فصل چهارم

ماشین‌های الکتریکی

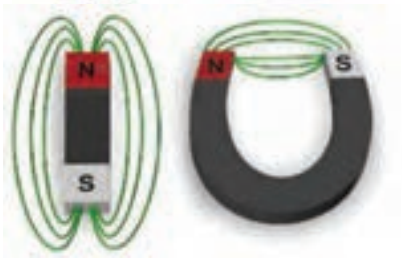
هدف‌های رفتاری ــ با یادگیری این فصل هنرجو می‌تواند :

- مغناطیس و میدان مغناطیسی را تعریف کند.
- ترانسفورماتور را تعریف کند.
- ساختمان ترانسفورماتورهای تک فاز را شرح دهد.
- اساس کار ترانسفورماتور را شرح دهد.
- ترانسفورماتور کاهنده و افزاینده را توضیح دهد.
- ماشین‌های الکتریکی را تعریف کند.
- انواع ماشین‌های الکتریکی را نام ببرد.
- انواع موتورهای الکتریکی از نظر نوع جریان الکتریکی را نام ببرد.
- انواع موتورهای سه‌فاز را نام ببرد.
- خصوصیات و انواع موتورهای آسنکرون را بیان کند.
- ساختمان داخلی و طرز کار موتورهای آسنکرون القایی را شرح دهد.
- روش‌های راه‌اندازی موتورهای سه‌فاز آسنکرون در شبکهٔ سه‌فاز را توضیح دهد.
- اطلاعات روی پلاک مشخصات الکتروموتورهای سه‌فاز را توضیح دهد.
- مفهوم حفاظت بین‌المللی و کلاس حرارتی در موتورهای الکتریکی را شرح دهد.
- انواع موتورهای تک فاز را نام ببرد.
- ساختمان داخلی و طرز کار موتورهای القایی تک فاز را شرح دهد.
- چگونگی راه‌اندازی انواع موتورهای تک فاز را شرح دهد.

	نظری	عملی
ساعت	۸	۴

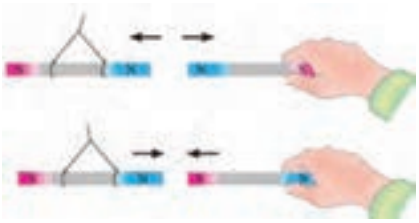
مغناطیس

مغناطیس از جمله مباحثی است که در موتورهای الکتریکی کاربرد دارد. به خاصیت مغناطیسی‌ای که در اطراف آهنربای دائمی، وجود دارد و بر اجسام مغناطیسی دیگر اثر می‌گذارد مغناطیس طبیعی می‌گویند(شکل ۱ــ۴).



شکل ۱ــ۴ــ مغناطیس طبیعی

برای تشخیص قطب‌های یک آهن‌ربا باید هر یک از آنها را به ترتیب به قطب‌های مشخص یک آهن ربای دیگر، که آویزان است، نزدیک کنید. اگر دو قطب همدیگر را دفع کردند «همنام» و اگر دو قطب یکدیگر را جذب کردند، «غیرهمنام» هستند (شکل ۲ــ۴).

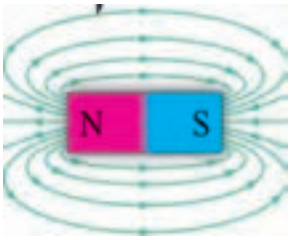


شکل۲ــ۴ــ جذب و دفع قطب‌های آهنرباها

خطوط نیروی مغناطیس و میدان مغناطیسی

یک آهن‌ربا می‌تواند بدون اینکه با یک قطعه آهن تماس داشته باشد، آن را جذب نماید یا از یک فاصلهٔ دور روی آهن‌ربای دیگر اثر کند. دلیل اینکه یک آهن‌ربا از فاصله‌های کم به آهن‌ربای دیگر نیرو وارد می‌کند، وجود «**میدان مغناطیسی**» در اطراف آن است. پس می‌توان میدان مغناطیسی را به صورت زیر تعریف کرد :

به فضایی از اطراف جسم مغناطیسی که بر اجسام مغناطیسی دیگر اثر می‌گذارد، «**میدان مغناطیسی**» می‌گویند. میدان مغناطیسی را می‌توان با خطوطی به نام «**خطوط نیروی میدان مغناطیسی**» نشان داد. میدان مغناطیسی عبارت است از کلیهٔ خطوط میدان مغناطیسی‌ای که از آهن ربا خارج می‌شود. جهت این خطوط از قطب شمال (N) به سمت قطب جنوب (S) است (شکل ۳ــ۴).

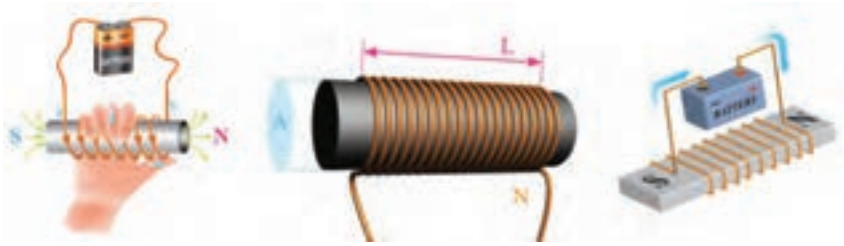


شکل۳ــ۴ــ خطوط نیروی مغناطیسی

با عبور جریان الکتریکی از داخل یک سیم، خاصیت مغناطیسی در اطراف آن سیم پدید می‌آید، که اصطلاحاً به آن خاصیت الکترومغناطیسی می‌گویند (شکل ۴ــ۴).

شکل۴ــ۴ــ خاصیت مغناطیسی اطراف سیم حامل جریان

هرگاه یک سیم صاف را مطابق شکل۵ــ۴ به صورت چند حلقه (سیم‌پیچ) در آوریم، میدان مغناطیسی به وجود آمده در اطراف حلقه‌ها با هم جمع می‌شوند و میدان مغناطیسی قوی‌تری پدید می‌آید.

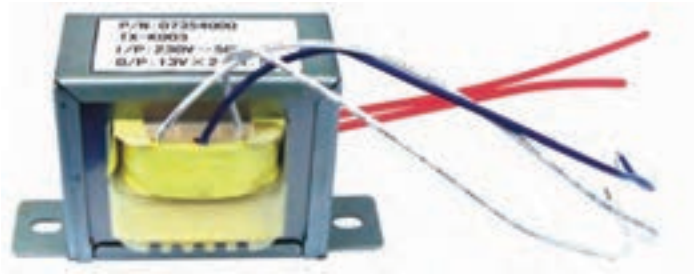


شکل۵ــ۴ــ سیم‌پیچ و میدان مغناطیسی اطراف آن

در برخی از ماشین‌های بوجاری، از میدان مغناطیسی برای جدا کردن دانه‌ها استفاده می‌شود. در این روش دانه‌ها بر اساس اختلاف خصوصیات مغناطیسی‌شان جدا می‌شوند. دانه‌ها تحت تأثیر یک میدان مغناطیسی قوی قرار می‌گیرند و دانه‌هایی که دارای خصوصیت مغناطیسی قوی‌تری هستند، از دیگر دانه‌ها جدا می‌شوند.

ترانسفورماتور تک فاز

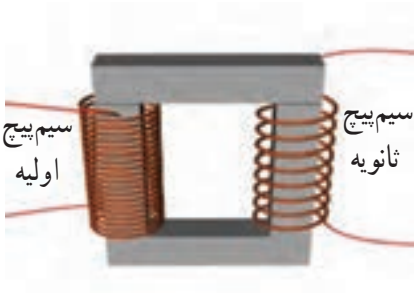
ترانسفورماتور، یک مبدّل (تبدیل‌کننده) ولتاژ است، که بر اساس میدان مغناطیسی کار می‌کند و از آن در شبکه‌ها و وسایل الکتریکی و الکترونیکی استفاده می‌شود. ترانسفورماتور در نوع انرژی الکتریکی تغییری ایجاد نمی‌کند، ولی مقادیر ولتاژ و جریانی آن را تغییر می‌دهد(شکل ۶ــ۴).



شکل ۶ ــ۴ــ ترانسفورماتور کاهنده

ساختمان ترانسفورماتور

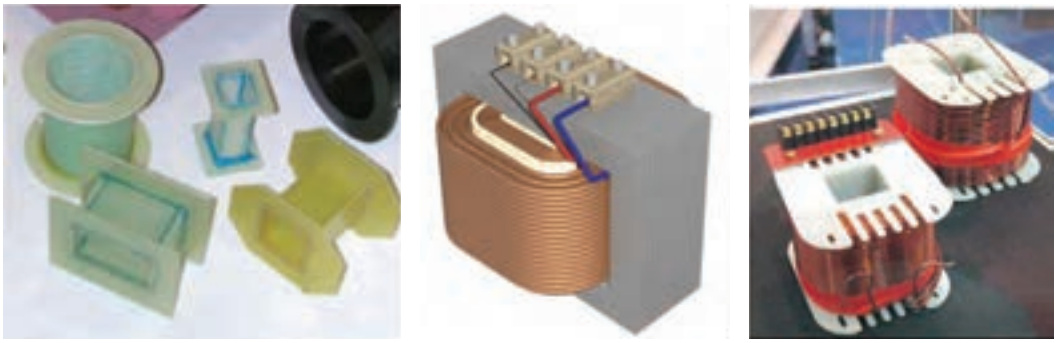
ترانسفورماتور از یک هستهٔ آهنی تشکیل شده که روی آن دو سیم‌پیچ قرار دارد. این دو سیم‌پیچ نسبت به یکدیگر و نسبت به هسته آهنی عایق هستند، یعنی هیچ ارتباط الکتریکی بین آنها برقرار نمی‌شود. سیم‌پیچ متصل به منبع ولتاژ «**سیم‌پیچ اولیه**» نام دارد. این سیم‌پیچ، انرژی الکتریکی را تحت ولتاژ V_1 و جریان I_1 دریافت می‌کند. سیم‌پیچی که به مصرف کننده متصل می‌شود «**سیم‌پیچ ثانویه**» نامیده می‌شود. این سیم‌پیچ، انرژی الکتریکی را تحت ولتاژ V_2 و جریان I_2 به مصرف کننده می‌دهد(شکل ۷ــ۴).



شکل ۷ــ۴ــ اجزای ترانسفورماتور

■ سیم‌پیچ ترانسفورماتور :

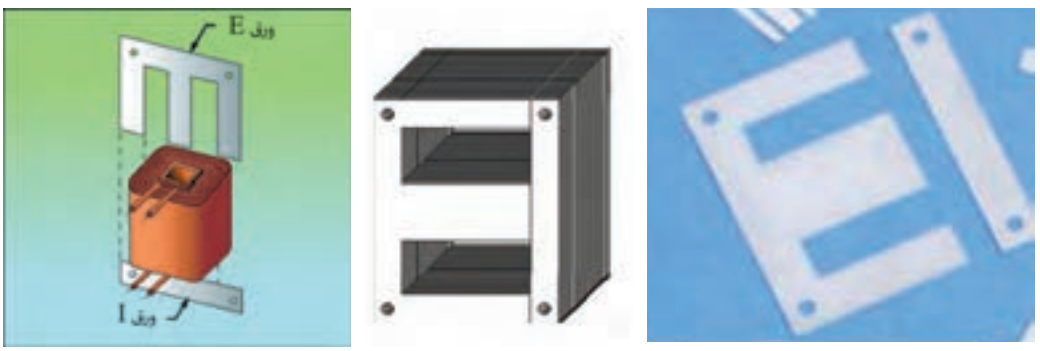
برای سیم‌پیچی ترانسفورماتور، معمولاً از سیم مسی روکش‌دار استفاده می‌شود. سطح مقطع سیم‌های ترانس متناسب با جریان مورد نیاز مصرف کننده محاسبه می‌شود. سیم‌پیچ ترانسفورماتورهای کوچک را معمولاً روی قرقره‌های پلاستیکی (ترموپلاست) می‌پیچند و از سیم‌های لاکی با مقطع گرد استفاده می‌کنند. تعداد دور سیم‌پیچ‌ها را با حرف N نشان می‌دهند (شکل ۸ــ۴).



شکل ۸ــ۴ــ سیم‌پیچی روی هسته آهنی و پلاستیکی

■ هستهٔ ترانسفورماتور

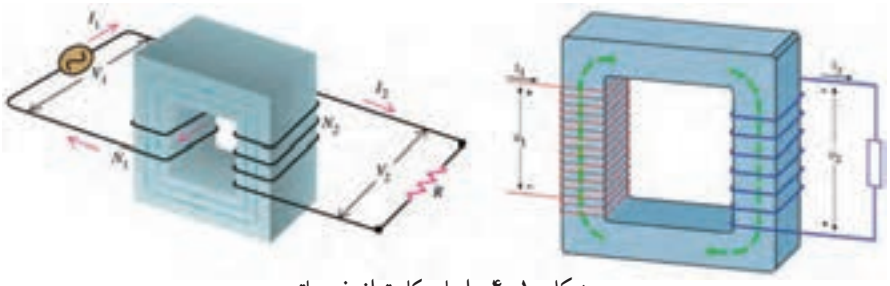
جنس هستهٔ ترانسفورماتور از آهن است و به شکل‌های مختلف ساخته می‌شود. برای کاهش تلفات در ترانسفورماتورها، هستهٔ آن را ورق ورق می‌سازند. ورقه‌هایی که شکل «EI» دارند، از جمله ورق‌های پرکاربرد برای هستهٔ ترانسفورماتورها هستند. در شکل ۹ــ۴ هسته ترانس و چند نمونه از ورق‌های مختلف نشان داده شده است.



شکل ۹ــ۴ــ هسته آهنی ترانسفورماتور

◄ اساس کار ترانسفورماتور

اساس کار ترانسفورماتور بر مبنای اثر میدان‌های مغناطیسی (القای متقابل) بین سیم‌پیچ‌های اولیه و ثانویه است. هرگاه سیم‌پیچ اولیهٔ ترانسفورماتوری را مطابق شکل ۱۰ــ۴ به یک منبع ولتاژ متناوب با ولتاژ V_1وصل کنیم، جریانی از آن عبور می‌کند و در فضای اطراف سیم پیچ اولیه میدان مغناطیسی تولید می‌شود. این میدان پس از عبور از هستهٔ ترانس، سیم‌پیچ‌های ثانویه را قطع می‌کند و باعث القای ولتاژ V_2 در آن می‌شود.



شکل ۱۰ــ۴ــ اساس کار ترانسفورماتور

در یک ترانسفورماتور ایده‌آل رابطهٔ زیر همواره صادق است، که به آن رابطهٔ اساسی ترانسفورماتور می‌گویند.

کمّیت‌های به‌کار رفته در این رابطه عبارت‌اند از :

$$a = \frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

V_1 = ولتاژ منبع تغذیه
V_2 = ولتاژ دو سر مصرف‌کننده
N_1 = تعداد حلقه‌های سیم‌پیچ اولیه
N_2 = تعداد سیم‌پیچ حلقه‌های ثانویه
I_1 = جریان سیم‌پیچ اولیه
I_2 = جریان سیم‌پیچ ثانویه

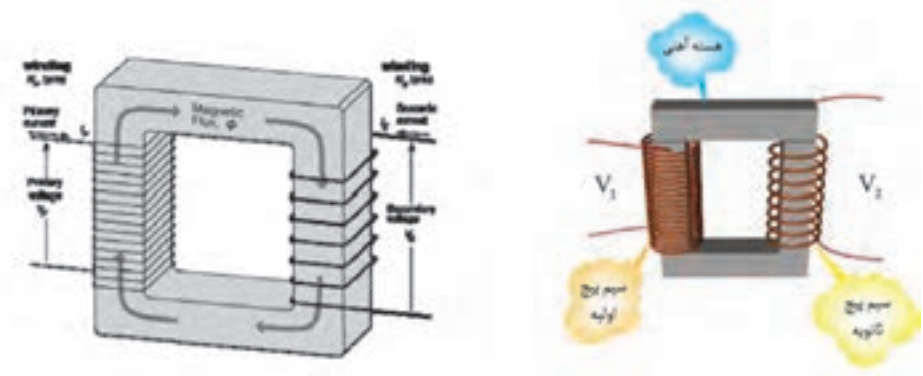
سطح مقطع سیم‌پیچ‌های ترانسفورماتور نشان‌دهندهٔ مقدار جریان قابل تحمل آنهاست. هرچه سطح مقطع سیم‌پیچ بزرگ‌تر باشد، جریان بیشتری می‌تواند از آن عبور کند. بدیهی است سیم‌پیچ با سطح مقطع کوچک‌تر، جریان عبوری کمتری را تحمل می‌کند.

انواع ترانسفورماتور

ترانسفورماتورها را از نظر مقدار ولتاژ خروجی نسبت به ولتاژ ورودی به دو دسته تقسیم می‌کنند :
الف) ترانسفورماتورکاهنده، ب) ترانسفورماتور افزاینده

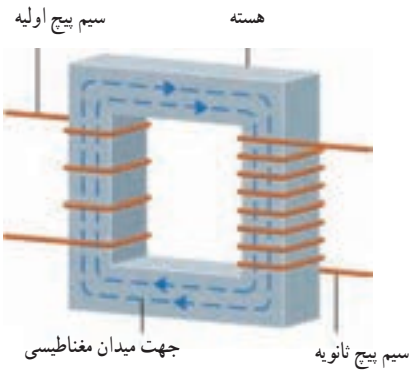
ترانسفورماتور کاهنده

در ترانسفورماتور کاهنده باید، ولتاژ ثانویه کمتر از ولتاژ اولیه باشد، یعنی :$V_2<V_1$. بنابراین تعداد دور سیم پیچ‌های ثانویه را کمتر از تعداد دور سیم پیچ‌های اولیه انتخاب می‌کنند ($N_2<N_1$). شکل ۱۱ــ۴ تصاویری از ترانسفورماتور کاهنده را نشان می‌دهد.



شکل ۱۱ــ۴ــ ترانسفورماتور کاهنده

معمولاً این ترانسفورماتورها هنگامی به کار برده می‌شود که ولتاژ کار مصرف کننده کمتر از ولتاژ منبع تغذیه باشد، مانند ترانسفورماتورهایی که در لوازم خانگی (رادیو، ضبط صوت و...) به کار می‌روند. در آداپتورها نیز از این نوع ترانسفورماتور استفاده می‌شود.



شکل ۱۲ــ۴ــ ترانسفورماتور افزاینده

■ ترانسفورماتور افزاینده

ترانسفورماتور افزاینده ترانسفورماتوری است که ولتاژ ثانویهٔ آن بیشتر از اولیه است، یعنی : $V_2>V_1$. با توجه به تعریف فوق و رابطهٔ ضریب تبدیل، می‌توان نتیجه گرفت که در ترانسفورماتور افزاینده تعداد دور سیم پیچ‌های ثانویه بیشتر از سیم‌پیچ‌های اولیه است، یعنی : $N_2>N_1$. شکل ۱۲ــ۴، تصویری از این ترانسفورماتور را نشان می‌دهد.

از این ترانسفورماتورها در مواردی که مصرف کننده به ولتاژی بیشتر از ولتاژ موجود نیاز داشته باشد، استفاده می‌شود. از جملهٔ این موارد می‌توان ترانسفورماتورهای انتقال انرژی الکتریکی در شبکه‌های برق را نام برد.

ترانسفورماتور در دستگاه نُک‌چین جوجه کاربرد دارد. در این دستگاه از ترانسفورماتور کاهنده استفاده می‌شود که سیم‌پیچ اولیهٔ آن را توسط دوشاخه به برق شهر(ولتاژ ۲۲۰ ولت) و دو سر سیم پیچ ثانویه آن را با یک قطعهٔ آهنی، به یکدیگر متصل می‌کنند. در نتیجه جریان زیادی از قطعه آهنی می‌گذرد و آن را بسیار گرم می‌کند از این قطعه برای چیدن نُک جوجه استفاده می‌شود. در شکل۱۳ــ۴ یک نمونه دستگاه نُک چین جوجه را مشاهده می‌کنید.

شکل۱۳ــ۴ــ نُک چین جوجه

کاربرد دیگر میدان مغناطیسی در الکتروموتورهاست، که در ماشین‌های کشاورزی کاربرد فراوان دارند (شکل۱۴ــ۴).

شکل۱۴ــ۴ــ سیم پیچ‌های یک موتور الکتریکی

موتورهای الکتریکی

موتورهای الکتریکی می‌توانند برای به کار انداختن انواع وسایل به‌کار روند. امروزه انواع ماشین‌ها و تجهیزات کشاورزی مانند ماشین بوجاری، ماشین جوجه‌کشی، سالن پرورش طیور، نقّاله، دستگاه‌های دان‌خوری اتوماتیک، دستگاه پرکن، دستگاه کاه‌خُردکن، دستگاه توزیع دان، آسیاب، شیر سردکن و شیر دوش، برای تأمین توانش به موتورهای الکتریکی مجهز هستند و می‌توان گفت در بسیاری از ماشین‌های کشاورزی از موتورهای الکتریکی استفاده می‌شود. بنابراین داشتن آگاهی کافی در زمینهٔ اصول کار، ساختمان داخلی و روش کار موتورها برای هنرجویان رشته ماشین‌های کشاورزی، تقریباً ضروری است. آشنایی با این موارد شما را در رفع عیوب ساده، تعویض قطعات یا انتخاب موتور مناسب با کار مورد نظر در ماشین‌های کشاورزی یاری می‌کند. شکل ۱۵ــ۴ دو نمونه از کاربرد موتور الکتریکی را، در کشاورزی نشان می‌دهد.

الف) هواکش دستگاه جوجه‌کشی

ب) موتور پمپ

شکل ۱۵ــ۴

برخی از مزایای کاربرد موتورهای الکتریکی نسبت به موتورهای احتراقی عبارت‌اند از :

- قیمت ارزان‌تر
- راه‌اندازی کم هزینه
- استفاده آسان
- سر و صدا و حجم کم
- تأثیر کم سرما و گرمای محیط بر آنها
- آلوده نشدن هوا، امکان قرار گرفتن در وضعیت‌های مختلف
- سرویس و نگهداری آسان

با توجه به دلایل بیان شده، یکی از سیاست‌های دولت در چند سالهٔ اخیر این است که در ایستگاه‌های پمپاژ بخش کشاورزی، به جای موتورهای احتراقی، از موتورهای الکتریکی استفاده شود.

انواع موتورهای الکتریکی

موتورهای الکتریکی از نظر نوع جریان مصرفی به دو دسته تقسیم می‌شوند :

۱ــ موتورهای جریان متناوب (AC)

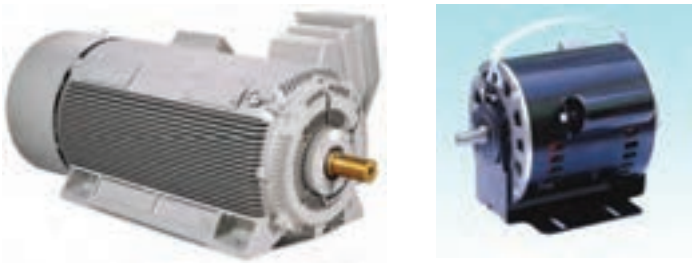
۲ــ موتورهای جریان مستقیم(DC)

بیشتر موتورهایی که در صنعت مورد استفاده قرار می‌گیرند، از نوع جریان متناوب(AC) هستند. یعنی با برق جریان متناوب کار می‌کنند. موتورهای جریان متناوب خود به دو گروه کلی تقسیم می‌شوند :

- **موتورهای سنکرون** : موتورهایی هستند که در همهٔ شرایط سرعت ثابتی دارند.
- **موتورهای آسنکرون** : این موتورها وقتی زیر بار قرار می‌گیرند، سرعت‌شان کمی افت می‌کند.

از آنجایی که موتورهای سنکرون در ماشین‌های کشاورزی کمتر به کار می‌روند، از توضیح آن در این کتاب خودداری می‌کنیم و به موتورهای آسنکرون می‌پردازیم.

موتورهای جریان متناوب آسنکرون به دو دستهٔ کلی سه‌فاز و تک فاز تقسیم می‌شوند.



الف) موتور تک‌فاز　　ب) موتور سه فاز

شکل ۱۶ــ۴ــ موتورهای AC

ساختمان موتور آسنکرون

ساختمان این موتورها از دو قسمت اصلی استاتور و روتور تشکیل شده است (شکل ۱۷ــ۴).

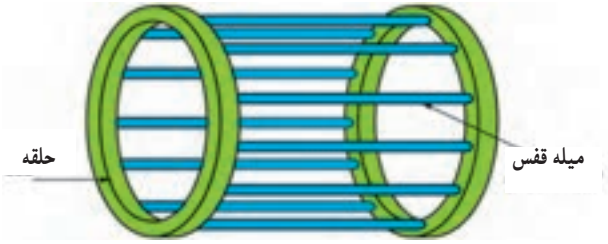
شکل ۱۷ــ۴ــ استاتور و روتور موتور آسنکرون

- **استاتور(ساکن)** : مجموعه‌ای از یک استوانه توخالی و سیم‌پیچ درون شیارهای آن است. استوانه از کنار هم قرار گرفتن ورقه‌های آهنی نازک که نسبت به هم عایق هستند ساخته شده است.

الف) سیم پیچی شده　　ب) بدون سیم پیچی

شکل ۱۸ــ۴ــ استاتور

■ **روتور(گردنده)** : یک استوانه تشکیل شده از ورقه‌های آهنی نازک (عایق شده نسبت به هم) و سیم‌پیچی شده یا دارای میله‌های متصل به هم است.



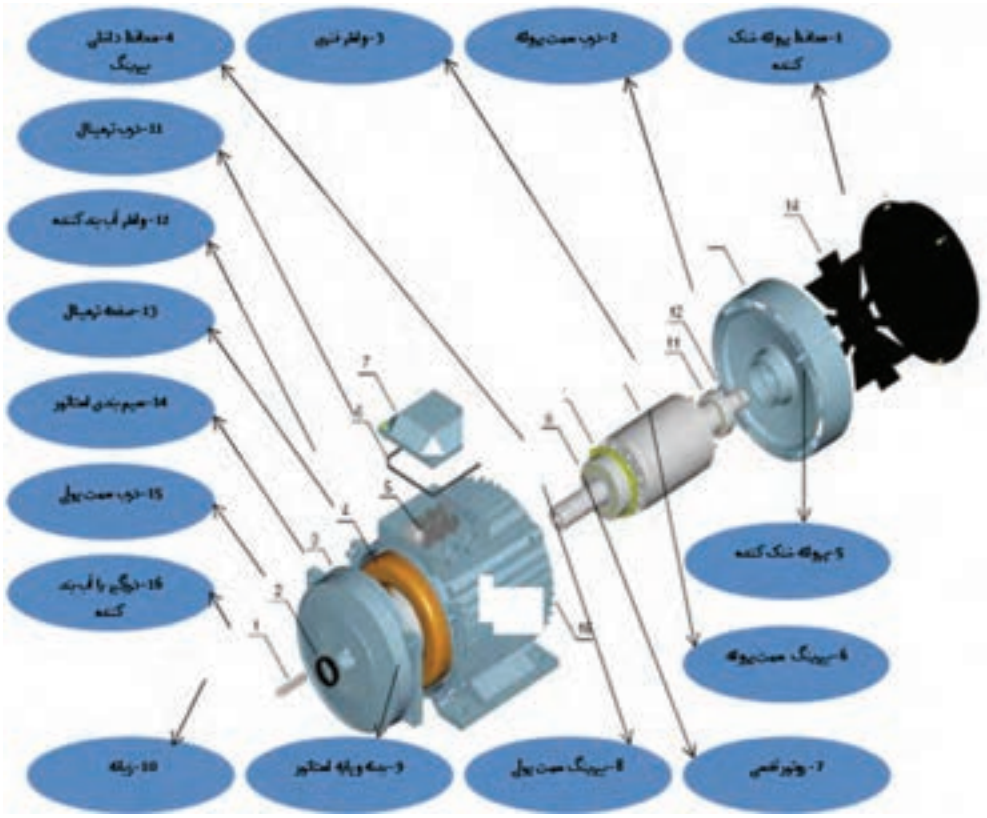
شکل ۱۹ــ۴ــ روتور

چون هادی برخی روتورها مانند شکل ۱۹ــ۴ شکل قفس است، چنین روتوری را روتور قفسی می‌گویند. نزدیک به ۹۰٪ موتورهای الکتریکی جریان متناوب دارای روتور قفسی هستند.

در شکل ۲۰ــ۴ نماهای برش خورده یک موتور سه فاز آسنکرون نشان داده شده است.

شکل ۲۰ــ۴ــ نماهای برش خورده موتور آسنکرون سه فاز

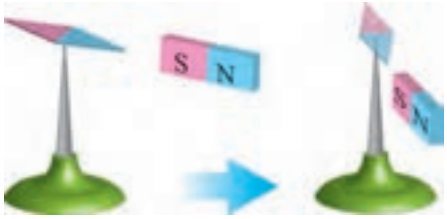
شکل ۲۱ ــ ۴ نقشهٔ تفکیکی (انفجاری) یک الکتروموتور را با ذکر نام قسمت‌های مختلف آن نشان می‌دهد.



شکل۲۱ــ۴ــ نقشهٔ انفجاری یک موتور سه فاز آسنکرون

اصول کار موتورهای آسنکرون سه‌فاز

هنگامی که آهن باریکی را روی یک پایه قرار داده و آهنربایی را به آن نزدیک می‌کنیم، مشاهده می‌کنیم قطعه آهن به طرف آهنربا حرکت می‌کند. اکنون اگر آهنربا را به صورت دایره‌ای پیرامون ورق آهنی بچرخانیم، ورق آهنی جهت حرکت آهنربا را دنبال می‌کند و در جهت حرکت میدان مغناطیسی آهنربا می‌چرخد. بنابراین در صورتی که میدان مغناطیسی حول قسمت گردنده بچرخد، قسمت گردنده نیز به صورت دَوَرانی به چرخش درخواهد آمد (شکل۲۲ــ۴). از این ویژگی برای حرکت دورانی قسمت گردنده موتورهای الکتریکی استفاده می‌شود.



شکل ۲۲ــ۴ــ ورق آهنی حرکت آهنربا را دنبال می‌کند.

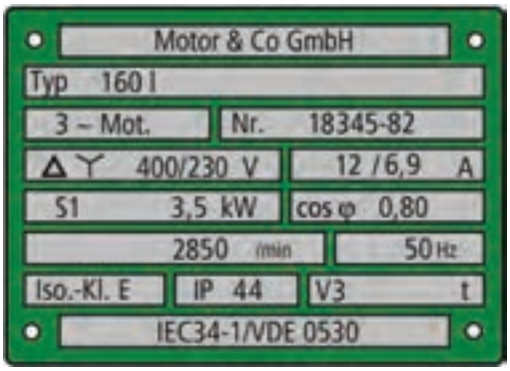
شکل ۲۳ــ۴ــ سیم‌پیچ‌های موتور الکتریکی

در موتورهای الکتریکی سه فاز به جای آهنربا از سه دسته سیم‌پیچ استفاده می‌شود. این سیم‌پیچ‌ها در شیارهای استاتور قرار می‌گیرند و با اتصال به شبکه برق میدان مغناطیسی مورد نیاز را به وجود می‌آورند. این میدان مغناطیسی به وجود آمده نیز گردان است (شکل۲۳ــ۴).

پلاک مشخصات الکتروموتورهای سه‌فاز

برای انتخاب درست موتور سه‌فاز باید به توضیحات روی پلاک مشخصات موتور کاملاً توجه نمود. شکل پلاک موتور و اطلاعات نوشته شده روی آنها متفاوت است. شکلِ یک نمونه پلاک موتور سه‌فاز و توضیح برخی اطلاعات ارائه شده در آن در شکل ۲۴ــ۴ آمده است.

شماره	اطلاعات داده شده
۱	نام کارخانهٔ سازنده
۲	مدل(تیپ ماشین)
۳	تعداد فاز(یک‌فاز یا سه‌فاز)
۴	موتور یا مولّد
۵	شمارهٔ بدنه
۶	نوع اتصال موتور(ستاره یا مثلث)
۷	ولتاژ کار موتور(برحسب ولت)
۸	جریان موتور(برحسب آمپر)
۹	نوع کار موتور(پیوسته یا موقت)
۱۰	قدرت موتور(برحسب اسب بخار)
۱۱	ضریب قدرت موتور
۱۲	سرعت موتور(بر حسب دور در دقیقه)
۱۳	فرکانس موتور(برحسب هرتز)
۱۴	حفاظت بین المللی
۱۵	استاندارد مورد استفاده در ساخت موتور



شکل ۲۴ــ۴ــ یک نمونه پلاک موتور الکتریکی سه‌فاز

بررسی

پلاک موتور الکتریکی چند ماشین کشاورزی را بررسی و مشخصات آن را یادداشت نمایید.

در روی پلاک موتور، نوع محافظت (ایمنی) در مقابل تماس و نفوذ اجسام خارجی و آب، با دو حرف IP (حفاظت بین‌المللیProtection) و دو رقم کد نشان داده می‌شود. اولین رقم، درجهٔ ایمنی در مقابل تماس و نفوذ اجسام خارجی و دومین رقم درجه ایمنی در مقابل نفوذ آب را نشان می‌دهد. برای مثال اگر روی پلاک موتوری IP۴۴ نوشته شده باشد، بیانگر آن است که این موتور در مقابل اجسام خارجی بزرگتر از قطر ۱ mm و همچنین در مقابل پاشیده شدن آب حفاظت شده است. در جدول ۱ــ۴ حفاظت بین المللی موتورهای الکتریکی آمده است.

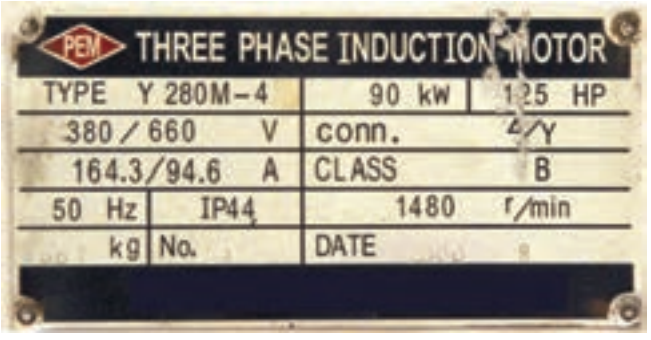
جدول ۱ــ۴ــ حفاظت بین المللی موتورهای الکتریکی

نشانه	توضیح	نوع ایمنی
ایمنی تماس و ایمنی جسم خارجی		
-	بدون ایمنی تماس، بدون ایمنی جسم خارجی	IP 0X
-	ایمنی در مقابل جسم خارجی بزرگ‌تر از @ 50 mm	IP 1X
-	ایمنی در مقابل جسم خارجی بزرگ‌تر از @ 12 mm	IP 2X
-	ایمنی در مقابل جسم خارجی بزرگ‌تر از @ 2.5 mm	IP 3X
-	ایمنی در مقابل جسم خارجی بزرگ‌تر از @ 1 mm	IP 4X
۱	ایمنی در مقابل رسوب گرد و غبار مضر به داخل	IP 5X
۲	ایمنی در مقابل نفوذ گرد و غبار	IP 6X
ایمنی آب		
-	بدون ایمنی آب	IP X0
۱	ایمنی در مقابل ریزش عمودی قطرات آب	IP X1
۲	ایمنی در مقابل ریزش مایل قطرات آب (150 نسبت به عمود)	IP X2
۳	ایمنی در مقابل پخش آب	IP X3
۴	ایمنی در مقابل پاشیدن آب	IP X4
۵	ایمنی در مقابل فوران آب، مثلاً از نازل	IP X5
۶	ایمنی در مقابل جریان آب	IP X6
۷	ایمنی در مقابل غوطه‌ور شدن	IP X7
۸	ایمنی در مقابل غوطه‌وری کامل	IP X8

نشانه انواع ایمنی (مفهوم را در جدول بالا ببینید)

1 2 3 4 5 6 7 8 ... Pa

در شکل ۲۵ــ۴ دو نمونه پلاک موتور سه فاز و شرح هرکدام در جدول مربوط نشان داده شده است.



موتور القایی سه فاز		
قدرت خروجی موتور : ۱۲۵ اسب بخار ۹۰ کیلو وات	**تیپ :** Y۲۸۰M_۴	
نوع اتصال سیم‌پیچ‌ها : ستاره/مثلث	**ولتاژ نامی سیم‌پیچ‌های موتور در اتصال ستاره/مثلث :** ۶۶۰ ولت/۳۸۰ ولت	
کلاس : B	**جریان نامی موتور در اتصال ستاره/مثلث :** ۹۴/۶ آمپر. ۱۶۴/۳ آمپر	
سرعت موتور : ۱۴۸۰ دور در دقیقه	**حفاظت بین المللی :** IP۴۴	**فرکانس :** ۵۰ هرتز
تاریخ تولید : سال ۲۰۰۰ میلادی	**شماره :** ۲۵۷	**وزن موتور :** ۶۶۷ کیلو گرم
کشور سازنده : چین		

الف

ب

موتور القایی سه فاز					
حالت کاری : S۱	**توان :** ۴ کیلو وات	**حفاظت بین المللی :** IP۵۴	**فرکانس :** ۵۰ هرتز	**تعداد فاز :** ۳ فاز	**تیپ :** ۴۱۱۲M
ولتاژ : ۶۶۰ ولت در اتصال ستاره ۳۸۰ ولت در اتصال مثلث		**ضریب قدرت :** ۰/۸۴		**سرعت :** ۱۴۱۵ دور در دقیقه	
وزن : ۳۰/۵ کیلوگرم	**شمارهٔ استاندارد :** ۱_۳۴	**شماره سریال :** ۰۰۱۸۹	**سال تولید :** ۱۳۸۶	**CL:** F	**جریان :** ۵/۱ در اتصال ستاره ۸/۸ آمپر در اتصال مثلث

شکل ۲۵_۴_ دو نمونه پلاک موتور سه فاز

■ کلاس حرارتی

از آنجایی که افزایش بیش از حد دما روی خواص مکانیکی و عایقی ماشین‌های الکتریکی تأثیر می‌گذارد، لذا روی بدنهٔ آنها حداکثر دمای مجاز ماشین مشخص شده است. اصطلاحاً به این دما «**کلاس حرارتی**» یا «**کلاس عایقی**» گفته می‌شود و آن را روی پلاک ماشین با حروف اختصاری به صورت ISOL یا CONTCLASS، نشان می‌دهند.

انتخاب موتورهای الکتریکی

اگر بخواهیم موتوری را برای کار خاصی انتخاب کنیم، باید به نکات زیر توجه کنیم.

- **تناسب قدرت موتور با کار مورد نظر** : برای این منظور باید قدرت لازم برای کار، برحسب «**وات**» یا «**اسب‌بخار**» تعیین شده و موتوری متناسب با آن قدرت انتخاب شود.

- **میزان جریان‌دهی تابلوی برق** : ظرفیت جریان‌دهی تابلوی برق باید در حد سه برابر جریان نامی موتور باشد تا بتواند جریان راه‌اندازی موتور را تأمین کند. بهترین روش برق‌رسانی آن است که یک نقطهٔ توزیع مرکزی داشته باشیم و سپس برای هر قسمت یک تابلو فرعی جداگانه تهیه کنیم.

- **سرعت دَوَرانی مورد نیاز موتور(RPM)** : اگر نسبت به سرعت از پیش تعیین شده مورد نیاز برای انجام کار بی‌اطلاع هستید، بهتر است دنبال دستگاه مشابه باشید. یا اینکه موتوری با دُور استاندارد انتخاب کنید و سپس، با تغییر ولتاژ تغذیهٔ آن، به کمک اتوترانسفورماتور یا با استفاده از جعبه دنده، تعداد دور مناسب کار را به دست آورید.

برای اندازه‌گیری سرعت دَوَرانی موتورهای الکتریکی، از دستگاهی به نام دورسنج استفاده می‌شود(شکل۲۶ــ۴).

شکل۲۶ــ۴ــ دورسنج دیجیتالی با حس کنندهٔ نوری و مکانیکی

شکل۲۷ــ۴ نحوهٔ قرارگیری این دورسنج را روی محور موتور الکتریکی به صورت مکانیکی نشان می‌دهد. بدیهی است برای اندازه‌گیری سرعت به صورت نوری باید حسگر نوری را به سمت محور و در نزدیکی آن قرار دهیم.

شکل۲۷ــ۴ــ نحوهٔ اندازه‌گیری سرعت دَوَرانی موتور

- **شرایط کاری موتور** : منظور از شرایط کاری آن است که بررسی کنیم موتوری که برای کار مورد نظر انتخاب می‌شود، چه مدت می‌تواند در حالت خاموش یا تحت بار کامل باشد. معمولاً شرایط کاری موتورها یکی از دو حالتِ «کار مداوم» یا «کار متناوب» است. حالت کاری موتور روی پلاک با حرف S به همراه یک عدد مشخص می‌شود که در زمان انتخاب باید به آنها توجه کرد.

- **نوع (تیپ) موتور** : در انتخاب نوع موتور به عواملی همچون نوع شبکه (سه‌فاز ــ تک فاز)، هزینه خرید، شرایط و تجهیزاتِ

راه‌اندازی، گشتاور و جریان نامی موتور باید توجه کرد.

فیوز موتورهای الکتریکی حتماً باید متناسب با جریان درج شده روی پلاک مشخصات موتور (جریان کار موتور) انتخاب شود.

■ **وضعیت نصب موتور** : وضعیت نصب، یکی از عوامل فیزیکی است که در انتخاب یک موتور باید به آن توجه داشت، زیرا نوع یاتاقان‌های موتور برای وضعیت نصب ویژه‌ای طراحی شده است و اگر موتور در وضعیت نامناسبی نصب شود، عمر مفید دستگاه در آن وضعیت، کاهش می‌یابد.

در جدول ۲ــ۴ چگونگی نصب موتورهای الکتریکی بر اساس استاندارد (IEC) نشان داده شده است.

جدول ۲ــ۴

شکل ساختمانی ماشینهای الکتریکی					
شرح	شکل	علایم IEC – کد	شرح	شکل	علایم IEC – کد
ماشین برای وضعیت عمودی			ماشین با یاتاقان سپری		
مانند V3، اما سرآزاد محور در سمت پایین		V4 IM 3211	با دو یاتاقان سپری و طوق (فلانج) نصب		B5 IM 3001
با دو یاتاقان نمونه، پایه برای نصب روی دیوار، سر آزاد محور در سمت پایین		V5 IM 1011	با دو یاتاقان سپری و یک سر آزاد محور، برای نصب روی دیوار		B6 IM 1051
با دو یاتاقان سپری، طوق نصب و سرآزاد محور در سمت پایین		V10 IM 4011	مانند B6، اما سر آزاد محور در سمت چپ		B7 IM 1061
مانند V10، اما سطح نصب بر روی طرف پیشانی (جلو)		V18 IM 3611	مانند B6، اما برای نصب از سقف		B8 IM 1071
ماشین بدون یاتاقان و با یاتاقان مجزا			با دو یاتاقان سپری و طوق (فلانج) نصب		B10 IM 4001
بدون محور، بدنه دارای پایه		A2 IM 5510	با دو یاتاقان سپری و سطح نصب بر روی سمت پیشانی (جلو)		B14 IM 3601
با دو یاتاقان سپری و یک یاتاقان مجزا		C2 IM 6010	ماشین برای وضعیت عمودی		
با یک یاتاقان مجزا و محور طوق‌دار		D1 IM 7005	با دو یاتاقان نمونه و طوق نصب، سر آزاد محور در سمت پایین		V1 IM 3011
با دو یاتاقان مجزا، سر محور آزاد		D9 IM 7201	مانند V1، اما سر آزاد محور در سمت بالا		V2 IM 3231
یاتاقان عرضی در بالا، طوق اتصال در پایین، نصب بر روی ستون حامل، الوارجوبی، حلقه چاه.		W1 IM 8015	مانند V1، اما طوق نصب و سر آزاد محور درسمت بالا		V3 IM 3031

اتصال موتور برای تأمین قدرت مکانیکی

اگر بخواهیم موتوری را برای دستگاهی انتخاب یا با موتور قبلی آن جایگزین کنیم، باید به سیستم اتصال موتور به دستگاه توجه داشته باشیم. برای اتصال موتور به دستگاه دو حالت وجود دارد : الف) اتصال مستقیم و بدون تغییر سرعت، ب) اتصال با مبدّل برای تغییر سرعت

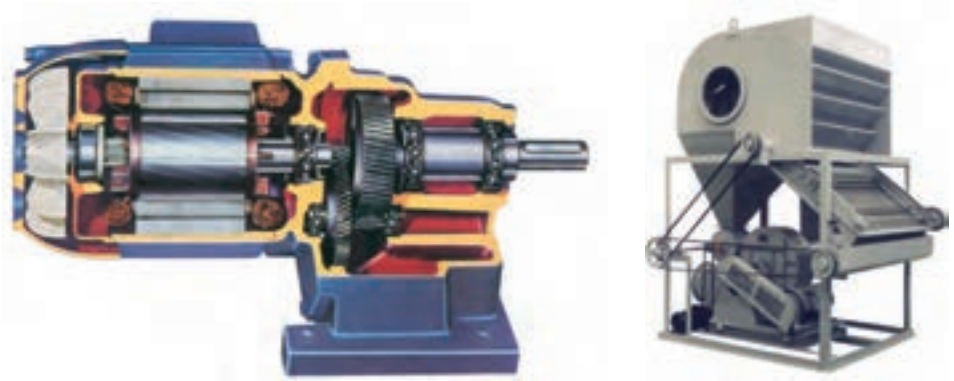
اتصال مستقیم و بدون تغییر سرعت

در صورتی که سرعت دستگاه با سرعت موتور یکی باشد، از اتصال مستقیم استفاده می‌شود. این کار با نصب مستقیم قطعهٔ گردنده ماشین روی محور موتور(کوپل کردن) امکان‌پذیراست (شکل ۲۸ــ۴). معمولاً در موتورهای الکتریکی، که برای به حرکت درآوردن پمپ‌های چاه آب، پمپ‌های گریز از مرکز و تهویهٔ هوای سالن پرورش طیور استفاده می‌شوند، انتقال قدرت مستقیم صورت می‌گیرد.

شکل ۲۸ــ۴ــ سیستم انتقال قدرت مستقیم

سیستم مبدّل سرعت

اگر سرعت لازم برای وسیلهٔ مورد نظر با سرعت موتور انتخاب شده یکی نباشد، برای تبدیل سرعت از دستگاه‌های تغییر دور مانند جعبه دنده (گیربکس)، تسمه و چرخ تسمه یا زنجیر و چرخ زنجیر، استفاده می‌شود(شکل ۲۹ــ۴).



الف) کاربرد تسمه و چرخ تسمه در ماشین بوجاری

ب) تغییر دور موتور با جعبه دنده

شکل ۲۹ــ۴ــ کاربرد دستگاه‌های تغییر دور در موتور ماشین‌های کشاورزی

کارعملی ۱ــ۴

هدف : شناسایی قطعات مکانیکی و الکتریکی الکتروموتور

وسایل مورد نیاز : پیچ‌گوشتی ضربه خور، آچار رینگی، آچار بوکس، چکش و پولی‌کش سه‌شاخه

مراحل انجام کار :

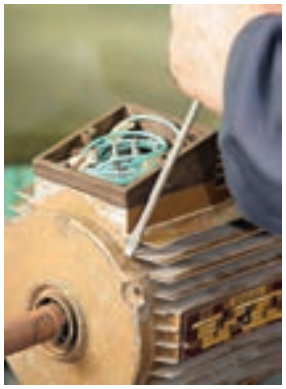
۱ــ یک موتور الکتریکی را به همراه ابزار مناسب از انبار تحویل بگیرید (شکل ۳۰ــ۴).

شکل ۳۰ــ۴

۲ــ پیچ‌های درپوش جلو و عقب موتور را مطابق شکل ۳۱ــ۴ توسط آچار مناسب، باز کنید.

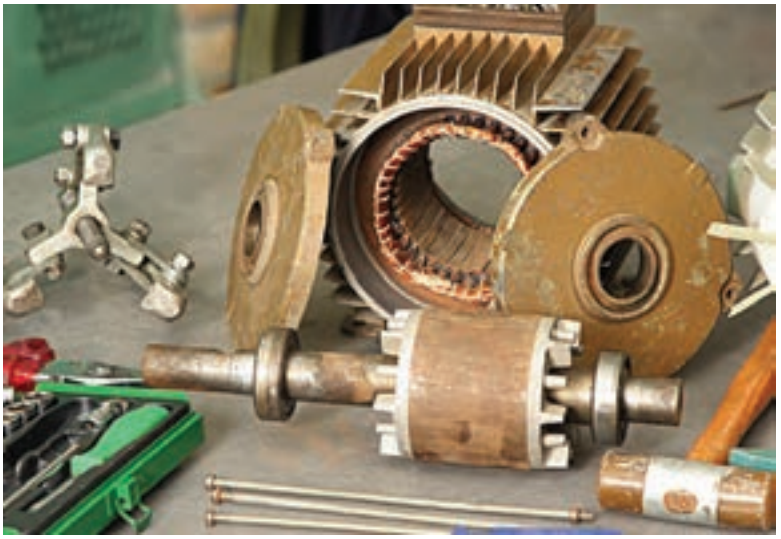
شکل ۳۱ــ۴

۳ــ نُک پیچ‌گوشتی را روی درپوش‌ها بگذارید و با چکش، ضربه آرامی به آن وارد کنید تا درپوش‌ها از محل خود خارج شوند(شکل ۳۲ــ۴).



شکل ۳۲ــ۴

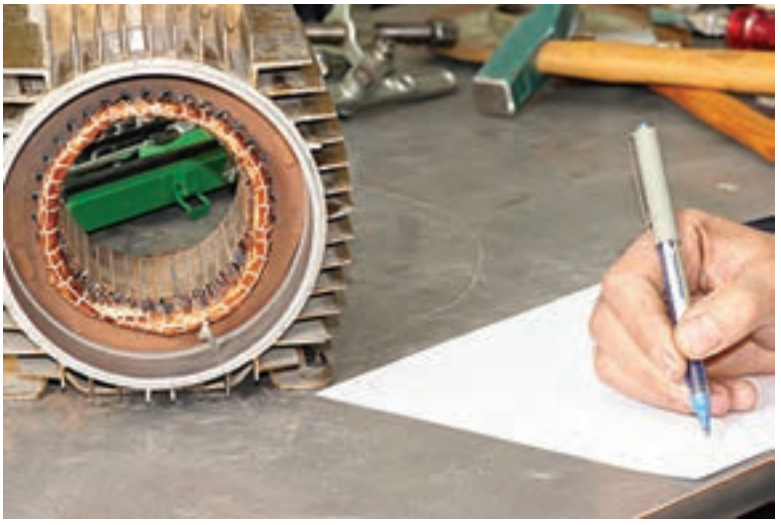
۴ــ روتور را از داخل استاتور بیرون بکشید (شکل۳۳ــ۴).



شکل۳۳ــ۴

۵ــ یاتاقان‌ها (بلبرینگ‌ها)، محور روتور (شفت)، استاتور، سیم‌پیچ‌ها، تخته‌کلم و نوع اتصال موتور را شناسایی کنید.

۶ــ مشاهدات خود را در دفتر گزارش کار ثبت کنید(شکل۳۴ــ۴).

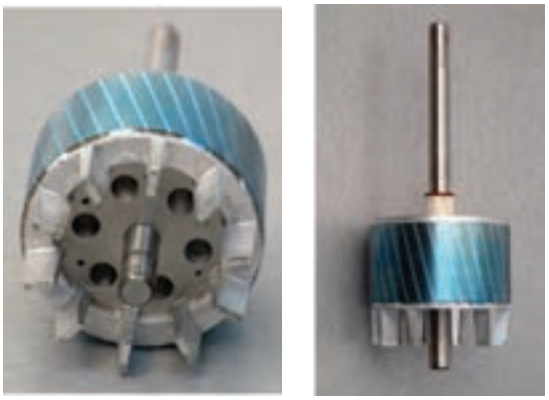


شکل۳۴ــ۴

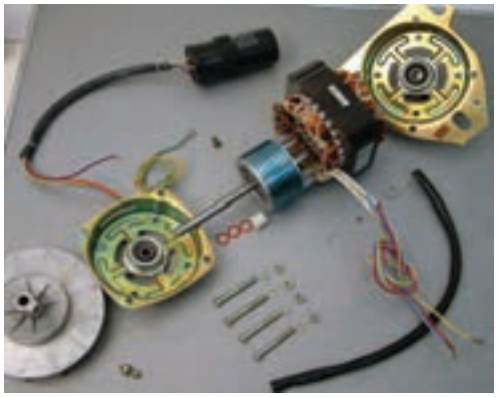
الکتروموتورهای تک فاز

ساختمان

ساختمان داخلی این موتورها از یک قسمت ساکن (استاتور) و یک قسمت گردان (روتور) تشکیل شده است. استاتور و روتور این موتورها شبیه موتورهای سه‌فاز آسنکرون روتور قفسی است، با این تفاوت که در استاتور آنها دو نوع سیم‌پیچی «سیم‌پیچ‌اصلی» و «سیم‌پیچ راه‌انداز یا کمکی» وجود دارد. موتورهای تک‌فاز برای راه‌اندازی، نیاز به جریان متناوب تک فاز(N و L_1) دارند. این موتورها از اندازه‌های کوچک $\frac{1}{4}$ اسب بخار تا حدود ۵ اسب بخار ساخته می‌شوند (شکل ۳۵ــ۴).



شکل ۳۵ــ۴ــ استاتور و روتور موتور آسنکرون تک فاز



شکل ۳۶ــ۴ــ اجزای موتور آسنکرون تک فاز

اصول کار الکتروموتورهای تک فاز

اصول کار اغلب موتورهای تک فاز مانند موتورهای سه‌فاز بر خاصیت القایی استوار است. در نتیجه، برای به حرکت درآمدن به میدان دوّار نیاز دارند. این موضوع در موتورهای سه فاز، به دلیل وجود سه سیم‌پیچ و سه جریان متناوب، که با یکدیگر اختلاف فاز متقارن دارند، امکان‌پذیر بود، اما در موتورهای تک‌فاز، با یک سیم‌پیچی و یک جریان، امکان ایجاد میدان دوّار نیست. به همین دلیل، برای راه اندازی موتورهای تک‌فاز، از یک سیم‌پیچ دیگر به صورت موقت استفاده می‌شود. به این سیم‌پیچ، که در راه اندازی به کمک سیم‌پیچ اصلی می‌آید، **سیم‌پیچ کمکی** یا **راه انداز**(استارت) می‌گویند. این سیم‌پیچ، قادر است در لحظهٔ راه‌اندازی، به همراه سیم‌پیچ اصلی، گشتاور قابل توجهی به محور روتور اعمال کند و باعث چرخش آن شود. از آنجایی که وظیفه سیم‌پیچ کمکی فقط راه‌اندازی موتور است، می‌توان پس از راه‌اندازی موتور آن را از مدار خارج کرد.

انواع موتورهای تک فاز

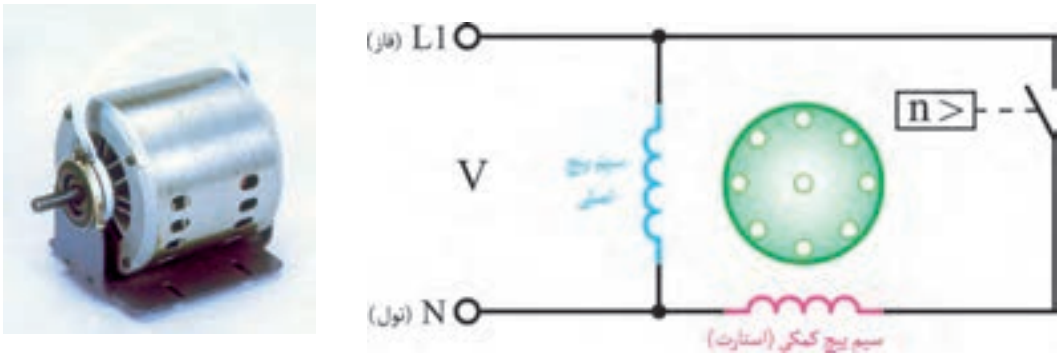
موتورهای تک فاز را بر اساس ساختمان داخلی و روش راه‌اندازی می‌توان به صورت زیر طبقه‌بندی کرد :

۱ــ موتورهای القایی(فاز شکسته ــ خازن‌دار)

۲ــ موتورهای اونیورسال

موتور با فاز شکسته : در موتورهای القایی تک فاز با فاز شکسته، یک سیم‌پیچ اصلی و یک سیم پیچ کمکی در موتور وجود دارد. این دو سیم پیچ با هم به صورت موازی قرار می‌گیرند. سیم‌پیچ راه‌انداز پس از راه‌اندازی و رسیدن سرعت موتور به ۷۵٪

سرعت نامی به وسیلهٔ کلید تابع دور(کلید گریز از مرکز)، از مدار خارج می‌شود : قدرت این موتورها معمولاً بین $\frac{1}{2}$ تا $\frac{1}{3}$ اسب بخار است (شکل ۳۷ــ۴).



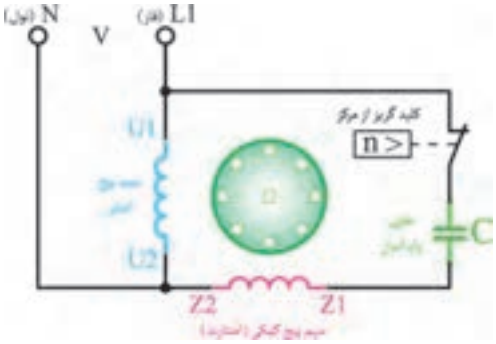
ب) شکل ظاهری

الف) مدار الکتریکی

شکل ۳۷ــ۴ــ موتور تک‌فاز با فاز شکسته

موتور با راه‌انداز خازنی : در موتورهای تک فاز با راه‌انداز خازنی، برای افزایش گشتاور موتور در لحظه راه‌اندازی، از خازن به صورت سری با سیم‌پیچ کمکی استفاده می‌شود. خازن مورد نظر از نوع الکترولیتی با ظرفیت بالاست و معمولاً به صورت جداگانه روی بدنهٔ موتور نصب می‌شود. در مدار سیم‌پیچ راه‌انداز با خازن، از یک کلید گریز از مرکز(تابع دور) نیز استفاده می‌شود، که سیم پیچ کمکی و خازن را در ۷۵٪ دور نامی موتور از مدار خارج می‌کند. این موتورها با قدرت $\frac{1}{8}$ اسب بخار به بالا (رنج‌های استاندارد در صنعت) ساخته می‌شوند (شکل ۳۸ــ۴).

ب) شکل ظاهری



الف) مدار الکتریکی

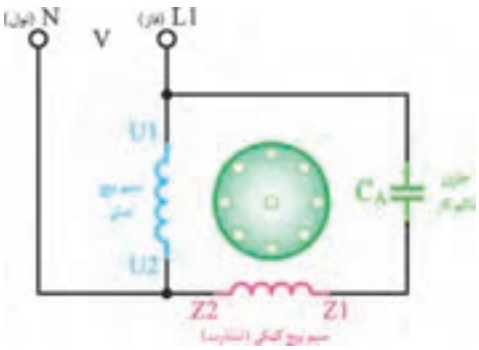
ج) کاربرد موتور تک‌فاز

د) خازن

شکل ۳۸ــ۴ــ موتور تک‌فاز با خازن راه انداز

موتور با خازن دائم‌کار : در این موتورها از یک خازن روغنی، که با سیم‌پیچ راه‌انداز سری شده است، استفاده می‌شود. این موتورها کلید تابع دور ندارند و سیم‌پیچ راه‌انداز به همراه خازن، پس از راه اندازی نیز در مدار باقی می‌مانند. شکل ۳۹ــ۴ مدار الکتریکی موتور تک‌فاز با خازن دائم کار را به همراه شکل ظاهری یک نمونه از این نوع موتورها نشان می‌دهد. قرار گرفتن خازن به صورت دائم در مدار، گشتاور درحالت کار را افزایش می‌دهد.

ب) شکل ظاهری

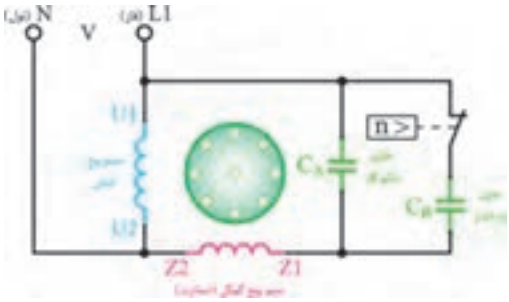


الف) مدار الکتریکی

شکل ۳۹ــ۴ــ موتور تک‌فاز با خازن دائم‌کار

موتور تک فاز دو خازنی : در این موتورها از یک خازن به صورت لحظه‌ای و یک خازن به صورت دائم کار استفاده می‌شود. این دو خازن با یکدیگر به صورت موازی و هر دو با سیم‌پیچ راه‌انداز به صورت سری قرار گرفته‌اند. پس از راه‌اندازی و رسیدن دور موتور به ۷۵٪ دور نامی، خازن راه اندازتوسط کلید گریز از مرکز از مدار خارج می‌شود، ولی خازن دائم کار به همراه سیم‌پیچ راه‌انداز در مدار باقی می‌ماند. خازن راه‌انداز از نوع الکترولیتی و خازن دائم کار از نوع روغنی است. این موتورها ترکیبی از خصوصیات دو نوع موتور قبل را دارند، یعنی هم دارای گشتاور راه‌اندازی و هم گشتاور کار خوبی هستند (شکل ۴۰ــ۴).

ب) شکل ظاهری



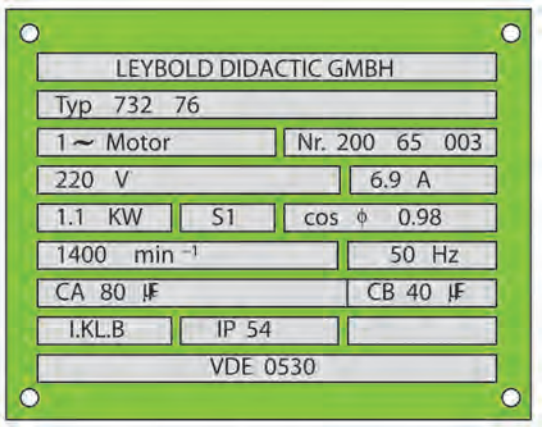
الف) مدار الکتریکی

شکل ۴۰ــ۴ــ موتور تک‌فاز دو خازنی

آشنایی با پلاک مشخصات الکتروموتورهای تک فاز

برای استفادهٔ درست از موتورها لازم است تا پلاک مشخصات آنها را مورد توجه قرار دهیم.

شماره	اطلاعات داده شده
۱	نام کارخانهٔ سازنده
۲	شمارهٔ نوع ماشین(تیپ ماشین)
۳	نوع جریان(مستقیم یا متناوب تک‌فاز سه‌فاز)
۴	نوع ماشین (موتور یا مولّد)
۵	شمارهٔ تولید ماشین
۶	ولتاژ نامی
۷	جریان نامی
۸	توان نامی
۹	حالت کاری (دائم یا موقت)
۱۰	ضریب توان
۱۱	سرعت نامی
۱۲	فرکانس نامی (فرکانس کار)
۱۳	ظرفیت خازن راه‌انداز (الکترولیتی ـ CA)
۱۴	ظرفیت خازن دائم‌کار (روغنی ـ CB)
۱۵	نوع محافظت موتور
۱۶	شمارهٔ استاندارد



شکل ۴۱ــ۴

در شکل ۴۱ــ۴ پلاک مشخصات یک موتور تک فاز دو خازنی را مشاهده می‌کنید.

خودآزمایی

۱ــ ترانسفورماتور را تعریف کنید.

۲ــ ساختمان ترانسفورماتورهای تک فاز را شرح دهید.

۳ــ اساس کار ترانسفورماتور و چگونگی القا را شرح دهید.

۴ــ ترانسفورماتور کاهنده و افزاینده را تعریف کنید.

۵ــ انواع موتورهای الکتریکی را از نظر نوع جریان و تعداد فاز نام ببرید.

۶ــ ساختمان موتورهای الکتریکی را توضیح دهید.

۷ــ اصول کار موتورهای الکتریکی سه‌فاز را توضیح دهید.

۸ــ اطلاعات پلاک مشخصات شکل ۴۲ــ۴ را استخراج کنید.

شکل ۴۲ــ۴

۹ــ در انتخاب موتور الکتریکی به چه نکاتی باید دقت کرد؟

۱۰ــ انواع سیستم‌های انتقال قدرت در موتورهای الکتریکی را توضیح دهید.

۱۱ــ اصول کار موتورهای الکتریکی تک‌فاز را توضیح دهید.

۱۲ــ طرز کار موتورهای الکتریکی تک‌فاز القایی را شرح دهید.

۱۳ــ مدار الکتریکی انواع موتورهای تک‌فاز القایی را ترسیم کنید.

۱۴ــ کاربرد هر یک از موتورهای الکتریکی تک‌فاز القایی را بیان کنید.