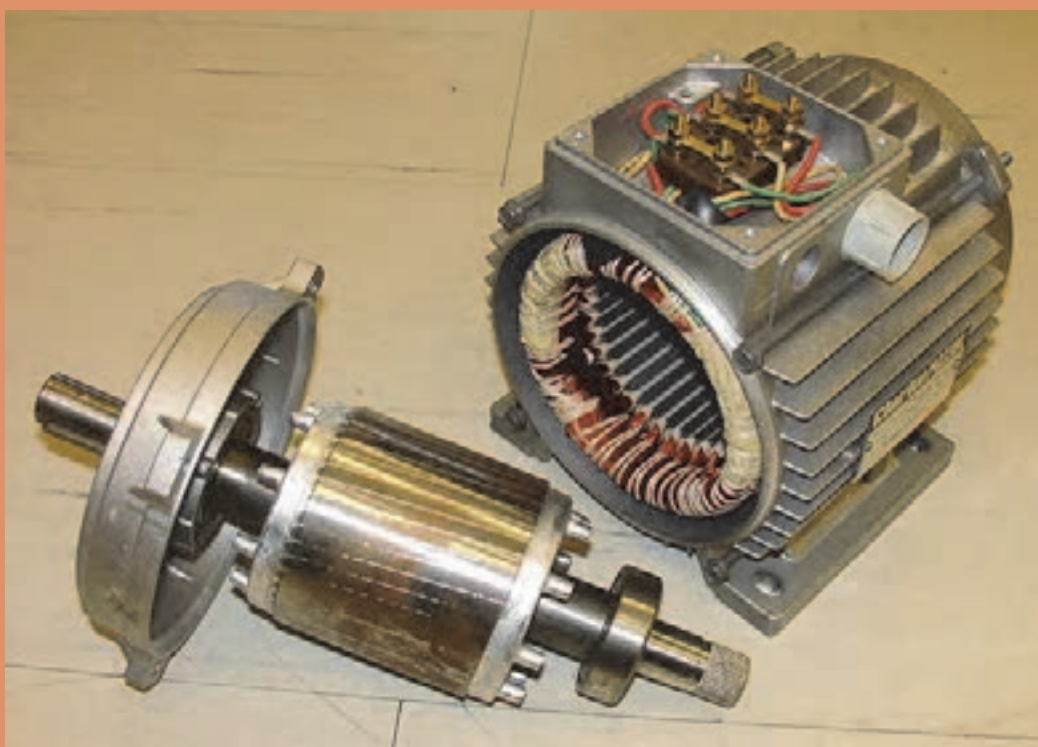


## پودمان ۲

### ماشین‌های الکتریکی



## واحد یادگیری ۲

### ماشین‌های الکتریکی

#### آیا تابه‌حال پی برده‌اید

- مبانی ماشین‌های الکتریکی چگونه است؟
- طبقه‌بندی ماشین‌های الکتریکی از نظر نوع تبدیل انرژی و نوع جریان چگونه است؟
- پدیده القا در ماشین‌های الکتریکی چگونه ایجاد می‌شود؟
- ساختمان ماشین‌های جریان مستقیم از چه اجزایی تشکیل شده است؟
- طرز کار ماشین‌های جریان مستقیم به چه نحوی می‌باشد؟
- ماشین DC چه انواعی دارد و هر کدام در چه زمینه‌ای کاربرد دارد؟
- ساختمان ماشین‌های جریان متناوب از چه اجزایی تشکیل شده است؟
- طرز کار موتورهای القایی سه فاز به چه نحوی می‌باشد؟
- انواع موتورهای القایی سه فاز چیست و هر کدام در چه زمینه‌ای کاربرد دارد؟
- ساختمان و نحوه کار موتور سنکرون چگونه می‌باشد؟
- نحوه کار موتورهای الکتریکی تک‌فاز به چه نحوی می‌باشد؟
- موتور الکتریکی تک‌فاز چه انواعی دارد و هر کدام در چه زمینه‌ای کاربرد دارد؟
- پلاک‌خوانی ماشین‌های الکتریکی چگونه انجام می‌شود؟

#### استاندارد عملکرد

پس از اتمام این واحد یادگیری، هنرجویان قادر خواهند بود ضمن شناخت انواع ماشین‌های الکتریکی، با ساختمان داخلی، نحوه عملکرد، ساختار، نوع سیم‌پیچی و اجزای انواع ماشین‌های الکتریکی آشنا شده و توانایی خواندن پلاک انواع ماشین‌ها را کسب نمایند.

## بررسی قوانین حاکم بر ماشین های الکتریکی

ماشین های الکتریکی نقش مهمی در صنعت و در زندگی روزمره ما دارند. ماشین های الکتریکی در لوازم خانگی مانند: یخچال، جاروبرقی، همزن، پنکه، تهویه مطبوع و در بسیاری از وسایل الکتریکی مشابه مورد استفاده قرار می گیرند. در مراکز صنعتی، کارخانجات و شناورها، عامل حرکت بیشتر ابزارها، ماشین های الکتریکی هستند. همچنین ماشین های الکتریکی با تبدیل انرژی مکانیکی به انرژی الکتریکی نقش اصلی را در تأمین برق مورد نیاز مصرف کننده های الکتریکی ایفا می کنند.

### ماشین های الکتریکی

انرژی الکتریکی می تواند به انرژی مکانیکی تبدیل شود و همچنین تبدیل انرژی مکانیکی به انرژی الکتریکی نیز میسر است. دستگاه هایی که این دو انرژی را به هم تبدیل می کنند، ماشین های الکتریکی نام دارند. فرایند تبدیل انرژی مکانیکی به الکتریکی و بالعکس را تبدیل انرژی الکترومکانیکی می نامند. بنابر این ماشین الکتریکی، دستگاه واسطه ای بین سیستم الکتریکی و سیستم مکانیکی محسوب می شود که این ارتباط در ماشین الکتریکی بر مبنای میدان الکترومغناطیسی صورت می گیرد (جدول ۱).

جدول ۱- تقسیم بندی ماشین های الکتریکی

تقسیم بندی ماشین های الکتریکی		
از دیدگاه «نوع تبدیل انرژی»	۱- موتور الکتریکی	۲- ژنراتور (مولد) الکتریکی
از دیدگاه «نوع جریان الکتریکی»	۱- جریان متناوب AC (Alternating Current)	۲- جریان مستقیم DC (Direct Current)

ماشین های الکتریکی از دو دیدگاه «نوع تبدیل انرژی» و «نوع جریان الکتریکی» طبقه بندی می شوند. از دیدگاه انرژی، اگر ماشین الکتریکی، انرژی الکتریکی را به انرژی مکانیکی تبدیل کند، «موتور الکتریکی» نامیده می شود و اگر ماشین الکتریکی، انرژی مکانیکی را به انرژی الکتریکی تبدیل کند، «ژنراتور (مولد) الکتریکی» نامیده می شود. از دیدگاه نوع جریان، ماشین های الکتریکی اعم از موتور یا ژنراتور الکتریکی، به دو دسته «جریان متناوب AC» و «جریان مستقیم DC» طبقه بندی می شوند.



شکل ۱ - موتور و ژنراتور الکتریکی در یک شناور

در شکل ۱ تصویر سمت چپ چند موتور الکتریکی به کار رفته در یک شناور و تصویر سمت راست یک ژنراتور الکتریکی در شناور را نشان می‌دهد.

با توجه به مطالب گفته شده در مورد انواع ماشین‌های الکتریکی مورد استفاده روزمره (مانند مسواک برقی، آرمیچر، پمپ آب، پنکه، ریش تراش برقی و ...) از نظر نوع جریان بحث و تبادل نظر گردد.

بحث کلاسی



### قانون القای الکترومغناطیسی فاراده

قانون القای الکترومغناطیسی فاراده یکی از اساسی‌ترین قوانین مغناطیسی در فیزیک است. طرز کار وسایل الکتریکی که الکترومغناطیس در آنها نقش دارد به کمک این قانون قابل فهم است؛ به خصوص در تحلیل طرز کار وسایل تبدیل انرژی الکترومکانیکی اعم از موتور یا ژنراتور کاربرد فراوان دارد. قانون القای الکترومغناطیسی فاراده و روابط حاکم بر آن را می‌توان با انجام یک آزمایش ساده به دست آورد.

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

کار کلاسی



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

همان طور که در آزمایش بالا مشاهده گردید، در اثر حرکت آهنربای دائم در حلقه، جریانی برقرار می شود که آن را «جریان القایی» می نامند. همانطور که می دانید عامل جاری شدن جریان در هر مدار الکتریکی، نیروی محرکه (E) است. جریان القایی نیز ناشی از یک نیروی محرکه است که آن را «نیروی محرکه القایی (EMF)» می نامند. نیروی محرکه القایی را به اختصار با (e) نشان می دهند.

فاراده با آزمایش هایی نظیر آزمایش قبل، توانست قانونی به دست آورد که به قانون القای الکترومغناطیسی فاراده مشهور شد. وی بر اساس این آزمایش ها متوجه شد که تغییر فوران مغناطیسی مهم ترین عامل ایجاد نیروی محرکه القایی است. به مجموع خطوط نیروی میدان مغناطیسی اطراف یک مغناطیس یا آهنربا، فوران یا شار مغناطیسی می گویند و آن را با  $\Phi$  نمایش می دهند؛ لذا فاراده این قانون را این گونه تعریف کرد: «مقدار نیروی محرکه القایی در هر مدار با آهنگ تغییر فوران مغناطیسی متناسب است».

فاراده به کمک این قانون برای محاسبه مقدار نیروی محرکه القایی، رابطه زیر را ارائه کرد:

$$e = N \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

$\Delta\phi$  = تغییرات فوران مغناطیسی بر حسب وبر (wb)

$\Delta t$  = مدت زمان وقوع تغییرات فوران مغناطیسی بر حسب ثانیه (s)

$N$  = تعداد حلقه‌های سیم پیچ

$e$  = نیروی محرکه القایی در سیم پیچ بر حسب ولت (v)

### قانون لنز

در پدیده القای الکترومغناطیسی پلاریته، نیروی محرکه القایی و جهت جریان القایی مشخص نشد. پلاریته نیروی محرکه القایی و جهت جریان القایی با استفاده از اصل بقای انرژی تعیین خواهد شد. در این مبحث اصل بقای انرژی به صورت «قانون لنز» بیان می‌شود که توسط آقای لنز در سال ۱۸۳۴ میلادی ارائه گردید. این قانون بیان می‌کند: «جریان القایی در جهتی برقرار می‌شود که با عامل به وجود آورنده خود مخالفت کند». قانون لنز در مورد جریان‌های القایی به کار می‌رود. از آنجایی که جریان در مدار بسته جاری می‌شود، لذا قانون لنز در مدارهای بسته کاربرد دارد.

مطابق شکل، مقطع یک حلقه هادی و یک آهن‌ربا را تهیه کنید و آهن‌ربا را مطابق مراحل گفته شده به حلقه نزدیک و سپس دور کنید و با توجه به نتایج به دست آمده، جدول را تکمیل کنید.

کار کلاسی



مراحل کاری	شرح آزمایش	تصویر
۱	<p>هنگامی که قطب (N) آهنربا به طرف حلقه حرکت داده می شود، مطابق آزمایش فاراده، جریان الکتریکی در حلقه جاری می شود. این جریان، میدان مغناطیسی در اطراف حلقه تولید خواهد نمود. طبق قانون لنز جهت جریان القایی به گونه ای است که با عامل به وجود آورنده اش مخالفت می کند؛ بدین معنی که میدان مغناطیسی ناشی از جریان القایی با ..... به سمت حلقه مخالفت خواهد کرد. یعنی قطب (N) میدان حلقه مقابل قطب (N) آهنربا قرار می گیرد تا با ایجاد ..... مانع حرکت آهنربا به سمت حلقه شود.</p>	
۲	<p>اگر آهنربا مطابق شکل به عقب حرکت داده شود، مطابق آزمایش فاراده نیز در این حالت جریان القایی در حلقه جاری می شود و طبق قانون لنز، میدان مغناطیسی ناشی از این ..... نیز با عامل به وجود آورنده اش که همان حرکت رو به عقب آهنربا است، مخالفت خواهد کرد. یعنی میدان حلقه، قطب S خود را در مقابل قطب (N) آهنربا قرار می دهد تا با ایجاد نیروی ..... مانع حرکت آهنربا شود.</p>	

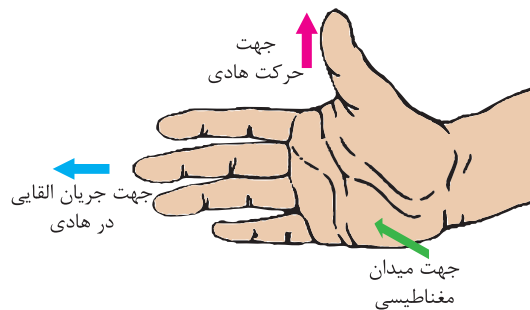
همان طور که در آزمایش بالا مشاهده کردید، وقتی آهنربا به طرف حلقه حرکت می کند، جریان القایی ظاهر می شود. به بیان القای الکترومغناطیسی فاراده، این حرکت دادن همان تغییر فوران است که جریان القایی را تولید می کند و طبق قانون لنز، میدان مغناطیسی ناشی از جریان القایی با این حرکت دادن مخالفت خواهد کرد. حرکت آهنربا به سمت حلقه یا دور شدن از حلقه همیشه تحت تأثیر نیروی مقاوم میدان مغناطیسی حلقه قرار می گیرد. از این رو لازم است نیرویی که صرف حرکت آهنربا می گردد کاری انجام دهد. جهت میدان مغناطیسی جریان القایی به گونه ای است که همواره با عامل به وجود آورنده اش (حرکت آهنربا) مخالفت می کند. این مخالفت در رابطه قانون القای الکترومغناطیسی فاراده با یک علامت منفی به صورت زیر نشان داده می شود:

$$e = -N \frac{\Delta \phi}{\Delta t}$$

علامت منفی بیانگر همان قانون لنز است که در محاسبات دخالت داده نمی شود. لذا e به عنوان نیروی ضد محرکه القایی معرفی می شود تا مخالفت آن بر اساس قانون لنز در نام آن گنجانیده شده باشد.

## قانون دست راست

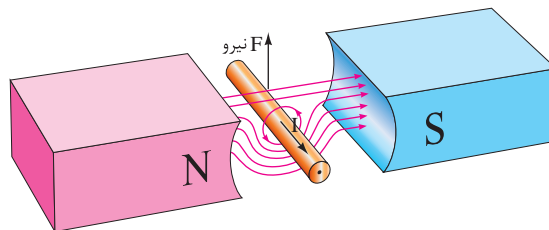
تعیین جهت جریان القایی با قانون بقای انرژی که به صورت قانون لنز در قسمت قبل مطرح شد، در برخی موارد دشوار است. روش ساده برای تعیین جهت جریان القایی قانون دست راست است که آن را نیز می‌توان به کار برد. طبق این قانون اگر دست راست را مطابق (شکل ۲) طوری نگه داریم که فوران مغناطیسی از قطب N به کف دست وارد شود و شست جهت حرکت هادی را نشان دهد، انگشتان جهت جریان القایی هادی را نشان خواهند داد.



شکل ۲- قانون دست راست

## نیروی مغناطیسی وارد بر هادی حامل جریان الکتریکی

یک هادی حامل جریان الکتریکی، در میدان مغناطیسی قطب‌های N و S آهن‌ربایی قوی در نظر گرفته شده است (شکل ۳).



شکل ۳- هادی حامل جریان الکتریکی در میدان مغناطیسی

جهت میدان مغناطیسی قطب‌ها از سوی قطب (N) به سمت قطب S می‌باشد. مشاهده می‌شود در پایین هادی، جهت میدان مغناطیسی قطب‌ها و جهت میدان مغناطیسی اطراف هادی هم جهت می‌باشد و یکدیگر را تقویت می‌کنند؛ اما در بالای هادی جهت میدان مغناطیسی آنها مخالف یکدیگر می‌باشد و هم‌دیگر را تضعیف می‌کنند. لذا نیروی مغناطیسی به هادی از سوی میدان قوی‌تر به سمت میدان ضعیف‌تر وارد می‌شود و هادی را به سمت بالا حرکت می‌دهد. در نتیجه، «به هر هادی حامل جریان در میدان مغناطیسی، نیروی مغناطیسی وارد می‌شود، به طوری که نیروی مغناطیسی سعی به بیرون راندن هادی از درون میدان مغناطیسی دارد».



## ماشین های الکتریکی

به نیروی مغناطیسی وارد به هادی حامل جریان الکتریکی، به احترام لورنس که مفاهیم میدان های الکتریکی و مغناطیسی را شرح و تفصیل داده است، «نیروی لورنس» می گویند. مقدار نیروی مغناطیسی از رابطه زیر به دست می آید:

$$F = BIL$$

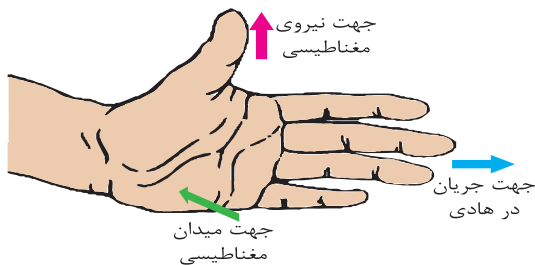
$F$  = نیروی مغناطیسی بر حسب نیوتن (N)

$B$  = چگالی فوران (شار) مغناطیسی بر حسب  $(\frac{wb}{m^2})$

$I$  = شدت جریان الکتریکی هادی بر حسب آمپر (A)

$L$  = طول مؤثر هادی که تحت تأثیر میدان مغناطیسی قرار می گیرد بر حسب متر (m)

### قانون دست چپ



برای تعیین جهت نیروی مغناطیسی، قانون دست چپ ارائه شده است. طبق این قانون اگر دست چپ خود را مطابق شکل ۴ به گونه ای نگه دارید که فوران مغناطیسی از قطب (N) به کف دست وارد شود و انگشتان، جهت جریان الکتریکی هادی را نشان دهند، انگشت شست جهت نیروی مغناطیسی وارد به هادی را نشان می دهد.

شکل ۴- قانون دست چپ

نیروی مغناطیسی وارد بر هادی حامل جریان الکتریکی و قانون دست راست و قانون دست چپ را نگاه کنید.

نمایش فیلم



فعالیت  
کارگاهی



## ارزشیابی مرحله‌ای

ردیف	مراحل کاری	شرایط کار (ابزار، مواد، تجهیزات، مکان)	نتایج ممکن	استاندارد (شاخص‌ها، داوری، نمره‌دهی)	نمره
۱	بررسی قوانین حاکم بر ماشین‌های الکتریکی	تجهیزات: ابزار و تجهیزات لازم 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

## ماشین های جریان مستقیم (DC)

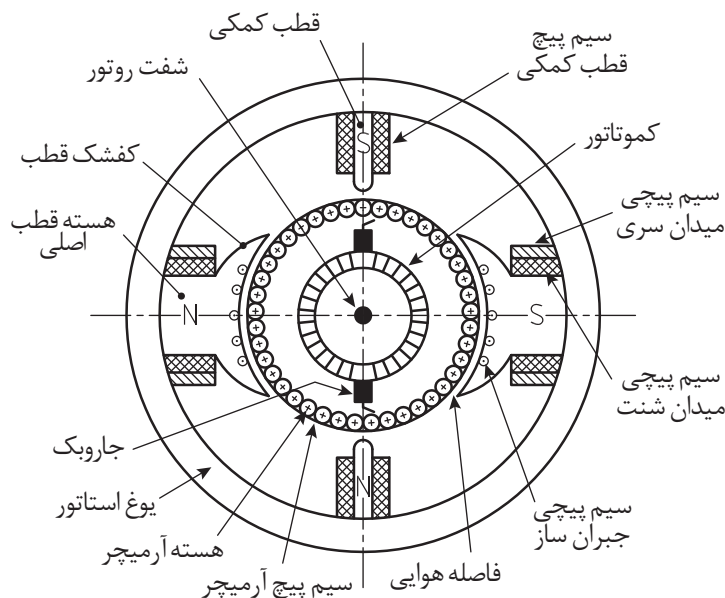
ماشین جریان مستقیم وسیله ای است که انرژی جریان مستقیم را به انرژی مکانیکی تبدیل می کند. مدل معمولی این نوع موتورها وابسته به نیروی حاصل از میدان های مغناطیسی است. تصویر ظاهری ماشین های جریان مستقیم در شکل ۵ نشان داده شده است.



شکل ۵- ماشین های جریان مستقیم (DC)

### ساختار ماشین های جریان مستقیم

ماشین های جریان مستقیم در عمل دارای ساختار پیچیده تری می باشند و به لحاظ شکل ظاهری کمی متفاوت هستند. این پیچیدگی و تفاوت در مقایسه آنها با ماشین های جریان متناوب محسوس می باشد (شکل ۶).



شکل ۶- ساختار ماشین های جریان مستقیم

اجزای ماشین های جریان مستقیم را نگاه کنید.

نمایش فیلم



اجزای تشکیل دهنده ماشین‌های جریان مستقیم را می‌توان به صورت زیر دسته بندی کرد:

۱- قسمت‌های ساکن (استاتور)

۲- قسمت‌های گردان (رتور)

هر کدام از قسمت‌های فوق به‌طور خلاصه توضیح داده می‌شود.

۱- اجزای قسمت ساکن (استاتور) این نوع ماشین‌ها عبارت‌اند از: (شکل ۷)

#### الف) بدنه:

بدنه نقش تکیه‌گاه و حفاظت از سایر اجزای ماشین را ایفا می‌کند. پایه‌ها بر روی بدنه قرار دارند تا به وسیله پیچ و مهره، ماشین در محل مورد نظر نصب شود. قطب‌های اصلی، کمکی و جاروبک نگه‌دارها روی بدنه ماشین محکم می‌شوند. قسمتی از بدنه را هسته آهنی تشکیل می‌دهد که برای هدایت فوران مغناطیسی قطب‌های اصلی و کمکی به کار می‌رود. در ماشین‌هایی که ارزانی نقش مهم‌تری در مقابل وزن دارد، بدنه را از جنس چدن می‌سازند؛ در غیر این صورت بدنه را از جنس فولاد انتخاب می‌نمایند.

#### ب) قطب‌های اصلی و کمکی:

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

■ **هسته قطب:** 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 آن، برای پیچیدن سیم دور آن اختصاص داده می‌شود و قسمت بزرگ‌تر آن که کفشک قطبی نام دارد، در واقع سبب شکل دادن میدان مغناطیسی و سهولت هدایت فوران مغناطیسی به فاصله هوایی می‌شود.

■ **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 با سطح مقطع زیاد لازم است.

قطب‌های کمکی در ماشین‌های جریان مستقیم از هسته و سیم پیچ تشکیل می‌شوند. هسته قطب‌های کمکی را معمولاً از فولاد یکپارچه می‌سازند. سیم‌پیچی قطب‌های کمکی نیز با تعداد دور کم و سطح مقطع زیاد پیچیده می‌شوند.



شکل ۷

### پ) جاروبک و جاروبک نگهدار:

در قسمت ساکن ماشین های جریان مستقیم، وسیله ای به نام جاروبک نگهدار نصب شده است. وظیفه جاروبک نگهدار، قرار دادن صحیح جاروبک ها روی تیغه های کموتاتور است. جاروبک ها در جاروبک نگهدار قرار می گیرند



و توسط فنری با فشار قابل تنظیم بر روی کموتاتور فشار داده می شوند. جاروبک ها قطعاتی از جنس زغال یا گرافیت می باشند که برای گرفتن جریان از کموتاتور یا دادن جریان به آن استفاده می شوند (شکل ۸).

شکل ۸- جاروبک و جاروبک نگهدار

۲- اجزای قسمت گردان (رتور) ماشین های جریان مستقیم: (شکل ۹)

### الف) هسته رتور:

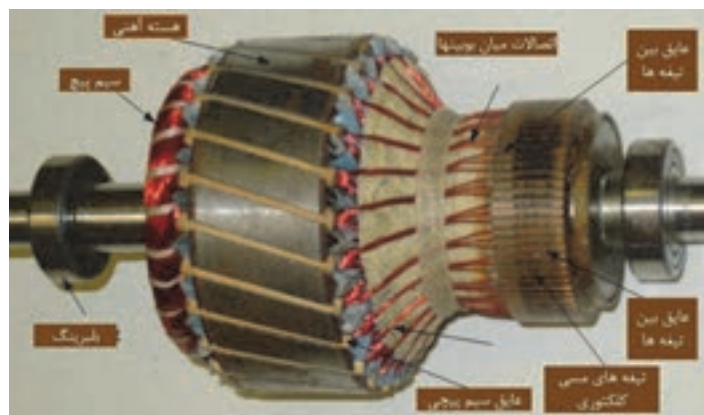
هسته رتور از ورقه های فولادی سیلیس دار ساخته می شود که با یک لایه نازک از هم عایق شده اند. بر روی هسته رتور شیارهایی تعبیه شده است تا سیم پیچ ها در داخل آنها قرار گیرند.

### ب) سیم پیچی رتور:

از کلاف های مشابهی تشکیل می شود که با الگوی مناسب تهیه و در شیارها قرار می گیرد. سیم پیچی رتور مبتنی بر اصول فنی بوده و از اصول طراحی ماشین های جریان مستقیم تبعیت می کند.

### پ) کموتاتور:

کموتاتور یا کلکتور از تیغه های مسی سخت که توسط عایق میکا نسبت به یکدیگر و محور ماشین عایق شده اند تشکیل می شود. ابتدا و انتهای کلاف های سیم پیچی رتور توسط لحیم و یا پرس کردن به تیغه کموتاتور وصل می شود.



شکل ۹- اجزای قسمت گردان (رتور) ماشین های جریان مستقیم

### ت) محور:

محور رتور ماشین‌های جریان مستقیم تکیه‌گاهی برای سایر اجزای رتور است. در نتیجه 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 خطر آفرین بوده و ممکن است در مواقع بروز خطا سبب انهدام کلی ماشین گردد.

### ث) پروانه خنک‌کننده:

پروانه خنک‌کننده یا فن با ایجاد جریان هوا در داخل ماشین، سبب انتقال سریع‌تر گرمای ایجاد شده به خارج از ماشین، خنک شدن و ازدیاد عمر مفید ماشین می‌شود.

کار کلاسی



جدول زیر را که مربوط به اجزای ماشین DC می باشد، تکمیل نمایید.

ردیف	نام فارسی	نام انگلیسی
۱	.....	Stator
۲	.....	Rotor
۳	.....	Yoke
۴	.....	Field Winding
۵	.....	Brush Holder
۶	.....	Slot
۷	.....	Commutator
۸	.....	Shaft
۹	.....	Fan
۱۰	.....	Commutation

تحقیق کنید



با مراجعه به کتاب‌های مرجع و جست‌وجو در اینترنت، درباره دلایل خرابی کموتاتور تحقیق نموده و نتیجه را در کلاس ارائه نمایید.

تحقیق کنید



با مراجعه به کتاب‌های مرجع و جست‌وجو در اینترنت، گزارش یا فیلمی در مورد پدیده کموتاسیون و مشکلات ایجاد شده توسط این پدیده تهیه و در کلاس ارائه نمایید.



هنرجویان در کارگاه، یک موتور DC را باز کرده و اجزای آن را شناسایی کنند.

### سیم پیچی آرمیچر ماشین های جریان مستقیم

در ماشین های جریان مستقیم، نحوه سری و موازی کردن کلاف های سیم پیچی رتور تحت عنوان «سیم پیچی آرمیچر» مطرح می شود. به طور کلی اصطلاح «سیم پیچی آرمیچر» به سیم پیچی هایی اطلاق می شود که نیروی محرکه اصلی در آن القا می شود.

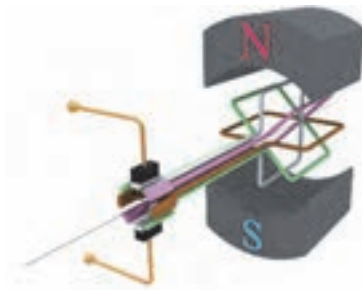
برخی از واژه های مربوط به سیم پیچی در جدول ۲ آورده شده است:

جدول ۲- واژه های سیم پیچی

واژه ها	توضیح	شکل
حلقه	«حلقه» شامل یک دور هادی است. قسمتی از حلقه که درون شیار قرار می گیرد «بازو» نام دارد و قسمتی که در بیرون شیار قرار می گیرد «پیشانی» نامیده می شود. هر حلقه دارای یک سر و ته می باشد. سر حلقه را با حرف «S» و ته آن را با حرف «F» نشان می دهند.	
کلاف	«کلاف» از اتصال سری چندین حلقه به هم تشکیل شده است. برای کلاف نیز می توان همانند حلقه، بازو، پیشانی و سر و ته در نظر گرفت.	
سیم پیچی	«سیم پیچی» از اتصال چندین کلاف به هم تشکیل شده است. این اتصال می تواند به صورت سری یا موازی و یا ترکیب سری و موازی باشد.	

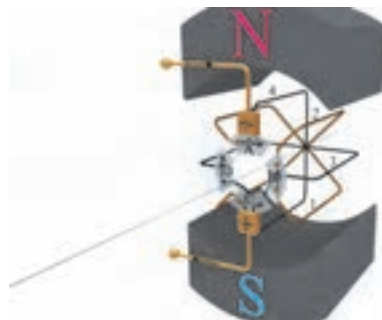
### الف) روش‌های ترسیم سیم‌پیچی آرمیچر

برای قابل استفاده و کاربردی شدن ژنراتور و موتور ساده جریان مستقیم، تعداد حلقه‌های آنها افزایش داده می‌شود. در شکل ۹ ماشین جریان مستقیم با ۴ حلقه و ۸ تیغه کموتاتور نشان داده شده است.



شکل ۱۰- طرح یک ماشین ساده

مشاهده می‌شود در هر لحظه فقط یک یا دو حلقه دارای جریان می‌شوند و حلقه‌های دیگر فاقد جریان الکتریکی هستند و نقش مؤثری در تمام لحظات در ماشین ایفا نمی‌کنند. در واقع به دلیل عدم 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 به کار گرفته می‌شود که حلقه‌ها رابه صورت سری و موازی 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 و گشتاور یکنواخت خواهد شد و در ژنراتورها ضربان نیروی محرکه القایی نیز به حداقل ممکن می‌رسد و مقدار متوسط آن افزایش می‌یابد. نمونه‌ای از سری و موازی شدن حلقه‌ها در شکل ۱۰ نشان داده شده است.

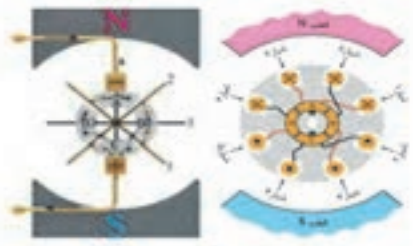
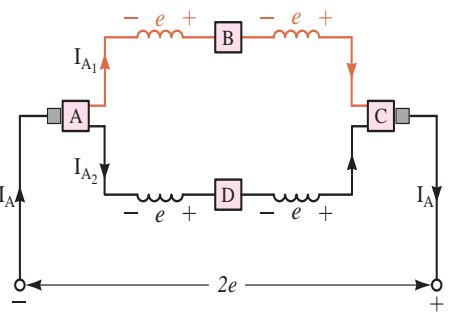
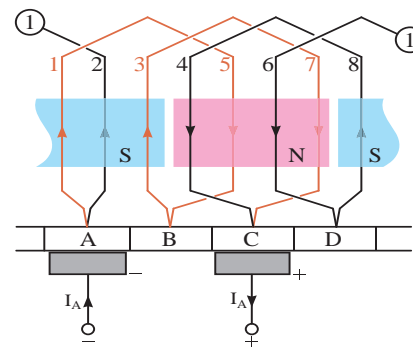
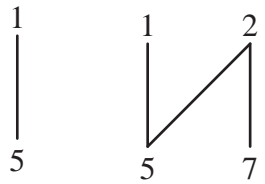


شکل ۱۱- طرح یک ماشین ساده

ترسیم سیم‌پیچی آرمیچر مطابق شکل ۱۱ بسیار دشوار است. لذا روش‌های ترسیمی دیگری به کار می‌رود. این روش‌ها در جدول زیر توضیح داده شده اند.



جدول ۳- روش های ترسیمی سیم پیچی آرمیچر

شکل	توضیح	روش های ترسیمی سیم پیچی آرمیچر
	دیاگرام دایره ای نمای روبروی رتور و کموتاتور است. در این دیاگرام (سربندی کلاف های سیم پیچی آرمیچر) اتصال سر و ته کلاف به تیغه های کموتاتور مشخص می شود و جهت جریان هر یک از بازوهای کلاف در هر یک از شیارهای رتور نشان داده می شود.	دیاگرام دایره ای (مقطعی)
	در دیاگرام خطی چگونگی ارتباط کلاف ها به یکدیگر و اتصال سر و ته آنها به تیغه های کموتاتور به صورت دیگری ترسیم می شود. این دیاگرام نشان می دهد چگونه با موازی شدن کلاف ها مسیرهای موازی برای عبور جریان الکتریکی ایجاد می شود. کلاف هایی که در این مسیرها قرار می گیرند با یکدیگر سری می شوند تا نیروی محرکه القایی آنها با هم جمع شود. هر یک از این مسیرهای موازی (راه جریان) نام دارد.	دیاگرام خطی (راه جریان)
	دیاگرام گسترده موقعیت هر کلاف در شیارهای رتور و نحوه اتصال سر و ته آنها را به تیغه های کموتاتور نشان می دهد. در این دیاگرام با توجه به جهت جریان در کلاف ها، محل قطب های مغناطیسی سیم پیچی آرمیچر نیز مشخص می شود. از دیاگرام گسترده اطلاعات مربوط به سیم پیچی و سربندی کلاف های سیم پیچی آرمیچر به دست می آید و برای سیم پیچی عملی آرمیچر مناسب تر است.	دیاگرام گسترده (باز)
	دیاگرام سریع موقعیت هر بازوی کلاف در شیارهای رتور را نشان می دهد. معمولاً دیاگرام سریع بعد از دیاگرام گسترده ترسیم می شود. با توجه به دیاگرام گسترده مشاهده می شود کلافی که یکی از بازوهای آن در شیار ۱ رتور قرار دارد بازوی دیگر آن در شیار ۵ قرار گرفته است بازوی کلاف بعدی در شیارهای ۲ و ۷ قرار گرفته است.	دیاگرام سریع (دندانه اری)

## ب) گام‌های سیم‌پیچی آرمیچر

سیم‌پیچی آرمیچر با گام‌های آن شناسایی می‌شود.

کار کلاسی



جدول زیر که مربوط به گام‌های سیم‌پیچی می‌باشد، را به کمک هنرآموز خود تکمیل نمایید.

گام‌های سیم‌پیچی	توضیح	رابطه
گام قطبی	با عبور جریان الکتریکی از سیم‌پیچی 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.	.....
گام رفت (گام جلو)	فاصله بین بازوهای یک کلاف سیم‌پیچی آرمیچر بر حسب شیار رتور را «گام رفت» گویند.	.....
گام برگشت (گام عقب)	فاصله بین بازوی دوم از کلاف تا بازوی اول از کلاف دوم سیم‌پیچی آرمیچر بر حسب شیار رتور را «گام برگشت» می‌گویند.	.....
گام سیم‌پیچی	فاصله بین دو بازوی اول کلاف متوالی سیم‌پیچی آرمیچر بر حسب شیار رتور را «گام سیم‌پیچی» می‌گویند.	.....
گام کموتاتور	فاصله بین سروته یک کلاف روی کموتاتور بر حسب تعداد عایق بین تیغه‌های کموتاتور را «گام کموتاتور» می‌گویند.	.....

## پ) روش‌های سیم‌پیچی آرمیچر

برای اتصال کلاف‌های سیم‌پیچی آرمیچر به تیغه‌های کموتاتور ماشین‌های جریان مستقیم روش‌های گوناگونی وجود دارد. اما دو روش آن به نام‌های ((حلقوی)) و ((موجی)) مشهورتراند. انجام هر یک از این اتصال‌ها به ترتیب باعث ایجاد ((سیم‌پیچی حلقوی)) و ((سیم‌پیچی موجی)) در رتور می‌شود. سیم‌پیچی‌های حلقوی و موجی از نظر شکل سیم‌پیچی و نحوه اتصال کلاف‌ها به تیغه‌های کموتاتور با یک دیگر متفاوت هستند. این تفاوت در تعداد راه‌های جریان و ترتیب اتصال سر و ته کلاف‌ها به تیغه‌های کموتاتور می‌باشد.

سیم‌پیچی‌های حلقوی و موجی به دو صورت ((ساده)) و ((مركب)) اجرا می‌شوند.

تحقیق کنید



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

فعالیت  
کارگاهی



به کمک هنرآموز خود، چگونگی تشخیص صحت سیم‌پیچ‌ها در یک ماشین DC را بررسی کنید.

فعالیت  
کارگاهی



به کمک هنرآموز خود، صحت عملکرد کلیه اجزای یک موتور را به صورت جداگانه مورد بررسی قرار دهید.

### فرایند عملکرد ماشین‌های جریان مستقیم

اساس کار مولد یا ژنراتورهای الکتریکی، بر مبنای قانون القای الکترومغناطیسی فاراده است. حرکت هادی‌ها در فضای مابین قطب‌ها باعث می‌شود میدان مغناطیسی توسط هادی‌ها قطع شود. بدین ترتیب مطابق پدیده القا در هادی‌ها، ولتاژ القا می‌شود. ابتدا و انتهای هر کلاف به یک نیم استوانه مسی یا یک تیغه کموتاتور وصل می‌شود. روی تیغه‌های کموتاتور دو عدد جاروبک به‌طور ثابت قرار داشته و با حرکت هادی‌ها، تیغه‌های کموتاتور زیر جاروبک می‌لغزند، بدین ترتیب در ژنراتورهای جریان مستقیم از طریق کموتاتور ولتاژ القا شده طوری به جاروبک‌ها منتقل می‌شود که همیشه یکی از جاروبک‌ها دارای پلاریته مثبت و دیگری دارای پلاریته منفی است تا جهت جریان القایی در مصرف کننده یکسو باشد. در واقع جریان متناوب القایی داخل ژنراتور، توسط کموتاتور برای مصرف کننده یکسو می‌شود.

برای افزایش میزان ولتاژ القا شده و بهبود یکسوسازی به‌منظور داشتن ولتاژی با دامنه ثابت باید تعداد کلاف‌ها را افزایش داده و کلاف‌ها را به کمک تیغه‌های کموتاتور سری نمود.

موتور ساده جریان مستقیم از نظر ساختمانی مانند مولد ساده جریان مستقیم می‌باشد فقط نحوه کار این دو با یکدیگر متفاوت است. این موتورها بر اساس تأثیر میدان مغناطیسی قطب‌ها بر میدان مغناطیسی اطراف هادی حامل جریان الکتریکی کار می‌کنند. در موتور ساده، هادی‌ها از طریق کموتاتور و جاروبک‌ها به یک منبع جریان مستقیم متصل می‌شوند. در این صورت جریانی از هادی‌ها عبور کرده و در نتیجه مطابق نیروی لورنس به هادی‌ها نیرویی وارد می‌شود و آنها به حرکت در می‌آیند.

نمایش فیلم

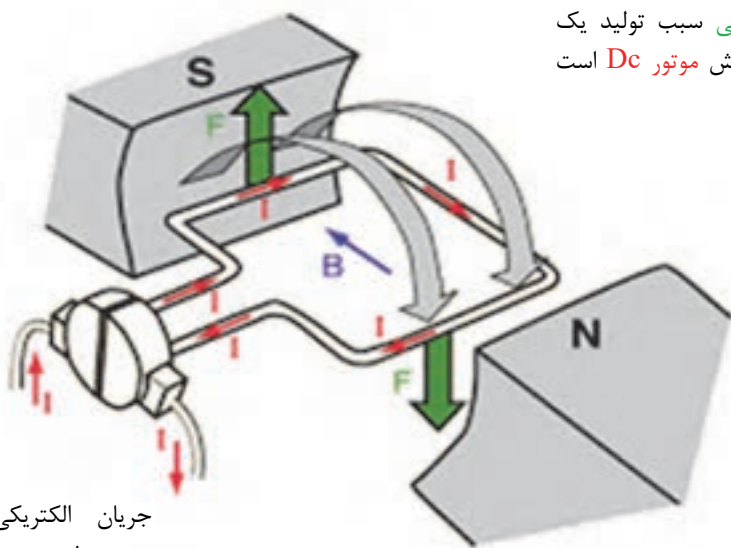


طرز کار موتور جریان مستقیم را نگاه کنید.

## نحوه ایجاد نیرو و گشتاور در موتور ساده

اگر از یک کلاف تک حلقه که بین قطب‌های یک ماده مغناطیسی قرار دارد، جریان الکتریکی عبور کند، مطابق شکل ۱۲ به بازوی سمت راست نیرویی به سمت پایین و به بازوی سمت چپ نیرویی به سمت بالا وارد می‌شود. با وارد شدن دو نیرو با جهت مخالف به دو طرف کلاف، گشتاور ایجاد می‌شود و در نتیجه کلاف حول محورش شروع به دوران خواهد نمود یعنی وارد آمدن زوج نیرو در دو جهت مخالف، موجب ایجاد گشتاور لازم شده است. در این موتور ساده اگر صفحه کلاف، عمود بر خطوط میدان مغناطیسی قرار گیرد، به آن گشتاوری وارد نمی‌شود.

هنگامی که **جریان الکتریکی** از میان یک سیم پیچ در یک **میدان مغناطیسی** عبور کند، **نیروی مغناطیسی** سبب تولید یک گشتاور که عامل گردش **موتور Dc** است خواهد شد.



جریان الکتریکی توسط منبع تغذیه بیرونی از میان **کلکتور** تأمین می‌شود.

نیروی مغناطیسی  
 $F = ILB$  عمود بر سیم  
 و حوضه مغناطیس

شکل ۱۲

با مراجعه به کتاب‌های مرجع و جست‌وجو در اینترنت، درباره عملکرد پمپ تخلیه خن (Bilge Pump) در شناورها تحقیق نموده و نتیجه را در کلاس ارائه نمایید.

تحقیق کنید



### توان و راندمان در ماشین های جریان مستقیم (DC)

در صورتی که توان ورودی یک ماشین را  $P_{in}$  و توان خروجی آن را  $P_{out}$  بنامیم تفاوت این دو توان، «تلفات ماشین» نام دارد که طبق فرمول زیر محاسبه می گردد .

$$(\Delta P = P_{in} - P_{out})$$

راندمان (بازده): نسبت توان خروجی به توان ورودی ماشین را «راندمان» می گویند و آن را با  $\eta$  نشان می دهند و طبق فرمول زیر محاسبه می گردد.

$$(\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}})$$

تلفات در ماشین های DC به صورت زیر تقسیم بندی می شوند:

الف) تلفات مکانیکی یا اصطکاکی ( $P_{miscellaneous}$ ):

تلفات مکانیکی به علت اصطکاک محور ماشین در یاتاقان ها و اصطکاک جاروبک ها با کلکتور و مقاومت هوا به وجود می آید.

ب) تلفات آهنی یا تلفات هسته ( $P_{core}$ ):

تلفات هسته از تلفات هیستریزس و تلفات ناشی از جریان های گردابی در هسته آرمیچر تشکیل می شود.

پ) تلفات مسی ( $P_{cu}$ ):

تلفات مسی در اثر عبور جریان از سیم پیچ های تحریک و آرمیچر به وجود می آید.

$$\Delta P = P_{in} - P_{out} = P_{miscellaneous} + P_{core} + P_{cu}$$

مثال	یک مولد جریان مستقیم ۴ کیلووات با بازده ۸۰ درصد و تلفات مسی ۳۰۰ وات و تلفات هسته ۵۰۰ وات مفروض است. محاسبه کنید: الف) توان ورودی $P_{in}$ ب) تلفات مکانیکی
جواب	الف) $\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \Rightarrow 0.8 = \frac{4000}{P_{in}} \Rightarrow P_{in} = 5000 \text{ W}$ ب) $\Delta P = P_{in} - P_{out} = P_{miscellaneous} + P_{core} + P_{cu} \Rightarrow 5000 - 4000 = P_{miscellaneous} + 500 + 300$ $\Rightarrow P_{miscellaneous} = 200 \text{ W}$

با مراجعه به کتاب های مرجع و جست و جو در اینترنت، در مورد دیاگرام توانی در موتور ها و مولدهای DC تحقیق و این دیاگرام را بر روی کاغذ شطرنجی ترسیم و در کلاس ارائه نمایید.

تحقیق کنید



## انواع ماشین‌های جریان مستقیم

در ماشین‌های جریان مستقیم، فرآیند تبدیل انرژی برگشت‌پذیر است. یعنی یک ماشین الکتریکی جریان مستقیم می‌تواند به صورت موتور یا ژنراتور مورد بهره‌برداری قرار گیرد؛ لذا ساختمان داخلی و شکل ظاهری موتورهای جریان مستقیم با ژنراتورهای جریان مستقیم تفاوت نخواهد داشت.

### الف) مولدهای جریان مستقیم

کار کلاسی



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

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



به کمک هنرآموز خود، یک دینام خودرو را باز و سرویس نمایید.



#### مولد کمپوند اضافی:

اگر نیرو محرکه مغناطیسی سیم پیچ سری، نیرو محرکه مغناطیسی سیم پیچ شنت را تحریک کند، مولد کمپوند اضافی نامیده می شود که دارای دو نوع شنت بلند و شنت کوتاه می باشد.

مولد کمپوند اضافی بسته به تعداد دورهای سیم پیچ سری می تواند یکی از سه حالت زیر را داشته باشد:

**الف) فوق کمپوند:** (تعداد دور سیم پیچ سری زیاد است) در مواردی استفاده می شود که لازم است ولتاژ بار ثابت باشد. ولی به علت وجود فاصله بین مولد و مصرف کننده در سیم ها افت ولتاژ به وجود می آید. در این حالت افزایش ولتاژ خروجی مولد، افت ولتاژ خط را جبران می کند و به مصرف کننده ولتاژ ثابت می رسد.

**ب) تخت:** نیروی محرکه مغناطیسی سیم پیچ سری و موازی، با یکدیگر برابر بوده و جایی استفاده می شود که نیاز به ولتاژ ثابتی باشد و فاصله بین مولد و مصرف کننده کم باشد.

**پ) زیر کمپوند:** اثر آمپر دور سیم پیچ سری ناچیز می باشد (به علت تعداد دور کم سیم پیچ سری) و در تحریک مولدهای نیروگاهی نقش مؤثری دارد.

#### مولد کمپوند نقصانی:

هنگامی که شار سیم پیچ سری، باعث کاهش و نقصان اثر شار سیم پیچ شنت شود، مولد کمپوند نقصانی نامیده می شود که دارای دو نوع شنت بلند و شنت کوتاه می باشد و در جوشکاری قوس الکتریکی استفاده می شود.

اگر سیم پیچ سری و سیم پیچ آرمیچر با هم سری بسته شوند، شنت بلند و اگر سیم پیچ شنت با سیم پیچ آرمیچر موازی قرار گیرد شنت کوتاه می گویند.



با مراجعه به کتابهای مرجع و جست و جو در اینترنت، مدار الکتریکی معادل هریک از مولدها را ترسیم نموده و نتیجه را در کلاس به صورت پرده نگار ارائه نمایید.

#### ب) موتورهای جریان مستقیم



جدول صفحه بعد را که به انواع موتورهای DC اشاره دارد تکمیل کنید.

ردیف	عنوان	شرح	کاربرد
۱	موتور DC با آهن ربای دائم PMDC (Permanent Magnet DC Motor)	در این نوع موتور به جای سیم پیچی تحریک، از ..... استفاده می شود و نیاز نداشتن به تحریک خارجی برای تولید ..... و نداشتن تلفات تحریک نیز از مزایای آنها به شمار می آید.	این موتورها با حجم کوچک و توان کم دارای گشتاور مناسبی هستند و در اسباب بازی ها و در خودروها به عنوان موتور برف پاک کن و پمپ شیشه شوی و پایین و بالابر شیشه و هم چنین در مسواک ها به کار می روند.
۲	موتور DC 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 قطب ها پیچیده می شود. برای تغییر و تنظیم جریان تحریک از مقاومت متغیر ..... با سیم پیچی تحریک استفاده می شود.	این نوع موتورها از بی باری تا بار کامل تقریباً سرعت ثابتی دارند و گشتاور آنها کم است. همچنین دارای بازه وسیع کنترل سرعت از صفر تا سرعت نامی می باشند. بنابر این موتورهای تحریک مستقل در جاهایی به کار می روند که نیاز به سرعت ثابت و کنترل سرعت در بازه وسیعی باشد.
۳	موتور DC با تحریک شنت (Shunt Field DC Motor)	در این نوع موتور، مدار تحریک با مدار آرمیچر به صورت ..... ارتباط پیدا می کند. سیم پیچی تحریک با تعداد دور ..... برای جریان کم به دور قطب ها پیچیده می شود. برای تغییر و تنظیم جریان تحریک از مقاومت متغیر موازی با سیم پیچی تحریک استفاده می شود.	با توجه به اینکه منحنی مشخصه های موتور شنت مشابه موتورهای تحریک مستقل می باشد، لذا کاربردهایی که برای موتور تحریک مستقل ارائه شد برای موتور شنت نیز صدق می کند.
۴	موتور DC با تحریک سری (Series Field DC Motor)	در این نوع موتور، مدار تحریک با مدار آرمیچر به صورت ..... ارتباط پیدا می کند. سیم پیچی تحریک با تعداد دور کم برای جریان ..... به دور قطب ها پیچیده می شود.	این نوع موتورها دارای تغییرات سرعت زیادی از بی باری تا بار کامل می باشند و گشتاور راه اندازی آنها بسیار زیاد است. بنابر این موتورهای سری در جاهایی به کار گرفته می شوند که نیاز به گشتاور راه اندازی زیاد باشد و تغییرات سرعت مهم نباشد. یک نمونه کاربرد موتور سری، راه اندازی موتور خودروهای سواری است.
۵	موتور DC با تحریک کمپوند (Compounded Field DC Motor)	در این نوع موتور، فوران قطب ها، ترکیبی از فوران دو سیم پیچی تحریک ..... است که دارای دو نوع کمپوند اضافی و نقصانی می باشند. در موتورهای کمپوند، اگر سیم پیچی های تحریک موازی یا سری به گونه ای با سیم پیچی آرمیچر ارتباط داده شوند تا فوران های آنها هم جهت شوند، موتور کمپوند اضافی نامیده می شود و در صورتی که فوران سیم پیچی تحریک سری و موازی هم جهت نباشد، کمپوند نقصانی نامیده می شود.	موتورهای کمپوند اضافی دارای تغییرات سرعتی کمتر از موتور سری و بیشتر از موتور شنت از بی باری تا بار کامل می باشند. گشتاور موتور کمپوند اضافی از موتور سری کمتر و از موتور شنت بیشتر است. موتورهای کمپوند در جایی به کار گرفته می شوند که به گشتاور راه اندازی 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 می شود.



با مراجعه به کتاب های مرجع و جست و جو در اینترنت، مدار الکتریکی معادل هریک از موتور ها را ترسیم نموده و نتیجه را در کلاس به صورت پرده نگار ارائه نمایید.

تحقیق کنید



به کمک هنر آموز خود، یک موتور DC را باز و سرویس نمایید.

فعالیت  
کارگاهی



با مراجعه به کتاب های مرجع و جست و جو در اینترنت، در مورد موتور های یونیورسال و آهن ربای دائم گزارشی تهیه و در کلاس ارائه نمایید.

تحقیق کنید



### ارزشیابی مرحله ای

ردیف	مراحل کاری	شرایط کار (ابزار، مواد، تجهیزات، مکان)	نتایج ممکن	استاندارد (شاخص ها، داوری، نمره دهی)	نمره
۲	ماشین های جریان مستقیم DC	تجهیزات: ابزار و تجهیزات لازم مکان: کلاس و کارگاه	بالاتر از حد انتظار	۱- ساختمان ماشین های جریان مستقیم را بشناسد. ۲- انواع ماشین های 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- سیم پیچی آرمیچر ماشین های جریان مستقیم را بررسی کند. ۶- طرز کار موتورهای جریان مستقیم را بیان کند. ۷- توان و راندمان در ماشین های جریان مستقیم را بررسی کند.	۳
			در حد انتظار	۱- ساختمان ماشین های 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 ماشین های جریان مستقیم را بررسی کند. ۵- سیم پیچی آرمیچر ماشین های جریان مستقیم را بررسی کند.	۲
			پایین تر از حد انتظار	۱- ساختمان ماشین های جریان مستقیم را بشناسد. ۲- توان و راندمان در ماشین های جریان مستقیم را بررسی کند.	۱

## ماشین‌های الکتریکی جریان متناوب

با گسترش شبکه‌های جریان متناوب و استفاده از برق سه‌فاز به عنوان برق صنعتی، امروزه قسمت عمده‌ای از موتورهای الکتریکی از نوع جریان متناوب سه‌فاز هستند، به‌طوری‌که می‌توان گفت اکثر موتورهای به کار رفته در یک شناور از نوع موتورهای جریان متناوب (القایی) می‌باشد. اصولاً موتورهای جریان متناوب نسبت به موتورهای جریان مستقیم دارای ساختمان ساده‌تر، عمر مفید بیشتر و تعمیر و نگهداری راحت‌تری هستند که موجب برتری اقتصادی این موتورها بر موتورهای DC می‌شود. با این وجود مطابق مباحث بخش قبل، موتورهای DC از نظر امکانات گسترده کنترل دور و نیز گشتاور راه‌اندازی زیاد هم‌چنان کاربردهای خاص خود را دارند.

جدول ۴- تقسیم‌بندی ماشین‌های الکتریکی سه‌فاز

تقسیم‌بندی ماشین‌های الکتریکی سه‌فاز	
	۱- ماشین‌های القایی
	۲- ماشین‌های سنکرون

همانطور که در بالا ملاحظه نمودید، ماشین‌های الکتریکی سه‌فاز به دو گروه اصلی (ماشین‌های سنکرون و ماشین‌های القایی) دسته‌بندی می‌شوند که از نظر ساختمان، طرز کار و کاربرد تفاوت زیادی دارند. اما اساس کار هر دو آنها ایجاد میدان مغناطیسی دوار است. در بین این دو نوع، ماشین AC القایی ساده‌تر و ارزان‌تر بوده و بیش‌تر به عنوان موتور مورد استفاده قرار می‌گیرد ولی ماشین سنکرون که ساختمان پیچیده‌تر و قیمت گران‌تری دارد، اغلب به عنوان مولد به کار می‌رود.

### اساس کار موتور القایی سه فاز

به کمک یک سیم پیچ سه فاز که معمولاً روی استاتور (قسمت ساکن) نصب می شود، میدان دَوّاری به دست می آید و به کمک یک رتور (قسمت چرخان ماشین) که مسیرهای بسته ای در سیم پیچ های آن وجود دارد، مدار ولتاژهای القایی بسته شده، جریان های القایی در این سیم پیچ ها جاری می شوند. رتور را به صورت سیم پیچ هایی با مسیر بسته (یا اتصال کوتاه شده) بر روی هسته آهنی ورقه-ورقه شده در نظر می گیریم که میدان دوار در سیم پیچ های آن جریانی القا کرده، موجب ایجاد گشتاور و گردش رتور می شود (شکل ۱۳).



شکل ۱۳- موتور القایی سه فاز

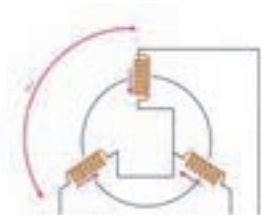
نمایش فیلم

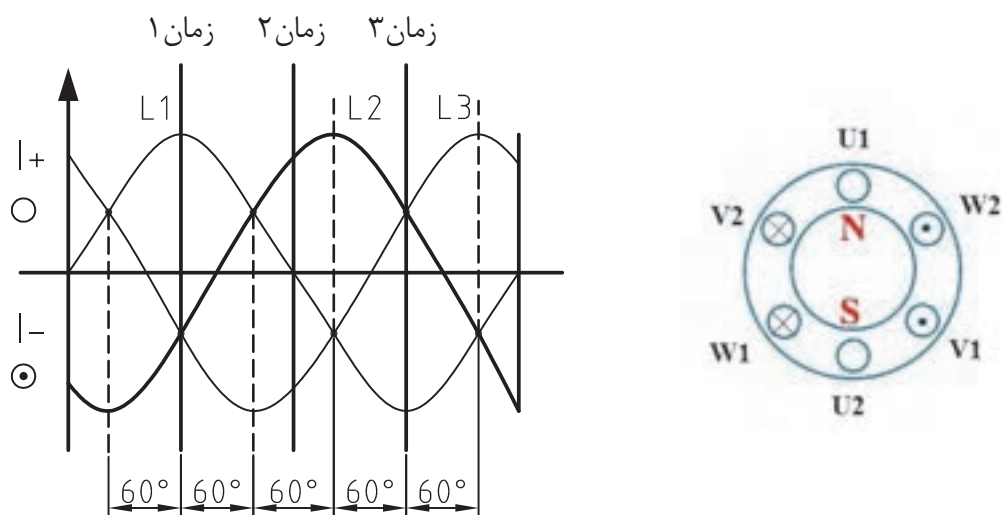
طرز کار موتور القایی سه فاز را نگاه کنید.



### تولید میدان دَوّار:

اگر یک آهنربای دائم یا یک آهنربای الکتریکی را حول محورش بچرخانیم، یک میدان دوار تولید می شود که در ماشین های سنکرون به همین ترتیب میدان دوار را به دست می آورند. اما روش دیگری هم برای ایجاد میدان دوار وجود دارد به این صورت که: «سه سیم پیچ با اختلاف فاز مکانی ۱۲۰ درجه را مطابق شکل زیر به یک شبکه سه فاز با اختلاف فاز زمانی ۱۲۰ درجه وصل کنیم» (شکل ۱۴).





شکل ۱۴- تولید میدان دوار

در عمل، این سیم‌پیچ‌ها مطابق شکل صفحه قبل در محیط هسته آهنی که به شکل استوانه است، توزیع شده‌اند و با عبور جریان از سیم‌پیچ‌ها، قطب‌ها تشکیل می‌شوند. پس به دلیل وجود اختلاف فاز مکانی  $120^\circ$  درجه بین سیم‌پیچ‌ها و اختلاف فاز زمانی  $120^\circ$  درجه بین جریان‌ها، میدان دوار به وجود می‌آید. ماشین‌های جریان متناوب سه‌فاز بر مبنای ایجاد میدان دوار کار می‌کنند و در موتورهای سه‌فاز میدان دوار به وسیله استاتور تولید می‌شود.

اگر سرعت رتور در این ماشین‌ها برابر سرعت میدان دوار باشد، آنها را ماشین سنکرون و چنانچه سرعت رتور بیش‌تر یا کم‌تر از سرعت میدان دوار باشد، این نوع ماشین‌ها را آسنکرون (القایی) می‌نامند. در صورتی که میدان دوار استاتور از طریق سه سیم‌پیچ که نسبت به یکدیگر  $120^\circ$  درجه اختلاف فاز دارند تولید شده باشد، سرعت میدان دوار برابر فرکانس شبکه خواهد بود. میدان دوار در چنین حالتی فقط دارای یک قطب شمال و یک قطب جنوب مغناطیسی است.

### ساختمان موتور القایی سه‌فاز

ساختمان موتورهای القایی شامل سه قسمت اصلی رتور، استاتور و محفظه می‌باشد. استاتور و رتور اجزایی هستند که کار تبدیل انرژی الکتریکی به مکانیکی را انجام می‌دهند و محفظه از استاتور و رتور محافظت می‌کند.

کار کلاسی



جدول صفحه بعد را با توجه به اجزای ساختمان موتور القایی سه‌فاز، تکمیل کنید.

ردیف	نوع جزء	شرح و کاربرد	تصویر
۱	استاتور	<p>استاتور، قسمت ساکن مدار الکترومغناطیسی موتورها است. هسته استاتور از تعداد زیادی ورقه نازک فلزی که بر روی هم پرچ شده اند تشکیل شده است که لمینیشن نامیده می شود. این ورقه ورقه ساختن هسته کمک می کند که ..... مقایسه با حالتی که از یک هسته یکپارچه استفاده شود، کاهش یابد. ورقه های استاتور بر روی یکدیگر جمع شده و پرچ می شوند که حاصل آن یک سیلندر توخالی را می سازد. بوبین سیم پیچ های عایق شده در شیارهای استاتور قرار می گیرد و سیم پیچی استاتور را تشکیل می دهد. هنگامی که موتور مونتاژ شده در حال کارکرد است، سیم پیچ های استاتور به طور مستقیم به ..... متصل می شوند. هر گروه از کلاف ها، همراه با هسته آهنی که در مجاور آن قرار دارد، هنگامی که جریان برقرار می شود یک میدان الکترومغناطیسی ایجاد می کند.</p>	
۲	رتور	<p>رتور جزء گردان مدار الکترومغناطیسی موتورهای القایی است. رایج ترین نوع رتور مورد استفاده در موتورهای القایی سه فاز، رتورهای قفس سنجابی هستند. هسته رتور قفس سنجابی به وسیله تجمیع کردن ورقه های نازک آهن ایجاد شده و تشکیل یک سیلندر فلزی را می دهد. 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 است، تزریق شده است. میله های هادی رتور از نظر الکتریکی و مکانیکی به حلقه های ..... متصل می شوند. آن گاه رتور درون یک شفت استیل پرس شده تا رتور مونتاژ شده را تشکیل دهد.</p>	
۳	محفظه موتور	<p>محفظه از یک بدنه (یا یوغ) و دو عدد درپوش (محفظه یاتاقان ها) 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 بقیه عوامل محیطی محافظت می کند. درجه حفاظت موتور بستگی به نوع محفظه و آب بندی آن دارد. یاتاقان ها بر روی شفت نصب می شوند؛ به عنوان ..... رتور عمل کرده 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 و با چرخش رتور، پره فن نیز می چرخد و باعث خنک شدن الکتروموتور می شود.</p>	



هنرجویان در کارگاه، یک موتور القایی سه فاز را باز کرده و اجزای آن را شناسایی کنند.



به کمک هنرآموز خود، صحت عملکرد کلیه اجزای یک موتور القایی سه فاز را به صورت جداگانه مورد بررسی قرار دهید.

## اصول عملکرد ژنراتورهای سه فاز

به طور کلی اگر یک هادی در معرض یک میدان مغناطیسی قرار گرفته و در آن حرکت کند، به نحوی که خطوط میدان را قطع کند، در آن جریان الکتریکی به وجود می آید. در ساختار ژنراتورها، سیم پیچ های اصلی مولد جریان، در یک میدان مغناطیسی قرار گرفته و در آن حرکت دورانی دارند. اندازه ولتاژ تولید شده از رابطه  $E = B \times L \times V \times \sin \alpha$  به دست می آید. در این رابطه:

$B$  = شدت میدان مغناطیسی

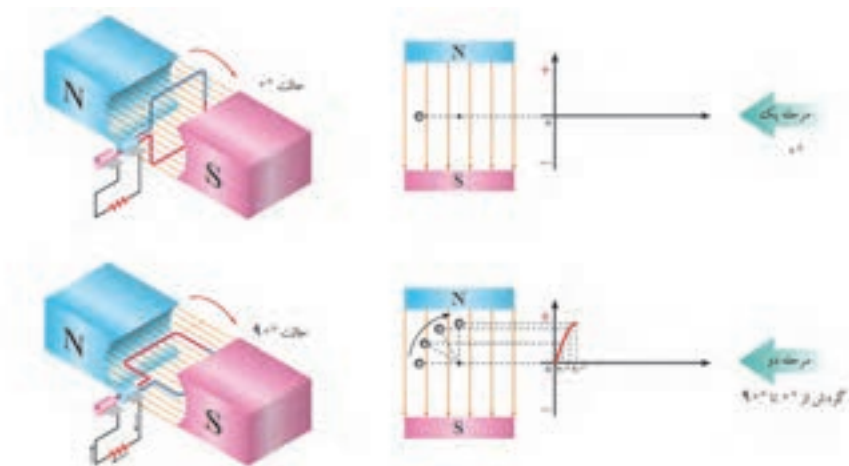
$L$  = طول هادی در میدان

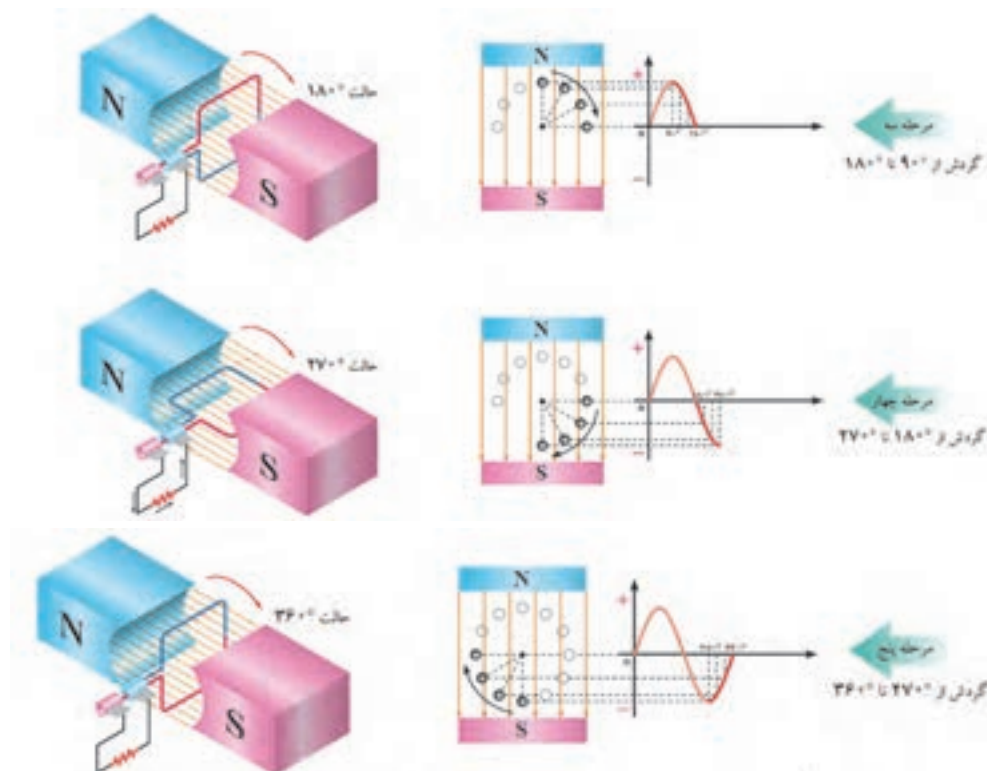
$V$  = سرعت هادی در میدان

$\alpha$  = زاویه بین خطوط میدان و هادی ها می باشد.

همچنین اگر  $\alpha = \omega t$  و از طرف دیگر  $\omega = 2\pi f$  باشد رابطه را می توان به صورت  $E = E_{MAX} \sin \alpha$  نوشت. از طرفی می دانیم که  $-1 < \sin \alpha < +1$  می باشد. بنابراین انتظار داریم اندازه ولتاژ بین  $-E_{MAX}$  و  $+E_{MAX}$  به صورت پیوسته تغییر نماید.

بنابراین شکل جریان تولید شده در ژنراتورها در هر لحظه به صورت شکل ۱۴ و در نهایت به حالت سینوسی می باشد.





شکل ۱۵- تولید جریان متناوب به صورت لحظه‌ای منحنی ولتاژ یا جریان

همان‌طور که مشاهده کردید، شکل موج سینوسی جریان ژنراتورها به صورت فوق شکل می‌گیرد. لذا در ادامه آنچه مهم است اندازه دامنه و فرکانس شکل موج است. در حال حاضر اکثر ژنراتورها ۱۵۰۰ یا ۳۰۰۰ دور در دقیقه دارند و در این دور، فرکانس ۵۰ هرتز را که استاندارد کشور ما می‌باشد تولید می‌کنند. ژنراتورهای AC اغلب به صورت سه‌فاز می‌باشند. دو مسئله اساسی در این ژنراتورها، تعیین و تثبیت ولتاژ و فرکانس تولیدی می‌باشد (شکل ۱۶).

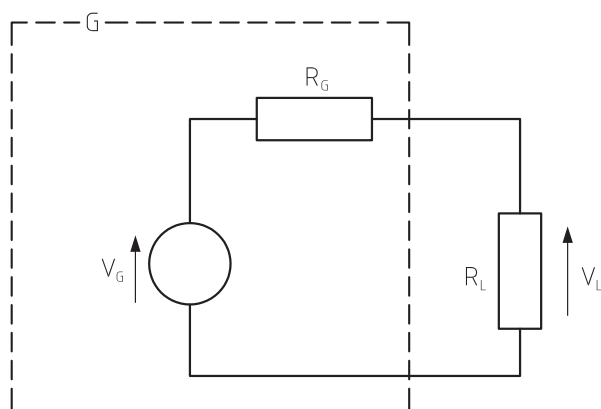


شکل ۱۶- ژنراتور AC

می‌دانیم که ولتاژ مورد نیاز در ژنراتورهای سه‌فاز دارای مقدار لحظه‌ای  $V = V_{\max} \sin \omega t$  و مقدار مؤثر  $380$  ولت سه‌فاز می‌باشد. و از طرف دیگر فرکانس آن برابر یک مقدار ثابت مثلاً  $50$  هرتز می‌باشد. اما نکته اینجاست که با افزایش بار الکتریکی و در نتیجه افزایش جریان مصرفی در ژنراتورها، دچار افت ولتاژ و از طرف دیگر افت فرکانس در ژنراتورها خواهیم داشت.

### افت ولتاژ و تنظیم اتوماتیک ولتاژ

با توجه به اینکه همه مولدهای واقعی نظیر ژنراتورها دارای یک مقاومت داخلی می‌باشند. هر چه مقدار جریان مصرفی ژنراتور زیاد شود، جریان عبوری از مقاومت داخلی آن نیز زیادتر شده و در نتیجه افت ولتاژ نیز بیش‌تر می‌شود (شکل ۱۷).



شکل ۱۷- مقاومت داخلی ژنراتور

پس از ساخته شدن یک ژنراتور، تنها مؤافه در دسترس، برای تغییر ولتاژ آن، تغییر شدت میدان ژنراتور می‌باشد. این مؤلفه، از طریق تغییر میزان جریان سیم‌پیچ‌های تحریک (سیم‌پیچ‌های ایجادکننده میدان مغناطیسی در ژنراتور) امکان پذیر است. این فرآیند از طریق دستگاهی به نام AVR (Automatic Voltage Regulator) صورت می‌گیرد.

ولتاژ رگولاتور با سیم‌پیچ اصلی استاتور و سیم‌پیچ تحریک در ارتباط بوده و حلقه کنترل، بسته‌ای را جهت کنترل ولتاژ خروجی ژنراتور با دقتی در حدود  $1/5$  درصد ایجاد می‌نماید. در واقع این دستگاه در هر لحظه ولتاژ خروجی ژنراتور را اندازه می‌گیرد و متناسب با ولتاژ مورد نیاز، جریان تحریک ژنراتور را تغییر می‌دهد تا به اندازه استاندارد خود برسد. یعنی با کم شدن ولتاژ خروجی، جریان تحریک را زیاد و با زیاد شدن، آن جریان خروجی را کم می‌کند. این فرآیند در مدت زمانی کم‌تر از ۱ ثانیه انجام می‌گیرد (شکل ۱۸).



شکل ۱۸- دستگاه AVR



## افت فرکانس و گاورنر

از طرف دیگر با افزایش جریان مصرفی ژنراتورها، دور ژنراتور و در نتیجه فرکانس آن نیز کاهش می یابد. برای تثبیت دور ژنراتورها، باید در دیزل ژنراتورها، میزان سوخت انژکتورها تنظیم شود. این عمل شبیه دور خودروهاست که با کم شدن آن پدال گاز را فشار می دهیم. برای این منظور در ژنراتورها از گاورنر (Governor) استفاده می شود. گاورنر، به صورت اتوماتیک دور را اندازه می گیرد و متناسب با آن گاز دیزل ژنراتور یا در واقع میزان دریچه سوخت آن را تنظیم می کند. تنظیم اولیه گاورنر در ابتدا به صورت دستی انجام می شود و سپس به صورت اتوماتیک در مدار با توجه به تغییر بار لحظه ای، دور را تثبیت می کند تا فرکانس ثابت بماند (شکل ۱۹).



شکل ۱۹- گاورنر الکترونیکی

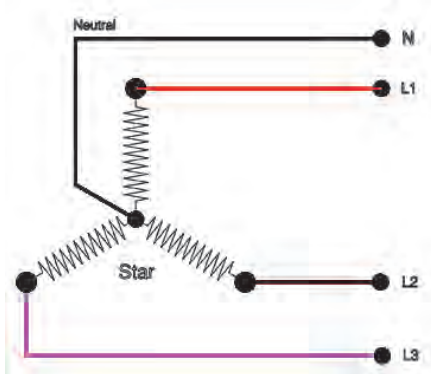
در جدول ۵ انواع گاورنرها توضیح داده می شود.

جدول ۵- انواع گاورنر

انواع گاورنر	کاربرد
گاورنرهای مکانیکی	این نوع گاورنرها عمدتاً در موتور ژنراتورهای تک سیلندر یا دو سیلندر کاربرد داشته و توسط یک مکانیزم چرخ دنده و میله و فنر به صورت مکانیکی دور و فرکانس را تنظیم می نمایند و لذا دارای حساسیت و دقت کمتری می باشند.
گاورنرهای الکترومکانیکی	این نوع گاورنرها ابعاد بسیار کوچک و هم چنین سبکی دارند و از دو قسمت مکانیکی و الکتریکی تشکیل شده اند. قسمت مکانیکی می تواند از دو چرخ دنده حلزونی و یا جعبه دنده افزاینده نیرو تشکیل شده باشد ولی قسمت الکترونیکی یک الکتروموتور می باشد.
گاورنرهای الکترونیکی	این دستگاه با توجه به تعداد پالس تولیدی از Pickup که مماس بر دنده فلایویل نصب است سیگنال کنترلی مناسبی را جهت تثبیت سرعت دور دیزل تولید و به شیر برقی (Actuator) که در مسیر سوخت قرار دارد فرمان های لازم را می دهد. در این پروسه سرعت دیزل و در نهایت فرکانس خروجی چه در حالت بی باری و چه در حالت با باری ثابت می ماند.

## خط نول در ژنراتورها

می‌دانیم که ولتاژ تولیدی ژنراتور بین سه فاز آن برابر  $38^\circ$  ولت مؤثر می‌باشد. برای تغذیه خطوط  $22^\circ$  ولت مانند روشنایی نیاز به یک خط صفر داریم که اختلاف آن با هر فاز به  $22^\circ$  ولت برسد.



چنانچه سیم‌پیچ‌های سه فاز اصلی سر ژنراتورها را به صورت ستاره ببندیم، در نهایت در قسمت اتصال یک سر سیم‌پیچ‌ها سه فاز با هم جمع شده و با توجه به اختلاف زاویه‌ای  $120^\circ$  درجه بین آنها (چون سه فاز روی یک دوار سیم‌پیچی می‌شوند و در یک دایره کل زاویه  $360^\circ$  درجه است، بخش بر سه  $120^\circ$  درجه می‌شود) مجموع آنها صفر می‌شود. لذا جریان و در نتیجه ولتاژ خط نول صفر می‌شود (شکل ۲۰).

$$I_1 \Rightarrow I_{1(t)} = I_{max} \sin \theta$$

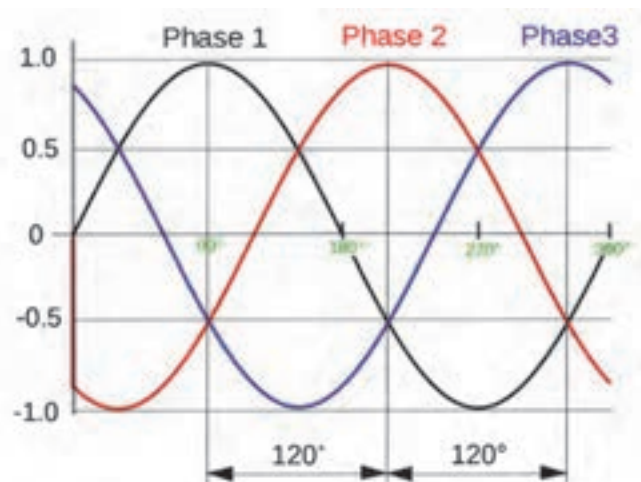
$$I_2 \Rightarrow I_{2(t)} = I_{max} \sin(\theta + 120)$$

$$I_3 \Rightarrow I_{3(t)} = I_{max} \sin(\theta + 240)$$

$$I_N = I_1 + I_2 + I_3$$

$$I_N = I_{max} (\sin(\theta) + \sin(\theta + 120) + \sin(\theta + 240))$$

$$(\sin(\theta) + \sin(\theta + 120) + \sin(\theta + 240)) = 0$$



شکل ۲۰- خط نول در ژنراتورها

## موتورهای القایی سه فاز

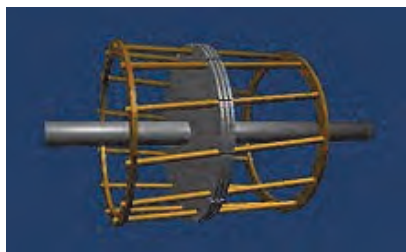
باتوجه به کاربردهای مختلف این نوع موتورها در صنایع و باتوجه به نوع رتور آنها به دو دسته تقسیم می شوند:

### الف) موتورهای القایی با رتور اتصال کوتاه (رتور قفسی)

در موتورهای با رتور قفسی برای بسته شدن مسیر جریان رتور، از مفتول های اتصال کوتاه شده بر روی رتور استفاده می کنند.

#### ساختمان:

قسمت ساکن (استاتور) این موتورها دارای محفظه ای است که هسته مغناطیسی در داخل آن قرار دارد و سیم پیچی استاتور در داخل شیارهای این هسته مغناطیسی تعبیه می شود. رتور این نوع موتورها محوری فولادی دارد که بر روی آن ورقه های مغناطیسی نصب شده است. در اطراف این هسته مغناطیسی استوانه ای شکل،



سوراخ هایی پیش بینی شده که آنها را با میله های آلومینیومی (و گاهی مسی) پر می کنند و ابتدا و انتهای این میله ها توسط حلقه هایی هم جنس با آنها به هم وصل می شوند تا مداری بسته به دست آید. مجموعه این میله ها و حلقه ها را سیم پیچی رتور می نامند و از آن جا که شبیه به قفس است آن را رتور قفسی (یا قفس سنجابی) نیز می گویند (شکل ۲۱).

شکل ۲۱- ساختمان رتور قفسی یا قفس سنجابی

#### کاربرد:

ساختن موتور با رتور قفسی، نسبتاً ساده و ارزان است. وزن این رتورها کم و سرویس و نگهداری آنها مشکلات چندانی ندارد. هم چنین هنگام استفاده از این نوع موتورها، جرقه ایجاد نمی شود. موتورهای رتور قفسی معمولاً از توان های کم تا توان های متوسط به طور گسترده ای مورد استفاده قرار می گیرند. بهترین وضعیت کاری این موتورها در بار نامی آنهاست ولی در بی باری و بارهای کم ضریب قدرت پایینی دارند. زیاد بودن جریان راه اندازی و امکانات محدود تنظیم سرعت، نقطه ضعفی برای این موتورها به حساب می آید.

### ب) موتورهای القایی با رتور سیم پیچی شده (رتور رینگی)

#### ساختمان:

استاتور موتورهای القایی با رتور سیم پیچی کاملاً مشابه موتورهای رتور قفسی است. اما رتور موتورهای القایی با رتور سیم پیچی شده کاملاً با رتورهای قفسی متفاوت است و به جای مفتول های آلومینیومی دارای سیم بندی سه فاز همانند استاتور است که از طریق سه عدد رینگ و زغال به جعبه اتصالات موتور مرتبط می شود. بر روی محور (شفت) رتور، هسته مغناطیسی (مرکب از ورقه های مغناطیسی) و رینگ ها نصب شده اند و رینگ ها نسبت به محور و نسبت به هم دیگر عایق هستند. در شیارهایی که روی هسته مغناطیسی رتور پیش بینی شده اند، سیم پیچ های رتور قرار می گیرند. سیم پیچ سه فاز رتور معمولاً دارای اتصال ستاره بوده و سه سر خروجی آن به سه حلقه لغزنده (رینگ) وصل شده است. اتصال حلقه های لغزنده به بیرون ماشین از طریق سه عدد جاروبک انجام می پذیرد.



به وسیله این جاروبک‌ها، مقاومت‌های اهمی متغیر، در مدار رتور قرار می‌گیرند. از این مقاومت‌ها عمدتاً به عنوان راه‌انداز و گاهی به عنوان کنترل سرعت استفاده می‌شود. علامت اتصالات خروجی رتور سه حرف K-L-M است.

شکل ۲۲- موتور القایی رتور سیم‌پیچی

نمایش فیلم



طرز کار موتور سنکرون را نگاه کنید.

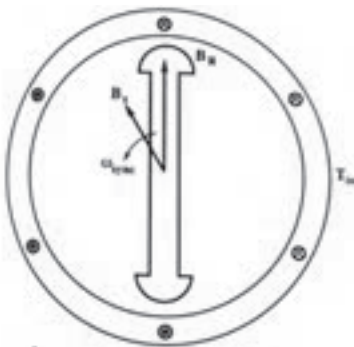
## موتور سنکرون

### ساختمان:

استاتور موتورهای سنکرون از نظر ساختمان دقیقاً مشابه استاتور موتورهای القایی است. سیم‌پیچ‌های سه‌فاز در داخل شیارهای هسته آهنی استاتور تعبیه شده که وظیفه آنها ایجاد میدان دوار در هسته است. رتور این موتور به صورت یک پارچه یا از ورق‌های مغناطیسی ساخته می‌شود و بر روی آن یک سیم‌پیچ جریان مستقیم به نام سیم‌پیچ تحریک نصب شده است. جریان تغذیه سیم‌پیچ تحریک رتور، از طریق دو حلقه که بر روی محور رتور نصب شده است، (به وسیله جاروبک‌ها) تأمین می‌شود. رتور این موتورها عملاً به صورت یک مغناطیس الکتریکی (چرخ قطب) رفتار می‌کند که تعداد قطب‌های رتور به اندازه قطب‌های سیم‌پیچی استاتور خواهد بود.

### طرز کار:

هنگام وصل استاتور به شبکه سه‌فاز، یک میدان دوار که سرعت آن متناسب با فرکانس شبکه و تعداد قطب استاتور است، در آن به وجود می‌آید. قطب‌های رتور از طریق قطب‌های غیر هم‌نام استاتور جذب و لحظه‌ای بعد مجدداً به وسیله قطب‌های هم‌نام استاتور دفع خواهند شد. پس میانگین گشتاور صفر و رتور حرکت نمی‌کند (شکل ۲۳).



شکل ۲۳- میدان دوار

قطب‌های رتور به دلیل سنگینی و اینرسی موجود در آن نمی‌توانند به سرعت همراه میدان دوار استاتور بچرخند. پس باید با یک وسیله کمکی (مثلاً یک راه‌اندازی رتور قفسی همراه رتور اصلی) ابتدا سرعت رتور را به نزدیکی سرعت میدان دوار استاتور برسانیم تا رتور بتواند مطابق شکل صفحه قبل همراه میدان دوار چرخش کند. پس موتورهای سنکرون هنگام راه‌اندازی نیاز به یک راه‌انداز کمکی دارند. چنانچه رتور علاوه بر سیم‌بندی تحریک DC یک سیم‌بندی اتصال کوتاه (قفسی) نیز داشته باشد، موتور سنکرون خواهد توانست ابتدا به صورت آسنکرون راه افتاده و پس از راه‌اندازی با وصل جریان تحریک به صورت سنکرون به کار خود ادامه دهد.



در مورد نحوه راه اندازی موتور سنکرون از طریق یک مقاومت و همچنین رفتار موتور سنکرون در زیر بار در کلاس بحث کنید.



با مراجعه به کتاب های مرجع، در مورد تفاوت موتورهای سنکرون و القایی (آسنکرون) تحقیق کنید.

### ارزشیابی مرحله ای

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

### موتورهای الکتریکی تک فاز

موتورهای تک فاز طوری طراحی و ساخته می شوند که با منبع AC تک فاز تغذیه شده تا کار کنند. از موتورهای تک فاز برای وسایل الکتریکی مختلف از قبیل ماشین های دریل، خیاطی، جاروبرقی، تهویه، خدمات خانگی و اداری، وسایل نقلیه فضایی، هواپیما و مانند این ها استفاده می شود. اغلب موتورهای تک فاز با قدرت کسری از اسب بخار ساخته می شوند. اندازه های بزرگ تر ۱/۵، ۲، ۳ و ۵ اسب بخار برای ولتاژهای ۱۱۵ و ۲۲۰ و حتی برای ۴۴۰ ولت در اندازه های ۷/۵ و ۱۰ اسب بخار ساخته می شوند.



طرز کار موتورهای الکتریکی تک فاز را نگاه کنید.

جدول ۶- انواع موتورهای الکتریکی تک فاز

ردیف	نوع	شرح و کاربرد
۱	موتور القایی با فاز شکسته یا راه انداز مقاومتی	گشتاور راه اندازی این موتورها ۱۵۰ تا ۲۰۰ درصد گشتاور بار کامل بوده و جریان راه اندازی نیز ۶ تا ۸ برابر جریان بار کامل است. نسبت به موتورهای تک فاز خازنی ارزان قیمت هستند و از آنها در بادبزن ها، پمپ ها و جداکننده های گریز از مرکز، ماشین های کپی، یخچال های خانگی و کولر های آبی هوایی استفاده می شود و قدرت این موتورها معمولاً بین ۰/۳۳ تا ۰/۵ اسب بخار است.
۲	موتور تک فاز با خازن دائم کار	این موتورها برای پنکه های رومیزی، پنکه سقفی، دمنده ها، موتور لباسشویی، آبمیوه گیری، پمپ آب و مواردی که نیاز به تغییر جهت گردش سریع باشد، مورد استفاده قرار می گیرند.
۳	موتور تک فاز با راه انداز خازنی	این موتورها به لحاظ داشتن گشتاور راه اندازی زیاد، کاربردهای بسیار وسیعی دارند از جمله برای تغذیه پمپ ها، کمپرسورها، سردخانه ها، تهویه مطبوع، دستگاه های چندکاره نجاری، ماشین های لباسشویی بزرگ و به طور کلی جاهایی که موتور تک فاز تحت بار، گشتاور راه اندازی زیاد نیاز داشته باشد، استفاده می گردد.
۴	موتور تک فاز دو خازنی	موتورهای دوخازنی در یخچال های صنعتی، کمپرسورها، سوخت پاش ها، موتورهای بالابر، دستگاه های چندکاره نجاری و پمپ ها و به طور کلی مواردی که لازم است تا موتورها، گشتاور راه اندازی و نیز گشتاور زیاد ایجاد کنند.
۵	موتور یونیورسال (Universal Motor)	موتور یونیورسال موتوری می باشد که ممکن است با جریان مستقیم و یا با جریان متناوب تغذیه شود و سرعت و خروجی یکسانی داشته باشد. از این نوع موتورها در تمیزکننده ها و پاک کننده های خلأیی (جاروبرقی) که سرعت موتور با سرعت بار یکسان است و در جایی که سرعت موتور به وسیله چرخ دنده ها تقلیل داده می شود مانند مخلوط کننده های مایعات و غذا، (دریل ها)، وسایل برقی خانگی نظیر آسیاب، مخلوط کن، چرخ گوشت، چرخ خیاطی و ... مورد استفاده قرار می گیرد.
۶	موتور با قطب چاک دار (Shaded-Pole Motor)	این موتورها در موارد متنوع مانند پنکه های رومیزی، پمپ آب، لباسشویی، پمپ آب کولر، انواع بادبزن ها، مرطوب کننده ها، پروژکتور اسلاید، تابلوهای تبلیغاتی و غیره به کار می روند. سرعت چرخش این نوع موتورها را می توان با جعبه دنده به هر سرعتی حتی کمتر از یک دور در ماه تغییر داد. این موتورها ساختمانی ساده داشته، از نظر قیمت ارزان و فوق العاده مقاوم و قابل اطمینان می باشند و نیاز به کلکتور، کلید گریز از مرکز و جاروبک ندارند.



به کمک هنرآموز خود، یک پمپ کولر آبی را باز و سرویس نمایید.

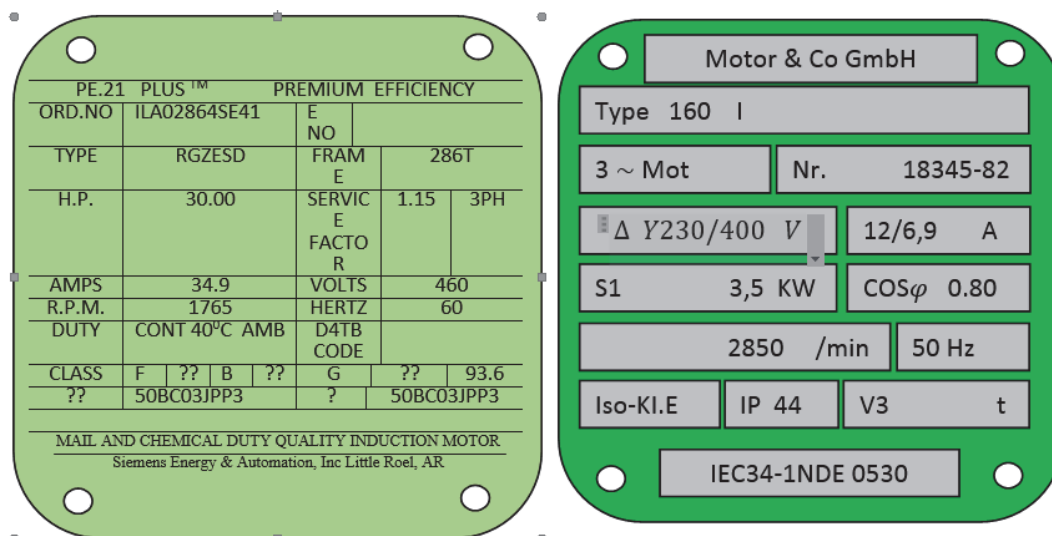


به کمک هنرآموز خود، یک موتور پنکه را باز و سرویس نمایید.

## پلاک خوانی

پلاک خوانی الکترو موتورها کمک زیادی به طراح و راه انداز برای طراحی مدار مربوطه و انتخاب صحیح قطعات کنترل و راه اندازی می نماید.

برای انتخاب صحیح و مناسب موتور سه فاز، باید به توضیحات روی پلاک مشخصات موتور کاملاً توجه نمود. شکل پلاک موتورهای سه فاز، همچنین اطلاعات نوشته شده در روی آنها متفاوت است. شکل ۲۴ دو نمونه پلاک موتور سه فاز را نشان می دهد.

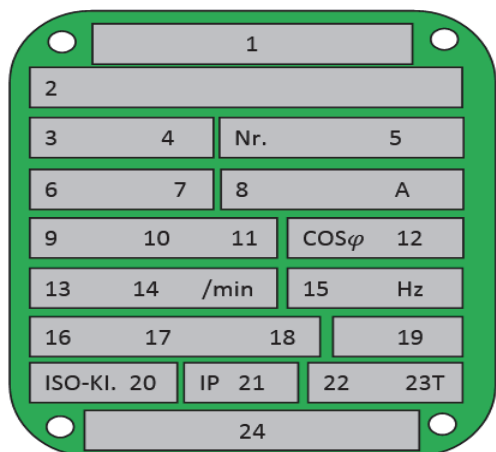


شکل ب

شکل الف

شکل ۲۴- نواع پلاک

اگر مشخصات نوشته شده (روی پلاک موتورها) را با یکدیگر مقایسه کنیم مشاهده می شود که این پلاکها تفاوت هایی با هم دارند.



در شکل ۲۵ بخش‌های مختلف یک نوع پلاک موتورهای سه‌فاز مشاهده می‌شود که در جدول ۷ توضیحات مربوط به هر قسمت آمده است.

شکل ۲۵- قسمت‌های مختلف پلاک

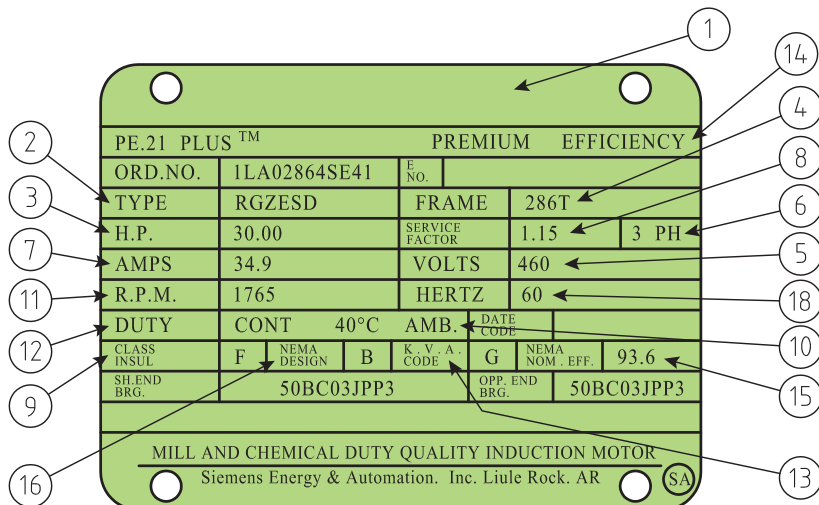
جدول ۷

شماره	اطلاعات داده شده																					
۱	نشانه کارخانه (نام و آرم)																					
۲	نشانه نوع ماشین (تیپ ماشین)																					
۳	نوع جریان مانند: G (جریان مستقیم)، E (جریان تک‌فاز)، D (جریان سه‌فاز)																					
۴	نوع کار (Gen- ژنراتور)؛ (Mol- موتور)																					
۵	شماره تولید ماشین																					
۶	نوع اتصال سیم‌پیچ استاتور در ماشین‌های سنکرون و القایی، به‌علاوه:																					
	<table><tr><td>علامت</td><td>کلاف</td><td>مدار</td></tr><tr><td>I</td><td></td><td>1~</td></tr><tr><td>⊥</td><td>با کلاف (سیم‌پیچ) کمکی</td><td></td></tr><tr><td>III</td><td>به صورت باز</td><td>3~</td></tr><tr><td>Y</td><td>ستاره</td><td></td></tr><tr><td>Δ</td><td>مثلث</td><td></td></tr><tr><td>Ψ</td><td>ستاره با نقطه وسط خارج شده</td><td></td></tr></table>	علامت	کلاف	مدار	I		1~	⊥	با کلاف (سیم‌پیچ) کمکی		III	به صورت باز	3~	Y	ستاره		Δ	مثلث		Ψ	ستاره با نقطه وسط خارج شده	
	علامت	کلاف	مدار																			
	I		1~																			
	⊥	با کلاف (سیم‌پیچ) کمکی																				
	III	به صورت باز	3~																			
	Y	ستاره																				
Δ	مثلث																					
Ψ	ستاره با نقطه وسط خارج شده																					
۷	ولتاژ نامی																					
۸	جریان نامی																					
۹	توان نامی (تحویلی) یا قدرت ظاهری خروجی در موتورهای و ژنراتورها																					



شماره	اطلاعات داده شده
۱۰	نشانه‌ی واحدها VA, KVA, W, KW موتورها بر حسب (KW یا W) و مولدها بر حسب (KVA یا VA)
۱۱	نوع کار (در کار دائمی S1) و زمان کار نامی یا مدت زمان روشن بودن نسبی مثال: S2 30min
۱۲	ضریب توان نامی $\cos\varphi$ در ماشین‌های سنکرون در صورتی که توان رآکتیو دریافت شود، باید نشانه u اضافه شود.
۱۳	جهت چرخش (از طرف سر محور موتور نگاه می شود): → (راست گرد) ← (چپ گرد)
۱۴	سرعت نامی (علاوه بر این در موتورهای با تحریک سری حداکثر سرعت $n_{max}$ در مولدهای با توربین آبی، سرعت میانی $n_d$ توربین؛ در موتورهای چرخ دنده‌دار سرعت آخرین چرخ دنده $n_z$ ارائه می شود).
۱۵	فرکانس نامی
۱۶	در ماشین جریان مستقیم و ماشین سنکرون
	در روتور با حلقه لغزان
۱۷	تحریک کننده یا «Err»
	روتور یا «Lfr»
۱۸	ولتاژ تحریک نامی به V (ولت)
	ولتاژ سکون روتور به V (ولت)
۱۹	جریان تحریک
	جریان روتور
۲۰	نکته: در کار نامی، اگر جریان کوچک‌تر از 10A باشد، اطلاعات حذف می شود. گروه مواد عایق کننده (Y, A, E, B, F, H, C) اگر سیم پیچ استاتور و روتور از گروه‌های مختلفی عایقی استفاده شده باشند، ابتدا گروه عایقی (کلاس عایقی) سیم پیچ استاتور و سپس گروه عایقی سیم پیچ روتور بیان می شود (مثلاً F/B).
۲۱	نوع محافظت طبق DIN 40050، مثلاً IP44
۲۲	طرز صحیح نصب موتور حرف A و B و C و D برای نصب افقی V و W برای نصب عمودی همراه عددی مقابل حرف
۲۳	وزن تقریبی به t، برای وزن‌های کم‌تر از یک تن اطلاعاتی داده نمی شود.
۲۴	توضیحات اضافی، به طور مثال VDE0350/000 مقدار متوسط خنکی با تهویه هوای آزاد یا خنک شدن با آب.

در شکل ۲۶ نمونه دیگری از پلاک موتورهای سه فاز نشان داده شده است.

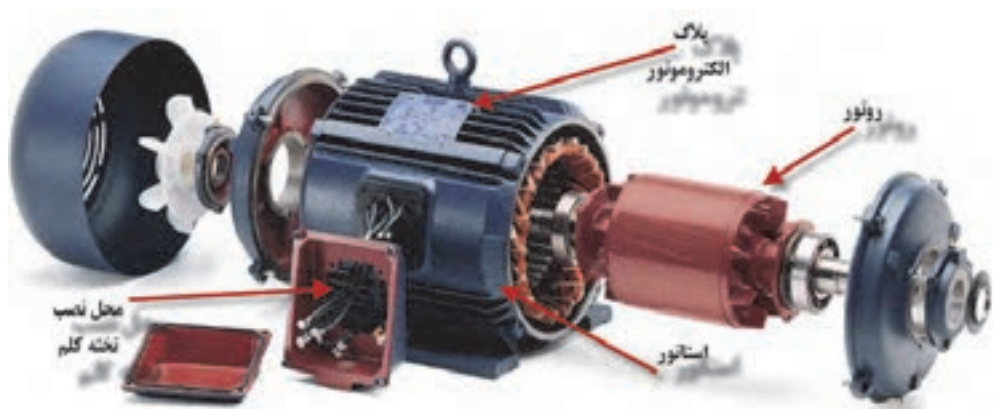


شکل ۲۶- نمونه‌ای از پلاک موتورهای سه فاز

#### جدول ۸

شماره	اطلاعات داده شده
۱	نام کارخانه
۲	مدل
۳	قدرت بر حسب اسب بخار
۴	شماره بدنه
۵	ولتاژ کار
۶	تعداد فاز- یک فاز یا سه فاز
۷	مقدار جریان (آمپر)
۸	ضریب خدمات (ضریب کارکرد)
۹	کلاس عایقی
۱۰	دمای مجاور (دمای محیط)
۱۱	تعداد دور در دقیقه
۱۲	مدت زمان کار موتور در بار نامی
۱۳	حرف رمز حالت توقف و یا در حال کار روتور
۱۴	حداکثر بازده
۱۵	میزان بازده اسمی
۱۶	استاندارد کارخانجات تولید کننده وسایل الکتریکی
۱۷	ضریب قدرت
۱۸	فرکانس (بر حسب هرتز)

در شکل ۲۷ محل قرار گرفتن پلاک و اجزای دیگر الکتروموتورها نشان داده شده است.



شکل ۲۷- اجزای الکتروموتور

فعالیت  
کارگاهی



با توجه به الکتروموتورهای موجود در کارگاه، مشخصات پلاک هر موتور را استخراج و با هم مقایسه نمایید.

## تخته کلم

محفظه‌ای که سر سیم‌پیچ‌های استاتور، جهت اتصال به شبکه برق در آن قرار دارد «تخته کلم» نامیده می‌شود.



شکل ۲۸- تخته کلم

موتورهای الکتریکی از نوع رتور قفسه‌ای در مجموع دارای ۲ یا ۳ سری سیم‌پیچ هستند که در نهایت سر هر سیم‌پیچ بر روی بدنه خارجی موتور در قسمتی به نام ترمینال‌های موتور یا تخته کلم جمع می‌شوند. به عبارتی تخته کلم پل ارتباطی تجهیزات راه‌اندازی الکتروموتورها می‌باشد.

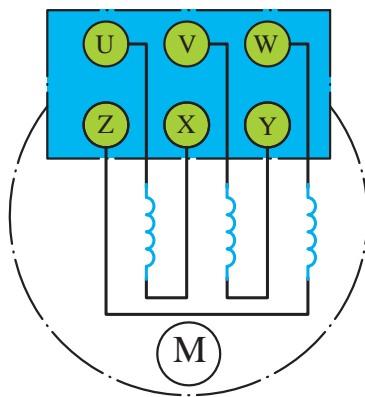


شکل ۲۹- محل تخته کلم

### سر بندی ترمینال‌های موتور

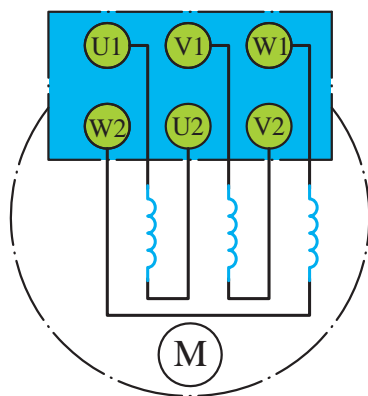
برای راه‌اندازی یک الکتروموتور (سه‌فاز) به سه عدد خط سه‌فاز احتیاج خواهیم داشت ولی این‌جا ۶ ترمینال در دسترس است لذا باید قبل از انجام هر فعالیت، از نوع سربندی و اتصال‌های مربوط به راه‌اندازی الکتروموتور اطلاعات کامل به‌دست آوریم.

در استاندارد VDE قدیم نشان دادن سر کلاف‌ها به ترتیب برای کلاف اول تا سوم از حروف U، V و W و برای نمایش ته کلاف‌ها به ترتیب از حروف X، Y و Z استفاده می‌شود. نحوه قرار گرفتن سرسیم‌ها در زیر پیچ‌های تخته کلم مطابق شکل ۳۰ است. دلیل این که ته کلاف‌ها، مشابه سر کلاف‌ها، به ترتیب از کلاف اول تا سوم نوشته نمی‌شود این است که در صورت نیاز به ایجاد اتصالات ستاره یا مثلث بتوان بدون استفاده از کلید مربوطه و با قرار دادن چند تسمه مسی در زیر پیچ‌ها، موتور را به صورت ستاره یا مثلث اتصال داد.



شکل ۳۰

در استاندارد (IEC) برای نشان دادن سر کلاف ها به ترتیب از کلاف اول تا سوم از حروف (U1,V1,W1) و برای مشخص کردن ته کلاف ها به ترتیب از حروف (W2,V2,U2) استفاده می شود. شکل ۳۱، وضعیت قرار گرفتن سیم پیچ ها و پیچ های تخته کلم را نشان می دهد.

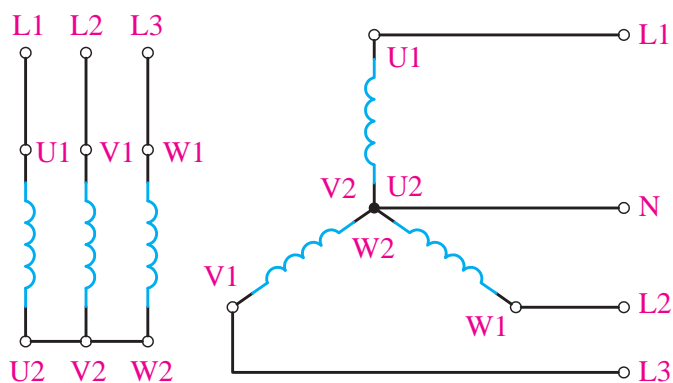


شکل ۳۱

### اتصال ستاره

هرگاه به ابتدای سیم پیچ های (سرکلاف های U1,V1,W1) موتور به ترتیب شبکه سه فاز L1, L2 و L3 را وصل کرده و انتهای سیم پیچ ها (ته کلاف ها W2,V2,U2) را به یکدیگر وصل کنیم این اتصال را ((اتصال ستاره)) گویند.

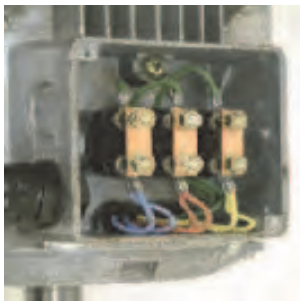
شکل ۳۲ نحوه اتصال ستاره را به صورت مداری نشان می دهد. گفتنی است که به جهت خلاصه نویسی، برای بیان حالت ستاره در متون فنی از علامت  $\star$  استفاده می شود.



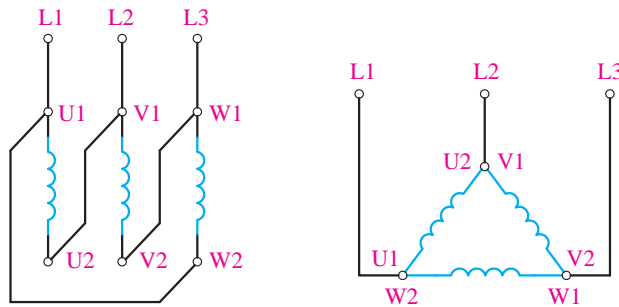
شکل ۳۲

## اتصال مثلث

هرگاه انتهای کلاف اول (U2) به ابتدای کلاف دوم (V1) و انتهای کلاف دوم (V2) به ابتدای کلاف سوم (W1) و به همین ترتیب انتهای کلاف سوم (W2) به ابتدای کلاف اول (U1) وصل شود، به این اتصال ((اتصال مثلث)) گویند. (شکل‌های ۳۳ و ۳۴)، نحوه اتصال مثلث را به صورت مداری و روی تخته کلم موتور نشان می‌دهند. جهت خلاصه نویسی، برای بیان حالت مثلث در متون فنی از علامت  $\Delta$  استفاده می‌شود.

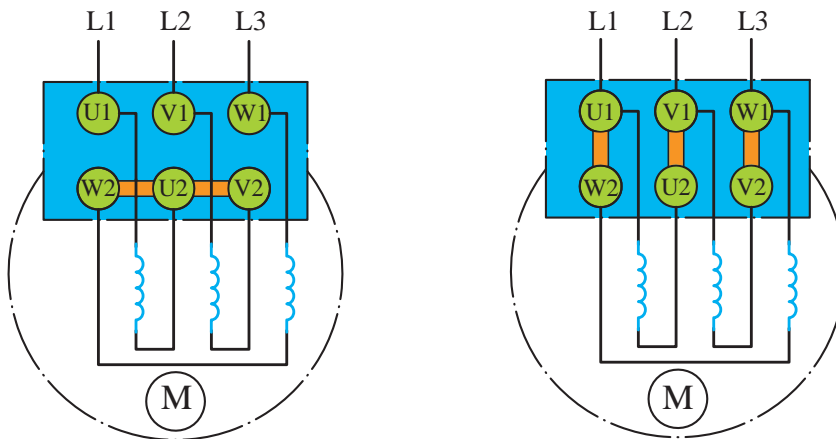


شکل ۳۴



شکل ۳۳

تصاویر شکل ۳۵ چگونگی ایجاد اتصال ستاره مثلث را به روش ترسیمی بر روی تخته کلم موتور سه‌فاز نشان می‌دهد.



شکل ۳۵

فعالیت  
کارگاهی

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



## ارزشیابی مرحله‌ای

ردیف	مراحل کاری	شرایط کار (ابزار، مواد، تجهیزات، مکان)	نتایج ممکن	استاندارد (شاخص‌ها، دآوری، نمره دهی)	نمره
۴	موتورهای الکتریکی تک‌فاز	تجهیزات: ابزار و تجهیزات لازم 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 انواع 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 انواع 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 انواع 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 می‌شوند و چگونگی خواندن پلاک‌های انواع ماشین‌ها را انجام دهد.

### شاخص‌ها:

- شناخت کامل از ماشین‌های الکتریکی

### شرایط انجام 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 است.