

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

# تکنولوژی و کارگاه برق صنعتی

رشته الکتروتکنیک

زمینه صنعت

شاخه آموزش فنی و حرفه‌ای

شماره درس ۲۱۳۷

۶۲۱	اعتضادی، محمود
۳۱/	تکنولوژی و کارگاه برق صنعتی / مؤلفان: محمود اعتضادی، ناصر ساعتچی، عباس یوسفی. - تهران: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۹۱.
۵۹۶ الف	۱۹۴ ص. : مصور. - (آموزش فنی و حرفه‌ای؛ شماره درس ۲۱۳۷)
۱۳۹۱	متون درسی رشته الکتروتکنیک، زمینه صنعت.
	برنامه‌ریزی و نظارت، بررسی و تصویب محتوا: کمیسیون برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی رشته الکتروتکنیک دفتر برنامه‌ریزی و تألیف آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و کاردانش وزارت آموزش و پرورش.
	۱. برق - کارگاه. الف. ساعتچی، ناصر. ب. ایران. وزارت آموزش و پرورش. کمیسیون برنامه‌ریزی و تألیف کتاب‌های درسی رشته الکتروتکنیک. ج. عنوان. د. فروست

همکاران محترم و دانش‌آموزان عزیز :

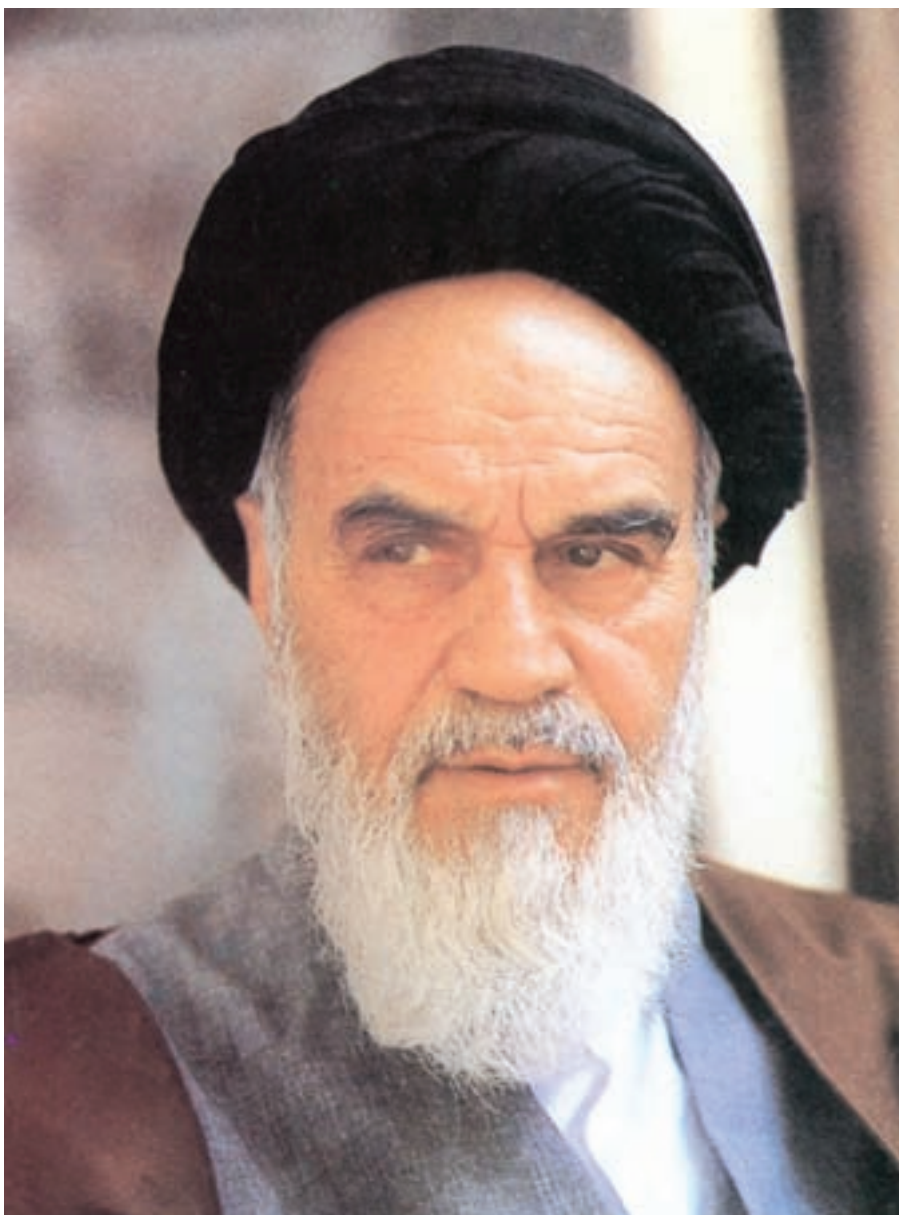
پیشنهادهای و نظرات خود را درباره محتوای این کتاب به نشانی  
تهران- صندوق پستی شماره ۴۸۷۴/۱۵ دفتر برنامه‌ریزی و تألیف آموزش‌های  
فنی و حرفه‌ای و کاردانش، ارسال فرمایند.

پیام نگار (ایمیل) [tvoccd@medu.ir](mailto:tvoccd@medu.ir)  
وب‌گاه (وب‌سایت) [www.tvoccd.medu.ir](http://www.tvoccd.medu.ir)

اصلاحات پیشنهادی استان‌های خراسان رضوی، فارس، سمنان، خراسان شمالی، کردستان،  
خوزستان، کرمانشاه و آذربایجان شرقی پس از بررسی و تأیید در کمیسیون تخصصی رشته الکتروتکنیک  
در کتاب لحاظ شده است.

## وزارت آموزش و پرورش سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

برنامه‌ریزی محتوا و نظارت بر تألیف : دفتر برنامه‌ریزی و تألیف آموزش‌های فنی و حرفه‌ای و کاردانش  
نام کتاب : تکنولوژی و کارگاه برق صنعتی - ۴۸۹  
مؤلفان : محمود اعتضادی (سال ۷۳)، ناصر ساعتچی و عباس یوسفی (سال ۷۹)، شهرام خدادادی، محمدحسن اسلامی و  
علیرضا حجرگشت  
آماده‌سازی و نظارت بر چاپ و توزیع : اداره کل چاپ و توزیع کتاب‌های درسی  
تهران : خیابان ایرانشهر شمالی - ساختمان شماره ۴ آموزش و پرورش (شهید موسوی)  
تلفن : ۸۸۸۳۱۱۶۱-۹، دورنگار : ۸۸۳۰۹۲۶۶، کدپستی : ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹  
وب سایت : [www.chap.sch.ir](http://www.chap.sch.ir)  
رسم : فاطمه رئیس‌یان‌فیروزآباد، سروش ذوالریاستین و محمد سیاحی  
صفحه‌آرا : معصومه چهره‌آرا ضیابری  
طراح جلد : مریم کیوان  
ناشر : شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران - تهران - کیلومتر ۱۷ جاده مخصوص کرج - خیابان ۶۱ (داروبخش)  
تلفن : ۴۴۹۸۵۱۶۱-۵، دورنگار : ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی : ۳۷۵۱۵-۱۳۹  
جایگاه : شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»  
سال انتشار و نوبت چاپ : چاپ یازدهم ۱۳۹۱  
حق چاپ محفوظ است.



شما عزیزان کوشش کنید که از این وابستگی بیرون آید و احتیاجات  
کشور خودتان را برآورده سازید، از نیروی انسانی ایمانی خودتان غافل نباشید  
و از اتکای به اجانب بپرهیزید.  
امام خمینی «قدس سرّه الشریف»

## فهرست مطالب

مقدمه

۱ فصل اول — معرفی اجزای شبکه‌های الکتریکی سه‌فاز

۲۹ فصل دوم — کابل و کابل‌کشی

۵۶ فصل سوم — راه‌اندازی موتورهای الکتریکی با کلیدهای دستی

۷۳ فصل چهارم — راه‌اندازی موتورهای الکتریکی سه‌فاز با کلید الکترومغناطیسی (کنتاکتور)

۱۴۴ فصل پنجم — راه‌اندازی موتورهای الکتریکی سه‌فاز با رله‌های قابل برنامه‌ریزی

۱۸۸ ضمیمه

۱۹۴ منابع



بودجه‌بندی زمان تدریس کتاب (پیشنهادی)

ردیف	عنوان فصل	نظری	عملی	جمع ساعات
۱	معرفی اجزای شبکه‌های الکتریکی سه فاز	۴	۲۰	۲۴
۲	کابل و کابل‌کشی	۴	۱۲	۱۶
۳	راه‌اندازی موتورهای الکتریکی با کلیدهای دستی	۵	۲۷	۳۲
۴	راه‌اندازی موتورهای الکتریکی سه فاز با کلیدهای الکترومغناطیسی	۲۴	۸۰	۱۰۴
۵	راه‌اندازی موتورهای الکتریکی سه فاز با رله‌های قابل برنامه‌ریزی	۱۶	۴۸	۶۴
	جمع	۵۳	۱۸۷	۲۴۰

## مقدمه

ریز محتوای کتاب تکنولوژی و کارگاه برق صنعتی در سال ۷۳ بر پایه نظام «نیمسال واحدی» تهیه و متناسب با آن کتاب درسی برای هنرجویان رشته الکتروتکنیک تهیه شد. این شرایط تا سال ۷۸ ادامه داشت. در آن سال چون ساختار نظام آموزشی دوره متوسطه به صورت «سالی - واحدی» تعریف گردید در همان سال کمیسیون‌های تخصصی موظف شدند علاوه بر کاهش مشکلات اجرایی نظام ترمی، شکل جدیدی را برای دروس تخصصی پیش‌بینی نمایند که ساعات و محتوای دروس کارگاهی افزایش یابد. پس از بررسی‌های صورت گرفته مقرر شد کتاب قبلی تکنولوژی و کارگاه برق صنعتی با اعمال اصلاحات و پیش‌بینی یکسری کارهای عملی بیش‌تر تهیه و به کتاب افزوده شود. این مهم در سال ۷۹ به وقوع پیوست و اولین کتاب سیستم سالی واحدی تهیه شد.

از آن زمان به بعد تقریباً همه ساله پیشنهادات هنرآموزان محترمی که از طریق ارسال نامه، نشست‌های سرگروه‌های آموزشی و دوره‌های ضمن خدمت مطرح می‌کردند پس از طرح در کمیسیون و تأیید اعضای گروه تخصصی چندین مرتبه (از سال ۸۱ تا ۸۶) مورد بازبینی و اعمال تغییرات جزئی قرار گرفته است. طی این سال‌ها از جمله خواسته‌های هنرآموزان گرامی وجود فصلی مشخص و جداگانه پیرامون آموزش کنترل‌کننده‌های برنامه‌پذیر در کنار مدارهای برق صنعتی بوده است. لذا کمیسیون این مورد را به‌عنوان یکی از دستور کارهای اصلی جلسات سال ۸۶ قرار داد و پس از بحث‌های طولانی به این نتیجه رسیدند که آموزش رله‌های قابل برنامه‌ریزی می‌تواند به‌عنوان اولین گام در جهت به‌کارگیری مدارهای کنترلی در راه‌اندازی مدارهای صنعتی برای سطح هنرجویان رشته الکتروتکنیک مطرح شود.

بر همین اساس با برگزاری جلسات متعدد و همفکری با افراد مختلف و شاغل در امر آموزش و صنعت ریزمحتوا تهیه و سپس با انتخاب مؤلف اقدام به تألیف مطلب جدید شد که حاصل این تلاش را در فصل پنج کتاب ملاحظه می‌کنید.

لازم به ذکر است در متن تهیه شده هدف آن بوده که مطالب پایه‌ای و ساده به‌همراه اصول برنامه‌نویسی بدون اشاره به نام رله‌ای خاص به دو روش نردبانی و بلوکی آموزش داده شود. به‌همین خاطر شیوه آموزش سبک جدیدی است و سعی شده با تصاویر گویا همراه باشد از جمله تصاویر نحوه استفاده از رله در کارهای عملی است که می‌تواند در امر آموزش بسیار مفید باشد.

لازم به ذکر است مبنای کارهای عملی فصل رله‌ها مدارهایی بوده که هنرجویان در فصل مدارهای راه‌اندازی با کنتاکتور آموزش دیده‌اند. علاوه بر این فصل جدید که به کتاب اضافه شده است در سایر فصول اول تا چهارم که مربوط به تولید انرژی الکتریکی، کلیدها، کابل و کابل‌کشی و مدارهای کنتاکتوری است بازسازی و تغییرات کلی داده شده است.

از آنجایی که نمی‌توان ادعا داشت مطالب تهیه شده خالی از اشکال است به‌همین خاطر خواهشمند است هرگونه نظر یا راهکار جدیدی که بتواند در آموزش هنرجویان یا سطح علمی کتاب مفید باشد را از طریق ارسال نامه و یا آدرس پست الکترونیکی کمیسیون تخصصی رشته الکتروتکنیک سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی ارسال فرمایید.

مؤلفان

ساعات آموزش		
نظری	عملی	جمع
۴	۲۰	۲۴

## معرفی اجزای شبکه‌های الکتریکی سه‌فاز

هدف‌های رفتاری : از هرنجو انتظار می‌رود در پایان این فصل بتواند :

- ۱- چگونگی تولید انرژی الکتریکی را شرح دهد.
- ۲- ساختمان یک آلترناتور را به صورت خلاصه توضیح دهد.
- ۳- دلیل استفاده از برق سه‌فاز را بیان کند.
- ۴- مفاهیم انتقال و توزیع انرژی الکتریکی را شرح دهد.
- ۵- مصرف کننده‌های سه‌فاز ستاره و مثلث را شرح دهد.
- ۶- مقدار جریان و ولتاژ الکتریکی را در مصرف کننده‌های سه‌فاز ستاره و مثلث اندازه‌گیری کند.
- ۷- تفاوت ولتاژ و جریان فازی و خطی را توضیح دهد.
- ۸- آزمایش‌های مربوط به این بخش را اجرا کند.
- ۹- روابط بین جریان‌های خطی و ولتاژهای خطی و فازی را در مصرف کننده‌ها با اتصال ستاره و مثلث شرح دهد.
- ۱۰- بارهای متعادل و نامتعادل را تعریف کند.
- ۱۱- اطلاعات را از پلاک مشخصات موتورهای الکتریکی استخراج کند.

### مقدمه

و ماشین‌آلات گوناگون برقی موجب افزایش روزافزون نیروگاه‌های مختلف و تولید انرژی الکتریکی در همه‌ی کشورهای جهان، از جمله ایران شده است. امروز صنعت برق به‌عنوان یکی از شاخص‌های مهم توسعه‌ی اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی کشورها به‌شمار می‌آید. رشد نیروگاه‌های مختلف در طول ۱۱۰ سال گذشته باعث شده که تولید انرژی الکتریکی در حال حاضر به حدود ۲۵۰۰۰ مگاوات برسد.

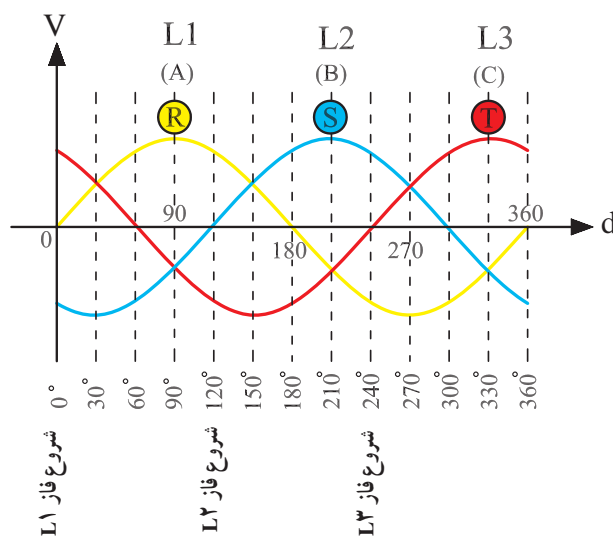
در سال ۱۸۸۲ میلادی ادیسون نخستین مؤسسه‌ی برق تجاری خود را برای تأمین روشنایی یکی از خیابان‌های شهر نیویورک افتتاح کرد. سه سال بعد ناصرالدین‌شاه برای روشنایی کاخ سلطنتی خود اولین مولد با قدرت حدود ۳ کیلووات را به ایران وارد نمود. رشد شهرنشینی و توسعه‌ی صنعت و استفاده از تجهیزات



## ۱- تولید انرژی الکتریکی سه فاز (ژنراتور)

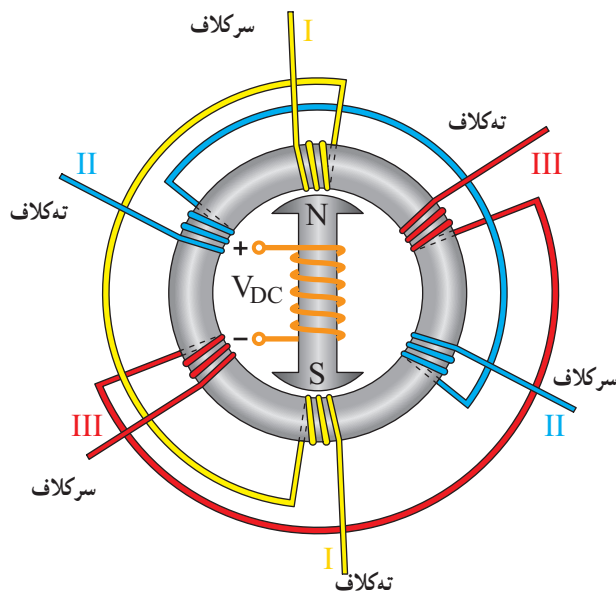
درجهی الکتریکی است.

انرژی الکتریکی در نیروگاه‌ها به وسیله مولدهای (ژنراتور) سه فاز تولید می‌شود. این مولدها مطابق شکل ۱-۱ از دو قسمت اصلی زیر تشکیل شده‌اند.



شکل ۱-۲

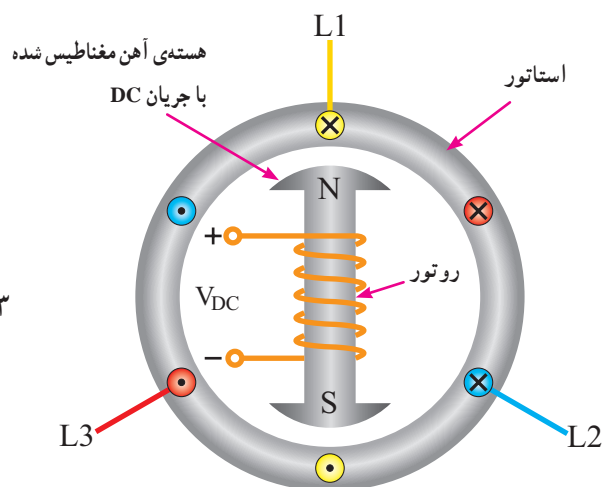
به‌طور ساده طرز قرارگیری سیم‌پیچ‌های استاتور در شکل ۱-۳ نشان داده شده است.



شکل ۱-۳

## الف - استاتور

از یک هسته‌ی آهنی شیاردار به صورت ثابت ساخته می‌شود. داخل شیارها سه گروه کلاف به صورتی قرار می‌گیرند که با هم  $120^\circ$  درجهی الکتریکی اختلاف فاز داشته باشند. انرژی الکتریکی تولیدی به صورت سه فاز از طریق استاتور به مدارهای خارج منتقل می‌گردد (شکل ۱-۱).

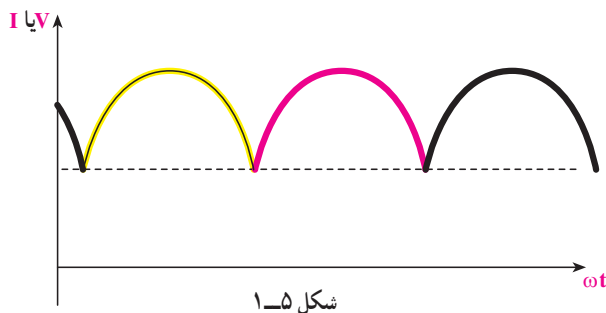


شکل ۱-۱- مولد انرژی الکتریکی

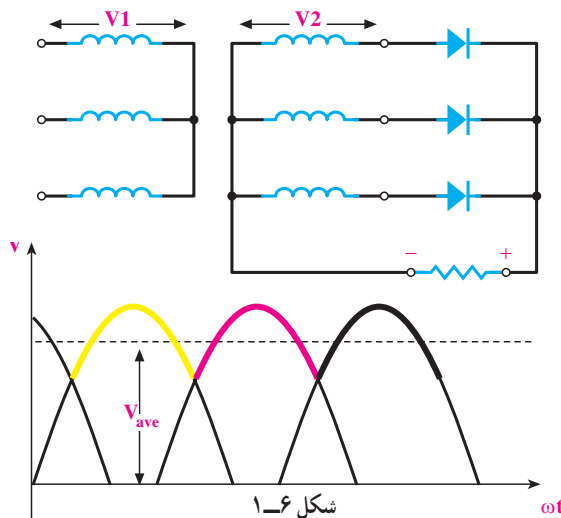
## ب - روتور

قسمت گردنده‌ی مولد از هسته‌ی آهنی شیاردار ساخته می‌شود و داخل این شیارها سیم‌های مسی برای تولید فوران مغناطیسی قرار می‌گیرد. این فوران با اعمال ولتاژ (DC) تولید می‌شود.

نیروی محرکه‌ی الکتریکی (ولتاژ) تولید شده در مولدهای سه فاز (مطابق شکل ۱-۲) با شکل سینوسی و با اختلاف فاز  $120^\circ$



ج - در راه اندازی موتورهای سه فاز به سیم پیچ راه انداز نداریم و به همین دلیل حجم موتورها کاهش می یابد.  
 د - در رکتیفایرهای<sup>۱</sup> سه فاز، ولتاژ دی سی (DC) شده ریل (ضربان) کمتری دارد یعنی ولتاژ خروجی جریان مستقیم در رکتیفایرهای سه فاز، نسبت به ولتاژ یک سو شده در رکتیفایرهای تک فاز، صاف تر است (شکل ۱-۶).



از آن جا که مقدار ولتاژ تولید شده در مولدها نمی تواند بیش از حد مجاز باشد و انتقال این ولتاژ با جریان های بالا موجب افزایش اتلاف انرژی در سیم ها و افت ولتاژ انتهای خط می شود بنابراین، در ابتدای خط مقدار ولتاژ تولید شده (توسط ترانسفورماتورها) افزایش و در انتهای خط در چند مرحله (جهت استفاده ی مصرف کنندگان صنعتی و خانگی) در حد ولتاژ مجاز (۳۸۰/۲۲۰) کاهش می یابد. برای این منظور به خطوط انتقال انرژی و همچنین مراکز توزیع انرژی الکتریکی نیاز است. در ادامه به شبکه های انتقال و توزیع اشاره می کنیم.

در مولدهای بزرگ انرژی الکتریکی در قسمت ثابت (استاتور) ماشین تولید می شود. ولی در مولدهای کوچک معمولاً انرژی الکتریکی در قسمت گردنده (روتور) ایجاد می شود. به قسمتی که در آن انرژی الکتریکی تولید می شود آرمیچر می گویند. شکل ۱-۴، دو نمونه مولد انرژی الکتریکی را نشان می دهد.



شکل ۱-۴

در نیروگاه ها انرژی الکتریکی همواره به صورت سه فاز تولید می شود؛ زیرا :

- الف - اقتصادی تر است، به دلیل این که آلترناتورهای سه فاز، با توان مشابه حجم کمتری نسبت به آلترناتورهای تک فاز دارد.
- ب - توان لحظه ای سه فاز در مصرف کننده هیچ گاه به صفر نمی رسد، بنابراین، توان شبکه سه فاز تغییرات کمتری نسبت به توان در شبکه تک فاز دارد (شکل ۱-۵).

۱- رکتیفایر: مبدل موج (AC) به (DC) به معنی یکسو کننده

## ۲- انتقال نیرو



شکل ۱-۷

انرژی تولید شده در نیروگاه‌های مختلف (آبی، دیزلی، گازی، چرخه‌ی ترکیبی، بخاری، اتمی و بادی) پس از افزایش به مقدار ولتاژهای (۴۰۰، ۲۳۰، ۱۳۲ و ۶۳) کیلو ولت 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. شکل ۱-۷، یک نمونه دکل فشار قوی را نشان می‌دهد.

## ۳- شبکه‌های فوق توزیع



شکل ۱-۸

رساندن انرژی و توان به مراکز مصرف بیش‌تر با خط‌های ۶۳ (یا ۶۶) کیلو ولتی صورت می‌گیرد. این بخش از فعالیت نیرو رسانی را در اصطلاح شبکه‌های فوق توزیع می‌نامند. شکل ۱-۸، یک خط فوق توزیع ۶۳ کیلو ولتی را نشان می‌دهد.



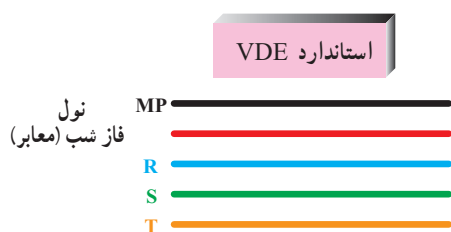
## ۴- توزیع نیرو

می‌دهند. خط‌های فشار ضعیف رایج در سراسر کشور از نوع  $۳۸۰/۲۲۰$  ولتی و معمولاً به صورت ۵ سیمه‌اند. در شکل ۱-۱۰، خط توزیع فشار متوسط و ضعیف نمایش داده شده است.



شکل ۱-۱۰

همان‌طور که در شکل ۱-۱۰ مشاهده می‌کنید، این شبکه از پنج سیم تشکیل شده و ترتیب قرار گرفتن سیم‌ها و حروف اختصاری هریک از آن‌ها مطابق شکل ۱-۱۱ است.



در صنعت برق، توزیع انرژی برق اساساً در دو سطح فشار متوسط و فشار ضعیف صورت می‌گیرد.

### ۴-۱- خط‌های فشار متوسط

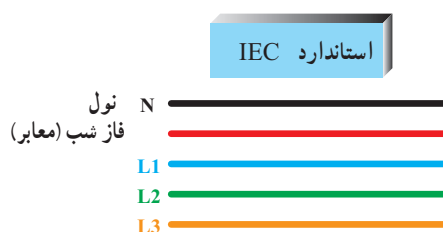
بیش‌تر شبکه‌های فشار متوسط در ایران از نوع ۲۰ کیلو ولتی‌اند؛ اما ولتاژهای ۳۳ و ۱۱ کیلوولتی نیز به‌پهنه‌های محدودی از کاربرد را دارند. در شکل ۱-۹، تصویری از یک شبکه‌ی توزیع فشار متوسط نمایش داده شده است.



شکل ۱-۹

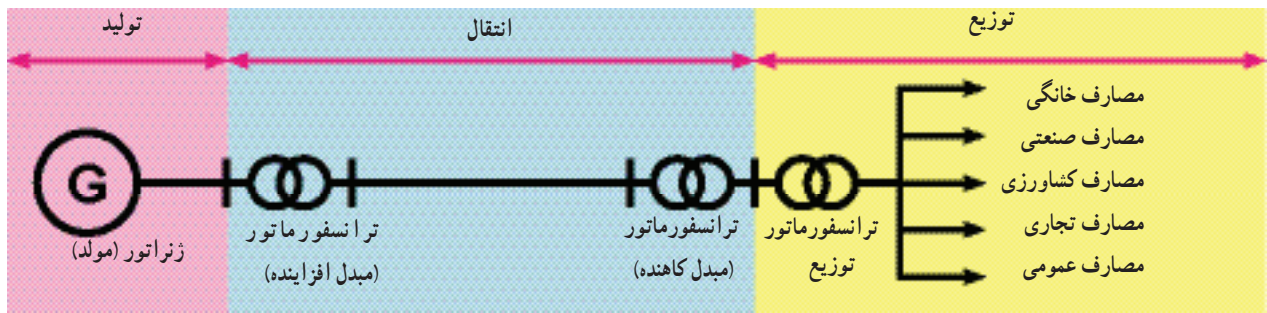
### ۴-۲- خط‌های فشار ضعیف

برق مصرف‌کنندگان عادی با خط‌های فشار ضعیف تأمین می‌شود. این خط‌ها آخرین قسمت از شبکه‌ی عظیم و گسترده‌ی برق‌رسانی را پیش از تحویل انرژی به مصرف‌کننده تشکیل



شکل ۱-۱۱

شکل ۱-۱۲، تصویر شماتیک یا ساده یک سیستم قدرت را از تولید تا مصرف نشان می‌دهد.



شکل ۱-۱۲

## ۵- معرفی ولتاژها و جریان‌های شبکه‌ی سه‌فاز

در شکل کلی، ولتاژها و جریان‌های شبکه‌ی سه‌فاز با عناوینی به شرح زیر معرفی شده و به کار می‌روند.

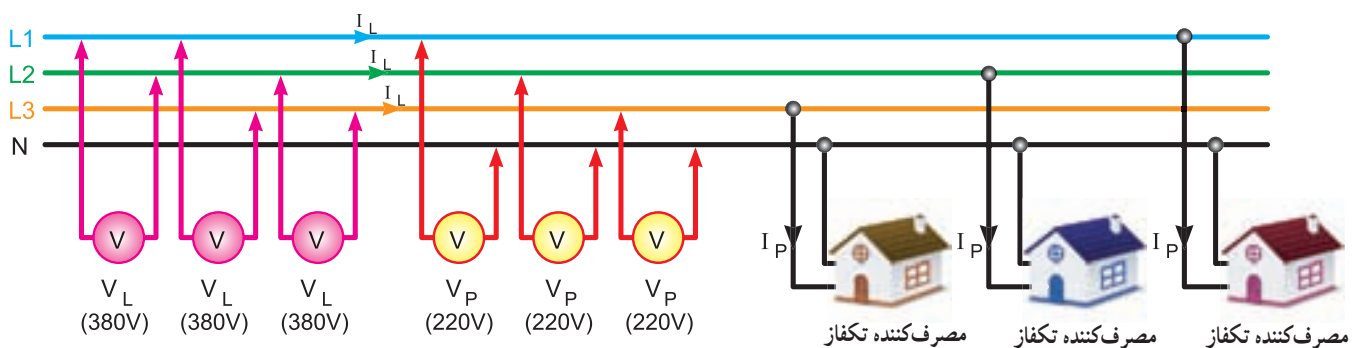
— ولتاژ خطی ( $V_L$ ): به مقدار ولتاژ (اختلاف پتانسیل) بین دو فاز یک شبکه‌ی سه‌فاز ولتاژ خطی می‌گویند، که در شبکه‌ی فشار ضعیف ایران مقدار آن برابر  $380^\circ$  ولت است.

— ولتاژ فازی ( $V_P$ ): مقدار ولتاژ (اختلاف پتانسیل) دو سر هر مصرف‌کننده‌ی سه‌فاز را ولتاژ فازی می‌گویند. مقدار آن در شبکه‌ی فشار ضعیف ایران  $220^\circ$  ولت است.

جریان خطی ( $I_L$ ): به جریانی که از هر خط سیم فاز شبکه عبور می‌کند جریان خطی می‌گویند.

جریان فازی ( $I_P$ ): به جریانی که از هر مسیر فازی داخل یک مصرف‌کننده عبور می‌کند جریان فازی می‌گویند.

در شکل ۱-۱۳، ولتاژها و جریان‌های خط و فاز نشان داده شده است.



شکل ۱-۱۳

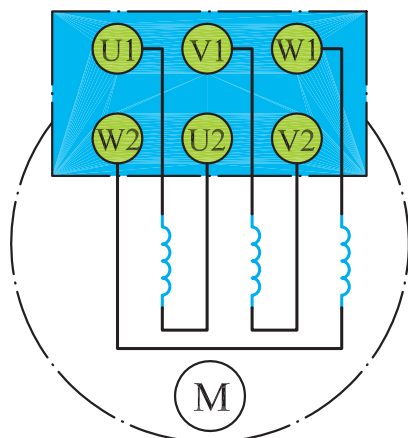
۱- در برخی موارد به اختلاف پتانسیل بین هر فاز و نول نیز ولتاژ فازی می‌گویند.



## ۶- پلاک اتصالات موتور (تخته کلم)

در استاندارد<sup>۱</sup> (IEC) برای نشان دادن سر کلاف‌ها به ترتیب از کلاف اول تا سوم از حروف (U1، V1 و W1) و برای مشخص کردن ته کلاف‌ها به ترتیب از حروف (U2، V2 و W2) استفاده می‌شود. شکل ۱-۱۶، وضعیت قرار گرفتن سیم‌پیچ‌ها و پیچ‌های تخته کلم را نشان می‌دهد.

از این پس در این کتاب سرهای موتور، براساس استاندارد (IEC) (در نقشه‌ها) نام‌گذاری می‌شوند.



شکل ۱-۱۶

### اتصال ستاره

هرگاه به ابتدای سیم‌پیچ‌های (سرکلاف‌های U1 و V1 و W1) موتور به ترتیب شبکه سه فاز L1، L2 و L3 را وصل کرده و انتهای سیم‌پیچ‌ها (ته کلاف‌ها W2، V2 و U2) را به یکدیگر وصل کنیم این اتصال را «اتصال ستاره» گویند. شکل‌های ۱-۱۷ و ۱-۱۸، نحوه‌ی اتصال ستاره را به صورت مداری و روی تخته کلم موتور نشان می‌دهند. گفتنی است به جهت خلاصه‌نویسی، برای بیان حالت ستاره در متون فنی از علامت  $\star$  استفاده می‌شود.

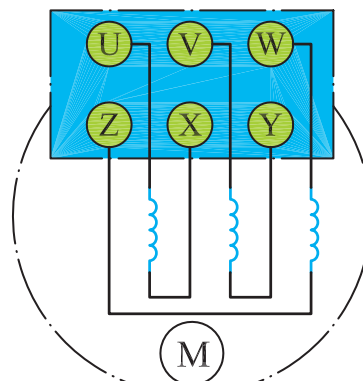
برای اتصال سیم‌پیچ‌های موتور سه فاز، سرسیم‌ها از داخل پوسته به یک محفظه یا ترمینال موتور هدایت می‌شوند که اصطلاحاً به آن «تخته کلم» می‌گویند (شکل ۱-۱۴).

به طور کلی سر و ته کلاف‌های یک موتور سه فاز، با دو حرف مشخص می‌شوند.

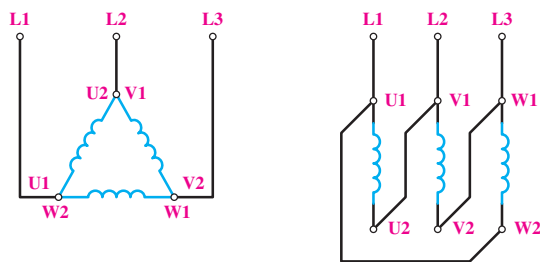


شکل ۱-۱۴

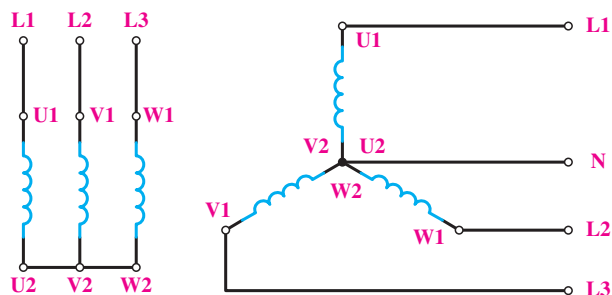
در استاندارد VDE قدیم نشان دادن سر کلاف‌ها به ترتیب برای کلاف اول تا سوم از حروف U، V و W و برای نمایش ته کلاف‌ها به ترتیب از حروف X، Y و Z استفاده می‌شود. نحوه‌ی قرار گرفتن سرسیم‌ها در زیر پیچ‌های تخته کلم مطابق شکل ۱-۱۵ است. دلیل این‌که ته کلاف‌ها، مشابه سر کلاف‌ها، به ترتیب از کلاف اول تا سوم نوشته نمی‌شود این است که در صورت نیاز به ایجاد اتصالات ستاره یا مثلث بتوان بدون استفاده از کلید مربوطه و با قرار دادن چند تسمه‌ی مسی در زیر پیچ‌ها، موتور را به صورت ستاره یا مثلث اتصال داد.



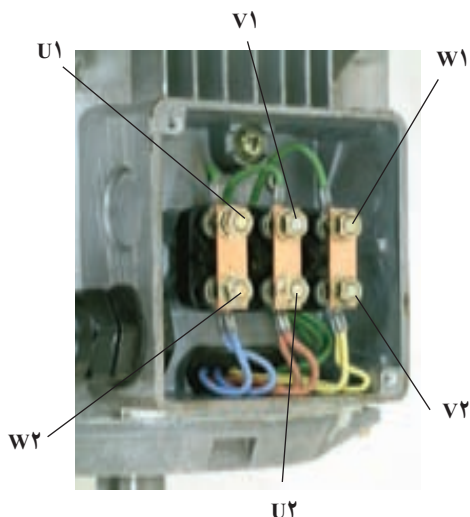
شکل ۱-۱۵



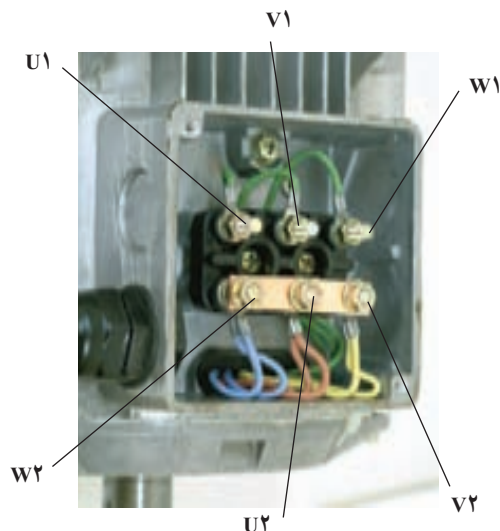
شکل ۱-۱۹- شکل مداری اتصال ستاره



شکل ۱-۱۷- شکل مداری اتصال ستاره

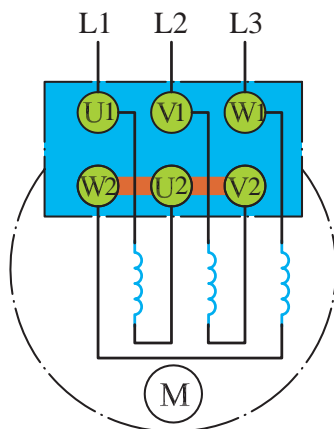


شکل ۱-۲۰- اتصال مثلث روی تخته کلم موتور



شکل ۱-۱۸- اتصال ستاره روی تخته کلم موتور

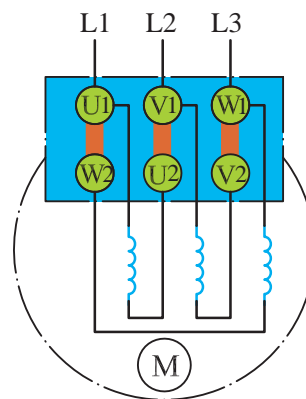
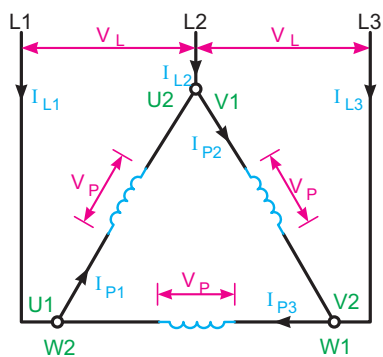
تصاویر شکل ۱-۲۱- چگونگی ایجاد اتصال ستاره و مثلث را به روش ترسیمی بر روی تخته کلم موتور سه فاز نشان می دهد.



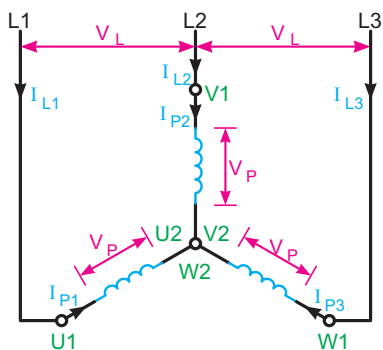
شکل ۱-۲۱

## اتصال مثلث

هرگاه انتهای کلاف اول (U۲) به ابتدای کلاف دوم (V۱) و انتهای کلاف دوم (V۲) به ابتدای کلاف سوم (W۱) و به همین ترتیب انتهای کلاف سوم (W۲) به ابتدای کلاف اول (U۱) وصل شود، به این اتصال «اتصال مثلث» گویند. شکل های ۱-۱۹ و ۱-۲۰، نحوه ی اتصال مثلث را به صورت مداری و روی تخته کلم موتور نشان می دهد. جهت خلاصه نویسی، برای بیان حالت مثلث در متون فنی از علامت  $\Delta$  استفاده می شود.



ادامه شکل ۱-۲۱



شکل ۱-۲۲

– اگر از وسایل و تجهیزات کارگاه به‌خوبی مراقبت کنید این وسایل می‌توانند سال‌های متوالی در اختیار هنجریان قرار گیرند.

### جریان و ولتاژ فازی و خطی

تصاویر شکل ۱-۲۲ بارامترهای ولتاژ و جریان خطی و فازی را روی شکل اتصالات ستاره و مثلث موتور سه‌فاز نشان می‌دهد.



هدف : تشخیص سالم بودن کلاف‌های موتور  
مراحل اجرای کار

۱-۱- تخته کلم موتور سه‌فازی را مطابق شکل ۱-۲۳ باز کنید و محل اتصال سر و ته کلاف‌ها را به همراه حروف مشخصه یادداشت کنید.



شکل ۱-۲۳

۱-۲- آوومتر موجود در کارگاه را در حالت اهم‌تری قرار دهید.

۱-۳- دو سر سیم اهم‌متر را، مطابق شکل ۱-۲۴، به پیچ‌های مربوط به کلاف اول در تخته کلم وصل کنید. در این صورت لازم است عقربه‌ی اهم‌متر تا انتهای صفحه منحرف شود.



شکل ۱-۲۴

۱-۴- محل سر سیم‌های اهم‌متر را، مطابق شکل ۱-۲۵، تغییر دهید (دو سر کلاف دوم). در این حالت نیز لازم است عقربه‌ی اهم‌متر تا انتهای صفحه منحرف شود.



شکل ۱-۲۵

۱-۵- در مرحله‌ی سوم نیز، مانند شکل ۱-۲۶، محل قرار گرفتن سر سیم‌های اهم‌متر را دو سر کلاف سوم قرار دهید. در این شرایط نیز لازم است عقربه تا انتهای صفحه منحرف شود.



شکل ۱-۲۶

تذکر : در صورتی که سیم پیچ‌های نشان داده شده در تصاویر با یکدیگر یا بدنه‌ی موتور ارتباط داشته باشند موتور سالم نیست و نباید آن را در مدار قرار داد.

۱-۶- شکل ۱-۲۷، تسمه‌های مسی مربوط به اتصالات تخته‌کلم، را به همراه مهره و واشر نشان می‌دهد. برای ایجاد اتصالات، آن‌ها را از انبار تحویل بگیرید.



شکل ۱-۲۷

۱-۷- با به‌کارگیری آچار مخصوص، تسمه‌های مسی و مهره‌ی مربوط به اتصالات تخته‌کلم، انتهای کلاف‌ها را به یکدیگر وصل کنید (شکل ۱-۲۸).



شکل ۱-۲۸

۱-۸- در شکل ۱-۲۹ تخته‌کلم یک موتور را، که به‌حالت ستاره وصل شده است، مشاهده می‌کنید. با استفاده از اهم‌متر، مقدار مقاومت سر و ته کلاف‌های هر فاز موتور را اندازه‌گیری کنید.



شکل ۱-۲۹

$$R_1 = R_{(U_1 - U_2)} = \dots\dots\dots \Omega$$

$$R_2 = R_{(V_1 - V_2)} = \dots\dots\dots \Omega$$

$$R_3 = R_{(W_1 - W_2)} = \dots\dots\dots \Omega$$

۱-۹- در این شرایط و در صورت سالم بودن موتور هرگاه یک سیم اهم‌متر به بدنه و سر سیم دیگر به هریک از سیم‌پیچ‌های تخته‌کلم وصل شود، عقربه نباید منحرف شود. به عبارت دیگر نباید هیچ ارتباط الکتریکی بین کلاف‌های موتور با بدنه وجود داشته باشد. برای اطمینان می‌توان از میگر، لامپ تست یا اهم‌متر در رنج‌های بالا، نداشتن اتصال بدنه را آزمایش کرد.

۱-۱۰- با کمک آچار اتصال ستاره را باز کنید.

۱-۱۱- با به‌کارگیری آچار مخصوص، تسمه‌های مسی و مهره‌ی مربوط به اتصالات تخته‌کلم کلاف‌ها را به یکدیگر وصل کنید (شکل ۱-۳۰).



شکل ۱-۳۰



$$R_1 = R_{(U_1 - V_1)} = \dots\dots\Omega$$

$$R_2 = R_{(V_1 - W_1)} = \dots\dots\Omega$$

$$R_3 = R_{(W_1 - U_1)} = \dots\dots\Omega$$

۱۳-۱ در این شرایط و در صورت سالم بودن موتور نباید هیچ ارتباط الکتریکی بین کلاف‌های موتور با بدنه وجود داشته باشد. برای اطمینان می‌توان از میگر یا اهم‌متر در رنج‌های  $[k\Omega]$ ، اتصال نداشتن سیم‌ها به بدنه را آزمایش کرد.

۱۴-۱ با کمک آچار اتصال مثلث را باز کنید.

سؤال: آیا نتایج به‌دست آمده با مطالب نظری مطابقت دارد؟

۱۲-۱ در شکل ۱-۳۱ تخته‌کلم یک موتور را، که به‌حالت مثلث وصل شده است، مشاهده می‌کنید. با استفاده از اهم‌متر، مقدار مقاومت بین ترمینال‌های موتور را اندازه‌گیری کنید.



شکل ۱-۳۱

## ۷- اندازه‌گیری کمیت‌های الکتریکی در مصرف‌کننده‌ها

به‌وسیله‌ی آن‌ها مقدار جریان مصرفی و ولتاژ مصرف‌کننده‌ها را می‌توان اندازه گرفت. این دستگاه‌ها براساس اهداف مورد نیاز به‌صورت‌های مختلف ساخته می‌شوند.

۱-۷-۱ دستگاه‌های اندازه‌گیری تابلویی: این دستگاه‌ها معمولاً یک رنج دارند و کاربرد آن‌ها (در روی تابلوها) به منظور نشان دادن مقدار کمیت موردنظر است (نه آزمایش و اندازه‌گیری دقیق کمیت الکتریکی). در شکل ۱-۳۲، چند نمونه از آن‌ها نشان داده شده است.

برای اندازه‌گیری مقدار جریان، ولتاژ، توان، فرکانس و اختلاف فاز، دستگاه‌های اندازه‌گیری مناسب موردنیاز است. با اصول کار، ساختمان و طرز کار دستگاه‌های اندازه‌گیری الکتریکی در سال دوم آشنا شده‌اید. در کتاب حاضر به‌صورت عملی با طرز کار برخی از آن‌ها در مدار آشنا خواهید شد. در ابتدا به یادآوری مفاهیم قبلی می‌پردازیم.

### ۱-۷- اندازه‌گیری مقدار جریان و ولتاژ متناوب

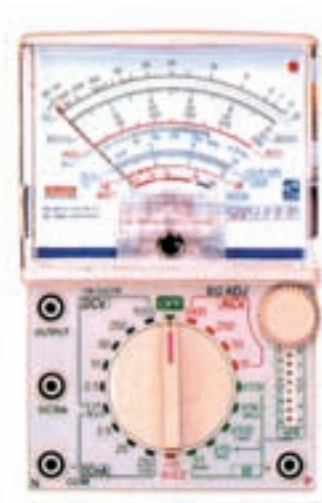
آمپر‌متر و ولت‌متر دو دستگاه اندازه‌گیری هستند که



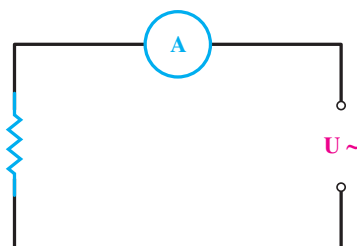
شکل ۱-۳۲

کمیت‌های الکتریکی مورد سنجش در این دستگاه‌ها در محدوده‌ی بسیار وسیع و با دقت قابل قبولی اندازه‌گیری می‌شوند. مالتی‌مترهای دیجیتال، نسبت به مالتی‌مترهای آنالوگ دارای تنوع، انعطاف و قیمت ارزان‌تری هستند. در شکل ۱-۳۳، نمونه‌ای از این دستگاه‌های اندازه‌گیری نشان داده شده‌اند.

۱-۲-۷- دستگاه‌های اندازه‌گیری پرتابل (قابل حمل): دستگاه‌های اندازه‌گیری پرتابل در صنعت برق کاربردی وسیع دارند. این دستگاه‌ها به دو صورت آنالوگ و دیجیتال در کارخانجات ساخته می‌شوند. از آن‌جا که این دستگاه‌ها کمیت‌های مختلف (جریان، ولتاژ، مقاومت و...) را اندازه‌گیری می‌کنند، اصطلاحاً آوومتر ( $A\ V\ \Omega$ ) و یا مالتی‌متر نامیده می‌شوند.



شکل ۱-۳۳



شکل ۱-۳۵

– در صورتی که از مالٹی متر استفاده می‌شود، در انتخاب رنج دقت شود (شکل ۱-۳۶).



شکل ۱-۳۶

۲- آمپمترهایی که مطابق شکل ۱-۳۷، به صورت غیرمستقیم و به وسیله‌ی ترانسفورماتور (مبدل) مقدار جریان‌های بسیار زیاد عبوری از هر سیم برق دار را اندازه‌گیری می‌کنند. از این ترانسفورماتورها معمولاً در تابلوهای توزیع انرژی جریان زیاد استفاده می‌شود که به آن‌ها ترانس جریان یا C.T می‌گویند.

### ۳-۱-۷- دستگاه‌های اندازه‌گیری آزمایشگاهی :

به منظور اجرای برخی تحقیقات علمی در آزمایشگاه و کنترل دقیق فرآیند تولید صنایع پیشرفته‌ی نظامی، اتمی و فضایی به دستگاه‌های اندازه‌گیری الکتریکی‌ای نیاز است که از دقت و کیفیت مرغوب‌تری (نسبت به دستگاه‌های اندازه‌گیری معمولی) برخوردار باشند. این دستگاه‌ها برای کالیبره (تنظیم) کردن دستگاه‌های اندازه‌گیری در مؤسسات استاندارد نیز به کار می‌روند. این وسایل اندازه‌گیری دارای ساختمانی پیچیده‌اند و نسبت به دستگاه‌های معمولی قیمت بالاتری دارند.

در شکل ۱-۳۴، نمونه‌ای از دستگاه‌های اندازه‌گیری آزمایشگاهی نشان داده شده است.



شکل ۱-۳۴

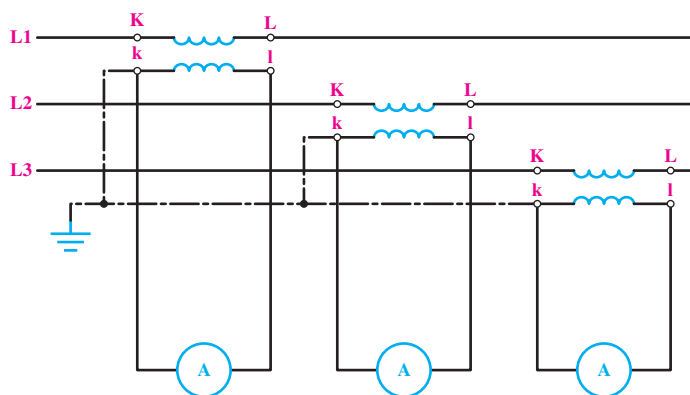
### ۳-۲- اندازه‌گیری جریان متناوب

آمپر متر : مقدار جریان الکتریکی عبوری از یک مصرف‌کننده‌ی یک فاز یا سه فاز به وسیله‌ی آمپر متر اندازه‌گیری می‌شود. این اندازه‌گیری به سه روش صورت می‌گیرد :

۱- آمپر مترهایی که، مطابق شکل ۱-۳۵، به طور مستقیم در مسیر جریان قرار می‌گیرند و مقدار کمیت مورد سنجش را اندازه‌گیری می‌کنند و آن را نمایش می‌دهند. در اندازه‌گیری به روش مستقیم باید به نکات زیر توجه شود :

– دستگاه قادر به اندازه‌گیری جریان متناوب باشد.  
– جریان مورد سنجش از جریان مجاز آمپر متر بیش تر نباشد.

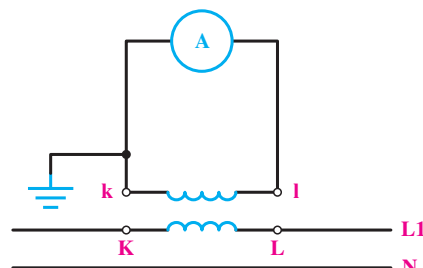




ب- اندازه‌گیری جریان زیاد در مدارهای سه‌فاز



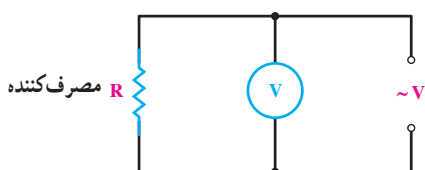
الف- ترانسفورماتور (مبدل) جریان



اندازه‌گیری جریان زیاد در مدار یک‌فاز

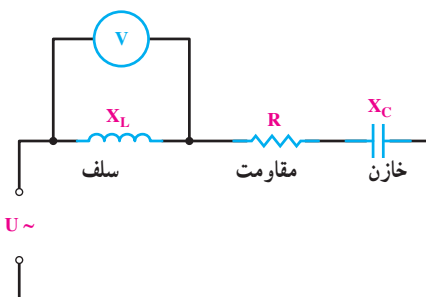
شکل ۱-۳۷

پتانسیل بین دو نقطه را اندازه‌گیری می‌کند، باید با دو سر مصرف‌کننده یا مولد (مطابق شکل ۱-۳۹) به صورت موازی قرار گیرد. با ولت‌متر به دو روش مستقیم و غیرمستقیم می‌توان اختلاف سطح الکتریکی را اندازه‌گیری نمود.



شکل ۱-۳۹

در روش مستقیم ولت‌متر (مطابق شکل ۱-۴۰) به دو سر مصرف‌کننده متصل می‌شود و مقدار ولتاژ را اندازه‌گیری می‌کند.



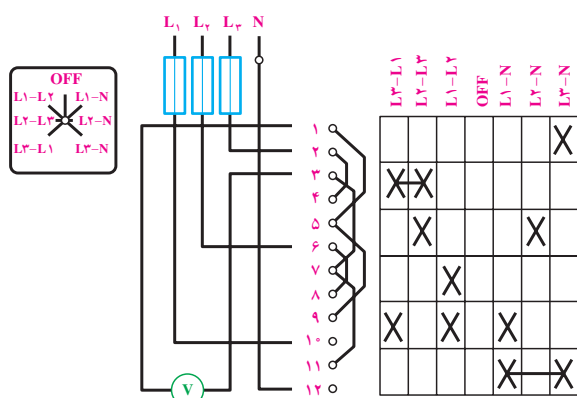
شکل ۱-۴۰



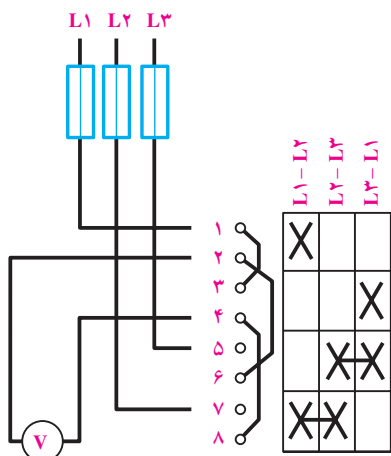
شکل ۱-۳۸

### ۷-۳- اندازه‌گیری اختلاف سطح الکتریکی (ولتاژ)

مقدار ولتاژ دو سر یک مولد یا مصرف‌کننده همواره به وسیله ولت‌متر اندازه‌گیری می‌شود. چون ولت‌متر اختلاف



الف - اندازه‌گیری ولتاژ بین دو فاز و فاز و نول



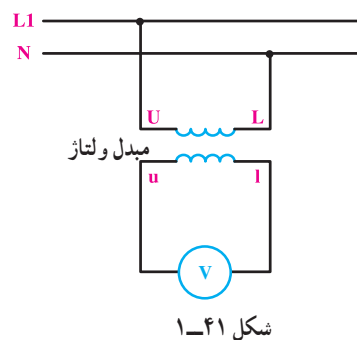
ب - اندازه‌گیری ولتاژ بین دو فاز



ج - شکل ظاهری

شکل ۱-۴۲

در روش غیرمستقیم ولت‌متر به وسیله یک مبدل ولتاژ یا ترانس ولتاژ (P.T) (مطابق شکل ۱-۴۱) به دو سر مصرف‌کننده یا مولد متصل می‌شود. این روش در مواردی به کار می‌رود که ولتاژ کار مصرف‌کننده‌ها یا شبکه بیش از حد مجاز دستگاه اندازه‌گیری باشد و یا این که از نظر حفاظتی نتوان ولتاژ مورد اندازه‌گیری را مورد سنجش قرار داد.



شکل ۱-۴۱

## ۷-۴- کلید ولت‌متر

برای اندازه‌گیری مقدار ولتاژهای خطی و فازی در شبکه‌های سه فاز از یک ولت‌متر، به همراه کلید ولت‌متری (مطابق شکل ۱-۴۲-الف) استفاده می‌کنند. این کلید در حالت‌های مختلف، ولتاژهای بین خطوط  $(L_1, L_2)$  و  $(L_2, L_3)$  و  $(L_1, L_3)$  و  $L_1N$  و  $L_2N$  و  $L_3N$  را اندازه‌گیری می‌کند. توجه داشته باشید که در مسیر سه فاز  $L_1$  و  $L_2$  و  $L_3$  فیوز قرار می‌گیرد. در برخی از کلیدهای ولت‌متری فقط می‌توان ولتاژ بین دو فاز را اندازه‌گیری کرد (شکل ۱-۴۲-ب).

شکل ۱-۴۲-ج - شکل ظاهری یک نمونه کلید ولت‌متری را نشان می‌دهد.

## ۷-۵- اندازه‌گیری جریان‌ها و ولتاژها در مصرف‌کننده‌های سه‌فاز ستاره

### کار عملی ۲



هدف: بررسی اتصال ستاره متعادل و نامتعادل

وسایل و ابزارهای موردنیاز

برای اجرای کارهای عملی از وسایل معرفی شده در جدول

۱-۱ استفاده کنید.

جدول ۱-۱

نام وسایل و ابزار	حرف مشخصه	تعداد
	—	۶ عدد
	E	۶ عدد
	E	از هر کدام ۲ عدد
	F۱	۱ عدد
	Q۱	۱ عدد
	A	۳ عدد
	V	۳ عدد

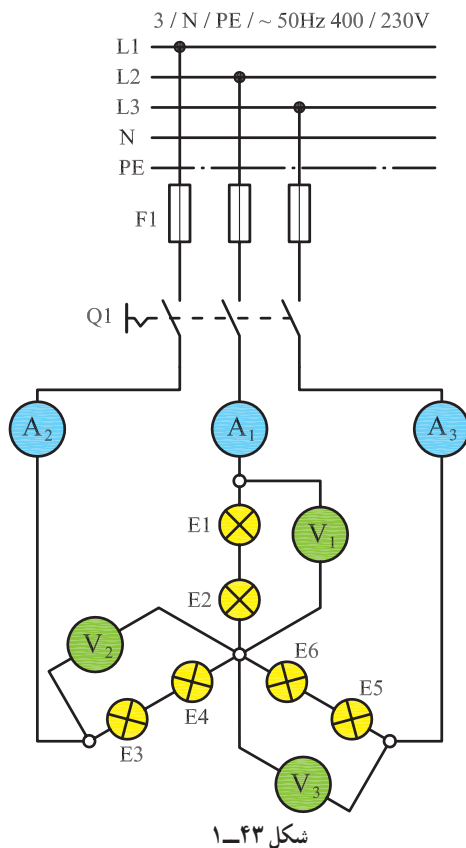
توجه: لازم است اتصالات ستاره (Y) و مثلث (Δ) و وسایل اندازه‌گیری در زیر پیچ‌های ترمینال اجرا و روی تابلو نصب شود.

— وسایل کارگاه را مانند وسایل شخصی خود بدانید.  
هزینه‌ی این وسایل را به‌طور غیرمستقیم خودتان تأمین کرده‌اید.

### الف — مراحل اجرای اتصال ستاره متعادل

#### مرحله ۱

۱-۱- مدار شکل ۱-۴۳ را با کمک شش لامپ ۱۰۰W (مطابق شکل ۱-۴۴) روی تابلو برق ببندید. اتصال بین قطعات مدار را توسط سیم و با استفاده از پیچ پایینی ترمینال‌ها برقرار کنید.



۲-۲- کلید Q۱ را وصل کنید و مقادیر ولت‌مترها و آمپرمترها را بخوانید و یادداشت کنید.

$I_{A1} = \square \text{ A}$	$V_1 = \square \text{ V}$
$I_{A2} = \square \text{ A}$	$V_2 = \square \text{ V}$
$I_{A3} = \square \text{ A}$	$V_3 = \square \text{ V}$

پرسش:

۳- نتایج این مرحله را با مرحله‌ی (۱) مقایسه کنید. چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

۴- قطع یک فاز چه اثری روی کمیت‌های دیگر می‌گذارد؟

### مرحله ۳

۳-۱- فیوز F۱ و کلید Q۱ را قطع کنید.

۳-۲- لامپ‌های E۱ و E۲ را از روی سربیش باز کنید.

۳-۳- فیوز F۱ و کلید Q۱ را وصل کنید و مقادیر ولت‌مترها و آمپرمترها را بخوانید و یادداشت کنید.

۳-۴- فیوز مینیاتوری سه فاز F۱ و کلید Q۱ را قطع کنید.

$I_{A1} = \square \text{ A}$	$V_1 = \square \text{ V}$
$I_{A2} = \square \text{ A}$	$V_2 = \square \text{ V}$
$I_{A3} = \square \text{ A}$	$V_3 = \square \text{ V}$

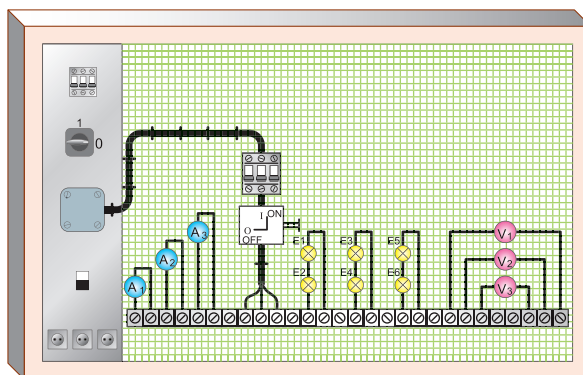
پرسش:

۵- نتایج این مرحله را با مراحل (۱) و (۲) مقایسه کنید. چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

۱-۲- فیوز مینیاتوری سه فاز را وصل کنید و سپس کلید Q۱ را در حالت ON قرار دهید و ولتاژ و جریان هریک از ولت‌مترها و آمپرمترها را بخوانید.

$I_{A1} = \square \text{ A}$	$V_1 = \square \text{ V}$
$I_{A2} = \square \text{ A}$	$V_2 = \square \text{ V}$
$I_{A3} = \square \text{ A}$	$V_3 = \square \text{ V}$

۱-۳- کلید را در حالت OFF قرار دهید و مدار را خاموش کنید.



شکل ۴۴-۱- تصویری از مدار لامپی با کلید قطع و وصل (۱-۰) نصب شده روی تابلو

پرسش:

۱- مقادیر اندازه‌گیری شده معرف کدامیک از پارامترهای ولتاژی و جریانی اتصال ستاره است؟

۲- آیا بین جریان‌های عبوری از هریک از لامپ‌ها تفاوتی وجود دارد؟

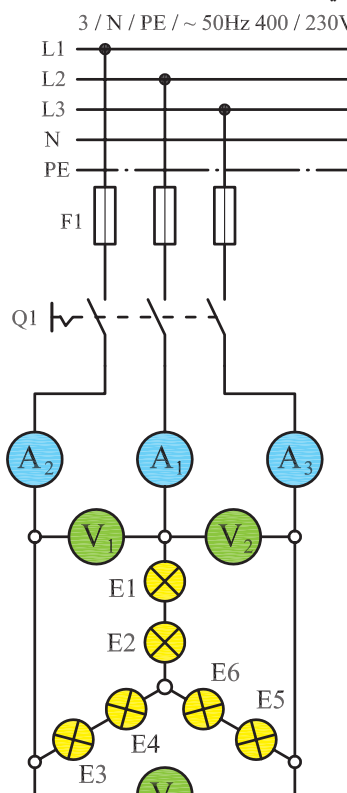
### مرحله ۲

۲-۱- یکی از فیوزها را قطع کنید و دو فیوز دیگر را در حالت وصل بگذارید.

## مرحله ۴

۴-۱ محل قرار گرفتن ولت‌مترها را مطابق مدار شکل

۱-۴۵ تغییر دهید.



شکل ۱-۴۵

۴-۲ ابتدا فیوز F1 و سپس کلید Q1 را در حالت وصل

قرار دهید.

۴-۳ مقادیر ولتاژ و جریان هریک از ولت‌مترها و آمپر‌مترها

را بخوانید و یادداشت کنید.

$I_{A1} = \square \text{ A}$	$V_1 = \square \text{ V}$
$I_{A2} = \square \text{ A}$	$V_2 = \square \text{ V}$
$I_{A3} = \square \text{ A}$	$V_3 = \square \text{ V}$

۴-۴ کلید Q1 را در حالت OFF قرار داده و مدار را

خاموش کنید.

پرسش :

۶- مقادیر اندازه‌گیری شده معرف کدامیک از پارامترهای

ولتاژی و جریانی اتصال ستاره است؟

۷- از مقایسه مقادیر اندازه‌گیری شده در دو مرحله ۱ و

۴ چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

۸- بین جریان عبوری از خط و جریان فاز چه رابطه‌ای

برقرار است؟

۹- بین ولتاژ خط و ولتاژ فاز چه رابطه‌ای وجود دارد؟

۱۰- آیا نتایج به‌دست آمده با مطالب نظری مطابقت دارد؟

## ویژگی هنرجویان علاقه‌مند

در مورد نیاز و یا عدم‌نیاز به سیم نول در اتصال ستاره متعادل

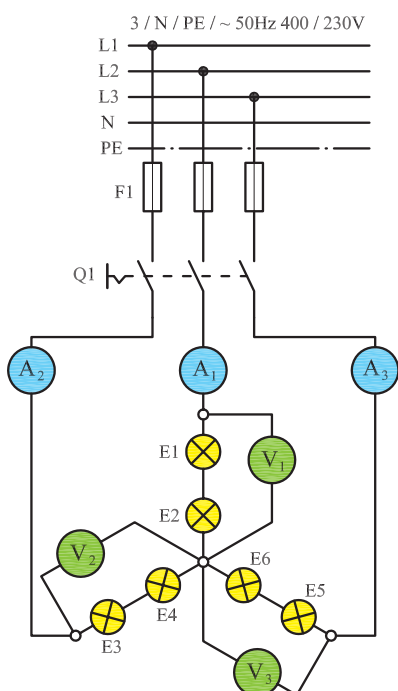
تحقیق کرده و نتیجه را به کلاس ارائه کنید.

ب- مراحل اجرای اتصال ستاره نامتعادل

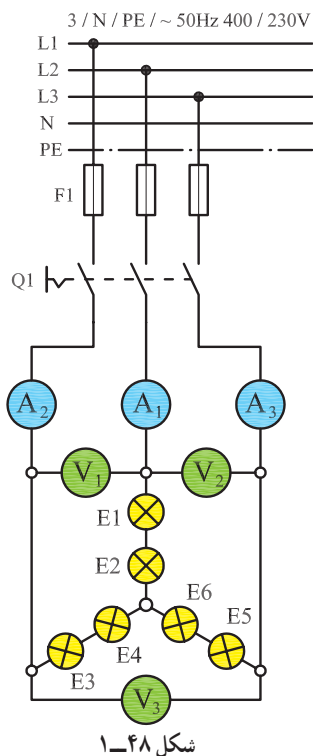
## مرحله ۵

۵-۱ اتصال ولت‌مترهای مدار را مجدداً مطابق شکل

۱-۴۶ به وضعیت قبلی شکل ۱-۴۳ بازگردانید.



شکل ۱-۴۶



۶-۲ - مقادیر ولتاژ و جریان هریک از ولت مترها و آمپر مترها را بخوانید.

$I_{A1} = \square \text{ A}$	$V_1 = \square \text{ V}$
$I_{A2} = \square \text{ A}$	$V_2 = \square \text{ V}$
$I_{A3} = \square \text{ A}$	$V_3 = \square \text{ V}$

پرسش:

- ۲- مقادیر اندازه گیری شده کدام یک از پارامترهای ولتاژی و جریانی اتصال ستاره است؟
- ۳- از مقایسه ی مقادیر اندازه گیری شده در دو مرحله ی ۵ و ۶ چه نتیجه ای می گیرید؟
- ۴- قطع یکی از فازها چه اثری روی کمیت های الکتریکی

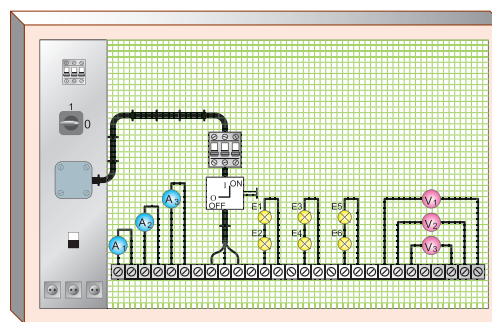
دیگر دارد؟ ۱-۴۸ محل قرار گرفتن ولت مترها را مطابق شکل ۱-۴۸

۵- آیا نتایج به دست آمده با مطالب تئوری مطابقت دارد؟

تغییر دهید.

ویژه ی هنرجویان علاقه مند

در مورد نیاز داشتن یا نداشتن اتصال ستاره ی نامتعادل به سیم نول، تحقیق کرده و نتیجه را به کلاس ارائه کنید.



شکل ۱-۴۷

۵-۲ - توان لامپ های موجود در مدار را، به صورت زیر، روی سربیچ ها قرار دهید.

$$\begin{aligned} E1 &= 100 \text{ W} & E3 &= 60 \text{ W} & E5 &= 150 \text{ W} \\ E2 &= 100 \text{ W} & E4 &= 60 \text{ W} & E6 &= 150 \text{ W} \end{aligned}$$

۵-۳ - فیوز مینیاتوری F1 را وصل کنید و سپس با وصل کلید Q1، ولتاژ و جریان هریک از ولت مترها و آمپر مترها را بخوانید.

$I_{A1} = \square \text{ A}$	$V_1 = \square \text{ V}$
$I_{A2} = \square \text{ A}$	$V_2 = \square \text{ V}$
$I_{A3} = \square \text{ A}$	$V_3 = \square \text{ V}$

۵-۴ - فیوز مینیاتوری F1 و کلید Q1 را در حالت خاموش

قرار دهید.

پرسش:

- ۱- مقادیر اندازه گیری شده کدام یک از پارامترهای ولتاژی و جریانی اتصال ستاره است؟

مرحله ۶

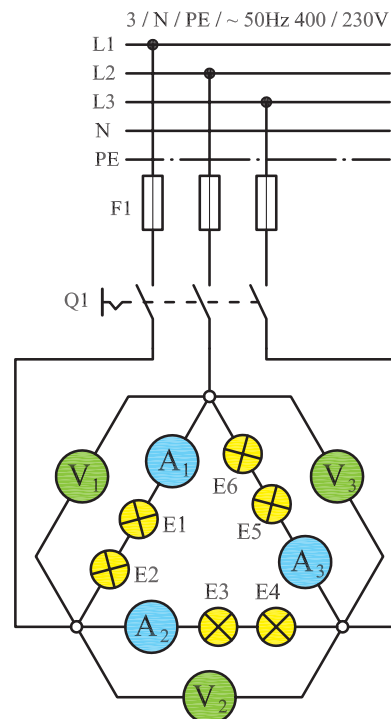
## ۶-۷- اندازه‌گیری جریان‌ها و ولتاژها در مصرف‌کننده‌های سه‌فاز مثلث



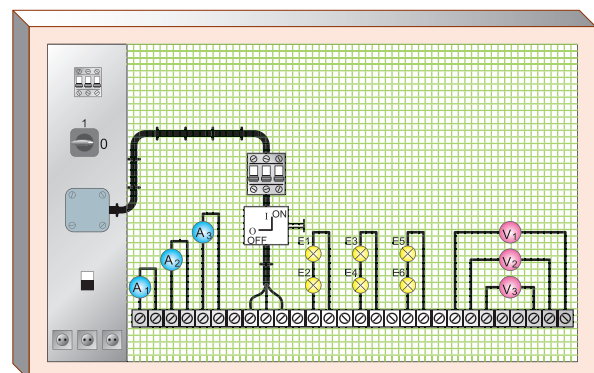
هدف: بررسی اتصال مثلث متعادل

### مرحله ۱

۱-۱- مدار شکل ۱-۴۹ را با کمک شش لامپ ۱۰۰W (مطابق شکل ۱-۵۰) روی تابلوی برق ببندید. اتصال بین قطعات مدار را توسط سیم و با استفاده از پیچ پایینی ترمینال‌ها برقرار کنید.



شکل ۱-۴۹



شکل ۱-۵۰

۲-۱- فیوز مینیاتوری سه فاز را وصل کنید و سپس کلید Q1 را در حالت ON قرار دهید و ولتاژ و جریان هریک از ولت‌مترها و آمپرترها را بخوانید.

$I_{A1} = \square_A$	$V_1 = \square_V$
$I_{A2} = \square_A$	$V_2 = \square_V$
$I_{A3} = \square_A$	$V_3 = \square_V$

۳-۱- کلید را در حالت OFF قرار دهید و مدار را خاموش کنید.

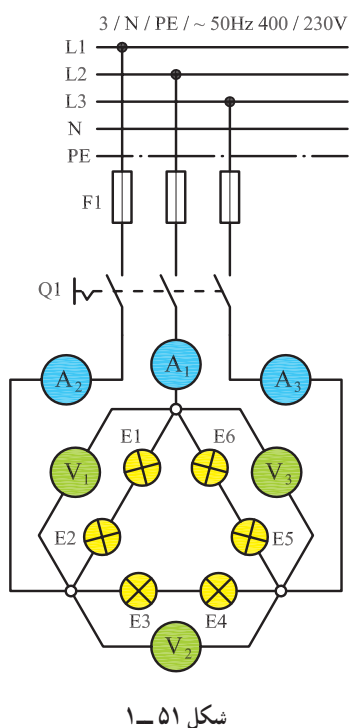
پرسش:

۱- مقادیر اندازه‌گیری شده کدام یک از پارامترهای ولتاژی و جریانی اتصال مثلث است؟  
۲- بین ولتاژ دو سر مصرف‌کننده و ولتاژ بین دو خط چه رابطه‌ای وجود دارد؟

### مرحله ۲

۱-۲- یکی از فیوزها را قطع کنید و دو فیوز دیگر را در حالت وصل بگذارید.  
۲-۲- کلید Q1 را وصل کنید و مقادیر ولت‌مترها و آمپرترها را بخوانید و یادداشت کنید.  
۳-۲- کلید Q1 را در حالت OFF قرار داده و مدار را خاموش کنید.

$I_{A1} = \square_A$	$V_1 = \square_V$
$I_{A2} = \square_A$	$V_2 = \square_V$
$I_{A3} = \square_A$	$V_3 = \square_V$



شکل ۵۱-۱

۳- نتایج این مرحله را با مرحله‌ی (۱) مقایسه کنید. چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

### مرحله ۳

- ۳-۱- لامپ‌های E1 و E2 را از روی سرپیچ باز کنید.
- ۳-۲- کلید Q1 را وصل کنید و مقادیر ولت‌مترها و آمپرمترها را بخوانید و یادداشت کنید.
- ۳-۳- فیوز سه‌فاز F1 و کلید Q1 را قطع کنید.

$I_{A1} = \square \text{ A}$	$V_1 = \square \text{ V}$
$I_{A2} = \square \text{ A}$	$V_2 = \square \text{ V}$
$I_{A3} = \square \text{ A}$	$V_3 = \square \text{ V}$

پرسش:

- ۴-۴- کلید Q1 را در حالت OFF قرار داده و مدار را خاموش کنید.

پرسش:

- ۶- مقادیر اندازه‌گیری شده، معرف کدامیک از پارامترهای ولتاژی و جریانی اتصال مثلث است؟
- ۷- از مقایسه‌ی مقادیر اندازه‌گیری شده توسط آمپرمترها در دو مرحله‌ی ۱ و ۴ چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟
- ۸- بین جریان خط و جریان فاز چه رابطه‌ای وجود دارد؟
- ۹- آیا نتایج به‌دست آمده با مطالب تئوری مطابقت دارد؟

- ۴- نتایج این مرحله را با مراحل ۱ و ۲ مقایسه کنید. چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟
- ۵- اثر قطع یک فاز روی مدار را شرح دهید.

### مرحله ۴

- ۴-۱- محل قرار گرفتن آمپرمترها را مطابق مدار شکل ۵۱-۱ تغییر دهید.
- ۴-۲- ابتدا فیوز F1 و سپس کلید Q1 را در حالت وصل قرار دهید.
- ۴-۳- مقادیر ولتاژ و جریان هریک از ولت‌مترها و آمپرمترها را بخوانید و یادداشت کنید.

$I_{A1} = \square \text{ A}$	$V_1 = \square \text{ V}$
$I_{A2} = \square \text{ A}$	$V_2 = \square \text{ V}$
$I_{A3} = \square \text{ A}$	$V_3 = \square \text{ V}$



توجه: در مصرف‌کننده‌های واقعی سه‌فاز، معمولاً بار هر مصرف‌کننده اهمی (مقاومت) خالص نیست؛ مانند موتورها که همواره یک‌بار اهمی – سلفی ( $R - L$ ) هستند. به این ترتیب مدار همواره دارای ضریب قدرت ( $\cos\phi$ ) است.

توجه: در اتصال مصرف‌کننده‌های سه‌فاز (موتورها) به شبکه‌ی برق، باید دقت کنیم که ولتاژ کار هر یک از سیم‌پیچ‌ها (ولتاژ فازی) برابر ولتاژی باشد که از طریق شبکه‌ی برق به آن‌ها می‌رسد. از آن‌جا که در اتصال مثلث ولتاژ هر فاز  $\sqrt{3}$  برابر ولتاژ فازی در حالت اتصال ستاره است، باید در اتصال موتور به صورت ستاره و مثلث دقت کافی نمود. برای مثال، اگر بر روی پلاک یک موتور الکتریکی سه‌فاز نوشته شده باشد ( $\Delta 220V$ )، به این معنی است که این موتور را در برق ایران نمی‌توان به صورت مثلث به شبکه متصل کرد؛ زیرا به هر سیم‌پیچ یک فاز  $380$  ولت ولتاژ می‌رسد و آن را می‌سوزاند. در ایران موتوری را می‌توان به صورت مثلث اتصال داد که روی پلاک مشخصات آن نوشته شده باشد ( $\Delta 380V$ ) و یا  $380/660V$ . از جدول ۱-۲، برای تشخیص نوع اتصال موتور در شبکه‌ی برق ایران، می‌توان استفاده کرد.

جدول ۱-۲ – تشخیص نوع اتصال موتور به شبکه‌ی برق ایران

مشخصات پلاک موتور	نحوه‌ی اتصال موتور به شبکه‌ی برق ایران
$220\Delta$	نمی‌تواند با شبکه سه فاز ایران راه‌اندازی شود
$220\Delta$	فقط به صورت ستاره
$400\Delta$	فقط به صورت ستاره
$400\Delta$	به صورت ستاره مثلث می‌توان راه‌اندازی کرد و در نهایت باید اتصال مثلث باشد
$400/220\Delta$	فقط به صورت ستاره
$400/660\Delta$	به صورت ستاره مثلث راه‌اندازی می‌شود و در نهایت باید مثلث بسته شود

در اتصال هر مصرف‌کننده سه‌فاز به شبکه، ولتاژی که به دو سر هر سیم‌پیچ فازی می‌رسد نباید از ولتاژ مجاز بیش‌تر باشد. ولتاژ مجاز هر سیم‌پیچی بر روی پلاک موتور نوشته می‌شود.

سؤال: اگر روی پلاک یک موتور عبارت  $220/380V$  وصل کرد؟ توضیح دهید.

نوشته شده باشد، با چه اتصالی می‌توان آن را به شبکه‌ی برق ایران

## ۸- 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، هم‌چنین اطلاعات نوشته شده در روی آن‌ها متفاوت است. شکل‌های ۱-۵۲ دو نمونه پلاک موتور سه فاز را نشان می‌دهد.

PE-21 PLUS™ PREMIUM EFFICIENCY			
ORD.NO.	ILA02864SE41	B NO.	
TYPE	RGZESD	FRAME	286T
H.P.	30.00	SERVICE FACTOR	1.15 3 PH
AMPS	34.9	VOLTS	460
R.P.M.	1765	HERTZ	60
DUTY	CONT 40°C AMB.	DATE CODE	
CLASS INSUL.	F	NEMA DESIGN	B
		K.V.A. CODE	G
		NEMA NOM. EFF.	93.6
MT. END (BOL.)	50BC03JPP3	CTP. END (BOL.)	50BC03JPP3
MILL. AND CHEMICAL DUTY QUALITY INDUCTION MOTOR			
Siemens Energy & Automation, Inc. Little Rock, AR			

ب

Motor & Co GmbH	
Typ 160 l	
3 ~ Mot.	Nr. 18345-82
$\Delta Y$ 230/400 V	12 / 6,9 A
S1 3,5 kW	cos $\phi$ 0,80
2850 /min	50 Hz
Iso.-Kl. E	IP 44 V3 t
IEC34-1/VDE 0530	

الف

شکل ۱-۵۲

اگر مشخصات نوشته شده (روی پلاک موتورها) را با یکدیگر مقایسه کنیم مشاهده می‌شود که این پلاک‌ها تفاوت‌هایی با هم دارند. در شکل ۱-۵۳ بخش‌های مختلف یک نوع پلاک موتورهای سه فاز مشاهده می‌شود. در جدول ۱-۳ توضیحات مربوط به هر قسمت آمده است.

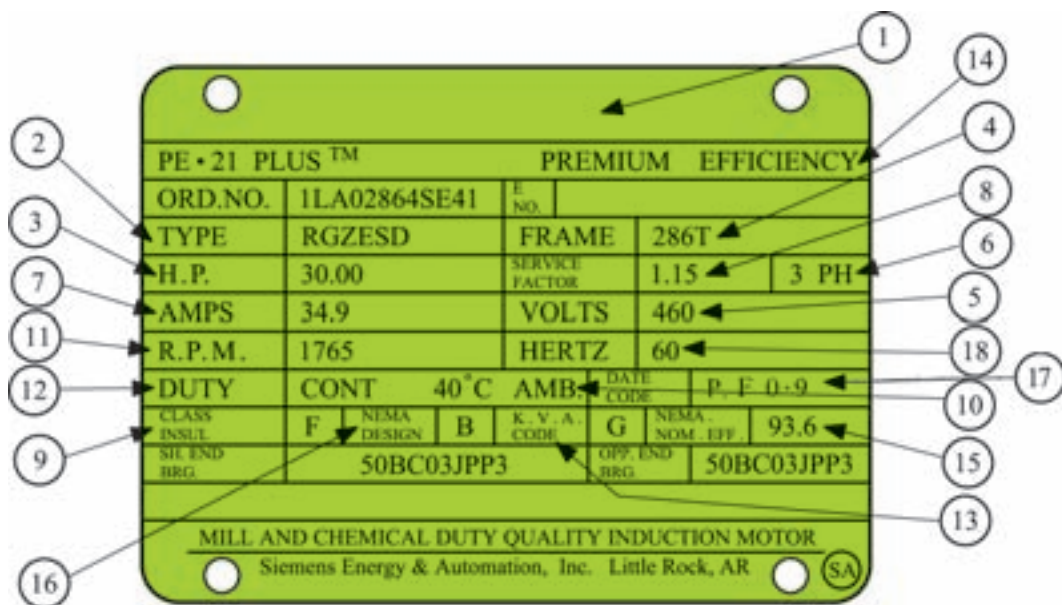
1	
2	
3 4	Nr. 5
6 7	8 A
9 10 11	COS $\phi$ 12
13 14 /min	15 Hz
16 17 18	19
Iso.-Kl. 20	IP 21
22 23 t	
24	

شکل ۱-۵۳

جدول ۳-۱

شماره	اطلاعات داده شده			
۱	نشانه‌ی کارخانه (نام و آرم)			
۲	نشانه‌ی نوع ماشین (تیپ ماشین)			
۳	نوع جریان مانند : G (جریان مستقیم)، E (جریان تک‌فاز)، D (جریان سه فاز)			
۴	نوع کار (Gen – ژنراتور)؛ (Mot – موتور)			
۵	شماره‌ی تولید ماشین			
۶	نوع اتصال سیم‌پیچ استاتور در ماشین‌های سنکرون و القایی، به علاوه :			
	علامت	کلاف	مدار	
	I		1~	
	II	با کلاف (سیم‌پیچ) کمکی		
	III	به صورت باز	3~	
	Y	ستاره		
۷	ولتاژ نامی			
	۸	جریان نامی		
	۹	توان نامی (تحویلی) یا قدرت ظاهری خروجی در موتورهای و ژنراتورها		
۱۰	نشانه‌ی واحدها VA, kVA, W, kW			
۱۱	موتورها بر حسب (kW یا W) و مولدها بر حسب (kVA یا VA)			
	نوع کار (در کار دائمی = S1) و زمان کار نامی یا مدت زمان روشن بودن نسبی مثال : S2 30min			
۱۲	ضریب توان نامی cosφ			
۱۳	در ماشین‌های سنکرون در صورتی که توان راکتیو دریافت شود، باید نشانه‌ی u اضافه شود.			
	جهت چرخش (از طرف سر محور موتور نگاه می‌شود) :			
۱۴	→ (راست گرد) ← (چپ گرد)			
	سرعت نامی. (علاوه بر این در موتورهای با تحریک سری حداکثر سرعت n <sub>max</sub> ؛ در مولدهای با توربین آبی، سرعت میانی n <sub>d</sub> توربین؛ در موتورهای چرخ‌دنده‌دار سرعت آخرین چرخ‌دنده n <sub>z</sub> ارائه می‌شود.)			
۱۵	فرکانس نامی			
۱۶	در ماشین‌های سنکرون و ماشین‌های مستقیم و ماشین‌های سنکرون	در روتور با حلقه‌ی لغزان	در موتور تک‌فاز خازنی	
	تحریک کننده یا «Err»	روتور یا «Lfr»	خازن موقت C <sub>A</sub>	
۱۷		نوع اتصال سیم پیچ روتور	ظرفیت خازن موقت به نام μF	
۱۸	ولتاژ تحریک نامی به V (ولت)	ولتاژ سکون روتور به V (ولت)	خازن دایم C <sub>B</sub>	
۱۹	جریان تحریک	جریان روتور	ظرفیت خازن دایم به μF	
۲۰	در کار نامی، اگر جریان کوچک‌تر از ۱۰ A باشد، اطلاعات حذف می‌شود.			
	گروه مواد عایق کننده (Y,A,E,B,F,H,C) اگر سیم‌پیچ استاتور و روتور از گروه‌های مختلفی عایقی استفاده شده باشند، ابتدا گروه عایقی (کلاس عایقی) سیم پیچ استاتور و سپس گروه عایقی سیم‌پیچ روتور بیان می‌شود. (مثلاً F/B)			
۲۱	نوع محافظت طبق DIN 40050، مثلاً IP44			
۲۲	طرز صحیح نصب موتور حرف A و B و C و D برای نصب افقی و W 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 VDE0350/000 مقدار متوسط خنکی با تهویه‌ی هوای آزاد یا خنک‌شدن با آب.			

توضیحات مربوطه به نمونه‌ی دیگری از پلاک موتورهای است.  
سه فاز، که در شکل ۱-۵۴ نشان داده شده، در جدول ۱-۴ آمده



شکل ۱-۵۴

جدول ۱-۴

شماره	اطلاعات داده شده
۱	نام کارخانه
۲	مدل
۳	قدرت بر حسب اسب بخار
۴	شماره‌ی 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 موتور
۱۴	حداکثر بازده
۱۵	میزان بازده اسمی
۱۶	استاندارد کارخانجات تولید کننده‌ی وسایل الکتریکی
۱۷	ضریب قدرت
۱۸	فرکانس (بر حسب هرتز)

## شرح تکمیلی برخی از علائم روی پلاک

مثلاً اگر روی پلاک موتوری در ردیف نوع کار،  $S_1$  نوشته شده باشد نشان می‌دهد که این موتور تحت بار نامی، در درجه‌ی حرارت پایدار و بی‌وقفه کار می‌کند بدون این که از دمای مجاز موتور تجاوز کند.

در ردیف یازدهم جدول ۱-۳ نوع کار و مدت زمان روشن بودن ماشین به طور نسبی بیان می‌شود. هشت حالت کاری، طبق استاندارد، تعریف شده است که با حروف  $S_1$  تا  $S_8$  نشان داده می‌شوند. مفهوم هر یک از حروف مطابق جدول ۵-۱ است.<sup>۱</sup>

جدول ۵-۱- انواع کار ماشین‌ها

کار پیوسته $S_1$	ماشین تحت بار نامی به درجه حرارت پایدار و ثابت می‌رسد. کار ماشین می‌تواند بدون وقفه اجرا شود، بدون این که از دمای مجاز تجاوز کند. مثال: پمپ فاضلاب.
کار کوتاه مدت $S_2$	زمان کار در مقایسه یا وقفه بعد از آن کوتاه است. کار با بار نامی فقط در زمان داده شده مجاز به اجراست. زمان‌های بارگذاری استاندارد: 10 و 30، 60، 90 دقیقه. مثال: موتور محرکه سیرن. (آژیر)
کار موقت $S_3$	زمان روشن بودن ED فقط بخشی از مدت زمان سیکل است. ED های استاندارد: 15، 25، 40 و 60%. اگر مدت زمان سیکل معلوم نباشد، آن را 10 دقیقه در نظر می‌گیرند. در نوع کار $S_3$ مرحله‌ی راه اندازی هیچ اثری بر روی دمای ماشین نمی‌گذارد. مثال برای $S_3$ : موتور بالابر (روتور با حلقه لغزان)
$S_4$	در $S_4$ کار شبیه $S_3$ است، با این حال جریان راه اندازی، ماشین را بیش‌تر گرم می‌کند. اطلاعات مثلاً: $h/$ راه اندازی 500، $S_4$ ED 25%. مثال برای $S_4$ : موتور محرک برای بالا بر کوچک (روتور قفسه‌ای)
$S_5$	در $S_5$ کار شبیه $S_4$ است، با این حال در این جا یک ترمز الکتریکی (ترمز جریان مستقیم، ترمز جریان معکوس) در نظر گرفته شده، که در گرم شدن نیز سهیم است. اطلاعات مثلاً: $h/$ راه اندازی 500، جریان معکوس، $S_4$ ED 25%. مثال برای $S_5$ : موتور محرکه برای نقاله‌ها.
کار پیوسته با بار موقت $S_6$	این نوع کار شبیه نوع کار $S_3$ است. با این حال این ماشین به هنگام وقفه در حالت بی‌باری می‌ماند و خاموش نمی‌شود. اطلاعات مثلاً: $S_6$ 10mn/60min یا بهتر $S_6$ ED 25% 40 min
کار بدون وقفه $S_7$	این ماشین در کار بدون وقفه است و بدین جهت از طریق راه اندازی مداوم و ترمز الکتریکی بیش از حد معمول گرم می‌شود. اطلاعات مثلاً: $h/$ راه اندازی 100، ترمز با جریان مستقیم، $S_7$ مثال: موتور محرکه برای ماشین‌های تراش مرکزی (ماشین ابزار خودکار)
$S_8$	این نوع کار شبیه $S_7$ است، با این حال به جای راه اندازی و ترمز با تغییر دور، به طور مثال از طریق تغییر قطب‌ها، کار را پیش می‌برد. اطلاعات: $S_8$ 10min/1500min <sup>-1</sup> 5min/300min <sup>-1</sup> کاربرد: خط تولید خودکار

۱- به خاطر سپردن مطالب جدول ۵-۱ اجباری نیست.

در ردیف بیست و یکم جدول ۱-۳، که نوع محافظت (ایمنی) به کار رفته در مقابل تماس و نفوذ اجسام خارجی و آب بیان می‌شود، از دو حروف IP<sup>۱</sup> و دو رقم کد استفاده می‌شود. اولین رقم، درجه‌ی ایمنی در مقابل تماس و نفوذ اجسام خارجی و دومین رقم، درجه‌ی 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 ۱-۶، 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.<sup>۲</sup> به عنوان مثال اگر بر روی پلاک موتوری IP44 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 ۱-۶

نوع ایمنی	توضیح	نشانه
ایمنی تماس و ایمنی جسم خارجی		
IP0X	بدون ایمنی تماس، بدون ایمنی جسم خارجی	—
IP1X	ایمنی در مقابل جسم خارجی بزرگ‌تر از 50mm Ø	—
IP2X	ایمنی در مقابل جسم خارجی بزرگ‌تر از 12mm Ø	—
IP3X	ایمنی در مقابل جسم خارجی بزرگ‌تر از 2.5mm Ø	—
IP4X	ایمنی در مقابل جسم خارجی بزرگ‌تر از 1mm Ø	—
IP5X	ایمنی در مقابل رسوب گرد و غبار مضر به داخل	۱
IP6X	ایمنی در مقابل نفوذ گرد و غبار	۲
ایمنی آب		
IPX0	بدون ایمنی آب	—
IPX1	ایمنی در مقابل ریزش عمودی قطرات آب	—
IPX2	ایمنی در مقابل ریزش مایل قطرات آب (15° نسبت به عمود)	—
IPX3	ایمنی در مقابل پخش آب	۳
IPX4	ایمنی در مقابل پاشیدن آب	۴
IPX5	ایمنی در مقابل فوران آب، مثلاً از نازل	۵
IPX6	ایمنی در مقابل جریان آب	۶
IPX7	ایمنی در مقابل غوطه‌ور شدن	۷
IPX8	ایمنی در مقابل غوطه‌وری کامل	۸

نشانه‌ی انواع ایمنی (مفهوم را در جدول بالا ببینید)							
1	2	3	4	5	6	7	8 ... Pa

۱- International Protection (حفاظت بین المللی)

۲- به خاطر سپردن جزئیات جدول ۱-۵ ضروری و اجباری نیست.

ساعات آموزش		
نظری	عملی	جمع
۴	۱۲	۱۶

## کابل و کابل کشی

هدف‌های رفتاری : هنرجو باید در پایان این فصل بتواند :

- ۱- تعریف کابل را بیان کنند.
- ۲- ساختمان و قسمت‌های مختلف کابل‌ها را شرح دهد.
- ۳- از روی علائم اختصاری، مشخصات کابل‌ها و نوع مصرف آن‌ها را بیان کند.
- ۴- کابل مناسب را برای مصرف‌کننده‌های فشار ضعیف، از روی جدول، انتخاب کند.
- ۵- روکش کابل‌ها را برای بستن کابل‌شو از روی سیم‌ها جدا کند.
- ۶- کابل‌شوی مناسب را انتخاب، و روی سیم‌پرس، پیچ یا لحیم کند.
- ۷- روش کابل کشی در مکان‌های مختلف (ساختمان‌ها، مراکز تجاری و صنعتی، روی ریل‌ها، کانال‌های سیمانی و ...) را شرح دهد.
- ۸- مقررات عمومی و ایمنی در مورد کابل‌ها را شرح دهد.

### مقدمه

شکل ۱-۲- نمونه‌هایی از این کابل‌ها را نشان می‌دهد.

البته علاوه بر بخش تولید، استفاده از کابل نیز نیازمند مهارت و تخصص کافی است و اتصال‌های مختلف در کابل کشی فشار ضعیف و فشار قوی نیاز به مهارت و رعایت اصول فنی دارد. در این فصل هنرجویان ضمن شناخت کلی درباره‌ی کابل‌ها، با اصول علمی و عملی کابل کشی نیز آشنا خواهند شد.

امروزه در صنعت برق، بخش عظیمی از توزیع انرژی الکتریکی،

به ویژه در فشار ضعیف، به وسیله‌ی کابل‌ها صورت می‌گیرد. البته برای انتقال الکتریکی فشار متوسط و قوی نیز در برخی موارد از کابل‌های مخصوص استفاده می‌شود.

کاربرد کابل‌ها در تأسیسات الکتریکی بسیار وسیع و دارای اهمیت زیادی است. کارخانجات کابل‌سازی کابل‌ها را در اندازه‌ها و کاربردهای گوناگون و با ساختمان‌های داخلی متفاوت تولید می‌کنند.



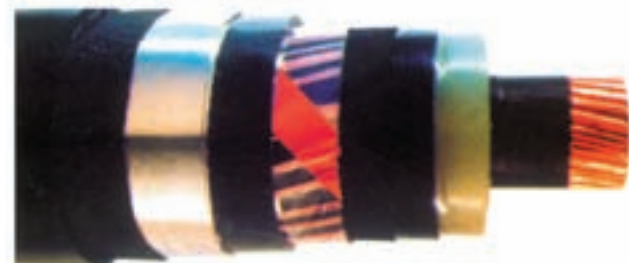




کابل آلومینیومی زرده دار ۱×۲۴۰ میلی متر مربع ۲۰ کیلوولت



کابل NYCY



کابل ۱×۱۵۰ میلی متر مربع زرده دار ۶۳ کیلوولت



کابل افشان تخت



کابل مسی زرده دار ۱×۳۰۰ میلی متر مربع ۳۳ کیلوولت



کابل زمینی  $3 \frac{1}{4}$  رشته ای یک کیلوولت



کابل مخابراتی مهاردار هوایی



کابل مخابراتی MDF

شکل ۱-۲- نمونه ای از انواع کابل ها

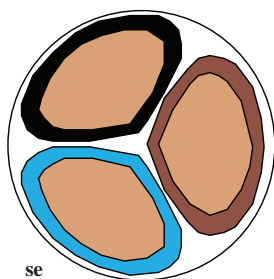
## ۱- تعریف کابل

اصولاً هر نوع هادی، که بتواند جریان برق را از داخل خود عبور دهد و توسط موادی از محیط اطراف خود عایق شده باشد، به طوری که ولتاژ روی سطح عایق نسبت به زمین برابر صفر و در روی سطح سیم نسبت به زمین دارای ولتاژ فازی باشد، «کابل» نامیده می شود.



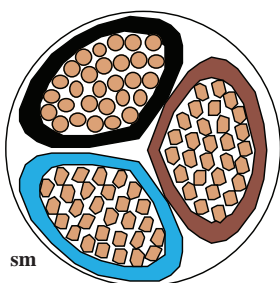
## ۲- ساختمان کابل‌ها

ب- هادی‌ها از نظر شکل سطح مقطع نیز به دو شکل گرد و مثلثی (سکتور) مطابق شکل ۲-۳ وجود دارند. برای مشخص کردن هادی‌های گرد از حرف اختصاری (r) و کابل‌های مثلثی از حرف اختصاری (s) استفاده می‌شود.



se

مفتولی e = مثلثی s =



sm

رشته‌ای m = مثلثی s =

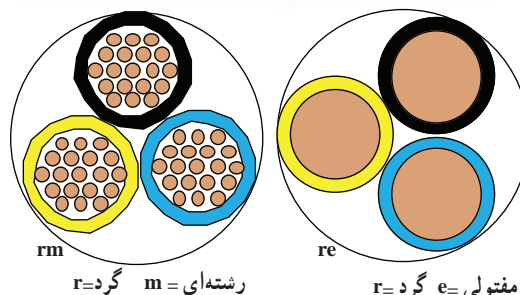
شکل ۲-۳

به طور کلی کابل‌ها همواره از دو قسمت اصلی هادی و عایق تشکیل شده‌اند. تفاوت کابل‌ها ناشی از کاربرد آن‌هاست. یعنی نوع کارشان موجب می‌شود که جنس، شکل، سطح مقطع و تعداد هادی‌ها و عایق‌ها با یکدیگر تفاوت داشته باشند. این تفاوت‌ها موجب تقسیم‌بندی کابل‌ها می‌گردد. ساختمان و اجزای تشکیل‌دهنده کابل‌های مخابراتی کاملاً با کابل‌های مورد استفاده در صنعت برق فشار قوی و فشار ضعیف تفاوت دارند.

### ۲-۱- هادی کابل‌ها

هادی‌ها از سیم مسی تقریباً خالص و دارای انعطاف قابل قبول یا از آلومینیوم یا آلیاژهای مخصوص ساخته می‌شوند. سطح مقطع هادی‌ها، با توجه به مقدار جریان عبوری و نوع کاربرد، در اندازه‌های گوناگون و شکل‌های متفاوت درست می‌شود. هادی‌های کابل را از دیدگاه‌های مختلف می‌توان تقسیم‌بندی نمود. در این جا کابل‌ها را از نظر سطح مقطع هادی و تعداد رشته به صورت زیر مورد بررسی قرار می‌دهیم.

الف- هادی‌ها از نظر تعداد رشته به دو شکل تک رشته (مفتولی) و چند رشته (افشان) مطابق شکل ۲-۲ وجود دارند. برای مشخص کردن هادی‌های تک رشته از حرف اختصاری (e) و کابل‌های چند رشته از حرف اختصاری (m) استفاده می‌شود.



rm

رشته‌ای m = گرد r =

re

مفتولی e = گرد r =

شکل ۲-۲

## ۲-۲- عایق کابل‌ها

با توجه به این که کابل‌ها در زیر زمین و یا روی تجهیزات فلزی نصب می‌شوند، نباید هیچ‌گونه اتصال الکتریکی بین هادی و زمین برقرار گردد. به عبارت دیگر، باید ولتاژ روی بدنه‌ی عایق نسبت به زمین صفر باشد. برای عایق کردن کابل‌های الکتریکی، بسته به نوع مصرف و ولتاژ روی هادی کابل، از مواد مختلفی به عنوان عایق استفاده می‌شود، که مهم‌ترین آن‌ها به شرح زیر اند:

● کاغذهای آغشته به روغن مخصوص

● مواد لاستیکی

● مواد پی‌وی‌سی (PVC)، که به نام پروتودور معروف است.

● مواد عایق از جنس پلی‌اتیلن، که به نام XLPE معروف

است.

شکل ۲-۴، یک نوع کابل با عایق پی‌وی‌سی (PVC) را

نشان می‌دهد.

برای جلوگیری از اشتباه و جهت تشخیص سیم‌های کابل

جدول ۲-۱

تعداد سیم‌های کابل	رنگ عایق سیم‌های کابل بدون سیم محافظ (سیم ارت)	رنگ عایق سیم‌های کابل با سیم محافظ (سیم ارت)
۱ سیمه	سیاه	—
۲ سیمه	سیاه — آبی	—
۳ سیمه	سیاه — آبی — قهوه‌ای	سبز و زرد — آبی — قهوه‌ای
۴ سیمه	سیاه — آبی — قهوه‌ای — سیاه	سبز و زرد — آبی — قهوه‌ای — سیاه
۵ سیمه	سیاه — آبی — قهوه‌ای — سیاه — سیاه	سبز و زرد — آبی — قهوه‌ای — سیاه — سیاه
۶ سیمه و بالاتر	تمام سیم‌ها سیاه و روی همه‌ی آن‌ها شماره زده می‌شود	سبز و زرد — بقیه‌ی سیم‌ها سیاه و روی همه‌ی آن‌ها شماره زده می‌شود

نفوذ رطوبت محافظت می‌کند.

## ۲-۳- غلاف کابل

در برخی کابل‌ها از لایه و یا لایه‌هایی در روی کابل استفاده می‌شود که می‌توانند عایق کابل را در مقابل انواع نیروهای مکانیکی محافظت کنند و هم‌چنین از نفوذ رطوبت به داخل کابل جلوگیری نمایند. اصطلاحاً به این محافظ «غلاف کابل» یا «زره» می‌گویند. در ساده‌ترین حالت، مطابق شکل ۲-۵ کابل دارای یک غلاف از مواد پی‌وی‌سی است که کابل را در مقابل عوامل بیرونی، از جمله



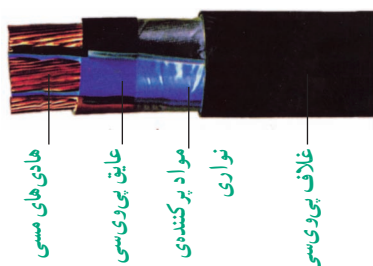
شکل ۲-۴- کابل با عایق پی‌وی‌سی به همراه اجزای کابل

از یکدیگر، عایق سیم‌های هادی را در رنگ‌های مختلف انتخاب

می‌کنند. در جدول ۲-۱ رنگ‌بندی عایق سیم‌ها بر اساس استاندارد

VDE 0271 آلمان و ۶۰۷۱-۱ مؤسسه‌ی استاندارد و تحقیقات

صنعتی ایران<sup>۱</sup> نشان داده‌شده‌اند.



شکل ۲-۵- کابل با غلاف PVC

۱- تمامی استانداردهای ملی در رشته برق از سایت مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به نشانی [www.isiri.org](http://www.isiri.org) قابل دانلود است.



شکل ۲-۶- کابل با غلاف آلومینیومی

حال اگر کابل در جاهایی مورد استفاده قرار گیرد که نیروهای دیگری، مانند نیروی مکانیکی به آن وارد می‌شود ضرورت دارد، با استفاده از زره فولادی و یا زره آلومینیومی که در تمام طول کابل به صورت مفتول و یا ورق تعبیه می‌گردد، محافظت مکانیکی شود. به عنوان مثال می‌توان از کابل‌کشی برای توزیع انرژی الکتریکی در شهرها، که به صورت دفنی در خاک و در زیر معابر و خیابان‌ها اجرا می‌شود، نام برد. کابل‌های فوق حتماً به غلاف (زره) فولاد گالوانیزه و یا آلومینیومی مجهزند (شکل ۲-۶).

کابل‌ها را از نظر کاربرد به دو دسته‌ی کابل‌های مسلح و کابل‌های غیرمسلح می‌توان تقسیم‌نمود. کابل‌های مسلح که برای تحمل ضربه‌ها، فشار، نفوذ رطوبت و سایر عوامل دارای محافظاند و کابل‌های غیر مسلح که فاقد محافظاند.

### ۳- عوامل مؤثر در انتخاب نوع کابل‌ها

جریان مورد نیاز مصرف کننده و میزان تحمل کابل در برابر عبور جریان و افت ولتاژ مجاز، توجه خاص داشته باشیم.

#### I - جریان مجاز

جریان مجاز عبوری از کابل‌ها به گونه‌ای تعیین می‌شود که در هر نقطه از کابل، حرارت تولید شده در هادی‌های آن به‌خوبی به محیط اطراف منتقل شود؛ به طوری که درجه‌ی حرارت عایق در سطح هادی کابل‌های پی.وی.سی. از ۷۰ درجه سانتی‌گراد بیش‌تر نشود. میزان تحمل جریان کابل به شرایط محیطی آن، که در هوای آزاد و یا محیطی بسته باشد، بستگی دارد. هر چه میزان جریان عبوری از کابل بیش‌تر باشد، حرارت ایجاد شده در فضای اطراف آن زیادتر خواهد بود و باید در نحوه‌ی قرار گرفتن کابل‌ها در کنار هم به آن توجه کرد.

به طور کلی برای انتخاب یک کابل باید به موارد زیر توجه کرد.

- ۱- جریان مورد نیاز بار و میزان تحمل کابل در برابر جریان عبوری
  - ۲- ولتاژ نامی (ولتاژ نامی مورد استفاده با ولتاژ نامی قابل تحمل کابل برابر یا کم‌تر باشد)
  - ۳- افت ولتاژ مجاز
  - ۴- حفاظت مدار
  - ۵- بار اتصال کوتاه مجاز
  - ۶- شرایط محیطی (دمای محیط، میزان فشار و کشش وارد بر کابل، رطوبت محیط و اثرات خوردگی محل نصب کابل)
- از بین عوامل فوق جهت تعیین سطح مقطع کابل باید به

جدول ۲-۱، میزان تحمل جریان کابل را (با سطح مقطع‌های مختلف در شرایط گوناگون) نشان می‌دهد.

جدول ۲-۲- قابلیت بار مجاز سیم‌های مسی عایق‌دار و سطح مقطع‌های مربوط

گروه اول: یک یا چند سیم عایق‌دار نوع NYA یا استاندارد ایران ۰۱ (۶۰۷)		گروه دوم: کابل‌های رشته‌ای مانند NYM یا استاندارد ایران ۱۰ (۶۰۷)		گروه سوم: سیم‌های مخصوص نصب در هوای آزاد و مراکز توزیع		سطح مقطع
جریان مجاز (آمپر)	فیوز (آمپر)	جریان مجاز (آمپر)	فیوز (آمپر)	جریان مجاز (آمپر)	فیوز (آمپر)	
۱۲	۱۰	۱۶	۱۶	۲۰	۲۰	۱
۱۶	۱۶	۲۰	۲۰	۲۵	۲۵	۱/۵
۲۱	۲۰	۲۷	۲۵	۳۴	۳۵	۲/۵
۲۷	۲۵	۳۶	۳۵	۴۵	۵۰	۴
۳۵	۳۵	۴۷	۵۰	۵۷	۶۳	۶
۴۸	۵۰	۶۵	۶۳	۷۸	۸۰	۱۰
۶۵	۶۳	۸۷	۸۰	۱۰۴	۱۰۰	۱۶
۸۸	۸۰	۱۱۵	۱۰۰	۱۳۷	۱۲۵	۲۵
۱۱۰	۱۰۰	۱۴۳	۱۲۵	۱۶۰	۱۶۰	۳۵
۱۴۰	۱۲۵	۱۷۸	۱۶۰	۲۱۰	۲۰۰	۵۰
۱۷۵	۱۶۰	۲۲۰	۲۲۴	۲۶۰	۲۵۰	۷۰
۲۱۰	۲۰۰	۲۶۵	۲۵۰	۳۱۰	۳۰۰	۹۵
۲۵۰	۲۵۰	۳۱۰	۳۰۰	۳۶۵	۳۵۵	۱۲۰

جدول ۲-۳، جریان مجاز کابل‌های برق را، با توجه به رشته سیم‌های آن، نشان می‌دهد. قرارگیری در خاک و یا هوای آزاد و همچنین با توجه به تعداد

جدول ۳-۲- جریان مجاز کابل‌های برق با ولتاژ اسمی ۱KV

سطح مقطع (mm) <sup>۲</sup>	کابل‌های ۱ سیمه جریان مستقیم		کابل‌های ۲ سیمه (amp)		کابل‌های ۳ و ۴ سیمه (amp)		سه تا کابل یک سیمه سه فاز (amp)			
							طرز قرار گرفتن کابل‌ها 		طرز قرار گرفتن کابل‌ها 	
	در خاک	در هوای آزاد	در خاک	در هوای آزاد	در خاک	در هوای آزاد	در خاک	در هوای آزاد	در خاک	در هوای آزاد
۱/۵	۳۷	۲۶	۳۰	۲۱	۲۷	۱۸	—	—	—	—
۲/۵	۵۰	۳۵	۴۱	۲۹	۳۶	۲۵	—	—	—	—
۴	۶۵	۴۶	۵۳	۳۸	۴۶	۳۴	—	—	—	—
۶	۸۳	۵۸	۶۶	۴۸	۵۸	۴۴	—	—	—	—
۱۰	۱۱۰	۸۰	۸۸	۶۶	۷۷	۶۰	—	—	—	—
۱۶	۱۴۵	۱۰۵	۱۱۵	۹۰	۱۰۰	۸۰	۱۲۰	۱۰۰	۱۱۰	۸۶
۲۵	۱۹۰	۱۴۰	۱۵۰	۱۲۰	۱۳۰	۱۰۵	۱۵۵	۱۳۵	۱۴۰	۱۲۰
۳۵	۲۳۵	۱۷۵	۱۸۰	۱۵۰	۱۵۵	۱۳۰	۱۸۵	۱۷۰	۱۷۰	۱۴۵
۵۰	۲۸۰	۲۱۵	—	—	۱۸۵	۱۶۰	۲۲۰	۲۰۵	۲۲۰	۱۸۰
۷۰	۳۵۰	۲۷۰	—	—	۲۳۰	۲۰۰	۲۷۰	۲۶۰	۲۴۵	۲۲۵
۹۵	۴۲۰	۳۳۵	—	—	۲۷۵	۲۴۵	۳۲۵	۳۲۰	۲۹۵	۲۸۰
۱۲۰	۴۸۰	۳۹۰	—	—	۳۱۵	۲۸۵	۳۷۰	۳۷۵	۳۳۵	۳۳۰

## II — افت ولتاژ در کابل

سطح مقطع استاندارد، همیشه باید مقطعی را انتخاب کنیم که از مقدار محاسبه شده بیش‌تر یا مساوی با آن باشد.  
برای مصارف تک فازه :

$$A = \frac{2 \times L \times I \times \cos \varphi}{\kappa \times \% \Delta V \times V}$$

برای مصرف کننده‌های سه فازه :

$$A = \frac{\sqrt{3} \times L \times I \times \cos \varphi}{\kappa \times \% \Delta V \times V_L}$$

که در فرمول‌های فوق :

A = سطح مقطع کابل [برحسب mm<sup>۲</sup>]

I = جریان مصرف کننده [برحسب آمپر] (جریان خط در

مصرف کننده‌های سه فاز)

در انتخاب کابل، علاوه بر جریان مجاز عبوری، طول کابل که متناسب با افت ولتاژ است نیز عامل تعیین کننده‌ای به شمار می‌آید. در مصرف کننده‌های موتوری سه فازه افت ولتاژ نباید از ۳ درصد ولتاژ نامی تجاوز کند. یعنی در شبکه‌ی ایران حداکثر افت ولتاژ مجاز برابر خواهد شد با

$$\Delta V = \% \Delta V \times V = \% 3 \times 380 = 11/47$$

محاسبه‌ی سطح مقطع کابل‌ها : با توجه به تعداد

مصرف کننده‌ها و نوع آن‌ها، می‌توانیم از تابلو اصلی، چندین انشعاب یا مسیر مجزا در نظر بگیریم و سر راه هر یک فیوز مناسبی قرار دهیم. لذا، برای هر مسیر و با توجه به توان مصرفی آن مسیر، می‌توانیم سطح مقطع کابل مورد نظر را محاسبه کنیم. گفتنی است در انتخاب

$L =$  طول کابل [برحسب متر]

$V_L =$  ولتاژ خط [برحسب ولت]

$\Delta V =$  درصد افت ولتاژ

$\kappa =$  قابلیت هدایت مخصوص کابل برحسب  $\left[ \frac{m}{\Omega mm^2} \right]$

کابل را محاسبه کنید.  $\Delta V = 2\%$  و  $\kappa = 56$

$$A = \frac{\sqrt{3} \cdot L \times I \times \cos \varphi}{\kappa \times \% \Delta V \cdot V_L}$$

حل: چون شبکه‌ی برق سه فاز کشورمان ولتاژ خط آن

$38^\circ V_L$  است بنابراین،  $38^\circ V_L$  را قرار می‌دهیم.

$$A = \frac{1/73 \times 50 \times 20 \times 0/75}{56 \times 0/02 \times 380} = \frac{1297/5}{425/6} = 3/04$$

چون سطح مقطع به‌دست آمده جزو کابل‌های استاندارد

نیست. بنابراین، اولین شماره‌ی کابلی را، که مقطع آن بیش‌تر از

مقدار محاسبه شده است، انتخاب می‌کنیم. در این مسئله، کابل

نمره‌ی ۴ خواهد بود بنابراین، نوع کابل  $4 \times 4$  NYY انتخاب

می‌شود، که در جدول (۴-۴) سطح مقطع سیم‌های استاندارد

## ۴- سیم‌های برق



شکل ۷-۲- سیم‌های مفتولی

### ۴-۲- سیم‌های نیمه افشان

ساختمان این سیم مشابه سیم‌های مفتولی است. ولتاژ

اسمی این سیم  $450/750$  ولت است و زمینه‌های کاربردی آن

مشابه سیم‌های مفتولی است (شکل ۸-۲). فقط در مواردی که

نیاز به انعطاف بیش‌تری نسبت به سیم‌های مفتولی است، از این

سیم استفاده می‌شود.



شکل ۸-۲- سیم نیمه افشان

مثال ۱: سطح مقطع کابل مصرف کننده تک‌فاز  $220$  ولتی

که فاصله‌اش از تابلو  $20$  متر است و جریان  $15$  آمپر را با ضریب

قدرت  $0/6$  پس فاز دریافت می‌کند، در صورتی که  $\kappa = 56$  و

$\Delta V = 2\%$  محاسبه کنید.

$$A = \frac{2 \times L \times I \times \cos \varphi}{\kappa \times \% \Delta V \times V} = \frac{2 \times 20 \times 15 \times 0/6}{56 \times 0/02 \times 220} = \frac{360}{246/4} = 1/46 \Rightarrow A = 1/5 mm^2$$

مثال ۲: می‌خواهیم جهت اتصال یک موتور سه فاز به

جریان نامی  $20$  آمپر و ضریب توان  $0/75$ ، که در فاصله‌ی  $50$

متری از تابلو قرار دارد، از یک کابل استفاده کنیم. سطح مقطع

عمده‌ترین انواع سیم‌های عایق‌دار مورد استفاده در

تأسیسات برقی و کارهای ساختمانی را می‌توان برابر استاندارد

(VDE) به سه دسته‌ی کلی زیر تقسیم نمود.

### ۴-۱- سیم‌های مفتولی

هادی این نوع سیم‌ها از مس استاندارد شده با پوششی از

ماده‌ی پی.وی.سی است. ولتاژ اسمی سیم،  $450/750$  ولت است

و برای جریان‌های مختلف، با سطح مقطع‌های  $1/5$  تا  $240 mm^2$ ،

ساخته می‌شود.

برای مصرف در تابلوهای برق و تأسیساتی که به طور ثابت

نصب می‌شوند در نقاط خشک در داخل لوله، روی دیوار،

داخل دیوار و خارج از آن با استفاده از مقره به کار می‌رود.

استفاده از این سیم در داخل دیوار، به طور مستقیم، مجاز نیست

(شکل ۷-۲).





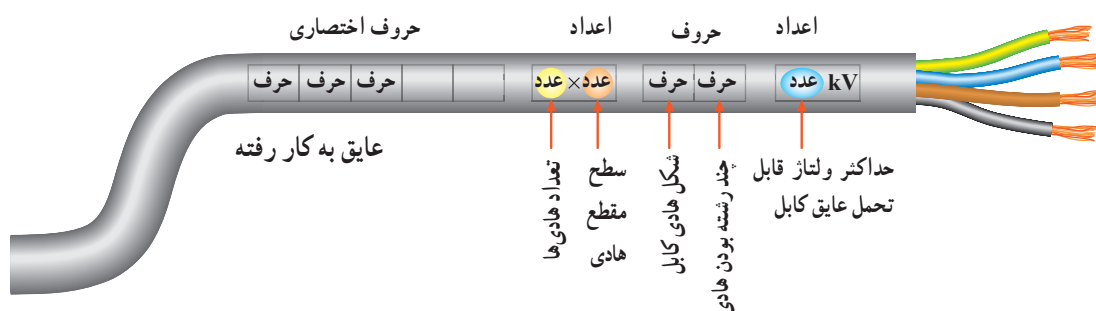
شکل ۲-۹- سیم های افشان

### ۳-۴- سیم های افشان

ساختمان این نوع سیم مانند سیم های مفتولی و نیمه افشان است. ولتاژ اسمی آن ۳۰۰/۵۰۰ ولت است. قابلیت انعطاف این سیم نسبت به سیم های نیمه افشان بیش تر است (شکل ۲-۹).

## ۵- نحوه ی استخراج اطلاعات از روی کابل ها

بر روی بدنه ی کابل ها از یک سری حروف، که نشان دهنده ی نوع عایق به کار رفته در کابل است و همچنین یک سری اعداد، که نشان دهنده ی تعداد رشته و سطح مقطع هر رشته است (به همراه حروف اختصاری تعداد رشته و سطح مقطع، در کنار ولتاژ قابل تحمل عایق کابل)، استفاده می شود. از این اطلاعات برای تشخیص زمینه ی کاربرد کابل ها می توان استفاده کرد. با توجه به توضیحات فوق، ساختار کلی نوشتن اطلاعات روی کابل ها را به صورت زیر، می توان بیان کرد:



جدول ۲-۴

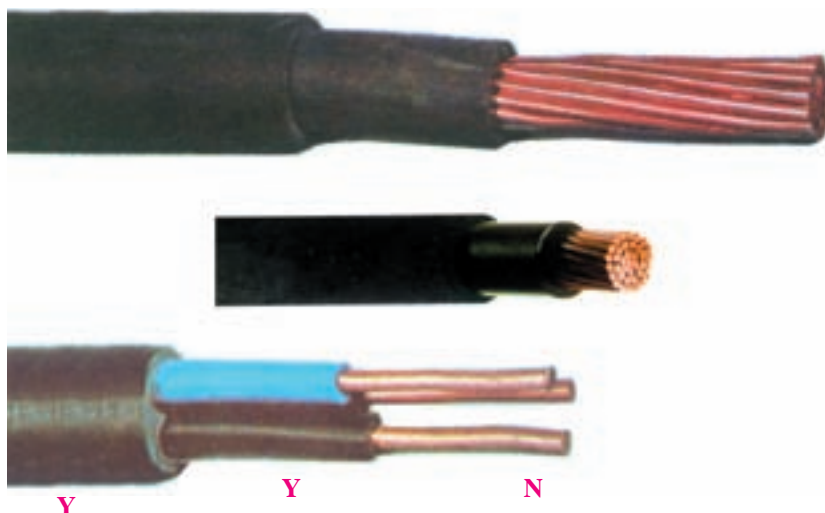
حروف اختصاری	توضیحات
N	کابل های نرم شده با هادی مسی براساس استاندارد VDE
Y (اولین Y در ردیف حروف)	عایق پروتودور
Y (دومین Y در ردیف حروف)	روپوش پروتودور
NA (اولین حروف)	کابل های نرم شده با نوع هادی از جنس آلومینیوم
A (دومین حرف)	غلاف خارجی دوبل
B	کابل مسلح با نوار فلزی (بانداز فولادی)
K	غلاف سربی

برای بیان جنس هادی و عایق به کار رفته در کابل ها و همچنین برای توضیحات بیشتر، از حروف اختصاری استفاده می شود. در جدول ۲-۴ به چند نمونه ی آن ها اشاره شده است.

### مثال ۱: کابل های زمینی (NYY)

شده است. مقطع هادی این نوع کابل ها گرد یا سه گوش است. سیم های عایق شده، پس از تابیدن برای گرد شدن مقطع در داخل ماده ی پرکننده، قرار می گیرند. به دور کابل های دارای هادی سه گوش، نوار پلاستیکی پیچیده می شود. شکل ۱-۲، سه نوع از این کابل ها را نشان می دهد.

این نوع کابل های برق، برای کابل کشی در زیرزمین، در آب، در کانال و محل هایی که احتمال ضربه ی مکانیکی نباشد، با ولتاژ اسمی کابل ۶۰۰/۱۰۰۰ ولت مورد استفاده قرار می گیرد. ساختمان این نوع کابل ها از رشته های هادی مسی نرم شده، که به وسیله ی پی.وی.سی. عایق و غلاف می شوند، تشکیل

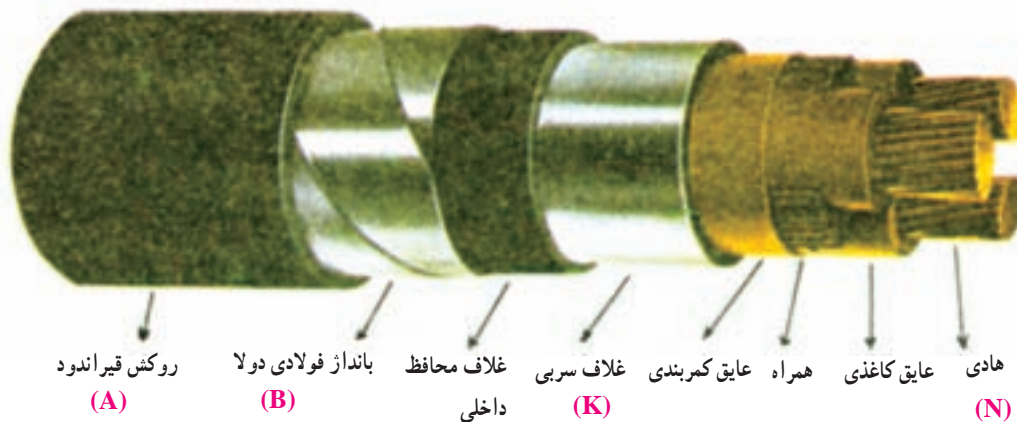


شکل ۱-۲- NYY

### مثال ۲: کابل ۶/۱۰ kV sm۳۵/۳ NKBA

ولتاژ پایین برای نصب داخل ساختمان ها و در کانال هایی که، در برابر آتش سوزی و سائیدگی حفاظت لازم دارند، به کار برده می شوند. همچنین برای دفن کردن در زمینی، که در آن مواد شیمیایی یا الکترولیتی وجود دارد، مورد استفاده قرار می گیرد (شکل ۱۱-۲).

برای ولتاژ ۶/۱۰ kV با غلاف سربی، پوشش حفاظتی داخلی، نوار حفاظتی فولادی، و غلاف خارجی پروتودور به رنگ مشکی و برای ولتاژهای بالاتر به رنگ قرمز است. در

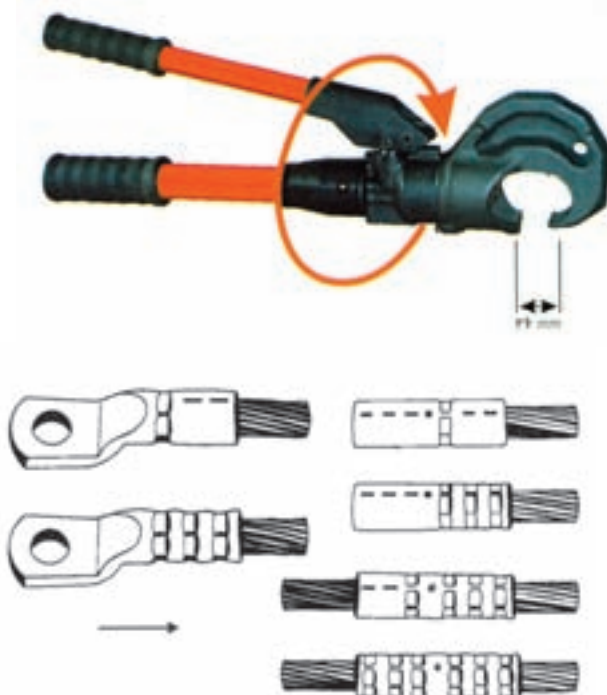


شکل ۱۱-۲- کابل NKBA

## ۶- لوازم و تجهیزات کابل کشی

### ۶-۲- پرس های کابل شو

برای پرس سرسیم های فلزی به سرهادی ها از پرس دستی استفاده می شود. شکل ۱۳-۲، نمونه ای از پرس دستی را، به همراه انواع کابل شوهای پرس شده، نشان می دهد.



شکل ۱۳-۲- پرس دستی

برای اجرای عملیات مختلف بر روی کابل ها، به لوازم و تجهیزاتی نیاز است که در زیر به شرح آن ها می پردازیم :

### ۶-۱- قیچی کابل بُری

برای بریدن کابل ها و هادی های مسی و آلومینیومی با قطر کم از قیچی کابل بُری دستی، و برای قطرهای بیش تر، از قیچی های هیدرولیکی، پنوماتیکی و یا الکترومکانیکی استفاده می شود. در شکل ۱۲-۲، نمونه هایی از قیچی کابل بُری دستی نشان داده شده است.



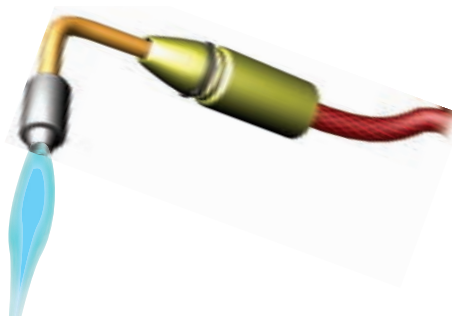
شکل ۱۲-۲- نمونه هایی از قیچی کابل بُری دستی

### ۳-۶- هویه‌ی دستی چکشی، سر پیک گاز، چراغ کوره‌ای

جهت لحیم‌کاری کابل‌شوها از هویه‌ی دستی چکشی و سر پیک گاز و یا چراغ کوره‌ای استفاده می‌شود (شکل ۲-۱۴).



الف - چراغ کوره‌ای



ب - سر پیک گاز



ج - هویه‌ی چکشی

شکل ۲-۱۴- انواع وسایل حرارتی برای لحیم‌کاری

### ۴-۶- قیچی کابل‌بری هیدرولیکی

قیچی کابل‌بری هیدرولیکی دستی، که قابل تنظیم برای قطرهای مختلف از کابل‌هایی با هادی مسی و آلومینیومی است و بیش‌تر برای کابل‌های با قطر زیاد، که نمی‌توان با قیچی‌های کابل‌بر ساده برش داد، کاربرد دارد (شکل ۲-۱۵).



شکل ۲-۱۵

### ۵-۶- وسیله‌ی روکش‌برداری کابل

این وسیله دارای دستگیره‌ای است که یک تیغ برش و یک غلتک روی آن قرار دارد. هنگام روکش‌برداری کابل، غلتک در پشت کابل قرار می‌گیرد، و با کشیدن آن روی کابل عایق روی آن برداشته می‌شود. فاصله‌ی بین غلتک و تیغه قابل تنظیم است. بنابراین، امکان لخت کردن همه‌گونه کابلی (با ضخامت عایق‌های مختلف)، وجود دارد (شکل ۲-۱۶).



شکل ۲-۱۶- وسیله‌ی روکش‌برداری کابل

## ۶-۶- بست کابل

در کابل کشی های روی دیوار از بست کابل استفاده می شود. برای انتخاب بست های مختلف لازم است نکات زیر رعایت شود :

– اندازه ی قطر خارجی کابل

– نوع کابل کشی با توجه به عوامل مکانیکی، حرارتی و

شیمیایی اثرگذار روی کابل

– نوع کابل کشی از نظر قابل دید (روی دیوار) و یا غیر قابل

دید (زیر سقف کاذب) بودن

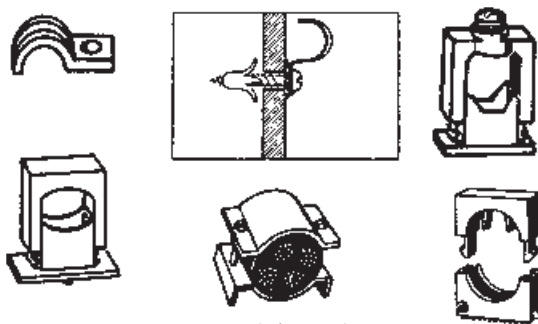
– امکان بستن ساده ی کابل

– قیمت مناسب نصب

بست ها توسط میخ های فولادی یا پیچ به روی دیوار محکم

و سپس کابل روی آن ها بسته می شود. انواع بست ها در شکل های

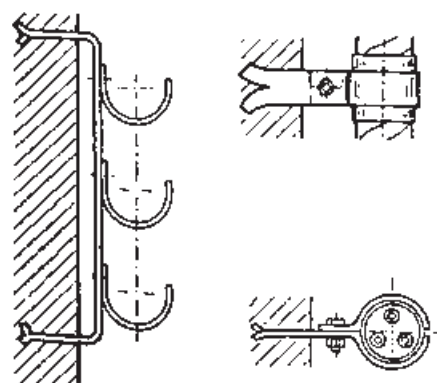
۱۷-۲ نشان داده شده است.



الف – بست هایی که به سطح کار پیچ می شوند.



ب – بست هایی که روی پیچ کار گذاشته شده داخل دیوار سوار می شوند.



ج – بست هایی که پایه ی آن ها در داخل دیوار نصب شده است.

شکل ۱۷-۲ انواع بست کابل

## ۶-۷- کابل شوها (سرسیم ها)

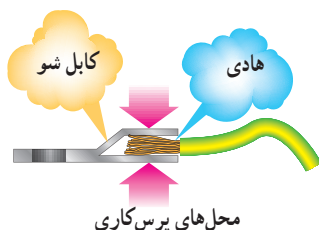
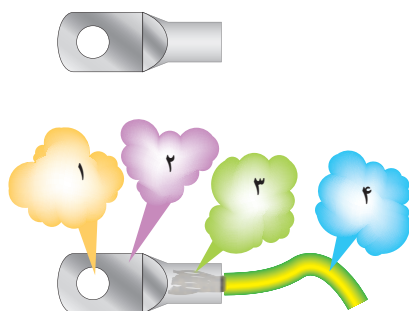
برای اتصالات جداشدنی سیم ها، از فیش یا سرسیم های مخصوص استفاده می کنند. سر سیم ها، با توجه به سطح مقطع سیم، در اندازه های مختلف ساخته می شود و با لحیم کاری یا توسط دستگاه پرس مخصوص، به هادی محکم می شوند.

– کابل شوها را در انواع مختلف پرسی، لحیمی، پیچی و

مگنه ای می سازند. برای به دست آوردن اتصال صد درصد و قابل

اطمینان، اغلب کابل شوها را به هادی های کابل، لحیم یا پرس

می کنند (شکل ۱۸-۲).



محل های پرس کاری

شکل ۱۸-۲- ترتیب پرس شدن کابل شو

مفهوم اعداد روی شکل ۱۸-۲ عبارت است از :

۱- سوراخ کابل شو (محل قرار گرفتن پیچ)

۲- قسمت پهن کابل شو

### ۳- سوکت (محل قرارگرفتن سیم)

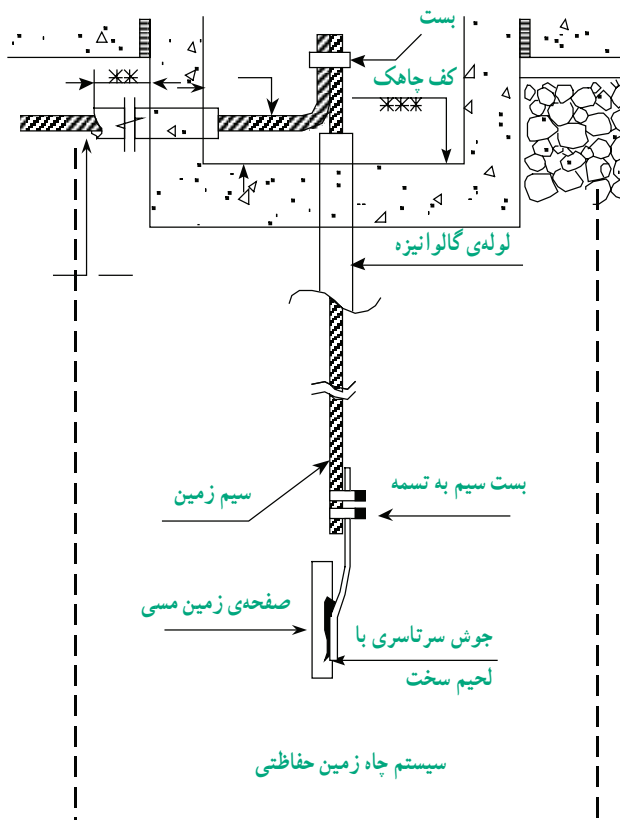
#### ۴- عایق سیم

– برای اتصال کابل‌های افشان (از مقطع یک میلی‌متر مربع به بالا و کابل‌های مفتولی از ۱۰ میلی‌متر مربع به بالا)، باید از کابل شو استفاده شود.

کابل‌های مفتولی به مقطع ۶ میلی‌متر مربع و کم‌تر را می‌توان مستقیماً با ایجاد سوکتی به دستگاه مربوطه متصل نمود.

– در مواردی برای اتصال هادی‌ها به یکدیگر از لحیم سخت استفاده می‌شود.

لحیم کاری سخت نوعی اتصال جدا نشدنی است. این نوع لحیم کاری با لحیم کاری نرم تفاوت دارد، به طوری که به جای قلع از الکتروود برنجی، به جای روغن از روان‌ساز پودری و به عنوان وسیله‌ی حرارتی از سرپیک‌های جوش کاری استفاده می‌شود. گاهی به این نوع لحیم کاری به غلط جوش برنج گفته می‌شود. شکل ۱۹-۱۲ اتصال سیم زمین به صفحه‌ی مسی را، که به وسیله‌ی لحیم کاری سخت صورت می‌گیرد، نشان می‌دهد.



شکل ۱۹-۲- لحیم کاری سخت در اتصال سیم مسی به صفحه‌ی مسی چاه زمین حفاظتی

### روش روکش برداری کابل : برای درآوردن عایق روی

کابل، ابتدا در محیط کابل و در محل موردنظر به وسیله‌ی چاقو و یا شیار درآر محیطی شیار دایره‌ای ایجاد می‌کنیم (شکل ۲۰-۲۱). سپس در امتداد طول کابل با چاقو و یا ابزار مخصوص برش کابل، خط برش ایجاد و عایق را جدا می‌کنیم (شکل ۲۱-۲۰).



شکل ۲۰-۲- برش کابل



شکل ۲۱-۲- عایق برداری

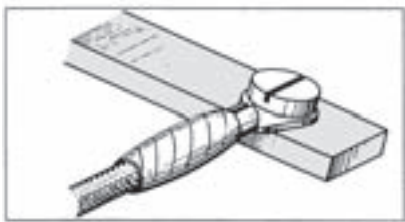
### نکات ایمنی

در هنگام روکش برداری کابل نباید چاقو را به سمت خود بگیرید زیرا، هنگام بریدن روکش کابل، ممکن است چاقو از سطح کابل جدا شود و سینه یا دست شما را مجروح سازد. ضمناً مواظب باشید که افراد دیگر در مسیر نوک چاقوی شما قرار نگیرند.

### اتصال کابل شو به کابل : برای اتصال کابل به دیگر

تجهیزات الکتریکی، از کابل شو یا کشک کابل استفاده می‌شود. کابل شوها ممکن است پیچی، پرسی یا قابل لحیم کاری باشند. در مقاطع بزرگ، اتصال کابل شو به کابل به وسیله‌ی لحیم کاری و اغلب با شعله صورت می‌گیرد. در صورت استفاده از شعله برای لحیم کاری باید توجه نمود که عایق و روکش بیرونی کابل در اثر حرارت آسیب نبیند.





شکل ۲۳-۲- عایق کاری و قراردادن کابل شو زیر پیچ

#### — طریقه‌ی اتصال کابل شوی پیچی به کابل : کابل شوهای

پیچی برای مقاطع بزرگ یک لا تا ۱۲۰ میلی متر مربع، و سیم های چند لا تا ۱۵۰ میلی متر مربع مورد استفاده دارند و نحوه‌ی اتصال آنها به کابل به ترتیب زیر است :

● کابل شوی انتخابی باید با قطر سیم هادی متناسب باشد و صحیح انتخاب شود.

● پیچ ها یک نواخت محکم شوند و سیم نباید در این حال تغییر شکل دهد. فاصله‌ی بین بست های بالا و پایین باید در هر دو طرف یک سان باشد. به علاوه پس از اتصال، باید یک فشار اتصال کافی (حداقل یک کیلوگرم بر سانتی متر مربع) بین دو قسمت بست به وجود آید (شکل ۲۴-۲).



شکل ۲۴-۲- الف



شکل ۲۴-۲- ب

#### مراحل اتصال کابل شو به وسیله‌ی لحیم کاری

● عایق سر کابل را به اندازه‌ی لازم (به اندازه‌ی طول حلقه‌ی

کابل شو + حدود پنج میلی متر) جدا کنید و سر کابل را تمیز کنید (شکل ۲۲-۲- الف).

● سر کابل را، که عایق آن برداشته شده است، در کابل شو

داخل نمایید (شکل ۲۲-۲- ب).

● دنباله‌ی عایق سر کابل را، با پیچاندن نخ نسوز، از خطر

سوختن محافظت کنید (شکل ۲۲-۲- ج).

● کابل را با کابل شو به طور عمودی نگه دارید. محل

لحیم کاری را روغن لحیم بزنید. برای لحیم کاری، دنباله‌ی کابل شو

را که بالای محل لحیم کاری قرار دارد، به وسیله‌ی چراغ کوره‌ای

و یا سر پیک گازی، گرم کنید. با گذاشتن لحیم بر روی آن سعی

کنید که لحیم به داخل کابل شو نفوذ کند (شکل ۲۲-۲- د).



(الف)



(ب)



(ج)



(د)

شکل ۲۲-۲- مراحل لحیم کاری کابل شو

نخ نسوز را باز کنید و روی محل لحیم کاری را با نوار عایق

بپوشانید و کابل شو را با سر تخت آن و بدون هیچ واسطه‌ای روی

محل اتصال زیر پیچ محکم کنید (شکل ۲۳-۲).



شکل ۲۵-۲- طریقه‌ی صحیح روکش برداری کابل

## کار عملی ۱



هدف : بریدن، لخت کردن و اتصال کابل‌شو به کابل‌های فشار ضعیف به روش لحیمی و پرس

وسایل و مواد مورد نیاز :

تعداد	وسایل و مواد
۱ عدد	– قیچی کابل بر یا کمان ارّه و تیغ اره
۱ عدد	– سوهان تخت
۱ عدد	– چاقوی کابل بری
به مقدار کافی	– لحیم و روغن لحیم
۱ عدد	– چراغ کوره‌ای یا سربیک گازی
۴ عدد	– کابل شوی لحیمی نمره‌ی ۱۶
۶۰ سانتی متر	– کابل
به مقدار کافی	– نخ نسوز
۱ عدد	– متر
۲۰ سانتی متر	– کابل تک رشته با سطح مقطع $16\text{mm}^2$
۱ دستگاه	– پرس دستی کابل‌شو

### الف – روش لحیمی

#### مراحل کار

- ۱- یک کابل پروتودور NYCWY  $6/10\text{kV}$  به طول لازم (حدود ۶۰ سانتی متر) انتخاب کنید.
- ۲- روکش اصلی کابل را به طول لازم حدود ۲۵ سانتی متر با چاقوی کابل بری بردارید. مواظب باشید که روکش سیم‌ها زخمی نشود.
- ۳- عایق سر سیم‌ها را به طول لازم جدا کنید (طول سوراخ کابل شو حدود پنج میلی متر).
- ۴- سرسیم‌هایی را که عایق آن‌ها برداشته شده است، در کابل شو داخل نمایید. به طوری که حدود ۲ میلی متر از قسمت انتهایی سوراخ کابل شو پایین تر قرار گیرد.
- ۵- دنباله‌ی عایق سرسیم‌ها را با پیچاندن نخ نسوز، از خطر سوختن روکش سیم محافظت کنید.
- ۶- کابل را همراه با کابل شوهای مربوط به طور عمودی نگه دارید.
- ۷- بالای محل لحیم کاری کابل شو را با چراغ کوره‌ای یا سربیک گازی گرم کنید و لحیم را جلوی سوراخ کابل شو قرار دهید تا لحیم به داخل کابل شو نفوذ کند.
- ۸- سیم زمین را نیز از داخل کابل بیرون آورید و مطابق شکل ۲۶-۲ کابل شو را به آن لحیم کنید.

### نکات ایمنی :

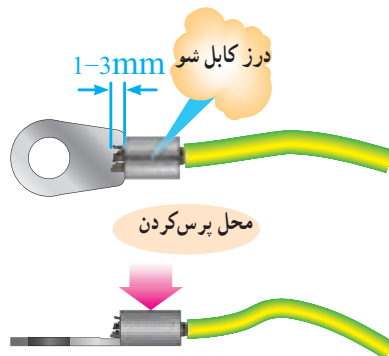
- مواظب باشید که افراد دیگر در مسیر نوک چاقوی شما قرار نگیرند (شکل ۲۵-۲).
- در صورت استفاده از شعله برای لحیم کاری مواظب باشید تا افراد و تجهیزات از آسیب مصون باشند.

## ب- روش پرس

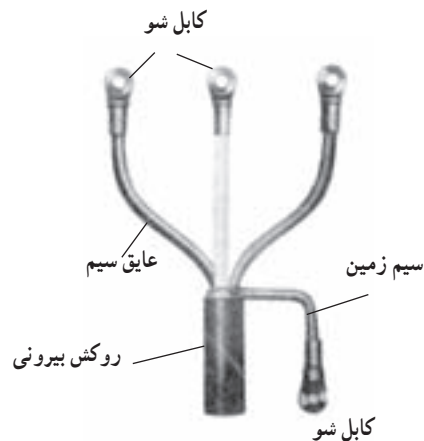
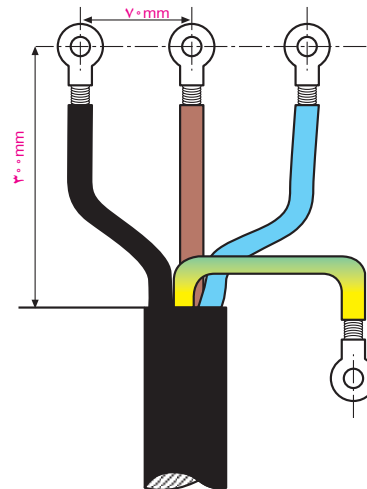
۱- سرسیم روکش دار نمره ۱۶ را با چاقوی کابل بری (یا سیم لخت کن) لخت کنید، به طوری که قسمت لخت شده به اندازه‌ی سوراخ کابل شو به اضافه‌ی ۵ میلی‌متر باشد.

۲- سرسیم لخت شده را در سوراخ کابل شو داخل نمایید، به طوری که سرسیم یک تا ۳ میلی‌متر از سوراخ کابل شو بیرون آید و با عایق سیم نیز، حدود سه میلی‌متر (از انتهای کابل شو) فاصله داشته باشد.

۳- با پرس دستی، کابل شو را به سیم پرس کنید (شکل ۲۷-۲).



شکل ۲۷-۲ اتصال کابل شو پرسی به کابل



شکل ۲۶-۲ اتصال کابل شو به کابل

## ۷- اصول کلی‌ای که در نصب کابل‌ها باید رعایت کرد

۲- در مواردی که کابل از داخل تجهیزات فلزی و لوله‌دار و تیز عبور می‌کند و ممکن است کابل را دچار خراشیدگی نماید، باید با استفاده از بوشن و یا وسایل دیگر کابل را حفاظت نمود.

۱- حداقل فاصله‌ی بین کابل‌های موازی هم ولتاژ، به اندازه‌ی قطر کابل ضخیم‌تر مجاور در نظر گرفته شود و در صورتی که ولتاژ کابل‌های موازی متفاوت بود حداقل فاصله‌ی بین دو کابل مجاور باید ۳۰cm باشد.

۳- در موقع نصب یا کشیدن کابل، بهتر است تنش یا کشش بر روی هادی‌های کابل و هم‌چنین بر روی پوشش خارجی کابل وارد نشود.

۴- در مواردی که کابل در معرض تغییرات درجه‌ی حرارت قرار دارد، باید پیش‌بینی‌های لازم برای عایق‌بندی حرارتی آن صورت گیرد.

۵- کابل‌هایی که به تأسیسات قابل حمل و متحرک نصب می‌شوند باید در نقطه‌ی اتصال به دستگاه کاملاً بسته و محکم شود، به طوری که هیچ نیرویی به ترمینال‌های برق متصل به کابل وارد نشود.

۶- در زمان نصب کابل، باید شعاع خمش را، متناسب با تعداد رشته، سیم و عایق به کار رفته در آن، در نظر گرفت.

۷- در مواردی که یک کابل با کابلی دیگر و یا با لوله‌های گاز، آب و غیره تقاطع داشته باشد باید از یک لوله‌ی محافظ، با قطر متناسب با قطر کابل و طول حداقل یک متر، استفاده نمود و کابل را از داخل آن عبور داد.

۸- کلیه‌ی کابل‌های داخل و خارج ساختمان‌ها (تجاری- مسکونی- صنعتی) باید یک تکه باشند و از کاربرد مفصل دو راهی در وسط خط خودداری شود.

۹- کابل‌ها باید در برابر تابش مستقیم نور آفتاب، دارای نوعی حفاظ باشند.

۱۰- چنانچه کابل‌ها به موازات هم کشیده شده باشند، کابل‌های فشار متوسط نباید مستقیماً در زیر کابل‌های فشار ضعیف قرار گیرند.

۱۱- اتصال الکتریکی کابل‌ها به وسایل و دستگاه‌ها یا ماشین‌ها (تسمه‌ی مسی) باید با وسایل مناسب نوع کابل صورت گیرد.

۱۲- در کابل‌های فشار ضعیف، با توجه به سطح مقطع آن‌ها باید از ترمینال‌های پیچی یا کابل‌شو استفاده شود. کابل‌شو‌ها باید از نوعی باشند که حداقل دارای دو پیچ باشد و یا آن‌ها را به کمک پرس بتوان اتصال داد.

۱۳- شعاع خمش کابل‌ها نباید از مقادیر زیر کم‌تر باشد.  
الف- در کابل‌های دارای روپوش فلزی (کابل‌های زره‌دار یا با غلاف سربی یا هم مرکز):

$$r=9(D+d)$$

ب- در کابل‌های بدون روپوش فلزی (کابل‌های پلاستیکی):

$$r=8(D+d)$$

$r$  = شعاع خمش کابل

$D$  = قطر خارجی کابل

$d$  = قطر هادی بزرگ‌ترین رشته‌ی کابل

$A$  = سطح مقطع هادی

تذکر: در مورد هادی‌های با سطح مقطع مثلی (سکتور)، قطر هادی معادل از رابطه‌ی  $d = 1/3 \sqrt{A}$  محاسبه می‌شود.  
در این‌جا به صورت خاص به بررسی نکاتی چند در مورد نحوه‌ی کابل‌کشی در محل‌های زیر می‌پردازیم.

## ۸- نصب کابل روی دیوار و سقف

باشد و خم نشود (شکل ۲۸-۲).

- فاصله‌ی کابل‌های نصب شده روی دیوار از یکدیگر، حداقل باید به اندازه‌ی قطر کابل باشد.

- هنگام عبور کابل از دیوار، باید کابل از داخل لوله‌ای که قطر داخلی آن حداقل ۱/۵ برابر قطر خارجی کابل باشد، عبور داده

در کارخانجات صنعتی ممکن است کابل‌ها بر روی دیوار نصب شوند. در این صورت لازم است عمل نصب با ایمنی و زیبایی تمام صورت گیرد و کابل‌ها با بست به دیوار محکم شوند. ضمن این که باید کلیه‌ی اصول در مورد زوایای خمش رعایت شود و فاصله‌ی بست‌ها طوری تنظیم گردد که کابل کاملاً صاف

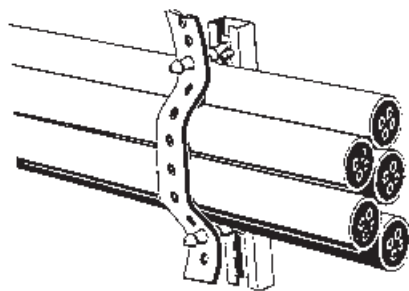
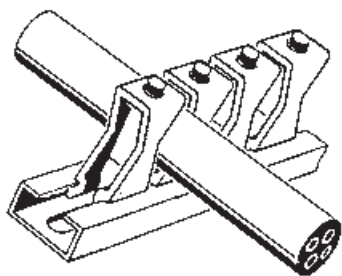
و نحوه‌ی قرار گرفتن کابل روی دیوار (عمودی - افقی) دارد. این فاصله به طور متوسط ۵۰ سانتی‌متر است، که برای کابل‌های با مقاطع کوچک و مسیرهای کوتاه تا ۳۰ سانتی‌متر کاهش می‌یابد و در مسیرهای طویل و کابل‌های با مقاطع بزرگ به ۸۰ سانتی‌متر نیز می‌رسد.

- باید توجه نمود که شکل قرار گرفتن بست‌ها، در حالتی که کابل‌ها به صورت عمودی روی دیوار نصب شده‌اند، می‌تواند به حالت افقی باشد.

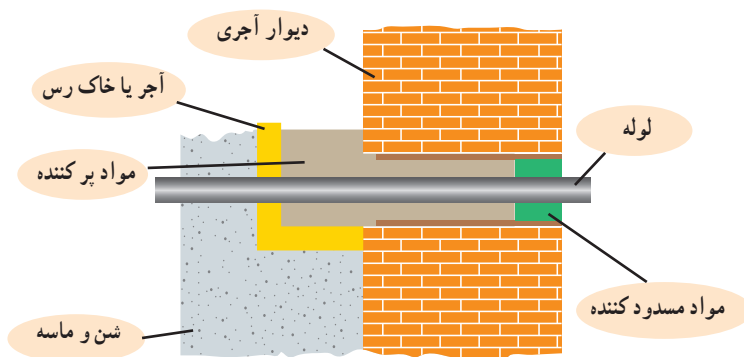


شکل ۲۸-۲- کابل‌کشی روی دیوار

شود و بعد از عبور کابل فاصله‌ی بین کابل و لوله توسط پارچه‌ی کنفی یا موادی دیگر کاملاً مسدود گردد.



شکل ۳۰-۲- کابل‌کشی روی دیوار

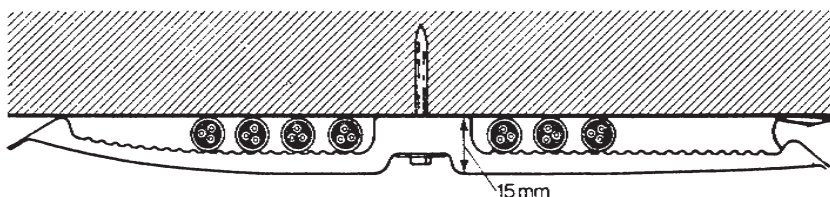


شکل ۲۹-۲- عبور کابل از میان دیوار از داخل لوله

- در مواردی که امکانات محل اجازه بدهد می‌توان کابل‌ها را بر روی پایه‌هایی که در داخل دیوار محکم شده‌اند قرار داد. در صورتی که کابل‌ها در زیر سقف قرار گرفته باشند می‌توان مانند شکل ۳۱-۲ عمل نمود.

در کابل‌کشی روی دیوار، فاصله‌ی کابل‌ها باید حتی‌الامکان به اندازه‌ی قطر کابل باشد.

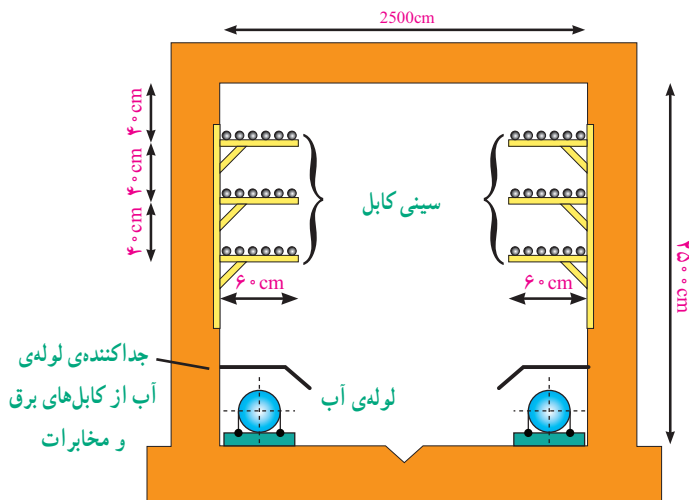
- فاصله‌ی بست‌ها از یکدیگر بستگی به قطر خارجی، طول



شکل ۳۱-۲- بست رکابی برای کابل‌کشی در زیر سقف



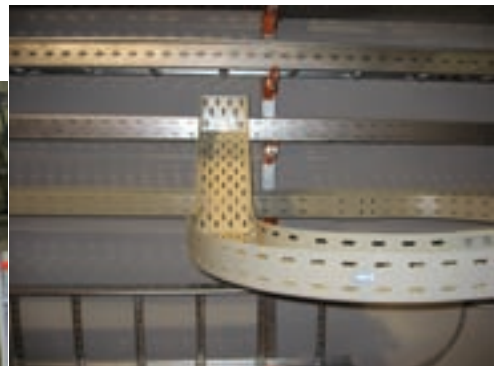
## ۹- نصب کابل روی سینی کابل



شکل ۲-۳۲

ابعاد سینی‌های کابل باید از نظر مکانیکی، با توجه به وزن کابل‌ها (هم‌چنین در صورت لزوم با در نظر گرفتن شرایط نصب، تعمیرات و رسیدگی)، انتخاب شود. ولی به طور کلی باید سینی‌های کابل از ورق گالوانیزه‌ی مشبک به ضخامت حداقل ۱/۵ میلی‌متر ساخته شود.

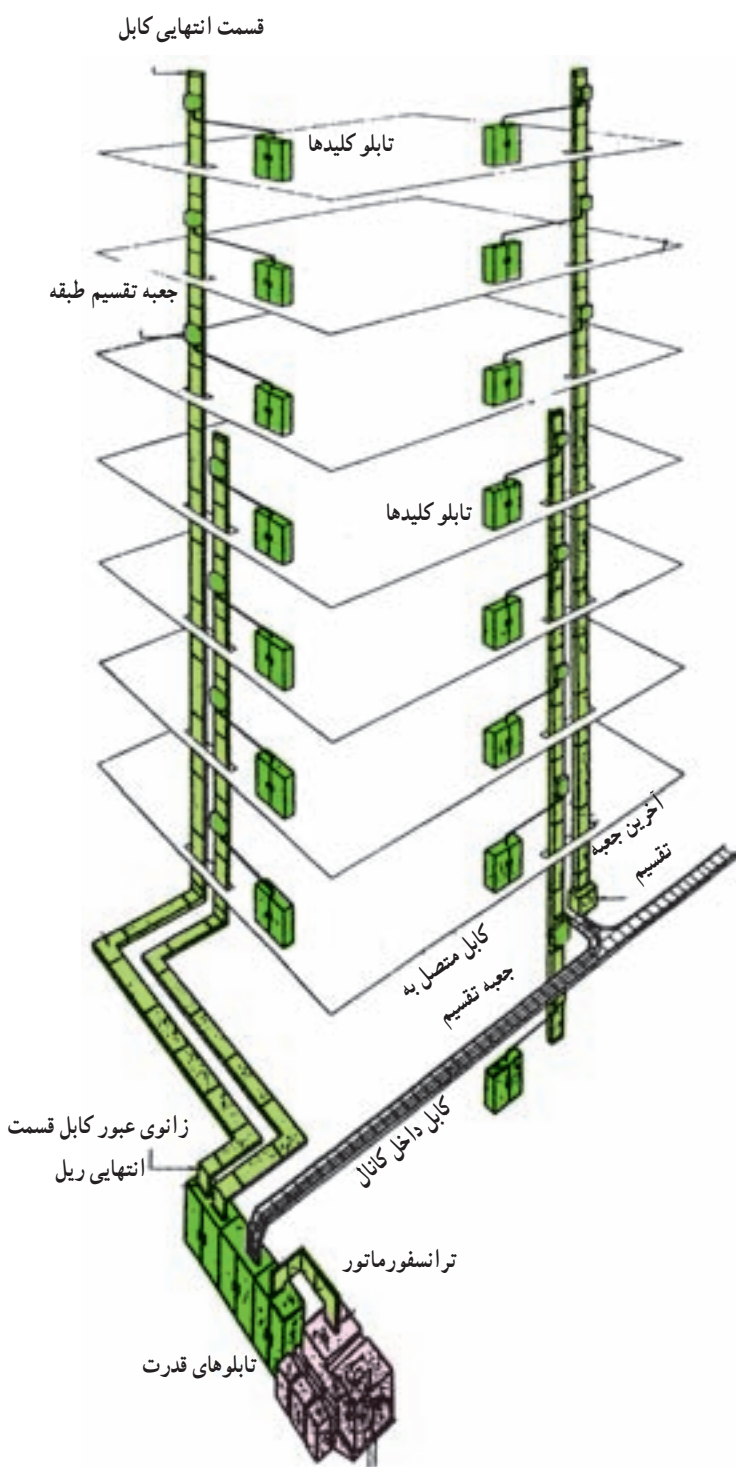
— سینی‌های کابل چند طبقه، باید با توجه به عرض آن به نحوی انتخاب شود که دسترسی به کابل‌ها حداقل از یک طرف امکان‌پذیر باشد و فاصله‌ی بین سینی‌های چند طبقه حداقل نصف عرض سینی بالایی باشد. این فاصله معمولاً (مطابق شکل ۲-۳۲) ۳۰ تا ۴۰ سانتی‌متر است. هنگام نصب کابل‌ها بر روی سینی کابل، باید در نزدیکی هر محل تغییر جهت، سه راه یا چهار راه با انتهای هر مسیر افقی یا قائم (هم‌چنین به فاصله‌ی ۱۰ متر در مسیرهای افقی و ۱/۵ متر در مسیرهای قائم به سینی‌ها) محکم شوند. شکل ۲-۳۲ یک نوع کانال اجرا شده و تصاویر شکل ۲-۳۳ چند نمونه سینی کابل و کابل‌کشی روی سینی در تأسیسات برقی را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۳۳



## ۱۰- نصب کابل در ساختمان‌های بلند و بزرگ



شکل ۲-۳۴- شمای کلی پخش انرژی در یک ساختمان چند طبقه

● در این گونه مراکز به سبب وسعت کار، هر یک از طبقات را یک واحد مستقل و در صورتی که طبقات خود به چند قسمت تقسیم شوند، هر قسمت را یک واحد مستقل در نظر می‌گیرند و براین اساس، سیم‌کشی داخل آن را طراحی می‌کنند. پس از این مرحله، انتقال انرژی از تابلو توزیع اصلی طراحی می‌شود. آنگاه، با توجه به مصرف هر واحد مستقل، محاسبات لازم را اجرا می‌کنند و به وسیله کابل، انرژی الکتریکی لازم را به تابلو فرعی یا جعبه تقسیم هر طبقه یا واحد می‌رسانند. باید سعی شود مسیر کابل‌ها برای تمامی طبقات در یک راستا قرار گیرد. برای تقسیم بار (چنانچه طبقات دارای چند واحد باشند) بیش از یک مسیر جهت انتقال انرژی و کابل‌کشی انتخاب می‌شود. در شکل ۲-۳۴ یک نمونه کابل‌کشی و استاندارد نشان داده شده است.

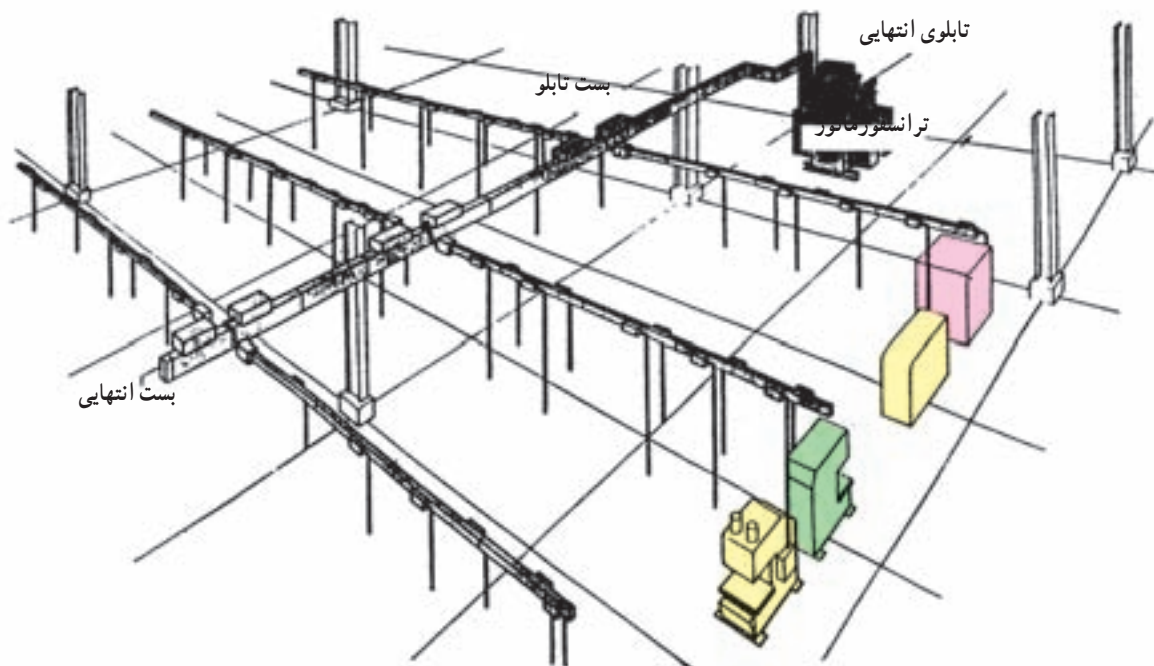
● در این گونه ساختمان‌ها، به دلیل وجود سازه‌های افقی و عمودی فلزی یا بتونی، محدودیت‌هایی برای عبور کابل‌ها و لوله‌های برقی وجود دارد. باید سعی شود کابل‌ها و سیم‌های برق از داخل کانال‌ها یا لوله‌های فولادی و یا پی.وی.سی. عبور کنند و در محل مناسب نصب شوند.

● مسیر لوله‌ها بر روی دیوارها معمولاً به صورت عمودی است. اما برای برق‌رسانی در مسیر افقی، به سبب برخورد با ستون‌های بتونی یا فلزی، معمولاً از کف ساختمان استفاده می‌شود و انشعاب‌های روشنایی از سقف‌ها صورت می‌گیرد. زمان کشیدن لوله‌ها در سقف طبقات ساختمان‌های بتونی و تیرچه بلوک قبل از بتن‌ریزی است.

● دیوارهای این گونه ساختمان‌ها، معمولاً جداکننده و دارای ضخامت کم‌اند. این دیوارها پس از زدن سقف، ساخته می‌شوند. از این رو، جهت عبور لوله‌ها و کابل‌ها و کانال‌های مربوطه، باید قبلاً دیوار مناسب را انتخاب کرد.

در برخی ساختمان‌ها مانند ادارات، بیمارستان‌ها و ...، به دلیل داشتن محدودیت‌هایی برای انجام کابل‌کشی، از روش‌های مختلفی استفاده می‌شود که انتخاب آن بستگی مستقیم به نوع سازه‌های ساختمان دارد. در برخی ساختمان‌ها، جهت کابل‌کشی از لوله‌های فولادی و پی.وی.سی استفاده می‌شود. در ساختمان‌هایی که دیوارهایی از چوب یا قالب‌های گچی یا پرسیانا (صفحات پلاستیکی) دارند، می‌توان، جهت قراردادن سیم‌ها و کابل‌های برق از ریل‌ها و کانال‌های پلاستیکی استفاده کرد. در شکل ۲-۳۵ بر روی دهانه‌ی این ریل‌ها کلید و پریز و وسایل لازم نصب شده است.

در برخی ساختمان‌ها مانند ادارات، بیمارستان‌ها و ...، به دلیل داشتن محدودیت‌هایی برای انجام کابل‌کشی، از روش‌های مختلفی استفاده می‌شود که انتخاب آن بستگی مستقیم به نوع سازه‌های ساختمان دارد. در برخی ساختمان‌ها، جهت کابل‌کشی از لوله‌های فولادی و پی.وی.سی استفاده می‌شود. در



شکل ۲-۳۵- کانال‌ها و ریل‌های قابل انشعاب

مطالعه‌ی  
آزاد

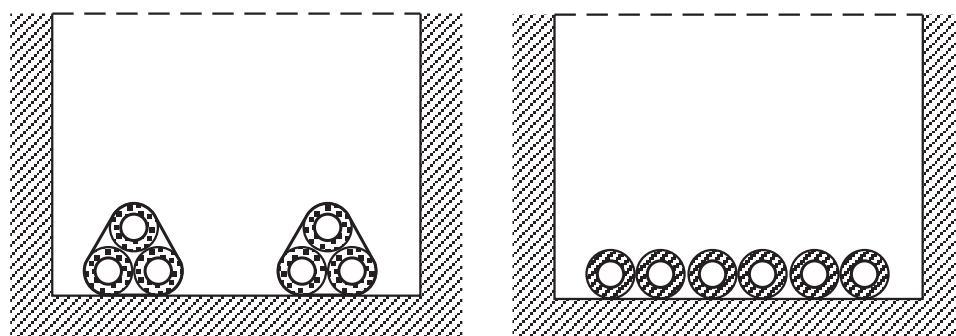
## ۱۱- نصب کابل در داخل کانال

– کانال‌های نصب کابل به صورت کلی در دو شکل کانال‌های خاکی و بتونی مورد استفاده قرار می‌گیرند. با این توضیح که کانال‌های بتونی خود به دو شکل کانال‌های کوچک و کانال‌های بزرگ (آدم‌رو) ساخته می‌شوند.

### ۱۱-۱- نصب کابل در کانال‌های بتونی

کانال‌های کابل کوچک معمولاً در موتورخانه‌ها، پست‌های برق، اتاق و یا سالن‌های مولد برق کاربرد دارد و باید دارای درپوش‌های قابل برداشت از آهن آجدار و با دستگیره‌ی مناسب در تمام طول کانال باشد. شکل ۲-۳۶ نحوه‌ی

قرار گرفتن ردیفی و مثلثی کابل‌ها در کانال‌های پیش‌ساخته را نشان می‌دهند.

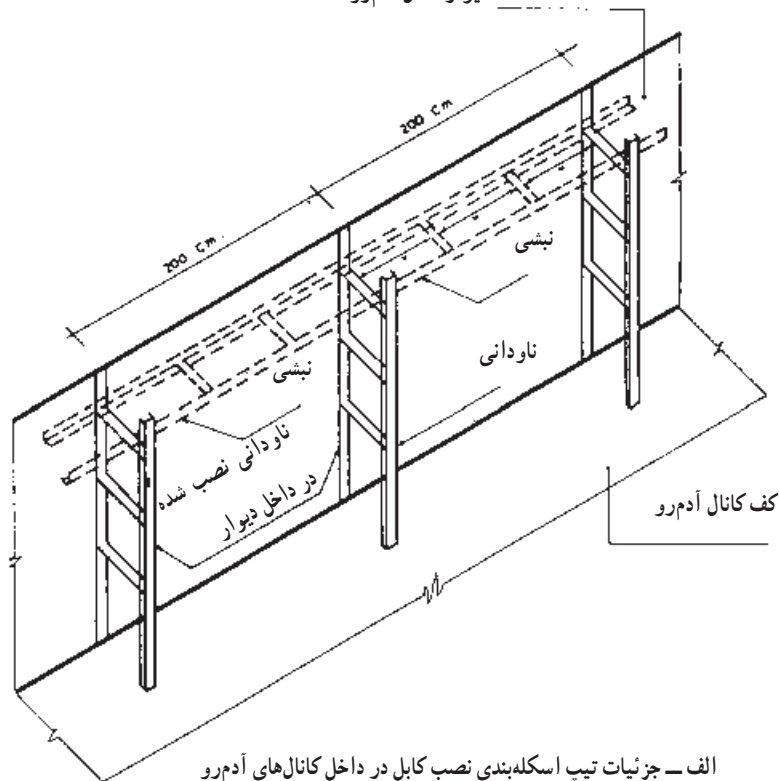


الف - آرایش ردیفی کابل‌ها در کانال‌های پیش‌ساخته      ب - آرایش مثلثی کابل‌ها در کانال پیش‌ساخته

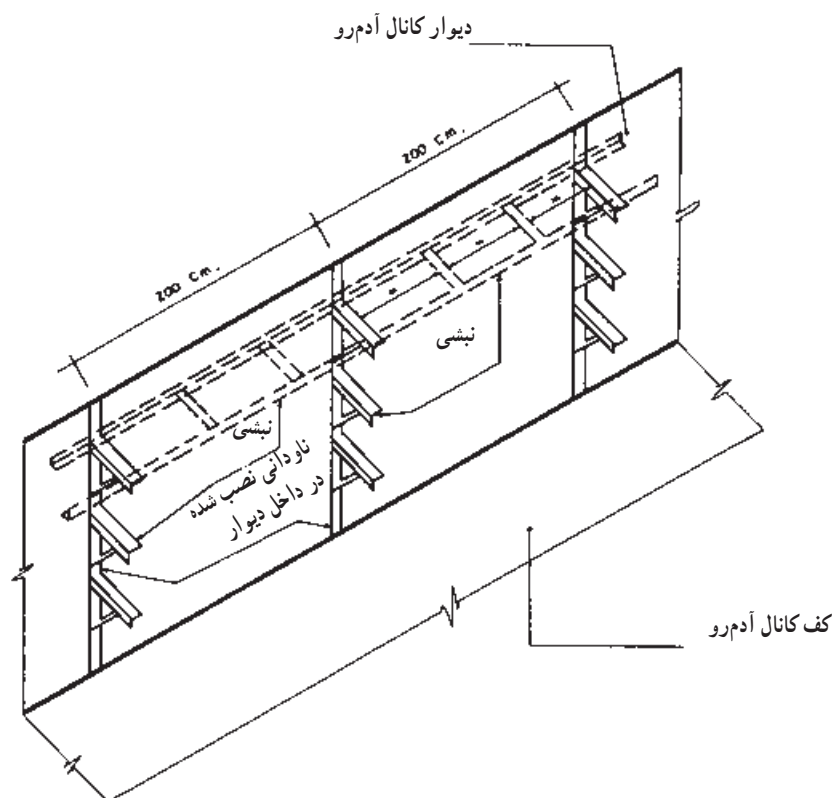
شکل ۳۶-۲

کانال‌های آدم‌رو از بتون پیش‌ساخته یا بتون درجا و با استحکام مناسب ساخته می‌شود و معمولاً برای هدایت آب احتمالی کف آن، شیبی برابر نیم الی یک درصد پیش‌بینی می‌کنند و برای آن‌ها کف‌شورهایی نیز در نظر گرفته می‌شود. برای نصب کابل در کانال‌های فوق، معمولاً از پایه‌های پیش‌ساخته‌ی گالوانیزه نصب شده در روی دیواره‌ی کانال و در تمام طول آن که روی آن‌ها سینی کابل نصب می‌شود، استفاده می‌گردد. کابل‌ها با فواصل معین و ترتیب خاصی روی سینی‌ها چیده می‌شوند. فاصله‌ی دو سینی موازی با هم باید طوری باشد که بتوان به راحتی در موقع لزوم بین آن‌ها کار کرد. این نوع کانال‌ها در تیپ‌های مختلف ساخته می‌شود. در شکل ۳۷-۲ دو تیپ اسکله‌بندی و بازوبندی نشان داده شده است.

دیوار کانال آدم‌رو



الف - جزئیات تیپ اسکله‌بندی نصب کابل در داخل کانال‌های آدم‌رو



ب - جزئیات تیپ بازوبندی نصب کابل در داخل کانال‌های آدمرو

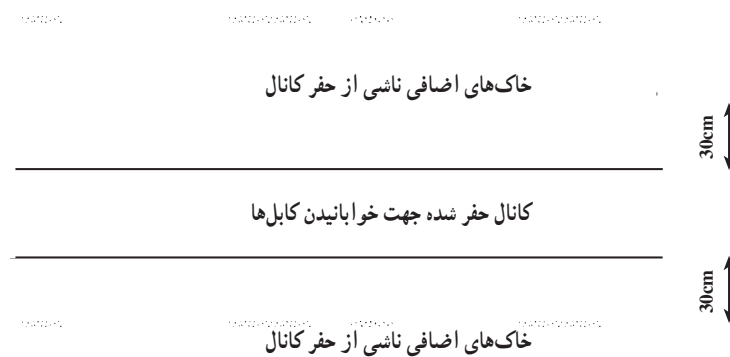
شکل ۳۷-۲

— کابل‌هایی که در هر کانال نصب می‌شوند باید به تعدادی باشند که نصب آن‌ها به آسانی میسر باشد و تعمیر و تعویض آن‌ها نیز به سهولت انجام گیرد. در مواردی که مجاری کابل (در انتهای خود) در معرض تغییر زیاد درجه‌ی حرارت قرار می‌گیرند (مانند سردخانه‌ها یا منابع حرارتی)، باید قسمت مناسبی از مجاری به نقطه‌ی تبدیل اختصاص یابد و از گردش هوا بین قسمت‌های سرد و گرم جلوگیری شود.

کلیه‌ی کانال‌های آدمرو باید دارای سیستم روشنایی مناسب و پریزهای برق در فواصل حداکثر ۶ متر باشد. همچنین در صورت امکان برای تماس با خارج از کانال، در صورت لزوم پریزهای تلفن در فواصل معینی (از ۲۰ متر تا ۵۰ متر) نصب شود. در کانال‌های آدمرو، در صورتی که علاوه بر تأسیسات برقی از تأسیسات مکانیکی نیز استفاده می‌شود، باید حتی‌الامکان تأسیسات مکانیکی در پایین‌ترین سطح با جداکننده از کابل‌های برق قرار گیرند و یا در یک دیواره‌ی تأسیسات برقی و در دیواره‌ی مقابل تأسیسات مکانیکی نصب گردد.

## ۲-۱۱- کانال‌های خاکی کابل

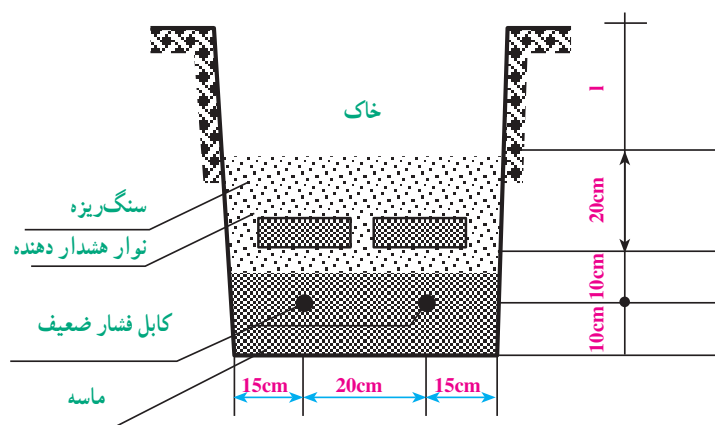
جهت نصب و استقرار کابل‌های مختلف در داخل خاک (روش دفنی)، کانال‌های خاکی را به مقطع دوزنقه می‌سازند. دلیل این کار جلوگیری از ریزش کردن دیواره‌ی کانال و همچنین استحکام دیواره‌ی کانال است. خاک‌های برداشته باید به فاصله‌ی ۳۰ سانتی‌متر دورتر از لبه‌ی کانال ریخته شود، تا هرگونه فعالیت آزاد برای خواباندن کابل امکان‌پذیر باشد (شکل ۳۸-۲).



شکل ۲-۳۸

عرض کانال حفر شده (به منظور نصب کابل‌های زیرزمینی)، به تعداد کابل‌هایی بستگی خواهد داشت که در مجاورت هم قرار می‌گیرند. عرض کانال، برای دو رشته کابل،  $50^\circ$  سانتی‌متر است. همچنین عمق کانال برای نصب کابل از سطح زمین به تعداد کابل‌هایی بستگی دارد که روی هم قرار می‌گیرند. در هر حال فاصله‌ی بالاترین کابل فشار ضعیف زیرزمینی از سطح زمین پیاده‌رو نباید از  $60^\circ$  سانتی‌متر کمتر باشد.

در شکل ۲-۳۹ جزئیات کانال خاکی جهت نصب کابل‌ها آورده شده است. اگر نصب در زیر سطح خیابان صورت گیرد عمق کانال از سطح خیابان نباید کمتر از یک متر باشد.



شکل ۲-۳۹ جزئیات کانال خاکی جهت نصب کابل فشار ضعیف در یک ردیف افقی

در صورتی که تعداد کابل‌ها زیاد باشد معمولاً باید، با فاصله‌ی  $20^\circ$  سانتی‌متر نسبت به هم، نصب شوند.

جدول ۲-۴، ارتفاع مقدار خاک لازم برای پر کردن کانال (پس از نصب کابل) و جدول ۲-۵، عمق کانال خاکی را نشان می‌دهد.

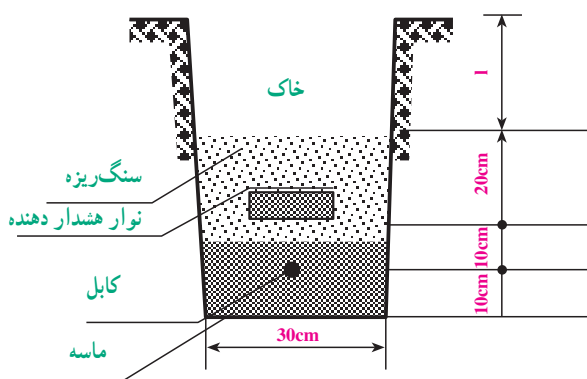
جدول ۲-۵- عمق کانال خاکی برحسب ولتاژ کابل

ردیف	ولتاژ برحسب کیلو ولت	عمق کانال برحسب سانتی متر (h)
۱	۱	۸۰
۲	۱۰	۱۰۰
۳	۲۰	۱۲۰

جدول ۲-۴- ارتفاع خاک ریزی در کانال

فشار ضعیف	تا ۲۰ کیلو ولت
۳۰ cm	۶۰ cm

برای نصب کابل‌ها در داخل کانال خاکی، ابتدا لازم است کف کانال کاملاً صاف، تمیز و کوبیده شده باشد. سپس، حداقل ۱۰ سانتی‌متر، ماسه‌ی نرم در گودال ریخته و کابل روی آن خوابانده شود. مجدداً روی کابل، حداقل ۱۰ سانتی‌متر، ماسه‌ی نرم بریزند و سپس، به منظور حفاظت از کابل، یک ردیف آجر به عرض ۲۲ سانتی‌متر یا یک ردیف بلوک سیمانی بر روی این لایه بچینند. سپس یک نوار پلاستیکی هشداردهنده، که روی آن عبارت توجه! مسیر کابل نوشته شده است، بکشند و روی مجموعه، تا ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر، سنگ‌ریزه و سپس روی آن خاک معمولی بریزند و آن را بکوبند (شکل ۲-۴۰).



شکل ۲-۴۰- جزئیات کانال خاکی جهت نصب کابل





## کار عملی ۲

هدف : کابل کشی روی دیوار و سقف  
وسایل و مواد مورد نیاز

ردیف	وسایل و مواد	تعداد
۱	کابل $4 \times 4 \text{ mm}^2$	به مقدار لازم
۲	نبشی	به مقدار لازم
۳	بست آویز	به مقدار لازم
۴	رول پلاک	به مقدار لازم
۵	دریل دستی	۱ دستگاه
۶	پیچ چوب	به مقدار لازم
۷	خط کش	۱ عدد
۸	قیچی کابل بر	۱ دستگاه
۹	چکش فلزی	۱ عدد
۱۰	پیچ گوشتی	۱ عدد

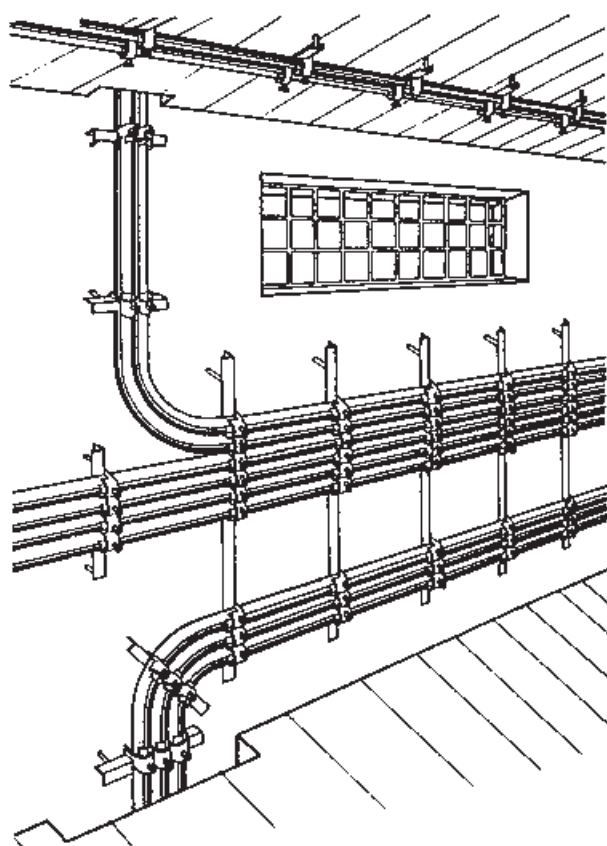
### نکات ایمنی

– هرگز به جای نردبان دوطرفه از وسایل غیرمجاز استفاده نکنید.

– برای سوراخ کاری روی دیوار، مته الماسه‌ی مناسب انتخاب کنید و، با استفاده از آچار سه نظام، مته را روی دریل کاملاً سفت کنید.

– موقع روشن کردن دریل و کار با آن مواظب باشید کاملاً عمود بر سطح قرار گیرد و فشار مناسب به آن وارد کنید.

۲- متناسب با امکانات موجود، کابل کشی را مطابق شکل ۲-۴۲ روی دیوار و سقف اجرا کنید.



شکل ۲-۴۲- کابل کشی روی دیوار و سقف

چند نمونه ابزار کار در شکل ۲-۴۱ نشان داده شده است.



شکل ۲-۴۱- چند نمونه ابزار کار

### مراحل کار

۱- کابل  $4 \times 4 \text{ mm}^2$  انتخاب کنید و، با در نظر گرفتن فاصله‌ی بست‌های آویز از هم دیگر به اندازه‌ی  $300 \text{ mm}$  و محاسبه‌ی شعاع‌های انحنای کابل‌ها، مقدار طول کابل‌ها را محاسبه کنید.

ساعات آموزش		
نظری	عملی	جمع
۵	۲۷	۳۲

## راه اندازی موتورهای الکتریکی با کلیدهای دستی

هدف‌های رفتاری : هنرجو باید در پایان این فصل بتواند :

- ۱- ساختمان کلید و قسمت‌های اصلی آن را شرح دهد.
- ۲- انواع کلیدهای دستی سه فاز را نام ببرد.
- ۳- ساختمان و طرز کار کلیدهای گردان دستی سه فاز زبانهای را شرح دهد.
- ۴- مفهوم علائم اختصاری کلیدهای گردان زبانهای را شرح دهد.
- ۵- مدار داخلی انواع کلیدهای گردان سه فاز زبانهای را با استانداردهای VDE و IEC رسم کند (1-0، چپ‌گرد- راست‌گرد، ستاره مثلث).
- ۶- موتورهای سه فاز را به وسیله‌ی کلید زبانهای (0،1) راه اندازی کند.
- ۷- موتور سه فاز را به وسیله‌ی کلید زبانهای (1، 0، 2) چپ‌گرد، راست‌گرد، راه اندازی کند.
- ۸- موتور سه فاز را به صورت ستاره مثلث به وسیله‌ی کلید زبانهای راه اندازی کند.
- ۹- موتور سه فاز را به صورت ستاره مثلث چپ‌گرد و راست گرد به وسیله‌ی کلید زبانهای راه اندازی کند.
- ۱۰- موتور سه فاز دو سرعته (سیم پیچ جداگانه یا دالاندر) را به وسیله‌ی کلید زبانهای راه اندازی کند.
- ۱۱- یک موتور یک فاز با سیم پیچ راه انداز را به وسیله‌ی کلید زبانهای راه اندازی کند.
- ۱۲- کنتور سه فاز اکتیو و رآکتیو را در مدار ببندد.

### مقدمه

است؛ اما از آن جا که هنوز بخش عظیمی از دستگاه‌های موجود از کلیدهای دستی گردان یک فازه و سه فازه استفاده می‌کنند و به تعویض، تعمیر و یا تبدیل به سیستم‌های جدید نیاز دارند، ضروری است که هنرجویان با ساختمان ، طرز کار، کاربرد و همچنین با نقشه‌های فنی مدار داخلی آن‌ها آشنا شوند و مهارت‌های لازم را به دست آورند. این مهارت‌ها یکی از مشاغل بازار کشور را تشکیل می‌دهد.

بهره‌برداری مطمئن و بدون وقفه از انرژی الکتریکی تا اندازه‌ی زیادی به خصوصیات و طرز کار وسایل کنترل کننده -از جمله کلیدها- بستگی دارد. در سال‌های اخیر تولیدکنندگان تجهیزات الکتریکی، براساس نیاز بازار، انواع کلیدها را با خواص الکتریکی و مکانیکی هماهنگ با شرایط بهره‌برداری و جنبه‌های اقتصادی تولید کرده‌اند. پیشرفت صنعت اتوماسیون نیاز به کلیدهای دستی یک فاز و سه فاز را در صنایع پیشرفته کم کرده

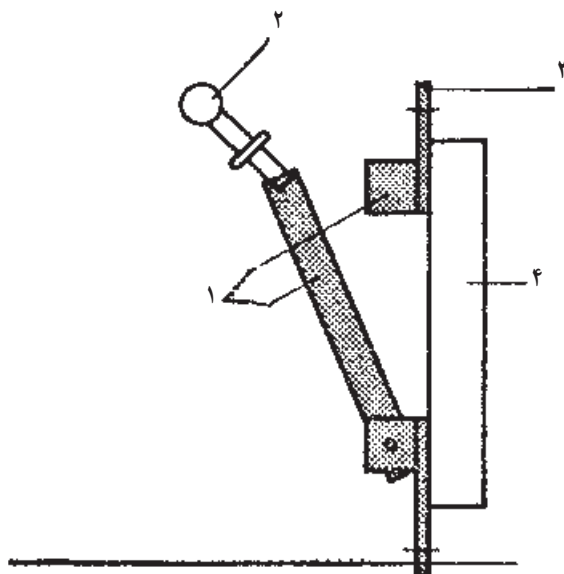
## ۱- ساختمان کلید

برعهده دارند. اما کنتاکت‌ها، به دلیل تحمل تنش‌های مکانیکی هنگام قطع و وصل و تنش‌های الکتریکی ناشی از نوع بار الکتریکی<sup>۱</sup> و تغییرات مقدار بار<sup>۲</sup> در طول زمان، از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. ساخت کنتاکت‌ها، با توجه به جنس خاص و سرعت قطع و وصل و شکل آن‌ها، به تخصص‌های مختلف و تکنولوژی ویژه‌ای نیاز دارد.

اگر چه کلیدهای الکتریکی، با توجه به شرایط کاری و کاربردهای مختلف، از نظر شکل و اندازه‌ی ساختمانی اختلافات زیادی دارند، اما هر کلیدی (مطابق شکل ۳-۱) اجزای اصلی را داراست.

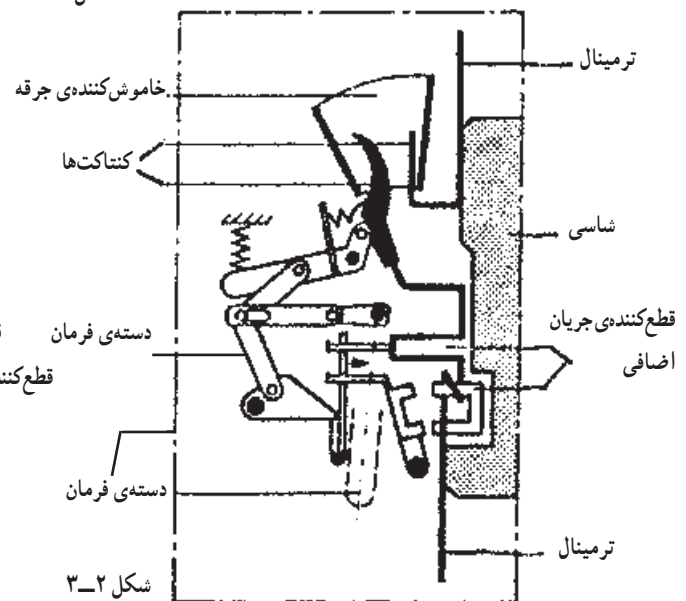
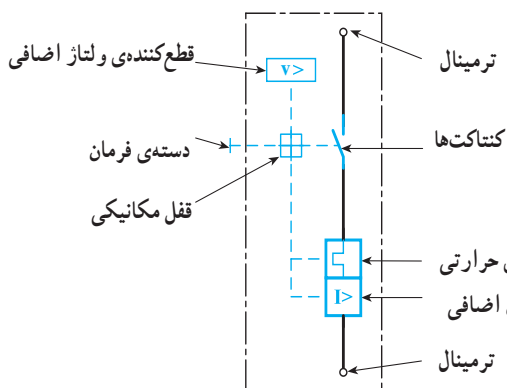
شکل ۳-۲، قسمت‌های یک کلید فشار ضعیف را، کامل‌تر از نوع قبلی، نشان می‌دهد.

هر کدام از اجزای کلید نقش عمده و اساسی را در کلید



- ۱- کنتاکت‌های ثابت و متحرک
- ۲- دسته فرمان قطع و وصل
- ۳- ترمینال‌های اتصال ورودی و خروجی
- ۴- شاسی نصب قطعات
- ۵- قاب محافظ

شکل ۳-۱



شکل ۳-۲

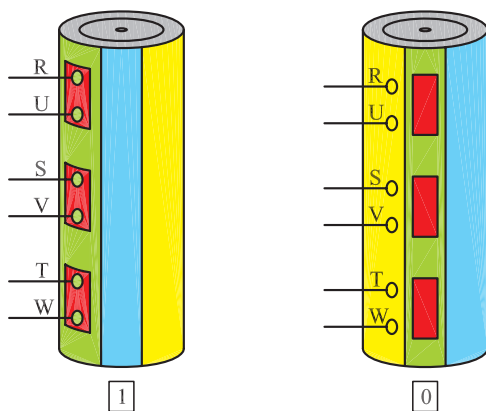
۱- بارهای الکتریکی اهمی، سلفی، خازنی یا ترکیبی از آن‌ها

۲- در بعضی از مصرف‌کننده‌ها مقدار مقاومت ظاهری (امپدانس) در طول زمان تغییر می‌کند؛ مانند مقاومت فیلامان لامپ‌ها

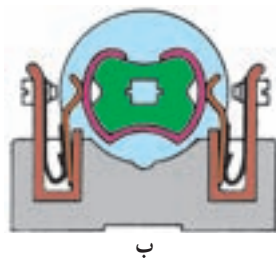
## ۲- انواع کلیدهای ساده

استوانه (حول محور آن) کنتاکت‌های ثابتی را به یکدیگر وصل یا از همدیگر قطع می‌کند.

اگر قسمت‌های فرو رفته‌ی استوانه در جلوی کنتاکت‌های ثابت قرار بگیرند، حالت قطع کلید و اگر قسمت‌های برآمده در جلوی کنتاکت‌های ثابت قرار بگیرند، حالت وصل کلید اتفاق می‌افتد. عمر مفید این کلیدها به دلیل تماس زیاد کنتاکت‌ها کم است؛ از این‌رو، امروزه از آن‌ها در صنعت کم‌تر استفاده می‌شود.



الف - نحوه‌ی عمل یک کلید غلتکی با حروف قدیم



شکل ۳-۴

## کلید زبان‌های

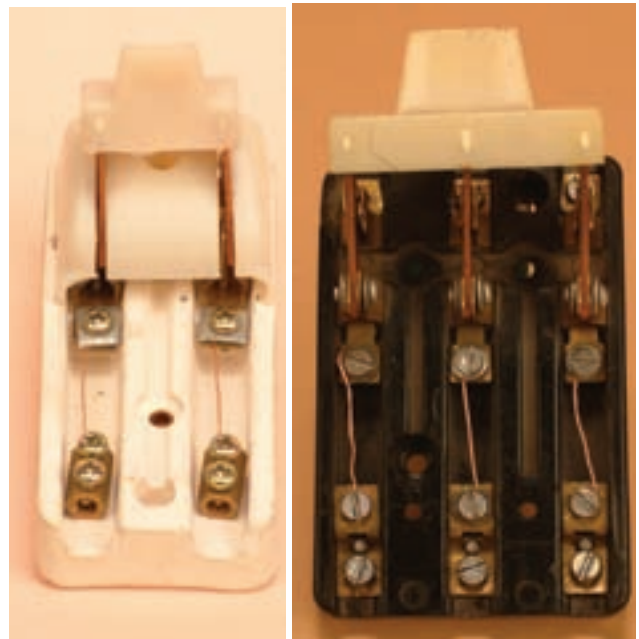
امروزه در صنعت از کلیدهای زبان‌های، به دلیل مزایای زیاد آن‌ها نسبت به دو نوع دیگر، استفاده‌ی بیشتری می‌شود (چون نسبت به کلید غلتکی عمر زیادتری دارد و نسبت به کلید اهرمی جریان بیشتری را از خود عبور می‌دهد).

در این کلید (مطابق شکل ۳-۵) به جای استفاده از نوارهای هادی و تیغه‌های ثابت، استوانه را طوری طراحی می‌کنند که چندین برجستگی و فرورفتگی داشته باشد و با حرکت استوانه به‌دور محور

از نظر ساختمان، کلیدها را به صورت اهرمی، غلتکی و زبان‌های می‌سازند. در زیر ساختمان هر یک از آن‌ها توضیح داده شده است.

## کلید اهرمی

این کلیدها (مطابق شکل ۳-۳) دارای انواع مختلف یک فاز، دو فاز و سه فازند. در این کلیدها، نیرو به وسیله‌ی یک اهرم به تیغه‌های متحرک کلید وارد می‌شود و آن‌ها را به کنتاکت‌های ثابت وصل می‌کند. از این کلیدها بیش‌تر در مدارهای جریان کم استفاده می‌شود. در صنعت به آن «کلید چاقویی» یا «کلید کاردی» می‌گویند. در برخی از این کلیدها فیوز نیز تعبیه شده است.



شکل ۳-۳

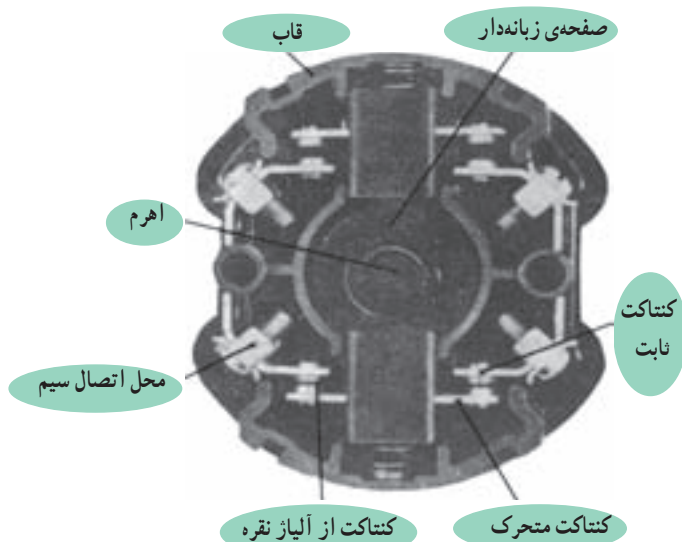
## کلید غلتکی

این کلید (مطابق شکل ۳-۴) از یک استوانه‌ی عایق ساخته شده است که حول محوری به صورت غلتک دوران می‌کند. بر روی استوانه نوارهای هادی‌ای قرار گرفته‌اند که با حرکت

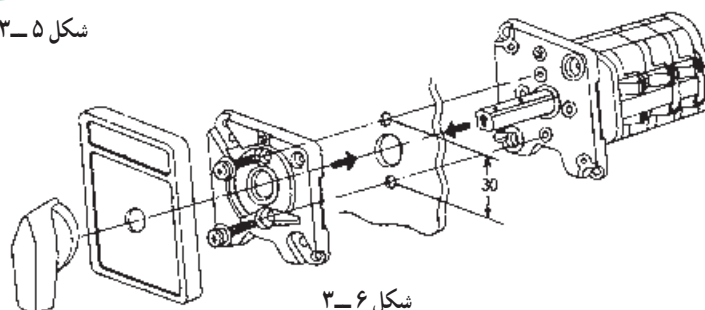
خود، زبانه بالا و پایین برود. زبانه‌ی مزبور کنتاکت‌های متحرک (پلاتین) را به کنتاکت‌های ثابت، وصل یا از آن‌ها جدا (قطع) می‌کند. کلید زبانه‌ای به صورت‌های توکار و روکار ساخته می‌شود. در صنعت به این کلیدها «کلید سلکتور» هم می‌گویند.

در کلیدهای زبانه‌ای، علاوه بر اتصالات داخلی، ممکن است در خارج نیز چند پیچ به وسیله‌ی یک قطعه فلز مسی ثابت به یکدیگر اتصال یابند.

در شکل ۳-۶ نمای ظاهری یک کلید سلکتور (زبانه‌ای) و اجزای تشکیل دهنده‌ی آن نشان داده شده است.



شکل ۳-۵



شکل ۳-۶

### ۳- کاربرد کلیدهای دستی

این کلید براساس کاربردهای زیر در انواع مختلفی تولید و به بازار عرضه می‌شوند:

۱- قطع و وصل ساده (۱-۰)؛

۲- تغییر اتصال موتورهای الکتریکی (ستاره، مثلث)؛

۳- تغییر جهت گردش موتورهای الکتریکی (چپ‌گرد، راست‌گرد)؛

۴- تغییر سرعت موتورهای الکتریکی (کند، تند)؛

۵- ترکیبی از مراحل فوق (چپ‌گرد، راست‌گرد، ستاره، مثلث)؛

۶- انتخاب‌کننده‌های فاز (کلید ولت‌متر).

در بازار کلیدهای دیگری وجود دارند که برای مصارف خاص صنعتی و عمومی ساخته می‌شوند. در این فصل شما با ساختمان، طرز کار و رسم مدار داخلی کلیدهای صنعتی آشنا می‌شوید و در کارگاه روش اتصال آن‌ها را به مصرف‌کننده‌ها به صورت عملی فرا می‌گیرید.

نام کلید	تصویر
قطع و وصل ساده (۱-۰)	
معکوس کننده‌ی جهت گردش موتور (چپ‌گرد، راست‌گرد) (۲-۰ - ۱)	
ستاره - مثلث (Δ-۱-۰)	
ستاره - مثلث، چپ‌گرد، راست‌گرد (Δ-۱-۰-۱-Δ)	
چند سرعت (۲-۱-۰) و (۳-۲-۱-۰)	
راه‌اندازی موتورهای تک فاز	
انتخاب کننده‌ی فاز (برای دستگاه‌های اندازه‌گیری) (مانند کلید ولت‌متر)	

به منظور به روز کردن اطلاعات هنجریان، استانداردهای جدید همراه استانداردهای قدیم آورده شده است. هنجریان برای هماهنگ شدن با شرایط جدید تکنولوژی و نوآوری‌های صنعتی باید استانداردهای جدید و قدیم را فراگیرند و برای تبدیل نقشه‌های قدیمی و جدید به یکدیگر مهارت‌های لازم را کسب کنند.

## ۴- اتصال موتورهای الکتریکی سه فاز به شبکه‌ی برق با کلید قطع و وصل (0-1)

شمای حقیقی و فنی: در شکل ۷-۳، شمای حقیقی و

فنی کلید زبانهای برای راه‌اندازی یک موتور سه فاز نشان داده شده است.

با توجه به نقشه‌ی این مدار در استاندارد IEC، سه فاز L۱،

L۲ و L۳ به ترمینال‌های ۱ و ۳ و ۵ اتصال می‌یابد و ترمینال‌های

خروجی ۲، ۴ و ۶ به سرهای موتور U۱، V۱ و W۱ متصل می‌شوند.

اصول کار: کلید زبانهای (0-1) دو حالت قطع و وصل

دارد. برای راه‌اندازی موتور سه فاز یک بار باید سه فاز L۱، L۲

و L۳ را به سرهای U۱، V۱ و W۱ در موتور اتصال دهد و در

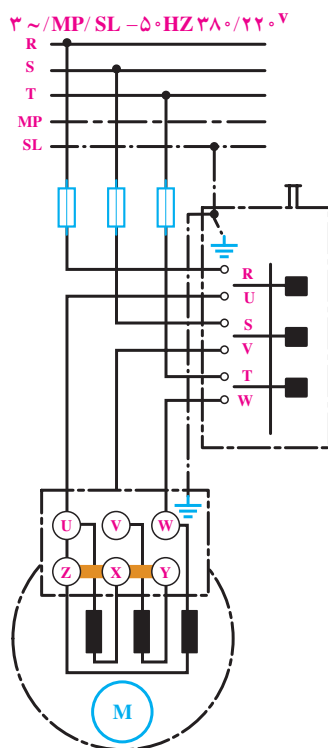
حالت دوم باید این اتصال را قطع کند. حالت کاری این کلید به

صورت زیر است:

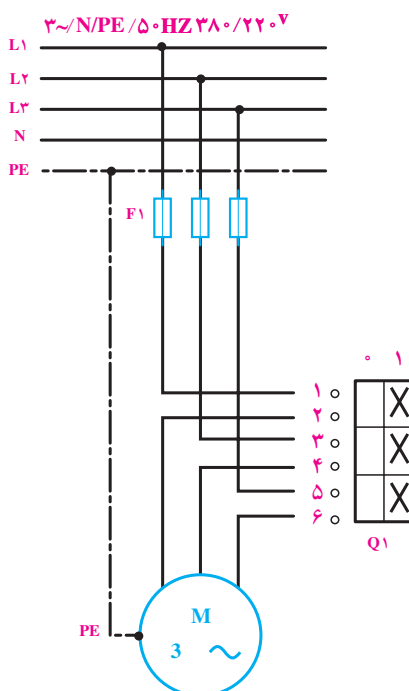
L۱ → U۱

L۲ → V۱

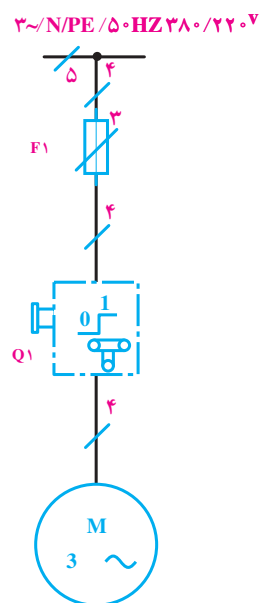
L۳ → W۱



ج- شمای حقیقی (استاندارد قدیم VDE)



ب- شمای حقیقی (استاندارد IEC)



الف- شمای فنی (استاندارد IEC)

شکل ۷-۳

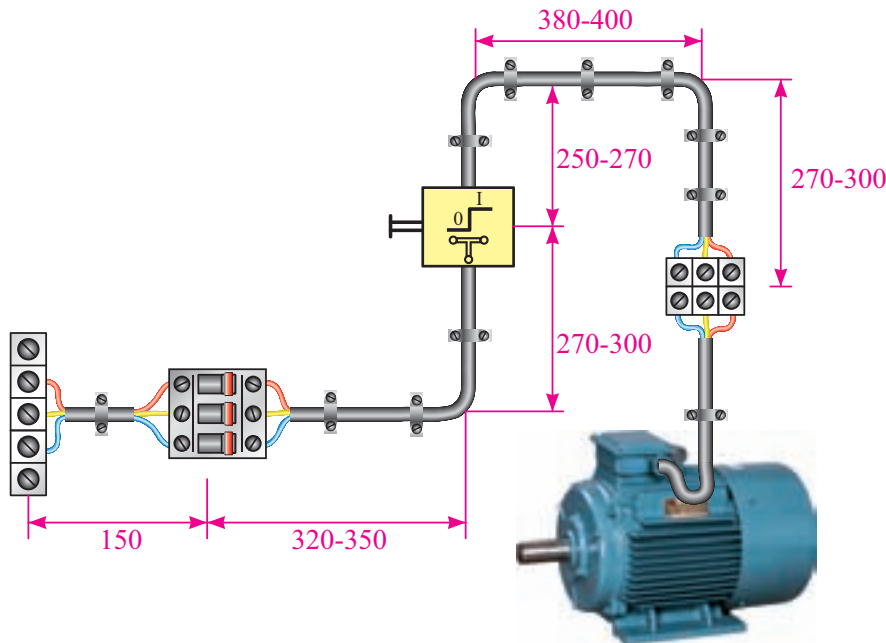


## کار عملی ۱

می‌کنید.

با رعایت اندازه‌های داده شده روی شکل، مدار را اتصال دهید و پس از تأیید مربی، مدار را در حالت وصل قرار دهید و موتور سه‌فاز آسنکرون توسط کلید زبان‌های (۱-۰) را مشاهده

هدف : راه‌اندازی یک موتور سه‌فاز را با کلید زبان‌های (۱-۰). در شکل ۳-۸، نحوه‌ی کابل‌کشی و برق‌رسانی به یک موتور سه‌فاز آسنکرون توسط کلید زبان‌های (۱-۰) را مشاهده



شکل ۳-۸

## ۵- تغییر جهت گردش موتورهای سه فاز

$$\begin{cases} L1 \longrightarrow U1 \\ L2 \longrightarrow V1 \\ L3 \longrightarrow W1 \end{cases}$$

در حالت راست‌گرد

(جای دو سر سیم عوض می‌شود)

$$\begin{cases} L1 \longrightarrow V1 \\ L2 \longrightarrow U1 \\ L3 \longrightarrow W1 \end{cases}$$

در حالت چپ‌گرد

در خیلی از موارد دستگاه‌های الکتریکی نظیر ماشین تراش، بالابرها، نقاله‌ها و ... نیازمند تغییر جهت گردش از راست‌گرد به چپ‌گرد یا به‌عکس‌اند.

اصول کار : کلید دارای سه حالت (0) قطع، (1) چپ‌گرد و (2) راست‌گرد است.

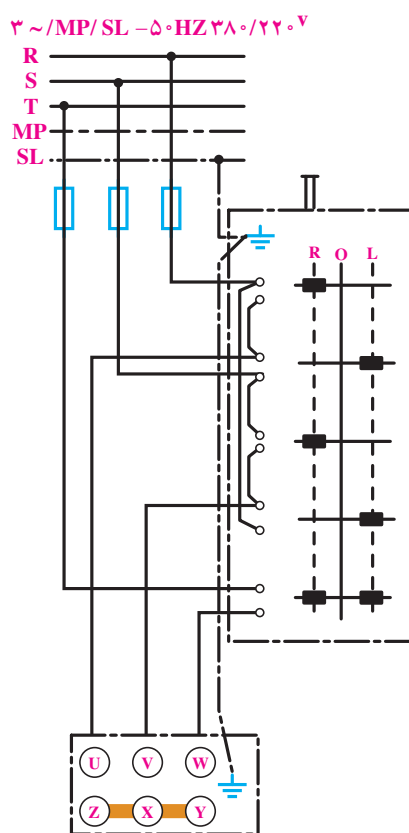


مشاهده می‌شود که در یک فاز مشترک‌اند و می‌توان به رابطه کلی زیر دست یافت :

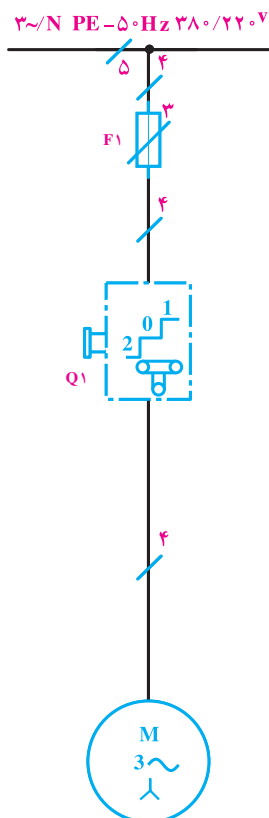
$$\begin{array}{l} \underline{L} \qquad \qquad \underline{R} \\ V1 \longrightarrow L1 \longrightarrow U1 \\ U1 \longrightarrow L2 \longrightarrow V1 \\ W1 \longrightarrow L3 \longrightarrow W1 \end{array} \quad \text{فاز مشترک}$$

کلیدهای زبانهای چپ‌گرد و راست‌گرد در دو نوع موقت کار و دائم کار ساخته می‌شوند. نوع موقت کار برای راه‌اندازی جراثقال‌ها در کارخانجات مورد استفاده قرار می‌گیرد. موقت کار تا زمانی که دست روی کلید است کار می‌کند. شکل ۹-۳ شمای حقیقی و فنی کلید چپ‌گرد-راست‌گرد زبانهای را نمایش داده است.

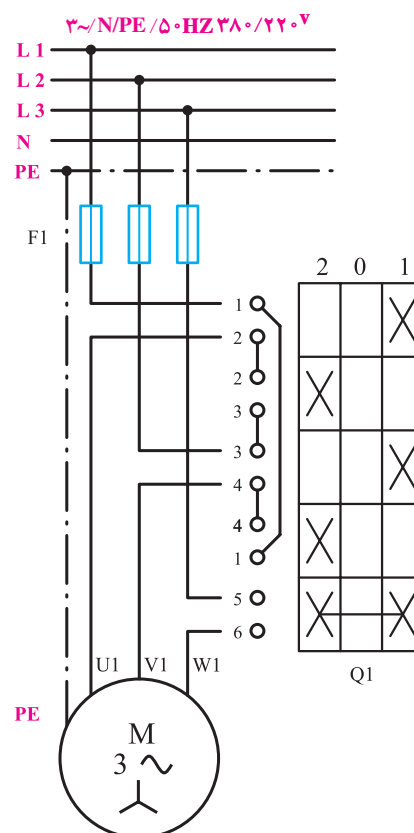
از مقایسه‌ی حالت‌های چپ‌گرد و راست‌گرد با یکدیگر



ج - شمای حقیقی (استاندارد قدیم VDE)



ب - شمای فنی (استاندارد IEC)



الف - شمای حقیقی (استاندارد IEC)

شکل ۹-۳



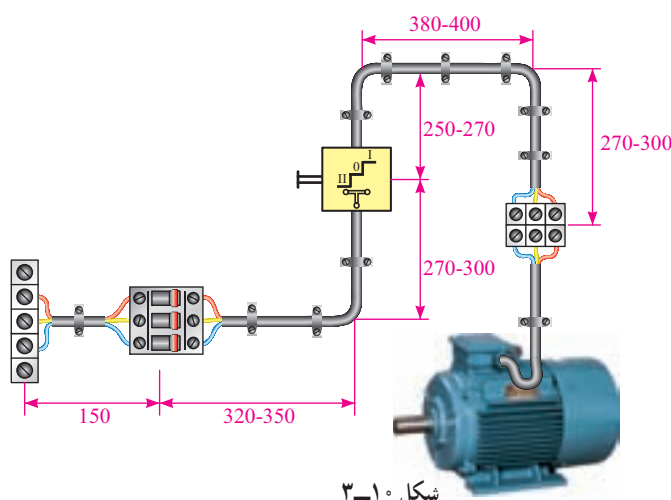
پرسش :

- ۱- اگر یکی از فازهای مدار چپ گرد - راست گرد یک موتور سه فاز قطع باشد، هنگام وصل کلید، موتور در چه جهتی گردش خواهد کرد؟ چرا؟
- ۲- اگر یکی از فازهای موتور سه فاز در حین کار قطع شود، در صورت تغییر حالت کلید (از چپ به راست) چه اتفاقی خواهد افتاد؟ چرا؟
- ۳- کاربردهایی از مدار تغییر جهت گردش موتورها در صنعت را بنویسید.

**هدف :** راه اندازی موتور سه فاز به صورت چپ گرد - راست گرد با کلید زبانه ای (2-0-1)

در شکل ۱-۳، نحوه ی کابل کشی و برق رسانی به یک موتور سه فاز آسنکرون توسط کلید زبانه ای (2-0-1) را مشاهده می کنید. با رعایت اندازه های داده شده روی شکل، مدار را اتصال دهید و پس از تأیید مری، با قرار دادن مدار در حالت وصل، موتور را راه اندازی کنید.

- قبل از آزمایش مدار، قسمت های مختلف آن را از لحاظ رعایت نکات ایمنی بررسی کنید.



شکل ۱-۳

## ۶- راه اندازی موتورهای سه فاز به صورت ستاره مثلث

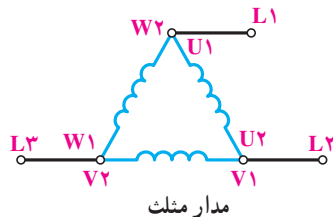
موتور نیز بالا خواهد رفت).  
به همین دلیل است که موتورهای با قدرت پایین را مستقیماً به شبکه وصل می کنند و موتورهای دارای جریان بالا و قدرت زیاد را توسط روش های راه اندازی، جریان آن ها را کنترل می کنند، یکی از این روش های راه اندازی موتورهای سه فاز، اتصال ستاره مثلث است و این روش را در موتورهای استفاده می کنند که می توانند در شبکه مورد نظر اتصال مثلث داشته باشند و با استفاده از مدارهای ستاره مثلث به شبکه اتصال می دهند.

برای این که یک موتور از حالت سکون به دور نامی برسد، آن را با وسایلی که «راه انداز» نامیده می شود به کار می اندازند. اگر موتورهای الکتریکی با قدرت بالا را مستقیماً به شبکه وصل کنیم، جریان راه اندازی حدود ۴ تا ۷ برابر جریان نامی از شبکه دریافت می کند؛ در نتیجه احتمال دارد سیم های رابط و وسایل حفاظتی صدمه ببینند. به همین جهت موتورها را به گونه ای راه اندازی می کنند که بتوان جریان راه اندازی را کنترل و آن را محدود کرد (البته هر چه جریان راه اندازی بیش تر باشد گشتاور راه اندازی

جدول ۳-۱ طرز اتصال موتورهای سه فاز با قدرت های نامی مختلف به شبکه را نشان می دهد.

جدول ۳-۱- طرز اتصال موتورهای سه فاز با قدرت های نامی مختلف به شبکه

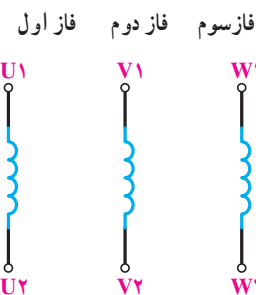
روش های راه اندازی	قدرت نامی	
	در شبکه ۲۳۰ V	در شبکه ۴۰۰ V
راه اندازی به صورت مستقیم	۳ kw تا ۱/۵ kw	۴ kw تا ۲/۲ kw
راه اندازی به صورت ستاره مثلث	۵/۵ kw تا ۳ kw	۱۱ kw تا ۴ kw



## کنترل جریان راه اندازی با استفاده از مدار ستاره مثلث

همان طور که در فصل ۱ خواندید، کلاف های فازهای

مختلف موتور را به صورت زیر نشان می دهند :



اتصال مثلث

$$\begin{cases} L1 \longrightarrow U1 \longrightarrow W2 \\ L2 \longrightarrow V1 \longrightarrow U2 \\ L3 \longrightarrow W1 \longrightarrow V2 \end{cases}$$

همان طور که گفته شد، موتورهای قدرت بالا را به صورت

ستاره مثلث راه اندازی می کنند.

در اتصال ستاره

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

بنابراین :

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

معادله ی ۱-۱

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

در اتصال مثلث

$$I_L = \sqrt{3} I_P = \sqrt{3} \left( \frac{V_L}{Z} \right) \text{ و } V_L = V_P$$

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

معادله ی ۱-۲

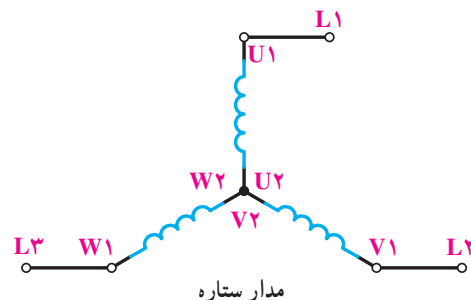
$$V_P = 220 \text{ V}$$



این کلاف ها را در اتصال ستاره مثلث، به اشکال زیر،

به شبکه وصل می کنند تا مدار ستاره و مدار مثلث به دست آید.

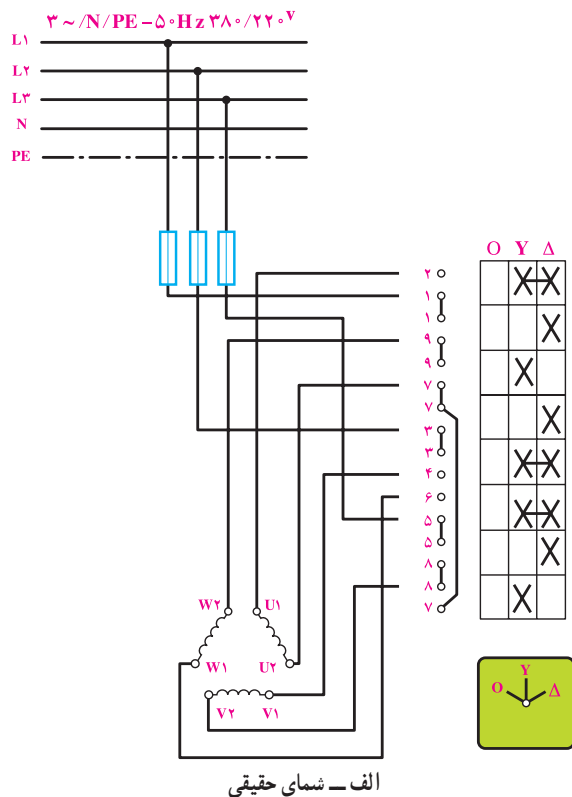
طبق حالات زیر اتصالات ستاره و مثلث به وجود می آید.



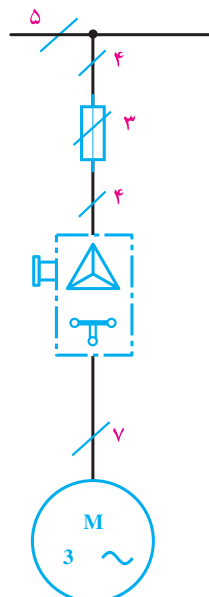
اتصال ستاره

$$\begin{cases} L1 \longrightarrow U1 & U2 \longleftarrow \\ L2 \longrightarrow V1 & V2 \longleftarrow \\ L3 \longrightarrow W1 & W2 \longleftarrow \end{cases}$$

شکل ۱۱-۳، شمای حقیقی و شمای فنی مدار راه اندازی یک موتور سه فاز آسنکرون را با کلید ستاره مثلث زبانه‌ای در استاندارد IEC نشان می‌دهد.



۳ ~ /N/PE-۵۰Hz -۳۸۰/۲۲۰V

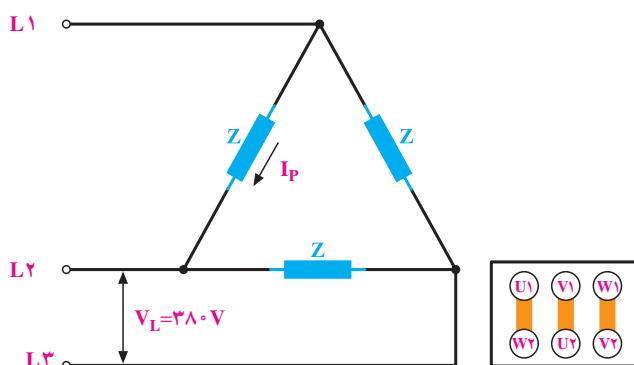


شکل ۱۱-۳

از مقایسه‌ی معادلات ۱-۱ و ۱-۲ می‌توان نتیجه گرفت قدرت در حالت مثلث

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

نتیجه: براساس رابطه‌ی به‌دست آمده، می‌توان نتیجه گرفت که قدرت موتور در حالت ستاره،  $\frac{1}{3}$  قدرت موتور در حالت مثلث است. گفتنی است قدرت موتور در حالت مثلث همان قدرت نامی موتور است.<sup>۱</sup>



برای بررسی جریان‌های مدار در حالات ستاره و مثلث و مقایسه‌ی آن‌ها نسبت به یکدیگر باید براساس قانون اهم جریان‌های فازی و خطی هر حالت را به‌دست آوریم و سپس نسبت جریان‌های خطی دو حالت را می‌نویسیم.

$$I_{L\lambda} = \frac{V_P}{Z} = \frac{V_L}{\sqrt{3}Z} \quad \text{حالت ستاره}$$

$$I_{L\Delta} = \sqrt{3}I_P = \sqrt{3}\left(\frac{V_L}{Z}\right) \quad \text{حالت مثلث}$$

$$\frac{I_{L\lambda}}{I_{L\Delta}} = \frac{\frac{V_L}{\sqrt{3}Z}}{\sqrt{3}\frac{V_L}{Z}} = \frac{1}{3}$$

$$I_{L\lambda} = \frac{1}{3}I_{L\Delta}$$

نتیجه: جریان در حالت مثلث، ۳ برابر جریان در حالت ستاره است.

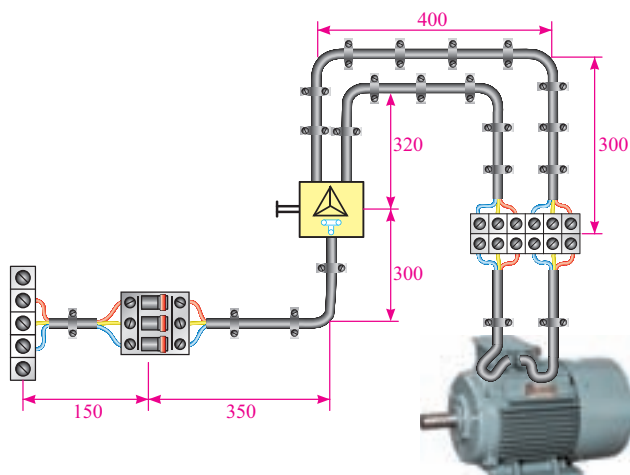
۱- این مطلب در مورد موتورهایی که توانایی راه اندازی به صورت ستاره و مثلث را دارند صادق است.



### کار عملی ۳

هدف : راه اندازی موتور سه فاز به صورت ستاره مثلث با کلید زبانه ای.

در شکل ۳-۱۲ نحوه ی کابل کشی و برق رسانی به یک موتور سه فاز آسنکرون ۳۸۰/۶۶۰V را مشاهده می کنید. با رعایت اندازه های داده شده، مدار را اتصال دهید و پس از تأیید مربی، با قرار دادن کلید در حالت وصل موتور را راه اندازی نمایید.



شکل ۳-۱۲

## ۷- تغییر سرعت موتورهای سه فاز

سرعت میدان دوار مغناطیسی موتورهای چند فاز، با فرکانس جریان، نسبت مستقیم و با تعداد جفت قطب های سیم بندی، نسبت معکوس دارد.

$$n_s = \frac{60 \times f}{P}$$

در این فرمول،  $n_s$  تعداد دور سرعت سنکرون بر حسب دور در دقیقه (R.P.M) و  $f$  فرکانس بر حسب هرتز (Hz) و  $P$  تعداد جفت قطب سیم بندی موتور است.

در این قسمت تغییر سرعت موتور آسنکرون را، به روش های مختلف تغییر قطب، بررسی می کنیم.

یکی از ساده ترین روش های تغییر سرعت موتورهای الکتریکی، تغییر قطب سیم بندی آن است که به دو روش کلی و متداول صورت می گیرد :

بسیاری از دستگاه های صنعتی با چند سرعت کار می کنند؛ مانند ماشین مته، دستگاه های تراش، دستگاه های بالابرنده، دستگاه های نساجی و ... .

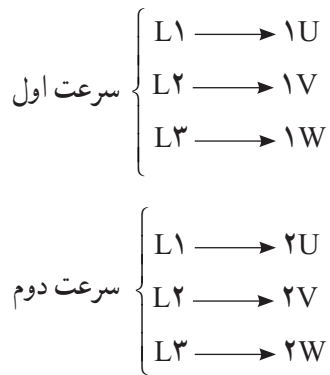
در صنعت برق جهت تغییر سرعت، روش های مختلفی مورد استفاده قرار می گیرد. در این قسمت به چند روش از آنها اشاره می شود :

- ۱- تغییر سرعت به روش تغییر ولتاژ؛
- ۲- تغییر سرعت به روش تغییر فرکانس؛
- ۳- تغییر سرعت به روش تغییر مقاومت روتور؛
- ۴- تغییر سرعت به روش تغییر قطب با سیم پیچ های جداگانه؛
- ۵- تغییر سرعت به روش تغییر قطب با یک سیم پیچ (موتور دوسرعت که به نام دالاندر مشهور است).

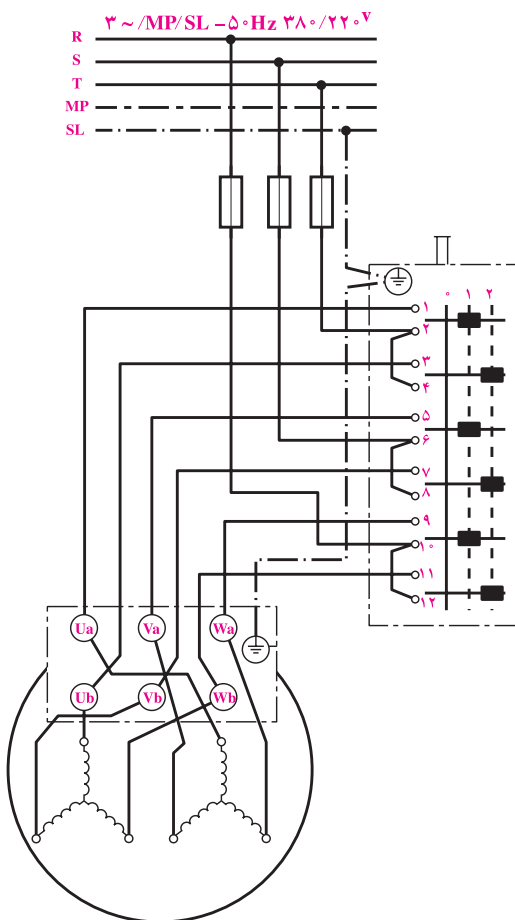
## ۷-۱- موتور سه فاز دو یا چند سرعت با سیم پیچ جداگانه

نحوه‌ی اتصال موتور دوسرعت سیم پیچ جداگانه به صورت

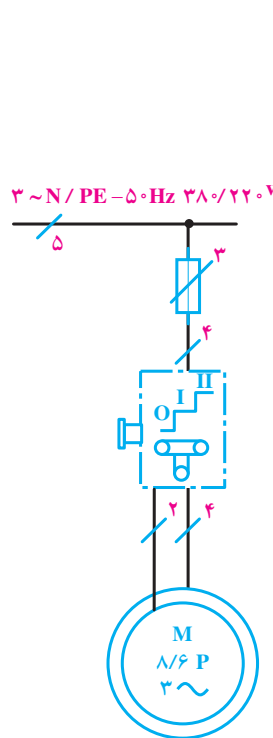
زیر است :



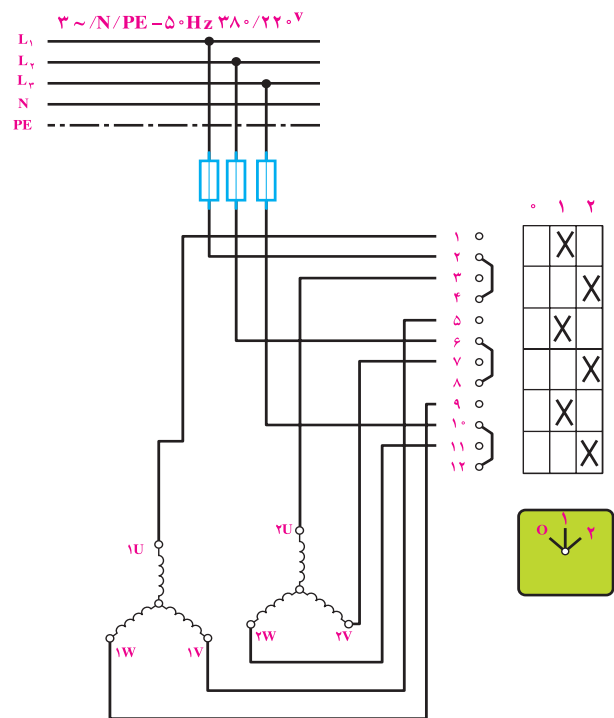
در این گونه موتورها به ازای هر سرعت یک سیم پیچ با تعداد قطب‌های مشخص در محیط استاتور قرار داده می‌شود. هر یک از سیم پیچی‌ها دارای تعداد قطب معین هستند و از هر سیم پیچ سرهایی جداگانه روی تخته کلم موتور خارج می‌شود. موتورهای با سیم پیچ جداگانه می‌توانند دارای دو، سه و یا چهار سرعت باشند که هر یک از آن‌ها را با اندیس‌های ۲، ۳ و یا ۴ روی تخته کلم موتور نشان می‌دهند. تصاویر شکل ۱۳-۳ نحوه‌ی نام‌گذاری و مدار موتورهای در سیم پیچ جداگانه در استاندارد IEC و VDE را نشان می‌دهند.



ج - راه‌اندازی موتور با دو سیم پیچ جدا دوسرعت به اتصال ستاره در استاندارد VDE



ب - شمای فنی موتور دوسرعت با دو سیم پیچ جدا در استاندارد IEC



الف - شمای حقیقی اتصال موتور سیم پیچ جداگانه دوسرعت در استاندارد IEC



## ۷-۲- موتور سه فاز دوسرعه دالاندر

از جمله موتورهای سه فاز دوسرعه خاص موتور دالاندر است، چرا که در این گونه موتورها از یک سیم پیچ برای دو سرعت استفاده می شود و نسبت سرعت در آن ها  $\frac{1}{4}$  است. یعنی موتورهای سه فاز دالاندر (۴ و ۲ قطب)؛ (۸ و ۴ قطب) یا (۱۲ و ۶ قطب) که در فرکانس ۵۰ هرتز کار می کنند به ترتیب دارای سرعت های (۳۰۰۰ و ۱۵۰۰ دور)، (۱۵۰۰ و ۷۵۰ دور) و (۱۰۰۰ و ۵۰۰ دور) هستند.

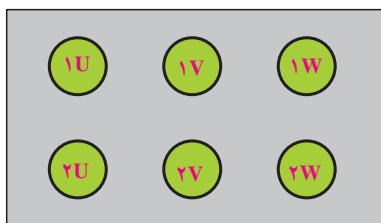
برای تغییر قطب در موتورهایی که دارای یک سیم پیچ هستند، باید نوع اتصال موتور را تغییر داد. برای این منظور از اتصال دالاندر استفاده می شود. برای تعداد قطب بیشتر، اتصال سیم پیچ های استاتور را به صورت مثلث و برای تعداد قطب کم تر، سیم پیچ های استاتور را به صورت ستاره ی دوبل وصل می کنند (شکل ۱۴-۳).

در این نوع اتصال ولتاژ هر سیم پیچ در هر دو حالت تنها مقدار کمی تغییر می کند.

موتورهای با اتصال دالاندر اغلب دارای شش سرسیم در روی تخته کلم هستند و فقط می توانند به یک ولتاژ اتصال یابند.

موتورهای با اتصال دالاندر در دورهای مختلف دارای قدرت های متفاوت هستند و در مواردی می توان به کار برد که نسبت سرعت های مورد نیاز  $\frac{1}{4}$  باشد. در استاندارد قدیم VDE سرهای موتور دالاندر (۱U، ۱V، ۱W) را برای سرعت کم با حروف Va، Ua و Wa و برای سرعت زیاد (۲U، ۲V، ۲W) را با حروف Vb، Ub و Wb نشان می دهند.

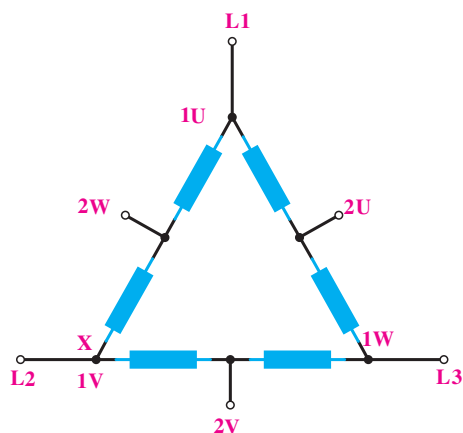
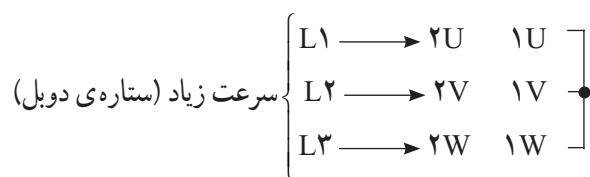
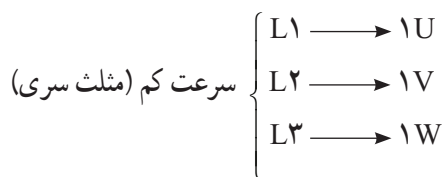
تخته کلم موتور سه فاز دالاندر به صورت شکل ۱۵-۳ است.



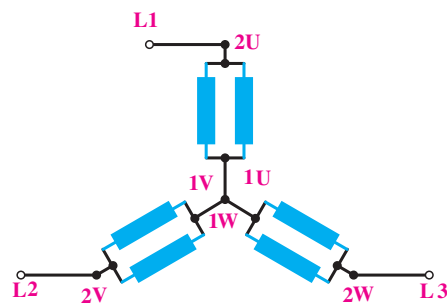
شکل ۱۵-۳

نحوه ی اتصال موتور برای سرعت های کم و زیاد به صورت

زیر است:



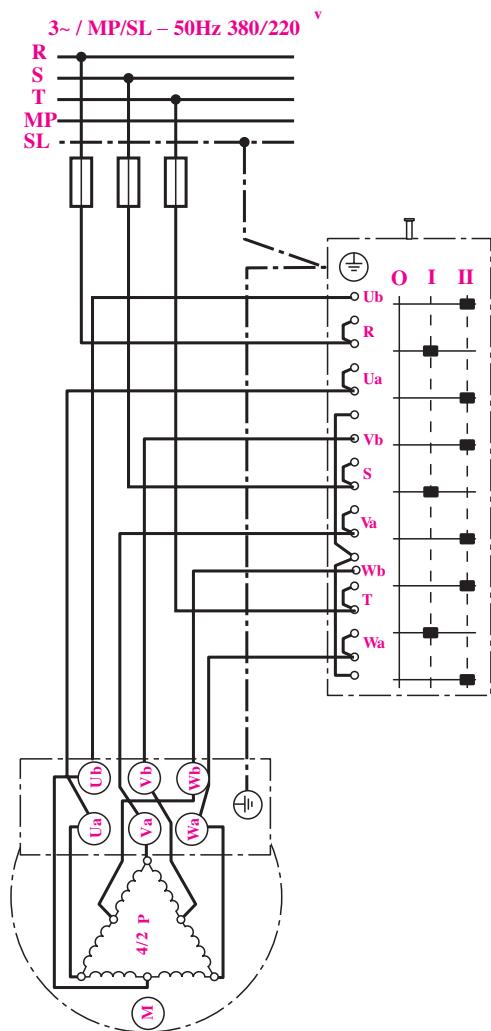
(a) اتصال مثلث سری



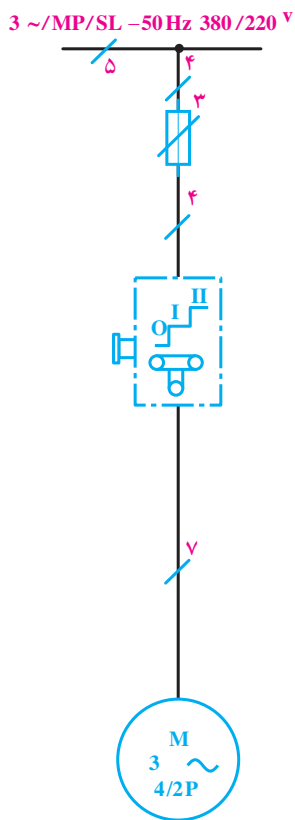
(b) اتصال ستاره ی دوبل

شکل ۱۴-۳

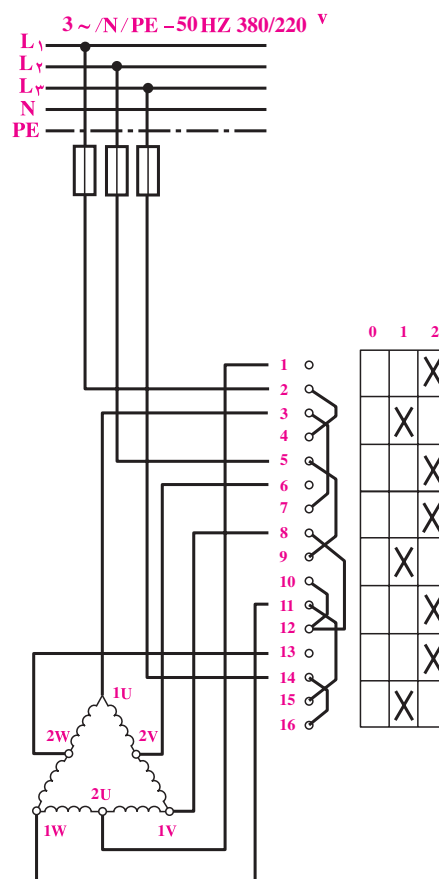
در شکل ۳-۱۶ شمای حقیقی و فنی مدار راه اندازی  
موتور دالاندر در استانداردهای VDE قدیم و IEC را مشاهده  
می کنید.



ج- شمای حقیقی مدار دالاندر در  
استاندارد VDE قدیم



ب- شمای فنی مدار دالاندر در  
استاندارد VDE قدیم



الف- شمای حقیقی مدار دالاندر  
در استاندارد IEC

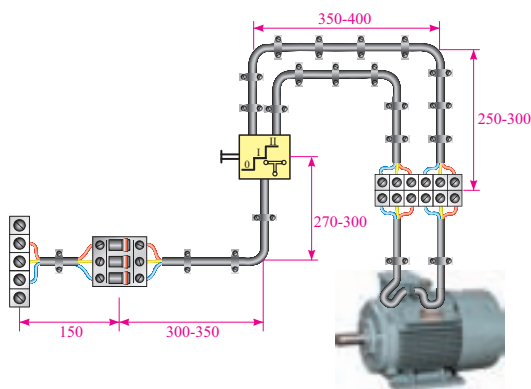
شکل ۳-۱۶



هدف : راه اندازی موتور سه فاز دوسرعته دالاندر با کلید زبانه ای (0-I-II)

در شکل ۱۷-۳، نحوه ی کابل کشی و برق رسانی به یک موتور سه فاز آسنکرون توسط کلید زبانه ای (0-I-II) را مشاهده می کنید.

با رعایت اندازه های داده شده در شکل، مدار را اتصال دهید و پس از تأیید هنرآموز خود، با قرار دادن کلید در حالت وصل، موتور را راه اندازی کنید.

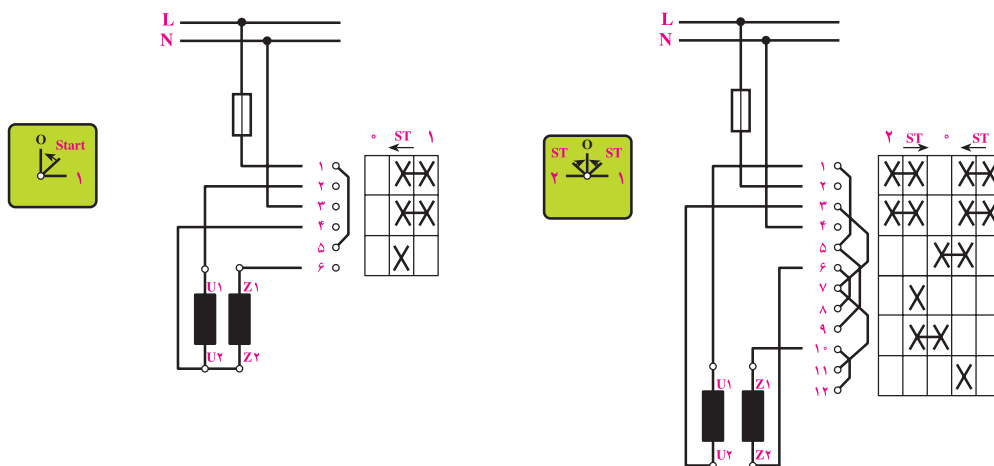


شکل ۱۷-۳

## ۸- راه اندازی موتورهای یک فاز آسنکرون با سیم پیچ راه انداز موقت

این که سرعت موتور به ۷۵٪ سرعت نامی رسید، سیم پیچ راه انداز از مدار خارج شود. در شکل ۱۸-۳، مدار اتصال داخلی کلیدهای راه اندازی موتور یک فاز نمایش داده شده است.

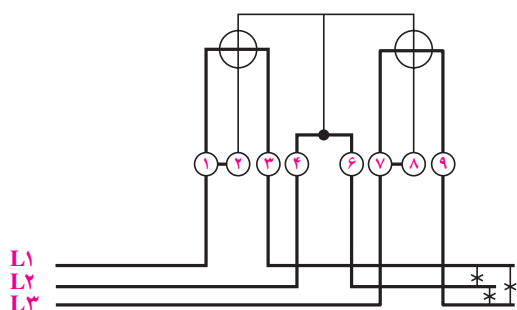
موتورهای یک فاز از دو گروه سیم پیچی تشکیل شده است که با هم حدود ۹۰ درجه اختلاف فاز الکتریکی دارند. برای راه اندازی آنها ابتدا باید هر دو سیم پیچ در مدار قرار گیرد و پس از



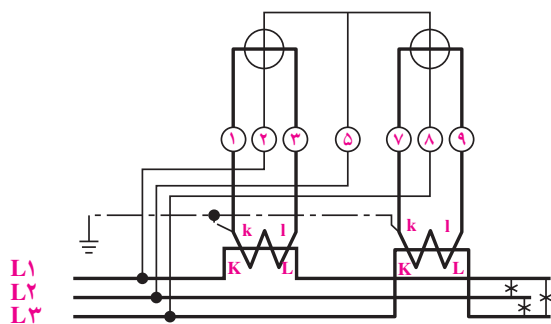
شکل ۱۸-۳

## ۹- کنتورهای سه فاز

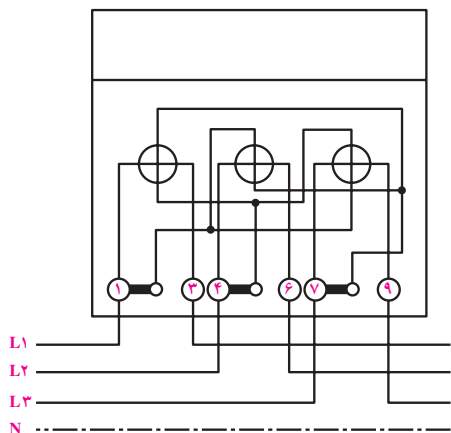
### کنتور سه فاز اکتیو



شکل ۳-۱۹- کنتور سه فاز سه سیمه



شکل ۳-۲۰- کنتور سه فاز سه سیمه با مبدل جریان



شکل ۳-۲۱- روش اتصال کنتور راکتیو سه فاز به شبکه

توجه داشته باشید که فیوز، در کلیه مدارها، باید در مسیر هر سه فاز  $L1$ ،  $L2$  و  $L3$  قرار گیرد.

طرز اتصال کنتور سه فاز: در برق صنعتی از کنتور سه فاز برای اندازه گیری انرژی الکتریکی، که به صورت  $RI^2t$  در مصرف کننده ها به مصرف می رسد، استفاده می شود. کنتور سه فاز (مطابق شکل ۳-۱۹) از دو کنتور یک فاز، که در یک محفظه قرار گرفته، تشکیل شده و طرز اتصال آن ها شبیه یک وات متر سه فاز است. در کنتور سه فاز دو مغناطیس دایمی، جهت تنظیم تعداد دور صفحه ی آلومینیومی، طوری تعبیه شده اند که هر کدام از مغناطیس ها روی یک صفحه ی آلومینیومی اثر می گذارند. کنتورهای اکتیو سه فاز، انرژی مصرفی را برحسب کیلووات ساعت در شبکه های سه سیم و چهار سیم اندازه گیری می کنند. اتصال کنتور سه فاز سه سیم یا چهار سیم به شبکه می تواند به طور مستقیم یا به وسیله ی ترانسفورماتورهای جریان و ولتاژ باشد. نقشه ی اتصال کنتور به صورت مستقیم و غیر مستقیم (با مبدل های ولتاژ و جریان) در شکل های ۳-۱۹ و ۳-۲۰ نشان داده شده است.

### کنتور سه فاز راکتیو

در کارخانجات صنعتی، برای اندازه گیری مصرف مقدار انرژی در بارهای سلفی ترانسفورماتورها و موتورهای الکتریکی ماشین آلات، از کنتور راکتیو استفاده می شود. ساختمان داخلی و طریقه ی عمل این کنتور درست مانند کنتور اکتیو است؛ با این تفاوت که کنتور اکتیو نمی تواند این نوع انرژی را اندازه گیری کند. در این کنتور باید مدار اتصالات سیم پیچ های داخل کنتور طوری باشد که بین جریان سیم پیچ ولتاژ و سیم پیچ جریان  $90^\circ$  درجه اختلاف فاز ایجاد شود تا مقدار مصرف انرژی الکتریکی راکتیو مدار را نشان دهد. در کنتورهای سه فاز این عمل به وسیله ی کارخانه ی سازنده با تغییر سربندی داخل آن اجرا می شود. شکل ۳-۲۱ طریقه ی اتصال کنتور راکتیو سه فاز به شبکه را نشان می دهد.



## کار عملی ۵

هدف I: راه اندازی موتور یک فاز آسنکرون

موتور سه فاز الکتریکی که با یک کلید قطع و وصل (۱-۰) راه اندازی می شود.

یک موتور یک فاز با سیم پیچ راه انداز موقت را به وسیله ی

انرژی الکتریکی واته و دواته یک موتور الکتریکی سه فاز را توسط یک کنتور سه فاز اکتیو و راکتیو اندازه گیری کنید.

کلید دستی یک فاز مطابق مدار شکل ۱۸-۳ روی تابلوی کار

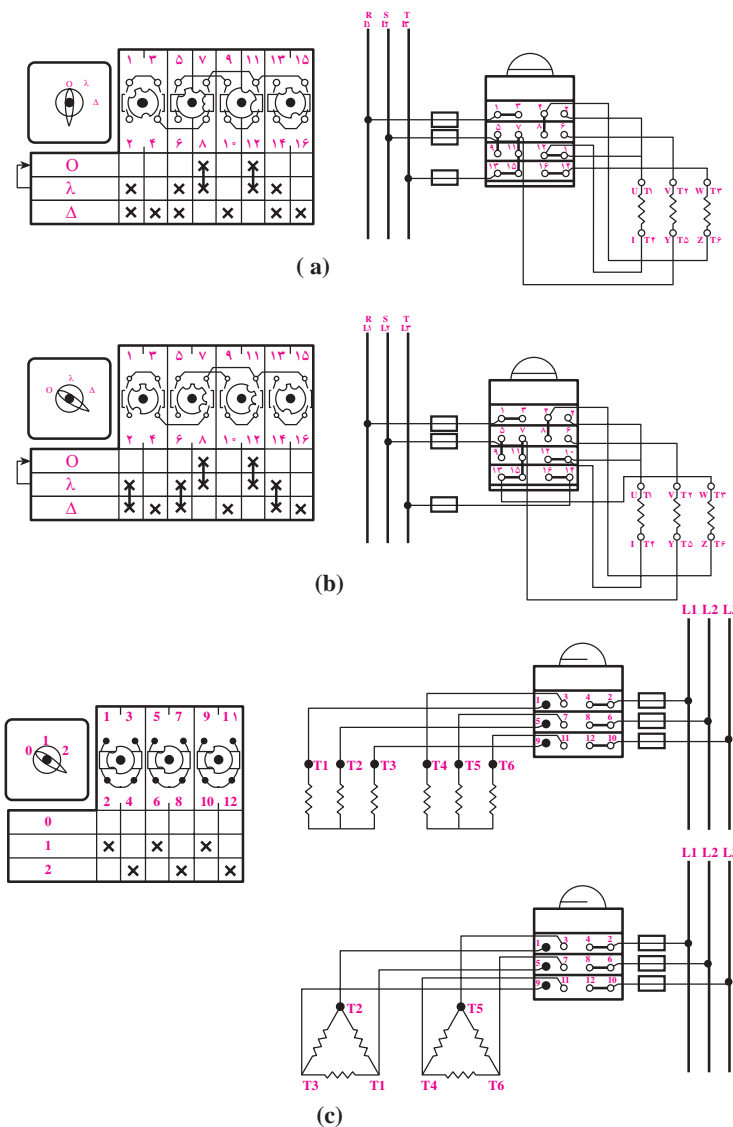
ببندید و پس از اتصال مدار آن را راه اندازی کنید.

نقشه اتصال مدار فوق را رسم کنید و آن را روی تابلوی

هدف II: اندازه گیری انرژی الکتریکی واته و دواته یک برق ببندید.

مطالعه ی آزاد

امروزه در کاتالوگ کلیدهای سه فاز از نقشه های دیگری برای نشان دادن وضعیت های عملکردی کنتاکت های داخل کلید استفاده می شود. در این جا جهت آشنایی، تنها تصویر چند نمونه ی کاتالوگ کلید نشان داده شده است (شکل های ۲۲-۳ و ۲۳-۳).



	R	S	T
U	V	W	
X	Y	Z	

شکل ۲۳-۳

شکل ۲۲-۳

ساعات آموزش		
نظری	عملی	جمع
۲۴	۸۰	۱۰۴

## راه اندازی موتورهای الکتریکی سه فاز با کلید الکترومغناطیسی (کنتاکتور)

هدف‌های رفتاری : هنرجو باید در پایان این فصل بتواند :

- ۱- ساختمان و طرز کار کلیدهای مغناطیسی را شرح دهد.
- ۲- مزایای استفاده از کنتاکتور را نام ببرد.
- ۳- مشخصه‌های انتخاب یک کنتاکتور را شرح دهد.
- ۴- قسمت‌های مختلف یک کنتاکتور را مونتاژ نماید.
- ۵- ساختمان و طرزکار و کاربرد تجهیزات جانبی مدارهای فرمان (شامل فیوز، بی‌متال، تایمر، میکروسویچ و لامپ سیگنال) را شرح دهد.
- ۶- علائم اختصاری به کار رفته در نقشه‌های فرمان و قدرت را تشخیص دهد.
- ۷- نقشه‌های تک خطی و مسیر جریان و مونتاژ و ترمینالی را تشخیص داده و بخواند.
- ۸- مدار فرمان و قدرت یک موتور ساده‌ی سه فاز را به وسیله‌ی کنتاکتور و تجهیزات لازم طراحی کند، ببندد و راه اندازی نماید.
- ۹- مدار فرمان و قدرت یک موتور سه فاز را به صورت چپ گرد - راست گرد به وسیله‌ی کنتاکتور دستی - اتوماتیک (با استفاده از محدودکننده‌های الکتریکی) طراحی کند، ببندد و راه اندازی نماید.
- ۱۰- مدار فرمان و قدرت یک موتور سه فاز را به صورت ستاره - مثلث توسط کنتاکتور دستی و اتوماتیک (با استفاده از تایمر) طراحی کند، ببندد و راه اندازی نماید.
- ۱۱- مدار فرمان و قدرت یک موتور سه فاز را به صورت ستاره - مثلث چپ گرد - راست گرد طراحی کند، ببندد و راه اندازی نماید.
- ۱۲- مدار فرمان و قدرت ترمز یک موتور سه فاز را به صورت ترمز جریان مخالف و ترمز با جریان مستقیم طراحی و راه اندازی کند.
- ۱۳- مدار فرمان و قدرت یک موتور سه فاز دالاندر را به صورت معمولی و چپ گرد - راست گرد طراحی و راه اندازی کند.
- ۱۴- مدارهای فرمان داده شده در تمرین‌ها را نقشه خوانی نموده و کاربردی را برای آن بنویسد.
- ۱۵- مدارهای فرمان و قدرت ماشین‌های الکتریکی و تأسیسات الکتریکی را عیب‌یابی و رفع عیب نماید.



در مدارهای فرمان الکتریکی وسایل مختلفی به کار می‌رود که مهم‌ترین آن‌ها کنتاکتور یا کلید مغناطیسی است. استفاده از کنتاکتور در مدارهای کنترل، تنوع طراحی‌های مختلف را به وجود می‌آورد.

در این فصل، ضمن آشنایی با اجزای تشکیل دهنده‌ی مدارهای کنترل، با طراحی و اصول کار چندین مدار کنترل نیز آشنا می‌شوید.

بهره‌برداری مطمئن و بی‌وقفه از تأسیسات الکتریکی و مراکز تولید نیرو و تأمین انرژی الکتریکی مورد نیاز تجهیزات برقی کارخانجات صنعتی و مراکز اقتصادی تا حدود زیادی به خصوصیات، ویژگی‌ها و طرز عمل کلیدها و وسایل کنترل مدارها بستگی دارد. در این فصل منظور از مدارهای کنترل، مدارهای فرمان الکتریکی‌اند، که از کلیدهای مغناطیسی یا کنتاکتورها استفاده می‌کنند.

## ۱- اجزای تشکیل دهنده‌ی مدارهای کنترل

۴- رله‌ی مغناطیسی، ۵- لامپ‌های سیگنال، ۶- فیوزها، ۷- لیمیت سویچ‌ها، ۸- کلیدهای تابع فشار، ۹- کلیدهای شناور، ۱۰- چشم‌های الکتریکی (سنسورها)، ۱۱- تایمر و انواع آن، ۱۲- ترموستات ۱۳- کلیدهای تابع دور، ۱۴- حروف و اعداد پلاستیکی، ۱۵- کمر بند کابل.

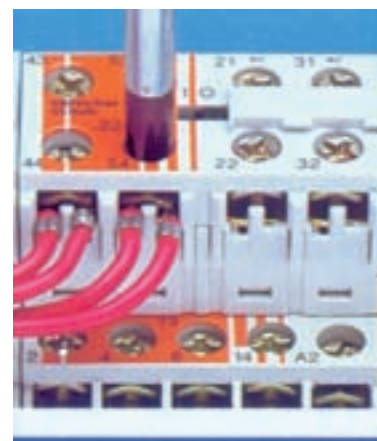
برای طراحی مدارهای کنترل و کار با آن‌ها باید وسایل تشکیل دهنده‌ی آن را به طور کامل شناخت و به اصول ساختمان و موارد استفاده این وسایل آشنا شد.

وسایلی که در مدارهای فرمان به کار می‌روند و در این فصل مورد بررسی قرار می‌گیرند، عبارت‌اند از: ۱- کنتاکتور (کلید مغناطیسی)، ۲- شستی استاپ استارت، ۳- رله‌ی حرارتی،

## ۲- کنتاکتور با کلید مغناطیسی

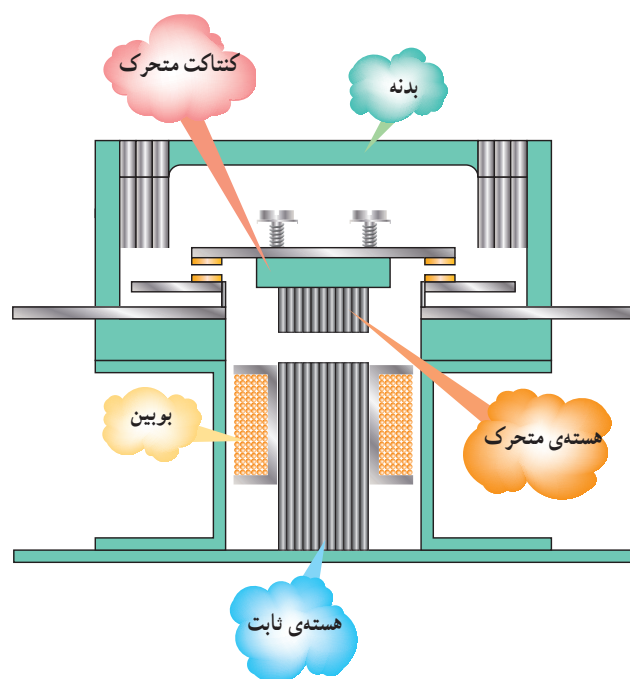
می‌کند. از این خاصیت جهت قطع و وصل و یا تغییر اتصال مدار استفاده می‌شود (شکل ۱-۴).

کنتاکتور با استفاده از خاصیت الکترومغناطیس – مانند رله‌ها – تعدادی کنتاکت را به یکدیگر وصل یا از یکدیگر جدا



شکل ۱-۴

## ۲-۱- ساختمان کنتاکتور

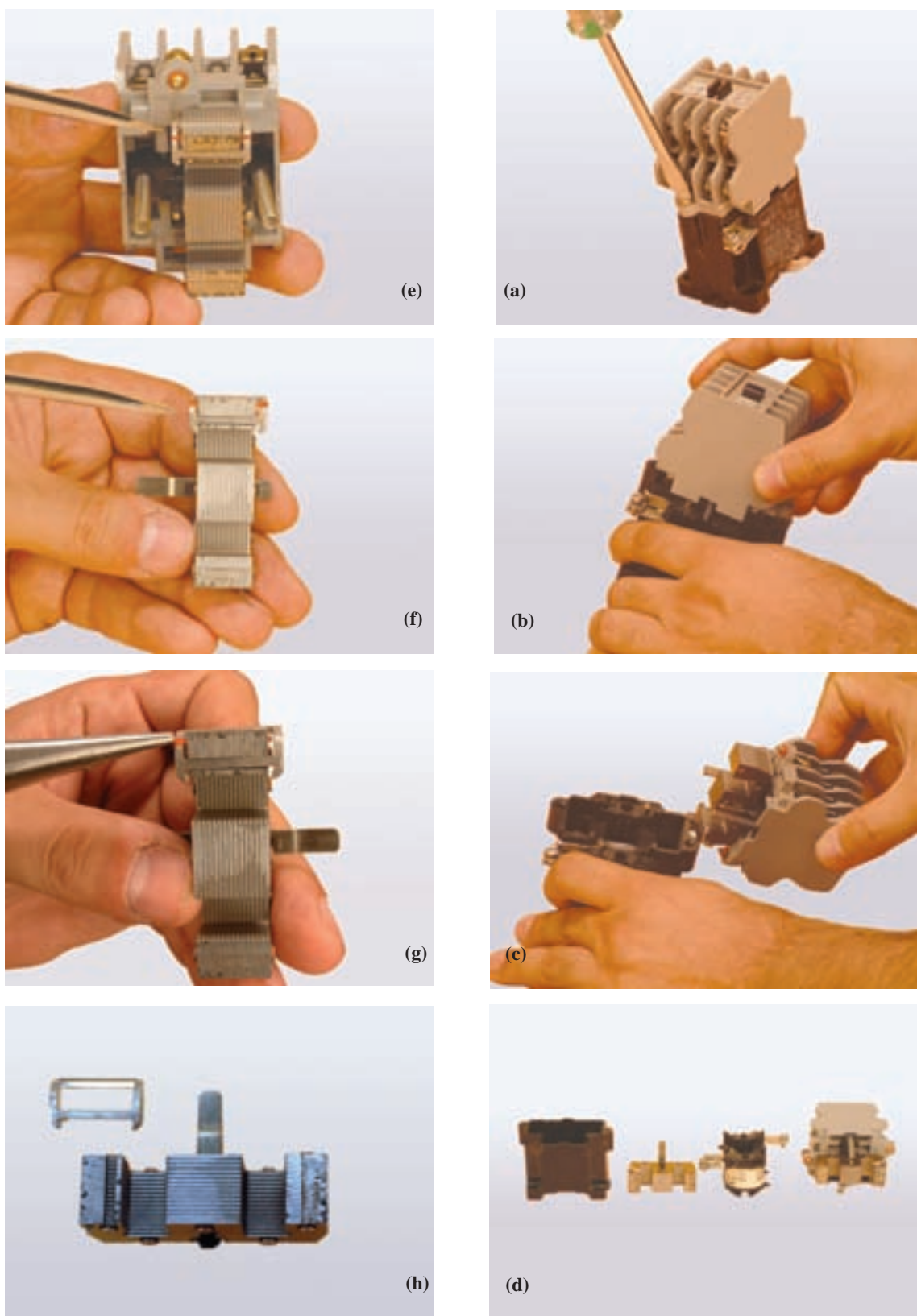


شکل ۲-۴- طرح ساده‌ای از یک کنتاکتور

این کلید از دو هسته به شکل E یا U که یکی ثابت و دیگری متحرک است تشکیل می‌شود. در میان هسته‌ی ثابت یک بوبین یا سیم‌پیچ قرار دارد. وقتی بوبین به برق متصل می‌شود با استفاده از خاصیت مغناطیسی، نیروی کششی فنر را خنثا می‌کند و هسته‌ی فوقانی را به هسته‌ی تحتانی اتصال می‌دهد و باعث می‌شود که تعدادی کنتاکت عایق شده از یکدیگر به ترمینال‌های ورودی و خروجی کلید متصل شود و یا باعث گردد کنتاکت‌های بسته‌ی کنتاکتور باز شوند.

در صورتی که مدار تغذیه‌ی بوبین کنتاکتور قطع شود، در اثر نیروی فنری که داخل کلید قرار دارد هسته‌ی متحرک دوباره به حالت اول باز می‌گردد. شکل ۲-۴ طرح ساده‌ای از یک کنتاکتور را نشان می‌دهد.

مراحل باز کردن اجزای تشکیل دهنده‌ی یک نوع کنتاکتور در شکل ۳-۴ نشان داده شده است.



شکل ۳-۴- مراحل باز کردن اجزای تشکیل دهنده‌ی کنتاکتور

## ۲-۲- 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 بیش تر 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.

کنتاکتور برای جریان های AC و DC ساخته می شود. تفاوت این دو نوع کنتاکتور در آن است که در کنتاکتورهای AC از یک حلقه ی اتصال کوتاه برای جلوگیری از لرزش حاصل از فرکانس برق استفاده می گردد. نیروی کششی یک مغناطیس الکتریکی جریان متناوب، متناسب با مجذور جریان عبوری از آن و در نتیجه متناسب با مجذور اندکسیون مغناطیسی است. چون مقدار جریان لحظه ای با توجه به رابطه ی  $i = I_{\max} \sin \omega t$  تغییر می کند، مقدار نیروی کششی مغناطیسی نیز برابر با

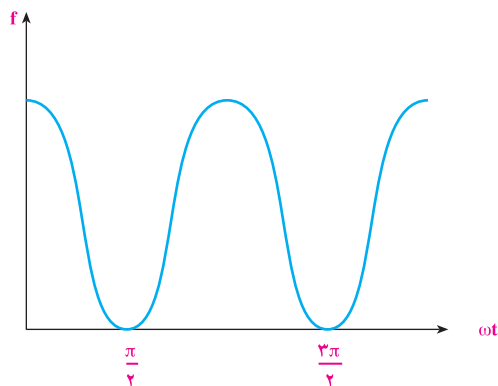
$$f = F_{\max} \sin^2 \omega t$$

خواهد شد و تعداد دفعاتی که این نیرو ماکزیمم و صفر می شود، به اندازه ی دو برابر فرکانس شبکه خواهد گردید (شکل ۴-۵). در نتیجه، در لحظاتی که مقدار نیروی کششی بیش تر از نیروی مقاوم فنرهای کنتاکتور باشد، هسته ی کنتاکتور جذب می شود و در لحظاتی که مقدار نیروی کششی کم تر از مقدار نیروی فنرها شود، هسته ی متحرک کنتاکتور تمایل پیدا می کند که به محل اول خود باز گردد. به این ترتیب در هسته ی متحرک لرزش و صدا ایجاد خواهد شد. این نوسانات را می توان به وسیله ی یک حلقه ی بسته، که در سطح قطبها جاسازی شده و حدود نصف تا  $\frac{2}{3}$  سطح هر قطب را پوشانده است،

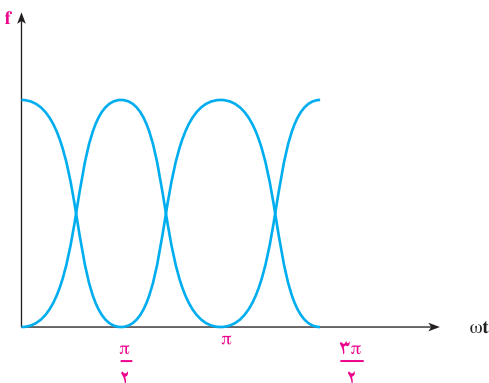
از بین برد و لرزش آن را برطرف کرد (شکل ۴-۴). عمل این حلقه مانند سیم پیچ ثانویه ی ترانسفورماتوری است که در حالت اتصال کوتاه قرار گرفته و از آن جریان القایی عبور می کند و باعث می شود در مدار هسته فوران مغناطیسی فرعی ایجاد کند. این فوران فرعی با فوران اصلی اختلاف فاز دارد و در زمانی که نیروی کششی حاصل از فوران اصلی صفر باشد، نیروی کششی حاصل از فوران فرعی ماکزیمم خواهد بود و در حالتی که نیروی حاصل از فوران ماکزیمم باشد، این نیرو صفر خواهد بود و چون جمع این دو نیرو (مانند شکل ۴-۵) به هسته ی متحرک اثر می کند، نیروی کششی در هر لحظه از نیروی مقاومت فنر بیش تر خواهد بود.



شکل ۴-۴



الف



ب

شکل ۴-۵

راه اندازی و جریان دائمی را داشته باشد. هم چنین 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 این که 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 غیر مغناطیسی، مانند کلید اهرمی و غلتکی نیز، وجود دارد. در زیر با این مقادیر، که معمولاً مهم ترین آن ها بر روی بدنه ی کلید (شکل ۴-۶) نوشته شده است، آشنا می شویم.

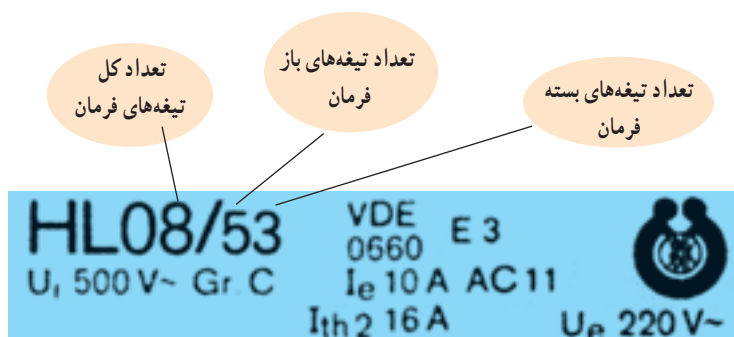
برای انتخاب کنتاکتورها در قدرت های مختلف می توان از جدول های ۴-۱، ۴-۲ و ۴-۳ استفاده کرد.

ولتاژ تغذیه ی بوبین کنتاکتورها متفاوت است و از ۲۴ تا ۳۸۰ ولت ساخته می شود. در اکثر کشورهای صنعتی برای حفاظت بیشتر، تغذیه ی بوبین کنتاکتورها را زیر ولتاژ حفاظت شده (۶۵ ولت) انتخاب می کنند و یا برای تغذیه ی مدار فرمان، ترانسفورماتور مجزا کننده به کار می برند.

### ۲-۳- شناخت مشخصات فنی کنتاکتور

نوع کنتاکتور : 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



شکل ۴-۶- مشخصات یک نمونه کنتاکتور

موتورها لازم است که در فصل اول با چند نمونه از آن ها آشنا شده اید.

از آن جایی که کنتاکتورها را بیشتر برای راه اندازی الکتروموتورها به کار می برند، آشنایی با پلاک نصب شده روی

جدول ۱-۴- انواع کنتاکتورها و کاربرد آنها

نوع جریان	استاندارد و طبقه‌بندی کنتاکتور	مورد استفاده
AC	AC1	بار اهمی - بار غیر اندکتیو یا با اندکتیویته‌ی ضعیف - گرم‌کن برقی با ضریب توان حدود $\cos\phi = 0.95$
	AC2	برای راه‌اندازی موتورهای آسنکرون روتور سیم‌پیچی، بدون ترمز جریان مخالف، جریان راه‌اندازی بستگی به مقاومت مدار روتور دارد.
	AC2'	برای راه‌اندازی موتور آسنکرون روتور سیم‌پیچی با ترمز جریان مخالف
	AC3	برای راه‌اندازی موتور آسنکرون روتور قفسه‌ای - هنگام قطع جریان نامی از تیغه‌های کنتاکتور عبور می‌کند - تحمل جریان راه‌اندازی ۵ تا ۷ برابر جریان نامی
	AC4	برای راه‌اندازی موتور آسنکرون روتور قفسه‌ای - به‌کار بردن ترمز جریان مخالف تغییر جهت گردش الکتروموتور روتور قفسه‌ای - تعداد دفعات قطع و وصل زیاد در فواصل زمانی اندک
	AC11	کنتاکتور کمکی - کنتاکتور فرمان بدون داشتن کنتاکت قدرت (کوپل مغناطیسی) - استفاده فقط در مدار فرمان
DC	DC1	بار اهمی - بار غیر اندکتیو یا با اندکتیویته‌ی ضعیف - گرم‌کن برقی
	DC2	راه‌اندازی موتور شنت - قطع کردن موتور هنگام کار
	DC3	برای راه‌اندازی موتور شنت با تعداد دفعات قطع و وصل زیاد در فواصل زمانی اندک - مدار ترمز
	DC4	راه‌اندازی موتور سری - قطع موتور هنگام کار
	DC5	راه‌اندازی موتور سری با تعداد دفعات قطع و وصل زیاد، در فواصل زمانی اندک - تغییر جهت گردش موتور - مدار ترمز
	DC11	کنتاکتور کمکی - کنتاکتور فرمان - کوپل مغناطیسی



جدول ۲-۴- جدول انتخاب کنتاکتور، بی‌متال و فیوز  
برای موتورهایی که به صورت مستقیم (یک ضربه) به شبکه متصل می‌شوند

ولتاژ ۲۲۰-۲۴۰ V		ولتاژ ۳۸۰ V		جریان کنتاکتور	جریان بی‌متال	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	۹	۱/۶-۲/۵	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	۱۳-۱۸	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	۳۷	۵۰	۸۰	۶۶-۸۰	۸۰
		۴۵	۶۰	۱۲۵	۷۵-۱۰۵	۱۰۰
۳۰	۴۰	۵۵	۷۵	۱۲۵	۹۵-۱۲۵	۱۲۵

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 می‌کنیم.  
سپس روبه روی آن، عدد ۶۳ را برای جریان کنتاکتور و عدد ۵۰-۳۸ را برای جریان بی‌متال و ۶۳-۵۰ را برای جریان فیوز معلوم می‌نماییم.

شرح جدول ۲-۴: این جدول از ۷ ستون تشکیل شده است. ستون‌های اول و دوم قدرت موتور را بر حسب کیلووات و اسب بخار برای ولتاژ ۲۲۰ تا ۲۴۰ ولت نشان می‌دهد. ستون سوم و چهارم قدرت موتور را برای ولتاژ خطی ۳۸۰ ولت مشخص می‌کند. ستون پنجم جریان کنتاکتور را برای قدرت‌های موردنظر و ستون ششم جریان بی‌متال لازم را برای موتور موردنظر معلوم می‌کند و بالاخره ستون هفتم فیوز موردنیاز را مشخص می‌نماید.  
این جدول برای موتورهای مورد استفاده قرار می‌گیرد که به صورت مستقیم به شبکه‌ی برق متصل شوند.

جدول ۳-۴- جدول انتخاب کنتاکتور، بی‌متال و فیوز  
برای موتورهایی که به صورت ستاره مثلث راه اندازی می‌شوند

ولتاژ ۲۲۰-۲۴۰ V		ولتاژ ۳۸۰ V		جریان کنتاکتور	جریان بی‌متال	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	۱۰-۱۳	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
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

کنتاکتور و بی‌متال 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 می‌کند.

بنابراین، هر کنتاکتور باید حدود ۵۸٪ جریان اصلی را تحمل کند. به همین ترتیب چون بی‌متال، روی یکی از کنتاکتورها قرار می‌گیرد، جریان تنظیمی آن کاهش می‌یابد.

شرح جدول ۳-۴: این جدول برای موتورهای آسنکرون روتور قفسه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد که راه اندازی آن به صورت ستاره مثلث باشد.

مثال قبل، یعنی موتور ۲۲KW یا ۳۰HP را در نظر می‌گیریم. طبق روش قبلی، کنتاکتور مورد نیاز ۴۰ آمپر و بی‌متال آن ۲۳-۳۲ آمپر و فیوز مورد نیاز ۶۳-۵۰ آمپر خواهد بود. علت کاهش آمپر

## ۳- شستی استاپ استارت و سلکتور سوئیچ‌های فرمان

شستی‌ها از جمله وسایل فرمان هستند، که تحریک آن‌ها به وسیله‌ی دست انجام می‌گیرد و در انواع مختلف و برای کاربردهای متفاوت طراحی می‌شوند.

شستی‌هایی که پس از تحریک، دو کنتاکت وصل را قطع می‌کنند شستی استاپ (قطع) و شستی‌هایی که پس از تحریک دو کنتاکت قطع را وصل می‌کنند شستی استارت (وصل) نامیده می‌شوند. شستی‌هایی که هر دو عمل را در یک زمان اجرا می‌کنند،

به شستی استاپ و استارت دابل معروف‌اند.

شستی‌هایی را که با چرخاندن کلیدی می‌توان در شرایط کار یا قطع به صورت پایدار نگاه داشت سلکتورهای سوئیچی گفته می‌شود.

شکل ۷-۴ تصاویری از چند نمونه شستی و شکل ۸-۴ چند نمونه کلید سوئیچ را نشان می‌دهد.



شکل ۷-۴- چند نوع شستی استاپ و استارت



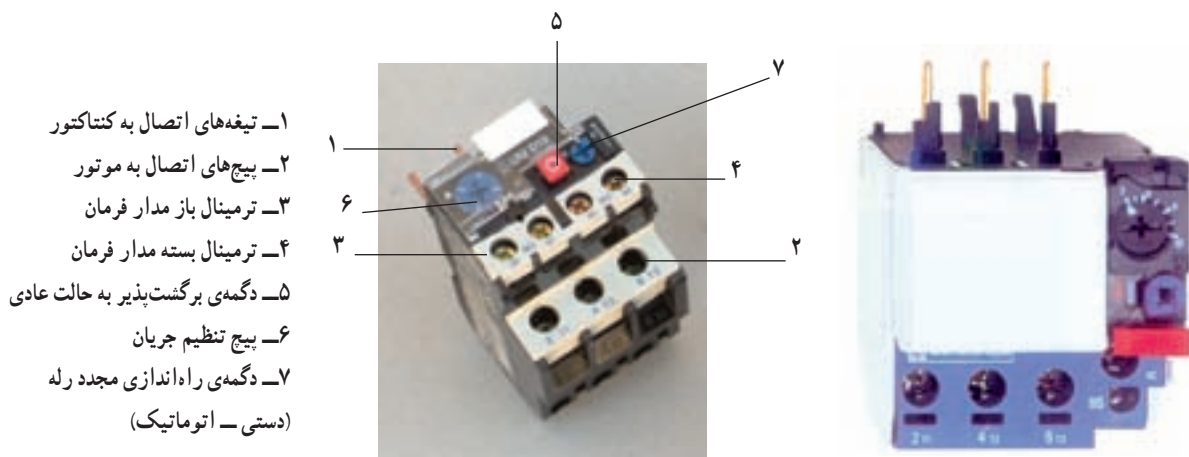
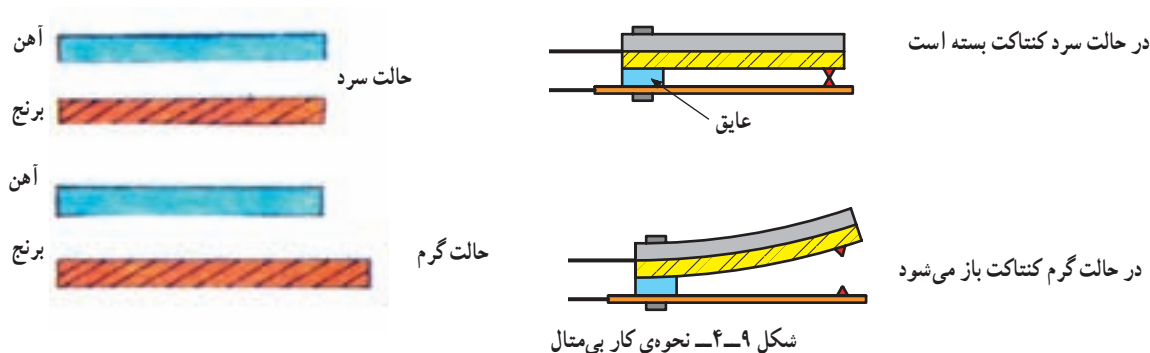
شکل ۸-۴- نمای چند نوع شستی سلکتوری و شستی قفل‌شونده

## ۴- رله‌ی حرارتی (بی‌متال)

خاصیت بی‌متال در فیوزها، رله‌های بی‌متالی و... استفاده می‌شود. رله‌ی بار زیاد (بی‌متال) قابل تنظیم است و در مقابل اضافه بار از ۱/۵ تا ۱۰ برابر جریان نامی، موتور را قطع می‌کند. در نمونه‌ی سه فاز آن رله‌ی حرارتی از سه پل قدرت برای عبور جریان اصلی مصرف‌کننده تشکیل شده و دارای دو کنتاکت فرمان است: یکی کنتاکت بسته جهت قطع مدار تغذیه‌ی کنتاکتور و دیگری کنتاکت باز که پس از عمل بی‌متال بسته می‌شود و برای اطلاع دادن از خطای حاصل در مدار به کار می‌رود. بعضی از این رله‌ها کلیدی دارند که برای دو حالت دستی و اتوماتیک طراحی شده‌اند. در حالت دستی پس از عمل رله باید با دست آن را به حالت اول برگرداند. در حالت اتوماتیک، رله پس از مدت زمانی معین به حالت اول باز می‌گردد. در شکل ۴-۱، چند نمونه رله‌ی بی‌متال نشان داده شده است.

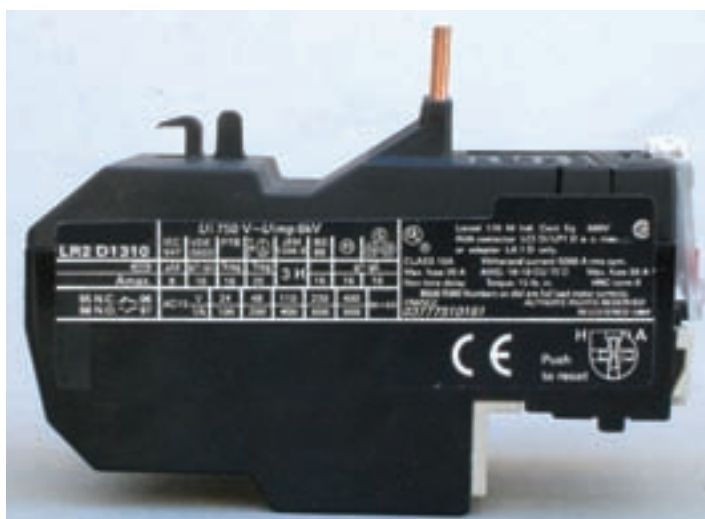
دستگاه‌های الکتریکی را باید در مقابل خطرات و خطاهای احتمالی حفاظت کرد. یکی از راه‌های حفاظت موتورهای الکتریکی، استفاده از رله‌ی حرارتی و رله‌ی مغناطیسی است. رله‌ی حرارتی، موتور را در مقابل اضافه بار (بار زیاد) حفاظت می‌کند. اصول ساختمان آن از دو فلز، که دارای ضریب انبساط طولی مختلف‌اند، تشکیل شده است (شکل ۴-۹).

این دو فلز در حالت گرم، به وسیله‌ی غلتک پرس و به صورت یک تکه دیده می‌شود. این دو فلز یک بی‌متال را تشکیل می‌دهند. در اثر عبور جریان، هر دو فلز گرم و طول آن‌ها زیاد می‌شود و چون ازدیاد طول یکی از فلزات بیش‌تر از دیگری است، از این رو دو فلز با هم خم می‌شوند. این حرکت به‌طور مستقیم و یا به وسیله‌ی اهرم‌هایی به یک کنتاکت منتقل می‌شود و مدار را قطع یا وصل می‌کند. از

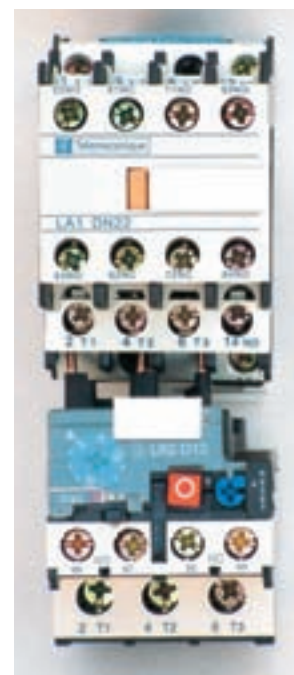
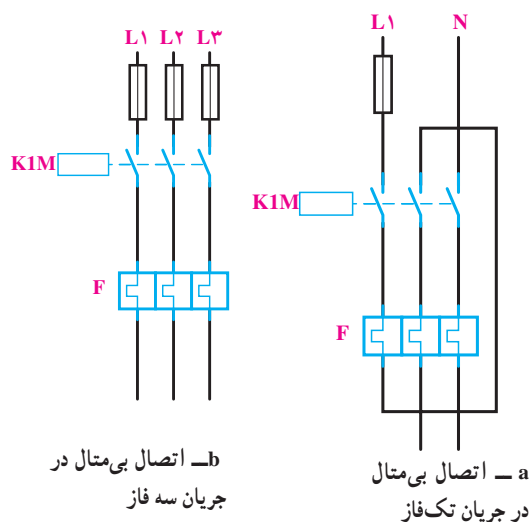
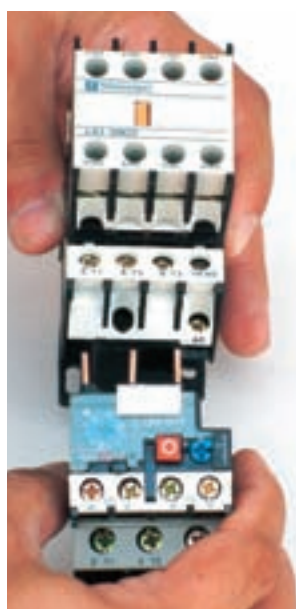


شکل ۴-۱۰- نمای خارجی بی‌متال

در شکل‌های ۴-۱۱ و ۴-۱۲، به ترتیب مشخصات و نحوه‌ی اتصال یک نمونه رله حرارتی زیر کنتاکتور را مشاهده می‌کنید.



شکل ۴-۱۱- مشخصات یک نمونه بی‌متال و نحوه‌ی اتصال آن به یک کنتاکتور



شکل ۴-۱۲- شکل اتصال بی‌متال در جریان تک‌فاز و سه‌فاز

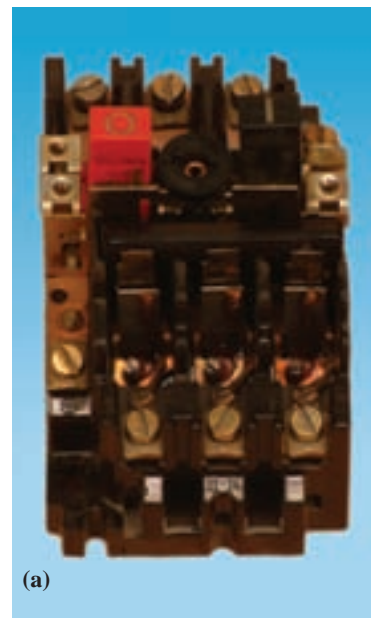
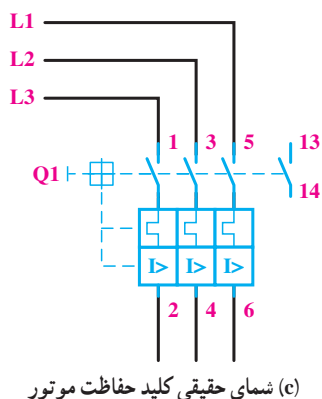
## ۵- کلید محافظ موتور

و مدار را قطع می‌کند. عضو مغناطیسی این رله از یک هسته‌ی آهنی ثابت و یک هسته‌ی متحرک و یک بوبین تشکیل شده است؛ به‌طوری‌که هسته‌ی متحرک از طریق نیروی یک فنر به طرف بالا کشیده شده است. وقتی که جریان از حد تنظیم شده بالاتر رود یا

کلید محافظ می‌تواند موتور را در مقابل اتصال کوتاه و اضافه بار حفاظت کند و برای عمل رله، معمولاً آن را روی جریان معینی تنظیم می‌کنند (۱/۵ تا ۱/۸ برابر جریان نامی). وقتی که جریان از حد تنظیم شده بیش‌تر شود، عضو حرارتی رله عمل

در مدار اتصال کوتاه به وجود آید، بوبین مغناطیس شده هسته‌ی متحرک را به سمت پایین می‌کشد و باعث قطع کنتاکت‌های متصل به هسته‌ی متحرک می‌شود؛ در نتیجه رله‌ی مدار را قطع می‌کند. مدت زمان عمل رله بسیار کم است؛ به همین دلیل این رله را رله‌ی سریع می‌گویند (شکل ۱۳-۴).

کلید محافظ موتور می‌تواند جایگزین فیوز و بی‌متال در مدارهای صنعتی شود.



شکل ۱۳-۴ کلید محافظ موتور

## ۶- لامپ‌های سیگنال

لامپ‌های علامت‌دهنده یا لامپ‌های سیگنال در کلیه‌ی دستگاه‌های صنعتی و تابلوهای توزیع و تابلو فرمان به کار می‌رود. نوع استفاده از لامپ متفاوت است. از این لامپ به عنوان لامپ خبر استفاده می‌شود و می‌تواند روشن بودن، خاموش بودن و یا عیب دستگاه و ... را نشان دهد، ضروری است لامپ‌های سیگنال را، قبل از اتصال در مدار مورد آزمایش قرار داد و از سالم بودن آن کاملاً مطمئن شد تا در صورت بروز خطا در مدار بتواند به‌خوبی عمل کند (شکل ۱۴-۴).



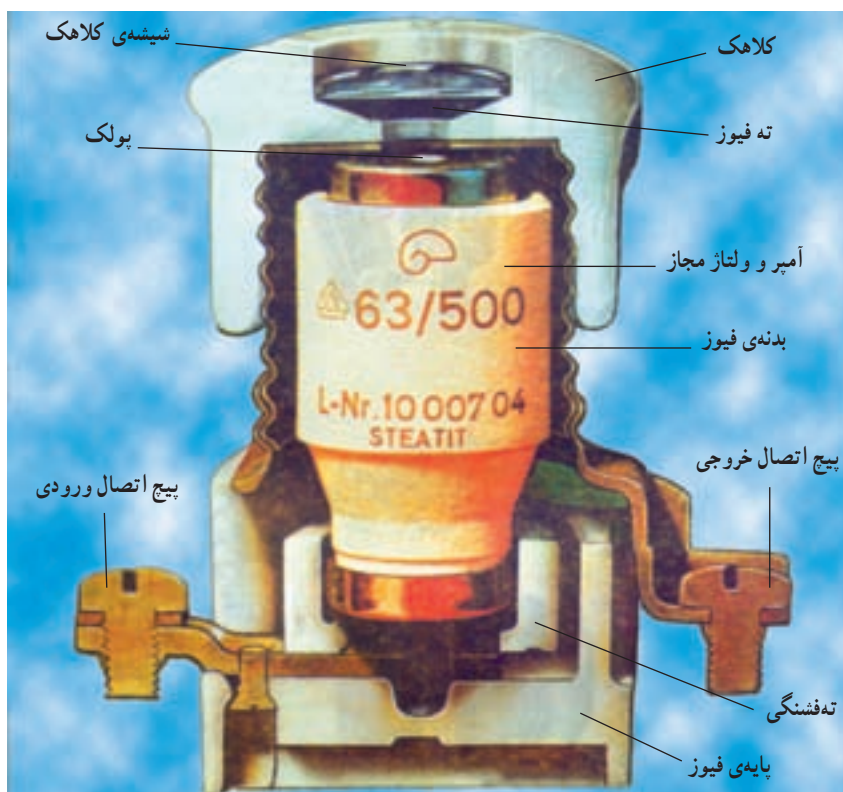
شکل ۱۴-۴ لامپ‌های سیگنال



## ۷- فیوزها

کوتاه در کم‌ترین زمان ممکن و قبل از این که صدمه‌ای به سیم‌ها دیدن و معیوب شدن وسایل و نیز برای قطع کردن دستگاه‌های معیوب از شبکه (بر اثر عوامل مختلف از قبیل نقصان عایق‌بندی، ضعف استقامت الکتریکی یا مکانیکی و ازدیاد بیش از حد جریان مجاز «اتصال کوتاه») وسایل حفاظتی مختلف به کار می‌رود. این وسایل باید طوری انتخاب شوند که در اثر اضافه بار یا اتصال

در کلیه تأسیسات الکتریکی برای جلوگیری از صدمه دیدن و معیوب شدن وسایل و نیز برای قطع کردن دستگاه‌های معیوب از شبکه (بر اثر عوامل مختلف از قبیل نقصان عایق‌بندی، ضعف استقامت الکتریکی یا مکانیکی و ازدیاد بیش از حد جریان مجاز «اتصال کوتاه») وسایل حفاظتی مختلف به کار می‌رود. این وسایل باید طوری انتخاب شوند که در اثر اضافه بار یا اتصال



شکل ۱۵-۴- نمای بُرش خورده فیوز فشنگی

فیوزها در انواع فشنگی، اتوماتیک (آلفا)، مینیاتوری، بُکس، کاردی (تیغه‌ای)، شیشه‌ای یا کارتریج و فیوزهای فشار قوی ساخته می‌شوند. معمولاً فیوزهایی که در مدار قدرت به کار می‌روند، مدار کنتاکتور را در مقابل اتصال کوتاه محافظت می‌کنند؛ یعنی در واقع حفاظت سیم‌های رابط مدار را نیز به عهده دارند. بنابراین، در مدارهایی که مثلاً فیوز ۲۵ آمپری به کار می‌رود، ممکن است در مدار فرمان آن‌ها از سیم نمره ۱ mm<sup>۲</sup> یا ۱/۵ mm<sup>۲</sup> استفاده شود. پس

فیوزهای تندکار زمان قطع کم‌تری نسبت به فیوزهای کندکار دارند و به همین دلیل در مصارف روشنایی به کار می‌روند. فیوزهای کندکار دارای زمان قطع طولانی‌تری هستند و در نتیجه برای راه‌اندازی موتورهای الکتریکی به کار می‌روند. جریان راه‌اندازی موتور در حدود ۴ تا ۷ برابر جریان نامی است که بر روی کلیه فیوزها جریان نامی آن‌ها نوشته می‌شود. این جریان کم‌تر از جریان ماکزیمم تحمل فیوز است.

لازم است مدار فرمان با فیوز جداگانه‌ای حفاظت شود.

#### ۷-۱- فیوز فشنگی : با ساختمان و طرز کار این فیوز

در کتاب سیم‌کشی (۱) آشنا شدید (شکل ۴-۱۵).

#### ۷-۲- فیوز اتوماتیک : فیوز اتوماتیک یا آلفا نوعی

فیوز خودکار است که عبور جریان بیش از حد مجاز از آن باعث قطع مدار می‌شود؛ اما می‌توان دوباره شستی آن را به داخل فشرد تا ارتباط برقرار گردد. بعضی از فیوزهای خودکار دو عمل جریان زیاد و بار زیاد را در مدارها کنترل می‌کنند؛ اما پس از قطع شدن، باید پس از مدت کمی دوباره شستی مربوط به آن را فشار داد تا مدار را وصل کند.

در فیوزهای اتوماتیک دو عنصر مغناطیسی و حرارتی

وجود دارد. اولی اتصال کوتاه یا جریان زیاد و دومی (بی‌متال) بار زیاد (افزایش جریان تدریجی) را قطع می‌کند (شکل ۴-۱۶).



شکل ۴-۱۶

#### ۷-۳- فیوز مینیاتوری (MCB) : نوعی فیوز

اتوماتیک است که از نظر ساختمان داخلی به فیوز آلفا شباهت دارد و از سه قسمت رله‌ی مغناطیسی (رله‌ی جریان زیاد زمان سریع)، رله‌ی حرارتی یا رله‌ی بی‌متال (رله‌ی جریان زیاد تأخیری) و کلید تشکیل شده است. (شکل ۴-۱۷) این مجموعه را کلید مینیاتوری نیز می‌نامند. این فیوزها در استاندارد VDE قدیم با دو حرف L و G نامگذاری می‌شدند که حرف L نشان‌دهنده‌ی فیوز تندکار و در مصارف روشنایی به کار می‌رفت و حرف G کندکار و در راه‌اندازی موتورها استفاده می‌شد. امروزه در استاندارد IEC نوع تندکار با حرف B و نوع کندکار با حرف C نشان داده می‌شود. این فیوزها در انواع تک‌فاز و سه‌فاز ساخته می‌شوند (شکل ۴-۱۷).



شکل ۴-۱۷- الف



طرز قرارگیری فیوز روی ریل

شکل ۴-۱۷- ب

در جدول ۴-۴ ستون اول، سطح مقطع سیم‌های مسی بر حسب میلی‌متر مربع داده شده است.

گروه اول: سیم‌های تک رشته‌ای تاسه سیم در یک لوله - سیم‌های رشته‌ای کابل مانند در لوله؛

گروه دوم: سیم‌های رشته‌ای کابل مانند خارج از لوله - سیم‌های متحرک؛

گروه سوم: سیم‌های یک لا در فضای آزاد (حداقل فاصله‌ی سیم‌ها به اندازه‌ی قطر سیم).

باید توجه داشت که جدول انتخاب فیوز برای محیطی با درجه‌ی حرارت ۲۵ درجه‌ی سانتی‌گراد تهیه شده است و در صورت بالا بودن درجه‌ی حرارت محیط باید از فیوزهایی با نمره‌ی کوچک‌تر استفاده کرد (زیرا در درجه‌ی حرارت بالاتر جریان مجاز سیم‌ها کم می‌شود) و فیوز را باید، با توجه به جریان مجاز جدید، انتخاب کرد.

اعدادی که در داخل پرانتز نوشته شده‌اند، حداکثر جریان نامی فیوز است.

جدول ۴-۴- مقدار جریان فیوز برای حفاظت در مقابل جریان اضافی، با ۲۵ درجه‌ی سانتی‌گراد حرارت محیط

سطح مقطع سیم مسی	جریان نامی فیوز حفاظت‌کننده‌ی سیم		
	گروه ۱	گروه ۲	گروه ۳
mm <sup>۲</sup>	[A]	[A]	[A]
۰/۷۵	—	۱۰(۱۰)	۱۰(۱۵)
۱	۶(۱۰)	۱۰(۱۵)	۱۵(۲۰)
۱/۵	۱۰(۱۵)	۱۵(۲۰)	۲۰(۲۵)
۲/۵	۱۵(۲۰)	۲۰(۲۵)	۲۵(۳۵)
۴	۲۰(۲۵)	۲۵(۳۵)	۳۵(۵۰)
۶	۲۵(۳۵)	۳۵(۵۰)	۵۰(۶۰)
۱۰	۳۵(۵۰)	۵۰(۶۰)	۶۰(۸۰)
۱۶	۵۰(۶۰)	۶۰(۸۰)	۸۰(۱۰۰)
۲۵	۶۰(۸۰)	۸۰(۱۰۰)	۱۰۰(۱۲۵)
۳۵	۸۰(۱۰۰)	۱۰۰(۱۲۵)	۱۲۵(۱۶۰)
۵۰	۱۰۰(۱۲۵)	۱۲۵(۱۶۰)	۱۶۰(۲۰۰)
—	۱۰۰( )	۱۲۵(۱۶۰)	۱۶۰(۲۰۰)
۷۰	—	۱۶۰(۲۲۵)	۲۰۰(۲۶۰)

## ۸- لیمیت سوئیچ‌ها (سوئیچ‌های محدودکننده)

این نوع کلیدها معمولاً برای فرمان‌های مکانیکی یا محدود کردن حرکت دستگاه به کار می‌روند. ساختمان داخلی آن‌ها مانند استاپ استارت‌هاست و به صورت ساده و دوبل و چند کنتاکته ساخته می‌شوند. در شکل‌های ۴-۱۸ و ۴-۱۹ الف انواع این کلیدها و شکل ۴-۱۹-ب علامت اختصاری میکروسوئیچ نشان داده شده است.

به لیمیت سوئیچ‌هایی که در ابعاد کوچک ساخته می‌شوند میکروسوئیچ هم گفته می‌شود.

کاربرد و ساختمان خارجی لیمیت سوئیچ‌ها متفاوت است و بستگی مستقیم به چگونگی سیستم مکانیکی دستگاه دارد.



شکل ۴-۱۸- انواع لیمیت سوئیچ ساده

- |   |   |
|---|---|
| ۱- کلید محدودکننده فشاری انتهایی            | ۲- کلید محدودکننده قرقره‌ای               |
| ۳- کلید محدودکننده قرقره‌ای یک طرفه از راست | ۴- کلید محدودکننده قرقره‌ای یک طرفه از چپ |
| ۵- کلید محدودکننده قرقره‌ای دو طرفه         | ۶- کلید محدودکننده آنتنی دو طرفه          |



ب- علامت اختصاری میکروسوئیچ

شکل ۴-۱۹- الف

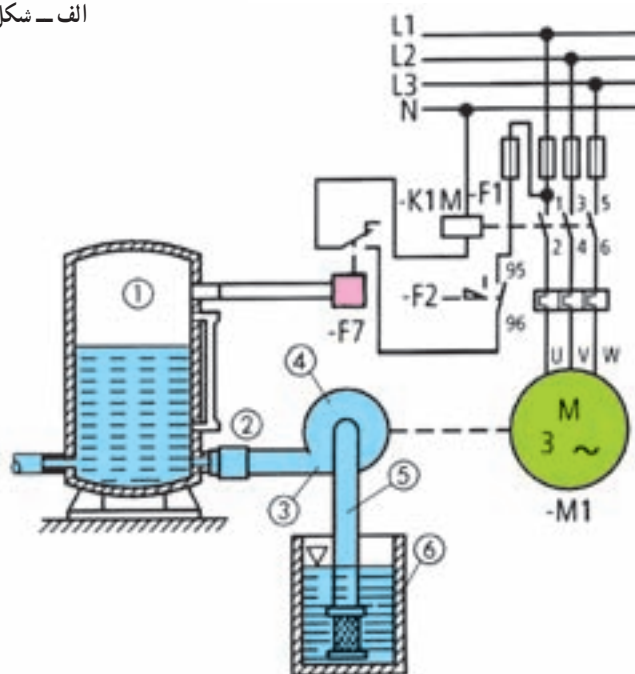
## ۹- کلیدهای تابع فشار (کلیدهای گازی)

این کلیدها برای کنترل سطح گاز داخل مخازن و کمپرسورها، تنظیم فشار آب داخل لوله‌ها و روشن و خاموش کردن اتوماتیک این دستگاه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. عامل فرمان این کلید، فشار گاز یا مایع داخل مخزن است. فشار گاز مؤثر بر صفحه‌ی داخلی کلید نیرویی وارد می‌کند که باعث تحریک می‌شود و یک کنتاکت باز را می‌بندد و یا کنتاکت بسته‌ای را باز می‌کند. حرکت برگشت را می‌توان به وسیله‌ی فنر تأمین کرد (شکل ۲-۴).

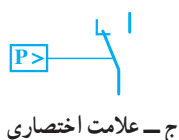


الف - شکل ظاهری

- ۱- مخزن فشار
- ۲- شیر یکطرفه
- ۳- لوله فشار
- ۴- پمپ
- ۵- لوله به همراه فیلتر
- ۶- چاه



- F1 - فیوز
- F2 - تیغه فرمان بی‌مثال
- F1 - کلید تابع فشار
- K1M - کنتاکتور
- M1 - موتور پمپ



ج - علامت اختصاری

ب - نمونه‌ی مداری کلید تابع فشار

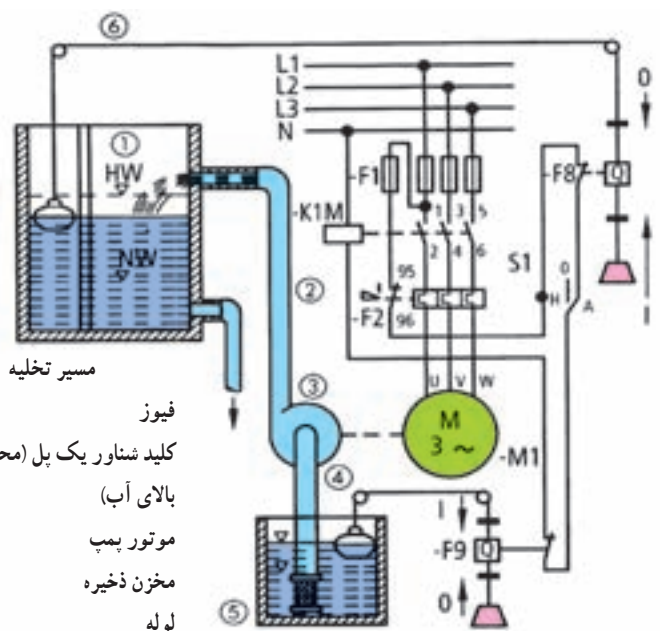
شکل ۲-۴ - کلید تابع فشار

## ۱۰- کلیدهای شناور

می‌کنند با تغییر سطح مایع داخل مخزن، شناور تغییر مکان می‌دهد و با فرمان دادن به میکروسویچ داخل کلید باعث قطع و وصل مدار می‌شود. در شکل ۲۱-۴ نمونه‌هایی از این کلید به همراه یک نمونه مدار کاربردی آن نشان داده شده است.

کلیدهای شناور برای کنترل سطح آب یا مایعات داخل منبع‌ها، استخرها و مخازن مورد استفاده قرار می‌گیرد. ساختمان این کلید از وزنه‌ی تعادل، یک قسمت شناور و یک میکروسویچ تشکیل شده است. هنگامی که قسمت شناور را، با توجه به شکل کار، تنظیم





مسیر تخلیه

- F1 فیوز  
F8 کلید شناور یک پل (محدودکننده‌ی سطح بالای آب)  
M1 موتور پمپ  
1 مخزن ذخیره  
2 لوله  
3 مکند پمپ  
4 لوله مکند پل دارای فیلتر  
5 چاه  
6 کابل شناور، وزنه‌ی تعادل و قرقره  
کلید شناور یک پل (محدودکننده‌ی سطح پایین آب)  
F<sub>9</sub>

ب

ج - علامت اختصاری

شکل ۲۱-۴ - کلید شناور و کاربرد آن



الف

## ۱۱- چشم‌های الکتریکی (سنسورها)

نتیجه به دستگاه‌های موردنظر فرمان می‌دهد. از این کلید، در دستگاه‌های صنعتی و خطوط تولید، استفاده‌ی فراوان می‌شود. در شکل ۲۲-۴ الف چند نمونه از این کلید و در شکل ۲۲-۴ ب و ۲۲-۴ ج زمینه‌ی کاربردی و علامت اختصاری آن نشان داده شده است.

این وسیله نوعی کلید فرمان دهنده است که، بدون برخورد فیزیکی دست یا هر وسیله‌ی دیگری، توسط سیستم چشم الکتریکی از فاصله‌ی خاص با توجه به نوع سنسور واکنش نشان می‌دهد و فرمان صادر می‌کند؛ هم‌چنین به وسیله‌ی رله‌ای که در داخل آن به کار رفته است، کنتاکت‌هایی را باز می‌کند یا می‌بندد و در



ج - علامت اختصاری



ب



الف

شکل ۲۲-۴ - چشم الکتریکی

## ۱۲- رله‌ی زمانی (تایمر) و انواع آن

که از طریق چرخ‌دنده یک دیسک را در مقابل میکروسویچ می‌چرخاند.

**ساختمان داخلی تایمر موتوری :** محل دیسک در لحظه‌ی شروع به کار، قابل تنظیم است و پس از تنظیم زمان آن (توسط زائده‌ی خارجی) و تغذیه‌ی تایمر، موتور با دور ثابت به گردش درمی‌آید و با گردش موتور، زمان تایمر شروع می‌شود. تایمر پس از گردش، به سبب برخورد با زائده‌ی دیسک، متوقف می‌شود و به میکروسویچ داخلی فرمان می‌دهد. آن‌گاه کنتاکت‌های تایمر عمل می‌کنند و اتوماتیک قطع می‌شود و موتور از کار می‌افتد. زمان وصل این رله‌ها از دهم ثانیه تا به‌طور دایم قابل تنظیم است. شکل ۲۳-۴ تایمر موتوری را نشان می‌دهد.

یکی از وسایل فرمان‌دهنده‌ی مدارهای کنترل اتوماتیک، تایمرها یا رله‌های زمانی هستند که وظیفه‌ی کنترل مدار را برای مدت زمانی معین به عهده دارند. رله‌های زمانی در انواع مختلف ساخته می‌شوند :

الف- رله‌ی زمانی موتوری یا الکترومکانیکی؛

ب- رله‌ی زمانی الکترونیکی؛

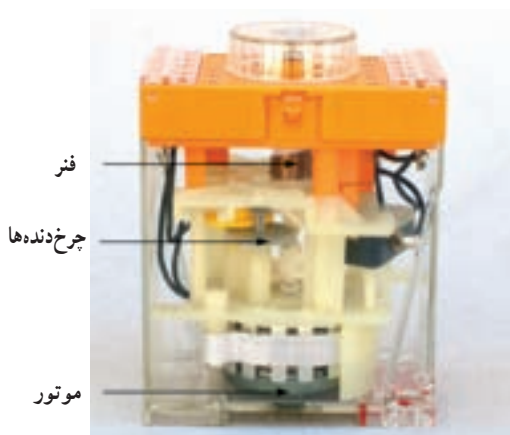
پ- رله‌ی زمانی نیوماتیکی (با فشار هوا)؛

ت- رله‌ی زمانی بی‌متال یا حرارتی؛

ث- رله‌ی زمانی هیدرولیکی؛

### الف- رله‌ی زمانی موتوری یا الکترومکانیکی

این نوع تایمر از یک موتور کوچک تشکیل شده است



شکل ۲۳-۴

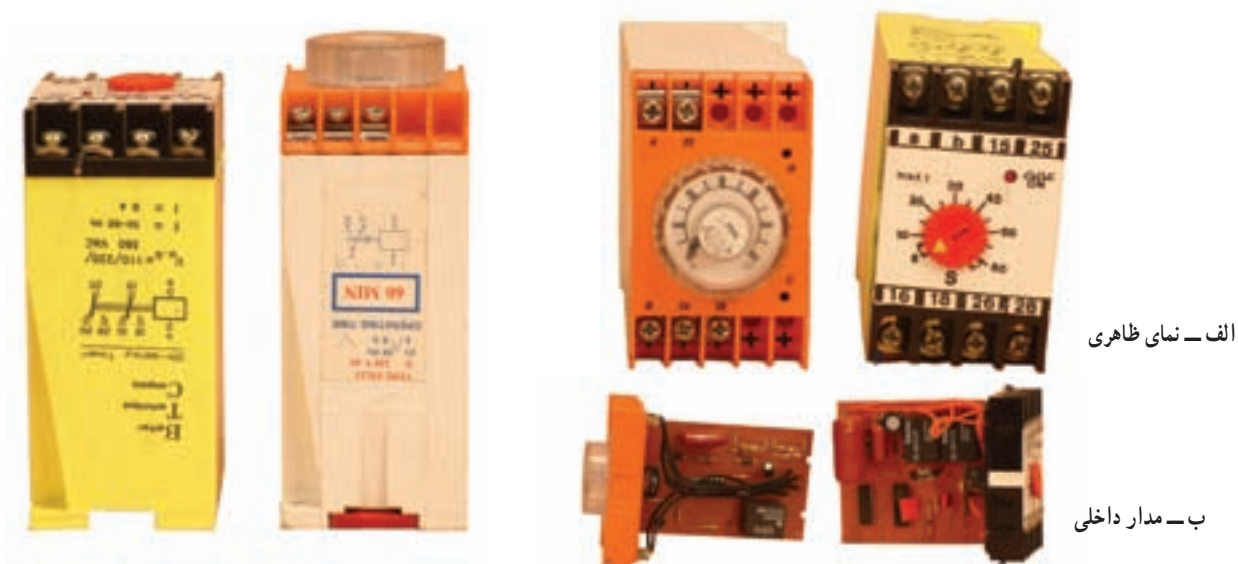
داده شده است.

در نوعی از این تایمرها، با شارژ و دشارژ شدن یک خازن، بوبین یک رله‌ی کوچک تحریک می‌شود. اصول ساختمان تایمر الکترونیکی بر مبنای مدار RC (خازن و مقاومت) و برحسب ثابت زمانی استوار است. تنظیم این نوع تایمرها به مقدار مقاومت سر راه خازن بستگی دارد.

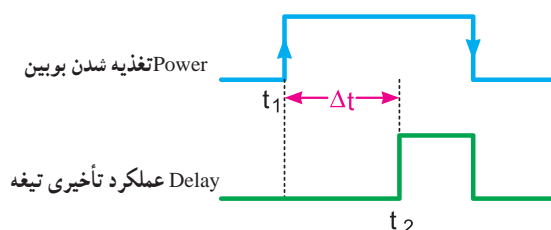
### ب- رله‌ی زمانی الکترونیکی

از تایمرهای الکترونیکی برای تنظیم زمان‌های کم‌تر از ثانیه تا چندین ثانیه استفاده می‌شود. در ساختمان این تایمرها، از مدارها و اجزای الکترونیکی استفاده شده است. در شکل ۲۴-۴ نمای ظاهری، مدار الکترونیکی داخلی یک تایمر نشان





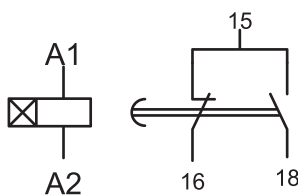
شکل ۴-۲۴- نمای ظاهری و مدار داخلی تایمر الکترونیکی



$t_1$  - لحظه‌ی وصل جریان بوبین تایمر

$t_2$  - لحظه‌ی عملکرد تیغه‌ی تایمر

$\Delta t = t_2 - t_1$  - مدت زمان تأخیر عملکرد تایمر نسبت به لحظه وصل برق



شکل ۴-۲۶ - شمای حقیقی، فنی و مشخصه‌ی زمانی<sup>۱</sup> رله‌ی تأخیر در وصل



شکل ۴-۲۵

تایمر تأخیر در قطع<sup>۲</sup> با لبه‌ی بالا رونده (وصل برق) عمل می‌کند و با لبه‌ی پایین رونده (قطع برق)، زمان‌سنجی را آغاز می‌کند و با اتمام زمان به حالت اولیه برمی‌گردد (شکل ۴-۲۷).

این نوع تایمر با لبه‌ی بالا رونده (وصل برق) زمان‌سنجی را آغاز می‌کند و پس از اتمام زمان تنظیم شده بر روی آن، عمل می‌کند این تایمر با لبه‌ی پایین رونده (قطع برق) به حالت اولیه‌ی خود برمی‌گردد (شکل ۴-۲۶).

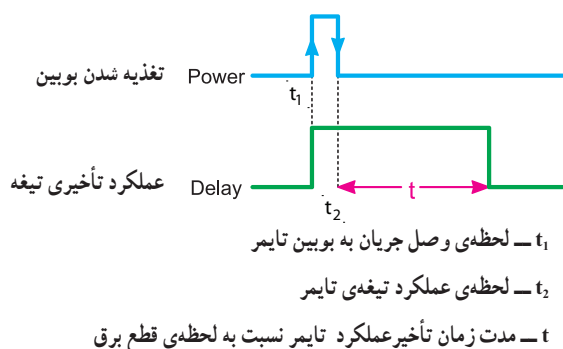
<sup>۱</sup> on delay

<sup>۲</sup> time characteristic

<sup>۳</sup> off delay

## پ- رله‌ی زمانی نیوماتیکی

در این تایمر از خاصیت ذخیره‌سازی و فشردگی هوا استفاده می‌شود.

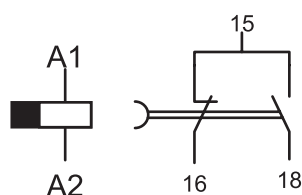


## ت- رله‌ی زمانی بی‌متال یا حرارتی (تایمر حرارتی)

این نوع تایمر با استفاده از خاصیت بی‌متال کار می‌کند و در انواع رله‌ی حرارتی ذوب‌شونده، رله‌ی حرارتی بی‌متال و رله‌ی حرارتی منعکس‌کننده‌ی میله‌ای ساخته می‌شود.

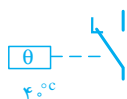
## ث- رله‌ی زمانی هیدرولیکی

در این رله‌ها از سیستم هیدرولیکی، جهت تأخیر در مدار، استفاده می‌شود. طرز کار آن طوری است که وقتی جریان برق به رله وصل می‌شود، مقداری روغن در داخل آن جابه‌جا می‌گردد. برای بازگشت روغن به محل اولیه، زمانی لازم است. این زمان را به‌عنوان زمان تایمر در نظر می‌گیرند.



شکل ۲۷-۴- شمای حقیقی، فنی و مشخصه‌ی زمانی رله‌ی تأخیر در قطع

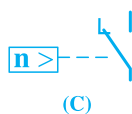
## ۱۳- کلید تابع حرارت (ترموستات)



شکل ۲۸-۴

ترموستات نوعی رله‌ی حرارتی است که در مقابل تغییرات درجه‌ی حرارت محیط از خود حساسیت نشان می‌دهد، این وسیله در دستگاه‌های مختلف صنعتی دارای کاربرد فراوان است و وظیفه‌ی کنترل دمای محیط را به‌عهده دارد. در صورتی که درجه‌ی حرارت از حد تنظیمی فراتر رود، کلید عمل می‌کند. به‌طوری که کنتاکت باز را می‌بندد و یا کنتاکت بسته‌ای را باز می‌کند. از ترموستات بیش‌تر در وسایل حرارتی و برودتی مانند شوفاژ، یخچال و چیلر و هم‌چنین کوره‌ها استفاده می‌شود. شکل ۲۸-۴ یک نمونه ترموستات را نشان می‌دهد.

## ۱۴- کلیدهای تابع دور (کلید گریز از مرکز)



شکل ۴-۲۹

کلیدهای تابع دور در بعضی از الکتروموتورهای یک فاز جهت خارج کردن سیم پیچ کمکی از مدار و در موارد دیگر مانند ترمز جریان مخالف به کار می‌رود (شکل ۴-۲۹).

## ۱۵- حروف و اعداد پلاستیکی

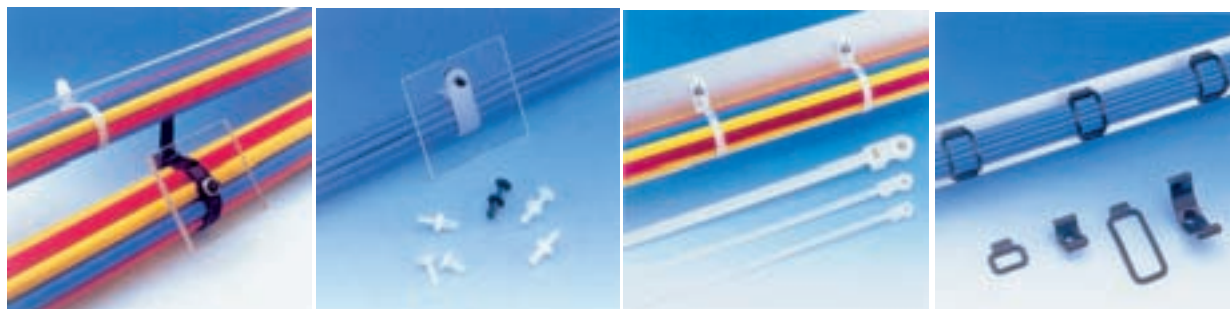
برای مشخص کردن سر و ته سیم‌های متصل شده در زیر پیچ وسایل مختلف، معمولاً از حروف و اعداد پلاستیکی روی سیم‌ها استفاده می‌شود. این حروف و اعداد محل‌های اتصال سر و ته سیم را مشخص می‌کنند (شکل ۴-۳۰).



شکل ۴-۳۰ حروف و اعداد پلاستیکی

## ۱۶- کمر بند کابل

در مواردی که تعداد زیادی سیم در مسیر کانال قرار گرفته باشد و یا به دلایلی سیم‌ها در مسیر خارج از کانال واقع شوند، برای مشخص کردن و دسته‌بندی سیم‌هایی که مربوط به یک قسمت خاص اند از کمر بند کابل جهت بستن و محکم کردن سیم‌ها استفاده می‌شود. شکل ۴-۳۱ نمونه‌های مختلفی از این نوع بست را نشان می‌دهد.



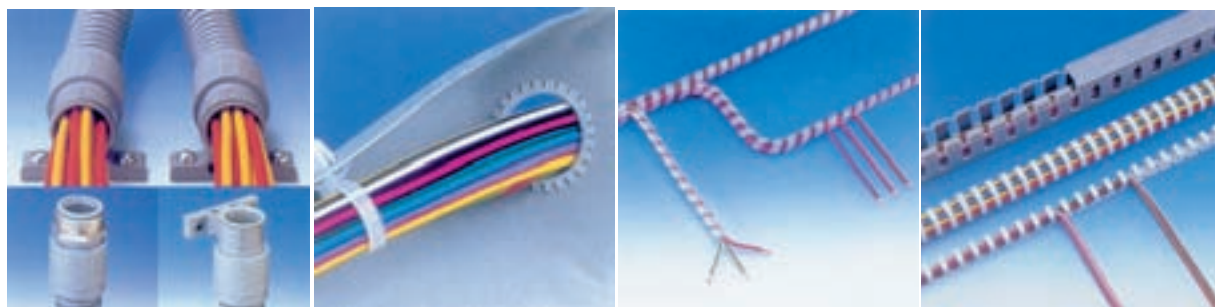
شکل ۴-۳۱- نمونه‌های مختلف کمر بند کابل

در تابلوهای برق صنعتی برای محکم کردن کمر بند (شکل ۴-۳۲). کابل از وسایل خاصی به نام تفنگ کمر بند استفاده می‌شود



شکل ۴-۳۲

روش‌های دیگری برای دسته‌بندی سیم‌ها در تابلوهای برق، از جمله استفاده از لوله‌های خرطومی، کانال‌های شیاردار و نوارهای بانداژ پلاستیکی وجود دارد که در شکل ۴-۳۳ مشاهده می‌نمایید.



شکل ۴-۳۳

## ۱۷- علائم اختصاری

### وسایل خبردهنده

جدول ۴-۶

علامت اختصاری	نام وسیله یا قطعه
	لامپ خبر
	بیزر
	بوق
	زنگ
	آژیر
	دیود LED

### کنتاکتور و رله

جدول ۴-۷

علامت اختصاری	نام وسیله یا قطعه
	بوبین کنتاکتور
	رله‌های عملگر با مشخصه‌ی خاص
	رله‌ی تأخیر در وصل
	رله‌ی تأخیر در قطع
	رله‌ی تأخیر در قطع و وصل
	رله با تحریک حرارتی (بی‌متال)
	رله‌ی اضافه جریان (جریان زیاد)
	رله‌ی قطع‌کننده جریان معکوس

قبل از بررسی و اتصال مدارهای الکتریکی لازم است با برخی علائم اختصاری الکتریکی آشنا شویم. جدول ۴-۵ تا ۴-۹ نمونه‌های مختلفی از این علائم را نشان می‌دهد.

### کنتاکت‌ها

جدول ۴-۵

علامت اختصاری	نام وسیله یا قطعه
	کلید غیرلمسی (نوع القایی)
	کلید تابع فشار
	کلید شناور (فلوتر)
	کنتاکت باز تایمر با تأخیر در قطع
	کنتاکت باز تایمر با تأخیر در وصل
	کنتاکت بسته تایمر با تأخیر در قطع
	کنتاکت بسته تایمر با تأخیر در وصل
	کنتاکت بسته کلید کششی
	کنتاکت باز کلید کششی
	کنتاکت تبدیل (تعویض کننده)
	کنتاکت تبدیل با حالت خاموش در وسط

## ● محرک عملگرها (محرک وسایل)

جدول ۸-۴

نام وسیله یا قطعه	علامت اختصاری
محرک دستی	└ --
محرک فشاری (با دست)	E --
محرک کششی	┘ --
محرک تغییر جهت	└ --
محرک با کلید	Ⓚ ---
فعال شونده با بادامک و حسگرها	○ ---
محرک فشاری (با پدال)	/ ---
قفل مکانیکی	⌘
محرک موتوری	○ ---
محرک کلید اضطراری	Ⓛ ---
محرک حرارتی قابل تنظیم	┘ ---
محرک حرارتی غیر قابل تنظیم	┘ ---
محرک الکترومغناطیسی	Ⓛ ---
محرک با سطح سیال	○ ---

## ● کلیدها و کنتاکت‌ها

جدول ۹-۴

نام وسیله یا قطعه	علامت اختصاری
کلید یک فاز	└ √ -
کلید سه فاز	└ √ - - -
شستی وصل (استارت)	E -
شستی قطع (استوپ)	E -
شستی وصل و قطع (استوپ و استارت دوبل)	E - -
کنتاکت باز لیمیت سویچ	○ - -
کنتاکت بسته لیمیت سویچ	○ - -
کنتاکت باز کنتاکتور	┘
کنتاکت بسته کنتاکتور	┘
کنتاکت بسته (مدار فرمان) بی متال	┘ - -
کنتاکت بسته شونده‌ی تأخیری	┘
کنتاکت باز شونده‌ی تأخیری	┘
کنتاکت بسته‌ی کلیدگردان	┘ - -
کنتاکت باز کلید گردان	┘ - -

## ۱۸- حروف شناسایی

یکی بیش‌تر باشد، در این صورت به دنبال حرف مشخص‌کننده‌ی دستگاه، عدد نیز آورده می‌شود؛ مانند Q۳ و Q۲ و Q۱ و یا K۲M و K۱M و یا K۲T و K۱T.

هر دستگاهی که در مدار فرمان مورد استفاده قرار می‌گیرد با یک حرف لاتین شناسایی و به وسیله‌ی همین حرف در تمامی نقشه‌ها و لیست وسایل نشان داده می‌شود. این حروف در جدول ۱۰-۴ استاندارد شده است. اگر تعداد دستگاه‌ها در یک نقشه‌ی مشابه از



جدول ۱۰-۴

حروف شناسایی	نوع تجهیزات	مثال‌ها
A	گروه‌های ساختاری و گروه‌های کوچک	تقویت‌کننده، تقویت‌کننده مغناطیسی، وسایل مرکب
B	وسایل تبدیل انرژی غیرالکتریکی به انرژی الکتریکی و برعکس	سنسور (حس‌کننده)، حرارتی (ترموالکتریک)، سلول فتوالکتریک، گشتاورسنج، مبدل‌های کریستالی، میکروفن‌ها، بلندگو، رمزگذارها
C	خازن‌ها	خازن‌های الکترولیتی، خازن‌های غیرالکترولیتی، خازن‌های متغیر
D	عناصر تأخیردهنده، عناصر ذخیره‌ساز، عناصر باینری (دو وضعیتی)	المان‌های تأخیری، المان‌های دیجیتال، حافظه‌های مغناطیسی، ثبات‌ها، دیسک‌گردان، ضبط صوت‌ها، عناصر دارای یک ثبات، عناصر دارای دو ثبات
E	متفرقه	روشنایی، تجهیزات گرمایی، وسایل و تجهیزاتی که در گروه‌های دیگر تعریف نشده است.
F	وسایل حفاظتی	فیوزها، وسایل حفاظتی over voltage و رله‌های حفاظتی کلیدهای فیوزدار، وسایل قطع‌کننده، کلیدهای قطع و وصل اتوماتیک
G	ژنراتورها - منابع تغذیه	ژنراتورهای چرخان، مبدل‌های فرکانس چرخان، باتری‌ها، اسیلاتورها (اسیلاتورهای کریستالی)، منابع تغذیه قدرت
H	وسایل خبردهنده (نمایشگر)	وسایل نمایشگر صوتی و نوری (بوق، آژیر، لامپ، ساعت زنگ‌دار)
K	کنتاکتورها و رله‌ها	کنتاکتورها، رله‌های فلاش، کنتاکتورهای کمکی، رله‌های زمانی
L	وسایل القایی	چوک، سیم‌پیچ، فیلتر
M	موتورهای الکتریکی	موتور سه‌فاز، موتور تک‌فاز، موتور خطی
N	تقویت‌کننده‌ها، تنظیم‌کننده‌ها	تقویت‌کننده‌ها، تنظیم‌کننده‌ها (رگولاتورها)، وسایل الکترونیکی
P	وسایل اندازه‌گیری و وسایل آزمایش (تست)	نشان‌دهنده‌ها، ثبات‌ها، شمارنده‌ها، وسایل اندازه‌گیری، آمپر متر، ولت متر، اسیلوسکوپ، ساعت‌ها، پالس‌دهنده‌ها
Q	کلیدهای قدرت	کلیدهای ایزوله‌کننده، کلیدهای جداکننده، کلیدهای قطع و وصل حفاظتی، کلیدهای حفاظت موتور
R	مقاومت‌ها	مقاومت‌های ثابت، مقاومت‌های قابل تنظیم، پتانسیومترها، رئوستا، مقاومت راه‌انداز، مقاومت‌های شنت، مقاومت‌های حرارتی (ترمیستور)
S	کلیدها، سلکتورها (انتخاب‌کننده)	کلید فشاری، میکروسوئیچ، کلید کنترل، کلیدهای پالس‌دهنده
T	ترانسفورماتورها	ترانسفورماتور ولتاژ، ترانسفورماتور جریان، ترانسفورماتور ایزوله، مبدل‌های AC به DC
U	مدولاتورها، اشکارسازها، مبدل‌ها	جداکننده‌ی سیگنال، مبدل فرکانس، دمودولاتور، مبدل، سیگنال ژنراتور، انورتر
V	نیمه‌هادی‌ها و لامپ‌ها	لامپ‌های الکترونی، لامپ‌های تخلیه، دیودها، ترانزیستورها، تریستورها، یکسوکننده‌ها
W	مسیرهای ارتباطی، آنتن‌ها، لامپ‌ها	سیم‌ها، کابل‌ها، شین‌ها، آنتن دوقطبی، آنتن‌های بشقابی (گیرنده)
X	ترمینال‌ها، فیش‌ها، دوشاخه و پریز	دوشاخه و پریز، سوکت‌های نر و ماده، اتصال‌دهنده، فیش آزمایش (تست)
Y	تجهیزات مکانیکی که با برق کار می‌کنند.	ترمزها، کلاچ‌ها، شیرها، چاپگرها، دورنگار، دربازکن
Z	فیلترها، فیلترهای جبران‌کننده وسایل محدودکننده	شبکه‌ی متعادل‌کننده‌ی کابل، فیلترهای پارازیت‌گیر RC و LC

\* در این کتاب به جهت تفکیک کلیدهای فشاری (استوپ - استارت) از ارقام یونانی (0 - I - II و ...) استفاده شده است.



جدول ۱۱-۴

شناسایی حروف	عملکرد	شناسایی حروف	عملکرد
A	عملکرد کمکی به خصوص قطع	N	اندازه گیری
B	جهت حرکت (f - جلو، b - عقب، r - بالا، L - پایین، C - جهت حرکت عقربه ساعت و خلاف جهت حرکت)	P	نسبی و متناسب
C	شمارش	Q	وضعیت کار (وصل، قطع و محدود)
D	تمایز دهنده و تفکیک کننده	R	راه اندازی مجدد و لغو حرکت
E	عملکرد وصل (روشن)	S	ذخیره کردن و ضبط کردن
F	حفاظت	T	تأخیر داشتن و اندازه گیری زمان
G	آزمایش (تست)	U	-
H	نشان دهنده و خبر دهنده	V	سرعت و شتاب
J	تلفیق یا ترکیب چند عمل	W	اضافه کردن و جمع کردن
K	عملکرد کلید فشاری	X	ضرب کردن و چند برابر کردن
L	نشانه گذاری هادی	Y	آنالوگ (قیاسی)
M	عملگر اصلی	Z	دیجیتال (رقمی)

## ۱۹- انواع نقشه های الکتریکی صنعتی

در طراحی، مونتاژ، نصب، تعمیر و عیب یابی مدارهای صنعتی از نقشه های مختلفی استفاده می شود که از جمله آنها می توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- نقشه ی مسیر جریان

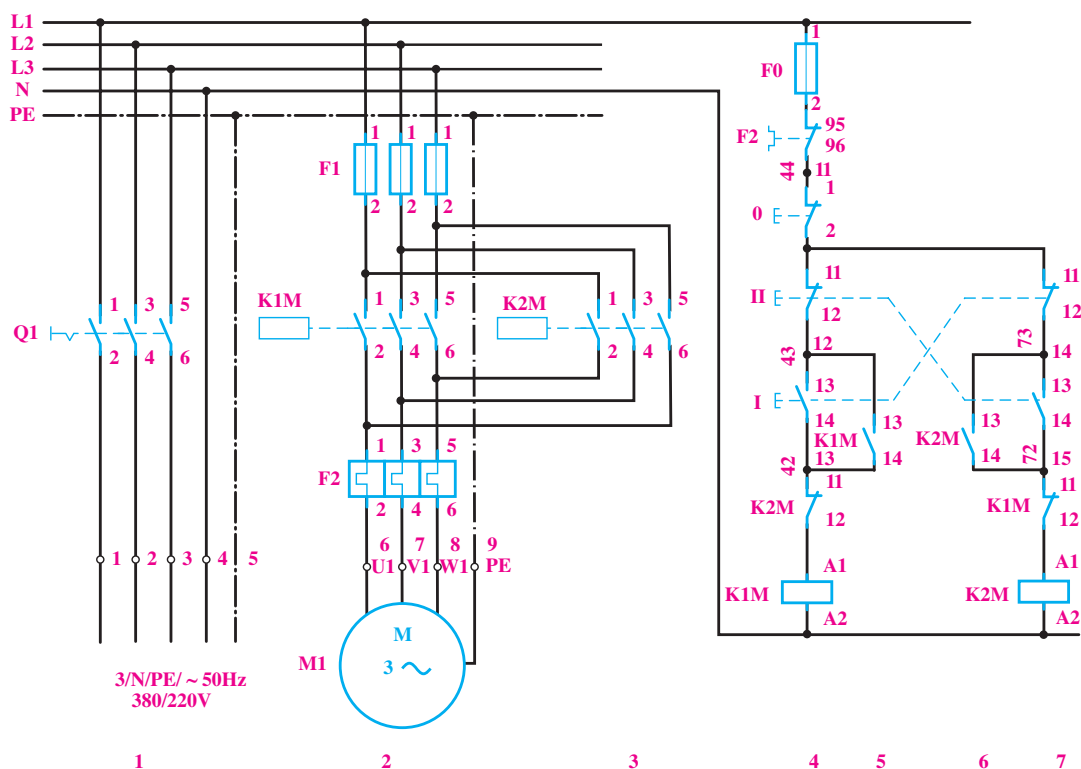
۲- نقشه ی مونتاژ

۳- نقشه ی خارجی

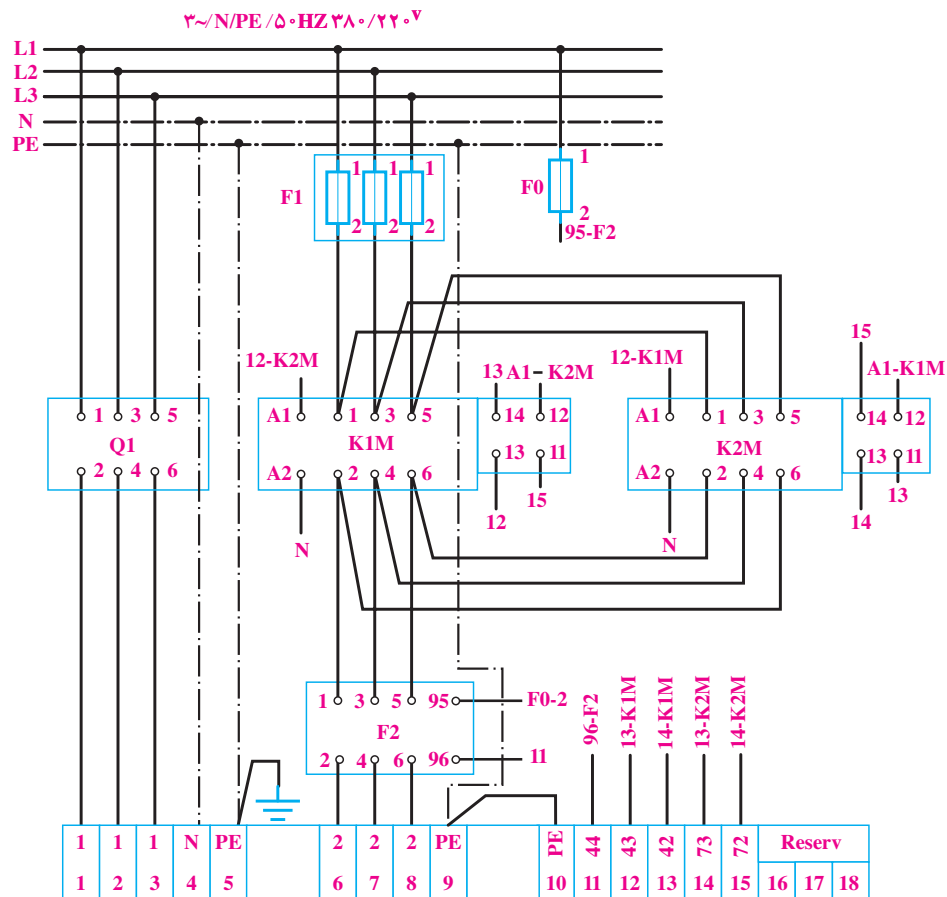
۴- نقشه ی ترمینالی

۵- نقشه ی تک خطی (فنی)

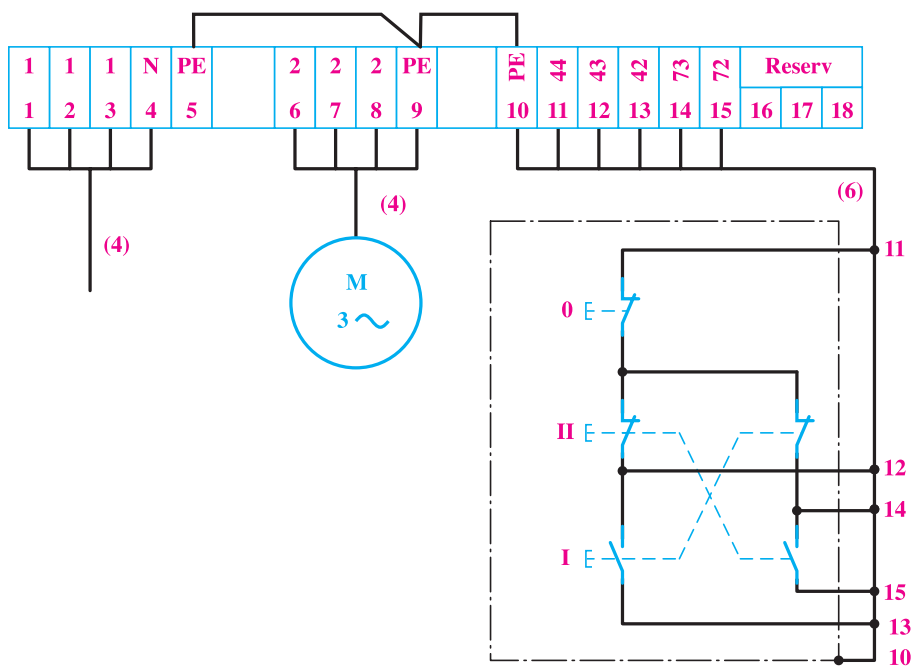
چون نحوه ی ترسیم انواع نقشه ها از اهداف این کتاب نیست لذا در این جا فقط به معرفی و مشاهده یک نمونه از نقشه های نام برده شده اکتفا می شود شکل های ۳۳-۴ تا ۳۷-۴ به ترتیب تصویر نقشه ها را نشان می دهد.



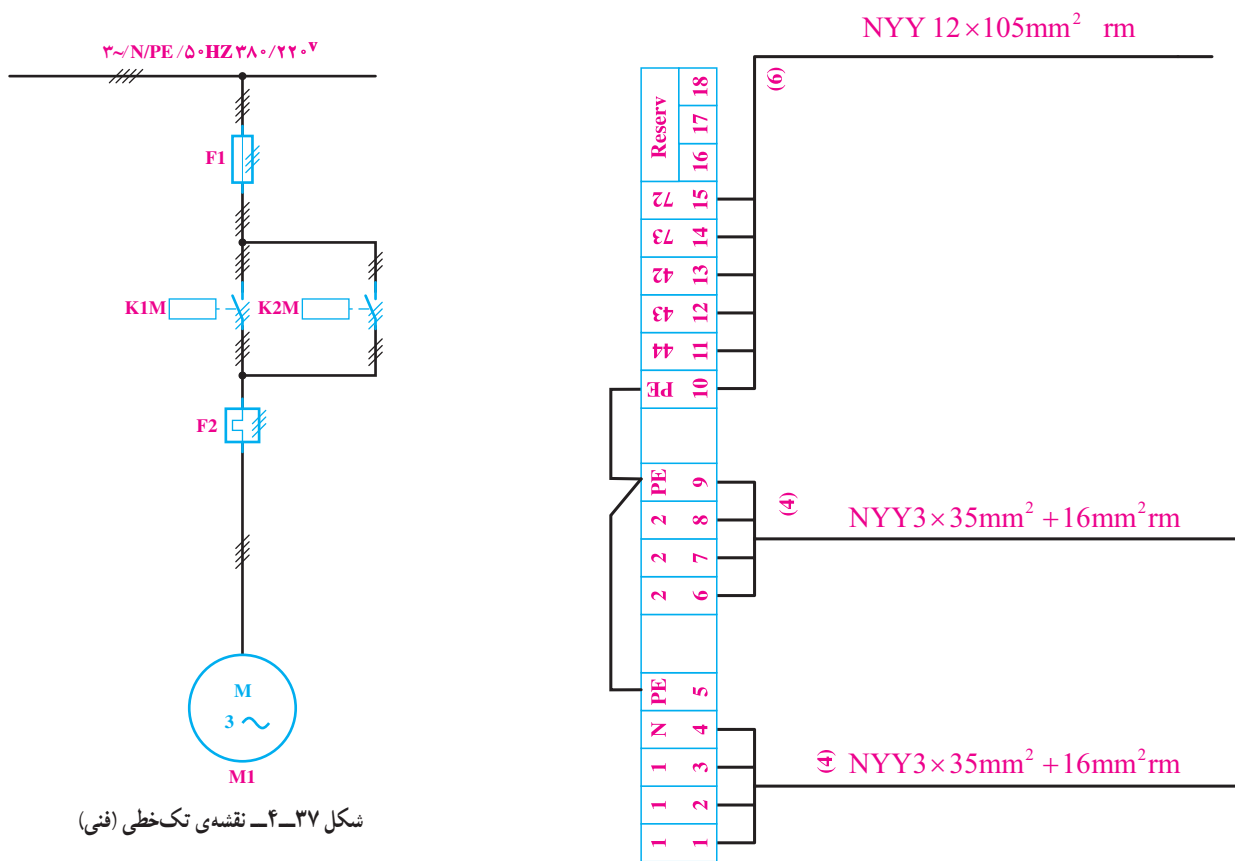
شکل ۳۳-۴- نقشه‌ی مسیر جریان



شکل ۳۴-۴- نقشه‌ی مونتاژ

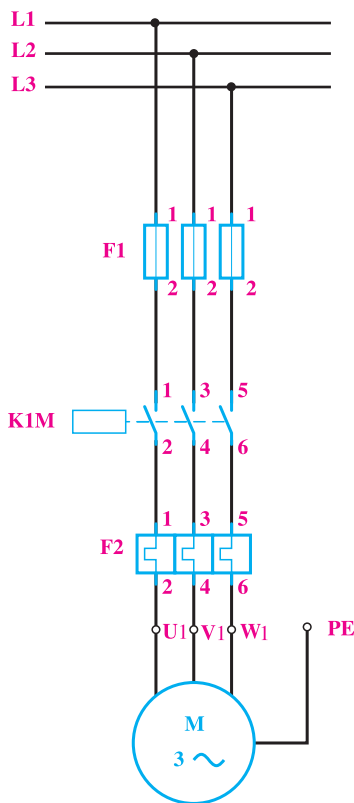


شکل ۳۵-۴- نقشه‌ی خارجی



شکل ۳۶-۴- نقشه‌ی ترمینالی

شکل ۳۷-۴- نقشه‌ی تک خطی (فنی)

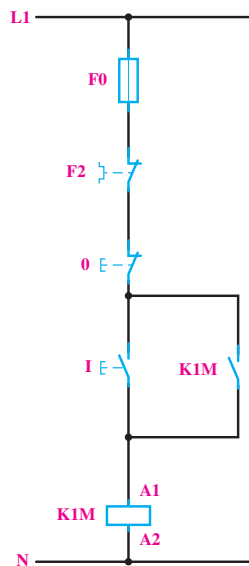


شکل ۴-۳۸

از جمله نقشه‌هایی که جنبه‌ی عمومی داشته و در شکل کلی از آن برای نشان دادن چگونگی عملکرد مدار استفاده می‌شود نقشه‌های «مدار قدرت» و «مدار فرمان» است.

### الف – نقشه‌ی مدار قدرت

آن قسمت از مدار حقیقی که مسیر جریان‌رسانی به مصرف‌کننده را نشان می‌دهد «مدار قدرت» گویند.



شکل ۴-۳۹

### ب – نقشه‌ی مدار فرمان

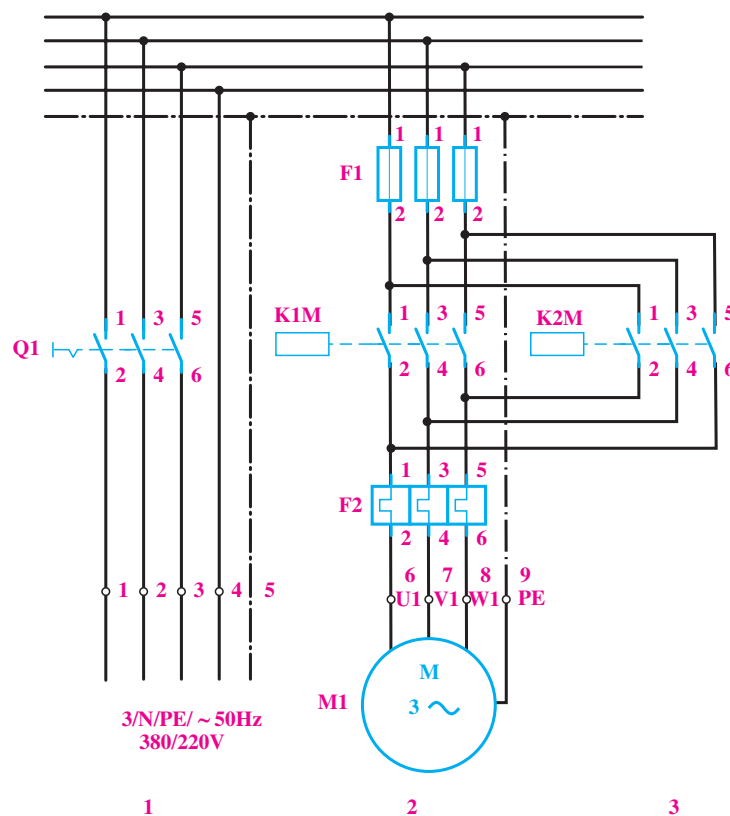
نقشه‌ای از یک مدار حقیقی که وظیفه‌اش نشان دادن چگونگی عملکرد مدار قدرت است را «مدار فرمان» گویند.

توضیح :

داده شده است :

۱- کلیه ی کنتاکت‌های (تیغه‌ها) مدار قدرت با اعداد یک رقمی مانند شکل ۴-۴۰ نشان داده می‌شوند.

از آنجایی که آشنایی با شماره‌گذاری‌ها که در رسم نقشه‌ها کاربرد دارند می‌تواند در زمان اتصال مدارهای فرمان و قدرت به هنجاریان کمک کند لذا به اختصار برخی از این شماره‌ها توضیح



شکل ۴-۴۰

مانند :

۲- تمامی کنتاکت‌های مدار فرمان با عدد دو رقمی نشان داده می‌شوند که رقم یکان آن نشان‌دهنده نوع تیغه و رقم دهگان آن بیانگر چندمین تیغه بودن آن است.



بیانگر اولین کنتاکت باز کنتاکتور K1M است.



بیانگر پنجمین کنتاکت بسته کنتاکتور K3M است.

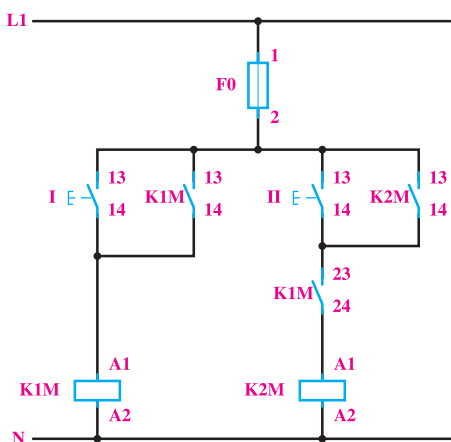
ارقام کنتاکت بسته	ارقام کنتاکت باز

۴- در شماره گذاری کنتاکت ها وسایلی خاص هم چون رله ی حرارتی (بی متال) و رله ی زمانی (تایمر) در مدارهای فرمان از شماره های به کار رفته روی تجهیزات مطابق شکل ۴-۴۴ استفاده می شود.



شکل ۴-۴۴

شکل ۴-۴۵ تصویر یک نمونه مدار فرمانی را نشان می دهد که کنتاکت های مدار فرمان در آن شماره گذاری شده است.



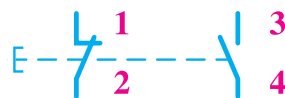
شکل ۴-۴۵

شکل ۴-۴۱ تصویر ظاهری کنتاکتوری را نشان می دهد که این اعداد روی آن مشخص شده است.



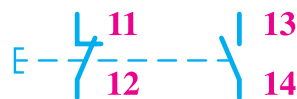
شکل ۴-۴۱

۳- همان طوری که می دانید شستی های به کار رفته در مدارهای فرمان دارای کنتاکت هایی از نوع باز (Start-وصل کننده) و یا از نوع بسته (Stop- قطع کننده) هستند. در برخی موارد شماره گذاری شستی های استوپ و استارت مطابق شکل ۴-۴۲ یک رقمی است.



شکل ۴-۴۲

اما در یک سری از نقشه ها و وسایل با این دیدگاه که این کنتاکت ها اولین کنتاکت های شستی ها هستند به صورت دو رقمی و مطابق شکل ۴-۴۳ شماره گذاری می شوند.



شکل ۴-۴۳

## ۲۰- کارهای عملی

### مقدمه

به جریان الکتریکی نیاز داشته باشد؛ زیرا در اثر قطع ناگهانی ولتاژ شبکه، حالت ترمزی نیز از بین می‌رود و باعث سقوط بار می‌شود. یا مثلاً در سیستم‌های فرمان، که باید مطابق یک برنامه‌ریزی قبلی کاری اجرا شود، نباید فشار ناآگاهانه به یک شستی باعث اختلال در کار شود.

مسئله‌ی ایمنی و حفاظتی مدار در درجه‌ی اول اهمیت قرار دارد و هیچ‌گاه نباید آن را فدای مسئله‌ی اقتصادی کرد.

● در طراحی باید ساده بودن طرح مورد توجه قرار گیرد. بدین معنی که تاحد امکان باید وسایل و تجهیزات به کار رفته در طرح، کم‌تر باشد و در عین حال نکات فنی و ایمنی رعایت شود.

● در طراحی مدارهای گسترده، که چندین عمل مختلف به‌طور همزمان یا در زمان‌های مختلف اجرا می‌شود، بهتر است مراحل کار دستگاه به‌صورت یک جدول یا بلوک دیاگرام نوشته شود تا با نگاه به آن بتوان یک دید کلی از طرح به‌دست آورد و با توجه به آن، مدار را مرحله به مرحله طرح و تکمیل کرد.

— دورریز سیم‌های مصرفی (خرده سیم) را در محل مناسبی که از قبل تهیه شده بریزید.

در این قسمت، برای آشنایی هنرجویان با طراحی مدار، چند مدار صنعتی ساده را بررسی می‌کنیم و در مورد روش طراحی مدار قدرت و مدار فرمان آن‌ها توضیحاتی داده می‌شود.

● برای طراحی یک مدار، روش‌های متفاوتی وجود دارد، که به تجربه‌ی شخص طراح و گستردگی و نوع طرح بستگی دارد، اما در هر حال نتیجه‌ی کار باید یکی باشد.

● در طراحی مدارها، باید استانداردها و قوانین مربوط را رعایت کرد و حفاظت‌های مربوط به نکات ایمنی را حتماً به کار گرفت تا نتیجه‌ی کار از نمونه‌های مشابه کشورهای صنعتی پایین‌تر نباشد و در هنگام تعویض یا تعمیر نیز مشکلی برای تعمیرکار پیش نیاید.

● برای طرح یک مدار فرمان باید مسئله‌ی اقتصادی بودن طرح مورد توجه قرار گیرد. ولی به هیچ وجه نباید برای ارزان‌تر تمام شدن طرح، مسائل حفاظتی و ایمنی را در نظر نگرفت؛ زیرا گاهی با اضافه کردن قسمت‌هایی به مدار، می‌توان از بروز اشکالاتی، که باعث صدمه دیدن اشخاص یا از کار افتادن دستگاه می‌شود، جلوگیری کرد.

برای مثال، در طراحی یک جرثقیل سقفی باید در نظر داشت که نمی‌توان از ترمزی استفاده کرد که برای حالت سکون و ترمز



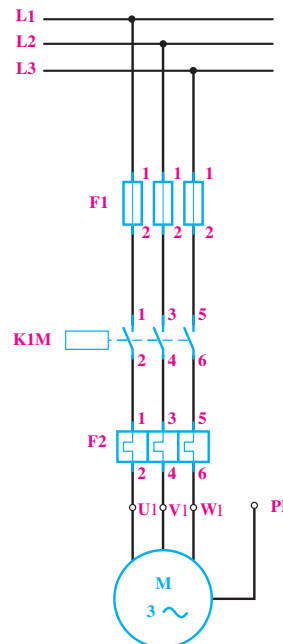


## کار عملی ۱

یک موتور سه فازه‌ی آسنکرون رتور قفسی با مشخصات  $4A$  و  $380V$  و  $2kW$  که بر روی یک ماشین ابزار ساده نصب شده است، باید توسط کنتاکتور به شبکه‌ی  $380^\circ$  ولتی اتصال یابد. مدار الکتریکی این موتور را ترسیم و تجهیزات لازم برای آن را انتخاب کنید.

**حل:** چون طبق خواسته‌ی مثال، فقط اتصال این موتور به شبکه و قطع آن مورد نظر است، پس به یک کنتاکتور  $K1M$  و یک شستی وصل  $I$  و یک شستی قطع  $0$  نیاز است.

**مدار قدرت:** کنتاکتور  $K1M$  باید موتور را به شبکه اتصال دهد؛ به این ترتیب، مدار قدرت آن دارای فیوز برای حفاظت در برابر اتصال کوتاه و بی‌مثال برای حفاظت در برابر بار زیاد است (شکل ۴-۴۶).

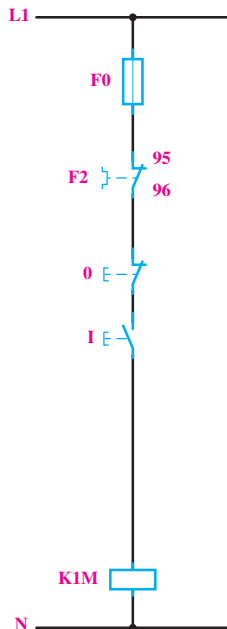


(b) مدار قدرت

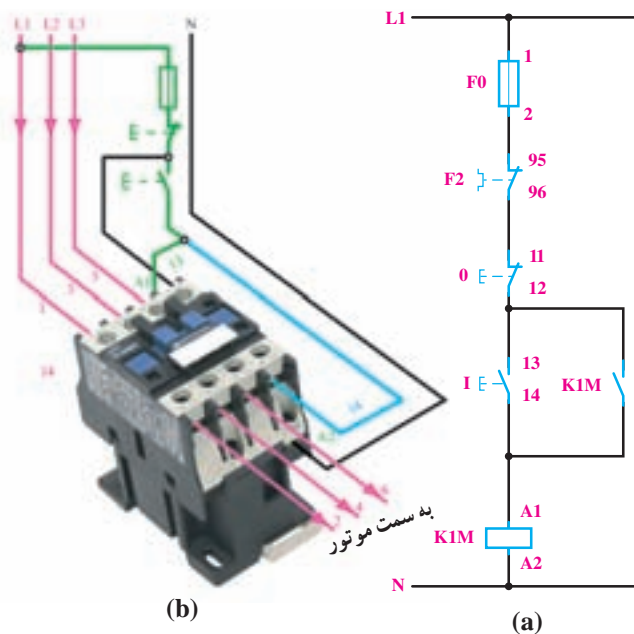


شود. در شکل ۴-۴۸ مدار فرمان به‌طور کامل با وسایل حفاظتی نشان داده شده است.

با توجه به این که از بی‌مثال  $F2$  در مدار قدرت جهت حفاظت در مقابل اضافه بار استفاده شده است به همین خاطر لازم است از تیغه فرمان آن به‌صورت سری با فیوز در همه مدارها استفاده شود.



شکل ۴-۴۷



(b)

(a)

**مدار فرمان:** برای طراحی مدار فرمان، با توجه به صورت مسئله، ابتدا شستی وصل  $I$  را با کنتاکتور  $K1M$  مانند شکل ۴-۴۷ وصل می‌کنیم. چون با فشار به شستی  $I$ ، کنتاکتور جذب و با حذف فشار از روی شستی، مدار آن دوباره قطع می‌شود، از این‌رو، با موازی کردن کنتاکت باز  $K1M$  با شستی  $I$ ، از قطع شدن کنتاکتور جلوگیری به‌عمل می‌آوریم. شستی قطع نیز باید با مدار به‌صورت سری قرار گیرد تا با فشار به آن، مدار به‌طور کامل قطع

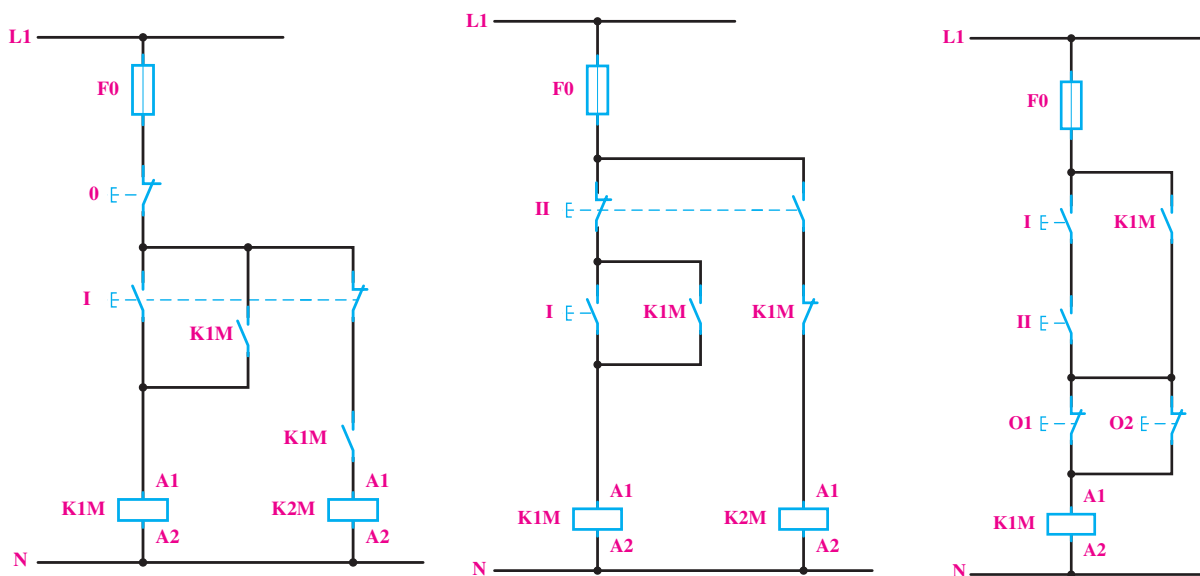
انتخاب کنتاکتور، بی‌متال و فیوز : مشخصات کنتاکتور K1M و وسایل حفاظتی مناسب نیز از روی مشخصات موتور تعیین می‌شود. چون موتور آسنکرون رتور قفسی است و ترمز و حالت چپ‌گرد - راست‌گرد شدن نیز در این موتور لازم نیست، از روی جدول ۴-۱ کنتاکتور ۳ AC با جریان نامی بیش‌تر از ۴A در ولتاژ ۳۸۰ ولت و با بوبین ۲۲۰ ولت استفاده می‌شود. بی‌متال F۲ مورد استفاده در مدار قدرت باید روی ۴A میزان شود؛ پس باید بی‌متالی

که جریان نامی آن مثلاً بین ۲/۵ A تا ۶A باشد، انتخاب گردد. برای حفاظت در برابر اتصال کوتاه موتور نیز چون جریان نامی موتور ۴A است و باید از فیوزی با ۲ تا ۲/۵ برابر جریان نامی استفاده شود، پس از فیوز کندکار F۱ با جریان نامی ۱۰ A استفاده می‌کنیم. برای حفاظت مدار فرمان نیز فیوز کندکار F0 با جریان نامی ۴A مورد استفاده قرار می‌گیرد.

### تمرین



- ۱- مدار کار عملی ۱ را به گونه‌ای تغییر دهید تا بتوان موتور سه فاز را از دو محل روشن و خاموش کرد.
- ۲- یک روش برای حفاظت اشخاصی که با ماشین‌های برش و قیچی کار می‌کنند این است که هنگام کار با آن‌ها، هر دو دست روی شستی‌های فرمان باشد تا موقع پایین آمدن تیغه‌ی ماشین، دست در زیر آن قرار نگیرد و صدمه‌ای نبیند. مدار قدرت و مدار فرمان یک موتور ساده را، با تدبیر ذکر شده برای یک ماشین برش صحافی، ترسیم و مشخص کنید فاصله‌ی شستی‌ها در روی ماشین در چه حدودی باید باشد.
- ۳- در یک کارگاه صنعتی لازم است در مواقع خطر، مدار اصلی همه‌ی ماشین‌ها را از نقاط مختلف کارگاه قطع کرد. مدار قدرت و مدار فرمان را برای تغذیه‌ی ماشین‌های این کارگاه ترسیم کنید؛ در صورتی که در این کارگاه دو ماشین تراش ساده با موتورهای سه فاز و یک ماشین سنگ سمباده و یک ماشین مته با موتورهای یک فاز وجود داشته باشد. (راه‌اندازی چند موتور به صورت مستقل).
- ۴- اگر کنتاکت بسته کنتاکتوری در مسیر تغذیه بوبین همان کنتاکتور قرار داده شود چه اتفاقی می‌افتد؟
- ۵- اصول کار هر یک از مدارهای فرمان را در شکل‌های ۴-۴۹ کاملاً بررسی کنید و پس از بستن مدار، اصول کار و مورد استفاده هر یک را در دفتر گزارش کار خود بنویسید.



ج

ب

الف



## کار عملی ۲

در یک ماشین چوب بری، از یک موتور سه فاز آسنکرون رتور قفسی به قدرت ۱/۵ کیلووات استفاده شده است. برای اتصال دائمی این موتور به شبکه، از یک شستی و برای قطع آن از شستی دیگری استفاده می‌شود. علاوه بر این دو شستی، توسط یک پدال (توسط فشار پا، فرمان می‌دهد) نیز باید بتوان موتور را به طور موقت به شبکه متصل کرد. از این پدال برای مواقعی که بخواهیم زمان کار موتور تحت کنترل باشد استفاده می‌شود و باید تا زمانی که توسط پا بر روی آن فشار وارد می‌شود، موتور بچرخد و زمانی که پا از روی پدال برداشته شد، مدار موتور نیز قطع گردد (شکل ۴-۵۰).

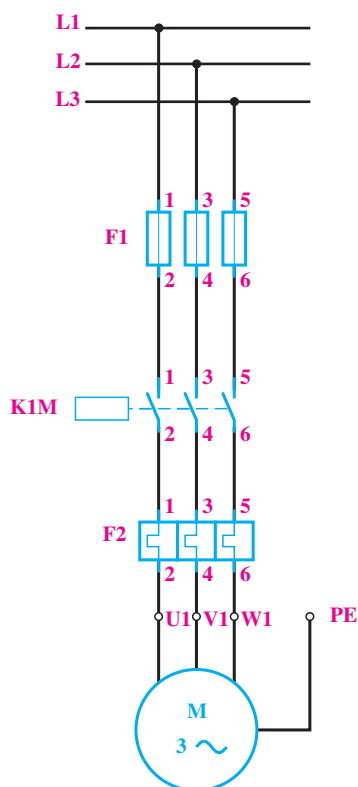


شکل ۴-۵۰

مدار قدرت و مدار فرمان این موتور را طراحی و کنتاکتور و وسایل حفاظتی مناسب را برای آن انتخاب کنید.

**حل:**

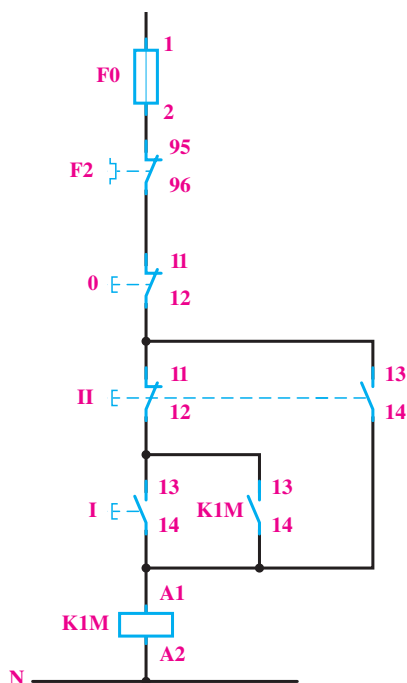
**مدار قدرت:** موتور این ماشین باید به طریقی ساده، توسط یک کنتاکتور، به شبکه اتصال یابد و به وسیله فیوز و بی‌متال، در برابر اتصال کوتاه و اضافه بار حفاظت شود. بنابراین، مدار آن مانند شکل ۴-۵۱ خواهد شد.



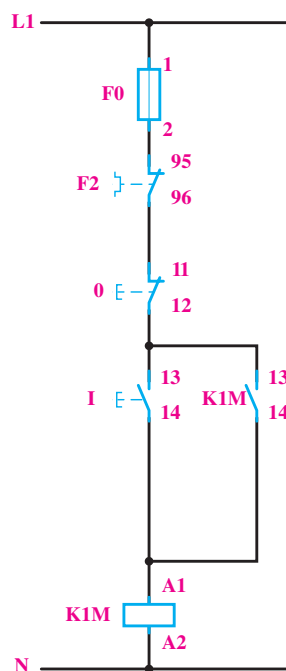
شکل ۴-۵۱

**مدار فرمان:** با توجه به مطالب خواسته شده در این ماشین، برای راه‌اندازی و کار با آن، در مجموع سه شستی لازم است. از شستی I برای حالت کار دائم ماشین و از شستی II، که توسط پا فرمان می‌گیرد (پدال)، برای کار لحظه‌ای آن استفاده می‌شود. برای قطع کامل مدار نیز شستی 0 به کار می‌رود.

برای طراحی مدار فرمان، ابتدا با در نظر گرفتن وظیفه‌ی شستی I (مانند کار عملی ۱)، مدار را برای کار دائم طراحی می‌کنیم. در این صورت شکل ۴-۵۱ به دست می‌آید. می‌دانیم اگر کنتاکت نگاه‌دارنده K1M، که با شستی وصل I موازی شده است، در مدار وجود نداشته باشد، با حذف فشار وارد شده به شستی، مدار کنتاکتور نیز قطع خواهد شد.



شکل ۴-۵۳



شکل ۴-۵۲

— در صورتی که کار شما جواب نداد دستپاچه نشوید و به دقت یک بار دیگر از روی نقشه کار خود را بررسی کنید.

**انتخاب وسایل :** چون احتمال وصل موتور به شبکه در زمان‌های کم و پشت سرهم توسط پدال وجود دارد، کنتاکتور انتخابی برای آن باید از نوع AC۴ باشد و حداقل در ولتاژ ۳۸۰ ولت، توانایی قطع و وصل موتور تا ۱/۵ کیلووات را داشته باشد (این مطلب در روی پلاک کنتاکتور نوشته شده است). برای حفاظت موتور در برابر اضافه بار، باید بی‌متال را روی ۳ آمپر میزان کرد و برای حفاظت موتور در برابر اتصال کوتاه نیز از فیوز کندکار ۴ آمپر استفاده نمود. جهت حفاظت مدار فرمان نیز یک فیوز ۴A کندکار لازم است.

پس برای کار موقت ماشین، باید شستی II را به طریقی در مدار اضافه کنیم که بدون کنتاکت نگاه‌دارنده باشد و نیز مدار کنتاکت باز مربوط به شستی I را نیز قطع کند. اگر شستی II را با شستی I به صورت موازی قرار دهیم، در این صورت کنتاکت باز K1M نیز با آن موازی می‌شود و با فشردن شستی II دوباره موتور به طور دائم به شبکه وصل خواهد شد. به این شکل اتصال شستی‌ها فرمان از دو محل گرفته می‌شود. بنابراین، باید راهی پیدا کرد که با فشار دادن به شستی II مدار کنتاکت باز K1M قطع شود.

ساده‌ترین راه این است که از خود شستی II برای این منظور استفاده کنیم. بنابراین، شستی II را دوبل انتخاب می‌کنیم و کنتاکت بسته‌ی آن را در مسیر شستی I و کنتاکت باز K1M قرار می‌دهیم تا با فشار دادن به آن، مسیر کنتاکت نگاه‌دارنده باز شود. در شکل ۴-۵۳ مدار فرمان کامل این مثال، به همراه وسایل حفاظتی، ترسیم شده است.



آیا مدار فرمان شکل (۴-۵۳) را به گونه‌ای دیگر می‌توان رسم کرد؟ (در صورتی که پاسخ شما مثبت است مدار فرمان آن را رسم کنید).



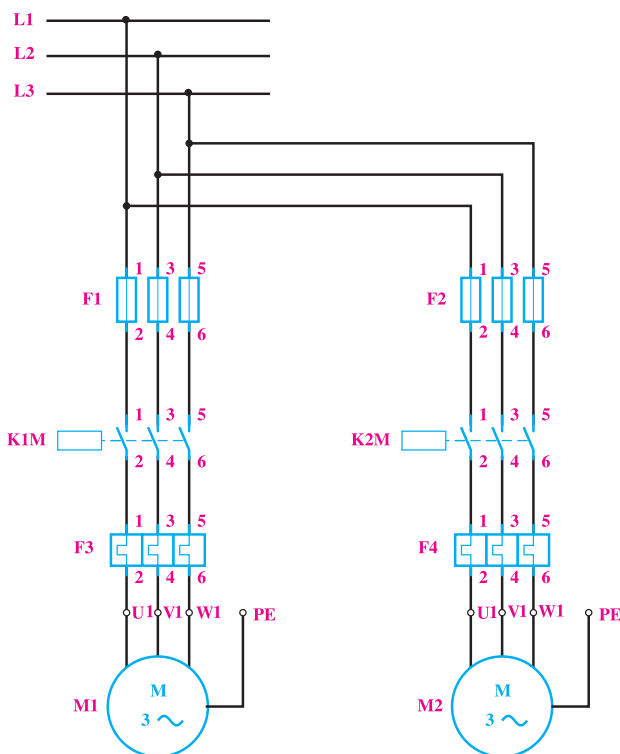
### کار عملی ۳

در یک ماشین صنعتی از دو موتور  $M1$  و  $M2$  استفاده شده است. موتور  $M1$  یک موتور سه فاز برای پمپ روغن به قدرت ۵٪ کیلووات و جریان ۱/۵ آمپر و موتور  $M2$  یک موتور سه فاز به قدرت ۵ کیلووات و جریان ۱۰ A است.

طرز کار این ماشین به طریقی است که موتور اصلی بدون پمپ روغن نباید کار بکند، 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. نقشه ی مسیر جریان، نقشه ی مونتاژ و نقشه ی خارجی را نیز برای این کار عملی ترسیم کنید.

### حل:

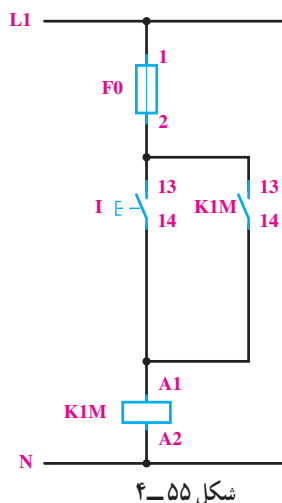
**مدار قدرت:** برای مدار قدرت به یک کنتاکتور جهت هریک از موتورهای نیاز است. بنابراین، برای موتور  $M1$ ، کنتاکتور  $K1M$  و برای موتور  $M2$ ، کنتاکتور  $K2M$  را در نظر می گیریم و مدار قدرت آن را مانند شکل ۴-۵۴ ترسیم می کنیم. حفاظت برای اتصال کوتاه و حفاظت برای بار زیاد، در مورد هریک از موتورها به طور جداگانه در نظر گرفته می شود.



شکل ۴-۵۴

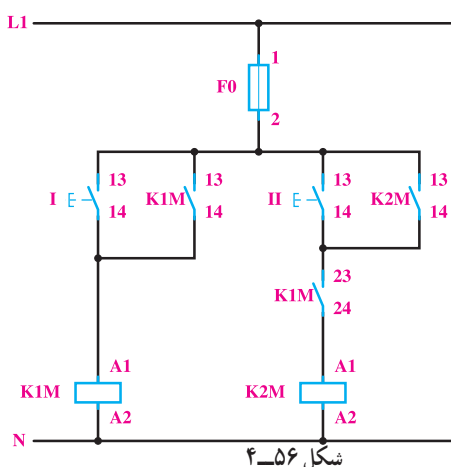
### مدار فرمان:

که شستی I برای راه اندازی پمپ  $M1$ ، شستی II برای راه اندازی موتور  $M2$  و شستی 0 برای قطع مدار به کار می روند. برای طرح مدار فرمان، ابتدا مدار را برای راه اندازی موتور  $M1$  به وسیله ی کنتاکتور  $K1M$  (مانند شکل ۴-۵۵) طراحی می کنیم، به طوری که با فشار به شستی I کنتاکتور  $K1M$  جذب و توسط کنتاکت باز خود، نگاه داشته شود.

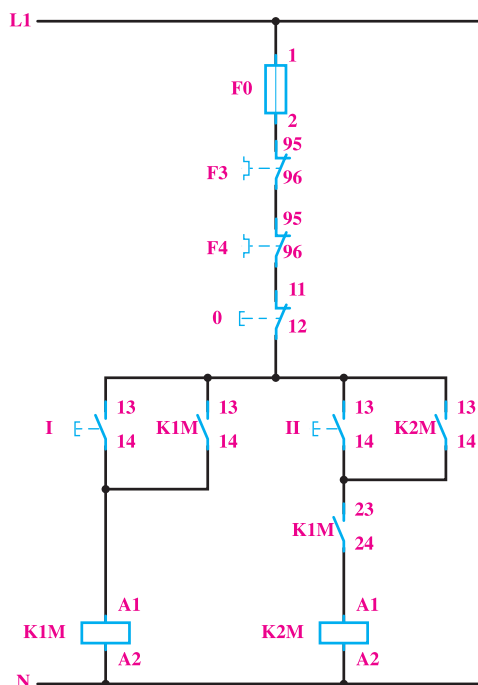


شکل ۴-۵۵

موتور  $M2$  نباید بدون موتور  $M1$  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  $M1$ ، مدار بوبین کنتاکتور  $K2M$  نتواند وصل شود. برای این کار می توانیم از یک کنتاکت باز  $K1M$  به طور سری در مدار بوبین  $K2M$  (مانند شکل ۴-۵۶) استفاده کنیم.



شکل ۴-۵۶



شکل ۴-۵۷

بدین ترتیب ملاحظه می‌شود که اگر کنتاکتور  $K1M$  وصل نباشد و شستی II فشار داده شود، به علت باز بودن مسیر بوبین  $K2M$ ، موتور  $M2$  کار نخواهد کرد. برای قطع کل مدار نیز از شستی 0 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 ۴-۵۷ نشان داده شده است.

**انتخاب وسایل:** باتوجه به نوع موتورها و مطالب گفته شده (در مورد انتخاب کنتاکتور و وسایل حفاظت‌کننده)، وسایل مورد استفاده برای این کار عملی باید دارای مشخصات زیر باشد:

کنتاکتور  $K1M$  -  $6A$  -  $AC3$  (بوبین  $50\text{ Hz}$  و  $220\text{ V}$ )

کنتاکتور  $K2M$  -  $16A$  -  $AC3$  (بوبین  $50\text{ Hz}$  و  $220\text{ V}$ )

فیوز  $4\text{ A}$  کندکار

فیوز  $1\text{ A}$  کندکار

فیوز  $20\text{ A}$  کندکار

بی‌متال  $F3$  بی‌متال ۲-۱ آمپر انتخاب شده و روی  $1/5$  آمپر تنظیم شود.

بی‌متال  $F4$  بی‌متال حدود ۱۲-۵ آمپر انتخاب شده و روی  $10$  آمپر تنظیم شود.



۱- در مدار فرمان کار عملی ۳، به جای کنتاکت باز  $K1M$  در مسیر بوبین کنتاکتور  $K2M$ ، کنتاکت بسته  $K1M$  را قرار دهید و مدار جدید را بررسی کنید. مورد استفاده‌ی مدار جدید را شرح دهید.

۲- برای پرکردن آب یک منبع، از دو پمپ سه فازه (مانند شکل‌های ۴-۵۸) استفاده شده است. مدار فرمان این دو پمپ را به صورت زیر طراحی کنید:

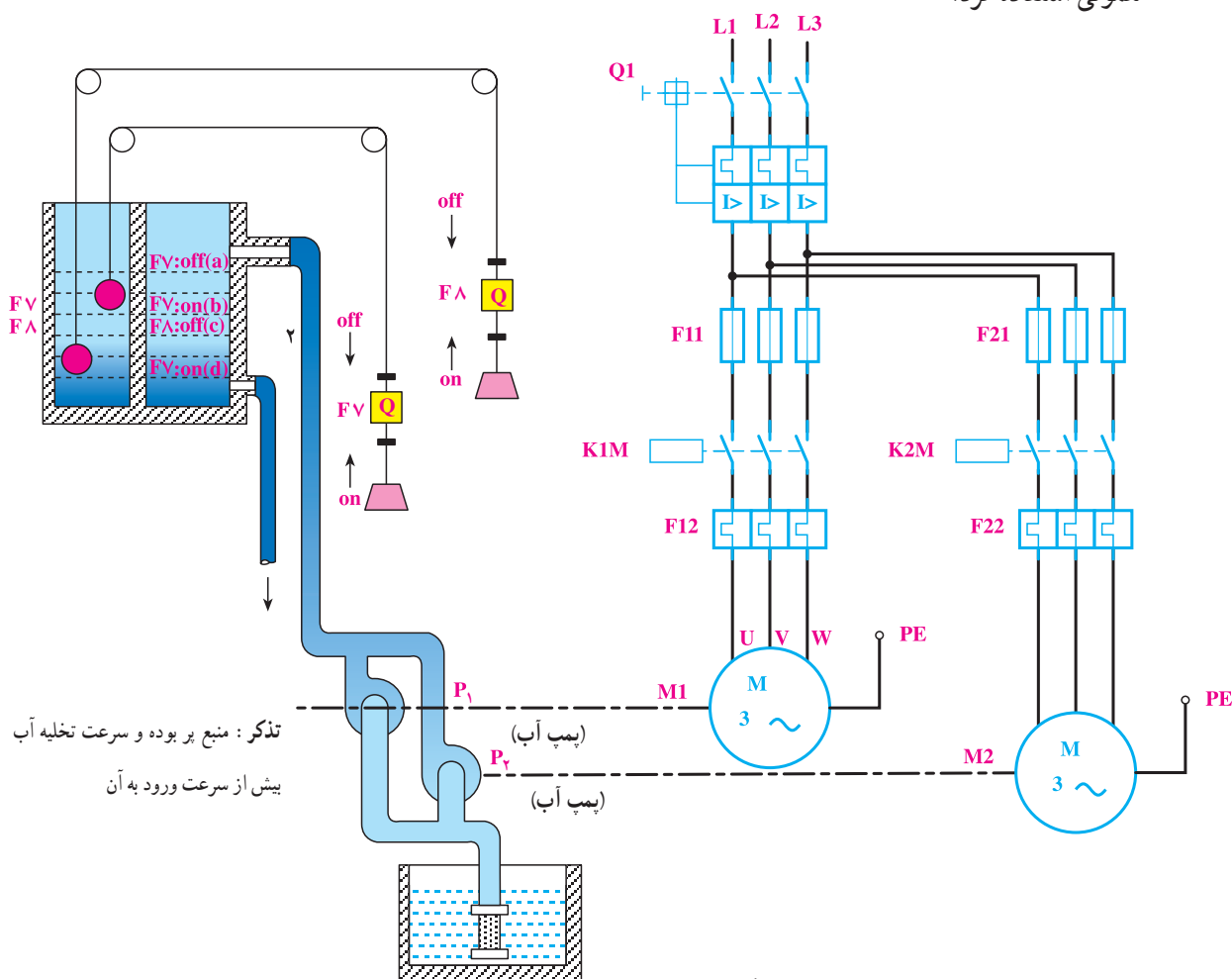
الف - در صورتی که سطح آب منبع از محل  $b$  پایین‌تر برود، پمپ شماره‌ی یک به کار بیفتد و پس از پرشدن منبع در محل  $a$  قطع شود.

ب - در صورتی که خروج آب از منبع، بیش‌تر از ورود آب توسط پمپ شماره‌ی یک باشد و سطح آب از محل  $d$  پایین‌تر برود، پمپ شماره‌ی ۲ نیز به کار بیفتد و در صورت رسیدن آب به ارتفاع  $C$ ، قطع شود.

پ - در مسیر هر دو پمپ، از وسایل حفاظتی مناسب استفاده شود.

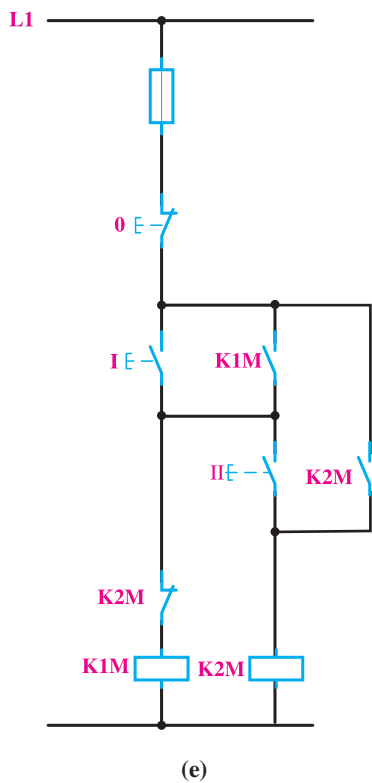
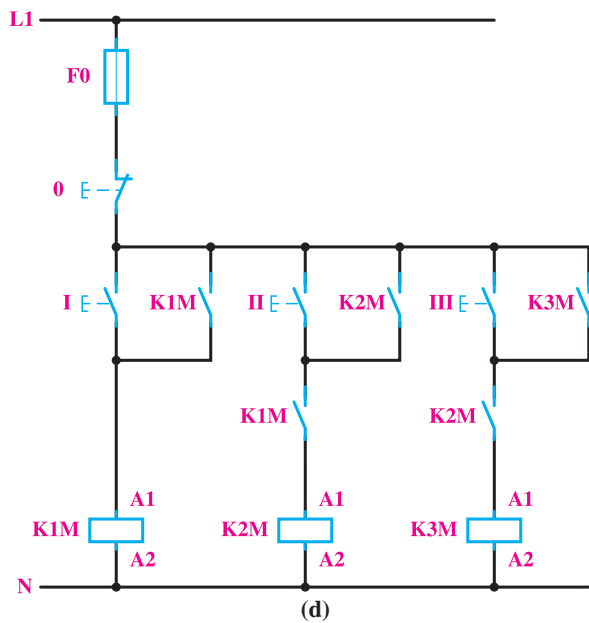
۳- اصول کار هر یک از مدارهای فرمان داده شده در شکل ۴-۵۹ را بررسی کنید و پس از درک کامل مدار، آن‌ها را ببندید و پس از آزمایش، اصول کار و کاربرد هر یک را در دفتر گزارش کار خود بنویسید.

۴- در شکل ۴-۵۹  $b$  کنتاکت بسته  $K2M$  از چه نوعی است و آیا به جای آن می‌توان از یک کنتاکت بسته‌ی معمولی استفاده کرد؟

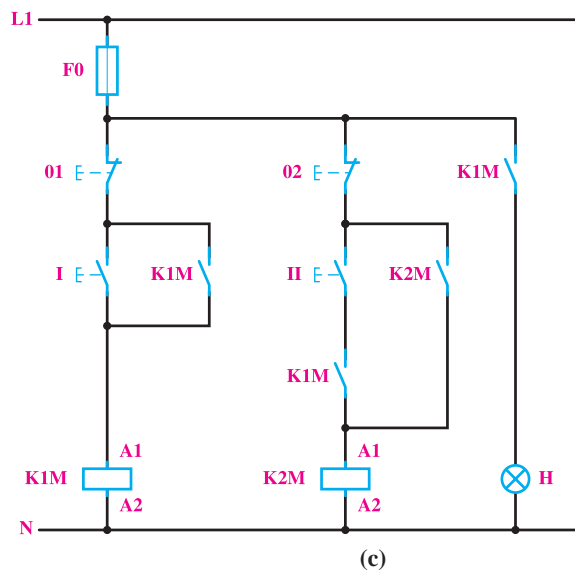
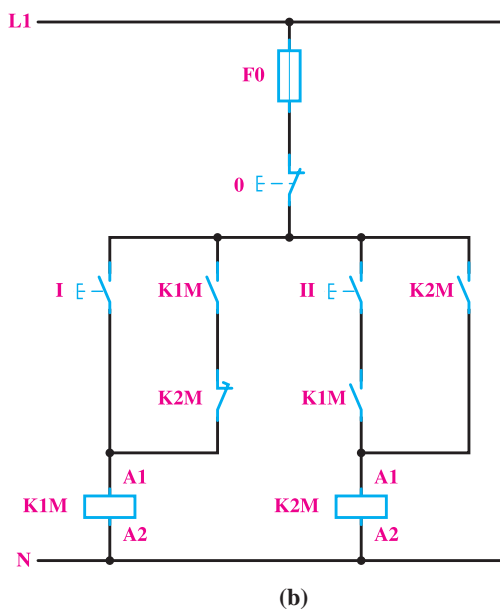
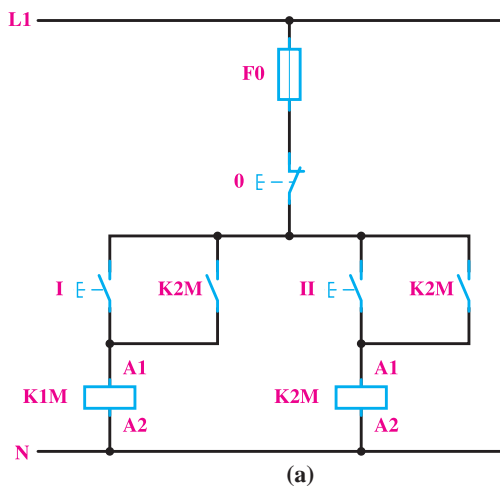


شکل ۴-۵۸





شکل ۴-۵۹





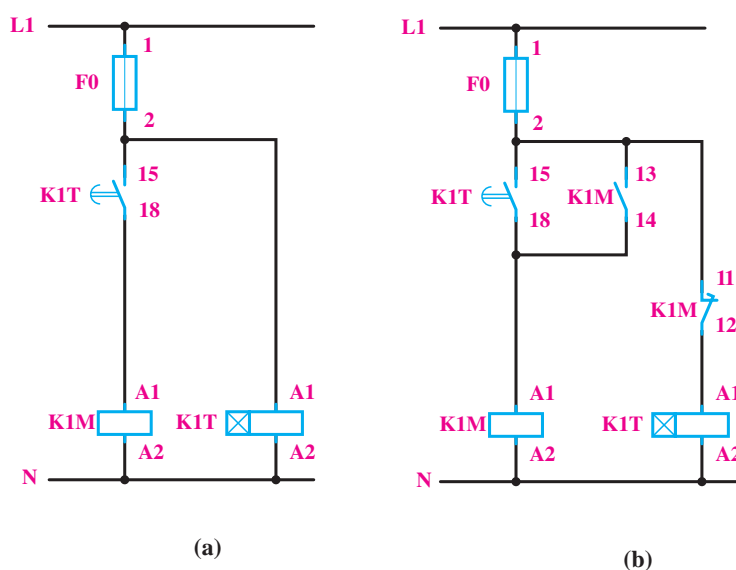
این مدار به شستی‌های قطع و وصل احتیاج نیست و به‌جای شستی وصل باید از کنتاکت باز تایمر استفاده کرد. مداری که نتیجه می‌شود، در مرحله‌ی اول مانند شکل ۴-۶۱ a است. با دقت در این مدار، ملاحظه می‌شود که اگر ولتاژ شبکه قطع باشد، کنتاکتور K1M و تایمر K1T نیز قطع خواهند بود. اما با وصل شدن ولتاژ شبکه، ابتدا تایمر K1T شروع به کار می‌کند و پس از یک دقیقه کنتاکت‌های باز آن بسته می‌شود. در نتیجه، کنتاکتور به شبکه متصل باقی می‌ماند. در طراحی مدارهای با تایمر باید دقت کرد که تایمر به‌طور دائم در مدار باقی نماند و پس از دادن فرمان، خود از مدار قطع شود. به این ترتیب، مدار شکل ۴-۶۱ a کامل نیست و باید مدار تایمر را قطع کرد. برای این کار، ساده‌ترین راه این است که از کنتاکت بسته K1M به‌طور سری با تایمر استفاده کنیم و چون پس از قطع شدن تایمر، کنتاکت بسته شده‌ی آن نیز دوباره باز و مدار کنتاکتور قطع می‌شود. پس باید از یک کنتاکت باز کنتاکتور K1M، به‌عنوان کنتاکت نگاه‌دارنده و موازی با کنتاکت تایمر استفاده کرد تا پس از قطع تایمر از مدار، کنتاکتور K1M در مدار باقی بماند. مدار فرمان کامل این مثال، در شکل ۴-۶۱ b نشان داده شده است.

برای حفاظت مصرف‌کننده‌های یک منزل مسکونی در برابر نوسان ولتاژ، هنگام قطع و وصل ولتاژ شبکه، باید از مداری استفاده کرد که مصرف‌کننده‌ها را، یک دقیقه پس از وصل ولتاژ شبکه (آمدن برق)، به شبکه متصل نماید. این مدار را طراحی کنید.

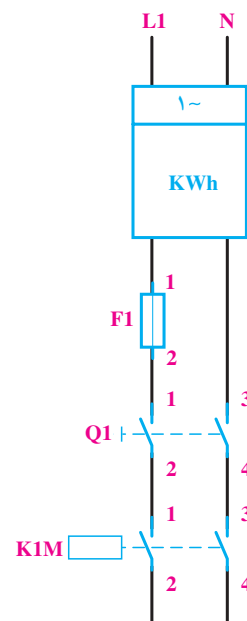
**حل:**

**مدار قدرت:** باید، پس از کنتور و وسایل حفاظتی مربوط، از یک کنتاکتور استفاده شود و در حالتی که برق شبکه قطع نیست، کنتاکتور نیز وصل باشد و مصرف‌کننده‌ها را به شبکه متصل نماید. این مدار در شکل ۴-۶۰ نشان داده شده است.

**مدار فرمان:** چون پس از وصل برق شبکه، (توسط نیروگاه)، احتمال قطع و وصل و نوسان ولتاژ در همان زمان‌های اولیه وجود دارد، باید با طراحی یک مدار مناسب کاری کرد که با وصل شدن ولتاژ شبکه، کنتاکتور در همان لحظه‌ی اول وصل نشود. ولی پس از مثلاً یک دقیقه مصرف‌کننده‌ها به وسیله‌ی کنتاکتور به شبکه اتصال یابند. به این منظور، به یک تایمر نیاز است تا به وسیله‌ی آن بتوان این عمل را اتوماتیک به جا آورد. با توجه به توضیحات داده شده، ملاحظه می‌شود که برای



شکل ۴-۶۱

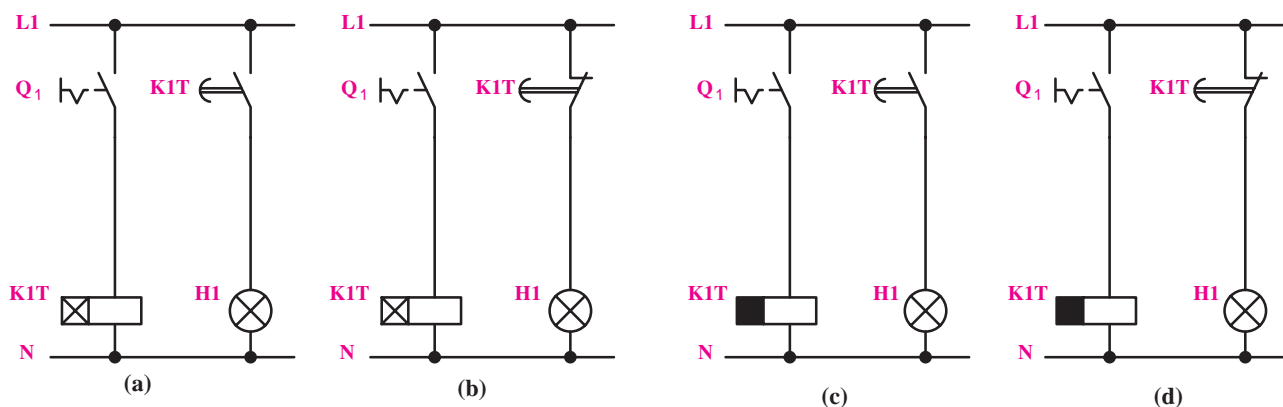


شکل ۴-۶۰

انتخاب وسایل مناسب: چون کنتاکتوری که برای این مدار مورد استفاده است، به طور مداوم قطع و وصل نمی‌شود و تقریباً به طور دائم به شبکه وصل است، از این رو می‌توان با توجه به جریان مجاز کنتور که ۱۶ A است، از یک کنتاکتور ۱ AC با  $I_e = 25A$  برای این مدار استفاده نمود. ولتاژ تغذیه ی بوبین کنتاکتور و تایمر باید ۲۲۰ ولت باشد. برای حفاظت مدار فرمان نیز می‌توان از یک فیوز کندکار ۴ A استفاده کرد.



۱- در مدارهای شکل ۴-۶۲، کلید یک پل برای یک دقیقه وصل شده است و سپس قطع می‌شود. در صورتی که تایمرها روی ۴۰ ثانیه تنظیم شده باشند عملکرد لامپ مدارها با هم چه فرقی خواهند داشت؟ (شکل ۴-۶۲).

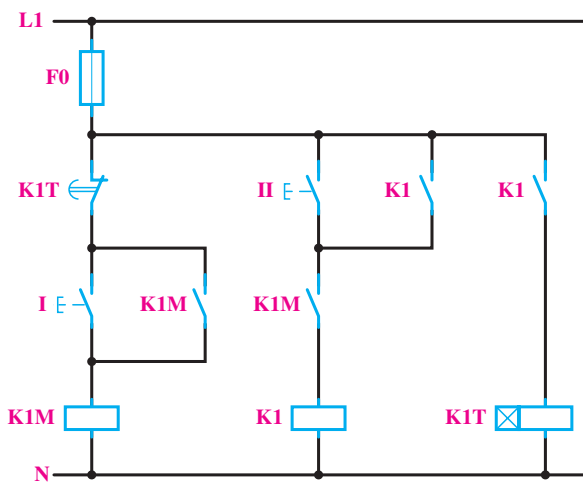


شکل ۴-۶۲

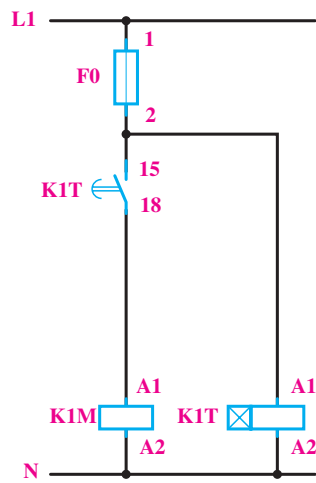
۲- می‌خواهیم در یک مدرسه از مداری استفاده کنیم که با فشار دادن به یک شستی، زنگ به مدت ۱۰ ثانیه به صدا درآید و پس از آن قطع شود. این مدار را طراحی کنید.

۳- هریک از نقشه‌های نشان داده شده در شکل ۴-۶۳ را کاملاً بررسی کنید و پس از درک طرز کار، اصول کار و کاربرد هریک را در دفتر گزارش کار خود بنویسید.

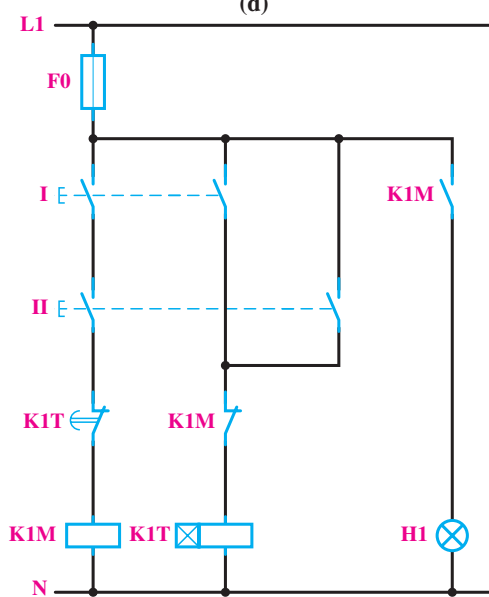
۴- آیا می‌توان به جای کنتاکت بسته K2M در مسیر ۴ هریک از شکل‌های ۴-۶۳ a و ۴-۶۳ b و همچنین کنتاکت بسته K1M در مسیر ۲ شکل ۴-۶۳ e، از کنتاکت بسته ی معمولی استفاده کرد؟ در این صورت احتمال پیش آمدن چه اشکالی برای مدار وجود دارد؟ این احتمال را در مورد هریک از مدارها بررسی کنید.



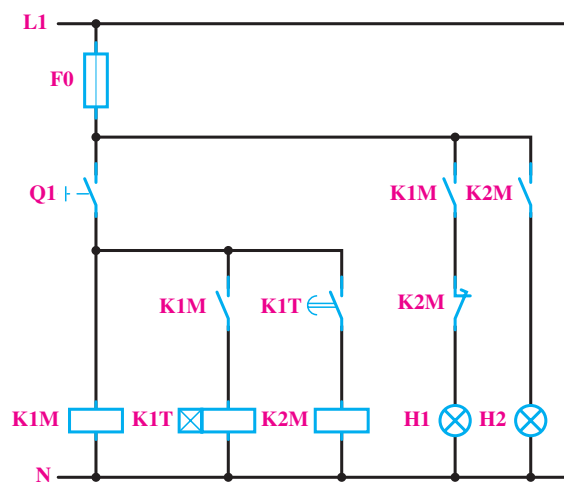
(d)



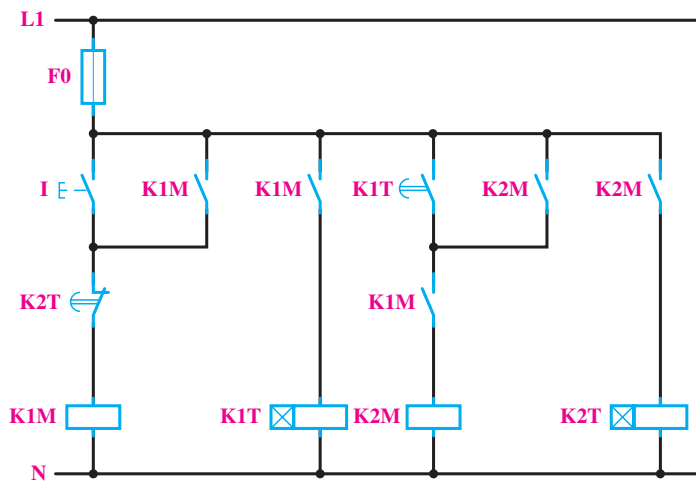
(a)



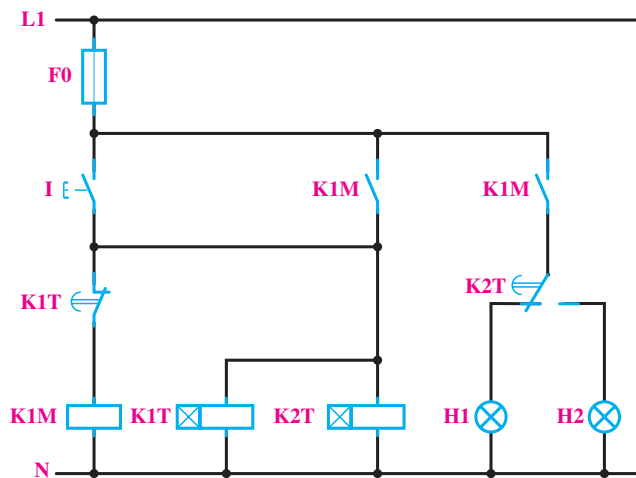
(e)



(b)



(f)

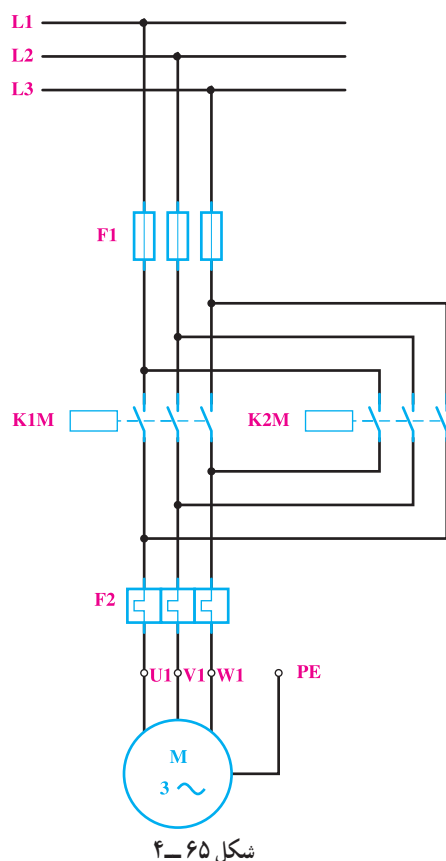


(c)

## کار عملی ۵



می‌خواهیم جهت گردش یک موتور آسنکرون سه فازه را، که بر روی یک ماشین تراش (مطابق شکل ۴-۶۴) نصب شده است، توسط کنتاکتور عوض کنیم. مدار فرمان و قدرت آن را ترسیم کنید.



شکل ۴-۶۵



شکل ۴-۶۴

### مدار فرمان: در طراحی مدارهای فرمان، باید دقت کرد

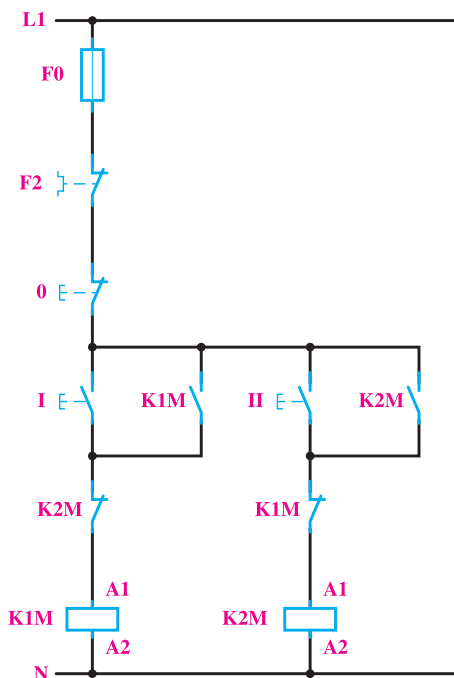
که تأخیرهای زمانی در قطع و وصل کنتاکتورها، اشکالی در مدار ایجاد نکند. هم‌چنین در مراحمی که وصل یک کنتاکتور، باعث قطع کنتاکتور دیگر می‌شود، باید این نکته را کاملاً مراعات کرد و دقت نمود که اتصال کوتاه لحظه‌ای بین فازها واقع نشود. این مطلب در مورد این کار عملی صادق است. بنابراین، باید مدار فرمان را طوری طراحی کرد که برای وصل یکی از کنتاکتورها، احتیاج به قطع کنتاکتور دیگر باشد. این مطلب را در طراحی مدار فرمان این کار و هم‌چنین در چند کار عملی دیگر بررسی خواهیم کرد. برای طراحی مدار فرمان این کار به ترتیب زیر عمل می‌کنیم:

چون برای هر یک از حالت‌های راست‌گرد و چپ‌گرد، یک شستی وصل و برای خاموش کردن موتور نیز یک شستی قطع لازم است، پس در مجموع دو شستی وصل و یک شستی قطع برای این مدار مورد نیاز است که شستی قطع برای هر دو حالت راست‌گرد و چپ‌گرد مشترک خواهد بود. ابتدا مانند مدار فرمان معمولی، برای هر یک از کنتاکتورها، مدار فرمان را (مطابق شکل ۴-۶۶) ترسیم

### مدار قدرت: در این کار، لازم است با دادن فرمان به

یک موتور آسنکرون سه فازه، جهت چرخش آن عوض شود. برای این کار لازم است که اتصال دو فاز در روی ترمینال موتور باهم تعویض گردند. برای اجرای این عمل به وسیله‌ی کنتاکتور، باید مثلاً برای حالت راست‌گرد، توسط کنتاکتور،  $L_1$  و  $L_2$  و  $L_3$  به  $K_{1M}$  به ترتیب به  $U_1$  و  $V_1$  و  $W_1$  و برای حالت چپ‌گرد، توسط کنتاکتور  $K_{2M}$ ،  $L_1$  به  $W_1$  و  $L_2$  به  $V_1$  و  $L_3$  به  $U_1$  مانند شکل ۴-۶۵ اتصال یابد. با کمی دقت در شکل، ملاحظه می‌شود که کنتاکتورهای  $K_{1M}$  و  $K_{2M}$  نباید حتی برای یک لحظه نیز با هم اتصال یابند؛ زیرا بین دو فاز  $L_1$  و  $L_3$ ، توسط هر دو کنتاکتور، اتصال کوتاه ایجاد می‌شود. این مطلب را در مدار فرمان، باید در نظر داشت.

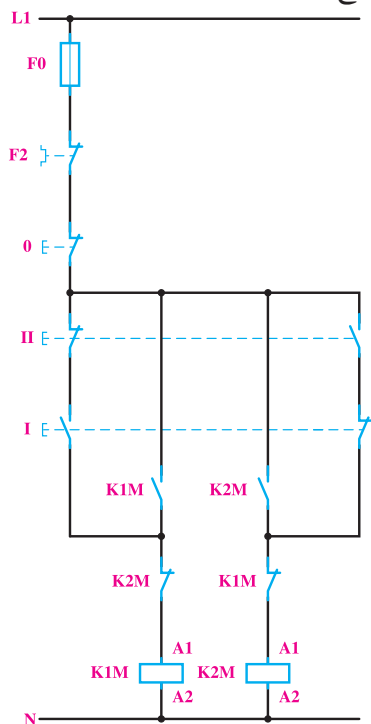
می‌کنیم. این مدار، در صورتی که موتور خاموش باشد و بعد به صورت راست‌گرد و یا چپ‌گرد راه‌اندازی شود، صحیح خواهد بود.



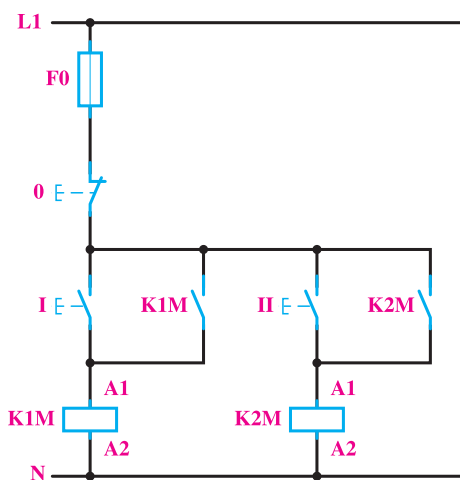
شکل ۴-۶۷

### الف — مدار چپ‌گرد — راست‌گرد با حفاظت کامل

اگر در مدار شکل ۴-۶۷، هم زمان شستی‌های I و II فشار داده شوند، هر دو کنتاکتور K1M و K2M هم‌زمان جذب کرده و اتصال کوتاه دو فاز پیش خواهد آمد. برای کیفیت بهتر مدار، می‌توان شستی‌های I و II را دویل انتخاب کرد و مدار را (مانند شکل ۴-۶۸) اتصال داد. در این صورت با فشار هم‌زمان به شستی‌ها، هیچ‌یک از کنتاکتورها جذب نخواهند شد.



شکل ۴-۶۸

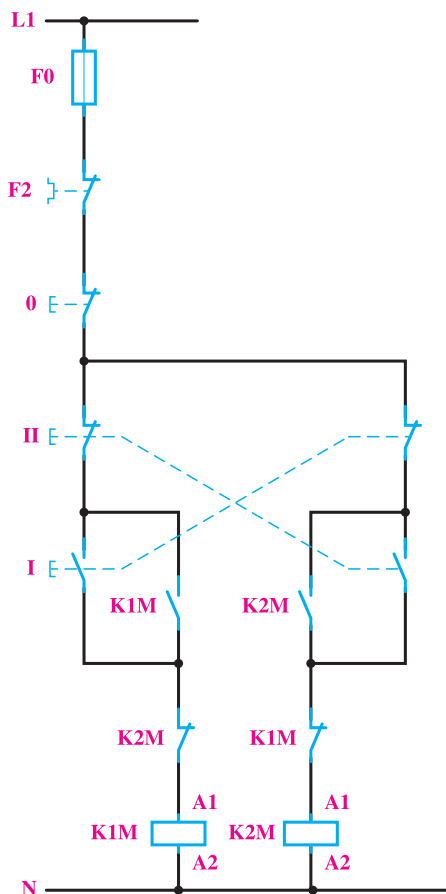


شکل ۴-۶۶

اما همان‌طور که می‌دانید، احتمال این که جهت گردش موتور در حال کار را بخواهیم تعویض کنیم نیز زیاد است. در مدار شکل ۴-۶۶ اگر در حالی که کنتاکتور K1M وصل است، استارت II را فشار دهیم، در این صورت بین دو فاز اتصال کوتاه خواهد شد. پس به‌طور کلی این مدار صحیح نیست و باید برای جلوگیری از اتصال کوتاه دو فاز حفاظت لازم در این مدار پیش‌بینی شود. راه ساده برای رفع این اشکال این است که کاری نکنیم که هنگام وصل هر یک از کنتاکتورها نتوان کنتاکتور بعدی را وصل نمود. پس می‌توان یکی از کنتاکت‌های بسته هر کنتاکتور را به‌طور سری با بوبین کنتاکتور بعدی قرار داد تا شرط ذکر شده — یعنی امکان اتصال هر یک از کنتاکتورها در صورت قطع کنتاکتور دیگر — برقرار شود. مدار فرمان صحیح این کار عملی در شکل ۴-۶۷ داده شده است. با توجه به این شکل، ملاحظه می‌شود که اگر موتور مثلاً با متصل بودن کنتاکتور K1M راست‌گرد باشد، برای چپ‌گرد کردن آن، باید حتماً اول شستی قطع و پس از آن شستی وصل II فشار داده شود تا کنتاکتور K2M جذب و موتور چپ‌گرد شود.

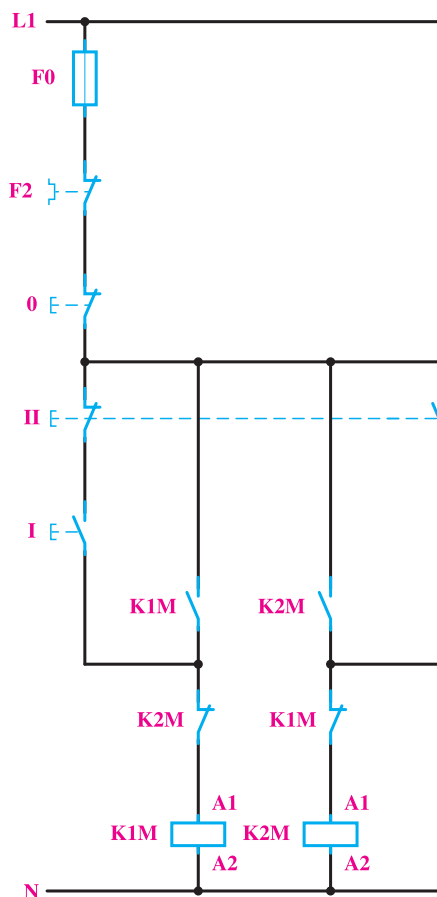


هم‌زمان دو کنتاکتور در اثر فشار دادن هم‌زمان دو شستی نیز وجود نخواهد داشت. در این مدار با وجودی که کنتاکتور  $K1M$  و  $K2M$  به‌طور هم‌زمان اتصال پیدا نمی‌کنند، باز احتمال اتصال کوتاه دو فاز در اثر جرقه‌ی بین کنتاکت‌ها وجود خواهد داشت؛ زیرا در فاصله‌ی زمانی بسیار کم بین قطع کنتاکتور اول و وصل کنتاکتور دوم، که حدود چند میلی‌ثانیه است و هنوز جرقه ایجاد شده در کنتاکت‌های کنتاکتور اول خاموش نشده است، احتمال این که از همین طریق بین دو فاز اتصال کوتاه ایجاد شود وجود خواهد داشت.



شکل ۴-۷۰

هم‌چنین برای رفع این اشکال، می‌توانیم مدار را طوری طراحی کنیم که با فشار دادن هم‌زمان به شستی‌های I و II، فقط یکی از کنتاکتورها، مثلاً  $K2M$ ، جذب شود. برای این منظور (مانند شکل ۴-۶۹)، فقط کنتاکت بسته‌ی شستی II را به‌طور سری با شستی I قرار می‌دهیم.

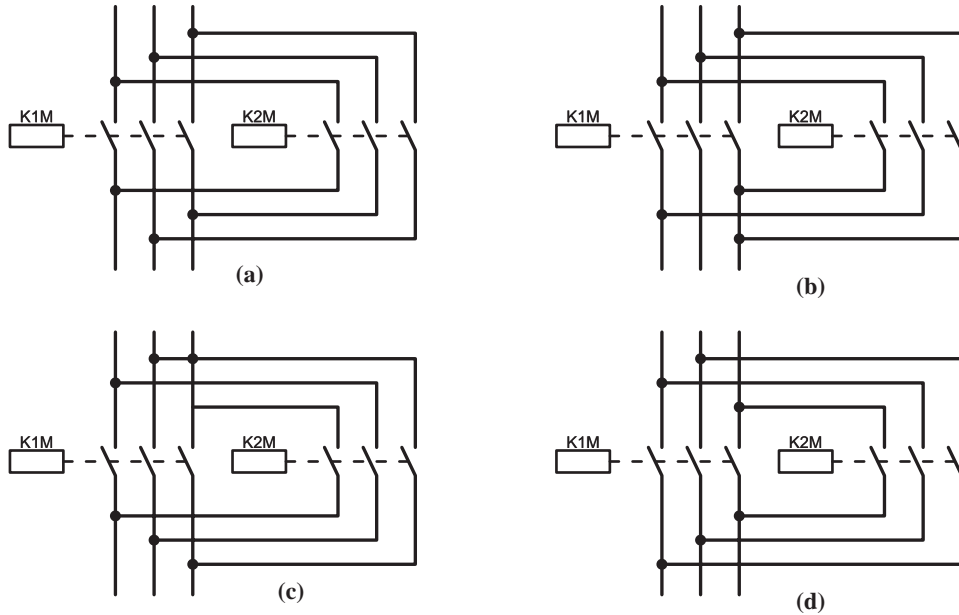


شکل ۴-۶۹

### ب- مدار چپ‌گرد - راست‌گرد سریع

در مدارهای فرمان که تا به حال در مورد این کار عملی طراحی شد، برای تغییر جهت گردش موتور، باید ابتدا شستی قطع را فشار داد. در صورتی که بخواهیم بدون قطع کردن مدار، جهت چرخش موتور را عوض کنیم، می‌توانیم کنتاکت بسته‌ی شستی I را در مدار بوبین کنتاکتور  $K2M$  و کنتاکت بسته‌ی شستی II را در مدار بوبین کنتاکتور  $K1M$ ، مانند شکل ۴-۷۰، به‌صورت سری قرار دهیم تا با فشار به هریک از آن‌ها ابتدا مدار کنتاکتور مقابل قطع و سپس جهت چرخش موتور عوض شود. در چنین حالتی، دیگر اشکال وصل

۱- کدام یک از مدارات قدرت چپ گرد - راست گرد در شکل ۴-۷۱ صحیح نیست؟



شکل ۴-۷۱

۲- در صورتی که بخواهیم مداری داشته باشیم که با زدن شستی I موتور راست گرد، و بدون خاموش کردن مدار، با زدن شستی II موتور چپ گرد شود، و چنانچه مجدداً شستی I را فشار دادیم موتور به وضعیت راست گرد باز نگردد، چه تغییری باید در مدار فرمان چپ گرد - راست گرد شکل ۴-۷۰ بدهیم؟

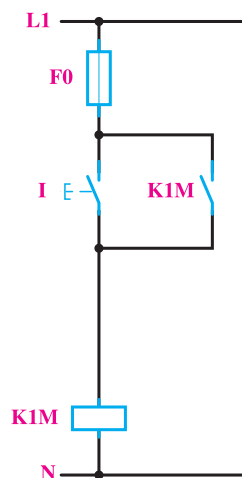


## کار عملی ۶

سوپورت (قلم گیر) یک ماشین تراش باید پس از گرفتن فرمان، به سمت چپ حرکت کند و پس از رسیدن به انتهای مسیر، اتوماتیک به سمت راست برگشته و در محل قبل بایستد. مدار الکتریکی آن را ترسیم کنید.

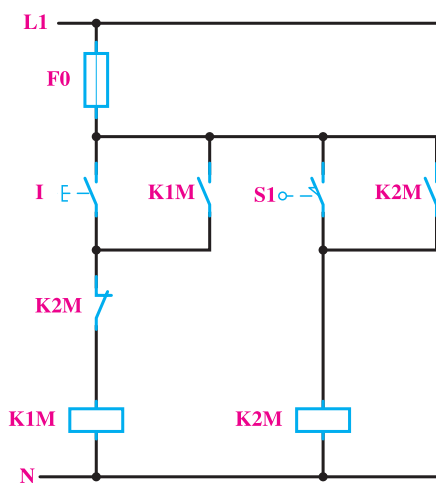
**مدار قدرت:** برای حرکت سوپورت به سمت چپ و راست، می توانیم از یک موتور چپ گرد - راست گرد استفاده کنیم که مدار قدرت آن مانند شکل ۴-۶۵ در کار عملی قبل می باشد.

**مدار فرمان:** چون مطابق خواسته ی کار عملی، فرمان باید به وسیله ی دست شروع شود، برای حرکت قلم گیر به سمت چپ باید یک شستی وصل موجود باشد. در انتهای مسیر چون برگشت باید اتوماتیک صورت گیرد و طول مسیر رفت را بتوان از قبل تنظیم نمود، از این رو نمی توان از شستی دستی استفاده کرد و به جای آن باید از یک میکروسویچ استفاده نماییم. همچنین برای ایستادن قلم گیر، پس از پایان سیکل نیز باید از یک میکروسویچ استفاده کرد. بدین ترتیب برای طراحی این مدار، به یک شستی وصل برای حرکت به سمت چپ، یک میکروسویچ تعویض جهت و یک میکروسویچ قطع نیاز است. مانند کار قبل، برای طراحی آن به این ترتیب عمل می شود که ابتدا مطابق شکل ۴-۷۲ با فشار دادن به شستی I، کنتاکتور K۱M جذب نموده و در نتیجه موتور چپ گرد می شود و تیغچه ی تراش به سمت چپ حرکت می نماید (شکل ۴-۷۲).



شکل ۴-۷۲

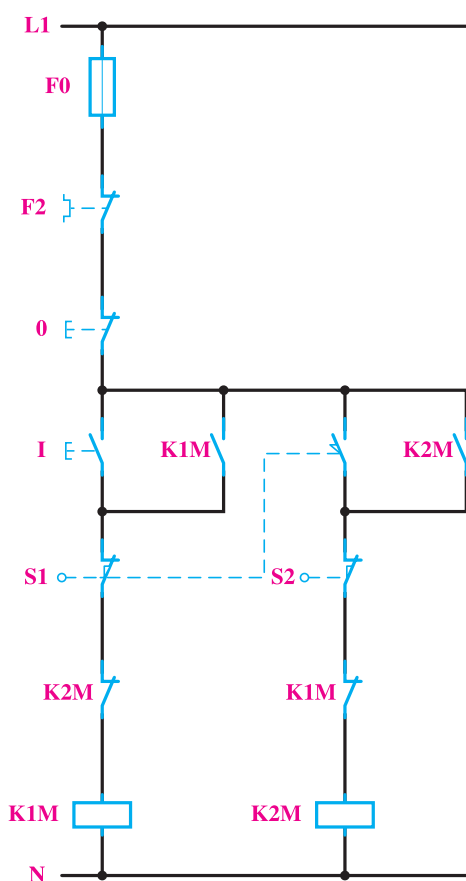
پس از رسیدن قلم گیر به انتهای مسیر، باید کنتاکتور K۲M وصل شود و قلم گیر به عقب برگردد (جهت گردش موتور عوض شود). برای این منظور، مانند شکل ۴-۷۳، از میکروسویچ S۱ استفاده می کنیم و چون پس از برگشت قلم گیر به سمت عقب، دوباره میکروسویچ S۱ قطع می شود، از این رو اتصال موازی کنتاکت باز K۲M (خودنگهدار) با آن ضروری است. برای این که بین دو فاز، اتصال کوتاه ایجاد نشود، باید با سری کردن یک کنتاکت بسته ی K۲M با بوبین کنتاکتور K۱M، این کنتاکتور را از مدار قطع کنیم (شکل ۴-۷۳).



شکل ۴-۷۳

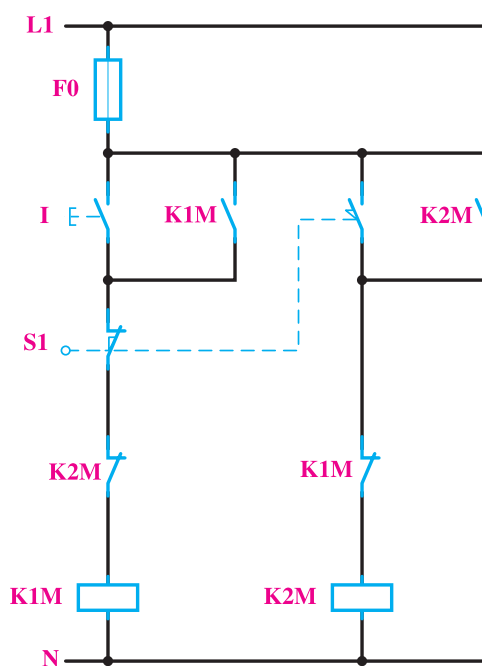
با دقت در مدار شکل ۴-۷۳ ملاحظه می شود که برای قطع مدار بوبین کنتاکتور K۱M، باید ابتدا کنتاکتور K۲M وصل شود. به همین دلیل با تأخیری که در قطع کنتاکتور K۱M پیش می آید، هردو کنتاکتور به مدت چند میلی ثانیه به یکدیگر وصل خواهند بود و در این مدت زمان کم، بین دو فاز L۱ و L۳ اتصال کوتاه ایجاد خواهد شد. پس این مدار صحیح نیست و نمی توان از آن برای ماشین مورد نظر استفاده کرد. برای جلوگیری از اتصال کوتاه در خصوص دو فاز، همان طور که قبلاً نیز توضیح داده شد، باید کاری کرد که حتماً ابتدا کنتاکتور K۱M قطع و سپس کنتاکتور K۲M وصل شود. برای اطمینان از این امر، باید یک کنتاکت بسته ی K۱M را به طور سری با بوبین کنتاکتور K۲M قرار دهیم. اگر این کار را در

کنتاکتور  $K2M$  قطع شود و موتور از حرکت بایستد. برای این منظور نیز از کنتاکت بسته‌ی میکروسویچ  $S2$  که به‌طور سری با کنتاکتور  $K2M$  قرار می‌گیرد، استفاده می‌کنیم. مدار کامل این طرح در شکل ۴-۷۵ به همراه وسایل حفاظتی لازم ترسیم شده است. از شستی ۰ نیز هنگام قطع اضطراری مدار، در موارد لازم استفاده می‌شود.



شکل ۴-۷۵

مدار قبل (شکل ۴-۷۳) اجرا کنیم، دیگر کنتاکتور  $K2M$  وصل نخواهد کرد؛ زیرا در حالتی که میکروسویچ  $S2$  با قلم‌گیر فشار داده می‌شود، مدار کنتاکتور  $K2M$  از طریق کنتاکت بسته‌ی  $K1M$  (که در این لحظه باز می‌باشد) قطع است و بنابراین، باز هم باعث اشکال خواهد شد. پس باید در این حالت کاری کرد که کنتاکتور  $K1M$  قطع شود. ساده‌ترین راه برای این کار آن است که میکروسویچ  $S1$  را دوبل انتخاب کرد. کنتاکت بسته‌ی آن را به‌طور سری با بوبین کنتاکتور  $K1M$  قرار می‌دهیم تا با وارد شدن فشار به آن از طریق قلم‌گیر، مدار این کنتاکتور را قطع نماید (شکل ۴-۷۴).



شکل ۴-۷۴

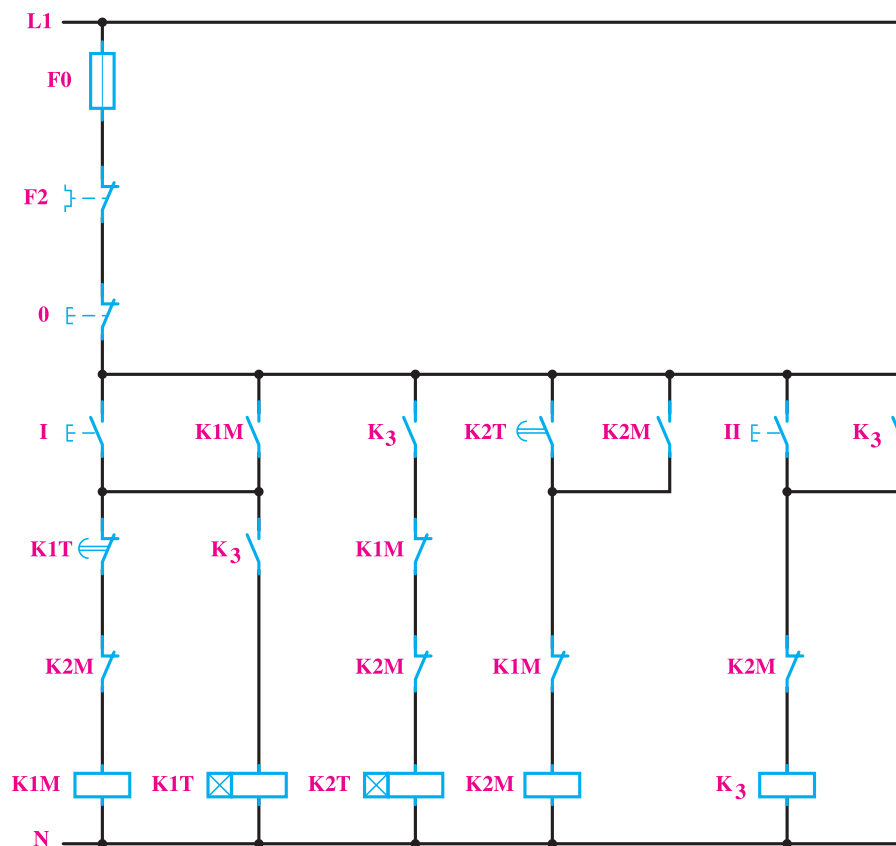
سؤال ۱: آیا می‌توان میکروسویچ  $S2$  را به جای شستی ۰ قرار داد؟ در این صورت چه اشکالی پیش می‌آید؟  
سؤال ۲: آیا امکان توقف قلم‌گیر، در انتهای مسیر وجود دارد یا نه؟ دلیل آن را بنویسید.

کنتاکت بسته‌ی  $K2M$  نیز باید در مدار بوبین کنتاکتور  $K1M$  باقی بماند تا اگر در هنگام برگشت قلم‌گیر به سمت عقب، شستی I فشار داده شود، کنتاکتور  $K1M$  وصل نشود. پس از برگشت قلم‌گیر به محل اولیه خود، باید مدار



۱- مدار فرمان کار عملی ۶ را طوری طراحی کنید که علاوه بر کار اتوماتیک، با دست نیز بتوان به آن فرمان داد.

۲- اصول کار مدار فرمان شکل ۴-۷۶ را بررسی کنید و پس از بستن مدار، اصول کار و مورد استفاده‌ی آن را در دفتر گزارش کار خود بنویسید.



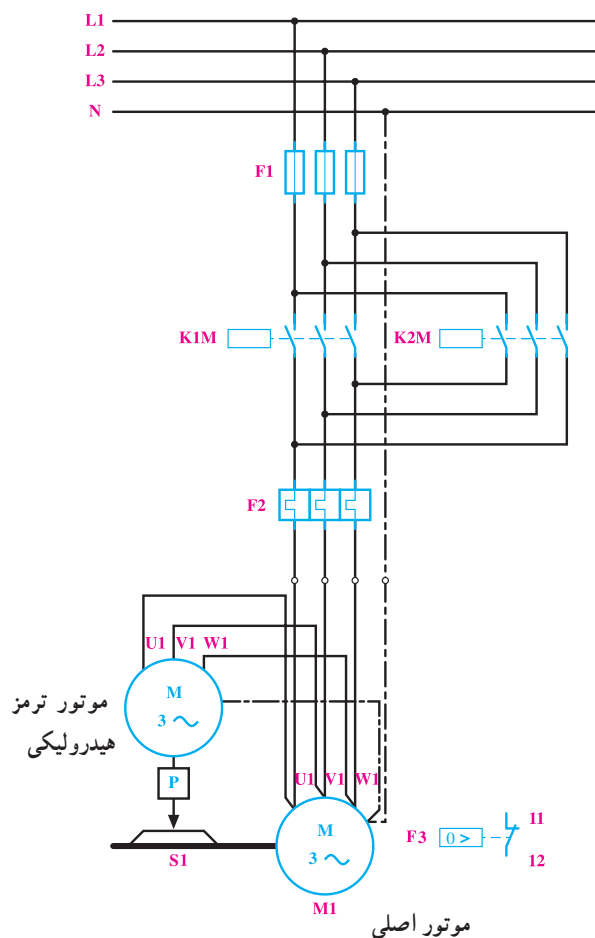
شکل ۴-۷۶



## کار عملی ۷

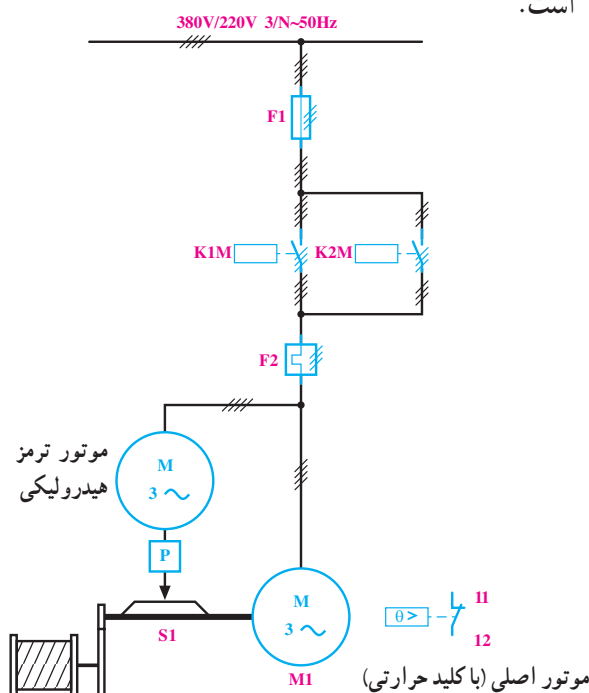
**قسمت I :** برای ریختن مواد به داخل یک کوره، مانند شکل ۴-۷۷، از مخزن بالابری که به وسیله‌ی موتور سه فاز M1، با قدرت ۱۵KW و جریان ۳۰ A و مجهز به ترمز هیدرولیکی و کلید حفاظت داخلی، که بر روی یک ریل به سمت بالا و پایین حرکت می‌کند، استفاده می‌شود. برای قطع ترمز در هنگام حرکت، از یک موتور سه فاز ۵/۵ و ۱/۵ آمپر استفاده شده است. پرشدن مخزن در پایین کوره به صورت مکانیکی صورت می‌گیرد و در بالای مسیر نیز با کج شدن مخزن، مواد آن به داخل کوره ریخته می‌شود. برای خالی شدن کامل مخزن، احتیاج به ۳۰ ثانیه زمان است.

برای این موتور مدار باید طراحی کرد که پس از پرشدن مخزن، با فشار دادن به یک شستی، مخزن به سمت بالا حرکت کرده و در انتهای مسیر مواد در داخل کوره خالی شود و دوباره مخزن به پایین کوره برگردد و در آنجا توقف نماید.

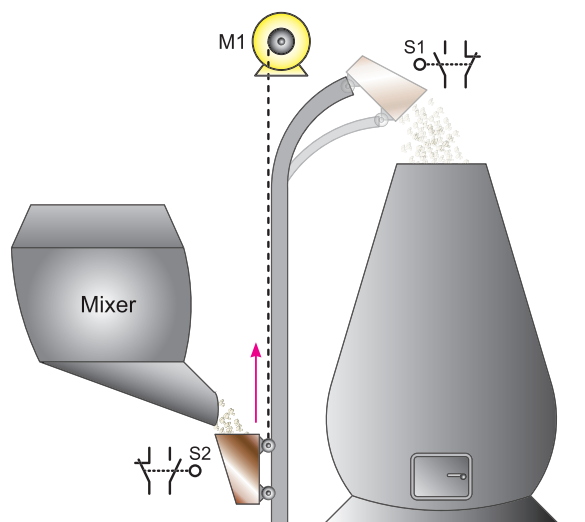


شکل ۴-۷۸

شمای فنی این مثال نیز در شکل ۴-۷۹ نشان داده شده



شکل ۴-۷۹



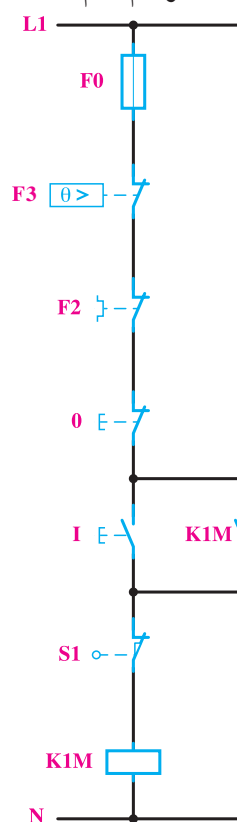
شکل ۴-۷۷

**مدار قدرت :** چون در این کار عملی، از یک موتور سه فاز چپ گرد - راست گرد برای حرکت مخزن و از یک موتور سه فاز برای ترمز هیدرولیکی استفاده شده است، می‌توان مدار قدرت آن را مانند شکل ۴-۷۸، که هر دو موتور هم‌زمان اتصال می‌یابند، ترسیم کرد.

## مدار فرمان:

شستی I و برای محدود کردن حرکت مخزن در انتهای مسیر، مانند شکل ۴-۷۷ از میکروسویچ S۱ و در ابتدای مسیر از میکروسویچ S۲ استفاده می‌شود. هم‌چنین برای قطع اضطراری، از شستی 0 و برای تنظیم زمان تخلیه‌ی مواد در داخل کوره، از تایمر K۱T استفاده خواهد شد.

برای طراحی مدار فرمان این کار عملی نیز مرحله به مرحله پیش می‌رویم و مدار کامل را به‌دست می‌آوریم. ابتدا فرض می‌کنیم که مخزن در پایین کوره قرار گرفته است و با فشار بر شستی I باید به سمت بالا حرکت کند و در انتهای مسیر نیز به‌وسیله‌ی میکروسویچ S۱ متوقف گردد. با توجه به این مطالب می‌توانیم مدار فرمان را تا این مرحله مانند شکل ۴-۸۰ ترسیم کنیم.

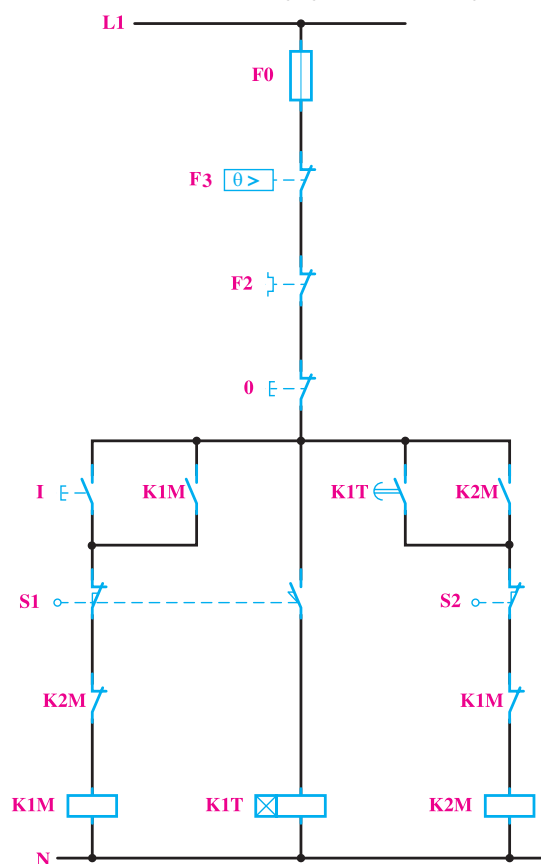


شکل ۴-۸۰

پس از قطع کنتاکتور K۱M و توقف مخزن، باید تایمر K۱T به‌کار بیفتد و پس از ۳۰ ثانیه، کنتاکتور K۲M را وصل کند. در این مرحله ساده‌ترین راه این است که میکروسویچ S۱،

علاوه بر قطع کنتاکتور K۱M، تایمر K۱T را نیز به‌کار اندازد. به این منظور از یک میکروسویچ دبل، مانند شکل ۴-۸۱ استفاده می‌کنیم تا هم‌زمان با قطع کنتاکتور K۱M مدار تایمر را وصل کند تا هنگامی که مخزن در بالای کوره، ساکن است، مدار تایمر K۱T نیز وصل خواهد بود و زمانی که به سمت پایین حرکت نماید، مدار تایمر نیز قطع می‌شود. پس از اتصال کنتاکتور K۲M توسط تایمر، مخزن به سمت پایین حرکت می‌کند و در پایین کوره به‌وسیله‌ی میکروسویچ S۲، مدار قطع می‌شود. مانند مثال‌های قبلی، در این مدار نیز از کنتاکت‌های بسته K۱M و K۲M، برای جلوگیری از اتصال کوتاه‌شدن بین دو فاز استفاده می‌کنیم.

مداری که، به روش گفته شده در شکل ۴-۸۱، به دست آمد خواسته‌های ذکر شده در کار عملی را پاسخ خواهد داد، اما لازم است پس از طراحی هر مدار، حالت‌های مختلفی را، که احتمال پیش آمدن آن‌ها برای سیستم زیاد است، مانند قطع ناگهانی ولتاژ منبع تغذیه یا لزوم قطع مدار در یک موقعیت مشخص را بررسی و اشکالات مربوط به آن‌ها را برطرف کند.



شکل ۴-۸۱

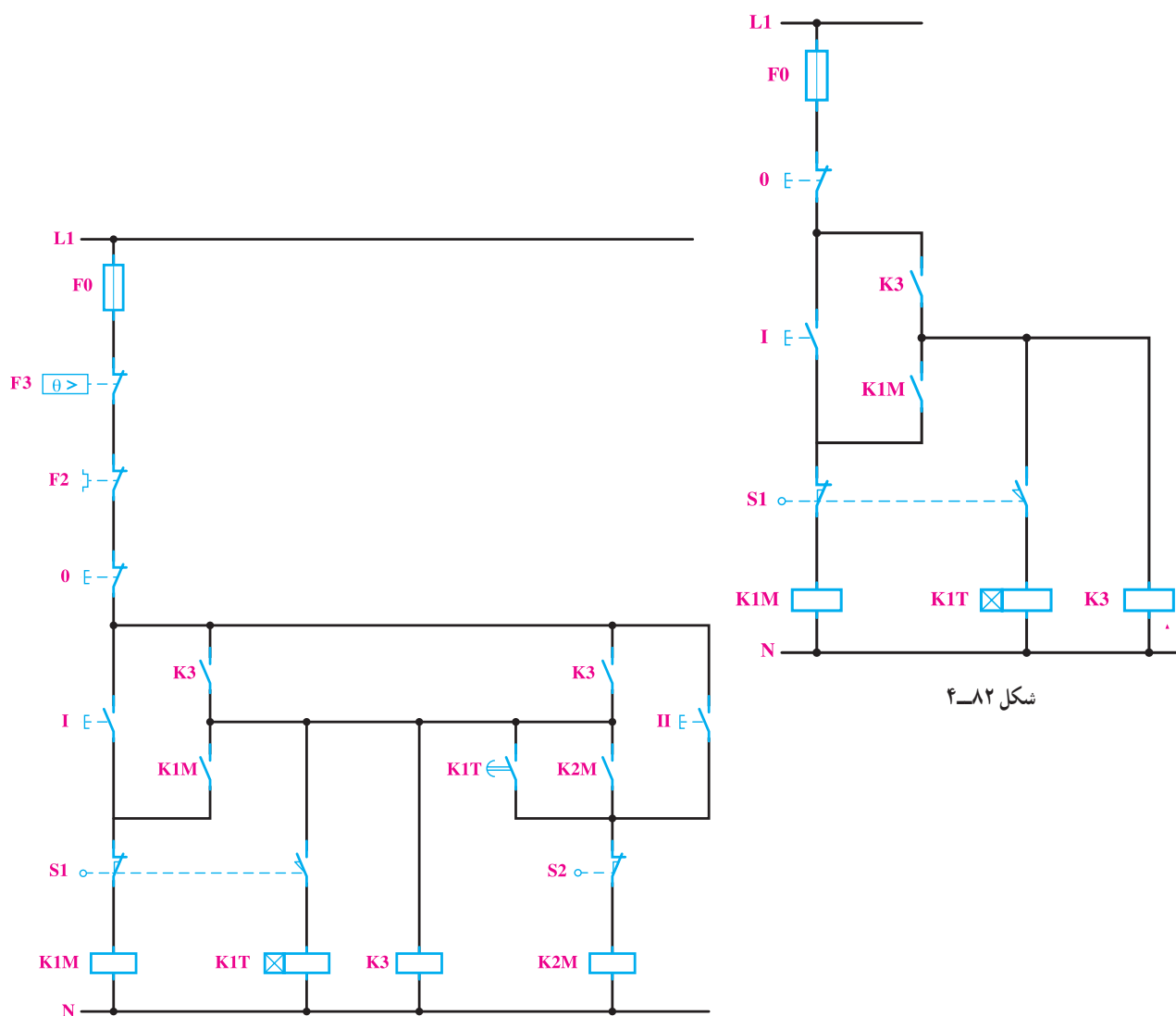


طریقی در مدار قرار می‌دهیم که کنتاکتور  $K1M$  و تایمر در حالت کار از طریق کنتاکت بسته شونده  $K3$  تغذیه شوند و در حالتی که میکروسویچ  $S1$  فشار داده شده است، با فشار به شستی 0 مدار کنتاکتور  $K3$  و تایمر  $K1T$  با هم قطع و مسیر تغذیه آن‌ها باز گردد.

برای کنتاکتور  $K2M$  نیز، به همین ترتیب و با توجه به توضیحات داده شده، مدار را طراحی می‌کنیم، به طوری که با تایمر  $K1T$  و یا شستی II وصل و با شستی 0 قطع شود. این مدار در شکل ۴-۸۳ نشان داده شده است.

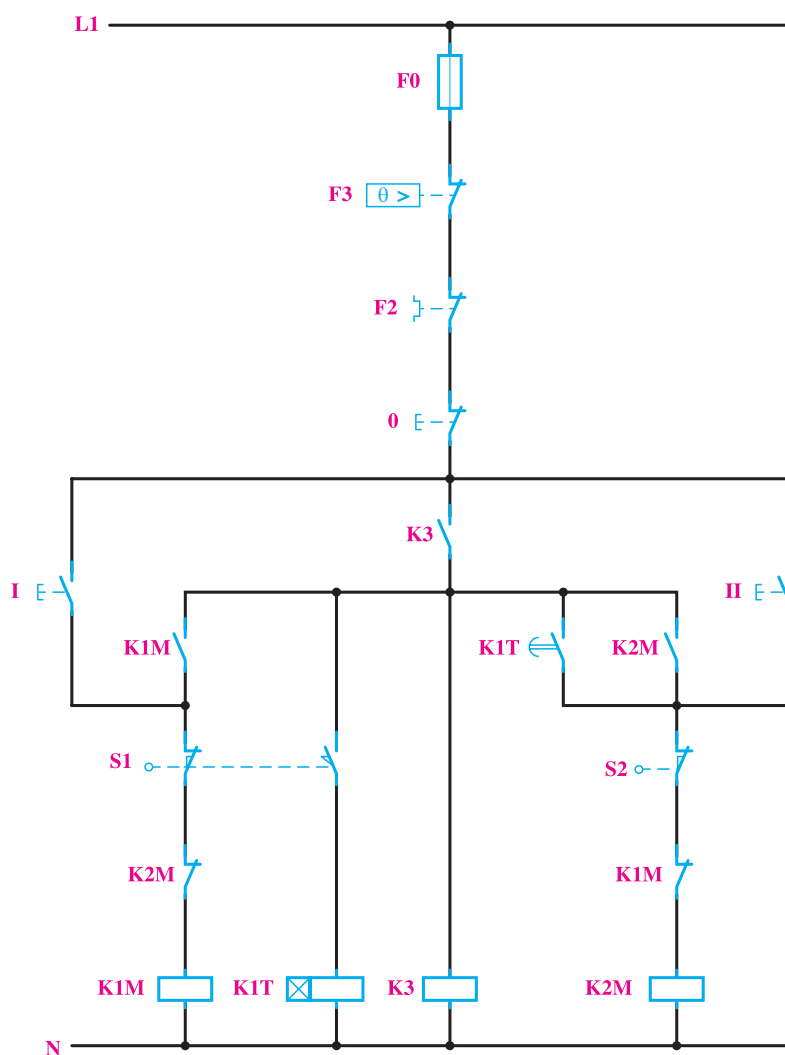
برای نمونه، در کار عملی ذکر شده اگر بخواهیم مخزن را در بالای کوره و در محل تخلیه برای مدت طولانی نگاه داریم، امکان نخواهد داشت، زیرا با فشار دادن به شستی قطع، مدار قطع خواهد شد. اما پس از این که فشار وارد بر این شستی برداشته شود، چون میکروسویچ  $S1$  مدار تایمر  $K1T$  را بسته است، دوباره تایمر  $K1T$  و پس از آن کنتاکتور  $K2M$ ، به کار خواهند افتاد.

برای رفع این اشکال، باید مدار را به گونه‌ای طراحی کنیم که با فشار دادن به شستی 0، مدار فرمان به طور کامل قطع شود. پس برای این منظور از کنتاکتور کمکی  $K3$  استفاده می‌کنیم و برای پایین آوردن مخزن نیز شستی II را به کار می‌بریم. به این منظور، ابتدا کنتاکتور  $K3$  را (مانند شکل ۴-۸۲) به



شکل ۴-۸۲

در این مدار، چون دو کنتاکت باز  $K3$  با یکدیگر موازی شده‌اند، پس می‌توان یکی از آن دو را حذف کرد. برای حفاظت در برابر اتصال کوتاه شدن دو فاز نیز از کنتاکت‌های بسته  $K1M$  و  $K2M$  در مدار بوبین‌ها استفاده می‌کنیم. مدار فرمان نتیجه شده را به صورت شکل ۴-۸۴ ملاحظه می‌کنید و حفاظت‌های لازم نیز در آن نشان داده شده است.



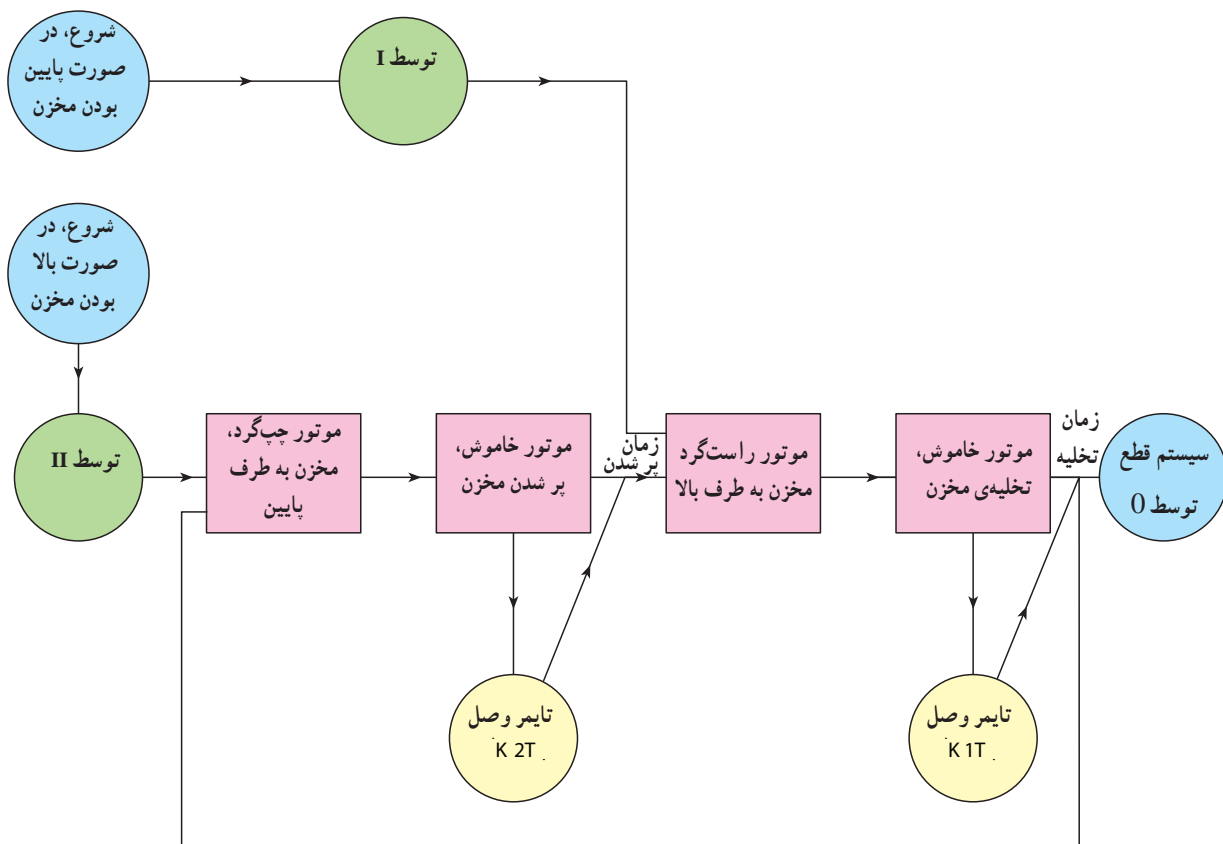
شکل ۴-۸۴

حل :

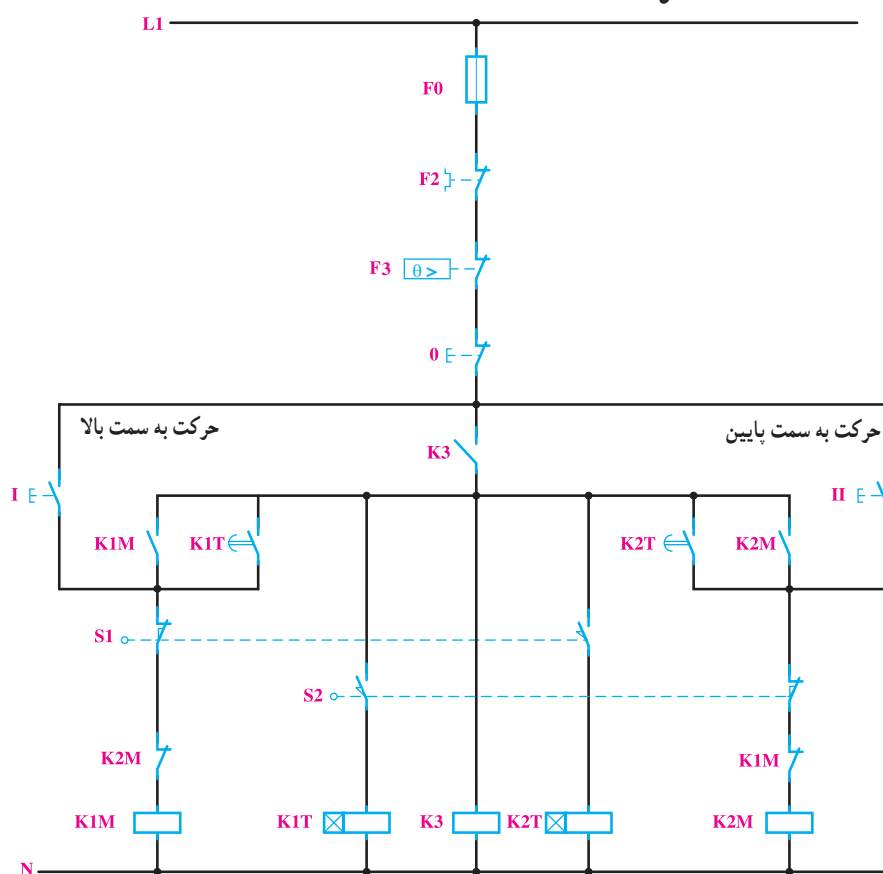
**مدار قدرت :** مدار قدرت برای این کار عملی، مانند شکل ۴-۷۸ است.

**مدار فرمان :** چون کار عملی مورد نظر دارای چندین مرحله‌ای کار است، برای سادگی، بلوک دیاگرام عمل دستگاه را به صورت شکل ۴-۸۵ ترسیم و از روی آن مدار را طراحی می‌کنیم.

**قسمت II :** قسمت I از کار عملی ۷ را با این شرط طراحی کنید که با فشار دادن به شستی I یا II مخزن به سمت بالا یا پایین حرکت کند. در ایستگاه بالا به مدت ۳ ثانیه برای تخلیه و در ایستگاه پایین به مدت ۲ دقیقه برای پر شدن مواد توقف نماید و این سیکل، تا هنگامی که به شستی قطع فشار داده نشود، ادامه داشته باشد.



شکل ۸۵-۴



شکل ۸۶-۴

با دقت در این شکل، ملاحظه می‌شود که برای اجرای مراحل فوق، باید به مدار کار عملی قبل، یک تایمر  $K1T$  را با زمان ۲ دقیقه اضافه کرد تا در پایین کوره، پس از پر شدن مخزن، بتواند کنتاکتور  $K1M$  را وصل کند و مخزن به سمت بالا حرکت نماید.

به این منظور با توجه به شکل ۸۴-۴ میکروسویچ  $S2$  را نیز مانند  $S1$  دابل انتخاب نماید تا همزمان با قطع کردن کنتاکتور  $K2M$  تایمر  $K1T$  را نیز وصل کند. تایمر  $K1T$  نیز پس از ۲ دقیقه، مدار کنتاکتور  $K1M$  را وصل خواهد کرد. مدار نتیجه شده‌ی نهایی، مانند شکل ۸۶-۴ خواهد شد.



۱- کار عملی ۷ را با این فرض که مخزن متحرک، تنها در ایستگاه پایین و بالا امکان توقف داشته باشد، طراحی کنید (در صورتی که مخزن در حال حرکت باشد و شستی قطع فشار داده شود، مخزن به حرکت ادامه می‌دهد و در اولین توقفگاه، کل سیستم قطع شود).

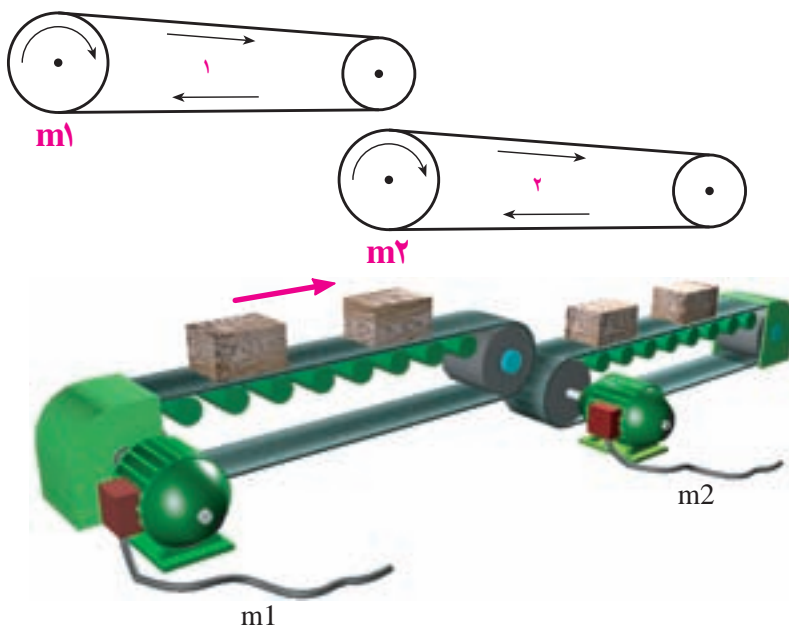
۲- در خط تولید یک کارخانه از دو تسمه نقاله‌ی مجزا از هم (مانند شکل ۸۷-۴) استفاده شده است. تسمه‌ی شماره‌ی ۱ توسط موتور سه فازه  $m_1$  و تسمه‌ی شماره‌ی ۲ توسط موتور سه فازه  $m_2$  به حرکت درمی‌آید. مدار فرمان و مدار قدرت را برای موتورهای این دو تسمه‌ی نقاله به ترتیبی طراحی کنید که :

الف - برای وصل مدار از شستی I و برای قطع آن از شستی 0 استفاده شود.

ب - تسمه نقاله‌ی شماره‌ی یک، به تنهایی حرکت نکند (چرا؟).

پ - تسمه‌ی نقاله‌ی شماره‌ی دو، همیشه  $30^\circ$  ثانیه پس از قطع مدار تسمه‌ی نقاله‌ی یک، از کار بیفتد (چرا؟).

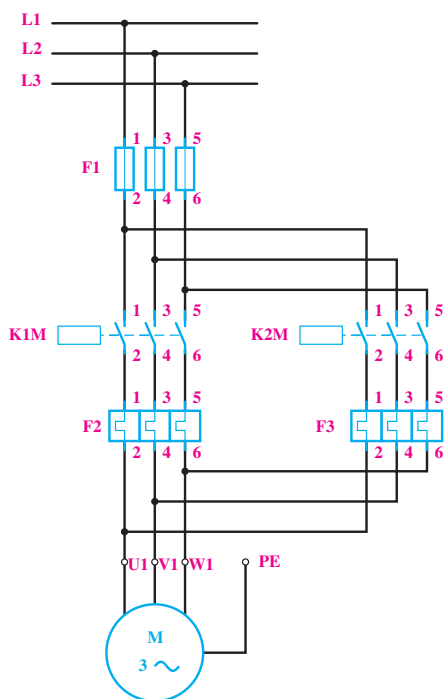
ت - تمام نکات حفاظتی برای مدار پیش‌بینی شود.



شکل ۸۷-۴

۳- در راه‌اندازی موتورهای الکتریکی، که باید در زیر بار به شبکه اتصال یابند و زمان راه‌اندازی آن‌ها نیز خیلی طولانی است، این اشکال پیش می‌آید که به علت بالا بودن جریان راه‌اندازی و همچنین طولانی بودن مدت زمانی که این جریان از مدار عبور می‌کند، بی‌متال عمل کند و بدون وجود هیچ اشکالی در مدار باعث قطع آن شود. برای جلوگیری از قطع مدار، یک روش این است که بی‌متال اصلی را، که برای جریان نامی موتور تنظیم شده است، می‌توان هنگام راه‌اندازی از مدار خارج کرد و پس از این که موتور راه‌اندازی شد و به دور نامی خود رسید، دوباره آن را در مدار قرار داد. برای حفاظت موتور در زمان راه‌اندازی نیز باید از یک بی‌متال دیگر، که جریان تنظیمی آن متناسب با جریان و زمان راه‌اندازی موتور انتخاب می‌شود، استفاده کرد (مدار قدرت مطابق شکل ۸۸-۴).

با توجه به توضیحات ذکر شده، مدار فرمان را برای یک موتور سه فازه، که زمان راه‌اندازی آن حدود یک دقیقه



شکل ۸۸-۴

است، به طریقی طراحی کنید که :

الف - با فشار به شستی I موتور راه اندازی شود و بی متال F3 موتور را در هنگام راه اندازی حفاظت نماید.

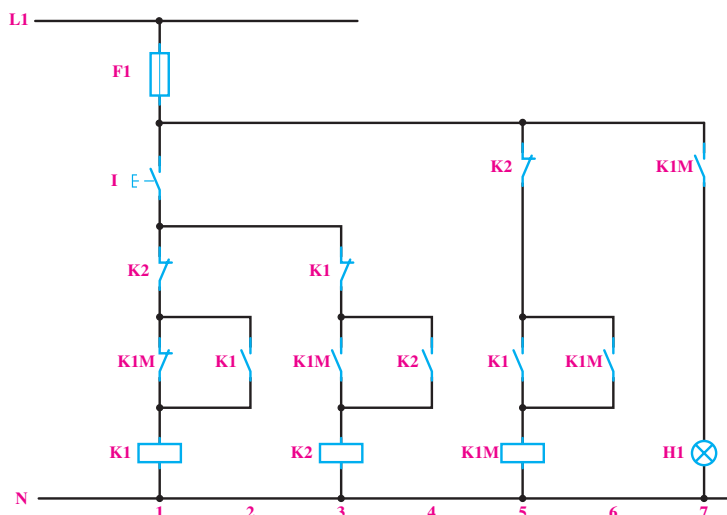
ب - پس از یک دقیقه که موتور به دور نامی خود رسیده است، بی متال F3 از مدار خارج شود و بی متال F2 در مدار قرار گیرد.

پ - با فشار به شستی 0، موتور قطع شود.

(توجه : کنتاکتور K2M کنتاکتور پل نامیده می شود در برخی از موارد برای این کنتاکتور در راه اندازی زیر بار بی متال قرار نمی دهند). چرا؟

۴- پنج موتور الکتریکی موجود است و یکی از آنها موتور رزرو است. حال مداری طرح کنید که با زدن یک شستی وصل چهار موتور وارد شبکه شوند و چنانچه هر یک از موتورها به دلایل مشکلات الکتریکی یا مکانیکی به طور اتوماتیک از شبکه خارج شد، موتور پنجم (رزرو) به شکل اتوماتیک جانشین موتور مربوطه شود. ضمناً وضعیت خارج شدن موتور معیوب از مدار، توسط چراغ سیگنال مشخص شود؟

۵- برای روشن و خاموش کردن لامپ های یک راهروی طویل، از چندین شستی که در نقاط مختلف راهرو نصب شده اند و همه ی آنها با یکدیگر موازی اند، استفاده شده است. با فشار دادن به هر یک از شستی ها باید لامپ ها روشن و با فشار دادن مجدد به هر یک از آنها، لامپ ها خاموش شوند (مشابه کلید ضربه ای جریان). در شکل ۸۹-۴، این مدار که به نام مدار ضربه ای نامیده می شود، نشان داده شده است. اصول کار این مدار را به طور کامل بررسی و در مورد لزوم هر یک از کنتاکت های واقع در مسیرهای جریان، بحث نمایید. همچنین موارد استفاده ی دیگر این مدار را ذکر کنید.



شکل ۸۹-۴

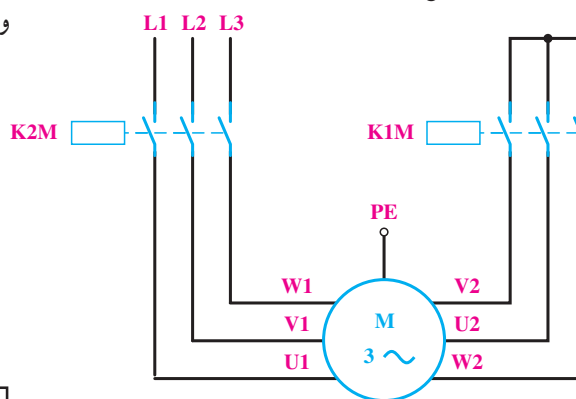
## کار عملی ۸



ژنراتور DC یک ماشین جوشکاری، به وسیله یک موتور آسنکرون سه فاز  $\Delta 380$  ولتی به قدرت  $9\text{ KW}$  می‌چرخد. مدار اتصال الکتریکی این موتور را به شبکه توسط کنتاکتور، بارانداز ستاره مثلث، رسم کنید.

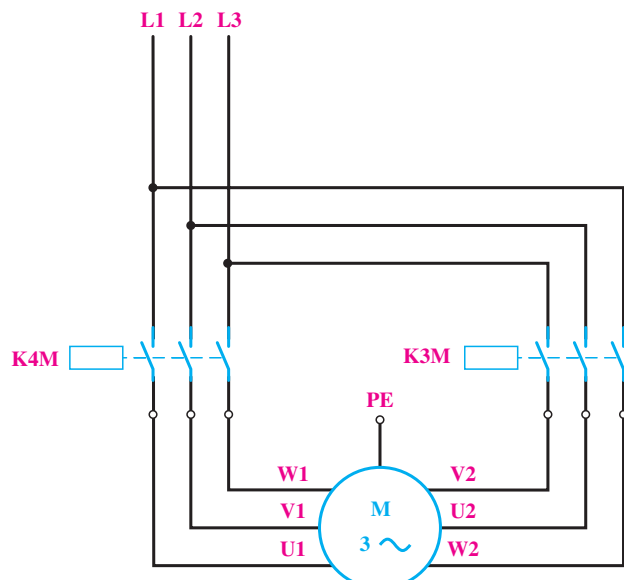
**حل:** از قبل می‌دانیم که برای کاهش جریان راه‌اندازی موتورهای آسنکرون سه فاز، می‌توان از اتصال ستاره مثلث استفاده کرد. یکی از مزایای راه‌اندازی ستاره مثلث توسط کنتاکتور، نسبت به راه‌اندازی توسط کلید دستی، در این است که اتوماتیک می‌توان موتور را از ستاره به مثلث وصل نمود. در این جا ابتدا به بررسی مدار قدرت و سپس طراحی مدار فرمان در حالت دستی و بعد در حالت اتوماتیک می‌پردازیم.

**مدار قدرت:** در حالت ستاره، باید سه انتهای کلاف‌های موتور، یعنی  $U_2$  و  $V_2$  و  $W_2$  به یکدیگر متصل شود و  $L_1$  به  $U_1$  و  $L_2$  به  $V_1$  و  $L_3$  به  $W_1$  اتصال پیدا کند. برای رسیدن به این هدف، به ۲ عدد کنتاکتور نیاز است. تا یکی از آن‌ها مانند  $K_1M$  انتهای کلاف‌ها را به یکدیگر اتصال دهد و کنتاکتور دیگر مانند  $K_2M$ ، سه فاز را به سر کلاف‌های موتور متصل کند. مدار قدرت، برای حالت ستاره، مانند شکل  $4-90$  است.



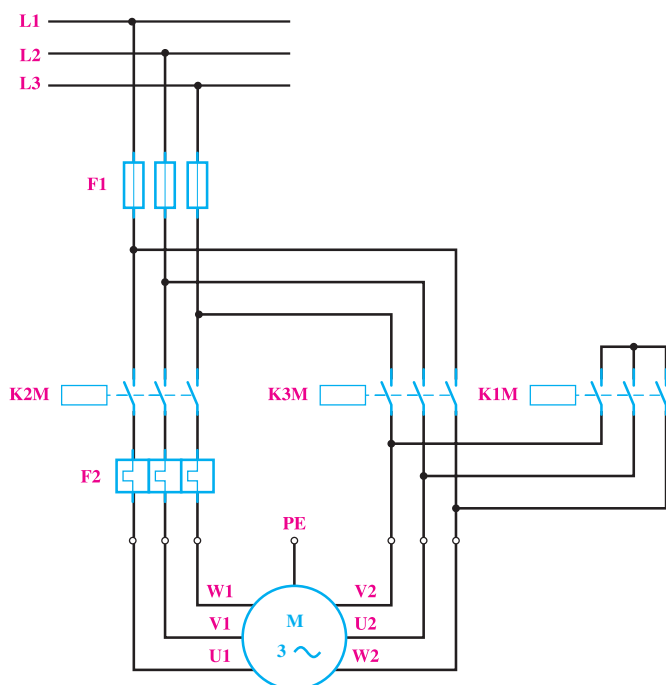
شکل ۴-۹۰

در حالت مثلث نیز باید فاز  $L_1$  به  $W_2$  و  $U_1$ ، فاز  $L_2$  به  $V_1$  و  $U_2$ ، و فاز  $L_3$  به  $W_1$  و  $V_2$  وصل شود. برای این کار نیز به دو کنتاکتور، مانند شکل  $4-91$ ، احتیاج است، به طوری که کنتاکتور  $K_3M$ ، سه فاز را به سه انتهای کلاف‌ها به ترتیب ذکر شده اتصال دهد.



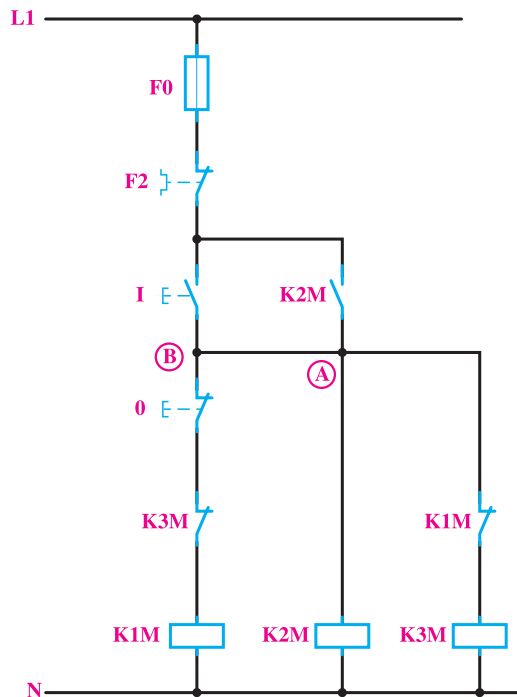
شکل ۴-۹۱

با دقت در این دو شکل، ملاحظه می‌شود که کنتاکتور  $K_2M$  در شکل  $4-90$  و کنتاکتور  $K_4M$  در شکل  $4-91$  یک وظیفه را عهده‌دار هستند. پس می‌توان یکی از آن دو را حذف کرد و برای اتصال سه فاز شبکه به سه سر کلاف‌های موتور، از یک کنتاکتور برای هر دو حالت ستاره و مثلث استفاده نمود. از ادغام دو شکل  $4-90$  و  $4-91$ ، مدار قدرت برای اتصال ستاره مثلث نتیجه خواهد شد. در شکل  $4-92$  مدار قدرتی برای اتصال ستاره مثلث به همراه وسایل حفاظتی (فیوز و بی‌متال) نشان داده شده است.



شکل ۴-۹۲

سری با کنتاکتور K۳M قرار می‌دهیم و چون فقط کنتاکتور K۱M باید از مدار قطع شود و کنتاکتور K۲M در مدار باقی بماند، از شستی 0 برای قطع کنتاکتور K۱M، استفاده می‌کنیم. همچنین برای این که پس از فشار مجدد شستی I کنتاکتور K۱M دوباره وصل نشود، کنتاکت بسته‌ی K۳M را به طوری سری با آن قرار می‌دهیم که در نتیجه، شکل ۴-۹۴ حاصل خواهد شد.



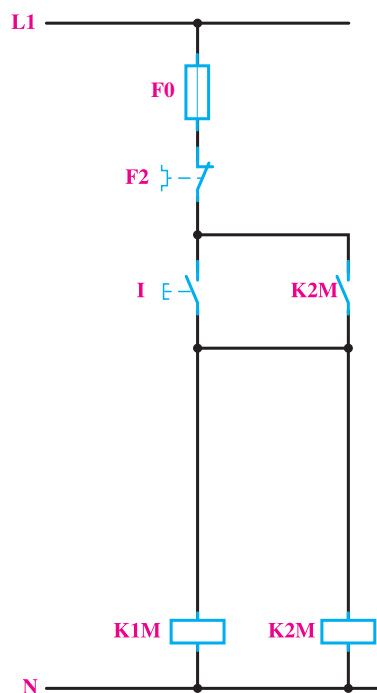
شکل ۴-۹۴

اگر فرض بر این است که در شکل ۴-۹۴، کنتاکتورهای K۱M و K۲M متصل باشد و سپس شستی 0 فشار داده شود، در این صورت موتور به طور مثلث وصل خواهد شد. اما اگر موتور خاموش باشد و شستی I برای راه‌اندازی موتور به صورت ستاره فشار داده شود، چون هر سه کنتاکتور همزمان به ولتاژ تغذیه اتصال پیدا می‌کنند، احتمال وصل شدن همزمان کنتاکتورهای K۱M و K۳M و در نتیجه، اتصال کوتاه سه فاز و یا احتمال مثلث شدن موتور بسیار زیاد خواهد بود. برای رفع این اشکال، باید ترتیبی اتخاذ شود تا قبل از این که بین نقطه‌ی A و B در مسیر کنتاکتور K۳M جریانی برقرار شود، کنتاکت بسته K۱M باز شده

چون بی‌متال‌هایی که در این مدار برای حفاظت در برابر اضافه بار استفاده شده‌اند، در مسیر جریان فازی موتور قرار گرفته‌اند، پس باید برای  $\frac{1}{\sqrt{3}} = 0.58$  جریان نامی تنظیم شوند.

#### مدار فرمان برای حالت دستی:

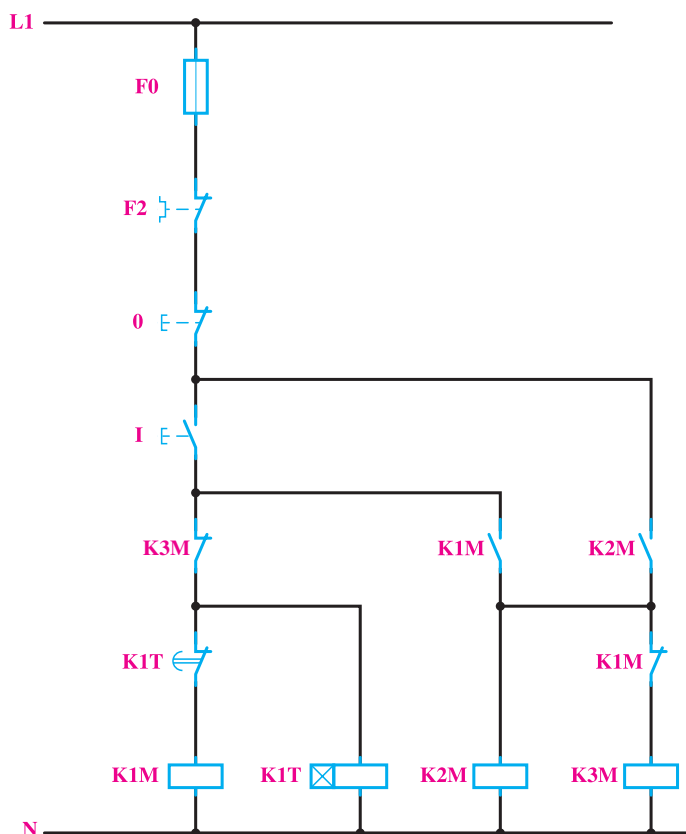
داشتن کنتاکتور K۱M و K۲M نباید حتی برای یک لحظه نیز به یکدیگر وصل باشند؛ زیرا بین هر سه فاز، اتصال کوتاه پیش خواهد آمد. برای راه‌اندازی موتور باید با فشار به شستی I کنتاکتورهای K۱M و K۲M جذب گردد و با فشار دادن به شستی 0 کنتاکتور K۱M قطع و کنتاکتور K۳M جذب شود. البته قبل از وصل شدن کنتاکتور K۳M باید حتماً K۱M قطع شود. به علاوه، اگر برای راه‌اندازی موتور ابتدا شستی 0 فشار داده شود، هیچ یک از کنتاکتورها نباید وصل شوند. برای طراحی مدار، ابتدا اتصال کنتاکتورهای K۱M و K۲M را توسط شستی I (مانند شکل ۴-۹۳) ترسیم می‌کنیم. چون کنتاکتور K۲M در حالت مثلث نیز باید در مدار باشد، از این رو برای اتصال دائم مدار از کنتاکت باز K۲M به صورت موازی با شستی I استفاده می‌کنیم. در مرحله‌ی بعدی باید با فشار به شستی 0 ابتدا کنتاکتور K۱M قطع و بعد کنتاکتور K۳M وصل شود. برای اطمینان از این امر، کنتاکت بسته K۱M را به طور



شکل ۴-۹۳

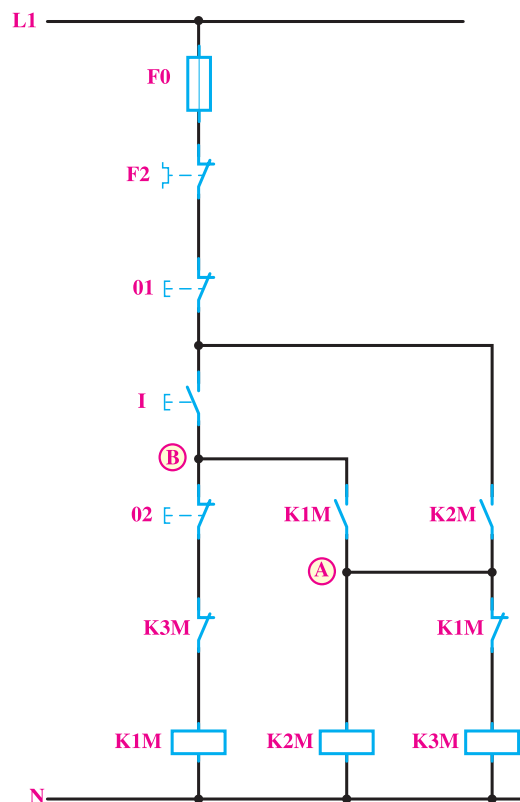


این ماشین جوشکاری، زمان مورد نظر حدود ۱۰ ثانیه است. روش طراحی این مدار نیز مانند حالت قبل است، با این تفاوت که به جای شستی قطع 0۲ باید یک تایمر، کنتاکتور K۱M را قطع نماید. به همین جهت از کنتاکت بسته‌ی تایمر K۱T به جای شستی 0۲ استفاده می‌کنیم. چون از زمان اتصال موتور به صورت ستاره، باید شمارش معکوس تایمر نیز شروع شود، پس بوبین تایمر را نیز با بوبین کنتاکتور K۱M (مانند شکل ۴-۹۶) به صورت موازی اتصال می‌دهیم. توجه داشته باشید که کنتاکت بسته‌ی تایمر باید، مطابق شکل، بین یک سر بوبین کنتاکتور K۱M و سر موتور تایمر قرار گیرد و سر بوبین تایمر نباید به نقطه‌ی A۱ کنتاکتور K۱M متصل شود. (چرا؟)



شکل ۴-۹۶

باشد. یک راه ساده برای این کار این است که در اتصال بین A و B در شکل ۴-۹۴ یک تأخیر زمانی به وسیله‌ی کنتاکت باز K۱M ایجاد کنیم. وجود این کنتاکت، باعث می‌شود که با فشار به شستی I، ابتدا کنتاکتور K۱M جذب کند و همزمان با بسته شدن کنتاکت باز آن در مسیر AB، کنتاکت بسته‌ی K۱M در مسیر کنتاکتور K۳M باز شود و دیگر اشکال بالا به وجود نیاید. مدار فرمان کامل این کار عملی، مانند شکل ۴-۹۵ خواهد شد. در این مدار از شستی 0۱ برای قطع موتور استفاده شده است.



شکل ۴-۹۵

**مدار فرمان برای حالت اتوماتیک:** در این حالت، باید

با فشار دادن به شستی I موتور به صورت ستاره راه‌اندازی شود و پس از گذشت زمان از قبل تنظیم شده‌ای، که بستگی به موتور و بار آن دارد، به طور اتوماتیک به حالت مثلث اتصال یابد. برای موتور



۱- مشخصات وسایل مورد نیاز برای راه‌اندازی موتور آسنکرون ماشین جوشکاری در کار عملی ۸ را در جدول بنویسید.

۲- برای پر کردن یک منبع از آب چاه، از یک پمپ با موتور سه فاز به قدرت ۳KW، که به صورت ستاره مثلث راه‌اندازی می‌شود، استفاده شده است. نقشه‌ی مسیر جریان این پمپ را طراحی کنید؛ به طوری که:

الف - هرگاه آب داخل منبع از نصف کم‌تر شود، پمپ به صورت ستاره مثلث به کار بیفتد و پس از پر شدن منبع، اتوماتیک خاموش شود.

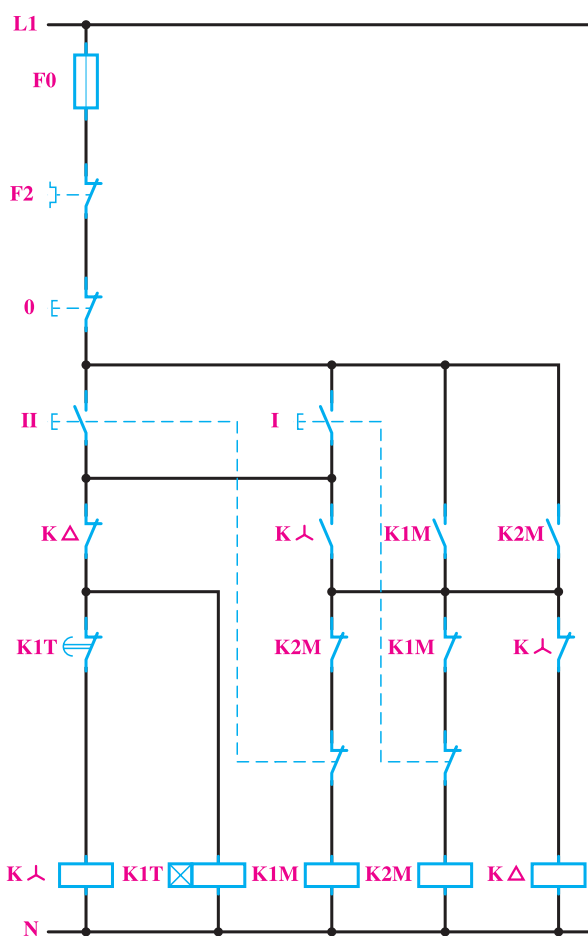
ب - در صورتی که آب چاه کم شود، پمپ نیز از کار بیفتد.

پ - اجرای مراحل ذکر شده در فوق، اتوماتیک باشد.

ت - در صورت لزوم، بتوان به وسیله‌ی یک کلید سوئیچی، مدار فرمان موتور را قطع کرد.

ث - محل نصب هر یک از کلیدهای به کار رفته در نقشه را مشخص کنید.

۳- طرز کار مدار فرمان شکل ۹۷-۴ را بررسی نموده و مدار قدرت آن را رسم کنید.



شکل ۹۷-۴

## ترمز در موتورهای آسنکرون

گاهی لازم می‌شود که در یک ماشین صنعتی، پس از قطع موتور از شبکه، بلافاصله یا پس از زمان کمی، موتور از حرکت بایستد. برای این منظور از ترمز الکتریکی یا ترمز مکانیکی استفاده می‌شود.

در دستگاه‌هایی که بخواهند، در حالت خاموش بودن موتور، ترمز آن‌ها فعال باشد و رتور در اثر گشتاور حاصل از بار نچرخد، باید از ترمزهای مکانیکی استفاده شود. به خصوص در وسایل حمل و نقل و بالابردها، مانند نقاله و جرثقیل، باید این موضوع رعایت شود و برای حفاظت، از ترمز مکانیکی استفاده کرد.

در موتورهای آسنکرون، برای از حرکت بازداشتن سریع موتور، می‌توان از ترمز الکتریکی استفاده نمود. این نوع ترمز تنها تا زمان از حرکت ایستادن موتور مؤثر است و پس از آن مقدار گشتاور ترمز کننده صفر خواهد شد.

در این جا به بررسی دو روش متداول ترمز الکتریکی، یعنی ترمز جریان مخالف و ترمز با جریان مستقیم می‌پردازیم.

**الف — ترمز به وسیله‌ی اعمال جریان مخالف :** با تعویض جهت گردش موتور توسط تعویض جای دو فاز، می‌توان یک موتور آسنکرون سه فاز را خیلی سریع ترمز نمود.

برای مثال، اگر در حالت عادی،  $L_1$  به  $U_1$  و  $L_2$  به  $V_1$  و  $L_3$  به  $W_1$  وصل باشد، می‌توان  $L_1$  را به  $V_1$  و  $L_2$  را به  $U_1$  و  $L_3$  را به  $W_1$  اتصال داد تا جهت میدان دوار و در نتیجه، جهت گشتاور موتور عوض شود و محور موتور از حرکت بایستد. در این طریقه، ترمز باید با طراحی مناسب مدار، بلافاصله پس از ایستادن موتور، جریان موتور را قطع کند. در غیر این صورت موتور در جهت مخالف می‌چرخد. این عمل را می‌توان به وسیله‌ی یک کلید تابع دور و در بعضی موارد توسط یک تایمر اجرا کرد.

موارد استفاده این ترمز جریان مخالف در صنعت بسیار زیاد است. زیرا از سادگی اتصال و مخارج کم برخوردار است.

**ب — ترمز به وسیله‌ی اعمال جریان مستقیم :** اگر

سیم‌پیچ استاتور یک ماشین آسنکرون، به وسیله‌ی جریان مستقیم تغذیه شود، در آن میدان مغناطیسی ثابتی (غیر دوار) ایجاد خواهد شد.

در صورتی که رتور در این میدان مغناطیسی بچرخد، در داخل هادی‌های اتصال کوتاه آن جریان القایی به وجود می‌آید و باعث گشتاور ترمز کننده می‌شود.

از این خاصیت می‌توان برای ایجاد ترمز، در موتور آسنکرون استفاده کرد.

سیم‌پیچ‌های سه فاز استاتور موتور آسنکرون را می‌توان به یکی از چهار صورت نشان داده شده در شکل ۴-۹۸ اتصال داد. معمولاً برای سادگی، سیم‌پیچ‌ها را به یکی از دو صورت (شکل ۴-۹۸- a و b) اتصال می‌دهند. در این صورت جریان مستقیمی در حدود یک تا دو برابر جریان نامی موتور، برای ایجاد ترمز کافی خواهد بود.

به علت کم بودن مقاومت سیم‌پیچ‌ها، ولتاژ منبع تغذیه‌ی DC باید مقدار کمی باشد.

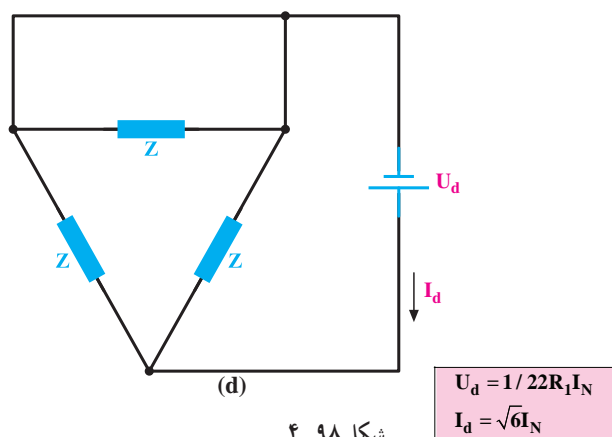
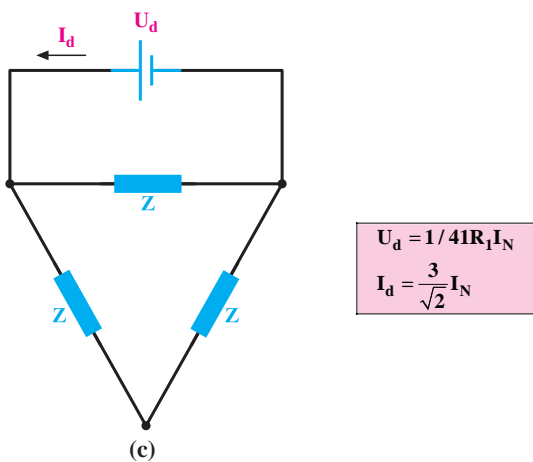
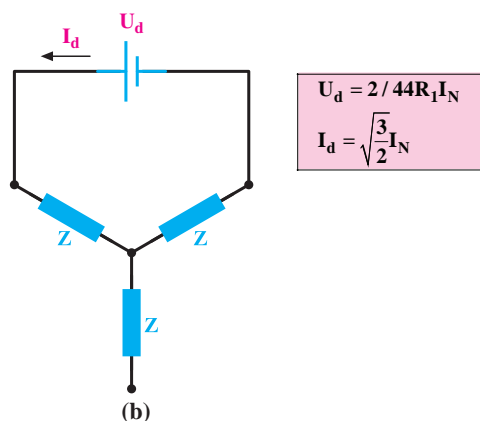
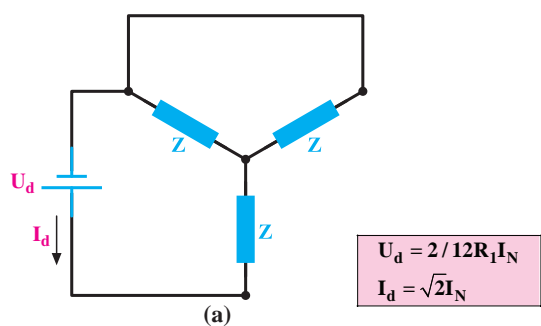
در صورتی که سیم‌پیچ‌های استاتور به صورت شکل (a) اتصال داده شده باشند، باید جریان منبع تغذیه DC برابر با  $I_d = \sqrt{2} I_N$  و ولتاژ منبع تغذیه برابر با  $U_d = 2/12 R_1 I_N$  باشد. در این رابطه‌ها،  $I_N$  جریان نامی و  $R_1$  مقاومت اهمی سیم‌پیچی هر فاز استاتور است.

اگر سیم‌پیچ‌ها به صورت شکل (b) اتصال داده شوند، در این صورت برای ترمز خوب باید  $I_d = \sqrt{\frac{3}{2}} I_N$  و ولتاژ منبع تغذیه DC برابر با  $U_d = 2/44 R_1 I_N$  باشد. برای حالتی که سیم‌پیچ‌های موتور به صورت مثلث باشند نیز می‌توان ولتاژ منبع تغذیه را به دست آورد.

اگر سیم‌پیچ‌ها را به صورت شکل (c) اتصال دهیم و سپس به منبع تغذیه‌ی DC وصل نماییم، در این صورت باید جریان  $I_d = \frac{3}{\sqrt{2}} I_N$  و ولتاژ منبع تغذیه برابر با  $U_d = 1/41 R_1 I_N$  باشد. چنان‌چه سیم‌پیچ‌ها به صورت شکل (d) اتصال یابند، باید جریان  $I_d = \sqrt{6} I_N$  و ولتاژ منبع تغذیه برابر با  $U_d = 1/22 R_1 I_N$  باشد.

در این روش ترمز، باید برای حفاظت موتور (با طراحی

مناسب پس از ایستادن کامل موتور) جریان DC را قطع کرد تا گرمای ایجاد شده در موتور باعث صدمه دیدن آن نشود.



شکل ۴-۹۸



## کار عملی ۹

نصب شده بر روی این ماشین، مانند کارهای عملی ۱ و ۲ است؛ اما چون پس از خاموش کردن موتور باید محور بلافاصله از حرکت بایستد، پس باید به طریقی محور آن را ترمز نمود. در این جا ابتدا روش‌های مختلف ترمز بررسی می‌شود. سپس مدار الکتریکی کامل برای این کار عملی، ترسیم خواهد شد.

زمان لازم برای توقف موتور در ماشین‌های مختلف متفاوت است و بستگی به بار کویل شده با موتور و وجود چرخ لنگر در آن دارد. البته می‌توان زمان لازم را با آزمایش به دست آورد.

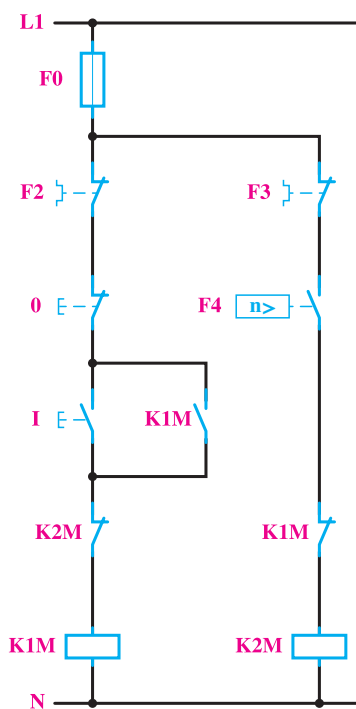
به این ترتیب، ملاحظه می‌شود در این کار عملی، از هر دو نوع ترمز می‌توان استفاده کرد.

در روی یک ماشین ابزار، باید یک موتور سه فاز آسنکرون معمولی با مشخصات  $7/5 \text{ KW}$  و  $220/380 \text{ V}$  و  $\Delta / Y$  و  $26/3/15/2A$  و  $1440 \text{ r.p.m}$  نصب شود. گردش این ماشین، تنها در یک جهت است و پس از خاموش کردن آن، باید بلافاصله محور ماشین از حرکت بایستد. مدار الکتریکی مناسب را برای موتور این ماشین ترسیم کنید. جریان و ولتاژ DC لازم برای حالت ترمز را به دست آورید. مقاومت سیم‌پیچ در حالت گرمی برابر با  $R_1 = 0.59 \Omega$  است.

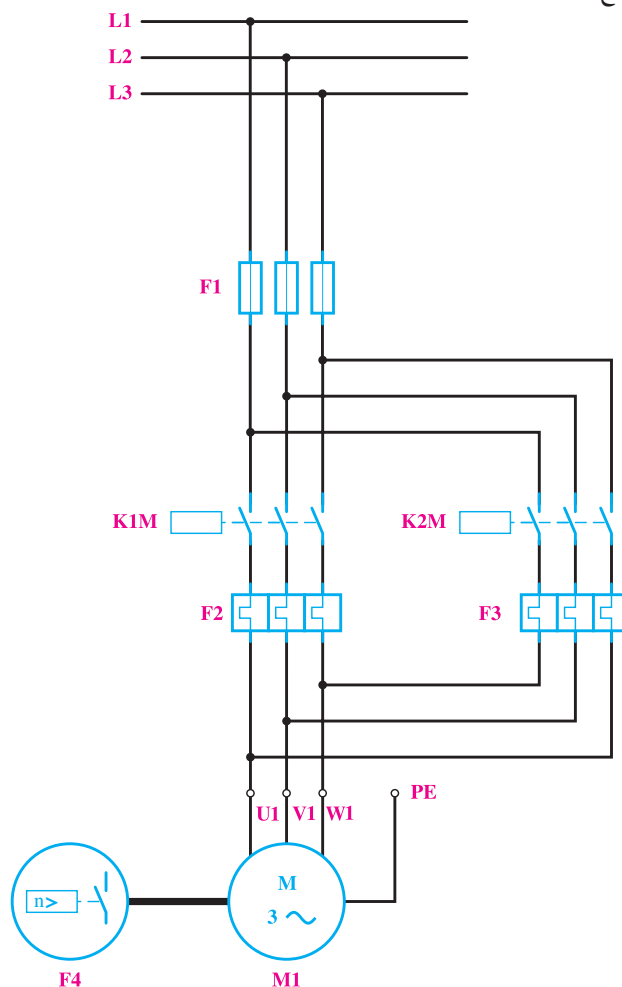
حل: مدار الکتریکی برای راه‌اندازی و شروع به کار موتور

## ۹-۱- مدار ترمز جریان مخالف

در شکل ۴-۹۹ مدار قدرت و در شکل ۴-۱۰۰، مدار فرمان برای ترمز با جریان مخالف (که در آن از کلید تابع دور، در حالت قطع، استفاده شده) آمده است.



شکل ۴-۱۰۰



شکل ۴-۹۹

## ۹-۲- مدار ترمز جریان مستقیم

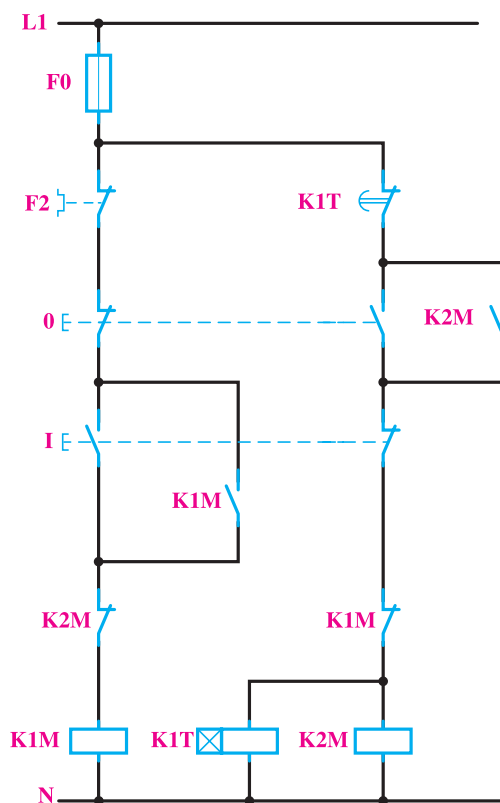
در شکل ۴-۱۰۱ نیز مدار قدرت و در شکل ۴-۱۰۲ مدار فرمان همین کار عملی، در حالتی که از ترمز جریان مستقیم استفاده شده، نشان داده شده است.

چون اتصال سیم پیچ های موتور به صورت ستاره است، از این رو برای حالت ترمز، آن ها را مطابق شکل ۴-۹۸a اتصال می دهیم تا گرمای ایجاد شده نیز در تمامی سیم پیچ ها تقسیم شود.

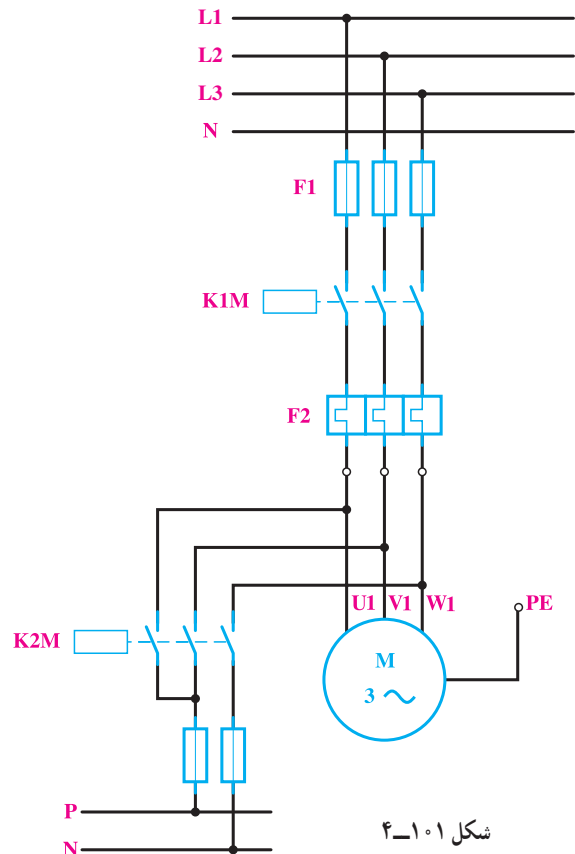
در این صورت جریان DC مورد نیاز برابر با  $I_d = 1/41 I_N = 1/41 \times 15/2 = 21/4 A$  خواهد شد. ولتاژ منبع

DC نیز باید برابر با  $U_d = 2/12 R_1 I_N$  باشد.

$$U_d = 2/12 \times 0.59 \times 15/2 = 19V$$



شکل ۴-۱۰۲



شکل ۴-۱۰۱

تمرین

۱- مدار فرمان و مدار قدرت را برای حالتی که به جای کلید تابع دور در شکل های ۴-۹۹ و ۴-۱۰۰ از تایمر استفاده شود، ترسیم کنید.

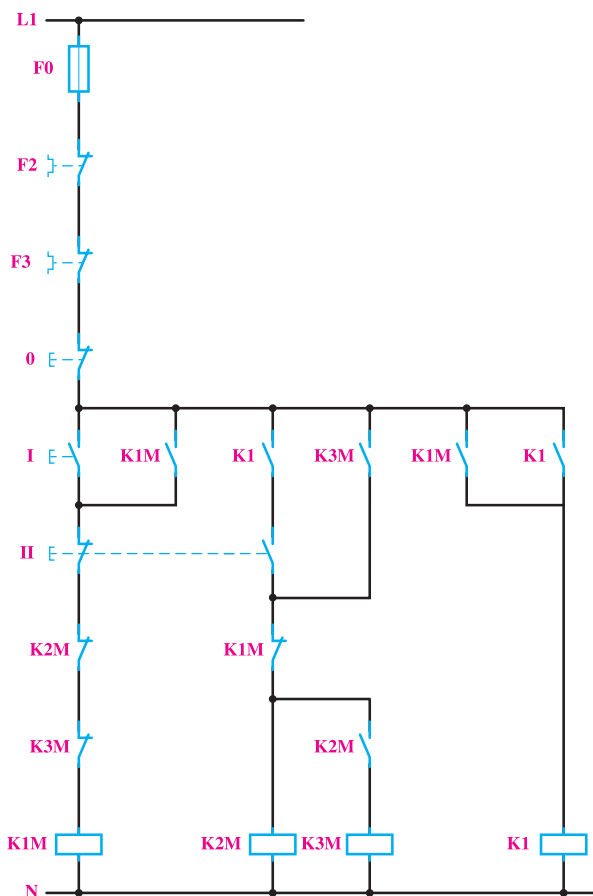
۲- کنتاکتورها و وسایل حفاظتی مناسب را برای هر دو حالت کار عملی ۹ انتخاب کنید.



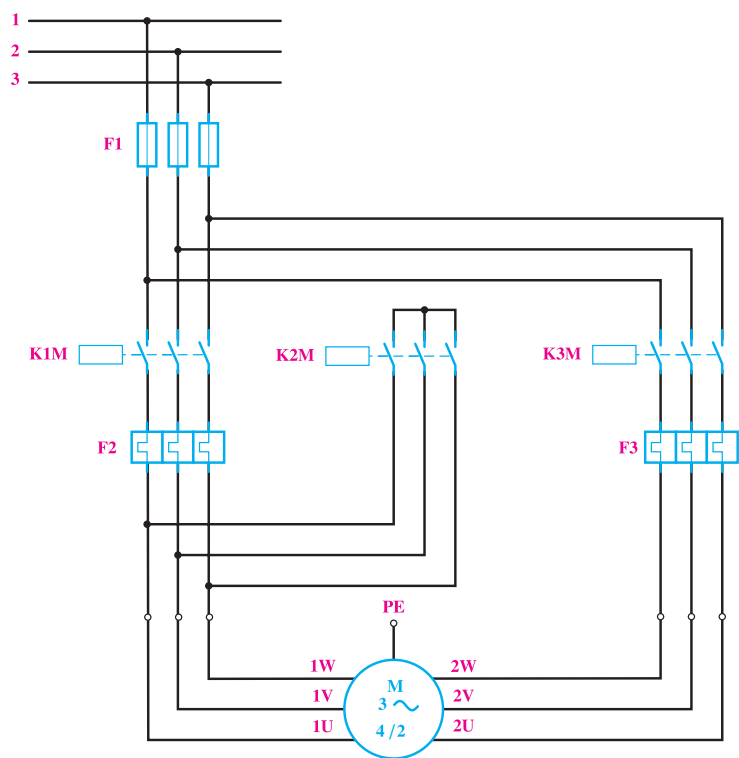
شکل ۴-۱۰۳

در روی یک ماشین مته، باید یک موتور سه فاز آسنکرون رتور قفسی با دو سرعت  $145^\circ$  و  $294^\circ$  دور در دقیقه نصب کرد تا بتوان سرعت گردش مته را علاوه بر تسمه و پولی، به وسیله موتور نیز تغییر داد. شکل ۴-۱۰۳ تصویر واقعی این ماشین را نشان می‌دهد. مدار فرمان و مدار قدرت را برای این ماشین ترسیم کنید.

**حل :** با دقت در دو سرعت موتور، ملاحظه می‌شود که موتور مورد نظر یک موتور دالاندر است و چون اساس کار موتورهای دو سرعتی دالاندر در فصل سوم بررسی شده است، در این جا درباره‌ی آن بحث نمی‌شود و مدار قدرت و مدار فرمان برای اتصال این موتور به شبکه، توسط کنتاکتور رسم می‌گردد. این دو مدار در شکل‌های ۴-۱۰۴ و ۴-۱۰۵ نشان داده شده و بحث درباره‌ی روش طراحی آن، به عهده هنرجویان است.



شکل ۴-۱۰۵

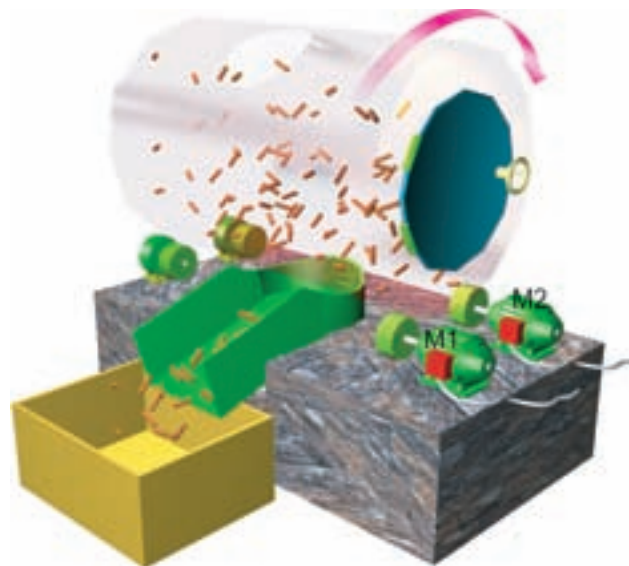


شکل ۴-۱۰۴





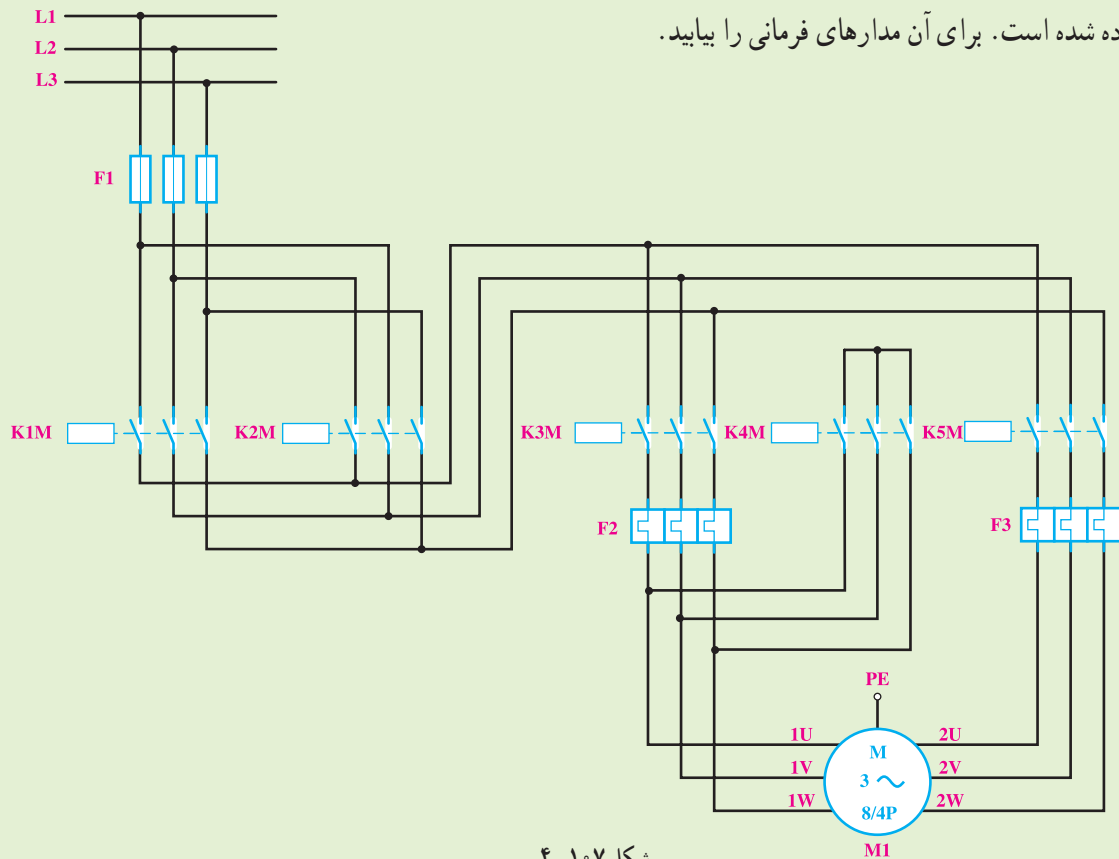
- ۱- علت استفاده از کنتاکتور  $K1$ ، در مدار فرمان شکل ۴-۱۰۵ چیست؟ به طور کامل توضیح دهید.
- ۲- سبب استفاده از کنتاکت‌های بسته  $K2M$  و  $K3M$  (با هم) که به طور سری با کنتاکتور  $K1M$  در مدار فرمان شکل ۴-۱۰۵ قرار گرفته‌اند چیست؟
- ۳- در خط تولید یک کارخانه، در محفظه‌ای گردان ذرت داغ به همراه ادویه مخلوط می‌گردد و از دریچه تخلیه‌ای بر روی کانال هدایت مواد ریخته می‌شود. برای این منظور محفظه به دو موتور دالاندر، جهت گرداندن در دو دور تند و کند، مجهز شده است. مدار قدرت و فرمان را برای این دو موتور که در شکل ۴-۱۰۶ مشاهده می‌کنید به طریقی طراحی کنید که:
  - الف- با فشار دادن به شستی I هر دو موتور به طور هم زمان با دور کند به کار بیفتند و سپس در صورت نیاز با فشار به شستی II هر دو موتور با دور تند به کار ادامه دهد.
  - ب- برای قطع مدار، با فشار به شستی 0 مخزن کوره به گردش خود ادامه دهد و پس از رسیدن دریچه‌ی تخلیه‌ی آن در مقابل کانال هدایت مواد، بلافاصله بایستد.
  - پ- در صورتی که یکی از موتورها به دلیل داشتن اشکال از مدار خارج شد، موتور دوم نیز از کار بیفتد.



شکل ۴-۱۰۶

## ویژه‌ی هنجاریان علاقه‌مند

۴- در شکل ۱۰۷-۴ مدار قدرت دالاندر چپ‌گرد - راست‌گرد نشان داده شده است. برای آن مدارهای فرمانی را بیابید.



شکل ۱۰۷-۴

## عیب‌یابی مدارهای با کنتاکتور

هنرجویان نیز پس از بستن هر مدار، باید اشکالات احتمالی را خود بررسی کنند و همچنین در صورتی که طرح آن‌ها درست بوده است اما در اتصال مدار اشتباه وجود داشته باشد باید، بدون این که مدار را باز نمایند، از روی طرز کار مدار بسته شده محل عیب را تشخیص دهند و آن را برطرف کنند تا بدین ترتیب بتوانند به تدریج در زمینه‌ی عیب‌یابی مدارهای صنعتی، تجربه‌ی کافی را به دست آورند.

گاهی نیز در مدارهای فرمان مربوط به سیستم‌های الکتریکی در حال کار، اشکالاتی بروز می‌کند که نتیجه‌ی آن عمل نکردن کنتاکتور و از کار افتادن تمام یا قسمتی از کار ماشین است. مهم‌ترین این عیوب را، که در سیستم‌های فرمان در حال کار پیش می‌آیند، در جدول ملاحظه می‌کنید.

در طراحی مدارهای با کنتاکتور و به خصوص در مدارهای گسترده، گاه اشکالاتی وجود دارد که از نظر شخص طراح پوشیده است و در هنگام اتصال و راه‌اندازی ماشین یا پس از گذشت چندی که تغییراتی در خصوصیات مکانیکی دستگاه‌ها - به علت فرسودگی و عوامل فیزیکی - پیش می‌آید، بروز می‌کند. چنین اشکالاتی را باید با کنترل‌های مکرر مدار طراحی شده و پیاده کردن مدار به صورت آزمایشی و بررسی همه‌جانبه‌ی آن یافت و برطرف نمود. هر چه تجربه‌ی شخص طراح بیش‌تر و دید او در این باره وسیع‌تر باشد، این عیوب نیز در طراحی‌ها کم‌تر پیش خواهد آمد.

چون این عیوب متنوع و در هر طرحی به گونه‌ای متفاوت است، سعی شده در کارهای عملی‌ای که در فصل گذشته آمده است، مهم‌ترین آن‌ها آورده شود.

جدول ۱۲-۴

نوع عیب	علت عیب	طریقه‌ی برطرف کردن عیب
کنتاکتور جذب نمی‌کند.	در مدار فرمان قطع شدگی وجود دارد.	فیوز مدار فرمان را کنترل کنید؛ سیم‌های رابط را کنترل کنید؛ در صورت لزوم آن‌ها را تعویض نمایید؛ بی‌مثال را کنترل نمایید.
	کنتاکت‌های شستی یا میکروسویچ خوب اتصال نمی‌کنند.	کنتاکت‌ها را تمیز و در صورت لزوم آن‌ها را تعویض کنید.
	ولتاژ تغذیه‌ی کنتاکتور کم است.	از بوبین مناسب یا ولتاژ مناسب استفاده کنید.
	تایمر یا کلیدهای اتوماتیک دیگر عمل نمی‌کنند.	مدار تغذیه‌ی تایمر را کنترل کنید؛ کنتاکت‌های تایمر را کنترل کنید.
کنتاکتور به طور موقت جذب و بعد قطع می‌شود.	کنتاکت کمکی، مدار نگاه‌دارنده را نمی‌بندد.	کنتاکت‌ها را تمیز کنید؛ اتصالات را کنترل کنید.
در موقع وصل، فیوز مدار فرمان قطع می‌شود.	اتصال کوتاه در مدار فرمان و یا در شستی‌ها وجود دارد.	اتصال کوتاه را برطرف کنید. (اغلب اتصال کوتاه در شستی‌ها اتفاق می‌افتد).
	سیم‌پیچ کنتاکتور سوخته است.	بوبین کنتاکتور را تعویض کنید.
	مدار هسته بسته نشده است و فاصله‌ی هوایی وجود دارد.	مسیر حرکت هسته و سطح قطب‌ها را کنترل و با بنزین یا تری‌کلراتیلن تمیز نمایید.
بوبین کنتاکتور زیاد گرم شده است و می‌سوزد.	بوبین کنتاکتور با ولتاژ نامی خود تغذیه نمی‌شود.	برای کنتاکتور از بوبین مناسب استفاده کنید.
	بوبین کنتاکتور اتصال حلقه دارد.	بوبین کنتاکتور را تعمیر یا تعویض نمایید.
	مدار هسته بسته نمی‌شود.	سطح قطب‌ها و مسیر حرکت هسته را کنترل و با بنزین یا تری‌کلراتیلن تمیز کنید.
کنتاکتور جذب کرده است اما صدا می‌دهد.	حلقه‌ی اتصال کوتاه روی سطح قطب‌ها در هنگام مونتاژ، اشتباه گذاشته شده است.	هسته را درآورید و کنترل کنید و آن را درست جا بزنید.
	حلقه‌ی اتصال کوتاه روی هسته قطع شده است.	حلقه‌ی اتصال کوتاه روی هسته را کنترل و تعمیر یا تعویض نمایید.
	کنتاکت‌های اصلی کنتاکتور به یکدیگر جوش خورده‌اند. (پایان عمر مکانیکی).	کنتاکتور را باز و کنتاکت‌ها را تعویض نمایید.
کنتاکتور قطع نمی‌کند.	در سیم‌های رابط المان‌های مدار فرمان، اتصال کوتاه یا در چند نقطه اتصال زمین وجود دارد.	سیم‌ها را کنترل و اتصالی را برطرف کنید.
	کنتاکت‌های تایمر به یکدیگر اتصالی دارند و باز نمی‌شوند.	کنتاکت‌های تایمر را تمیز یا تعویض نمایید.

نظری	عملی	جمع
۱۶	۴۸	۶۴

## راه اندازی موتورهای الکتریکی سه فاز با رله‌های قابل برنامه‌ریزی<sup>۱</sup>

هدف‌های رفتاری : از هرنجو انتظار می‌رود پس از پایان این فصل بتواند :

- ۱- لزوم استفاده از رله‌های منطقی قابل برنامه‌ریزی را توضیح دهد.
- ۲- ساختمان و طرز کار رله‌ی منطقی قابل برنامه‌ریزی را توضیح دهد.
- ۳- خصوصیات رله‌ی منطقی قابل برنامه‌ریزی را نام ببرد.
- ۴- تفاوت PLC و رله‌های منطقی قابل برنامه‌ریزی را شرح دهد.
- ۵- روش‌های برنامه‌نویسی نردبانی و بلوکی را در رله‌های منطقی قابل برنامه‌ریزی توضیح دهد.
- ۶- برنامه‌ی نوشته‌شده به روش نردبانی و بلوکی برای تعدادی از مدارهای برق صنعتی را در رایانه شبیه‌سازی کند.
- ۷- مدارهای برق صنعتی شبیه‌سازی‌شده را از رایانه بر روی رله بارگذاری<sup>۲</sup> کند.
- ۸- از طریق برنامه‌های بارگذاری‌شده بر روی رله، مدارها را راه‌اندازی کند.

### نکات اجرایی

- ۱- پیشنهاد می‌شود کارگاه به چند نوع رله‌ی موجود در بازار تجهیز شود تا هرنجویان با نمونه‌های مختلف و نحوه‌ی کاربرد آن‌ها آشنا شوند.
- ۲- حداقل مشخصات مورد نیاز رله‌ی قابل برنامه‌ریزی به شرح زیر است :
  - قابلیت برنامه‌نویسی به روش بلوکی و نردبانی؛
  - حداکثر تعداد ورودی و خروجی ۱۲ به ۶؛
  - توانایی اجرای کارهای عملی متناسب با اهداف رفتاری فصل.
- ۳- تجهیزات مورد نیاز برای یک کارگاه ۱۶ نفره به شرح زیر است :

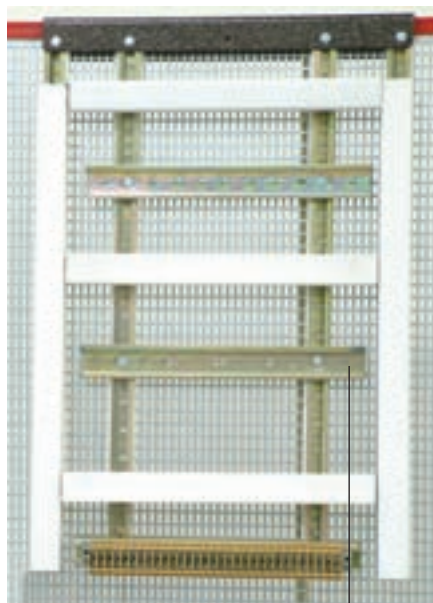
ردیف	نام	تعداد
۱	رله‌ی قابل برنامه‌ریزی	۸ دستگاه
۲	رایانه	۸+۱ دستگاه
۳	کابل اتصال رله به رایانه	۲ رشته

۱- رله‌ی منطقی قابل برنامه‌ریزی که به‌طور خلاصه در این کتاب رله‌ی قابل برنامه‌ریزی نیز نامیده می‌شود به نام‌های کلید قابل برنامه‌ریزی، کنترل‌کننده کوچک برنامه‌پذیر (miniPLC)،

رله‌ی منطقی (Logic Relay)، رله‌ی هوشمند (Smart Relay) یا (Intelligent Relay)، سوپر رله (Super Relay) و ... نیز خوانده می‌شود. برخی از این نام‌ها اسامی تجاری این محصول‌اند، که شرکت سازنده، محصول خود را با این نام معرفی می‌کند.

۴- از آنجایی که رله‌های قابل برنامه‌ریزی موجود در بازار جهت آموزش ساخته نشده‌اند، پیشنهاد می‌شود ترمینال‌های ورودی و خروجی آن را به ترمینال فیشی و یا ترمینال پلاستیکی مجهز کنید تا پیچ‌های اتصال آن به‌طور مکرر باز و بسته نشوند.

۵- چیدمان پیشنهادی تجهیزات کارگاه، جهت اجرای کارهای عملی مربوط به بخش رله‌های قابل برنامه‌ریزی، مطابق شکل زیر است.



محل قرارگیری رله روی ریل

۶- در صورت امکان، یک روز به بازدید از یک مرکز صنعتی که ترجیحاً دارای رله‌های قابل برنامه‌ریزی، مدارهای کنتاکتوری و تابلوهای برق صنعتی‌اند، اختصاص یابد.

۷- هدف از کارهای عملی ۱ و ۲ در این فصل، فقط اجرای نرم‌افزاری، اما در سایر کارها به‌صورت اجرای نرم‌افزاری و سخت‌افزاری است.

۸- پیشنهاد می‌شود طبق نقشه‌های پیوست کتاب، رله‌های قابل برنامه‌ریزی نیز مطابق شکل زیر بر روی ریل قرار گیرند و سیم‌کشی کل مدار درون داکت صورت گیرد.

۹- پیشنهاد می‌شود برنامه نرم‌افزاری رله‌ی قابل برنامه‌ریزی موجود در کارگاه در اختیار هنرجویان نیز قرار گیرد تا بتوانند در منزل، بر روی رایانه‌ی شخصی خود بیش‌تر تمرین کنند.

۱۰- محتوای تهیه‌شده، با توجه به زمان این درس، دربرگیرنده‌ی تمامی قابلیت‌های رله‌های قابل برنامه‌ریزی نیست. لذا هنرآموزان محترم می‌توانند، با توجه به سطح علمی هنرجویان، محتوا را سازماندهی کنند و در صورت نیاز توابع اختصاصی بیش‌تری از رله را آموزش دهند.

قابل برنامه‌ریزی اجرا خواهیم نمود. به کارگیری رله‌های قابل برنامه‌ریزی باعث می‌شود تا سیم‌کشی مدارهای فرمان و استفاده از تیغه‌های کمکی حذف شود. پیاده‌سازی منطق مدارهای فرمان در رله‌ها به زبان برنامه‌نویسی مخصوص، که معمولاً به صورت گرافیکی است، اجرا می‌شود.

در صنعت، رله‌های قابل برنامه‌ریزی مختلف با اسامی گوناگون وجود دارد که از مقایسه‌ی آن‌ها می‌توان دریافت نحوه‌ی اتصال و سیم‌کشی انواع رله‌ها تقریباً با یک‌دیگر یکسان‌اند و تنها از نظر شکل نرم‌افزار و نحوه‌ی برنامه‌ریزی تفاوت‌هایی دارند.

همان‌طور که در فصل‌های قبل با ضرورت استفاده از مدارهای فرمان در راه‌اندازی مدارات قدرت آشنا شدید، برای راه‌اندازی مدارات قدرت، مدارات فرمان منطقی را دنبال می‌کنند که برای طراحی هر مداری می‌بایست آن منطق را استخراج کرد. به‌طور مثال در مدار ستاره مثلث اتوماتیک، مدار فرمان به گونه‌ای طراحی می‌شود که پس از راه‌اندازی ستاره و بعد از گذشت مدت زمانی، موتور به حالت مثلث درآید.

در این فصل، ضمن مرور بر منطق مدارهای فرمان خواهید آموخت که چگونه این مدارها را با وسیله‌ای به نام رله‌ی منطقی



## اجزای مدارات فرمان در رله‌های قابل برنامه‌ریزی

انواع مدارهای قدرت، که در فصل‌های قبل با آن‌ها آشنا شدید، دقیقاً همان مدارهای قدرتی خواهند بود که با رله‌های قابل برنامه‌ریزی، آن‌ها را راه‌اندازی خواهید نمود. بنابراین، در این فصل به آن‌ها اشاره‌ای نمی‌کنیم و آن‌ها را به فصل‌های قبل ارجاع می‌دهیم. مدارات فرمان دارای دو بخش‌اند. بخش اول، با توجه به تعداد ورودی و خروجی لازم برای مدار و انتخاب نوع شستی‌ها ساخته و سیم‌کشی می‌شود. این سیم‌کشی را گاهی بخش سخت‌افزاری مدار فرمان نیز نام‌گذاری می‌کنند. اما بخش دوم، طراحی مدارهای فرمان است که برای راه‌اندازی‌های مختلف متفاوت است و تأکید این فصل نیز در آموزش این طراحی‌ها است. گفتنی است استفاده از رایانه برای طراحی و برنامه‌ریزی این رله‌ها امری ضروری است. از این رو، این بخش، بخش نرم‌افزار یا برنامه‌مدار فرمان نام‌گذاری شده است. این دو بخش (سخت‌افزاری و نرم‌افزاری مدار فرمان) دارای اصولی هستند که در این فصل با آن‌ها آشنا خواهید شد.

## جایگاه رله‌های قابل برنامه‌ریزی

رله‌ی قابل برنامه‌ریزی کوچک‌ترین محصول کارخانه‌های سازنده PLC<sup>۱</sup> است. شرکت‌های سازنده‌ی این وسیله تقریباً دو دهه است که آن را به بازار عرضه کرده‌اند. در ابتدا به علت گران بودن قیمت این رله‌ها، زمینه‌ی استفاده و کاربرد آن‌ها کم بود. اما امروزه، با وجود پایین آمدن قیمت بعضی از آن‌ها زمینه‌ی کاربردی رله‌ی قابل برنامه‌ریزی افزایش یافته است و با تنوع بیش‌تری تولید می‌شود. یکی از دلایل اصلی ساخت این رله‌ها داشتن امکان برنامه‌ریزی با دست توسط کلیدهای روی این رله است، که آن را به قطعه‌ای منحصربه‌فرد تبدیل کرده است. هرچند استفاده از

رله‌ی قابل برنامه‌ریزی در سیستم‌های کنترل واقعی و بزرگ با توجه به تعداد ورودی و خروجی‌های کم، جایی ندارد اما در تأسیسات الکتریکی کوچک، مثل کنترل موتورخانه‌ها یا سیستم‌های (HVAC)<sup>۲</sup> – دستگاه‌های دارای دو یا چند موتور – کارگاه‌های کوچک صنعتی و روشنایی اتوماتیک ساختمان‌ها و ... به کار می‌رود. در ابتدای تولید رله‌های قابل برنامه‌ریزی، بسیاری آن‌ها را جانشین PLC‌ها می‌خواندند و در مدارات فرمان (کنترل) که تعداد موتورهای بیش از چند عدد نیست استفاده از رله‌ی قابل برنامه‌ریزی را به جای PLC مناسب و صحیح می‌دانستند. اما در سال‌های اخیر جایگاه آن‌ها مشخص و متمایز شده است. PLC‌ها باید خود را با استاندارد برنامه‌نویسی خاصی<sup>۳</sup> هماهنگ کنند اما در رله‌های قابل برنامه‌ریزی چنین توصیه‌ای وجود ندارد<sup>۴</sup>. (در مقاطع بالاتر با PLC و استانداردهای آن بیش‌تر آشنا خواهید شد).

## رله‌ی قابل برنامه‌ریزی

رله‌ای است که با روش برنامه‌ریزی خاصی (که بر پایه‌ی مدارهای منطقی است) کار می‌کند و از آن برای کنترل برخی فرآیندها در تأسیسات برقی استفاده می‌شود.

## مزایای استفاده از رله‌ی قابل برنامه‌ریزی

استفاده از رله‌های قابل برنامه‌ریزی نسبت به مدارهای فرمان و قدرت صنعتی دارای مزایایی به شرح زیر است:

- ۱- کاهش حجم سیم‌کشی‌ها و اتصالات مدار؛
- ۲- امکان برنامه‌نویسی دستی بدون وجود رایانه؛
- ۳- امکان طراحی، چاپ و ذخیره‌سازی برنامه‌ی مدار مورد نظر و ارسال آن به رله‌ی قابل برنامه‌ریزی و حتی فراخوانی برنامه از رله، توسط رایانه‌ی شخصی؛

۱- در نام‌گذاری PLC، از حروف اول کلمات Programmable logic Controller استفاده شده که به معنای کنترل‌کننده‌ی منطقی قابل برنامه‌ریزی است.

۲- Heating, Ventilation, and Air Conditioning (HVAC): (اچ‌و‌ک) گرمایش، تهویه هوا و تهویه مطبوع

۳- این استاندارد ۶۱۱۳۱ IEC نام دارد.

۴- معنای این گفته این نیست که این وسیله غیراستاندارد است و مطابق استاندارد ساخته و برنامه‌ریزی نمی‌شود، چرا که معروف‌ترین PLC‌ها هم هنوز با این استاندارد خاص فاصله

دارند.

۵- نام تجاری رله‌های قابل برنامه‌ریزی چند شرکت سازنده به ترتیب حروف الفبا در جدول صفحه‌ی بعد آمده است.

ادامه پاورقی



- ۴- امکان اجرای آزمایشی مدار توسط برنامه‌ی شبیه‌ساز است؛
- ۵- نیاز نداشتن به تیغه‌ی کمکی و یا کنتاکتورهای کمکی؛
- ۶- وجود تایمرهای متنوع به تعداد زیاد در آن؛
- ۷- وجود توابعی خاص در برنامه‌نویسی رله که ایجاد آن‌ها نمایشگر LCD؛
- ۸- امکان گذاشتن رمز عبور برای برنامه و جلوگیری از سوءاستفاده دیگران...؛
- ۹- انعطاف‌پذیری در مقابل تغییرات احتمالی مورد نیاز برنامه؛
- ۱۰- امکان نظارت بر روی عملکرد مدار از طریق پیام‌های
- ۱۱- آسان بودن اعمال تغییرات و اصلاح خطاها.

#### رله‌های قابل برنامه‌ریزی موجود در تأسیسات برقی

شرکت سازنده	رله‌ی قابل برنامه‌ریزی	نوع برنامه‌ریزی LCD	نرم افزار
SIEMENS	LOGO	FBD	نرم افزار توانایی نردبانی نیز دارد نردبانی آن کمی بلوکی است
MOELLER	EASY	Device	بلوکی ندارد اما شکل‌هایی به نام‌های DIN/IEC و ANSI/CSA دارد
OMRON	ZEN	LAD	کار با نرم افزار آن ساده‌تر است
Schneider (Telemecanique)	ZELIO	LAD/FBD	در مدل‌های جدید توسط LCD به هر دو روش نردبانی و بلوکی برنامه‌ریزی می‌شوند
Schneider (Crouzet)	Millenium II و Millenium III	LAD/FBD	و مونیتورینگ هم دارند برنامه Zelio برای محصول SR و برنامه Crouzet برای محصول M <sup>3</sup> است
MITSUBISHI	ALPHA	FBD	نرم افزار پایه برای هر دو یکی است و مونیتورینگ هم دارند
THEBEN	PHARAO	FBD	
ARRAY Electronics	SPR	FBD	بلوکی و تا حدودی شبیه LOGO است. اما امکانات مخابراتی و ریموت کنترل نیز می‌تواند داشته باشد
GENESIS	KBMS	LAD/FBD	همه مدل‌ها هم بلوکی و هم نردبانی قابل برنامه‌ریزی است
TECO	SG2	LAD/FBD	
<p>* رله قابل برنامه‌ریزی شرکت IDEC نوعی LOGO است با رنگ سفید و نرم افزار آن WindLGC است این نرم افزار همان نرم افزار LOGO! Soft است، به طوری که فایل ذخیره شده این نرم افزار با همان فرمت (*.lsc) یعنی LOGO! Soft Comfort است.</p> <p>* شرکت EASY نیز نرم افزار خود را تحت عنوان ELECSOFT به بازار عرضه کرده است. پسوند فایل در این نرم افزار از نوع (*).LSC نیست.</p>			

## ساختمان رله‌های منطقی قابل برنامه‌ریزی

به‌طور کلی رله‌های منطقی قابل برنامه‌ریزی از اجزای زیر

تشکیل می‌شوند:

**الف) اجزای داخلی:** اجزای داخلی این رله‌ها از یک سری

قطعات الکترونیکی تشکیل شده است که بر روی صفحه مدار چاپی (برد الکترونیکی) نصب شده و بر پایه‌ی اصول و توابع منطقی کار می‌کند. این قسمت خود از سه جزء زیر تشکیل شده است؛

**۱- پردازشگر:** اجرای کارهای محاسباتی و مقایسه و

نتیجه‌گیری فعالیت‌های منطقی به عهده‌ی این بخش است. به عبارتی

دیگر واحد پردازش، ورودی‌ها را دریافت می‌کند. سپس آن‌ها را پردازش و به خروجی ارسال می‌نماید.

**۲- حافظه:** وظیفه این قسمت نگهداری و ذخیره‌ی

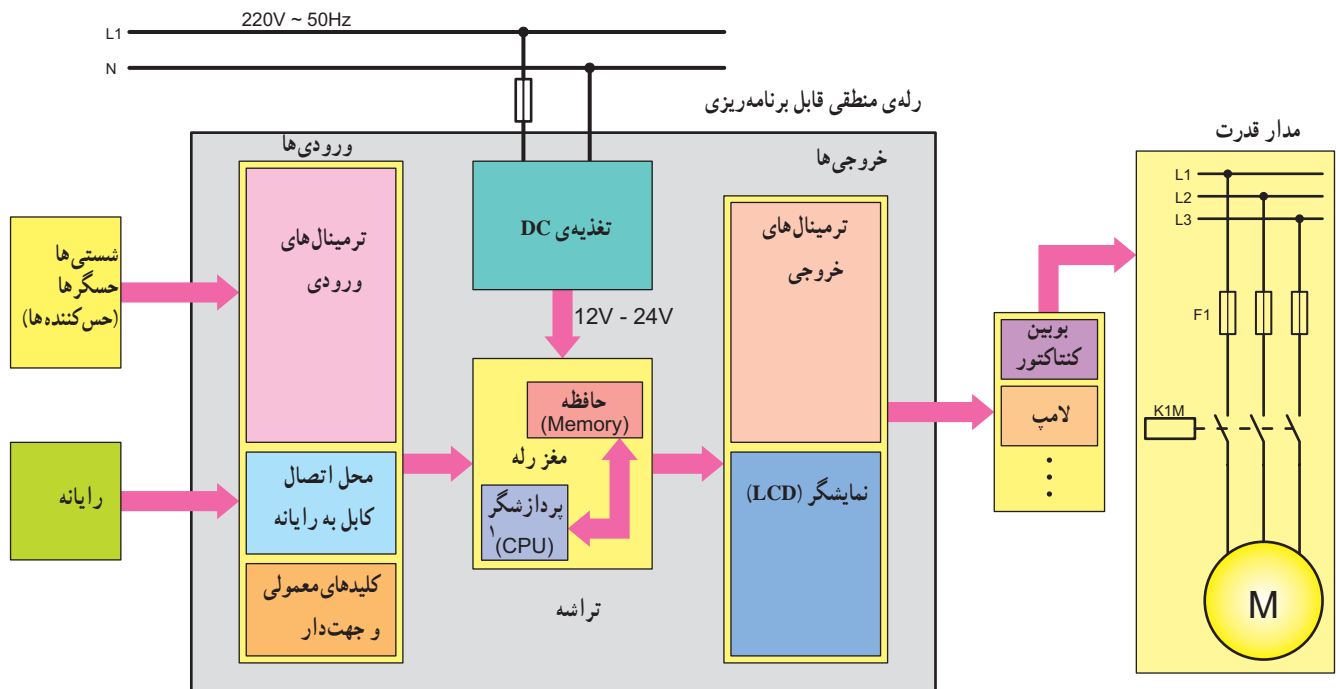
اطلاعات است.

**۳- منبع تغذیه:** تأمین ولتاژ مورد نیاز رله‌ها به عهده‌ی

این قسمت است.

شکل ۱-۵ تصویر بلوکی و رله‌ی قابل برنامه‌ریزی را نمایش

می‌دهد.



شکل ۱-۵-۱

در شکل ۱-۵ b تصویر اجزای داخلی یک رله قابل برنامه ریزی می کنید.  
و در شکل ۱-۵ c تصویر چند نمونه رله قابل برنامه ریزی را مشاهده



شکل ۱-۵ b اجزای داخلی یک رله ی منطقی قابل برنامه ریزی



شکل ۱-۵ c چند نمونه رله ی منطقی قابل برنامه ریزی

## ب) اجزای ظاهری: از نظر ظاهری رله‌های قابل برنامه‌ریزی

دارای اجزای زیرند. در شکل ۵-۲ تصویر ظاهری یک نمونه رله نشان داده شده است.

۱- ورودی‌ها: ورودی‌ها را با حرف I و یک شماره، مانند I1 و I2 و I3 و ... (در محل ترمینال‌های ورودی رله) نشان می‌دهند. تعداد ورودی رله‌ها معمولاً ۴، ۶، ۸، ۱۲ و یا بیش‌تر است. شستی‌ها، میکروسوئیچ‌ها و ... را، که به عنوان عوامل وصل و یا قطع مدار به کار می‌روند، باید به این ورودی‌ها وصل کرد.

۲- خروجی‌ها: خروجی‌ها را با حرف Q و یک شماره، مانند Q1 و Q2 و Q3 و ... در محل ترمینال‌های خروجی نشان می‌دهند. بوبین کنتاکتورها به این محل متصل می‌شوند. تعداد خروجی‌ها معمولاً ۴، ۶، ۸، ۱۲ و یا بیش‌تر است. بوبین کنتاکتورها و شیرهای مغناطیسی و ... را، که به عنوان عوامل

عمل‌کننده در مدارها به کار می‌روند، باید به این خروجی‌ها وصل کرد.

### ۳- محل تغذیه: مقدار ولتاژ مورد نیاز رله ۱۲۷، ۲۴۷

(DC) و یا ۲۳۰V (AC) است. معمولاً محل تغذیه با حروف L (فاز) و N (نول) و یا (+ و -) مشخص می‌شود.

### ۴- نمایشگر LCD: قسمتی از رله است، که برای

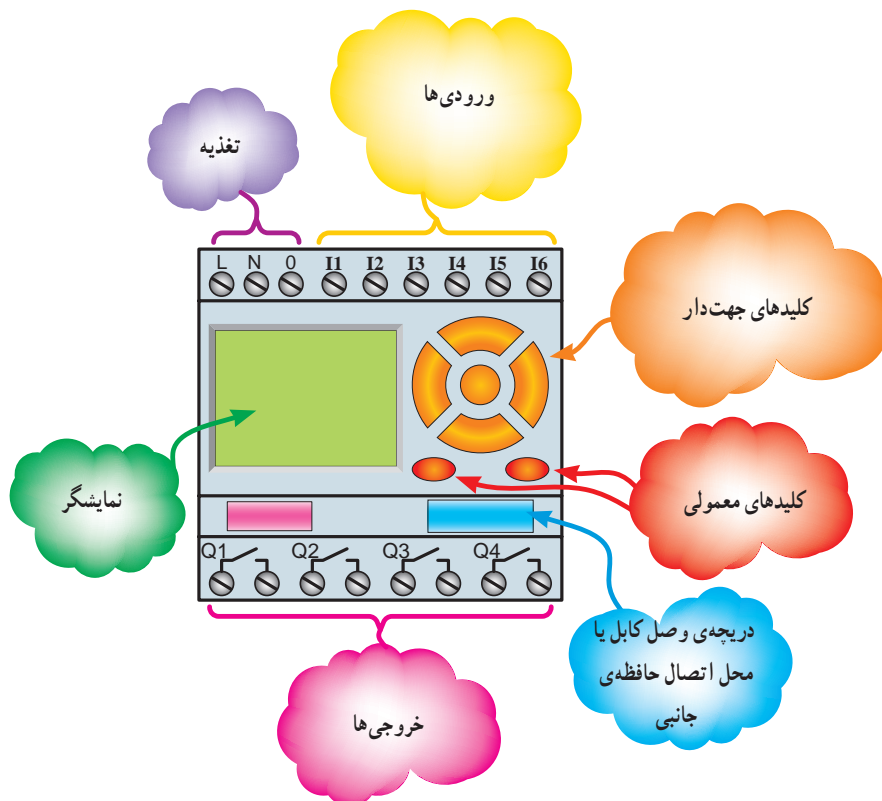
مشاهده‌ی برنامه‌ریزی دستی یا نمایش پیام‌های رله به کار می‌رود.

### ۵- کلیدهای معمولی و جهت‌دار: از این کلیدها جهت

برنامه‌ریزی دستی توسط نمایشگر LCD استفاده می‌شود.

### ۶- دریچه‌ی اتصال کابل رابط به رایانه: این قسمت

جهت اتصال رایانه به رله و یا به عکس برای انتقال اطلاعات به کار می‌رود. برای انتقال اطلاعات از کابل RS۲۳۲ یا USB استفاده می‌شود.



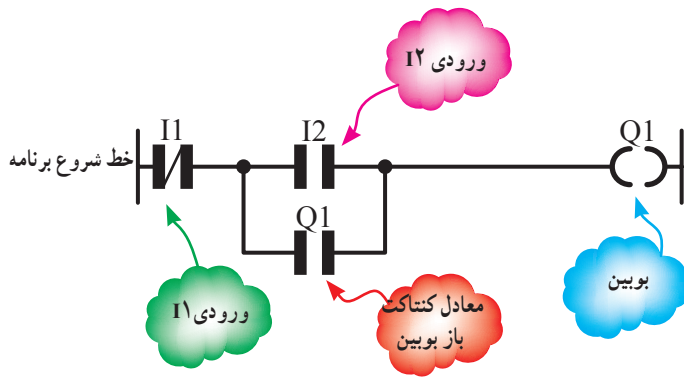
شکل ۵-۲ تصویر ظاهری رله‌ی قابل برنامه‌ریزی

## زبان های برنامه نویسی

در تمام رله های قابل برنامه ریزی از دو روش نردبانی (Ladder)<sup>۱</sup> و بلوکی (FBD)<sup>۲</sup> برای برنامه نویسی منطقی<sup>۳</sup> استفاده می شود.

**الف - روش نردبانی:** در این روش از یک سری تیغه های باز و بسته و بوبین ها، که به صورت افقی رسم می شود، برای نشان دادن مدارها استفاده می شود.

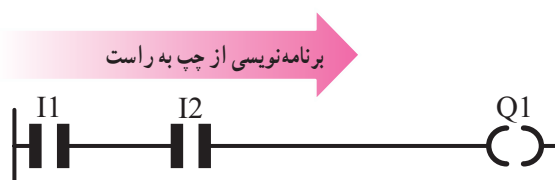
**ب- روش بلوکی:** در این روش از یک سری عملگرهای منطقی، که به صورت سری موازی رسم می شوند و یک ساختار بلوکی را می سازند، استفاده می شود.



شکل ۳-۵

۴- در روش نردبانی فقط آخرین ستون سمت راست می تواند محل قرارگرفتن بوبین ها باشد. سایر ورودی ها و کنتاکت بوبین می تواند در سایر ستون ها قرار گیرد.

۵- در مدارهای فرمان، نحوه ی رسم مدار عمودی بوده و از بالا شروع و در پایین ترین نقطه به بوبین کنتاکتور ختم می شود. اما در روش نردبانی، رسم مدار به صورت افقی بوده و اجزا به صورت متوالی و مشابه پله های یک نردبان، از چپ به راست، چیده می شوند تا به ستون سمت راست، که معمولاً یک بوبین است، ختم گردد (شکل ۴-۵).



شکل ۴-۵ سمت برنامه نویسی مدار به روش نردبانی

## معرفی برنامه نویسی به روش نردبانی

همان طور که گفته شد در این روش برنامه نویسی از یک سری علائم خاص برای کنتاکت (Contact) باز و بسته به صورت (باز II-) و (بسته -II-) استفاده می شود. همچنین برای نشان دادن بوبین (Coil) از علامت (-C-) استفاده می شود. رسم مدارها به این روش مشابهت زیادی با مدارهای فرمان دارد.

۱- برای معرفی ورودی ها به روش نردبانی از کنتاکت باز و بسته با حرف I استفاده می شود.

۲- برای نشان دادن خروجی ها در برنامه نویسی نردبانی از علامت بوبین با حرف Q استفاده می شود.

۳- هنگام برنامه نویسی برای مشخص شدن ورودی ها و خروجی ها در کنار حروف مشخصه آن ها یک شماره ظاهر می شود.


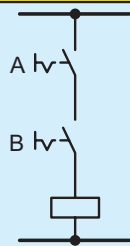


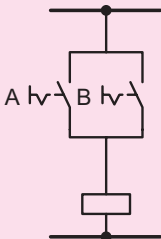


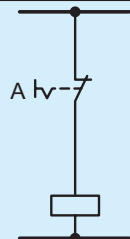


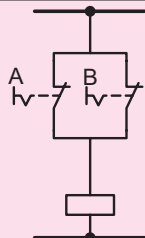


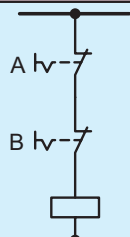


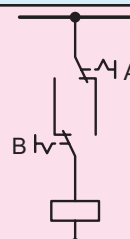

تذکر: در صورتی که نیاز به کنتاکت بوبین به کار رفته در برنامه باشد می بایست مانند مدارهای کنتاکتوری حرف و شماره بوبین را در بالای کنتاکت به کار برد (مانند شکل ۳-۵).

۱- Ladder یعنی نردبانی و منظور Ladder Diagram است. در مواردی برای مخفف کردن به آن LD یا LAD می گویند.

۲- FBD اصطلاحی است که برای برنامه ریزی به روش دروازه های منطقی (بلوکی) اطلاق می شود و از ابتدای کلمات Function Block Diagram گرفته شده است.

۳- در اغلب رله های قابل برنامه ریزی این دو زبان برنامه نویسی (نردبانی و بلوکی) به صورت گرافیکی است. به همین دلیل است که در برخی کتاب ها به آن ها زبان های برنامه نویسی گرافیکی نیز گفته می شود.

جهت یادآوری و قبل از توضیح روش بلوکی، علائم جدول داشت، در جدول ۵-۱ نشان داده شده است.  
صحت و شکل بلوکی عملگرهای منطقی که با آن‌ها سروکار خواهیم جدول ۵-۱

عملگر منطقی	جدول صحت	علامت اختصاری	مدار کلیدی	شکل بلوکی															
AND	<div>خروجی    ورودی</div> <table><tr><th>A</th><th>B</th><th>F</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table>	A	B	F	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1			 خروجی & ورودی‌ها
A	B	F																	
0	0	0																	
0	1	0																	
1	0	0																	
1	1	1																	
OR	<div>خروجی    ورودی</div> <table><tr><th>A</th><th>B</th><th>F</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table>	A	B	F	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1			 خروجی $\geq 1$ ورودی
A	B	F																	
0	0	0																	
0	1	1																	
1	0	1																	
1	1	1																	
NOT	<table><tr><th>A</th><th>F</th></tr><tr><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td></tr></table>	A	F	0	1	1	0			 خروجی 1 ورودی									
A	F																		
0	1																		
1	0																		
NAND	<div>خروجی    ورودی‌ها</div> <table><tr><th>A</th><th>B</th><th>F</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	A	B	F	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0			 خروجی & ورودی‌ها
A	B	F																	
0	0	1																	
0	1	1																	
1	0	1																	
1	1	0																	
NOR	<div>خروجی    ورودی</div> <table><tr><th>A</th><th>B</th><th>F</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	A	B	F	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0			 خروجی $\geq 1$ ورودی
A	B	F																	
0	0	1																	
0	1	0																	
1	0	0																	
1	1	0																	
XOR	<div>خروجی    ورودی</div> <table><tr><th>A</th><th>B</th><th>F</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	A	B	F	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0			 خروجی $= 1$ ورودی
A	B	F																	
0	0	0																	
0	1	1																	
1	0	1																	
1	1	0																	

## معرفی برنامه‌نویسی به روش بلوکی

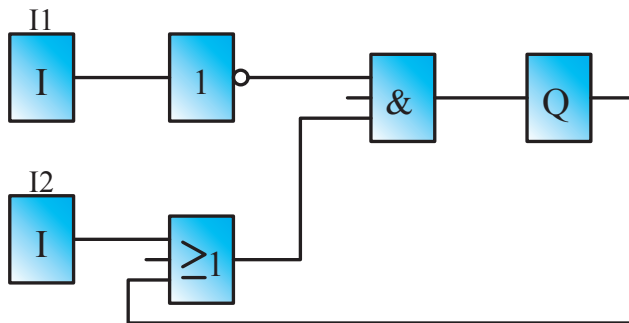
۶- در مواردی که خروجی عملگر NOT به ورودی هر

عملگری وصل شود می‌توان به جای عملگر NOT از یک حباب استفاده نمود.



شکل ۵-۵، یک نمونه مدار به روش بلوکی را نشان

می‌دهد.



شکل ۵-۵- طراحی یک نمونه مدار به روش بلوکی

۱- در این روش رسم مدار از سمت ورودی به سمت

خروجی است (معمولاً از سمت چپ شروع و به سمت راست ختم می‌شود).

۲- در روش بلوکی ورودی‌ها با علامت I و

خروجی‌ها با علامت Q نشان داده می‌شوند. ورودی با

حرف I و خروجی با حرف Q مشخص می‌شوند و در بالای بلوک این حروف و شماره‌ی آن‌ها درج می‌شود.

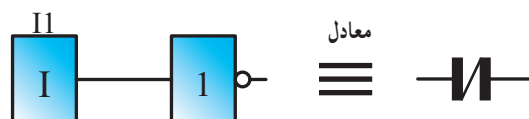
۳- یک خروجی بویین می‌تواند به ورودی چندین بلوک وصل شود. به این ترتیب کنتاکت آن خروجی را خواهید ساخت.

۴- در این روش برنامه‌نویسی برای ایجاد اتصال بین بلوک‌ها می‌توان از عملگرهای منطقی استفاده کرد. برای این منظور باید اطلاعات کافی بر نحوه‌ی عملکرد عملگرهای منطقی جدول ۱-۵ داشته باشیم. برای مثال در این روش سری کردن را AND کردن و موازی کردن را می‌توان OR کردن نامید.

۵- از آنجایی که بلوک I معادل  است

پس برای ساخت کنتاکت بسته، مطابق شکل زیر، از عملگر منطقی

NOT می‌توان استفاده کرد :



## تمرین

۱- مدار کلیدی هر یک از دروازه‌های منطقی جدول ۱-۵ را در مدل نردبانی (Ladder) رسم کنید.

۲- مدار کلیدی هر یک از دروازه‌های منطقی جدول ۱-۵ را در مدل بلوکی (FBD) رسم کنید.





## کار عملی ۱

**هدف:** آشنایی با شبیه سازی و عملکرد ورودی ها توسط برنامه ی رایانه ای رله های قابل برنامه ریزی

در برنامه های رایانه ای رله ی قابل برنامه ریزی، علاوه بر رسم و ویرایش، در برنامه وضعیتی به نام شبیه سازی وجود دارد که شما باید قبل از اجرای شبیه سازی، ورودی ها را انتخاب کنید. آن گاه براساس این انتخاب می توانید توسط شبیه سازی، خروجی را مشاهده کنید.

انتخاب نوع ورودی در برنامه باید با انتخاب نوع شستی ورودی در سیم کشی رله متناسب باشد.

برای آشنایی پیش تر شما، در شکل a-۵-۶ و b-۵-۶، برنامه های نردبانی و بلوکی در دو حالت مختلف نشان داده شده است، که نتیجه راه اندازی یک موتور به صورت لحظه ای است. هر یک از برنامه های نشان داده شده در حالت های اول و دوم را به تفکیک رسم کنید و سپس با تعیین وضعیت ورودی I1 در شبیه ساز؛ خروجی مناسب برای رسیدن به هدف (راه اندازی موتور به صورت لحظه ای) را در ستون Q با علامت (✓) مشخص نمایید و در نهایت تعیین کنید از بین ۸ وضعیت ممکنه برای کنتاکت ها کدام حالت را می توان برای رسیدن به هدف کار عملی به کار گرفت.

**حالت اول:** در برنامه، ورودی را کنتاکت باز رسم نموده سپس مطابق جدول، مدار را شبیه سازی کنید.

(ب) روش نردبانی

(الف) روش بلوکی



وضعیت	I1	Q1
1	E--	
2	E-- /	

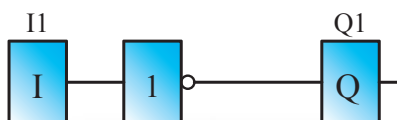
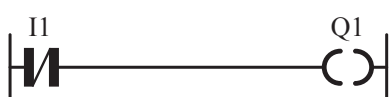
وضعیت	I1	Q1
1	E--	
2	E-- /	

شکل a-۵-۶

**حالت دوم:** در برنامه، ورودی را کنتاکت بسته رسم نموده سپس مطابق جدول، مدار را شبیه سازی کنید.

(ب) روش نردبانی

(الف) روش بلوکی



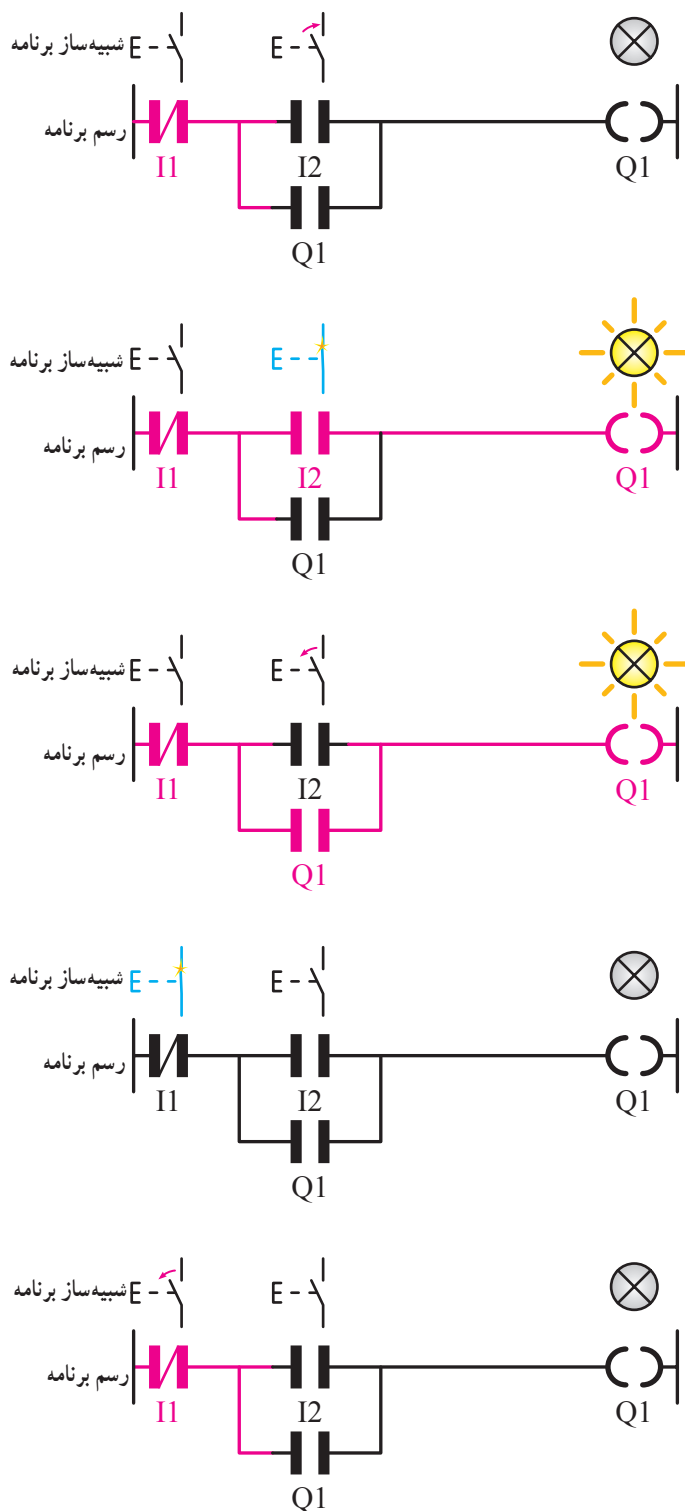
وضعیت	I1	Q1
3	E--	
4	E-- /	

وضعیت	I1	Q1
3	E--	
4	E-- /	

شکل b-۵-۶

شبیه سازی را با توجه به جدول انتخاب های شستی تکرار کنید تا به هدف برنامه برسید.

با خارج شدن از وضعیت شبیه سازی و رفتن به وضعیت ویرایش برنامه، کنتاکت باز را به بسته تغییر دهید. سپس مجدداً



شکل ۵-۶-۵

در شکل ۵-۶-۵ به صورت مرحله‌ای، نحوه‌ی عملکرد شبیه‌سازی برنامه مدار راه‌اندازی موتور به طور دایم کار، نشان داده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌کنید با انتخاب یکی از حالت‌های متفاوت، که برای شستی‌های ورودی می‌توان پیش‌بینی کرد، وضعیت خروجی بررسی شده است. (در این جا هر دو شستی باز انتخاب شده است) قبل از اقدام لازم است متن زیر را به دقت مطالعه کنید.

اگر هر دو شستی انتخابی از نوع شستی استارت باشند در این صورت شکل مقابل با توجه به آن‌که ورودی I1 از نوع تحریک شده است، در نرم‌افزارهای رله، برای شبیه‌سازی با رنگ متفاوتی ظاهر می‌شوند.

با فشردن شستی I2 در شبیه‌ساز، این ورودی نیز تحریک و برای شبیه‌سازی ادامه‌ی مسیر نیز رنگی می‌شود و تا خروجی Q1 ادامه می‌یابد. این کار می‌تواند علامت روشن شدن Q1 باشد. با رهاکردن شستی I1، با توجه به مسیری که توسط کنتاکت خروجی Q1 ایجاد شده (یعنی موازی مسیر ورودی I2 بودن)، باعث آن می‌شود مسیری که علامت روشن بودن Q1 بود به صورت دایم رنگی بماند (لامپ روشن می‌ماند).

درحالی‌که مسیر دایمی رنگی و روشن است، اگر شستی I1 در شبیه‌ساز را فشرده سازید، ورودی I1 در برنامه از حالت فعال و رنگی خود خارج می‌شود.

در نتیجه مسیر رنگی دائم به خروجی Q1 امتداد نمی‌یابد و می‌تواند علامت خاموش شدن آن خروجی و خاموشی لامپ باشد. با رهاکردن شستی I1 مجدداً ورودی تحریک و به صورت رنگی ظاهر می‌شود.

**روش بلوکی:** شبیه‌سازی در روش بلوکی را در نرم‌افزار رله‌ی قابل برنامه‌ریزی، که چنین توانمندی را دارد، جست‌وجو کرده و سعی کنید با تکرار و حل مثالهایی استفاده از آنها را یاد بگیرید.

## آشنایی با مفاهیم NC و NO در رله‌های قابل برنامه‌ریزی

پردازشگر رله‌ی قابل برنامه‌ریزی فقط صفر و یک منطقی را درک می‌کند. بنابراین، اعمال ولتاژ به ترمینال ورودی رله به معنای فعال شدن ورودی دستگاه (یک بودن) و اعمال نکردن ولتاژ به ترمینال ورودی رله به معنای غیرفعال بودن ورودی آن (صفر بودن) خواهد بود. همان‌طوری که می‌دانید ورودی‌های به کار رفته در برنامه را می‌توان به حالت باز (NO) یا بسته (NC) در نظر گرفت و به همین ترتیب در زمان سیم‌کشی نیز معمولاً از شستی استارت (NO) و شستی استاپ (NC) استفاده می‌شود. هرچند NC یا NO بودن کنتاکت برای پردازشگر رله بی‌معنی است اما بین NC یا NO در برنامه و سیم‌کشی دستگاه رله می‌توان یک ارتباط را به صورت زیر در نظر گرفت:

- ۱- اگر نوع ورودی را در برنامه‌ی نرم‌افزاری و سیم‌کشی رله متفاوت در نظر بگیریم آن ورودی را تحریک شده<sup>۲</sup> می‌نامیم.
  - ۲- اگر نوع ورودی را در برنامه‌ی نرم‌افزاری و سیم‌کشی رله یک‌سان در نظر بگیریم آن ورودی را تحریک نشده می‌نامیم.
- در اشکال نشان داده شده (جدول ۲-۵) این دو مورد به صورت تصویری نشان داده شده است.

لازم به ذکر است تعریف فوق برای ورودی در حالت عادی است. طبیعتاً در یک ورودی تحریک شده اگر شستی را فشرده نگه داریم ورودی را تحریک نشده می‌توان در نظر گرفت و برعکس.

**توجه:** در شبیه‌ساز برنامه‌ی رله نوع شستی‌هایی که انتخاب می‌کنید و نتیجه‌ای که از شبیه‌سازی با آن‌ها می‌گیرید همان نتیجه‌ای خواهد بود که بعداً در کار واقعی یعنی سیم‌کشی آن شستی‌ها روی دستگاه رله مشاهده خواهید کرد.

زمان کار با شبیه‌ساز درخواست یافت که برای طراحی برنامه از این پس نباید صرفاً به کنتاکت باز یا بسته توجه کنیم. بلکه باید به مفهوم ورودی تحریک شده و تحریک نشده دقت کرد. چرا که قراردادن یک کنتاکت در برنامه‌ی نرم‌افزاری، بدون در نظر گرفتن ورودی بیرونی (یعنی شستی که در سیم‌کشی یا شبیه‌سازی به کار می‌رود)، بی‌معنی است.

**نکته:** تقریباً هنگام کار با شبیه‌ساز تمامی رله‌ها، اگر ورودی تحریک شود قطعات و مسیرها با رنگ متفاوتی ظاهر می‌شوند و اگر ورودی در حالت عادی تحریک شده باشند در این صورت بدون فشردن شستی، قطعه و مسیر با تغییر رنگ ظاهر می‌شود.

جدول ۲-۵

انواع ورودی	تحریک شده		تحریک نشده	
نوع ورودی در برنامه				
انتخاب شستی در شبیه‌ساز یا سیم‌کشی				

۱- Active Input

۲- Actuated Input

مفهوم تحریک شده و تحریک نشده، مقدار منطقی است که در حافظه موقت رله قابل برنامه‌ریزی قبل از اجرای برنامه قرار می‌گیرد برای مثال اگر شستی قطع (Stop) در یک ورودی قرار گرفته است در حالت عادی آن را فعال و ارزش منطقی آن ورودی دستگاه را یک کرده است حال اگر در برنامه کنتاکت NO قرار گیرد همان ارزش منطقی به حافظه رله فرستاده می‌شود (ورودی تحریک می‌شود) و اگر کنتاکت NC در برنامه برای آن ورودی در نظر گرفته شود عکس ارزش منطقی ورودی دستگاه یعنی صفر به حافظه موقت رله قبل از اجرای برنامه فرستاده می‌شود (ورودی تحریک نشده).

مقدار در حالت عمل نکرده			مقدار در حالت عمل کرده		
مقدار منطقی	نشانه	مقدار	مقدار منطقی	نشانه	مقدار
مقدار سیگنال ورودی دستگاه	مقدار سیگنال ورودی دستگاه	مقدار سیگنال ورودی دستگاه	مقدار سیگنال ورودی دستگاه	مقدار سیگنال ورودی دستگاه	مقدار سیگنال ورودی دستگاه
رله قابل برنامه‌ریزی (برنامه در حال اجرا)	رله قابل برنامه‌ریزی (برنامه در حال اجرا)	رله قابل برنامه‌ریزی (برنامه در حال اجرا)	رله قابل برنامه‌ریزی (برنامه در حال اجرا)	رله قابل برنامه‌ریزی (برنامه در حال اجرا)	رله قابل برنامه‌ریزی (برنامه در حال اجرا)
0	1	0	1	0	1
1	0	1	0	1	0
0	1	0	1	0	1
1	0	1	0	1	0



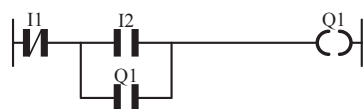
## کار عملی ۲

هدف: شبیه‌سازی مدار راه‌اندازی موتور به صورت دایم کار، به شکل نردبانی و بلوکی  
هر یک از برنامه‌های نشان داده شده در حالت‌های اول تا چهارم را به تفکیک رسم کنید و سپس با تعیین وضعیت‌های

ورودی I1 و I2 در شبیه‌ساز؛ خروجی مناسب برای رسیدن به هدف (راه‌اندازی موتور به صورت دایم کار) را در ستون Q با علامت (✓) و در نهایت تعیین کنید از بین ۱۶ وضعیت ممکنه برای کنتاکت‌ها کدام حالت را می‌توان برای رسیدن به هدف کار عملی به کار گرفت.

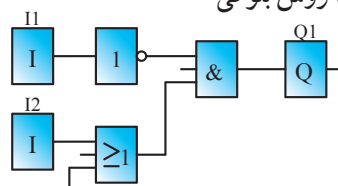
حالت اول: برای ترسیم برنامه؛ ورودی I1 را بسته و ورودی I2 را باز رسم نموده سپس مطابق جدول مدار را شبیه‌سازی کنید.

(ب) روش نردبانی



وضعیت	I1	I2	Q1
1	E-	E-	
2	E-	E-	
3	E-	E-	
4	E-	E-	

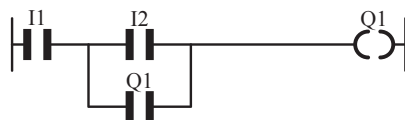
(الف) روش بلوکی



وضعیت	I1	I2	Q1
1	E-	E-	
2	E-	E-	
3	E-	E-	
4	E-	E-	

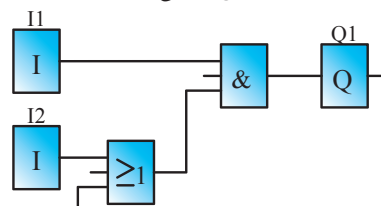
حالت دوم: برای ترسیم برنامه؛ ورودی I1 و I2 را باز رسم نموده و سپس مطابق جدول مدار را شبیه‌سازی کنید.

(ب) روش نردبانی



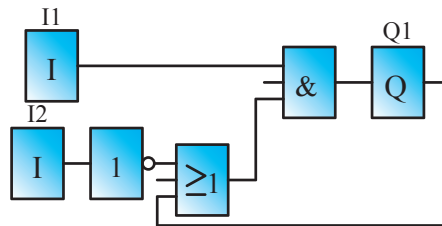
وضعیت	I1	I2	Q1
5	E-	E-	
6	E-	E-	
7	E-	E-	
8	E-	E-	

(الف) روش بلوکی

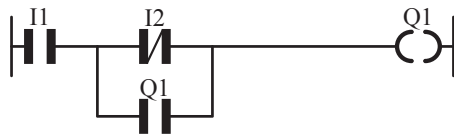


وضعیت	I1	I2	Q1
5	E-	E-	
6	E-	E-	
7	E-	E-	
8	E-	E-	

حالت سوم : برای ترسیم برنامه، ورودی I1 را باز و ورودی I2 را بسته رسم نموده و سپس مطابق جدول مدار را شبیه سازی کنید.  
(الف) روش بلوکی



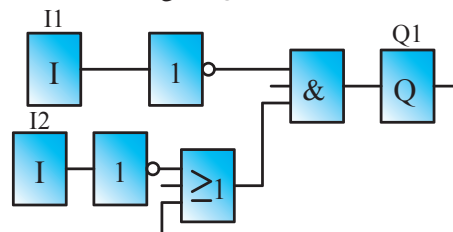
وضعیت	I1	I2	Q1
9	E-	E-	
10	E-	E-	
11	E-	E-	
12	E-	E-	



وضعیت	I1	I2	Q1
9	E-	E-	
10	E-	E-	
11	E-	E-	
12	E-	E-	

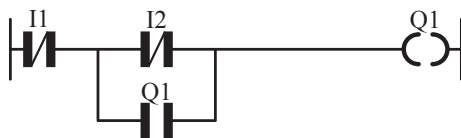
حالت چهارم : برای ترسیم برنامه، ورودی I1 و I2 را بسته رسم نموده و سپس مطابق جدول مدار را شبیه سازی کنید.

(الف) روش بلوکی

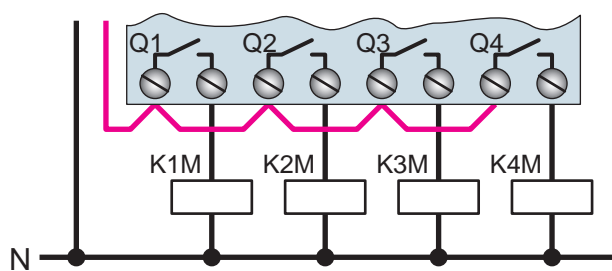


وضعیت	I1	I2	Q1
13	E-	E-	
14	E-	E-	
15	E-	E-	
16	E-	E-	

(ب) روش نردبانی

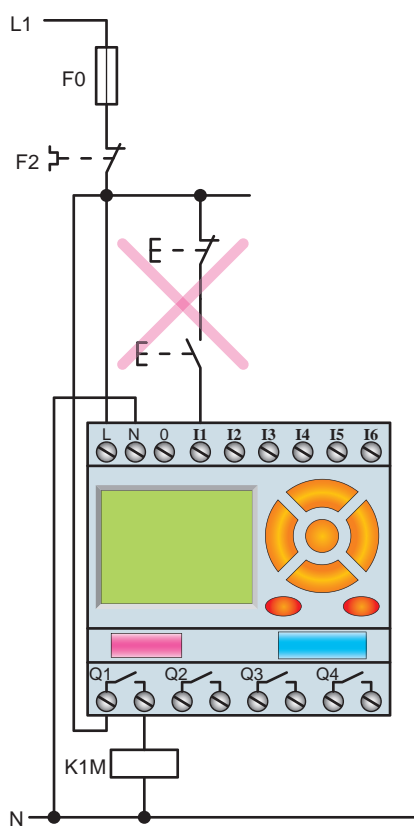


وضعیت	I1	I2	Q1
13	E-	E-	
14	E-	E-	
15	E-	E-	
16	E-	E-	



شکل ۵-۸

۲- در سیم‌کشی مدارات با رله‌ی قابل برنامه‌ریزی نباید همانند مدار فرمان شستی استارت و استاپ با هم سری شوند (شکل ۵-۹).



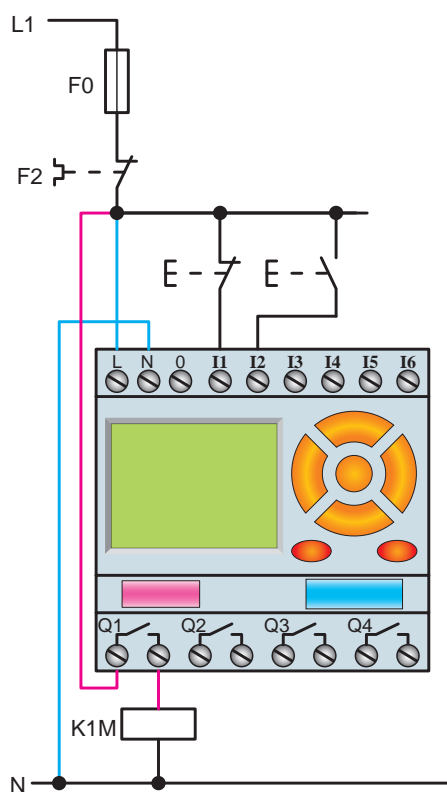
شکل ۵-۹

سؤال: چرا در سیم‌کشی رله‌های قابل برنامه‌ریزی، مدار شکل ۵-۹ را نمی‌توان اجرا کرد؟  
با توجه به توضیحات فوق، اگر بخواهیم مدار مورد نظر را به رله اتصال دهیم، باید مطابق شکل ۵-۱۰ عمل نمود. در واقع در تمام کارهای عملی، ورودی برق همه‌ی شستی‌ها مستقل دیده می‌شود و مستقیماً به فاز وصل می‌شوند. البته در این جانوع شستی

## نحوه‌ی استفاده از دستگاه رله‌ی قابل برنامه‌ریزی

### الف- اصول سیم‌کشی: همان‌طور که قبلاً گفته شد،

برای راه‌اندازی مدارهای برق صنعتی با رله‌های قابل برنامه‌ریزی، باز هم به تجهیزاتی از قبیل شستی و بوبین کنتاکتور نیاز است و هیچ‌گاه حذف نمی‌شوند. در شکل ۵-۷، یک نمونه نحوه‌ی سیم‌کشی مدار راه‌اندازی یک موتور سه‌فاز نشان داده شده است. برای سیم‌کشی مدارات برق صنعتی با رله‌ی قابل برنامه‌ریزی باید اصولی را رعایت کرد که در زیر به شرح آن می‌پردازیم.

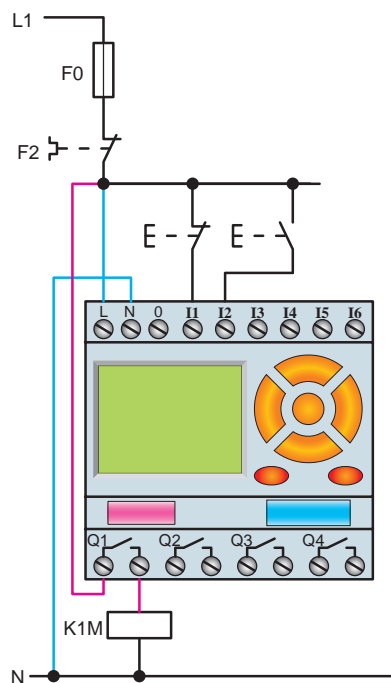


شکل ۵-۷

۱- همیشه در سیم‌کشی مدارهای رله‌های قابل برنامه‌ریزی باید مطابق شکل ۵-۸ سیم فاز (سیم قرمز رنگ) را به یک سر کنتاکت Q1 دستگاه متصل کنیم. در این صورت به محض وصل شدن Q1، بوبین کنتاکتور برق‌دار می‌شود. در صورتی که خروجی‌های دیگری نیز داشته باشیم برای هر کدام این عمل تکرار می‌شود.

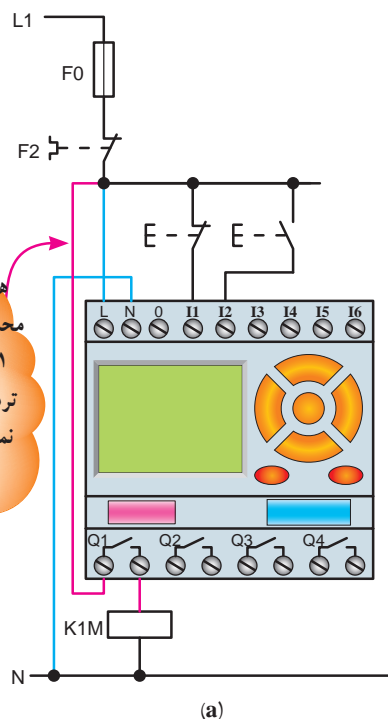


سیم کشی در قطع یا وصل بودن، به برنامه بستگی دارد.



شکل ۵-۱۰

۳- اتصال سیم‌های فاز و نول (L1 و N) یا + و - (ولتاژ DC) به ترمینال‌های تغذیه ضروری است. در شکل (۵-۱۱- a) این سیم‌ها به رنگ آبی نشان داده شده‌اند. در اتصال رله‌ها، باید به نوع و مقدار ولتاژ تغذیه، که معمولاً روی بدنه آن نوشته می‌شود،



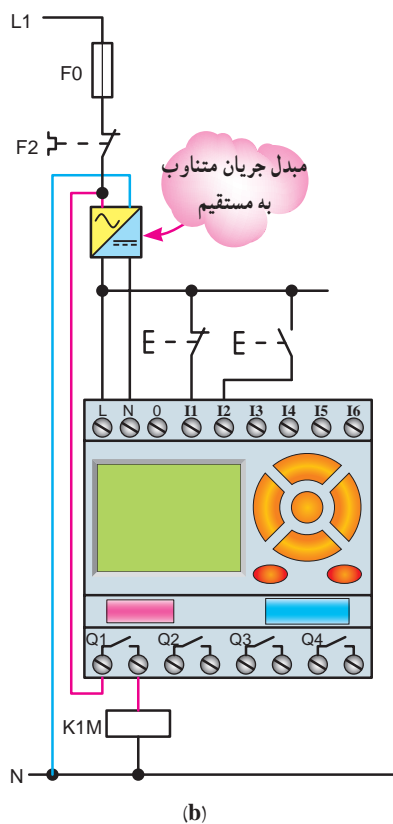
(a)

دقت ویژه داشت. شکل ۵-۱۱- b یک رله با تغذیه DC را، که جهت راه‌اندازی یک موتور الکتریکی به کار گرفته شده است، نشان می‌دهد.

**توجه ۱:** اگر در رله‌ی قابل برنامه‌ریزی منبع تغذیه قطع باشد، برنامه را حتی از طریق رایانه و کابل مربوط نمی‌توان در آن بارگذاری و یا از آن فراخوانی نمود.

**توجه ۲:** از آن جایی که در این کتاب هدف استفاده از رله برای راه‌اندازی موتورهای الکتریکی است، از تیغه فرمان بی‌متال در سیم‌کشی‌ها استفاده می‌شود. در صورتی که از رله برای مدارهای مصرف‌کننده‌های غیرموتوری استفاده شود، استفاده از تیغه بی‌متال در سیم‌کشی‌ها ضرورتی ندارد.

۴- برای راه‌اندازی مدارهای کنتاکتوری با رله‌ی قابل برنامه‌ریزی، باید پس از برنامه‌نویسی و پیاده‌سازی نقشه، رله را در وضعیت Start یا Run قرار داد. این کار هم توسط کلیدهای روی رله و هم توسط برنامه‌ی رایانه‌ای امکان‌پذیر است. اگر رله در این وضعیت قرار نگیرد با وجود برنامه و سیم‌کشی و تغذیه، مدار کار نخواهد کرد.



(b)

شکل ۵-۱۱

هیچ‌گاه جریانی از محل نشستی یا ترمینال I1 از داخل رله به ترمینال خروجی Q1 نمی‌رسد. نقش یک کلید را ایفا می‌کند.



### کار عملی ۳

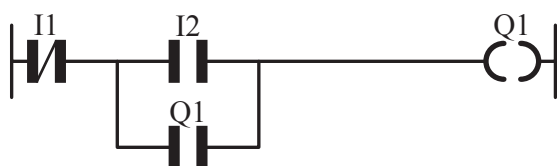
۱-۳ هدف: راه اندازی یک موتور سه فاز به صورت دایم کار با دو شستی وصل در ورودی دستگاه رله

شرایط کاری مدار به شرح زیر است:

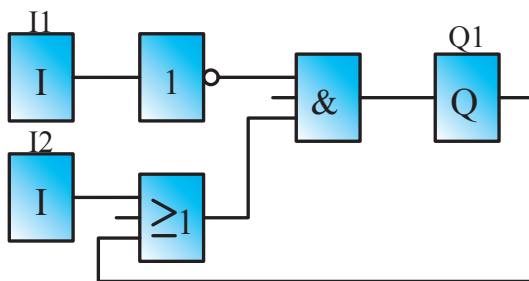
۱- با زدن شستی I<sub>2</sub>، کنتاکتور K1M دایم، کار کند.

۲- با زدن شستی I<sub>1</sub> در هر شرایطی مدار خاموش شود.

جدول تخصیص ورودی ها و خروجی ها		
وصل کنتاکتور K1M	Q1	شستی وصل I <sub>2</sub>
قطع مدار	Q1	شستی وصل I <sub>1</sub>



الف - نقشه ی نردبانی مدار راه اندازی موتور دایم کار



ب - نقشه ی بلوکی مدار راه اندازی دایم کار

شکل ۱۲-۵

این برنامه را در کار عملی ۲ به صورت نرم افزاری شبیه سازی کرده اید، به همین جهت در این جا هدف، به کارگیری دستگاه رله و اتصال کنتاکتور به خروجی های آن و مشاهده ی عملکرد واقعی مدار سیم کشی رله به جای مدار فرمان است.

با قطع و وصل شستی های ورودی، عملکرد مدار را بررسی و نتایج را در زیر یادداشت کنید.

**توجه ۳:** در برخی نقشه های سیم کشی رله ها کنتاکت بسته یک کنتاکتور را در مسیر بوبین کنتاکتور دیگر قرار می دهند، مانند دو کنتاکتور چپ گرد و راست گرد؛ ستاره و مثلث یا دو کنتاکتور در مدار دالاندر؛ چرا؟

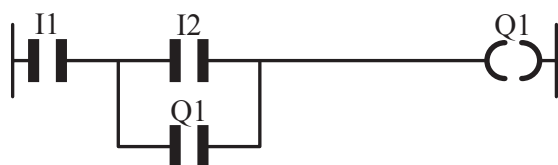
### ب - اصول برنامه نویسی در کنار سیم کشی: برای

برنامه ریزی درست در رله همواره به موارد زیر باید توجه داشت:

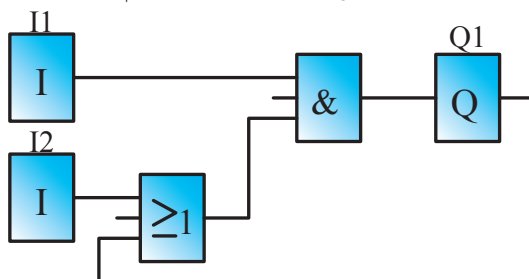
۱- در این رله می توانید مدار را، حتی با شستی قطع، روشن و یا با شستی وصل، خاموش کنید. تعجب نکنید این به دلیل هماهنگی برنامه با شستی ها در سیم کشی رله است که می تواند خواسته ی شما را برآورده کند. با این مطلب در کار عملی ۲، هنگام انتخاب شستی برای شبیه ساز به طور کامل آشنا شدید. در واقع هنگام شبیه سازی برنامه هر چند طریقه ی سیم کشی نشان داده نمی شود اما تعریف شستی ها را امکان پذیر می کند. برای مثال در کار عملی ۲ مشاهده کردید در یک برنامه اگر ورودی را از I<sub>1</sub> به I<sub>2</sub> تغییر دهید الزاماً در دستگاه رله نیز مجبور می شوید شستی وصل را به شستی قطع تغییر دهید تا کار صحیح مدار تغییر نکند. پس باید توجه کرد در هر ترمینال ورودی دستگاه چه شستی ای برای چه خواسته ای قرار گرفته است و با توجه به آن برنامه، مدار را رسم کرد.

۲- در رله ی قابل برنامه ریزی باید در انتخاب آدرس ورودی و خروجی دقت کرد، چرا که تفاوت آدرس دهی ورودی و خروجی در بخش برنامه با بخش سیم کشی اتصالات رله، باعث خواهد شد که مدار کار نکند. مثلاً اگر در برنامه، I<sub>2</sub> را برای ورودی در نظر گرفتید، لازم است در اتصالات سیم کشی نیز شستی را به ورودی I<sub>2</sub> رله وصل کنید یا اگر در برنامه، بوبین Q1 را به عنوان خروجی معرفی کرده اید در اتصالات سیم کشی نیز باید بوبین کنتاکتور را به خروجی Q1 وصل نمایید.

**تذکر:** هرچند به نظر می رسد بی متال و فیوز در منطق برنامه تأثیری ندارند و می توان از رسم آن ها خودداری کرد، اما اگر بخواهیم حفاظت را در برنامه داشته باشیم می توان یک ورودی را برای بی متال در سیم کشی در نظر گرفت و چون این ورودی باید تحریک شده باشد به ازای تیغه ی بسته (۹۵-۹۶) آن می توان در برنامه یک ورودی باز در نظر گرفت.



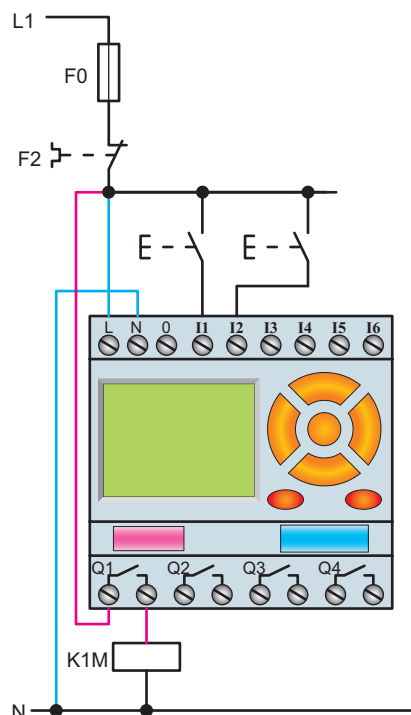
الف - نقشه‌ی نردبانی مدار راه‌اندازی موتور داریم کار



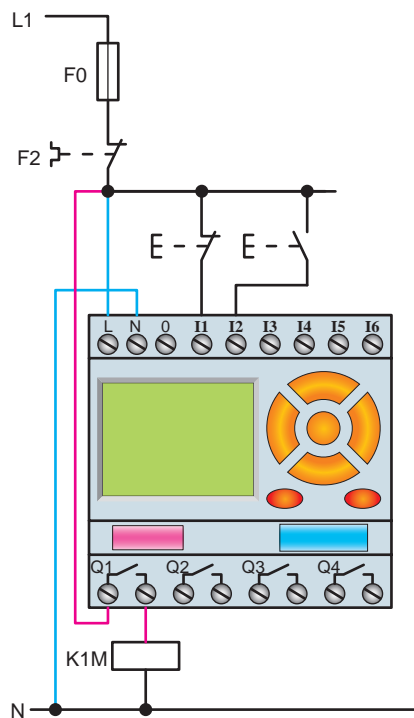
ب - نقشه‌ی بلوکی مدار راه‌اندازی موتور داریم کار

شکل ۵-۱۴

با توجه به تغییرات داده‌شده در برنامه و هم‌چنین سیم‌کشی دستگاه رله و شستی‌ها، عملکرد مدار را بررسی و نتایج را در زیر یادداشت کنید.



شکل ۵-۱۳ - نحوه‌ی سیم‌کشی مدار راه‌اندازی داریم کار



شکل ۵-۱۵ - نقشه‌ی سیم‌کشی مدار راه‌اندازی داریم

۲-۳ هدف: راه‌اندازی یک موتور سه فاز به صورت داریم کار با یک شستی قطع و یک شستی وصل در ورودی دستگاه رله:

شرایط کاری مدار:

۱- با زدن شستی استارت I2، کنتاکتور K1M داریم، کار

کند.

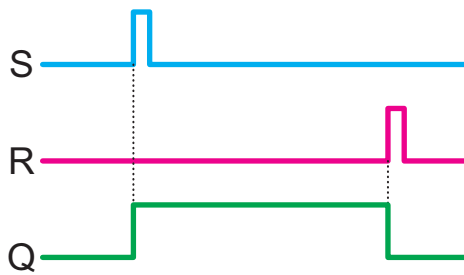
۲- با زدن شستی قطع I1 در هر شرایطی مدار خاموش

شود.

جدول تخصیص ورودی‌ها و خروجی‌ها			
وصل کنتاکتور K1M	Q1	شستی وصل	I2
قطع مدار	Q1	شستی قطع	I1

شکل ۵-۱۷، نمودار زمانی عملکرد تابع RS را نشان

می دهد.

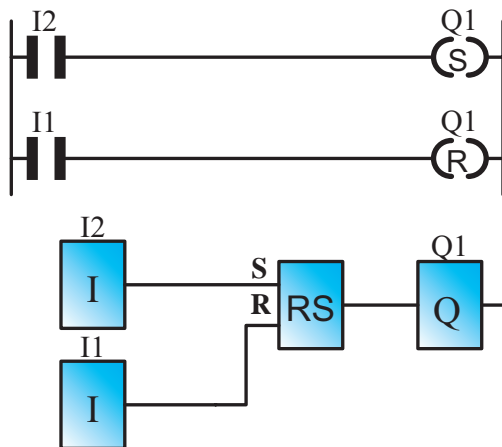


شکل ۵-۱۷- نمودار زمانی عملکرد تابع RS

بنابراین، از این پس می توان مدار فرمان هایی که نیاز به خودنگه دارند را با استفاده از تابع RS برنامه ریزی کرد.

به عنوان مثال مدار راه اندازی یک موتور سه فاز به صورت دایم کار در روش نردبانی و بلوکی به صورت زیر طراحی خواهد شد:

در روش نردبانی، تابع RS مطابق شکل ۵-۱۸ به کار می رود، یعنی باید دو بوبین را در مسیر ورودی های تابع قرار داد. بر همین اساس در این تابع هر عملگر که بخواهد مدار را روشن کند در مسیر Set و هر عملگر که بخواهد مدار را خاموش کند در مسیر Reset قرار می گیرد.



شکل ۵-۱۸

در برنامه ی بالا و کارهای عملی، که در ادامه با آن ها آشنا خواهید شد، ابتدا شستی قطع را برای خاموش کردن مدار و شستی وصل را برای راه اندازی در سیم کشی دستگاه رله تخصیص دهید. سپس برنامه نویسی را با توجه به شرایط کاری اجرا کنید. به این نکته ۱۶۵

## توابع موجود در رله ی قابل برنامه ریزی

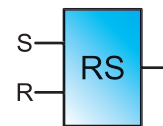
در رله ی قابل برنامه ریزی توابع زیادی وجود دارد که در این کتاب تعدادی از آن ها را خواهید آموخت. این توابع عبارت اند از:

۱- تابع RS

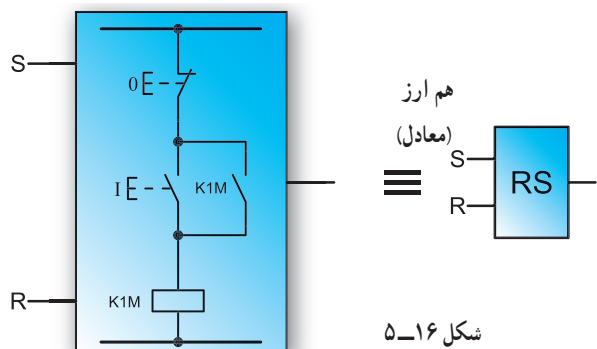
۲- تابع تایمر

## تابع RS یا تابع خودنگه دار

این تابع که شبیه خود نگه دار در مدارات کنتاکتوری است، در واقع خصوصیتی است که به خروجی (بوبین) می دهید تا در حالت پایدار باقی بماند. در روش بلوکی تابع RS را به صورت کادری با دو ورودی و یک خروجی نشان می دهیم:

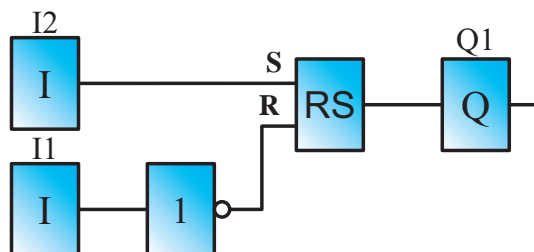


نحوه ی عملکرد این تابع به این صورت است که با فعال کردن یک ورودی آن به نام Set که با حرف (S) نشان داده می شود، خروجی به صورت دایم فعال (وصل) می شود و با فعال کردن ورودی دیگر تابع به نام Reset، که با حرف (R) نشان داده می شود، خروجی قطع می شود. به همین جهت است که می توان تصور کرد این تابع بلوکی است که یک مدار خودنگه دار را در داخل دارد، به طوری که فعال کردن ورودی S مانند فشردن شستی وصل مدار است و آن را هم چنان وصل نگه می دارد (همانند وصل کنتاکتور با تیغه ی خودنگه دار) و فعال کردن ورودی R مانند فشردن شستی قطع مدار است (شکل ۵-۱۶).



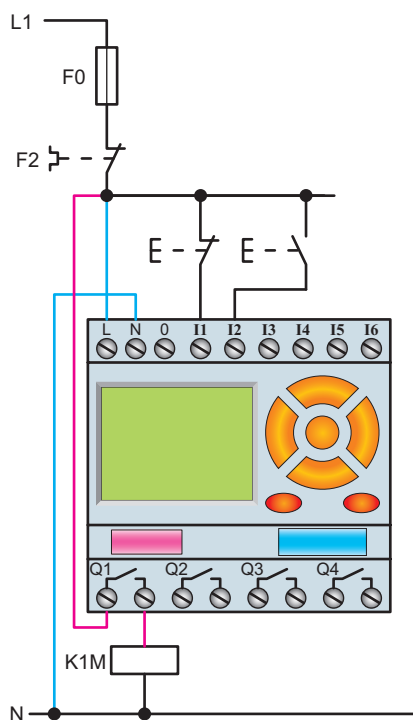
شکل ۵-۱۶

برای نوشتن برنامه به روش بلوکی از همان منطق به کار رفته در روش نردبانی استفاده می‌شود و مداری مطابق شکل ۵-۲۰ می‌توان طراحی کرد.



شکل ۵-۲۰- نقشه‌ی بلوکی مدار راه‌اندازی دایم کار

شرح برنامه‌ی بلوکی را می‌توان چنین بیان کرد:  
با فشردن ورودی I2 (شستی وصل) و وجود کنتاکت باز در برنامه برای این ورودی، تابع RS فعال می‌شود و به‌طور دایم خروجی Q1 را فعال می‌کند و اگر ورودی I1 (شستی قطع) فشرده شود (با توجه به ورودی به کار رفته در برنامه) Reset تابع RS فعال و خروجی Q1 قطع می‌شود.



شکل ۵-۲۱- نحوه‌ی سیم‌کشی مدار راه‌اندازی یک موتور سه‌فاز به صورت دایم کار

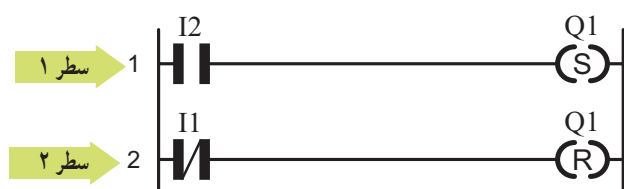
توجه داشته باشید که در حالت عادی نباید ورودی I1 تحریک شده باشد بلکه پس از فشرده شدن تحریک می‌شود و تابع RS را Set یا Reset می‌کند. پس برای آن که ورودی I1 در حالت عادی تحریک نشده باشد باید در برنامه آن را کنتاکت بسته در نظر گرفت زیرا در سیم‌کشی از یک شستی قطع استفاده شده است.

هدف: راه‌اندازی یک موتور سه‌فاز به صورت دایم کار با استفاده از تابع RS در برنامه‌ی نرم‌افزاری رله شرایط کاری مدار به صورت زیر است:

- ۱- با زدن شستی استارت I کنتاکتور K1M دایم، کار کند.
- ۲- با زدن شستی قطع O در هر شرایطی مدار خاموش شود.

جدول تخصیص ورودی‌ها و خروجی‌ها			
وصل کنتاکتور K1M	Q1	شستی وصل	I2
قطع مدار	Q1	شستی قطع	I1

طراحی برنامه مدار به روش نردبانی: برنامه‌نویسی به روش نردبانی را با توجه به وضعیت کاری مدار و ورودی و خروجی‌های تخصیص داده شده، رسم می‌کنیم.  
۱- با توجه به ردیف اول شرایط کاری، اگر بخواهیم خروجی Q1 دایم کار باشد، باید از تابع RS استفاده شود. ورودی I2 جهت وصل آن در مسیر Set قرار می‌گیرد (سطر ۱ نردبان).  
۲- با توجه به شرط ۲، برای قطع مدار، ورودی I1 باید در مسیر Reset قرار گیرد (با توجه به جدول تخصیص و سیم‌کشی نشان داده شده روی رله) چون I1 شستی قطع به عنوان ورودی در نظر گرفته شده است و باید یک ورودی در حالت عادی تحریک نشده باشد. پس در برنامه، این ورودی باید از نوع کنتاکت بسته در نظر گرفته شود (شکل ۵-۱۹).



شکل ۵-۱۹- نقشه‌ی نردبانی مدار راه‌اندازی دایم کار



برنامه‌ای به روش نردبانی و بلوکی بنویسید که بتوان عملکرد سه هواکش را کنترل کرد. سپس برنامه را توسط نرم افزارهای شبیه ساز رله، شبیه سازی نمایید. (راهنمایی: در شبیه سازی، ورودی به دستگاه را به جای شستی وصل، کلید انتخاب کنید).

### تمرین تکمیلی: (ویژه هنرجویان علاقه مند)

۱- محور دو موتور الکتریکی به صورت مکانیکی به هم متصل (کوپل) شده اند و مشترکاً سیستمی را می چرخانند. اگر تغذیه ی برق یکی از دو موتور قطع شود تمام بار روی موتور دیگر می افتد، که وضعیت خطرناکی برای آن موتور است. برنامه ای بنویسید که در صورت وجود این مشکل چراغ سیگنال Q1 روشن و برق هر دو موتور قطع شود (راهنمایی: از تابع XOR کمک بگیرید).

۱- مدار راه اندازی یک موتور سه فاز با قابلیت قطع و وصل از دو محل را، به روش نردبانی و روش بلوکی برنامه نویسی و توسط نرم افزارهای شبیه ساز رله موجود در کارگاه، شبیه سازی و اجرا نمایید.

۲- در یک پارکینگ، از سه هواکش جهت تهویه استفاده شده، که طرز کار آن ها به این صورت است:

- اگر حداقل دو هواکش کار کند لامپ سبز روشن می شود.

- اگر یک هواکش روشن شود چراغ زرد روشن شود.

- اگر هیچ یک از هواکش ها روشن نشوند، چراغ قرمز روشن شود.



## کار عملی ۴

هدف: راه اندازی دو موتور سه فاز به صورت یکی

پس از دیگری

نقشه‌ی مدار فرمان مدار راه اندازی دو موتور سه فاز به صورت یکی پس از دیگری در شکل ۵-۲۲ نشان داده شده است. نحوه‌ی عملکرد و شرایط کاری مدار را می‌توان به اختصار چنین نوشت:

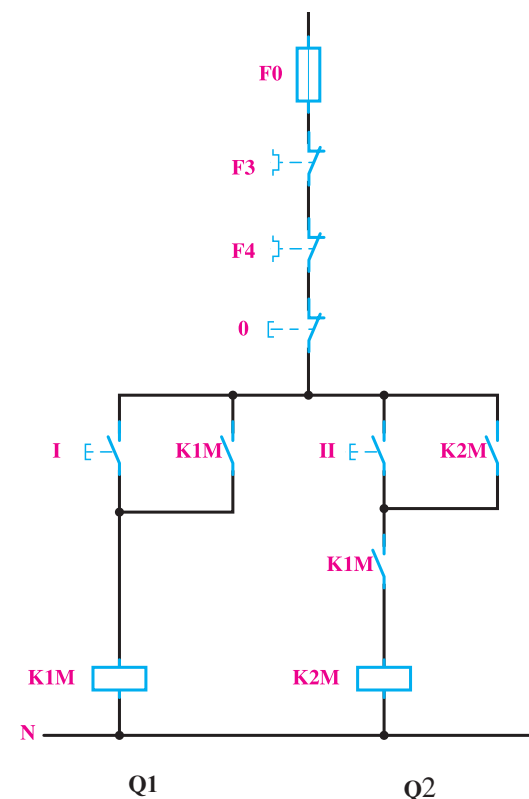
۱- با زدن شستی I کنتاکتور K1M دایم، کار کند.

۲- با زدن شستی II کنتاکتور K2M دایم، کار کند.

۳- فعال شدن کنتاکتور K2M به فعال شدن کنتاکتور K1M وابسته باشد.

۴- با زدن شستی قطع در هر شرایطی مدار خاموش شود.

جدول تخصیص ورودی‌ها و خروجی‌ها			
۱۲	شستی وصل	Q1	وصل کنتاکتور K1M
۱۳	شستی وصل	Q2	وصل کنتاکتور K2M
۱۸	شستی قطع	Q1 و Q2	قطع مدار



شکل ۵-۲۲- نقشه‌ی فرمان راه اندازی دو موتور به صورت

یکی پس از دیگری

طراحی برنامه مدار به روش نردبانی: برنامه نویسی

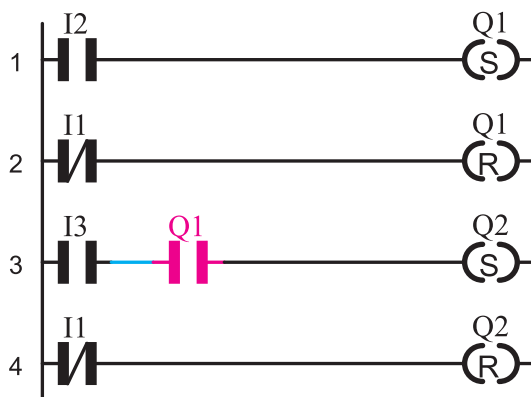
به روش نردبانی را با توجه به وضعیت کاری مدار و ورودی و خروجی‌های تخصیص داده شده رسم می‌کنیم.

۱- با توجه به شرط ۱، خروجی Q1 دایم کار است و برای آن باید از تابع RS استفاده کرد. ورودی I2 جهت وصل Q1 در مسیر Set در این تابع قرار می‌گیرد (سطر ۱ نردبان).

۲- با توجه به شرط ۲، خروجی Q2 نیز دایم کار است و مجدداً باید از تابع RS برای این شرط استفاده نمود. ورودی I3 جهت وصل Q2 در مسیر Set قرار می‌گیرد (سطر ۳ نردبان).

۳- برای برقراری شرط ۳ باید کنتاکت باز خروجی Q1 را در مسیر فعال شدن Q2 (مسیر Set آن) قرار داد (سطر ۳ نردبان).

۴- مطابق شرط ۴، ورودی I1 معادل شستی قطع کل مدار است و باید در مسیر Reset کلیه‌ی خروجی‌ها قرار گیرد (سطر ۲ و ۴ نردبان).



شکل ۵-۲۳- نقشه‌ی نردبانی مدار راه اندازی دو موتور به صورت یکی

پس از دیگری

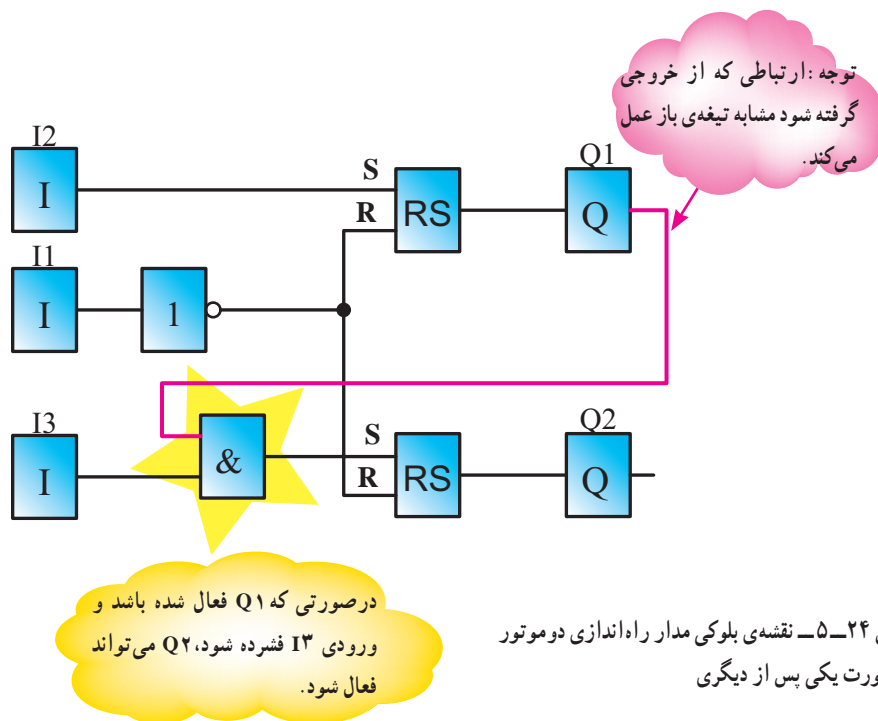
شرح برنامه: با فشردن ورودی I2 در شبیه ساز برنامه یا

دستگاه رله، تابع خودنگه دار RS فعال می‌گردد و این کار باعث فعال شدن Q1 می‌شود. حال اگر ورودی I3 نیز فشرده شود با توجه به آن که خروجی Q1 فعال شده است و هر دو ورودی بلوک AND هستند، خروجی بلوک AND فعال می‌گردد و در نتیجه Q2 نیز می‌تواند فعال شود.

بدیهی است اگر ابتدا شستی I3 فشرده شود هیچ اتفاقی نمی‌افتد.

در روش بلوکی نیز مدار به صورت شکل ۵-۲۴ در می‌آید.





شکل ۵-۲۴- نقشه‌ی بلوکی مدار راه‌اندازی دو موتور به صورت یکی پس از دیگری

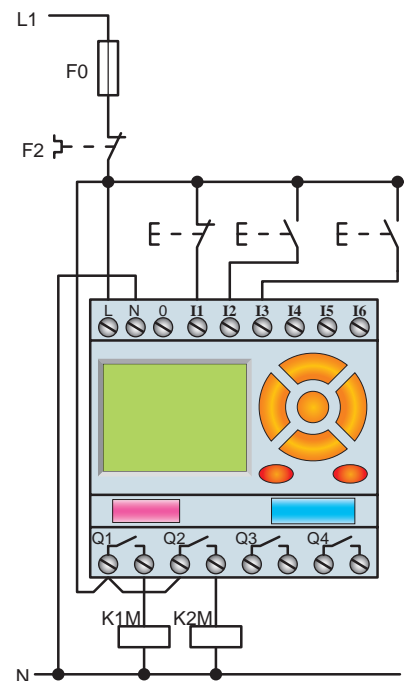
### تمرین

شکل ۵-۲۵- نقشه‌ی سیم‌کشی این مدار را در رله‌ی قابل برنامه‌ریزی نشان می‌دهد.

- ۱- مدار راه‌اندازی دو موتور به صورت مستقل را، به روش نردبانی یا بلوکی، برنامه‌نویسی و اجرا کنید.
- ۲- مدار راه‌اندازی سه موتور را به صورت یکی پس از دیگری، به روش نردبانی یا بلوکی، شبیه‌سازی و اجرا کنید.
- ۳- مدار راه‌اندازی دو موتور به صورت یکی به جای دیگری را به روش بلوکی یا نردبانی، شبیه‌سازی و اجرا کنید.

### تمرین تکمیلی : (ویژه‌ی هنرجویان علاقه‌مند)

- ۱- مداری طرح کنید که با زدن یک شستی، مدار روشن و با فشار مجدد همان شستی، مدار خاموش شود.  
(راهنمایی: در رله‌های قابل برنامه‌ریزی از تابعی تحت عنوان رله پالسی کمک بگیرید. در روش بلوکی، بلوکی تحت این عنوان در رله تعریف شده است اما در روش نردبانی شما به خروجی Q می‌توانید شخصیت پالسی بدهید، همان‌طور می‌توانید آن را Set و reset تعریف کنید).

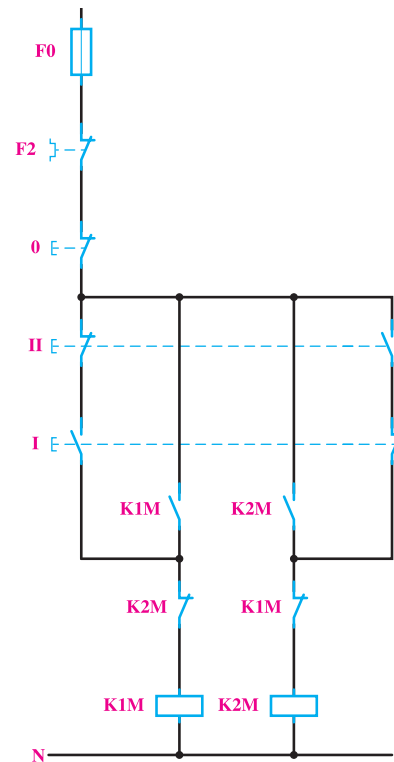


شکل ۵-۲۵- نحوه‌ی سیم‌کشی مدار راه‌اندازی دو موتور به صورت یکی پس از دیگری



هدف: راه اندازی موتور سه فاز به صورت چپ گرد، راست گرد

الف- مدار چپ گرد، راست گرد با حفاظت کامل (تغییر جهت موتور با قطع کامل برق): به جهت یادآوری، نقشه‌ی مدار فرمان راه اندازی موتور سه فاز به صورت چپ گرد، راست گرد با حفاظت کامل در شکل ۵-۲۶ نشان داده شده است.



شکل ۵-۲۶

نحوه‌ی عملکرد و شرایط کاری مدار:

- ۱- با زدن شستی I کنتاکتور K1M به صورت دائم، کار کند.
- ۲- با زدن شستی II کنتاکتور K2M به صورت دائم، کار کند.
- ۳- امکان این که دو کنتاکتور هم زمان با هم عمل کنند، وجود نداشته باشد.
- ۴- با فشار هم زمان دو شستی II و I هیچ یک از کنتاکتورها کار نکنند.

۵- تغییر حالت کاری دو کنتاکتور بدون زدن شستی O امکان پذیر نباشد.

۶- با زدن شستی O مدار قطع شود.

طراحی برنامه مدار به روش نردبانی:

با توجه به شرایط کاری تعریف شده برای مدار چپ گرد، راست گرد و هم چنین ورودی و خروجی های اختصاص داده شده، مراحل طراحی برنامه به صورت زیر است.

۱- با توجه به شرط ۱ که خروجی Q1 داریم کار تعریف شده است باید از تابع RS استفاده کرد. به همین دلیل ورودی I2 را به جهت وصل مدار در مسیر Set قرار می دهیم. (نکته: با توجه به شرط ۳، که لازم است دو کنتاکتور همزمانی نداشته باشند، باید بسته‌ی بوبین Q2 را در مسیر بوبین Q1 قرار داد) (سطر ۱ نردبان).

۲- با توجه به شرط ۲ که خروجی Q2 نیز داریم کار تعریف شده است، باید از تابع RS استفاده کرد. به همین دلیل ورودی I3 را به جهت وصل مدار در مسیر Set قرار می دهیم (نکته: با توجه به شرط ۳، که لازم است دو کنتاکتور همزمانی نداشته باشند، باید بسته‌ی بوبین Q1 را در مسیر بوبین Q2 قرار داد) (سطر ۳ نردبان).

۳- برای تأمین شرط ۴ در مدار فرمان از شستی دوبل استفاده کردیم. به طوری که بسته‌ی شستی دوبل این کار را اجرا کند. در برنامه باید در مسیر Set خروجی ها معادل این قسمت بسته را قرار دهیم (سطر ۱ و ۳ نردبان).

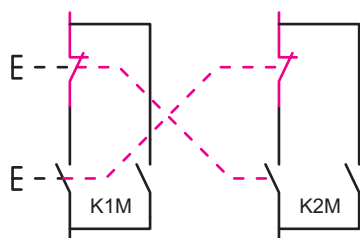
توجه: اگر بخواهیم یک شستی دوبل را در برنامه های نوشته شده با تابع RS معادل سازی کنیم باید قسمت وصل آن را در مسیر Set و قسمت قطع آن را در مسیر Reset تابع RS قرار دهیم.

۴- برای تأمین شرط ۶ باید ورودی II که معادل شستی قطع کل مدار است در مسیر Reset کلیه‌ی خروجی ها (Q1 و Q2) قرار گیرد (سطر ۲ و ۴ نردبان).

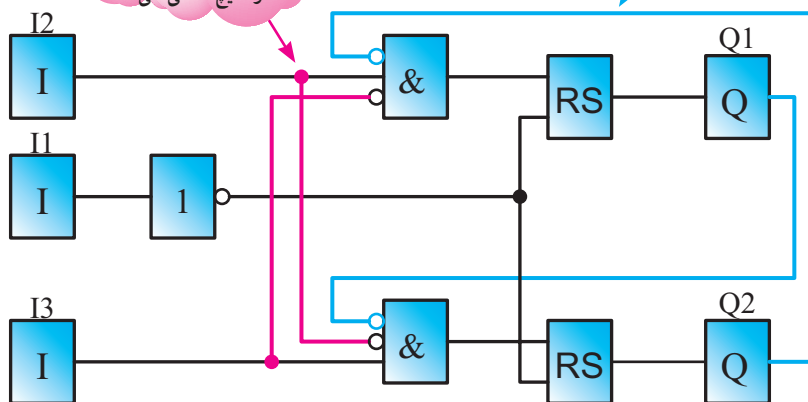
این مدار به شکل نردبانی به صورت شکل ۵-۲۷ برنامه نویسی می شود.

معمول است که در ورودی های رله از شستی دویل استفاده نمی شود و منطق کاری آن را در برنامه اعمال می کنند. در این مدار از قسمت قطع شستی دویل به عنوان محافظ استفاده شده است و آن ها را برای حفاظت بیش تر در برنامه در مسیرهای Set قرار دادیم اما معمولاً قسمت قطع شستی دویل بخشی از مدار را از حالت فعال خارج می کند. در این صورت آن را باید در مسیر Reset خروجی مربوط قرار داد.

مدار چپ گرد - راست گرد به شکل بلوکی در شکل ۲۸-۵ نشان داده شده است. همان گونه که از شکل مشاهده می شود، خروجی ۱ و ۲ را با ورودی های مسیر مقابل AND می کنیم.



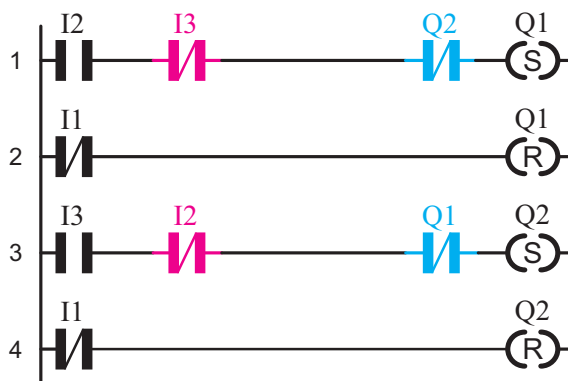
مشابه بستن شستی دویل عمل می کند، یعنی اگر هر دو شستی هم زمان فشرده شود هیچ اتفاقی نمی افتد.



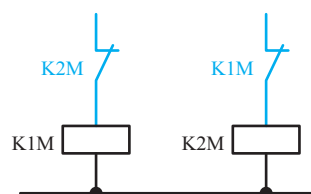
شکل ۲۸-۵ برنامه نویسی بلوکی مدار چپ گرد، راست گرد با حفاظت کامل

در سمت راست قرار می گیرند. هر دو خروجی باید دارای خودنگهدار باشند و باید در سمت چپ آن ها تابع RS قرار گیرد.  
۳- برای آن که با فشار همزمان دو ورودی I2, I3 هیچ کدام از خروجی ها عمل نکند در رسم، بستن هر ورودی را با مسیر ورودی دیگر AND می کنیم (خط قرمز رنگ).

نقشه ی سیم کشی مدار چپ گرد، راست گرد را، با حفاظت



شکل ۲۷-۵ نقشه ی نردبانی مدار چپ گرد، راست گرد با حفاظت کامل



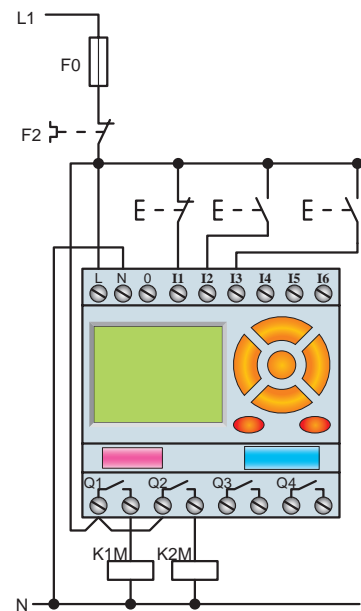
کنتاکت بسته ی بوبین یک کنتاکتور را با مسیر مدار کنتاکتور دیگر سری می کنیم

— مراحل برنامه نویسی مدار چپ گرد، راست گرد با حفاظت کامل به روش بلوکی :

۱- ورودی I1 مشابه شستی قطع مدار و دو ورودی I2 و I3 برای انتخاب جهت چرخش، در سمت چپ صفحه قرار می گیرند.

۲- دو خروجی Q1 و Q2 برای راست گرد و چپ گرد بودن

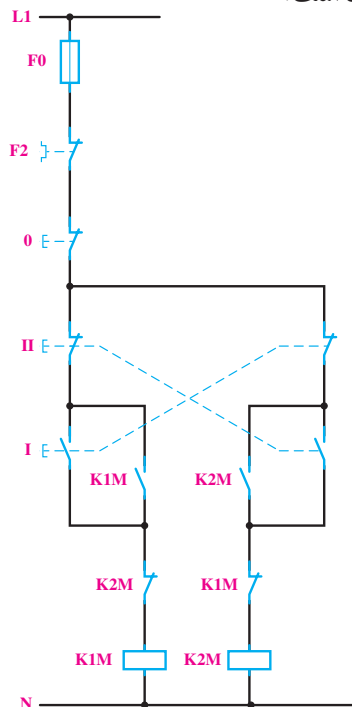
کامل در رله‌ی قابل برنامه‌ریزی، در شکل ۵-۲۹ مشاهده می‌کنید.



شکل ۵-۲۹- نحوه‌ی سیم‌کشی مدار راه‌اندازی موتور سه‌فاز به صورت چپ‌گرد، راست‌گرد با حفاظت کامل و سریع

## ب- مدار چپ‌گرد، راست‌گرد سریع (تغییر جهت بدون

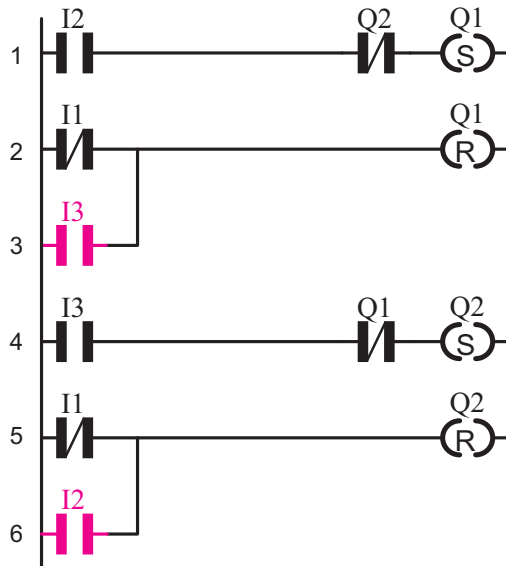
زدن شستی قطع): جهت یادآوری مدار فرمان چپ‌گرد، راست‌گرد سریع در شکل ۵-۳۰ نشان داده شده است. در این مدار شرایط کاری تقریباً همانند مدار چپ‌گرد، راست‌گرد با حفاظت کامل بوده و تنها شرط ۵ آن متفاوت است.



شکل ۵-۳۰

## طراحی برنامه مدار به روش نردبانی:

مراحل طراحی این برنامه مدار به روش نردبانی تقریباً مشابه مدار چپ‌گرد، راست‌گرد با حفاظت کامل است. با این تفاوت که ورودی I2، در مسیر Reset بوبین Q2 و ورودی I3، در مسیر Reset بوبین Q1 قرار می‌گیرد (سطر ۳ و ۶ نردبان) (شکل ۵-۳۱).

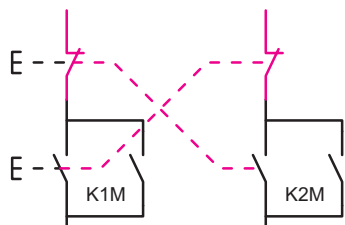


شکل ۵-۳۱- نقشه‌ی نردبانی مدار چپ‌گرد، راست‌گرد سریع

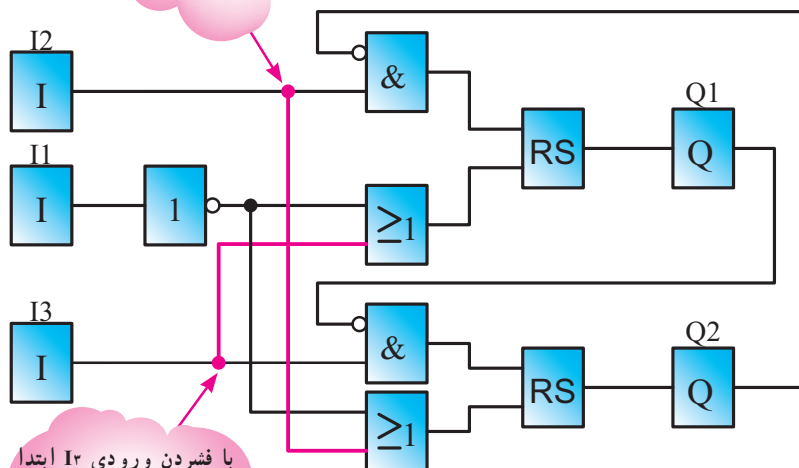
در شکل ۵-۳۲، نقشه‌ی بلوکی مدار راه‌اندازی چپ‌گرد، راست‌گرد سریع را مشاهده می‌کنید.

- در مدار چپ‌گرد، راست‌گرد سریع برای تغییر جهت بدون زدن شستی O، همان مراحل ۱ و ۲ و ۳ برنامه‌ی چپ‌گرد، راست‌گرد قبلی را دنبال می‌کنیم اما لازم است تا ورودی‌های راه‌انداز هر بلوک RS در مسیر Reset کردن بلوک RS دیگر قرار گیرد. برای این منظور در مسیر هر ورودی Reset در بلوک‌های RS یک بلوک OR قرار می‌دهیم تا Reset شدن هم از طریق شستی ورودی I1 و هم از طریق آن مسیر صورت گیرد، مطابق شکل (۵-۳۲).

عملکرد برنامه این کار عملی روی رله خیلی سریع است یعنی هنگام تغییر جهت سرعت جابه‌جایی دو خروجی Q1 و Q2 بسیار زیاد می‌باشد به‌طوری که کنتاکتورها در سه فاز نمی‌توانند با این سرعت جابه‌جا شوند. بنابراین لازم است تا در نقشه سیم‌کشی روی دستگاه رله توجه ۳ که در صفحه ۱۶۴ آمده رعایت کنید.



با فشردن ورودی I<sub>2</sub> ابتدا خروجی Q<sub>2</sub> قطع می شود



با فشردن ورودی I<sub>2</sub> ابتدا خروجی Q<sub>1</sub> قطع می شود

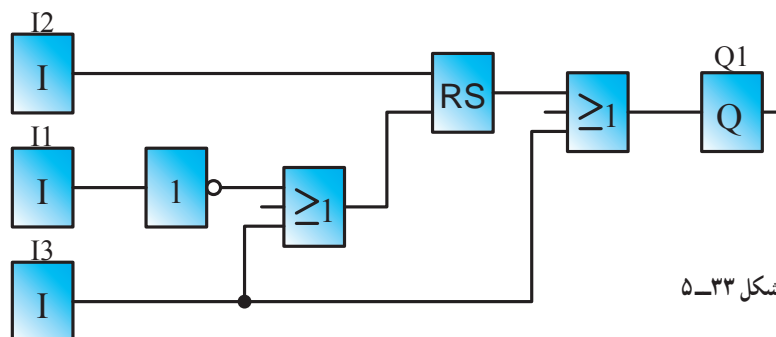
شکل ۳۲-۵- نقشه ی بلوکی مدار  
چپ گرد، راست گرد سریع

### تمرین تکمیلی: (ویژه ی هنرجویان علاقه مند)



- ۱- شکل ۳۳-۵ مدار راه اندازی یک موتور سه فاز را، که می تواند هم به صورت لحظه ای و هم دائم کار کند، نشان می دهد. (مانند ماشین چوب بری با پدال) با توجه به شکل مطلوب است:
  - الف - بررسی نحوه ی عملکرد مدار و شبیه سازی آن به روش بلوکی در رایانه؛
  - ب - دلیل استفاده از بلوک های OR در این مدار؛
  - ج - کدام شستی برای حالت دائم و کدام یک برای حالت لحظه ای است؛
  - د - برنامه نویسی مدار به روش نردبانی.

- ۱- همان طوری که می دانید در مدار چپ گرد - راست گرد نباید امکان وصل هم زمان بین دو کنتاکتور وجود داشته باشد در برخی موارد با قرار دادن کنتاکت باز یک خروجی در مسیر Reset خروجی دیگر در برنامه این کار انجام می شود با توجه به توضیحات داده شده برنامه بلوکی و نردبانی مدار کار عملی ۵ را رسم کنید.
- ۲- مدار راه اندازی موتور سه فاز را به صورت چپ گرد، راست گرد دستی و با میکروسویچ به روش نردبانی یا بلوکی شبیه سازی و اجرا نمایید. (راهنمایی: در برنامه نویسی برای میکروسویچ یک ورودی جداگانه در نظر بگیرید).



شکل ۳۳-۵

## توابع تایمر

در رله‌های قابل برنامه‌ریزی تایمرهای متعددی وجود دارد که در این کتاب به شرح بعضی از آن‌ها می‌پردازیم. این تایمرها عبارت‌اند از:

۱- تایمر تأخیر در وصل

۲- تایمر تأخیر در قطع

۳- تایمر پالسی

۴- تایمر پالسی گسترده

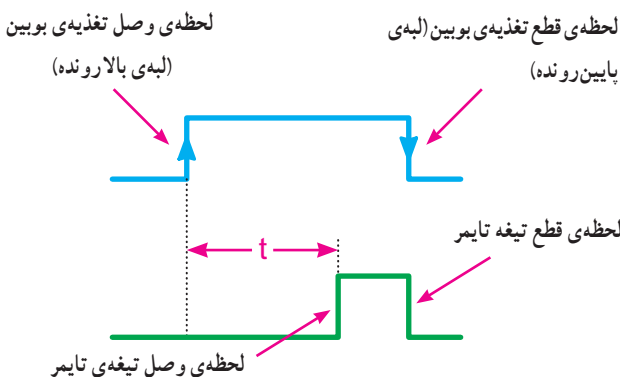
۵- تایمر تأخیر در وصل ماندگار

در بخش مدارات فرمان با تایمرهای تأخیر در وصل و تأخیر در قطع آشنا شده‌اید. اما جهت یادآوری، در این قسمت به آن‌ها اشاره خواهد شد.

**توجه:** در نمودار زمانی، تایمرهای در رله‌ی قابل برنامه‌ریزی مفهومی به نام Reset داریم. Reset کردن، یعنی صفر کردن زمان سنجی تایمر. البته در زمانی که Reset فعال نگه داشته شده باشد، بارها کردن آن، در صورتی که عاملی مانع زمان سنجی نباشد، زمان سنجی شروع می‌شود.

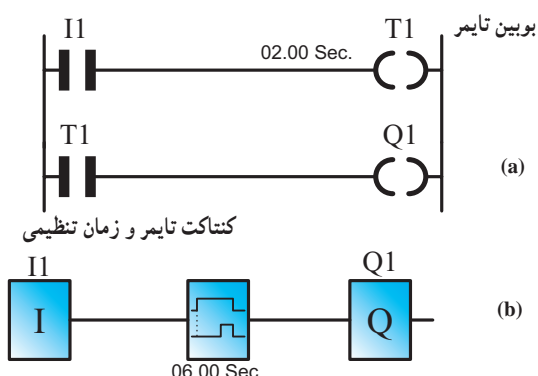
### ۱- تایمر تأخیر در وصل

عملکرد: با وصل تغذیه (لبه‌ی بالا رونده)، تایمر تأخیر در وصل<sup>۱</sup> زمان سنجی (t) را آغاز می‌کند و پس از اتمام زمان تنظیمی آن، عمل می‌کند و تیغه‌ی آن تغییر وضعیت می‌دهد. هم‌چنین این تیغه‌ی عمل کرده با قطع تغذیه (لبه‌ی پایین رونده) به حالت اولیه برمی‌گردد (شکل ۵-۳۴).



شکل ۵-۳۴- نمودار زمانی تایمر تأخیر در وصل

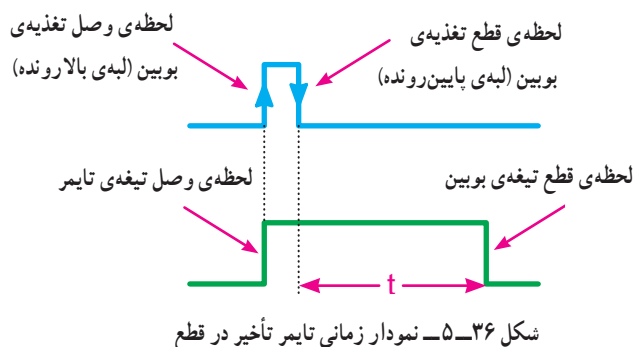
در روش بلوکی، تایمرها توسط یک بلوک، که مشخصه‌ی زمانی روی آن و زمان تنظیمی در زیر آن نوشته شده است، نشان داده می‌شود (شکل ۵-۳۵). ورودی این بلوک که تغذیه‌ی تایمر نیز نامیده می‌شود، در سمت چپ آن قرار گرفته است. در قسمت تنظیمات تایمر می‌توان زمان را به دل‌خواه بر روی تایمر تنظیم کرد. در روش نردبانی، تایمر از بوبینی ساخته می‌شود که باید توسط یک ورودی تغذیه گردد. هم‌چنین یک کنتاکت عملکرد تایمر را به عنوان خروجی نشان می‌دهد. در مداری ساده، مطابق شکل ۵-۳۵-a می‌توانید نتیجه‌ی عملکرد یک تایمر را در روش نردبانی مشاهده کنید.



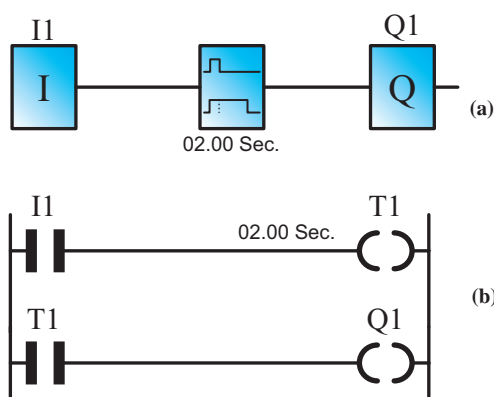
شکل ۵-۳۵- a- تایمر در روش نردبانی b- تایمر در روش بلوکی

### ۲- تایمر تأخیر در قطع

عملکرد: با وصل تغذیه (لبه‌ی بالا رونده) تایمر تأخیر در قطع<sup>۲</sup> عمل می‌کند و تیغه‌ی آن تغییر وضعیت می‌دهد. هم‌چنین با قطع تغذیه (لبه‌ی پایین رونده)، زمان سنجی (t) آغاز می‌شود و با اتمام زمان، تیغه‌ی تایمر به حالت اولیه خود برمی‌گردد (شکل ۵-۳۶). همان‌طور از سال گذشته به یاد دارید رله‌ی راه‌پله یک نوع تایمر تأخیر در قطع بود.



شکل ۵-۳۶- نمودار زمانی تایمر تأخیر در قطع



در شکل ۵-۳۸ نقشه‌ی بلوکی و نردبانی تایمر تأخیر در قطع را مشاهده می‌کنید.

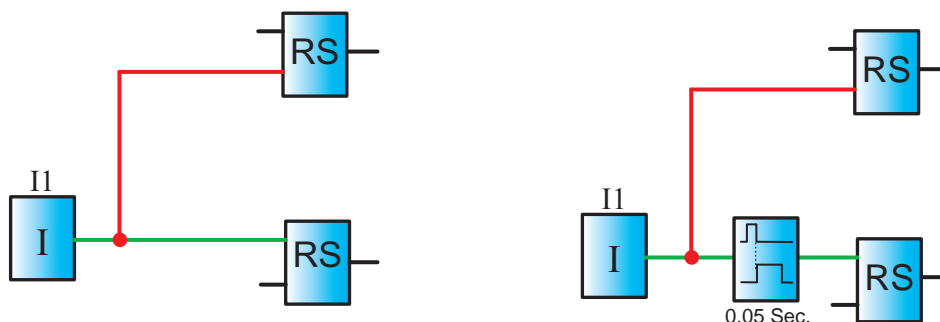
**توجه:** در نوشتن برنامه به روش نردبانی، شکل تایمرهای با تأخیر در وصل و قطع با هم تفاوت ندارند و فقط در تنظیمات آنها می‌توان نوع تایمر و مقدار زمان را تنظیم نمود.

شکل ۵-۳۷- مداری برای تایمر به روش بلوکی و نردبانی

## مطالعه‌ی

## آزاد

به یاد دارید چون در سیم‌کشی روی دستگاه رله شستی دابل را به کار نمی‌بریم. باید تأثیر شستی دویل را در برنامه اعمال می‌نمودیم. برای این منظور چون قسمت وصل‌کننده شستی دویل بخشی از مدار را فعال می‌کرد و قسمت قطع‌کننده آن بخشی از مدار را غیرفعال می‌کرد، تأثیر شستی دویل در مدارها را می‌توان در برنامه چنین اعمال نمود. یک شستی وصل (START) در سیم‌کشی دستگاه در نظر بگیرید که ورودی تخصیص یافته برای آن در برنامه نیز یک کنتاکت باز باشد. حال این ورودی یک تابع RS را Set و تابع RS دیگری را Reset می‌کند. چنین کاربردی را در برنامه مدار چپ گرد- راست گرد سریع دیدید، اما باید توجه داشت که برخلاف شستی‌های دویل معمول که قسمت قطع‌کننده شستی ابتدا و قسمت وصل‌کننده آن با تأخیری عمل می‌کند. توابع RS چنین نیستند در واقع در برنامه بالا فعال شدن ورودی Set و Reset با یک همزمانی همراه است. برای آن که تأخیر خواسته شده در قسمت وصل‌کننده شستی دویل در برنامه اتفاق افتد از یک تایمر باید استفاده کرد. آیا می‌توانید حدس بزنید برای این منظور چه تایمری مناسب است؟

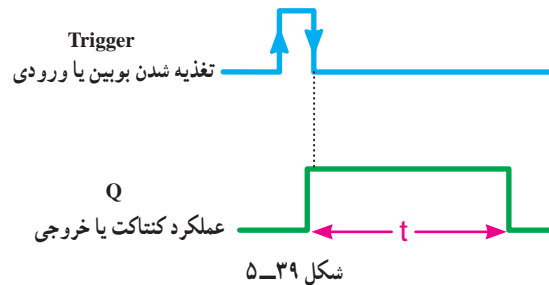


شکل ۵-۳۸

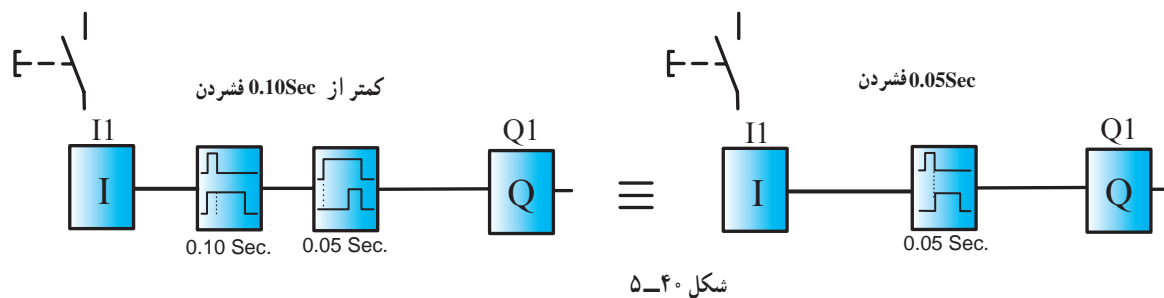
برای این منظور مطابق شکل ۵-۳۹ تایمری را در نظر بگیرید. آیا از مشخصه زمانی تایمر که روی بلوک رسم شده می‌توانید پی به طرز کار آن ببرید؟



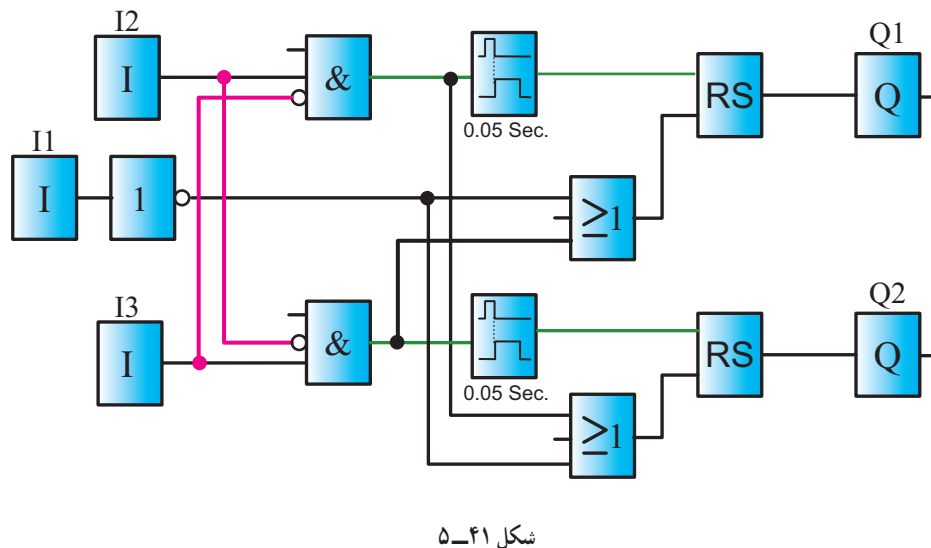
این تایمر که در برخی از رله‌های قابل برنامه‌ریزی وجود دارد، تایمر بعد از پالس (After Pulse) نام دارد. مشخصه زمانی آن به صورت زیر است، در برخی رله‌ها مجبور می‌شوید این تایمر را بسازید مانند زیر:



می‌خواهیم با استفاده از دو تایمر اولی تأخیر در قطع و دومی تأخیر در وصل این تایمر را بسازیم، آیا می‌توان این معادل‌سازی را پذیرفت؟ چرا؟



برای مدار چپ‌گرد - راست‌گرد سریع که در مدار قدرت نیز کارایی خود را به خوبی نشان دهد با توجه به همان ورودی‌های تخصیص داده شده برای مدار کار عملی می‌توان برنامه زیر را ارائه کرد بلوک‌های AND به کار رفته برای آن است که با همزمان فشردن ورودی‌های مربوط هیچ‌یک از خروجی‌ها فعال نشود.





## کار عملی ۶

هدف : راه اندازی موتور سه فاز به صورت چپ گرد،

راست گرد با توقف زمانی

ابتدا شرایط کاری این مدار را مجدداً مرور می کنیم. شرایط

کاری به شرح زیر است :

۱- با زدن شستی I کنتاکتور K1M دایم، کار کند. با اعمال فشار

به میکروسویچ S1 کنتاکتور K1M قطع و تایمر زمان سنجی را شروع کند و پس از مدت زمان تنظیمی، کنتاکتور K2M وصل شود.

۲- با اعمال فشار به میکروسویچ S2 کنتاکتور K2M قطع

شود.

۳- امکان این که دو کنتاکتور همزمان با هم عمل کنند،

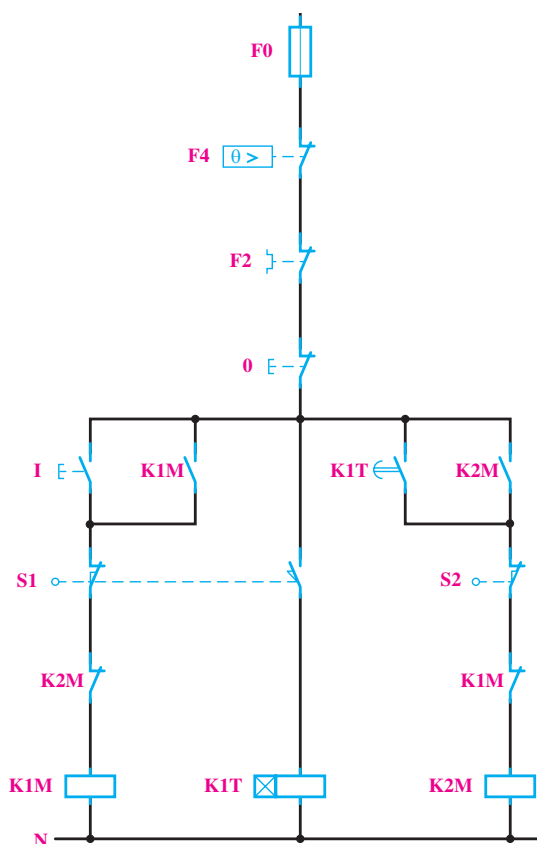
وجود نداشته باشد.

۴- با زدن شستی O مدار قطع شود.

نقشه ی مدار فرمان راه اندازی موتور سه فاز به صورت

چپ گرد، راست گرد با توقف زمانی، جهت یادآوری، در شکل

۴۲-۵ نشان داده شده است.



شکل ۴۲-۵- نقشه ی فرمان مدار راه اندازی موتور سه فاز به صورت

چپ گرد، راست گرد با توقف زمانی

طراحی برنامه مدار به روش نردبانی : با توجه به شرایط

فوق و تخصیص ورودی و خروجی ها، مراحل طراحی به روش نردبانی را می نویسیم.

۱- با توجه به شرط ۱، Q1 دایم کار شده است، در نتیجه

خروجی باید از نوع RS باشد. ورودی I2 جهت فعال کردن آن در مسیر Set قرار می گیرد. ضمناً با توجه به شرط ۳، بسته Q2 را در این مسیر قرار می دهیم (سطر ۱ نردبان).

۲- آنچه که باعث قطع Q1 می شود، در مسیر Reset قرار

می گیرد. در این مدار با توجه به شرط ۳، ورودی I4 و همچنین شستی قطع کلی مدار باعث قطع Q1 می شوند. در نتیجه کنتاکت مربوط به آن ها را در برنامه به طور موازی به Reset وصل می کنیم (سطر ۲ و ۳ نردبان).

۳- ورودی I4 همچنین باید با بوبین تایمر سری شود تا در

زمان فعال بودن آن، تایمر زمان سنجی کند (سطر ۴ نردبان).

۴- کنتاکت تایمر باید در خروجی Q2 وصل زمانی ایجاد

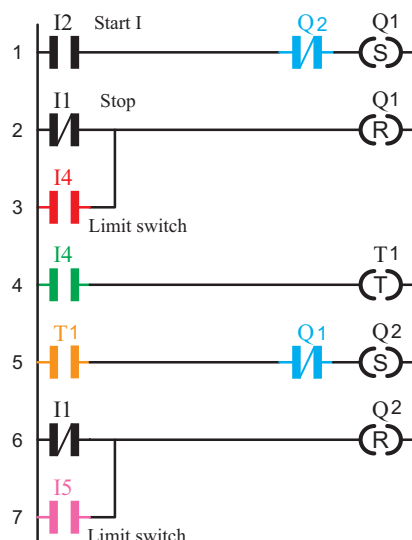
نماید. برای این منظور در مسیر Set کردن آن قرار می گیرد ضمناً با توجه به شرط ۳، بسته ی Q1 را در این مسیر قرار می دهیم. (سطر ۵ نردبان).

۵- ورودی I1 معادل شستی قطع کل مدار است و باید در

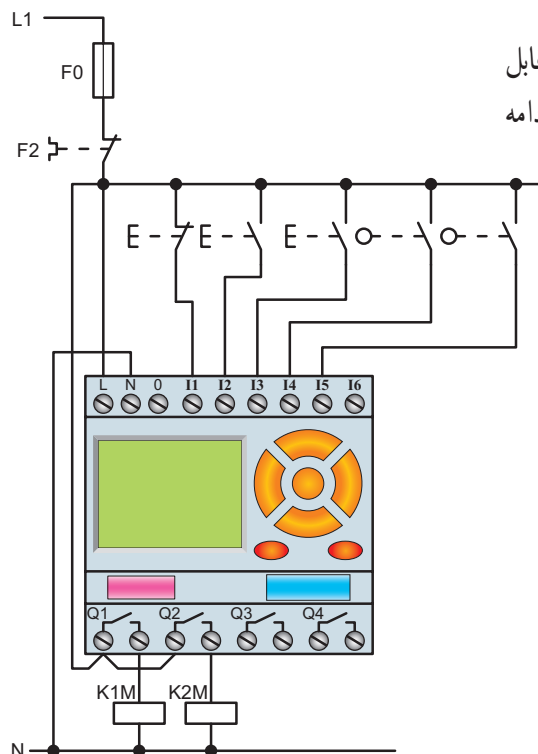
مسیر Reset کلیه ی خروجی ها قرار گیرد (سطر ۶ و ۷ نردبان).

مراحل فوق را در روش نردبانی در شکل ۴۳-۵ مشاهده

می کنید.



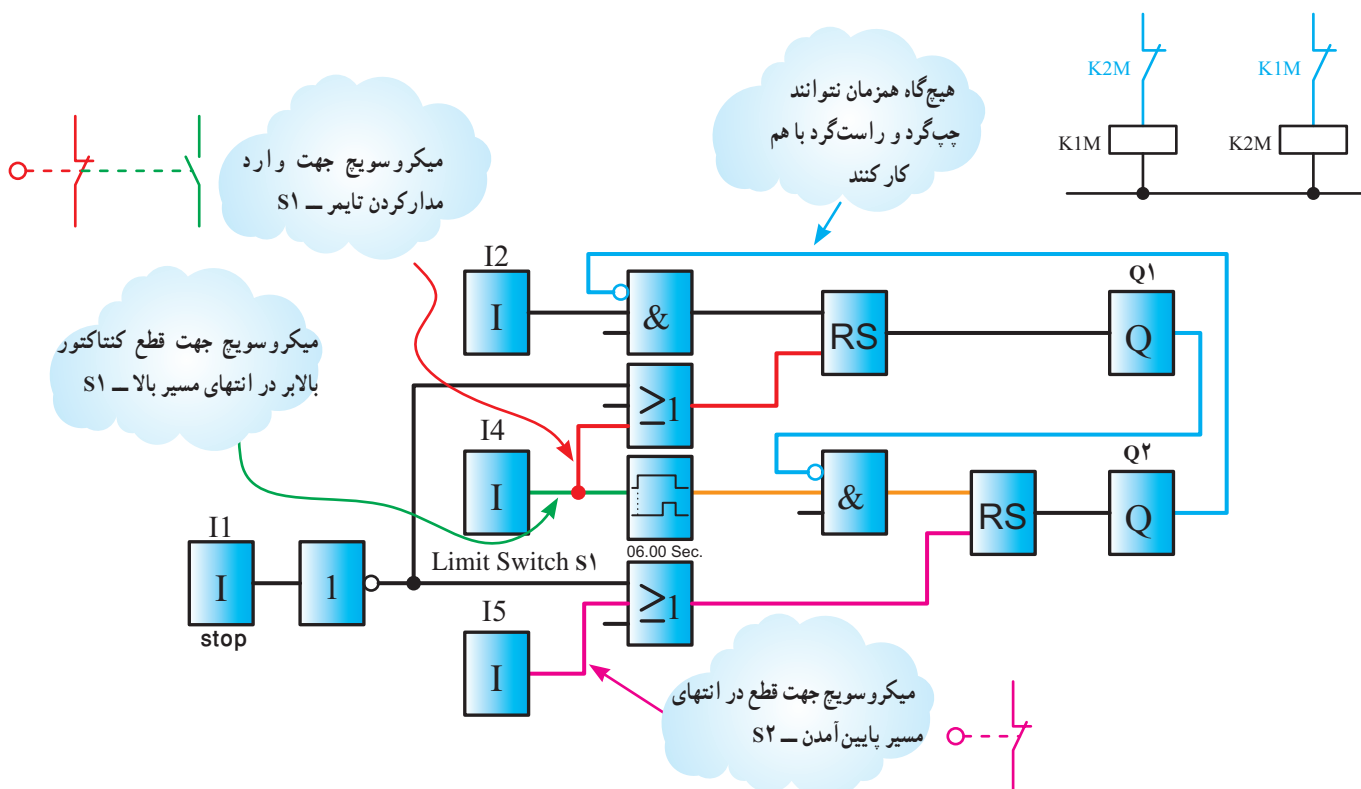
شکل ۴۳-۵- برنامه نویسی به روش نردبانی



شکل ۴۴-۵ نحوه ی سیم کشی این مدار را در رله ی قابل برنامه ریزی نشان می دهد. شستی به کار رفته در ورودی I3 در ادامه به کار می آید و فعلاً در برنامه وجود ندارد.

شکل ۴۴-۵- نحوه ی سیم کشی مدار راه اندازی موتور سه فاز به صورت چپ گرد، راست گرد با توقف زمانی

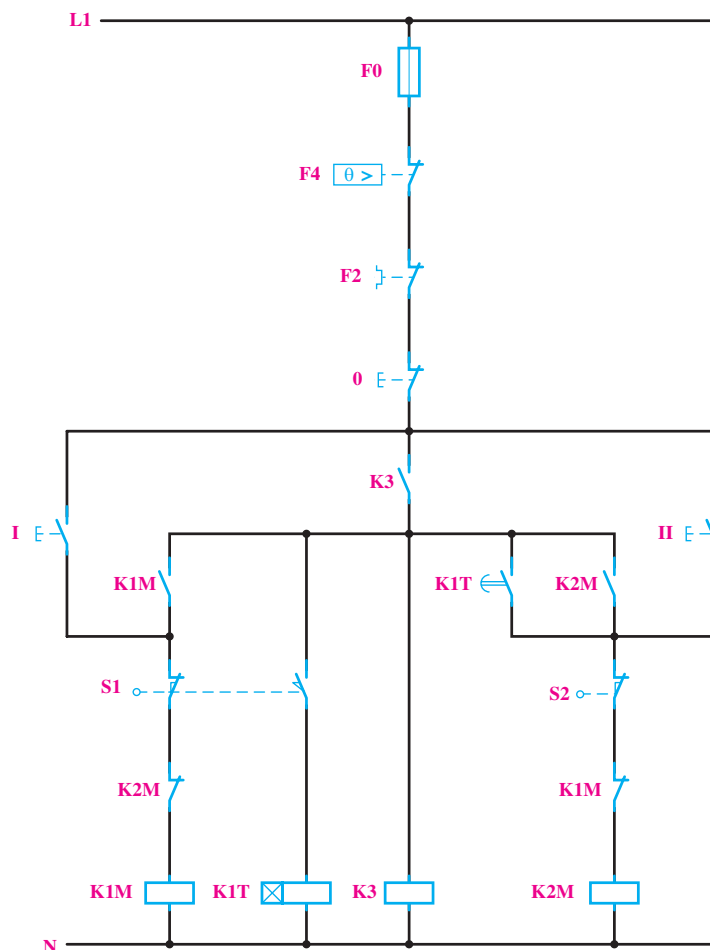
شکل ۴۵-۵ برنامه نویسی به روش بلوکی این مدار را نشان شده است. می دهد. اعمال تمام شرایط کاری مدار بر روی نقشه توضیح داده



شکل ۴۵-۵- نقشه ی بلوکی مدار کوره

تغییراتی در مدار صورت گیرد. این تغییر در مدار فرمان، با استفاده از کنتاکتور کمکی، صورت گرفته است. این مدار جهت یادآوری در شکل ۵-۴۶ نشان داده شده است.

در مدار شکل ۵-۴۲ با برداشتن دست از روی شستی استاپ، چنانچه میکروسویچ S1 در حالت فشرده باشد، تایمر فعال می شود و زدن شستی 0 تأثیری ندارد و کنتاکتور بعدی وارد مدار می شود، یعنی شرط ۵ محقق نمی شود. لذا برای این منظور باید



شکل ۵-۴۶

ضمناً با توجه به شرط ۳، بسته Q2 را در این مسیر قرار می دهیم (سطر ۱ نردبان).

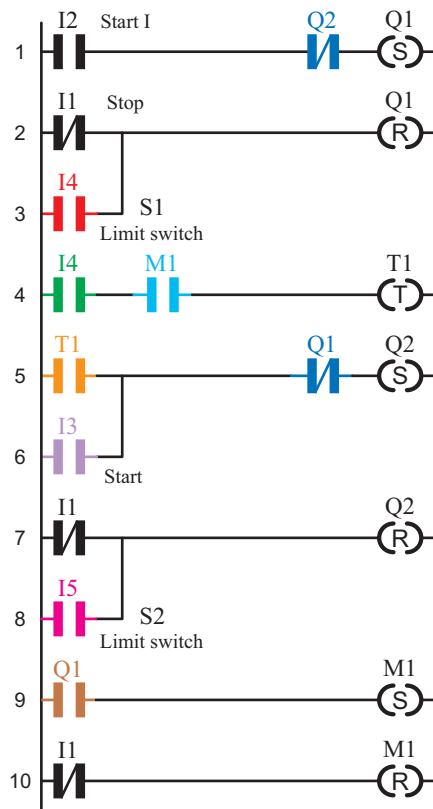
۲- آن چه باعث قطع Q1 می شود باید در مسیر Reset آن قرار گیرد. در این جا با توجه به شرط ۳، هم ورودی I4 و هم شستی قطع کلی مدار باعث قطع Q1 می شوند. در نتیجه کنتاکت مربوط به آن ها را در برنامه به طور موازی به Reset وصل می کنیم (سطر ۲ و ۳ نردبان).

۳- ورودی I4 باید با بوبین تایمر سری شود تا در زمان فعال بودن آن، تایمر زمان سنجی کند. ضمناً روشن شدن تایمر وابسته به کنتاکت خروجی کمکی است. بنابراین، I4 و M1، ضمن

در برنامه ریزی رله نیز از تابع کنتاکتور کمکی یعنی M کمک می گیریم (شکل ۵-۴۷). به طوری که فعال شدن این کنتاکتور به کنتاکتور بالا بر وابسته باشد اما خاموش شدنش به آن وابسته نباشد. به همین دلیل در برنامه نیز با AND کردن خروجی M1 و ورودی I4 این کار عملی می شود.

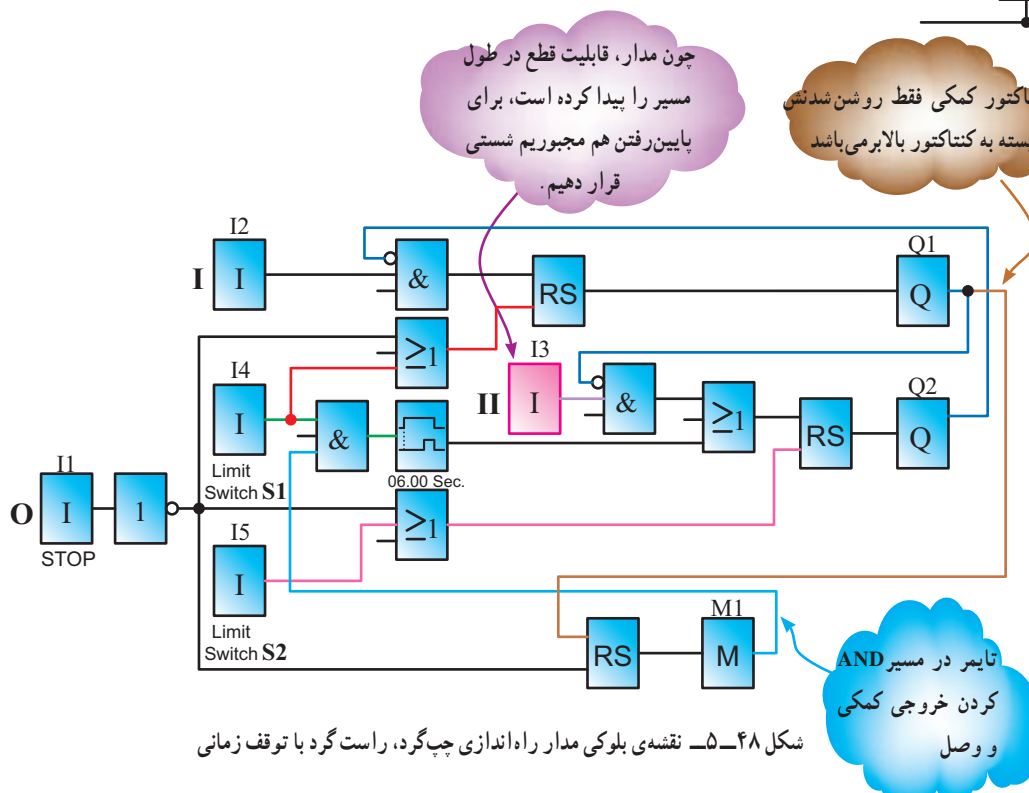
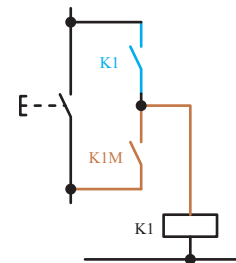
طراحی برنامه مدار به روش نردبانی: با توجه به شرایط مدار، مراحل رسم نقشه ی نردبانی به شرح زیر است:

۱- با توجه به شرط ۱، Q1 دایم کار می شود و باید از نوع RS باشد. ورودی I2 جهت وصل آن در مسیر Set قرار می گیرد.



شکل ۴۷-۵ نقشه‌ی نردبانی مدار راه‌اندازی چپ‌گرد، راست‌گرد با توقف زمانی

سری‌شدن، وارد بوبین تایمر می‌شوند (سطر ۴ نردبان).  
 ۴- خروجی کمکی M1 با توجه به مدار فرمان، خودنگه‌دار دارد، پس از نوع RS است، چرا که روشن‌شدنش وابسته به Q1 است اما خاموش‌شدنش به آن وابسته نیست (سطر ۹ نردبان).  
 ۵- کنتاکت تایمر باید در خروجی Q2 وصل زمانی (به‌طور دائم کار) ایجاد نماید. برای این منظور در مسیر Set کردن آن قرار می‌گیرد (سطر ۵ نردبان).  
 ضمناً چون مدار، قابلیت قطع در طول مسیر را نیز پیدا کرده است، ورودی دیگری برای روشن‌شدن Q2، موازی با تیغه‌ی تایمر در نظر می‌گیریم (سطر ۶ و ۵ نردبان).  
 ۶- ورودی I1 معادل شستی قطع کل مدار است و باید در مسیر Reset کلیه‌ی خروجی‌ها قرار گیرد (سطر ۷ و ۱۰ نردبان).  
 شکل ۴۷-۵ این مدار را به روش نردبانی نشان می‌دهد.



شکل ۴۸-۵ نقشه‌ی بلوکی مدار راه‌اندازی چپ‌گرد، راست‌گرد با توقف زمانی

یکی از مشکلاتی که در اکثر فرآیندهای تأسیسات الکتریکی اتفاق می‌افتد، عدم کارایی مدار در مقابل قطع برق می‌باشد برای مثال تایمر بخشی از زمان‌سنجی خود را انجام داده و برق می‌رود و کار در آن لحظه متوقف می‌شود در این بین با آمدن برق سیستم متوقف است و محصول تولید شده در نیمه‌ی راه تولید خراب شده و باید از چرخه کار خارج شده و به دور ریخته شود و دستگاه مجدداً راه‌اندازی شود اتفاق موردنظر خوشایند نیست چقدر خوب بود، اگر خصوصیتی در تایمر یا بعضی از توابع خاص تعریف می‌شد که با قطع برق وضعیت کاری در حافظه باقی می‌ماند و با آمدن برق کار متوقف، ادامه خود را به طرز صحیحی بدون دور ریز محصول و وقفه انجام می‌داد.

برای این منظور در رله‌های قابل برنامه‌ریزی خصوصیتی به نام Retentivity یا Latching برای برخی از توابع خاص مثل تایمرها تعریف شده، که با قطع برق و با آمدن مجدد برق اگر تایمر در حال زمان‌سنجی باشد. ادامه زمان‌سنجی خود را انجام می‌دهد و یا اگر عمل کرده با آمدن برق همان وضعیت عملکرد باقی می‌ماند.

با Retentivity کردن یک تابع مثل تایمر می‌توان خواسته بالا که در فرآیندهای تأسیساتی بسیار لازم است را به‌دست آورد. در مداری مثل مدار کوره که در مدارهای فرمان با آن آشنا شدید، اگر برق قطع شود مخزن در نیمه مسیر می‌ماند و با آمدن برق باید مخزن را به توقفگاه آورده و مجدد راه‌اندازی را آغاز کنیم اگر تایمر این مدار خصوصیت Retentivity داشت با آمدن برق مخزن ادامه کار خود را انجام می‌داد.

هر چند عدم Retentivity در کنتاکتورها در فصل مدارهای فرمان یک امتیاز برای آن‌ها به حساب می‌آمد، چرا که با آمدن برق مدار خودبه‌خود راه‌اندازی نمی‌شد اما می‌بینید Retentivity در بعضی موارد لازم و خواسته ما می‌باشد این خصوصیت حتی در تابع RS در رله‌های قابل برنامه‌ریزی نیز در نظر گرفته شده است.

سعی کنید در مشاهدات خود فرآیندهای تأسیساتی که Retentivity لازم دارند را پیدا کنید و آن‌ها را برای کلاس

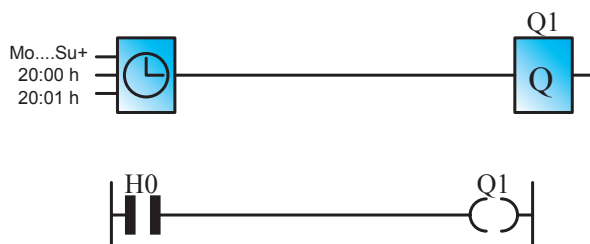
عرضه کنید.



### تمرین

۲- بسیاری از رله‌های قابل برنامه‌ریزی دارای ساعت‌اند و

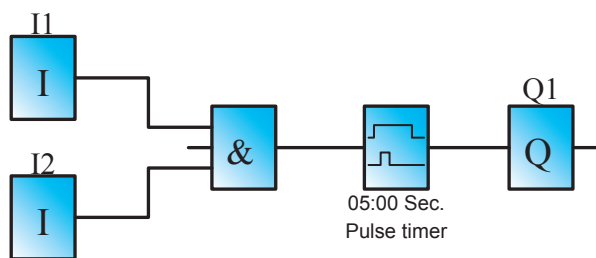
براساس آن دارای توابع خاصی (مانند تایمر هفتگی - تایمر سالانه) نیز خواهند بود. در شکل ۵-۴۹ یک نمونه تایمر نشان داده شده است. با توجه به این شکل، نقشه‌ی بلوکی و نردبانی شکل ۵-۵۰ را تحلیل کنید.



شکل ۵-۴۹

### تمرینات تکمیلی: (ویژه‌ی هنجریان علاقه‌مند)

۱- برای راه‌پله‌ی ساختمانی، مداری طرح کنید که با زدن یک شستی، لامپ‌های راه‌پله برای شش دقیقه روشن و پس از آن خاموش شود. هم چنین اگر برای پنج ثانیه شستی نگه داشته شود، راه‌پله دایم روشن بماند و در هر شرایطی، شستی برای بار دوم زده شود مدار خاموش شود.

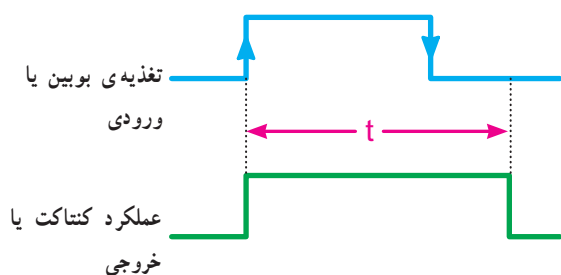


شکل ۵-۵۲

این تایمر در روش نردبانی شکل خاصی ندارد. بلکه باید در تنظیمات تایمر، پالسی بودن را انتخاب کنید. نقشه‌ی برنامه این مدار در مثال فوق آمده است.

#### ۴- تایمر پالسی گسترده

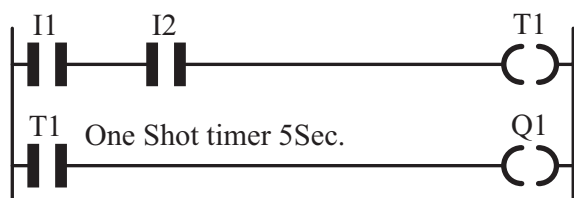
این تایمر نیز با لبه‌ی بالارونده تغذیه، زمان‌سنجی را آغاز و تیغه‌ی آن نیز تغییر وضعیت می‌دهد. پس از سپری شدن زمان تنظیمی به حالت اول برمی‌گردد و نسبت به لبه‌ی پایین‌رونده تغذیه حساس نیست (شکل ۵-۵۳).



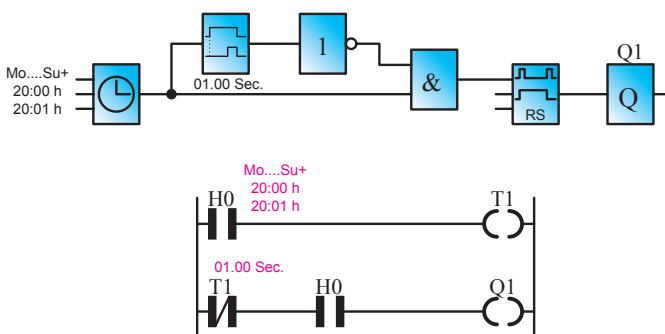
شکل ۵-۵۳- نمودار زمانی تایمر پالسی گسترده

مثال: در مدار پرس، امکانی در مدار قرار دهید که از لحظه‌ی وصل شستی‌ها دستگاه فقط به مدت زمان ۵ ثانیه پرس کند.

حل: نقشه‌ی نردبانی برنامه این مدار به صورت شکل ۵-۵۴ است.



شکل ۵-۵۴



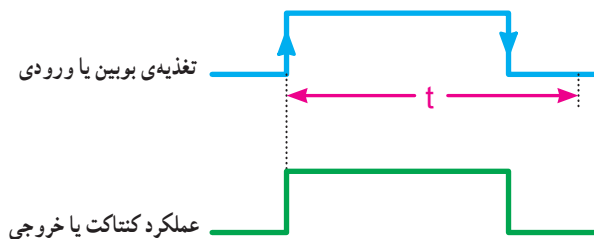
شکل ۵-۵۰

۳- مدار زنگ مدرسه خود را توسط رله‌های قابل برنامه‌ریزی، به گونه‌ای طرح کنید که برای زمان‌های ورود و خروج هنرجویان اتوماتیک در ساعات مورد نظر عمل نماید. ضمناً در این مدار یک شستی نیز قرار دهید تا در صورت نیاز بتوان به صورت دستی نیز زنگ را به صدا درآورد.

در بخش‌های قبل با دو نوع تایمر تأخیر در وصل و تأخیر در قطع آشنا شدید. در این قسمت به معرفی انواع دیگر تایمر، که کاربرد زیادی در رله‌های قابل برنامه‌ریزی دارند، می‌پردازیم.

#### ۳- تایمر پالسی

تایمر پالسی با وصل تغذیه (لبه‌ی بالارونده) زمان‌سنجی را آغاز و تیغه‌ی آن نیز عمل می‌کند در صورت قطع تغذیه (لبه‌ی پایین‌رونده) یا پس از سپری شدن زمان تنظیمی، به حالت اول برمی‌گردد (شکل ۵-۵۱).



شکل ۵-۵۱- نمودار زمانی تایمر پالسی

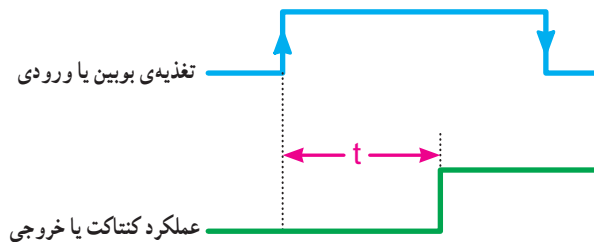
مثال: در مدار پرس محدودیتی ایجاد کنید که مدت زمان پرس از ۵ ثانیه تجاوز نکند.

حل: نقشه‌ی بلوک این مدار به صورت شکل ۵-۵۲

است.



## ۵- تایمر تأخیر در وصل ماندگار



شکل ۵۵-۵- نمودار زمانی تایمر تأخیر در وصل ماندگار

این تایمر نیز با لبه‌ی بالا رونده‌ی تغذیه، زمان‌سنجی را آغاز اما تیغه‌ی آن در پایان زمان‌سنجی، عمل می‌کند. از این نظر مانند تایمر تأخیر در وصل است. این تایمر نسبت به لبه‌ی پایین‌رونده بی‌تفاوت است. از آنجایی که این تایمر قطع نمی‌شود جهت قطع شدن احتیاج به Reset دارد (شکل ۵۵-۵).  
در جدول ۲-۵ انواع تایمر رله‌های قابل برنامه‌ریزی آمده است در مورد نمودار زمانی تایمرهای دیگر تحقیق کنید.

جدول ۲-۵- مشخصه‌ی زمانی تایمرها

نوع تایمر	شروع زمان سنجی (t)	لحظه عملکرد	لحظه قطع	دیگرام زمانی
تأخیر در وصل	لبه‌ی بالا	پایان زمان	لبه‌ی پایین	
تأخیر در قطع	لبه‌ی پایین	لبه‌ی بالا	پایان زمان	
تایمر پالسی	لبه‌ی بالا	لبه‌ی بالا	۱- لبه‌ی پایین ۲- پایان زمان	
پالسی گسترده (تک ضرب)	لبه‌ی بالا	لبه‌ی بالا	پایان زمان	
تأخیر در وصل ماندگار	لبه‌ی بالا	پایان زمان	-----	
تأخیر قطع / وصل On/off delay	لبه‌ی بالا و لبه‌ی پایین	بعد از زمان لبه‌ی بالا	بعد از زمان لبه‌ی پایین	
بعد از پالس (After pulse)	لبه‌ی پایین	لبه‌ی پایین	پایان زمان	
لبه‌ی پالسی (Edge wiping)	لبه‌ی بالا	بعد از زمان لبه‌ی پایین	بعد از زمان لبه‌ی بالا	
نگه دارنده (Hold)	لبه‌ی بالا	پایان جمع زمان‌ها	پایان جمع زمان‌ها	

توجه: در تایمر Edge wiping اگر زمان لبه‌ی پایین صفر باشد تایمر پالسی گسترده (تک ضرب) که در بعضی رله‌ها نیز Single pulse نامیده می‌شود ساخته خواهد شد.



## کار عملی ۷

هدف: راه اندازی موتور سه فاز به صورت ستاره مثلث

در شکل ۵۶-۵ مدار فرمان ستاره مثلث و هم چنین شرایط کاری این مدار جهت یادآوری آورده شده است.

۱- ابتدا کنتاکتور ستاره، سپس کنتاکتور اصلی وارد مدار شود.

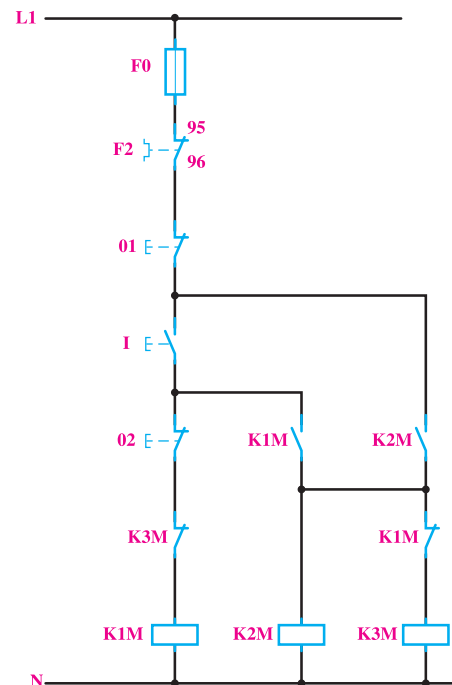
۲- با قطع کنتاکتور ستاره، کنتاکتور مثلث وارد مدار شود.

۳- در طی زمان جابه جایی کنتاکتور ستاره و مثلث کنتاکتور اصلی قطع نشود.

۴- ابتدا نتوان موتور را به صورت مثلث راه اندازی کرد.

۵- مدار در حالت مثلث برگشت پذیر به حالت ستاره نباشد.

۶- هیچ گاه همزمان دو کنتاکتور ستاره و مثلث نتوانند کار کنند.



شکل ۵۶-۵

طراحی و رسم برنامه مدار به روش نردبانی: با توجه به

شرایط کاری این مدار و تخصیص ورودی ها و خروجی ها، مراحل طراحی به روش نردبانی به شرح زیر است:

۱- با توجه به شرط ۱ و این که Q1 دایم کار شده است و

باید از نوع RS باشد، ورودی I2 جهت وصل آن در مسیر Set

قرار می گیرد. ضمناً با توجه به شرط ۵، بسته Q3 را در این مسیر قرار می دهیم (سطر ۱ نردبان).

۲- آنچه باعث قطع Q1 می شود، در مسیر Reset آن قرار می دهیم. در این مدار با توجه به شرط ۲، ورودی I3 و هم چنین شستی قطع کلی مدار، هر دو، می توانند مدار را خاموش کنند. پس برای این منظور آن ها را در برنامه به طور موازی به Reset وصل می کنیم (سطر ۲ و ۳ نردبان).

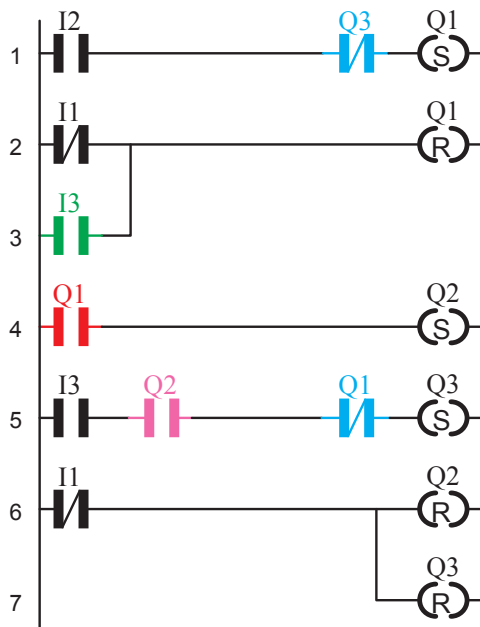
۳- برای برقراری شرط ۱، باید خروجی Q1 نیز در مسیر روشن شدن Q2 (در مسیر Set آن) قرار گیرد (سطر ۴ نردبان).

۴- با توجه به شرط ۳، ضمن این که ورودی I3 وصل می شود، خروجی Q2 نباید از مدار خارج شده باشد تا امکان ورود Q3 به مدار وجود داشته باشد.

۵- برای برقراری شرط ۶، بسته ی Q1 نیز باید در مسیر Set خروجی Q3 قرار گیرد.

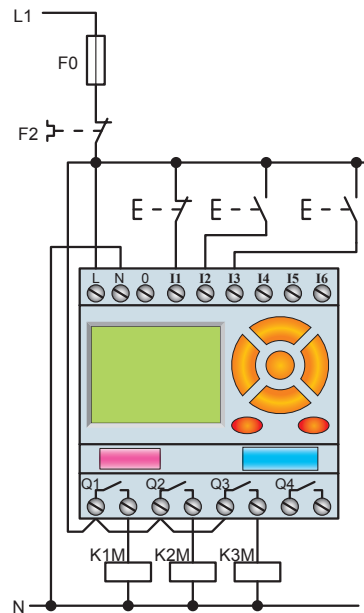
۶- ورودی I1 معادل شستی قطع کل مدار، باید در مسیر Reset کلیه ی خروجی ها قرار گیرد (سطر ۶ و ۷ نردبان).

در شکل ۵۷-۵ برنامه نویسی مدار ستاره مثلث را به روش نردبانی مشاهده می کنید.



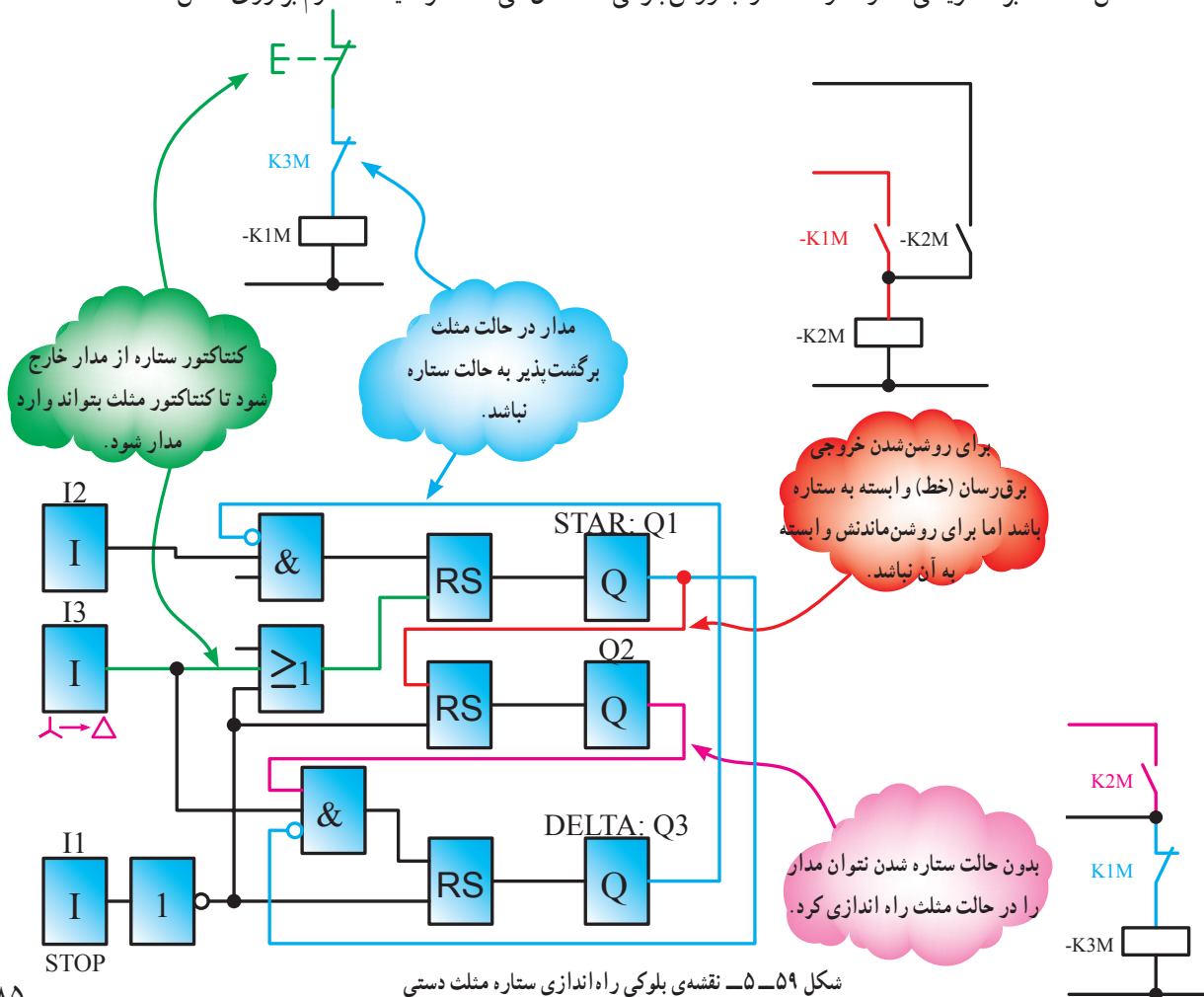
شکل ۵۷-۵- نقشه ی نردبانی راه اندازی ستاره مثلث دستی

شکل ۵۸- ۵ نقشه‌ی سیم‌کشی مدار ستاره مثلث را بارله‌ی قابل برنامه‌ریزی نشان می‌دهد.

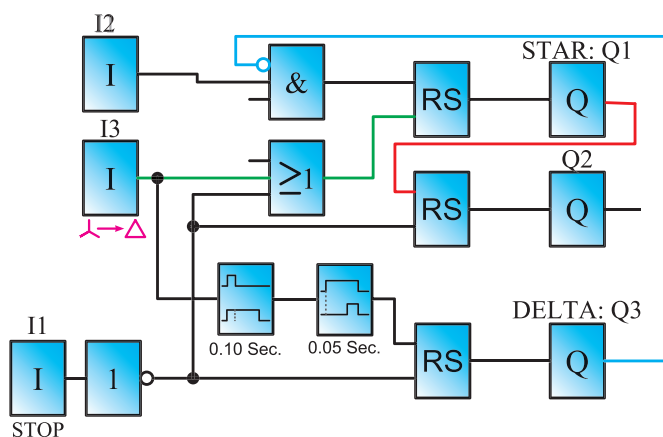


شکل ۵۸-۵ نحوه‌ی سیم‌کشی مدار راه‌اندازی ستاره مثلث دستی

شکل ۵۹-۵ برنامه‌نویسی مدار ستاره مثلث را به روش بلوکی نشان می‌دهد. توضیحات لازم بر روی شکل داده شده است.



شکل ۵۹-۵ نقشه‌ی بلوکی راه‌اندازی ستاره مثلث دستی



شکل ۵-۶۰

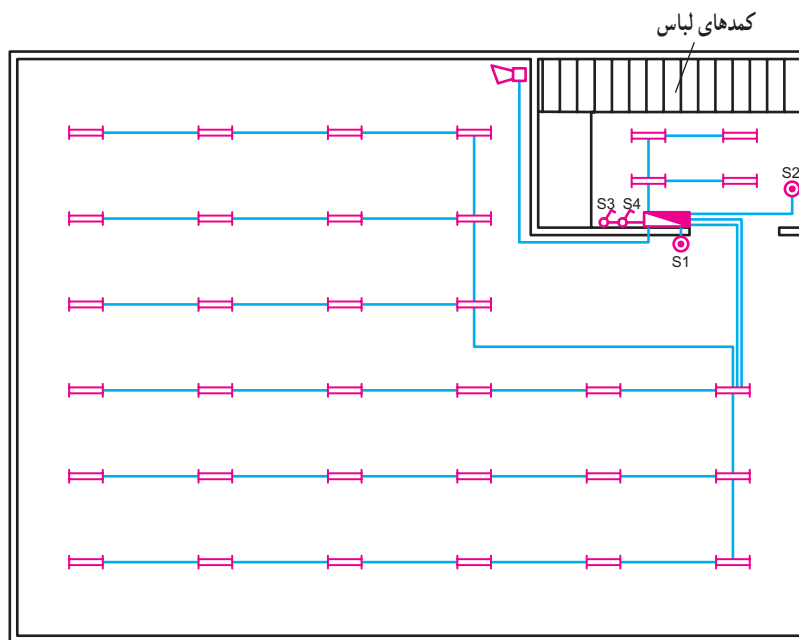
در برنامه شکل ۵-۵۹ ترتیب فعال شدن خروجی Q1 و Q2 و جابه‌جا شدن Q3 به جای Q2 بسیار سریع می‌باشد که باعث هم‌زمانی شده و خطرناک می‌باشد. ضروری است در برنامه برای خروجی‌ها تأخیرهایی در نظر گرفت که در برنامه شکل ۵-۶۰ این مطلب با قرار گرفتن تایمرها لحاظ شده است. با توجه به تغییرات ایجاد شده در برنامه شکل نردبانی آنرا رسم کنید.

### تمرین تکمیلی: (ویژه‌ی هنرجویان علاقه‌مند)

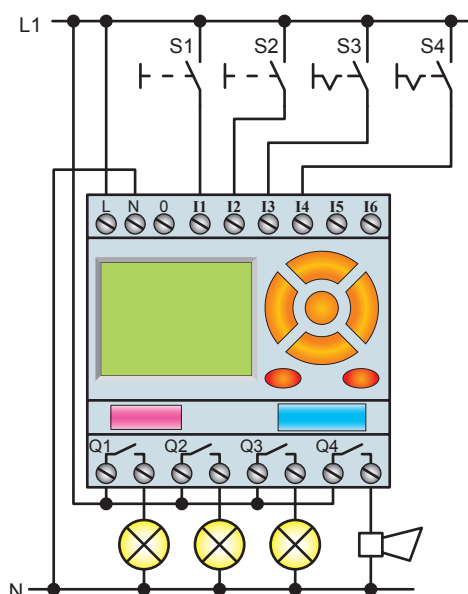


۱- نقشه‌ی مدار روشنایی یک سالن ورزشی در شکل ۵-۶۱ نشان داده شده است. شرایط کاری این مدار به شرح زیر است:

با توجه به این که با اصول مدارهای ستاره مثلث آشنا شده‌اید، نقشه‌ی نردبانی و بلوکی مدار ستاره مثلث اتوماتیک را طراحی نمایید.



شکل ۵-۶۱ - مدار روشنایی سالن ورزشی



شکل ۶۲-۵

– با زدن شستی S1 گروه لامپ‌های ۱ و ۲ روشن می‌شود و در ساعت ۹:۴۵ شب، زنگ به مدت ۵ ثانیه به صدا درمی‌آید و اعلام تعطیلی می‌کند (ابتدا گروه ۱ در ساعت ۱۰:۰۰ و یک ربع بعد گروه دوم لامپ‌ها خاموش شوند).

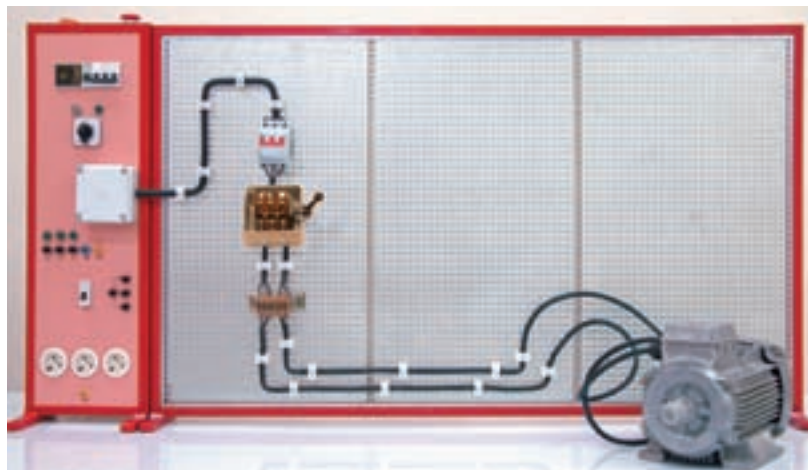
– با زدن شستی S2 لامپ‌های رختکن روشن می‌شوند و در ساعت ۱۰:۲۵، یعنی ۱۰ دقیقه بعد از خاموشی کامل سالن، لامپ‌های رخت‌کن هم خاموش می‌شوند.

– S3 کلید مرکزی است و در صورت وصل بودن، تمام چراغ‌ها بدون هیچ محدودیتی، روشن می‌شوند.

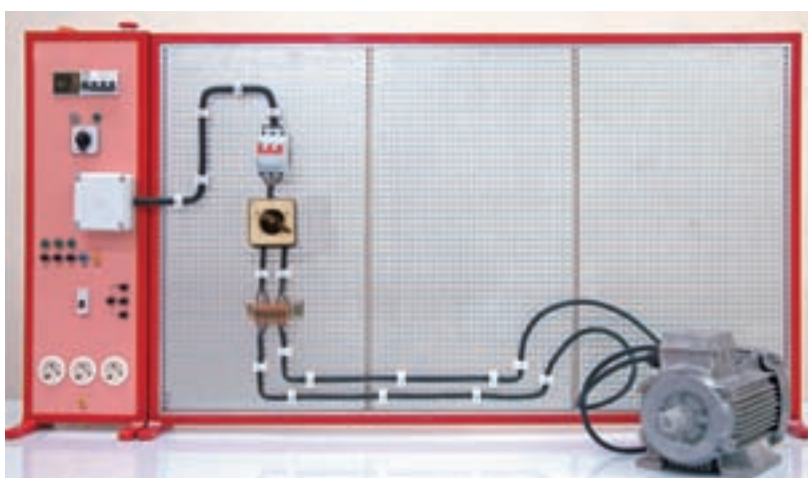
– S4 کلید روزهای تعطیل است که با وصل بودن آن، مدار کار نخواهد کرد.

این مدار را در رله‌ی قابل برنامه‌ریزی، به صورت نردبانی، برنامه‌ریزی کنید.

در این بخش با نحوه‌ی نصب تجهیزات (وسایل حفاظتی، کلیدها و ترمینال‌ها) و چگونگی کابل‌کشی و سیم‌کشی برخی مدارهای صنعتی آشنا می‌شوید.



شکل ۱-۱- راه‌اندازی موتور سه‌فاز آسنکرون با کلید سه‌فاز ستاره مثلث زبانه‌ای



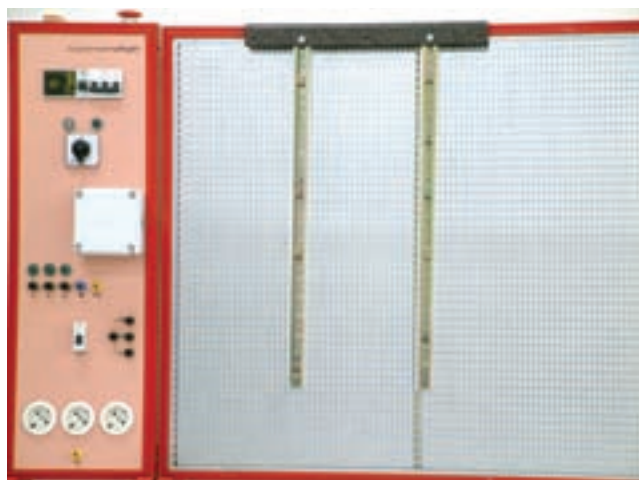
شکل ۱-۲- راه‌اندازی موتور سه‌فاز آسنکرون با کلید سه‌فاز ستاره مثلث زبانه‌ای تابلویی



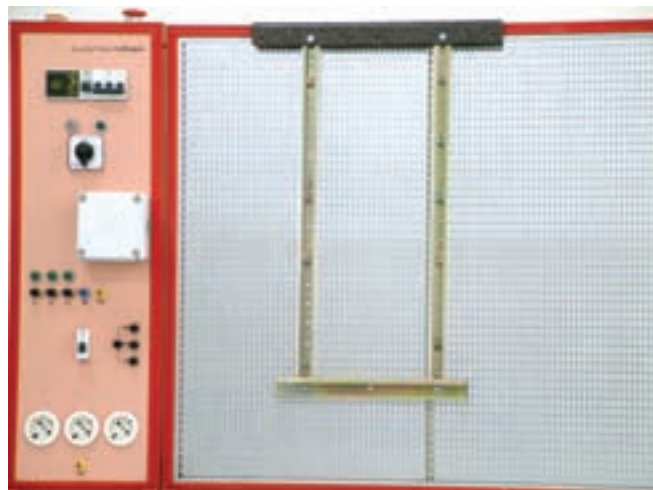
شکل ۱-۳- راه‌اندازی موتور تک‌فاز با کلید چپ‌گرد، راست‌گرد زبانه‌ای



در این قسمت با مراحل مونتاژ یک نمونه تابلوی آموزشی برای اجرای کارهای عملی مدارهای کنتاکتوری و رله‌های قابل برنامه‌ریزی آشنا می‌شوید.



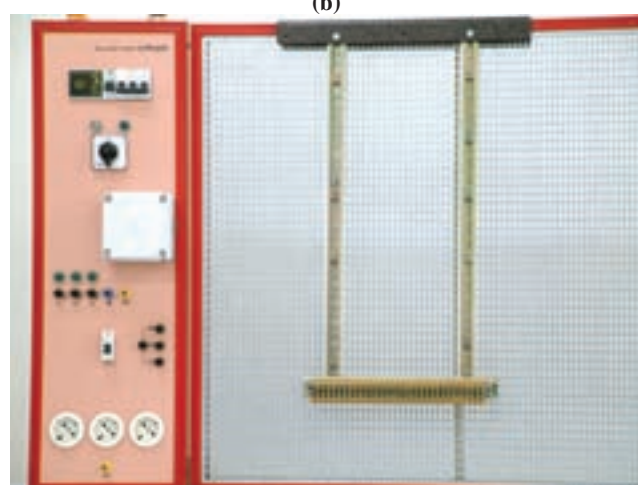
(a)



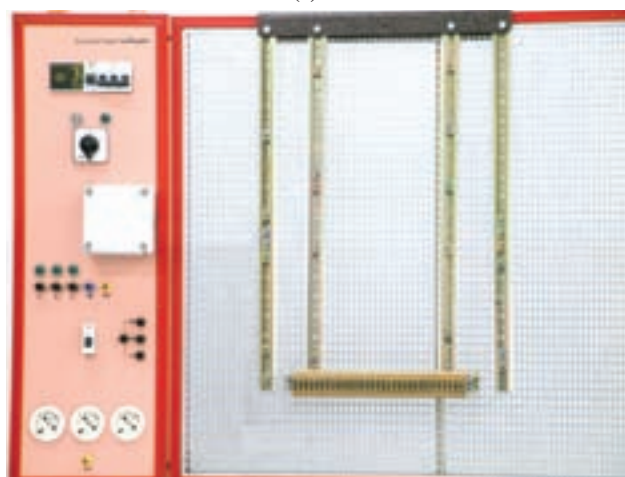
(b)



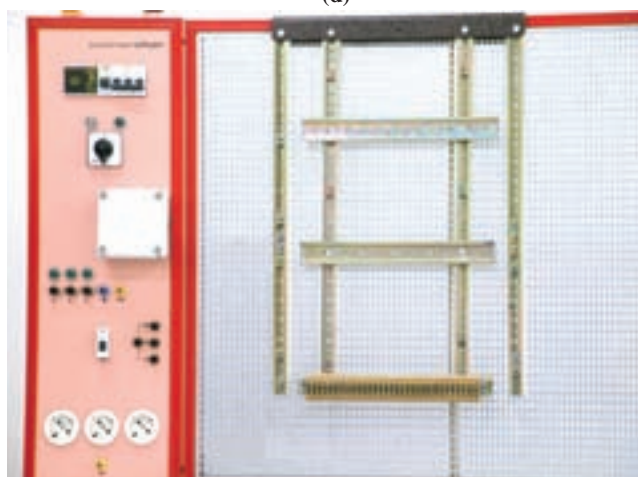
(c)



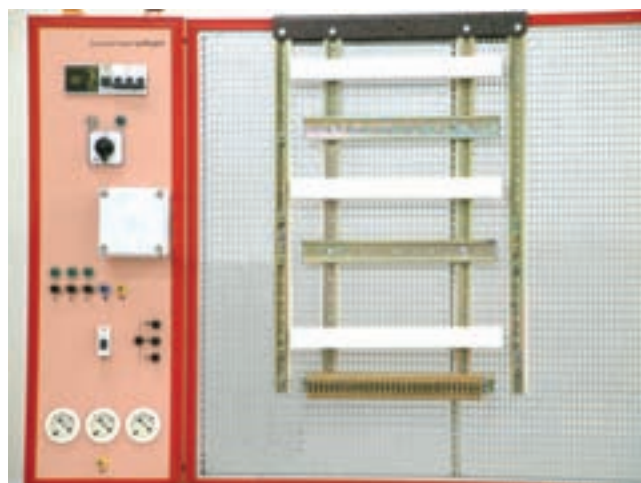
(d)



(e)



(f)



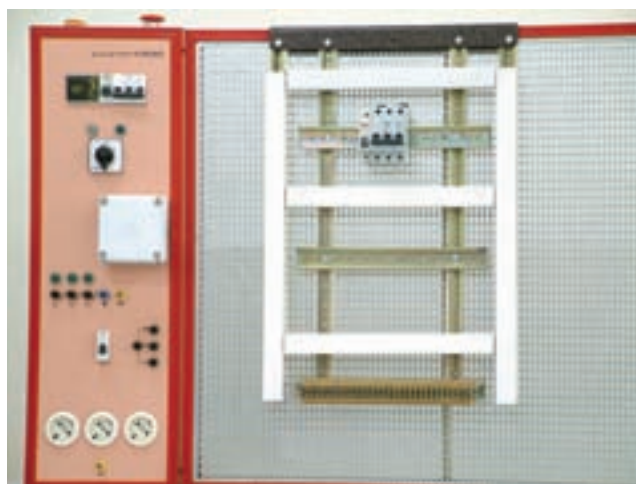
(g)



(h)



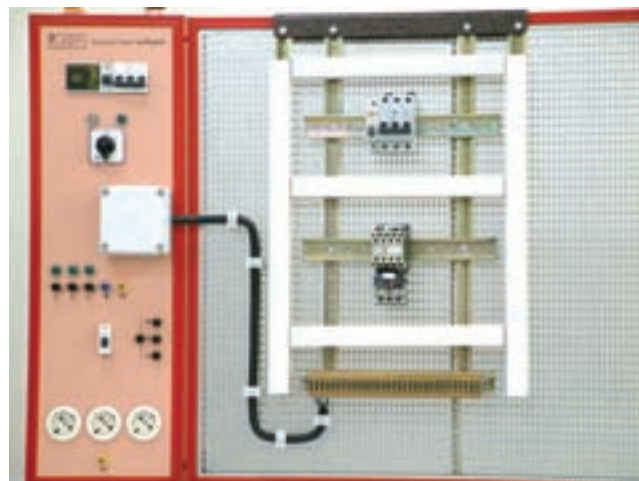
(i)



(j)



(k)

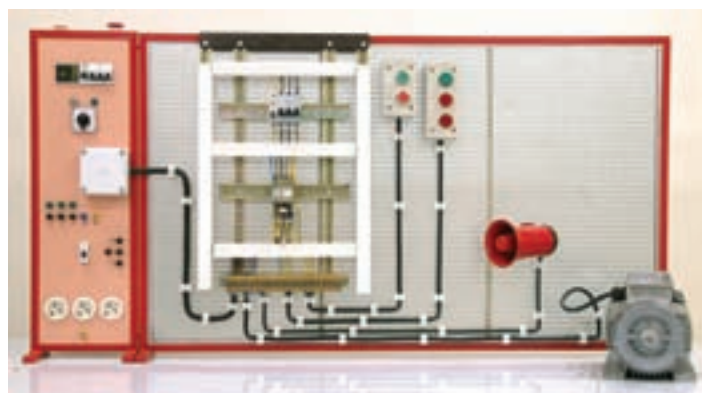


(l)

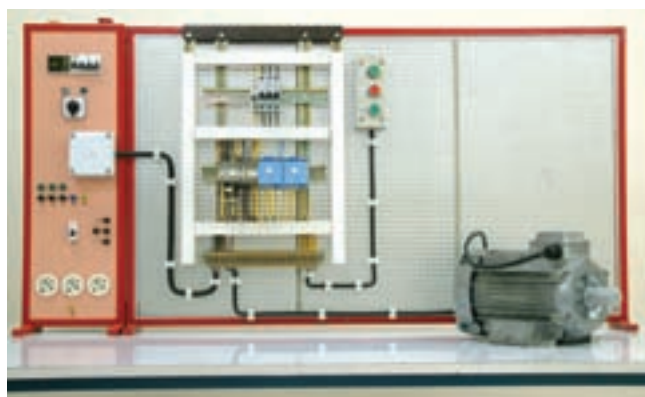
شکل ۱-۲ - مراحل مونتاژ یک نمونه تابلوی آموزشی



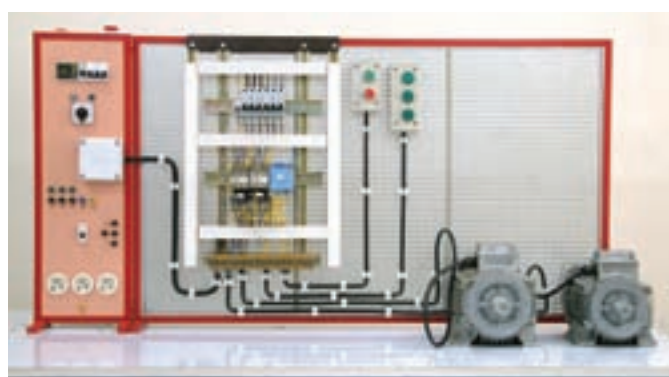
در قسمت تصاویر چند نمونه مدارهای کنتاکتوری که جهت راه اندازی موتورهای سه فاز آسنکرون به کار رفته را مشاهده می کنید.



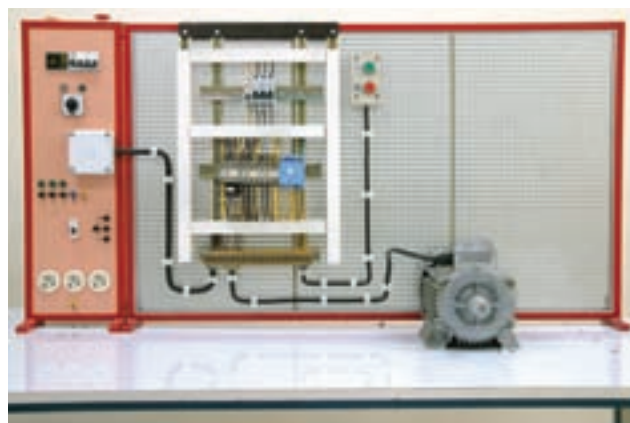
شکل ۳-۱- راه اندازی موتور سه فاز آسنکرون به همراه وسایل حفاظتی و هشداردهنده (آژیر و لامپ سیگنال)



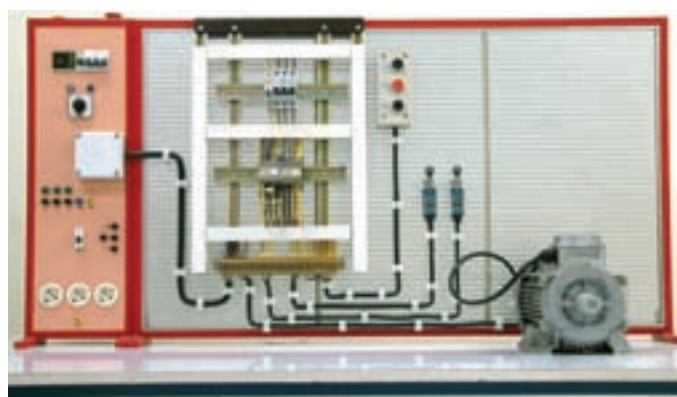
شکل ۳-۴- راه اندازی موتور سه فاز آسنکرون به صورت چپ گرد، راست گرد بدون توقف (سریع) با تایمر



شکل ۳-۲- راه اندازی دو موتور آسنکرون سه فاز به صورت یکی پس از دیگری با تایمر

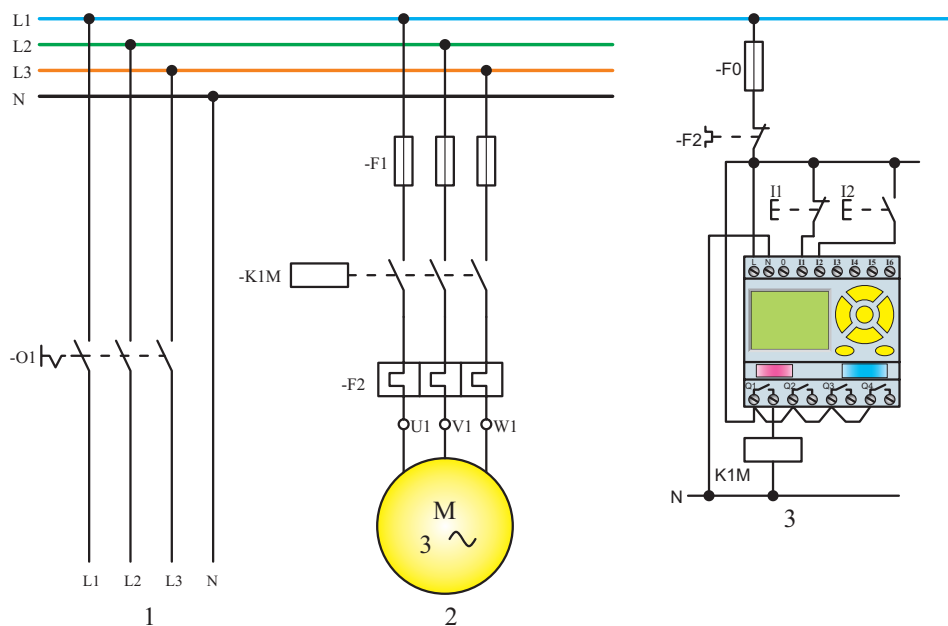


شکل ۳-۵- راه اندازی موتور سه فاز آسنکرون به صورت ستاره - مثلث اتوماتیک

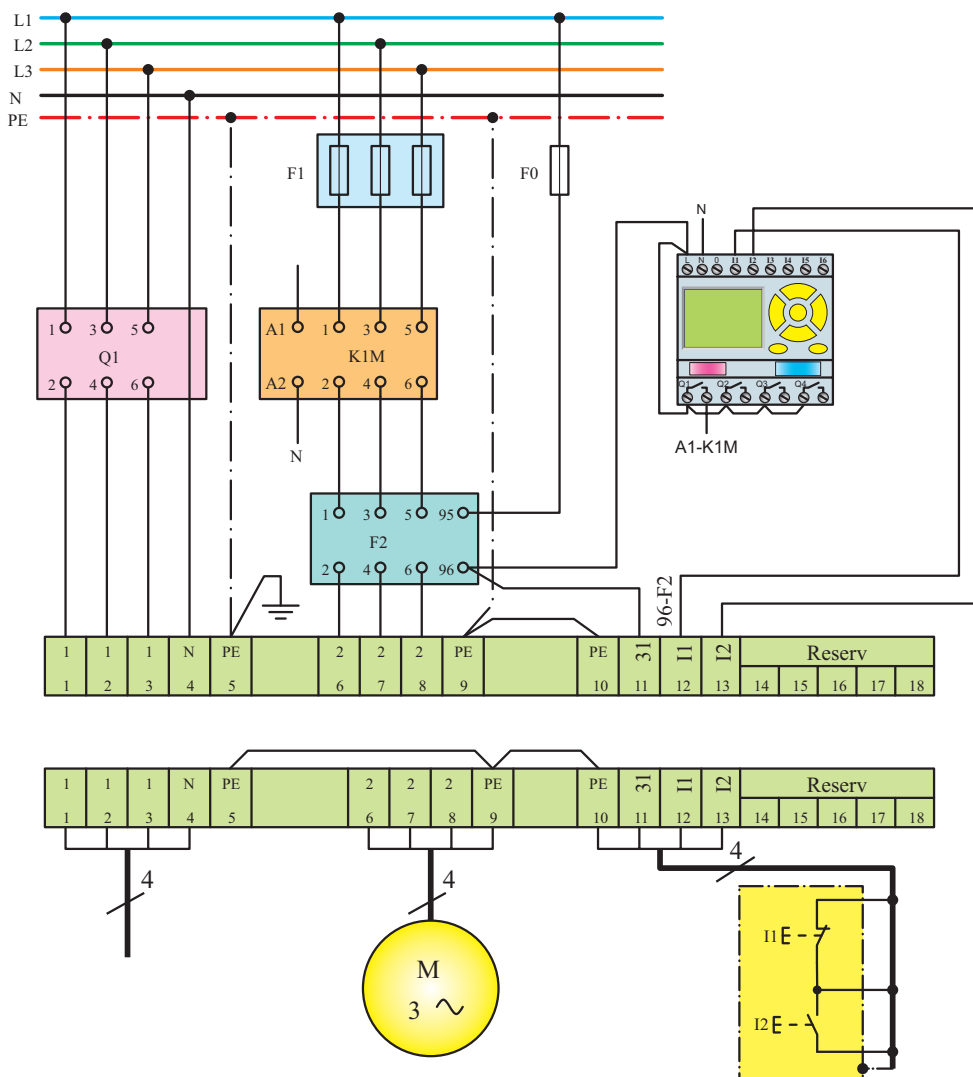


شکل ۳-۳- راه اندازی موتور سه فاز آسنکرون به صورت چپ گرد، راست گرد بدون توقف (سریع) دستی و با لیمیت سویچ (دو طرفه)

## ضمیمه ۴



a - نقشه مسیر جریان



b - نقشه مونتاژ

c - نقشه خارجی

شکل ۴-۱- نمودی چیدمان و سیم کشی رله قابل برنامه ریزی در کنار سایر تجهیزات مدارهای برق صنعتی

## معرفی پایگاه‌های اینترنتی

◀ در این پایگاه می‌توانید در بخش معرفی طرح‌های برگزیده‌ی کشوری، با مشخصات و ویژگی‌های فنی و علمی طرح‌های هنرجویان هنرستان‌ها را که رتبه‌ی کشوری کسب کرده‌اند آشنا شوید.

[www.kharazmi.medu.ir](http://www.kharazmi.medu.ir)



◀ در این پایگاه تمام استانداردهای ملی در رشته‌ی برق موجود و قابل دانلود است.

[www.isiri.org](http://www.isiri.org)



◀ در این پایگاه می‌توانید با تولید، انتقال و توزیع برق و همچنین آمار صنعت برق در ایران آشنا شوید.

[www.tavanir.org.ir](http://www.tavanir.org.ir)



## منابع

- ۱- رحمتی زاده، حسین (۱۳۷۰)، کار کارگاهی (کتاب پایه‌ی چهارم هنرستان نظام قدیم آموزشی وزارت آموزش و پرورش)
- ۲- خدادادی، شهرام (۱۳۸۴)، راه اندازی موتورهای سه فاز و تک فاز (جلد اول تاسوم)، شرکت صنایع آموزشی (وابسته به وزارت آموزش و پرورش)
- ۳- رحمتی زاده، حسین؛ علومی، فریدون؛ نیکزاد، مسلم (۱۳۷۰)، کار کارگاهی (کتاب پایه‌ی سوم هنرستان نظام قدیم آموزشی)
- ۴- معاونت امور فنی، دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی (۱۳۸۲)، مشخصات فنی عمومی و اجرایی تأسیسات برق کارهای ساختمانی (جلد اول)، سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور
- ۵- جهانپنده، احد (۱۳۸۳)، لوله کاری و اتصالات سیم و کابل، شرکت صنایع آموزشی (وابسته به وزارت آموزش و پرورش)
- ۶- کاتالوگ های شرکت های مختلف سازنده
- ۷- Wiring Manual Automation and power Distribution 2nd Edition Moeller
- ۸- LOGO Manual, LOGO Soft Manual Siemens
- ۹- EASY Manual 400/600-500/700-800, EASY Soft Manual Moeller
- ۱۰- ZELIO Manual / ZELIO Soft Manual Telemecanique
- ۱۱- ZEN Manual / ZEN Soft Manual OMROM
- ۱۲- PHARAO Manual / PHARAO Soft Manual THEBEN
- ۱۳- Crouzet Example & Tutrial Millenium2
- ۱۴- Applications For all Sectors Of industry and trade Siemens
- ۱۵- Easy Application Moeller
- ۱۶- Application Library ZELIO
- ۱۷- ZEN Application OMRON

