج ذوزنقه ای تعداد حسگرهای روتور را می توان به شش عدد در هر سیکل الکتریکی کاهش داد و برای تنظیم دو فاز در لینک DC تنها نیاز به یک حسگر جریان است . در این موتورها از یک سیستم ساده کنترل جریان استفاده کنترل جریان استفاده شود در لحظه های تغییر سطح جریان پالس های بزرگ گشتاور تولید می شود . بنابراین این ماشین ها عموماً برای کاربرد درایوهای کوچک که به خاطر دقیق شدت موتور نیاز نباشد هارد کامپیوتر ، کمپرسور و فن مناسب می باشند . در عملکرد های دقیق پالس های گشتاور بر نحوه کنترل اثر منفی می گذارند .

تفاوت موتورهای آهنربای دائم سنکرون (PMSM) با موتورهای BLDC در سیستم کنترل و شکل موج ولتاژ تحریک آنها می باشد . در موتورهای PMSMشکل موج نیروی ضدمحرکه وجریان هر دو سینوسی می باشند الگوی توزیع آهنربای دائم بر روی روتور و نحوه سیم پیچی استاتور بر شکل موج نیروی ضد محرکه تأثیر گذار است . چگالی شار فاصله هوایی در صورتی سینوسی خواهد بود که قطب های آهنربا ، شکل مناسبی داشته باشند و در ای مناسبی قرار گرفته باشند . شکل موج سینوسی جریان در صورتی بدست می آید که تعداد شیار بر قطب و شیار بر فاز زیاد و گام سیم پیچی دو لایه با گام کمی کوچکتر از گام کامل انجام شود . با توجه به اینکه توزیع سیم پیچی نمی تواند کاملاً سینوسی باشد شکل موجی چگالی شار فاصله هوایی را نمی توان دقیقاً به صورت سینوسی در آورد .

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل ششم

موتورهای کوچک سرعت فوق العاده بالا

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۶ – ۱) تولید آزمایشی موتورهای کوچک با سرعت فوق العاده زیاد

۶ – ۲) هدف

برای کاربرد ابتدا این موتورها را به صورت آزمایشی با سرعت بسیار زیاد و فوق العاده زیاد و با دو قطب و توان5kw و 240,000rpm طراحی و ساخته شده است ، در اینجا نتیجه آزمایشهای انجام شده بر روی نمونه اولیه را شرح می دهیم . با شبیه سازی به وسیله کامپیوتر رفتار موتور را در حالتهای مختلف ارزیابی شده است .

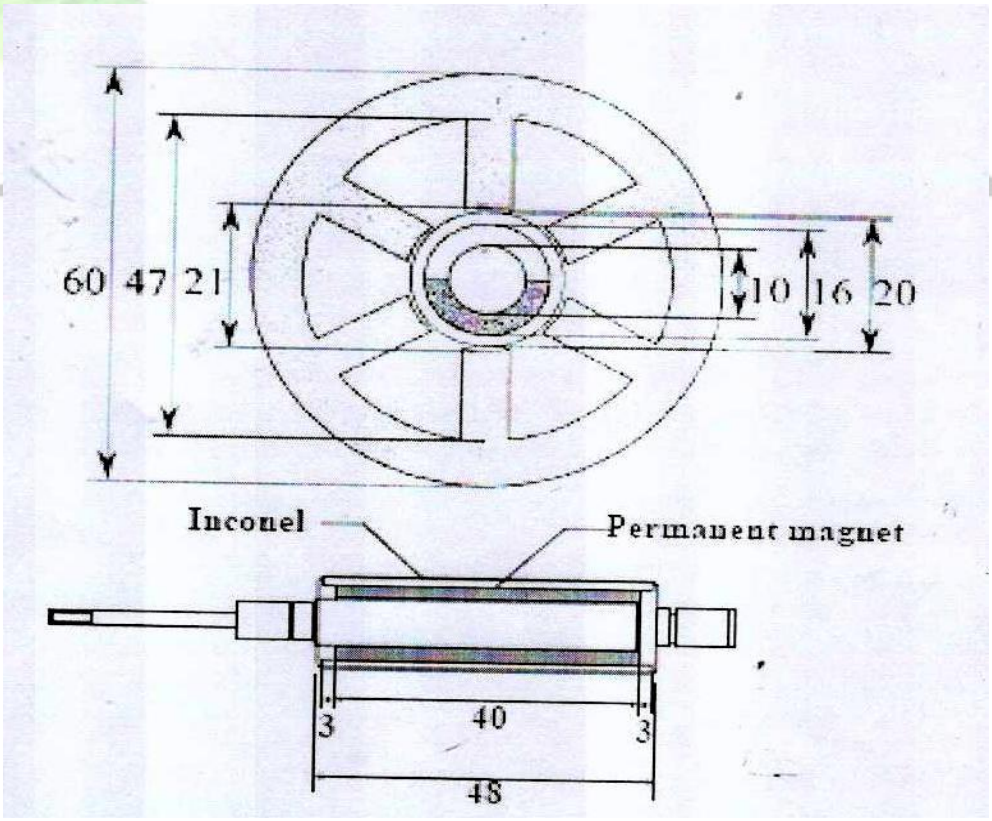
۶ – ۳) مقدمه :

ساخت این موتور در دانشگاه ناگازاکی ژاپن توسط اساتید همان دانشگاه در آزمایشگاه ساخته و آزمایش شده است .

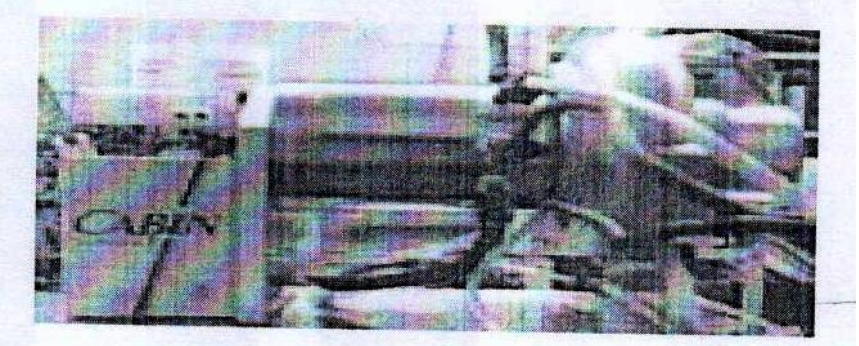
پیشرفتهای اخیر تکنولوژی الکترونیک قدرت و تولید مواد مغناطیس دائم با تلفات کم در هسته موتور، امکان ساخت موتورهای کوچک با سرعت بسیار زیاد و فوق العاده زیاد را به صورت واقعی ممکن کرده است . این موتورها کاربردهای زیادی دارند مانند، سیستمهای تبدیل انرژی ، وسایل نقلیه الکتریکی و کمپرسورها . اندازه کوچک و سبکی وزن باعث استقبال از این موتورها شده است و موتور با سرعت بسیار زیاد به طور مستقیم برای راه اندازی توربین گاز در فرآیند تولید انرژی متصل می شود . بعد از برخورد گاز به توربین ، توربین سرخ می شود و منشاء قدرت مکانیکی می باشد موتور مستقیماً به محور چرخنده متصل شده است . در وسایل نقلیه الکتریکی برای حداکثر استفاده از ماده سوختنی به یک کمپرسور با سرعت بسیار زیاد نیاز حتمی است . برای خنک سازی ماده گازی که به توربین برخورد می کند یک کمپرسور سانتریفوژی با سرعت بسیار زیاد و با اندازه کوچک به کار می رود . همچنین موتورهای کوچک با سرعت بسیار زیاد در حل مشکل جهانی منبع انرژی طبیعی بسیار موثر هستند و بنابراین دلایل ابتدا موتورهای با سرعت بسیار زیاد و فوق العاده زیاد به وسیله کامپیوتر به روش اجزأ محدود شبیه سازی و طراحی و ساخته شد . در این جا به شرح اولیه و نتیجه آزمایشهای انجام شده را آورده ایم . برای درک کاملتر همه اجزای سیستم

مانند کنترلر و مدارهای کنتورها و رفتارهای دیگر موتور تماماً شبیه سازی شده اند . از روش تحلیل اجزأ محدود برای بدست آوردن پارامترهای موتور استفاده شده است ، برای بدست آوردن مدار معادل روش تحلیل اجزاء محدود ، روشی بی نقص است .

در شکل زیر پیکر بندی موتور سنکرون مغناطیس دائم که به این روش ساخته شده آورده ایم . نهایت سرعت مدنظر در آن 240,000RPM می باشد . توان خروجی آن 5kw و اندازه آن به مقدار کافی کوچک می باشد . قطر استاتور آن60mm ، و ضخامت آن 40mm ، و قطر رتور فقط 20mm است . این موتور سنکرون مغناطیس دائم (PM) که از نوع مغناطیس رویه ای و دارای دو قطب می باشد و سطح روتور آن از آلیاژهای مقاوم آهن و نشکن و دارای خاصیت مغناطیسی که به وسیله روغن محافظت پوشیده می شود .



شکل (۶ – ۱) پیکر بندی موتور سنکرون آزمایشی ساخته شده ، ابعاد بر حسب میلی متر می

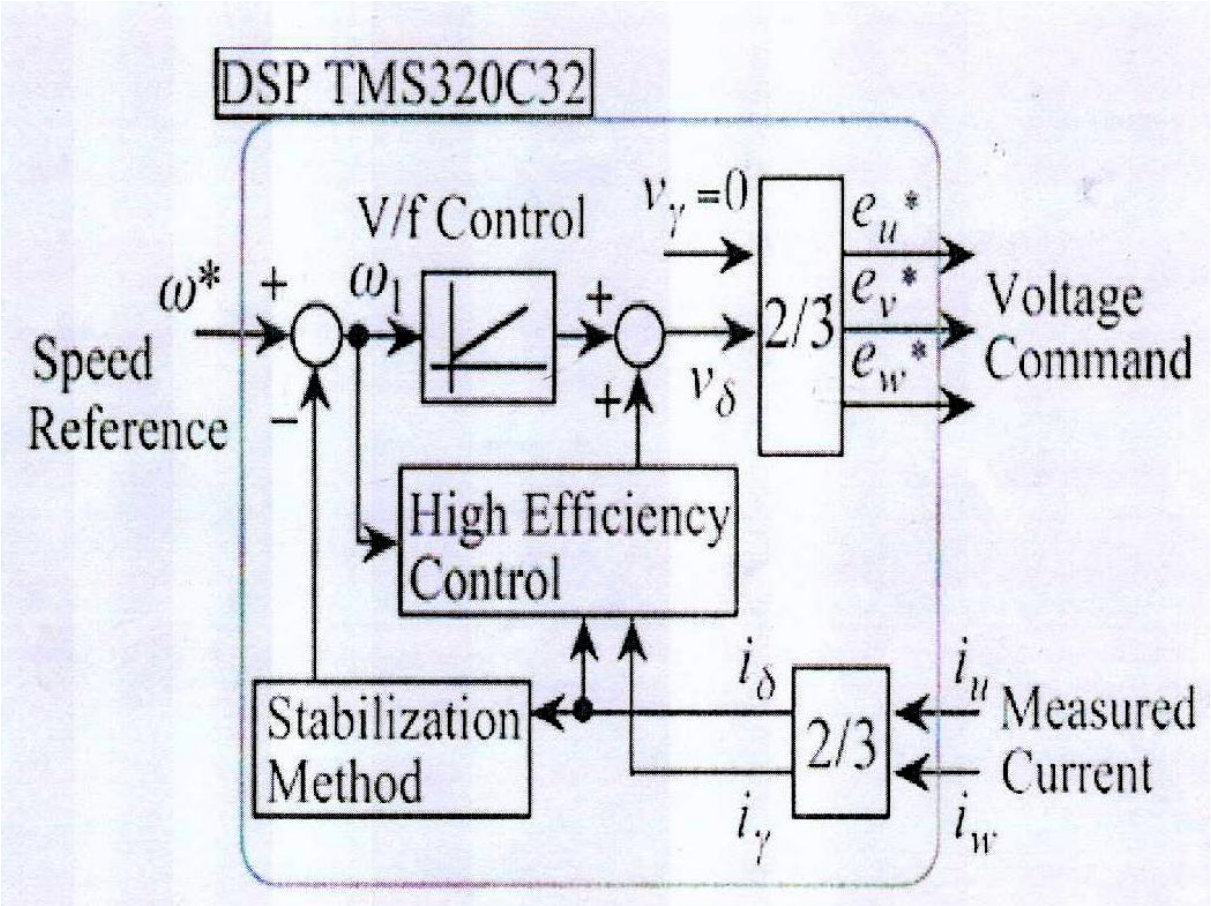


۴-۶) اجزاء و عملکرد سیستم موتور فوق العاده سرعت بالا

در قسمت کنترل ، منبع تغذیه ای که PWM مربوط به منبع اینوتور را کنترل می کند و موتور مناطیس دائم فوق العاده سرعت بالا می باشد . برای رساندن سرعت موتور به 240,000rpm به منبع تغذیه AC با فرکانس 4khz نیاز است .

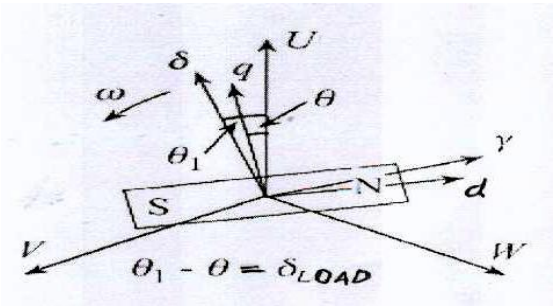
اندازه موتور خیلی کوچک است و انکدر موقعیت روتور و کنترلگر سرعت باید نسب شوند . همچنین کنترلگر تثبیت ولتاژ و فرکانس نیز قرار شده است . و همه اجزا سیستم کنترل توسط پردازشگر دیجیتالی TMS320C32 که از فرکانس 20KHz نمونه برداری می شوند . علاوه بر تثبیت ولتاژ و فرکانس باید ناپایداری در جریان استاتور نیز کنترل شود .

WikiPower.ir



شکل (۶ – ۳) پیکر بندی سیستم کنترل سرعت

مغناطیسی را نشان می دهد و محور q جهت برگشت EMF را نشان می دهد . جهت بردار ولتاژ خروجی اینوتور محور δ و γ نود درجه نسبت به محور δ عقب تر است



در حالت طبیعی که سنسور تشخیص موقعیت در سیستم قرار گرفته و نوسانات سرعت را سنس می کند و پرشهای زوایه بار δ load با فیدبک کنترلگر PI در یک لوپ بسته کنترل می کند . به هر حال در این

سیستم با استفاده از جریان موثر $i\delta$ پایداری سیستم کنترل می شود . جریان $i\delta$ $i\gamma$ از جریان سه فاز خروجی اینورتر تحت تبدیل زیر بدست می آیند .

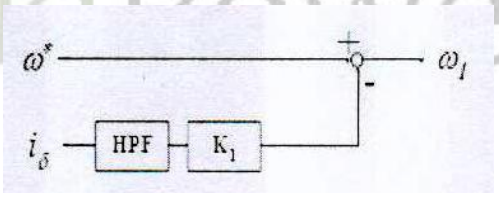
$$\begin{bmatrix} i\gamma \\ i\partial \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sin\theta_1 \sin(\theta_1 - \frac{2}{3}\pi) \sin(\theta_1 - \frac{4}{3}\pi) \\ \cos\theta_1 \cos(\theta_1 - \frac{2}{3}\pi) \cos(\theta_1 - \frac{4}{3}\pi) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} i_u \\ i_v \\ i_w \end{bmatrix}$$

سرعت واقعی ω_1 که در پایدار سازی مد نظر است که به صورت زیر محاسبه می شود :

$$\omega_1 = \omega - K_l i_\delta \qquad (۲-۶)$$

در جایی که ω_1 سرعت واقعی حساب شده ، ω^* سرعت مرجع گرفته شده است . K_1 ضریب تناسب و i_δ جریان موثر می باشد .

پردازگشر دیجیتالی سیگنال i_δ را مشاهده و فیلتر می کند فرکانس قطع گذرنده از فیلتر بالاگذر 10Hz می باشد و ضریب بهره K_1 در طول یک دوره تا سرعت مرجع تغییر می کند . بلوک دیاگرام پایدار سازی سیستم کنترل در زیر نشان داده شده است .



شکل (۶ – ۵) بلوک دیاگرام کنترل سرعت

کنترل ضریب بهره بالا در موتورهای مغناطیس دائم معمولی جریان استاتور با ارزیابی $i_{d=0}$ در سیستم کنترل برداری کنترل می شود باید با بررسی محورهای $\delta\gamma$ ضریب کنترل را بدست آورد چون وضعیت کنترل ضریب بهره در محورهای qd قابل فهم نیست .

$$Q_{dq} = V_q i_d - V_q i_d \qquad (۳-۶)$$

$$= (\omega_l L i_d + \omega_l \phi_m) i_d - (-\omega_l L i_q) i_q$$

$$= \omega_l \{L(i_d^2 + i_q^2) + \omega_l \phi_m i_d$$

در شرایطی که i_d صفرشود تساوی بالا به صورت زیر در می آید :

$$Q_{dq} = \omega_l i_q^2 \qquad (۴-۶)$$

$$= \omega_l L I^2$$

$$= \omega_l L(i_\gamma^2 + i_\delta^2)$$

از طرف دیگر توان راکتیو در محورهای γ^δ از رابطه زیر بدست می آید ک

(۵-۶)

$$Q_{\gamma\delta} = v_\delta i_\gamma$$

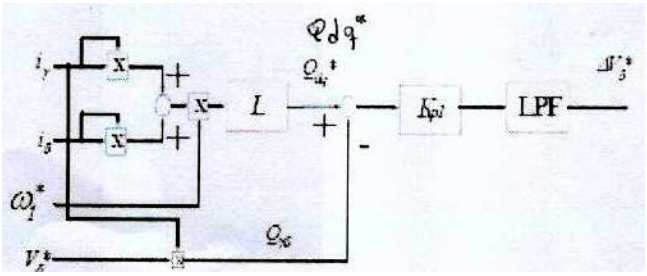
از دو رابطه ، ولتاژ v_δ کنترل می شود و همچنین رابطه توان راکتیو به صورت زیر در می آید :

(۷-۶)

$$\omega_1 L(i_\delta^2 + i_\gamma^2) = v_\delta i_\gamma$$

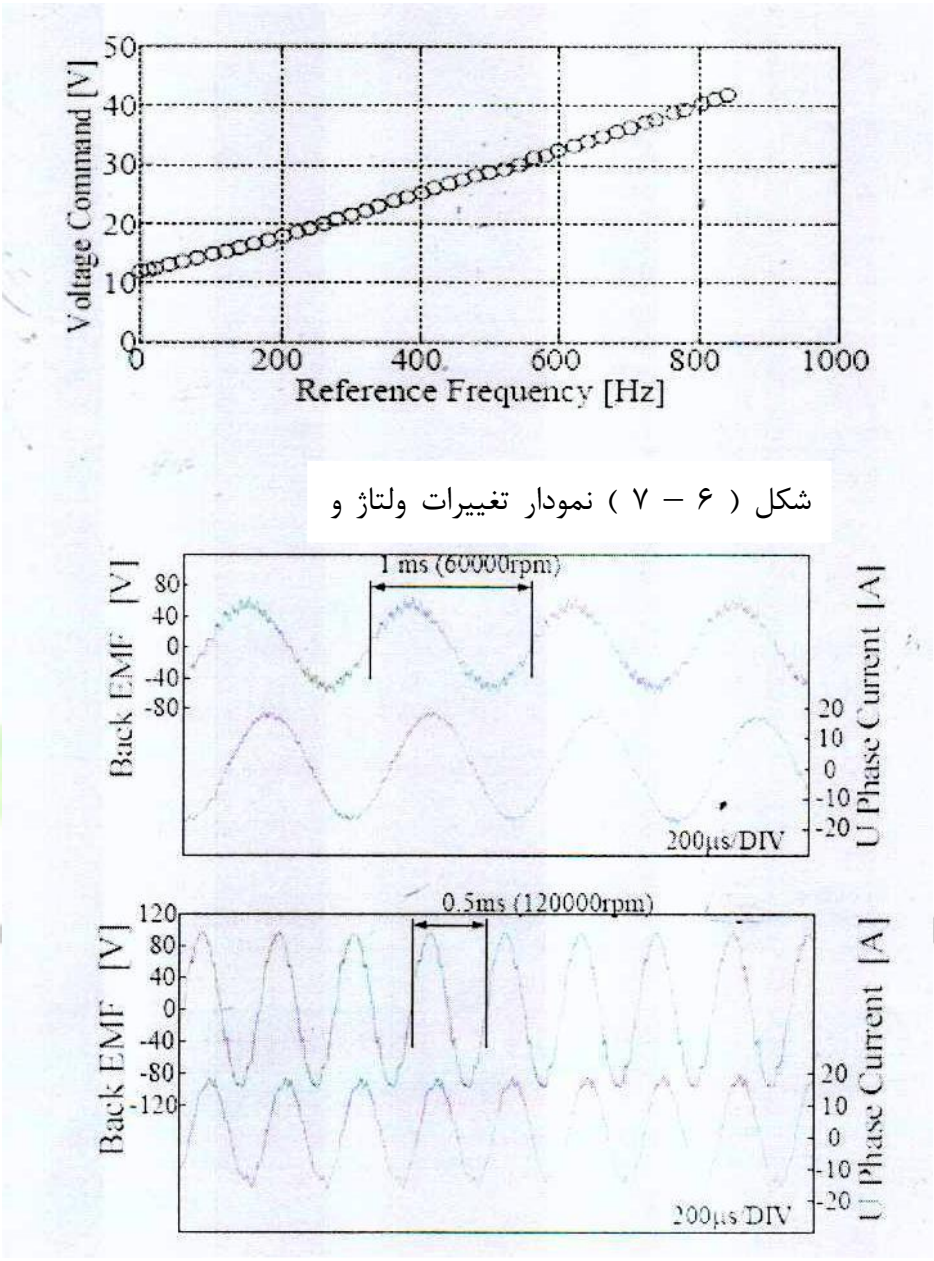
شکل زیر سیسم کنترل ضریب بهره بالا را قابل فهم تر می کند . LPF برای جلوگیری از ناپایداری ولتاژ قرار گرفته است .

WikiPower.ir



شکل (۶ – ۶) بلوک دیاگرام کنترل ولتاژ با پایدار ساز

در آزمایشها در ابتدا مشخصه های اصلی موتور در ازمایش مورد تایید قرار می گیرد . در شکل نیز نشان داده شده است . در این آزمایش v/f نرمال به صورت عملی پایدار سازی می شود . در شروع کار برای اینکه ولتاژ تا llv بالا رود لازم است مقاومت کاهش یابد . منحنی v/f چند فرمول را در خود دارد . منحنی مشخصه v/f در سراسر همه آزمایشها بکار می رود .



شکل (۶ – ۷) نمودار تغییرات ولتاژ و

شکل (۶-۸) نمودار تغییرات سرعت با emf مخالف

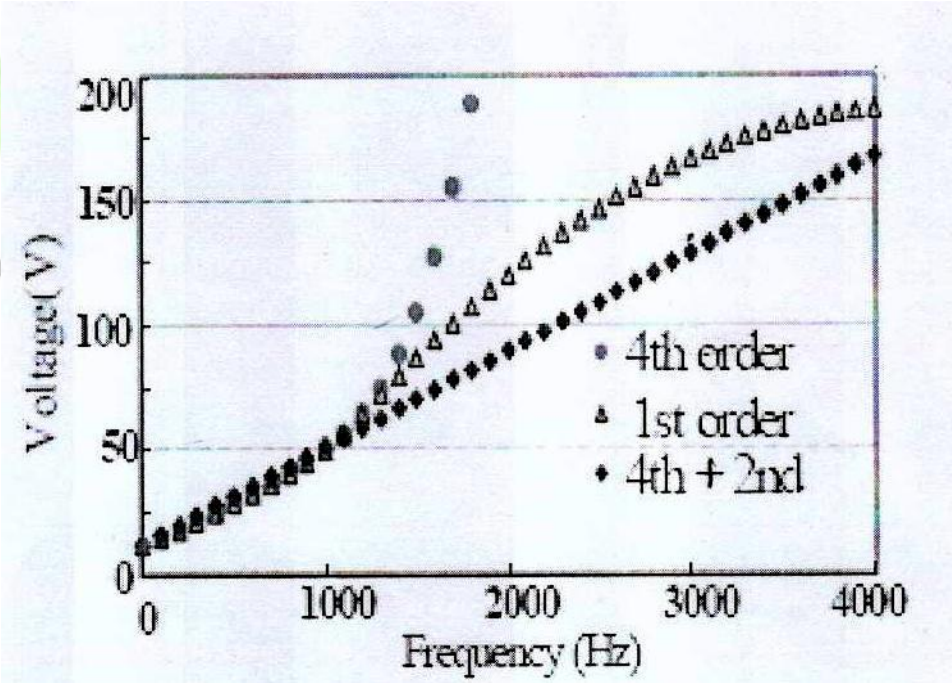
شکل نتیجه ازمایش تولید EMF بین ترمینالهای اینورتر در خروجی را نشان می دهد در شکل فرکانس مرجع lkHz می باشد و در شکل (b) فرکانس مرجع 2kHz می باشد .

بین موتور و اینورتر سیم پیچی قرار داده می شود که تأثیر این سیم برای کنترل نویزهای تولید شده از مبدلهای ولتاژ و فرکانس می باشد . چون که اندوکتانس سیم پیچ استاتور به دلیل کوچکی اندازه آن خیلی کوچک (0.15mH) است سیم پیچ بین موتور واینورتر برای فیلتر کردن نویزهای ناشی از PWM قرار

داده می شود . و همچنین با این سیم پیچ می توان پایداری را کنترل کرد . وهمچنین سعی شده است که تایپر این سیم پیچ در ناپایداری جریان بهحداقل برسد .

این سیم پیچ با هسته های آهنی متغیر است به طوریکه دارای اندوکتانسهای 0.27mH,0.32H,0.38mH است . هسته های آهنی به صورت مفتول از نیکل و فولاد سیلکونی ساخته شده اند . و سیم ژیچهای آن با استفاده از NKK لعاب شده است .

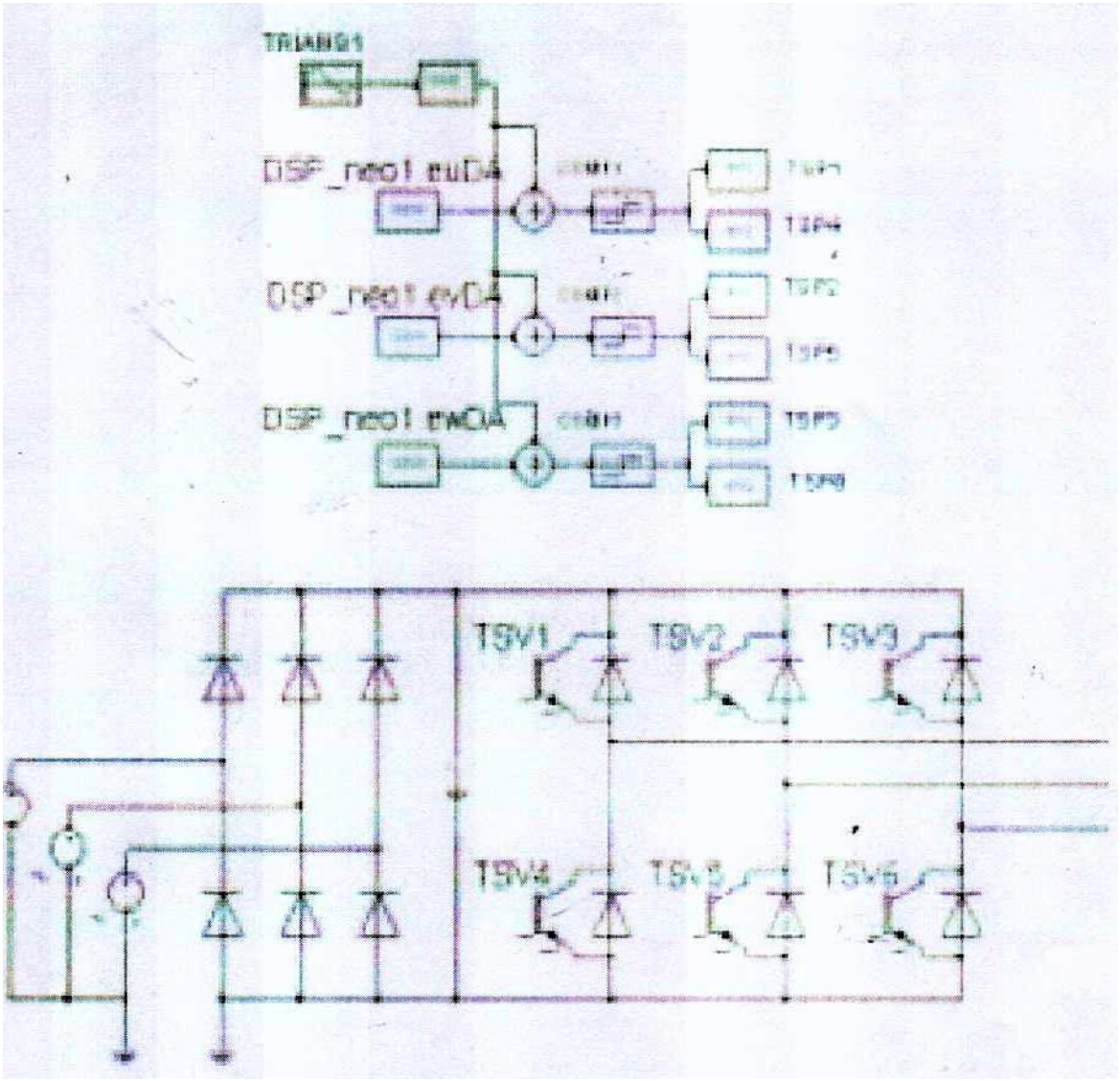
مشخصه v/f برای تعیین چهار پارامتر بکار می رود و با بررسی ان متوجه می شویم که با افزایش فرکانس ، ولتاژ چگونه وضعیتی پیدا می کند ولتاژ در این فرکانس بزرگتر می شود مشخصه های v/fچند تابع را در خود دارند . که هر کدام یک تابع چند پارامتری می باشند .



شکل (۶ -۹) مقایسه نمودار تغییرات ولتاژ – فرکانس برای سه

شبیه سازی کامپیوتری [illegible] مینه سازی مشخصه های موتور مورد استفاده قرار گرفته است .

چنانچه در شکل (۶-۱۰) مشاهده می شود سیستم موتور شامل سه قسمت اصلی است کنترلگر دیجیتالی ، مدارهای اینورتر و کنورتر و خود موتور می باشد .



شکل (۶ – ۱۰) مدل شبیه سازی شده موتور سنکرون مغناطیس

در همه موتور مدل شده است بوسیله سیستمی که در چند رمینه مورد استفاده قرار می گیرد . این روند شبیه سازی با ترکیب دو برنامه ,,SIMPLORER " و ,,Maxwe توسط شرکت Ansoft مورد استفاده قرار گرفته است .

شکل مدل سازی شده سیستم کنترل دیجیتالی موتور را نشان می دهد و در آزمایش نیز همین برنامه مورد استفاده قرار گرفته است . و شکل مدار آنالوگ کنورتر – اینورتر نشان داده شده است و شکل موتور و بار مکانیکی مدل شده اند .

در این شبیه سازی کامپیوتری ، چرخش کلی که بعد مکانیکی را در بر می گیرند مانند اینرسی و تلفات مالشی به طور کامل مطرح شده اند .

نتیجه :

موتور ساخته شده در سرعت 150,000rpm با گشتاور ثابت کار می کند و ماکزیمم سرعت آن به 180,000rpm می رسد . برای رسیدن به سرعت مورد نظر باید برای بهینه سازی خنک کاری سیستم با روغن یا هوا مورد مطالعه قرار گیرد ، خنک سازی موتور به طور موثر باعث کاهش تلفاتی که در قاب فلزی رخ می دهد ، می شود . و راندمان موتور و همچنین طول عمر موتور افزایش می یابد .

شبیه سازی کامپیوتر برای آشکار کردن مشخصه های موتور و ارزیابی آنها در اولین مرحله طراحی و نزدیک شدن به آنها که مد نظر بود فراهم می آورد . با شبیه سازی کامپیوتری می توانیم آزمایشهای مورد نظر را با صرف کردن وقت کمتر و همچنین هزینه های کمتر و بدون خطر انجام دهیم و به نتایج دقیق دست یابیم .

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل هفتم

موتور انیورسال سرعت بالا

WikiPower.ir

ی AC را روی موتورهایی که دارای مشخصه های نوعی موتورهای DC هستند بکار برد، خصوصاً اینکه این موتورها دارای گشتاور راه اندازی بسیار بالا و طراحی بسیار جمع و جور در سرعتهای بالا هستند. جنبه منفی این موتورها تعمیر و نگهداری مشکل و قابلیت اطمینان آنهاست که به علت وجود کموتاتور ایجاد می شود و در نتیجه این موتورها به ندرت در صنایع مشاهده می شوند اما عمومی ترین موتورهای AC در دستگاه هایی نظیر مخلوط کن و ابزارهای برقی ای که گاهاً استفاده می شوند، هستند.

(۷ – ۳) مشخصه های گشتاور و کاربردهای موتور انیورسال

موارد کاربرد بسیار معمول موتورهای انیورساتل در مته ها ، اره ها ، رنده های دستی ، جارو برقی ها ، ماشینهای دوزندگی ، مخلوط کنهای مواد غذائی ، ماشینهای مخلوط کن و وسایل دیگر است . دو نوع انیورسال عمده یکی بدون سیم پیچی تعدیل و دیگری با سیم پیچی تعدیل وجود دارد . لیکن در حال حاضر نوع با سیم پیچی تعدیل آن بسیار کم دیده می شود . مشخصات موتور انیورسال با سیم پیچی تعدیل بهتر از مشخصات موتور انیورسال بدون سیم پیچی تعدیل است (زیرا سرعت تقریباً برابری در جریان مستقیم و متناوب دارد) همچنین برتری مشخصه های موتور انیورسال با سیم پیچی تعدیل نسبت به موتور بدون سیم پیچی تعدیل در سرعت های کم محسوس تر از سرعت های زیاد است . موتور بدون سیم پیچی تعدیل ارزانتر و از لحاظ ساختمانی ساده تر است و به همین دلیل عموماً کاربردش بیشتر می باشد .

قابل ذکر است که در هر دو نوع موتور ، با افزایش بار سرعت سریعاً کاهش می یابد ، و با کاهش بار سرعت بالا می رود . چنین مشخصه ای در جارو برقی بسیار مطلوب است ، زیرا جاروبرقی تحت شرایطی بکار می رود که حجم هوای بکار رفته کاهش پذیرد ، بار موتور کم می شود . این کاهش موتور با افزایش سرعت موتور با افزایش خلاء همراه است ، یعنی در حقیقت جارو برقی بیش از زمانی که از موترو با سرعت ثابت استفاده می شود هوا مصرف می کند . همچنین این مشخصه سرعت برای بارهای سبک در مته های دستی

بسیار مطلوب است ، زیرا موتور مته های کوچک در سرعت زیاد و مته های بزرگتر در سرعت کمتر کار خواهد کرد .

زمانیکه از شبکه های پخش انرژی DC در قسمت مرکزی شهرهای بزرگ استفاده می شد ، موتورهای انیورسال به خاطر بکار انداختن انواع ماشین های تجارتی کاربرد وسیعی داشتند زیرا قابلیت کاربرد در جریان متناوب و مستقیم را دادرا بودند . به هنگام نیاز ، سرعت ثابت بوسیله ی کلید گریز از مرکز مکانیکی بدست می آید . اکنون که شبکه های پخش انرژی DC وجود ندارد ، موتور انیورسال ماشینهای تجارتی با بعضی از موتورهای القائی که ذاتاً دارای سرعت ثابت بوده سریعتر و ارزانتر هستند ، جایگزین شده است ، بعلاوه ، موتور القائی مثل موتور نوع کموتاتوری پارازیت رادیوئی ایجاد نمی کند ، هم چنین هنگامیکه موتوری با سرعت تنظیم مورد نیاز باشد از وسایل کنترل سرعت الکترونیکی استفاده می شود . در صنایع بزرگ ، قدرت و سرعت نامی موتورهای انیورسال بدلایل زیر بصورت استاندارد در نیامده اند :

۱ – این موتورها غالباً بصورت مجموعه قطعات فروخته می شوند .

۲ – سرعت کامل بار واقعاً نامحدود است .

۳ – اکثراً کاربرد این موتورها در رشته کاملاً خاصی است .

۷ – ۴) انواع موتور انیورسال

۷ – ۴ – ۱) موتور با قطب متمرکز و بدون سیم پیچی تعدیل .

این نوع موتور دارای استاتور سوراخ دار و استاتور با سیم پیچی کامل می باشد . آرمیچر یک کموتاتور داشته و مثل آرمیچر موتور DC ، رتور با راه اندازی ریپالسیونی سیم پیچی شده است . از آنجاکه عموماً موتورهای انیورسال قسمت به قسمت تهیه می شود ، NEMA اطلاعات مهندسی استاندارد بر اساس کار عمومی ، استانداردهای مربوز در طراحی اجزای مشترک موتور انیورسال انتشار را داده است ، تا به مشتری در استفاده صحیح از آنها یاری رساند . این موتورها برای اینکه تهویه سرخود باشند ، روباز ساخته شده و حاوی دو سرپوش آلومینیومی هستند . توسط پیچهایی که از سوراخهای سرپوش اول گذشته ، به سرپوش دیگر

محکم می شود نگه داشته می شود . پیچ ها را به ندرت از سوراخ ورقه های استاتور عبور می دهند . پنکه کوچک برای تهویه موتور (که آنهم خیلی کوچک است) کفایت می کند موجبات سرد کردن مناسب آنرا هم فراهم می سازد . سرپوش طرف موتور نسبتاً گود است ، و برای تطبیق دادن با استاتور ماشین گذاشته می شود ، تا بدین ترتیب و تقریباً بدون استثناء ، منفذ قالبی باریک ایجاد شده و اجازه دهد هوای سرد از روی ورقه های استاتور عبور کند . همچنین این سرپوشها بگونه ای طراحی می شوند که نگهدارنده جاروبکها و یاتاقانها را در خود جای دهند . سرپوش واقع در سمت محور حرکت دهنده موتور تا حدی کم عمق است و اغلب یک قسمت از وسیله به حرکت درآمده بعلاوه بخشی از محفظه موتور می باشد . تهویه توسط یک پنکه گریز از مرکز با قطر بزرگ انجام شده و چنان ترتیب می یابد که هوا را از انتهای کموتاتور روی قسمتهای موتور و بین کلاف های مید آن براند و هوای گرم را از منافذ سرپوش دیگر خارج سازد و مانعی فراهم کند که دوران مجدد هوا در داخل موتور جلوگیری نماید .

۷ – ۴ – ۲) موتورهای انیورسال با سیم پیچ تعدیل و میدان توزیع شده.

آرمیچر این نوع موتور عموماً و علی الظاهر شبیه آرمیچر موتورهای انیورسال بدون سیم پیچی تعدیل است .

گرچه استاتور سوراخ دار آن بسیار شبیه استاتور سوراخ دار یک موتور القائی دو قطبه است ، در بعضی از موتورهای انیورسال با سیم پیچ تعدیل از دو سیم پیچ میدان و یک سیم پیچ تعدیل استفاده می شود که این دو با زاویه 90 درجه نسبت به سیم پیچ اصلی قرار دارند . موتورهای انیورسال با سیم پیچ تعدیل دیگری هم وجود دارد که در آنها فقط از یک سیم پیچ استفاده شده و جاروبکها بگونه ای جابجا شده اند که یک سیم پیچ ، درست مانند موتور با راه انداز پیالسیونی به دو منظور به کار می رود .

۷ – ۵) معاددلات اصلی موتور :

مشخصات کار موتور ممکن است بصورت چند معادله ساده بیان گردد :

فرض می شود که :

E= نیروهای ضد محرکه تولید شده در آرمیچر

Ia= جریان آرمیچر

N= سرعت آرمیچر بر حسب دور بر دقیقه (RPM)

Ra= مقاومت کلی مدار آرمیچر شامل مدار سیم پیچها و مقاومت اتصال جاروبکها

R= گشتاور ایجاد شده در آرمیچر

ϕ = فلوی مفید هر قطب

K1,k2,k3= ضرائب تناسب

اکنون گشتاور متناسب با فلوی مغناطیسی و جریان می باشد یعنی :

$$T = k1\phi Ia \qquad (۱-۷)$$

ولتاژ القا شده متناسب با میزان فلوی مغناطیسی یعنی حاصلضرب سرعت در فلو :

$$E = k2N\phi \qquad (۲-۷)$$

نیروی ضد محرکه الکتریکی بایستی معادل ولتاژ اعمال شده منهای افت IR باشد .

(۳-۷)

$$E = V - I_A R_a$$

از حل معادلات فوق جریان آرمیچر عبارتست از :

(۴-۷)

$$Ia = \frac{V - E}{Ra}$$

سرعت را می توان با استفاده از رابطه (۳-۵) و نیروی ضد محرکه بدست آورد :

(۵-۷)

$$N = \frac{KaE}{\phi}$$

۷ – ۶) عکس العمل آرمیچر :

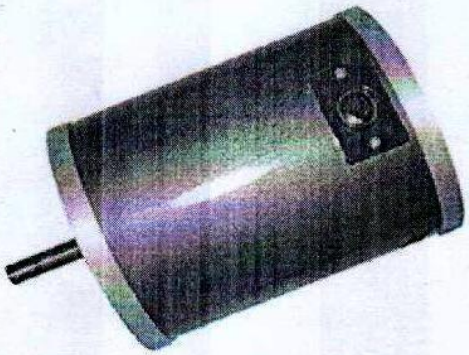
برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

موتور جریان مستقیمی را در نظر بگیرید که در کلیه ها دیهای سمت چپ جاروبکها ، جریان به طرف خارج صفحه کاغذ و در کلیه ها دیهای سمت راست آن جریان به طرف داخل کاغذ جاری است .

این درست شبیه حالتی است که کلاف سیمی در اطراف آرمیچر محور عمودی پیچیده شده باشد . این کلاف ، در طول محور جاروبک ها و عمود بر محور میدان اصلی یک میدان مغناطیسی تولید خواهد کرد . بطور کلی این درست همان عملی است که جریان آرمیچر انجام می دهد ، یعنی یک میدان مغناطیسی که به اندازه ی ۹۰درجه الکتریکی از فلوی میدان اصلی فاصله دارد ایجاد می نماید . این چنین اثری به " عکس العمل آرمیچر " معروف است . عکس العمل آرمیچر حداقل دو اثر مضر دارد . اول آنکه میدان اصلی را منحرف می کند و معمولاً آنرا در مراحل عمل تضعیف می کند و سبب القاء ولتاژی در کلافهایی که وارد مرحله ی جابجائی می شوند شده و باعث ایجاد جرقه در جاروبکها می گردد . در صورتی که جاروبکها اجازه دهند عمل جابجائی را می توان با تغییر مکان جاروبکها در خلاف جهت حرکت روتور اصلاح نمود . این روش منحصر می شود که فقط در یک جهت می چرخند . اگر مواضع جاروبکها نگهدارنده ثابت باشد اثر تغییر مکان اتصالات کلافها به جا به جا کننده شکل بدست آورد . این روش تها موقعی عملی است که جهت دوران آرمیچر قبل از اتصالات کلافها به جابجا کننده معلوم باشد .

۷ – ۷) قطبهای کمکی :

اثرات عکس العمل آرمیچر را می توان در بعضی موتورهای انیورسال و یا در موتورهای کوچکتر با استفاده از قطبهای کمکی برطرف نمود . با انتخاب تعداد دور مناسب برای سیم پیچی قطبی کمکی می توان در هر باری . نیروی محرکه مغناطیسی عکس العمل آرمیچر را کاملاً از بین برد ، زیرا قطبهای کمکی حامل جریان آرمیچر می باشند . در عمل ، حتی کلاف قطبهای کمکی را معمولاً بخاطر بهبود عمل جابجائی اندکی قویتر انتخاب می کنند . سیم پیچهای کمکی موتورها باید طوری اتصال یابد که هر یک از هادیهای آرمیچری که از یک قطب کمکی عبور می کنند هم قطب با قطب اصلی پشت سری آن باشد . سیم پیچی کمکی ژنراتور در جهت مخالف آن چه گفته شد اتصال می یابند .



AC/ Continuous or Intermittent Duty
Voltage Range: 12 VDC - 240 VDC

Speed Range: 100 RPM - 6,000 RPM

HP Range: 0.015 HP - 5.0 HP
. 6.5" Diameter

.Shaft Diameter up to 5/8"DC Series Universal

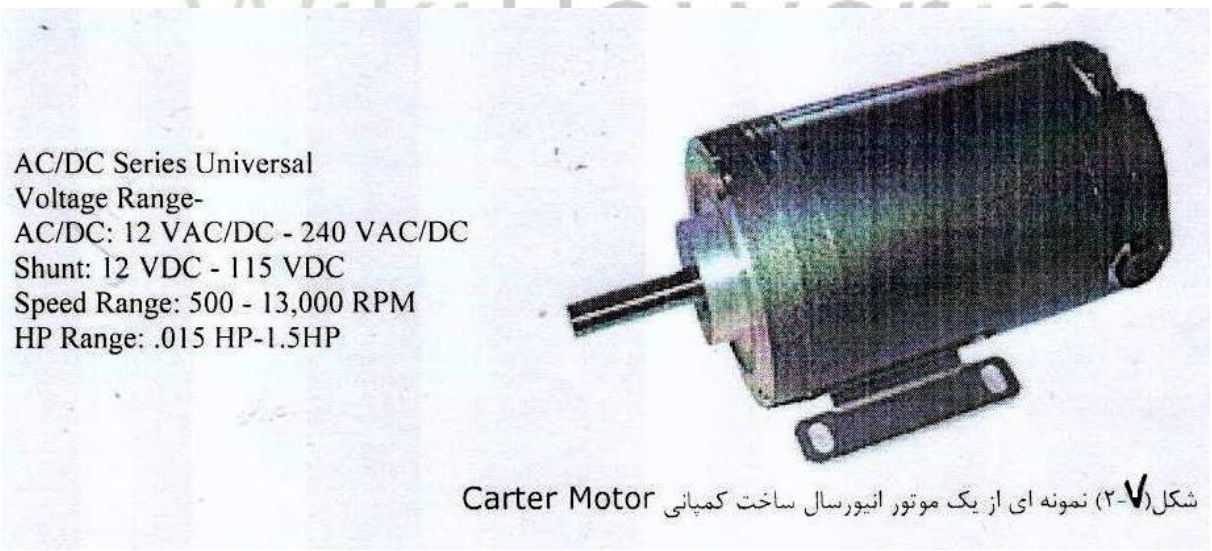
شکل(۷-۱) نمونه ای از یک موتور انیورسال ساخت کمپانی Carter Motor

در زیر تعدادی موتورانیورسال ساخت شرکت carter motor با مشخصات در زیر آورده شده است :

جدول (۷ - ۱)

Model Number	HP	Amps	RPM	Volts
56-Frame AC/DC Series Universal Titan				
6630-4071-00010	1.40	14.5	4,300	110 VDC
6630-4071-00040	1.40	8.0	4,300	230 VDC

این موتور در در بازکن های برقی ، جرثقیل ها ، تغییر خط راه آهن و در آزمایشگاه تفکیک سازی کاربرد دارد و دارای قابلیتهای سیستم کنترل ، سیستم کنترل سرعت ، گیر بکس و دو شفت اضافی می باشد .



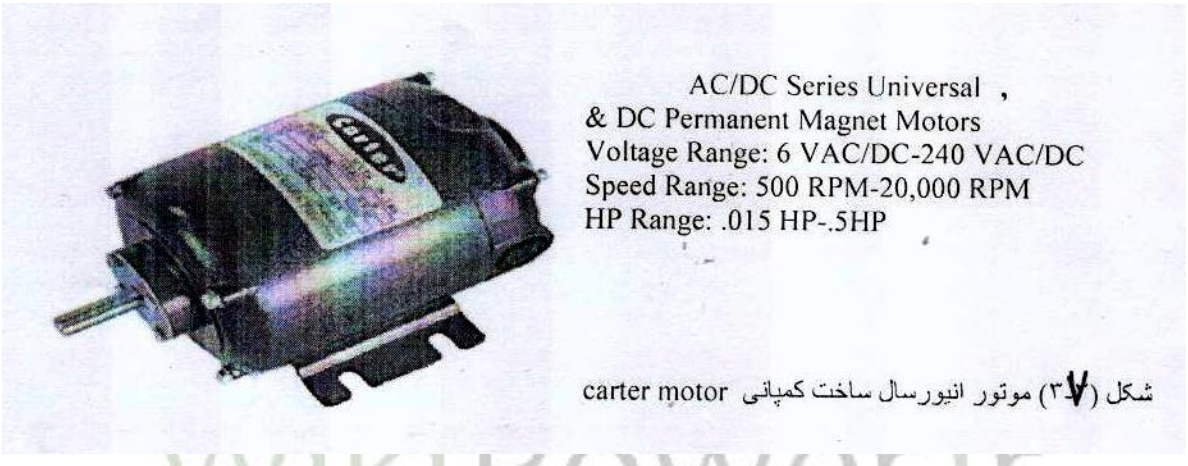
شکل(۷-۲) نمونه ای از یک موتور انیورسال ساخت کمپانی Carter Motor

تعدادی از موتور بالا با مشخصات در جدول زیر درج شده است که همه این موتورها دارای سرعت بسیار زیاد می باشند :

جدول (۷-۲)

Model Number	Volts	Type	HP	Amps	RPM
AC/DC Series Universal					
KMUB1304AX	230 AC/DC	UNIV	1/4	12.0	13,000
KMUD7575BB	230 AC/DC	UNIV	3/4	4.0	7,500
MUB504VF	115 AC/DC	UNIV	1/4	6.9	5,000
MUD1001AL	115 AC/DC	UNIV	1	10.0	10,000
MUD7575AF	115 AC/DC	UNIV	3/4	8.0	7,500

همان گونه که از جدول (۳ – ۲) پیدا است همه موتورهای انیورسال درج شده در جدول دارای سرعتهای بسیار زیاد هستند . این موتور در پمپها ، وسایل پزشکی ف تجهیزات چاپ و پرینتر کاربرد دارد .



شکل (۷-۳) موتور انیورسال ساخت کمپانی carter motor

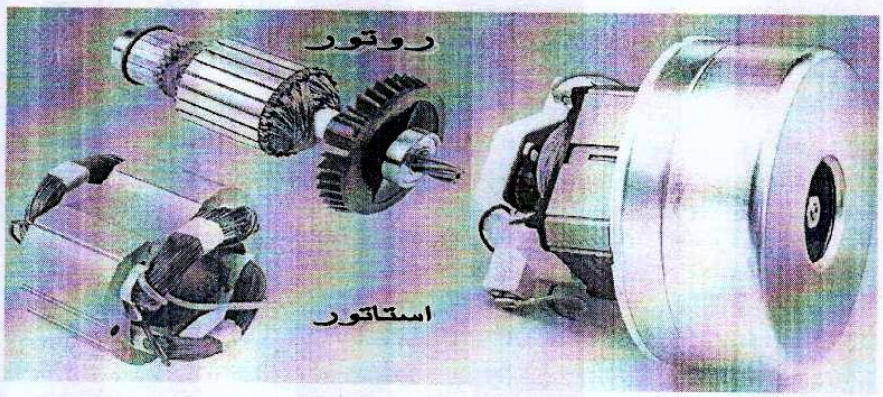
www.wikipower.ir

در جدول (۳ – ۳) تعدادی از موتورهای انیورسال کمپانی carter motor در زیر آورده شده است این موتورها مانند نمونه های مغناطیس دائم و شنت کاربردها و قابلیتهای یکسانی دارند . هر سه موتور دارای سرعت بسیار زیاد می باشد .

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

جدول (۷-۳)

Model Number	Volts	Amps	HP	RPM
AC/DC Series Universal				
CUA1010F	115 VAC/DC	1.60	1/10	10,000
CUA7520B	115 VAC/DC	0.90	1/20	7,500
CUB1007AR	115 VAC/DC	1.80	1/7	10,000



شکل (۷-۴) نمونه ای از یک موتور یونیورسال که در جاروبرقی بکار گرفته شده ، روتور و استاتور آن به طور جداگانه نشان داده شده است .

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل هشتم

موتورهای DC بدون جاروبک (BLDC) سرعت بالا

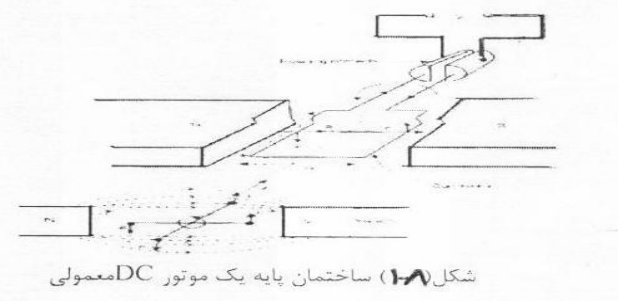
WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۸–۱) اساس کار موتورهای DC معمولی

در این قسمت ساختمان موتور DC معمولی و نحوه تولید گشتاور در موتورهای DC معمولی مورد بررسی قرار می گیرد . و در قسمت بعد بعد با موتورهای DC بدون جاروبک مقایسه می شود .

در شکل (۸ – ۱) ساختمان موتور قسمتهای پایه موتور DC با جاروبک را نشان می دهد و اساس کار این موتورها بر این اصول استوار می باشد. مطابق شکل دو هادی به صورت سری به شکل یک سیم پیچ با یک دور به هم متصل شده اند ، این سیم پیچ دارای طول Lوپهنای 2r می باشد ، این سیم پیچ بین قطبهای یک مغناطیس دائم قرار دارد . سیم پیچ به صورت آزاد وحول محور آن به طور آزاد می تواند حرکت کند و انتهای آن به یک منبع DC با اتصال لغزشی متصل شده است . و این سیم پیچ جریان I_A را حمل می کند . در این شکل دیاگرام اصلی برای حرکت وقتی که هادی ها از مرکز قطبها می گذرند ، نیز رسم شده است . کنتاکتهایی که در شکل نشان داده شده است ، مسیر جریان را در هنگام حرکت حرکت معکوس می کنند و در نتیجه مسیر جریانش که در سیم پیچها جاری می شود همواره متناسب با میدان مغناطیس دائم می باشد ، به عبارت دیگر جهت جریان در هادی به صورتی است که گشتاور تولیدی در قسمت چپ و راست مطابق شکل به سمت بالا و پائین می باشد . در نتیجه مطابق شکل در موتورهای DC معمولی برای جاری شدن جریان در روتور باید از سیستم های مکانیکی استفاده می شود ، این تجهیزات مکانیکی باعث مشکلاتی می شود و در شرایط معمولی این موتور را با موتور بدون جاروبک مورد مقایسه قرار می دهیم .



شکل(۸-۱) ساختمان پایه یک موتور DCمعمولی

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۸ – ۲) تولید گشتاور در موتورهای معمولی

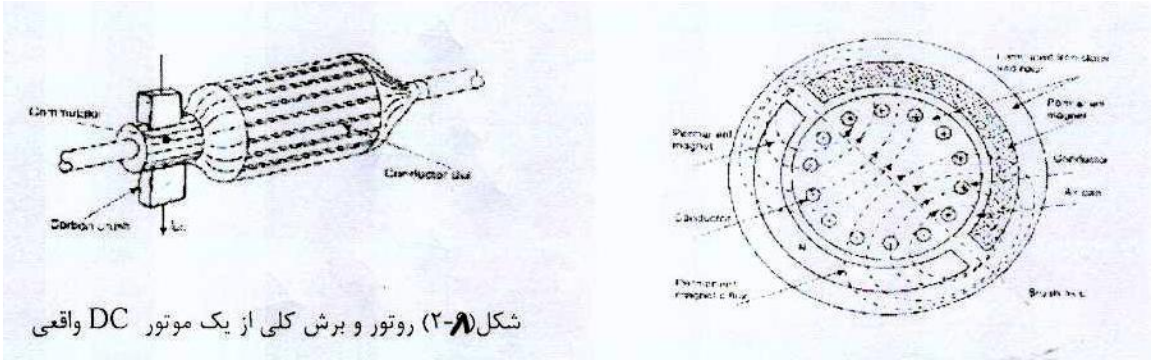
گشتاور تولید شده در موتور DC معمولی مطابق شکل از تأثیر بین میدان مغناطیس دائم میدان حاصل از جریان هادیحاصل می شود . نیروی وارد بر هر هادی مطبق شکل (۱ – ۸) مقدار F را دارا می باشد .

بر اساس روابط الکترومغناطیسی وقتی که یک هادی به طول L، جریان i را منتقل کند و در میدان مغناطیسی یکنواخت B قرار گیرد ، مطابق شکل(۸-۲) یک نیرو بر این هادی وارد می شود ، اگر جهت جریان را محور Xها و جهت میدان را محور Yها در نظر بگیریم ، محور Z ها جهت نیروی وارد بر هادی را نشان می دهد . نیروی وارد بر هادی دارای مقدار F=BIL می باشد ، نیروی F روی هر هادی در دو طرف سیم پیچ مطابق شکل وارد می شود ، گشتاوری که بوسیله هر هادی بوجود می آید برابر است با :

T=Fr(Nm)

ساختمان داخلی این موتورها مطابق شکل می باشد ، سیم پیچهای این موتورها دارای یک تعداد دور مشخص و تعداد هادی مشخص در هر شیار می باشد این سیم پیچ ها در اطراف یک روتور با محور استوانه ای قرار دارند . تعداد دورهای سیم پیچ برای سادگی مطابق شکل هفت دور در نظر گرفته شده است . مسیر جریان مطابق شکل به صورت نقطه و ضربدر می باشد . یعنی مسیر جریان یرای یک هادی وارد صفحه میشود و برای هادی دیگر خارج می شود . دورهای روتور توسط یک کموتاتور زغالی به هم متصل شده اند و جریان در هر سیم پیچ در زمانی که محور جاروبک در حال دوران است جابجا می شود . این جاروبکها باعث می شوند که یک جریان ذوذنقه ای در هر دور در سیم پیچ جاری شده در همه سیم پیچها با هم برابر است . گر یک سیم پیچ دارای N دور باشد تعداد هادی های آن برابر 2N دورهای سیم پیچها به صورت موازی زیر قطب ها قرار دارند و این قسمتها توسط کموتاتور با هم در تماس هستند . هر 2N هادی یک جریان I/2 را منتقل می کنند در نتیجه گشتاور به صورت رابطه T=NBLIr تعریف می شود . اگر موتور را به صورت دو قطب و طول هادی را L و تعداد دورهای یک سیم پیچ N باشد ، گشتاور برابر است با :

طبق رابطه فوق گشتاور و جریان در موتور DC معمولی نسبت مستقیم با هم دارند ، در قسمت بعد این رابطه را با موتور DC بدون جاروبک مورد مقایسه قرار می دهیم .

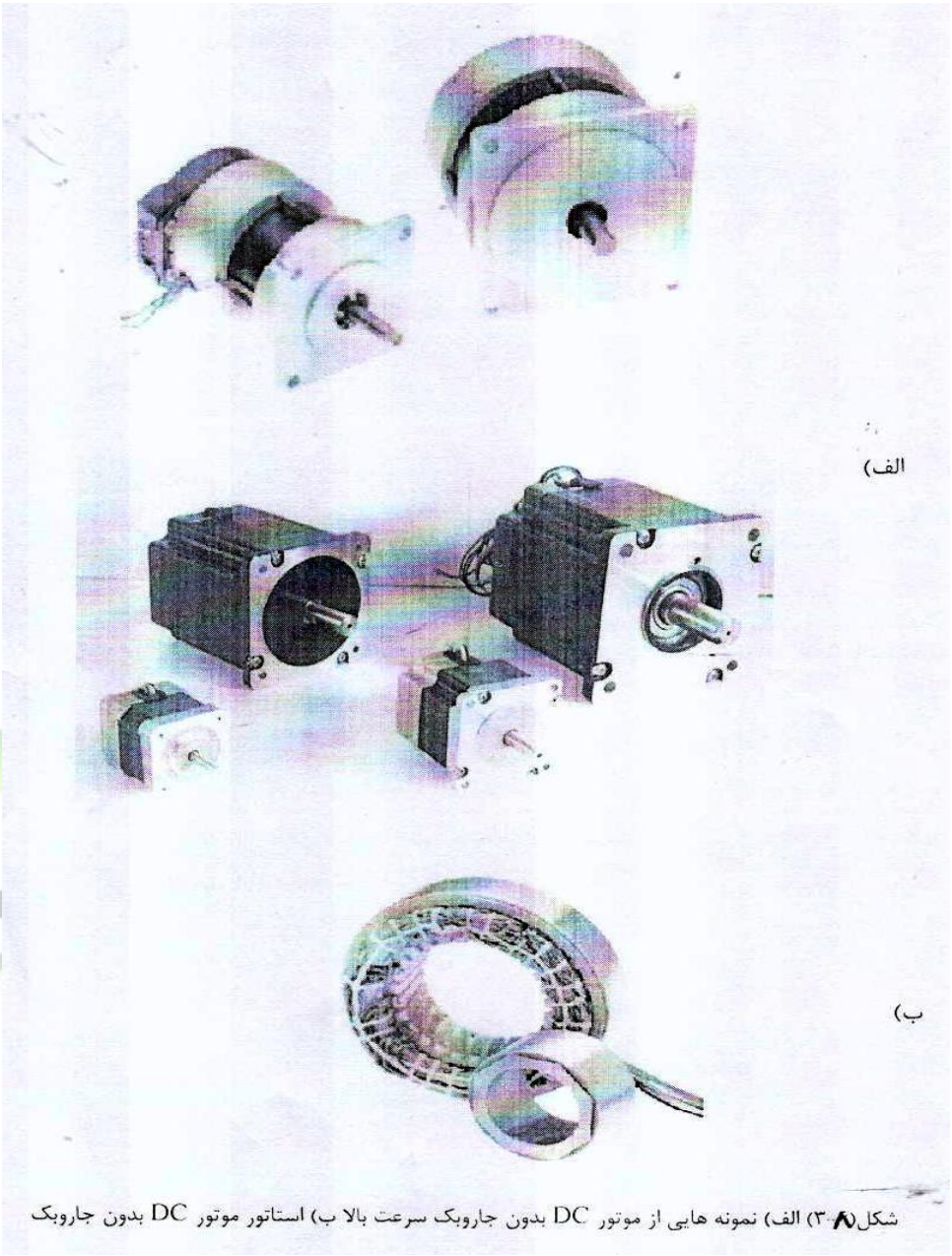


شکل(۸-۲) روتور و برش کلی از یک موتور DC واقعی

۸ – ۳) موتور DC بدون جاروبک سرعت بالا

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



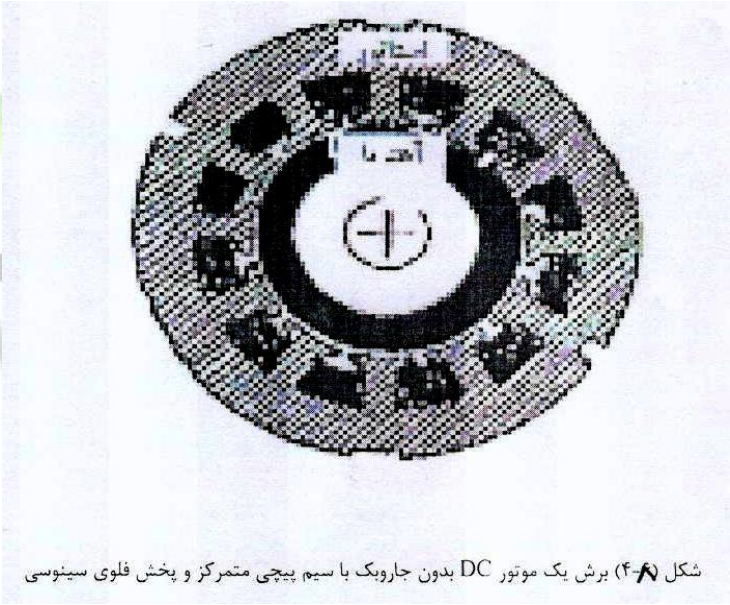
شکل(۳-۸) الف) نمونه هایی از موتور DC بدون جاروبک سرعت بالا ب) استاتور موتور DC بدون جاروبک

همانطوری که در قسمت قبل گفته شد ، در موتورهای DC معمولی جریانی که در سیم پیچ استاتور برقرار می شود تا باعث حرکت موتور شود توسط جاروبک ها به روتور منتقل می شود ، به همین علت در موتورهای معمولی عمر جاروبکها کوتاه است و تعمیرات و نگهداری و احتمال تولید جرقه در این موتورها هنگام کار وجود دارد . در دو دهه اخیر با پیشرفت قدرت ، شرایط برای تولید ماشین بدون جاروبک فراهم شده است ، موتور DC بدون جاروبک از نظر طراحی فیزیکی با موتور DC معمولی متفاوت است ، ولی این موتورها از نظر ویژگی ترمینال مشابه موتورهای DC معمولی هستند .

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

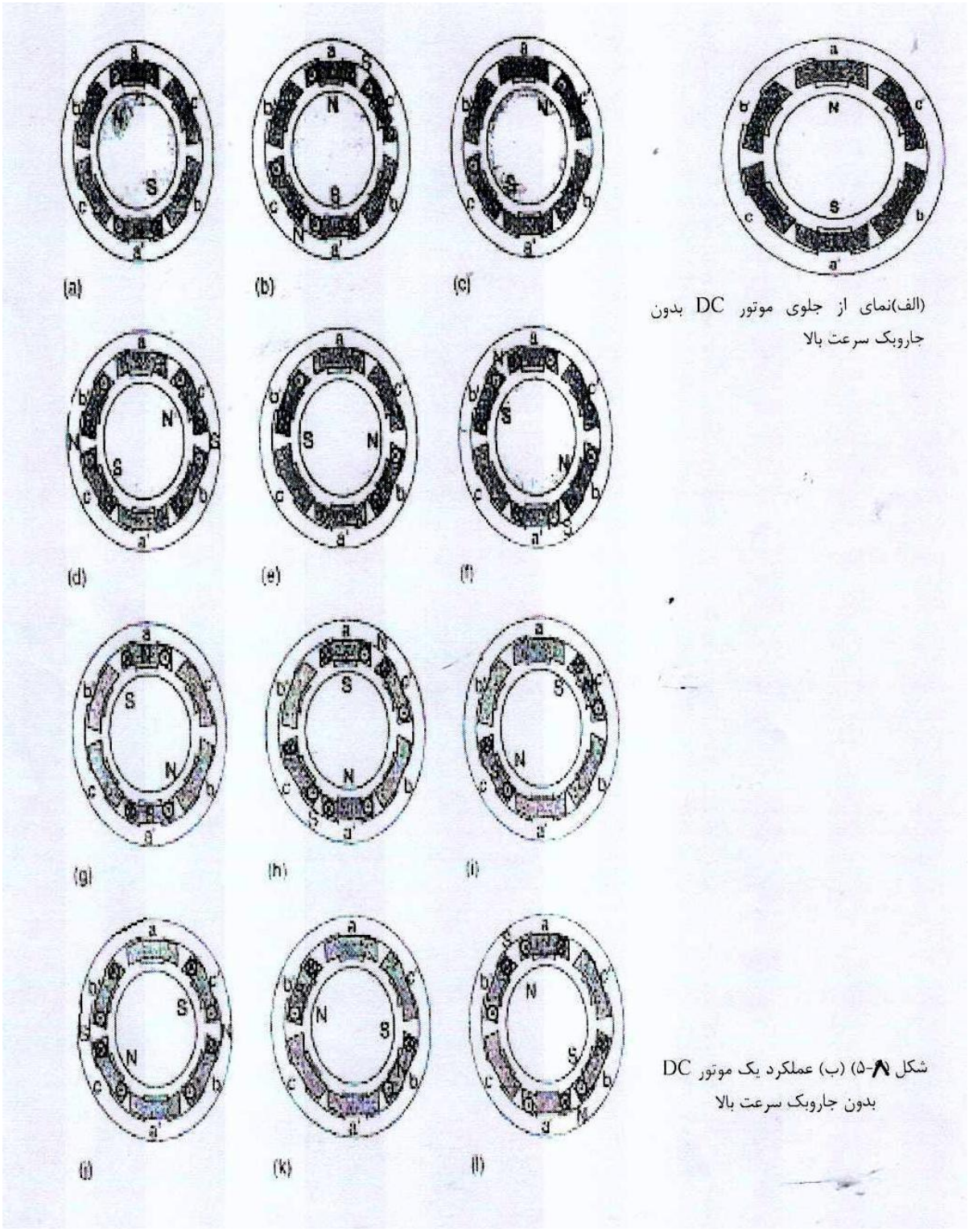
در این قسمت برای آشنایی با نحوه کار این موتورها از روی یک شکل کموناسیون و حرکت موتور را مورد بررسی قرار می دهیم .

موتورهای DC بدون جاروبک از نظر ساخت فیزیکی مشابه موتورهای سنکرون می باشند ، یا به عبارت دیگر این موتورها زیر مجموعه موتورهای سنکرون می باشند و در بررسی روند کار این موتورها در این قسمت استاتور موتور را مشابه موتورهای سنکرون به صورت سه فاز و روتور را مغناطیس دائم و دو قطب در نظر می گیریم ، شکل(۴-۸)یک موتور DC بدون جاروبک سه فاز را نشان می دهد ، در موتورهای بدون جاروبک تغذیه فازهای استاتور از طریق اینورتر تامین می شود .



شکل (۴-۸) برش یک موتور DC بدون جاروبک با سیم پیچی متمرکز و پخش فلوی سینوسی

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



(الف)نمای از جلوی موتور DC بدون جاروبک سرعت بالا

شکل ۸-۵) (ب) عملکرد یک موتور DC بدون جاروبک سرعت بالا

موتورهای DC بدون جاروبک سرعت بالا دارای چندین مزیت نسبت به موتورهای DC معمولی می باشند ، این مزایا عبارتند از :

۱ – بدون تعمیر و نگهداری و یا خیلی کم در طول دوره بهره برداری می باشند

۲ – عمر زیاد

۳ – بدون جرقه ، عدم زیان برای تجهیزات الکترونیکی

۴ – قابل استفاده در مایعات

۵ – بازدهی آن نسبت به موتور DC معمولی بیشتر است

البته موتورهای DC بدون جاروبک دارای معایبی هم می باشند که این معایب عبارتند از :

۱- قیمت پکیج به علت مدارات الکترونیکی بالا است

۲ – قیمت اولیه بالا است

۸ – ۴) اساس حرکت موتور DC بدون جاروبک سرعت بالا

شکل ۸ – ۵ ب) عملکرد یک موتور DC بدون جاروبک را نشان می دهد و ما اساس کار این موتور را در زیر بیان می کنیم .

در شکل ۸ – ۵ ب – a) قطب شمال میدان روتور بین قطب های a و b استاتور قرار گرفته است . اگر یک جریان در سیم پیچ a و a مطابق شکل (۸ – ۵ – ب – a) در آن تولید شود این جریان باعث تولید فلو در سیم پیچ های استاتور می گردد ، به عبارت دیگر یک قطب جنوب در وضعیت ساعت ۱۲ در استاتور بوجود می آید ، در این حالت قطب جنوب استاتور قطب شمال روتور را جذب می کند و این حالت باعث تولید یک گشتاور می شود و روتور در جهت عقربه های ساعت شروع به حرکت می کند . در شکل (ب-a) قطب شمال روتور حرکت کرده و در وضعیت ساعت ۱۲ قرار گرفته است ، همانطور که روتور در این حالت حرکت می کند یک ولتاژ روی سیم پیچ c-cقرار می گیرد و مطابق شکل (۸-۵-ب-b) یکجریان در آن جاری می شود . در این حالت قطب جنوب استاتور حرکت می کند و در وضعیت ساعت ۱ قرار می گیرد ،

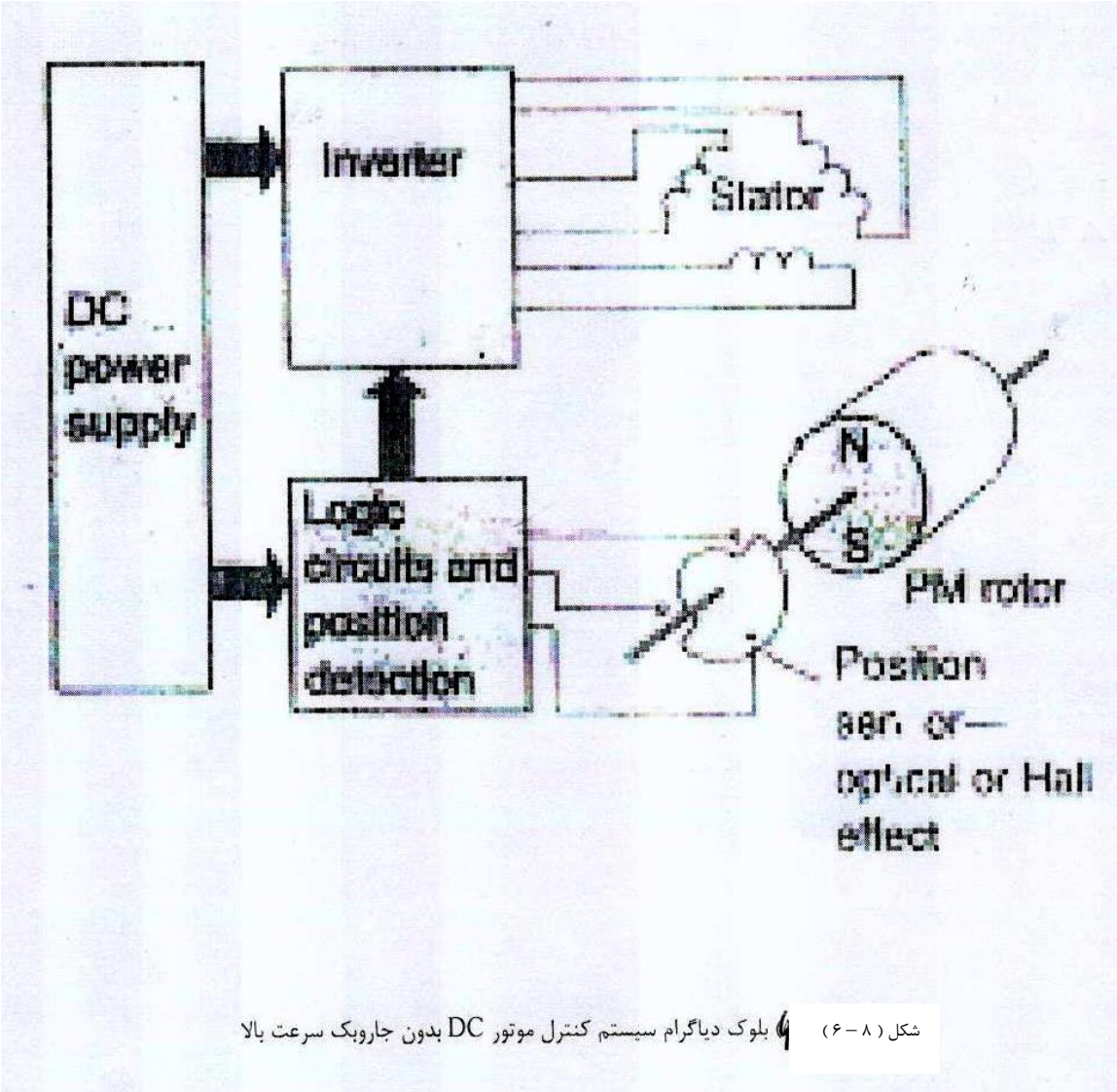
در این حالت میدان استاتور و روتور مانند حالت قبل یک گشتاور بوجود می آورند که باعث حرکت روتور می گردد . وقتی قطب شمال روتور در وضعیت ساعت ۱ قرار گرفت جریان در سیم پیچ a-a قطع می شود ، در این حالت جریان فقط در سیم پیچ c-c جاری می شود ف حرکت قطب جنوب استاتور به شمت وضعیت ساعت ۲ باعث حرکت بیشتر روتور می شود ، این روند ادامه دارد تا در همه ۱۲مرحله مطابق شکل (۸ – ۵ ب) انجام می شود ، و در این مراحل به طور متناوب فلوی استاتور قطع و وصل می شود . برای مثال در مرحله g در شکل فلوی استاتور مخالف حالت a می باشد ، زیرا جربان در این حالت در سیم پیچ a-a معکوس می شود .

در نتیجه در این قسمت نحوه تولید جریان در سیم پیچ های استاتور یک موتور DC بدون جاروبک بیان شد.

پروسه کموتاسیون در این موتورها به صورت الکترونیکی با SCR یا ترانزیستورهای سوئیچ انجام می شود . همان طور که تا اینجا اساس و روند کار موتور بدون جاروبک گفته شد ، یک سوال اساسی این است که نحوه تولید جریان در سیم پیچهای استاتور چگونه انجام می شود . به عبارت دیگر ما ولتاژهای استاتور را مطابق شکل (۸ – ۵) روی فازها انتقال می دهیم ، یکی از موارد مهم برای انجام این عمل در این موتورها این است که بدانیم وضعیت روتور کجا است . و نحوه برآورد وضعیت روتور با سنسور اثر هال تعیین می شود .

شکل (۸ – ۶) بلوک دیاگرام کلی برای تولید ولتاژ روی فازهای استاتور بر اساس برآورد وضعیت روتور را نشان می دهد . مطابق شکل یک سنسور روی شافت موتور نصب می شود ، که بوسیله این سنسور می توان وضعیت روتور را مشخص کرد ، و بر اساس آن ولتاژ روی فازهای استاتور ارسال می شود .

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل (۸ – ۶) بلوک دیاگرام سیستم کنترل موتور DC بدون جاروبک سرعت بالا

۸ – ۵) رابطه گشتاور و جریان در موتورهای بدون جاروبک سرعت بالا

همان طور که در قسمت قبل گفته شد ، ترمینال موتورهای dc بدون جاروبک مشابه موتورهای DC معمولی می باشد ، حال ما در این قسمت رابطه گشتاور و جریان یک موتور بدون جاروبک دو فاز را بدست می آوریم و با رابطه بدست آمده برای موتورهای DC معمولی مورد مقایسه قرار می دهیم .

همان طور که در قسمت قبل گفته شد در موتورهای بدون جاروبک از وضعیت روتور یک فیدبک گرفته می شود و بر اساس این وضعیت برآورده شده یک جریان سنکرون با فلوی روتور در سیم پیچ استاتور بوجود می آوریم .

بر اساس این خاصیت گشتاور را برای یک موتور بدون جاروبک با استاتور دو فاز و روتور دو قطب مطابق شکل (۸ – ۷) بدست می آوریم .

گشتاور تولید شده در فاز A موتور برابر است با :

$$T_a = I_a(\frac{Z}{2\pi}\Phi)\sin(\theta) \qquad (۱-۸)$$

Ia= a جریان فاز

$$KT = \frac{Z}{2\pi}\Phi \qquad (۲-۸)$$ ثابت گشتاور

θ = زاویه وضعیت رتور

Z تعداد کل هادیها و θ شار مغناطیسی است ، گشتاور در فاز برابر است با :

$$T_b = I_b K_T \cos(\theta) \qquad (۳-۸)$$

و جریان فازهای موتور عبارتند از :

$$I_a = I\cos(\theta) \qquad I_a = I\sin(\theta) \qquad (۴-۸)$$

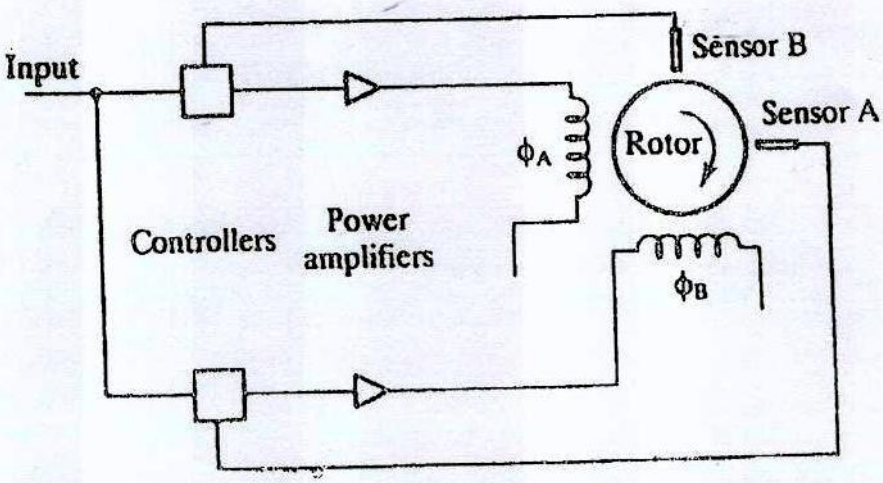
و کل گشتاور تولید شده در موتور برابر است با :

$$T = T_a + T_b = K_T I(\sin^2\theta + \cos^2\theta)$$

$$(۵-۸)$$

$$T = K_T I$$

در نتیجه در رابطه فوق گشتاور با جریان متناسب است و این رابطه گشتاور و سرعت موتورهای DC معمولی مشابه است . به همین جهت موتورهای DC بدون جاروبک و معمولی ترمینالهای آنها طبق روابط فوق مشابه هستند و کلمه DC در موتورهای بدون جاروبک به همین خاطر است .



شکل (۹ – ۷) موتور DC بدون جاروبک دو فاز

۸ – ۶) بررسی وضعیت کموتاسیون در موتور DC بدون جاروبک سرعت بالا

هدف از این بخش یک آشنایی اولیه با نحوه کار موتورDC بدون جاروبک و مقایسه آنها با موتورهای معمولی می باشد .

در این فصل ابتدا اساس کار موتورهای DC معمولی و سپس نحوه تولید گشتاور و رابطه گشتاور و جریان در این موتورها مورد بررسی قرار گرفت . در موتورهای معمولی عمل کموتاسیون به صورت مکانیکی انجام می شود . به همین علت این موتورها دارای مشکلاتی از جمله هزینه تعمیر و نگهداری بالا و تولید نویز در سیستم های الکترونیکی می باشند . برای حذف این مشکلات و داشتن ویژگی ترمینالی این موتورها در دهه اخیر موتورهای DC بدون جاروبک وارد صنعت شده اند .

در قسمتهای قبلی موتورهای DC بدون جاروبک و نحوه کار وزمان انجام کموتاسیون این موتورها توسط یک موتور سه فاز مورد بررسی قرار گرفت و بر اساس بررسی انجام شده شار مخالف با جریان فاز استاتور سنکرون است . رابطه گشتاور و جریان برای یک موتور بدون جاروبک دو فاز بررسی و با موتور معمولی

مورد مقایسه قرار رگرفت ، و تشابه این دو موتور از نظر ویژگی ترمینال از گشتاور و جریان نتیجه گیری شد .

مختصری از مشخصات موتورهای DC معمولی در ابتدای فصل مورد بررسی قرار گرفت .

همانطور که در بالا بیان شد کار موتور DC معمولی با جاری شدن جریا از طریق جاروبکها و عمل کموتاسیون روی سیم پیچ های روتور انجام می گیرد وهمچنین مسیر جریان متناسب با مغناطیس دائم در سیم پیچ ها جاری می شود .

یعنی در زمانی که سیم پیچ های روتور قطب استاتور قرار دارند ، جریان در روتور جاری می شود ، جریان در هر دور سیم پیچ موتور DC معمولی دارای شکل AC و به صورت ذوزنقه می باشد و با دوران سیم پیچ مسیر جریان تغییر می کند .

در موتور DC معمولی ، وظیفه جاروبکها و کموتاسیون مشابه یک اینورتر می باشد که این اینورتر منبع تغذیه DC را به شکل موج AC ذوزنقه تبدیل می کند و این شکل موج روی سیم پیچهای روتور قرار می گیرد . این روند کار موتورهای DC معمولی یک شناختی است برای درک موتورهای DC بدون جاروبک می باشد ، که عمل جاروبک و کموتاسیون در موتورهای DC بدون جاروبک بوسیله اینورترهای الکترونیکی انجام می شود .

در موتورهای DC معمولی جریان بار از طریق جاربکها و روی روتور تامین می شود . در موتورهای DC فقط می توان استاتور آنها را به صورت مغناطیس دائم ساخت . ساختمان موتورهای DC معمولی دارای ضررهای زیادی است . از جمله در کموتاسیون هنگام تامین جریان های بار زیاد باعث مشکلات می شود ، هم چنین به علت وجود تلفات در روتور امکان خنک کردن آن مشکل است . در موتورهای DC بدون جاروبک هدایت جریان بار می تواند روی استاتور منتقل شود و مغناطیس دائمی که احتیاج به منبع خارجی ندارد روی روتور قرار می گیرد . به همین خاطر تلفات RI^2 روی استاتور به آسانی قابل کم شدن است ، و روی روتور

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

این کار مشکل است ، تغذیه جریان موتور DC بدون جاروبک توسط اینورترهای الکترونیکی انجام می گیرد . در این جا بیشتر ساختمان فیزیکی ماشین های DC بدون جاروبک مورد برسی قرار می دهیم .

۸ – ۷) ساختمان و عملکرد موتورهای DC بدون جاروبک سرعت بالا

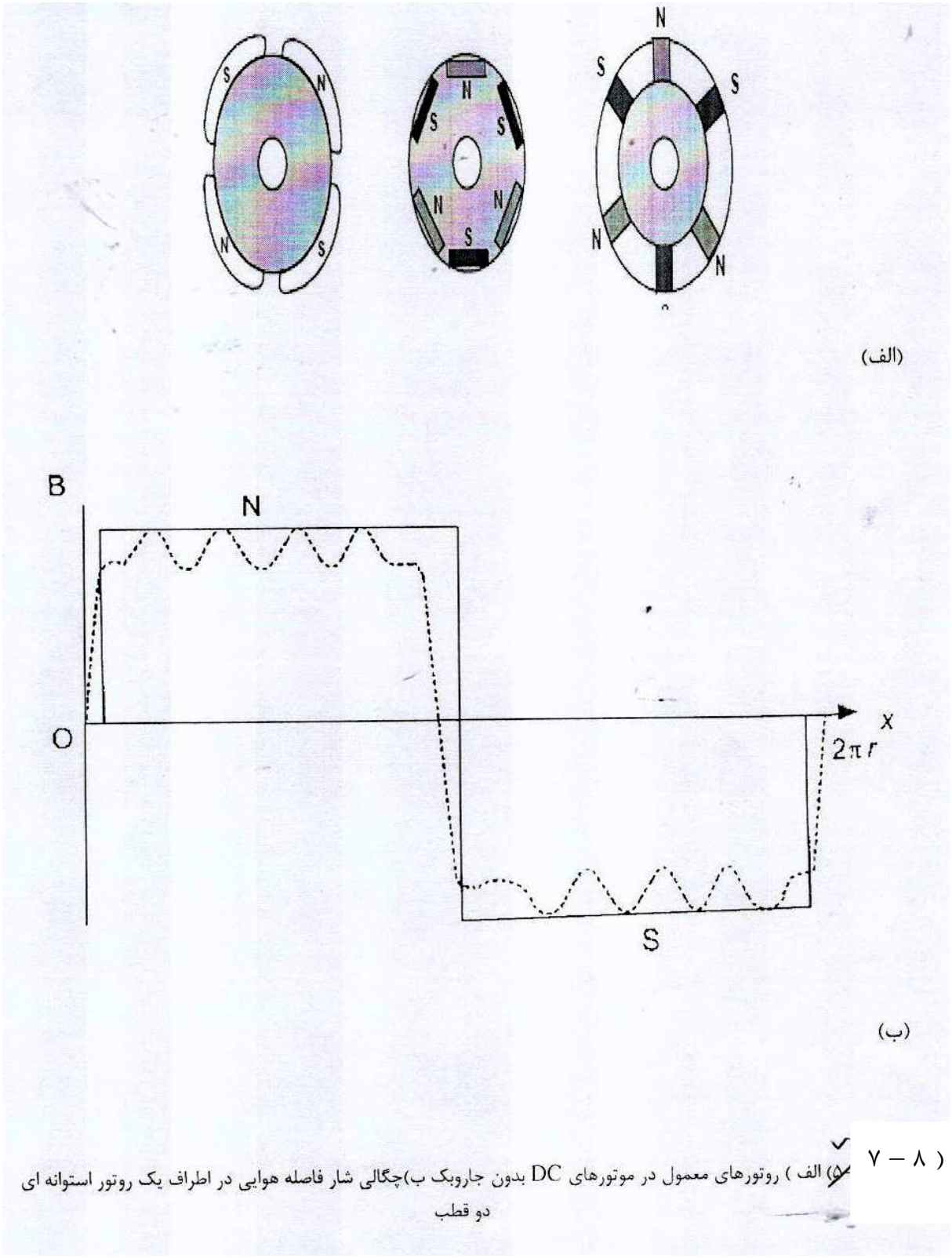
در این نوع موتورها هادیهای بار روی استاتور سیم پیچی ده اند و بدنه آلومینومی با استفاده از یک ماده ایزوله کننده از هم عایق شده اند ، و همچنین روتور آنها در طرحهای مختلفی طراحی می شود .

۸ – ۷ – ۱) ساختمان استاتور

هسته استاتور موتورهای DC بدون جاروبک از یک استیل سیلکون با شیارهای به صورت ورقه ورقه ساخته می شود . شیارهای استاتور قسمت زیادی را اشغال می کنند و این شیارها باعث بهم ریختگی ساختار شکل فلوی تولیدی می شوند ، برای کاهش دادن این اثر منفی ، معمولاً شیارها را نسبت به محور استاتور کج می کنند . در سیم پیچ های استاتور بعضی اوقات نویزهای شنوائی تولید می شود که این نویز بر اثر نیروهای وارد بر موتور که در حال کار است ، حاصل می شوند ، یکی از روشهای کاهش این نویز این است که معمولاً استاتور را به طور محکم بوسیله قالب های مخصوص می سازند .

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل (۸ – ۷)

الف) روتورهای معمول در موتورهای DC بدون جاروبک ب)چگالی شار فاصله هوایی در اطراف یک روتور استوانه ای دو قطب

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۸ – ۷ – ۲) روتور مغناطیس دائم موتورهای DC بدون جاروبک سرعت بالا

قطب های روتور توسط مواد مغناطیس دائم ساخته می شوند و روی شفت روتور قرار می گیرند . قطب های روتور از مواد سخت مثل استیل با کربن و یا از ورقه های استفاده شده در استاتور ساخته می شود . چگالی فلوی در اطراف قطب به صورت شکل (۷-۸)یک موج ذوزنقه ای مطابق شکل تغییر می کند . مقدار نوسان در شکل حتی در صورت کج شدن شیارها نیز وجود دارد . مگنتها در موتور DC بدون جاروبک از یک ماده با چگالی فلوی بالا برای ماکزیمم کردن نسبت به حجم مورد استفاده قرار می گیرند . ماده شکل دهنده قطب ها باید به طور محکم روی بدنه روتور ساخته شود . تا در اثر لرزش های مختلف ماده تشکیل دهنده قطب ها از روتوز جدا نشود . این عامل یکی از مشکلات ساخت موتورهای DC بدون جاروبک است این کار برای جلوگیری از نیروهای شعاعی روی مگنت ها در سرعت های بالا و همچنین نیروهایی که در طول تغییرات ناگهانی باید محدود شوند ، انجام می شود .

۸ – ۸) نحوه کار موتور DC بدون جاروبک سرعت بالا

استاتور موتور DC بدون جاروبک سیم پیچی شده می باشد و روتور آن مغناطیس دائم می باشد . همانگونه که در مکانیزم تولید گشتاور توصیف شد هادی های روتور ، شار فاصله هوایی اطراف را قطع می کنند ، از همین روش نیز برای توصیف عملکرد موتورهای DC بدون جاروبک استفاده می شود .

۸ – ۹) قطع فلوی و شار نشتی

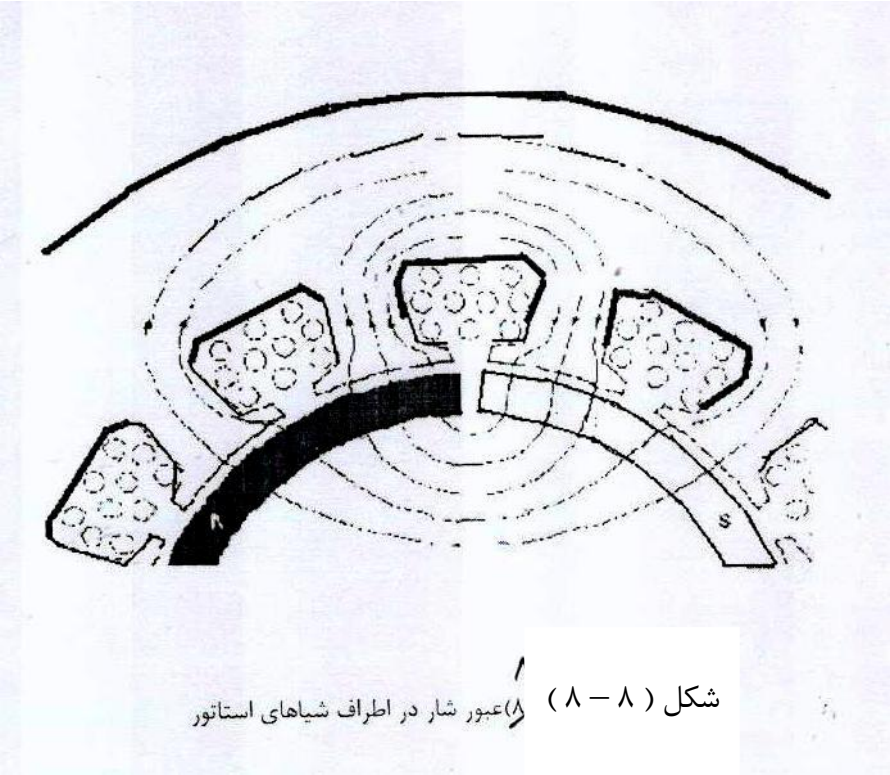
در ابتدای فصل توصیفی برای گشتاور بر اساس قطع فلوی بیان شد و براساس این روش emf تولید شده به صورت رابطه e=BLV بیان می شود ، با این فرض که چگالی شار B یک هادی که دارای طول L و سرعت V است را قطع می کند .

شکل (۸ – ۸) هادی یک استاتور موتور DC بدون جاروبک را نشان می دهد که شیارهای استاتور سیم پیچی شده بوسیله آهن استاتور احاطه شده اند . در موتورهای DC بدون جاروبک هادی های استاتور ثابت

هستند ، ولی با تغییرات چگالی شار مغناطیسی B ، حالت القائی در سیم پیچ های استاتور حاصل می شود و تغییرات طبق قانون فاراده باعث تولید ولتاژ که به صورت :

$$E = \frac{\partial \lambda}{\partial \pi} \qquad (۶-۸)$$

می باشد حاصل می شود . بر اساس همین پایه ای ، ، emf مخالف و گشتاور تولیدی حاصل می شود . در نتیجه با استفاده از قانون فلوی گشتاور و emf مخالف را در موتورهای DCبدون جاروبک مورد بررسی قرار می دهیم .



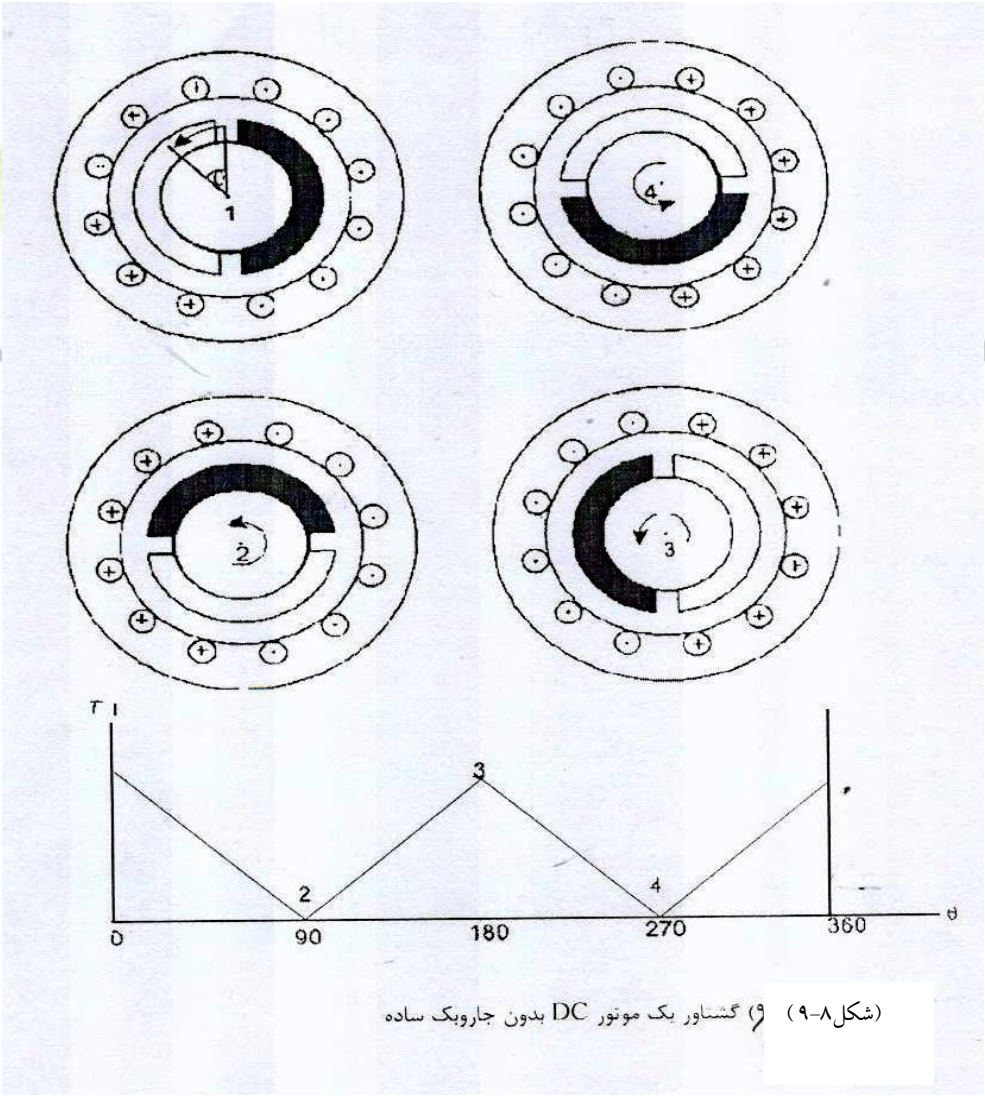
شکل (۸ – ۸) عبور شار در اطراف شیاهای استاتور

۸ – ۱۰) گشتاور

شکل (۸ – ۹) چهار وضعیت یک موتور را نشان می دهد . استاتور موتور DC بدون جاروبک به صورت سیم پیچ ساده و روتور به صورت دو قطب می باشد . مطابق شکل جریان های جاری شده در استاتور با علامت (+)و علامت(.)که معادل داخل و خارج صفحه می باشد را نشان میدهد . استاتور موتورهای DC بدون جاروبک معمولاً به صورت سه فاز می باشد ، اما اساس کار این موتورها مثل همین حالت تک فاز است که در این قسمت مورد بررسی قرار می گیرد ، مطابق شکل مسیر جریان در سیم پیچ استاتور در

وضعیت ۲ و ۴ معکوس شده است . این تغییر زمانی وقتی که مرکز قطب ازیک وضعیت سیم پیچ به وضعیت دیگر سیم پیچ منتقل می شود ، اتفاق می افتد .

در θ میانگین نیروهای BIL روی هادی های حمل کننده جریان همیشه در یک جهت است . به جزء در نواحی ۹۰ و ۲۷۰ درجه که نیرو صفر است . با توجه به اینکه ستاتور نمی تواند حرکت کند به طور معادل عکس العمل در روتور فراهم می شود و گشتاور در موتورهای DCبدون جاروبک به همان روشی که برای موتورهای DCمعمولی بیان می شود می توان متوسط خروجی به صورت $T=K_t I$ که پیک گشتاور در وضعیت ۱ و ۳ و در شکل که معادل خروجی ماندگار موتور DC معمولی دو قطب است بیان کرد .

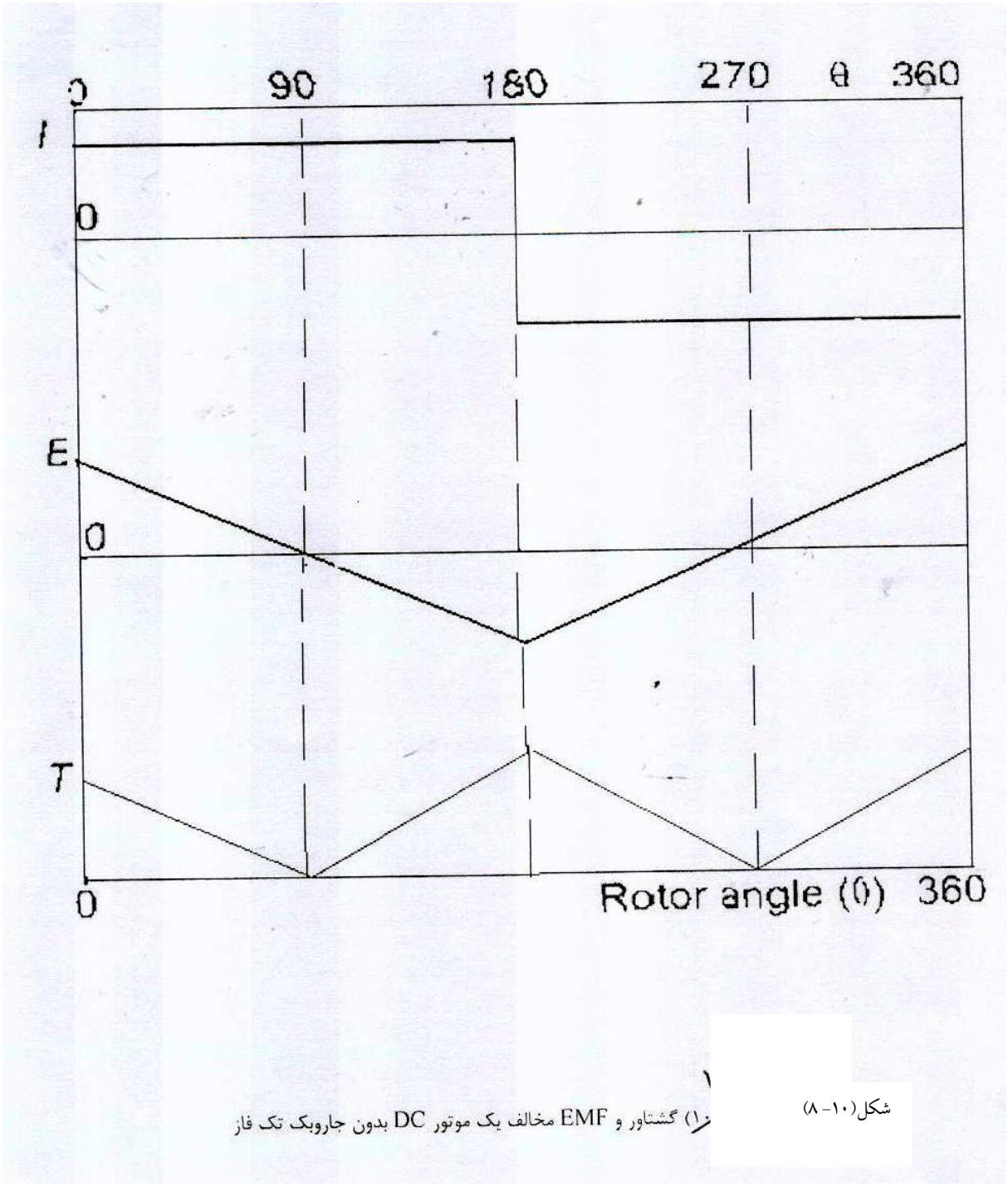


(شکل۸-۹) گشتاور یک موتور DC بدون جاروبک ساده

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

ریپل گشتاور در خروجی مطابق شکل بسیار بالا است ، این حالت در کاربرد سروموتورها غیر قابل قبول است . ماکزیمم ریپل گشتاور وقتی اتفاق می افتد که قطب ها بین دو سیم پیچ نصف شده اند ، این حالت در کاربرد سرو موتورها غیر قابل قبول است که در این حالت متوسط گشتاور صفر است . برای تولید یک گشتاور تقریباً ثابت موتورهای DC بدون جاروبک تعداد فازهای استاتور را افزایش می دهیم . جریان ، ولتاژ القایی و گشتاور موتور DC بدون جاروبک تک فاز به صورت شکل (۸ – ۹) می باشد .

WikiPower.ir



شکل(۱۰-۸) گشتاور و EMF مخالف یک موتور DC بدون جاروبک تک فاز

۸ – ۱۱) EMF مخالف

وقتی که موتور DC بدون جاروبک حرکت می کند ، فلوی ناشی از مغناطیس دائم روتور شروع به حرکت می کند . و در عرض سیم پچ های استاتور برای تولید یک emf مخالف سیم پیچ های استاتور را جاروب می کند ، مقدار متوسط emf مخالف سیم پیچ های استاتور می شود ، در نیم سیکل دارای مقدار

$E = K_E \omega$ می باشد . تغییرات emf مخالف در جهتی است که قطب های مگنت تغییر وضعیت می دهند و شکل emf در شکل (۸ -۱۰) نشان داده شده است . در موتورهای DC بدون جاروبک تغییرات emf مخالف در جهتی است ، که بامسیر جریان ورودی هماهنگ است . یعنی هنگامی که شار فاصله هوایی از اول سیم پیچ شروع به حرکت کرد جریان در سیم پیچ فعال می شود . موتور DC بدون جاروبک همان ساختمان موتور سنکرون ACرا داراست ، که به طور نرمال یک شکل موج سینوسی را دارا هستند و این موج سینوسی از هارمونیک اصلی شکل موج جریان ذوزنقه ای حاصل می شود . اگر چه موتورهای DC بدون جاروبک تک فاز به طور صحیح کار می کنند ، ولی گشتاور خروجی آنها موج دار است و برای بیشتر کاربردهای سرو موتور صنعتی ناپایدار می باشد . به همین جهت استفاده از موتورهای بدون جاروبک تک فاز در صنایع برای خنک کردن وسایل الکترونیکی استفاده می شود .

۸ – ۱۲) موتور DC بدون جاروبک سه سیم پیچ سرعت بالا

بیشتر سروموتورهای بدون جاروبک صنعتی به صورت سه سیم پیچ ساخته می شوند . هر سیم پیچ برای یک فاز ساخته می شود .

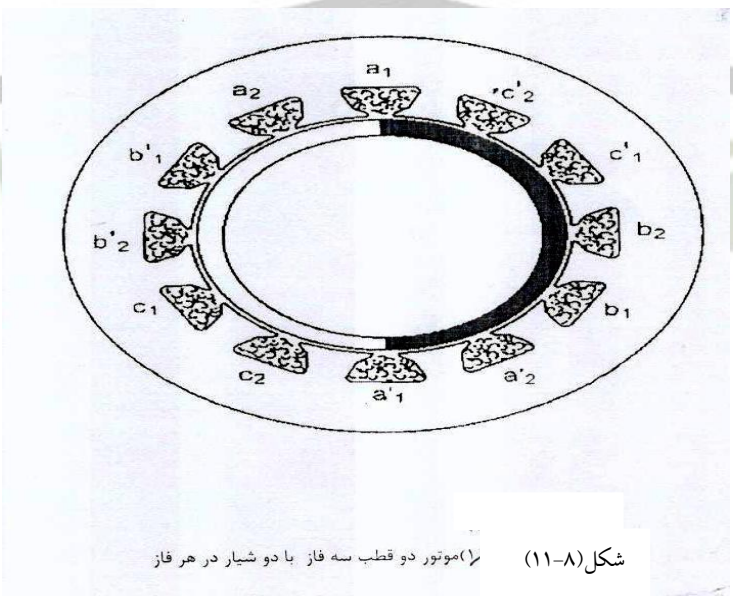
دو نوع اصلی موتور DC بدون جاروبک در صنعت مورد استفاده قرار می گیرد . یک نوع این موتورها ، موتور ذوزنقه است که نام آن بر اساس شکل موج جریان تغذیه استاتور آن می باشد که این جریان به صورت ذوزنقه ای می باشد و نوع دیگر موتور سینوسی می باشد که تغذیه استاتور آن به صورت AC سینوسی می باشد . به همین جهت به آن موتور بدون جاروبک سینوسی گفته می شود . هر دو موتورهای DC بدون جاروبک با تغذیه ذومزنقه ای و سینوسی از لحاظ فیزیکی مشابه موتور سنکرون AC می باشند .

۸ – ۱۳) موتور DC بدون جاروبک ذوزنقه ای سرعت بالا

سیم پیچهای موتور ذوزنقه ای ایده آل با جریانهای به شکل پالسهای ذوزنقه ای ایده آل تغذیه می شوند ، و چگالی شار در فاصله هوائی در اطراف قطب ها در مدت زمانی که زیر قطب مربوطه است مقدار ثابتی است .

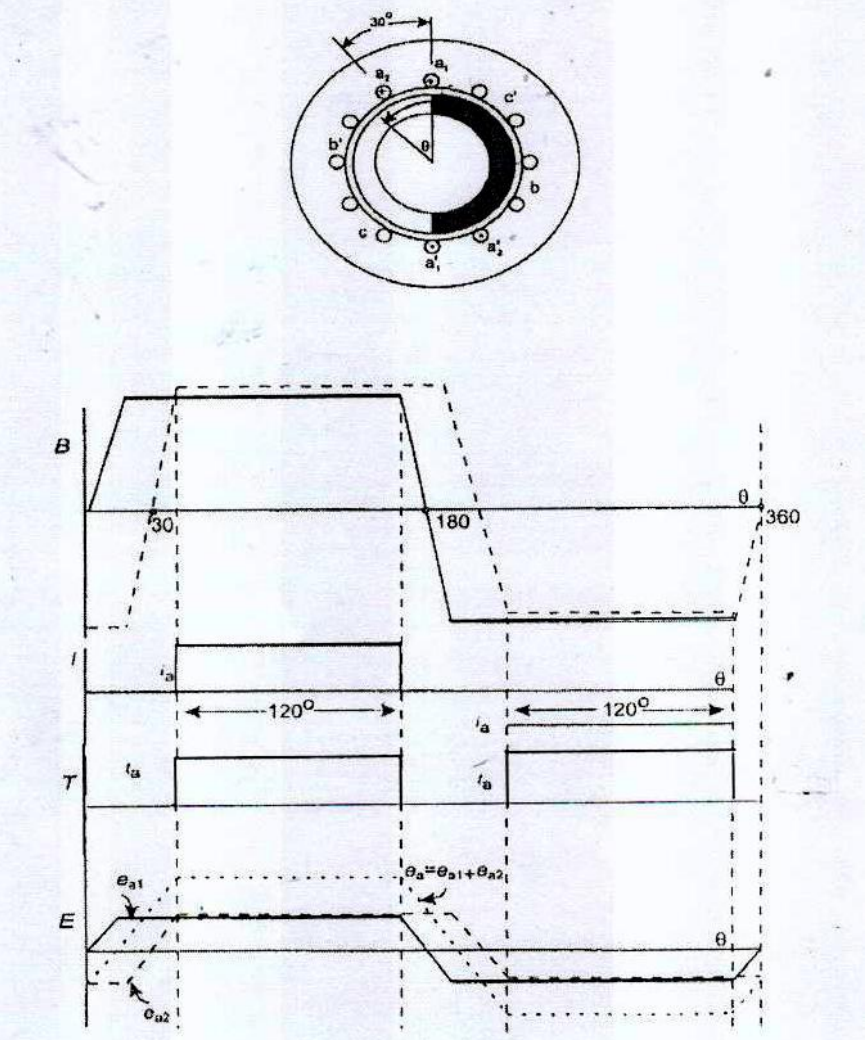
روتور این موتور به صورت استوانه ای می باشد . شکل (۸ -۱۱) یک طرح ساده برای یک موتور دو قطب رانشان می دهد ، و هر کدام از سیم پیچهای a و b و c این موتور به دو کوپل به صورت سری تقسیم شده اند .

به عنوان مثال کوپل b2وb1 با هم سری شده اند و سیم پیچ b را تشکیل می دهند . ابتدا و وانتهای هر سیم پیچ با b2وb1 مشخص شده اند . هر کدام از سیم پیچ ها ۳۰ درجه مکانیکی اطراف روتور را اشغال کرده اند ، این شکل که برای یک موتور بدون جاروبک تک فاز در نظر گرفته شده است در قسمت های بعد روابط بین گشتاور ، سرعت و جریان را برای آن بدست می آوریم و از نتایج برای روابط موتورهای سه فاز بدون جاروبک در قسمت های مربوطه استفاده می کنیم . در شکل استاتور موتور DC بدون جاروبک دارای سه سیم پیچ ، ۱۲ شیار و ۶ کوبل می باشد و تعداد دور کوبل ها با هم مساوی می باشند ، و در نتیجه هر کدام از از فازهای این موتور دامنه گشتاور و emf مخالف مساوی با دیگر فازها دارند .



شکل(۸-۱۱) ۱)موتور دو قطب سه فاز با دو شیار در هر فاز

۸ – ۱۴) گشتاور تولیدی در هر فاز موتور ذوزنقه ای سرعت بالا



(شکل۸-۱۲) گشتاور و فلوی مخالف برای فاز a

شکل (۸ – ۱۲) گشتاور تولید شده بوسیله یک موتور ذوزنقه ای تک فاز را به ازای جریان تغذیه ذوزنقه ای ایده آل را نشان می دهد . شیب تغییرات فلوی مطابق شکل دارای یک شیب کندی است و کندی شیب به خاطر کج کردن شیارهای مربوط به استاتور می باشد و شکل موج فلوی به صورت ذوزنقه ای شیب دار نشان داده شده است . در عمل گوشه های مجاور فلو به علت وجود قطب های مجاور روی هم افتادگی در آنها بوجود می آید . وقتی که روتور از وضعیت $\theta = 0$ حرکت می کند ، قطب N فلوی در عرض قسمت بالائی اولین کویل شروع می شود ، و وقتی $\theta = 30$ درجه شد دومین کویل در همان وضعیت کویل اول

که در وضعیت $\theta = 0$ بود قرار می گیرد . قسمت های پایینی کویل a به همین ترتیب در معرض قطب S قرار می گیرند .

هنگامی که روتور ، ۱۸ درجه چرخید ، قسمت صاف در زیر کل سیم پیچ در یک پنجره ۱۲۰ درجه قرار می گیرد . این حالت مدت زمانی است که باید تغذیه جریان این فاز توسط مدارات الکترونیکی وصل شود ، و در شکل نیز وضعیت جریان و فلوی نشان داده شده است ، و در نتیجه با جاری شدن جریان در سیم پیچ های مربوطه گشتاور مثبت در موتور حاصل می شود . سیکل تغییرات θ از ۱۸۰ تا ۳۶۰ کامل می شود و در این حالت نیز گشتاور مثبت مطابق شکل حاصل می شود .

۸ – ۱۵) دامنه EMF مخالف و گشتاور هر فاز

EMFمخالف در شکل (۸ – ۱۲) نشان داده شده است . وقتی که EMF ئر وضعیت صاف قرار گرفت ، عرض سیم پیچهای فاز a را جاروب می کند و یک ولتاژی در نیم کویل به صورت رابطه $e=BLR\omega$ حاصل می شود . ω سرعت دوران است ، L طول نیم دور کویل می باشد در نتیجه ولتاژ تولید شده در یک دور کامل مویل به صورت $2e=2BLR\omega$ می باشد . اگر N_{ph} تعداد دورهای مربوط به کویل باشد . کل emf مخالف تولید شده در دو کویل سری شده برابر است با :

$2e=2N_{ph}BLR\omega$ گشتاور که در هر قسمت یک دور کویل تولید می شود برابر است با :

$$t' = BLi_a r \qquad (۸-۷)$$

و کل گشتاور فاز a برابر است با :

$$t_a = 2N_{ph}BLi_a r \qquad (۸-۸)$$

سه سیم پیچ به طور استوانه ای در اطراف استاتور بسته شده اند و قطب های مغناطیس دائم نیز روی روتور قرار دارند ، با توجه به اینکه سه سیم پیچ استاتور مشابه و میدان قطب های روتور با هم برابر هستند داریم:

$$e_a = e_b = e_c \qquad (۸-۹)$$

$$t_a = t_b = t_c \qquad (۸ - ۱۰)$$

با ترکیب این معادلات گشتاور خروجی حاصل می شود و همچنین emf مخالف در ترمینال ورودی نیز حاصل می شود . برای نحوه ترکیب این معادلات ابتدا باید وضعیت اتصال سیم پیچهای استاتور را مشخص کنیم که این اتصالات در قسمت بعد گفته می شود . از روابط بیان شده در اینجا برای موتورهای بدون جاروبک با استاتور سه فاز نیز استفاده می شود .

۸ – ۱۶) اتصالات استاتور

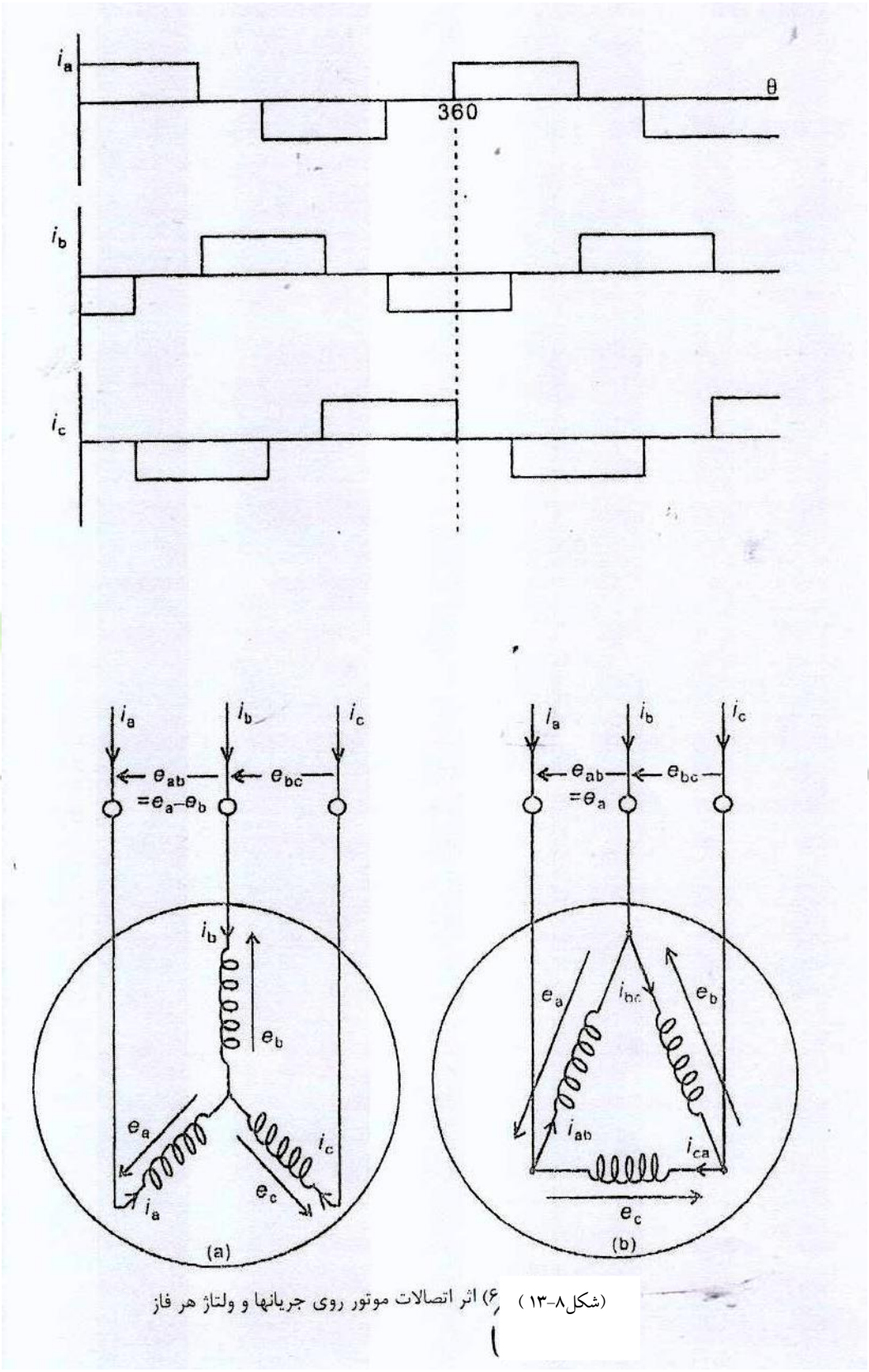
شکل (۸ – ۱۳) (a) یک اتصال را نشان می دهد ف که سیم پیچ ها مطابق شکل در یک نقطه به هم وصل شده اند و هر سیم پیچ با منبع سری شده است و جریان هر فاز با جریان برابر است . به ازای هر ۳۶۰ درجه هر جریان فاز باید مجدداً تکرار شود . و هدایت هر جریان در فاصله ۳۶۰ درجه در دو فاصله ۱۲۰ درجه اتفاق می افتد .

مجموع جریانها در اتصال ستاره به ازای هر θ صفر است و همچنین emf در دو سر ترمینالهای موتور با emf هر فاز متفاوت است .

شکل (۸ – ۱۳) (a) یک اتصال مثلث را نشان می دهد . emf روی هر سیم پیچ با emf ترمینال های موتور برابر است و در اتصال مثلث جریانهای در قسمت حلقه بسته مثلث جاری می شود و به جهت تلفات مس در این اتصالات بالا است .

در موتورهای DC بدون جاروبک با موج ذوزنقه ای به علت تلفات کمتر از اتصال ستاره استفاده می کنند . حال ما بر اساس نوع اتصال در قسمت های بعد معادلات موتور را بیان می کنیم .

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



(شکل۸-۱۳) ۶) اثر اتصالات موتور روی جریانها و ولتاژ هر فاز

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۸-۱۷) موتورهای DC بدون جاروبک سینوسی سرعت بالا

موتور با شکل موج مربعی ایده ال شکل موج های جریانی و چگالی شار آن به صورت ذوزنقه ای می باشد و سیم پیچ ها به صورت کویل هایی در اسلات های استاتور به هم متصل می شوند. درموتورهای با شکل موج سینوسی، شکل موج جریان و چگالی شار به صورت سینوسی می باشد، و همچنین در این موتور سیم پیچ ها از لحاظ مکانی نیز به صورت سینوسی سیم پیچی شده اند.

جزئیات اصلی یک موتور DC بدون جاروبک سینوسی در شکل نشان داده شده است.

۸-۱۸) جریان AC ورودی سینوسی

مطابق موتورهای با شکل ذوزنقه ای، بیشتر موتورهای با شکل موج سینوسی نیز به صورت سه فاز ساخته می شوند. شکل جریانهای سه فاز یک موتور DC بدون جاروبک سینوسی که بوسیله یک منبع و با استفاده از اینورترهای الکترونیکی ساخته می شوند را نشان می دهد.

۸-۱۹) چگالی شار سینوسی در فاصله هوایی

همان طور که در موتورهای تغذیه ذوزنقه ای چگالی شار فاصله هوایی به صورت ذوزنقه ای می باشد. در موتور با تغذیه سینوسی، چگالی شار در فاصله هوایی در این نقطه تغییرات آن باید به صورت سینوسی، مخروطی کردن مگنت ها می باشد،در این حالت منگت ها را با استفاده باریک کردن به سمت لبه ها،میدان سینوسی را بدست می آورند که این نمونه میدان سینوسی در شکل نشان داده شده است.

۸ – ۲۰) توزیع سیم پیچ ها به صورت سینوسی

طرح ایده آل هادی استاتور یک موتور سینوسی یک فاز ، دو قطب در شکل نشان داده شده است . مطابق شکل تعداد دور سیم سیم پیچ ها از $\Phi = 0$ به صورت سینوسی شروع به افزایش می کنند و در $\Phi = 90$ تعداد دورهاماکزیمم می شود . موتور سه فاز سینوسی DC بدون جاروبک مشابه موتورهای سنکرون AC می باشد و مشخصه آن می تواند به صورت دیاگرام فاز روی بدست آید . اما گشتاور و emf مخالف ایده آل بوسیله روش استفاده شده برای موتورهای ذوزنقه ای بدست می آید .

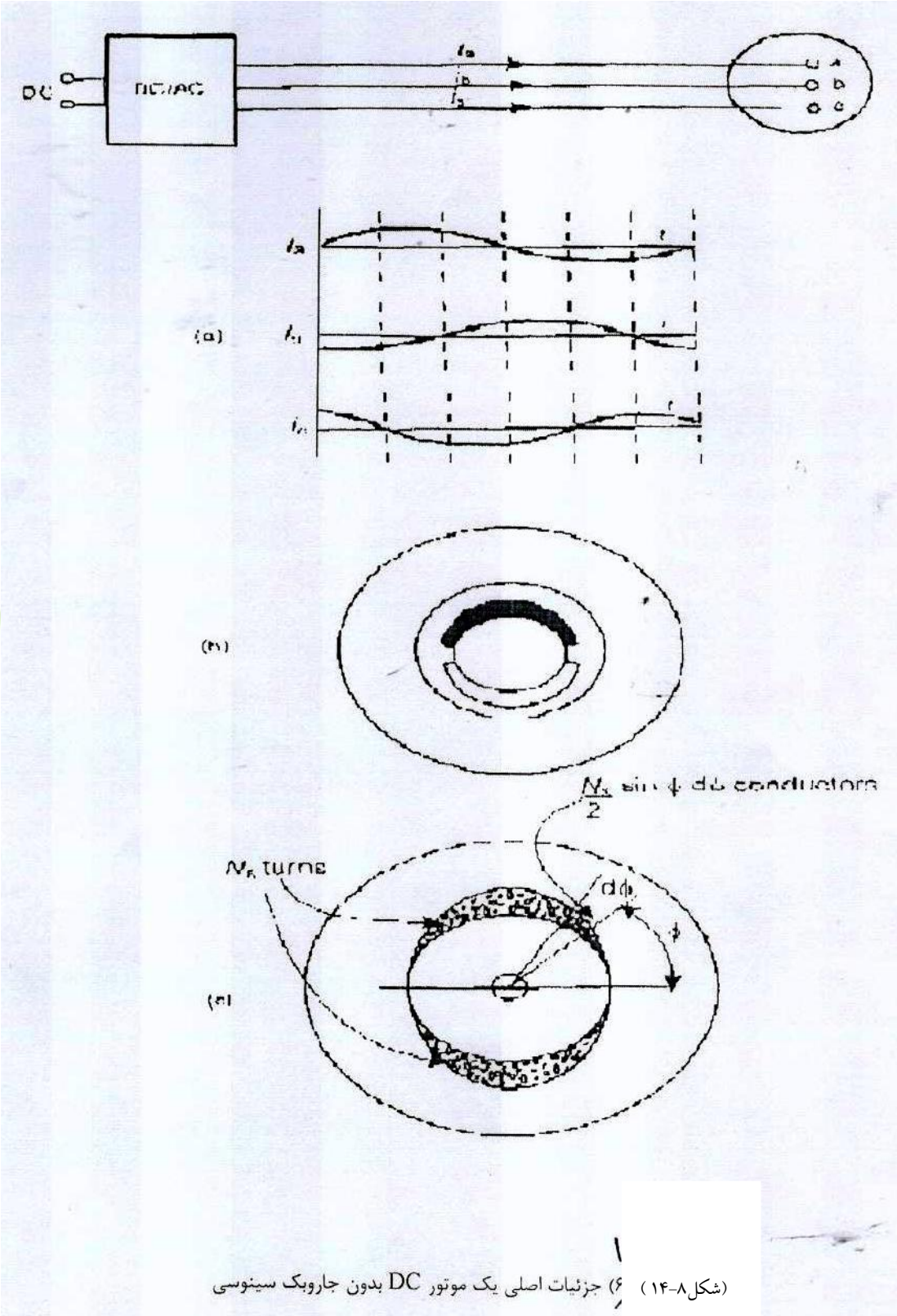
شکل یک موتور سینوسی یک فاز دو قطبی بافلوی ایده آی ، جریان و سیم پیچها باNs دور موثر را نشان می دهد . تعداد دورها در هر سمت سیم پیچها N_s می باشد .

مرجع برای حرکت در لحظه ای انتخاب می شود که محور قطب N-S روتور به صورت افقی مطابق دیاگرام در شکل می باشد وقتی $\theta = 0$ ، جریان ورودی نیز صفر است ما فرض کنیک که جریان کنترل می شود و این جریان با زاویه θ روتور به صورت سینوسی تغییر می کند .

در ضمن باید توجه داشته باشیم که دامنه جریان با θ به طور سینوسی تغییر می کند ، که اینزاویه نباید با زاویه Φ استاتور اشتباه در نظر گرفته شود . همان طور که در شکل مشخص است ، جریان موتور به ازای $\theta = 90$ دارای ماکزیمم خود می باشد .

در نتیجه در شکل ساختمان فیزیکی یک موتور بدون جاروبک سینوسی و نحوه سیم بندی و شکل موج های جریان روی فازهای آن مورد بررسی قرار دادیم و بر اساس این نتایج روابط مربوط به موتورهای بدون جاروبک سینوسی را در قسمت بعد بدست می آوریم .

WikiPower.ir



(شکل۸-۱۴) جزئیات اصلی یک موتور DC بدون جاروبک سینوسی

۸ – ۲۱) EMF مخالف

وقتی $\theta = 90$ است ، emf در عرض یک هادی به طول L در زواویه Φاستاتور برابر است با :

$$e_1 = B_m \sin\phi L r \omega \qquad \text{یا} \qquad e = BLV \qquad (۱۱-۸)$$

مقدار emf در عرض هادی با زاویه $d\phi$ به صورت زیر است :

(۱۲ – ۸)

$$e_{d\phi} = \frac{N_s}{2} \sin\phi d\phi B_M \sin\phi L r \omega$$

$$e_{dt} \frac{N_s}{2} B_M L r w \sin^2 \phi d\phi$$

با انتگرال گیری رابطه اخیر از $\Phi = 0$ تا $\Phi = \pi$ درجه مقدار کل emf را در عرض هادی های N_s به صورت زیر حاصل می شود :

(۱۳ – ۸)

$$E_M = \frac{\pi}{4} N_S B_M L r \omega$$

EM پیک EMF مخالف است ، این مقدار هنگام حرکت ، در مدت زمانی که فلو در یک مقدار ماکزیمم قرار دارد حاصل می شود . پیک EMF مخالف برای سیم پیچ ها که دارای $2N_S$ دور می باشد ، برای $2E_M$ است .

هادی های بوسیله یک فلوی سینوسی جاروب می شوند ، در نتیجه EMFمخالف نیز باید تغییرات آن با زمان به صورت سینوسی باشد . مقدار emf,RMS مخالف در کل سیم پیچ ها به صورت زیر است :

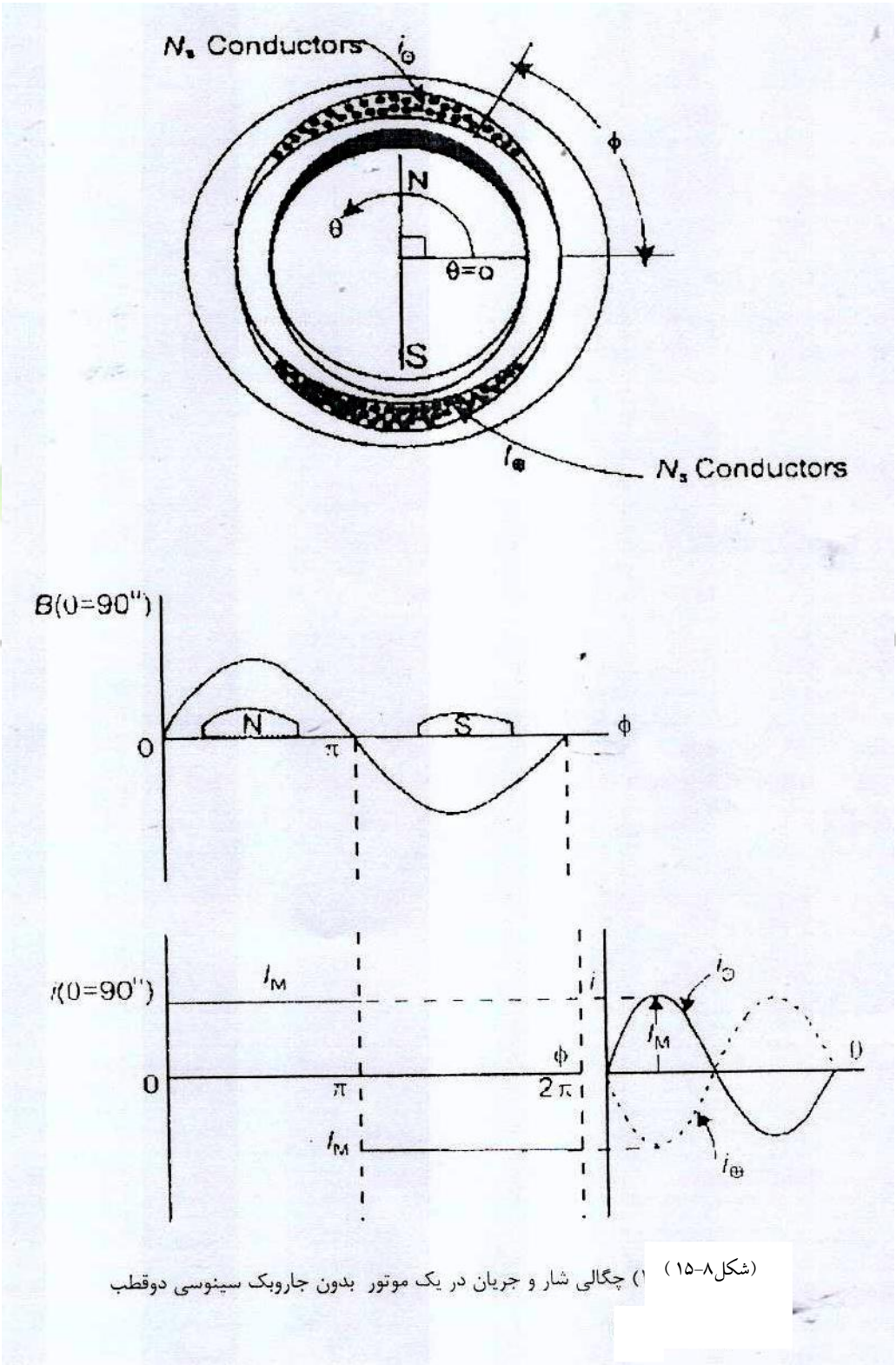
(۱۴ – ۸)

$$E_{ph} = \frac{2E_m}{\sqrt{2}}$$

$E_{ph} = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} N_S B_m L r \omega$ برای یک اتصال ستاره در موتورهای DC بدون جاروبک با تغذیه سینوسی emf مخالف در عرض سه سیم پیچ استاتور به شکل یک ولتاژ سه فاز بالانس حاصل می شود . مقدار RMS برای emf مخالف در ترمینال های ورودی بدست می آید دارای مقدار $\sqrt{3}E_{ph}$ می باشد و برابر است با :

$$E = \frac{\pi\sqrt{3}}{2\sqrt{2}} N_S B_m L r w \qquad (۱۵-۸)$$

$$E = K_E \omega$$



(شکل۸-۱۵)) چگالی شار و جریان در یک موتور بدون جاروبک سینوسی دوقطب

۸ – ۲۲) گشتاور

وقتی که $\theta = 90$ است ، نیروی وادرد بر یک هادی در زاویه Φ استاتور برابر است با :

(۸ – ۱۶)

$$e = BLI_M$$
$$e = B_M Sin\phi LIM$$

مقدار نیروی وارد بر هادی هائی که در زاویه $d\Phi$ قرار دارند به صورت رابطه زیر است :

(۸ – ۱۷)

$$e_d\phi = \frac{N_S}{2} Sin\phi d\phi B_M Sin\phi LI_M$$

با انتگرال گیری از رابطه اخیر از $\Phi = 0$ تا $\Phi = 2\pi$ کل نیروی وارد بر

$$e_{d\phi} = \frac{N_S}{2} B_M I_M L Sin^2\phi d\phi$$

تمام سیم پیچ با 2NS برای وقتی که $\theta = 90$ درجه است حاصل می شود :

(۸ – ۱۸)

$$F_M = \frac{\pi}{2} N_S B_M I_M L$$

گشتاور ماکزیممی که در خروجی حاصل می شود برابر است با :

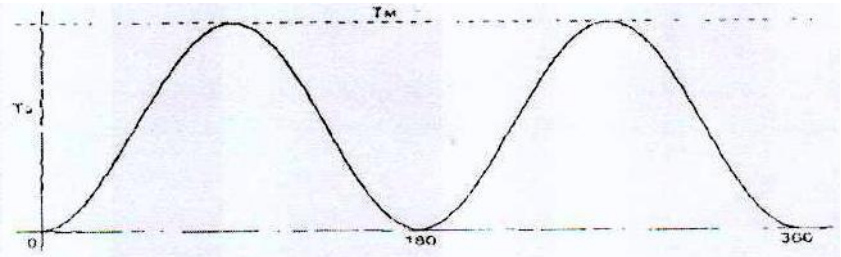
(۸ – ۱۹)

$$T_M = \frac{\pi}{2} N_S B_M I_M Lr$$

T_m گشتاوری است که محور قطب روتور نسبت به وضعیت مرجع انتخاب شده ۹۰ درجه می باشد . وقتی که محور روتور در وضعیت Φ نسبت به محور مرجع قرار دارد ، جریان استاتور به صورت رابطه $I_M Sin\theta$ و چگالی شار موثر در کل سیم پیچ $B_M Sin\theta$ می باشد بنابراین گشتاور در این حالت برابر است با :

$$T_\theta = T_M Sin^2\theta$$

T_θ همیشه مثبت است و به طور سینوسی مطابق شکل تغییر می کند . بر اسا این روابط در قسمت بعد روابط مربوط به موتورهای سه فاز سینوسی را بیان می کنیم و گشتاور موتور تک فاز با سه فاز را مورد مقایسه قرار می دهیم .



(شکل۸-۱۶) ۱)گشتاور یک فاز یک موتور سینوسی

۸ – ۲۳) EMF و گشتاور سه فاز

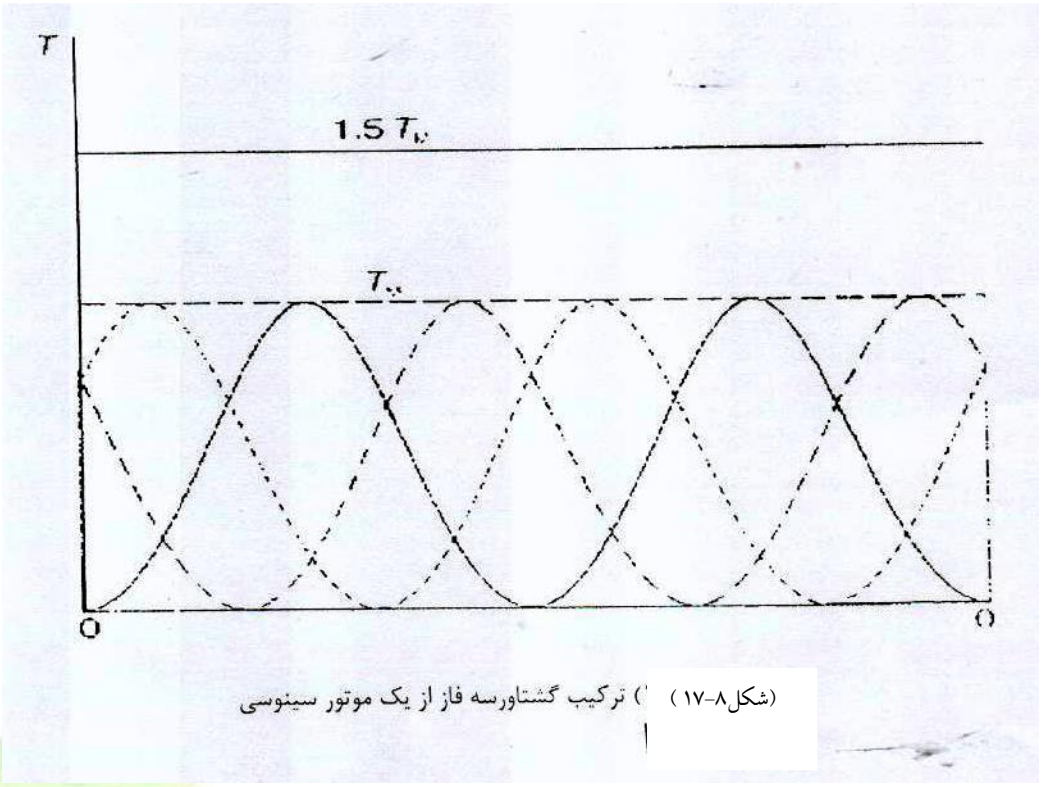
موتور با شکل موج سه فاز از ترکیب سه سیم پیچ تک فاز مطابق شکل تشکیل می شود . محور هر سیم پیچ ۱۲۰ درجه از دو سیم پیچ دیگر روی استاتور فاصله فیزیکی دارند . شکل موج های گشتاور بر حسب Φ بوسیله هر کدام ز سه فاز مطابق شکل حاصل می شود . نتیجه گشتاور موتور DC بدون جاروبک سه فاز در شکل نشان داده شده است . مطابق شکل ترکیب سه موج سینوسی در خروجی یک گشتاور ثابتی را تولید می کنند .

گشتاور موتور سه فاز باشکل موج سینوسی به صورت رابطه زیر است .

$$T\frac{3}{2}T_M \qquad (۸-۲۱)$$

$$T=\frac{3\pi}{2\sqrt{2}}N_S B_M L r I_{rms}$$

در در آنالیزهای،گشتاور موتور DC بدون جاروبک ، در قطب ، سه فاز ، بر اساس اینکه وضعیت قطبهای روتور در مقابل سیم پیچ های استاتور است . و هم چنین جریان موتور با سینوس زاویه روتور سنکرون است . مطابق شکل گشتاور در موتور سه فاز نسبت بهموتور تک فاز نیست و به صورت یک خط راست و ثابت مطابق شکل می باشد . این نحوه تولید گشتاور از محاسن موتور سه فاز بدون جاروبک می باشد .



(شکل۸-۱۷) ترکیب گشتاورسه فاز از یک موتور سینوسی

۸ – ۲۴) مقایسه موتور با شکل موج سینوسی و ذوزنقه ای سرعت بالا

سه سیم پیچ با اتصال ستاره برای موتور شکل موج سینوسی و ذوزنقه ای در نظر گرفته می شود ، هر دو شکل سه سیم پیچ دارای مقاومت یکسان بین ترمینالهای موتور می باشد و مقاومت هر فاز برابر $1/2R_{LL}$ فرض شده است .

و R_{LL} مقاومت بین هر دو ترمینال از طریق منبع تغذیه می باشد . هر دو موتور از نظر مقاومت حرارتی و گشتاور نیرو یکسان هستند .

در موتورها با شکل موج مربعی در هر لحظه فقط جریان در دو فاز برابر است ، در نتیجه تلفات RL^2 به صورت زیر است :

$$2I_{sq}^2 \frac{R_{LL}}{2} = I_{sq} R_{LL} \qquad (۸ – ۲۲)$$

در موتور با تغذیه سینوسی در هر لحظه سه فاز هدایت می کنند ، در نتیجه اگر بخواهیم تلفات مساوی در این موتور داشته باشیم ، باید رابطه زیر صادق باشد :

$$3I_{sn}^2\frac{R_{LL}}{2}=I^2{}_{sq}R_{LL}$$
$$I_{sn}=\sqrt{\frac{2}{3}}I_{sq} \qquad (۲۳-۸)$$

اگر دو موتور دارای گشتاور یکسان باشند ، داریم :

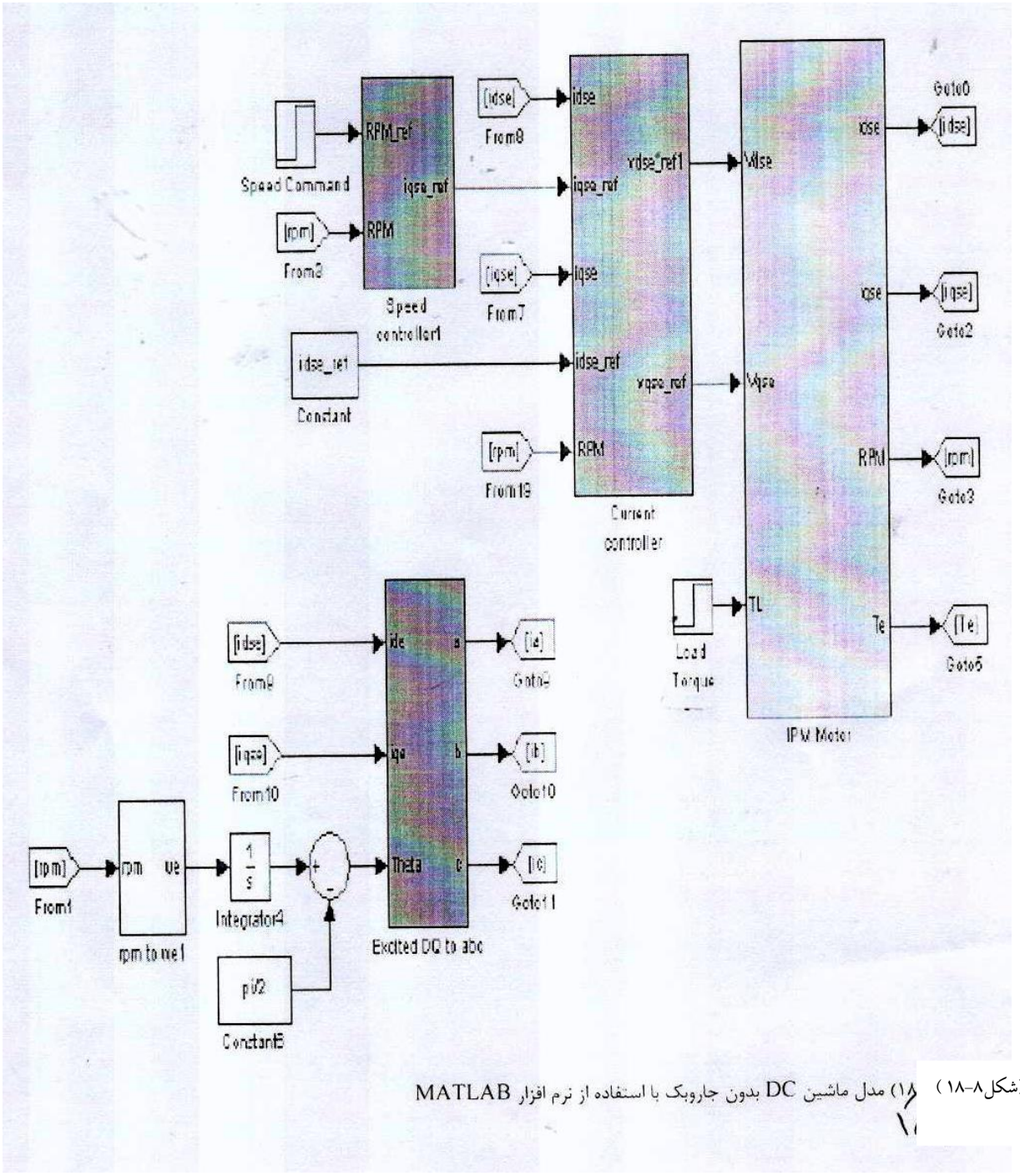
$$K_T(sn)I_{sn}=K_T(sq)I_{sq}$$
$$\Rightarrow K_T(sn)=\frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}}K_T(sq)$$

با این مقایسه بین دو موتور با تغذیه سینوسی و ذوزنقه ای پارامترهای آنها در جدول زیر آورده شده است

مقایسه دو موتور سینوسی و ذوزنقه ای

Input current waveform		*Sinewave*	*Squarewave*
Resistance	$R_{LL}\Omega$	5.4	5.4
Continuous stall torque	T_s Nm	2.2	2.2
Torque constant	K_T Nm/A	0.75	0.61
Continuous stall current	I_s A	2.9 rms	3.6 DC

برای دریافت فایل wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



(شکل۸-۱۸) مدل ماشین DC بدون جاروبک با استفاده از نرم افزار MATLAB

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

نتیجه گیری نهائی :

با گسترش کاربرد موتورهای الکتریکی در زمینه های گوناگون ، نیاز به افزایش سرعت این موتورها مطرح و دنبال شد . امروزه موتورهای الکتریکی با سرعت بسیار زیاد در وسایل پزشکی که با آنها اعمال جراحی را انجام می دهند بکار برده می شود و همچنین استفاده از این موتورها در مته هایی که در دندان پزشکی بکار می روند فراوان است در این وسایل به گشتاور ثابت و سرعت بالا نیاز است که این نیاز را موتورهای سنکرون مغناطیس دائم سرعت بالا برآورده کرده اند و همچنین کاربرد مهم دیگر این موتورها در دریلهایی است که برای جراحی های جمجمه از آنها استفاده می شود .

موتورهای DC بدون جاروبک سرعت بالا نیز دسته دیگری از موتورهای سرعت بالا می باشند که کاربرد عمده آنها در دیسک گردانهای کامپیوتر می باشد ، طراحی فشرده و استفاده از مواد مغناطیس دائم در این موتورها باعث کارآیی و طول عمر بیشتر این موتورها شده است .

موتورهای با سرعت زیاد امروزی همگی موتورهای مغناطیس دائم می باشند و آنچه که در مطالعه این موتورها مهم است شناخت دقیق پارامترهای این ماشینها می باشد . شناخت پارامتریک کمک بسیار موثری در شبیه سازی کامپیوتری این ماشین ها دارد . به طوریکه بدون هیچ هزینه ای می توانیم آزمایشهای متفاوتی را بر روی آنها انجام داده و نتایج را ببینیم . در صورتی که اگر بخواهیم همان آزمایشها را به صورت عملی انجام دهیم دارای هزینه بالایی خواهد بود و چندان دقیق نیز نمی باشد و بسیار وقت گیر است .

موتورهای مغناطیس دائم با کشف و ساخت مغناطیس دائم های قوی و پیشرفت تکنولوژی قدرت امروزه رقیب جدی برای موتورهای DC و موتورهای القایی می باشند .

وزن و حجم کم باعث افزایش روز افزون بکارگیری و مقبولیت این موتورها شده است و این گونه موتورها دارای قابلیت کوچک شدن بسیاری هستند به گونه ای که موتورهایی در حد ابعاد رگ انسان ساخته شده است و در عمل های جراحی داخلی از آنها استفاده می شود . امید است که با ساخت مواد مغناطیسی دائم

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

قوی ، ماشینهای با قدرت بالا نیز ساخته شوند . چون که اکثر موتورهای ساخته شده مغناطیس دائم در توانهای کوچک می باشند .

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

منابع :

۱ – پروژه کارشناسی ، موتورهای الکتریکی ، دانشگاه آزاد ابهر

۲ – پروژه کارشناسی ، موتورهای القایی ، دانشگاه آزاد ابهر

۳ – اصول ماشین های الکتریکی چاپ من

۴ – موتورهای الکتریکی مغناطیس دائم و بدون جاروبک کنجوتی

۵ – پروژه کارشناسی کنترل برداری موتور سنکرون مغناطیس دائم

WikiPower.ir