

فصل دوم

مبانی ماشینهای الکتریکی جریان مستقیم

هدفهای رفتاری: پس از پایان این فصل از دانش آموز انتظار می‌رود که :

- ۱- ماشینهای الکتریکی را از نظر عملکرد تقسیم‌بندی کند.
- ۲- چگونگی تولید ولتاژ القایی در یک ماشین ساده را توضیح دهد.
- ۳- نقش کموتاتور در ماشین را شرح دهد.
- ۴- بکسوسازی مکانیکی را شرح دهد.
- ۵- علت افزایش تعداد کلافها (سیم‌پیچی) را شرح دهد.
- ۶- اثر افزایش کلافها و مفهوم کموتاسیون را توضیح دهد.
- ۷- چگونگی کار مولدهای DC ساده را شرح دهد.
- ۸- چگونگی کار موتورهای DC ساده را شرح دهد.
- ۹- ساختمان ماشین DC را توضیح دهد.
- ۱۰- قسمتهای مختلف یک ماشین DC را نام ببرد.
- ۱۱- ایجاد گشتاور در یک ماشین ساده را توضیح دهد.
- ۱۲- گشتاور الکترومغناطیسی را محاسبه کند.
- ۱۳- روابط گشتاور و ولتاژ القایی را در حالت کلی بنویسد.
- ۱۴- روش‌های حلقوی و موجی سیم‌پیچی آرمیچر را از روی شکل نشان دهد و راههای جریان را محاسبه کند.
- ۱۵- عکس العمل آرمیچر را شرح دهد.
- ۱۶- اثرات عکس العمل آرمیچر و چگونگی کاهش آن را توضیح دهد.
- ۱۷- مشکل کموتاسیون و چگونگی بهبود آن را بیان کند.
- ۱۸- دیاگرام توازن توان را در مولد رسم نماید.
- ۱۹- دیاگرام تبدیل توان را در مotor رسم نماید.
- ۲۰- مسائل مربوط به ولتاژ القایی و گشتاور را حل کند.

مبانی ماشینهای الکتریکی جریان مستقیم

۱-۲-۱ مقدمه

پس از کشف اندوکسیون الکترومغناطیسی در سال ۱۸۳۱ میلادی توسط میشل فاراده، ساده‌ترین ماشین الکتریکی به دست ایشان ساخته شد. سپس با پیشرفت علم و رشد تکنولوژی تکامل ماشینهای الکتریکی بنحو چشمگیری صورت گرفت.

وسایل تبدیل انرژی الکترومکانیکی گردان را ماشینهای الکتریکی گویند و برای مطالعه و بررسی بهتر، آنها را طبقه‌بندی می‌نمایند.

۱-۲-۱ طبقه‌بندی ماشینهای الکتریکی: ماشینهای الکتریکی از دیدگاه‌های گوناگونی قابل طبقه‌بندی هستند. مثلاً ولتاژ کار، جریان، قدرت، دور، نوع بار، چگونگی نصب، نوع حفاظت، کلاس عایقی، نوع انرژی و ... ویژگی‌هایی هستند که می‌توان ماشینهای الکتریکی را براساس آنها طبقه‌بندی کرد. اماً بر حسب اهمیت موضوع و عملکرد، ماشینهای الکتریکی به دو طریق زیر تقسیم‌بندی می‌شود :

۱- از نظر نوع جریان الکتریکی

۲- از نظر نوع انرژی تبدیلی

ماشینهای الکتریکی از نظر نوع جریان الکتریکی چنین تقسیم‌بندی می‌شوند :

الف - ماشینهای الکتریکی جریان مستقیم که ولتاژ و جریان ورودی و خروجی آنها مستقیم است.

ب - ماشینهای الکتریکی جریان متناوب که ولتاژ و جریان ورودی و خروجی آنها متناوب است.

ماشینهای الکتریکی به لحاظ نوع انرژی تبدیلی دارای تقسیم‌بندی زیرند :

الف - مولدات الکتریکی که انرژی مکانیکی را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌نمایند.

ب - موتورهای الکتریکی که انرژی الکتریکی را به انرژی مکانیکی تبدیل می‌نمایند.

بطورکلی می‌توان یک ماشین الکتریکی را به هر دو صورت مولد و مotor مورد استفاده قرار داد. اماً ملاحظات عملی در طراحی، ممکن است کاربرد ماشین را به یکی از صورتهای مولدی یا موتوری مناسب‌تر نماید.

به عبارتی در هر ماشین الکتریکی، خواه بصورت مولد یا موتور بکار رود، هر دو عمل مولدی یا موتوری وجود دارد. به دیگر سخن با آنکه عمل اصلی موتور ایجاد گشtaور مکانیکی است، اماً در

بعضی از قسمتهای آن نیروی محرکه الکتریکی القاء می‌شود.

به همین ترتیب با آنکه عمل اصلی مولد، القاء نیروی محرکه الکتریکی است اما در بعضی از قسمتهای آن گشتاور مکانیکی ایجاد می‌شود و از حرکت قسمتهای گردان مولد تا حدی جلوگیری می‌نماید.

مولدهای الکتریکی برای ایجاد انرژی مورد نیاز صنایع و منازل و موتورهای الکتریکی برای کارهای مکانیکی از قبیل به حرکت درآوردن پمپها، ماشینهای افزار یا گردش دستگاههای مکانیکی در صنایع وغیره کاربرد دارند.

همچنین از موتورهای الکتریکی جریان مستقیم بطور وسیعی برای کاربردهایی که به کنترل سرعت نیاز دارند استفاده می‌شود که بعضی از این موارد عبارتند از: پرسهای دستگاه چاپ، قطارهای برقی، آسانسورها و وسائل حمل و نقل.

کاربرد دیگر ماشینهای الکتریکی در دستگاههای فرمان و کنترل است که از ماشینهای الکتریکی برای انتقال اطلاعات از یک قسمت دستگاهی به قسمت دیگر آن استفاده می‌شود.

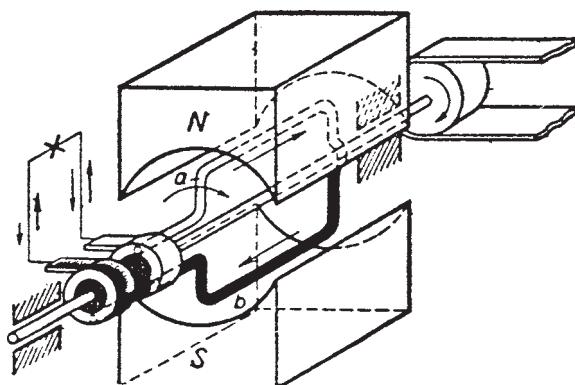
ماشینهای الکتریکی به طور کلی جزء وسائل تبدیل انرژی غیرخطی هستند. یعنی هر تغییر در ورودی همیشه به یک نسبت در خروجی ظاهر نمی‌شود. بنابراین ارائه مدل ریاضی دقیق که رابطه ورودی و خروجی آنها را تبیین نماید دشوار است.

در گذشته مشخصات کار حالت دائمی یا پایدار ماشینهای الکتریکی بیشتر مورد تحلیل و بررسی قرار می‌گرفت. اما در سالهای اخیر با پیشرفت و توسعه دستگاههای قدرت و استفاده وسیع از کنترل خودکار موتورها و مولدهای برق، مطالعه حالت گذاری ماشینهای الکتریکی اهمیت بیشتری کسب کرده است و در نتیجه روشهای تحلیل تازه‌ای ارائه شده که در سطوح آموزش عالی به آنها می‌پردازند. ولی در این فصل ماشینهای جریان مستقیم را در حالت پایدار و به صورت ساده بررسی می‌کنیم.

۲-۲- مولد ساده جریان مستقیم

۲-۲- ساختمان و شرح کار: در فصل اول با مقدار و جهت نیروی محرکه القایی در یک هادی که روی یک خط مستقیم در داخل میدان مغناطیسی حرکت می‌کرد آشنا شدیم. در ماشینهای الکتریکی واقعی، هادیها بصورت کلافهایی مت Shank از تعداد زیادی حلقه که به طور سری به همدیگر وصل هستند مورد استفاده قرار می‌گیرند.

اما در اینجا بحث پیرامون تولید جریان، در مولدهای ساده‌ای است که از یک کلاف تک دور مسی



شکل ۱-۲- ساختمان مولد ساده جریان متناوب

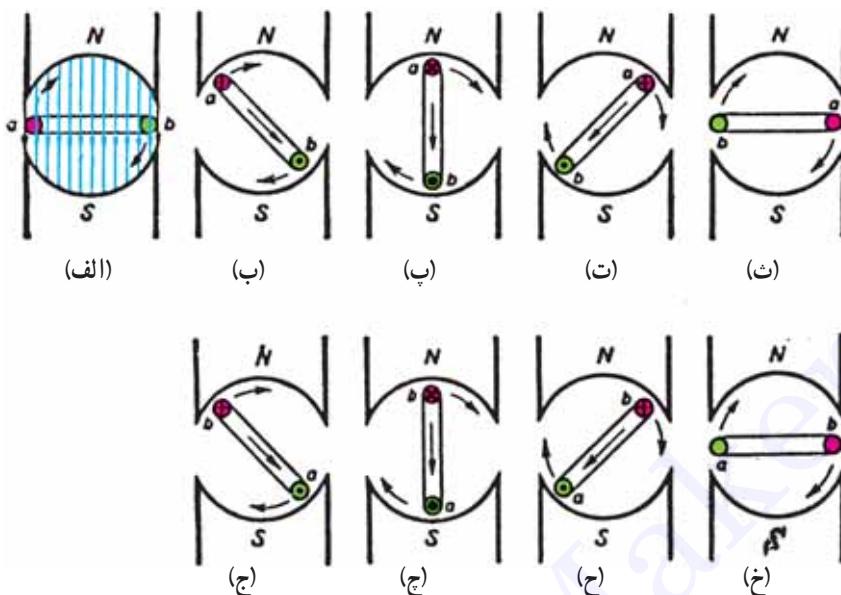
تشکیل می شود (شکل ۱-۲).

ابتدا و انتهای کلاف که بین دو قطب مغناطیسی ثابت N و S قرار گرفته به دو حلقه یا دو رینگ^۱ مسی استوانه‌ای لحیم شده است. حلقه‌های استوانه‌ای مسی دائمًا با دو جاروبک^۲ در تماس هستند. میدان مغناطیسی از طریق یک آهنربای دائمی تأمین می شود و هادیهای a و b بازوهای کلاف نامیده می شوند.

در صورتی که کلاف را در بین قطبها مغناطیسی به حرکت درآوریم، دو بازوی کلاف خطوط میدان مغناطیسی را قطع کرده و در نتیجه در دو بازو نیروی محرکه القایی تولید می شود. به علت ثابت بودن جهت خطوط قوا مغناطیسی و مخالف بودن جهت حرکت دو هادی a و b، جهت نیروی محرکه القایی در هادی a مخالف جهت نیروی محرکه در هادی b می باشد. همچنین مقدار عددی نیروی محرکه در هادی a و b در هر لحظه برابر است. از آنجایی که دو بازوی کلاف سری هستند، نیروی محرکه القاء شده در کلاف، دو برابر نیروی محرکه در یک بازو می باشد. در صورت بسته شدن مدار الکتریکی، در کلاف جریان جاری شده و از طریق رینگ و جاروبک به مصرف کننده (لامپ) در خارج از مولد منتقل می شود. برای بررسی وضعیت ولتاژ در مولد ساده، شکلهای ۲-۲ را در نظر می گیریم.

در شکل ۲-۲-الف این طور فرض شده است که بازوهای کلاف در هین چرخیدن به ناحیه بین دو قطب رسیده باشند. در این وضعیت بازوها خطوط میدان مغناطیسی را به علت حرکت موازی با آنها قطع نمی کنند. در نتیجه ولتاژی در بازوها القاء نمی شود و مقدار نیروی محرکه و جریان القایی صفر می باشد که به همین دلیل این ناحیه را اصطلاحاً ناحیه خنثی می نامند.

در شکل ۲-۲-ب کلاف مقداری در جهت راست چرخیده، بازوی a به زیر قطب N و بازوی



شکل ۲-۲- جهت و شدت جریان القایی در کلاف متحرک در میدان مغناطیسی

b به زیر قطب S رسیده است و هر دو بازو خطوط میدان مغناطیسی را قطع می‌کنند. در نتیجه در کلاف ولتاژ القاء گردیده و به دلیل بسته‌بودن مدار در آن جریان جاری می‌شود.

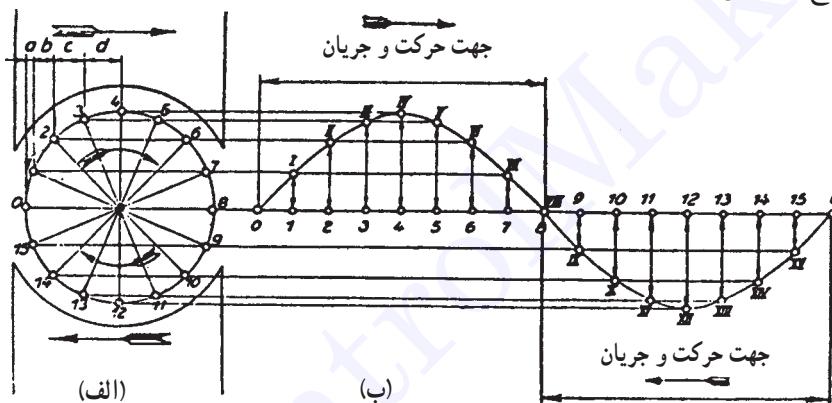
طبق قانون مولدی جهت جریان در هادیها بر روی شکل‌ها با علامت \oplus و \ominus مشخص شده‌اند.

در شکل ۲-۲-پ بازوهای a و b به وسط قطبها رسیده‌اند. در این وضعیت بازوها عمود بر میدان مغناطیسی حرکت کرده و حداکثر خطوط قوا را قطع می‌کنند. در نتیجه نیروی محرکه و جریان القایی به حداکثر شدت خود می‌رسد و نسبت به حالت قبل افزایش می‌یابد، اماً جهت جریان همچنان مانند حالت قبل است. در شکل ۲-۲-ت زاویه بین بردار سرعت و بردار میدان غیر از 90° شده و مقدار نیروی محرکه القایی کمتر از وضعیت ۲-۲-پ می‌شود. در نتیجه شدت جریان القایی کمتر شده اماً جهت جریان هنوز تغییری نمی‌کند. در شکل ۲-۲-ث بازوها در بین دو قطب (منطقه خنثی) قرار گرفته‌اند و چون حرکت به موازات خطوط مغناطیسی است آنها را قطع نکرده و جریان القایی مساوی با صفر است. این حالت شبیه حالت ۲-۲-الف است و فقط جای بازوها با هم عوض شده‌اند. در شکل ۲-۲-ج بازوی a در ناحیه قطب S از راست به چپ و بازوی b در ناحیه قطب N از چپ به راست حرکت می‌کنند. هردو بازو خطوط مغناطیسی را قطع کرده و در آنها ولتاژ القاء می‌گردد. ولی به علت عوض شدن جهت حرکت هر هادی نسبت به خطوط میدان مغناطیسی جهت ولتاژ القایی و در نتیجه جهت جریان نیز عوض می‌شود.

در شکل ۲-۲-ج دو مرتبه هر دو بازو در وسط قطبها قرار دارند و چون بازوها حداکثر خطوط میدان مغناطیسی را قطع می نمایند، مقدار جریان الکتریکی در هادیها به حداکثر شدت خود می رسد در حالی که جهت جریان برعکس وضعیت شکل ۲-۲-پ است.

در شکل ۲-۲-ح بازوها خطوط قوا مغناطیسی کمتری را قطع کرده و شدت جریان کاهش می یابد.

و بالاخره در شکل ۲-۲-خ بازوها به وضعیت اولی برگشته و جریان القایی به صفر می رسد. از جمع بندی حالت های مورد اشاره نتیجه گرفته می شود که دامنه شدت جریان القایی و جهت آن دائماً در حال تغییر است بطوریکه این تغییرات را برای بازوی a مانند شکل ۲-۳-ب می توان به صورت یک موج سینوسی نشان داد.



الف - موقعیت مکانی هادی در حال گردش ب - شکل موج ولتاژ و جریان القایی در هادی گردان
شکل ۲-۳

منحنی ۲-۳-ب که مقدار و جهت جریان متناوب را برای یک دور گردش هادی نشان می دهد یک تناوب نام دارد. در طول مدت یک تناوب جریان القایی، جهت خود را دو بار تغییر می دهد.

ولتاژ القاء شده در یک هادی از کلاف یک ولتاژ متناوب است که مقدار دائمی آن از رابطه $e = B \cdot l \cdot V \sin \alpha$ به دست می آید.

همان طور که قبل اشاره شد ولتاژ تولیدی یک کلاف از جمع ولتاژ هادی های a و b ایجاد می شود و شکل موج ولتاژ تولید سینوسی می باشد.

برای افزایش دامنه ولتاژ و جریان القایی با استفاده از کلاف تک حلقه‌ای از کلاف چند حلقه‌ای استفاده نمود. در این صورت چون حلقه‌های یک کلاف با هم سری هستند ولتاژ القاء شده در آنها با هم جمع می‌شود.

جریان متناوب که دائمًا جهت و دامنه خود را تغییر می‌دهد برای هرگونه مصرفی مناسب نمی‌باشد. مثلاً برای برکردن باطری و یا در بسیاری از مدارات و تجهیزات الکترونیکی و نیز برای آب دادن فلزات و سایر مصارف شیمیایی، جریانی مورد احتیاج است که جهت و دامنه آن ثابت باشد. چنین جریانی را جریان مستقیم می‌نامند. شکل ۲-۴ مولد ساده‌ای را نشان می‌دهد که جریان یکسو شده تولید می‌کند.

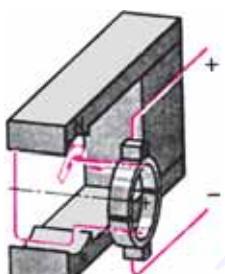
یک مولد ساده جریان مستقیم از چهار قسمت اصلی زیر تشکیل شده است:

۱- قطب‌های مغناطیسی

۲- هادیها

۳- کموتاتور

۴- جاروبک



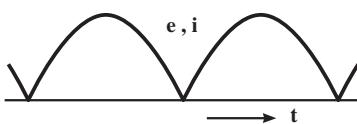
شکل ۲-۴- مولد ساده جریان مستقیم

نقش قطبها ایجاد میدان مغناطیسی اصلی مولد است که می‌تواند آهنربای دائمی مانند شکل ۲-۴ و یا آهنربای الکتریکی باشد و هادیها برای ایجاد ولتاژ القایی به کار گرفته شده‌اند. جاروبک‌ها جهت انتقال جریان الکتریکی از هادیها به مصرف‌کننده استفاده می‌شوند.

کموتاتور که در ساده‌ترین حالت، از دو نیم استوانه مسی که توسط میکانیسمی نسبت به یکدیگر عایق شده‌اند تشکیل می‌گردد،

وظیفه یکطرفه کردن ولتاژ و جریان القایی را در خارج از مولد بعده دارد. به چنین مولدی که ولتاژ و جریان خروجی آن یکسو شده است، مولد ساده DC^۱ گویند. ابتدا و انتهای کلاف، هر کدام به یک نیم استوانه مسی یا یک تیغه کموتاتور وصل می‌شود. روی تیغه‌های کموتاتور دو عدد جاروبک بطور ثابت قرار داشته و با حرکت هادیها تیغه‌های کموتاتور زیر جاروبک می‌لغزند. به قسمت گردن مولد DC، آرمیچر گفته می‌شود. همانطور که شکل ۲-۴ نشان می‌دهد همیشه بازوی بالایی کلاف با جاروبک بالایی مرتبط است و چون سربازوی بالایی دارای پلاریته مثبت است پس پلاریته ولتاژ القایی، همیشه در زیر جاروبک‌ها ثابت است و ولتاژ متناوب القاء شده در داخل مولد، در خروجی توسط کموتاتور یکسو می‌شود.

در ژنراتورهای جریان مستقیم از طریق کموتاتور ولتاژ القاء شده طوری به جاروبکها منتقل می‌شود که همیشه یکی از جاروبکها دارای پلاریته مثبت و دیگری دارای پلاریته منفی است.



شکل ۲-۵- شکل موج ولتاژ و جریان القایی در مولد ساده

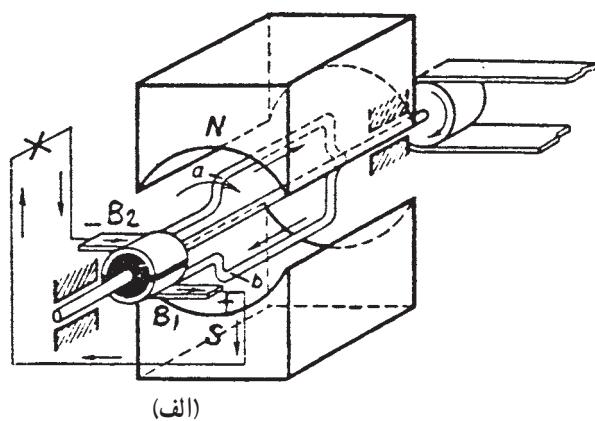
آزمایش ۱-۲- سیم پیچ قطب‌های یک مولد جریان مستقیم ساده را به شبکه جریان مستقیم وصل کنید. یک ولتمتر و یک اسیلوسکوپ را از طریق جاروبکها به دو سر آرمیچر اتصال دهید. سپس آرمیچر را با یک سرعت ثابت بچرخانید. مشاهده می‌شود که اسیلوسکوپ یک ولتاژ موجود ریکطرفه نظیر شکل ۲-۵ را نشان می‌دهد، یعنی یک ولتاژ ریکطرفه تولید شده است.

۲-۲- چگونگی یکسوسازی ولتاژ و جریان در مولد ساده DC : شکل ۲-۶ را در نظر بگیرید. شکل ۲-۶-الف طرح مولد ساده را نشان می‌دهد که یک لامپ را تغذیه می‌کند. در شکل ۲-۶-ب این طور فرض شده است که بازوی a از جلوی قطب N و بازوی b از جلوی قطب S عبور می‌نماید. جریان القایی از بازوی b بیرون آمده (⊕) و به تیغه کموتاتور R_۲ می‌رسد و از این حلقه به جاروبک B_۱ و سپس به مدار خارجی که به آن بار یا مصرف‌کننده گفته می‌شود هدایت شده و توسط جاروبک B_۲ و تیغه کموتاتور R_۱ به بازوی a می‌رسد (⊖). در جاروبک B_۱ جریان از کلاف به مدار خارجی می‌رود و لذا پلاریته آن مثبت و در نتیجه پلاریته جاروبک B_۲ منفی می‌باشد.

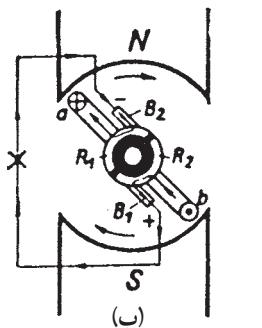
در شکل ۲-۶-پ بازوی a به طرف راست قطب N و بازوی b به طرف چپ قطب S رسیده است ولی جهت جریان تغییر نکرده است.

در شکل ۲-۶-ت هر دو بازوی کلاف در منطقه خنثی بین دو قطب قرار گرفته‌اند. در این وضعیت ولتاژی در کلاف القاء نمی‌شود و جاروبکهای B_۱ و B_۲ در آن واحد با دو تیغه R_۱ و R_۲ تماس دارند. دو تیغه کموتاتور و دو بازوی a و b در این وضعیت اتصال کوتاه شده‌اند.

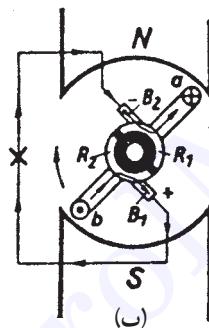
در شکل‌های ۲-۶-ث و ۲-۶-ج بازوی a به منطقه قطب S و بازوی b به منطقه قطب N می‌رسد. در این دو حالت جاروبک B_۱ که قبلاً مماس بر تیغه کموتاتور R_۲ بود با تیغه R_۱ تماس پیدا می‌کند و به بازوی a متصل می‌شود. در صورتی که جاروبک B_۲ از طریق تیغه کموتاتور R_۲ با بازوی b ارتباط دارد. در هر دو بازو جریان القاء می‌شود. این جریان از بازوی a (⊕) و تیغه R_۱ و جاروبک B_۱ به مدار جریان خارجی و سپس از مدار خارجی از طریق جاروبک B_۲ و تیغه R_۲ به



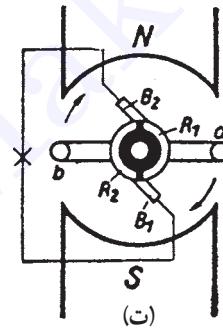
(الف)



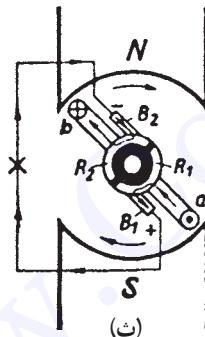
(ب)



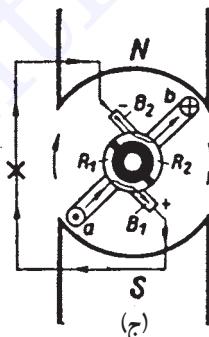
(پ)



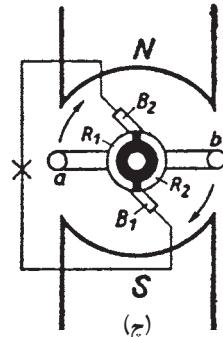
(ت)



(ث)



(ج)



(ج)

شکل ۶-۲-چ- مولد ساده و نحوه یکسوز کردن و تاثیر جریان القابی

بازوی b می‌رسد \otimes .

شکل ۶-۲-چ- حالتی نظیر شکل ۶-۲-ت دارد با این تفاوت که دو بازوی a و b و دو تیغه R_2 و R_1 جایه‌جا شده‌اند.

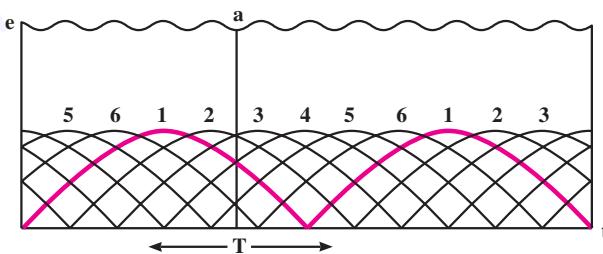
با توجه به شکل‌های ۶-۲-ب تا ۶-۲-چ چنین نتیجه گرفته می‌شود :

با وجود اینکه جریان در بازوها کلاف جهت خود را تغییر داده است (ماهیت متناوب دارد)

ولی در مدار خارجی در یک جهت جاری است. جاروبک B_1 محل خروج جریان الکتریکی (قطب مشتب مولد) و جاروبک B_2 مکان ورود جریان (قطب منفی مولد) می‌باشد.

بدین ترتیب با استفاده از دو تیغه کموتاتور و مدار خارجی همواره جهت جریان خروجی مولد در یک جهت می‌باشد. ولی این جریان دارای دامنهٔ متغیر نظیر شکل ۲-۵ است. همانطور که قبله گفته شد، برای افزایش دامنهٔ موج خروجی بایستی بجای کلاف تک حلقه‌ای، از کلاف چندحلقه‌ای استفاده نمود.

۲-۲-۳- افزایش تعداد کلافها برای بهبود یکسوسازی: برای افزایش دامنهٔ موج یکسو شده، تعداد دور کلاف را افزایش می‌دهیم. اما برای بدست آوردن ولتاژ القایی با دامنهٔ تقریباً ثابت، بجای یک کلاف، کلافهای متعددی قرار می‌دهند که در هر کدام از این کلافها یک ولتاژ الکتریکی مانند شکل ۲-۵ بوجود می‌آید. دو تیغه R_1 و R_2 در شکل ۲-۶ را نیز به تیغه‌هایی که عده آنها مساوی عده کلافها باشد قسمت کرده و ابتدا و انتهای کلافها را به این تیغه‌ها متصل می‌نمایند. از طرف دیگر کلافهای متصل به تیغه‌ها را به ترتیبی که در آینده شرح خواهیم داد به هم مرتبط می‌کنند. به مجموعه تیغه‌هایی که سر سیمهای کلافها به آنها متصل شده‌اند کلکتور^۱ گفته می‌شود. در این حال با گردش کلافها در داخل میدان مغناطیسی چون موقعیت مکانی کلافها با هم فرق می‌کند، زمان رسیدن آنها به زیر هر قطب متفاوت بوده و ولتاژ القایی در آنها دارای اختلاف فاز زمانی خواهد بود. اما ولتاژ القاء شده در هر کلاف توسط تیغه‌های کلکتور یکسو می‌شود که در شکل ۲-۷ ولتاژ یکسو شده هر کلاف را نشان می‌دهد. از طرف دیگر چون کلافها با یکدیگر ارتباط الکتریکی دارند، ولتاژ تعدادی از کلافها که در آن واحد زیر یک قطب قرار دارند، با هم جمع شده و ولتاژی با دامنهٔ بزرگتر و تقریباً مستقیم مانند آنچه که در قسمت بالای شکل ۲-۷ دیده می‌شود در خروجی مولد بدست می‌آید. ولتاژ خروجی e_a عملاً در لحظه T از جمع مقادیر لحظه‌ای ولتاژ کلافهای ۲، ۴، ۱، ۵، ۶ و ۳ به دست می‌آید. منحنی شدت جریان هم نظیر منحنی ولتاژ القاء شده است.

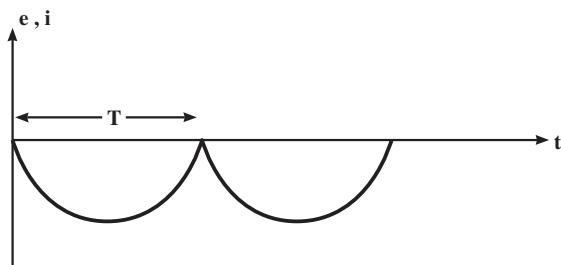


شکل ۲-۷- منحنی ولتاژ و جریان در کلافها و مدار خارجی مولد جریان مستقیم

۴-۲-۲- چگونگی تغییر پلاریته ولتاز القایی در مولد ساده

آزمایش ۲-۲- با تغییر دادن

جهت گردش آرمیچر آزمایش ۲-۱ را
مجدداً تکرار کنید. مشاهده می شود که
پلاریته ولتاز تولید شده عوض می شود
(شکل ۲-۸).



شکل ۲-۸- تغییر پلاریته ولتاز و جریان القایی در مولد ساده

آزمایش ۲-۳- آزمایش ۲-۱
را دوباره تکرار کنید اما این بار جهت
جریان را در سیم پیچ قطبها عوض کنید.

مشاهده می شود که مجدداً پلاریته ولتاز تولید شده عوض می شود (مانند شکل ۲-۸).

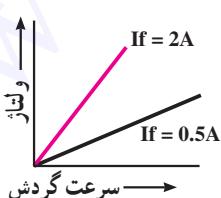
در مولدهای ساده جریان مستقیم تغییر پلاریته ولتاز خروجی عملاً در
صورت ایجاد یکی از دو حالت زیر ممکن می شود:

- ۱- جهت چرخش آرمیچر عوض شود.
- ۲- جهت جریان در سیم پیچ قطبها تغییر کند.

پلاریته ولتاز را می توان به کمک قانون دست راست که در فصل اول گفته شد تعیین نمود.

۵-۲-۲- چگونگی تغییر دامنه ولتاز القایی در مولد ساده

آزمایش ۲-۴- سیم پیچ قطبها مولد جریان مستقیم را به یک ولتاز جریان مستقیم وصل
کنید. یک ولتمتر به دو سر آرمیچر بسته و ابتدا آرمیچر را با سرعت کم و سپس با سرعت زیاد بچرخانید.
مشاهده می شود که هرچقدر سرعت چرخش آرمیچر بیشتر باشد ولتاز تولید شده بیشتر می شود.
چنانچه آرمیچر با سرعت بیشتری چرخانده شود در یک زمان معین، خطوط میدانی که توسط
هادیها قطع می شود بیشتر از زمانی است که آرمیچر با سرعت کمتر چرخانده
شود.

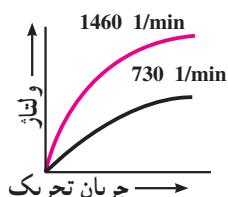


به این ترتیب طبق قانون القاء ولتاز القاء شده بیشتر می شود (شکل ۲-۹).

در این آزمایش جریان تحریک قطبها یکبار برای 5° آمپر و بار
شکل ۲-۹- تغییر دامنه
ولتاز در اثر تغییر دور
دیگر روی ۲ آمپر تنظیم شده است.

آزمایش ۲-۵ - سیم پیچ قطبهای مولد جریان مستقیم را از طریق یک آمپر متر به ولتاژ DC وصل کنید و مولد را با سرعت ثابت بچرخانید. در سرعت ثابت شدت جریان تغذیه سیم پیچ قطبها را تغییر دهید، مشاهده می شود که ولتاژ تولید شده با افزایش شدت جریان سیم پیچ قطبها که به جریان تحریک^۱ هم موسوم است زیاد و با کاهش شدت جریان تحریک کم می شود.

شکل ۲-۱۰ نتیجه این آزمایش را در دو حالت نشان می دهد. در حالت اول آرمیچر با تعداد دور ثابت 730° دور در دقیقه و در حالت دوم با تعداد دور ثابت 1460° دور در دقیقه می چرخد.



شکل ۲-۱۰ - افزایش ولتاژ تولید شده توسط تغییر جریان تحریک

چنانچه جریان تحریک افزایش یابد چگالی شار پیشتر شده و نتیجتاً ولتاژ تولید شده زیادتر خواهد شد. بنابراین می توان گفت با افزایش جریان تحریک، ولتاژ تولید شده پیشتر می شود.

مولدهای با آهنربای الکتریکی، میدان مغناطیسی قوی تر از مغناطیسهاي دائمي تولید می کنند و ولتاژ خروجی آنها راحت تر تنظیم می شود.

در یک مولد جریان مستقیم، مقدار ولتاژ تولید شده با افزایش جریان تحریک و افزایش سرعت زیادتر می شود.

۲-۳ - پرسش

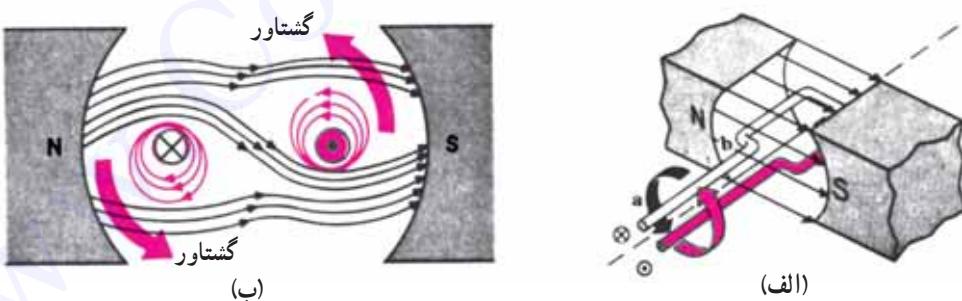
- ۱ - چرا در بوبینی که داخل یک میدان مغناطیسی می چرخد ولتاژ متناوب القاء می شود؟
- ۲ - اجزای اصلی یک مولد ساده جریان مستقیم کدامند؟
- ۳ - وظيفة کلکتور و جاروبک در یک مولد جریان مستقیم چیست؟
- ۴ - چگونه می توان یک موج متناوب تولید شده را یکطرفه نمود؟
- ۵ - مقدار ولتاژ تولید شده در یک مولد جریان مستقیم به چه عواملی بستگی دارد؟
- ۶ - به چند طریق می توان پلاریته ولتاژ خروجی یک مولد جریان مستقیم را عوض کرد؟
- ۷ - مزایای مغناطیس الکتریکی بر مغناطیس طبیعی یا دائم در یک مولد DC ساده را بیان کنید.

۴-۲-۱- موتور ساده جریان مستقیم

با توجه به مطالب گفته شده در فصل اول (بخش ۱-۱۲) به سیم حامل جریان در یک میدان مغناطیسی نیرو وارد می‌شود. عمل موتوری که در مورد سیم حامل جریان صورت می‌گرفت، خطی بود یعنی حرکت سیم در مسیر مستقیم امکان‌پذیر می‌گردید و به محض اینکه سیم در اثر نیروی وارد به خارج از میدان رانده می‌شد دیگر نیرویی به آن وارد نشده و حرکت آن پایان می‌یابد. اما در ماشینهای واقعی حرکت دورانی و برای ایجاد حرکت دورانی احتیاج به ایجاد گشتاور مداوم است.

۴-۲-۲- نحوه ایجاد گشتاور در موتور ساده: اگر یک کلاف تک‌حلقه را طوری بین قطبها یک مغناطیس قرار دهیم که بتواند حول محورش دوران کند با عبور جریان الکتریکی از این کلاف به بازوهای آن نیرو وارد می‌شود. همانطور که در شکل ۴-۱۱-الف دیده می‌شود، به بازوی a نیرویی به سمت پایین و به بازوی b نیرویی به سمت بالا وارد می‌شود که می‌توان جهت نیروی وارد به بازوها را با قانون دست چپ مطابق شکل ۴-۱۱-الف نشان داد. با وارد شدن دو نیروی مختلف‌الجهت به دو طرف کلاف، طبیعی است که کلاف حول محورش شروع به دوران خواهد نمود. یعنی وارد آمدن زوج نیرو موجب ایجاد گشتاور لازم شده است.

شکل ۴-۱۱-ب اثر میدان مغناطیسی سیم حامل جریان را بر روی میدان مغناطیسی قطبها نشان می‌دهد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود میدان مغناطیسی در اطراف هر بازو در یک سمت متراکم و در سمت دیگر آن تضعیف شده است. پس بر هر هادی نیرویی از سمت میدان متراکم به سمت میدان تضعیف شده وارد می‌گردد. از طرفی وضعیت میدانها در اطراف دو بازوی کلاف برخلاف یکدیگرند، در نتیجه نیروهای وارد بر بازوها مختلف‌الجهت هستند و باعث گردش کلاف می‌شوند.



شکل ۴-۱۱- ایجاد گشتاور و حرکت در موتور ساده DC

۴-۲-۳- عوامل مؤثر بر ایجاد گشتاور در موتور ساده: در فصل اول (بخش ۱-۱۲)

نیروی وارد بر یک هادی با استفاده از رابطه (۱-۱۱) محاسبه شد.

$$F_t = I \cdot l \cdot B \quad (1-11)$$

حال اگر در موتور ساده، دو هادی که تشکیل یک حلقه را داده‌اند، بر روی استوانه به شعاع r قرار گرفته باشند در شکل (۲-۱۱) و در اثر عبور جریان I از کلاف به هر کدام از بازوها نیروی F وارد شود، لذا به کلاف تک حلقه‌ای نیرویی اعمال می‌شود که از رابطه (۲-۱) قابل محاسبه است.

$$F = 2F_1 = 2I1B \cdot N \quad (2-1)$$

گشتاور^۱ ایجاد شده در اثر نیروی تولیدی هر بازو برابر است با :

$$T = F_1 \cdot r = I1Br \sin \alpha \quad [T] = N.m \quad (2-2)$$

I : جریان عبوری از هادی بر حسب آمپر

r : طول مؤثر هادی بر حسب متر

B : چگالی فوران بر حسب تسل

r : فاصله هادی از مرکز بر حسب متر

r' : فاصله عمودی بردار نیرو از مرکز دوران

α : زاویه بین جهت حرکت هادی و جهت خطوط میدان بر حسب درجه یا رادیان

T : گشتاور تولید شده در هادی بر حسب نیوتون - متر

گشتاور تولیدی در دو هادی در شکل (۲-۱۱) از رابطه (۲-۳) قابل محاسبه است :

$$T = 2F_1 \cdot r' = 2I1Br \sin \alpha \cdot N.m \quad (2-3)$$

اگر کلاف از Z هادی تشکیل شده باشد داریم :

$$T = ZF_1 \cdot r' = ZI1Br \sin \alpha \cdot N.m \quad (2-4)$$

بنابراین گشتاور ایجاد شده با چگالی خطوط قوا (B)، جریان کلاف (I)، تعداد هادیهای کلاف (Z)، طول مؤثر هادی در داخل میدان مغناطیسی (l) و زاویه بین جهت حرکت هادی و جهت خطوط قوا میدان (α) رابطه مستقیم دارد.

مثال ۲-۱: از یک کلاف تک حلقه‌ای که در داخل میدانی با چگالی فوران $8/8$ تسل قرار گرفته جریان 5 آمپر عبور می‌کند، طول مؤثر هر بازوی حلقه 20 سانتیمتر است اگر شعاع استوانه‌ای که هادی روی آن قرار گرفته 5 سانتیمتر باشد مقدار گشتاور تولیدی توسط کلاف تک حلقه‌ای را بدست آورید. زاویه بین جهت حرکت هادی و خطوط قوا 30° درجه می‌باشد.

حل: با استفاده از رابطه (۲-۴) داریم :

$$T = ZI1Br \sin \alpha = 2 \times 5 \times 20 \times 10^{-2} \times 0.8 \times 5 \times 10^{-2} \times \sin 30^\circ$$

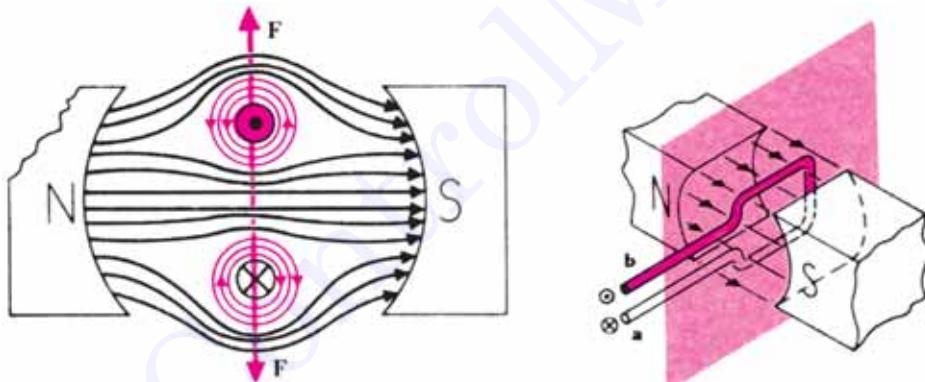
T = 0.4 N.m گشتاور تولیدی برابر است با :

۲-۴-۳ معايب موتور ساده بدون کمotaتور: موتور شکل (۲-۱۱) دارای معایبی

است که استفاده عملی از آن را غیرممکن می‌سازد بطوری که می‌توان گفت:

اولاً: گشتاور ایجاد شده پس از نیم دور گردش تغییر جهت می‌دهد. پس حرکت دورانی مداوم نخواهیم داشت.

ثانیاً: به محض اینکه صفحه حامل کلاف در صفحه خنثی (بین دو قطب) قرار گرفت، گشتاور وارد به آن صفر می‌شود (شکل ۲-۱۲). پس اگر وقتی که صفحه حامل کلاف در صفحه خنثی قرار گرفته آن را به برق وصل کنیم موتور به راه نمی‌افتد چون گشتاور صفر است. مشکل اصلی این است که به محض اینکه کلاف بخواهد در همان جهت گردش قبلی پس از گذشتن از صفحه خنثی به حرکت خود ادامه دهد، جهت نیروهای وارد به بازوهای آن درست بر عکس می‌شود و گشتاور وارد به آن معکوس شده و کلاف باید در خلاف جهت اوّلیه بگردد. چون کلاف نمی‌تواند با سرعت در جهات مختلف رفت و برگشت نماید لذا در جای خود ثابت باقی می‌ماند (شکل ۲-۱۲-ب).



۲-۱۲ شکل

دلیل این امر این است که وقتی کلاف از صفحه خنثی عبور می‌کند، بازوی b کلاف که قبل از رسیدن به صفحه خنثی از پایین به بالا حرکت می‌کرد از این به بعد از طرف بالا به پایین حرکت می‌کند ولی طبق قانون دست چپ نیروی وارد به آن باز هم از پایین به بالا است. نظیر همین امر برای بازوی دیگر کلاف نیز وجود دارد. پس کلاً گشتاور وارد به کلاف پس از گذشتن از صفحه خنثی بر عکس می‌شود.

وقتی صفحه کلاف عمود بر خطوط میدان مغناطیسی قرار می‌گیرد به آن
 گشتاوری وارد نمی‌شود.

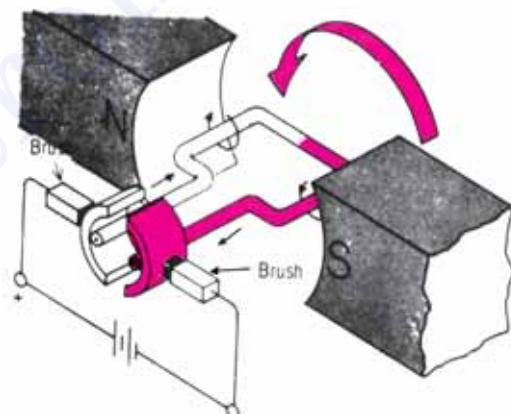
برای این که حرکت دورانی مداوم در یک جهت داشته باشیم باید کاری کنیم که پس از عبور کلاف از صفحه خنثی، گشتاور وارد به آن برعکس شود. این کار به دو صورت ممکن است:

- ۱- جای قطبها را در این لحظه عوض کنیم.
- ۲- جهت جریان الکتریکی کلاف را درست در لحظه عبور کلاف از صفحه خنثی برعکس کنیم.

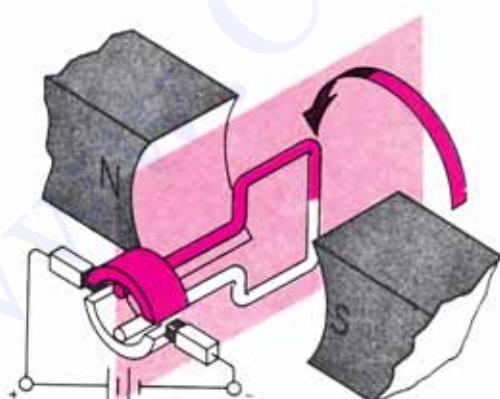
تعویض جای قطبها عملی نیست اما می‌توانیم توسط کموتاتور تغییر به موقع جهت جریان در کلافها را ممکن سازیم.

۴-۲-۴-۴—امکان حرکت دورانی مداوم توسط کموتاتور: همانطور که قبل گفته شد در آرمیچر ساده تک دور، کموتاتور عبارتست از دونیم حلقه هادی که هریک به یک سر کلاف وصل شده است. با توجه به شکل ۲-۱۳ به آسانی با چگونگی عملکرد کموتاتور آشنا خواهید شد.

در شکل ۲-۱۳ جریان عبوری از کلافها موجب ایجاد گشتاور می‌شود و کلاف را در خلاف جهت عقربه‌های ساعت می‌گرداند. وقتی کلاف به وضعیت شکل ۲-۱۴ رسید، گشتاوری به آن وارد نمی‌شود. اما اینرسی کلاف آن را در همان جهت قبلی می‌چرخاند و نیم حلقه کموتاتور متصل به بازوی بالایی کلاف اتصالش از قطب منفی قطع شده و به قطب مثبت وصل می‌شود.



شکل ۲-۱۳—ساختمان موتور ساده جریان مستقیم



شکل ۲-۱۴—قرار گرفتن کلاف موتور ساده در صفحه خنثی

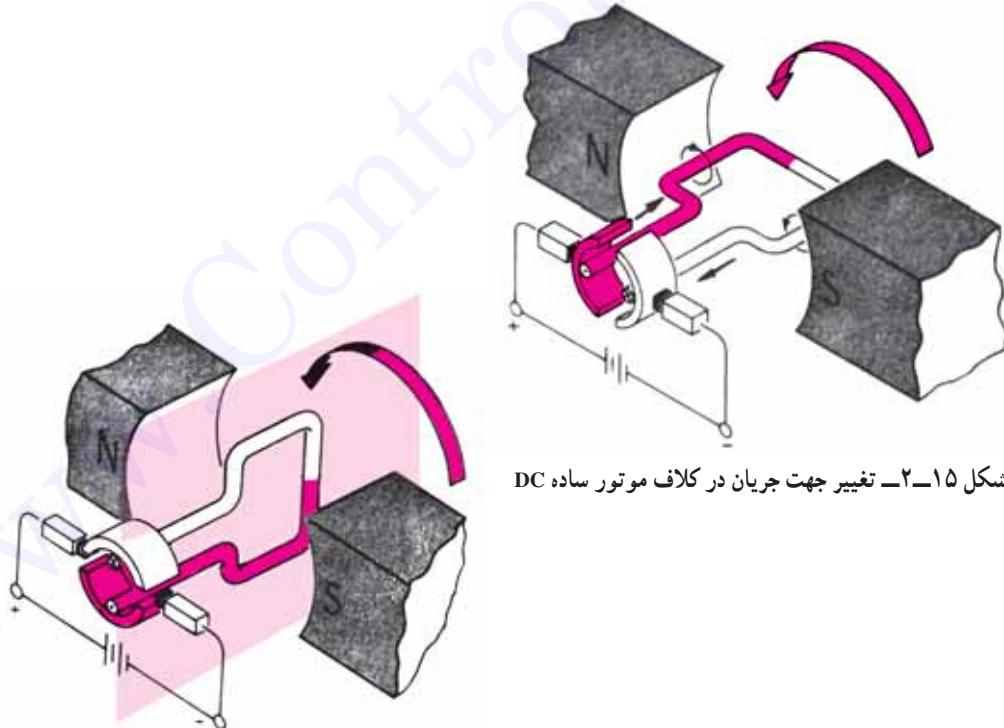
پس طبق شکل ۲-۱۵، جهت جریان در بازوی کلاف عوض شده و گشتاوری در همان جهت قبلی به صفحه کلاف وارد می‌شود. به این ترتیب کموتاتور به کمک جاروبکها عمل مستمر حرکت دورانی کلاف را در یک جهت ممکن می‌سازد.

همین طور در شکل ۲-۱۶ ملاحظه می‌شود که در اثر اینرسی، کلاف از صفحه خشی می‌گذرد و اتصال سیم حلقه بالایی از جاروبک مثبت قطع و به جاروبک منفی وصل می‌شود و نظیر همین عمل برای جاروبک دیگر روی می‌دهد و جریان کلاف تغییر جهت داده، گشتاور وارد به کلاف در همان جهت قبلی باقی می‌ماند و به این ترتیب حرکت دورانی مداوم در یک سمت ایجاد می‌شود.

پس کموتاتور در مولد ساده وظیفه یکسو کردن جریان و در موتور ساده وظیفه یکسو کردن گشتاور را بعهده دارد. ملاحظه می‌شود که موتور ساده نیز ساختمانی مانند مولد ساده خواهد داشت یعنی از چهار قسمت اصلی قطبها، آرمیچر، کموتاتور و جاروبکها تشکیل شده است.

موتور DC ساده فوق گرچه گشتاور مداوم را در یک جهت ایجاد می‌کند اما هنوز دارای معایبی است که بایستی رفع شود تا موتور بتواند عملآ مورد استفاده قرار گیرد.

اولاً: اگر موتور را در حالتی که صفحه کلاف آن در صفحه خشی قرار گرفته به برق وصل کنیم



شکل ۲-۱۵- تغییر جهت جریان در کلاف موتور ساده DC

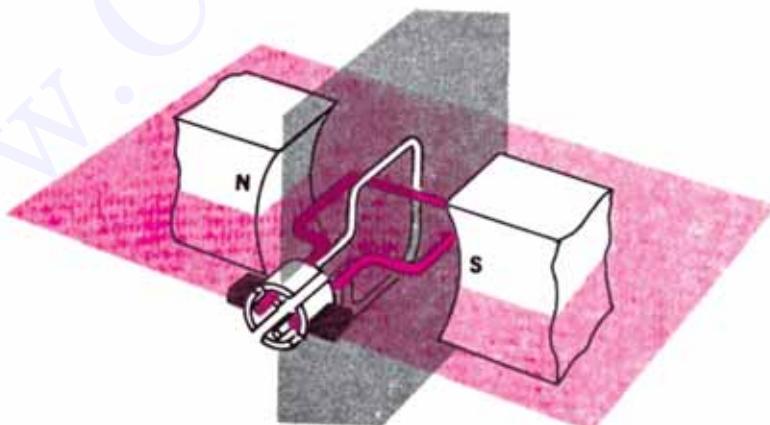
شکل ۲-۱۶- عبور کلاف موتور ساده از صفحه خشی

مانند شکل‌های ۲-۱۴ و ۲-۱۶ موتور به راه نمی‌افتد زیرا :

اتصال کلافها از جاروبکها قطع است و جریانی از آرمیچر نمی‌گذرد و یا اگر از کلاف جریانی بگذرد به این حالت گشتاوری در موتور ایجاد نمی‌شود و برای اینکه موتور شروع به گردش کند بایستی ابدا به وسیله‌ای آن را از وضعیت صفحهٔ خنثی خارج کنیم.

ثانیاً : یکی دیگر از معایب موتور فوق یکنواخت نبودن گشتاور آن طی یک دور گردش است. زیرا در وضعیتهای ۲-۱۳ و ۲-۱۵ گشتاور تولیدی حداکثر و در وضعیت شکل‌های ۲-۱۴ و ۲-۱۶ گشتاور تولیدی صفر است. یعنی طی یک دور گردش آرمیچر، مداوماً مقدار گشتاور در حال کم و زیاد شدن است و چنین موتوری کارآبی خوبی نخواهد داشت. زیرا اگر بار سنگینی روی محور موتور سوار باشد زمانی که صفحهٔ کلاف آرمیچر در صفحهٔ خنثی قرار می‌گیرد هیچ گشتاوری برای بار وجود ندارد و ممکن است محور بایستد و بر عکس زمانی که صفحهٔ کلاف در امتداد خطوط میدان قرار می‌گیرد گشتاور تولیدی حداکثر است، پس این موتور نمی‌تواند بار واقعی را بطور یکنواخت بچرخاند. اگر در آرمیچر چنین موتوری بجای یک کلاف، دو کلاف عمود بر هم تعییه گردد (شکل ۲-۱۷). در این حالت حتی اگر یکی از کلافها در صفحهٔ خنثی قرار گیرد و اتصالش از منبع قطع باشد درست در همان زمان کلاف دیگر در صفحه‌ای قرار می‌گیرد که گشتاور ایجاد شده در آن حداکثر است و موتور با کمک گشتاور این کلاف به راه خواهد افتاد. پس راه حل مشکل فوق، استفاده از تعداد کلافهای بیشتر برای آرمیچر است.

ملاحظه می‌شود که در موتور شکل (۲-۱۷) به دو جفت تیغهٔ کموتاتور نیاز داریم، یعنی یک جفت تیغه برای هر کلاف. اما در شکل مزبور دو مسیر جداگانهٔ جریان در آرمیچر داریم و در هر لحظهٔ معین فقط یک جفت از تیغه‌ها توسط جاروبکها به برق وصل می‌شوند، لذا در هر لحظه فقط یکی از



شکل ۲-۱۷—موتور ساده DC با دو کلاف عمود برهم

کلافها دارای جریان است و در همان کلاف گشتاور ایجاد می‌شود و کلاف دیگر در این لحظه از زمان کاری برای ایجاد گشتاور انجام نمی‌دهد. در واقع کموتاتور در اینجا دو وظیفه مهم را به عهده دارد:
۱- جهت جریان را در کلاف طوری عوض کند که گشتاور ایجاد شده همیشه در یک جهت بماند.

۲- جریان را توسط جاروبیک به کلافی وصل کند که در وضعیت گشتاور حداکثر قرار می‌گیرد.
 جدا بودن کلافها سبب می‌شود که در هر لحظه فقط از یک کلاف جریان عبور کند و کلاف دیگر در واقع به صورت بار اضافی توسط موتور حمل شود. برای حل این مشکل راه حل پیشنهادی چنین است:
 کلافها به طور سری یا موازی (به طریقی که بعداً در بخش ۲-۸ مربوط به سیم‌پیچی آرمیچر گفته خواهد شد) بهم وصل شوند تا جریان بطور همزمان از همه آنها عبور کرده و با در مدار بودن کلافهای بیشتر در هر لحظه، گشتاور حاصل زیادتر و یکنواخت‌تر شود.

۳- تغییر جهت گردش در موتور ساده DC: در بخش ۱-۱۲ دیدیم با توجه به قانون دست چپ اگر جهت جریان در یک هادی که در داخل میدان مغناطیسی قرار دارد عوض شود، جهت نیروی وارد بر آن تغییر می‌کند و نیز اگر جای قطبهای مغناطیسی با هم عوض شوند، در صورت ثابت بودن جهت جریان، باز هم نیروی وارد بر هادی تغییر جهت می‌دهد. با توجه به مطلب فوق نتیجه می‌گیریم که جهت گردش موتور ساده را نیز می‌توان به دو طریق زیر عوض کرد:

۱- تغییر جهت جریان در کلاف که با تغییر پلاریته و لتأثر منع از خارج موتور میسر است.
۲- تغییر قطبهای مغناطیسی که با تغییر جهت جریان در سیم‌پیچی تحریک ممکن است. توجه داشته باشید که اگر قطبهای مغناطیسی از آهنربای طبیعی درست شده باشند، در عمل، جابجایی قطبها میسر نخواهد بود.

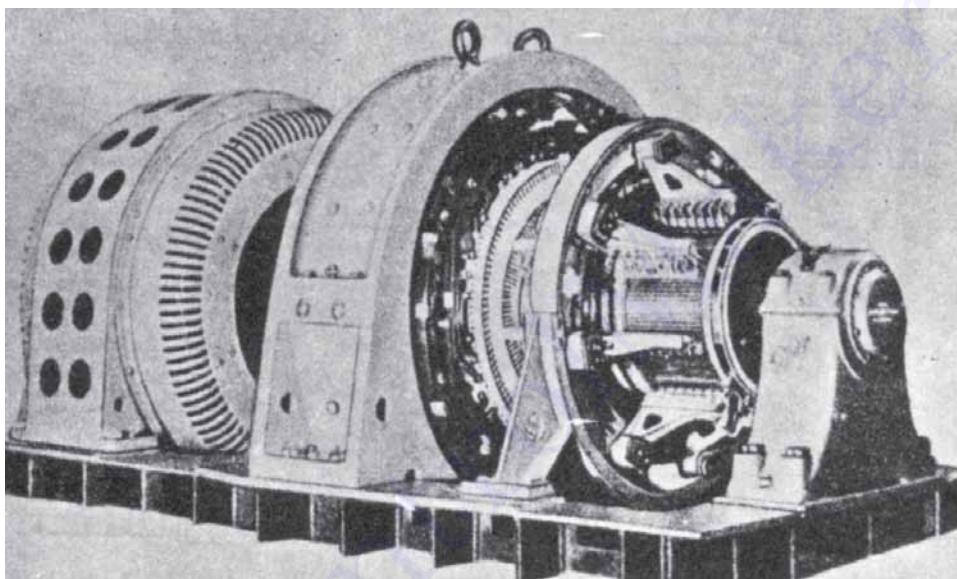
۵- پرسش

- ۱- موتور الکتریکی چه نوع ماشینی است؟
- ۲- چگونگی ایجاد گشتاور در یک موتور DC ساده را تشریح کنید.
- ۳- گشتاور ایجاد شده در موتور DC به چه عواملی بستگی دارد؟
- ۴- وظایف کموتاتور در موتورهای DC را به اختصار بیان کنید.
- ۵- قسمتهای اصلی یک موتور DC ساده را نام ببرید.
- ۶- افزایش تعداد کلافهای یک موتور چه تأثیری در زیاد شدن گشتاور حداکثر و یکنواختی گشتاور تولیدی دارد؟

۶-۲- ساختمان ماشینهای جریان مستقیم

در قسمتهای گذشته با ساختمان و طرز کار یک ماشین (مولد و موتور) ساده جریان مستقیم آشنا شدیم و آموختیم که ماشین ساده دارای اشکالاتی است.

ماشینهای مورد استفاده در عمل دارای ساختمانی پیچیده‌تر و کاملتر هستند. در این قسمت به بررسی ساختمان یک ماشین واقعی می‌پردازیم. شکل ۲-۱۸ تصویر ظاهری یک ماشین DC را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۱۸- مولد جریان مستقیم ۱۰۰۰ کیلوواتی، ۲۵۰ ولت، ۴۰۰۰ آمپر با ۷۵° دور در دقیقه

اجزای تشکیل دهنده ماشین جریان مستقیم را می‌توان به صورت زیر دسته‌بندی کرد :

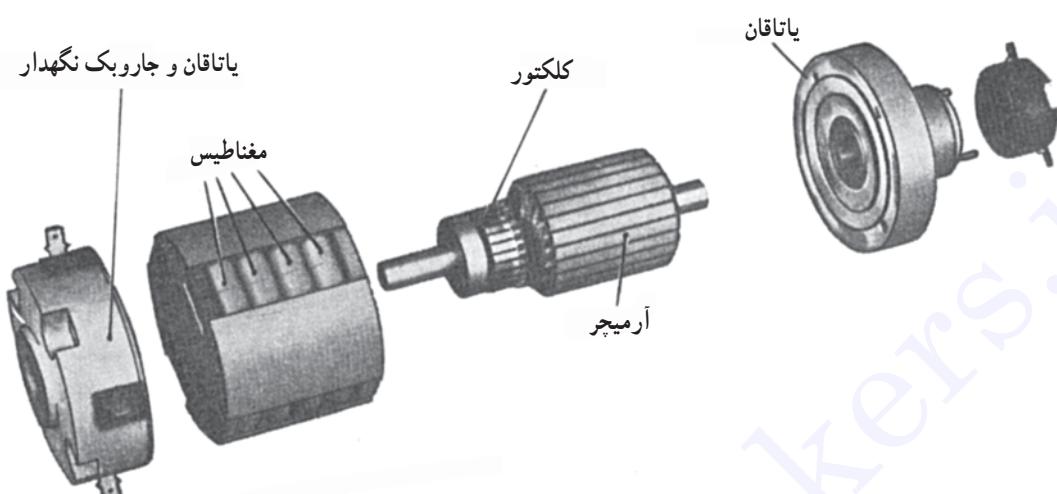
- قسمت ساکن شامل قطبها و بدنه

- قسمت گردان (آرمیچر)

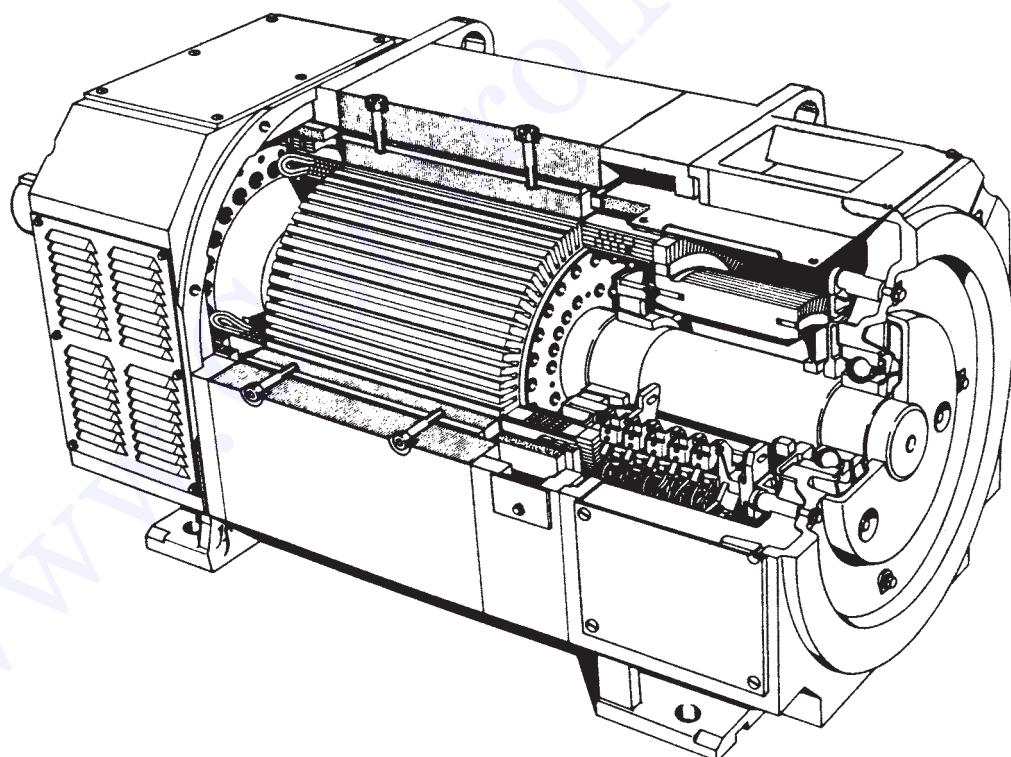
- مجموعه جاروبک و جاروبک نگهدارها

در شکل ۲-۱۹ اجزای تشکیل دهنده یک ماشین DC به صورت باز شده نشان داده شده است.

شکل ۲-۲۰ طرح کلی یک ماشین را به صورت برش خورده نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۲-۲۰ ملاحظه می‌شود که آرمیچر با فاصله هوایی کمی بین قطبها بر روی یاتاقان قرار گرفته است. قطبها به بدنه محکم شده‌اند و جاروبکها نیز به تیغه‌های کلکتور تماس دارند.



شکل ۲-۱۹ - اجزای یک ماشین DC با قطب‌های مغناطیسی دائمی



شکل ۲-۲۰ - طرح ماشین برش خورده جریان مستقیم

۱-۶-۲- اجزای ساکن ماشینهای جریان مستقیم: قسمت ساکن ماشینهای جریان مستقیم

شامل اجزای زیر می‌باشد:

الف - قطبها اصلی

ب - قطبها کمکی

پ - بدنه

شکل ۲۱-۲ استاتور یک ماشین جریان مستقیم را نشان می‌دهد. ساختمان و عملکرد قسمتهای ساکن ماشین به شرح زیر است:

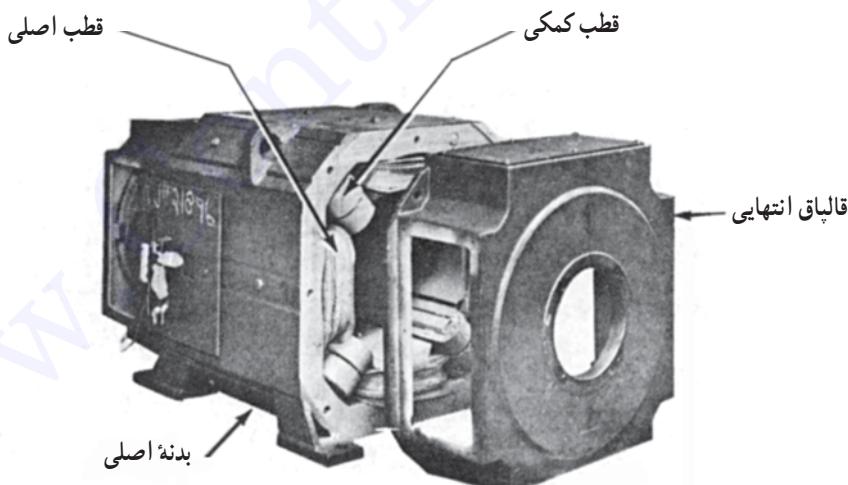
الف - قطبها اصلی: وظیفه این قسمت تأمین میدان مغناطیسی مورد نیاز ماشین است.

شکل ۲۱-۲ محل نصب قطبها اصلی را روی استاتور نشان می‌دهد. قطبها اصلی توسط پیچ به بدنه محکم می‌شوند و تعداد آنها همواره زوج است. به امتداد خطوط قوا قطبها اصلی، محور طولی یا مستقیم ماشین DC گفته می‌شود. قطبها اصلی خود از قسمتهای مختلفی درست شده‌اند که عبارتند از:

- هسته قطبها

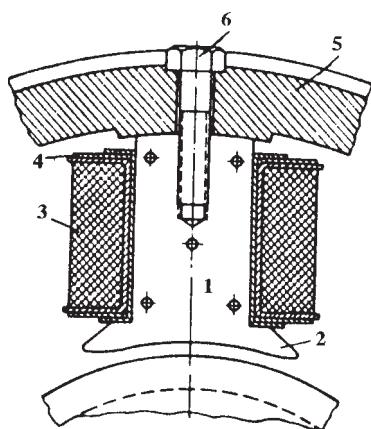
- کفشه کقطبها

- سیم پیچ تحریک



شکل ۲۱-۲- استاتور یک ماشین جریان مستقیم

هسته قطب از ورقهای فولاد الکتریکی به ضخامت حدود $5/65$ میلیمتر با خاصیت مغناطیسی قابل قبول تشکیل می‌شود. در داخل هسته شیار یا منفذی جهت تهییه قطبها پیش‌بینی



شکل ۲-۲۲- قطب ماشین جریان مستقیم

شده است (شکل ۲-۲۲).

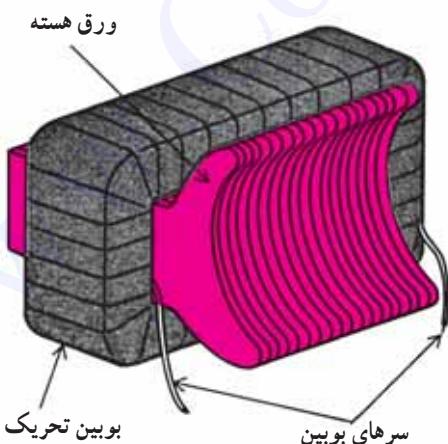
شکل قطب به نحوی است که سطح مقطع کوچکتر، برای سیم پیچی اختصاص داده می شود و قسمت بزرگتر که کفشک قطبی است سبب شکل دادن میدان مغناطیسی و سهولت هدایت فوران مغناطیسی به فاصله هوایی می شود. در شکل ۲-۲۲ کفشک قطب با شماره (۲) مشخص شده است. همچنین هسته کامل قطب اصلی در شکل ۲-۲۳ نشان داده شده است.

شکل مخصوص هسته قطبها اصلی سبب می شود که :

اوّلاً، فوران وارد شده به آرمیچر سطح پیشتری را اشغال نماید یا پوشش دهد.

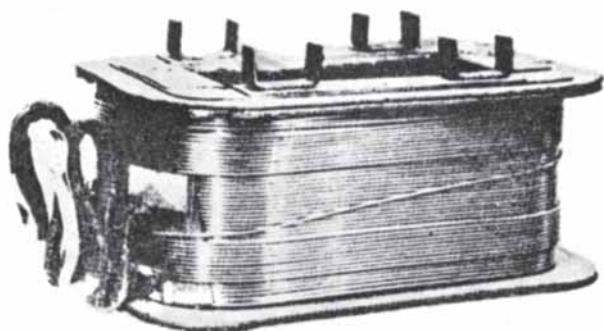
ثانیاً، با تقلیل سطح مقطع در هسته قطب، سیمهای مسی کمتری برای سیم پیچی میدان مصرف گردد. (در فصل ۱ دیدیم که تعداد دور هادی در مقدار فوران قطبها مؤثر است و نه طول هادی). ثالثاً، افزایش سطح کفشکهای قطبی، مقاومت مغناطیسی فاصله هوایی را بین قطب اصلی و هسته آرمیچر تقلیل می دهد.

رابعاً، این امکان فراهم می شود که سیم پیچی را در داخل انجام داده سپس آن را روی قطب سوار نمود، و بعد قطب را به بدنه بست. در نتیجه، سیم پیچی بنحو مطلوب و محکم اجرا می گردد. سیم پیچ تحریک یا سیم پیچ قطب اصلی دور هسته قطبی (هسته شماره ۱ در شکل ۲-۲۲) پیچیده می شود.

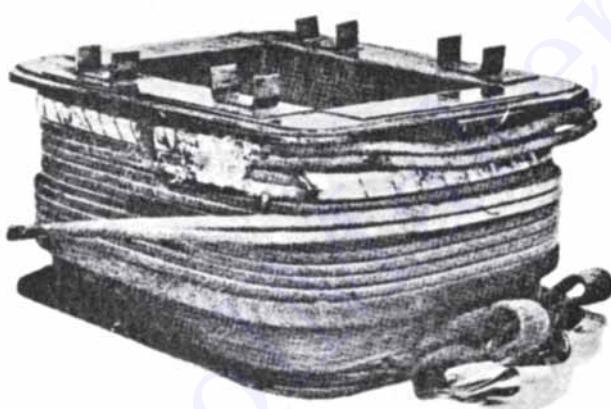


شکل ۲-۲۳- هسته کامل قطب اصلی

البته سیم بندی تحریک روی قالبی که از جنس باکالیت یا از ورق فولادی است پیچیده می شود. این ورقهای فولادی ۱ تا ۲ میلیمتر ضخامت داشته و روی آن روکش مقوایی به ضخامت ۲ تا ۳ میلیمتر کشیده می شود. در شکل ۲-۲۴ سیم پیچی تحریک با شماره (۳) و قالب سیم پیچی با شماره (۴) مشخص شده است. برای ایجاد میدان مغناطیسی در قطبها اصلی ماشین DC نیاز به آمپر دور مشخصی است. برای



الف - برای جریانهای کم

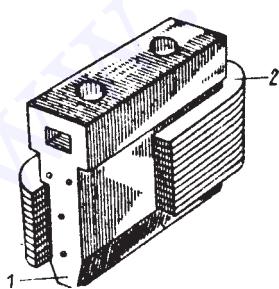


ب - برای جریانهای زیاد

شکل ۲-۲۴ - سیم پیچ تحریک قطبها اصلی ماشین DC

جریانهای کم باستی تعداد دور سیم پیچ تحریک زیاد باشد ولی چون جریان کم است سطح مقطع سیم کم می باشد (شکل ۲-۲۴ - الف). در جریانهای زیاد تعداد دور کمی برای سیم پیچ لازم است ولی چون جریان زیاد است باستی سطح مقطع سیم بزرگ باشد (شکل ۲-۲۴ - ب).

ب - قطبها کمکی: قطبها کمکی در ماشینهای جریان مستقیم از هسته و سیم پیچ تشکیل



شکل ۲-۲۵ - قطب کمکی

۱ - هسته ۲ - سیم پیچی

می شوند (شکل ۲-۲۵). هسته قطبها کمکی را معمولاً از فولاد یکپارچه می سازند. در ماشینهای جریان مستقیم که تغییر بار ناگهانی دارند، هسته قطبها کمکی از ورقهای فولادی ساخته می شود و وظیفه این قطب را در بخش ۲-۶ خواهد آموخت.

قطبها کمکی روی محور خشی یعنی در وسط دو قطب

غیرهمنام مجاور قرار می گیرند (شکل ۲-۲۱).

سیم پیچی قطب کمکی با تعداد دور کم و سطح مقطع زیاد

پیچیده می شود.

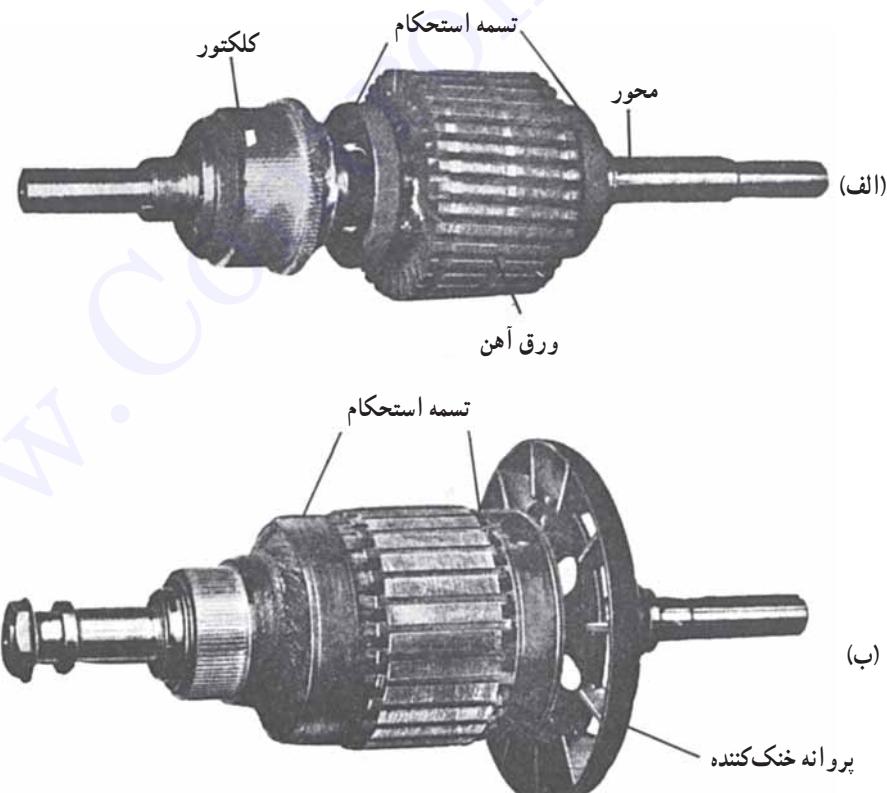
پ— بدنه: در شکل‌های ۲-۱۸ و ۲-۲۰ بدنه ماشین DC دیده می‌شود.

قطبهای اصلی، کمکی و جاروبک نگهدار روی بدنه محکم می‌شوند و بوسیله بدنه، ماشین روی پایه‌اش نصب می‌گردد. قسمتی از بدنه را هسته آهنی تشکیل می‌دهد که برای هدایت فوران مغناطیسی قطب‌های اصلی و کمکی به کار می‌رود. این قسمت طوق نامیده می‌شود. بدنه را از چدن یا آلومنیوم می‌سازند.

۲-۲۶— قسمت گردان یا آرمیچر: در ماشینهای جریان مستقیم قسمت گردانه را القاء شونده یا آرمیچر می‌نامند که از اجزای زیر تشکیل می‌شود :

- الف — هسته آرمیچر
- ب — سیم پیچی آرمیچر
- پ — کلکتور یا یکسوکننده مکانیکی
- ت — محور
- ث — پروانه خنک کننده

شکل ۲-۲۶ نمونه‌هایی از آرمیچر ماشینهای جریان مستقیم را نشان می‌دهد.



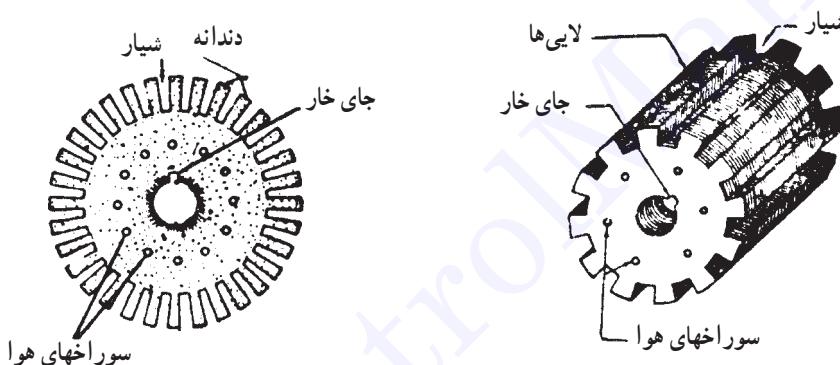
شکل ۲-۲۶— نمونه‌های آرمیچر ماشینهای جریان مستقیم

هر کدام از قسمتهای تشکیل دهنده آرمیچر ساختمانی به شرح زیر دارند :

الف - هسته آرمیچر: هسته آرمیچر از ورقهای فولادی به ضخامت 5 mm میلیمتر ساخته می شود که با یک لایه نازک از هم عایق شده اند. بر روی هسته آرمیچر شیارهایی تعییه شده است تا سیم پیچها در داخل آنها جادا ده شوند. این شیارها ممکن است به صورت باز یا نیمه باز باشند. آرمیچر ماشینهای کوچک دارای شیارهای تهویه محوری و آرمیچر ماشینهای با قدرت زیاد، دارای شیارهای تهویه شعاعی است.

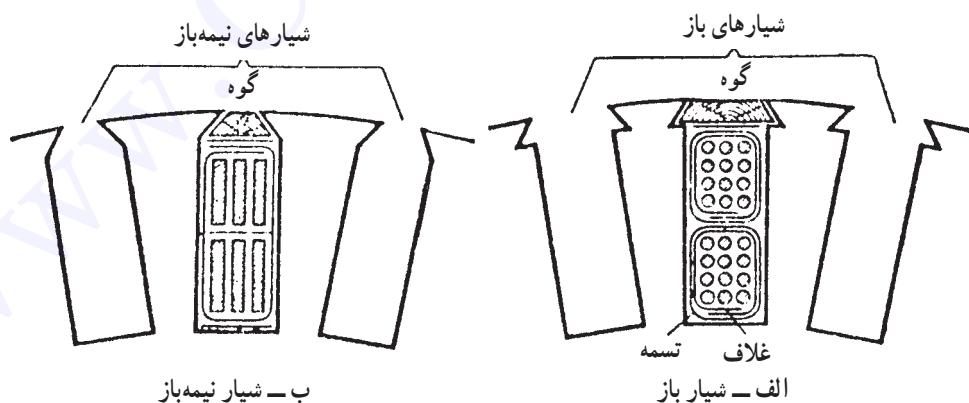
آرمیچرهایی که شیارهای تهویه شعاعی دارند از چند دسته ورق بطول 4 mm تا 10 mm سانتیمتر که با یکدیگر 8 mm تا 10 mm میلیمتر فاصله دارند تشکیل می گردند.

شکل ۲-۲۷ هسته و یک ورق از هسته آرمیچر با تهویه محوری را نشان می دهد.



شکل ۲-۲۷ - هسته و ورق هسته آرمیچر با شیارهای تهویه محوری

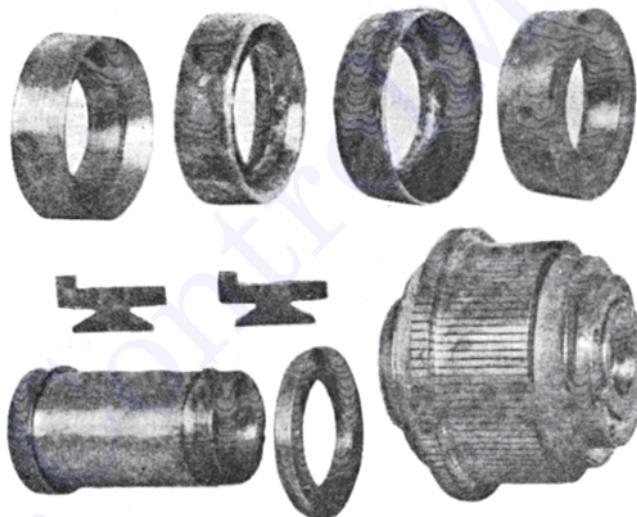
دو نمونه از شیارهای آرمیچر ماشینهای DC در شکل ۲-۲۸ نشان داده شده است.



شکل ۲-۲۸ - شیارهای هسته آرمیچر

ب — سیم پیچی آرمیچر: سیم پیچی آرمیچر از کلافهای مشابهی تشکیل می‌گردد که در ماشینهای بزرگ قبلًا آنها را به وسیله الگو تهیه می‌نمایند و سپس در شیارها قرار می‌دهند. سیم پیچی آرمیچر مبتنی بر اصول فنی بوده و از طراحی ماشینهای جریان مستقیم تبعیت می‌نماید. در بخش ۲-۸ در حد مورد نیاز مبانی ماشینهای الکتریکی DC، سیم پیچی آرمیچر مورد بحث و بررسی قرار خواهد گرفت.

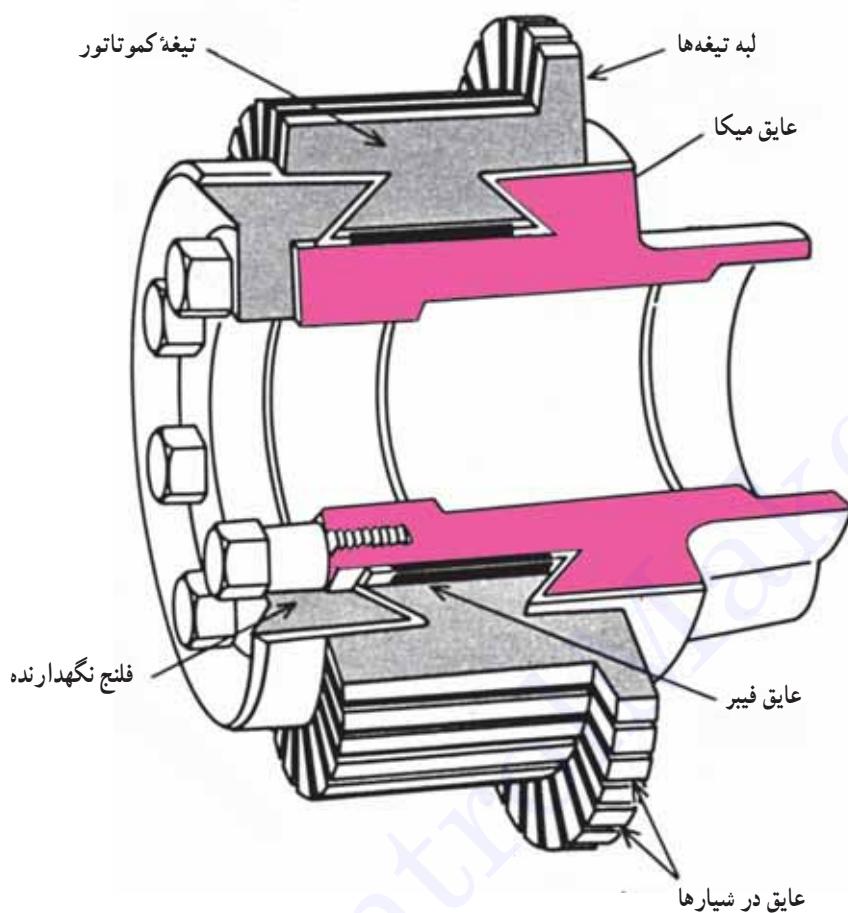
پ — کلکتور یا یکسوکننده مکانیکی: کلکتور از تیغه‌های مسی سخت که توسط میکا نسبت به یکدیگر و محور ماشین عایق شده‌اند تشکیل می‌شود. این تیغه‌ها را از طریق ریخته گری مخصوص یا پرس کردن به یکدیگر محکم می‌کنند. مقطع هر تیغه کلکتور به شکل ذوزنقه است و بوسیله اتصال دم چلچله‌ای به جایگاه خود محکم می‌گردد و انتهای کلافهای سیم پیچی توسط لحیم و یا پرس کردن به تیغه کلکتور وصل می‌شود. شکل ۲-۲۹ کلکتور و اجزای تشکیل دهنده آن را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۲۹—کلکتور و اجزای آن

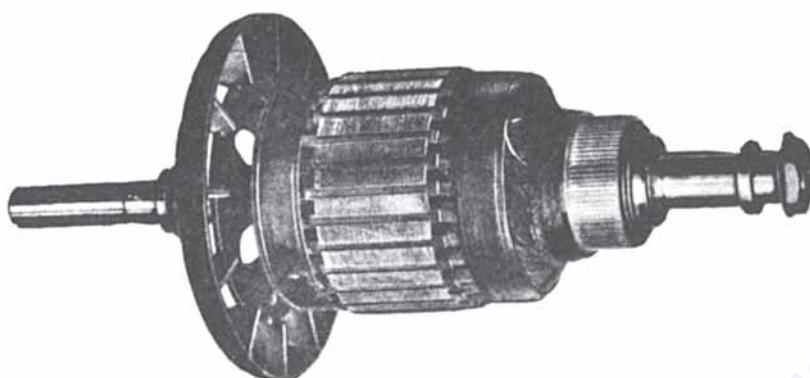
شکل ۲-۳۰ برش ساععی کلکتور را نشان می‌دهد.

ت — محور: محور آرمیچر ماشینهای جریان مستقیم باید از فولادی تهیه گردد که خاصیت مغناطیسی آن کم، اما استحکام مکانیکی کافی در مقابل تنشهای برشی، کششی و پیچشی را دارا باشد. انتخاب کردن محور ضعیف، خطرآفرین بوده و ممکن است در موقع بروز خطا، سبب انهدام کلی ماشین شود.



ث - پروانه خنک کننده: پروانه خنک کننده سبب تهویه و افزایاد عمر مفید ماشین می‌شود. هم‌زمان با حرکت آرمیچر، پروانه نصب شده روی محور که فن نیز نامیده می‌شود به حرکت درآمده و با ایجاد جریان هوا در داخل ماشین موجب انتقال سریعتر گرمای ایجاد شده به خارج از ماشین می‌گردد. با این کار دمای کار ماشین در یک حد مشخص محدود خواهد شد. شکل ۲-۳۱ آرمیچر یک نوع ماشین DC را پروانه خنک کننده نشان می‌دهد. بدیهی است که در ماشینهای پرقدرت و بزرگ تدبیر بیشتری برای تهویه لازم است.

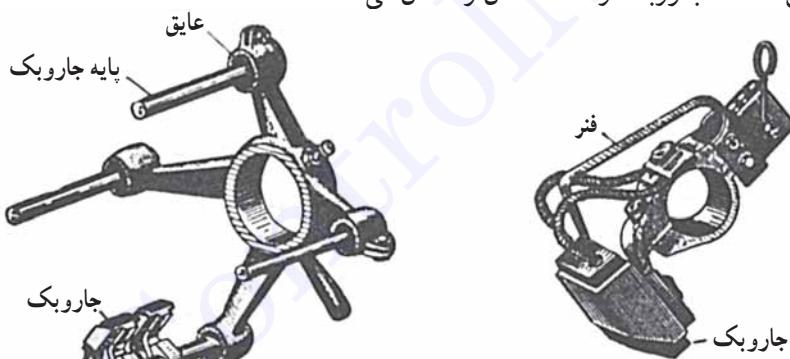
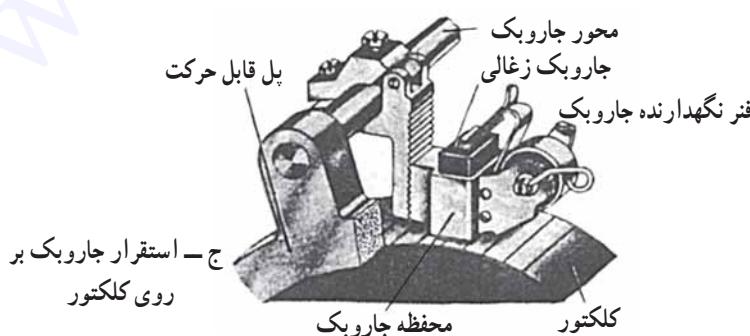
۲-۶-۳ - جاروبک و جاروبک نگهدار: در قسمت ساکن ماشین جریان مستقیم وسیله‌ای بنام دستگاه جاروبک نگهدار نصب شده است. وظیفه جاروبک نگهدار، قرار دادن صحیح جاروبک روی تیغه‌های کلکتور است. جاروبکها قطعاتی از جنس زغال یا گرافیت می‌باشند که برای گرفتن جریان از کلکتور یا دادن جریان به آن مورد استفاده قرار می‌گیرند.



شکل ۲-۳۱ - آرمیچر ماشین DC با پروانه خنک کننده

در ماشینهای با قدرت زیاد از جاروبک با مخلوطی از گرافیت و مس استفاده می‌شود. جاروبکها در جاروبک نگهدار قرار گرفته و توسط فنری با فشار قابل تنظیم (حدود ۱۵۰° تا ۲۵۰° گرم نیرو بر سانتیمتر مربع) روی کلکتور فشرده می‌شوند.

شکل ۲-۳۲ جاروبک و متعلقات آن را نشان می‌دهد.

الف - جاروبک و متعلقات آن
ب - رینگ و جاروبک نگهدار

شکل ۲-۳۲ - جاروبک و متعلقات آن