

## فصل ۱

# نصب و راه اندازی سیستم های برق صنعتی



رشد روزافزون کارخانجات و مراکز صنعتی، استفاده از سیستم برق سه فاز به جای تک فاز و همچنین ضرورت شناسایی مصرف کننده ها و مخصوصاً موتورهای سه فاز و همچنین طریقه کنترل آنها را ایجاد می کند. هر چند موتورهای تک فاز نیز هنوز کاربرد خود را در صنعت دارند، ولی مزایای برق سه فاز نسبت به تک فاز موجب گردیده است که در کارگاه ها و کارخانجات صنعتی از این موتورها استفاده شود. برای این منظور لازم است تمامی قسمت های مرتبط با کنترل موتورهای سه فاز، اعم از شبکه تغذیه، کابل های ارتباطی و انواع موتورهای سه فاز، مورد بررسی قرار گیرند.

## آموزشی گام به گام

در این پژوهش هدف ما آشنا شدن هنرجو با برق سه فاز و مزایای برق سه فاز است و اینکه چرا در اغلب مراکز صنعتی از برق سه فاز به جای تک فاز استفاده می شود. طرح سؤال:

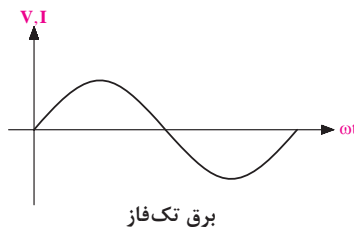
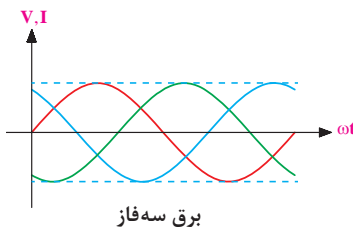
آیا از مراکز صنعتی بازدید نموده اید؟  
آیا تا به حال در این فکر بوده اید که این مراکز چه نوع تغذیه ای از نظر الکتریکی دارند؟  
همچنین هنرجو ابتدا باید کاربرد برق سه فاز در مراکز صنعتی را دیده باشد.

پژوهش صفحه ۳: مزایای برق سه فاز نسبت به تک فاز را بیان کنید.

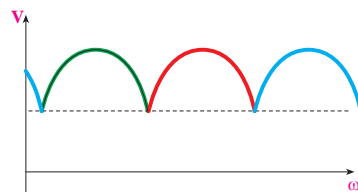
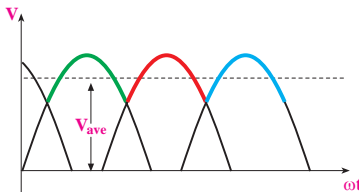
پژوهش کنید



(الف) از نظر اقتصادی مقرون به صرفه تر است، چون ژنراتورهای سه فاز با توان مشابه از حجم کمتری نسبت به ژنراتورهای تک فاز برخوردار است.  
(ب) توان در مصرف کننده های سه فاز هیچگاه صفر نمی شود، چون در صورت صفر شدن دامنه یکی از فازها، بقیه دارای مقدار می باشند.



(ج) موج یک سو شده سه فاز نسبت به تک فاز از رپل کمتری برخوردار است.



(د) موتورهای سه فاز جهت ایجاد میدان دوار مغناطیسی نیاز به وسایل اضافه ندارند،

در صورتی که موتورهای تک‌فاز برای ایجاد میدان مغناطیسی دوار نیاز به وسایل اضافه مانند سیم پیچ کمکی، کلید گریز از مرکز، خازن و... دارند.

#### فعالیت کلاسی



#### انجام فعالیت توسط هنرآموز با استفاده از روش تفحص گروهی:

هدف از این فعالیت شناسایی و آشنا شدن هنرجو با انواع خطوط انتقال و سطح ولتاژ این خطوط است.

#### مراحل اجرایی روش تفحص گروهی:

##### موقعیت‌سازی:

برای انجام این فعالیت ابتدا باید هنرآموز، هنرجویان را به درب ورودی هنرستان برده تا هنرجویان دو نمونه خط انتقال فشار متوسط ( $20\text{KV}$ ) و فشار ضعیف ( $400\text{V}$ ) را مشاهده کنند (البته چنانچه در نزدیکی هنرستان پست انتقال وجود داشته باشد بازدید از پست به آگاهی هنرجو بسیار کمک می‌کند).

##### کشف واکنش:

در این مرحله هنرآموز تلاش می‌کند هنرجویان خود را برای واکنش در برابر محیط و مواد آموزشی آماده سازد و سؤالات زیر را برای هنرجو مطرح می‌کند: آیا تا به حال در خارج از شهر به دکل‌های برق فکر کرده‌اید؟ می‌دانید علت وجود این دکل‌ها چه بوده و چرا اندازه آنها متفاوت است؟ از سطح ولتاژ دکل‌ها اطلاعی دارید؟

چرا در خیابان‌های شهر خطوط سه سیمه افقی در بالا و پنج سیمه عمودی در پایین قرار دارد؟

کاربرد خطوط هر یک از خطوط پنج سیمه چیست؟

##### فرمول‌بندی و سازمان‌دهی:

در این گام، الزامی است که سازماندهی ویژه موقعیت پدید آمده، انجام پذیرد و روال ویژه‌ای برای رویدادها تدارک دیده شود.

در اینجا هنرآموز از هنرجویان می‌خواهد تا عملیات تولید، توزیع و انتقال انرژی الکتریکی را طبق تحقیقات انجام شده هنرجو بر روی کاغذ ترسیم کند. سپس هنرآموز با توضیحات خطوط انتقال هنرجویان را راهنمایی نماید.

##### دانستنی‌های هنرآموز:

##### شبکه‌های انتقال و توزیع:

##### ۱) انتقال نیرو

انرژی تولید شده در نیروگاه‌های مختلف (آبی، دیزلی، گازی، چرخه ترکیبی، بخاری، اتمی و بادی) پس از افزایش به مقدار ولتاژهای (۴۰۰، ۲۳۰، ۱۳۲ و ۶۳) کیلوولت به مناطق مصرف انتقال می‌یابد.

جابه‌جایی انرژی الکتریکی با ولتاژهای ۴۰۰ یا ۲۳۰ کیلوولتی را در اصطلاح انتقال نیرو می‌خوانند و هدف آن تبادل انرژی و توان بین مناطق و نواحی اصلی است که معمولاً در فاصله‌های دور از هم قرار گرفته‌اند.

#### ۲ شبکه‌های فوق توزیع

رساندن انرژی و توان به مراکز مصرف بیشتر با خط‌های ۶۳ (یا ۶۶) یا ۱۳۲ کیلوولتی صورت می‌گیرد. این بخش از فعالیت نیرورسانی را در اصطلاح شبکه‌های فوق توزیع می‌نامند. در صنعت برق، توزیع انرژی برق اساساً در دو سطح فشار متوسط و فشار ضعیف صورت می‌گیرد.

#### ۳ توزیع نیرو

##### ۱-۳ خط‌های فشار متوسط

بیشتر شبکه‌های فشار متوسط در ایران از نوع ۲۰ کیلوولتی‌اند؛ اما ولتاژهای ۳۳ و ۱۱ کیلوولتی نیز پهنه‌های محدودی از کاربرد را دارند.

##### ۲-۳ خط‌های فشار ضعیف

برق مصرف‌کنندگان عادی با خط‌های فشار ضعیف تأمین می‌شود. این خط‌ها آخرین قسمت از شبکه عظیم و گسترده برق‌رسانی را پیش از تحویل انرژی به مصرف‌کننده تشکیل می‌دهند. خط‌های فشار ضعیف رایج در سراسر کشور از نوع ۲۳۰/۴۰۰ ولتی و معمولاً به صورت ۵ سیمه‌اند.

#### مطالعه مستقل و گروهی:

در این مرحله هنرآموز فعالیت کلاسی صفحه ۴ را ارائه می‌دهد که هنرجو خود را ملزم می‌داند تا آنها را انجام دهد.

#### تجزیه و تحلیل:

هنرآموز در این مرحله فعالیت کلاسی هنرجویان را بازدید نموده و در صورت اشتباه بودن فعالیت راهنمایی‌های لازم را انجام می‌دهد.

#### فعالیت دوباره:

در این مرحله همه هنرجویان باید بتوانند فعالیت کلاسی صفحه ۴ و ۵ را به‌طور کامل انجام داده و با انواع خطوط انتقال، سطح ولتاژ و کاربرد هر یک از خطوط در فشار ضعیف آشنا گردند.

## فصل اول: نصب و راه اندازی سیستم های برق صنعتی

### فعالیت کلاسی



جدول زیر را تکمیل نمایید.

نام	تصویر	هدف	سطح ولتاژ
انتقال نیرو		تبادل انرژی و توان بین مناطق و نواحی اصلی	۲۳۰ یا ۴۰۰ کیلوولت
شبکه های فوق توزیع		رساندن توان و انرژی به مراکز مصرف	۶۳ یا ۱۳۲ کیلوولت
توزیع نیرو (خطوط فشار متوسط)		رساندن توان و انرژی به مراکز صنعتی و محلات	۲۰ کیلوولت
توزیع نیرو (خطوط فشار ضعیف)		رساندن توان و انرژی به کارگاه های کوچک، مراکز اداری و مجتمع های مسکونی	۴۰۰/۲۳۰ ولت

### فعالیت کلاسی



با رسم شکل نام و علائم خطوط فشار ضعیف از بالا به پایین در شبکه های سه سیمه و ۵ سیمه را بنویسید و در مورد عملکرد و کاربرد هر خط بحث کنید.



## روش پیشنهادی تدریس برای فعالیت قسمت موتور:

برای تدریس این قسمت از روش تدریس کلاس معکوس استفاده می‌کنیم. ایده کلاس معکوس بسیار ساده است در این کلاس‌ها آموزش مستقیم از طریق CD و یا سایر مواد آموزشی انجام می‌شود که دانش‌آموزان قبل از آمدن به کلاس از آن استفاده می‌کنند. این جابه‌جایی در زمان آموزش به معلم امکان می‌دهد که از زمان کلاس درس برای فعالیت‌های گروهی و فردی استفاده کند.

در کلاس معکوس، شیوه مرسوم تدریس به کلی جابه‌جا می‌شود تا به جای اینکه تکالیف در خانه و تدریس در کلاس انجام شود، دانش‌آموزان درس را در خانه و از طریق CD و... که معلمشان تهیه کرده است و یا در اینترنت قرار دارد، دریافت کنند و زمان کلاس به انجام دادن تکالیف و پروژه‌هایی مرتبط با درس‌ها اختصاص می‌یابد. این در تئوری بسیار عالی است.

کلاس معکوس یک فعالیت مستمر است و اگر از بیرون به آن نگاه شود، چرخه‌ای است که با فعالیت خارج از کلاس آغاز می‌شود، درون کلاس ادامه پیدا می‌کند و دوباره به خارج از کلاس می‌رود. برای ادامه این چرخه می‌بایست دانش‌آموزان تشویق شوند که فعالیت‌های بیرون از کلاس را انجام دهند تا مبادا این چرخه از حرکت بایستد. ارزشمندترین دارایی یک معلم دقایقی است که با دانش‌آموزانش در کلاس می‌گذراند. پس باید از این زمان به بهترین نحو ممکن استفاده کند. برای دانش‌آموزان نیز این زمان بسیار ارزشمند است، زیرا اگر با مشکلی مواجه شوند معلم حضور دارد و می‌تواند آن را برطرف کند.

۱ در این روش معلم بایستی فیلم یا اسلایدهایی را که قبلاً در مورد کلیدهای ساده و چراغ‌دار آماده کرده است به فراگیرانش بدهد و از آنها بخواهد که فیلم را در منزل مشاهده کرده و بر اساس مشاهدات خود در جلسه بعدی کلاس توضیحاتی را ارائه دهند.

۲ سؤالات زیر به عنوان نمونه از هنرجویان پرسیده شود:

الف) دسته‌بندی موتور به چند روش می‌باشد؟

ب) چند وسیله برقی نام ببرید که در آنها موتور سه فاز استفاده شده است؟

ج) اساس چرخش موتورها چیست؟

د) تعداد دور موتور در دقیقه به چه عواملی وابسته است؟

۳ مطابق دستورالعمل داده شده ابتدا متن داده شده را ترجمه نمایید.

۴ با توجه به فیلم‌های دیده شده جداول مربوط به مزایا و معایب هر یک از موتورها را کامل نمایید.

۵ فعالیت مربوط به کاربرد موتورها در انواع صنایع را کامل نمایید.

## فصل اول: نصب و راه اندازی سیستم های برق صنعتی

### ترجمه کنید



یک موتور جریان متناوب دارای دو بخش الکتریکی اساسی است: یک استاتور و یک روتور. استاتور جزو قسمت ثابت است. روتور در قسمت متحرک قرار می گیرد. روتور در داخل استاتور قرار دارد و بر روی شفت موتور AC نصب شده است.

### بحث کنید



۱ دور سنکرون ( $n_s$ ) چه تفاوتی با دور موتور ( $n_p$ ) دارد؟

۲ دور سنکرون به چه عواملی بستگی دارد.

۱ به تعداد دور میدان دوار مغناطیسی، دور سنکرون گفته می شود و به تعداد دور روتور که قابل رؤیت می باشد و با تاکومتر (دورسنج) قابل اندازه گیری است، دور موتور گفته می شود.

۲ سنکرون با فرکانس شبکه رابطه مستقیم و با تعداد قطب ها نسبت عکس دارد و از فرمول  $n_s = \frac{120 \cdot f}{P}$  به دست می آید. در آن فرمول  $f$ ، فرکانس شبکه و  $P$ ، تعداد کل قطب های موتور می باشد.

### فعالیت کلاسی



جدول زیر را در مورد موتورهای سنکرون تکمیل نمایید.

موتورهای سنکرون		
	کاربرد	ساعت های الکتریکی، گرم و اصلاح ضریب قدرت
	مزایا	دارای ضریب قدرت مناسب و قابل تنظیم، بازده بسیار بالا، حساس نبودن به نوسانات ولتاژ، استفاده در ولتاژ بالا، استفاده به عنوان مولد
	معایب	برای راه اندازی نیاز به راه انداز خارجی دارد، نیاز به منبع DC برای روتور، قیمت بالا و عدم تحمل بار ناگهانی بار زیاد





جدول زیر را در مورد موتورهای آسنکرون تکمیل نمایید.

موتورهای آسنکرون		
	کاربرد	پمپ آب، آسانسور و پله برقی و اره‌های نجاری و صنایع نساجی
	مزایا	نداشتن جاروبک، قیمت پایین، اتصال آسان به منبع سه فاز، خود راه‌انداز هستند، عدم نیاز به تعمیر و نگهداری، سادگی ساختمان و استحکام، هزینه نگهداری پایین
	معایب	گشتاور راه‌اندازی کم، عدم سرعت ثابت، کنترل دور مشکل‌تر نسبت به موتورهای دیگر، ضریب قدرت نسبتاً پایین، جریان راه‌اندازی بالا (۳-۷ برابر جریان نامی)، حساس به ولتاژ ورودی (کاهش ولتاژ افزایش جریان)



در جدول زیر برخی کاربرد موتورها در صنایع مختلف داده شده است. جدول را تکمیل نمایید.

هدف از استفاده	تصویر	کاربرد
مکش آب از چاه یا استخراج		پمپ آب
کمک برش الوار چوبی		اره نجاری



آسانسور و پله برقی		جابه جایی افراد در طبقات مختلف
صنعت نساجی		ساختن نخ و استفاده در انواع پارچه

### روش پیشنهادی تدریس برای فعالیت کارگاهی این فصل

برای تدریس فعالیت های کارگاهی این فصل از روش تدریس آزمایشگاهی استفاده می کنیم.

آزمایشگاه برای دانش آموزان، محیطی است که اطلاعات جدید از طریق بینش، توسعه ایده ها و تفسیر اطلاعات، رشد می یابند و آزمایش، فعالیتی است که در جریان آن، فراگیران با به کار بردن وسایل و مواد به خصوصی درباره مفهومی خاص، عملاً تجربه کسب می کنند.

آزمایش معمولاً در آزمایشگاه انجام می گیرد، اما نداشتن آزمایشگاه مجهز یا وسایل مناسب در مدرسه، نباید دلیلی برای انجام ندادن آزمایش باشد. در بعضی موارد، برای انجام دادن آزمایش در کلاس، وسایل بسیار ساده ای لازم است که معلم و حتی دانش آموز می تواند به آسانی آنها را تهیه کند.

\* روش آزمایشگاهی دانش آموزان را مستقیماً با موضوع آموزشی درگیر می کند؛ زیرا این روش بر این تأکید دارد که خود دانش آموز به کمک ابزارهای آموزشی، درس مربوطه را عملاً تجربه کند.

\* روش آزمایشگاهی بسیاری از قوای حسی دانش آموزان را به فعالیت وادار می دارد و این کار خود سبب تقویت یادگیری انفرادی می شود؛ برای مثال، هنگامی که دانش آموز یادگیری را به روش آزمایشگاهی تجربه می کند، می تواند اشیا را لمس کند، ببیند، بو کند، بچشد و به صداها گوش دهد. دانش آموز حتی قادر است برخی مواد را شخصاً آزمایش کند.

\* وقتی دانش‌آموز با استفاده از وسایل و ابزارها، مهارتی را کسب می‌کند و یا آزمایشی را انجام می‌دهد و یا درصدد کشف محیط جدیدی برمی‌آید، عملاً احساس مسئولیت می‌کند.

\* هنگامی که معلم و دانش‌آموزان، به روش آزمایشگاهی در کنار هم کار می‌کنند، حس تعاون و مشارکت در میان آنان تقویت می‌شود.

\* روش آزمایشگاهی زمینه‌ساز یادگیری سایر مباحث مشابه است؛ زیرا تجربیات حاصل در کسب مهارت‌ها و شناخت‌های خارج از مدرسه بسیار مؤثرند و بالاخره اینکه:

\* روش آزمایشگاهی سبب رشد و گسترش مهارت‌هایی می‌شود که در مجموع دانش‌آموزان را به سوی مطالعه و تحقیق بیشتر سوق می‌دهد.

## مراحل روش آزمایشگاهی

### الف) مرحله آماده‌سازی

هر آزمایش سه مرحله دارد. در اولین مرحله، مسئله مورد آزمایش برای دانش‌آموزان مطرح می‌شود تا پیرامون کشف راه‌های حل آن مسئله فکر کنند مثلاً اگر قرار باشد که راجع به اتصالات ستاره و مثلث آزمایشی انجام شود، معلم مسئله را به صورت سؤال مطرح می‌کند:

آیا مقدار مقاومت سیم پیچ‌ها در اتصال ستاره و مثلث تفاوت دارد؟

دومین مرحله، انجام آزمایش است که در آن دانش‌آموزان با وسایلی که در اختیار دارند، آزمایش‌های لازم را انجام می‌دهند.

در گام دوم: یک اهم‌متر دیجیتالی در اختیار گروه‌ها قرار می‌دهیم و از آنها می‌خواهیم که:

با استفاده از اهم‌متر، مقاومت سیم‌پیچ‌ها را در اتصال ستاره و مثلث اندازه‌گیری نموده و فعالیت صفحه ۱۲ را انجام دهند.

### ب) مرحله جمع‌بندی

سومین مرحله این است که دانش‌آموزان جریان و نتیجه آزمایش‌هایی را که انجام داده‌اند یادداشت می‌کنند. برای اینکه یادداشت کردن جریان و نتیجه آزمایش بهتر صورت گیرد، از رهنمودهای زیر استفاده کنید:

۱ هرگز اجازه ندهید که دانش‌آموز جریان و نتیجه آزمایش را از روی تابلو یا نوشته‌ای رونویسی کند؛ زیرا رونویسی مانع از این می‌شود که دانش‌آموز فکر خود را پیرامون آزمایش متمرکز کند.

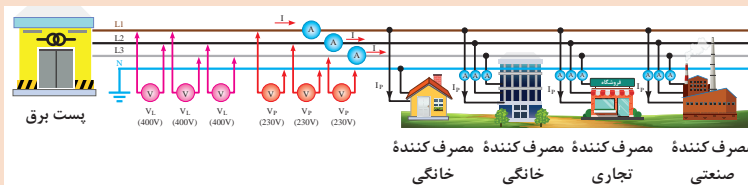
۲ نحوه یادداشت کردن را برای دانش‌آموزان مشخص کنید؛ زیرا ممکن است لازم باشد که دانش‌آموزان در یادداشت خود چگونگی را شرح دهند و یا آزمایش طوری باشد که یادداشت مختصر کافی باشد. یا ممکن است لازم شود که دانش‌آموزان در یادداشت، شکل و نمودار هم رسم کنند.

- ۳ ضمن اینکه از دانش آموزان می خواهید که در یادداشت نتیجه آزمایش از الگوی مشخصی استفاده کنند، در تنظیم آن برای دانش آموز آزادی عمل قائل شوید.
- ۴ از نظر دستوری بهتر است از حالت معلوم فعل ها استفاده شود و جمله ها به صورت مجهول (ابهام) بیان نشوند؛ مثلاً اگر بنویسیم: بعد از اندازه گیری مقاومت ها، مشاهده شد (با اهم متر) که مقاومت حالت ستاره، از مقاومت حالت مثلث بیشتر است، بهتر است تا اینکه بنویسیم «مقاومت ستاره از مثلث بیشتر است».
- ۵ چون دانش آموزان آزمایش را به طور گروهی انجام می دهند، بهتر است در یادداشت خود از هم کلاسان خود نیز نام ببرند؛ مثلاً بنویسند: «من و حسن، مقاومت ها را اندازه گیری کرده و متوجه شدیم که مقاومت حالت ستاره بیشتر از مثلث می باشد ...»، این کار موجب می شود که یادداشت برای دانش آموز خاطره انگیز باشد و روح جمعی در آنان تقویت شود. ولی اگر آزمایش را شخصاً انجام می دهند، در یادداشت، از اول شخص مفرد استفاده کنند؛ مثلاً بنویسند: «مقاومت ها را اندازه گیری کردم...».

#### فعالیت کلاسی



با توجه به تعاریف بالا، در شکل زیر ولت مترها و آمپر مترها کدام مقادیر را نشان می دهند.



#### روش تدریس

در ابتدای این مبحث بهتر است هنرآموز محترم با طرح سؤالات زیر ذهن هنرجو را جهت ورود به مبحث ستاره مثلث آماده نموده و شروع به تدریس و انجام فعالیت ها نماید:

- ۱ آیا همه موتورها قابل اتصال به شبکه برق ایران هستند؟
- ۲ علت تغییر نور لامپ ها در شب های تابستان و هنگام روشن کردن کولر چیست؟
- ۳ در مورد موتورهای با توان بالا، چنانچه موتور مستقیم به شبکه وصل شود چه اتفاقاتی ممکن است رخ بدهد؟
- ۴ در موتورهای الکتریکی چگونه شش سر کلاف ها را به سه فاز متصل می کنند؟



دلیل استفاده از اتصال ستاره و مثلث چیست و این دو اتصال در چه مواقعی به کار می‌رود.

در هنگام راه‌اندازی موتورهای القایی جریان بسیار زیادی از شبکه دریافت می‌شود که این جریان می‌تواند به سیم پیچ‌ها و کابل‌های ارتباطی موتور آسیب وارد نماید. در اتصال ستاره جریان، یک سوم حالت مثلث می‌باشد و بنابراین می‌توانیم موتور را ابتدا به صورت ستاره راه‌اندازی و پس از رسیدن دور موتور به ذکر این نکته ضروری است که قبل از اتصال موتور باید پلاک مشخصات موتور بررسی و در صورت امکان اتصال مثلث را برقرار نمود. همچنین وقتی موتور می‌تواند زیر بار قرار گیرد که اتصال مثلث برقرار شود چون در حالت ستاره توان موتور  $\frac{1}{3}$  حالت مثلث است.



از مقایسه مرحله ۱ و ۲ چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟  
در این مثال نتیجه گرفته می‌شود که در حالت ستاره جریان‌های خطی و فازی باهم برابرند ولی ولتاژ خط  $\sqrt{3}$  برابر ولتاژ فازی است،  
یعنی:

$$I_L = I_P$$

$$V_L = \sqrt{3} V_P$$



چرا نور لامپ‌ها در این اتصال کمتر از نور معمولی می‌باشد؟  
با توجه به فعالیت قبل در اتصال ستاره  $V_L = \sqrt{3} V_P$ ، پس ولتاژ فازی در این اتصال ۲۳۰ ولت می‌باشد و با توجه به اینکه اتصال لامپ‌ها به صورت سری است بنابراین دو سر هر لامپ ولتاژ ۱۱۰ ولت قرار گرفته و نور لامپ‌ها کم می‌شود.



از مقایسه مرحله ۱ و ۲ چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟  
در این مثال نتیجه گرفته می‌شود که در حالت مثلث ولتاژهای خطی و فازی باهم برابرند ولی جریان خط  $\sqrt{3}$  برابر جریان فازی است،  
یعنی:

$$I_L = \sqrt{3} I_P$$

$$V_L = V_P$$



۱ علت تفاوت نور لامپ ها در اتصال مثلث و اتصال ستاره چیست؟ میزان ولتاژ

قرار گرفته شده در دو سر هر کلاف (لامپ ها) می باشد. در اتصال ستاره ولتاژ قرار گرفته شده برابر ۲۳۰ ولت و در اتصال مثلث ۴۰۰ ولت می باشد. بنابراین به دو سر هر لامپ در اتصال مثلث ولتاژی حدود دو برابر حالت ستاره افت کرده و نور لامپ ها بیشتر می شود.

۲ علت عدم استفاده از سیم نول در فعالیت کارگاهی های فوق چیست؟ سیم

نول تنها در اتصال ستاره مورد استفاده قرار می گیرد و به مرکز ستاره متصل می شود.

اتصال ستاره و مثلث به دو دسته اتصال متعادل و نامتعادل تقسیم بندی می شوند.

اتصال متعادل

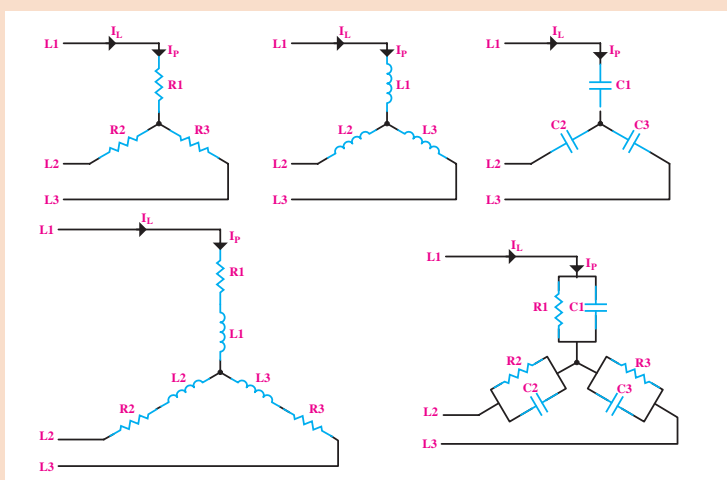
چنانچه امپدانس و ضریب توان همه کلاف ها با هم برابر باشند، اتصال متعادل تشکیل می شود.

$$Z_1 = Z_2 = Z_3$$

$$\cos \phi_1 = \cos \phi_2 = \cos \phi_3 : \text{شرط اتصال ستاره متعادل}$$

اتصال ستاره متعادل:

شکل های زیر انواع ستاره متعادل را نمایش می دهد:



در اتصال ستاره متعادل به دلیل برابر بودن جریان های فازي با یکدیگر، جمع برداری جریان ها با هم برابر صفر شده و از سیم نول جریانی عبور نمی کند

و بنابراین نیازی به سیم نول نمی‌باشد.

#### توجه:

می‌توان در فعالیت کارگاهی با اندازه‌گیری جریان سیم نول این مورد را اثبات نمود.

اتصال ستاره نامتعادل:

چنانچه یکی از شروط اتصال متعادل برقرار نباشد، ستاره نامتعادل تشکیل می‌گردد. در ستاره نامتعادل جمع‌برداری جریان‌ها صفر نشده و نیاز به سیم نول می‌باشد. اگر سیم نول متصل نباشد قانون  $V_L = \sqrt{3}V_P$  برقرار نبوده و دو سر کلاف‌ها ولتاژ یکسانی افت نمی‌کند.  
توجه: مطالب فوق توسط هنرآموز برای هنرجویان آزمایش گردد.

با توجه به موارد فوق جدول زیر را با توجه به ولتاژ شبکه ایران تکمیل نمایید.

مشخصات پلاک موتور	نحوه اتصال موتور به شبکه برق ایران
۲۳۰ $\Delta$	نمی‌تواند با شبکه سه فاز ایران راه‌اندازی شود
۲۳۰ $\Delta$	فقط به صورت ستاره
۴۰۰ $\Delta$	فقط به صورت ستاره
۴۰۰ $\Delta$	به صورت ستاره مثلث می‌توان راه‌اندازی کرد و در نهایت باید اتصال مثلث باشد.
۴۰۰/۲۳۰ $\Delta/\Delta$	فقط به صورت ستاره
۴۰۰/۶۸۰ $\Delta/\Delta$	به صورت ستاره مثلث راه‌اندازی می‌شود و در نهایت باید مثلث بسته شود.

#### فعالیت کلاسی



از پلاک موتورهای موجود در کارگاه، اطلاعات و مشخصات آن را استخراج نموده و به کلاس گزارش دهید.

#### پروژه



## آشنایی با پلاک مشخصات الکتروموتورهای 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 و همچنین اطلاعات نوشته شده در روی آنها متفاوت است. شکل های زیر نمونه ای از پلاک موتور سه فازه می باشد.



اگر مشخصات نوشته شده (روی پلاک موتورها) را با یکدیگر مقایسه کنیم می بینیم که این پلاک ها تفاوت هایی با هم دارند. در شکل فوق بخش های مختلف یک نوع پلاک موتورهای سه فازه مشاهده می شود. در جدول زیر توضیحات مربوط به هر قسمت آمده است.

جدول ۱

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 تک فاز)، D (جریان سه فاز)
۴	نوع کار (Gen - ژنراتور)؛ (Mot - موتور)
۵	شماره تولید ماشین
۶	نوع اتصال سیم پیچ استاتور در ماشین های سنکرون و القایی، به علاوه:
	علامت
	کلاف
	مدار
	۱~
	با کلاف (سیم پیچ) کمکی
۳~	به صورت باز
	ستاره
	مثلث
	ستاره با نقطه وسط خارج شده
۳~ به هم وصل شده	

۷	ولتاژ نامی	
۸	جریان نامی	
۹	توان نامی (تحویلی) با قدرت ظاهری خروجی در موتورها و ژنراتورها	
۱۰	نشانه واحدها VA, KVA, W, KW موتورها بر حسب (KW یا W) و مولدها بر حسب (kVA یا VA)	
۱۱	نوع کار (در کار دائمی $S_1$ ) و زمان کار نامی با مدت زمان روشن بودن نسبی مثال: $S_{23} 30 \text{ min}$	
۱۲	ضریب توان نامی $\cos \phi$ در ماشین‌های سنکرون در صورتی که توان راکتیو دریافت شود، باید نشانه اضافه شود.	
۱۳	جهت چرخش (از طرف سر محور موتور نگاه می‌شود): → (راست‌گرد) ← (چپ‌گرد)	
۱۴	سرعت نامی (علاوه بر این در موتورهای با تحریک سری حداکثر سرعت $n_{\max}$ در مولدهای با توربین آبی، سرعت میانی $n_{\text{ا}}$ توربین؛ در موتورهای چرخ‌دنده‌دار سرعت آخرین چرخ‌دنده $n_{\text{ا}}$ ارائه می‌شود.	
۱۵	فرکانس نامی	
۱۶	در ماشین جریان مستقیم و ماشین سنکرون	در روتور با حلقه لغزان
	تحریک‌کننده با «Err»	روتور با «Lfr»
۱۷		نوع اتصال سیم‌پیچ روتور
۱۸	ولتاژ تحریک نامی به V (ولت)	ولتاژ سکون روتور به V (ولت)
۱۹	جریان تحریک	جریان روتور
	در کار نامی، اگر جریان کوچک‌تر از $10 \text{ A}$ باشد، اطلاعات حذف می‌شود.	
۲۰	گروه مواد عایق‌کننده (Y, A, E, B, F, H, C) اگر سیم‌پیچ استاتور و روتور از گروه‌های مختلف عایقی استفاده شده باشند، ابتدا گروه عایقی (کلاس عایقی) سیم‌پیچ استاتور و سپس گروه عایقی سیم‌پیچ روتور بیان می‌شود (مثلاً F/B).	
۲۱	نوع محافظت طبق DIN ۴۰۰۵۰، مثلاً IP۴۴	
۲۲	طرز صحیح نصب موتور حرف A, B, C, D برای نصب افقی W, V برای نصب عمودی همراه عددی مقابل حرف	
۲۳	وزن تقریبی به t، برای وزن‌های کمتر از یک تن اطلاعاتی داده نمی‌شود.	
۲۴	توضیحات اضافی، به طور مثال VID ۳۰۳۵۰/۰۰۰ مقدار متوسط خنکی با تهویه هوای آزاد با خنک شدن با آب.	



## فصل اول: نصب و راه اندازی سیستم های برق صنعتی



توضیحات مربوط به نمونه دیگری از پلاک موتورهای سه فاز، که در شکل روبه رو نشان داده شده، در جدول ۲ آمده است.

جدول ۲

شماره	اطلاعات داده شده
۱	نام کارخانه
۲	مدل
۳	قدرت برحسب اسب بخار
۴	شماره بدنه
۵	ولتاژ کار
۶	تعداد فاز - یک فاز یا سه فاز
۷	مقدار جریان (مقدار 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 تولیدکننده وسایل الکتریکی
۱۷	ضریب قدرت
۱۸	فرکانس (برحسب هرتز)

## شرح تکمیلی برخی از علائم روی پلاک

در ردیف یازدهم جدول ۳ نوع کار و مدت زمان روشن بودن ماشین به طور نسبی بیان می‌شود. هشت حالت کاری، طبق استاندارد، تعریف شده است که با حروف S1 تا S8 نشان داده می‌شوند. مفهوم هر یک از حروف مطابق جدول ۳ است. مثلاً اگر روی پلاک موتوری در ردیف نوع کار، S1 نوشته شده باشد نشان می‌دهد که این موتور تحت بار نامی، در درجه حرارت پایدار و بی‌وقفه کار می‌کند بدون اینکه از دمای مجاز موتور تجاوز کند.

جدول ۳ انواع کار ماشین‌ها

ماشین تحت بار نامی به درجه حرارت پایدار و ثابت می‌رسد. کار ماشین می‌تواند بدون وقفه اجرا شود، بدون اینکه از دمای مجاز تجاوز کند. مثال: پمپ فاضلاب	کار پیوسته S1
زمان کار در مقایسه با وقفه بعد از آن کوتاه است. کار با بار نامی فقط در زمان داده شده مجاز به اجراست. زمان‌های بارگذاری استاندارد: ۱۰، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ دقیقه مثال: موتور محرکه سیرن. (اُژیر)	کار کوتاه مدت S2
زمان روشن بودن ED فقط بخشی از مدت زمان سیکل است. EDهای استاندارد: ۱۵، ۲۵، ۴۰ و ۶۰ درصد. اگر مدت زمان سیکل معلوم نباشد، آن را ۱۰ دقیقه در نظر می‌گیرند. در نوع کار S3 مرحله راه‌اندازی، هیچ اثری بر روی دمای ماشین نمی‌گذارد. مثال برای S3: موتور بالابر (روتور با حلقه لغزان)	کار موقت S3
در S4 کار شبیه S3 است، با این حال جریان راه‌اندازی، ماشین را بیشتر گرم می‌کند. اطلاعات مثلاً: راه‌اندازی ۲۵/۵۰۰ درصد ED S4 مثال برای S4: موتور محرک برای بالابر کوچک (روتور قفسه‌ای)	S4
در S5 کار شبیه S4 است، با این حال در اینجا یک ترمز الکتریکی (ترمز جریان مستقیم، ترمز جریان معکوس) در نظر گرفته شده، که در گرم شدن نیز سهیم است. اطلاعات مثلاً: راه‌اندازی ۵۰۰، جریان معکوس، ۲۵٪ ED S4 مثال برای S5: موتور محرک برای نقاله‌ها	S5
این نوع کار شبیه نوع کار S3 است. با این حال این ماشین به هنگام وقفه در حالت بی‌باری می‌ماند و خاموش نمی‌شود. اطلاعات مثلاً: S6 ۱۰ min/۶۰ min یا بهتر S6 ED ۲۵٪ ۴۰ min	کار پیوسته با بار موقت S6
این ماشین در کار بدون وقفه است و بدین جهت از طریق راه‌اندازی مداوم و ترمز الکتریکی بیش از حد معمول گرم می‌شود. اطلاعات مثلاً: راه‌اندازی ۱۰۰، ترمز با جریان مستقیم، S7 مثال: موتور محرک برای ماشین‌های تراش مرکزی (ماشین ابزار خودکار)	کار بدون وقفه S7

این نوع کار شبیه SY است، با این حال به جای راه‌اندازی و ترمز با تغییر دوره به طور مثال از طریق تغییر قطب‌ها، کار را پیش می‌برد. اطلاعات: ۳۰۰ min. ۵min/۱۵۰۰ min/۱۰ min کاربرد: خط تولید خودکار	SA
--	----

در ردیف بیست و یکم پلاک موتور، که نوع محافظت (ایمنی) به کار رفته در مقابل تماس و نفوذ اجسام خارجی و آب بیان می‌شود، از حروف IP و دو رقم کد استفاده می‌شود. اولین رقم، درجهٔ ایمنی در مقابل تماس و نفوذ اجسام خارجی و دومین رقم، درجهٔ ایمنی در مقابل نفوذ آب را نشان می‌دهد. گاهی اوقات نیز از کد ۳ رقمی استفاده می‌شود که یک رقم آن مربوط به شرایط محیطی است. در جدول ۴، معانی هر یک از رقم‌های اول و دوم بعد از IP را مشاهده می‌کنید. همچنین بر روی برخی دستگاه‌ها از علائم خاصی، مشابه علائم جدول، استفاده می‌شود. توضیحات هر یک را می‌توان از جدول‌ها استخراج کرد.

به عنوان 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 ۴

نشانه	توضیح	نوع ایمنی
<b>ایمنی تماس و ایمنی جسم خارجی</b>		
-	بدون ایمنی تماس، بدون ایمنی جسم خارجی	IP۰X
-	ایمنی در مقابل جسم خارجی بزرگ‌تر از ۵۰mm	IP۱X
-	ایمنی در مقابل جسم خارجی بزرگ‌تر از ۱۲mm	IP۲X
-	ایمنی در مقابل جسم خارجی بزرگ‌تر از ۲/۵ mm	IP۳X
-	ایمنی در مقابل جسم خارجی بزرگ‌تر از ۱mm	IP۴X
۱	ایمنی در مقابل رسوب گرد و غبار مضر به داخل	IP۵X
۲	ایمنی در مقابل نفوذ گرد و غبار	IP۶X
<b>ایمنی آب</b>		
-	بدون ایمنی آب	IPX۰
-	ایمنی در مقابل ریزش عمودی قطرات آب	IPX۱
-	ایمنی در مقابل ریزش مایل قطرات آب (۱۵ درجه نسبت به عمود)	IPX۲

IPX۳	ایمنی در مقابل پخش آب	-
IPX۴	ایمنی در مقابل پاشیدن آب	۴
IPX۵	ایمنی در مقابل فوران آب، مثلاً از نازل	۵
IPX۶	ایمنی در مقابل جریان آب	۶
IPX۷	ایمنی در مقابل غوطه‌ور شدن	۷
IPX۸	ایمنی در مقابل غوطه‌وری کامل	۸

نشانه‌انواع ایمنی (مفهوم را در جدول بالا ببینید):							
							 ... Pa
۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸

برای تدریس این قسمت از روش تدریس **یادسپاری** استفاده می‌کنیم. در ابتدا معلم تلاش می‌کند توجه فراگیران را از طریق استفاده از مطالب اصلی، جداول و... به درس جلب کند. معلم تلاش می‌کند با استفاده از تصاویر، نشان دادن تجهیزات از نزدیک و حتی نمایش فیلم، شناخت دقیقی از مطالب را به فراگیر بدهد. معلم تلاش می‌کند با ایجاد ارتباط بین مطالب، فراگیر را از اهمیت شناخت تمامی اجزا آگاه کند.

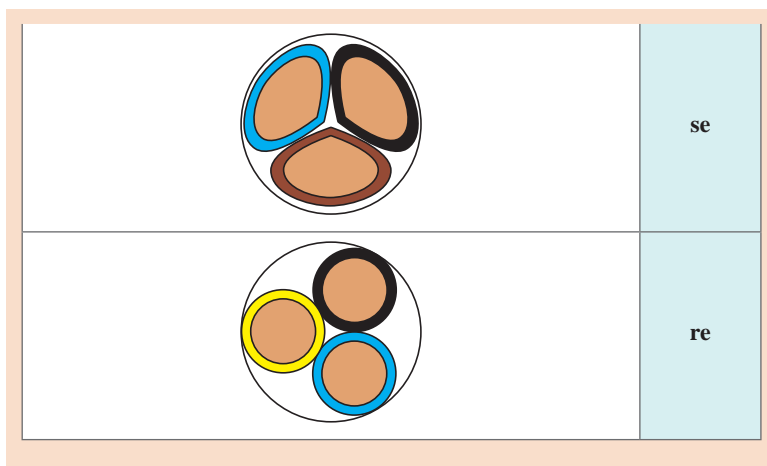
جدول زیر را تکمیل نمایید.

ام	تصویر
sm	
rm	

فعالیت کلاسی



## فصل اول: نصب و راه اندازی سیستم های برق صنعتی



### فعالیت کلاسی



با توجه به شکل زیر، قسمت های مختلف کابل را بررسی کرد و توضیح دهید.



برای بیان جنس هادی و عایق به کار رفته در کابل ها و همچنین توضیحات بیشتر از جدول ۵ استفاده می کنیم.

جدول ۵

توضیحات	حروف اختصاری
کابل های نرُم شده با هادی مسی براساس استاندارد VDE	N
عایق پرتودور	Y (اولین Y در ردیف حروف)
روپوش پرتودور	Y (دومین Y در ردیف حروف)

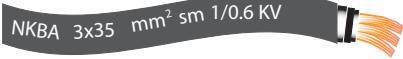
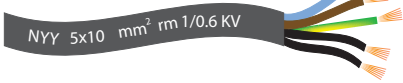
کابل‌های نُرَم شده با نوع هادی از جنس آلومینیوم	NA (اولین حروف)
غلاف خارجی دوبل	A (دومین حرف)
کابل مسلح با نوار فلزی (بانداز فولادی)	B
غلاف سربی	K

یادداشت کنید



در جدول زیر اطلاعات روی هر کابل را استخراج نموده و جدول را کامل کنید.

اطلاعات	تصویر
کابل با هادی مسی و عایق و روپوش پروتودور با مقطع گرد تک رشته، ۴ سیمه با سطح مقطع ۳۵ میلی‌متر مربع بوده و برای ولتاژ ۱۰۰۰-۶۰۰ ولت استفاده می‌گردد.	
کابل با هادی مسی و عایق و روپوش پروتودور با مقطع گرد چند رشته (افشان)، ۴ سیمه با سطح مقطع ۶ میلی‌متر مربع بوده و برای ولتاژ ۱۰۰۰-۶۰۰ ولت استفاده می‌گردد.	
کابل با هادی آلومینیومی و عایق و روپوش پروتودور با مقطع مثلثی تک رشته، ۴ سیمه با سطح مقطع ۲۵ میلی‌متر مربع سه‌فاز و ۱۶ میلی‌متر مربع سیم نول بوده و برای ولتاژ ۱۰۰۰-۶۰۰ ولت استفاده می‌گردد.	
کابل با هادی مسی و عایق و روپوش پروتودور با مقطع گرد تک رشته، ۴ سیمه با سطح مقطع ۱۶ میلی‌متر مربع بوده و برای ولتاژ ۱۰۰۰-۶۰۰ ولت استفاده می‌گردد.	

	<p>کابل مسلح با هادی مسی و غلاف سربی و پوشش حفاظت داخلی، نوار حفاظتی فولادی و غلاف خارجی پروتودور با مقطع مثلثی چند رشته، ۳ سیمه با سطح مقطع ۳۵ میلی متر مربع بوده و برای ولتاژ ۱۰۰-۶۰۰ ولت استفاده می گردد.</p>
	<p>کابل با هادی مسی و عایق و روپوش پروتودور با مقطع گرد چند رشته، ۵ سیمه با سطح مقطع ۱۰ میلی متر مربع بوده و برای ولتاژ ۱۰۰-۶۰۰ ولت استفاده می گردد.</p>

برای تدریس این قسمت از روش تدریس ساخت گرایی استفاده می کنیم.

- ۱ طرح سؤالات و فعالیت های کاوشگری با هدف متمرکز ساختن تمام حواس فراگیران به کلیدهای دستی
- ۲ تشریح کامل مراحل با استفاده از تصاویر، نمودارها و حتی استفاده از پاورپوینت.
- ۳ گسترش فعالیت های ذهنی و مهارتی. با حل تمرین های مرتبط به فراگیر کمک کنید تا مهارت های خود را تلطیف و تصحیح کنند.
- ۴ لازم است در این مرحله یافته های فراگیران سنجیده شود تا فراگیران از میزان تسلط بر مهارت ها آگاهی یابند.
- ۵ تمرین و تکرار اطلاعات باعث تبحر و تسلط فراگیران می شود.
- ۶ تأکید می گردد چون هنرجو از این قسمت عملاً وارد مبحث برق صنعتی می گردد، بایستی تک تک فعالیت های کلاسی و کارگاهی این قسمت تا ابتدای کلیدهای مغناطیسی به دقت و با نظارت انجام و نتایج فعالیت های گروه ها با هم مقایسه شود تا اگر اختلافی مشاهده شد علت آن و طریقه رفع مشکل بیان گردد.
- ۷ در صورت امکان فعالیت های این قسمت به صورت تک نفره انجام گیرد تا یادگیری بهتر صورت گیرد.

## فعالیت کلاسی



در جدول زیر علائم مربوط به انواع کلید زبانه‌ای ترسیم شده است. با توجه به علائم، کاربرد کلید را بنویسید.

نام کلید	تصویر
قطع و وصل ساده (۱-)	
معکوس کننده جهت گردش موتور (چپ گرد، راست گرد) (۲- ۱-)	
ستاره - مثلث (Δ - Y)	
ستاره - مثلث، چپ گرد، راست گرد (Δ - Y - O - Y - Δ)	
چند سرعته (۲-۱-) و (۳-۲-۱-)	
راه اندازی موتورهای تک فاز	
انتخاب کننده فاز (برای دستگاه های اندازه گیری) (مانند کلید ولت متر)	

## فعالیت کلاسی



بر روی فازهای ورودی تعداد سه آمپر متر بسته و جریان راه اندازی را در دو حالت راه اندازی با اتصال ستاره و راه اندازی با اتصال مثلث را با هم مقایسه نمایید.

با مقایسه دو حالت نتیجه گرفته می شود که جریان حالت مثلث سه برابر حالت ستاره می باشد.

## پرسش



علت استفاده از تغییر جهت گردش دور موتور چیست و در چه مواردی به کار می رود.  
در بسیاری موارد لازم است حرکت رفت و برگشتی توسط موتور انجام گیرد. در این مواقع باید جهت گردش موتور تعویض شود. مانند آسانسور، بالابر و....



پرسش



در صورت تعویض هر سه فاز ورودی با هم، آیا جهت دور موتور برعکس می شود؟ چون در جهت چرخش میدان دوار تأثیری ندارد، بنابراین جهت گردش موتور نیز ثابت می ماند.

فعالیت کلاسی



حالت های دیگر کلید چپ گرد - راست گرد را در صورت ثابت ماندن فاز دیگر بنویسید.

<u>L</u>	<u>R</u>
$U_1 \rightarrow L_1$	$\rightarrow U_1$
$W_1 \rightarrow L_2$	$\rightarrow V_1$
$V_1 \rightarrow L_3$	$\rightarrow W_1$

<u>L</u>	<u>R</u>
$W_1 \rightarrow L_1$	$\rightarrow U_1$
$V_1 \rightarrow L_2$	$\rightarrow V_1$
$U_1 \rightarrow L_3$	$\rightarrow W_1$

بحث کنید



چنانچه یکی از فازها قطع باشد، در هنگام چپ گرد راست گرد شدن چه اتفاقی می افتد و موتور در چه جهتی حرکت می کند؟ در مورد زیر بار بودن یا نبودن موتور در حالت فوق بحث شود.  
در صورت زیر بار نبودن، موتور در جای خود لرزش کرده و چنانچه در هر طرف با دست چرخانده شود در همان جهت با سرعت کم شروع به چرخش می کند. ولی در صورت زیر بار بودن موتور، محور حرکت نکرده و اگر وسایل حفاظتی عمل نکند موتور آسیب می بیند.

پژوهش کنید



در مورد مفهوم گشتاور و ارتباط آن با جریان تحقیق و پژوهش کنید.  
گشتاور توانایی موتور را برای به چرخش درآوردن اجسام با توجه به وزن جسم مشخص می کند. گشتاور در حرکت های چرخشی مطرح است و در حرکت های خطی صرفاً نیرو معنا دارد.

یکی از عوامل تأثیرگذار در گشتاور راه اندازی، جریان راه اندازی می باشد. گشتاور با مجذور جریان رابطه مستقیم دارد.



چه روش‌های دیگری جهت راه‌اندازی موتورهای با قدرت بالا به کار برده می‌شود؟

از دیگر روش‌های راه‌اندازی می‌توان به ۱ راه‌اندازی توسط اتوترانسفورماتور و ۲ راه‌اندازی توسط تجهیزات الکترونیک قدرت (softstarter) نام برد.



جدول زیر را برای راه‌اندازی موتورهای سه فاز تکمیل نمایید.

روش‌های راه‌اندازی	قدرت نامی	
	در شبکه ۴۰۰ V	در شبکه ۲۳۰ V
راه‌اندازی به صورت مستقیم	۴kw تا ۲/۲Kw	۱/۵Kw تا ۳kw
راه‌اندازی به صورت ستاره مثلث	۴Kw تا ۱۱kw	۳Kw تا ۵/۵kw



۱ آیا توان در اتصال ستاره و مثلث تغییر می‌کند؟

یکی از روش‌های کم کردن جریان راه‌اندازی در موتورهای توان بالا، استفاده از اتصال ستاره - مثلث می‌باشد. در فعالیتهای کلاسی مشاهده شد که جریان حالت مثلث سه برابر حالت ستاره می‌باشد. توان مثلث نیز سه برابر توان ستاره می‌باشد. اثبات این گفته نیز از طریق فرمول‌های زیر است:

$$V_L = \sqrt{3} V_P, I_L = I_P = \frac{V_P}{z} = \frac{\frac{V_L}{\sqrt{3}}}{z}$$

بنابراین:

$$P_\lambda = 3P_{Ph} = 3(V_P)(I_P) \cos\phi$$

معادله ۱-۱

$$P_\lambda = 3\left(\frac{V_L}{\sqrt{3}}\right)\left(\frac{V_L}{\sqrt{3}z}\right)\cos\phi = \frac{V_L^2}{z}\cos\phi$$

در اتصال مثلث

$$I_L = \sqrt{3}I_P = \sqrt{3}\left(\frac{V_L}{z}\right), V_L = V_P$$

$$P_\Delta = 3V_P I_P \cos\phi = 3V_L \cdot \frac{V_L}{z} \cos\phi = 3\frac{V_L^2}{z} \cos\phi$$

معادله ۱-۲

از مقایسه معادلات ۱-۱ و ۱-۲ می توان نتیجه گرفت قدرت در حالت مثلث

$$P_{\Delta} = 3P_{\lambda}$$

۲ آیا موتوری که باید در نهایت با اتصال مثلث کار کند، می تواند در حالت ستاره زیر بار قرار گیرد؟ چرا؟

چنانچه موتوری را بر طبق ولتاژ داده شده بتوان در حالت ستاره - مثلث راه اندازی کرد، توان ذکر شده بر روی پلاک، برابر توان نامی موتور در حالت مثلث است. بنابراین موتور را ابتدا بدون بار در حالت ستاره راه اندازی نموده و پس از رسیدن دور موتور به ۷۵٪ دور نامی اتصال را به مثلث تغییر داده و موتور در زیر بار قرار می گیرد. در صورت زیر بار رفتن موتور در حالت ستاره، چون توان موتور حالت نامی است بنابراین موتور توانایی بار مورد نظر را نداشته و آسیب می بیند.

برای تدریس این قسمت از روش تدریس تسلط یاب استفاده می کنیم.

۱ در مرحله آماده سازی درس، معلم اهداف این بخش، رابطه بین محتوای درس با یادگرفته های پیشین را تعیین می کند.  
به طور مثال می توان با سؤالاتی از قبیل اینکه:

الف) با توجه به مدارات راه اندازی موتورهای با کلیدهای دستی چه مشکلاتی را احساس نمودید؟

ب) آیا در صنعت روش های دیگری برای راه اندازی موتورهای سراغ دارید؟  
ذهن دانش آموزان را برای ورود به بحث جدید آماده نمایید.

۲ مسئولیت دانش آموزان را برای تمرین و یادگیری معین کنید.

۳ تمام مفاهیم و روابط را مرحله به مرحله به فراگیران شرح دهید. از قبیل آموزش انواع مدارهای قدرت و فرمان و علائم وسایل به کار رفته در این نوع مدارها

۴ در صورت امکان از ابزارهای کمک آموزشی از قبیل فیلم، اسلاید و... استفاده کنید.

۵ تمرین و تکرار اطلاعات باعث تبحر و تسلط فراگیران می شود. برای حل تمرین، فراگیران را بر اساس گام هایی که معین کردید، هدایت کنید.

۶ لغزش های فراگیران را تصحیح کنید.

۷ راه حل فراگیران را بازنگری کنید.

۸ در صورت امکان از فراگیران بخواهید تمرینات مشابه در منزل خود، طراحی و حل نمایند.



استفاده از کنتاکتورها چه مزایای نسبت به کلیدهای دستی دارد؟

## مزایای استفاده از کنتاکتورها

کنتاکتورها نسبت به کلیدهای دستی صنعتی مزایایی به شرح زیر دارند:

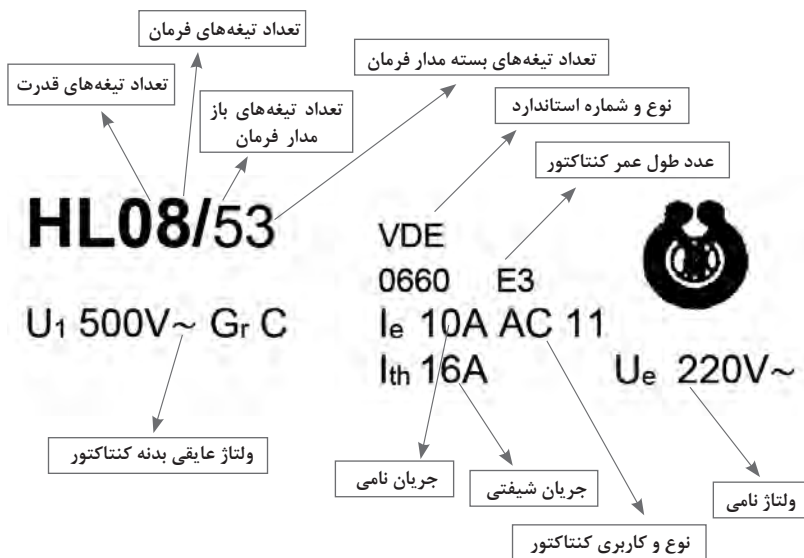
- ۱ مصرف کننده از راه دور کنترل می شود.
- ۲ مصرف کننده از چند محل کنترل می شود.
- ۳ امکان طراحی مدار فرمان اتوماتیک برای مراحل مختلف کار مصرف کننده وجود دارد.
- ۴ سرعت قطع و وصل کلید زیاد و استهلاک آن کم است.
- ۵ از نظر حفاظتی مطمئن ترند و حفاظت مناسب تر و کامل تر دارند.
- ۶ عمر مؤثرشان بیشتر است.
- ۷ هنگام قطع برق، مدار مصرف کننده نیز قطع می شود و به استارت مجدد نیاز پیدا می کند؛ در نتیجه از خطرات وصل ناگهانی دستگاه جلوگیری می گردد.



حروف و علائم نوشته شده بر روی پلاک کنتاکتور زیر را تحلیل و تفسیر کنید.

با توجه به نوع مصرف کننده و شرایط کار، کنتاکتورها قدرت و جریان عبوری مشخصی برای ولتاژهای مختلف دارند. بنابراین، باید به جدول و مشخصات کنتاکتور توجه کافی مبذول کرد و انتخاب کنتاکتور را منطبق بر مشخصات مورد نیاز قرار داد. برای اتصال مصرف کننده به شبکه باید از کلید یا کنتاکتوری با مشخصات مناسب استفاده کرد که کنتاکت های آن تحمل جریان راه اندازی و جریان دائمی را داشته باشد. همچنین در صورت اتصال کوتاه، جریان لحظه ای زیادی که از مدار عبور می کند و یا جرقه ای که هنگام قطع مدار ایجاد می شود، صدمه ای به کلید نزند. به این منظور و برای اینکه بتوانیم پس از طراحی مدار، کنتاکتور مناسب را برای اتصال مصرف کننده به شبکه انتخاب کنیم، باید با مقادیر نامی مربوط به کنتاکتور آشنا شویم. این مقادیر برای کلیدهای غیرمغناطیسی، مانند کلید اهرمی و غلتکی نیز، وجود دارد. در صفحه بعد با این مقادیر، که معمولاً مهم ترین آنها بر روی بدنه نوشته شده است، آشنا می شویم.

## فصل اول: نصب و راه اندازی سیستم های برق صنعتی



### انواع کنتاکتورها و کاربرد آنها

مورد استفاده	استاندارد و طبقه بندی کنتاکتور	نوع جریان
بار اهمی - بار غیراندکتیو یا با اندکتیویته ضعیف - گرم کن برقی با ضریب توان حدود $\cos\phi = 0.95$	AC۱	AC
برای راه اندازی موتورهای آسنکرون روتور سیم پیچی، بدون ترمز جریان مخالف، جریان راه اندازی بستگی به مقاومت مدار روتور دارد.	AC۲	
برای راه اندازی موتور آسنکرون روتور سیم پیچی با ترمز جریان مخالف	AC۲	
برای راه اندازی موتور آسنکرون روتور قفسه ای - هنگام قطع جریان نامی از تیغه های کنتاکتور عبور می کند - تحمل جریان راه اندازی ۵ تا ۷ برابر جریان نامی	AC۳	
برای راه اندازی موتور آسنکرون روتور قفسه ای - به کار بردن ترمز جریان مخالف تغییر جهت گردش الکتروموتور روتور قفسه ای - تعداد دفعات قطع و وصل زیاد در فواصل زمانی اندک	AC۴	
کنتاکتور کمکی - کنتاکتور فرمان بدون داشتن کنتاکت قدرت (کوئل مغناطیسی) - استفاده فقط در مدار فرمان	AC۱۱	
بار اهمی - بار غیراندکتیو یا با اندکتیویته ضعیف - گرم کن برقی	DC۱	DC
راه اندازی موتور شنت - قطع کردن موتور هنگام کار	DC۲	

برای راه‌اندازی موتور شنت با تعداد دفعات قطع و وصل زیاد در فواصل زمانی اندک - مدار ترمز	DC۳
راه‌اندازی موتور سری - قطع موتور هنگام کار	DC۴
راه‌اندازی موتور سری با تعداد دفعات قطع و وصل زیاد، در فواصل زمانی اندک - تغییر جهت گردش موتور - مدار ترمز	DC۵
کنتاکتور کمکی - کنتاکتور فرمان - کویل مغناطیسی	DC۱۱

پرسش



تفاوت مدار فرمان و قدرت چیست؟  
هدف از مدار قدرت، تغذیه مصرف‌کننده از قبیل موتور، لامپ و ... می‌باشد ولی هدف از مدار فرمان کنترل مدار تغذیه مصرف‌کننده (بوبین کنتاکتور) می‌باشد.

یادداشت کنید



جدول زیر را با توجه به وسایل مدارات قدرت تکمیل نمایید.

نام	تصویر	هدف از استفاده	نقشه در مدار قدرت	علامت و وسیله
کلید MCB		حفاظت در برابر اتصال کوتاه و اضافه بار		F
فیوز فشنگی		حفاظت در برابر اتصال کوتاه		F
فیوز سکسیونری (سیلندری)		حفاظت در برابر اتصال کوتاه		F
کنتاکت‌های قدرت کنتاکتور		تغذیه موتور		KM

F		نمونه برداری از جریان عبوری		کنتاکت های قدرت بی مثال
---	---	--------------------------------	---	-------------------------------

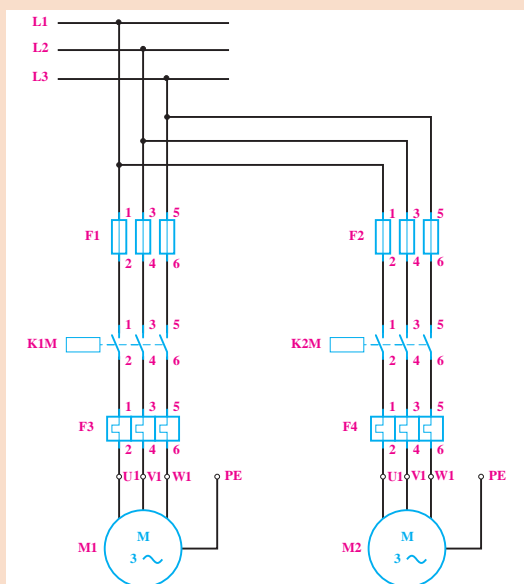
برای تدریس این قسمت از روش تدریس کارگاهی استفاده می کنیم.

- ۱ گروه بندی فراگیران.
- ۲ آماده سازی فراگیران با توضیحات و ایجاد شناخت کامل از فعالیت مورد نظر و اهداف آن.
- ۳ اختصاص زمان مناسب برای انجام فعالیت در محیط آزمایشگاهی مناسب برای فراگیران.
- ۴ جمع بندی نتایج و بهره برداری از نتیجه فعالیت.
- ۵ ارزیابی و تحلیل نتایج فعالیت.
- ۶ تأکید می گردد هرچه هنرجویان در این قسمت با رسم و طراحی مدارات بیشتر آشنا گردند به فهم آنها در چگونگی عملکرد مدارات کمک می نماید.

#### فعالیت کلاسی



مدار قدرت راه اندازی دو موتور را ترسیم نمایید.









جدول زیر را با توجه به وسایل مدارات فرمان تکمیل نمایید

نام	تصویر	هدف از استفاده	نقشه در مدار فرمان	علامت وسیله
کنتاکت باز کنتاکتور (NO)		نگهدارنده و وابسته نمودن مکانی به مکان دیگر		KM
کنتاکت بسته کنتاکتور (NC)		در اغلب موارد ایمنی		KM
بوبین کنتاکتور		قطع و وصل کنتاکت‌های فرمان و قدرت		KM
شستی استارت		فرمان وصل		S
شستی استپ		فرمان قطع		S



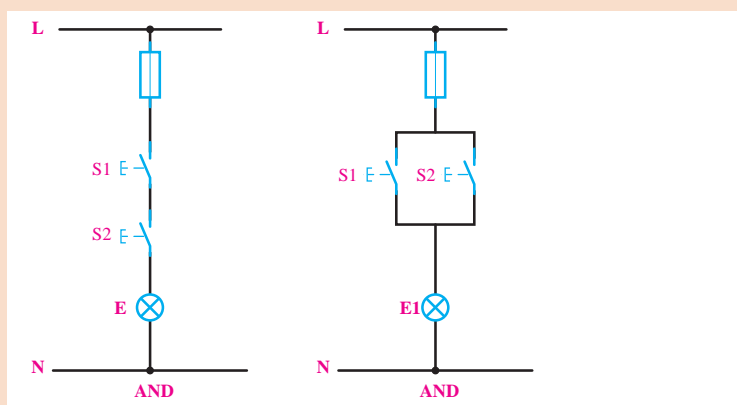
F		فرمان قطع در هنگام اضافه بار		کنتاکت بسته بی مثال
F		فرمان وصل و اخطار هنگام اضافه جریان		کنتاکت باز بی مثال

#### فعالیت کلاسی

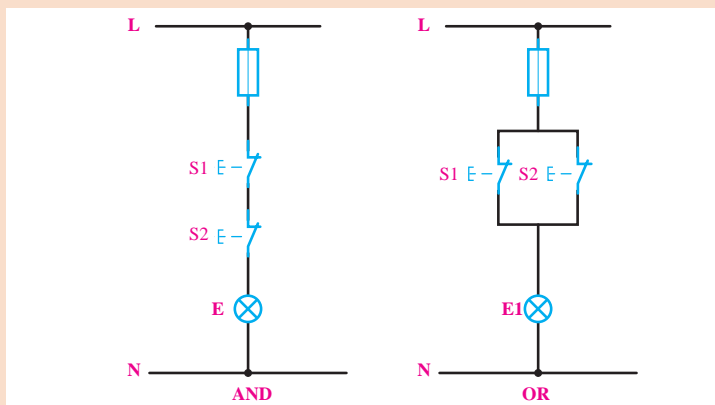


۱ مدار AND و OR منطقی را با شستی استارت ترسیم کرده و جدول صحت آن را با توجه به عملکرد مدار رسم کنید.

برای شروع این فعالیت باید ذهن هنرجویان را به مدارهای منطقی که در سال گذشته آشنا شده اند، سوق داده و از آنها بخواهید اکنون برای آشنا شدن با شستی های استپ و استارت و همچنین طرز کار گیت های منطقی مدارات زیر را طراحی و روی تابلو به صورت عملی آزمایش نمایند .  
چنانچه زمان اجازه می دهد در چند مدار از کلید تک پل نیز استفاده کنید تا هنرجو عملاً با عملکرد استپ و استارت بیشتر آشنا شود.



۲ مدار AND و OR منطقی را با شستی استپ ترسیم کرده و جدول صحت آن را با توجه به عملکرد مدار رسم کنید.



مدار فرمان و قدرت صفحه بعد که مربوط به راه اندازی موتور به صورت لحظه‌ای می‌باشد را تکمیل نمایید.

شروع این فعالیت بسیار مهم و حیاتی است، چون هنرجو از ابتدای این مدار باید با روش فرمان مدارهای کنتاکتوری آشنا شود بنابراین باید مراحل زیر انجام گیرد:

۱ با مشاهده فیلم‌ها از هنرجویان بخواهید مراحل نقشه‌خوانی و بستن نقشه‌ها را به ترتیب از بالا به پایین انجام دهند و به حروف و اعداد کنتاکت‌ها و لوازم توجه نموده تا اشتباه نکنند.

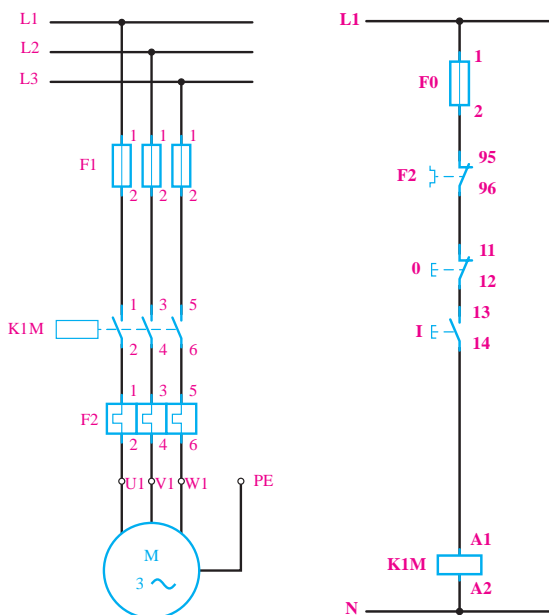
۲ به آنها آموزش دهید که چنانچه در مسیر بستن مدار به نقطه انشعاب رسیدند آن مسیر را تا آخر ادامه داده سپس به نقطه انشعاب برگشته و مسیر دیگر را برای بستن طی نمایند.

۳ بسیاری از هنرجویان در ابتدای کار خواندن نقشه ضعیف هستند که انجام انفرادی مدارات اولیه می‌تواند این عیب را برطرف کند.

فعالیت کلاسی



## فصل اول: نصب و راه اندازی سیستم های برق صنعتی



### پرسش



۱ علت لحظه ای بودن وصل کنتاکتور چیست؟ و راه حل دائم بودن این مدار چه می تواند باشد؟

علت لحظه ای بودن این است که با فشار به شستی استارت بوبین کنتاکتور تغذیه می شود، به محض اینکه دست از روی شستی برداشته می شود مدار تغذیه نیز قطع می گردد. راه حل این کار استفاده از تیغه کمکی می باشد.

۲ مقدار فیوز و رله حرارتی بر چه مبنایی انتخاب می شود؟ مقدار فیوز و رله بی متال و نوع کنتاکتور با توجه به توان موتور و از جدول زیر به دست می آید.

جدول انتخاب کنتاکتور، بی متال و فیوز  
برای موتورهایی که به صورت مستقیم (یک ضرب) به شبکه متصل می شوند

ولتاژ ۲۲۰-۲۴۰V		ولتاژ ۳۸۰V		جریان کنتاکتور	جریان بی متال	جریان فیوز
KW	HP	KW	HP	A	A	A
		۰/۳۷	۰/۵	۹	۱-۱/۶	۲
۰/۳۷	۰/۵	۰/۵۵	۰/۷۵	۹	۱/۶-۲/۵	۲-۴
۰/۷۵	۱	۱/۵	۲	۹	۲/۵-۴	۲-۴

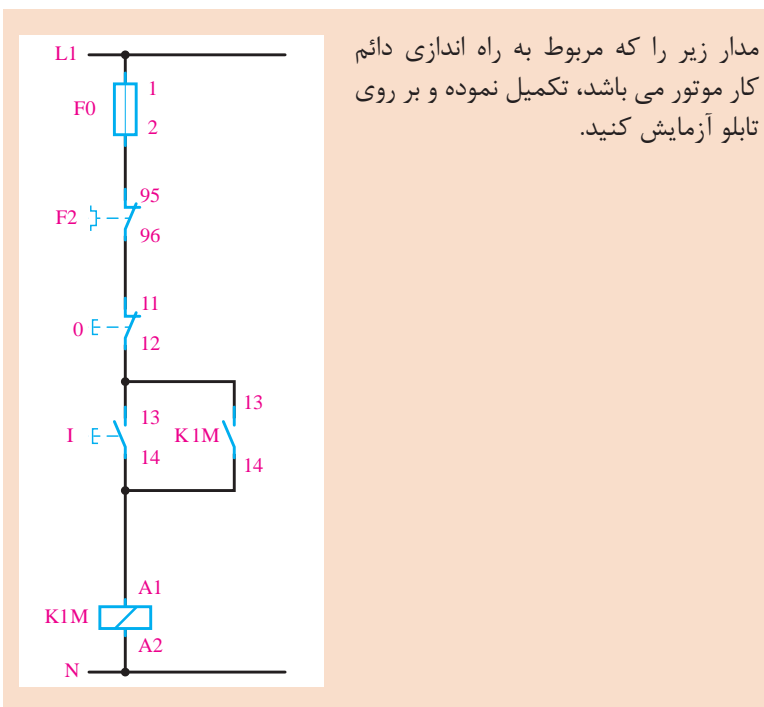
۰/۵۵	۰/۷۵	۱/۱	۱/۵	۹	۲/۵-۴	۴-۶
۰/۷۵	۱	۱/۵	۲	۹	۲/۵-۴	۴-۶
۱/۱	۱/۵	۲/۲	۳	۹	۴-۶	۶-۸
۱/۵	۲	۳	۴	۹	۴-۶	۸-۱۲
				۹	۵/۵-۸	۸-۱۲
۲/۲	۳	۴	۵/۵	۱۶	۷-۱۰	۱۰-۱۲
۳	۴	۵/۵	۷/۵	۱۶	۱۰-۱۳	۱۲-۱۶
۴	۵/۵	۷/۵	۱۰	۱۶	۱۳-۱۵	۱۶-۲۰
				۱۶	۱۴-۱۸	۱۶-۲۰
۵/۵	۷/۵	۱۰	۱۳/۵	۲۵	۱۸-۲۵	۲۰-۲۵
		۱۱	۱۵	۲۵	۱۸-۲۵	۲۵
۷/۵	۱۰	۱۵	۲۰	۴۰	۲۳-۳۲	۳۲-۴۰
۱۰	۱۳/۵	۱۸/۵	۲۵	۴۰	۳۰-۴۰	۴۰
۱۱	۱۵			۴۰	۳۰-۴۰	۴۰
		۲۲	۳۰	۶۳	۳۸-۵۰	۵۰-۶۳
۱۵	۲۰			۶۳	۴۸-۵۷	۶۳
۱۸/۵	۲۵	۳۰	۴۰	۶۳	۴۸-۵۷	۶۳
				۶۳	۵۷-۶۶	۶۳
۲۲	۳۰	۲۷	۵۰	۸۰	۶۶-۸۰	۸۰
		۴۵	۶۰	۱۲۵	۷۵-۱۰۵	۱۰۰
۳۰	۴۰	۵۵	۷۵	۱۲۵	۹۵-۱۲۵	۱۲۵

**شرح جدول:** این جدول از ۷ ستون تشکیل شده است. ستون‌های اول و دوم قدرت موتورها را بر حسب کیلووات و اسب بخار برای ولتاژ ۲۲۰ تا ۲۴۰ ولت نشان می‌دهد. ستون سوم و چهارم قدرت موتورها را برای ولتاژ خطی ۳۸۰ ولت مشخص می‌کند. ستون پنجم جریان کنتاکتور را برای قدرت‌های مورد نظر و ستون ششم جریان بی‌متال لازم را برای موتور مورد نظر معلوم می‌کند و بالاخره ستون هفتم فیوز مورد نیاز را مشخص می‌نماید. این جدول برای موتورهای مورد استفاده قرار می‌گیرد که به صورت مستقیم به شبکه برق متصل شوند.

## فصل اول: نصب و راه اندازی سیستم های برق صنعتی

برای مثال، موتور ۲۲KW یا ۳۰HP موردنظر است. برای انتخاب وسایل موردنیاز در ستونی که بالای آن ولتاژ ۳۸۰ ولت مشخص شده، عدد ۲۲KW و ۳۰HP را پیدا می کنیم. سپس روبه روی آن، عدد ۶۳ را برای جریان کنتاکتور و عدد ۳۸-۵۰ را برای جریان بی متال و ۵۰-۶۳ را برای جریان فیوز معلوم می نماییم.

فعالیت  
کارگاهی



پرسش



آیا مدار قدرت این مدار با مدار فعالیت کارگاهی قبل متفاوت است؟ چرا؟  
خیر، چون هدف راه اندازی یک موتور می باشد بنابراین در مدار قدرت تغییری حاصل نمی شود.

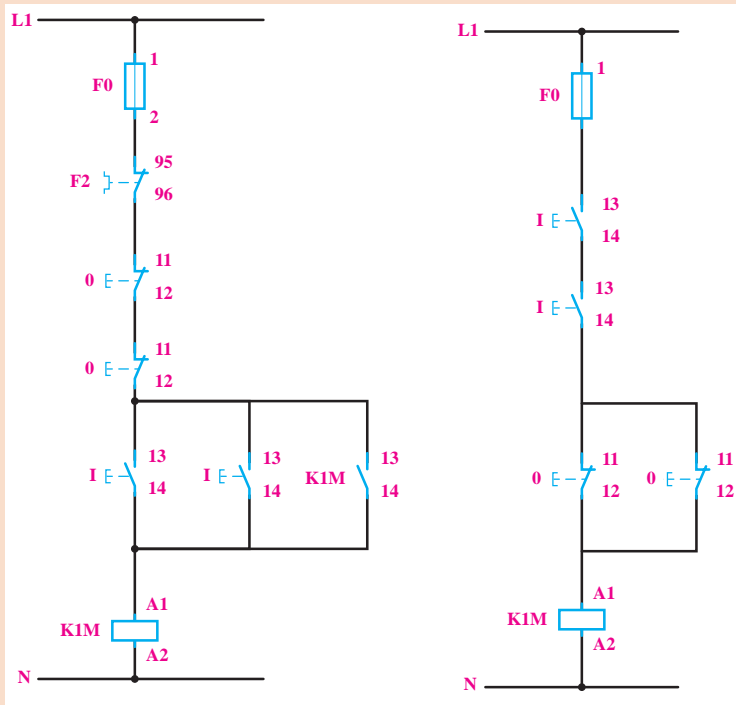
فکر کنید



چرا کنتاکت باز کنتاکتور عامل دائم کار شدن موتور می باشد؟  
به این دلیل که هنگامی که بوبین کنتاکتور تغذیه می شود کنتاکت های باز، بسته شده و جریان از این طریق به بوبین هم می رسد. اگر دست از روی شستی برداشته شود به دلیل اینکه جریان تغذیه بوبین قطع نمی شود، بوبین به همان حالت در مدار باقی می ماند.



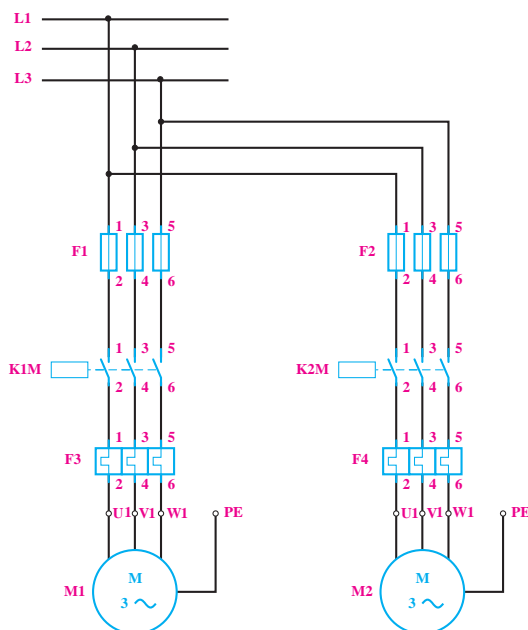
شکل الف مربوط به راه اندازی یک موتور به صورت دائم کار می باشد که از دو محل قابل کنترل است و شکل ب نیز مربوط به دستگاهی مانند پرس است که هر دو دست اپراتور باید بر روی شستی باشد تا دستگاه کار کند. این دو شکل را تکمیل نموده و با بستن بر روی تابلو آزمایش نمایید.



طراحی این مدار به هنرجو کمک می کند تا نقاط قوت و ضعف خود را در درک، طراحی و رسم مدارات بشناسد. بنابراین سعی کنید تا با راهنمایی های لازم هنرجو را در طراحی و ترسیم کمک نموده و چنانچه نقص و اشکالی در طراحی دیده شده به هنرجو پیشنهاد نمایید تا مدار را عملاً بسته و در هنگام تست به اشکال خود پی ببرد.

در یک ماشین صنعتی از دو موتور  $M_1$  و  $M_2$  استفاده شده است. موتور  $M_1$  یک موتور سه فاز برای پمپ روغن به قدرت  $5/5$  کیلووات و جریان  $1/5$  آمپر و موتور  $M_2$  یک موتور سه فاز به قدرت  $5$  کیلووات و جریان  $10A$  است.

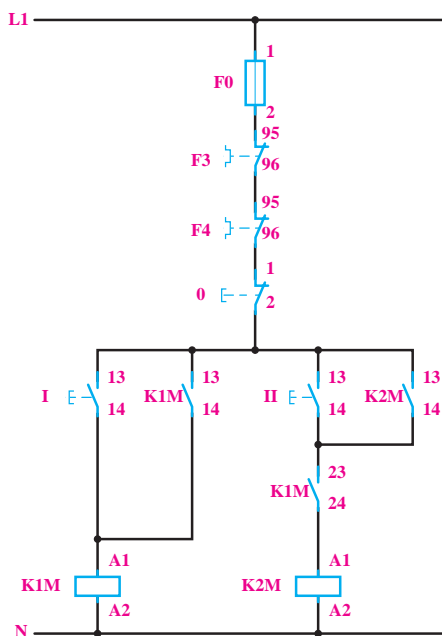
طرز کار این ماشین به طریقی است که موتور اصلی بدون پمپ روغن نباید کار کند، اما پمپ روغن می تواند به تنهایی به کار رود. با طراحی مدار الکتریکی این کار، نوع کنتاکتور و جریان نامی حفاظت کننده های لازم را حساب کنید. مدار قدرت: برای مدار قدرت به یک کنتاکتور جهت هریک از موتور ها نیاز است. بنابراین، برای موتور  $M_1$ ، کنتاکتور  $K_1M$  و برای موتور  $M_2$ ، کنتاکتور  $K_2M$  را در نظر می گیریم و مدار قدرت آن را ترسیم می کنیم. حفاظت برای اتصال کوتاه و حفاظت برای بار زیاد، در مورد هریک از موتور ها به طور جداگانه در نظر گرفته می شود.



**مدار فرمان:** برای مدار فرمان به سه شستی احتیاج است که شستی I برای راه اندازی پمپ  $M_1$ ، شستی II برای راه اندازی موتور  $M_2$  و شستی ۰ برای قطع مدار به کار می روند.

برای طرح مدار فرمان، ابتدا مدار را برای راه اندازی موتور  $M_1$  به وسیله کنتاکتور  $K_1M$  طراحی می کنیم، به طوری که با فشار به شستی I کنتاکتور  $K_1M$  جذب و توسط کنتاکت باز خود، نگاه داشته شود.

موتور  $M_2$  نباید بدون موتور  $M_1$  کار کند. این موضوع را باید در مدار فرمان پیش بینی کرد. از این رو باید ترتیبی اتخاذ شود که در صورت کار نکردن موتور  $M_1$ ، مدار بوبین کنتاکتور  $K_2M$  نتواند وصل شود. برای این کار می توانیم از یک کنتاکت باز  $K_1M$  به طور سری در مدار بوبین  $K_2M$  استفاده کنیم.



بدین ترتیب ملاحظه می‌شود که اگر کنتاکتور  $K1M$  وصل نباشد و شستی II فشار داده شود، به‌علت باز بودن مسیر بوبین  $K2M$ ، موتور  $M2$  کار نخواهد کرد. برای قطع کل مدار نیز از شستی ° به‌طور سری در مدار استفاده می‌کنیم. قطع‌کننده‌های حرارتی  $F3$  و  $F4$  نیز به‌طور سری با کل مدار قرار می‌گیرند تا در صورت اضافه بار برای هریک از موتورها، کل مدار قطع شود. فیوز  $F0$  نیز برای حفاظت مدار فرمان استفاده می‌شود. مدار فرمان کامل این کار عملی، در شکل نشان داده شده است.

**انتخاب وسایل:** با توجه به نوع

موتورها و جدول داده شده در قسمت قبل (در مورد انتخاب کنتاکتور و وسایل حفاظت‌کننده)، وسایل مورد استفاده برای این کار عملی باید دارای مشخصات زیر باشد:

کنتاکتور  $K1M$  AC۳-۶A (بوبین  $50\text{Hz}$  و  $220\text{V}$ )

کنتاکتور  $K2M$  AC۳-۱۶A (بوبین  $50\text{Hz}$  و  $220\text{V}$ )

فیوز  $AF0$  ۴ کندکار

فیوز  $AF1$  ۶ کندکار

فیوز  $AF2$  ۲۰ کندکار

جدول زیر را با توجه به وسایل مدارات فرمان تکمیل نمایید.



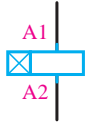

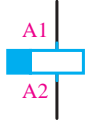

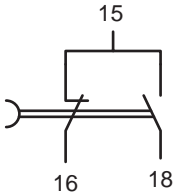



نام	تصویر	هدف از استفاده	نقشه در مدار فرمان	علامت وسیله
استپ استارت دابل		قطع و وصل هم‌زمان دو نقطه از مدار		S

یادداشت کنید





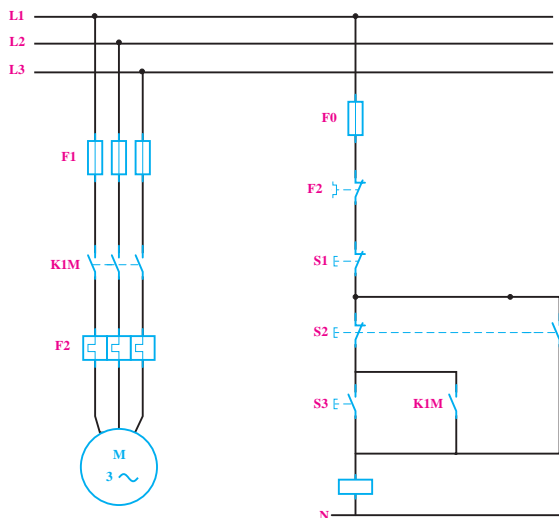
## فصل اول: نصب و راه اندازی سیستم های برق صنعتی

S		قطع و وصل هم زمان دو نقطه از مدار بدون استفاده از دست		لیمیت سوئیچ
KT		تنظیم زمان قطع یا وصل		بوئین تایمر تأخیر در وصل
KT		تنظیم زمان قطع یا وصل		بوئین تایمر تأخیر در قطع
KT		قطع و وصل هم زمان دو نقطه از مدار طبق زمان تنظیم شده		کنتاکت باز و بسته تایمر
E		اعلام خبر		لامپ سیگنال

### فعالیت کلاسی



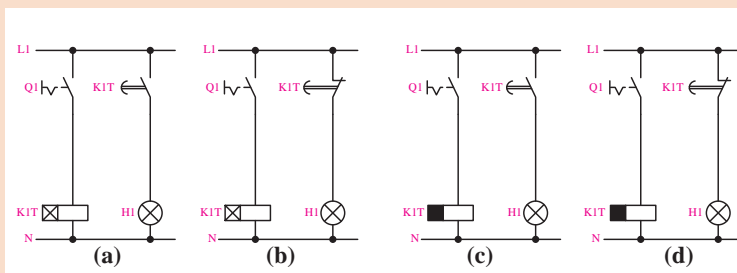
در یک ماشین چوب بری، از یک موتور سه فاز روتورقفسی استفاده شده است. برای اتصال دائمی این موتور از یک شستی و برای قطع آن نیز از یک شستی دیگر استفاده می شود. علاوه بر این دو شستی، توسط یک پدال نیز باید بتوان موتور را به طور لحظه ای به شبکه متصل نمود. مدار فرمان و قدرت این موتور را ترسیم نموده و بر روی تابلو آزمایش نمایید.



### فعالیت کلاسی



در مدارهای زیر چنانچه کلید یک پل برای یک دقیقه وصل شده و سپس قطع گردد و تایمرها روی ۴۰ ثانیه تنظیم شده باشند عملکرد لامپ در مدارها با هم چه فرقی خواهند داشت؟

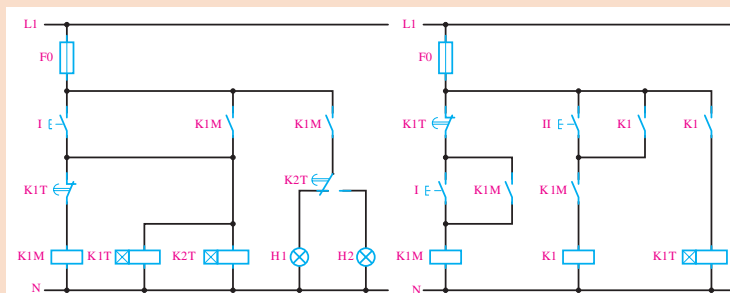


- (a): با توجه به اینکه تایمر با تأخیر در وصل است ، بعد از گذشت ۴۰ ثانیه لامپ روشن شده و تا زمان قطع شدن کلید تک پل روشن باقی می ماند.
- (b): با توجه به اینکه تایمر با تأخیر در وصل است و از کنتاکت بسته تایمر استفاده شده، لامپ در ابتدا روشن است و با وصل کلید بعد از گذشت ۴۰ ثانیه خاموش شده و تا زمان قطع شدن کلید تک پل خاموش باقی می ماند.
- (c): با توجه به اینکه تایمر با تأخیر در قطع می باشد هم زمان با وصل کلید تک پل لامپ روشن شده و بعد از گذشت ۴۰ ثانیه خاموش می شود.
- (d): با توجه به اینکه تایمر با تأخیر در قطع می باشد هم زمان با وصل کلید تک پل لامپ خاموش شده و بعد از گذشت ۴۰ ثانیه روشن می شود.

برداشت



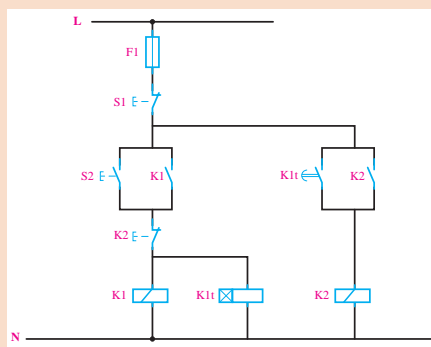
برداشت خود را از نحوه عملکرد دو شکل زیر بیان نمایید.



(a): در این مدار با زدن شستی لامپ  $H1$  روشن و بعد از مدت زمانی ( $K1T$ ) لامپ  $H2$  روشن و  $H1$  خاموش می شود و پس از مدت زمانی ( $K1T$ ) هر دو لامپ خاموش می شود.

(b): در این مدار با فشار به شستی I کنتاکتور  $K1M$  وصل شده و با فشار به شستی II پس از مدت زمانی ( $K1T$ ) مدار متوقف می شود.

فعالیت  
کارگاهی



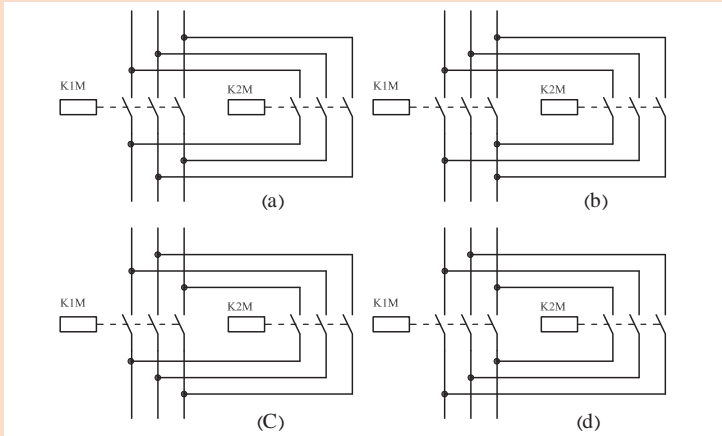
مداری طراحی کنید که با فشار به یک شستی موتور اول روشن شده و بعد از ۲۰ ثانیه موتور دوم فعال گشته و موتور اول را خاموش کند.

هنرآموز عزیز:

قسمت مدارات چپ گرد راست گرد یکی از مهم ترین و اساسی ترین ارکان طراحی مدارات است. چون اولین مداراتی است که هنرجو با مفهوم و عملکرد کنتاکت باز شونده و کاربرد آن آشنا می شود، بنابراین توصیه می گردد قبل از شروع این مبحث ابتدا عملکرد این کنتاکت را با مداری همچون مدار یکی به جای دیگری تشریح نموده و سپس از هنرجو بخواهید شخصاً مدارات فرمان و قدرت چپ گرد راست گرد را طراحی نماید تا بتواند با تمرین کافی، مدارات آتی را به درستی طراحی کند. هر سه مدار چپ گرد راست گرد (با توقف، سریع و با حفاظت کامل) به طور دقیق بسته و آزمایش گردد و فعالیت های کلاسی، پرسش و فعالیت های کارگاهی به دقت انجام گیرد تا شبیه ای برای هنرجو باقی نماند.



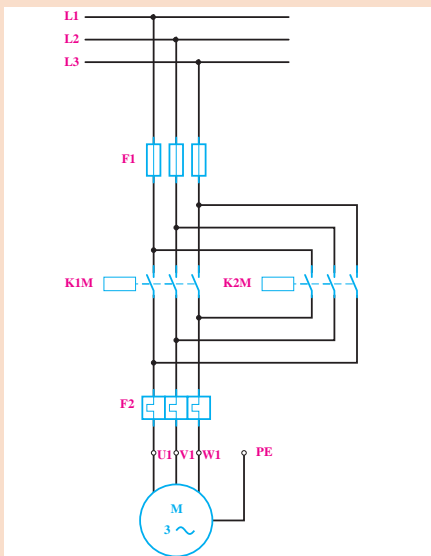
کدام یک از مدارهای قدرت زیر برای چپ گرد راست گرد عملکرد صحیحی ندارد؟ چرا؟



در شکل (b) در زیر کنتاکتور دو فاز به یکدیگر متصل شده اند و در شکل (c) نیز جای هر سه فاز با یکدیگر عوض شده است. دو شکل (a,d) عملکردشان صحیح است.



مدار قدرت روبه رو که مربوط به مدار چپ گرد راست گرد می باشد را تکمیل نمایید.



## فصل اول: نصب و راه اندازی سیستم های برق صنعتی

### پرسش



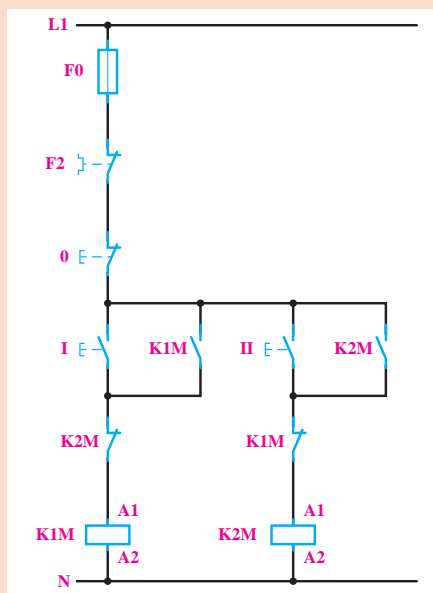
مقدار فیوز و بی متال در این مدار چگونه انتخاب می شود؟  
طبق جدول داده شده در قسمت قبل با توجه به توان موتور مقدار بی متال، فیوز و کنتاکتور به دست می آید.

### یادداشت کنید



در کنار شکل زیر نقاط ضعف مدار فرمان را برای چپ گرد راست گرد کردن موتور یادداشت نمایید.  
۱ چنانچه موتور در حال کار باشد (راست گرد یا چپ گرد) با فشار به شستی دیگر اتصال کوتاه به وجود می آید.  
۲ چنانچه موتور متوقف باشد با فشار هم زمان به دو شستی نیز اتصال کوتاه به وجود می آید.

### فعالیت کارگاهی



مدار فرمان و قدرت چپ گرد راست گرد با توقف را طراحی و پس از تأیید هنرآموز، بر روی تابلو بسته و آزمایش نمایید.

### پرسش



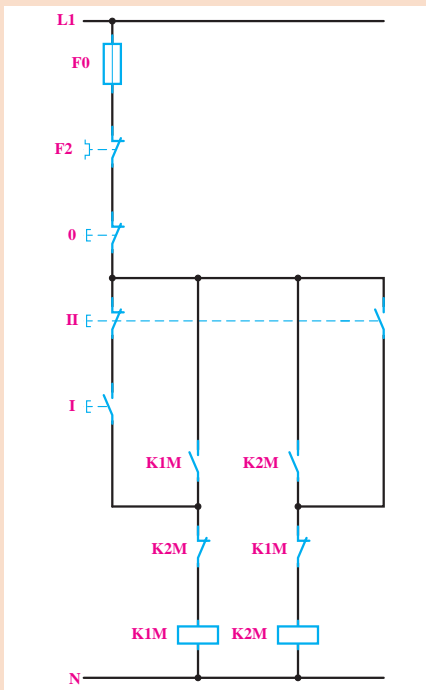
به نظر شما عیوب و نقاط ضعف مدار فوق چیست؟  
۱ چنانچه هر دو شستی هم زمان فشار داده شوند حالت اتصال کوتاه به وجود می آید.  
۲ برای تغییر جهت گردش ابتدا باید موتور متوقف و سپس جهت عوض شود.



به نظر شما عیوب و نقاط ضعف مدار صفحه قبل چیست؟  
در این مدار با وجودی که کنتاکتور  $K1M$  ,  $K2M$  به طور هم زمان اتصال پیدا نمی کنند، باز احتمال اتصال کوتاه دو فاز در اثر جرقه بین کنتاکت ها وجود خواهد داشت؛ زیرا در فاصله زمانی بسیار کم بین قطع کنتاکتور اول و وصل کنتاکتور دوم، که حدود چند میلی ثانیه است و هنوز جرقه ایجاد شده در کنتاکت های اول خاموش نشده است، احتمال اینکه از همین طریق بین دو فاز اتصال کوتاه ایجاد شود وجود خواهد داشت.

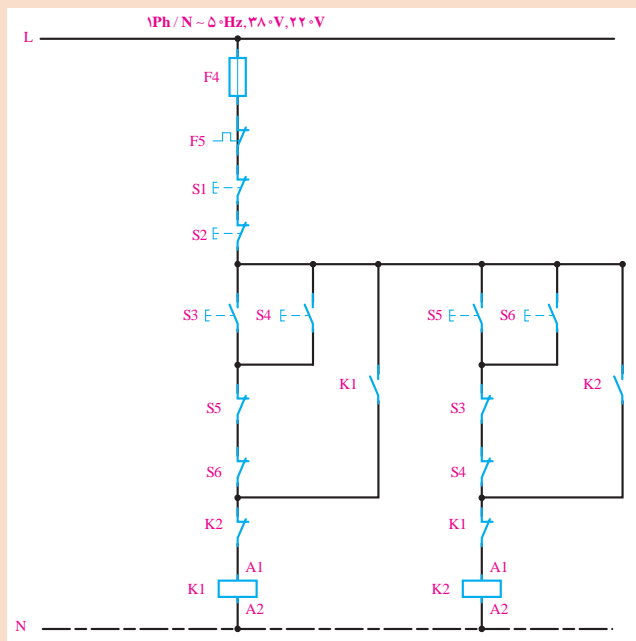


مدار فرمان و قدرت چپ گرد  
راست گرد با حفاظت کامل  
را طراحی و پس از تأیید  
هنرآموز، بر روی تابلو بسته  
و آزمایش نمایید، مدار قدرت  
هیچ تفاوتی با دو مدار قبلی  
ندارد.  
مدار فرمان:





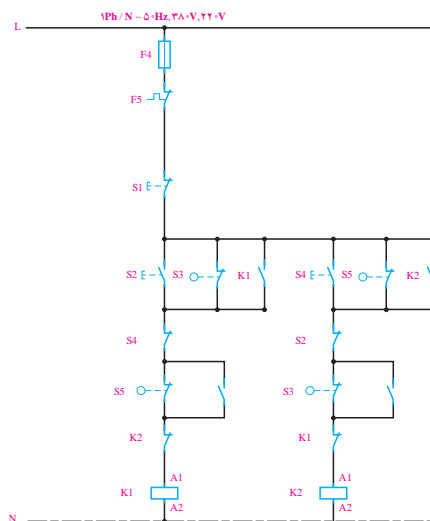
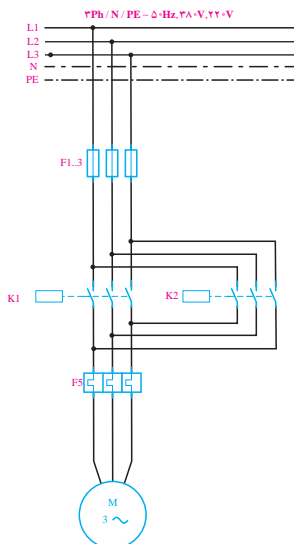
مدار فرمان چپ گرد راست گرد با توقف، سریع و حفاظت کامل را به صورتی طراحی نمایید که بتوان از دو محل موتور را کنترل کرد.



در این قسمت برای درک هر چه بهتر هنجار از عملکرد لیمیت سوئیچها سوالات زیر می تواند راهگشا باشد:

- ۱ به نظر شما در مکان هایی که امکان قطع و وصل مدار با دست نباشد، از چه وسیله ای استفاده می شود؟
- ۲ در وسایلی همچون بالابر ها و آسانسورها، چگونه و با استفاده از چه وسایلی فرمان توقف و رفت و برگشت انجام می گردد؟

می خواهیم جهت گردش یک موتور آسنکرون سه فاز را، که بر روی یک ماشین تراش نصب شده است، توسط کنتاکتور عوض کنیم. مدار فرمان و قدرت آن را ترسیم کنید و بر روی تابلو ببندید و آزمایش نمایید.



پژوهش کنید



در مورد دیگر کاربردهای کنترل فاز پژوهش نمایید.

وظایف رله کنترل فاز :

۱ تشخیص تغییر توالی فاز ۲ تشخیص قطع یک فاز ۳ حساسیت و محافظت در برابر عدم تقارن ولتاژ سه فاز (از ۵٪ تا ۱۵٪) قابل تنظیم ۴ تشخیص کاهش ولتاژ شبکه ۵ قطع سریع در صورت بروز خطا ۶ دارای سیگنال های نمایشگر خطاهای مختلف و حالت عادی ۷ حفاظت الکتروموتور در مقابل اختلالات شبکه مانند: قطع فاز - جابه جایی فاز - افت ولتاژ بیش از حد مجاز - عدم تقارن بیش از حد ولتاژ سه فاز و شوک ناشی از قطع و وصل متوالی برق

پژوهش کنید



در مورد مزایا و معایب بی متال های حرارتی و کنترل بار پژوهش نمایید.

بی متال در برابر تغییرات دمای محیطی رفتاری تا حدودی متفاوت دارد؛ یعنی مثلاً در اردبیل یک جور عمل می کند بوشهر یک جور دیگر، اما کنترل بار چنین نیست از طرف دیگر کنترل بار با وجود قطعات الکترونیک قدرت در مدارات و افزایش هارمونیک ها این موضوع روی عملکرد آن تأثیر دارد اما بی متال چنین نیست.

پژوهش کنید



در مورد رله کنترل فاز - بار و نحوه و چگونگی عملکرد آن پژوهش نمایید. این تجهیز که به یکی از پرکاربردترین تجهیزات در برق صنعتی تبدیل شده ترکیبی از کنترل فاز و کنترل بار است همان طور که در قسمت های قبل توضیح



داده شد برای راه اندازی الکتروموتورهای سه فاز نیاز است که حفاظت هایی در مدار انجام دهیم تا در برابر اختلالات ولتاژ و جریان به الکتروموتور ما آسیبی وارد نشود، همچنین مداراتی را یاد گرفتیم که در آنها از دو تجهیز حفاظتی کنترل بار و کنترل فاز استفاده می کردیم و همانطور که در بالا گفتیم کنترل فاز بار ترکیبی از این دو تجهیز است.

مزایای کنترل فاز بار نسبت به کنترل فاز و کنترل بارهای معمولی :  
اساساً نیاز است کنترل بار و کنترل فاز در اکثر مدارهای برق صنعتی کنار هم باشند و یک آمپر متر هم برای نمایش جریان نیاز هست پس به ct جهت اندازه گیری هم نیاز داریم، این تجهیز این مسئله را حل کرده است عملاً چهار تجهیز در یک دستگاه قرار دارد.  
قابلیت های کنترل فاز بار

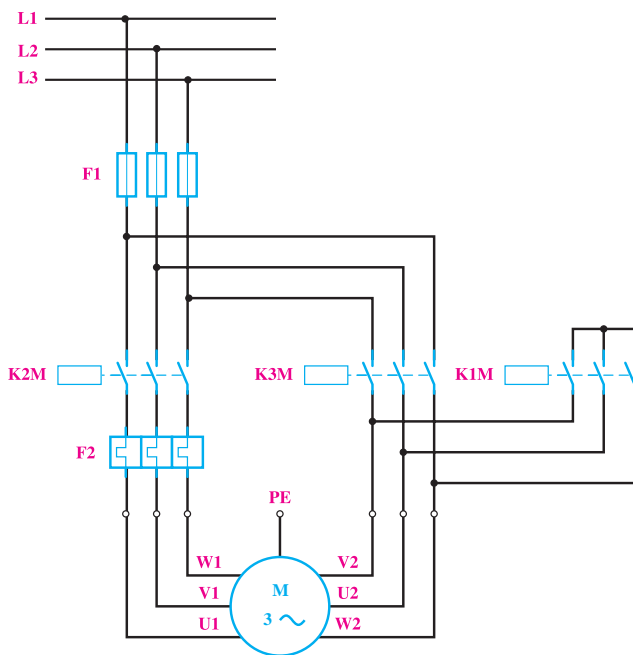
- ۱ جلوگیری از آسیب رسیدن به الکتروموتور در برابر اختلالات ولتاژ
- ۲ جلوگیری از آسیب رسیدن به الکتروموتور در برابر اختلالات جریان
- ۳ نمایش جریان مصرفی الکتروموتور
- ۴ دارا بودن ct داخلی که هم برای کنترل بار استفاده می شود و هم برای آمپر متر (عبور مستقیم سیم تا قطر ۲۵ میلی متر و حداکثر جریان ۶۰ آمپر)

#### فعالیت کلاسی



مدار قدرت راه اندازی موتور به صورت ستاره مثلث را طبق مطالب گفته شده تکمیل و حروف سر و ته کلاف ها را بر روی موتور بنویسید. مدارات راه اندازی ستاره مثلث هم جزو مهم ترین و کاربردی ترین مدارات در صنعت می باشد که با وجود وسایلی همچون درایو و سافت استارتر، هنوز از مقبولیت خاصی برای موتورهای با توان پایین برخوردار است بنابراین باید این مبحث با دقت تدریس گردد و همکاران ارجمند نکات زیر را به هنرجویان جهت طراحی مدار گوشزد نمایند:

در طراحی مدار قدرت حتماً بایستی دقت گردد که هنگام اتصال مثلث فازها به درستی به موتور متصل گردد تا اتصال صحیح مثلث انجام گیرد .  
مدار فرمان داده شده فقط نمونه ای از مدار ستاره مثلث است که ابتدا کنتاکتور ستاره و سپس کنتاکتور اصلی وارد مدار می شود. به هنرجو توصیه کنید که مدارات دیگری نیز طراحی نموده و با بستن بر روی تابلو آزمایش نماید و نقاط قوت و ضعف هر یک را بیان کند.



۱ مقدار جریان بی متال مدار قدرت بر چه اساس انتخاب می شود؟

پرسش



جدول زیر جدول انتخاب کنتاکتور، بی متال و فیوز برای موتورهایی که به صورت ستاره مثلث راه اندازی می شوند

ولتاژ ۲۲۰-۲۴۰ V		ولتاژ ۳۸۰ V		جریان کنتاکتور	جریان بی متال	جریان فیوز
KW	HP	KW	HP	A	A	A
۴	۵/۵	۷/۵	۱۰	۱۲	۷-۱۰	۱۶
				۱۲	۷-۱۰	۲۰
۵/۵	۷/۵	۱۰	۱۳/۵	۱۲	۱۰-۱۲	۲۰
		۱۱	۱۵	۱۶	۱۳-۱۸	۲۵
۷/۵	۱۰	۱۵	۲۰	۱۶	۱۳-۱۸	۳۲
۱۰	۱۳/۵	۱۸/۵	۲۵	۲۵	۱۸-۲۵	۴۰

## فصل اول: نصب و راه اندازی سیستم های برق صنعتی

۱۱	۱۵			۲۵	۱۸-۲۵	۴۰
				۲۵	۱۸-۲۵	۵۰
		۲۲	۳۰	۴۰	۲۳-۳۲	۵۰-۶۳
۱۵	۲۰			۴۰	۲۳-۳۲	۶۳
۱۸/۵	۲۵	۳۰	۴۰	۴۰	۳۰-۴۰	۶۳
				۴۰	۳۰-۴۰	۸۰
				۴۰	۳۰-۴۰	۸۰
۲۲	۳۰	۳۷	۵۰	۶۳	۳۸-۵۰	۸۰
				۶۳	۳۸-۵۰	۱۰۰
		۴۵	۶۰	۶۳	۴۸-۵۷	۱۰۰
۳۰	۴۰	۵۵	۷۵	۶۳	۵۷-۶۶	۱۲۵
۳۷	۵۰			۸۰	۶۰-۸۰	۱۲۵
۴۵	۶۰	۷۵	۱۰۰	۱۲۵	۷۵-۱۰۵	۱۶۰
				۱۲۵	۷۵-۱۰۵	۲۰۰
۵۵	۷۵	۹۰	۱۲۵	۱۲۵	۹۵-۱۲۵	۲۰۰

شرح جدول فوق: این جدول برای موتورهای آسنکرون روتور قفسه ای مورد استفاده قرار می گیرد که راه اندازی آن به صورت ستاره مثلث باشد.

مثال قبل (راه اندازی مستقیم)، یعنی موتور ۲۲KW یا ۳۰HP را در نظر می گیریم. طبق جدول، کنتاکتور مورد نیاز ۴۰ آمپر و بی متال آن ۲۳-۳۲ آمپر و فیوز مورد نیاز ۵۰-۶۳ آمپر خواهد بود. علت کاهش آمپر کنتاکتور و بی متال نسبت به حالت راه اندازی مستقیم این است که در اتصال مثلث، که اتصال دائم کار موتور است، جریان مصرفی موتور از دو کنتاکتور به صورت موازی عبور می کند. بنابراین، هر کنتاکتور باید حدود ۵۸/۰ جریان اصلی را تحمل کند. به همین ترتیب چون بی متال، روی یکی از کنتاکتورها قرار می گیرد، جریان تنظیمی آن کاهش می یابد.

۲ چنانچه بی متال F۲ بعد از فیوزهای F۱ قرار گیرد رنج بی متال چگونه انتخاب می شود؟

در این صورت باید از جدول راه اندازی مستقیم جهت رنج بی متال استفاده گردد.

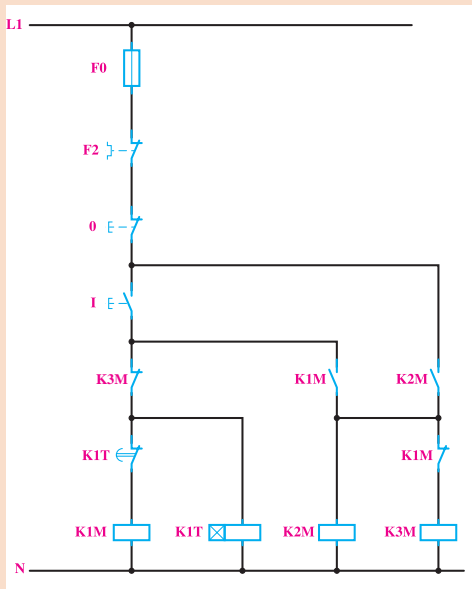
۳ چنانچه بی متال F۲ بعد از کنتاکتور K۳ قرار گیرد رنج بی متال چگونه انتخاب می شود.

قرار گرفتن بی متال بعد از K۳ و یا K۲ هیچ تفاوتی با هم ندارد.

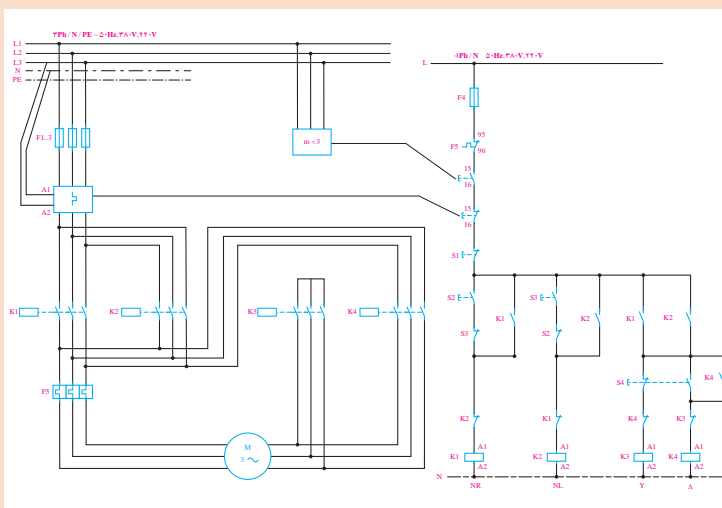
## فعالیت کلاسی



مدار فرمان روبه‌رو که  
مربوط به ستاره مثلث  
اتوماتیک می‌باشد را  
تکمیل نمایید.



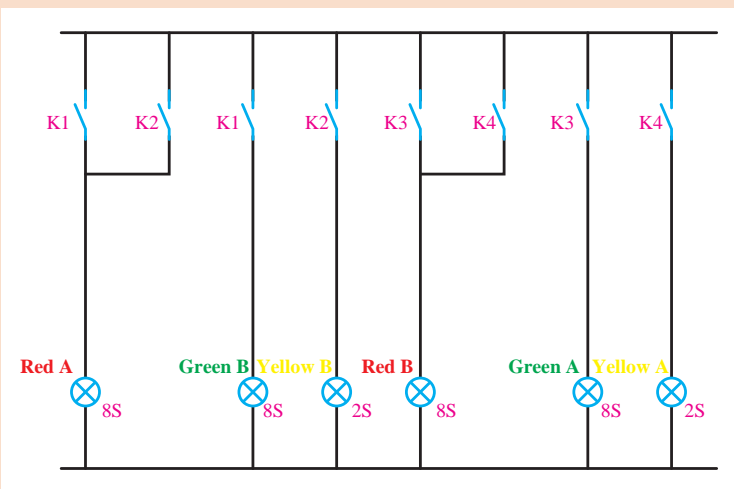
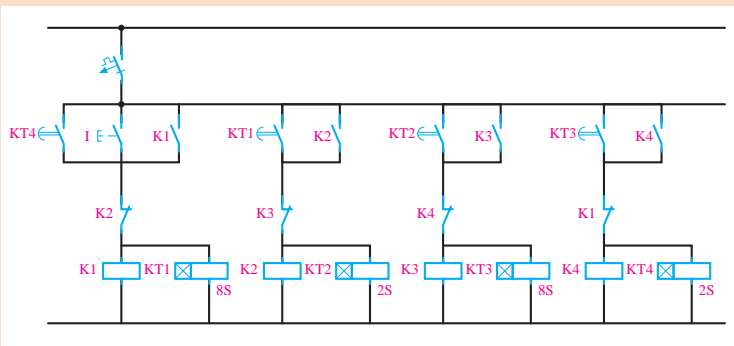
۱ مدار فرمان و قدرت یک موتور سه فاز ستاره مثلث چپ‌گرد راست‌گرد  
را همراه با کنترل فاز و کنترل بار طراحی و ترسیم نموده و بر روی تابلو  
آزمایش نمایید.



## پروژه



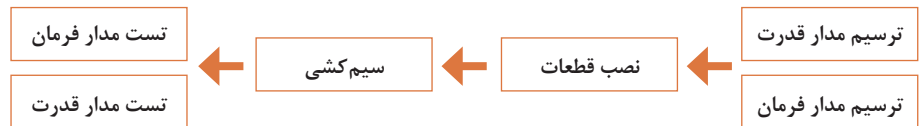
## ۲ مدار فرمان و قدرت چراغ راهنمایی و رانندگی



## ارزشیابی پایان شایستگی

شرح کار:

طراحی نقشه، سیم کشی و اجرای یک موتور سه فاز ستاره مثلث چپ گرد - راست گرد با استفاده از کنترل فاز و کنترل بار



استاندارد عملکرد:

پس از اتمام واحد یادگیری و کسب شایستگی برق صنعتی، هنرجویان قادر خواهند بود تا موتورهای سه فاز را با کلیدهای دستی و مغناطیسی (کنتاکتور) کنترل نمایند و انواع نقشه‌های آن را ترسیم و نقشه خوانی کنند.

شاخص‌ها:

صحت ترسیم مدار فرمان و مدار قدرت - نصب صحیح قطعات - سیم کشی صحیح - عملکرد صحیح مدار فرمان و مدار قدرت

شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:

الف) شرایط

- ۱ اجرا در کارگاه برق صنعتی ۲ نور یکنواخت با شدت ۴۵۰ لوکس ۳ تهویه استاندارد و دمای  $20 \pm 3^{\circ}\text{C}$
- ۴ ابزارآلات و تجهیزات استاندارد و آماده به کار ۵ وسایل ایمنی استاندارد ۶ زمان ۱۰۰ دقیقه

ب) ابزار و تجهیزات

- ۱ فیوز سیلندری سه فاز ۲ کلید مینیاتوری تک فاز ۳ کنترل فاز ۴ کنترل بار ۵ شستی استپ و استارت ۶ تایمر ۷ کنتاکتور
- ۸ موتور سه فاز ستاره مثلث ۹ سیم ۱۰ داکت ۱۱ ریل

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	رسم مدار فرمان	۲	
۲	رسم مدار قدرت	۲	
۳	نصب صحیح قطعات	۱	
۴	رعایت اصول سیم کشی	۱	
۵	تست مدار فرمان	۳	
۶	تست مدار قدرت	۳	
	شایستگی‌های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش:		
	۱ رعایت قواعد و اصول در مراحل کار؛ ۲ استفاده از لباس کار و کفش ایمنی؛ ۳ تمیز کردن گیره و محیط کار؛ ۴ رعایت دقت و نظم.	۲	
	میانگین نمرات		*

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