

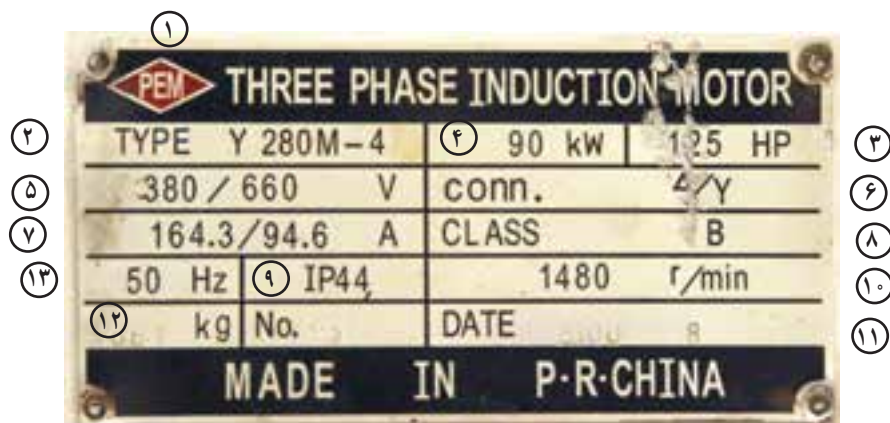
جدول ۹-۱

شماره	اطلاعات داده شده بر روی پلاک
۱	نام کارخانه سازنده
۲	مدل (تیپ ماشین)
۳	قدرت موتور (برحسب اسب بخار)
۴	قدرت موتور برحسب کیلووات
۵	ولتاژ کار موتور (مقدار ولتاژ موتور برحسب ولت)
۶	نوع اتصال
۷	جریان (مقدار جریان موتور برحسب آمپر)
۸	کلاس عایقی
۹	نوع حفاظت
۱۰	سرعت موتور (برحسب دور در دقیقه)
۱۱	تاریخ ساخت
۱۲	وزن برحسب کیلوگرم
۱۳	فرکانس کار موتور (برحسب هرتز)

در این موتورها هیچ وقت سرعت روتور نمی تواند با سرعت میدان دوار برابر باشد و همیشه کم تر (یا عقب تر) از سرعت میدان دوار است. به همین دلیل این موتورها به موتورهای «آسنکرون» معروف اند.

### ۹-۳- آشنایی با پلاک مشخصات موتورهای سه فاز

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 روی آنها متفاوت است. شکل ۹-۹ یک نمونه پلاک موتور سه فاز را نشان می دهد. در جدول ۹-۱ توضیحات مربوط به قسمت های مختلف پلاک آمده است.



شکل ۹-۹

## تحقیق کنید

پلاک چند نوع موتور الکتریکی موجود در تأسیسات موتورخانه را بررسی و مشخصات آن را یادداشت

کنید.

### ۹-۴- پلاک اتصالات موتور (تخته کلم)

برای اتصال سیم‌پیچ‌های موتور سه‌فاز، سر سیم‌ها از داخل به ترمینال موتور هدایت می‌شوند، که اصطلاحاً به آن «تخته کلم» می‌گویند (شکل ۹-۱۱).



شکل ۹-۱۱

معمولاً سر و ته کلاف‌های یک موتور سه‌فاز در داخل تخته کلم با حروف و اعداد نشان داده می‌شود. در استاندارد VDE<sup>۱</sup> به ترتیب برای نشان دادن سرکلاف‌های اول تا سوم از حروف U، V، و W و برای ته کلاف‌ها به ترتیب از حروف X، Y، و Z استفاده می‌شود. اما در استاندارد IEC<sup>۲</sup> به ترتیب

توجه: در ردیف نهم جدول ۹-۱ که نوع محافظت (ایمنی) به کار رفته در مقابل تماس و نفوذ اجسام خارجی و آب بیان می‌شود از دو حرف IP (حفاظت بین‌المللی - International Protection) و دورقم کد استفاده می‌شود. اولین رقم درجه ایمنی را در مقابل تماس و نفوذ اجسام خارجی و دومین رقم درجه ایمنی در مقابل نفوذ آب را نشان می‌دهد. برای مثال اگر بر روی پلاک موتوری IP۴۴ نوشته شده باشد بیانگر آن است که این موتور در مقابل اجسام خارجی بزرگ‌تر از قطر ۱mm و همچنین در مقابل پاشیده شدن آب، حفاظت شده است. جدول حفاظت بین‌المللی (IP) در ضمیمه کتاب آمده است.

در شکل ۹-۱۰ تصویر دو نمونه پلاک موتور نشان داده

شده است.

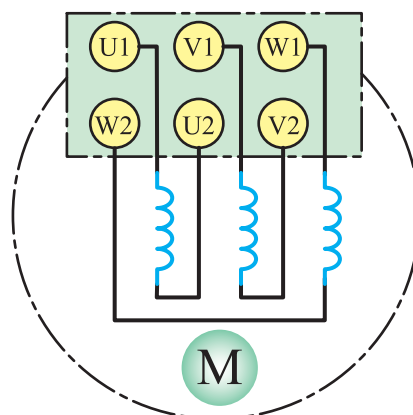
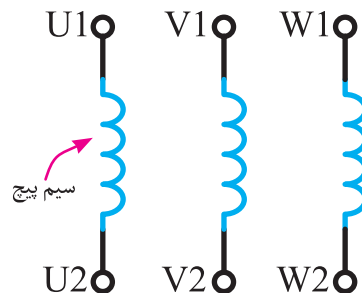
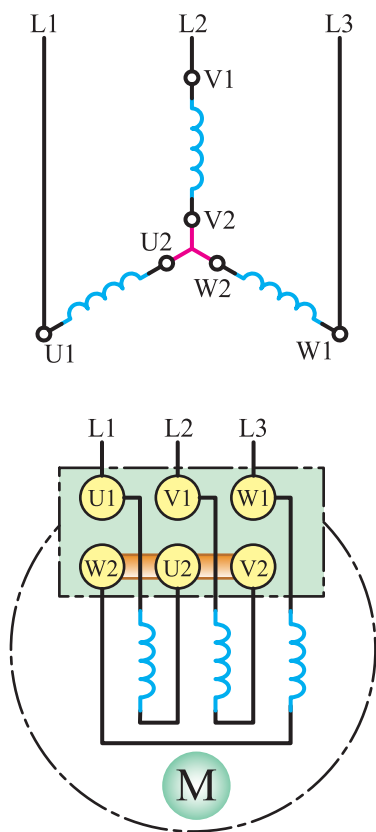


شکل ۹-۱۰

۱- استاندارد اتحادیه برق کاران آلمان VDE

۲- استاندارد کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک IEC

سرکلاف‌ها با حروف (U1, V1, W1) و ته کلاف‌ها با حروف (U2, V2, W2) مشخص می‌شود. نحوه قرار گرفتن سرسیم‌ها در زیرپیچ‌های تخته کلم مطابق شکل ۹-۱۲ است.



شکل ۹-۱۲

در اغلب موارد برای راه‌اندازی موتورهای سه‌فاز سه گروه، سیم‌پیچی آن را به صورت ستاره (Y)، مثلث ( $\Delta$ ) یا ترکیب ستاره-مثلث ( $Y/\Delta$ ) اتصال می‌دهند. این اتصال‌ها اغلب توسط کلیدهای دستی یا کلیدهای مغناطیسی (کنتاکتورها) صورت می‌گیرد.



شکل ۹-۱۳- اتصال ستاره سیم‌پیچ‌های موتور

شکل ۹-۱۳ تصویری از اتصال ستاره را به صورت مداری و هم‌چنین با استفاده از تسمه‌های مسی بر روی تخته کلم در استاندارد آی‌ای‌سی (IEC) نشان می‌دهد.

شکل‌های ۹-۱۴ چگونگی ایجاد اتصال ستاره را با استفاده از تسمه مسی بر روی تخته کلم با حروف اختصاری جدید نشان می‌دهد.

## ۵-۹- راه اندازی موتورهای سه فاز آسنکرون

در شبکه سه فاز، نحوه اتصال موتورهای سه فاز آسنکرون به شبکه الکتریکی را اصطلاحاً «راه اندازی» می گویند. موتورهای سه فاز معمولاً با یکی از روش های زیر راه اندازی می شوند:

**الف) راه اندازی به صورت مستقیم:** در این روش کابل خروجی از موتور مستقیماً به شبکه برق سه فاز متصل می شود.

**ب) راه اندازی به صورت ستاره مثلث:** در موتورهای با توان بالا در لحظه راه اندازی، جریان خیلی زیادی (حدود ۴ تا ۷ برابر جریان نامی موتور) از سیم پیچی های موتور عبور می کند و می تواند صدماتی به موتور وارد کند. لذا در آغاز موتور را به صورت ستاره راه اندازی می کنند اتصال موتور را به مثلث تغییر می دهند.

جدول ۲-۹ محدوده توان موتورهای سه فاز در ولتاژهای مختلف را برای راه اندازی به روش های یادشده نشان می دهد.

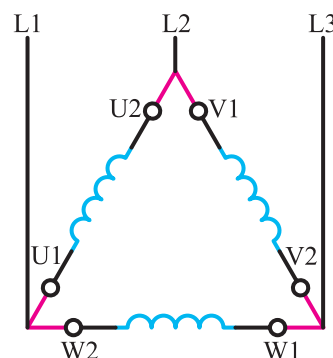
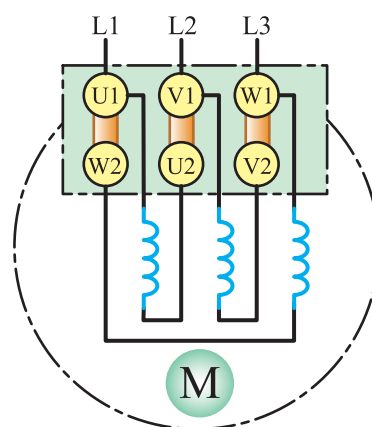
جدول ۲-۹- طرز اتصال موتورهای سه فاز به شبکه

روش های راه اندازی	قدرت نامی	
	در شبکه ۲۳۰V	در شبکه ۴۰۰V
راه اندازی به صورت مستقیم	۳ kw تا ۱/۵ kw	۴ kw تا ۲/۲ kw
راه اندازی به صورت ستاره مثلث	۵/۵ kw تا ۳ kw	۱۱ kw تا ۴ kw

امروزه برای راه اندازی موتورهای با توان زیاد، از راه اندازهای الکترونیکی معروف به راه انداز نرم استفاده می شود. در فصل الکترونیک این روش به اختصار توضیح داده شده است.

## ۶-۹- راه اندازی موتورهای سه فاز آسنکرون در شبکه تک فاز

در صورت دسترسی نداشتن به شبکه سه فاز، می توان یک موتور سه فاز آسنکرون را در شبکه تک فاز راه اندازی کرد.



شکل ۱۴-۹- اتصال مثلث سیم پیچ های موتور

شکل های ۹-۱۴ نیز تصویری از اتصال مثلث را به صورت مداری و همچنین با استفاده از تسمه های مسی بر روی تخته کلم نشان می دهد.

## ۹-۷- الکتروموتورهای تک‌فاز

### ۹-۷-۱- ساختمان: ساختمان داخلی این موتورها

از یک قسمت ساکن (استاتور) و یک قسمت گردان (روتور) تشکیل شده است. قسمت‌های ساکن و گردان این موتورها شبیه موتورهای سه‌فاز آسنکرون گردان قفسی است. با این تفاوت که در قسمت ساکن آن‌ها دو نوع سیم‌پیچی، «سیم‌پیچ اصلی» و «سیم‌پیچ راه‌انداز یا کمکی» وجود دارد. موتورهای تک‌فاز برای راه‌اندازی به جریان متناوب تک‌فاز (N و L) نیاز دارند. این موتورها در اندازه‌های کوچک تا حدود ۵ اسب‌بخار ساخته می‌شوند. شکل ۹-۱۶ تصویر یک نوع موتور تک‌فاز را نشان می‌دهد.



شکل ۹-۱۶

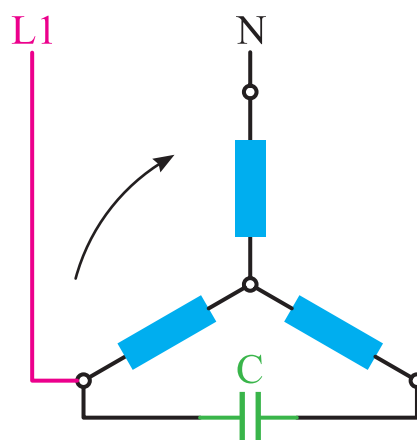
برای این که شرایط موتور دارای قدرت و گشتاور راه‌اندازی مناسب باشد، معمولاً از یک خازن روغنی در مدار سیم‌پیچی استاتور استفاده می‌شود. ظرفیت خازن مناسب را می‌توان از جدول ۹-۳ محاسبه کرد.

جدول ۹-۳- ظرفیت خازن روغنی راه‌انداز موتور سه‌فاز در

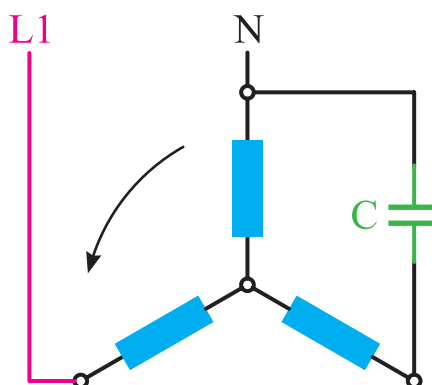
شبکه تک‌فاز

ظرفیت خازن به ازای هر اسب بخار توان	ظرفیت خازن به ازای هر کیلووات توان
۵ میکروفاراد	۷ میکروفاراد

نحوه قرار گرفتن خازن در مسیر سیم‌پیچی‌های موتور نیز به دو صورت می‌تواند باشد. شکل ۹-۱۵ وضعیت اتصال خازن به سیم‌پیچ‌های موتور را نشان می‌دهد.



(الف) موتور راست‌گرد



(ب) موتور چپ‌گرد

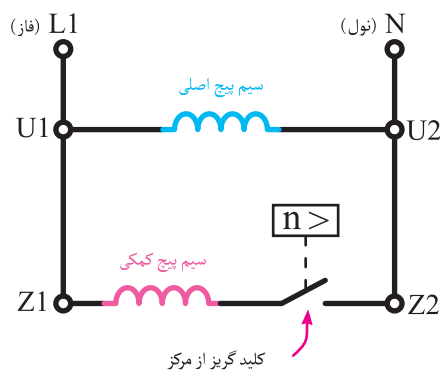
شکل ۹-۱۵

## ۲-۷-۹- اصول کار موتورهای تک فاز :

کار اغلب موتورهای تک فاز مانند موتورهای سه فاز بر خاصیت القایی استوار است. در نتیجه برای به حرکت درآمدن به میدان دوار نیاز دارند. این موضوع در موتورهای سه فاز به دلیل وجود سه سیم پیچ و سه جریان امکان پذیر بود. اما در موتورهای تک فاز با یک سیم پیچی و یک جریان میدان دوار به وجود نمی آید. به همین دلیل برای راه اندازی موتورهای تک فاز از یک سیم پیچ دیگر برای کمک به سیم پیچ اصلی و ایجاد میدان مغناطیسی دیگری استفاده می شود. به این سیم پیچ «سیم پیچ کمکی» می گویند.

در برخی از موتورهای تک فاز این سیم پیچ کمکی تا پایان کار موتور به همراه سیم پیچ اصلی در مدار باقی می ماند اما در برخی دیگر از موتورهای تک فاز این سیم پیچ پس از راه اندازی از مدار خارج می شود. هرگاه سیم پیچ کمکی در نقش راه انداز موتور به کار گرفته شود اصطلاحاً به آن «سیم پیچ راه انداز» یا «استارت» می گویند. این سیم پیچ قادر است در لحظه راه اندازی، گشتاور قابل قبولی به محور موتور اعمال کند و باعث چرخش آن شود.

معمولاً در موتورهایی که سیم پیچ کمکی نقش راه انداز را دارد از یک کلید تابع دور (گریز از مرکز)، که در مسیر آن به صورت سری مطابق شکل ۹-۱۷ است استفاده می شود. وظیفه کلید گریز از مرکز خارج کردن سیم پیچ کمکی پس از راه اندازی است.



شکل ۹-۱۷

## ۳-۷-۹- انواع موتورهای تک فاز

موتورهای تک فاز را براساس ساختمان داخلی و روش

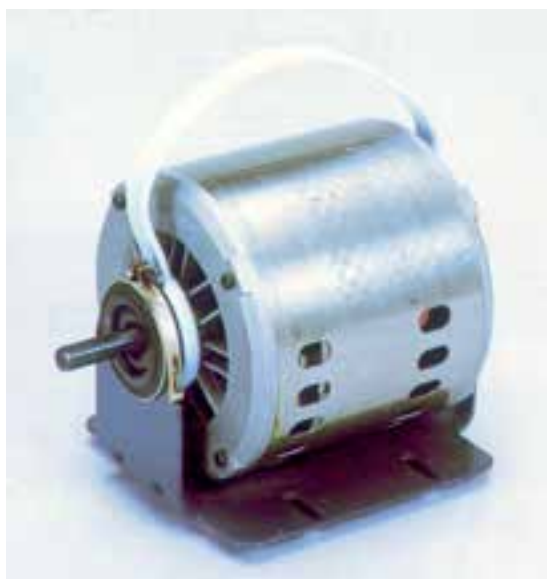
راه اندازی به صورت زیر می توان طبقه بندی کرد :

الف) موتورهای القایی (فاز شکسته - خازن دار - قطب چاک دار)

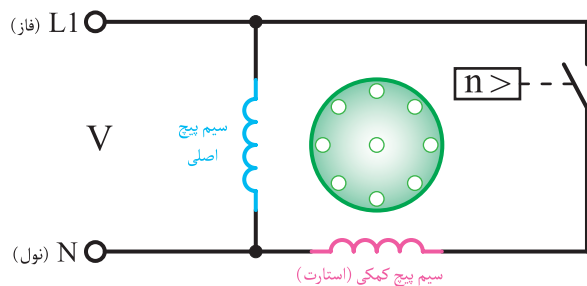
ب) موتورهای اونیورسال

۱- موتور با فاز شکسته : در موتورهای القایی تک فاز

با فاز شکسته، یک سیم پیچ اصلی و یک سیم پیچ کمکی در موتور وجود دارد. این دو سیم پیچ باهم به صورت موازی قرار می گیرند. سیم پیچ راه انداز پس از راه اندازی و رسیدن سرعت موتور به ۷۵٪ سرعت نامی به وسیله کلید تابع دور (کلید گریز از مرکز)، از مدار خارج می شود. قدرت این موتورها معمولاً بین  $\frac{1}{4}$  تا  $\frac{1}{3}$  اسب بخار است. در شکل ۹-۱۸، شکل ظاهری و اتصال سیم پیچی های موتور نشان داده شده است.



الف) شکل ظاهری موتور کولر آبی

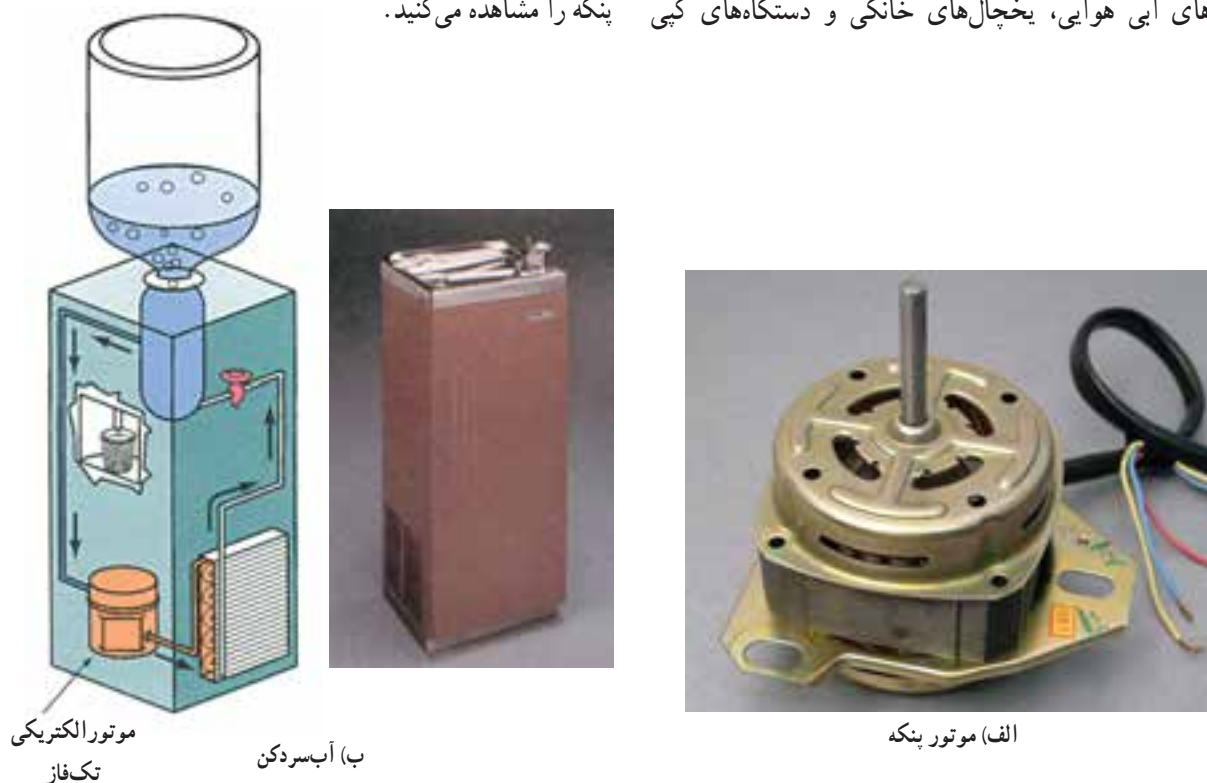


ب) مدار الکتریکی

شکل ۹-۱۸

استفاده می‌شود در شکل ۹-۱۹. تصویر یک موتور آب‌سردکن و پنکه را مشاهده می‌کنید.

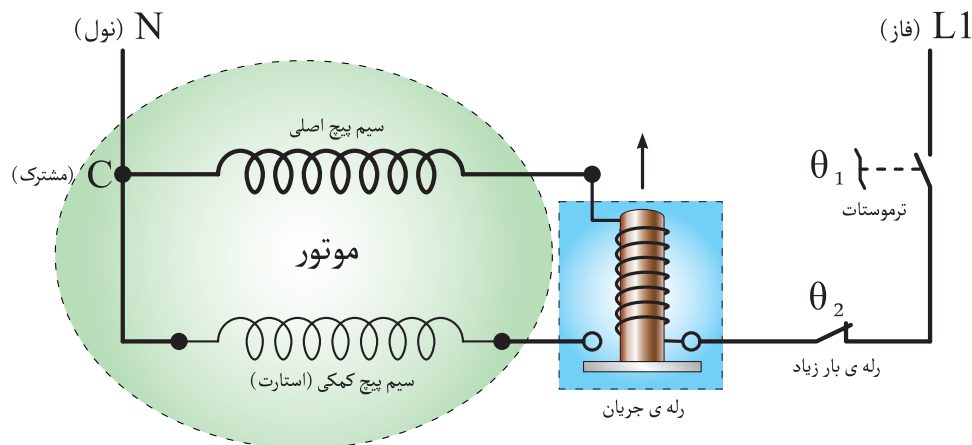
کاربرد: از موتورهای فاز شکسته در پمپ‌ها، بادبزن‌ها، کولرهای آبی هوایی، یخچال‌های خانگی و دستگاه‌های کپی



شکل ۹-۱۹

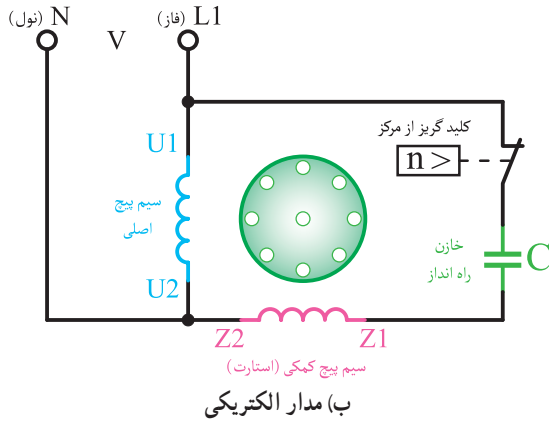
سمت داخل بکشد. در این حالت تیغه متصل به آن باعث بسته شدن مدار می‌شود. در نتیجه در ابتدای راه‌اندازی، سیم پیچ استارت در مدار قرار می‌گیرد. پس از راه‌اندازی جریان کاهش می‌یابد و در نتیجه میدان مغناطیسی ضعیف‌تر می‌شود. در این حالت تیغه‌ای که بسته شده بود به وضعیت اول خود باز می‌گردد و سیم پیچ راه‌انداز از مدار خارج می‌شود.

در برخی موارد مانند یخچال خانگی، برای خارج کردن سیم پیچ کمکی از مدار به جای استفاده از کلید تابع دور از یک رله به نام رله جریان استفاده می‌شود. همان‌طوری که در (شکل ۹-۲۰) مشاهده می‌کنید، در ابتدای راه‌اندازی به دلیل جریان بالای موتورهای القایی، میدان مغناطیس زیادی در اطراف سیم پیچ این رله به وجود می‌آید که باعث می‌شود هسته آهنی را به





الف) وضعیت ظاهری الکتروپمپ آب



ب) مدار الکتریکی

شکل ۹-۲۱

حروف R و S و C، بر روی سه سر سیمی که از کمپرسور یخچال بیرون می‌آید، نوشته شده است.

## ۲- موتور با راه‌انداز خازنی: در موتورهای تک

فاز با راه‌انداز خازنی برای افزایش گشتاور موتور در لحظه راه‌اندازی، از خازن به صورت سری با سیم پیچ کمکی استفاده می‌شود. خازن مورد نظر از نوع الکتrolیتی با ظرفیت بالاست و معمولاً به صورت جداگانه روی بدنه موتور نصب می‌شود. در مدار سیم پیچ راه‌انداز با خازن از یک کلید گریز از مرکز (تابع دور) نیز استفاده می‌شود، که سیم پیچ کمکی و خازن را در  $75\%$  دور نامی موتور از مدار خارج می‌کند. این موتورها از قدرت  $\frac{1}{8}$  اسب بخار به بالا رنج‌های استاندارد در صنعت ساخته می‌شوند. شکل ۹-۲۱ وضعیت ظاهری و مدار الکتریکی موتور تک‌فاز را با راه‌انداز خازنی نشان می‌دهد.

## کاربرد: موتورهای با خازن راه‌انداز در مشعل گازوئیلی،

کمپرسورها، سیستم‌های تهویه مطبوع، پمپ‌ها و سردخانه‌ها کاربرد دارند در شکل ۹-۲۲ تصویر یک موتور تک‌فاز با خازن راه‌انداز کولر نشان داده شده است.



ب) تصویر گسترده موتور کولر آبی

شکل ۹-۲۲



الف) کولر دستی

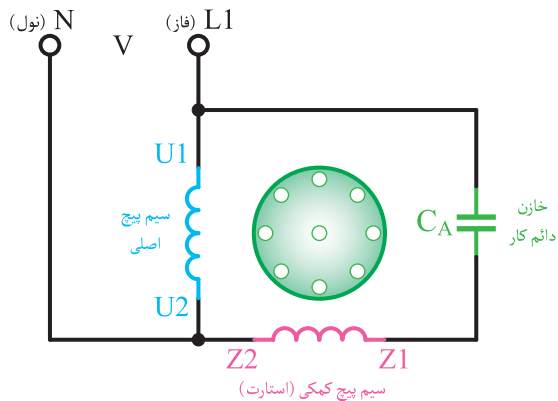


## تحقیق کنید

مشخصات خازن چند مشعل، گازوئیلی موجود در موتورخانه را یادداشت و به کلاس گزارش کنید.

۹-۲۳ مدار الکتریکی موتور تک‌فاز با خازن دائم کار را به همراه شکل ظاهری یک نمونه از این نوع موتورها نشان می‌دهد. قرار داشتن خازن به صورت دائم در مدار، گشتاور در حالت کار را افزایش می‌دهد.

۳- موتور با خازن دائم کار: 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 راه‌اندازی نیز در مدار باقی می‌مانند. شکل



ب) مدار الکتریکی



الف) شکل ظاهری

شکل ۹-۲۳

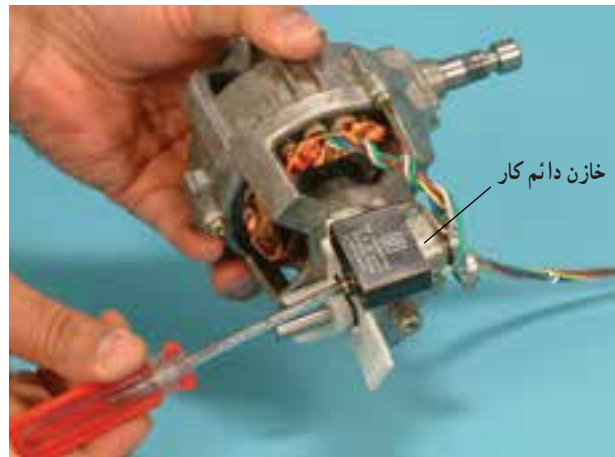


الف) موتور پنکه سقفی

کاربرد: از این موتورها در دمنده‌ها، پنکه‌های سقفی، پمپ آب ماشین لباسشویی و پنکه رومیزی، مشعل تک‌فاز استفاده می‌شود. شکل ۹-۲۴ تصویری از این موتورها را نشان می‌دهد.



ج) هواکش

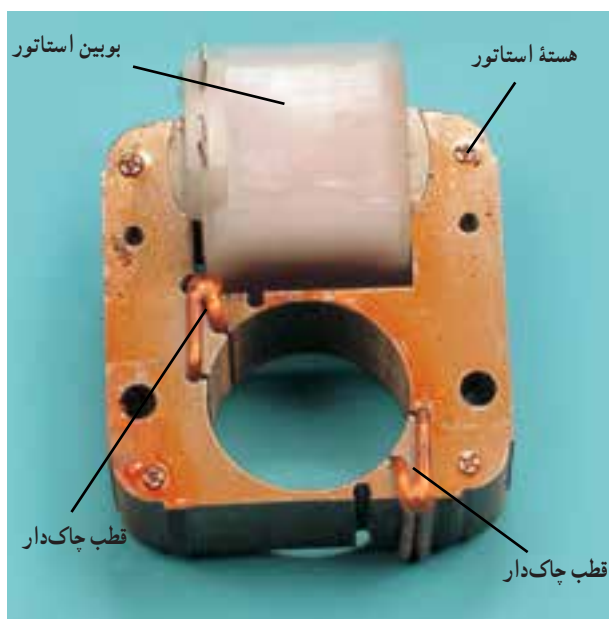


ب) پنکه رومیزی

شکل ۹-۲۴

کاربرد: از این موتورها در بالابرها، کمپرسورها، یخچال‌های صنعتی و به‌طور کلی در مواردی که بخواهیم بارهای سنگین را راه‌انداز کنیم استفاده می‌شود.

۵- موتور قطب چاک‌دار: قسمت ساکن (استاتور) این موتورها به صورت برجسته (آشکار) و قسمت گردان (روتور) آن از نوع قفسی است. برای ایجاد میدان دوار، از یک حلقه اتصال بسته (کوتاه شده) که در روی هسته جاسازی می‌شود و همان نقش سیم‌پیچ راه‌انداز را دارد، استفاده می‌شود. شکل ۹-۲۶ تصویر قسمت ساکن و حلقه اتصال کوتاه را نشان می‌دهد.



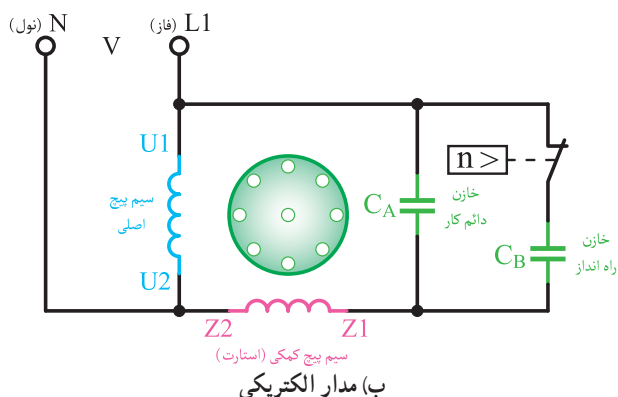
شکل ۹-۲۶

حلقه اتصال کوتاه تحت تأثیر میدان مغناطیسی سیم‌پیچ اصلی قرار می‌گیرد و در آن جریان القا می‌شود. در نتیجه، این جریان القایی در اطراف حلقه، میدانی ایجاد می‌کند که نتیجه اثر این دو میدان برهم باعث می‌شود میدان اصلی به یک سمت منحرف شود. در نتیجه، یک سمت دچار تضعیف میدان مغناطیسی و سمت دیگر دچار تقویت آن می‌شود. بنابراین، در سمتی که تقویت میدان به‌وجود آمده است گشتاوری بر روی گردان (روتور) ایجاد می‌شود که باعث چرخش آن خواهد شد.

۴- موتور تک‌فاز دوخازنی: در این موتورها از یک خازن به‌صورت لحظه‌ای و یک خازن به‌صورت دائم کار استفاده می‌شود. این دو خازن با یکدیگر به‌صورت موازی و هردو با سیم‌پیچ راه‌انداز به‌صورت سری قرار گرفته‌اند. پس از راه‌اندازی و رسیدن دور موتور به ۷۵٪ دور نامی خازن راه‌انداز توسط 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 مناسبی هستند. شکل ۹-۲۵ مدار الکتریکی چگونگی اتصال خازن‌ها با سیم‌پیچ اصلی و کمکی و شکل ظاهری یک نمونه را نشان می‌دهد.



الف) شکل ظاهری

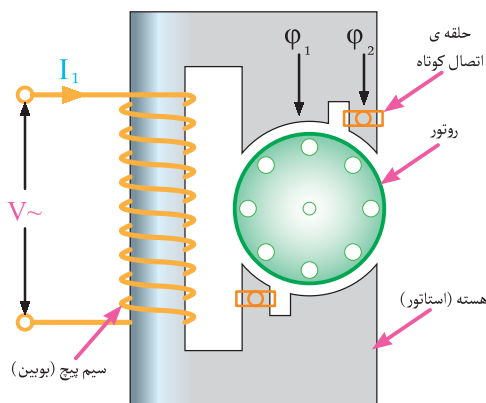


شکل ۹-۲۵



ب) نقشه انفجاری پمپ آب کولر

شکل ۹-۲۸

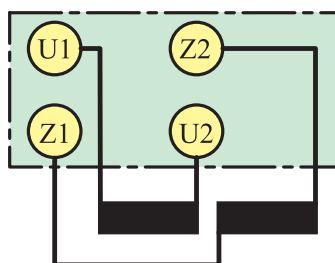


شکل ۹-۲۷

۹-۸- پلاک اتصال موتورهای تک فاز (تخته کلم)  
 به طور کلی، بر روی تخته کلم موتورهای تک فاز استاندارد وی دی ای (VDE آلمان) از حروف U و V برای مشخص کردن سرو ته سیم پیچ اصلی و از حروف W و Z برای سیم پیچ کمکی استفاده می شود. اما در استاندارد آی ای سی (IEC) از حروف U1 و U2 برای نشان دادن سرهای سیم پیچ اصلی و حروف Z1 و Z2 برای مشخص کردن سرهای سیم پیچ کمکی استفاده می شود (شکل ۹-۲۹).

موتورهای با قطب چاک دار در اندازه های کوچک از  $\frac{1}{25}$  تا  $\frac{1}{6}$  اسب بخار ساخته می شوند و از نظر ساختمان، ساده و ارزان اند. گشتاور راه اندازی و اضافه بار این موتورها کم است. کاربرد: این گونه موتورها در پنکه های رومیزی، موتور اکثر فن کویل ها، پمپ آب کولر، انواع بادبزن ها، تابلوها و ویرین های تبلیغاتی گردان و ساعت های الکتریکی کاربرد دارند. شکل ۹-۲۸ چند نمونه موتور قطب چاک دار را نشان می دهد.

۹-۹- پلاک مشخصات الکترو موتورهای تک فاز  
 برای استفاده صحیح از موتورها لازم است تا پلاک مشخصات آنها را مورد توجه قرار دهیم. در شکل ۹-۳۰،



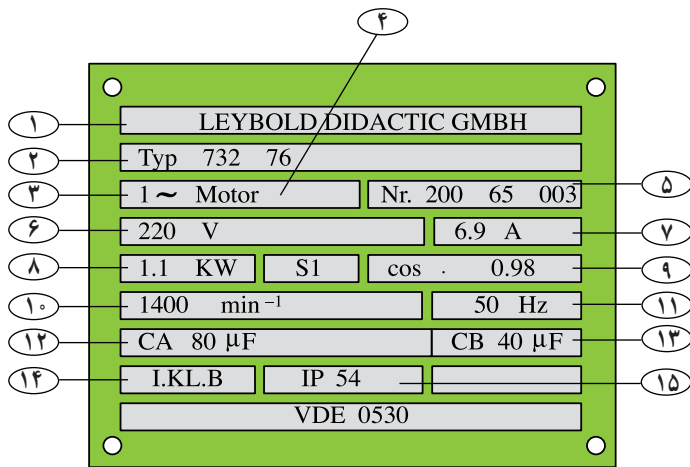
شکل ۹-۲۹

پلاک مشخصات یک موتور تک فاز را مشاهده می کنید، که توضیحات آن در جدول ۹-۴ آمده است.



الف) شکل ظاهری پمپ آب کولر

جدول ۹-۴



شکل ۹-۳۰

شماره	اطلاعات داده شده
۱	نام کارخانه سازنده
۲	شماره نوع ماشین (تیپ ماشین)
۳	نوع جریان
۴	نوع ماشین (موتوری یا مولدی)
۵	شماره تولید ماشین
۶	ولتاژ نامی
۷	جریان نامی
۸	توان نامی
۹	ضریب توان نامی
۱۰	سرعت نامی
۱۱	فرکانس نامی (فرکانس کار)
۱۲	ظرفیت خازن راه انداز (الکتrolیتی - $C_A$ )
۱۳	ظرفیت خازن دائم کار (روغنی - $C_B$ )
۱۴	کلاس عایقی
۱۵	نوع محافظت موتور

◀ پرسش‌های چهار گزینه‌ای

- ۱- عدد ۴۴ در IP۴۴ بر روی پلاک یک موتور الکتریکی به چه معناست؟  
 الف) حفاظت موتور در برابر اجسام خارجی      ب) حفاظت موتور در مقابل پاشیدن آب  
 ج) گزینه‌های الف و ب      د) حفاظت موتور در برابر جریان زیاد
- ۲- از روش راه‌اندازی ستاره مثلث به چه منظور استفاده می‌شود؟  
 الف) کاهش سروصدا      ب) کاهش جریان راه‌اندازی  
 ج) افزایش جریان راه‌اندازی      د) هیچ‌کدام
- ۳- در موتورهای تک‌فاز سیم‌پیچ کمکی با سیم‌پیچ اصلی به چه صورت اتصال می‌یابد؟  
 الف) سری      ب) سری - موازی      ج) موازی      د) ستاره

◀ پرسش‌های پرکردنی

- ۴- حدود ۹۰٪ از موتورهای الکتریکی جریان متناوب از نوع..... است.
- ۵- در حالت ستاره، توان موتور ..... توان نامی موتور است.
- ۶- موتورهای کولر آبی، یخچال خانگی و دستگاه‌های کپی از نوع..... هستند.

◀ پرسش‌های درست و نادرست

- ۷- در موتورهای آسنکرون سرعت روتور با سرعت میدان دوار برابر است.      درست       نادرست
- ۸- در اتصال ستاره جریان راه‌اندازی موتور سه برابر می‌شود.      درست       نادرست
- ۹- برای راه‌اندازی یک موتور سه‌فاز در شبکه تک‌فاز از یک خازن الکتrolیتی استفاده می‌شود.      درست       نادرست
- ۱۰- در موتورهای تک‌فاز نوع خازن راه‌انداز، از خازن روغنی استفاده می‌شود.      درست       نادرست
- ۱۱- موتورهای مشعل گازوئیلی، کمپرسورها، سیستم‌های تهویه مطبوع، پمپ‌ها و سردخانه‌ها از نوع موتور با خازن راه‌انداز است.      درست       نادرست

◀ پرسش‌های تشریحی

- ۱۲- دلیل استفاده از خازن در موتورهای الکتریکی چیست؟
- ۱۳- تفاوت انواع موتورهای تک‌فاز در چیست؟
- ۱۴- نوع خازن راه‌انداز و دائم‌کار در موتورهای الکتریکی را تعیین کنید.
- ۱۵- مقدار ظرفیت خازن راه‌انداز و دائم‌کار را در موتورهای الکتریکی با یکدیگر مقایسه کنید.
- ۱۶- ساختمان موتورهای الکتریکی را تشریح کنید.
- ۱۷- موتورهای سه‌فاز آسنکرون چگونه راه‌اندازی می‌شوند؟
- ۱۸- طرز کار موتور الکتریکی تک‌فاز را شرح دهید.
- ۱۹- چگونه می‌توان یک موتور الکتریکی سه‌فاز را با برق تک‌فاز راه‌اندازی نمود؟