پودمان دوم

تابلو برق تأسیسات کارگاهی

واحد یادگیری ۲

آیا می‌دانید

- برای راه‌اندازی موتورهای الکتریکی چه شرایطی باید برقرار باشد؟
- مدارهای راه‌اندازی موتورهای الکتریکی از چه اجزایی تشکیل شده است؟
- تفاوت اجزای مدارهای راه‌اندازی موتورهای الکتریکی از نظر حفاظت و کلیدزنی کدام است؟
- مبنای انتخاب قطعات و جانمایی آنها در تابلو راه‌اندازی موتورهای الکتریکی چیست؟
- اصول حاکم در مدارهای فرمان تابلو راه‌اندازی موتورهای الکتریکی چیست؟
- مدار فرمان تابلوهای برق راه‌انداز دائم، یکی پس از دیگری و چپ‌گرد ـ راست‌گرد موتورهای الکتریکی چه تفاوت‌هایی با یکدیگر دارد؟

استانداردعملکرد

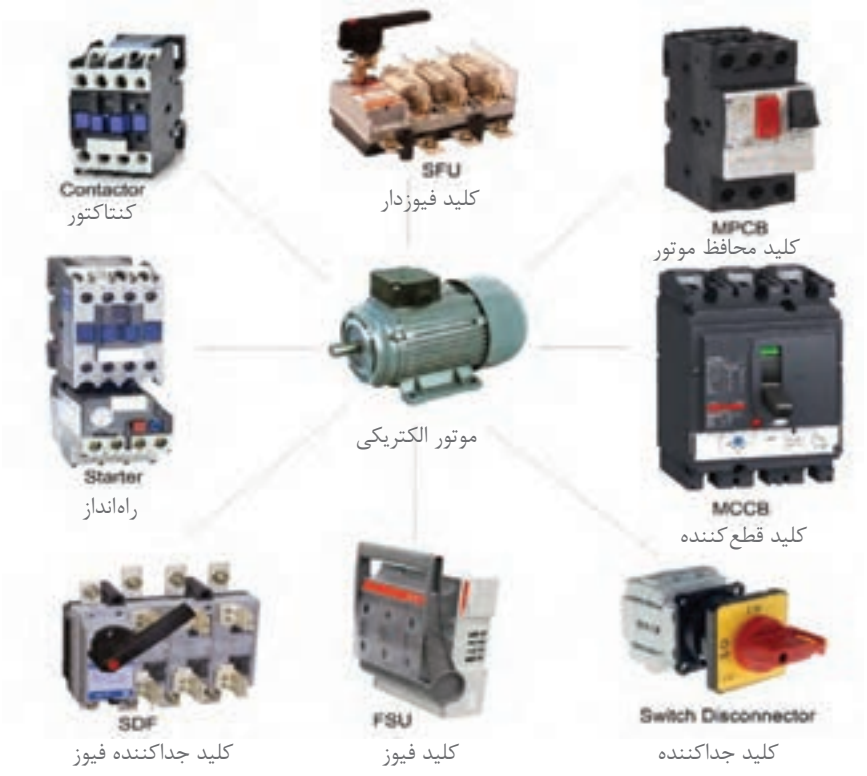
در این پودمان هنرجویان قادر خواهند شد قطعات مورد نیاز، ابعاد و اندازه تابلوهای راه‌اندازی موتورهای الکتریکی را برمبنای جریان بار به‌دست آورده و پس از جانمایی و نصب قطعات تابلو مطابق نقشه مدار فرمان و قدرت، آزمایش صحت عملکرد تابلو را به کمک هنرآموز محترم انجام دهند.

مقدمه

موتورهای الکتریکی یکی از مهم‌ترین اجزای تأسیسات الکتریکی کارگاه‌های مسکونی و صنعتی است. نمونه‌هایی از کاربرد موتورهای الکتریکی در آسانسورها، بالابرها و پمپ‌کردن آب، سیستم‌های گرمایشی و سرمایشی واحدهای مسکونی و موتورخانه‌ها دیده می‌شود. راه‌اندازی و ساخت تابلوی مورد نیاز برای موتورهای الکتریکی در توان‌های مختلف یکی از نکات مهم به‌کارگیری آنها است. استفاده از اجزای حفاظتی در تابلوی راه‌اندازی موتورها باید مورد توجه قرار گیرد. هدف این پودمان ایجاد نگرش واقعی نسبت به عملکرد وسایل وصل وقطع (کلید و کلیدزنی) راه‌اندازی موتورهای الکتریکی است. کلید وسیله‌ای است که برای وصل یا قطع جریان در یک یا چند مدار الکتریکی طراحی شده است. ممکن است هر کدام از این قطعات وظیفه قطع و وصل یا هر دو را را انجام دهد.

تجهیزات راه‌اندازی موتورهای الکتریکی

تجهیزات راه‌اندازی موتورهای الکتریکی از وسایلی نظیر کنتاکتور، کلید جداکننده، کلید فیوز، کلید محافظ موتور تشکیل شده است (شکل ۱).



شکل ۱ــ کلید آلات راه‌اندازی موتور الکتریکی

طبقه‌بندی کنتاکتور

کنتاکتورها با توجه به نوع مصرف‌کننده انتخاب می‌شوند. در جدول ۱ طبقه‌بندی انواع کنتاکتور براساس استاندارد IEC معرفی شده است.

جدول ۱ـ انواع کنتاکتور

طبقه‌بندی کنتاکتورها مطابق استاندارد IEC ۶۰۹۴۷ـ۴ـ۱		
نوع بار	کنتاکتور	نوع کاربرد
AC	AC-1	بارهای غیرالقایی یا اندکی القایی ـ کوره مقاومتی
	AC-2	موتور روتور سیم‌پیچی: راه‌اندازی ـ خاموش‌کردن
	AC-3	موتور روتور قفسی: راه‌اندازی ـ خاموش‌کردن حین کار
	AC-4	موتور روتور قفسی: راه‌اندازی ـ قطع و وصل زیاد در زمان کم ـ تغییرجهت ـ ترمز
	AC-5a	قطع و وصل لامپ‌های تخلیه در گاز
	AC-5b	قطع و وصل لامپ‌های رشته‌ای
	AC-6a	قطع و وصل بانک‌های خازنی
	AC-6b	قطع و وصل برای ترانسفورماتورها
	AC-7a	بارهای کم القاییِ لوازم خانگی مثل همزن و مخلوط‌کن
	AC-7b	بارهای موتوری لوازم خانگی مثل هواکش‌ها و جاروبرقی مرکزی
	AC-8a	فرمان موتور کمپرسورهای تبرید کاملاً بسته با وصل مجدد دستی رهاساز اضافه بار
	AC-8b	فرمان موتور کمپرسورهای تبرید کاملاً بسته با وصل مجدد خودکار رهاساز اضافه بار
DC	DC-1	بارهای غیرالقای یا اندکی القایی ـ کوره مقاومتی
	DC-3	موتورهای شنت: راه‌اندازی ـ قطع و وصل زیاد در زمان کم ـ تغییرجهت ـ ترمز دینامیکی
	DC-5	موتورهای سری: راه‌اندازی ـ قطع ووصل زیاد در زمان کم ـ تغییرجهت ـ ترمز دینامیکی
	DC-6	قطع و وصل برای لامپ‌های رشته‌ای

راه انداز

مجموعه‌ای از کنتاکتور به‌همراه رله اضافه بار که برای راه‌اندازی موتور الکتریکی به‌کار می‌رود را «راه‌انداز» گویند.

کلید جداکننده

کلید جداکننده در وضعیت قطع (باز) با رعایت الزامات تعیین شده عمل جداسازی را برآورده می‌سازد و در وضعیت وصل (بسته) قادر به عبور جریان عادی مدار الکتریکی می‌باشد.

تذکر

علاوه بر موارد گفته شده کلید جداساز می‌تواند برای مدت زمان مشخصی در شرایط غیرعادی مدار، مانند حالت اتصال کوتاه، نیز جریان را عبور داده اما نمی‌تواند آن را قطع کند در صورتی که کلیدی این توانمندی را داشته باشد به آن کلید خودکار (CB)گویند. گاهی کلیدها به‌صورت ترکیبی از کلید و فیوز نیز ساخته می‌شود. در ادامه به چند نوع از آنها اشاره می‌شود.

کلید فیوزدار SFU: کلیدی است که پل‌های آن مجهز به فیوز ثابت است و هر پل با یک فیوز سری شده است و در یک مجموعه واحد قرار دارند.

کلید ـ فیوز FSU: کلیدی است که پل‌های آن مجهز به فیوز متحرک است و در یک مجموعه واحد قرار دارند.

کلید جداکننده فیوزدار SDF: کلید جداکننده‌ای که در آن یک یا چند قطب، دارای یک فیوز به‌طور سری بسته شده در یک مجموعه واحد می‌باشد.

MCCB (کلید خود قطع کننده قالب‌ریزی شده): یک مدارشکن با یک فضای نگهدارنده قالب‌ریزی شده و متشکل از مواد عایق‌بندی است. برخی از انواع MCCB فقط دارای قطع مغناطیسی هستند و برخی هم دارای قطع مغناطیسی و هم قطع حرارتی می‌باشند.

MPCB (کلید محافظ موتور الکتریکی): یک مدارشکن دارای قسمت حرارتی و مغناطیسی مناسب برای حفاظت موتورهای الکتریکی است در صورت استفاده از آن هم مدار قدرت موتور الکتریکی و مدار هم فرمان آن حفاظت می‌شود.

جدول ۲ـ وظایف کلیدآلات

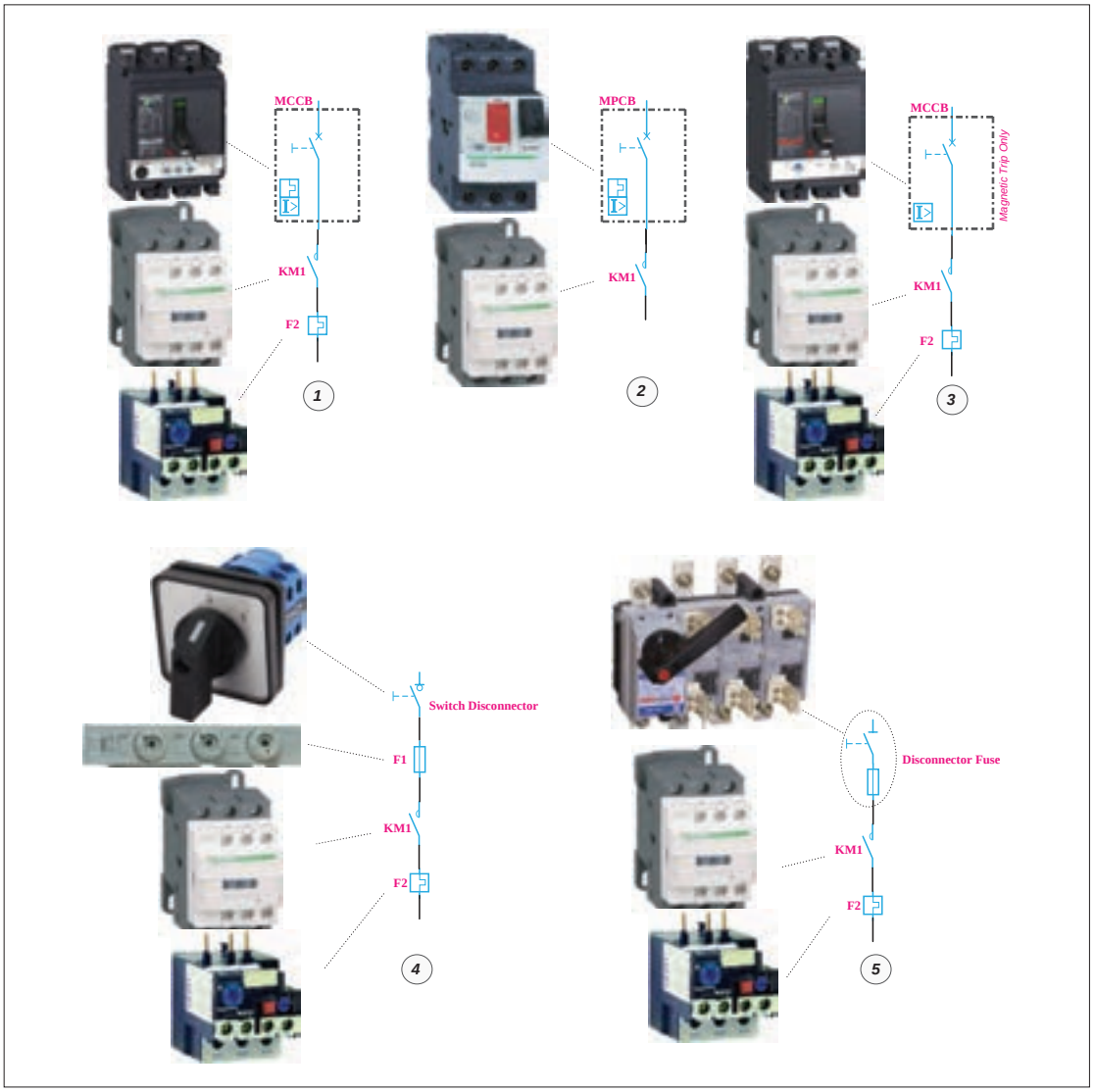
نام وسیله	کلیدزنی	حفاظت
کنتاکتور	بله	نه
رله اضافه بار	نه	بله
راه‌انداز	بله	بله
کلید جداکننده	بله	نه
کلید فیوز/ فیوز	نه	بله
SDF /SFU	بله	بله
MCCB	بله	بله
MCCB magnetic trip only	بله	بله
MPCB	بله	بله

وظیفه اصلی تابلوهای الکتریکی «کلیدزنی» و «حفاظت از تجهیزات الکتریکی» است. برای دسته‌بندی قطعات الکتریکی و کلیدآلات در این دو وظیفه اصلی تابلو، مطابق جدول۲می‌توان آنها را طبقه‌بندی کرد.

فعالیت

تفاوت کنتاکتور و MPCB مطابق جدول ۲ چیست؟

روش‌های راه‌اندازی موتور الکتریکی در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲ــ روش های مختلف راه‌اندازی موتور الکتریکی

فعالیت

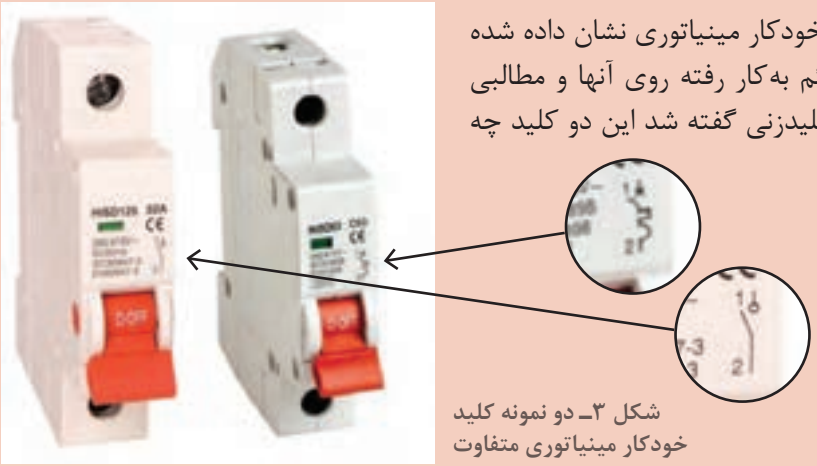
چرادر راه‌اندازی (شماره ۱) با وجودی که MCCB دارای رله حرارتی داخلی است، رله حرارتی در زیر کنتاکتور حذف نشده است؟ چرا؟

راهنمایی

اگر راه‌اندازی (شماره ۲) را که مربوط به MPCB است با آن مقایسه کنید متوجه می‌شوید MPCB هم مدار قدرت و هم مدار فرمان را قطع می‌کند اما در مورد MCCB فقط مدار موتور را قطع می‌کند.

فعالیت

در شکل ۳ دو کلید خودکار مینیاتوری نشان داده شده است با توجه به علائم به‌کار رفته روی آنها و مطالبی که راجع به وسایل کلیدزنی گفته شد این دو کلید چه تفاوتی با هم دارند؟



شکل ۳ـ دو نمونه کلید خودکار مینیاتوری متفاوت

رله

رله وسیله‌ای است که تغییرات فیزیکی (مثل گرما ـ زمان ـ نور و...) را می‌سنجد و برمبنای تنظیمات از پیش تعیین شده عمل می‌کند و کنتاکت (تیغه) یا کنتاکت‌هایی را باز یا بسته می‌کند.

رله اضافه بار (بی‌متال): رله اضافه بار یا رله بی‌متال، وسیله‌ای برای حفاظت از موتور الکتریکی در برابر اضافه جریان(بار زیاد) است. این رله قابلیت تنظیم دارد و در برابر اضافه جریان از ۱/۰۵ تا ۱۰ برابر جریان نامی موتور الکتریکی، جریان موتور الکتریکی را قطع می‌کند. این رله دارای سه پل برای عبور جریان سه فاز مصرف‌کننده موتوری است و دارای دو تیغه فرمان باز وبسته است (شکل۴).
تیغه بسته برای قطع تغذیه کنتاکتور و تیغه باز برای هشدار دادن خطای رخ داده در مدار الکتریکی است.

شکل ۴ـ رله اضافه بار یا بی‌متال

تنظیم رله بی‌متال:

۱ـ مقدارجریان را از پلاک موتورالکتریکی پیدا کنید.

۲ـ جریان واقعی موتورالکتریکی را اندازه‌گیری کنید.

۳ـ تنظیم رله را برمبنای جریان مصرفی موتورالکتریکی تنظیم کنید (اگر جریان دریافتی واقعی موتور از جریان پلاک موتور بیشتر بود مورد علت را بررسی کنید)

حالت خاص: انتخاب و تنظیم بی متال برای موتورهای الکتریکی که زمان راه‌اندازی آنها بیشتر از زمان قطع رله بی‌متال در جریان ماندگار راه‌اندازی باشد:

۱ـ رله را از روی مشخصه تأخیری قطع آن انتخاب کنید و مطمئن شوید که زمان قطع رله در جریان ماندگار راه‌اندازی از زمان راه اندازروی موتورالکتریکی بیشتر است.

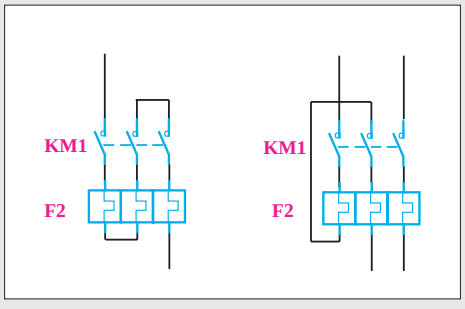
۲ـ رله را از روی جریان مصرفی واقعی موتورالکتریکی تنظیم کنید.

برای تنظیم رله اضافه بار مطابق شکل۵ـ الف رله قابل تنظیم است.

شکل ۵ـ الف) تنظیم رله اضافه بار یا بی‌متال

تذکر ۱

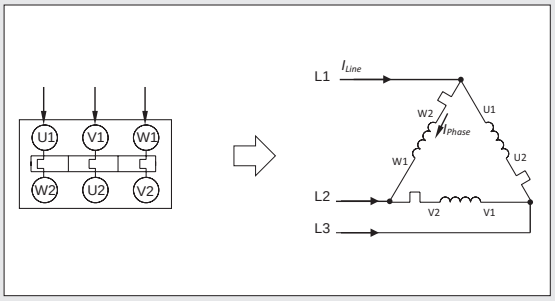
تیغه‌های رله اضافه بار صنعتی‌سه‌فاز بوده و برای کاربرد رله در مدارهای تک‌فاز و DC به دو صورت شکل۵ـ ب می‌توان آن را به‌کار برد.



شکل ۵ـ ب) کاربرد تک‌فاز رله اضافه بار یابی‌متال

تذکر ۱

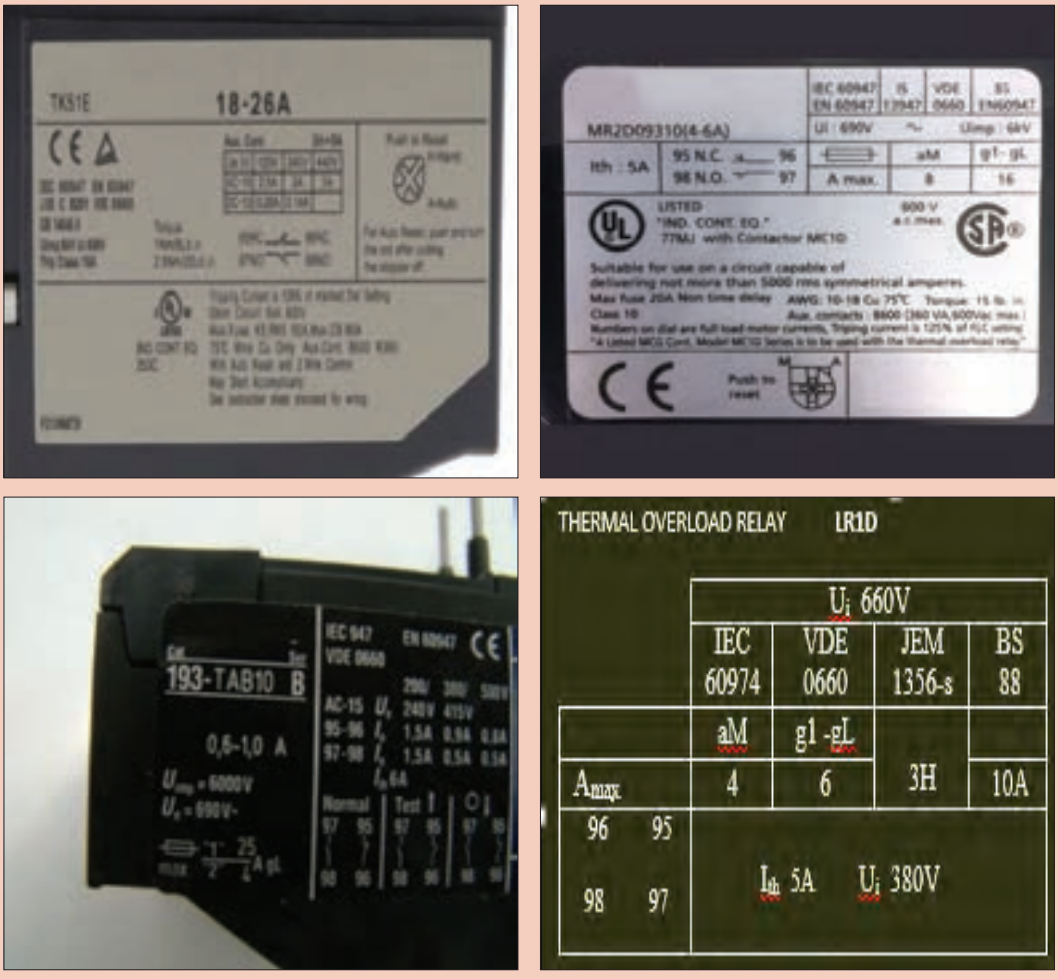
اگر رله اضافه بار در مسیر فازی قرار گیرد به جای تنظیم رله به مقدار جریان‌نامی،رله روی ۰/۵۸ جریان نامی‌تنظیم می‌شود $(\frac{۱}{\sqrt{۳}} \simeq ۰/۵۸)$ این مطلب زمانی اتفاق می‌افتد که سربندی موتور الکتریکی مطابق شکل مثلث بسته شود (شکل۶).



شکل ۶ــ نصب رله در حالت مثلث موتور الکتریکی

فعالیت

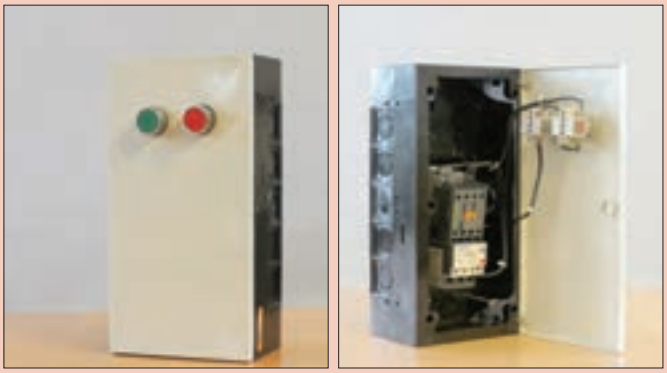
اطلاعات نمونه برچسب رله اضافه بار (Overload Relay) در شکل ۷را استخراج نمایید.



شکل ۷ –چند نمونه برچسب رله اضافه بار

فعالیت

با ترکیب کنتاکتور، رله اضافه بار، شستی استپ و استارت و استفاده از یک قاب پلاستیکی مناسب می‌توانید یک تابلو مدار راه‌اندازی (استارتر) مطابق شکل ۸ درست کنید.



شکل ۸ـ یک نمونه تابلو ساده راه‌انداز موتور الکتریکی

تحقیق کنید

در راه‌اندازی و کار موتورهای الکتریکی معمولاً از رله اضافه بار یا بی‌متال که معمولاً دارای سه پل است استفاده می‌شود اما نوع دیگری از آن در بازار متداول شده که چهار پل دارد این پل چهارم زیر ترمینال ۱۴ کنتاکتور بسته می‌شود. به‌نظر شما کار پل چهارم چیست؟ (شکل۹)

شکل ۹ـ رله با چهار پل

تابلوهای کنترل موتوری Motor Control Center (MCC)

تابلوهای کنترل موتوری یکی از انواع مختلف تابلو برق می‌باشد که به آنها اصطلاحاً تابلوهای MCC گفته می‌شود. این نوع تابلوها در صنایع و تأسیسات الکتریکی، موتورخانه، کارگاه‌های تولیدی، خطوط تولید مواد، ایستگاه پمپاژ آب، صنایع تولید و انتقال مایعات، صنایع نفت و پتروشیمی استفاده می‌شوند.

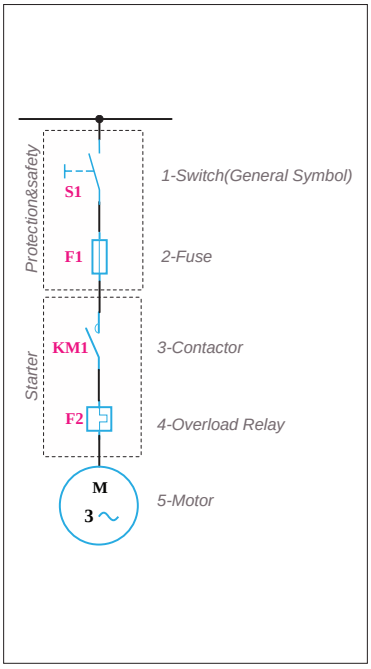
جانمایی تابلوهای موتوری MCC

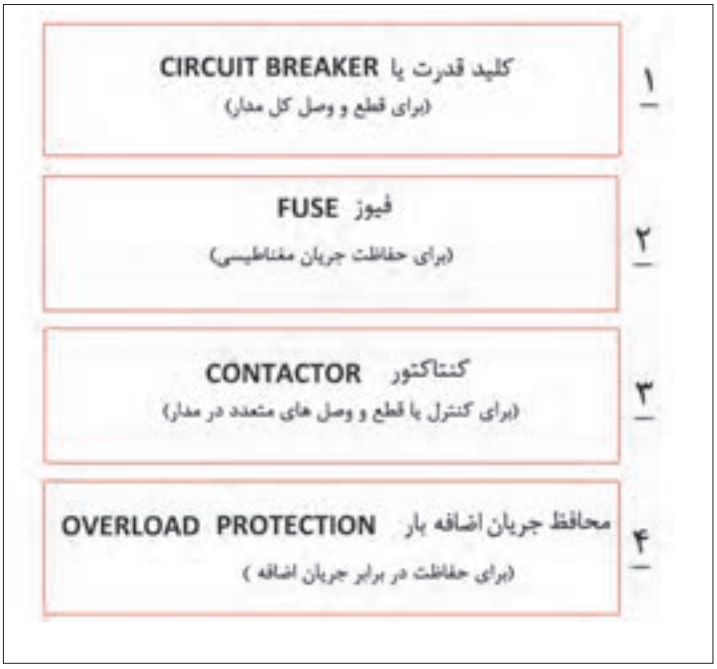
منظور از جانمایی تابلوهای راه‌اندازی موتوری، نصب قطعات الکتریکی در تابلو راه‌اندازی است به نحوی که کنترل و حفاظت کامل جریان یک موتور الکتریکی را به همراه داشته باشد. جانمایی و ترتیب نصب این قطعات مطابق شکل ۱۰، حد فاصل خط تغذیه و موتور الکتریکی قرار دارد وظیفه هر قطعه مطابق شکل ۱۱ ارائه شده است.

شکل ۱۰ــ قطعات مورد استفاده در تابلوهای راه‌انداز موتوری

ایمنی

برای حفاظت ولتاژ و نیز جلوگیری از دو فاز شدن موتور باید از کنترل فاز استفاده شود بنابراین برای کلیه موتورهای سه فاز می‌توان درنظر گرفت و در تابلو نصب کرد. در اینجا جزء لوازم اصلی به حساب آورده نشده است.





شکل ۱۱ــ نقش قطعات مورد استفاده در تابلوهای راه‌انداز موتوری

فعالیت

با توجه به شماره قطعات حفاظتی و کنترلی در تابلوهای موتوری نشان داده شده درشکل ۵، جدول ۳را تکمیل نمایید.

راهنمایی

به عنوان مثال کلید خودکار مینیاتوری، نقش کلید (CB) و محافظ جریان اتصال کوتاه را دارد.

جدول ۳ـ نقش و کارایی قطعات مختلف تابلو

ردیف	قطعات کنترلی و حفاظتی	۱	۲	۳	۴
		کلید یا CB	حفاظت جریان اتصال کوتاه	کنترل و قطع و وصل موتور	محافظ جریان اضافه بار
۱	کلید خودکار مینیاتوری	✓	✓	×	
۲	فیوز ذوب شونده				
۳	کلید MCCB	✓			×
۴	کلید MPCB	✓	✓		✓
۵	کلید گردان				
۶	بی‌متال				
۷	کنتاکتور				
۸	کلید فیوز	✓		×	

کلید محافظ MPCB، می‌تواند به جای کلید(CB)، محافظ جریان مغناطیسی و محافظ جریان اضافه‌بار در مدار قرار گیرد. بنابراین برای راه‌اندازی موتور الکتریکی فقط کافیست یک عدد کلید حرارتی و یک عدد کنتاکتور در مدار قرار گیرد.

چیدمان قطعات تابلوهای MCC

برای چیدمان قطعات دو روش پیشنهاد می‌شود. قطعات مدارهای راه‌اندازی، ترکیبی از کاربرد کنتاکتور و رله اضافه جریان با کلید خودکار مینیاتوری، کلید فیوز یا کلید MCCB است (روش اول). نوع دیگر ترکیب کنتاکتور با کلیدMPCB,MCCBاست (روش دوم).

روش اول: یکی از روش‌های چیدمان قطعات با ترکیب CB (فقط جریان اتصال کوتاه) + CONTACTOR + (رله اضافه جریان BI METAL) OVERLOAD relay است. این ترکیب با سه مدل چیدمان قابل اجرا

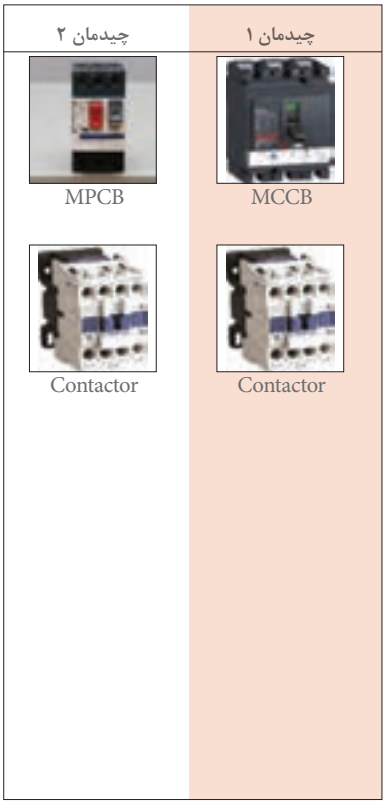
است که در شکل ۱۲ نشان داده شده است که با شماره‌های یک تا سه نشان داده شده است.

۱ـ کلید گردان + MCB+ CONTACTOR + BI METAL
۲ـ FUSE SWITCH + CONTACTOR + BI METAL(Over Load Relay)
۳ـ MCCB (بدون حفاظت اضافه بار) + CONTACTOR + BI METAL

روش دوم: در روش دوم چیدمان قطعات با ترکیب CB (کلید و محافظ جریان اضافه بار و اتصال کوتاه) + CONTACTOR معرفی می‌شود. این ترکیب با دو مدل چیدمان قابل اجرا است که در شکل ۱۳ نشان داده شده است.

۱ـ MCCB (کلید و محافظ جریان اضافه بار و اتصال کوتاه) + CONTACTOR
۲ـ MPCB (کلید و محافظ جریان اضافه بار و اتصال کوتاه) + CONTACTOR

شکل ۱۲ـ سه مدل چیدمان قطعات در تابلوهای راه‌انداز (روش اول)



شکل ۱۳ـ سه مدل چیدمان قطعات در تابلوهای راه‌انداز (روش دوم)

سؤال

چرا در روش دوم از رله اضافه جریان استفاده نشده است؟

انواع راه‌اندازی موتورهای الکتریکی سه‌فاز آسنکرون روتور قفسی

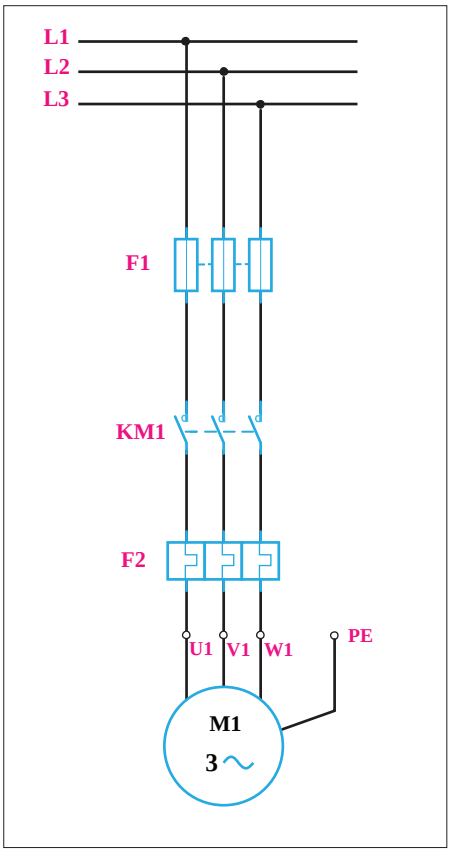
۱ـ راه‌اندازی یک موتور الکتریکی به‌صورت لحظه‌ای و دائم کار
۲ـ مدار یکی پس از دیگری و مداریکی به جای دیگری
۳ـ راه‌اندازی چپ‌گردـ راست‌گرد با حفاظت کامل و سریع
۴ـ راه‌اندازی چپ‌گردـ راست‌گرد با توقف زمانی

کار عملی

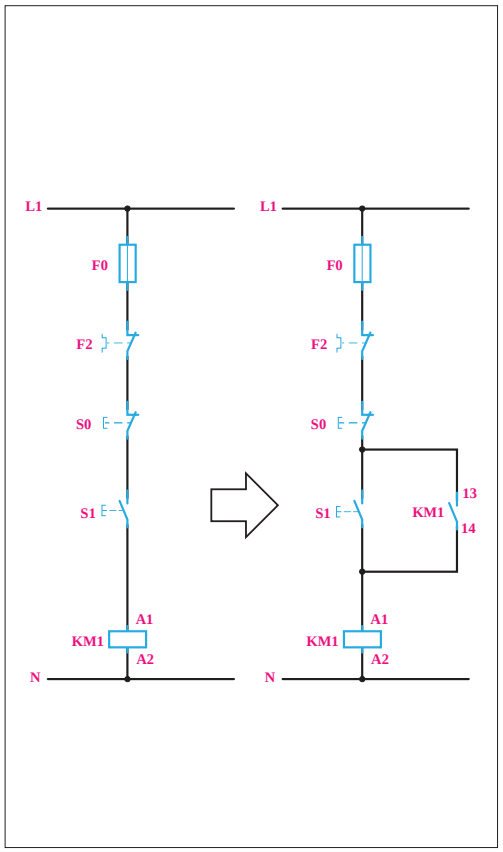
تابلو راه‌اندازی موتور الکتریکی سه فاز آسنکرون را به‌صورت دائم کار مطابق نقشه فرمان و قدرت طراحی و با توجه به تجهیزات گفته شده، جانمایی کنید (شکل۱۴).

در این تابلو فقط اتصال این موتور الکتریکی به شبکه در حالت دائم و قطع آن موردنظر است، بنابراین عملکرد تابلو به این صورت است:

شکل ۱۴ـ تابلو راه‌اندازی موتور الکتریکی سه فاز به‌صورت دائم



شکل۱۵ـ مدار قدرت



شکل ۱۶ـ مدار فرمان

۱ـ با فشردن شستی وصل S1 کنتاکتور KM1 دایم روشن خواهد بود.
۲ـ با فشردن شستی قطع S۰ مدار خاموش می‌شود.

الف) مدار قدرت: کنتاکتور KM1 موتور الکتریکی را به شبکه اتصال می‌دهد؛ به این ترتیب، مدار قدرت آن دارای فیوز برای حفاظت در برابر اتصال کوتاه و بی متال برای حفاظت در برابر بار زیاد است (شکل ۱۶).

ب)مدار فرمان: برای طراحی مدار فرمان، با شرایط عملکرد تابلو، ابتدا شستی وصل S1 را به کنتاکتور KM1 مطابق شکل۱۶ وصل کنید. چون با فشردن شستی S1 کنتاکتور جذب و با حذف فشار از روی شستی، مدار آن دوباره قطع می‌شود، برای رفع مشکل قطع شدن کنتاکتور و دایم روشن ماندن آن از تکنیک خود نگهدار استفاده کنید.

در ادامه شستی قطع نیز باید با مدار به‌صورت سری قرارگیرد تا با فشار به آن، مدار دائم کار به‌طور کامل قطع شود. در شکل ۱۶ مدار فرمان به‌طور کامل با وسایل حفاظتی نشان داده شده است. با توجه به اینکه از رله بی‌متال F2 در مدار قدرت برای حفاظت در برابر اضافه بار استفاده شده است. به همین دلیل لازم است از تیغه فرمان آن به‌صورت سری با فیوز در همه مدارها استفاده شود.

انتخاب کنتاکتور، بی‌متال و فیوز:

در این کار عملی مشخصات کنتاکتور KM1 و وسایل حفاظتی مناسب آن از روی مشخصات موتورالکتریکی تعیین می‌شود چون موتور آسنکرون روتور قفسی است و حالت ترمز و حالت چپ گرد ـ راست‌گرد شدن نیز در این موتور لازم نیست، از روی جدول۴ رسته کنتاکتورها AC3 و از روی پلاک موتور الکتریکی با توجه به جریان، کنتاکتور مناسب انتخاب می‌شود.

جدول ۴ـ ولتاژ و توان در رسته AC3

$\frac{3\sim}{AC3}$	V	۲۳۰	۴۰۰	۵۰۰ ـ ۶۰۰
	KW	۶/۶	۱۲	۱۴/۸

رله اضافه بار F2 مورد استفاده در مدار قدرت باید روی ۲۵A میزان شود؛ پس باید رله اضافه باری که جریان نامی آن مثلاً بین ۳۰A تا ۴۰A باشد، انتخاب شود. برای حفاظت در برابر اتصال کوتاه موتور نیز چون جریان نامی موتور ۲۵A است و باید از فیوزی با ۲ تا ۲/۵ برابر جریان نامی استفاده شود، پس از فیوز کند کار F1 با جریان نامی ۶۳A استفاده کنید. برای حفاظت مدار فرمان نیز فیوز کندکار F۰ با جریان نامی ۴A مورد استفاده قرار می‌گیرد.

بسیاری از دستگاه‌های صنعتی راه‌اندازی دائم کار یا مدار روشن خاموش (استارت استپ) استفاده می‌شود. این مدار یکی از مدارهای پایه به‌حساب می‌آید. مثلاً در تابلوسازی برای خم‌کاری ورق‌های فلزی ازدستگاه پرس خم‌کن هیدرولیک استفاده می‌شود (شکل۱۷). تابلو برق این دستگاه دارای یک موتور اصلی برای سیستم فشار هیدرولیک است.

برای راه‌اندازی موتور اصلی پرس خم‌کن هیدرولیک، مدار باید به‌صورت استارت استپ طراحی شود زیرا با فشردن شستی استارت دستگاه روشن و آماده به خم‌کاری می‌شود و با فشردن شستی استپ موتور دستگاه خاموش خواهد شد لوازم و مشخصات این مدار در جدول ۵ داده شده است. جانمایی تابلو برق آن را طراحی نمایید.

شکل ۱۷ـ پرس هیدرولیک

فعالیت

با توجه به آنچه تا به حال آموختید به‌نظر شما برای آزمایش سالم بودن وسایل راه‌اندازی، چه کارهایی باید انجام داد؟

جدول ۵ـ لیست تجهیزات مورد نیاز

ردیف	تجهیزات مورد نیاز	جریان به آمپر	تعداد
۱	کلید مینیاتوری ۳P_MCB	۴۰A	۱
۲	کنتاکتور	۲۵A	۱
۳	بی متال	۲۰ـ۲۵A	۱
۴	کنترل فاز تیپ بزرگ	ـ	۱

نقش و کارایی هر یک از قطعات:

۱ـ کلید مینیاتوری ۳ فاز (برای قطع و وصل مدار + حفاظت اتصال کوتاه)

۲ـ کنتاکتور (برای کنترل و قطع و وصل موتور)

۳ـ بی‌متال (برای حفاظت اضافه بار ـ حرارتی)

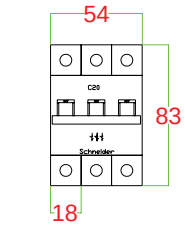
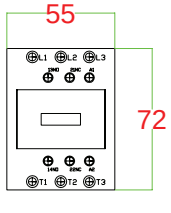
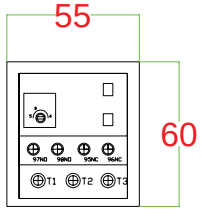
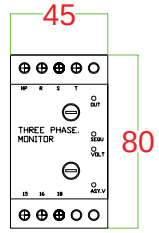
۴ـ کنترل فاز (برای حفاظت ولتاژ و نیز جلوگیری از دوفاز شدن موتور)

مراحل انجام کار:

ـ برای طراحی و تعیین جانمایی، ابتدا یک مستطیل فرضی بکشید و لوازم را به‌صورت فرضی، داخل تابلو قرار دهید و سپس طبق توضیحات بعدی، چیدمان را مرحله به مرحله تکمیل کنید (جدول۶).

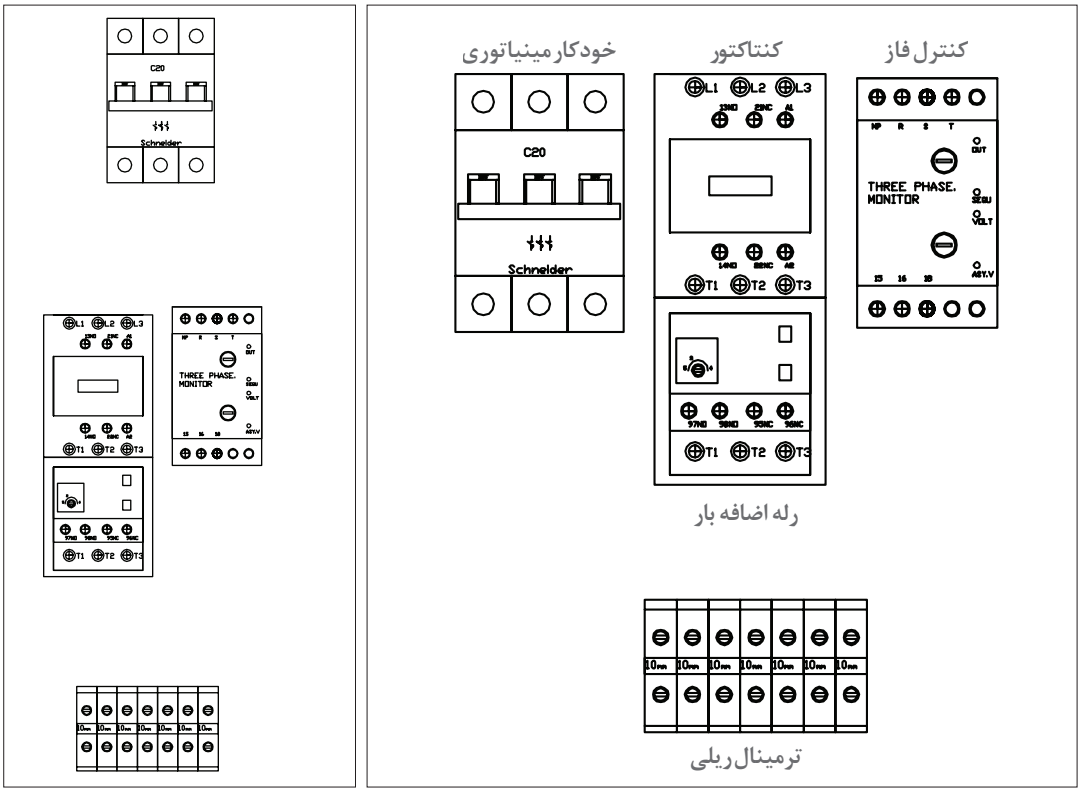
ابعاد و اندازه‌های قطعات را مطابق آنچه از انبار کارگاه هنرستان تحویل گرفته‌اید یادداشت کنید و شابلن اولیه را روی یک کاغذ یا مقوا در اندازه حدود صفحه نصب ترسیم و جانمایی اولیه نمایید.

جدول ۶ـ طراحی جانمایی فرضی

۱	۲	۳	۴
			

چیدمان عرضی و طولی تابلو برق

چیدمان قطعات این تابلو را می‌توان به دو صورت عرضی یا طولی انجام داد.



الف) چیدمان عرضی ب) چیدمان طولی

شکل ۱۸ـ دو نوع چیدمان

الف) چیدمان عرضی: در چیدمان عرضی، قطعات در یک ردیف افقی از چپ به راست (عرض تابلو) و به‌ترتیب مدار قدرت کنار یکدیگر قرار می‌گیرند (شکل ۱۸ـ الف). این نوع چیدمان بیشتر در تابلوهایی کاربرد دارد که یک خط با تعداد کم موتور وجود دارد ودیگر در تابلوهایی که محدودیت ارتفاع دارند و در برخی تابلوها که باید شینه‌بندی انجام شود (در مباحث دیگر اشاره خواهد شد). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که این نوع چیدمان بیشتر در تابلوهای دیواری مورد استفاده قرار می‌گیرد.

ب) چیدمان طولی: در چیدمان طولی، قطعات در یک ستون عمودی و از بالا به پایین (طول تابلو) قرار می‌گیرد. این چیدمان در تابلوهایی کاربرد دارد که مدار دارای خط‌های تغذیه بیشتری باشد و استفاده از روش عرضی مناسب نباشد. زیرا قطعات مختلف با یکدیگر تداخل پیدا می‌کنند و این مسئله باعث سیم‌کشی نامناسب، تداخل بین قطعات و ناهماهنگی بین آنها می‌شود. در این‌حالت قطعات در چند ردیف مجزا و معمولاً طبق ترتیب مدار قدرت کنار هم قرار می‌گیرند.

به‌طورکلی هر ردیف دارای یک نوع قطعه و یا قطعات مرتبط می‌باشد (شکل ۱۸ـ ب). چیدمان از بالای تابلو شروع می‌شود و امکان دارد هر نوع قطعه چندین ردیف را به خود اختصاص دهد. به‌عنوان مثال ردیف اول را به کلیدهای تغذیه و ردیف بعد به کنتاکتور اختصاص داده می‌شود.

در این کار عملی روش چیدمان عرضی پیشنهاد می‌شود زیرا برای چیدمان یک خط موتوری معمولاً روش عرضی بهتر می‌باشد و در ضمن ابعاد تابلو اندازه‌های مناسب و زیباتری پیدا می‌کند.
ـ پس از انتخاب نوع چیدمان، ابعاد هر یک از قطعات را طبق جدول ۷ مشخص نمایید و در جدول وارد کنید.

فعالیت

اندازه‌گیری کمیت‌های الکتریکی ولتاژ و جریان و ضریب توان را با نصب یک مولتی متر دیجیتال تابلویی در تابلو راه انداز دایم کار موتورالکتریکی انجام دهید و در گزارش کار مربوط ثبت نمایید.

جدول ۷ـ مشخصات و اندازه قطعات

قطعات الکتریکی	جریان به آمپر	طول (میلی‌متر)	عرض (میلی‌متر)	ابعاد قطعات موجود در کارگاه هنرستان	
				طول	عرض
کلید مینیاتوری MCB_۳P	۴۰A	۸۳	۵۴		
کنتاکتور	۲۵A	۷۵	۵۰		
بی متال	۲۰_۲۵A	۶۰	۵۵		
کنترل فاز تیپ بزرگ	ـ	۸۰	۴۵		

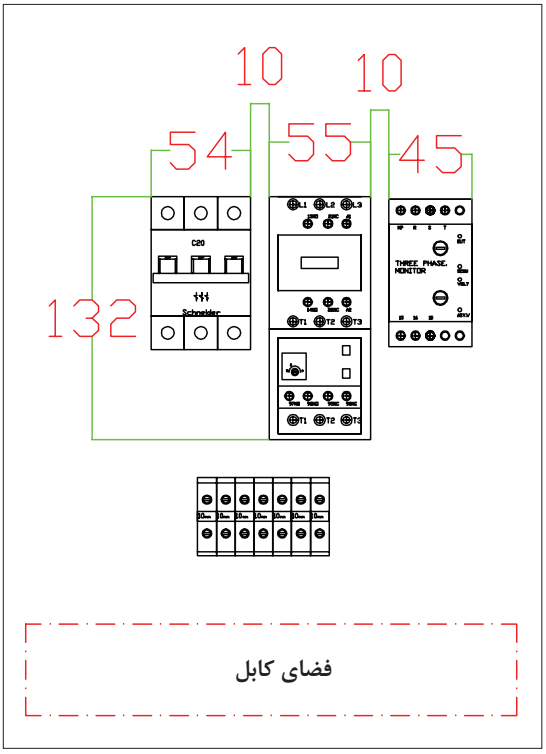
اکنون طبق شکل ۱۹ ابعاد را داخل شابلون صفحه نصب تابلوی فرضی وارد کنید.

فضاسازی بهینه در تابلو: (این موارد می‌تواند در کلیه تابلوهای مشابه به‌کار گرفته شود)
فضاسازی استفاده بهینه از فضای داخل تابلو با چیدمان و سیم‌کشی مناسب است. برای مونتاژ و سیم‌کشی تابلو نیاز به فضاهایی است که باید آنها را در نظر گرفت. این فضاها به این شرح است:

- فضای خالی برای شینه و انشعاب
- فضای خالی برای ترمینال‌های ورودی و خروجی
- فضای خالی برای ورود و خروج کابل (ورودی و خروجی تابلو)
- فضای خالی برای نصب داکت شیاردار
- فضای خالی بین قطعات (اغلب قطعات می‌توانند از کنار به یکدیگر بچسبند، البته اگر آن قطعات از لحاظ عایقی محفوظ باشند. ولی بازهم به نسبت فضای موجود و به‌دلیل تأثیر دما، تا حدی بین قطعات را می‌توانید فاصله بدهید)
- فضای نصب شینه ارت و نول که معمولاً کنار ترمینال‌ها قرار می‌گیرند.

تذکر

چون این کار عملی راه‌اندازی بدون بار موتور الکتریکی است می‌توانید از موتور الکتریکی و قطعات الکتریکی (جدول ۷) در محدوده جریان کمتر استفاده کنید.



شکل ۱۹ـ ابعاد قطعات

شکل ۲۰ـ مسیر ورود و خروج کابل‌ها در تابلو

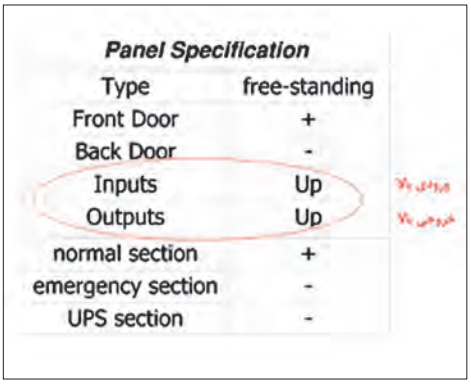
تذکر

قبل از اینکه فضاها را تعیین کنید ابتدا باید مسیر ورود و خروج کابل‌ها، از برق اصلی تا ورودی تابلو و از خروجی تابلو به موتورها مشخص شود. به عنوان مثال اگر کابل‌ها از داخل سینی کابل که معمولاً دورتا دور دیوار یک کارخانه یا سوله کارگاهی نصب می‌شوند، عبور کند کابل‌ها از بالا به تابلو وارد می‌شوند (ورودی ـ خروجی تابلو از بالا (شکل ۲۰) ولی اگر کابل‌ها از داخل کانال زمینی در کارخانه یا کارگاه باید عبور کند، پس کابل‌ها از پایین به تابلو متصل می‌شود (ورودی ـ خروجی تابلو از پایین).

تشخیص این موارد با بررسی محل نصب تابلو به راحتی انجام پذیر است. در ضمن این اطلاعات در مشخصه فنی تابلو درنقشه‌های تک خطی مانند شکل ۲۱ نیز قابل رؤیت می‌باشد.

پس از وارد کردن ابعاد واقعی کلیه قطعات در مستطیل فرضی، فضاهای خالی (فضای داکت، فاصله هوایی و کناری قطعات تا بدنه و غیره) را باتوجه به شکل ۲۰ به این شرح تکمیل کنید تا مستطیل فرضی تبدیل به ابعاد واقعی شود:

- فاصله کلید خودکار مینیاتوری از سمت چپ ۸۰ میلی‌متر

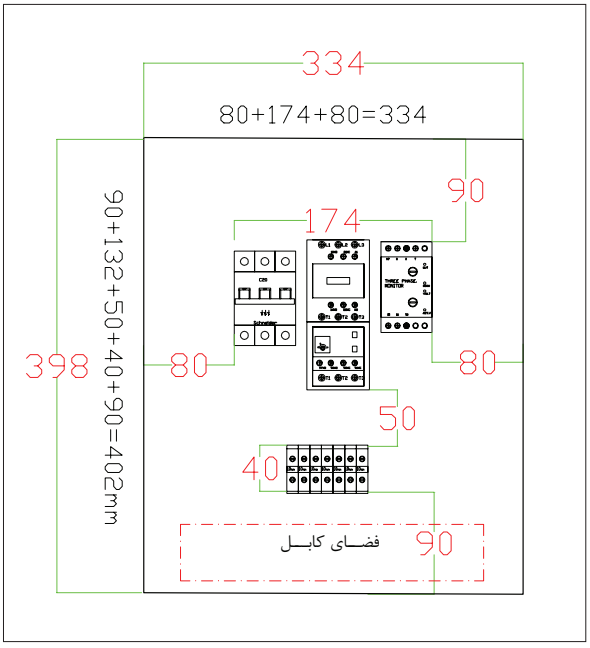


شکل ۲۱ـ مشخصات تابلو
(نقشه تک خطی)

- فاصله بین دو قطعه ۱۰ میلی‌متر (اگر تعداد قطعات زیاد باشد رعایت این فاصله ضروری نیست)
- فاصله سمت راست کنترل فاز تا بدنه ۸۰ میلی‌متر
- فاصله قطعات ازبالای تابلو ۱۰۰ میلی‌متر، بین رله اضافه بار(بی متال) و ترمینال ریلی ۵۰ میلی‌متر (این فاصله بهتر است بیشتر باشد زیرا کلیه سیم‌ها از این قسمت عبور می‌کند)
- فضای خالی پایین ترمینال برای عبور کابل نیز ۱۰۰ میلی‌متر درنظرگرفته شود.

در مرحله بعد مجموع فاصله کلیهٔ قطعات را در عرض و طول تابلو به‌دست آورید (شکل ۲۲).

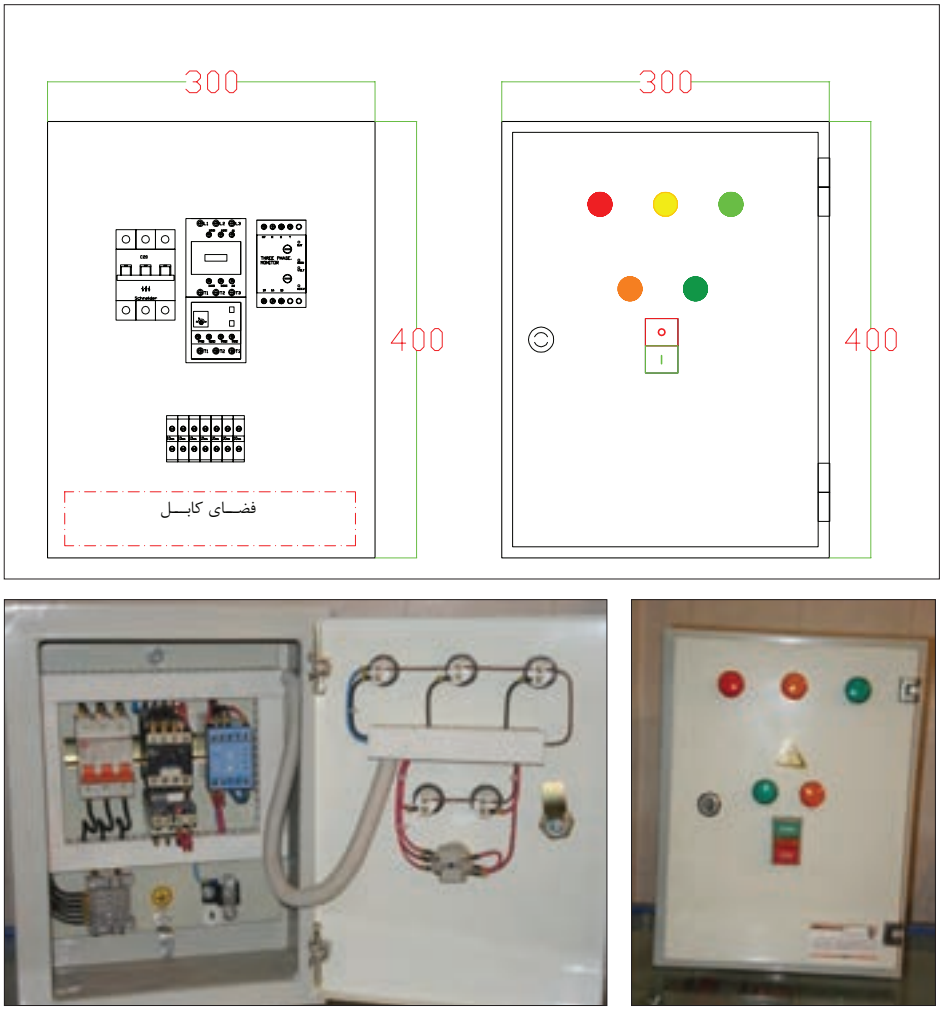
عدد کلیدی ۱۰۰ میلی‌متری: عدد کلیدی ۱۰۰ میلی‌متری، فاصله مفیدی است که می‌توان در تابلو این فاصله را در دو محل زیر در نظر گرفت:



شکل ۲۲ـ جانمایی قطعات در تابلو

۱ـ فاصله هر ردیف عمودی تا بدنه تابلو
۲ـ فاصله ترمینال ریلی تا پایین تابلو

همان‌طور که در شکل ۲۲ مشاهده می‌شود عرض و طول تابلو ۴۲۲×۳۳۴ میلی‌متر به‌دست آمد. اکنون کافی است این ابعاد را با ابعاد استاندارد تابلوهای دیواری در کتاب همراه هنرجو مقایسه کرده و ابعاد تابلوی موردنظر را تعیین نمایید. نزدیک‌ترین اندازه تابلو ۳۰۰×۴۰۰ میلی متر است (شکل ۲۳).



شکل ۲۳ـ جانمایی قطعات در تابلو

خلاصه نکات آموزشی:

۱ـ بیشتر تابلوهای دیواری، فاصله عمودی بین هر ردیف و همچنین فاصله قطعات به بدنه تابلو از طرفین، به اندازه ۱۰۰ میلی‌متر مناسب است.

۲ـ پس از چیدمان اولیه باید ابعاد محاسبه شده را با ابعاد استاندارد مقایسه کرد.

۳ـ بررسی چیدمان‌های مختلف برای نزدیک‌تر کردن ابعاد محاسباتی به ابعاد استاندارد بدنه تابلو دیواری ضروری است.

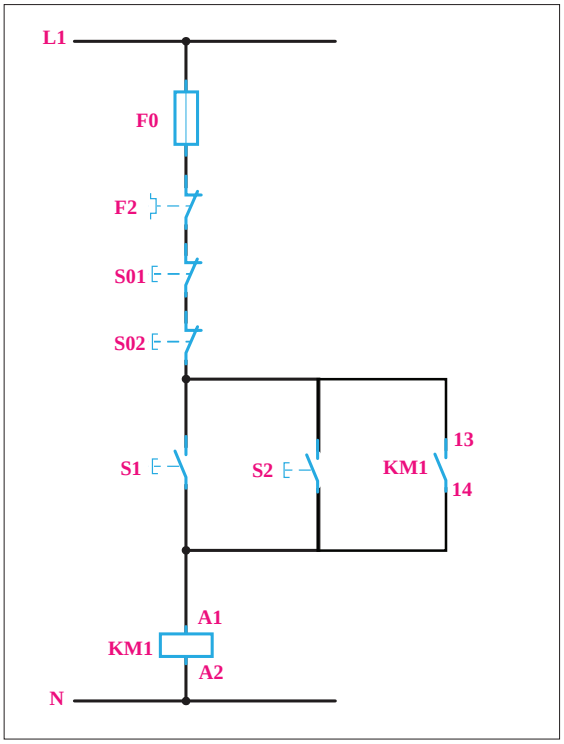
کار عملی

(نیمه‌تجویزی۱)

تابلویی طراحی کنید تا در اتاق سرپرستی یک کارگاه بتوان یک دستگاه ماشین ابزار را روشن و خاموش کرد. البته در کنار این دستگاه شستی وصل و قطع وجود دارد.

طراحی تابلو این کار عملی،کنترل راه‌اندازی از دو محل مد نظر است.
۱ـ با فشردن شستی وصل S1 یا S2 کنتاکتور K M1 دایم روشن شود. ۲ـ با فشردن یک شستی قطع S01 یا S02 مدار خاموش شود به‌عبارت دیگر مدار کار عملی قبلی را به گونه ای تغییر دهید تا بتوان موتور سه فاز را از دو محل روشن و خاموش کرد.

الف) مدار قدرت: کنتاکتور KM1 موتور را به‌شبکه اتصال می‌دهد؛ به این ترتیب، مدار قدرت آن مانند کار عملی قبلی خواهد بود.
ب)مدار فرمان: مدار فرمان، با توجه به شرایط تابلوی این مدار، تغییر خواهد کرد و از تکنیک دیگری برای این منظور استفاده کنید (شکل ۲۴).



شکل ۲۴ـ مدار فرمان کار نیمه تجویزی۱

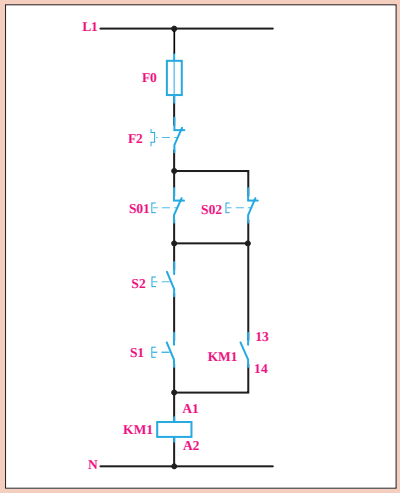
تکنیک ایجاد دو محل فرمان بدون شرط: با موازی کردن شستی‌های وصل می‌توان هر مدار راه‌اندازی را از دو محل فعال (روشن) کرد و با سری‌کردن شستی‌های قطع می‌توان هر مدار را از دو محل غیر فعال (خاموش یا قطع) نمود.

تکنیک ایجاد دو محل فرمان دارای شرط: با موازی کردن شستی‌های قطع می‌توان هر مدار راه‌اندازی را با شرط فشردن هم زمان هر دو شستی قطع نمود و با سری کردن شستی‌های وصل می‌توان هر مدار را با شرط فشردن همزمان هر دو شستی روشن نمود.

کار عملی

(نیمه‌تجویزی۲)

برای حفاظت افرادی که با ماشین‌های برش و قیچی کار می‌کنند بهتر است که هنگام کار با این ماشین‌ها، هر دو دست روی شستی‌های فرمان باشد تا موقع پایین آمدن تیغه ماشین، دست در زیر آن قرار نگیرد و صدمه‌ای نبیند. مدار قدرت و مدار فرمان یک موتور الکتریکی ساده را، با تدبیر ذکر شده برای یک ماشین برش صحافی، ترسیم کنید و تعیین کنید فاصله شستی‌ها در روی ماشین در چه حدودی باید باشد. (شکل ۲۵).



شکل ۲۵ـ مدار فرمان کار نیمه تجویزی ۲

فعالیت

اگر کنتاکت بسته کنتاکتوری در مسیر تغذیه بوبین همان کنتاکتور قرار داده شود چه اتفاقی می‌افتد؟

ـ اصول کار هر یک از مدارهای فرمان را در شکل ۲۱ کاملاً بررسی کنید و پس از بستن مدار، اصول کار و مورد استفاده هر یک را در دفتر گزارش کار خود بنویسید.

نقشه‌های تابلوبرق

نقشهٔ مسیر جریان: از کنار هم قرار دادن نقشه مدار قدرت و نقشه مدار فرمان به‌همراه یک کلید جداساز «Switch Disconetors» و شماره‌گذاری‌های خاص این نقشه ایجاد می‌شود.

نقشه مونتاژ: برای چیدمان قطعات الکتریکی در تابلو برق و سیم‌کشی آنها از نقشه مونتاژ استفاده می‌شود. هرچند این نقشه شبیه نقشه جانمایی تابلو است اما در نقشه مونتاژ از شماره‌هایی برای مشخص کردن سیم‌ها، اتصالات مدار و ترمینال‌ها استفاده می‌شود.

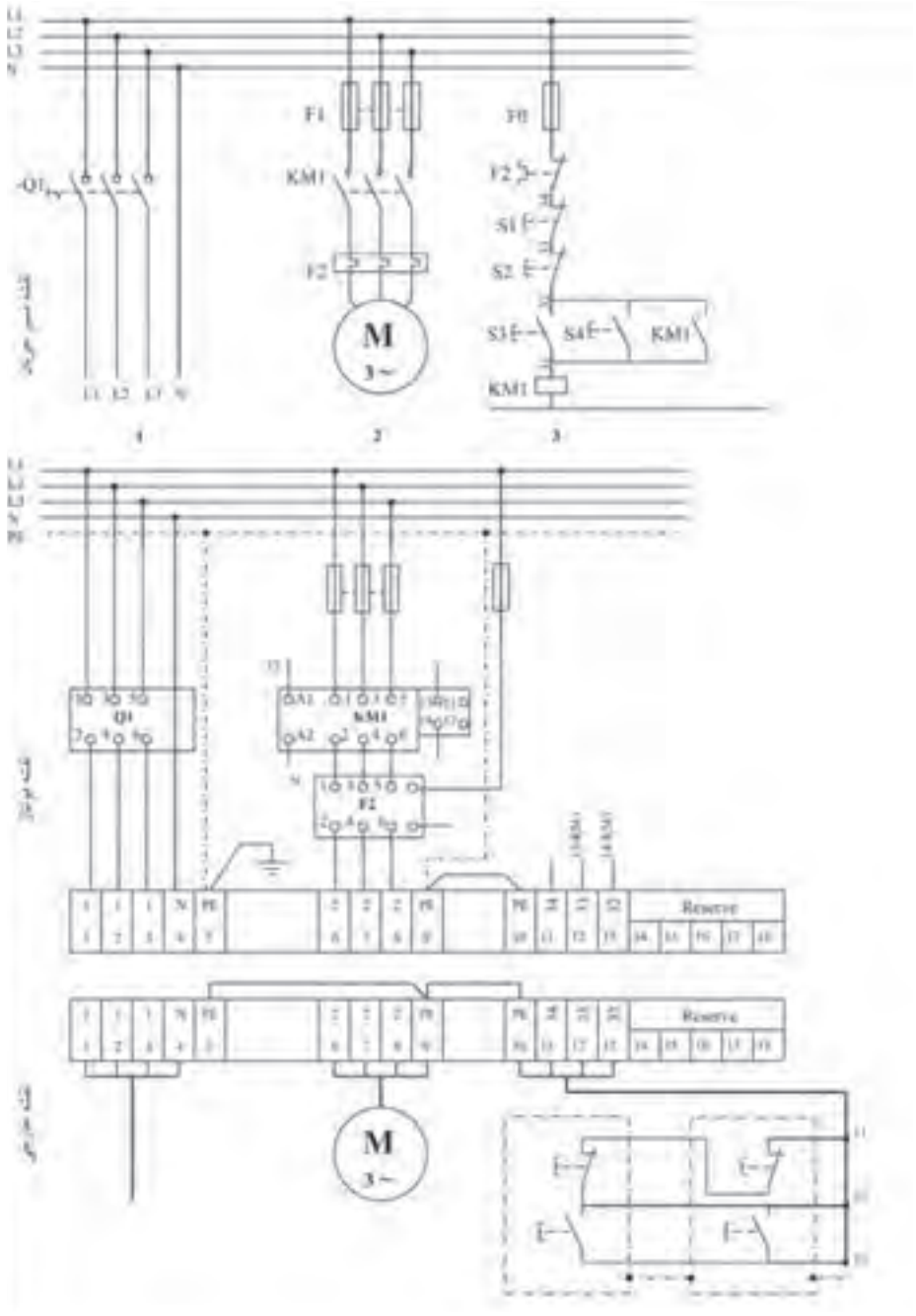
نقشه خارجی: قطعاتی که روی در تابلو نصب می‌شوند و یا خارج از تابلو قرار می‌گیرند و نحوه اتصال آنها به ترمینال‌های تابلو که جهت سربندی لازم است، در نقشه خارجی مشخص می‌شود. البته در اینجا به تمام اتصالات مربوط به قطعات خارجی مثل شستی‌ها، ترمینال تعلق نمی‌گیرد بلکه آنها ابتدا روی در تابلو یا جعبه مربوط، به‌هم سیم‌کشی شده و خروجی آنها به تابلو آمده و ترمینال به آنها تعلق می‌گیرد در این نقشه باید توجه داشت که ترمینال‌ها از چپ به راست شماره‌گذاری شده و در قسمت پایینی هر ترمینال نوشته می‌شود. در قسمت بالایی هر ترمینال نیز شماره سیم آن برای مدارهای قدرت همان شماره‌های تک رقمی مسیر جریان و برای سیم نول N و برای هادی حفاظتی (ارت) PE نوشته می‌شود و هیچ تفاوتی بین شماره‌ها و نوشته‌های روی ترمینال در نقشه‌های مونتاژ و خارجی وجود ندارد.

کار عملی

ـ راه‌اندازی موتور سه فاز از دو محل فرمان دائم کار

۱ـ قبل از بستن مدار نقشه مونتاژ را تکمیل کنید.

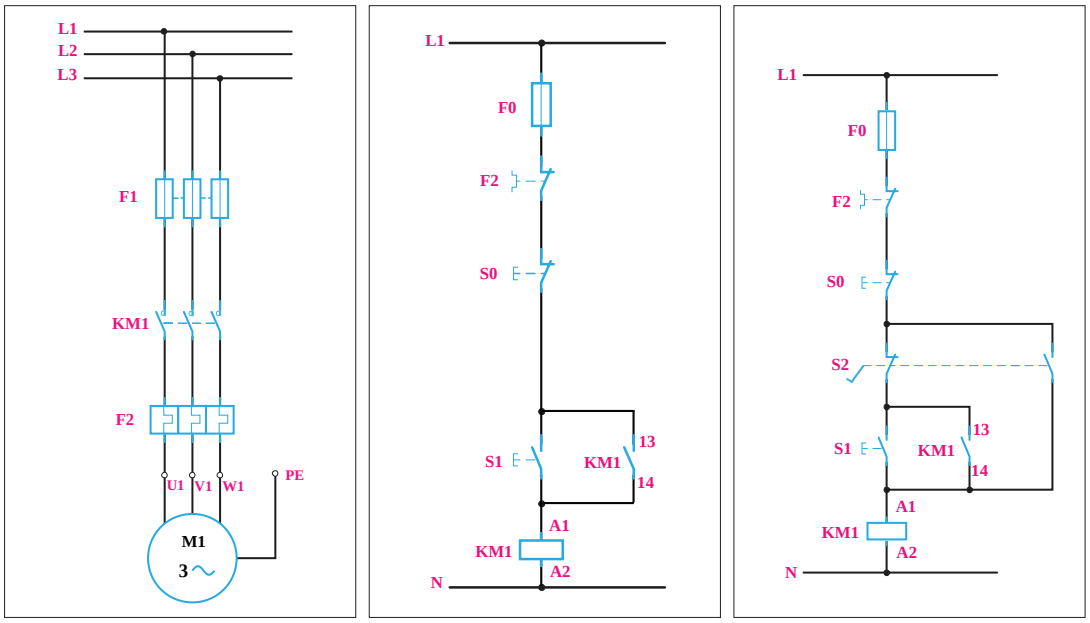
۲ـ طرز کار مدار را تشریح کنید و در گزارش کار بنویسید.



شکل ۲۶ـ نقشه مونتاژ و نقشه خارجی مدار راه انداز دائم

(نیمه‌تجویزی۳)

در یک ماشین چوب بری، از موتور الکتریکی سه فاز آسنکرون روتور قفسی به قدرت ۱/۵kw 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 توسط فشار پدال در لحظه اول ابتدا موتور را از حالت اتصال دائمی قطع و در صورت نگاه داشتن پدال تا زمانی که توسط پا بر روی آن فشار وارد می‌شود موتور بچرخد و زمانی که پا از روی پدال برداشته می‌شود مدار موتور نیز قطع شود.



شکل ۲۷ـ مدار فرمان و مدار قدرت

حل:

الف) مدار قدرت: کنتاکتور K M1 باید موتور را به شبکه اتصال دهد؛ به این ترتیب، مدار قدرت آن مانند کارهای عملی قبلی خواهد بود.

ب)مدار فرمان: پدال را در این مدار می‌توان یک شستی دوبل در نظر گرفت که با حرکت پا، به‌جای دست کار می‌کند، عملکرد پدال و شستی کاملاً یکسان بوده و از دو تیغه تشکیل شده که در حالت عادی یکی بسته و دیگری باز است و با فشار دادن، این دو تیغه تغییر وضعیت می‌دهند اما نکته در اینجاست که تیغه بسته در لحظه اول با کمترین فشار دست عمل می‌کند ولی تیغه باز آن در انتهای فشردن عمل می‌کند بنابراین اگر برای این راه‌اندازی یک مدار فرمان مشابه کار عملی ۱ در نظر بگیرید می‌توانید تیغه بسته پدال را در مسیر اصلی مدار فرمان قرار دهید تا در لحظه اول فشردن عمل کرده و مطابق خواسته کارعملی موتور را از حالت دائمی کار قطع کند و برای آنکه در ادامه با نگاه داشتن کامل پدال تا زمانی که پا روی آن فشار آورد موتور روشن باشد باید تیغه باز پدال را در مسیر جدیدی از مدار فرمان قرار داد تا بوبین را برق‌دار نماید. به‌این ترتیب مدار تکمیل خواهد شد(شکل۲۷).

راه‌اندازی چند موتور الکتریکی

موتورهای الکتریکی می‌توانند به‌طور مستقل از هم راه‌اندازی شده و مورد استفاده قرار بگیرند. در بعضی از دستگاه‌ها ممکن است چندین موتور الکتریکی وجود داشته باشد که کار آنها به یکدیگر وابسته باشد. به‌طور مثال دستگاه کشش یا استرچ، عمل کشش میله‌های آهنی را توسط یک موتور الکتریکی انجام می‌دهدکه به گیربکس متصل است. نکته مهم در راه‌اندازی این موتور اینست که قبل از راه‌اندازی، باید موتور یا پمپ دیگری برای روغن‌کاری گیربکس روشن شود تا قبل از اینکه گیربکس تحت فشار قرار گیرد، برای چرخش روان و اصطکاک کمتر آماده شود.

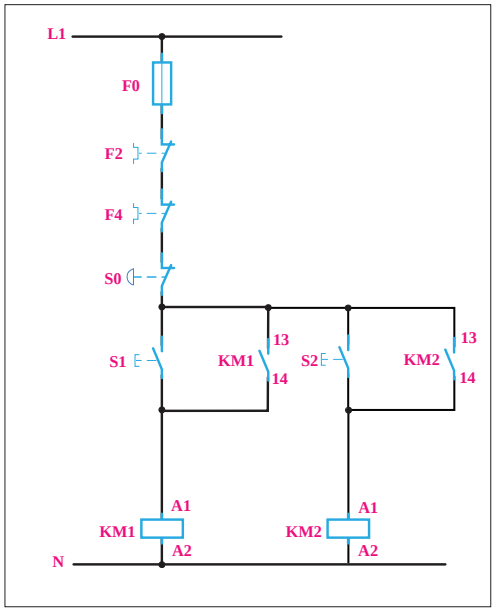
تکنیک راه‌اندازی مستقل موتورهای الکتریکی

در یک کارگاه صنعتی دو ماشین تراش ساده با الکتروموتور سه فاز وجود دارد. مدار فرمان و قدرت را طوری طراحی کنید که:

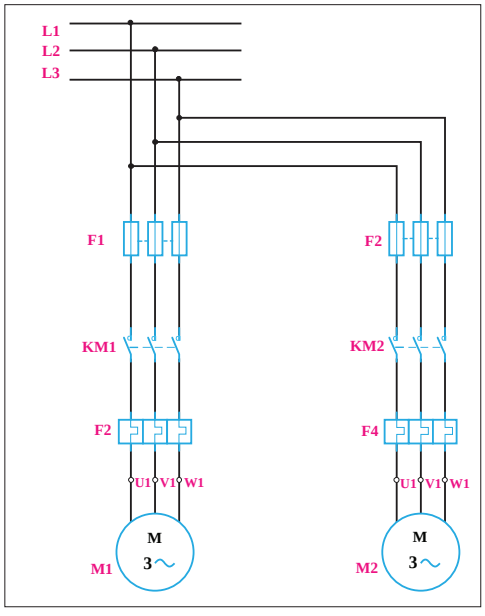
۱ـ موتورهای الکتریکی به‌طور مستقل از هم راه‌اندازی شوند.

۲ـ برای قطع هم زمان موتورهای الکتریکی از یک شستی اضطراری (اصطلاحاً قارچی) استفاده شود.

الف) مدار قدرت: برای راه‌اندازی هر یک از موتورهای الکتریکی سه فاز یک کنتاکتور مورد نیاز است. از کنتاکتور KM1 برای راه‌اندازی موتور الکتریکی M1 و از کنتاکتور KM2 نیز برای راه‌اندازی موتور M2 استفاده می‌شود (شکل ۲۸). برای حفاظت موتورهای الکتریکی در مقابل اتصال کوتاه از فیوز استفاده می‌شود. در نقشه شکل ۲۸ـ ب، F1 وF2 به عنوان فیوز به ترتیب برای محافظت موتورهای الکتریکی M2,M1 استفاده شده است. رله‌های بی‌متال نیز برای محافظت در مقابل اضافه بار موتورهای الکتریکی M2,M1 به‌کار برده شده است.



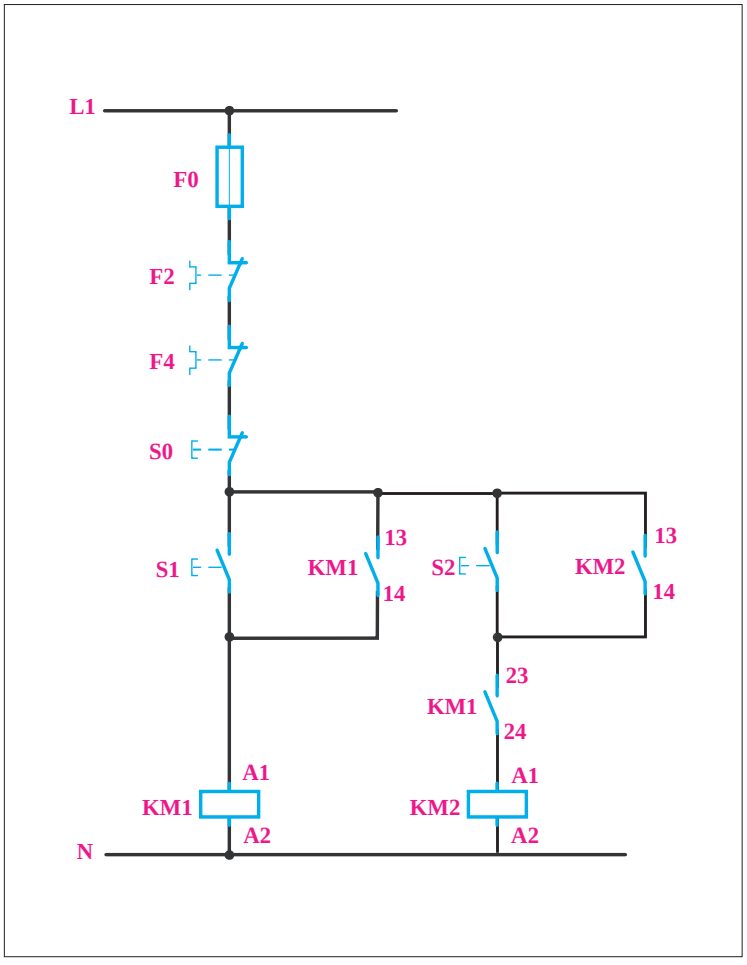
شکل ۲۸ ـ الف) مدار فرمان



ب) مدار قدرت

ب)مدار فرمان: برای راه‌اندازی هر موتور الکتریکی از یک شستی وصل استفاده می‌شود. از شستی وصل S1 برای راه‌اندازی موتور الکتریکی M1 از طریق کنتاکتور KM1 و از شستی وصل S2 برای راه‌اندازی موتور M2 از طریق کنتاکتور KM2 استفاده می‌شود. شستی قطع S0 برای خاموش‌کردن هر دو موتور به‌طور هم‌زمان استفاده می‌شود (شکل۲۸ـ الف).

تکنیک راه‌اندازی یکی پس از دیگری موتورهای الکتریکی: تکنیک یکی پس از دیگری به معنای وابستگی روشن‌شدن موتور الکتریکی دوم به موتور اول است. برای این منظور باید یک کنتاکت باز KM1 را به‌طور سری در مسیر روشن شدن کنتاکتور KM2 قرار دهید (شکل۲۹). به‌این ترتیب ملاحظه می‌شود که اگر کنتاکتور KM1 وصل نباشد و شستی S2 فشار داده شود، به‌علت باز بودن مسیر بوبین، KM2 موتور M2 کار نخواهد کرد. برای قطع کل مدار نیز از شستی 0 به‌طور سری در مدار استفاده کنید. قطع‌کننده‌های حرارتی F3 و F4 نیز به‌طور سری با کل مدار قرار می‌گیرند تا درصورت اضافه بار برای هریک از موتورها، کل مدار قطع شود. فیوز F0 نیز برای حفاظت مدار فرمان استفاده می‌شود.



شکل ۲۹- مدار فرمان یکی پس از دیگری

کار عملی

مدار راه‌اندازی یکی پس از دیگری:
در یک ماشین صنعتی از دو موتور الکتریکی سه فاز M1, M2 استفاده شده است. موتور الکتریکی سه فاز M1 برای پمپ روغن به قدرت نامی ۰/۵ کیلووات و جریان نامی ۱/۵ آمپر و موتور الکتریکی سه فاز M2 به قدرت نامی۵ کیلو وات و جریان نامی ۱۰ آمپر است. مدار فرمان و قدرت را طراحی کنید. موتور الکتریکی سه فاز M2 وقتی می‌تواند کار کند که قبل از آن موتور الکتریکی سه فاز M1 شروع به‌کار کرده باشد.

الف) مدار قدرت: برای راه‌اندازی هر یک از موتورهای الکتریکی یک کنتاکتور مورد نیاز است. از کنتاکتور KM1 برای راه‌اندازی موتور الکتریکی M1 و از کنتاکتور KM2 نیز برای راه‌اندازی موتور M2 استفاده می‌شود. برای حفاظت موتورهای الکتریکی M2,M1 در مقابل خطاهای اتصال کوتاه و اضافه بار به ترتیب از فیوز ورله بی متال استفاده می‌شود.

ب) مدار فرمان: برای راه‌اندازی دو موتور الکتریکی M2,M1 و نیز قطع هر دو موتور سه شستی مورد نیاز است. شستی وصل S1 برای راه‌اندازی موتور الکتریکی M1 و شستی وصل S2 برای راه‌اندازی موتور M2 استفاده می‌شود. شستی قطع S0 برای قطع موتورهای الکتریکی M2,M1 استفاده می‌شود. برای اینکه موتور M2 بعد از موتور M1 راه‌اندازی شود لازم است تیغه باز کنتاکتور KM1 به‌طور سری با بوبین کنتاکتور KM2 بسته شود.

قرار دادن تیغه باز یک کنتاکتور به‌طور سری با بوبین کنتاکتور دیگر را «تکنیک یکی پس از دیگری» می‌گویند. در مدار فرمان شکل ۲۹ موتور M2 وقتی می‌تواند توسط S2 راه‌اندازی شود که کنتاکتور KM1 وصل شده باشد تا تیغه باز آن وصل شده و مسیر برای اتصال KM2 آماده شود. برای حفاظت موتور M1 در مقابل اضافه بار از قطع‌کننده حرارتی F 3 و از قطع‌کننده حرارتی F 4 نیز برای حفاظت موتور M2 در مقابل اضافه بار استفاده می‌شود. فیوز F 0 نیز برای حفاظت مدار فرمان استفاده شده است.

فعالیت

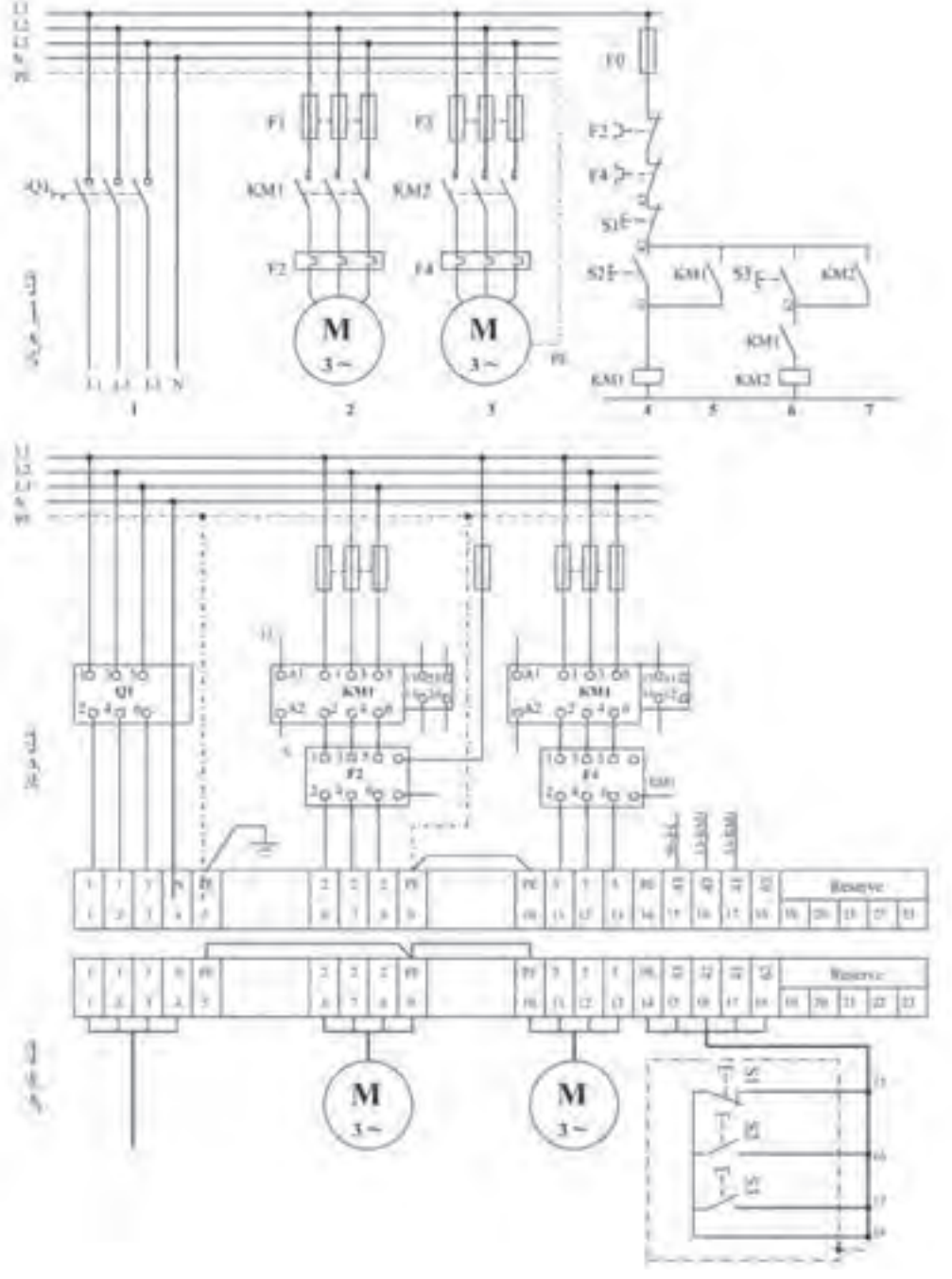
در مدار فرمان کار عملی به جای کنتاکت باز KM1 در مسیر بوبین کنتاکتور،KM2 کنتاکت بسته KM1 را قرار دهید و مدار جدید را بررسی کنید. مورد استفاده مدار جدید را شرح دهید.

فعالیت عملی

ـ مدار یکی پس از دیگری

۱ـ قبل از بستن مدار نقشه مونتاژ را تکمیل کنید.

۲ـ طرز کار مدار را تشریح کرده و در گزارش کار بنویسید.



شکل ۳۰ـ نقشه مونتاژ ونقشه خارجی مداریکی پس از دیگری

تجهیزات و قطعات مورد نیاز: با توجه به نوع موتورها، انتخاب کنتاکتور و وسایل حفاظت‌کننده تجهیزات این کار عملی دارای مشخصات زیر است:

ـ ابتدا نوع قطعات، محدوده جریان الکتریکی و تعداد آنها را مشخص کنید (جدول ۹ و ۸).

جدول ۸ـ لوازم مورد نیاز در تابلو

جدول ۹ـ تجهیزات مورد نیاز در تابلو

ردیف	تجهیزات مورد نیاز	جریان به آمپر	تعداد
۱	کلید خودکار مینیاتوری MCB_۳P	۴۰A	۱
۲	کلید خودکار مینیاتوری MCB_۱P	۱۶A	۱
۳	کنتاکتور	۴۰A	۱
۴	کنتاکتور	۱۲A	۱
۵	رله اضافه بار	۲۰_۲۵A	۱
۶	رله اضافه بار	۴_۶A	۱
۷	کنترل فاز تیپ بزرگ	ـ	۱
۸	شستی استارت استپ	ـ	۲

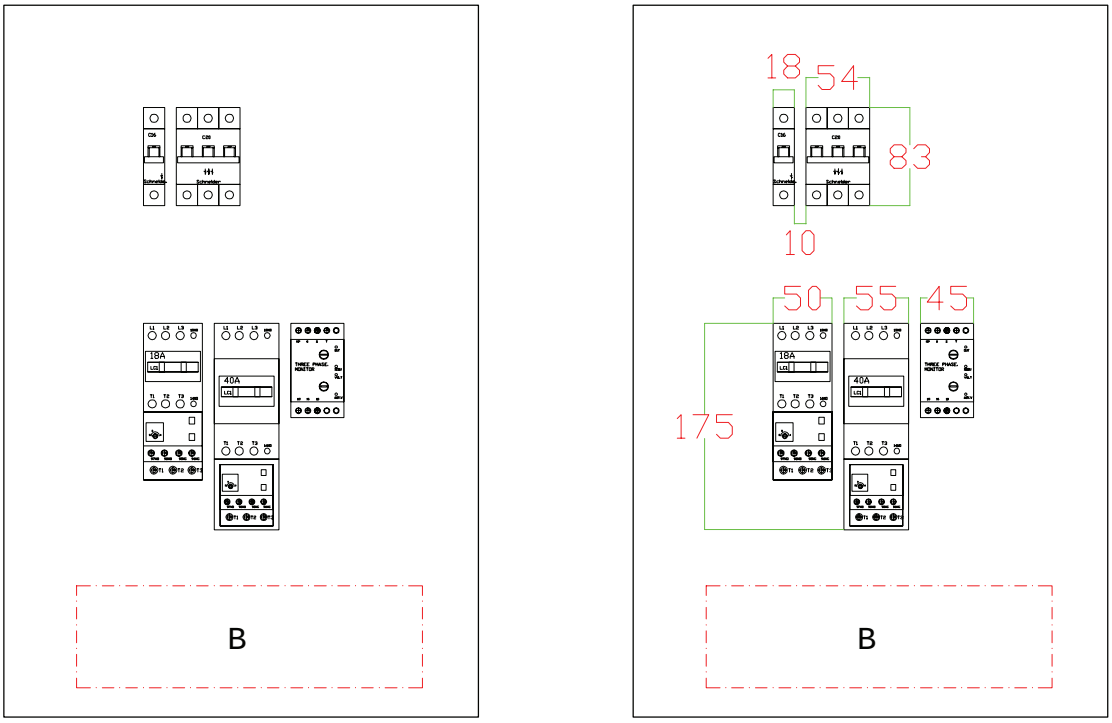
ـ سپس ابعاد هریک از قطعات را با توجه به ابعاد آن و یا از روی کاتالوگ مشخصات قطعه تعیین کنید(جدول ۱۰).

جدول ۱۰ـ ابعاد قطعات مورد نیاز برای جانمایی

نام قطعه	جریان به آمپر	طول (میلی‌متر)	عرض (میلی‌متر)	طول قطعات موجود در کارگاه (میلی‌متر)	عرض قطعات موجود در کارگاه (میلی‌متر)
کلید خودکار مینیاتوری MCB_۳P	۴۰A	۸۳	۵۴		
کلید خودکار مینیاتوری MCB_۱P	۱۶A	۸۳	۱۸		
کنتاکتور	۴۰A	۱۱۵	۵۵		
کنتاکتور	۱۲A	۷۵	۵۰		
رله بی متال (اضافه‌بار)	۲۰_۲۵A	۶۰	۵۵		
رله بی متال (اضافه‌بار)	۴_۶A	۵۵	۵۰		
کنترل فاز تیپ بزرگ	ـ	۸۰	۴۵		

توجه

ابعاد و اندازه قطعات کارخانه‌های سازنده تجهیزات برقی کمی با یکدیگر تفاوت دارند.
رله اضافه‌بار F3 ۱۲ آمپر انتخاب شده و روی ۱/۵ آمپر تنظیم شود.
رله اضافه‌بار F4 ۱۲ـ ۵ آمپر انتخاب شده و روی ۱۰ آمپر تنظیم شود.



شکل ۳۱ـ نصب قطعات به روش طولی

چیدمان قطعات:

چیدمان قطعات و نصب و جانمایی در تابلو روی صفحه نصب به دو روش طولی و عرضی انجام می‌شود. مناسب‌ترین گزینه را برای نصب قطعات بررسی و انتخاب نمایید.

الف) تعیین محل و جانمایی قطعات به روش طولی: روش طولی، بدین صورت که قطعات هم نوع را در ردیف‌های جداگانه قرار داده و ابعاد آنها را در تابلوی فرضی وارد نمایید (شکل ۳۱).

کلیدها در ردیف اول ـ کنتاکتور در ردیف پایین کلید ـ بی متال زیر کنتاکتور نصب می‌شود. ورودی خروجی در پایین تابلو در نظر گرفته شده است بنابراین ترمینال‌ها نیز در قسمت پایین کنتاکتورها قرار می‌گیرند. و فضایی برای عبور کابل (B) در نظر بگیرید. سپس ابعاد دقیق لوازم را برروی تابلو و فضاهای خالی را به‌صورت فرضی در نظر بگیرید (شکل ۳۱).

ب) فضا سازی داخلی تابلو:

ـ فضای خالی برای ورود و خروج کابل (ترمینال‌های ورودی و خروجی تابلو) ۱۵۰ میلی‌متر (B) در نظر بگیرید.

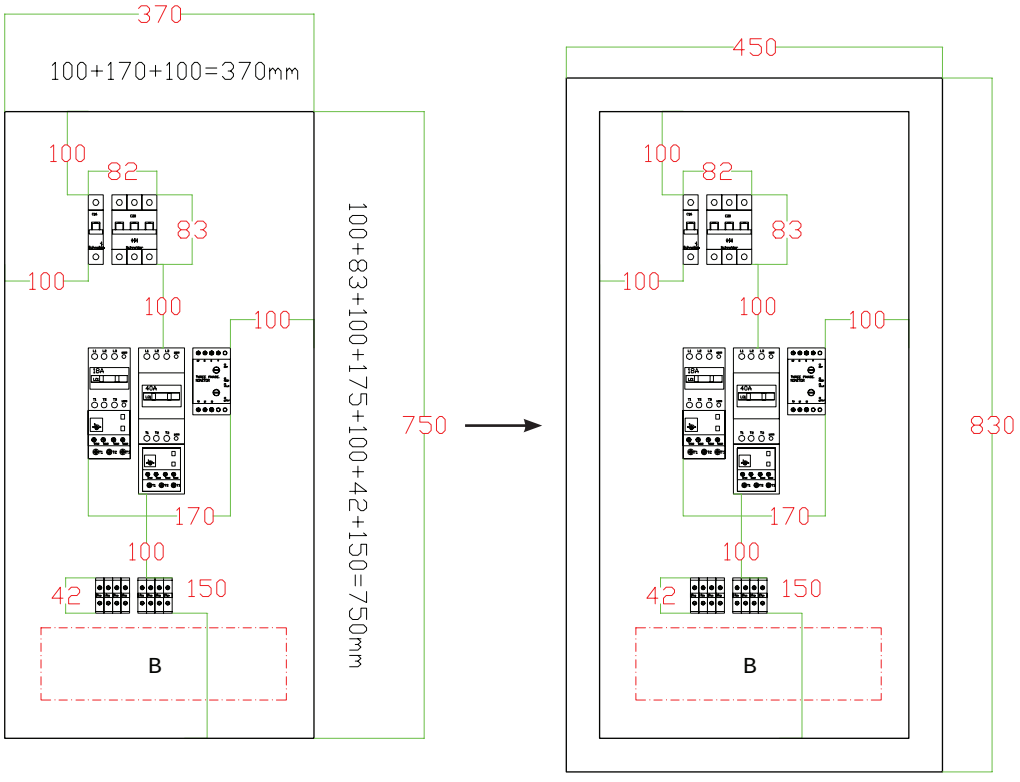
ـ فضای خالی برای نصب داکت شیاردار (داکت مورد نظر در تابلوهای دیواری با این تعداد لوازم، سایز ۴۰×۴۰ میلی‌متر مناسب است). اندازه ۳۰ میلی‌متر در دوطرف داکت که با در نظر گرفتن عرض داکت مجموعاً ۱۰۰ میلی‌متر می‌باشد(شکل ۳۲).

فضای خالی: مطابق با اندازه ۱۰۰میلی‌متری، بالای کلید خودکار مینیاتوری تا سقف ـ بین کلید و کنتاکتور ـ فاصله قطعات تا کنار تابلو ۱۰۰ میلی‌متر کافی می‌باشد (شکل ۳۲ مرحله ۳).

پس از وارد کردن کلیه ابعاد، مجموع عرض و ارتفاع سینی مونتاژ را به‌دست آورید (شکل ۳۲ مرحله۴).

سپس ۴۰ میلی‌متر به دو طرف سینی اضافه کنید تا ابعاد تابلو برق به‌دست آید: ۷۵۰+۴۰+۴۰=۸۳۰mm و ۳۷۰+۴۰+۴۰=۴۵۰mm بنابراین طبق محاسبات انجام شده، ابعاد تابلو ۴۵۰×۸۳۰ میلی‌متر خواهد بود (شکل۲۸ مرحله۴).

نزدیک‌ترین ابعاد استاندارد (طبق جدول ابعاد استاندارد تابلو دیواری آورده شده در کتاب همراه هنرجو) به ابعاد محاسبه شده ۷۰۰×۹۰۰ و یا ۶۰۰×۸۰۰ میلی‌متر می‌باشد که می‌توان در همین حد اکتفا کرد و ابعاد نهایی را انتخاب نمود ولی برای درک بیشتر، چیدمان عرضی را نیز بررسی نمایید. همان‌طور که در شکل می‌بینید، طول و عرض تابلو کمی ناهماهنگ و نامناسب دیده می‌شود. یعنی طول آن متناسب با عرض نیست.



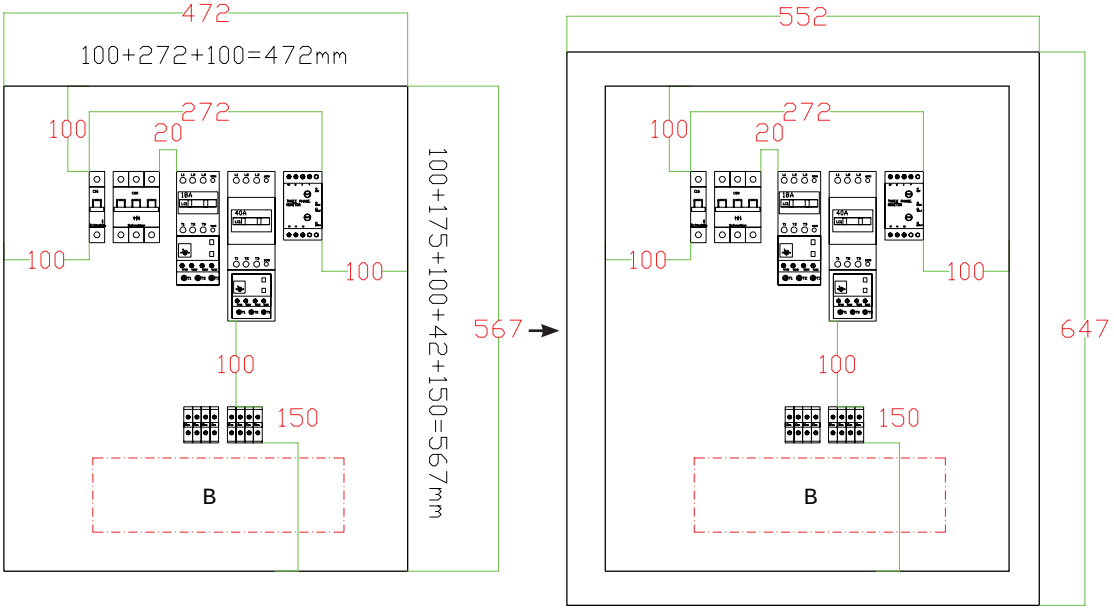
شکل ۳۲ ـ به‌دست آوردن عرض و ارتفاع صفحه نصب با توجه به ابعاد قطعات

توجه

هر چه نسبت بین طول و عرض تابلو، به ضریب بین ۱/۳ الی ۱/۵ نزدیک‌تر باشد، شکل ظاهری تابلو زیباتر به نظر می‌رسد.
(۸۳۰÷۴۵۰=۱/۸۴ mm)
بنابراین بهتر است این بار قطعات را به‌صورت عرضی چیدمان کرده و ابعاد نهایی تابلو و هماهنگی ابعاد بدنه را بررسی نمایید.

ج) تعیین محل و جانمایی قطعات به روش عرضی

روش عرضی نیز کلیه قطعات را در یک ردیف ولی قطعات همنوع را کنار یکدیگر قرار دهید و اندازه‌ها را طبق موارد گفته شده مجدداً وارد نمایید و در آخر مجموع کلیه اندازه‌های عرض و طول سینی را محاسبه نمایید (شکل۳۳ مرحله۵).



شکل ۳۳ـ چگونگی محاسبه ابعاد صفحه نصب به‌صورت عرضی

در این مرحله به ابعاد به‌دست آمده صفحه نصب ۸۰ میلی‌متر اضافه کنید تا ابعاد بدنه محاسبه شود:
۴۷۲+۸۰=۵۵۲mm , ۵۶۷+۸۰=۶۴۷mm
پس از انجام چیدمان به‌صورت ردیفی و اعمال اندازه‌ها، ابعاد تابلو ۶۴۷×۵۵۲ میلی‌متر محاسبه شد. این ابعاد بسیار نزدیک به ابعاد استاندارد ۷۰۰×۵۰۰ میلی‌متر می‌باشد. درنتیجه ابعاد نهایی ما ۷۰۰×۵۰۰ میلی‌متر مناسب می‌باشد.

نکات آموزشی:

۱ـ در اغلب تابلوهای دیواری، فاصله عمودی بین هر ردیف و همچنین فاصله قطعات به بدنه تابلو از طرفین، به اندازه ۱۰۰ میلی‌متر مناسب می‌باشد.

۲ـ پس از چیدمان اولیه باید ابعاد محاسبه شده را با ابعاد استاندارد مقایسه نمایید.

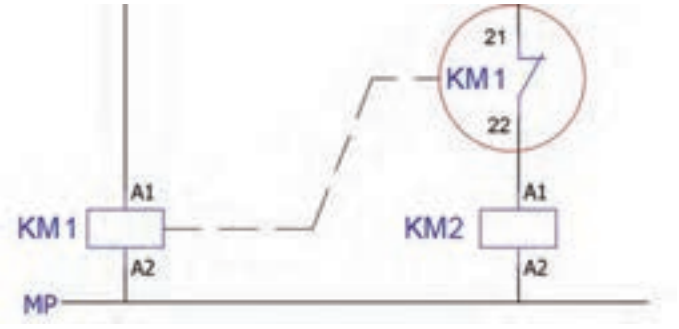
۳ـ بهتر است چیدمان‌های مختلف را برای نزدیک‌تر کردن ابعاد محاسباتی به ابعاد استاندارد بدنه تابلو دیواری بررسی نمایید.

۴ـ اگر چه بهتر است ابعاد استاندارد انتخاب شود ولی نسبت به فضا، محدودیت محل نصب و یا به صلاحدید طراح، ابعاد تابلو می‌تواند خارج از ابعاد استاندارد تعیین شود.

مدار یکی به جای دیگری

این مدار در مواردی به‌کار برده می‌شود که اگر یکی از دو موتور روشن شود، موتور دیگر اجازه راه‌اندازی نداشته باشد، به عبارتی دو موتور نباید همزمان در حال کار باشند. مدار یکی به جای دیگری کاربرد بسیاری در صنعت دارد به عنوان مثال در مدار تابلوهای ورودی برق شهر و ژنراتور یا (Change over)، مدار چپ‌گرد راست‌گرد و مدار ستاره مثلث و غیره به‌کار می‌رود.

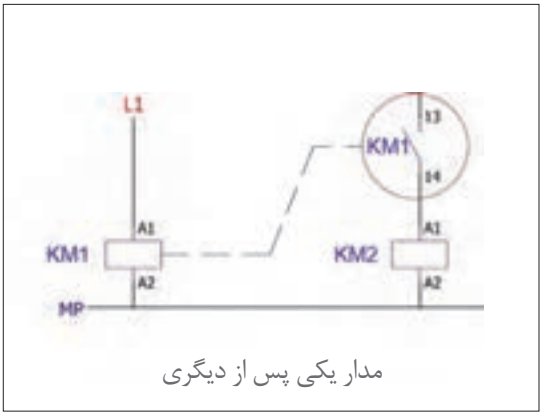
نکته اصلی در این روش این است که تیغه بسته یک کنتاکتور با بوبین کنتاکتور دیگر سری می‌شود (شکل۳۴).



شکل ۳۴ـ مدار یکی به جای دیگری

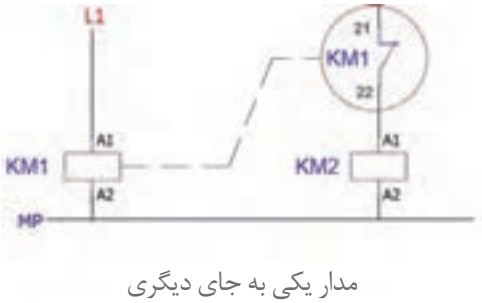
بنابراین اگر به بوبین KM1 ولتاژ بدهید، بوبین KM2 نمی‌تواند برقدار شود. در این مدار اولویت وصل با کنتاکتور KM1 است به‌این معنا که اگر از ابتدا به هر دو طرف مدار به‌صورت هم‌زمان ولتاژ بدهید، فقط کنتاکتور KM1 می‌تواند وصل باقی بماند و کنتاکتور KM2 بلافاصله قطع خواهد شد. به‌عنوان مثال در مدار برق شهرـ ژنراتور یا چنج اور، اولویت وصل با برق شهر می‌باشد یعنی اگر در هرصورت دو طرف برقدار شد، برق شهر باید وصل بماند.

در مدار یکی پس از دیگری و یکی به جای دیگری تفاوت تنها در یک کنتاکت بازNO یا بستهNC کنتاکتور می‌باشد. این دو مدار کاملاً برعکس یکدیگر کار می‌کنند در مدار اول، راه‌اندازی کنتاکتور KM2 به وصل بودن کنتاکتور KM1 بستگی دارد، در حالی که در مدار دوم، کارکرد کنتاکتور KM2 به قطع بودن کنتاکتور KM1 وابسته می‌باشد. در شکل ۳۵ می‌توانید این دو مدار را با یکدیگر مقایسه نمایید.
این قسمت مدار را می‌توان به‌عنوان نکته کلیدی در این دو روش راه‌اندازی درنظر گرفت که به‌شکل‌های گوناگون در مدارهای مختلف ایفای نقش می‌کنند.



مدار یکی پس از دیگری

شکل ۳۵ـالف) مدار یکی پس از دیگری



مدار یکی به جای دیگری

ب) مدار یکی به جای دیگری

کار عملی

(نیمه تجویزی ۴)

در یک کارگاه ذوب فلزات دو عدد فن خروج هوا (Exhaust fan) تک فاز ۲۲۰ ولت قرار داده شده است. به دلیل اینکه خروج هوای آلودهٔ این کارگاه اهمیت فراوانی دارد، دو دستگاه هواکش (فن) تهیه شده تا اگر یکی از آنها به هر دلیل صدمه دید، هواکش دیگر را بتوان به‌صورت دستی و با صلاحدید اپراتور، وارد مدار کرد. نکته مهم در راه‌اندازی دو موتور عدم هم‌زمانی این دو هواکش است که نباید با هم کارکنند زیرا جریان مجموع آنها بیشتر از جریان مجاز کارگاه خواهد شد و جدای از این یک هواکش نیزبرای رزرو تعبیه شده که درموارد ضروری روشن می‌شود.

جدول ۱۱ـ لوازم مورد نیاز در تابلو

۱	۲	۳	۴

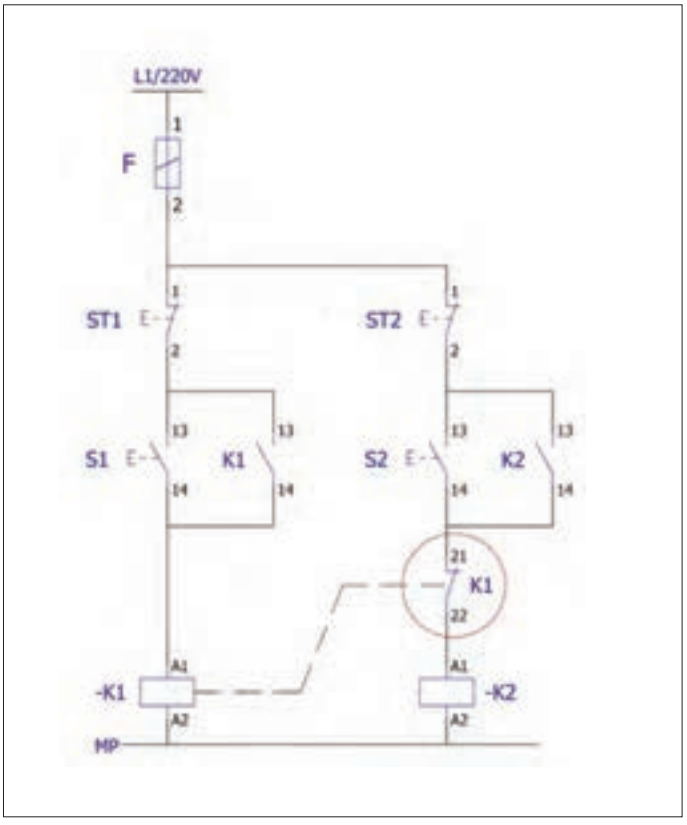
جانمایی قطعات وبرآورد ابعاد تابلو

برای هر فن یک عدد کلید حرارتی (MPCB) برای حفاظت و یک عدد کنتاکتور برای راه‌اندازی هر کدام از موتورها و یک عدد کلید کمپکت ۵۰ آمپر به عنوان کلید اصلی تابلو و محافظ جریان کل کارگاه در نظر گرفته شده که در یک تابلو باید قرار بگیرند (جدول ۱۱ و۱۲ـ شکل۳۷).

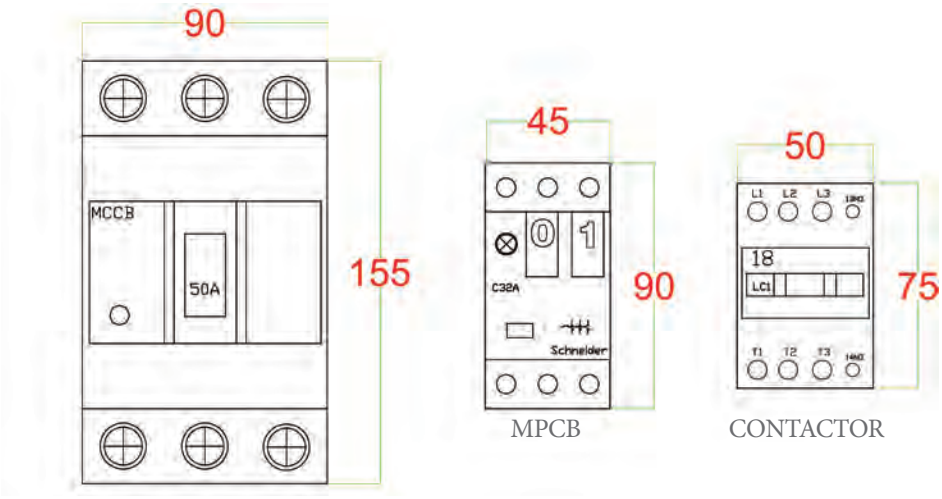
همان‌طور که در مدار فرمان مشاهده می‌کنید، کنتاکت بستهٔ K۱ با بوبین کنتاکتور K۲ سری شده است بنابراین هیچ گاه همزمان نمی‌توانند روشن بمانند (شکل۳۶). چون موتورها تک فاز هستند در این مثال از کنترل فاز استفاده نشده است.

جدول ۱۲ـ لیست تجهیزات مورد نیاز

ردیف	تجهیزات مورد نیاز	جریان به آمپر	تعداد
۱	کلید کمپکت MCCB	۵۰A	۱
۲	کلید حرارتی MPCB	۹ـ۱۳A	۱
۳	کنتاکتور	۱۶A	۱
۴	شستی استارت استوپ	ـ	۲



شکل ۳۶ـ مدار فرمان



شکل ۳۷ـ ابعاد قطعات مورد نیاز

تذکر

کلید محافظ موتور MPCB مستقیماً مدار قدرت را قطع می‌کند. البته برای اطمینان هر چه بیشتر می‌توان از کنتاکت‌های کمکی کلید حرارتی، در مدار فرمان نیز بهره برد (شکل۳۸).

شکل۳۸ـ نصب کنتاکت کمکی

شرح کارعملی:

ابتدا با توجه به توان موتور جریان و ابعاد قطعات را مشخص نمایید و طبق پیش فرض (جانمایی عمومی تابلوهای دیواری) قطعات را در مستطیلی فرضی رسم کنید (جدول ۱۳). اگر قطعات موجود در مقادیر کمتری در کارگاه موجود بود با همان قطعات جانمایی را انجام دهید.

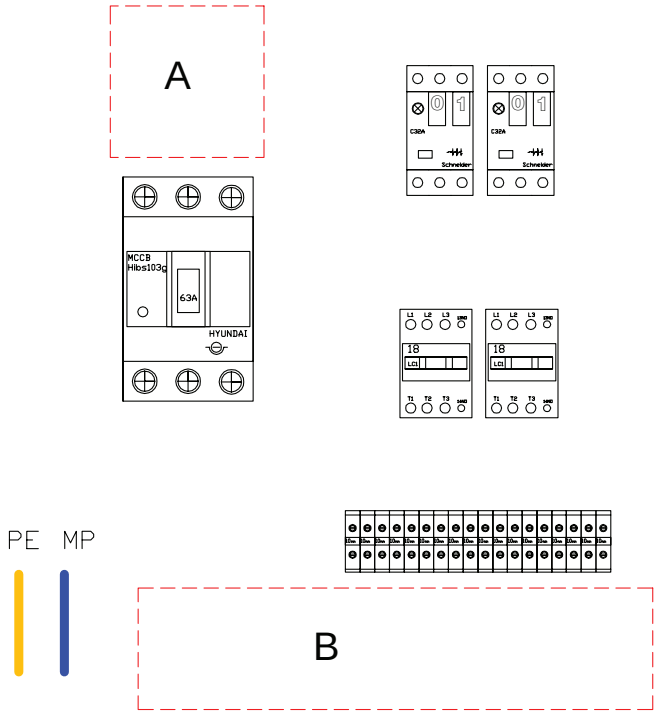
جدول ۱۳ـ ابعاد قطعات تابلو

قطعه	طول (میلی‌متر)	عرض (میلی‌متر)	طول و عرض قطعات موجود در کارگاه هنرستان	
			طول	عرض
کلید کمپکت ۵۰A	۱۵۵	۹۰		
کلید حرارتی۹ـ۱۳A	۹۰	۴۵		
کنتاکتور ۱۶A	۷۵	۵۰		
کنترل فاز تیپ بزرگ	۸۰	۴۵		

تعیین محل قرارگیری قطعات: ترتیب نصب قطعات به این صورت پیشنهاد شده و درنظر گرفته شده است:

- کلید اصلی سمت چپ تابلو
- کلید حرارتی سمت راست و بالای تابلو
- کنتاکتور در ردیف پایین کلید حرارتی
- ورودی ـ خروجی، پایین تابلو

بنابراین با این فرض ترمینال‌ها نیز در قسمت پایین کنتاکتورها قرار می‌گیرند.



شکل ۳۹ـ مدار یکی به جای دیگری

فضا سازی: منظور از فضاسازی توزیع مناسب فضای تابلو به قطعات، داکت‌ها و اتصالات است. برای فضاسازی مطابق شکل ۳۹ به این شرح عمل نمایید:

۱ـ فضای A یک فضای خالی برای باس بار کلید اصلی

۲ـ فضای B یک فضای خالی برای ورود و خروج کابل (ترمینال‌های ورودی و خروجی تابلو)

۳ـ فضای خالی برای نصب داکت شیاردار (داکت مورد نظر در تابلوهای دیواری با این تعداد قطعات، معمولاً سایز ۴۰×۴۰ میلی‌متر مناسب است). اگر تعداد قطعات بیشتر از این مقدار باشد، می‌توانید از داکت عرض ۴۰ میلی‌متر با ارتفاع ۶۰ میلی‌متر استفاده کنید (تذکر: ارتفاع داکت را بیشتر بگیرید تا عرض تابلو تغییر نکند).

بنابراین ترمینال‌ها نیز در قسمت پایین کنتاکتورها قرار می‌گیرند.

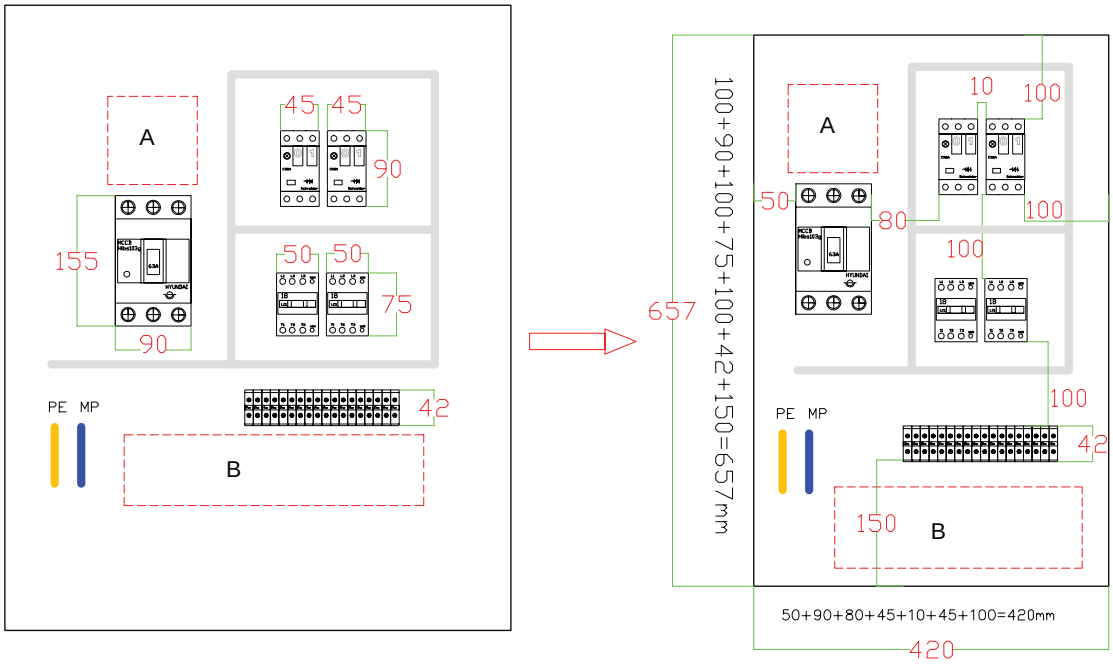
پس از وارد کردن ابعاد واقعی کلیه قطعات، در مستطیل فرضی، ابعاد فضاهای خالی (فضای داکت، فاصله هوایی و کناری قطعات) را با توجه به شکل ۳۹ تکمیل کنید تا مستطیل فرضی تبدیل به ابعاد واقعی سینی مونتاژ شود.

الف) چیدمان طولی: کلید اصلی از سمت چپ ۵۰ میلی‌متر، بین کلید اصلی تا کلید حرارتی، یک داکت ۴۰ میلی‌متر به‌اضافه ۲۰ میلی‌متر فاصله در دو طرف داکت در نظر بگیرید. مجموعه این فاصله ۸۰ میلی‌متر خواهد شد.

فاصله بین دو کلید حرارتی را ۱۰ میلی‌متر درنظر بگیرید (یادآوری: لزومی‌ندارد که حتماً بین کلیدها فاصلهٔ ۱۰ میلی‌متری باشد مخصوصاً اگرتعداد کلیدها زیاد باشد). در این مرحله عرض کل را با استفاده از بلندترین ردیف قطعات محاسبه کنید تا عرض سینی به‌دست آید.

حالا مجدداً طول سینی را با استفاده از بلندترین ستون قطعات محاسبه نمایید تا طول سینی به‌دست آید (شکل ۴۰).

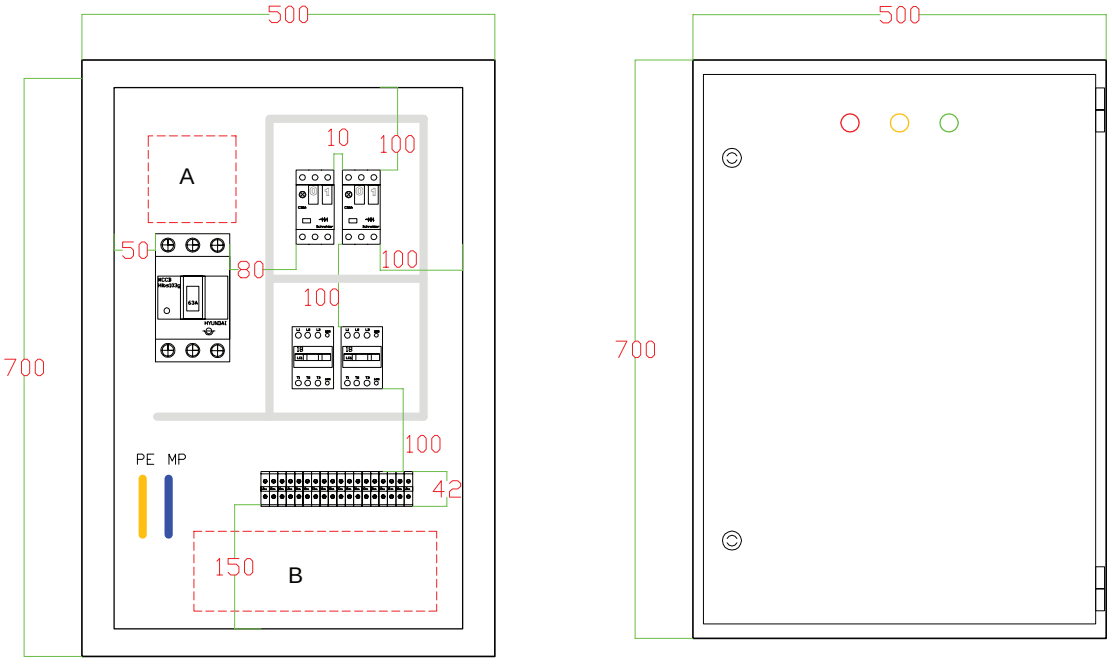
در نهایت از هر طرف سینی مونتاژ ۸۰ میلی‌متر اضافه کنید تا ابعاد کلی تابلو برق محاسبه گردد و نزدیک‌ترین ابعاد به ابعاد استاندارد دیواری را بررسی و انتخاب نمایید.



شکل ۴۰ـ محاسبه ابعاد

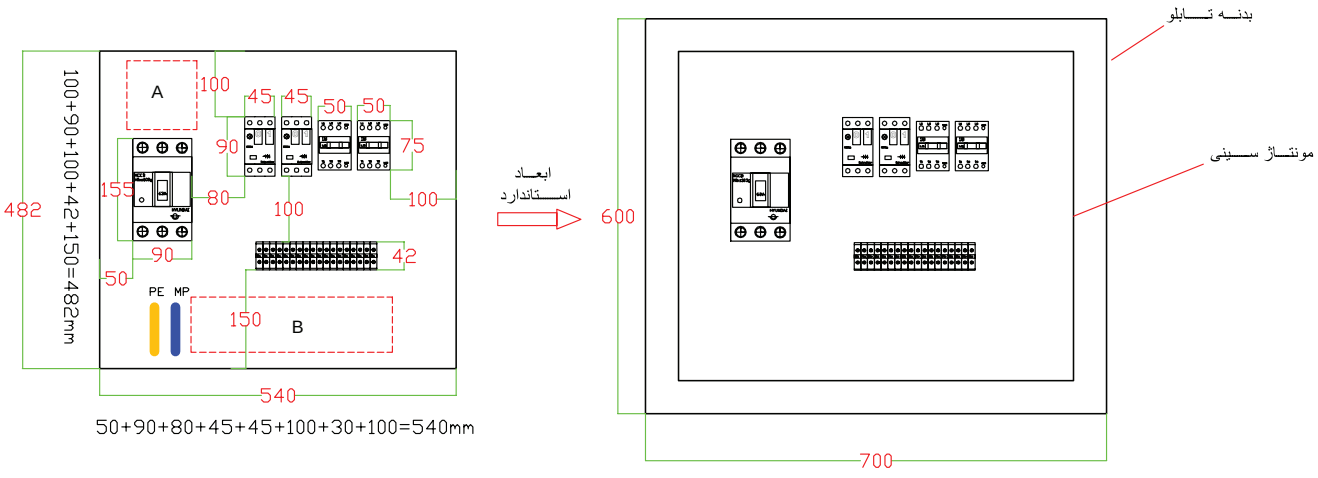
ابعاد محاسباتی: ۷۳۷=۸۰+۶۵۷ و ۵۰۰=۸۰+۴۲۰ میلی‌متر. ابعاد استاندارد: ۷۰۰×۵۰۰ میلی‌متر (شکل ۴۱).

ب) چیدمان عرضی: روش کلی انجام کار همانند روش طولی است. ولی در این روش کلیدها و کنتاکتورها همگی در یک ردیف قرار می‌گیرند. سپس مانند شکل اندازه ۳۷ ابعاد را با هم جمع‌زده و در انتها مقدار ۸۰ میلی‌متر را اضافه کنید.



شکل ۴۱ـ ابعاد تابلو با توجه به قطعات

بنابراین مقادیر ارتفاع تابلو: ۵۶۲mm=۸۰+۴۸۲ و عرض تابلو: ۶۲۰mm=۸+۵۴۰ به‌دست می‌آید.
اما ابعاد نزدیک به ابعاد استاندارد ۶۰۰×۸۰۰ میلی‌متر مناسب است ولی از آنجا که عرض آن کمی بیشتر از حد نیاز است می‌توان عرض تابلو را ۷۰۰ میلی‌متر درنظر گرفت. به هرحال بایداز ایجاد فضای بیش از حد و غیرضروری دوری کرد. بنابراین ابعاد تابلو ۶۰۰×۷۰۰ میلی‌متر مناسب خواهد بود(شکل ۴۲).



شکل ۴۲ـ چیدمان عرضی

نکات آموزشی:

۱ـ ابتدا چیدمان طولی را بررسی کنید. کلیه قطعات را طبق جانمایی عمومی تابلوهای دیواری، چیدمان کرده و سپس ابعاد هر قطعه را مشخص کنید. قطعات به‌صورت جداگانه درهرردیف قرار می‌گیرند.

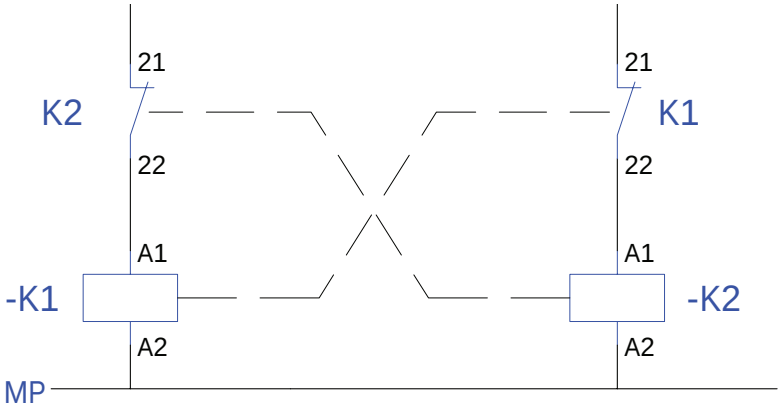
۲ـ ابعاد قطعات را اضافه کنید و فضاهای خالی برای باسبار و فضای خالی ترمینال نیز در نظر بگیرید. و در نهایت کلیه فاصله‌ها را باهم جمع کنید تا ابعاد تابلو محاسبه و استاندارد شود.

۳ـ نسبت به محل نصب، می‌توانید تابلو را به‌صورت عرضی تغییر دهید.

مداریکی به‌جای دیگری:

اولویت وصل در این مدار با K1 است. این مدار در جای خود می‌تواند مؤثر باشد و عمل کند. فرض کنید دو کنتاکتور موجود است که هر کدام باید بتوانند به‌صورت مجزا عمل کنند و در صورت کارکرد هر یک از کنتاکتورها، دیگری اجازه راه‌اندازی نداشته باشد. در اینجا کنتاکت بسته NC هر کنتاکتور با بوبین کنتاکتور دیگری سری شده است. با این کار به هیچ وجه دوکنتاکتور با هم وصل نمی‌شوند و برای وصل دوم باید کنتاکتور اول قطع شود. درضمن در این شکل، اولویت وجود ندارد یعنی هر کدام که زودتر برقدار شود، روشن باقی می‌ماند و حتماً باید قطع شود تا کنتاکتور دیگر را بتوان استارت کرد (شکل۴۳).

از این مدار در موارد بسیاری بخصوص در مدار چپ‌گرد راست‌گرد و ستاره مثلث مورد استفاده قرار می‌گیرد که در قسمت‌های بعدی به آن اشاره خواهد شد.

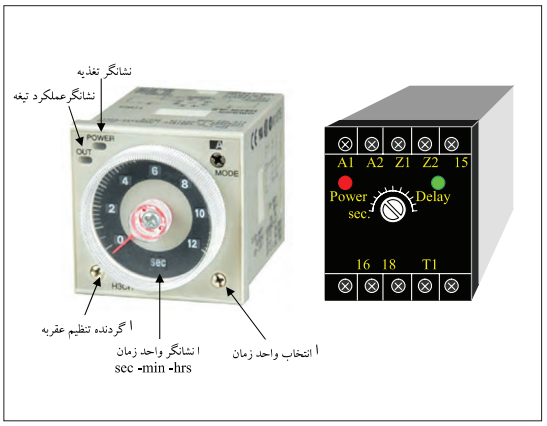


شکل ۴۳ـ مدار یکی به جای دیگری نوع دیگر

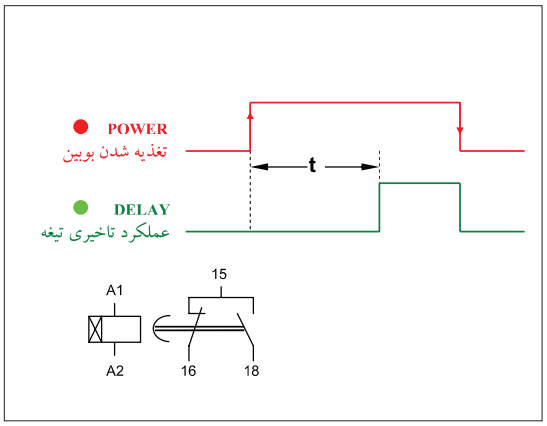
رله‌های زمانی (تایمر) الکترونیکی:

رله‌های زمانی (تایمرها) وظیفه نگهداشتن زمان در مدارهای صنعتی رابه‌عهده دارند. تایمرها زمان‌سنجی را به‌صورت تأخیر در وصل و تأخیر در قطع در مدارهای فرمان را انجام می‌دهند. در شکل دو نوع متداول تایمر موجود آورده شده است. تایمرهای متداول در برق صنعتی تایمر تأخیر در وصل است و تایمر راه پله از نوع تأخیر در قطع است.

در اینجا عملکرد دو رله باهم مقایسه می‌شود (شکل ۴۴).



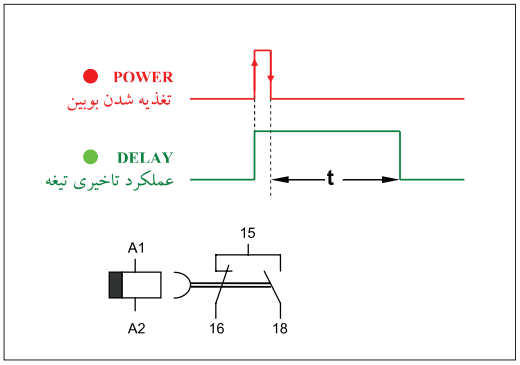
شکل ۴۴ــ رله زمانی



شکل ۴۵ــ شمای حقیقی رله تأخیر در وصل

● **تایمر تأخیر در وصل:** تایمر تأخیر در وصل[۱] با لبه بالا رونده، برق تغذیه بوبین، زمان سنجی t را آغاز می‌کند (مشخصه زمانی[۲]) و پس از اتمام زمان تیغه آن عمل می‌کند همچنین تیغه عمل کرده با لبه پایین رونده (قطع برق) همزمان به حالت اولیه بر می‌گردد (شکل۴۵).

● **تایمر تأخیر در قطع:** تایمر تأخیر در قطع[۳] با لبه بالا رونده برق تغذیه بوبین تیغه آن عمل می‌کند و با لبه پایین رونده (قطع برق) زمان‌سنجی t را آغاز می‌کند و با اتمام زمان تیغه به حالت اولیه بر می‌گردد (شکل۴۶)



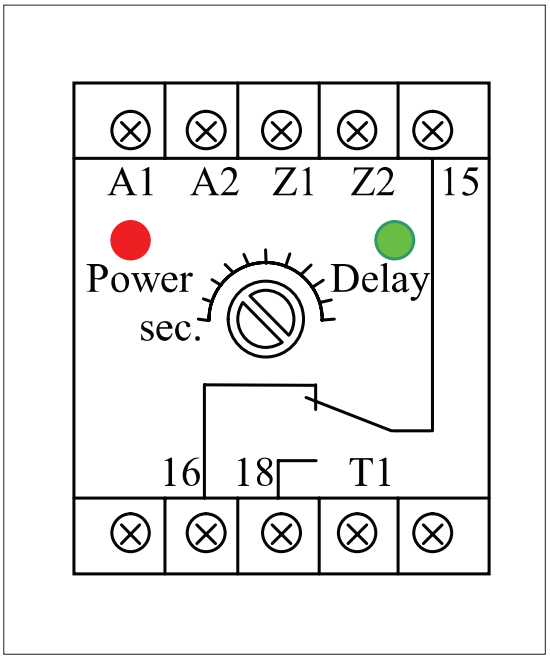
شکل ۴۶ــ شمای حقیقی رله تأخیر در قطع

تقریباً تمامی رله‌ها از جمله رله زمانی دارای کنتاکت تبدیلی SPDT[۴] (یک پل، دوراهه) می‌باشند که این مسئله را باید در طراحی مدارات فرمان در نظر گرفت. همه تایمرها از دو چراغ قرمز وسبز برای کار استفاده نمی‌کنند بلکه در بعضی از آنها یک چراغ قرمز به‌کار رفته است که در زمان سنجی چشمک می‌زند و در حالت عملکرد تیغه دایم روشن است.

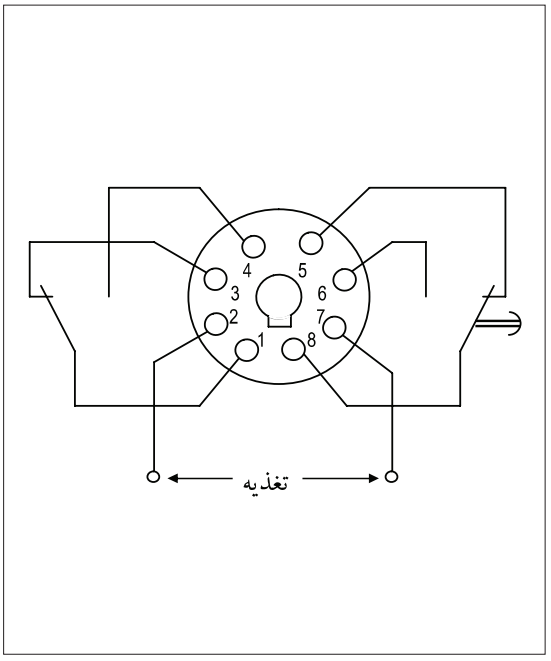
۱ ـ On Delay
۲ ـ Time Characteristic
۳ ـ Off Delay
۴ ـ Single Pole Double Throw

در شکل ۴۷ تیغه تبدیلی نشان داده شده است Z1,Z2 برای ولتاژتغذیه ۲۴ ولت است وA1,A2 برای ولتاژ تغذیه ۲۳۰ ولت است اگر پایه T1 به A1 وصل شود و بعد تغذیه صورت گیرد تایمر حالت تأخیر قطعی پیدا می‌کند و از آن می‌توان در روشنایی راه پله استفاده کرد. در شکل ۴۸ نوع دیگری از تیغه تبدیلی نشان داده شده که دارای دو تیغه متفاوت است.

تیغه تبدیلی سمت چپ ممکن است مانند تیغه تبدیلی سمت راست باشد یا اصلاً غیرزمانی باشد یعنی با برق‌دار شدن بوبین تیغه عمل کرده با قطع برق آن تیغه به حالت اول برگردد (شکل۴۸).



شکل ۴۷ـشناسایی پایه‌های تایمر معمولی



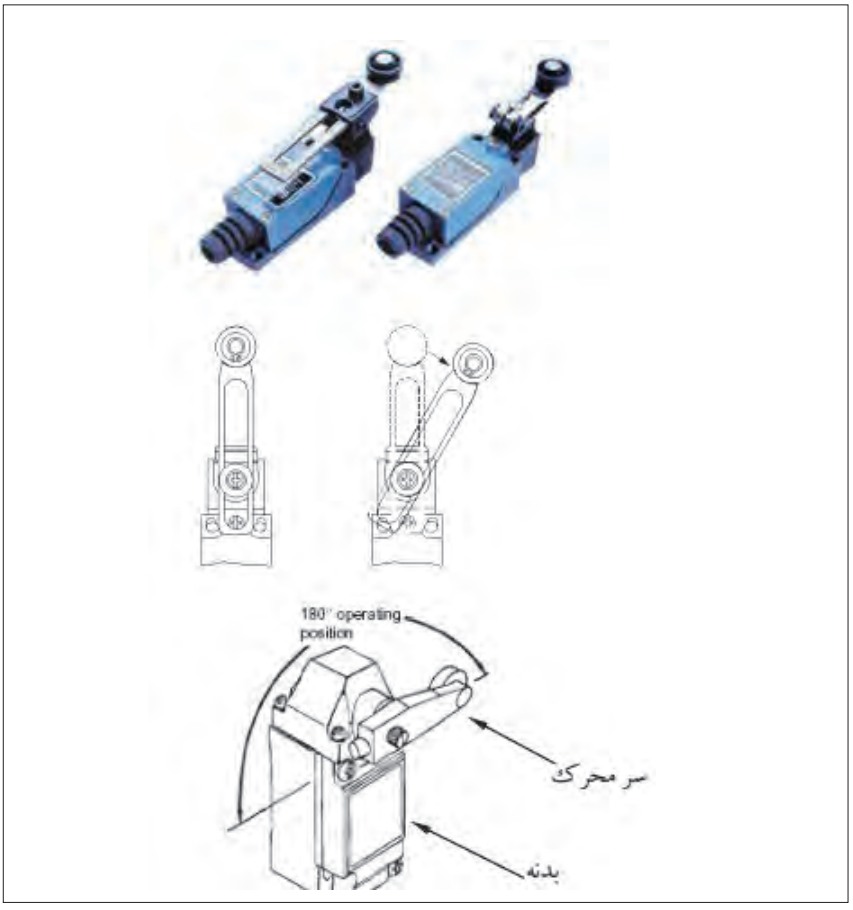
شکل ۴۸ـشناسایی پایه‌های تایمر سوکتی

لیمیت سوئیچ (میکروسوئیچ)

لیمیت سوئیچ یا میکروسوئیچ برای محدود کردن حرکت دستگاه‌های متحرک در مسیرهای خطی یا دورانی استفاده می شود. لیمیت سوئیچ با تماس فیزیکی اجسام حضور آنها را آشکار می‌کند و از دو قسمت سر محرک و بدنه تشکیل شده است. معمولاً در بدنه کنتاکت‌هایی بسته و باز وجود دارد با برخورد سر محرک با برخورد به اجسام باعث تغییر حالت کنتاکت‌ها می‌شود (شکل۴۹).

انواع سر محرک: سر محرک در لیمیت سوئیچ با توجه به محل کاربرد آن دارای شکل‌های مختلفی است. ساده‌ترین نوع سر محرک نوع چرخشی (غلتکی) است اما انواع پیستونی ـ میله‌ای ـ انشعابی(چنگالی)ـ حلقه‌ای نیز وجود دارد.

سر محرک در اکثر میکروسوئیچ‌ها بعد از برخورد به‌حالت اولیه برمی‌گردد (مانند شستی‌ها) اما در نوع چنگالی پس از برخورد به حالت اول بر نمی‌گردد (مانند کلیدها) و باید مجدد نیرویی در جهت خلاف آن را به حالت اول بر گرداند.



شکل ۴۹ـ لیمیت سوییچ

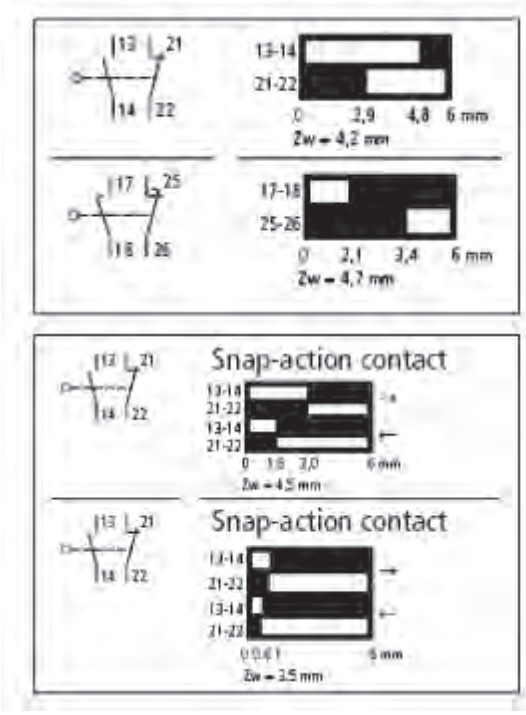
انواع بدنه : بدنه میکروسوئیچ‌ها را می‌توان با توجه به نوع کنتاکت آنها تقسیم‌بندی کرد و مطابق شکل ۵۰ نشان داد.

۱ـ نوع عادی : با فشرده شدن میکروسوئیچ ابتدا تیغه قطع آن عمل می‌کند و باز می‌شود و مسیری باید طی شود تا تیغه وصل عمل کند در فاصله‌ای از مسیر میانی عملکرد تیغه هیچ کدام از تیغه‌های وصل نیست.

۲ـ نوع تاخیری: با فشرده شدن تیغه ها مطابق شکل ۵۰ ابتدا تیغه وصل عمل می‌کند و مسیری باید طی شود تا تیغه قطع عمل نماید در فاصله‌ای از مسیر میانی عملکرد هر دو تیغه وصل است.

۳ـ نوع پرشی غیر متقارن: تقریباً به‌طور همزمان هر دو تیغه قطع و وصل در میکروسوئیچ عمل می‌کند. این اتفاق در رفت و برگشت در محل‌های متفاوتی اتفاق می‌افتد.

۴ـ نوع پرشی متقارن: تقریباً به‌طور همزمان دو تیغه قطع و وصل در میکروسوئیچ عمل می‌کند. این اتفاق در رفت و برگشت در محل های تقریباً یکسانی اتفاق می‌افتد و عملکرد تیغه‌ها تقریباً در ابتدای مسیر فشرده شدن میکروسوئیچ رخ می‌دهد.



شکل ۵۰ــانواع لیمیت سوئیچ

تغییر جهت گردش موتور الکتریکی

گاهی لازم است تا جهت چرخش محور موتور الکتریکی عوض شود. برای تغییر جهت گردش الکترو موتور لازم است که جای دو فاز از سه فاز ورودی آن با هم عوض شوند. تسمه‌های نقاله یکی از نمونه‌های کاربرد تغییر جهت چرخش در موتور الکتریکی است.

حالت راست‌گرد موتور

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

حالت چپ‌گرد موتور

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

کار عملی

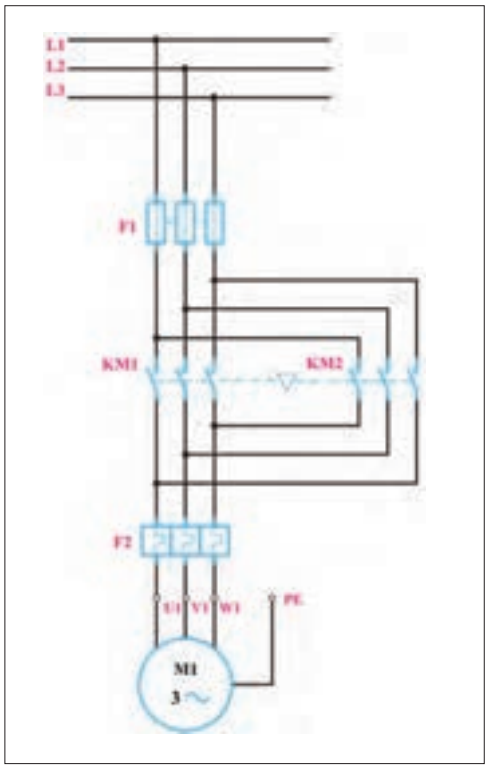
راه‌اندازی موتور الکتریکی چپ‌گرد راست‌گرد با حفاظت کامل

الف) مدار قدرت: برای اجرای مدار قدرت چپ‌گرد و راست‌گرد به دو کنتاکتور نیاز است. برای حالت راست‌گرد کنتاکتور KM1 و برای حالت چپ‌گرد کنتاکتور KM2 استفاده می‌شود.

کنتاکتورهای KM1 و KM2 نباید حتی باری یک لحظه کوتاه نیز با هم متصل شوند. زیرا بین دو فاز L1 و L3 توسط کنتاکتورها اتصال کوتاه‌ایجاد می‌شود و فیوزها عمل می‌کنند.

ایمنی

اتصال کوتاه دو فاز می‌تواند خطرات دیگری به همراه داشته باشد.

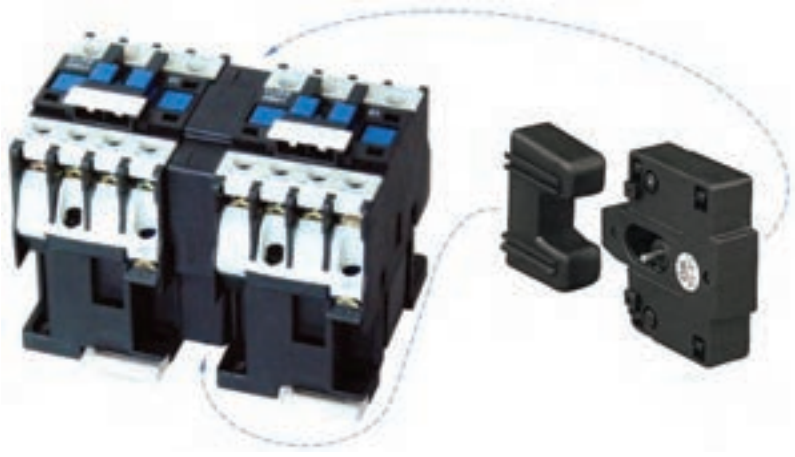


شکل ۵۱ــ مدار قدرت چپ‌گرد ــ راست‌گرد

ب) مدار فرمان: کنتاکتورهای KM1 و KM2 شکل ۵۱ حتی برای یک لحظه کوتاه نیز نباید با هم متصل باشند، بنابراین مدار فرمان باید طوری طراحی شود که برای وصل یکی از کنتاتورها از قطع بودن کنتاکتور دیگر اطمینان داشت. برای جلوگیری از وصل هم زمان کنتاکتورهای KM1 و KM2 بین آنها حالت غیر همزمانی ایجاد می‌شود. ایجاد حالت غیرهم زمانی برای دو کنتاکتور را اینترلاک گویند. اینترلاک به دو صورت الکتریکی و مکانیکی قابل اجرا می‌باشد. در اینترلاک الکتریکی کنتاکت بسته (NC) کنتاکتور KM1 به‌طور سری با بوبین کنتاکتور KM2 و همچنین کنتاکت بسته(NC) کنتاکتور KM2 به‌طور سری با بوبین کنتاکتور KM1 قرار می‌گیرد. با در نظر گرفتن حالت اینترلاک الکتریکی در مدار فرمان امکان کار کردن هریک از کنتاکتورها در صورت قطع بودن کنتاکتور دیگر امکان‌پذیر است. برای ایجاد اینترلاک مکانیکی از قطعه‌ای شبیه قطعه آورده شده در شکل ۵۲ استفاده می‌شود. این قطعه بین کنتاکتور KM1 و KM2 طوری قرار می‌گیرد که امکان وصل فقط یکی از کنتاکتورها وجود دارد.

قفل مکانیکی (اینترلاک):

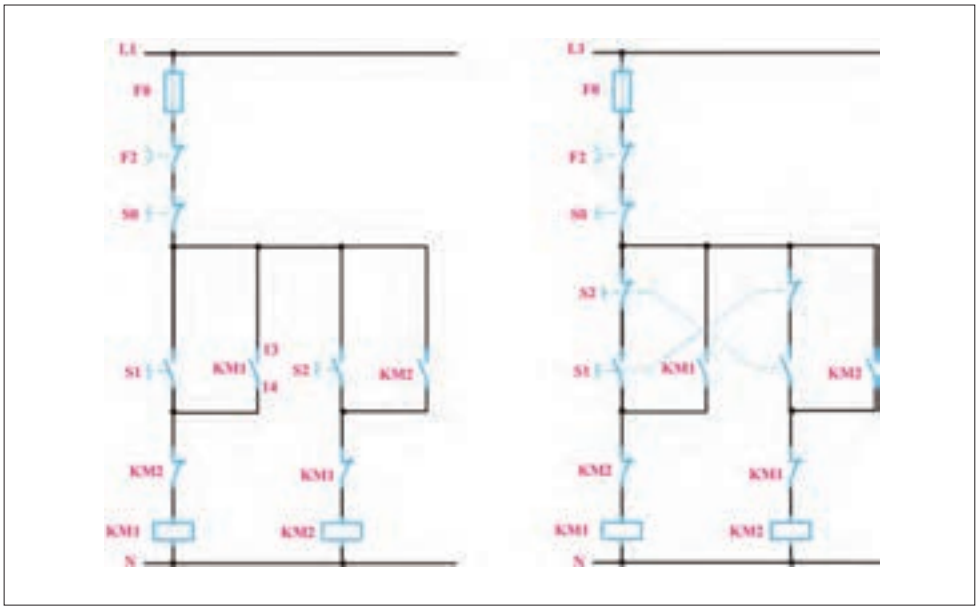
در یک مدار کنتاکتوری برقدار و دارای خود نگهدار، فشردن حامل کنتاکت‌های متحرک در قسمت بالایی بدنه کنتاکتور، باعث فشردن فنر کنتاکتور فشرده شده و به عبارتی جذب کنتاکتور رخ می‌دهد. این کار مکانیکی که مانند فشردن شستی‌ها است. در مداری مانند چپ‌گرد راست‌گرد با وجود تمام جنبه‌های حفاظت الکتریکی، اگر کسی همزمان حامل کنتاکت‌های متحرک دو کنتاکتور را با هم فشار دهد باز باعث اتصال کوتاه دو فاز خواهد شد برای جلوگیری از چنین اتفاقاتی، توصیه می‌شود حتماً از اینترلاک مکانیکی نیز روی بدنه دو کنتاکتور استفاده شود که باعث ایجاد یک حالت آلاکلنگی بین حرکت حامل کنتاکت‌های دو کنتاکتور می‌شود. ضمناً مانند اینترلاک الکتریکی اگر یکی از کنتاکتورها کار می‌کند به‌صورت مکانیکی نتوان کنتاکتور دیگر را نیز فعال نمود شکل‌های صفحه بعد نوعی اینترلاک مکانیکی را نشان می‌دهند (شکل ۵۲).



شکل ۵۲ـ اینترلاک مکانیکی

طراحی مدار فرمان: مدار فرمان چپ‌گرد راست‌گرد در دو حالت زیر انجام می‌شود:
الف) مدار چپ‌گرد ـ راست‌گرد با توقف حفاظت کامل
ب) مدار چپ‌گرد - راست‌گرد سریع

الف) مدار چپ‌گرد راست‌گرد با حفاظت کامل: در مدار چپ‌گرد ـ راست‌گرد با حفاظت کامل، تغییر جهت گردش موتور فقط پس از فشردن شستی قطع انجام می‌شود.
در شکل (۵۳) شستی S1 برای وصل کنتاکتور KM1 و شستی S2 برای وصل کنتاکتور KM2 استفاده می‌شود. شستی S0 نیز برای قطع مدار می‌باشد.

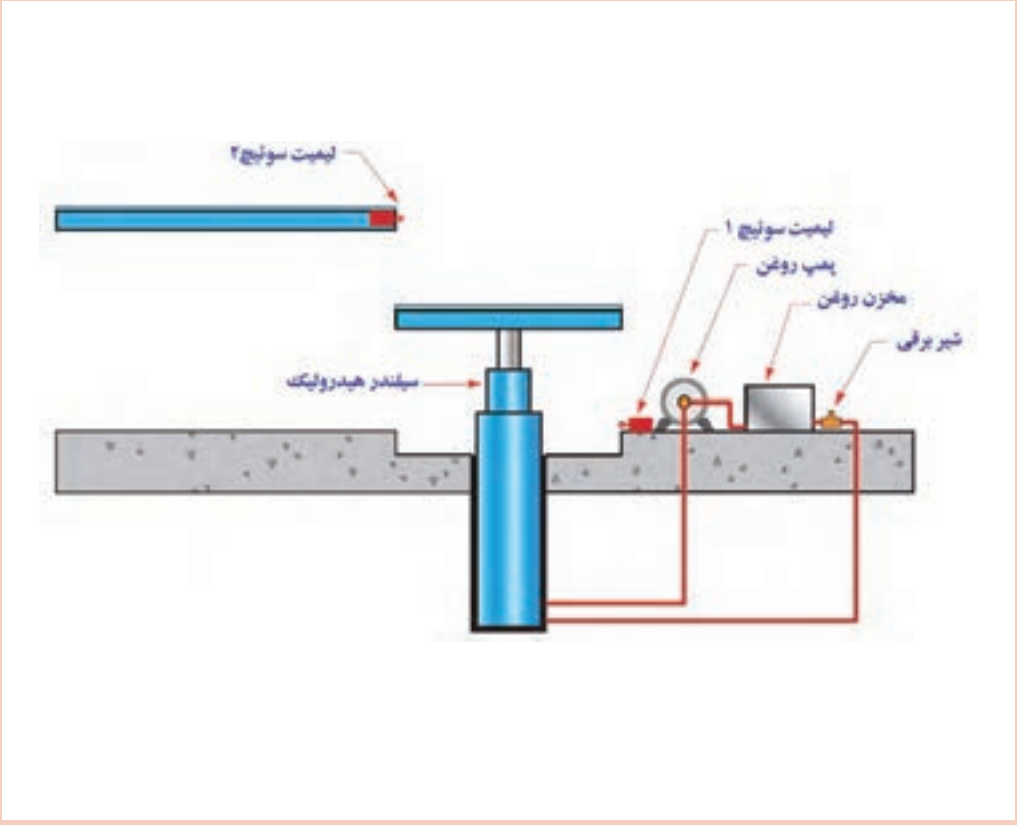


شکل ۵۳ـ اتصال شستی معمولی و دوبل

برای تغییر جهت گردش موتور در مدار شکل (۵۲) لازم است ابتدا شستی‌های وصل S1 و S2 هم زمان فشار داده شوند. دو کنتاکتور KM1 و KM2 برای یک لحظه با هم وارد مدار می‌شوند و حالت اتصال کوتاه بین دو فاز L1 و L2 ایجاد می‌شود و وسایل حفاظتی نیز عمل می‌کنند.
برای جلوگیری از اتصال کوتاه شدن در اثر فشار هم زمان شستی‌های وصل، لازم است از شستی قطع و وصل دوبل استفاده شود.تیغه بسته شستی وصل S1 را به طور سری با شستی وصل S2 و تیغه بسته شستی وصل S2 را به طور سری با شستی وصل S1 قرار می‌دهیم (شکل۵۳). در این حالت با فشار هم زمان دو شستی استارت هیچ یک از کنتاکتورهای KM1 و KM2 جذب نمی‌شوند. در همه مدارهای چپ‌گرد ـ راست‌گرد لازم است که اینترلاک الکتریکی و شستی دوبل استفاده شود. در مدار چپ‌گرد ـ راست‌گرد با حفاظت کامل امکان تغییر جهت گردش موتور با خاموش‌کردن آن صورت می‌گیرد. لذا تیغه خودنگه‌دار KM1 به‌طور موازی به اتصال سری شستی وصل S1 و تیغه بسته S2 متصل می‌شود و تیغه خودنگهدار KM2 به‌طور موازی به اتصال سری شستی وصل S2 و تیغه بسته S1 وصل می‌شود.

فعالیت

عملکرد لیمیت سوئیچ‌ها در جک هیدرولیکی شکل ۵۴ را تفسیر کنید.



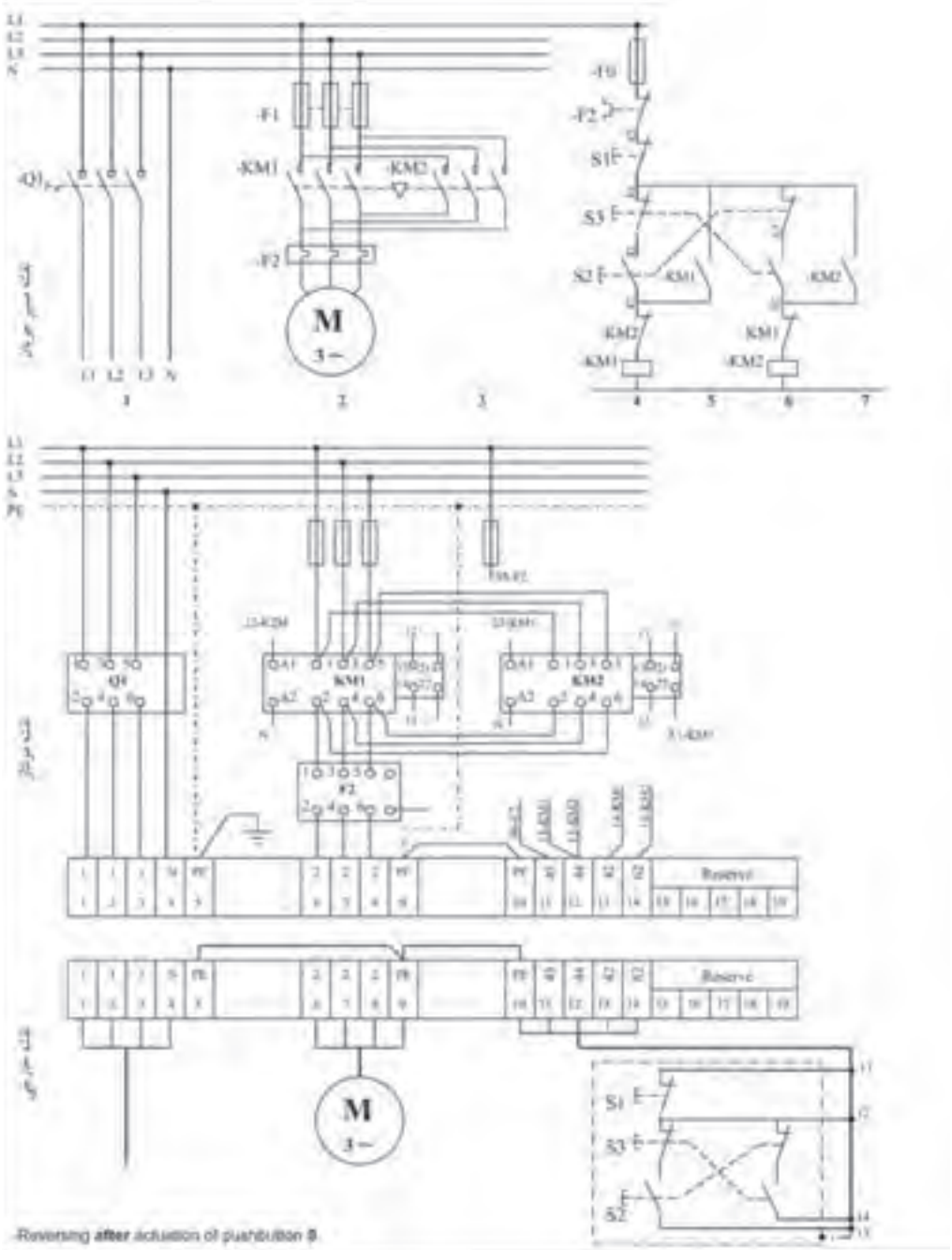
شکل ۵۴

فعالیت عملی

ـ مدار چپ‌گرد ـ راست‌گرد با حفاظت کامل

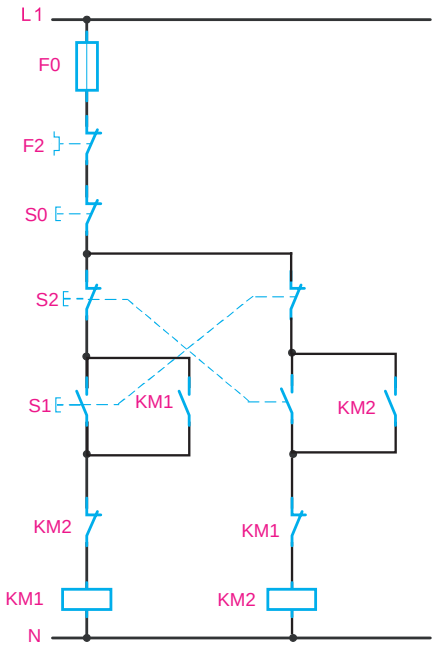
۱ـ قبل از بستن مدار نقشه مونتاژ را تکمیل کنید.

۲ـ طرز کار مدار را تشریح کنید و در گزارش کار بنویسید.



شکل ۵۵ـ نقشه مونتاژ و نقشه خارجی مدار چپ‌گرد ـ راست‌گرد با حفاظت کامل

ب) مدار چپ‌گرد ـ راست‌گرد سریع: در مدار چپ‌گرد ـ راست‌گرد سریع برای تغییر جهت گردش موتور نیاز به فشردن شستی قطع نمی‌باشد و در حالت راست‌گرد یا چپ‌گرد موتور می‌توان بدون خاموش‌کردن موتور تغییر جهت گردش را ایجاد کرد. مدار چپ‌گرد ـ راست‌گرد سریع در شکل ۵۶ نشان داده شده است. در مدار چپ‌گرد ـ راست‌گرد سریع تیغه خودنگه‌دار کنتاکتورهای KM1 و KM2 فقط با شستی استارت مربوطه موازی می‌شوند و تیغه بسته شستی‌های دوبل با مجموع آنها سری می‌شود. هنگام قطع و وصل کنتاکتورها بین کنتاکت‌های آن جرقه ایجاد می‌شود و از بین رفتن آن مدتی طول می‌کشد. زمان از بین رفتن جرقه کنتاکت‌ها در حدود چند میلی ثانیه است. اگر یکی از کنتاکتورهای KM1 یا KM2 قطع شوند و زمان از بین رفتن جرقه سپری نشده باشد با وصل کنتاکتور دیگر حالت اتصال کوتاه بین L1 و L2 ایجاد می‌شود.



شکل ۵۶ـ مدار فرمان چپ گرد ـ راست گرد سریع

فعالیت

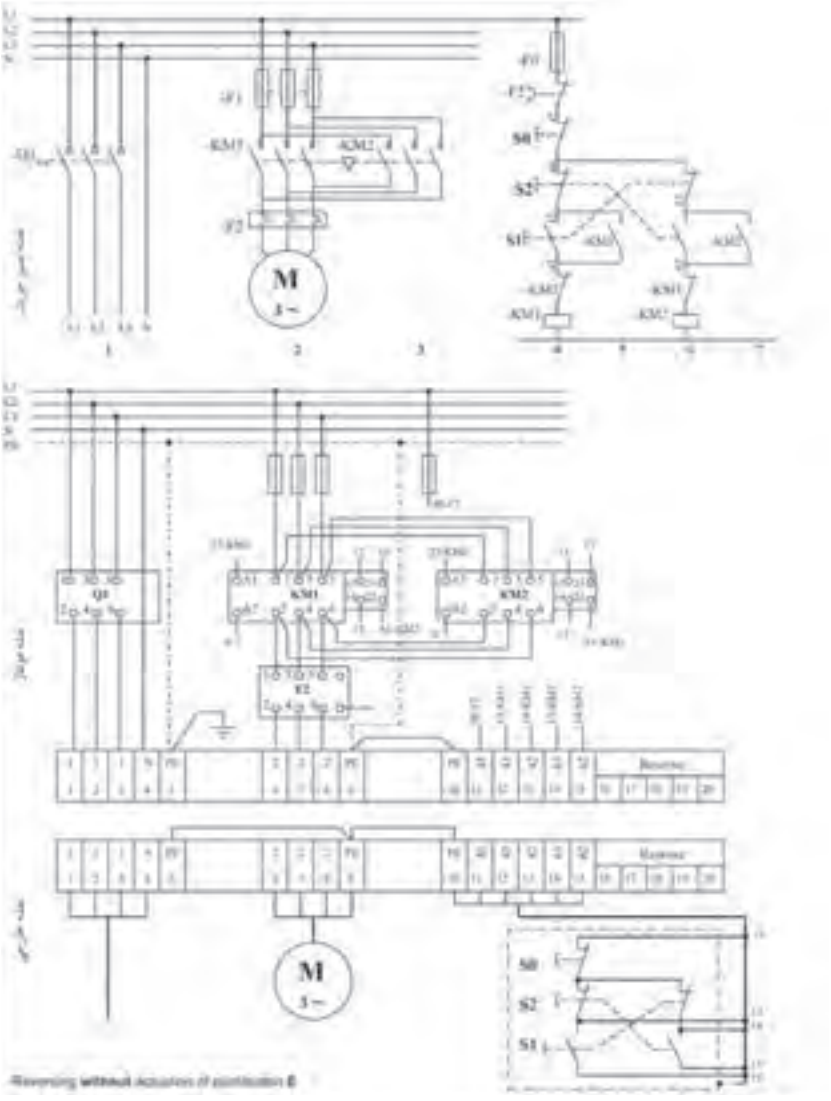
۱ـ در راه‌اندازی یک موتور الکتریکی لازم است که با فشار به شستی S1 موتور راست گرد، و بدون خاموش کردن مدار، با فشار به شستی S2 موتور چپ‌گرد شود. چنانچه مجدداً شستی S1 فشار داده شود و موتور به وضعیت راست‌گرد باز نگردد، مدار فرمان چپ گرد ـ راست گرد شکل ۵۵ چه تغییری می‌کند؟

فعالیت عملی

ـ مدار چپ‌گرد ـ راست‌گرد سریع

۱ـ قبل از بستن مدار نقشه مونتاژ را تکمیل کنید.

۲ـ طرز کار مدار را تشریح کنید و در گزارش کار بنویسید.



شکل ۵۷ – نقشه مونتاژ و نقشه خارجی مدار چپ‌گرد ـ راست‌گرد سریع

* مفهوم ۱NO_۱NC، به‌این معناست که شستی استارت دارای یک عدد کنتاکت کمکی باز NO و یک عدد کنتاکت کمکی بسته NC می‌باشد. این نوع لوازم جانبی باید از مدار فرمان استخراج گردند.

مشخصات تجهیزات: مشخصات فنی و الکتریکی تجهیزات مورد نیاز در جدول ۱۴ آورده شده است، ابعاد و اندازه‌های قطعات نیز در جدول ۱۵ آورده شده است.

شرح کارعملی:

ـ ابتدا با توجه به جانمایی پیش‌فرض (جانمایی عمومی‌تابلوهای دیواری) قطعات را در مستطیلی فرضی جایگذاری کنید.

(مدار قدرت می‌تواند برای چیدمان قطعات به عنوان راهنما عمل نماید.) به‌این معنا که برای راحتی کار در قدم اول قطعات اصلی را به ترتیب مدار قدرت چیدمان کنید.

ـ در مرحله بعد با توجه به مشخصات، ابعاد هر یک از لوازم را پیاده کنید و محل نصب ترمینال‌ها و شینه ارت و نول نیز مشخص نمایید (شکل۵۸).

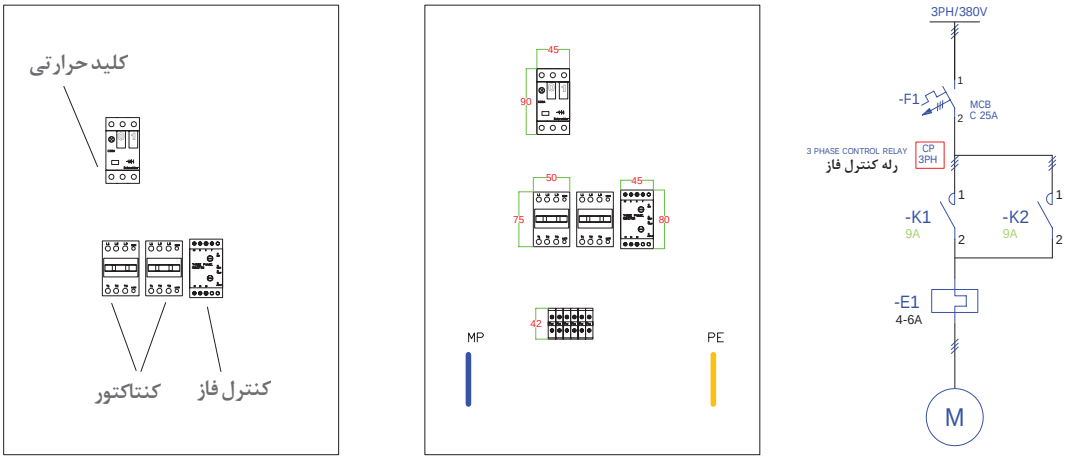
جدول۱۴ـ تجهیزات مورد نیاز

ردیف	تجهیزات	جریان به آمپر	شکل قطعه	تعداد
۱	کلید محافظ موتور	۱۷ـ۲۵A		۱
۲	کنتاکتور	۱۸A		۲
۳	کنترل فاز تیپ بزرگ	ـ		۱
۴	شستی استارت	(۱NO) ❋ (۱NC)		۲
۵	شستی استپ	(۱NC)		۱

جدول۱۵ـ ابعاد قطعات مورد نیاز

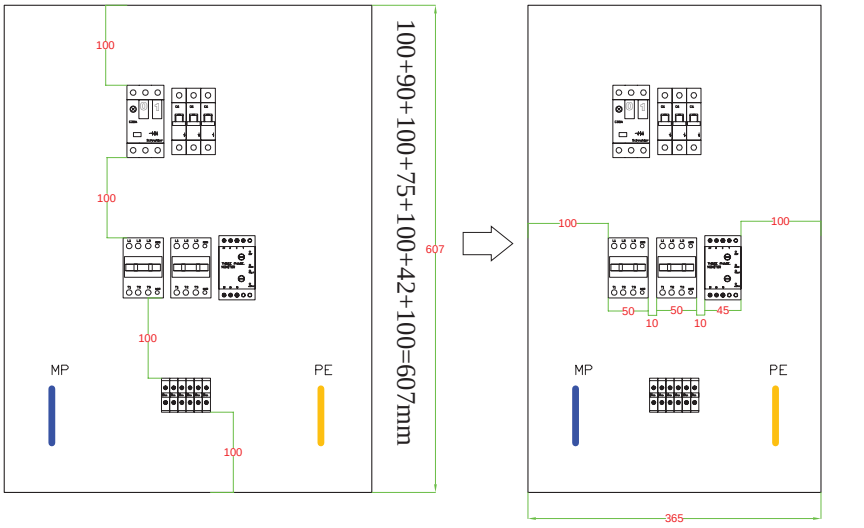
نام قطعه	طول (میلی متر)	عرض (میلی متر)	ابعاد قطعات موجود در انبار کارگاه هنرستان	
			طول (میلی متر)	عرض (میلی متر)
کلید محافظ موتور ۱۷ـ۲۵A	۹۰	۴۵		
کنتاکتور۹A	۷۵	۵۰		
کنترل فاز تیپ بزرگ	۸۰	۴۵		

فضا سازی: همانند مثال‌های قبل فضاهای مورد نیاز برای اندازه صفحه نصب و تابلو، سیم‌کشی، داکت‌کشی، فاصله کنار تابلو، فاصله بین هر ردیف، شینه ارت و نول و فضای خالی زیر ترمینال را طبق شکل در نظر بگیرید.



شکل ۵۸ـ جانمایی و فضاسازی

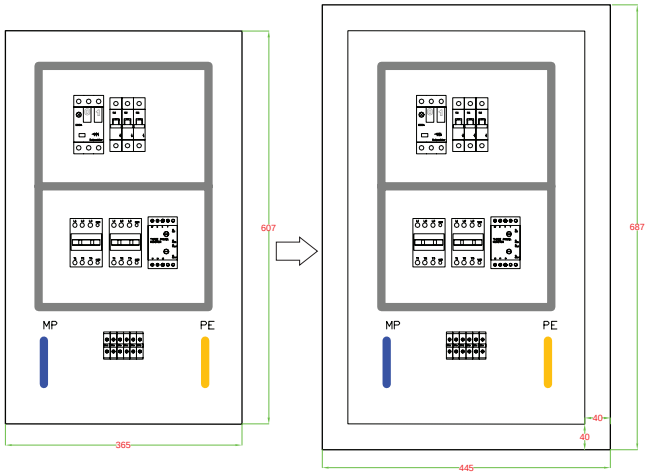
ـ برای اندازه‌گیری قبل از جانمایی ابتدا فاصله‌ها را از بالا به پایین تابلو روی صفحه نصب یا مقوا اعمال کنید. طبق شکل طول سینی مونتاژ ۶۰۷ میلی‌متر خواهد بود (شکل۵۹).



100+50+10+50+10+45+100=365mm

شکل ۵۹ـ تعیین محل نصب قطعات در تابلو

ـ سپس عرض بلندترین ردیف را محاسبه نمایید که در اینجا ۳۶۵ میلی‌متر به‌دست می‌آید. یعنی ابعاد سینی مونتاژ ۳۶۵×۶۰۷ میلی‌متر تعیین می‌شود. پس از تعیین محل دقیق نصب قطعات، دورتا دور لوازم داکت مناسب برای سیم‌کشی نصب می‌شود (شکل۶۰).



شکل ۶۰ـ داکت‌کشی در تابلو

تذکر

دقت کنید ردیف کلید محافظ موتور نسبت به ردیف کنتاکتورها، فضای بیشتری نیاز دارد، در اینگونه موارد می‌توان محل یک قطعه مجزا مانند کنترل فاز را در قسمت خالی قرار داد.

مزایا: ۱ـ ردیف‌ها از نظر عرضی تقریباً نزدیک به هم می‌شوند. ۲ـ عرض تابلو کاهش پیدا خواهد کرد، استفاده از این کار می‌تواند در مواردی که محدودیت عرض وجود دارد، مفید واقع شود و در مواردی که باعث بهتر شدن چیدمان شود.
البته در ادامه، این مورد لحاظ نشده و کار را به روش معمول انجام خواهد گرفت و بیشتر برای آموزش بیان شده تا تأثیر حذف یا اضافه‌کردن یک قطعه را در ردیف‌های دیگر بررسی نمایید.
در مرحله بعد برای محاسبه ابعاد بدنه تابلو مقدار ۸۰ میلی‌متر را به طول و عرض اضافه نموده و ابعاد نهایی را به‌دست آورید. حال کافی است ابعاد محاسبه شده را با نزدیکترین استاندارد مطابقت دهید. به عبارتی ابعاد محاسبه شده عبارت است از: ۳۶۵+۸۰=۴۴۵mm : عرض و ۶۰۷+۸۰=۶۸۷mm : طول
بنابراین نزدیک‌ترین ابعاد استاندارد تابلو برابر با ۵۰۰×۷۰۰ میلی‌متر خواهد بود.

نکات آموزشی

۱ـ در اغلب تابلوهای دیواری، فاصله عمودی بین هر ردیف و همچنین فاصله قطعات به بدنه تابلو از طرفین، به اندازه ۱۰۰ میلی‌متر مناسب می‌باشد.
۲ـ پس از چیدمان اولیه باید ابعاد محاسبه شده را با ابعاد استاندارد مقایسه نماییم.
۳ـ در مواردی با جابه‌جایی یک یا چند قطعه، می‌توان شکل بهتری به تابلو داد، البته درصورتی که باعث تداخل قطعات غیر همنوع و ناهماهنگی غیرمعقول آنها نشود و در کل باعث بهتر شدن نمای تابلو از هر لحاظ گردد، این کار بسیار مفید واقع می‌شود.

کار عملی

(نیمه تجویزی ۵)

در یک کارخانه از یک آژیر در راه‌اندازی موتوری سه فاز برای شروع به‌کار استفاده می‌شود که با فشار دادن به یک شستی، زنگ به مدت ۱۰ ثانیه به آژیر به صدا درآید و پس از آن قطع می‌شود.

سؤال

نحوه عملکرد این مدار به چه‌صورت خواهد بود؟

الف) مدار فرمان: در این مدار احتیاج به یک شستی وصل می باشد ولی برای از کار افتادن مدار علاوه بر شستی قطع، از کنتاکت بسته تایمر KT1 نیز استفاده می کنیم. بوبین تایمر KT1 را با بوبین کنتاکتور KM1 موازی می بندیم. با راه اندازی کنتاکتور، تایمر نیز راه اندازی خواهد شد و پس از ۱۰ ثانیه تایمر عمل خواهد کرد و کنتاکت بسته KT1 که در مسیر تغذیه بوبین KM1 قرار دارد کنتاکتور را قطع می نماید و زنگ از صدا می افتد آیا در این مدار وجود شستی S0 را لازم می‌دانید؟

کار عملی ۴

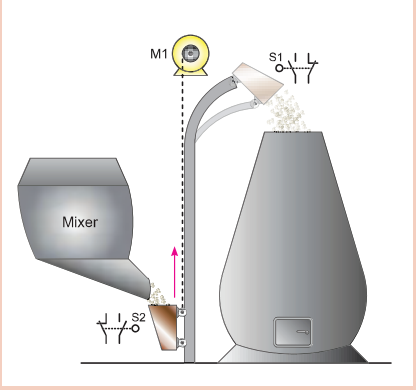
راه‌اندازی چپ‌گرد راست‌گرد با توقف زمانی

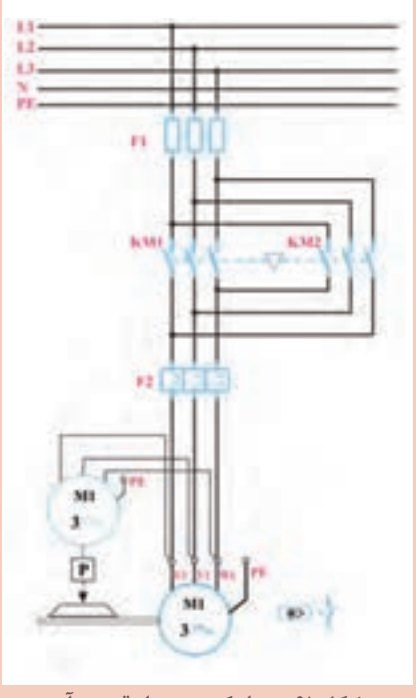
الف) مدار یک طرفه:

قسمت I) برای ریختن مواد به داخل یک کوره، مانند شکل ۶۱ از مخزن بالابری که به وسیله موتور سه فاز M1، با قدرت 15KW و جریان ۳۰A و مجهز به ترمز هیدرولیکی و کلید حفاظت داخلی، که بر روی یک ریل به سمت بالا و پایین حرکت می کند، استفاده می شود. برای قطع ترمز در هنگام حرکت، از یک موتور سه فاز ۰/۵KW 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 می شود. برای خالی شدن کامل مخزن، احتیاج به ۳۰ ثانیه زمان است (شکل ۶۱).

برای این موتور مداری 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.



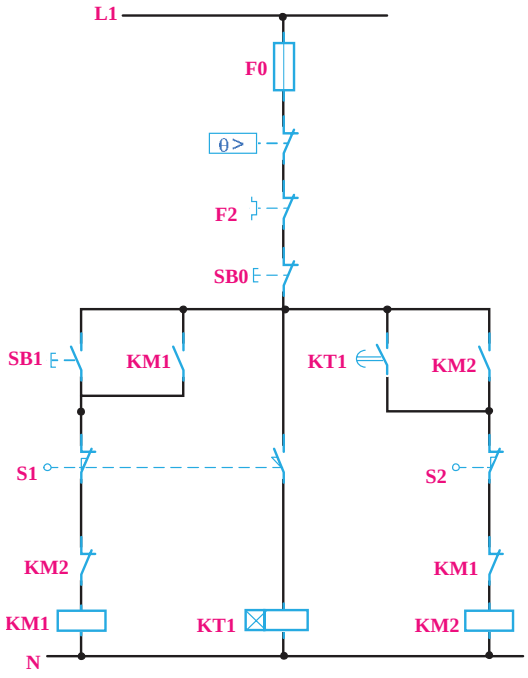


شکل ۶۱- مدار کوره و مدار قدرت آن

الف) مدار قدرت : چون در این کار عملی، از یک موتور سه فاز چپ‌گرد ـ راست گرد برای حرکت مخزن و از یک موتور سه‌فاز برای ترمز هیدرولیکی استفاده شده است، می‌توان مدار قدرت آن را مانند شکل ۶۰ که هر دو موتور هم زمان اتصال می یابند، ترسیم کرد. شمای فنی این مثال نیز در شکل ۶۱ نشان داده شده است.

ب)مدار فرمان: برای دادن فرمان و شروع حرکت، از شستی SB1 و برای محدود کردن حرکت مخزن در انتهای مسیر، مانند شکل ۶۲ از میکروسوئیچ S1 و در ابتدای مسیر از لیمیت سویچ S2 استفاده می شود. همچنین برای قطع اضطراری، از شستی SB0 و برای تنظیم زمان تخلیه مواد در داخل کوره، از تایمر KT1 استفاده خواهد شد.

برای طراحی مدار فرمان نیز مرحله به مرحله پیش رفته و مدار کامل به‌دست می‌آید.



شکل ۶۲ – مدار فرمان کوره

فرض کنید که مخزن در پایین کوره قرار گرفته است و با فشار بر شستی SB1 باید به سمت بالا حرکت کند و در انتهای مسیر نیز به‌وسیله لیمیت سوئیچ S1 متوقف گردد. با توجه به این مطالب می‌توانیم مدار فرمان را تا این مرحله مانند شکل ۶۱ ترسیم کنید.

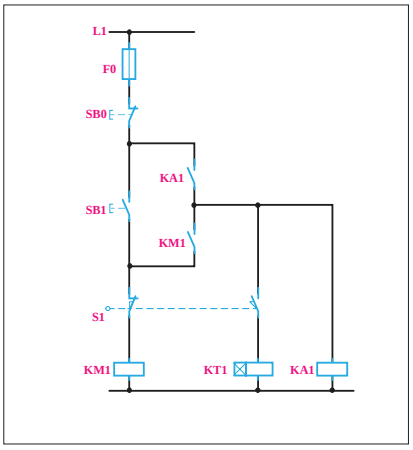
پس از قطع کنتاکتور KM1 و توقف مخزن، باید تایمر KT1 به کار بیفتد و پس از ۳۰ ثانیه، کنتاکتور KM2 را وصل کند. در این مرحله ساده‌ترین راه این است که لیمیت سوئیچ،S1 علاوه‌بر قطع کنتاکتور،KM1 تایمر KT1 را نیز به‌کار اندازد. به این منظور از یک لیمیت سوئیچ دوبل، استفاده کنید تا هم زمان با قطع کنتاکتور KM1 مدار تایمر را وصل کند تا هنگامی که مخزن در بالای کوره ساکن است، مدار تایمر KT1 نیز وصل خواهد بود و زمانی که به‌سمت پایین حرکت نماید، مدار تایمر نیز قطع می‌شود. پس از اتصال کنتاکتور KM2 توسط تایمر، مخزن به‌سمت پایین حرکت می‌کند و در پایین کوره به‌وسیله

لیمیت سوئیچ، S2 مدار قطع می‌شود. مانند مثال‌های قبلی، در این مدار نیز از کنتاکت‌های بسته KM1 و KM2 برای جلوگیری از اتصال کوتاه شدن بین دو فاز و ایجاد اینترلاک استفاده می‌شود. مداری که، به‌روش گفته شده در شکل ۶۲ به‌دست آمد. خواسته‌های ذکر شده در کار عملی را پاسخ خواهد داد، اما لازم است پس از طراحی هرمدار، 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 کرد و اشکالات مربوط به آنها برطرف شود.

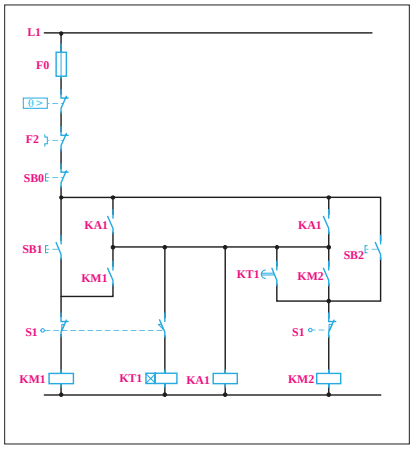
برای نمونه، در کار عملی ذکر شده اگر لازم باشد مخزن در بالای کوره و در محل تخلیه برای مدت طولانی نگاه داشته شود، امکان نخواهد داشت، زیرا با فشار دادن به شستی قطع، مدار قطع خواهد شد. اما پس از اینکه فشار وارد بر این شستی برداشته شود، چون لیمیت سوئیچ S1 مدار تایمر KT1 را بسته است، دوباره تایمر KT1 و پس از آن کنتاکتور ، KM2 به کار خواهند افتاد.

برای رفع این اشکال، تکنیکی معرفی می‌شود که با فشار دادن به شستی ،SB0 مدار فرمان به طور کامل قطع شود.

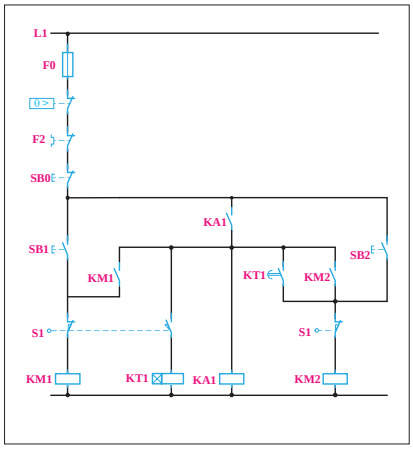
پس برای این منظور از کنتاکتور کمکی KA1 استفاده می کنیم در این تکنیک کنتاکتور KM1 ابتدا کنتاکتور KA1 را روشن می‌کند اما با فشار دادن لیمیت سوئیچ S1 کنتاکتور KM1 و تایمر KT1 با هم قطع و مسیر تغذیه آنها باز می‌گردد. در حالی که KA1 روشن مانده و برای ادامه فرایند مدار فرمان لازم خواهد بود و برای پایین آوردن مخزن نیز شستی SB2 برای کنتاکتور KM2 نیز، به همین ترتیب و با توجه به توضیحات داده شده، مدار طراحی می‌شود، به طوری که با تایمر KT1 و یا شستی SB2 وصل و با شستی SB0 قطع شود. این مدار در شکل ۶۴ ـ الف نشان داده شده است. در این مدار، چون دو کنتاکت باز KA1 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 KM1 و KM2 در مدار بوبین‌ها استفاده می‌شود. مدار فرمان نتیجه شده به صورت شکل ۶۴ ـ ب می‌باشد و حفاظت‌های لازم نیز در آن نشان داده شده است.



شکل ۶۳ـ تکنیک مدار چپ گرد ـ راست‌گرد
توقف زمانی



شکل ۶۴ ـ الف



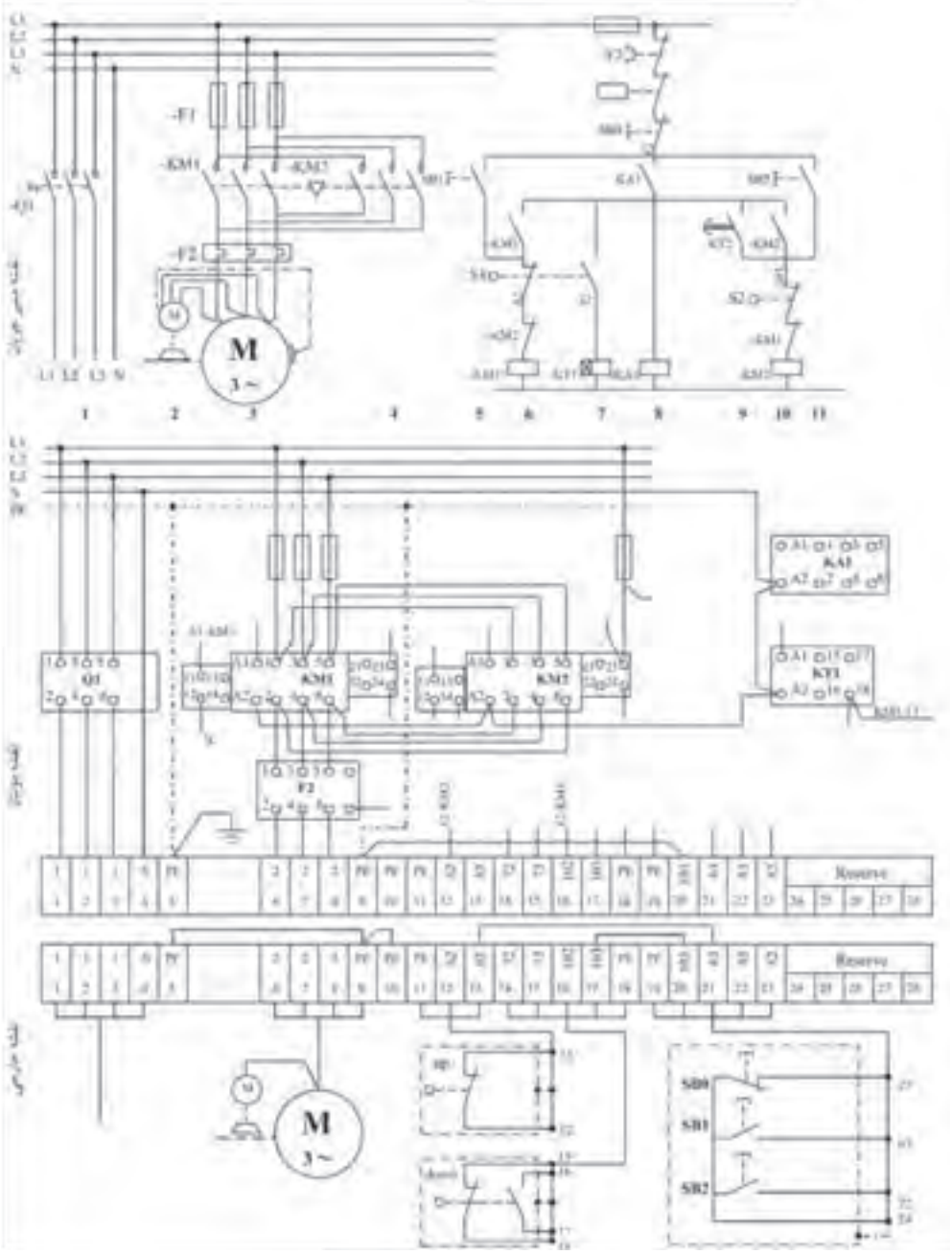
شکل ۶۴ ـ ب ـ مدار چپ گرد ـ راست گرد
توقف زمانی

فعالیت عملی

ـ مدار چپ‌گرد ـ راست‌گرد (نوع دیگر)

۱ـ قبل از بستن مدار نقشه مونتاژ را تکمیل کنید.

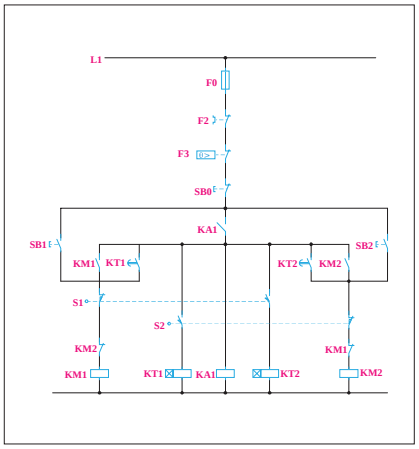
۲ـ طرز کار مدار را تشریح کنید و در گزارش کار بنویسید.



شکل ۶۵ـ نقشه مونتاژ و نقشه خارجی مدار چپ‌گرد ـ راست‌گرد

ب) دو طرفه:

مدار راه‌اندازی چپ‌گرد راست‌گرد را به نحوی طراحی کنید که با فشار دادن به شستی SB1یا SB2 مخزن به سمت بالا یا پایین حرکت کند. در ایستگاه بالا به مدت ۳۰ 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. با دقت در این شکل، ملاحظه می‌شود که برای اجرای مراحل فوق، باید به مدار کار عملی قبل، یک تایمر KT1 را با زمان ۲ دقیقه اضافه کرد تا در پایین کوره، پس از پر شدن مخزن، بتواند کنتاکتور KM1 را وصل کند و مخزن به سمت بالا حرکت نماید. به این منظور با توجه به شکل ۵۹ لیمیت سوئیچ S2 را نیز مانند S1 دوبل انتخاب نماید تا هم‌زمان با قطع کردن کنتاکتور KM2 تایمر KT1 را نیز وصل کند. تایمر KT1 نیز پس از دو دقیقه، مدار کنتاکتور KM1 را وصل خواهد کرد. مدار نتیجه شده نهایی، مانند شکل ۶۶ خواهد شد.



شکل ۶۶ــ مدار فرمان

الف) مدار قدرت: مدار قدرت برای این کار عملی، مانند شکل ۶۱ است.

ب) مدار فرمان: مدار فرمان این کار مطابق شکل ۶۶ است.

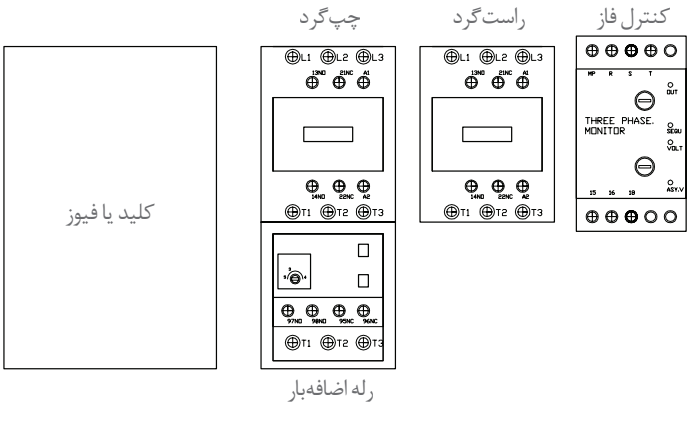
فعالیت

بلوک دیاگرام عملکرد دستگاه را ترسیم و از روی آن مدار را طراحی کنید.

چیدمان عمومی:

۱ـ قبل از هر اقدامی در مدارهای چپ‌گرد ـ راست‌گرد ابتدا از جانمایی پیش فرض آن استفاده کنید و در صورت نیاز آن را تغییر دهید. چیدمان پیشنهادی برای این کار عملی مطابق شکل ۶۷ است.

البته به نوع قطعات ذکر شده در درخواست باید توجه شود که در اینجا ورودی هر خط از کلید گردان قابل قطع + فیوز تیغه‌ای استفاده شده است.



شکل ۶۷ــ چیدمان عمومی قطعات

تجهیزات و مشخصات قطعات مورد نیاز

قطعات مورد نیاز مطابق جدول۱۶ مورد نیاز است.

ابعاد این قطعات مطابق جدول ۱۷ قابل دسترسی است.

ـ سپس ابعاد هر یک از قطعات را مشخص نمایید و داخل تابلو قرار دهید (جدول۱۷).

جدول۱۶ـ قطعات مورد نیاز

ردیف	تجهیزات	جریان به آمپر	شکل قطعه	تعداد
۱	کلید گردان قابل قطع سه پل یک‌طرفه	۶۳A		۱
۲	پایه و فیوز کاری سه پل	۱۶۰A		۱
۳	فیوز تیغه‌ای	۵۰A		۳
۴	کنتاکتور	۳۲A		۲
۵	بی متال	۲۸ـ۴۰A		۱
۶	کنترل فاز تیپ بزرگ	-		۱
۷	تایمر	ON DELAY		۱

۸	شستی استارت	(۱NO)		۲
۹	شستی استوپ	(۱NC)		۱

جدول ۱۷ـ ابعاد قطعات مورد نیاز

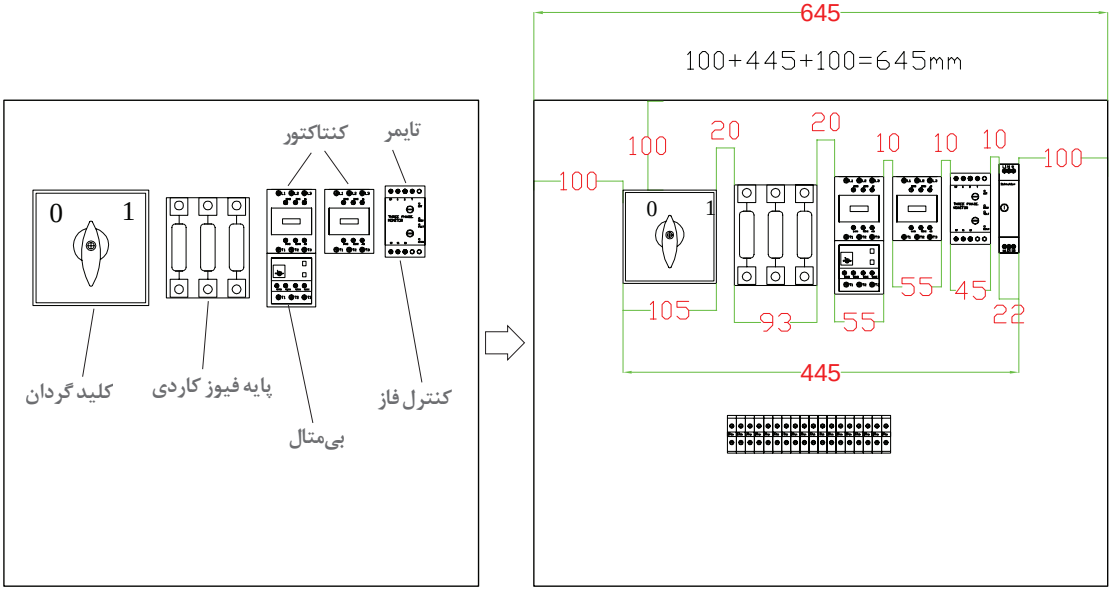
نام قطعه	طول (میلی متر)	عرض (میلی متر)	ابعادقطعات موجود در کارگاه هنرستان	
			طول	عرض
کلید گردان ۶۳A	۱۰۵	۱۰۵		
پایه فیوز کاردی	۱۱۳	۹۳		
کنتاکتور۳۲A	۷۲	۵۵		
بی متال ۳۰ـ۴۰A	۶۰	۵۵		
کنترل فاز تیپ بزرگ	۸۰	۴۵		
تایمر	۱۰۰	۲۲		

پس از برآورد فضا و چیدمان عمومی‌قطعات، مستطیل فرضی ترسیم کنید و قطعات را کنار یکدیگر قرار می‌دهید و شکل چیدمان عمومی تابلوهای دیواری را پیاده‌سازی می‌نمایید. (به این ترتیب: کلید اصلی سمت چپ ـ کنتاکتور چپ‌گرد در قسمت بعد و کنتاکتور راست‌گرد و کنترل فاز و تایمر در انتها و شینه ارت و نول را در قسمت مناسب و کنار ترمینال‌ها قرار می‌گیرند). البته در تابلوهایی که تعداد خطوط محدودی دارند مانند یک یا دو خط، نیازی به باس بار و فضای آن ندارید (شکل ۶۸).

پس از محاسبه عرض قطعات متوجه می‌شوید که طبق درخواست، عرض تابلو نباید از ۴۰۰ میلی‌متر تجاوز کند. در اینجا مجموع عرض لوازم برابراست با: ۱۰۰+۴۴۵+۱۰۰=۶۴۵mm

این عدد از عرض مورد نیازطبق شکل ۶۷ بیشترشده است پس می‌توانید درابتدا عرض تابلو (۴۰۰mm) را ترسیم کنید و قطعات را مجدداً به‌صورت طولی در تابلو قرار دهید. چیدمان را کمی‌تغییر دهید. یعنی

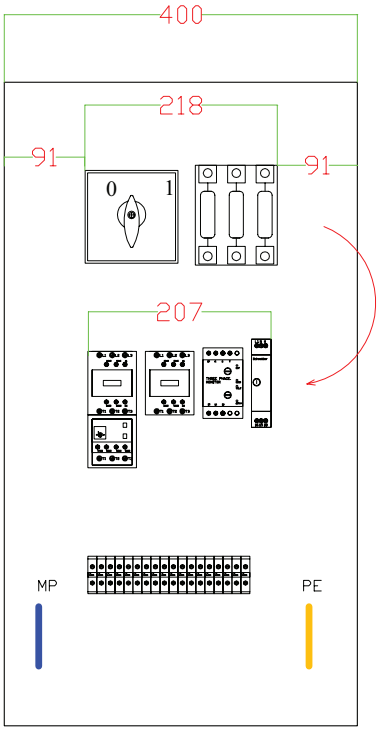
مجموعه کلید و فیوز را در یک ردیف و کنتاکتورها و کنترل فاز و تایمر را در ردیف پایین قرار دهید. به‌این صورت هرردیف از یکدیگر تفکیک می‌شود و قطعات نیز با هم هماهنگی خواهند داشت (شکل۶۹).
فاصله قطعات از بالا تا سقف تابلو ۱۰۰ میلی‌متر، ازکنار قطعات تا بدنه تابلو با توجه به محدودیت عرض حدود ۹۱ میلی‌متر، فاصله عمودی بین قطعات ۱۰۰ میلی‌متر و در نهایت ۱۵۰ میلی‌متر برای فضای زیر ترمینال در نظر گرفته می‌شود. سپس ارتفاع تابلو را با استفاده از طول قطعات محاسبه نمایید و فضای مناسب برای نصب داکت سیم‌کشی را تعیین کنید.
طول تابلو باتوجه به محاسبه، ۷۲۹ میلی‌متر می‌باشد. اکنون کافی است با اندازهٔ استاندارد تابلو مطابقت داده شود تا مقدار ۷۰۰ میلی‌متر نتیجه شود.
بنابراین ابعاد بدنه تابلو ۴۰۰×۷۰۰ میلی متر خواهد شد(شکل ۷۰).
توجه داشته باشید که هر قطعه‌ای که به عنوان «کلید فیوز» در بازار عرضه می‌شود، الزاماً قابل قطع زیر بار نمی‌باشد بلکه اصطلاحاً «جداکننده» هستند.یعنی فقط در هنگامی که موتور زیر بار نباشد، قابل باز و بسته شدن می‌باشد و برای تعویض فیوزها درنظر گرفته شده است و به هیچ عنوان این نوع کلیدها نباید به عنوان قطع یا وصل‌کننده مدار استفاده شود (شکل۷۱).



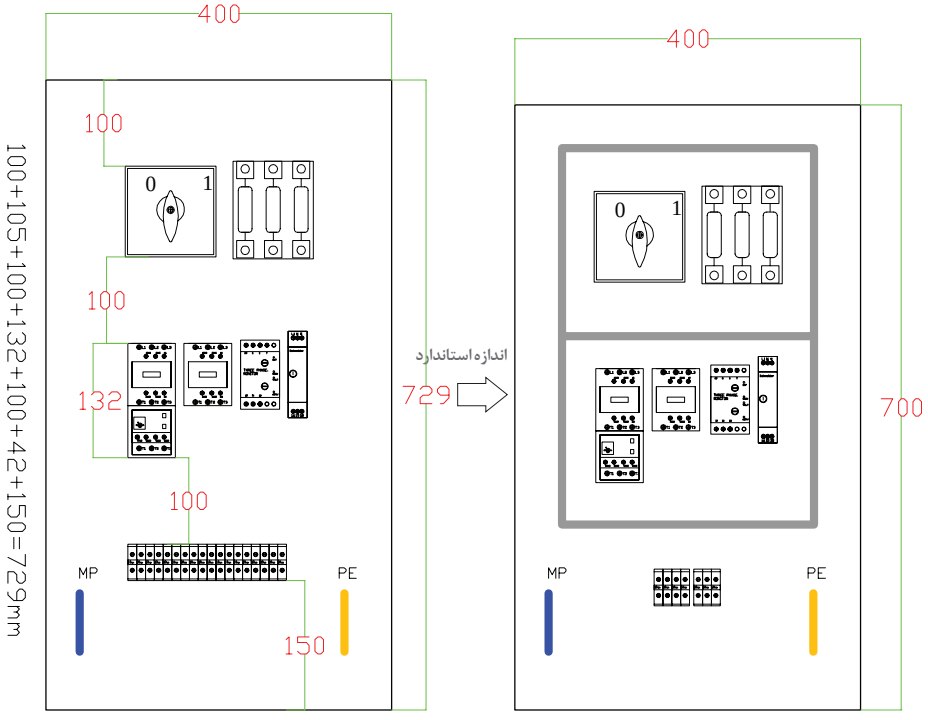
شکل ۶۸ــ محاسبه ابعاد قطعات

تذکر

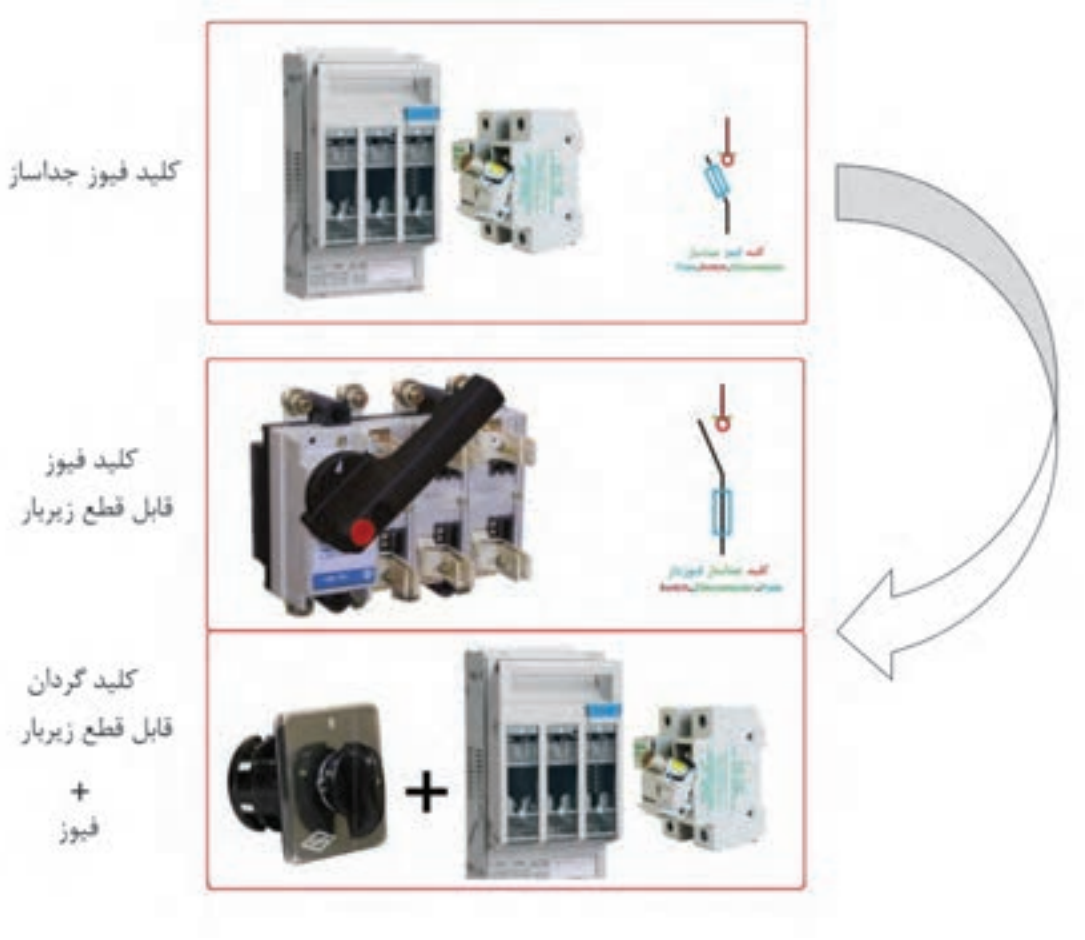
در راه‌اندازی موتورهای الکتریکی، فیوزهای ذوب شونده همیشه باید با یک کلید قابل قطع زیر بار همراه باشند. به‌این معنا که ابتدا کلیدگردان، برای قطع و وصل مدار و فیوز تیغه‌ای برای حفاظت جریان مغناطیسی در مدار تعبیه می‌شود.



شکل ۶۹ـ چیدمان جدید



شکل ۷۰ـ محاسبه ابعاد استاندارد تابلو



شکل ۷۱ـ کلید فیوز و گردان

نکات آموزشی

۱ـ همیشه به توضیحات و یا محدودیت‌هایی که در صورت درخواست کار با عنوان «مشخصات ساخت» ارائه می‌شود توجه شود زیرا می‌تواند ابعاد و اندازه‌های تابلو و چیدمان را به کلی تحت تأثیر قرار دهد. (محدودیت عرض ۴۰۰ میلی‌متر)

۲ـ فیوزهای قابل باز و بسته شدن، نباید به عنوان کلید یا CB مورد استفاده قرار گیرد. بلکه باید از کلید فیوزهای قابل قطع زیر بار استفاده نمود و یا قبل از کلید فیوزهای معمولی، حتما یک کلید گردان قابل قطع قرار داده شود.

۳ـ ابعاد تابلو در این مثال ۴۰۰×۷۰۰ میلی‌متر محاسبه گردید. درصورتی که ابعاد استاندارد ۵۰۰×۷۰۰ میلی‌متر است. ولی در صورتی که محدودیت فضا وجود داشته باشد، الزامی ندارد که از ابعاد استاندارد استفاده کرد. بنابراین نسبت به شرایط مختلف تابلو را تقریباً می‌توان با ابعاد متفاوت طراحی کرد.

ارزشیابی شایستگی تابلو تأسیسات کارگاهی

شرح کار:
نقشه‌خوانی و راه‌اندازی تابلو موتورهای الکتریکی دائم یکی پس از دیگری
نقشه‌خوانی و راه‌اندازی تابلو موتورهای الکتریکی چپ‌گرد ـ راست‌گرد حفاظت سریع
نقشه‌خوانی و راه‌اندازی تابلو موتورهای الکتریکی چپ‌گرد ـ راست‌گرد با توقف زمانی

استاندارد عملکرد: نصب و جانمایی قطعات در تابلوی کارگاهی آماده و فلزی در ابعاد ۴۰۰×۶۰۰ میلی‌متر مربع

شاخص‌ها:
تسلط بر انتخاب صحیح قطعات و استفاده صحیح از ابزارها
فضاسازی صحیح صفحه نصب تابلو و توجه به زیباسازی
سیم‌کشی صحیح و مطابق با استاندارد عملکرد بین قطعات

شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:
شرایط: فضای مناسب ـ ابزار مناسب ـ مدت زمان متناسب با حجم کار
ابزار و تجهیزات: ابزار عمومی سیم‌کشی برق ـ تابلو موقت کارگاهی آماده ـ تابلوی فلزی با ابعاد ۴۰۰×۶۰۰ میلی‌متر مربع ـ سرسیم و شماره سیم ـ قطعات الکتریکی موردنظر هر تابلو ـ داکت پلاستیکی ـ لوله انعطاف‌پذیر ـ لباس کار ـ موتور الکتریکی سه‌فاز

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	نقشه‌خوانی و نقشه‌کشی (مدار فرمان و قدرت)	۲	
۲	انتخاب قطعات الکتریکی	۲	
۳	نصب و جانمایی قطعات الکتریکی	۲	
۴	سیم‌کشی قطعات الکتریکی	۲	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش: کسب اطلاعات کارتیمی مستند سازی ویژگی شخصیتی	۲	
	میانگین نمرات		*

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