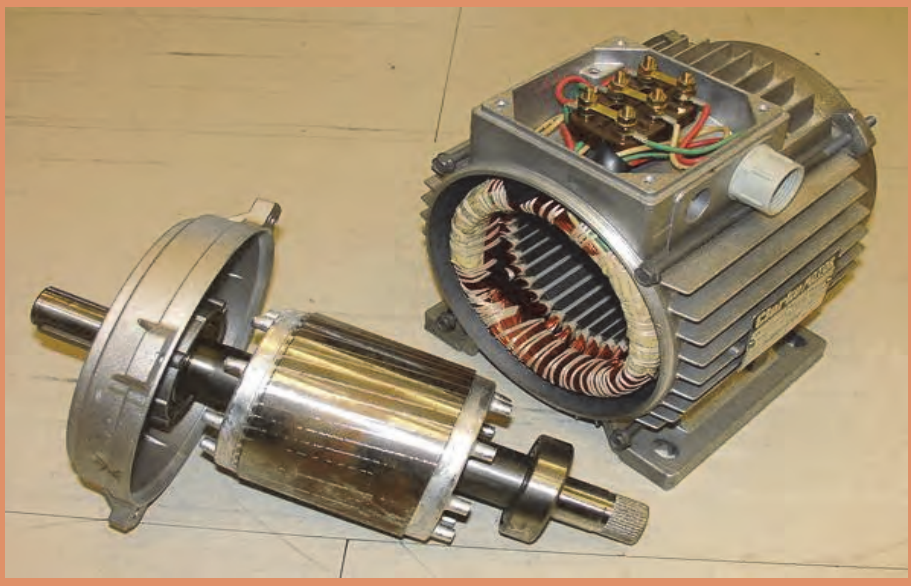
پودمان ۲

ماشین‌های الکتریکی



ماشین‌های الکتریکی در زندگی بشر وگرداندن چرخ صنعت نفش ارزنده ای ایفا می‌کنند. هدف اصلی این پودمان ایجاد پایه ای قوی در اصول بنیادی ماشین‌های جریان مستقیم مبتنی بر قواعد فیزیکی و روش-های تحلیل مدار الکتریکی ماشین است.

استاندارد عملکرد

پس از اتمام این واحدیادگیری، هنرجویان قادر خواهند بود، ضمن شناخت انواع ماشین‌های الکتریکی، با ساختمان داخلی، نحوه عملکرد، ساختار و اجزای انواع ماشین‌های الکتریکی آشنا شوند و چگونگی خواندن پلاک انواع ماشین‌ها را انجام دهد.

سؤالات پیشنهادی

۱- اجزای قسمت ساکن ماشین‌های جریان مستقیم را نام ببرد.
۲- سیم پیچی میدان برای جریان‌های زیاد، چگونه طراحی می‌شود؟
۳- اجزای قسمت متحرک ماشین‌های جریان مستقیم را نام ببرد.
۴- روش‌های تهویه رتور ماشین‌های جریان مستقیم را توضیح دهید.
۵- چرا به رتور ماشین‌های جریان مستقیم، «آرمیچر» می‌گویند؟
۶- وظیفه پروانه خنک کننده را بنویسد.
۷- تهویه ماشین‌های جریان مستقیم با قدرت کم و زیاد چگونه صورت می‌پذیرد؟
۸- مفاهیم مربوط به سیم پیچی آرمیچر را تعریف کند:
۹- الف)حلقه ب)کلاف پ)سیم پیچی
۱۰- روش‌های ترسیمی سیم پیچی آرمیچر را نام ببرد.
۱۱- گام‌های سیم پیچی آرمیچر را نام ببرد.
۱۲- گام قطبی را تعریف کند و رابطه آن را بنویسید.
۱۳- گام برگشت را تعریف کند.
۱۴- گام کموتاتور را تعریف کند.
۱۵- تفاوت سیم پیچی‌های حلقوی و موجی از نظر شکل سیم پیچی را بنویسد.
۱۶- دیاگرام گسترده دو کلاف از سیم پیچی حلقوی ساده را رسم کند و گام‌های سیم پیچی را بر روی آن نشان دهد.
۱۷- گام‌های سیم پیچی را تعیین کند.
۱۸- اطلاعات را از پلاک مشخصات موتورهای الکتریکی استخراج کند.
۱۹- چگونگی سالم بودن کلاف‌های موتور را تشخیص دهد.

بررسی قوانین حاکم بر ماشین‌های الکتریکی

پرسش کلاسی

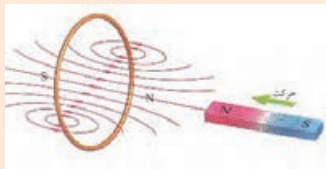
مداری مطابق شکل‌زیر، متشکل از یک حلقه هادی، که دو سر آن به یک گالوانومتر (یک آمپرمتر بسیار دقیق که با کمترین جریان الکتریکی منحرف می‌شود) متصل است، ایجاد و با حرکت یک آهنربای دائم، طبق مراحل داده شده، جدول را تکمیل کنید.

مراحل کاری	شرح آزمایش	تصویر
۱	اگر یک آهنربای دائم از طرف قطب شمال (N) آن، مطابق شکل، داخل حلقه شود، عقربه گالوانومتر منحرف می‌گردد. انحراف عقربه گالوانومتر به معنای..... از گالوانومتر است. ج) عبور جریان	
۲	در صورتی که آهنربای دائم نسبت به حلقه، مطابق شکل، حرکتی نداشته باشد، عقربه گالوانومتر ..... ج) منحرف نخواهد شد	
۳	اگر آهنربای دائم از حلقه (مطابق شکل) دور شود، عقربه گالوانومتر در جهت ..... منحرف می‌شود، یعنی..... در حلقه تغییر کرده است. ج) عکس حالت قبل- جهت جریان	
۴	اگر قطب جنوب (S) آهنربای دائم، مطابق شکل داخل حلقه شود، عقربه گالوانومتر بر خلاف حالتی که قطب..... وارد حلقه شد، منحرف می‌شود. ج) شمال N	

قانون لنز

پرسش کلاسی

کار در کلاس: مطابق شکل، مقطع یک حلقه هادی و یک آهن ربا تهیه کنید و آهن ربا را، مطابق مراحل گفته شده، به حلقه نزدیک و سپس دور کنید و با توجه به نتایج به دست آمده، جدول را تکمیل نمایید.

مراحل کاری	شرح آزمایش	تصویر
۱	هنگامی که قطب شمال (N) آهنربا به طرف حلقه حرکت داده می‌شود، مطابق آزمایش فاراده، جریان الکتریکی در حلقه جاری می‌شود. این جریان، میدان مغناطیسی در اطراف حلقه تولید خواهد نمود. طبق قانون لنز جهت جریان القایی به گونه ای است که با عامل به وجودآورنده اش مخالفت می‌کند؛ به این معنی که میدان مغناطیسی ناشی از جریان القایی با..... ..... به سمت حلقه مخالفت خواهد کرد. یعنی قطب شمال میدان حلقه مقابل قطب آهن ربا قرار می‌گیرد تا با ایجاد..... مانع حرکت آهن ربا به سمت حلقه شود. ج) حرکت آهن ربا – نیروی دافعه	
۲	اگر آهن ربا (مطابق شکل) به عقب حرکت داده شود، در این حالت مطابق آزمایش فاراده جریان القایی نیز در حلقه جاری می‌شود و طبق قانون لنز، میدان مغناطیسی ناشی از این ..... نیز با عامل به وجود آورنده اش، که همان حرکت رو به عقب آهن رباست، مخالفت خواهد کرد. یعنی میدان حلقه، قطب S خود را در مقابل قطب N آهن ربا قرار می-دهد تا با ایجاد نیروی ..... مانع حرکت آهنربا شود. ج) جریان القایی – جاذبه	

ارزشیابی

ردیف	مراحل کاری	شرایط کار(ابزار، مواد، تجهیزات، مکان)	نتایج ممکن	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره دهی)	نمره
۱	بررسی قوانین حاکم بر ماشین‌های الکتریکی	تجهیزات: ابزار و تجهیزات مکان: کلاس و کارگاه	بالاتر از حد انتظار	۱-تقسیم‌بندی ماشین‌های الکتریکی را بشناسد. ۲-قوانین القای الکترو مغناطیسی فاراده را بشناسد. ۳-قانون لنز را بررسی کند. ۴-قوانین دست چپ و راست را در ماشین‌های الکتریکی اجرا نماید.	۳
			در حد انتظار	۱-تقسیم‌بندی ماشین‌های الکتریکی را بشناسد. ۲-قوانین القای الکترو مغناطیسی فاراده را بشناسد. ۳-قانون لنز را بررسی کند.	۲
			پایین تر از حد انتظار	۱-تقسیم‌بندی ماشین‌های الکتریکی را بشناسد. ۲-قوانین القای الکترو مغناطیسی فاراده را بشناسد.	۱

ساختمان ماشین‌های جریان مستقیم

اجزای تشکیل‌دهنده ماشین‌های جریان‌مستقیم را می‌توان به‌صورت زیر دسته-بندی کرد:

قسمت ساکن شامل قطب‌ها و بدنه

قسمت گردان (آرمیچر)

مجموعه جاروبک و جاروبک نگهدارها.

اجزای ساکن ماشین‌های جریان مستقیم

قسمت‌های ساکن جریان مستقیم شامل اجزای زیرند:

الف) قطب‌های اصلی

ب) قطب‌های کمکی

پ) بدنه.

قطب‌های اصلی: وظیفه این قسمت تأمین میدان مغناطیسی مورد نیاز ماشین است. قطب‌های اصلی خود، شامل قسمت‌های زیر است.

هسته قطب: این هسته از ورق‌های فولاد الکتریکی به ضخامت حدود ۰/۵ تا ۰/۶۵ میلی‌متر با خاصیت مغناطیسی قابل قبول تشکیل می‌شود.
کفشک قطب: شکل قطب، به نحوی است که سطح مقطع کوچکتر برای سیم پیچ اختصاص داده می‌شود و قسمت بزرگتر که کفشک قطب نام دارد، میدان مغناطیسی را شکل می‌دهد و هدایت فوران مغناطیسی را به فاصله هوایی تسهیل می‌کند.
سیم پیچ تحریک: یا سیم پیچ قطب اصلی، که دور هسته قطب پیچیده می‌شود، برای جریان‌های کم باید تعداد دور سیم پیچ تحریک زیاد باشد و سطح مقطع آن کم و برای جریان‌های زیاد تعداد دور کم برای سیم پیچ لازم است و با سطح مقطع زیاد.
قطب‌های کمکی: قطب‌های کمکی در ماشین‌های جریان مستقیم، از هسته و سیم پیچ تشکیل می‌شوند، هسته قطب‌های کمکی را معمولاً از فولاد یکپارچه می‌سازند. سیم پیچی قطب‌های کمکی نیز با تعداد دور کم و سطح مقطع زیاد پیچیده می‌شوند.
بدنه: قطب‌های اصلی، کمکی و جاروبک‌نگهدارها روی بدنه ماشین محکم می‌شوند. به‌وسیله ماشین روی پایه اش نصب می‌گردد. قسمتی از بدنه را هسته آهنی تشکیل می‌دهد که برای هدایت فوران مغناطیسی قطب‌های اصلی و کمکی به‌کار می‌رود. در این قسمت طوق به‌کار می‌رود.

اجرای قسمت متحرک

اجزای قسمت متحرک یا رتور یک ماشین جریان مستقیم	
۱	هسته رتور
۲	سیم پیچی رتور
۳	کموتاتور
۴	محور
۵	پروانه خنک کننده

قسمت متحرک یا رتور یک ماشین جریان مستقیم در شکل ۱ نشان داده شده است.

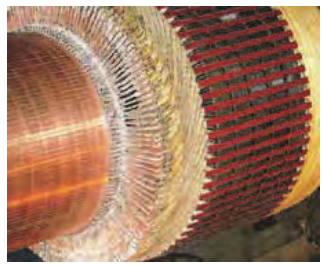
شکل ۱

هسته رتور

هسته رتور از ورقه‌های فولادی سلیس‌دار، که با یک لایه نازک ازهم عایق شده‌اند ساخته می‌شود. برروی هسته رتور شیارهایی تعبیه شده است تا سیم پیچ ها در داخل آنها قرار گیرند. این شیارها ممکن است به صورت باز یا نیمه باز باشند.
در هنگام کار ماشین‌های جریان مستقیم، هسته رتور گرم می‌شود. برای خنک شدن هسته، معمولاً رتورها را به صورت «تهویه محوری» یا«تهویه شعاعی» می‌سازند. در رتورهای با تهویه محوری، سوراخ هایی در امتداد هسته ایجاد می-کنند تا هسته در اثر نفوذ جریان هوا به این سوراخ‌ها خنک شود (شکل ۲).

شکل ۲

در رتورهای با تهویه شعاعی هسته از چند دسته ورق با طول ۴ تا ۱۰ سانتی‌متر، که با یکدیگر ۸ تا ۱۰ میلی‌متر فاصله دارند، تشکیل می‌گردد (شکل ۳).



شکل ۳

سیم پیچی رتور

سیم پیچی رتور از کلاف‌های مشابهی تشکیل شده است. این سیم پیچی مبتنی بر اصول فنی است و از طراحی ماشین‌های جریان مستقیم تبعیت می‌کند. از آنجایی که ماشین‌های جریان مستقیم ولتاژاصلی در«سیم پیچی رتور» القا می-شود، اصطلاح«سیم پیچی آرمیچر»نیز به آن اطلاق می‌شود. «رتور» ماشین‌های جریان مستقیم نیز به آرمیچر معروف است.

کموتاتور

کموتاتوراز تیغه‌های مسی، که توسط عایق میکا نسبت به یک دیگرومحورماشین عایق شده اندتشکیل می‌شود. ابتدا و انتهای کلاف‌های سیم پیچی رتور توسط لحیم یا پرس کردن به تیغه کموتاتور وصل می شود (شکل ۴).

شکل ۴

محور

محور رتور ماشین‌های جریان مستقیم به منزله تکیه گاهی برای سایراجزای رتور است. محور باید از فولادی تهیه شود که خاصیت مغناطیسی آن کم، اما در مقابل تنش‌های برشی، خمشی، کششی وپیچشی استحکام مکانیکی کافی را داشته باشد.

پروانه خنک کننده

پروانه خنک کننده یا«فن»با ایجاد جریان هوا درداخل ماشین، گرمای ایجاد شده را سریع‌تر به خارج از ماشین انتقال می‌دهد. لذا دمای کار ماشین دریک حد مشخص محدود می‌شود و ازدیاد عمرمفید ماشین را در پی خواهد داشت. پروانه خنک کننده ماشین‌های جریان مستقیم باقدرت کم، روی محور رتور نصب می-شود، وباگردش رتورمی‌گردد وجریان هوا به‌وجود می‌آورد. اما ماشین‌های با قدرت متوسط و زیاد، فاقد پروانه خنک کننده روی محور رتور هستند وتهویه ماشین توسط فن جداگانه ای انجام می‌شود که به منظورجذب ذرات گرد وغبردارای فیلتر هواست وتوسط یک موتورسه فاز به گردش درمی‌آید. تصویر یک ماشین جریان مستقیم مجهز به فن جداگانه را در شکل ۵ ملاحظه می‌کنید.

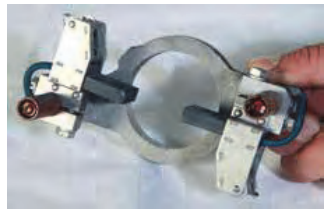
شکل ۵

تصویر برش خورده یک ماشین جریان مستقیم با فن جداگانه در شکل ۶ آمده است. در این شکل، فیلتر و فن را مشاهده کنید.

شکل ۶

۳ -جاروبک و جاروبک نگهدارها

وظیفه جاروبک نگهدار قرار دادن صحیح جاروبک روی تیغه‌های کلکتور است. جاروبک‌ها قطعاتی از جنس زغال یا گرافیت‌اند که از آنها برای گرفتن جریان از کلکتور یا دادن جریان به آن استفاده می‌شود. در قسمت ساکن ماشین‌های جریان مستقیم وسیله ای به نام جاروبک نگهدارنصب شده است. وظیفه جاروبک نگهدار؛ قرار دادن صحیح جاروبک‌ها روی تیغه های کموتاتور است. جاروبک‌ها درجاروبک نگهدار قرار می‌گیرند و توسط فنری با فشار قابل تنظیم بر روی کموتاتور فشار داده می‌شوند(شکل ۷).



شکل ۷

کار در کلاس

جدول زیر را که مربوط به اجزای ماشین دی‌سی (DC) است، تکمیل نمایید.

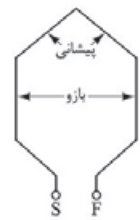
ردیف	نام فارسی	نام انگلیسی
۱	استاتور	Stator
۲	رتور	Rotor
۳	بدنه	Yoke
۴	سیم پیچی میدان	Field Winding
۵	جاروبک نگهدار	Brush Holder
۶	شیار	Slot
۷	کموتاتور	Commutator
۸	محور	Shaft
۹	پروانه خنک کننده	Fan
۱۰	کموتاسیون	Commutation

سیم پیچی آرمیچر ماشین های جریان مستقیم

در ماشین‌های جریان مستقیم، نحوه سری و موازی کردن کلاف‌های سیم پیچی رتور تحت عنوان «سیم‌پیچی آرمیچر» مطرح می‌شود. به طور کلی اصطلاح«سیم پیچی آرمیچر» به سیم پیچی‌هایی اطلاق می‌شود که نیروی محرکه اصلی در آن القا می‌شود. با معرفی روش‌های «ترسیم سیم پیچی آرمیچر»به تأثیر این شیوه‌ها بر نیروی محرکه القایی، جریان و گشتاور ماشین‌های جریان مستقیم اشاره خواهد شد.

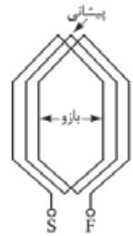
برخی از واژه‌های مربوط به سیم پیچی به شرح زیرند:

«حلقه» شامل یک دور هادی است. قسمتی از حلقه که درون شیار قرار می‌گیرد «بازو» نام دارد و قسمتی که در بیرون شیار قرار می‌گیرد «پیشانی» نامیده می‌شود. حلقه‌ها سر و ته دارند. سر حلقه را با حرف «S» و ته ان را با حرف «F» نشان می‌دهند (شکل ۸).



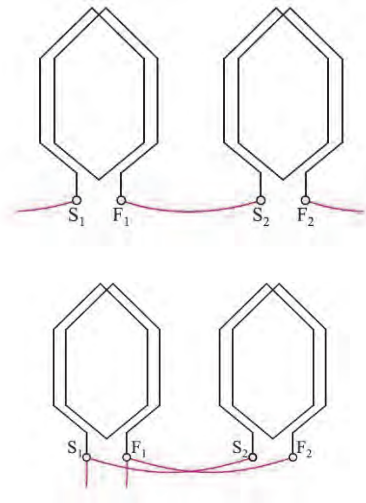
شکل ۸

کلاف از اتصال سری چندین حلقه تشکیل شده است. برای کلاف نیز می‌توان همانند حلقه، بازو، پیشانی و سر و ته در نظرگرفت (شکل ۹).



شکل ۹

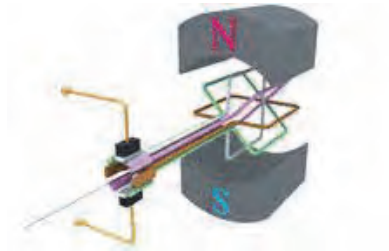
سیم پیچی از اتصال چندین کلاف تشکیل شده است. این اتصال می‌تواند به صورت سری یا موازی یا ترکیب سری و موازی باشد (شکل ۱۰).



شکل ۱۰

روش‌های ترسیم سیم پیچی آرمیچر

در قسمت‌های قبل مشاهده شد، برای قابل استفاده وکاربردی شدن ژنراتور وموتور ساده جریان مستقیم، تعداد حلقه‌های آنها افزایش داده می‌شود. در شکل ۱۱ ماشین جریان مستقیمی با چهار حلقه و هشت تیغه کموتاتور مورد نظر است.

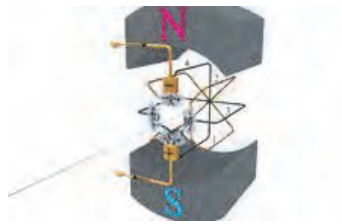


شکل ۱۱

مشاهده می‌شود در هر لحظه فقط یک یا دوحلقه دارای جریان می‌شوند وحلقه-های دیگر فاقد جریان الکتریکی هستند و در تمام لحظات نقش مؤثری در ماشین ایفا نمی‌کنند. در واقع به دلیل نبودن ارتباط الکتریکی بین این حلقه‌ها افزایش بیشتر تعداد حلقه‌ها با این شیوه تأثیر چندانی در کارایی ماشین نگذاشته است.

برای برقراری ارتباط الکتریکی بین حلقه‌ها روش‌هایی به‌کار گرفته می‌شود که حلقه‌ها رابه صورت سری وموازی از طریق تیغه‌های کموتاتور به یکدیگر متصل می‌کنند تا جریان الکتریکی از آنها عبور کند. با این عمل در موتورها تغییرات گشتاور به حداقل مقدار ممکن می‌رسد وگشتاور یکنواخت خواهد شد ودر ژنراتورها ضربان نیروی محرکه القایی نیز به حداقل ممکن می‌رسد و مقدار متوسط آن افزایش می‌یابد.

شکل ۱۲ نمونه ای از سری وموازی شدن حلقه‌ها را نشان می‌دهد.



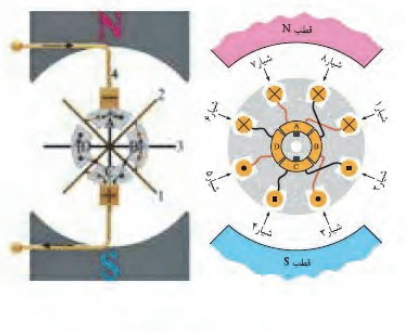
شکل ۱۲

این شکل یک ماشین جریان مستقیم دو قطب با چهار کلاف وچهار تیغه کموتاتور را نشان می‌دهد. به منظور پرهیز از شلوغ شدن شکل، کلاف‌ها به صورت حلقه نشان داده شده اند. دو حلقه مشکی از طریق تیغه "D" و دو حلقه قهوه ای از طریق تیغه "B" با هم سری شده اند. هر یک از حلقه‌های مشکی وقهوه ای از طریق تیغه های Aو C با هم موازی خواهد شد. به این ترتیب جریان الکتریکی از طریق جاروبک به تیغهA وارد می‌شود وپس از عبور از حلقه‌های مشکی وقهوه ای به تیغه C می‌رسد و از طریق جاروبک خارج می‌شود. لذا جریان الکتریکی از تمام حلقه‌ها می‌گذرد و آنها در کار ماشین مؤثر خواهند شد.
ترسیم سیم پیچی آرمیچر مطابق شکل ۱۲ بسیار دشوار است. لذا روش‌های ترسیمی دیگری به‌کار می‌رود. این روش‌ها عبارت است از:

۱- دیاگرام دایره ای(مقطعی)
۲- دیاگرام خطی(راه جریان)
۳- دیاگرام گسترده(باز)
۴- دیاگرام سریع(دندانه اره ای)

دیاگرام دایره ای

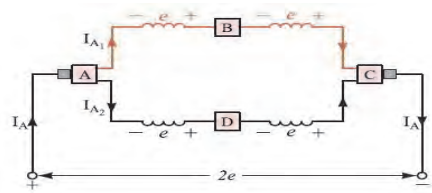
نمای روبه‌روی رتور وکموتاتور است. در این دیاگرام، سربندی کلاف‌های سیم پیچی آرمیچر، یعنی اتصال سر وته کلاف به تیغه‌های کموتاتور مشخص می‌شود و جهت جریان هر یک از بازوهای کلاف در هر یک از شیارهای رتور نشان داده می‌شود. کلاف‌های رتور و کموتاتور شکل ۱۲ در شکل ۱۳ نشان داده شده است.



شکل ۱۳

در دیاگرام خطی چگونگی ارتباط کلاف‌ها به یکدیگر و اتصال سر وته آنها به تیغه‌های کموتاتور به صورت دیگری ترسیم می‌شود.
این دیاگرام نشان می‌دهد چگونه با موازی شدن کلاف‌ها مسیرهای موازی برای عبور جریان الکتریکی ایجاد می‌شود وکلاف‌هایی که در این مسیرها قرار می-

گیرند با یکدیگر سری می‌شوند تا نیروی محرکه القایی آنها با هم جمع شود. هر یک از این مسیرهای موازی«راه جریان» نام دارد.
دیاگرام خطی کلاف‌های سیم پیچی آرمیچر شکل ۱۲ در شکل ۱۴ نشان داده شده است.

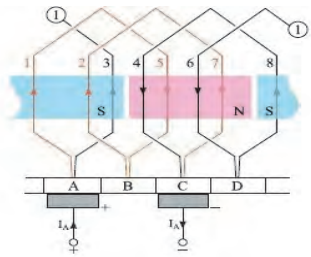


شکل ۱۴

در این شکل لحظه ای که جاروبک ها با تیغه های A و C کموتاتور در تماس‌اند مشاهده می‌شود. جریان آرمیچر I_a از طریقA کموتاتور بین دو راه جریان که توسط کلاف‌های قهوه ای و مشکی ایجاد شده است تقسیم می‌شود و جریان‌هایI_{a1} و I_{a2}را در هر مسیر جاری می کند.
کلاف‌های هر یک از این راه های جریان توسط تیغه‌های BوC کموتاتور سری شده اند و نیروی محرکه القاییe آنها باهم جمع می‌شود و ولتاژ 2e را بین تیغه-های A و cکموتاتور به‌وجود می‌آورند (تعداد راه‌های جریان را با a نشان می‌دهند لذا در این دیاگرام2=a است).

دیاگرام گسترده

دیاگرام گسترده موقعیت هر کلاف در شیارهای رتور و نحوه اتصال سر و ته آنها را به تیغه‌های کموتاتور نشان می‌دهد. در این دیاگرام، با توجه به جهت جریان در کلاف‌ها، محل قطب های مغناطیسی سیم پیچی آرمیچر نیز مشخص می‌شود. از دیاگرام گسترده، اطلاعات مربوط به سیم پیچی و سربندی کلاف‌های سیم پیچی آرمیچر به‌دست می‌آید و برای سیم پیچی عملی آرمیچر مناسب‌تر است.
در ترسیم دیاگرام گسترده، رتور و کموتاتور را که استوانه ای هستند در امتداد شیارها برش طولی می‌دهند وآن ها را به صورت صفحه ای ترسیم می‌کنند. به تعداد شیارهای رتور خطوطی به طور عمودی رسم می‌شود. در صورتی که در هر شیار دو بازو از دو کلاف مختلف قرار گرفت بازویی را که در بالای شیار قرار می-گیرد با خط پر و بازویی را که در پایین شیار قرار می‌گیرد، با خط چین نشان می‌دهند. با ایجاد یک برش فرضی در شکل ۱۲ دیاگرام گسترده آن مطابق شکل ۱۵ ترسیم می‌شود.



شکل ۱۵

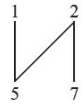
جریان آرمیچر از طریق جاروبک متصل به تیغه کموتاتور، به سیم‌پیچی وارد می‌شود و از طریق جاروبک متصل به تیغه کموتاتور متصل می‌گردد. مشاهده می‌شود بازوی کلاف‌های با جهت جریان یکسان در کنار هم قرار گرفته‌اند. C و به‌طور مشترک قطب‌های مغناطیسی در رتور به‌وجود می‌آید.

دیاگرام سریع

دیاگرام سریع موقعیت هر بازوی کلاف را در شیارهای رتور نشان می‌دهد. معمولاً دیاگرام سریع بعد از دیاگرام گسترده ترسیم می‌شود. با توجه به دیاگرام گسترده مشاهده می‌شود کلافی که یکی از بازوهای آن در شیار ۱ رتور قرار دارد بازوی دیگر آن در شیار ۵ قرار گرفته است. این فرایند در دیاگرام سریع به‌صورت شکل ۱۶ نشان داده می‌شود.

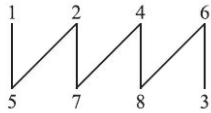
شکل ۱۶

بازوی کلاف بعدی در شیارهای ۲و۷ قرار گفته است. لذا دیاگرام سریع به‌صورت شکل ۱۷ در می‌آید.



شکل ۱۷

با ادامه این روند، دیاگرام سریع به‌صورت شکل ۱۸ تکمیل می‌شود.



شکل ۱۸

در صورتی که در شیارهای رتور دو بازو از دو کلاف قرار داشته باشند، بازویی را که در زیر قرارمی‌گیرد با اعداد پریم دار نشان می‌دهند.

	گام های سیم پیچی آرمیچر
۱	گام قطبی
۲	گام رفت (گام جلو)
۳	گام برگشت (گام عقب)
۴	گام سیم پیچی
۵	گام کموتاتور

گام قطبی

با عبور جریان الکتریکی از سیم پیچی آرمیچر در اطراف رتور آن، قطب‌های مغناطیسی تشکیل می‌شود. فاصله بین مرکز تا مرکز دو قطب غیر همنام مجاور یکدیگر بر حسب شیار رتور را «گام قطبی» گویند و رابطه آن به‌صورت زیر است:

$$y_p = \frac{s}{p}$$

دراین رابطه:
S: تعداد شیار رتور؛
P: تعداد قطب‌های رتور؛
y_p: گام قطبی بر حسب شیار رتور

گام رفت

فاصله بین بازوهای یک کلاف سیم پیچ آرمیچر بر حسب شیار رتور را «گام رفت» گویند (شکل ۱۹).

$$\varepsilon y_1 = \pm\frac{s}{p}$$

در این رابطه:
S : تعداد شیارهای رتور
P : تعداد قطب‌های رتور
ε : کوچک‌ترین عددی که کسر را گویا می‌کند
y_1گام رفت: در این خصوص اگر :
ε=۰ باشد گام رفت برابر با گام قطبی خواهد شد و سیم پیچی را با «گام کامل» گویند.
$\varepsilon \leq$ ۰ منفی باشد گام رفت کوچک‌تر از گام قطبی می‌شود و سیم پیچی را با «گام کوتاه» گویند.

$\varepsilon \geq 0$ مثبت باشد گام رفت بزرگ‌تر از گام قطبی می‌شود و سیم پیچی را با «گام بلند» گویند.

شکل ۱۹

گام برگشت

فاصله بین بازوی دوم از کلاف تا بازوی اول از کلاف دوم سیم‌پیچی آرمیچر برحسب شیار رتور را گام برگشت می‌گویند وآن را با Y_2 نشان می‌دهند (شکل ۲۰).

شکل ۲۰

گام سیم پیچی

فاصله بین دو بازوی اول کلاف متوالی سیم پیچی آرمیچر بر حسب شیار رتور را گام سیم پیچی گویند و آن را با Yنمایش می‌دهند (شکل۲۱).

گام کموتاتور

فاصله بین سروته یک کلاف روی کموتاتور بر حسب تعداد عایق بین تیغه‌های کموتاتور را گام کموتاتور می‌گویند. و آن را با Y_C نشان می‌دهند (شکل۲۱).

شکل ۲۱

تحقیق کنید

با مراجعه به کتاب‌های مرجع و جست‌وجو در اینترنت، راجع به سیم‌پیچی‌های حلقوی و موجی تحقیق کنید و نتیجه را در کلاس به صورت پرده نگار ارائه نمایید.

روش‌های سیم پیچی آرمیچر

برای اتصال کلاف‌های سیم پیچی آرمیچر به تیغه‌های کموتاتور ماشین‌های جریان مستقیم، روش‌های گوناگونی وجود دارد. اما دو روش آن به نام حلقوی و موجی مشهورتر است. انجام دادن هر یک از این اتصالات در رتور،به ترتیب باعث ایجاد سیم پیچی حلقوی و سیم پیچی موجی می‌شود.

سیم پیچی‌های حلقوی و موجی از نظر شکل سیم پیچی و نحوه اتصال کلاف‌ها به تیغه‌های کموتاتور با یک دیگر متفاوت‌اند. این تفاوت ناشی از تعداد راه‌های جریان و ترتیب اتصال سر وته کلاف‌ها به تیغه‌های کموتاتور است.

سیم پیچی‌های حلقوی و موجی به دو صورت ساده و مرکب اجرا می‌شود.

نکات مهم درباره سیم پیچی حلقوی	
۱	با استفاده ازسیم پیچی حلقوی مرکب، امکان استفاده ازسیم پیچی آرمیچر در جریان های بیشتر فراهم می‌شود.
۲	درجه ترکیب m نشان می‌دهد که سیم پیچی آرمیچر از چند سیم پیچی ساده تشکیل شده است.
۳	گام کموتاتور $y_c = \pm m$ است. (علامت مثبت برای سیم پیچی راست گرد و علامت منفی برای سیم پیچی چپ گرد منظور می‌شود).
۴	تعداد جاروبک ها m برابر تعداد قطب‌هاست.
۵	پهنای هر جاروبک m برابر عرض تیغه کموتاتور است.
۶	تعداد راه‌های جریان m برابر تعداد قطب‌هاست یعنی $a=m/p$
۷	گام سیم پیچی برابر است با $y=y_c$
	رابطه $y = y_1 - y_2$ همواره حاکم است.

نکات مهم درباره سیم پیچی موجی	
۱	با استفاده از سیم پیچی موجی مرکب امکان استفاده از سیم پیچی آزمیچر در جریان‌های بیشتری فراهم می‌شود.
۲	درجه ترکیب m نشان می‌دهد که سیم پیچی آرمیچر از چند سیم‌پیچی ساده تشکیل شده است.
۳	گام کموتاتور $Y_c = {۲(c+m)}/{p}$ است. علامت مثبت برای سیم پیچی راست گرد و علامت منفی برای سیم پیچی چپ گرد منظور می‌شود.
۴	تعداد جاروبک‌ها به تعداد قطب‌ها بستگی دارد و به طور ثابت دو عدد است.
۵	پهنای هر جاروبک m برابر عرض تیغه‌های کموتاتور است.
۶	تعداد راه جریان‌ها $\alpha = ۲m$ است. گام سیم پیچی برابر با y=yc
۷	رابطه y=y1+y2 همواره حاکم است.
۸	جریان هر راه جریان برابر با $I_{A۱} = {I_A}/{a}$

پس به‌طور کلی تعداد مسیرهای جریان را با ۲a نشان می‌دهند که به‌شرح زیر است:

۲a= ۲p حلقوی ساده

۲a= ۲pmحلقوی مرکب

۲a =۲ موجی ساده

۲a= ۲m موجی مرکب

۲p: تعداد قطب‌های آرمیچر

m: درجه مرکب بودن آرمیچر

فرایند عملکرد ماشین‌های جریان مستقیم

مولدهای جریان مستقیم

تحقیق کنید

با مراجعه به کتاب‌های مرجع و جست‌وجو در اینترنت، مدار الکتریکی معادل هریک از مولدها را ترسیم کنید و نتیجه را در کلاس به صورت پرده‌نگار ارائه نمایید.

ماشین‌های دی‌سی (DC) واقعی دارای دو دسته سیم پیچ‌اند:

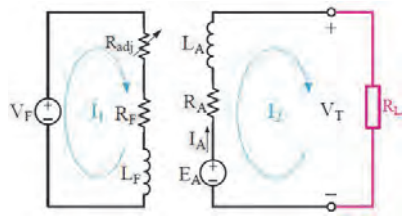
سیم پیچ آرمیچر ۲- سیم پیچ‌های تحریک

مولد های دی‌سی را می‌توان با توجه به نحوه ارتباط الکترونیکی سیم پیچ تحریک و سیم پیچ آرمیچر به چهار دسته تقسیم‌بندی کرد : ۱- مولد تحریک مستقل

۲- مولد شنت یا موازی ۳-مولد سری ۴- مولد سری موازی یا مختلط (کمپوند).
مولدها را از نظر چگونگی تأمین جریان تحریک به دو دسته تقسیم می‌کنند:
۱- مولدهای تحریک مستقل ۲- مولدهای خود تحریک

۱- مولد تحریک مستقل

در این گونه مولدها سیم پیچ تحریک از طریق یک منبع تغذیه جریان «دی‌سی» خارجی به نام اکسایتر تغذیه می‌شود و ارتباطی با سیم پیچ آرمیچر ندارد.
مدار الکتریکی معادل مولد تحریک مستقل همراه با ولتاها و جریان‌های قسمت‌های مختلف آن و روابط بین آنها، در شکل ۲۲ نشان داده شده است.



شکل ۲۲

$$V_T = E_A - R_A . I_A \quad -\varepsilon \;،I_A = I_L \;،I_L = \frac{P_1}{V_T} \;،I_F = \frac{V_F}{R_F}$$

IA=جریان ارمیچر، I_L=جریان بار، I_F =جریان تحریک، R_A= مقاومت اهمی آرمیچر، R_F=مقاومت تحریک، L_F= اندوکتانس مدار تحریک، E_A = نیرو محرکه تولیدی مولد، V_T = ولتاژ خروجی مولد، V_F= ولتاژ تحریک، ε (اپسیلون) = افت ولتاژ ناشی از عکس العمل آرمیچر

کاربرد مولد تحریک مستقل	
۱	تنظیم ولتاژ در حدود وسیع (درصد بالا) در مولدهای ۴ تا ۲۴ ولت یا در مولدهای با ولتاژ بیش از ۶۰۰ ولت؛
۲	تحریک مولدهای بزرگ نیرو گاهی؛
۳	تنظیم دور موتورها.

۲- مولدهای خود تحریک

مولدهای خود تحریک بر حسب اتصال سیم پیچ تحریک با سیم پیچ آرمیچر عبارت‌اند از :

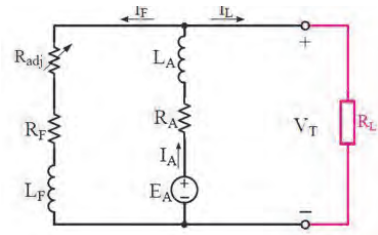
الف) مولد موازی یا شنت

در این مولد سیم پیچ تحریک با سیم پیچ آرمیچر به طور موازی قرار می‌گیرد و از ۲ تا ۳ درصد جریان تولیدی آرمیچر برای تغذیه خود استفاده می‌کند.

نکته

نکته ۱: در این مولد جریان سیم پیچ تحریک کم است برای ایجاد آمپر دور لازم، تعداد دور آن زیاد اما قطر آن کم است بنابراین مقاومت تحریک زیاد است.
نکته ۲ :ولتاژ خروجی مولد توسط یک مقاومت متغیر که با سیم پیچ تحریک سری می‌شود تنظیم می‌گردد.

مدار الکتریکی این مولد، همراه با فرمول‌های مربوط، در شکل ۲۳ آمده است:



شکل ۲۳

$$-I_L + I_F + I_A = 0 \text{ و } I_F = \frac{V_T}{R_F} \text{ و } I_L = \frac{P_2}{V_T} \text{ و } V_T = E_A - R_A I_A - \varepsilon$$

عواملی که مانع از تحریک یا راه اندازی مولد شنت می‌شود:	
۱	پس ماند مغناطیسی، ناچیز یا صفر باشد؛
۲	جهت جریان تحریک طوری باشد که فوران ناشی از آن، فوران پسماند را خنثی کند؛
۳	مقاومت مدار تحریک از حد معینی بیشتر باشد ؛
۴	جهت گردش آرمیچر برعکس باشد (که سبب عکس شدن جهت جریان تحریک می‌شود)؛
۵	دور محور از حد معینی کمتر باشد.

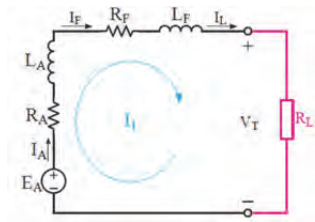
ب) مولد سری

در این مولد سیم پیچ تحریک با سیم پیچ آرمیچر اتصال پیدا می‌کند.

نکته

در این مولد چون تمام جریان آرمیچر؛ که زیاد نیز هست، از سیم پیچ تحریک می‌گذرد، تعداد دور سیم پیچ تحریک را کم اما قطر آن را زیاد انتخاب می‌کنند. بنابراین مقاومت تحریک کم می‌شود.

مدار الکتریکی این مولد همراه با فرمول‌های مربوط در شکل ۲۴ آمده است:



شکل ۲۴

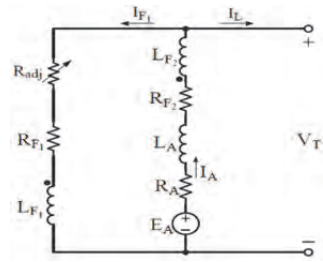
$$I_A = I_S = I_L = \frac{P_2}{V_T} \text{ و } V_T = E_A - I_A(R_A + R_S) - \varepsilon$$

Rs = مقاومت تحریک سری و Ls = اندوکتانس سیم پیچی سری و I_S جریان تحریک سری

پ) مولد مختلط یا کمپوند

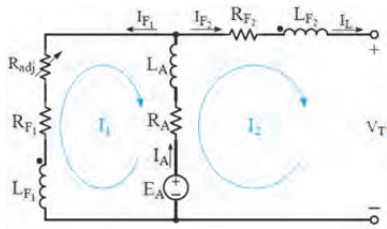
مدار تحریک این مولد از دو سیم پیچ تشکیل شده است، یکی به طور سری و دیگری به طور موازی. این سیم پیچ‌ها به دو صورت تغذیه می‌شوند. شکل مدار الکتریکی هر دو مولد در شکل های ۲۵ و ۲۶ آمده است:

۱- مولد کمپوند با انشعاب بلند (شنت بلند)



شکل ۲۵

۲- مولد کمپوند با انشعاب کوتاه(شنت کوتاه)



شکل ۲۶

به‌دلیل کوچک بودن افت ولتاژ در سیم پیچ سری، اختلاف بین این دونوع اتصال ناچیز است. لذا با تقریب مناسب، روابط مربوطه زیر برای هر دونوع به‌کار می‌رود:

$$V_T = E_A - I_A(R_A + R_S) - \varepsilon \ ، \ I_L = \frac{P_2}{V_T} \ ، \ I_F = \frac{V_T}{R_F} \ ، \ I_L + I_F - I_A = .$$

کاربرد مولد های کمپوند	
۱	مولد کمپوند اضافی در تحریک مولدهای نیروگاهی نقش مؤثری دارد.
۲	از مولدهای کمپوند تخت در جاهایی استفاده می شود که نیاز به ولتاژ ثابت باشد و فاصله بین مولد و مصرف کننده نیز کم باشد.
۳	از مولدهای کمپوند اضافی در حالت فوق کمپوند در مواردی استفاده می‌شود که بار نیاز به ولتاژ ثابت دارد ولی فاصله بین مولد و مصرف کننده زیاد باشد. در این-صورت ولتاژ اضافی تولید صرف جبران افت ولتاژ خط می‌شود.
۴	از مولد کمپوند نقصانی بیشتر در جوشکاری استفاده می‌شود.
۱	مولد کمپوند اضافی در تحریک مولدهای نیروگاهی نقش مؤثری دارد.

مشخصات اصلی مولدهای جریان مستقیم

کیفیت و خواص مولدهای جریان مستقیم را به کمک مشخصات آنها مورد تحلیل و بررسی قرار می‌دهند این مشخصات روابط بین مقادیر اصلی زیر را، که بین کار مولدهاست، نشان می‌دهد. معمولاً مشخصات مولدها را در دور ثابت به‌دست می‌آورند.

$$E_A و V_T و I_A و I_F و W و n$$

مشخصات اصلی مولد های جریان مستقیم		
۱	مشخصه بی باری	این منحنی تغییرات نیروی محرکه مولد را به ازای تغییرات جریان تحریک نشان می‌دهد $E_A = f(I_F)$ و $n = const$ و $I_L = 0$
۲	مشخصه خارجی مولد	این مشخصه ولتاژ خروجی مولد را به ازای تغییرات بازنشان می‌دهد: $V_T - f(I_L)$ و $n - const$ و $R_F - const$
۳	مشخصه تنظیم مولد	این مشخصه تغییرات جریان تحریک را به ازای تغییرات بار نشان می‌دهد: $I_F = f(I_L)$ و $n = const$ و $V_I = const$

درصد تنظیم ولتاژ

نسبت تغییرات ولتاژ خروجی را نسبت به ولتاژ بار «درصد تنظیم ولتاژ» گویند:

$$\%V_R - \frac{B_A - V_T}{V_T} \times ۱۰$$

نکته

در یک مولد هر قدر درصد تنظیم ولتاژ در بار نامی کوچک‌تر باشد. امکان تنظیم ولتاژ خروجی ساده‌تر است.

پرسش کلاسی

جدول زیر را که به انواع مولدهای (DC) اشاره دارد تکمیل کنید.

ردیف	عنوان	شرح	کاربرد
۱	مولد دی‌سی با تحریک مستقل (Separately Excited DC Generator)	سیم پیچ میدان این ژنراتور به وسیله ..... تحریک می‌شود. از این ژنراتور در هنگامی که حوزه وسیعی از تغییرات ولتاژ خروجی مورد نیاز باشد، استفاده می‌شود. ج) یک منبع ولتاژ مستقل	این مولد به دلیل قابلیت تنظیم ولتاژ در محدوده وسیع در تنظیم دور موتورها و تحریک مولدهای بزرگ، در نیروگاه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد.
۲	مولد با تحریک شنت (Shunt Field DC Generator)	سیم‌پیچ میدان با سیم‌پیچ آرمیچر موازی بسته می‌شود و به همین دلیل به آن سیم پیچ شنت یا موازی می‌گویند. تعداد حلقه‌های سیم پیچ شنت ..... است و جریان این سیم پیچ ..... است. ج) بسیار زیاد- کم	از این مولد در شارژ باتری‌ها و تأمین برق روشنایی اضطراری و تغذیه سیم پیچ مولدهای نیروگاهی استفاده می‌شود.
۳	مولد با تحریک سری (Series Field DC Generator)	سیم پیچ میدان (سیم پیچ سری تحریک) با سیم پیچ آرمیچر..... بسته می شود. سیم پیچ سری حلقه‌های کمتری دارد ولی جریان عبوری آن نسبتاً زیاد است (زیرا جریان آن همان جریان اصلی است). ج) سری	به دلیل داشتن گشتاور راه‌اندازی زیاد، از آن در وسایل حمل‌ونقل مانند مترو و جرثقیل‌های برقی استفاده می‌شود.
۴	مولد با تحریک کمپوند (Compounded Field DC Generator)	اگر از هر دو سیم پیچ شنت و سری جهت..... استفاده شود، مولد کمپوند نامیده می‌شود. این مولد دارای دو نوع کمپوند اضافی و نقصانی است. ج) تحریک مولد	از این نوع مولد، با توجه به اینکه ترکیبی از دو مولد سری و شنت است، هم می‌توان در جاهایی استفاده کرد که مصرف کننده در نزدیکی ژنراتور قرار دارد (افت ولتاژ کم است) و هم در جاهایی استفاده کرد که مصرف کننده در فاصله دورتری از ژنراتور قرار دارد (افت ولتاژ زیاد است).

موتورهای جریان مستقیم

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

در حال حاضر موتورهای الکتریکی از قدرت‌های بسیار کوچک برای استفاده در ابزار دقیق و مهندسی پزشکی و از تا قدرت‌های بسیار بالا (صدها کیلو وات) برای استفاده در صنایع سیمان و کارخانجات نورد فولاد و پالایشگاه‌ها ساخته می‌شوند.

دو ویژگی برجسته موتورهای جریان مستقیم، که باعث شده است هنوز از آنها استفاده شود، عبارت‌اند از :

۱- امکان کنترل دور دقیق و وسیع، ۲-گشتاور راه اندازی بسیار خوب

با داشتن چنین مزیتی باید در نظر داشت که موتور دی‌سی (DC) نسبت به مشابه AC، به مراتب گران‌تر و هزینه بهره برداری و تعمیرات آن نیز غالباً بیشتر است. مضافاً بر این که شبکه های صنعتی معمولاً از نوع آسی(AC)، است. بنابراین در صورت استفاده از موتورهای جریان مستقیم باید یک منبع تغذیه اختصاصی نیز برای موتور تدارک ببینیم که این خود بر گرانی هزینه‌ها می‌افزاید.

کمیت‌های اصلی در موتور مستقیم

همانند مولدها عبارت اند از :

جریان آرمیچر(I_A)، جریان تحریک (I_F)، سرعت با دور (n)، نیروی محرکه القایی (E_A) و ولتاژ ترمینال ها(V_T)

- در مولدها فرض بر این بود که دور ثابت است و تغییرات چهار کمیت دیگر مورد مطالعه قرار می رفت اما در موتورها V_T را ثابت می‌گیرند.
- در موتورها کمیت‌های مکانیکی خصوصاً دور و گشتاور بیشتر مورد توجه قرار می‌گیرد، اما در مولدها بحث اصلی به کمیت‌های الکتریکی خصوصاً ولتاژ و جریان مربوط می‌شود.

گشتاور در سیستم های دوار

حاصل ضرب داخلی بردارهای نیرو و فاصله به عنوان گشتاور تعریف می‌شود.

$$T= F \times r$$

$|T|=|F|.|r|.sin\alpha$ $(N.m)$ بردار گشتاور بر حسب نیوتن متر=T

F = بردار بر حسب نیوتن (N)، r = بردار فاصله بر حسب متر، α = زاویه بین بردار نیرو و فاصله است.

_ اگر امتداد نیرو و فاصله بر هم عمود باشند رابطه بالا مهار می‌شود و به صورت $T = F.r$ درمی‌آید.

ـ در سیستم‌های دوار، رابطه بین گشتاور با توان و سرعت زاویه ای به صورت زیر تعریف می‌شود.

$$T=\frac{P}{W}\quad ،\quad W=\frac{2\pi n}{60}\quad ،\quad T=\frac{60P}{2\pi n}$$

P = قدرت مکانیکی محور دوار بر حسب وات، W= سرعت زاویه ای بر حسب رادیان بر ثانیه
T= گشتاور محور بر حسب نیوتن

انواع گشتاور در موتورهای «دی‌سی»		
۱	گشتاور الکترومغناطیسی	نسبت قدرت تبدیل یافته (قدرت الکترو مغناطیس) به سرعت زاویه ای محور را گشتاور الکترومغناطیسی می‌نامند و آن را با T_e نماش می‌دهند: $T_e=\frac{P_2}{w}=\frac{60P_e}{2\pi n}$
۲	گشتاور مفید	نسبت قدرت خروجی (قدرت مفید) به سرعت زاویه ای محور گشتاور مفید نامیده می‌شود و آن را با T_2 یا T_U نمایش می‌دهند: $T_U=\frac{P_2}{W}=\frac{60P_2}{2\pi n}$.

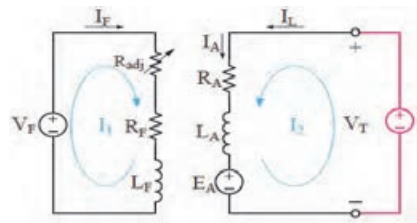
تحقیق کنید

با مراجعه به کتاب‌های مرجع و جست‌وجو در اینترنت، مدار الکتریکی معادل هریک از موتورها را ترسیم کنید و نتیجه را در کلاس به صورت پرده‌نگار ارائه نمایید.

انواع تحریک موتورهای جریان مستقیم

۱- موتور تحریک مستقل

مدار الکتریکی و روابط موتور تحریک مستقل رادر شکل ۲۷ مشاهده می‌کنید.

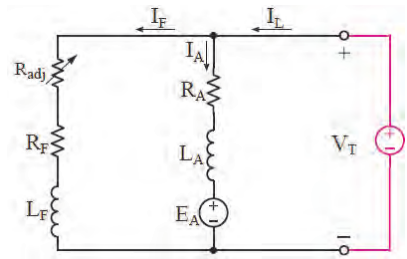


شکل ۲۷

$$V_T = E_A + R_A . I_A \quad ،I_A = I_L \quad ،I_L = \frac{P_1}{V_T} \quad ،I_F = \frac{V_F}{R_F}$$

۲- موتور شنت

مدار الکتریکی وروابط موتور شنت را در شکل ۲۸ مشاهده می‌کنید.



شکل ۲۸

$$.V_T = E_A + R_A . I_A \quad ،I_A = I_L - I_F \quad ،I_L = \frac{P_1}{V_T} \quad ،I_F = \frac{V_F}{R_F}$$

نکته۱_در هنگام افزایش بار مکانیکی، محور موتور به دلیل افزایش گشتاور مقاوم باید مطابق رابطه T= K. $\varphi . I_A$ یکی از کمیت‌های جریان آرمیچر (I_A)یا جریان تحریک (I_F) یا هر دو به گونه ای افزایش یابند که گشتاور محرک موتور برابر گشتاور مقاوم بار گردد.

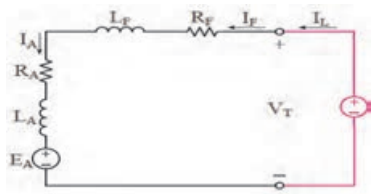
I_F را می‌توان با تغییر در رئوستای تحریک کنترل کرد اما I_A با کاهش دور موتور و بدون نیاز به اعمال کنترل از بیرون موتور، کنترل می‌شود (خاصیت خود تنظیمی موتور شنت).

نکته۲_ در مدار شنت و تحریک مستقل اگر تغییرات جریان تحریک موتور نداشته باشیم، می‌توان در بارهای مختلف مقدار فوران Φ را ثابت فرض نمود و از رابطه زیر نسبت ولتاژالقایی آرمیچر و سرعت را به‌طور کلی به‌دست آورد.

$$\frac{EA_1}{EA_2} = \frac{W_1}{W_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

۳- موتور سری

مدار الکتریکی وروابط موتور سری را در شکل ۲۹ مشاهده می‌کنید.



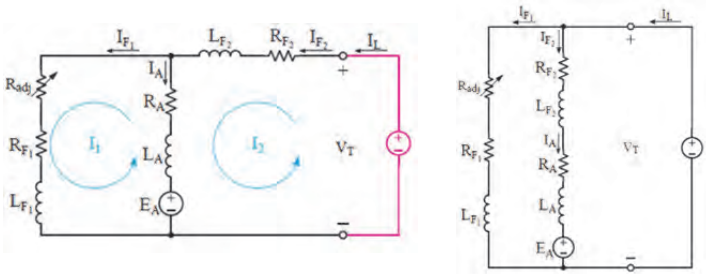
شکل ۲۹

$$I_A = I_S = I_L = \frac{P_1}{V_T} \text{ و } V_T = E_A + I_A(R_A + R_S)$$

موتور سری برای بارهای با گشتاور راه اندازی زیاد (مانند وسایل حمل و نقل و جرثقیل‌های برقی) بسیار مناسب است. اما به هیچ وجه نباید بی بار شود، چرا که در این‌صورت دور آن بسیار زیاد می‌شود و قسمت‌های گرداننده ماشین آسیب خواهند دید.

۴- موتور مختلط (کمپوند)

مدار الکتریکی و روابط موتور کمپوند را در شکل ۳۰ مشاهده می‌کنید.



شکل ۳۰

روابط ولتاژ و جریان برای هر دو شکل به صورت زیر است:

$$I_L = \frac{P1}{VT} \cdot I_A = I_L - I_F \text{ و } V_T = E_A + I_A(R_A + R_S) \text{ ،} I_F = \frac{VF}{RF}$$

موتور سری، نسبت به موتور شنت مشابه خود، دارای گشتاور راه اندازی بزرگ-تری است اما در مقابل موتور شنت تحمل بی باری دارد و تغییرات دور آن محدودتر است. بنابر این موتور کمپوند ویژگی‌های بین موتور سری و شنت را دارد. یعنی گشتاور راه اندازی موتور کمپوند بیشتر از موتور شنت و کمتر از موتور سری است و تغییرات دور آن نیز در زیر بار حد وسطی بین موتور شنت و موتور سری است.

در موتور کمپوند در بی باری و بارهای کم، که اثر سیم پیچی تحریک سری در میدان مغناطیسی ماشین کم است و ایجاد میدان مغناطیسی عمدتاً توسط سیم پیچ تحریک شنت انجام می‌پذیرد، رفتار آن شبیه موتور شنت است، اما با افزایش بار که جریان سیم پیچ تحریک سری زیاد می‌شود، موتور کمپوند رفتاری شبیه موتور سری پیدا می‌کند.

بنابراین از موتور کمپوند در جاهایی استفاده می‌شود که نیاز به گشتاور راه اندازی زیاد و در عین حال با تغییرات گسترده بار از حوالی بی باری تا بار کامل مورد نظر باشد.

مشخصه‌های موتورهای جریان مستقیم

مشخصه اصلی موتورهای جریان مستقیم		
۱	مشخصه الکترومغناطیسی : $T=f(I_A)$	از این مشخصه می‌توان نتیجه گرفت که برای تأمین گشتاورهای مختلف به وسیله الکترو موتور چه مقدار جریان توسط آرمیچر آن از شبکه دریافت می‌شود.
۲	مشخصه الکترومکانیکی : $n=f(I_A)$	از این مشخصه می‌توان فهمید، راه‌های مختلف دور موتور چگونه تغییر خواهد کرد.
۳	مشخصه گشتاور دور: $W = f(T)$ یا $n = f(T)$	مهم‌ترین مشخصه الکترو موتور است و بیان کننده تغییرات دور در گشتاورهای مختلف.

درصد تنظیم سرعت در موتورهای «دی‌سی»

تغییرات سرعت از بی باری تا بار کامل را نسبت به سرعت در بار کامل، «درصد تنظیم سرعت» گویند:

$$\%S_R = \frac{W_0 - W}{W} \times 100 \quad ، \quad \%S_R = \frac{n_0 - n}{n} \times 100$$

$\%S_R$= درصد تنظیم سرعت، n_0 = سرعت در بی باری، n = سرعت در بار کامل

هر قدر درصد تنظیم سرعت کوچک‌تر باشد امکان تنظیم دور در موتور بیشتر است.

پرسش کلاسی

جدول زیر را که به انواع موتورهای دی‌سی (DC) اشاره دارد تکمیل کنید.

ردیف	عنوان	شرح	کاربرد
۱	موتور «دی‌سی» با آهن ربای دائم (PMDC Permanent Magnet Motor)DC	در این نوع موتور به جای سیم پیچی تحریک، از ..... استفاده می‌شود و نیاز نداشتن به تحریک خارجی برای تولید..... و نبودن تلفات تحریک نیز از مزایای آنها به شمار می‌آید. ج) آهن ربای دائم – میدان مغناطیسی	این موتورها با حجم کوچک و توان کم دارای گشتاور مناسبی هستند و در اسباب بازی‌ها و در خودروها به‌صورت موتور برف پاک کن، پمپ شیشه‌شوی و پایین و بالابر شیشه و هم چنین در مسواک‌ها به‌کار می‌روند.
۲	موتور دی‌سی با تحریک مستقل Separately Excited) (DC Motor	در این نوع موتور، ارتباط الکتریکی بین مدار آرمیچر و مدار تحریک وجود ندارد. سیم پیچی تحریک با تعداد دور..... برای جریان کم به دور قطب‌ها پیچیده می‌شود. برای تغییر و تنظیم جریان تحریک از مقاومت متغیر..... با سیم پیچی تحریک استفاده می‌شود. ج) زیاد – سری	این نوع موتورها دارای سرعت تقریباً ثابت از بی باری تا بار کامل‌اند و گشتاور آنها کم است. همچنین دارای بازه وسیع کنترل سرعت از صفر تا سرعت نامی هستند. بنابراین موتورهای تحریک مستقل در جاهایی به‌کار می‌رود که نیاز به سرعت ثابت و کنترل سرعت در بازه وسیعی باشد.
۳	موتور دی‌سی با تحریک شنت (Shunt Field DC Motor)	در این نوع موتور، مدار تحریک با مدار آرمیچر به صورت..... ارتباط پیدا می‌کند. سیم پیچی تحریک با تعداد دور ..... برای جریان کم به دور قطب‌ها پیچیده م شود. برای تغییر و تنظیم جریان تحریک، از مقاومت متغیر موازی با سیم پیچی تحریک استفاده می‌شود.	با توجه به اینکه منحنی مشخصه‌های موتور شنت مشابه موتورهای تحریک مستقل است، لذا کاربردهایی که برای موتور تحریک مستقل ارائه شد برای موتور شنت نیز صدق می‌کند.

ردیف	عنوان	شرح	کاربرد
		ج) موازی - زیاد	
۴	موتور دی‌سی با تحریک سری (Series Field DC Motor)	در این نوع موتور، مدار تحریک با مدار آرمیچر به صورت..... ارتباط پیدا می‌کند. سیم پیچی تحریک با تعداد دورکم برای جریان..... به دور قطب‌ها پیچیده می‌شود. ج) سری – زیاد	این نوع موتورها دارای تغییرات سرعت زیاد، از بی باری تا بار کامل، هستند و گشتاور راه-اندازی آنها بسیار زیاد است. بنابراین موتورهای سری در جاهایی به‌کار گرفته می-شوند که نیاز به گشتاور راه‌اندازی زیاد باشد و تغییرات سرعت مهم نباشد. یک نمونه کاربرد موتور سری، راه‌انداز موتور خودروهای سواری است.
۵	موتور دی‌سی با تحریک کمپوند (Compounded Field DC Motor)	در این نوع موتور، فوران قطب‌ها، ترکیبی از فوران دو سیم پیچی تحریک..... است که دارای دو نوع کمپوند اضافی و نقصانی است. در موتورهای کمپوند، اگر سیم پیچی‌های تحریک موازی یا سری به گونه ای با سیم پیچی آرمیچر ارتباط داده شوند تا فوران‌های آنها هم جهت شوند، موتور «کمپوند اضافی» نامیده می‌شود و در صورتی که فوران سیم پیچی تحریک سری و موازی هم جهت نباشد، «کمپوند نقصانی» نامیده می‌شود. ج) سری و موازی	موتورهای کمپوند اضافی دارای تغییرات سرعتی کمتر از موتور سری و بیشتر از موتور شنت، از بی‌باری تا بار کامل، است. گشتاور موتور کمپوند اضافی از موتور سری کمتر و از موتور شنت بیشتر است. موتورهای کمپوند در جایی به‌کار گرفته می‌شوند که به گشتاور راه‌اندازی زیاد و سرعت تقریباً ثابت نیاز داشته باشند. موتورهای کمپوند نقصانی موارد استفاده چندانی ندارند. از موتور کمپوند نقصانی در ماشین برش کارخانجات لوله سازی استفاده می‌شود.

روش‌های راه اندازی موتورهای جریان مستقیم

چون در موتورهای صنعتی جریان راه‌اندازی تا حوالی ده برابر جریان نامی (و حتی بیشتر) خواهد شد، مشکلاتی به شرح زیر در بر خواهد داشت:

۱. نیاز به کلیدها و اتصالات با جریان خیلی بالاتر از جریان نامی
۲. آسیب دیدن سیم پیچ آرمیچر و زغال‌ها
۳. آسیب دیدن قسمت‌های مکانیکی رتور به دلیل بزرگی بیش از حد گشتاور راه اندازی
۴. افت ولتاژ زیاد در منبع تغذیه

برای حل مشکلات راه اندازی در موتورهای صنعتی معمولاً از مقاومت‌های پر قدرت به عنوان «راه انداز» استفاده می‌شود. این مقاومت‌ها عملاً طوری انتخاب می‌شوند که جریان راه اندازی از حدود دو برابر جریان نامی بیشتر نشود.

موتورهای الکتریکی کم قدرت زیر یک کیلو وات، که جریان راه اندازی آنها به دلیل بزرگ بودن مقاومت آمیچر دو تا سه برابر جریان نامی هستند می‌توانند مستقیماً بدون مقاومت راه انداز به شبکه متصل شوند.

راه اندازی دستی موتورهای جریان مستقیم

الف) راه اندازی سه نقطه‌ای

این نوع راه اندازی دارای سه ترمینال «L ،A ،F» است و به همین دلیل سه نقطه نامیده می‌شود.

عملکرد آن به این صورت است که دسته راه انداز را، در ابتدای راه اندازی به ترتیب شماره ۱تا ۵، متناسب با افزایش دور موتور، تغییر می‌دهیم.

در مرحله اول تمام مقاومت‌ها برسر راه آرمیچر قرار می‌گیرند وجریان راه‌اندازی کم است. در مرحله پنجم که سرعت موتور به حد نامی خود می‌رسد، تمام مقاومت‌های راه‌انداز ازسرراه آرمیچر برداشته شده اند و دسته راه‌انداز توسط بوبین مغناطیسی جذب و نگه داشته می‌شود.

عواملی که سبب قطع دسته راه انداز و خاموش شدن موتور می‌شوند:

۱- قطع برق اصلی: که موجب از بین رفتن خاصیت مغناطیسی هسته U شکل می‌شود و دسته راه‌انداز به‌وسیله فنر به وضعیت اول خود بر می‌گردد.

۲- قطع جریان تحریک: این خاصیت در واقع حفاظت موتور در برابر قطع تحریک است (افزایش شدید دور).

عیب راه انداز سه نقطه‌ای

راه انداز سه نقطه ای برای موتورهای با تنظیم دور وسیع و نیازمند به دورهای زیاد، مناسب نیست زیرا برای افزایش دور باید جریان تحریک را کم کنیم. در این صورت ممکن است باعث جدا شدن دسته راه انداز ازهسته U شکل شود.

نکته: از راه انداز سه نقطه ای برای موتور سری استفاده نمی‌شود.

ب) راه اندازی چهار نقطه ای

در این نوع راه اندازی امکان افزایش دور در محدوده وسیع‌تری وجود دارد. اما قطع مدار تحریک موجب قطع راه انداز نخواهد شدو برای حفاظت موتور در برابر قطع تحریک و افزایش دور باید از کلیدهای تابع دور استفاده نمود.

راه اندازی اتوماتیک

در این نوع راه اندازی با استفاده از چند کنتاکتور و تایمر می‌توان مداری طراحی کرد که یکی پس از دیگری مقاومت‌های راه انداز را از مدار خارج کنند، مانند شکل زیر:

تنظیم جریان تحریک در زمان راه اندازی

به علت محددویت جریان راه‌اندازی برای بهبود گشتاور و راه اندازی موتورهای جریان مستقیم، آنها را با حداکثر جریان تحریک مجاز راه می‌اندازند. زیرا طبق رابطه گشتاور تولیدی این راه‌اندازی علاوه بر جریان آرمیچر، با تحریک نیز متناسب است.

بنابراین در موتور های تحریک مستقل، شنت و کمپوند مقاومت متغیر، مدار تحریک در حداقل مجاز خود قرار می‌گیرد، در حالتی که رئوستای راه انداز مدار آرمیچر حداکثر است.

روش‌های کنترل دور موتورهای جریان مستقیم

۱- از طریق کنترل فوران
۲- از طریق کنترل ولتاژ آرمیچر
۳- از طریق کنترل مقاومت مدار آرمیچر
۴- از روش سوم، به دلیل زیاد بودن تلفات، استفاده نمی‌شود.

کنترل سرعت از طریق تغییر فوران

مقدار فوران با دور رابطه عکس دارد، یعنی با افزایش فوران، سرعت کاهش و با کاهش فوران، سرعت افزایش می‌یابد.

در موتورهای تحریک مستقل شنت و کمپوند، تغییر فوران توسط مقاومت متغیر مدار تحریک به سادگی امکان پذیر است.

در موتور سری، که مدار مستقلی برای سیم پیچی تحریک وجود ندارد، برای تغییر فوران عملاً به یک مقاومت متغیر پرقدرت با سیم پیچی تحریک موازی نیاز است که به آن (Diverter) می‌گویند.

با به کارگیری روش کنترل دور از طریق تغییر فوران در موتورهای تحریک مستقل، شنت و کمپوند فقط می‌توان به دورهای بالاتر از حالتی که رئوستار در مدار تحریک قرار ندارد دست یافت و نمی‌توان دور موتور را بین حد کمتر را از بین حد کمتر نمود.

کنترل سرعت موتور از طریق کنترل ولتاژ آرمیچر

سرعت موتورهای دی‌سی با ولتاژ دو سر آرمیچر آنها تناسب مستقیم دارد. در این روش برای همه انواع موتورها دور موتورها به راحتی و با دقت زیاد (در هر دو

کاهش یا افزایش) قابل تنظیم است. البته باید توجه نمود که ولتاژ از حد مجاز ماشین فراتر نرود.

کنترل دور به روش سیستم وارد-لئونارد

در این سیستم، که به شکل زیراست، که برای چرخاندن مولد از جریان مستقیم استفاده شده است. از ولتاژ تولید مولد جریان مستقیم موتور، جریان مستقیم به حرکت در می‌آید و موتور جریان مستقیم بار مورد نظر را به حرکت در می‌آورد. در این روش سرعت موتور دی‌سی به دو صورت تغییر داده می‌شود: ۱- جریان تحریک خود موتور جریان مستقیم، ۲- جریان تحریک مولد که منجر به تغییر ولتاژ موتور می‌گردد. یعنی همزمان هم از طریق کنترل فوران و هم تغییر کنترل ولتاژ، سرعت موتور کنترل می‌شود.

۱- این مجموعه، مپودمان و گران قیمت خواهد بود. اما به دلیل امکان کنترل دور ساده موتور در یک محدوده وسیع (از یک حداقل دور تا بیش از ده برابر آن کاربردهای متعددی در موتورهای پرقدرت دارد.

۲- در این روش کنترل دور، به دلیل امکان تنظیم ولتاژ ورودی موتور، نیازی به مقاومت راه انداز در مدار آرمیچر موتور نیز نخواهد بود.

تغییرجهت گردش موتورجریان مستقیم

برای تغییرجهت گردش موتورهای جریان مستقیم باید یکی از دو کمیت جریان آرمیچر وجریان تحریک تغییرجهت بدهند. یعنی دریکی از دوسیم پیچی آرمیچر یا تحریک پلاریته و سیم پیچی عوض شود یابه اصطلاح دو سرسیم پیچی جابه-جا گردد.

معمولاً برای تغییرجهت گردش موتورهای جریان مستقیم دو سرمدار آرمیچر را جابه‌جا می‌کنند. زیرا اگر بخواهیم جهت جریان تحریک راعوض کنیم، مشکلاتی درمدارآرمیچر همچون قطع مدار تحریک در لحظه تغییر، جهت القای ولتاژهای ناخواسته پیش خواهدآمد.

اگر آرمیچر دارای قطب کمکی یا سیم پیچی جبرانگر هم باشد، در هنگام تغییر پلاریته آرمیچرباید ورودی وخروجی مدار آرمیچرطوری جابه‌جا شود که جهت جریان درقطب‌های کمکی وسیم پیچی‌های جبرانگر نیز تغییرکند.

سیم پیچی تحریک موازی موتورهای تحریک مستقل، شنت و کمپوند به شبکه قبلی خود متصل باقی می‌ماند تا میدان مغناطیسی لازم را برای رفتار مولدی آرمیچر تأمین نماید و پس از توقف کامل محور، مدار تحریک نیز از شبکه جدا می‌گردد.

اما در موتور سری و کمپوند سیم پیچ تحریک سری در حالت ترمز همچنان با آرمیچر سری باقی می‌ماند، با این تفاوت که دو سرپیچی سری در حالت ترمزی جابه‌جا می‌شود تا جهت آن مانند حالت موتوری باقی بماند و پسماند هسته از بین نرود.

روش‌های ترمزموتورهای جریان مستقیم

اساس کارترمز موتورهای الکتریکی براین مبنا استوار است که انرژی جنبشی قسمت درحال شرکت یا به شبکه برگشت داده شود یا سریعاً مستهلک شود، تا محورموتور بایستد.این ترمزها عبارت‌اند از:

۱. ترمز دینامیکی
۲. ترمزباجریان مخالف
۳. ترمزمولدی.

ترمز دینامیکی

دراین روش مدار آرمیچر ازشبکه جدامی‌شود و دو سر آن به یک مقاومت متغیر وصل می‌گردد تا انرژی جنبشی محور به‌وسیله آرمیچر، ابتداتبدیل به انرژی الکتریکی گردد، سپس در داخل مقاومت متغیرتبدیل به گرما شود. یعنی عملاً آرمیچر رفتار یک مولد را از خود بروز می‌دهد.

ترمز با جریان مخالف

در این روش برای ایجاد گشتاور ترمزی در یک لحظه جای دو سرآرمیچر را عوض می‌کنند. با این کار جهت گشتاور تولیدی برعکس می‌شود. موتور سریعاً رو به توقف می‌رود و نیروی ترمز کننده ای به مراتب بیش از حالت دینامیکی به‌وجود می‌آید. البته در این روش موتور پس از ایست کامل باید سریعاً از شبکه جدا شود تا مجدداً در جهت معکوس راه اندازی نشود.

ترمز مولدی

در مواردی‌که بار موتور تحت تأثیر شتاب حاصل از نیروی وزن خود (مانند وسایل نقلیه در سرپائینی یا حرکت رو به پایین جراثقال‌ها و آسانسورها) بتواند به بیش از سرعت بی باری خود برسد، می‌توان از روش ترمز مولدی استفاده نمود.

در این حالت انرژی جنبشی محور به انرژی الکتریکی تبدیل می‌گردد و به شبکه جریان مستقیم برگردانده می‌شود یا صرف شارژ باتری‌ها یا روشنایی سیستم می‌گردد.

نکته

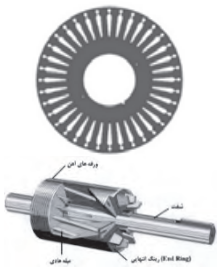
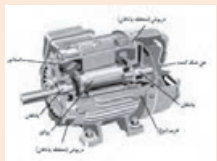
در موتور سری روشن ترمز به‌کار نمی‌رود، زیرا ولتاژ در آرمیچر آن نمی‌تواند از ولتاژ شبکه بیشتر شود.

ارزشیابی

ردیف	مراحل کاری	شرایط کار(ابزار، مواد، تجهیزات، مکان)	نتایج ممکن	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره دهی)	نمره
۲	ماشین‌های جریان مستقیم (DC)	تجهیزات: ابزار و تجهیزات مکان: کلاس و کارگاه	بالاتر از حد انتظار	۱- ساختمان ماشین‌های جریان مستقیم را بشناسد. ۲- انواع ماشین‌های جریان مستقیم را بررسی کند. ۳- طرز کار مولدهای جریان مستقیم را بیان کند. ۴- چگونگی ایجاد نیرو و گشتاور در یک موتور ساده را بررسی کند. ۵- سیم‌پیچی آرمیچر ماشین‌های جریان مستقیم را بررسی کند. ۶- طرز کار موتورهای جریان مستقیم را بیان کند. ۷- توان و راندمان در ماشین‌های جریان مستقیم را بررسی کند.	۳
			در حد انتظار	۱- ساختمان ماشین‌های جریان مستقیم را بشناسد. ۲- طرز کار مولدهای جریان مستقیم را بیان کند. ۳- طرز کار موتورهای جریان مستقیم را بیان کند. ۴- توان و راندمان در ماشین‌های جریان مستقیم را بررسی کند. ۵- سیم‌پیچی آرمیچر ماشین‌های جریان مستقیم را بررسی کند.	۲
			پایین تر از حد انتظار	۱- ساختمان ماشین‌های جریان مستقیم را بشناسد. ۲- توان و راندمان در ماشین‌های جریان مستقیم را بررسی کند.	۱

جدول زیر را با توجه به اجزای ساختمان موتور القایی سه فاز، تکمیل کنید.

پرسش کلاسی

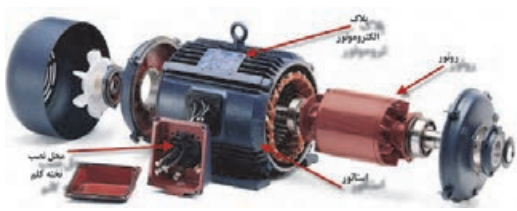
ردیف	نوع جزء	شرح و کاربرد	تصویر
۱	استاتور	استاتور قسمت ساکن مدار الکترومغناطیسی موتورهاست. هسته استاتور از تعداد زیادی ورقه نازک فلزی که بر روی هم پرچ شده اند تشکیل شده است که «لمینیشن» نامیده می‌شود. این ورقه ورقه ساختن هسته کمک می کند که..... در مقایسه با حالتی که از یک هسته یکپارچه استفاده شود، کاهش یابد. ورقه‌های استاتور، پس از جمع شدن روی یکدیگر، پرچ می‌شوند، که حاصل آن یک سیلندر توخالی را می‌سازد. بوبین سیم پیچ‌های عایق شده در شیارهای استاتور قرار می-گیرند و سیم پیچی استاتور را تشکیل می‌دهند. هنگامی که موتور مونتاژ شده در حال کارکرد است، سیم پیچ‌های استاتور به‌طور مستقیم به..... متصل می‌گردند. هر گروه از کلاف‌ها، همراه با هسته آهنی که در مجاور آن قرار دارد، در هنگامی که جریان برقرار می‌شود یک میدان الکترومغناطیسی ایجاد می‌کند. ج) تلفات هسته - منبع توان	
۲	رتور	رتور جزء گردان مدار الکترومغناطیسی موتورهای القایی است. رایج ترین نوع رتور مورد استفاده در موتورهای القایی سه فاز، رتورهای قفس سنجابی است. هسته رتور قفس سنجابی به‌وسیله تجمیع کردن ورقه های نازک آهن ایجاد می‌شود و یک سیلندر فلزی را تشکیل می‌دهد. در رتور موتور القایی قفس سنجابی سیم پیچی وجود ندارد و در عوض..... در شیارهای رتور که به صورت یکنواخت در محیط آن قرار گرفته ، تزریق شده است. میله‌های هادی رتور از نظر الکتریکی و مکانیکی به حلقه‌های..... متصل می‌شوند. آن‌گاه رتور درون یک شفت استیل پرس می‌شود تا رتور مونتاژ شده را تشکیل دهد. ج) میله‌های هادی - رینگ انتهایی	
۳	محفظه موتور	محفظه از یک بدنه (یا یوغ) و دو عدد درپوش (محفظه یاتاقان‌ها) تشکیل شده است. استاتور درون بدنه نصب شده است. رتور درون استاتور قرار گرفته و با یک..... خیلی کوچک از استاتور جدا شده است. هیچ تماس و اتصال فیزیکی مستقیمی بین استاتور و رتور وجود ندارد. محفظه، اجزای داخلی موتور را از آب و از بقیه عوامل محیطی محافظت می‌کند. درجه حفاظت موتور بستگی به نوع محفظه و آب بندی آن دارد. یاتاقان ها بر روی شفت نصب می‌شوند و به عنوان..... رتور عمل می‌کنند و به رتور اجازه می-دهند که بچرخد. در برخی از موتورها از یک فن استفاده کرده اند که بر روی شفت نصب شده است. با چرخش رتور، پره فن نیز می‌چرخد و باعث خنک شدن الکتروموتور می‌شود. ج) فاصله هوایی - تکیه گاه	

ارزشیابی

ردیف	مراحل کاری	شرایط کار(ابزار، مواد، تجهیزات، مکان)	نتایج ممکن	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره دهی)		نمره
۳	ماشین‌های الکتریکی جریان متناوب	تجهیزات: ابزار و تجهیزات مکان: کلاس و کارگاه	بالاتر از حد انتظار	۱- تقسیم‌بندی ماشین‌های الکتریکی سه‌فاز را انجام دهد. ۲- اساس کار موتور القایی سه‌فاز را بررسی کند. ۳- انواع موتورهای القایی سه فاز را شناسایی کند. ۴- ساختمان موتورهای القایی سه‌فاز را بررسی کند. ۵- طرز کار موتورهای سنکرون را بداند. ۶- انواع گاورنرها را شناسایی کند.	۳	
			در حد انتظار	۱- تقسیم‌بندی ماشین‌های الکتریکی سه‌فاز را انجام دهد. ۲- انواع موتورهای القایی سه‌فاز را شناسایی کند. ۳- طرز کار موتورهای سنکرون را بداند. ۴- انواع گاورنرها را شناسایی کند.	۲	
			پایین تر از حد انتظار	۱- تقسیم‌بندی ماشین‌های الکتریکی سه‌فاز را انجام دهد. ۲- ساختمان موتورهای القایی سه‌فاز را بررسی کند.	۱	

پلاک خوانی

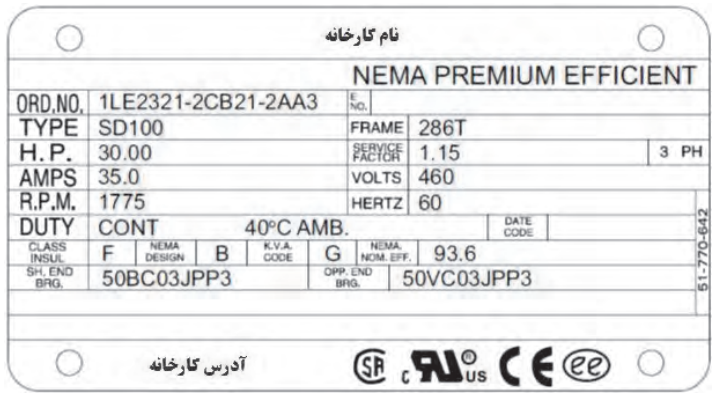
مشخصاتی که روی پلاک الکتروموتور می‌نویسند برای استفاده بهینه درهنگام طراحی و راه اندازی صحیح است و شامل نکاتی می شود که گاهی بی توجهی به آنها باعث بهره وری کمتر و خسارت به تجهیزات الکتریکی می‌گردد (شکل ۳۱).



شکل ۳۱_ اجزاء الکتروموتور

پلاک مشخصات

پلاک خوانی الکترو موتورها به طراح و راه انداز، برای طراحی مدار مربوطه و انتخاب صحیح قطعات کنترل و راه اندازی، بسیار کمک می‌کند.
در اکثر الکتروموتورها مهم‌ترین مشخصاتی که روی پلاک‌ها نوشته می‌شود، معمولاً موارد زیر است:
«No »شماره ساخته شده توسط کارخانه؛
«Type»شامل کلیه مشخصات فنی الکترو موتور که در کاتالوگ کارخانه موجود است و یا در مکاتبه با کارخانه باید به آن اشاره شود.
«A» حداکثر جریان مجاز الکترو موتور را نشان می‌دهد. میزان جریان نباید بیشتر از این مقدار باشد الکترو موتور همیشه باید طوری انتخاب شود که زیر مقدار فوق کار کند.
«V» ولتاژ کاری الکترو موتور است. نباید ولتاژ بیشتر یا کمتر به سیم پیچ‌های الکترو موتور اعمال گردد.
«50HZ» الکترو موتور باید در فرکانس ۵۰ هرتز کار کند (برق ایران).
«60HZ» الکترو موتور باید در فرکانس ۶۰ هرتز کار کند (فرکانس برق شناورها).
نکته: دور الکترو موتورها با فرکانس ارتباط دارد. لذا الکتروموتوری که در فرکانس ۵۰ هرتز مثلاً ۱۵۰۰ دور است، همین الکترو موتور در فرکانس ۶۰، دورش دیگر ۱۵۰۰ نیست.
«R. P. M» نشان دهنده دور الکترو موتور در یک دقیقه در روی شفت خروجی است.
«H. P» مقدار توان خروجی الکترو موتور را (برحسب اسب بخار) نشان می‌دهد.



شکل ۳۲_ پلاک مشخصات الکتروموتور

شرح تکمیلی برخی از علائم روی پلاک

در ردیف یازدهم جدول زیر، نوع کار و مدت زمان روشن بودن ماشین به طور نسبی بیان می‌شود. هشت حالت کاری، طبق استاندارد، تعریف شده است که با حروف S_0 تا S_5 نشان داده می‌شوند،

جدول انواع کار ماشین‌ها

کار پیوسته S1	ماشین تحت بار نامی به درجه حرارت پایدار و ثابت می رسد. کار ماشین می تواند بدون وقفه اجرا شود، بدون این که از دمای مجاز تجاوز کند. مثال: پمپ فاضلاب
کار کوتاه مدت S2	زمان کار در مقایسه با وقفه بعداز آن، کوتاه است. کار با بار نامی فقط در زمان داده شده مجاز به اجراست. زمان‌های بارگذاری استاندارد؛ ۱۰ ، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ دقیقه. مثال: موتور محرکه سیرن (آویر)
کار موقت S3	زمان روشن بودن ED فقط بخشی از مدت زمان سیکل است. ED های استاندارد: ۱۵، ۲۵، ۴۰ و ۶۰٪ است. اگر مدت زمان سیکل معلوم نباشد، آن را ۱۰ دقیقه در نظر می‌گیرند. در نوع کار S3 مرحله راه اندازی هیچ اثری بر روی دمای ماشین نمی‌گذارد. مثال برای S3: موتور بالابر (روتور با حلقه لغزان)
S4	در S4 کار شبیه S3 است، با این توضیح که جریان راه اندازی، ماشین را بیشتر گرم می‌کند. اطلاعات مثلاً: h راه اندازی ۵۰۰، S4 ED 25%. مثال برای S4: موتور محرک برای بالابر کوچک (روتور قفسه ای)
S5	در S5 کار شبیه S4 است، با این در این جا یک ترمز الکتریکی (ترمز جریان مستقیم، ترمز جریان معکوس) در نظر گرفته شده که در گرم شدن نیز سهیم است. اطلاعات مثلاً: h راه اندازی ۵۰۰، جریان معکوس S4 ED 25%. مثال برای S5: موتور محرک برای تفاله ها.
کار پیوسته با بار موقت S6	این نوع کار شبیه نوع کار S3 است. با این این ماشین به هنگام وقفه در حالت بی باری می ماند و خاموش نمی‌شود. اطلاعات مثلاً: S6 10mn/60min یا بهتر S6 ED 25% 40min
کار بدون وقفه S7	این ماشین در کار بدون وقفه است و به این جهت از طریق راه اندازی مداوم و ترمز الکتریکی بیش از حد معمول گرم می‌شود. اطلاعات مثلاً: h راه اندازی ۱۰۰، ترمز با جریان مستقیم S7. مثال: موتور محرک برای ماشین‌های تراش مرکزی (ماشین ابزار خودکار)
S8	این نوع کار شبیه S7 است. با این توضیح که به جای راه اندازی و ترمز یا تغییر دور، به طور مثال از طریق تغییر قطب‌ها، کار را پیش می‌برد. اطلاعات: S8. 300min^{-1}Smin/1500min^{-1}10min کاربرد: خط تولید خودکار

پلاک اتصالات موتور(تخته کلم)

برای اتصال سیم پیچ‌های موتور سه فاز، سر سیم‌ها از داخل پوسته به یک محفظه یا ترمینال موتور هدایت می‌شوند که اصطلاحاً به آن «تخته کلم» می‌گویند.

فعالیت کارگاهی

در کارگاه چگونگی تشخیص سالم بودن کلاف‌های یک موتور سه فاز را بررسی کنید.

مراحل اجرای کار

۱- تخته کلم موتور سه فازی را مطابق شکل ۳۳ باز کنید و محل اتصال سر و ته کلاف‌ها را به همراه حروف مشخصه یادداشت کنید.

شکل ۳۳

۲- آوومتر موجود در کارگاه را در حالت اهم متری قرار دهید.
۳- دو سر سیم اهم متر را، مطابق شکل ۳۴، به پیچ‌های مربوط به کلاف اول در تخته کلم وصل کنید. در این صورت لازم است عقربه اهم متر تا انتهای صفحه منحرف شود.

شکل ۳۴

۴- محل سر سیم‌های اهم متر را، مطابق شکل ۳۵، تغییر دهید (دو سر کلاف دوم). در این حالت نیز لازم است عقربه اهم متر تا انتهای صفحه منحرف شود.

شکل ۳۵

۵- در مرحله سوم نیز، مانند شکل ۳۶، محل قرار گرفتن سر سیم‌های اهم متر را دو سر کلاف سوم قرار دهید. در این شرایط نیز لازم است عقربه تا انتهای صفحه منحرف شود.

شکل ۳۶

تذکر:در صورتی که سیم پیچ‌های نشان داده شده در تصاویر با یکدیگر یا با بدنه موتور مرتبط باشند موتور سالم نیست و نباید آن را در مدار قرار داد.

۶- شکل ۳۷، تسمه‌های مسی مربوط به اتصالات تخته کلم را، به همراه مهره و واشر، نشان می‌دهد. برای ایجاد اتصالات، آنها را از انبار تحویل بگیرید.

شکل ۳۷

۷- با به‌کارگیری آچار مخصوص، تسمه‌های مسی و مهره مربوط به اتصالات تخته کلم، انتهای کلاف‌ها را به یکدیگر وصل کنید (شکل ۳۸).

شکل ۳۸

۸- در شکل ۳۹ تخته کلم یک موتور را، که به حالت ستاره وصل شده است، مشاهده می‌کنید. با استفاده از اهم متر، مقدار مقاومت سر و ته کلاف‌های هر فاز موتور را اندازه گیری کنید.

شکل ۳۹

۹- در این شرایط و در صورت سالم بودن موتور، هر گاه یک سیم اهم متر به بدنه و سرسیم دیگربه هر یک از سیم پیچ های تخته کلم وصل شود، عقربه نباید منحرف شود. به عبارت دیگر، نباید هیچ ارتباط الکتریکی بین کلاف های موتور با بدنه وجود داشته باشد. برای اطمینان از میگر، لامپ تست یا اهم متر در رنج‌های بالا، لازم است نداشتن اتصال بدنه را آزمایش کنیم.

۱۰- با کمک آچار، اتصال ستاره را باز کنید.

۱۱- با به‌کار گیری آچار مخصوص، تسمه‌های مسی و مهره مربوط به تخته‌کلم، کلاف‌ها را به یکدیگر وصل کنید (شکل ۴۰).

شکل ۴۰

۱۲- در شکل ۴۱، تخته کلم یک موتور را، که به حالت مثلث وصل شده است، مشاهده می‌کنید. با استفاده از اهم متر، مقدار مقاومت سر و ته کلاف‌های هر فاز موتور را اندازه گیری کنید.

شکل ۴۱

۱۳- در این شرایط و در صورت سالم بودن موتور نباید هیچ ارتباط الکتریکی بین کلاف‌های موتور با بدنه وجود داشته باشد. برای اطمینان می‌توان از میگر یا اهم متر در رنج‌های کیلو اهم، اتصال داشتن سیم‌ها با بدنه را آزمایش کرد.

تحلیل و ارزشیابی پیشرفت تحصیلی هنرجو:

در پایان این مرحله هنرجویان می بایست درک صحیحی از اهمیت دستگاه کربارل و نحوه عملکرد آن، و مراحل مختلف عملیات مغزه گیری داشته باشند.

اصول چیدن مغزه ها در جعبه مغزه

ملاحظات اجرا:

بیان نحوه خارج کردن نمونه ها از کربارل، چیدن نمونه‌ها بر اساس متراژ حفاری در جعبه مغزه (با توجه به تصاویر ارائه شده)، معرفی جداکننده (Divider) و نحوه نوشتن مشخصات بر روی آن

ارزشیابی

ردیف	مراحل کاری	شرایط کار(ابزار، مواد، تجهیزات، مکان)	نتایج ممکن	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره دهی)		نمره
۴	موتورهای الکتریکی تکفاز	تجهیزات: ابزار و تجهیزات مکان: کلاس و کارگاه	بالاتر از حد انتظار	۱- طرز کار موتورهای الکتریکی تک‌فاز را بداند. ۲- انواع موتورهای الکتریکی تک‌فاز را شناسایی کند. ۳- بتواند پلاک‌خوانی انوع موتورها را انجام دهد. ۴- کاربرد تخته کلم را بداند. ۵- بتواند انواع سربندی‌های ترمینال‌های موتور را انجام دهد.	۳	
			در حد انتظار	۱- طرز کار موتورهای الکتریکی تک‌فاز را بداند. ۲- بتواند پلاک‌خوانی انوع موتورها را انجام دهد. ۳- کاربرد تخته کلم را بداند.	۲	
			پایین تر از حد انتظار	۱- طرز کار موتورهای الکتریکی تک‌فاز را بداند. ۲- بتواند پلاک‌خوانی انوع موتورها را انجام دهد.	۱	

ارزشیابی شایستگی ماشین‌های الکتریکی

شرح کار:

شناخت قوانین حاکم بر ماشین‌های الکتریکی

ماشین‌های جریان مستقیم (DC)

ماشین‌های الکتریکی جریان متناوب

موتورهای الکتریکی تکفاز

استاندارد عملکرد:

هنرجویان قادر خواهند بود ضمن شناخت انواع ماشین‌های الکتریکی، با ساختمان داخلی، نحوه عملکرد، ساختار و اجزای انواع ماشین‌های الکتریکی آشنا می شوند و چگونگی خواندن پلاک های انواع ماشین‌ها را انجام دهد.

شاخص ها:

شناخت کامل از ماشین‌های الکتریکی

شرایط اجرای کار، ابزار و تجهیزات:

شرایط: کارگاه مجهز به لوازم ایمنی باشد.

ابزار و تجهیزات: انواع ماشین‌های الکتریکی

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	**بررسی قوانین حاکم بر ماشین‌های الکتریکی**	۲	
۲	**ماشین‌های جریان مستقیم (DC)**	۱	
۳	**ماشین‌های الکتریکی جریان متناوب**	۱	
۴	**موتورهای الکتریکی تکفاز**	۱	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی، و ...	۲	
	میانگین نمرات		*

* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی، ۲ می‌باشد.