بسم الله الرحمن الرحیم

اَللّٰهُمَّ صَلِّ عَلىٰ مُحَمَّدٍ وَ آلِ مُحَمَّدٍ وَ عَجِّلْ فَرَجَهُمْ

نصب و تنظیم
تابلوهای برق فشار ضعیف

رشتهٔ الکتروتکنیک

گروه برق و رایانه

شاخهٔ فنی و حرفه‌ای

پایهٔ دوازدهم دورهٔ دوم متوسطه

وزارت آموزش و پرورش
سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

نام کتاب: نصب و تنظیم تابلوهای برق فشار ضعیف ـ ۲۱۲۲۶۴

پدیدآورنده: سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

مدیریت برنامه‌ریزی درسی و تألیف: دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

شناسه افزوده برنامه‌ریزی و تألیف: علی‌اکبر مطیع بیرجندی، شهرام خدادادی، امیرحسین ترکمانی، محمدحسن اسلامی، مجتبی انصاری‌پور، علی‌رضا حجرگشت و نقی اصغری آقاباقر (اعضای شورای برنامه‌ریزی)
مجتبی زاد فرج (پودمان اول)، احسان پرهیزکار (پودمان دوم وسوم)، علی رضا حجرگشت (پودمان چهارم)، صادق شجری قاسم خیلی و عباس منظری (واحد اول پودمان پنجم)، فتح اله نظریان (واحد دوم پودمان پنجم) (اعضای گروه تألیف)

مدیریت آماده‌سازی هنری: ادارهٔ کلّ نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی

شناسه افزوده آماده‌سازی: مجید ذاکری یونسی (مدیر هنری) ـ مجید کاظمی (صفحه‌آرا) ـ صبا کاظمی‌دوانی(طراح جلد)ـ علی‌رضا حجرگشت، احسان پرهیزکار و فتح اله نظریان (رسام) ـ ابوالفضل بهرامی (عکاس)

نشانی سازمان: تهران: خیابان ایرانشهر شمالی ـ ساختمان شمارهٔ ۴ آموزش و پرورش (شهیدموسوی)
تلفن: ۹ـ۸۸۸۳۱۱۶۱، دورنگار: ۸۸۳۰۹۲۶۶، کد پستی: ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹
وب‌گاه: www.chap.sch.ir و www.irtextbook.ir

ناشر : شرکت چاپ و نشر کتاب های درسی ایران: تهران ـ کیلومتر ۱۷ جادهٔ مخصوص کرج ـ خیابان ۶۱ (دارو پخش) تلفن :۵ ـ ۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار: ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی: ۱۳۹ـ ۳۷۵۱۵

چاپخانه: شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران «سهامی خاص»

سال انتشار و نوبت چاپ: چاپ پنجم ۱۴۰۱

کلیه حقوق مادی و معنوی این کتاب متعلق به سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی وزارت آموزش و پرورش است و هرگونه استفاده از کتاب و اجزای آن به‌صورت چاپی و الکترونیکی و ارائه در پایگاه‌های مجازی، نمایش، اقتباس، تلخیص، تبدیل، ترجمه، عکس‌برداری، نقاشی، تهیه فیلم و تکثیر به هر شکل و نوع بدون کسب مجوز از این سازمان ممنوع است و متخلفان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

شابک ۴- ۳۱۶۲ - ۰۵ - ۹۶۴ - ۹۷۸ **ISBN 978 – 964 – 05 – 3162–4**

ملت شریف ما اگر در این انقلاب بخواهد پیروز شود باید دست از آستین برآرد و به کار بپردازد. از متن دانشگاه‌ها تا بازارها و کارخانه‌ها و مزارع و باغستان‌ها تا آنجا که خودکفا شود و روی پای خود بایستد.

امام خمینی (قُدِّسَ سِرُّهُ)

فهرست

پودمان اول:

- تابلو برق ساده کارگاهی ۹
- ارزشیابی تابلو برق ساده کارگاهی ۶۶

پودمان دوم:

- تابلو برق تأسیسات کارگاهی ۶۷
- ارزشیابی تابلو برق تأسیسات کارگاهی ۱۳۲

پودمان سوم:

- تابلو برق دستگاه‌های صنعتی ۱۳۳
- ارزشیابی تابلو برق دستگاه‌های صنعتی ۱۷۸

پودمان چهارم:

- نقشه‌کشی تابلوهای برق صنعتی ۱۸۱
- ارزشیابی نقشه‌کشی تابلوهای برق صنعتی ۲۱۰

پودمان پنجم:

- تابلو برق مطلوب شبکه ۲۱۱
- ارزشیابی شایستگی تابلوی بانک خازنی ۲۲۶
- ارزشیابی شایستگی تابلو با راه‌انداز الکترونیکی (اینورتر) ۲۵۶
- **منابع و مآخذ ۲۵۷**

سخنی با هنرجویان عزیز

شرایط در حال تغییر دنیای کار در مشاغل گوناگون، توسعه فناوری‌ها و تحقق توسعه پایدار، ما را بر آن داشت تا برنامه‌های درسی و محتوای کتاب‌های درسی را در ادامه تغییرات پایه‌های قبلی براساس نیاز کشور و مطابق با رویکرد سند تحول بنیادین آموزش و پرورش و برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران در نظام جدید آموزشی بازطراحی و تألیف کنیم. مهم‌ترین تغییر در کتاب‌ها، آموزش و ارزشیابی مبتنی بر شایستگی است. شایستگی، توانایی انجام کار واقعی به‌طور استاندارد و درست تعریف شده است. توانایی شامل دانش، مهارت و نگرش می‌شود. در رشته تحصیلی حرفه‌ای شما، چهار دسته شایستگی در نظر گرفته شده است:

۱ـ شایستگی‌های فنی برای جذب در بازار کار مانند توانایی جانمایی قطعات در تابلوی برق فشار ضعیف

۲ـ شایستگی‌های غیر فنی برای پیشرفت و موفقیت در آینده مانند نوآوری و مصرف بهینه

۳ـ شایستگی‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات مانند کار با نرم افزارها

۴ـ شایستگی‌های مربوط به یادگیری مادام‌العمر مانند کسب اطلاعات از منابع دیگر

بر این اساس دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش مبتنی بر اسناد بالادستی و با مشارکت متخصصان برنامه‌ریزی درسی فنی و حرفه‌ای و خبرگان دنیای کار مجموعه اسناد برنامه درسی رشته‌های شاخه فنی و حرفه‌ای را تدوین نموده‌اند که مرجع اصلی و راهنمای تألیف کتاب‌های درسی هر رشته است.

این درس، پنجمین درس شایستگی‌های فنی و کارگاهی است که ویژه رشته الکتروتکنیک در پایه ۱۲ تألیف شده است. کسب شایستگی‌های این کتاب برای موفقیت آینده شغلی و حرفه‌ای شما بسیار ضروری است. هنرجویان عزیز سعی نمایید؛ تمام شایستگی‌های آموزش داده شده دراین کتاب را کسب و در فرایند ارزشیابی به اثبات رسانید.

کتاب درسی نصب وتنظیم تابلوهای برق فشار ضعیف شامل پنج پودمان است و هر پودمان دارای یک یا چند واحد یادگیری است و هر واحد یادگیری از چند مرحله‌کاری تشکیل شده است. شما هنرجویان عزیز پس از یادگیری هر پودمان می‌توانید شایستگی‌های مربوط به آن را کسب نمایید. هنرآموز محترم شما برای هر پودمان یک نمره در سامانه ثبت نمرات منظور می‌نماید و نمره قبولی در هر پودمان حداقل ۱۲ می‌باشد. در صورت احراز نشدن شایستگی پس از ارزشیابی اول، فرصت جبران و ارزشیابی مجدد تا آخر سال تحصیلی وجود دارد. کارنامه شما در این درس شامل ۵ پودمان و از دو بخش نمره مستمر و نمره شایستگی برای هر پودمان خواهد بود و اگر دریکی از پودمان ها نمره قبولی را کسب نکردید، تنها در همان پودمان لازم است مورد ارزشیابی قرار گیرید و پودمان‌های قبول شده در مرحله اول ارزشیابی مورد تأیید و لازم به ارزشیابی مجدد نمی‌باشد. همچنین این درس دارای ضریب ۸ است و در معدل کل شما بسیار تأثیرگذار است.

همچنین علاوه بر کتاب درسی شما امکان استفاده از سایر اجزای بسته آموزشی که برای شما طراحی و تألیف شده است، وجود دارد. یکی از این اجزای بسته آموزشی کتاب همراه هنرجو می‌باشد که برای انجام فعالیت‌های موجود در کتاب درسی باید استفاده نمایید. کتاب همراه خود را می‌توانید هنگام آزمون و فرایند ارزشیابی نیز همراه داشته باشید. سایر اجزای بسته آموزشی دیگری نیز برای شما در نظر گرفته شده است که با مراجعه به وبگاه رشته خود با نشانی www.tvoccd.oerp.ir می‌توانید از عناوین آن مطلع شوید.

فعالیت‌های یادگیری در ارتباط با شایستگی‌های غیرفنی از جمله مدیریت منابع، اخلاق حرفه‌ای، حفاظت از محیط‌زیست و شایستگی‌های یادگیری مادام‌العمر و فناوری اطلاعات و ارتباطات همراه با شایستگی‌های فنی طراحی و در کتاب درسی و بسته آموزشی ارائه شده است. شما هنرجویان عزیز کوشش نمایید این شایستگی‌ها را در کنار شایستگی‌های فنی آموزش ببینید، تجربه کنید و آنها را در انجام فعالیت‌های یادگیری به کار گیرید.

رعایت نکات ایمنی، بهداشتی و حفاظتی از اصول انجام کار است لذا توصیه‌های هنرآموز محترمتان در خصوص رعایت مواردی که در کتاب آمده است، در انجام کارها جدی بگیرید.

امیدواریم با تلاش و کوشش شما هنرجویان عزیز و هدایت هنرآموزان گرامی، گام‌های مؤثری در جهت سربلندی و استقلال کشور و پیشرفت اجتماعی و اقتصادی و تربیت مؤثر و شایسته جوانان برومند میهن اسلامی برداشته شود.

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

سخنی با هنرآموزان گرامی

در راستای تحقق اهداف سند تحول بنیادین آموزش و پرورش و برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران و نیازهای متغیر دنیای کار و مشاغل، برنامه‌درسی رشته الکتروتکنیک طراحی و بر اساس آن محتوای آموزشی نیز تألیف گردید. کتاب حاضر از مجموعه کتاب‌های کارگاهی می‌باشد که برای سال دوازدهم تدوین و تألیف گردیده است این کتاب دارای ۵ پودمان است که هر پودمان از یک یا چند واحد یادگیری تشکیل شده است. همچنین ارزشیابی مبتنی بر شایستگی از ویژگی‌های این کتاب می‌باشد که در پایان هر پودمان شیوه ارزشیابی آورده شده است. هنرآموزان گرامی می‌بایست برای هر پودمان یک نمره در سامانه ثبت نمرات برای هر هنرجو ثبت کنند. نمره قبولی در هر پودمان حداقل ۱۲ می‌باشد و نمره هر پودمان از دو بخش تشکیل می‌گردد که شامل ارزشیابی پایانی در هر پودمان و ارزشیابی مستمر برای هریک از پودمان‌ها است. از ویژگی‌های دیگر این کتاب طراحی فعالیت‌های یادگیری ساخت‌یافته در ارتباط با شایستگی‌های فنی و غیرفنی از جمله مدیریت منابع، اخلاق حرفه‌ای و مباحث زیست‌محیطی است. این کتاب جزئی از بسته آموزشی تدارک دیده شده برای هنرجویان است که لازم است از سایر اجزای بستهٔ آموزشی مانند کتاب همراه هنرجو، نرم‌افزار و فیلم آموزشی در فرایند یادگیری استفاده شود. کتاب همراه هنرجو در هنگام یادگیری، ارزشیابی و انجام کار واقعی مورد استفاده قرار می‌گیرد. شما می‌توانید برای آشنایی بیشتر با اجزای بسته‌یادگیری، روش‌های تدریس کتاب، شیوه ارزشیابی مبتنی بر شایستگی، مشکلات رایج در یادگیری محتوای کتاب، بودجه‌بندی زمانی، نکات آموزشی شایستگی‌های غیرفنی، آموزش ایمنی و بهداشت و دریافت راهنما و پاسخ فعالیت‌های یادگیری و تمرین‌ها به کتاب راهنمای هنرآموز این درس مراجعه کنید. لازم به یادآوری است،کارنامه صادر شده در سال تحصیلی قبل بر اساس نمره ۵ پودمان بوده است. و در هنگام آموزش و سنجش و ارزشیابی پودمان‌ها و شایستگی‌ها، می‌بایست به استاندارد ارزشیابی پیشرفت تحصیلی منتشر شده توسط سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی مراجعه گردد. رعایت ایمنی و بهداشت، شایستگی‌های غیر فنی و مراحل کلیدی براساس استاندارد از ملزومات کسب شایستگی می‌باشند. همچنین برای هنرجویان تبیین شود که این درس با ضریب ۸ در معدل کل محاسبه می‌شود و دارای تأثیر زیادی است.

کتاب شامل پودمان‌های زیر است:

پودمان اول: «تابلو برق ساده کارگاهی» جانمایی قطعات در تابلو آماده کارگاهی وساخت تابلو توزیع کارگاهی و تابلو کنترل روشنایی را ارائه می‌دهد.

پودمان دوم:«تابلو برق تأسیسات کارگاهی» با هدف برآورد ابعاد تابلوی راه‌اندازی موتورهای

الکتریکی به محاسبه ابعاد قطعات مورد نیازپرداخته و بعد از برآورد ابعاد تابلو به کمک مدار فرمان جانمایی و نصب قطعات را ارائه می‌دهد.

پودمان سوم: «تابلو برق دستگاه‌های صنعتی» با هدف برآورد ابعاد تابلوی راه‌اندازی موتور الکتریکی دستگاه‌های صنعتی به شیوه ستاره ـ مثلث و راه‌انداز نرم را بررسی می‌کند و ضمن مقایسه تفاوت در جانمایی‌های متفاوت به نصب و فضاسازی بهینه قطعات در تابلو می‌پردازد.

پودمان چهارم: «نقشه‌کشی تابلوهای برق صنعتی» با هدف نقشه‌کشی مدارات فرمان وقدرت مدار راه‌انداز دائم موتوری، نقشه‌کشی در محیط نرم‌افزار اتوکد را با فراخوانی قطعات متداول یا از شرکت‌های خاص، دنبال می‌کند.

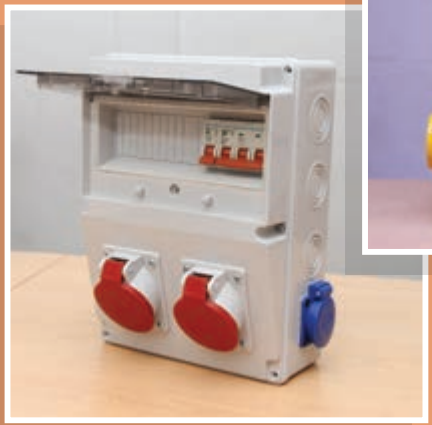
پودمان پنجم: «تابلوهای برق مطلوب شبکه» در قالب دو واحد یادگیری بانک‌های خازنی (اصلاح ضریب قدرت شبکه) و اینورتر (کنترل جریان راه‌اندازی وعمر بهینه موتورهای الکتریکی) در این پودمان دنبال می‌شود.

امید است که با تلاش و کوشش شما همکاران گرامی، اهداف پیش‌بینی شده برای این درس محقق شود.

دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش

پودمان اول

تابلو برق ساده کارگاهی



واحد یادگیری ۱

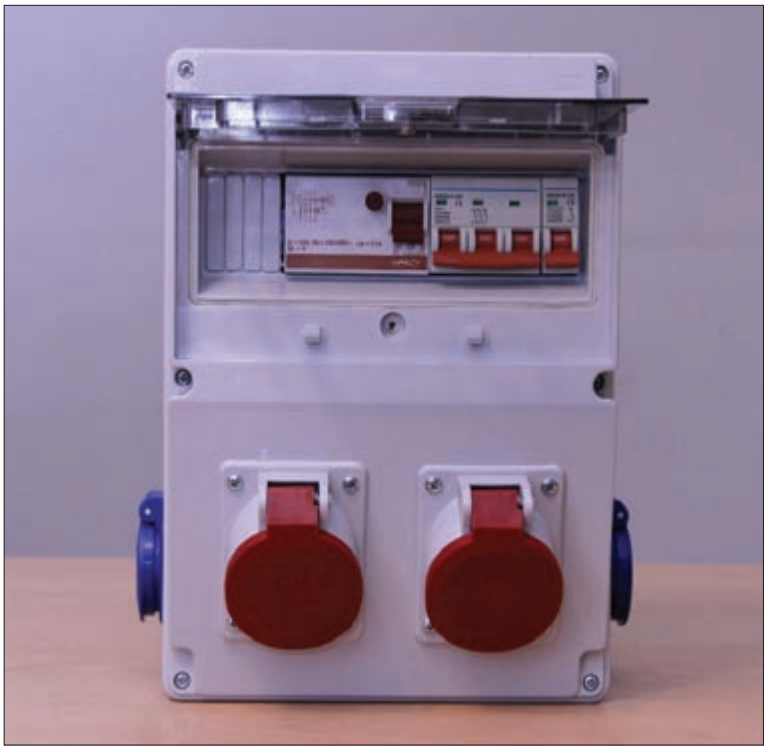
آیا می‌دانید

- وظیفه تابلوهای برق چیست؟
- تابلو توزیع کارگاهی آماده پلاستیکی با نوع فلزی چه تفاوت هایی دارد؟
- تابلوهای برق از چه اجزای الکتریکی وغیر الکتریکی تشکیل شده‌اند؟
- چگونه می‌توان یک تابلوی موقت کارگاهی برای توزیع برق سه فاز و تک‌فاز ساخت؟
- تابلوهای برق فشار ضعیف به چند دسته تقسیم می‌شوند؟
- تابلوهای برق فشار از نظر کاربرد به چند دسته تقسیم می‌شوند؟
- مراحل طراحی وساخت یک تابلو برق فشار ضعیف کدام‌اند؟
- تایمر ۲۴ ساعته و ساعت نجومی چه کاربردهایی دارند؟

استانداردعملکرد

دراین پودمان هنرجویان قادر خواهند شد انواع قطعات واجزای تابلو برق کارگاهی ساده و عملکرد آنها را تشریح کنند وسپس بر مبنای جریان بار قطعات مورد نیاز برای تابلوی موقت کارگاهی و تابلو روشنایی را تعیین کنند. همچنین نصب قطعات و جانمایی آنها را در تابلو انجام داده و مسیرهای جریان فرمان و قدرت را مطابق با نقشه مسیر جریان سیم‌کشی کرده وتست صحت عملکرد تابلو را به کمک هنرآموز محترم آزمایش نمایند.

مقدمه



شکل۱ــ تابلو برق موقت کارگاهی آماده

تابلوهای برق کارگاهی برای برق‌رسانی موقت به وسایل برقی پروژه‌های کارگاهی استفاده می‌شود. پروژه‌های کارگاهی نظیر ساختمان‌های مسکونی، اداری و تجاری در حال ساخت و یا کارگاه‌های موقت است. منظور از وسایل برقی دستگاه‌های برقی نظیر دریل، فرز، جوش و سایر وسایل برقی مورد استفاده در پروژه‌های کارگاهی است. لذا به‌منظور ایمنی پرسنل شاغل در پروژه‌های کارگاهی و حفاظت از تجهیزات برقی به استفاده از تابلو برق کارگاهی توصیه اکید شده است (شکل ۱).

تابلو برق کارگاهی محفظه‌ای برای نصب تجهیزات برقی نظیر کلید قطع و وصل، پریزها و وسایل حفاظتی می‌باشد. «در» تابلو برق کارگاهی حتماً باید مجهز به قفل باشد تا از دسترسی افراد غیر مسئول به تجهیزات داخل تابلو جلوگیری شود.نصب این تابلوها به دو صورت ثابت و متحرک در پروژه‌های کارگاهی انجام می‌شود.

تابلوهای برق کارگاهی برای استفاده در ولتاژ سه فاز ۴۰۰V و تک‌فاز ۲۳۰V طراحی و ساخته می‌شوند. لذا این تابلوها جزو تابلوهای برق فشار ضعیف LV می‌باشند.

فعالیت

عبارت زیر چه قابلیتی از تابلو را بیان می‌کند؟

Low-voltage switchgear is designed for switching and protection of electrical equipment

تابلوهای برق فشار ضعیف

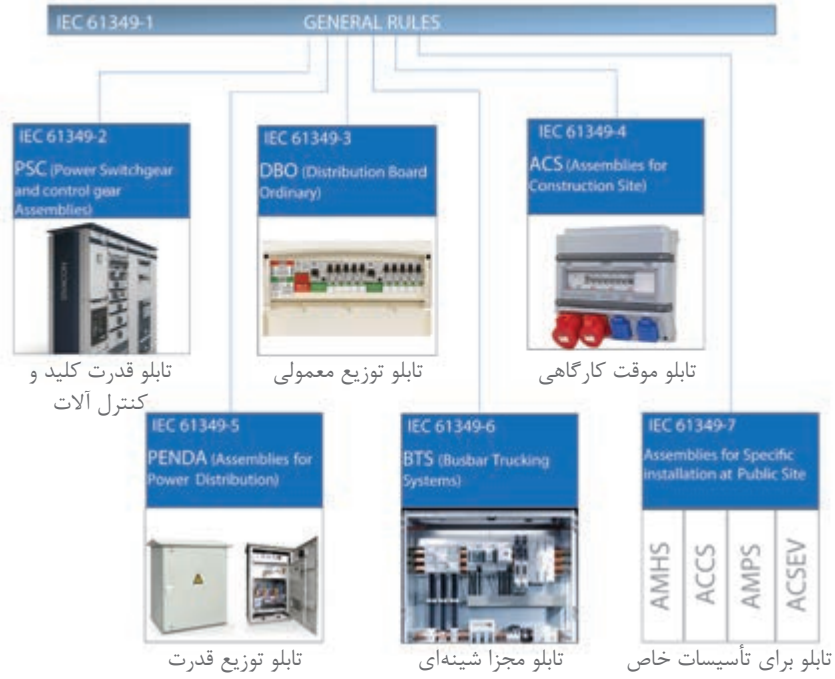
تابلوهای برق فشار ضعیف محفظه‌ای برای نصب تجهیزات قطع و وصل، حفاظتی، اندازه‌گیری و پریز می‌باشد.
این تابلوها تا سطح ولتاژ ۱۰۰۰V جریان متناوب AC و ۱۵۰۰V جریان مستقیم DC طراحی و ساخته می‌شوند. این تابلوها قابلیت نصب ثابت را دارند. (شکل۲).

شکل ۲ـ تابلو برق فشار ضعیف

تابلوهای برق فشار ضعیف بر اساس استاندارد IEC به پنج دسته تقسیم می‌شوند.

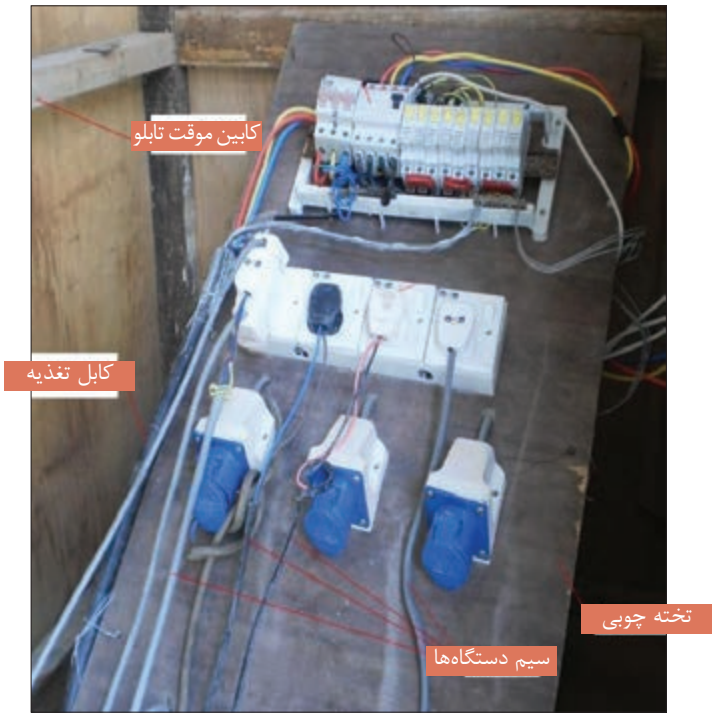
- تابلو برق کارگاهی ACS
- تابلو برق توزیع واحد مسکونی DBO
- تابلو برق قدرت و کنترل PSC
- تابلو برق قدرت توزیع PENDA
- تابلو BTS

دسته‌بندی تابلوهای برق فشار ضعیف در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۳ـ دسته بندی انواع تابلوهای برق فشار ضعیف

تابلوهای برق موقت کارگاهی طبق تقسیم‌بندی IEC جزو تابلوهای ACS هستند که در این قسمت به آنها پرداخته خواهد شد.



شکل ۴ـ یک نمونه تابلو کارگاهی غیر ایمن

تابلو برق کارگاهی ACS

تابلو برق کارگاهی ACS برای برق‌رسانی موقت به وسایل برقی پروژه‌های کارگاهی، اسکان موقت و نمایشگاه‌های روزانه استفاده می‌شود. ساختمان‌های اداری، تجاری و مسکونی درحال ساخت و یا کارگاه‌هایی که به‌طور موقت برای انجام کار برپا می‌شوند و پس از آن جمع‌آوری می‌شود را پروژه‌های کارگاهی گویند.
تابلو برق کارگاهی ACS به‌منظور ایمنی پرسنل شاغل در پروژه‌های کارگاهی و حفاظت از تجهیزات برقی در پروژه‌های کارگاهی استفاده می‌شود و حتماً باید به سیستم اتصال زمین (ارت) متصل شود.
تابلو برق کارگاهی ACS محفظه‌ای برای نصب تجهیزات برقی نظیر کلید قطع و وصل، کنتاکتور، وسایل حفاظتی، پریز و وسایل اندازه‌گیری می‌باشد. این تجهیزات متناسب با نیازهای پروژه کارگاهی می‌تواند تغییر نماید.

استفاده از تابلو برق‌های کارگاهی غیرایمن که در طراحی آنها اصول فنی و ایمنی رعایت نشده ممنوع می‌باشد. یک تابلو برق غیر ایمن که در طراحی آن اصول فنی و ایمنی رعایت نشده است در شکل ۴ نشان داده شده است.

رها بودن سیم‌های برق روی تخته و نداشتن محفظه مناسب که باعث می‌شود افراد غیرمسئول به تجهیزات تابلو دسترسی داشته باشند از جمله نواقص این تابلو می‌باشد.

سؤال

چه نکات ایمنی و موارد دیگری در توصیف تابلو برق کارگاهی شکل ۴ به نظر شما می‌رسد؟

تابلو موقت کارگاهی، از یک یا چند پریز و وسایل قطع و وصل آنها، همراه تجهیزات حفاظتی (در صورت لزوم مدارهای فرمان و وسایل اندازه‌گیری) تشکیل شده است که همراه با اتصالات داخلی برقی و مکانیکی برای توزیع برق سه فاز و تک‌فاز در تمام کارگاه‌های ساختمانی (درون ساختمان یا فضای باز) طراحی و ساخته می‌شود.
در شکل ۵ دو نمونه از این تابلو نشان داده شده است. این تابلوها علاوه بر کارگاه‌های ساختمانی دراماکن فیلم‌برداری، اجرای برنامه و نظایرآن نیز به‌کار گرفته می‌شود. این نوع تابلوها در بازارمعمولاً به‌صورت آماده بدون سیم‌کشی داخلی عرضه می‌شود.

شکل ۵ــ دو نمونه تابلو برق موقت کارگاهی

سؤال

کاربرد تابلو موقت کارگاهی بدنه پلاستیکی و فلزی درشکل ۶ نشان داده شده است.چه موارد ایمنی در کاربرد آنها باید در نظر گرفته شود؟

شکل ۶ــ کاربرد تابلو موقت کارگاهی فلزی وپلاستیکی

اجزا و قطعات تابلو موقت کارگاهی

تابلو موقت کارگاهی پیشنهادی در این پودمان مطابق شکل ۷ دارای تجهیزات الکتریکی زیر می‌باشد :

۱ـ کلید خودکار مینیاتوری (MCB) سه فاز ۳۲A از نوع C

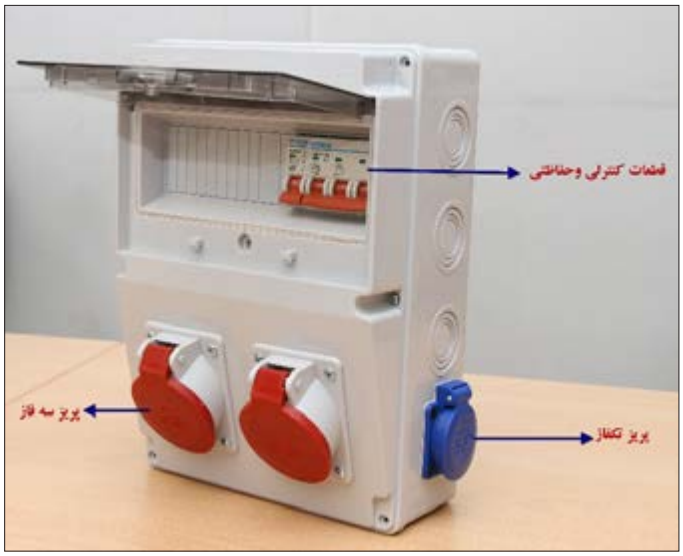
۲ـ کلید خودکار مینیاتوری (MCB) تکفاز ۲۵A از نوع C

۳ـ پریز ۵ شاخه ۲۵A دردار

۴ـ پریز ۳ شاخه ۱۶A دردار

۵ـ ترمینال فلزی انشعابی برای نول

۶ـ ترمینال فلزی انشعابی برای اتصال زمین (ارت)

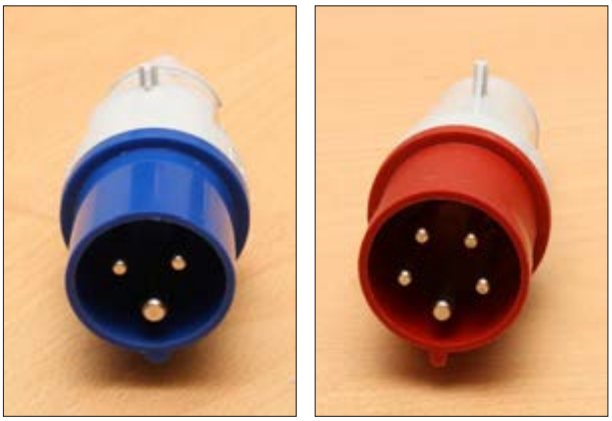


شکل ۷ـ اجزای تابلو موقت کارگاهی

اتصال‌دهنده ۵ شاخه سه فاز و سه شاخه تک‌فاز

برای اتصال کابل به پریزهای تابلو از اتصال‌دهنده ۵ شاخه سه فاز و سه شاخه تک‌فاز استفاده شده است.

در نوع ۵ شاخه، تعداد ۳ شاخه برای مسیر سه‌فاز می‌باشد و معمولاً با حرف P مشخص شده است. یکی از شاخه‌ها برای اتصال سیم نول است که با حرف N مشخص شده است اما بزرگ‌ترین شاخه مربوطه به اتصال زمین (ارت) است و با حرف E مشخص می‌شود. این اتصال‌دهنده در دو مدل توکار و روکار وجود دارد. مدل تک‌فاز دارای سه شاخه بوده که بزرگ‌ترین شاخه آن برای اتصال زمین است (شکل۸).



شکل۸ـ اتصال‌دهنده سه فاز وتک‌فاز

تعیین نوع اتصالات صنعتی سه فاز و کاربرد آنها

موضوع موتور ژنراتورهای خانگی و اتصال کابل آنها به محل مصرف در پایه یازدهم بررسی شد. اگر به سر کابل خروجی موتور ژنراتور دوشاخه و سمت دیگر روی دیوار پریز نصب شود با روشن کردن ژنراتور، شاخک‌های دوشاخه ممکن است در تماس با دست افراد قرار گرفته و برق‌گرفتگی ایجاد کند. پس به اتصالی نیاز است که از لحاظ شاخک و سوراخ‌ها برخلاف انواع متداول باشد به‌طوری که اتصال‌دهنده سر کابل به‌جای شاخک، سوراخ‌دار باشد. به این اتصال‌دهنده کانکتور (Connector) گفته می‌شود. اتصال مقابل کانکتور که روی دیوار یا تابلو نصب می‌شود بر خلاف معمول شاخک‌دار بوده و به آن قطعه نیز اینلت (Inlet) گفته می‌شود. بنابراین برای برق‌دار کردن یا انشعاب برق از کلیه تابلوها باید به‌نوع اتصال به‌لحاظ Inlet و Connector توجه شود. قطعه پلاگ (Plug) به‌همراه کانکتور برای اتصال دو سر کابل قابل انعطاف و افزایش طول مسیر کابل استفاده می‌شود. اگر پلاگ برای نصب به محل ثابت در نظر گرفته شود از سوکت اوت لت (Socket_outlet) استفاده می‌شود (شکل۹).

شکل۹ـ اتصالات صنعتی سه فاز

پریز (Receptacle) Socket_outlet: قسمت نصب ثابت شده در سیم‌کشی یا نصب شده روی تجهیزات که برای اتصال به یک مدارالکتریکی طراحی شده است.

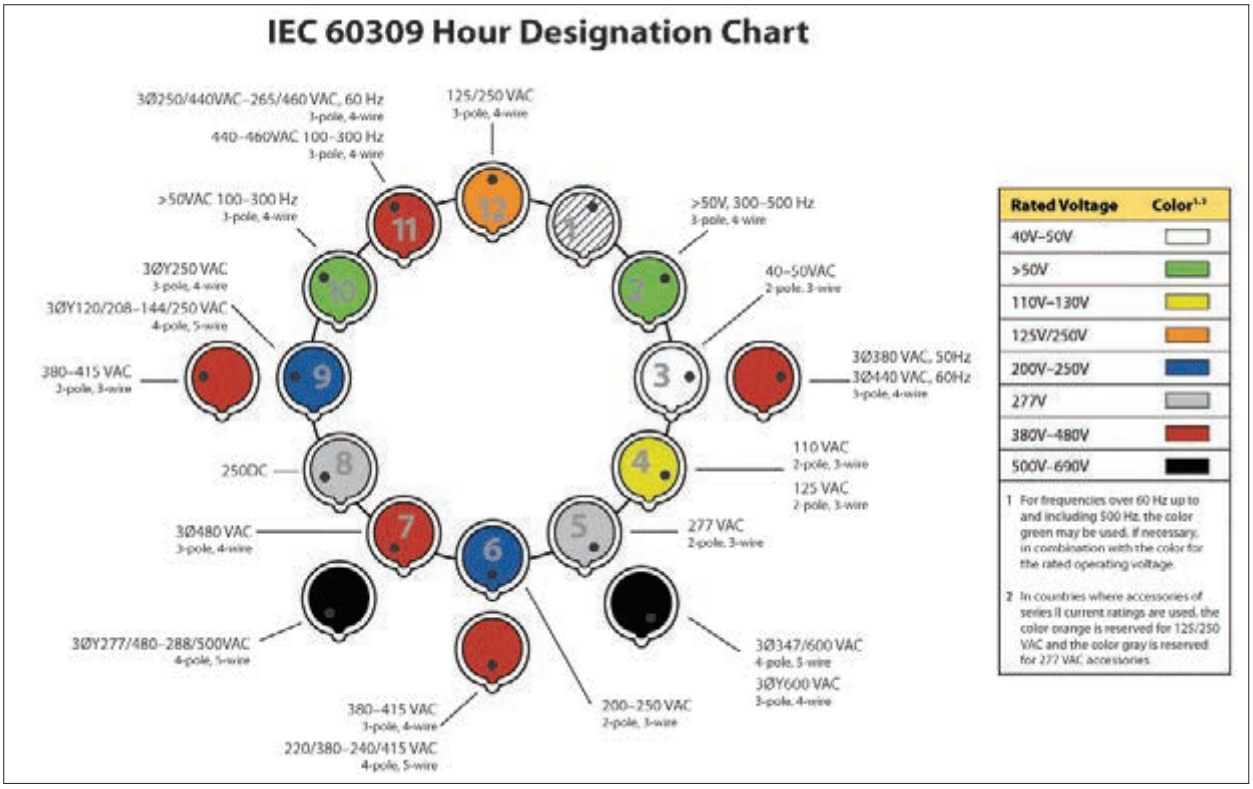
چند شاخه (plug): قطعه یکپارچه برای اتصال مستقیم یک کابل انعطاف پذیر به تجهیزات یا یک Connector در نظر گرفته می‌شود.

اتصال‌دهنده (Connector): قطعه جداگانه برای اتصال به یک کابل انعطاف‌پذیر که به منبع متصل است. به‌طور کلی، یک کانکتور دارای همان ترتیب اتصالات Socket_outlet است.

اینلت (Inlet): قطعه نصب ثابت که تجهیزات متصل شده به آن ثابت وغیرقابل‌انعطاف است. به‌طور کلی، یک کانکتور دارای همان ترتیب اتصالات Plug است.

کوپلر (Coupler): امکان اتصال دو کابل به هم را فراهم می‌کند و همواره از دو قسمت تشکیل شده است. کوپلر کابل، Plug و Connector را به‌هم وصل می‌کند. کوپلر لوازم الکتریکی را با Connector و Inlet به‌هم وصل می‌کند.

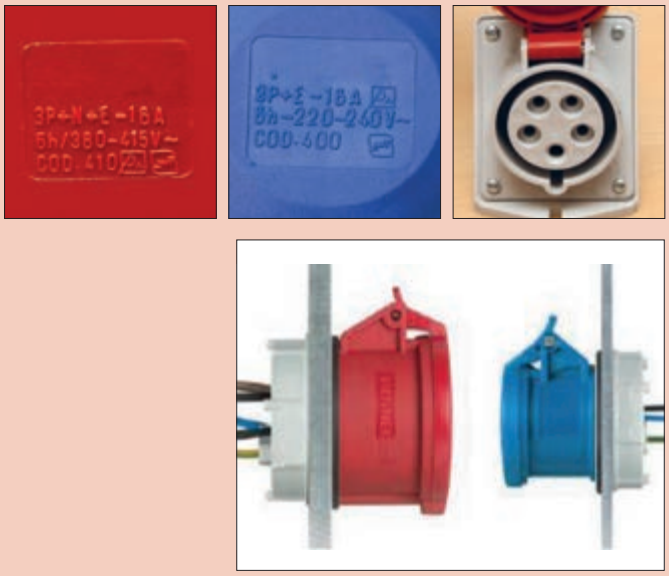
طبق استاندارد اتصال‌دهنده‌های سه فاز وتک‌فاز (پنج وسه شاخه) بر مبنای ساعت و رنگ تعریف می‌شوند.ساعت و رنگ، کیفیت اتصال ومحدوده ولتاژ کار پریز را نشان می‌دهند. ساعت هر پریز محل اتصال شاخه اتصال زمین را نشان می‌دهد.نمودار تعیین ساعت نشان داده شده در شکل ۱۰ ساعت و رنگ پریز ها را بیان می‌کند.



شکل ۱۰ــ نمودار تعیین ساعت

فعالیت

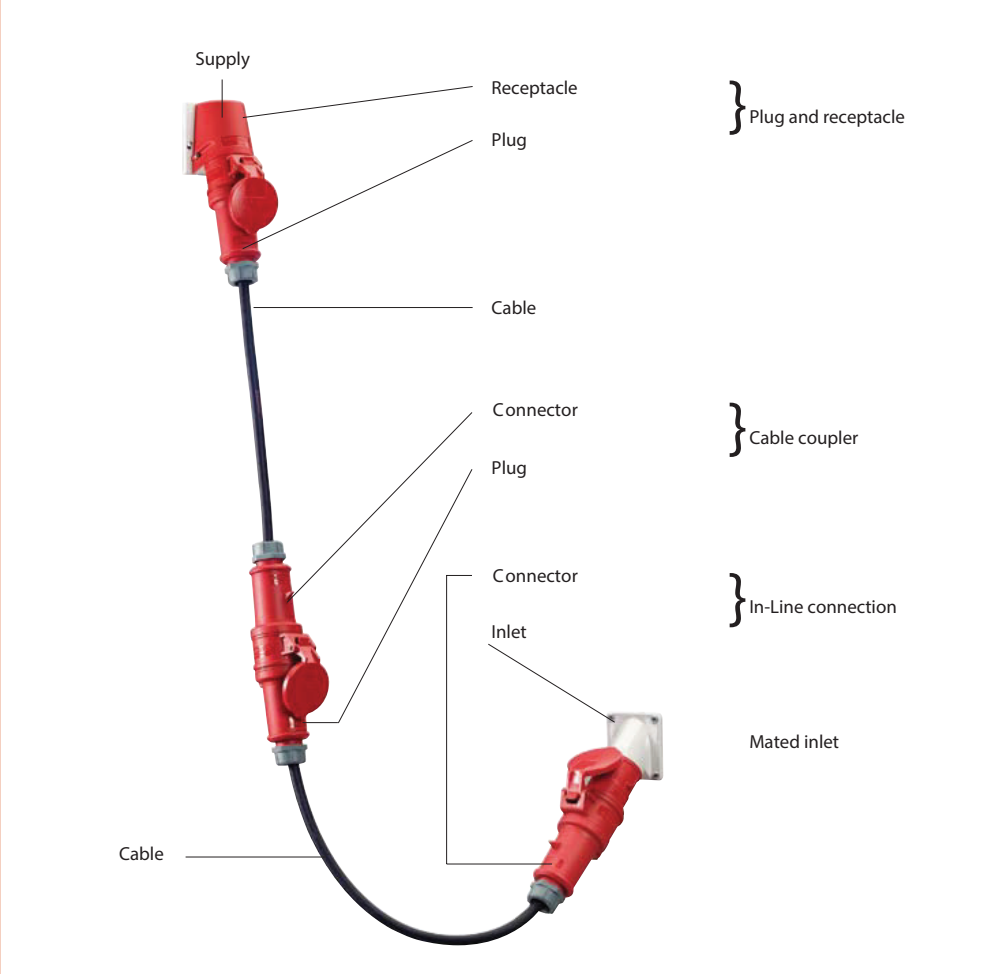
با استفاده از نمودار تعیین ساعت شکل ۱۱ منظور از عبارت 6h روی درپوش پریز را توضیح دهید؟ رنگ درپوش‌ها معرف چه تقسیم‌بندی است؟



شکل ۱۱ــ عبارت‌های روی درپوش پریزکارگاهی

فعالیت

درمورد نام قطعات و اتصالات شکل ۱۲ بحث وتبادل نظر کنید.



شکل ۱۲ــ اتصالات پریز واتصال دهنده

فعالیت

تصاویر نشان داده شده در شکل ۱۳کدام نوع پریز یا اتصال دهنده صنعتی را مشخص می کند؟

شکل ۱۳ــ چند نمونه اتصال دهنده

انتخاب تابلوهای موقت کارگاهی به‌صورت سه فاز یا تک‌فاز با توجه به جریان تجهیزات کارگاهی و نوع و تعداد آنها و با توجه به نوع تجهیزات به‌کار رفته می‌تواند بسیار متنوع باشد.

فعالیت

در مورد ساعت اتصال نشان داده شده در شکل ۱۴ بحث وتبادل نظر کنید.

شکل ۱۴ـ اتصال‌دهنده سه فاز

فعالیت

نوع اتصال‌دهنده و پریز را در شکل ۱۵ به تفکیک شماره مشخص شده بنویسید؟

۱ـ .....

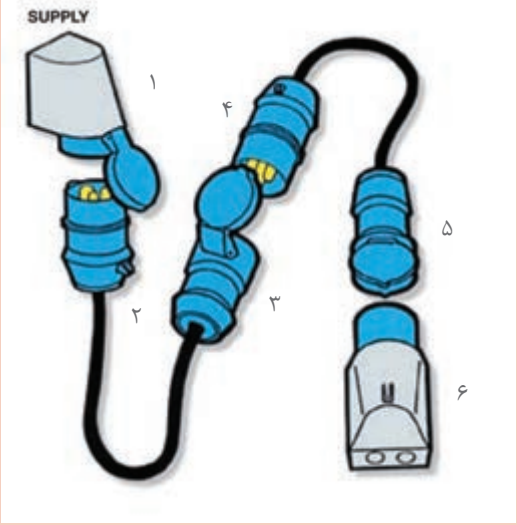
۲ـ .....

۳ـ .....

۴ـ .....

۵ـ .....

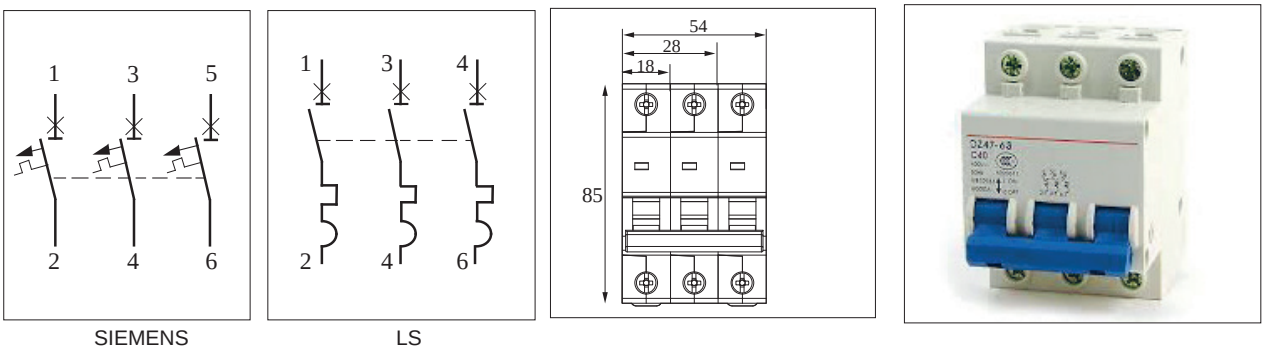
۶ـ .....



شکل ۱۵ـ اتصال‌دهنده و پریز

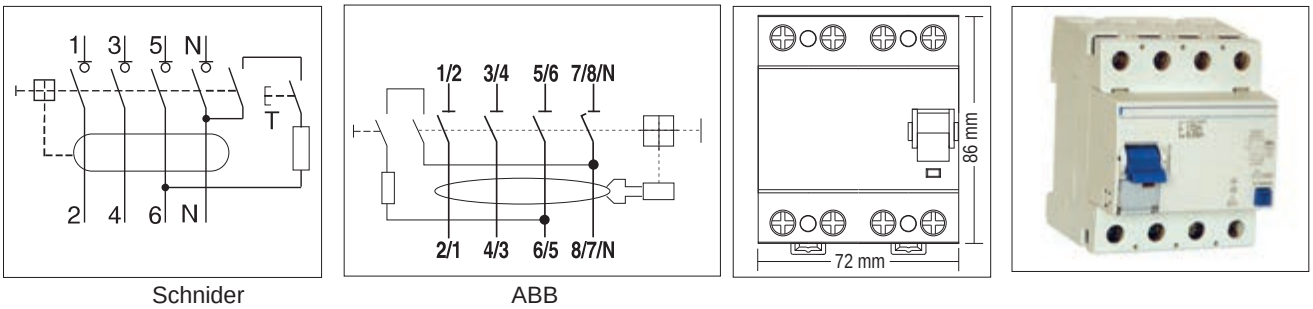
قطعات کنترلی وحفاظتی تابلو

قطعات کنترلی و حفاظتی تابلو شامل کلیدهای خودکار مینیاتوری سه فاز و تک‌فاز و کلید جریان باقیمانده (نشتی) می‌باشد. شکل ظاهری، ابعاد و شمای فنی کلید خودکار مینیاتوری سه فاز در شکل ۱۶ مشاهده شده است.

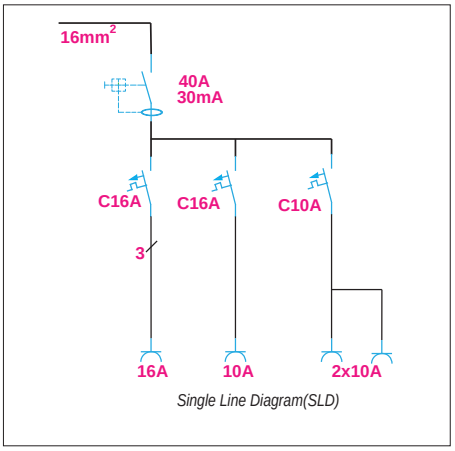


شکل ۱۶ــ کلید خودکار مینیاتوری سه فاز

کلید جریان نشتی سه فاز، عملکردی شبیه کلید جریان باقیمانده (نشتی) تک‌فاز دارد ولی به جای فاز و نول ورودی، سه فاز و نول برای ورودی و خروجی آن در نظر گرفته شده است (شکل۱۷).



شکل ۱۷ــ کلید جریان باقیمانده (نشتی) سه فاز



شکل ۱۸

هنگام سفارش تابلو،یک نقشه تک خطی مطابق شکل ۱۸ ارائه می‌شود و حاوی اطلاعات قطعات مورد نیاز تابلو می‌باشد.انتخاب جریان و ولتاژ و تجهیزات الکتریکی و تعداد آنها معمولاً براساس این نقشه صورت می گیرد.

درجه حفاظت تابلوها (IP)[1]

درجه حفاظت تابلو با یک عدد دو رقمی نشان داده می‌شود. رقم دهگان عدد حفاظت تابلو در برابر گرد وغبار و رقم یکان حفاظت در برابر ذرات آب را نشان می‌دهد. مقدار این حفاظت‌ها از جدول ۱ قابل بررسی است.

جدول ۱ـ درجه حفاظت تابلوها

IP 6 7

رقم اول	توضیحات
۰	هیچ‌گونه حفاظتی در برابر تماس و ورود اجسام وجود ندارد.
۱	در برابر دسترسی هر سطح بزرگ بدن مانند پشت دست و ورود اشیا جامد بزرگ‌تر از ۵۰ میلی‌متر محافظت شده است.
۲	در برابر دسترسی به قسمت‌های خطرناک توسط یک انگشت یا یک شیء مشابه محافظت شده است. در برابر ورود اشیای جامد بزرگ‌تر از ۱۲/۵ میلی‌متر محافظت شده است.
۳	در برابر دسترسی به قسمت‌های خطرناک با یک ابزار یا سیم ضخیم محافظت شده است. در برابر ورود اشیای جامد بزرگ‌تر از ۲/۵ میلی‌متر محافظت شده است.
۴	در برابر دسترسی به قسمت‌های خطرناک یا سیم، پیچ و غیره محافظت شده است. در برابر ورود اشیای جامد بزرگ‌تر از ۱ میلی‌متر محافظت شده است.
۵	در برابر دسترسی به قسمت‌های خطرناک محافظت شده است. محافظت در برابر گردوغبار
۶	در برابر دسترسی به قسمت‌های خطرناک محافظت شده است. محافظت در برابر ریزگرد

رقم دوم	توضیحات
۰	حفاظت نشده
۱	حفاظت شده در برابر قطرات آب به‌صورت عمودی
۲	حفاظت شده در برابر قطرات آب در زاویه ۱۵ درجه
۳	حفاظت شده در برابر قطرات آب در زاویه ۶۰ درجه
۴	حفاظت شده در برابر ریزش و پاشش آب از هر زاویه و جهتی
۵	حفاظت شده در برابر فشار آب از هر زاویه و جهتی
۶	حفاظت شده در برابر فشار آب قوی از هر زاویه و جهتی
۷	حفاظت شده در برابر غوطه‌ور شدن موقت در آب، تا عمق ۱ متر و مدت ۳۰ دقیقه تست شده است.
۸	حفاظت شده در برابرغوطه‌ور شدن در آب تا هر عمقی
۹	حفاظت شده در برابر فشار و درجه حرارت بالا مانند تمیز کردن با بخار

IP: Ingress Protection

فعالیت

مشخصات فنی تابلوکارگاهی نشان داده شده در شکل ۱۹ را تشریح کنید.در مورد درجه حفاظت تابلو (IP۴۴) تحقیق کنید.

- pre - wired for installation
- hinged to the side
- enclosure and insert made of AMAPLAST
- fusing behind a transparent cover

Protection type.....IP 44
Fitted with .....1 CEE 32A,5p,400V
2 SCHUKO 16A,230V
Fusing.....1 MCB 32A,3p,C
2 MCB's 16A,1p,C
Connection/feeder cable.....for 1 cableup to 5 × 10 mm^2
Enclosure size.....260 × 225 mm (H × W)

شکل۱۹ـ یک نمونه تابلوکارگاهی آماده

کار عملی

هدف: ساخت تابلوتوزیع موقت کارگاهی

برای اجرای کار عملی وسایل زیر مورد نیاز است

۱ـ سیم شماره ۲/۵ میلی‌متر مربع به رنگ های قرمز ـ زرد ـ مشکی ـ آبی و سیم زرد با نوار سبز

۲ـ نوار فرم یا نوار پیچشی برای حالت دادن و مرتب کردن سیم‌ها

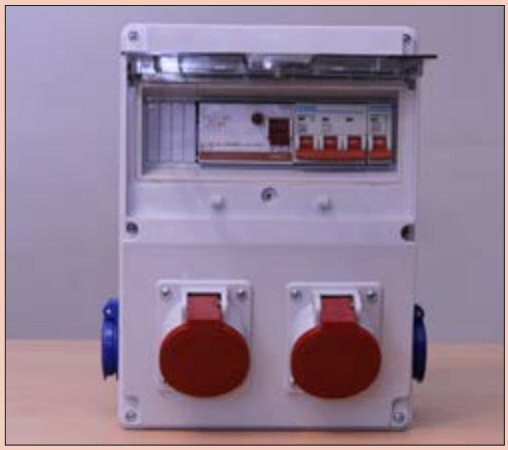
۳ـ شماره سیم L۱، L۲، L۳

۴ـ سرسیم مناسب سیم نمره ۲/۵

۵ـ تابلوی آماده دارای دو پریز سه فاز و دو پریز تک‌فاز مطابق شکل ۲۰ (بدون سیم‌کشی داخلی)

ابزار مورد نیاز: ابزار سیم‌کشی برق ساختمان (سیم‌چین، سیم لخت‌کن، سر سیم‌زن و انبردست)

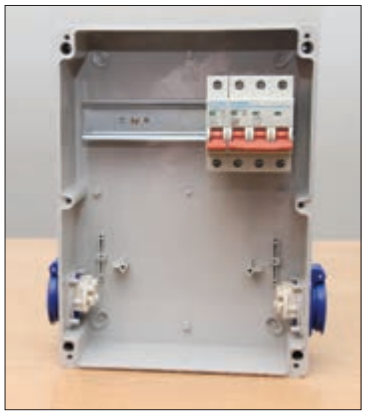
نقشه تک خطی تابلو مطابق شکل ۲۱ است.



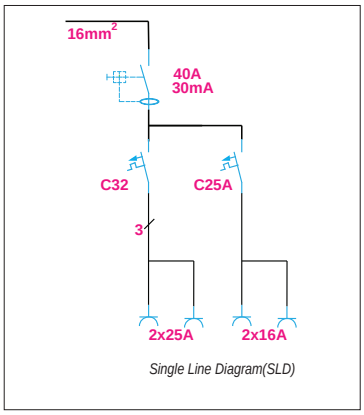
شکل ۲۰ـ تابلوی آماده دارای دو پریز سه فاز و دو پریز تک‌فاز

مراحل انجام کار

۱ـ ابتدا کلید جریان باقیمانده (نشتی) را روی ریل فلزی و سمت چپ کلید خودکار مینیاتوری نصب کنید. از خروجی کلید جریان باقیمانده (نشتی) سه فاز، سه رشته سیم با سر سیم L۱، L۲، L۳ به کلید خودکار مینیاتوری سه فاز اتصال دهید (شکل۲۲).



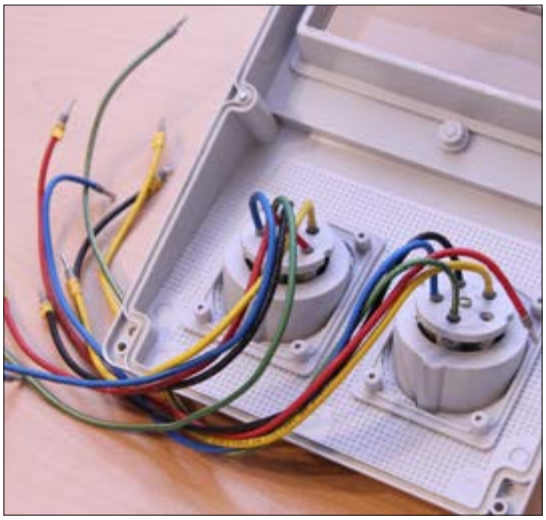
شکل۲۲ـ نصب کلید جریان باقیمانده (نشتی)



شکل۲۱ـ یک نمونه تابلو کارگاهی آماده

۲ـ در ادامه از خروجی فاز اول کلید خودکار مینیاتوری سه فاز دو رشته سیم (دو پریز سه فاز) با شماره سیم قرمز L۱ به‌صورت موازی به ترمینال R هر پریز سه فاز اتصال دهید(برای این کار می‌توانید از سر سیم دوبل استفاده کنید)

۳ـ در این مرحله از خروجی فاز دوم کلید خودکار مینیاتوری سه فاز دو رشته سیم زرد رنگ با شماره سیم L۲ به‌صورت موازی به ترمینال S هر پریز سه فاز اتصال دهید. رعایت رنگ سیم و شماره سیم برای هر فاز در این مرحله بسیار مهم است (شکل۲۳).

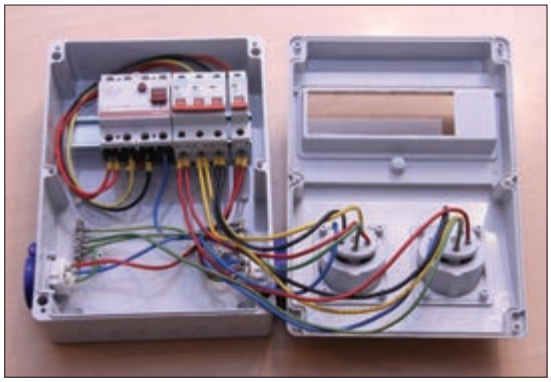


شکل۲۳ـ نصب کلید خودکار مینیاتوری و سرسیم و شماره سیم

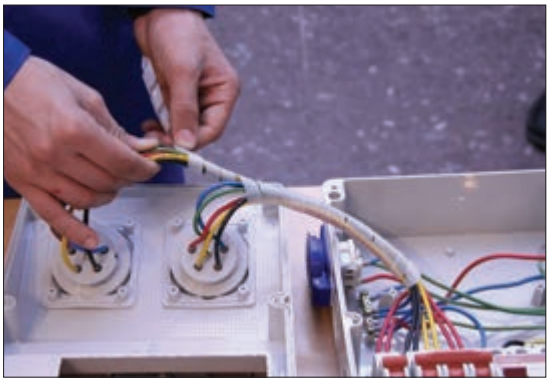
۴ـ اکنون از خروجی فاز سوم کلید خودکارمینیاتوری سه فاز دو رشته سیم به رنگ مشکی با شماره سیم L۳ به‌صورت موازی به ترمینال T سه فاز اتصال دهید. از خروجی کلید خودکار مینیاتوری تک‌فاز دو رشته سیم قرمز با شماره سیم L۱ به‌طور موازی به ترمینال R پریزهای تک‌فاز اتصال دهید (شکل۲۴).

شکل۲۴ـ سر سیم وشماره سیم پریز تک‌فاز

۵ـ از ترمینال فلزی مخصوص نول دو رشته سیم آبی به پیچ سه سوکت‌های سه فاز اتصال دهید.
۶ـ از ترمینال فلزی اتصال زمین دو سیم به رنگ نوار زرد ـ سبز به ترمینال E پریز های سه فاز اتصال دهید. اندازه سیم‌ها را به گونه‌ای انتخاب کنید که درتابلو به راحتی باز شود و در صورت لزوم تعمیرات انجام شود (شکل۲۵).
۷ـ از نوار فرم برای مرتب کردن سیم‌ها استفاده کنید (شکل۲۶).



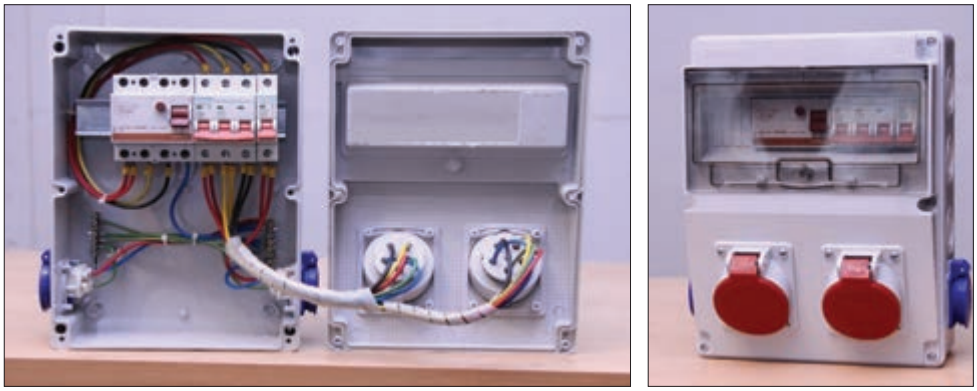
شکل۲۵ـ سیم‌کشی یک نمونه تابلو موقت کارگاهی



شکل ۲۶ـ استفاده از نوار فرم

۸ـ اکنون از ترمینال فلزی مخصوص نول دو رشته سیم به رنگ آبی به ترمینال پریزهای تک‌فاز اتصال دهید.
۹ـ از ترمینال فلزی مخصوص اتصال زمین دو رشته سیم به رنگ زرد، با نوار سبز به ترمینال E پریزهای

تک‌فاز اتصال دهید و با استفاده از بست کمربندی سیم‌های هم مسیر را به هم محکم ببندید. پس از اتمام سیم‌کشی با اهم متر اتصالات را کنترل کنید و از صحت اتصالات مطمئن شوید (شکل۲۷).



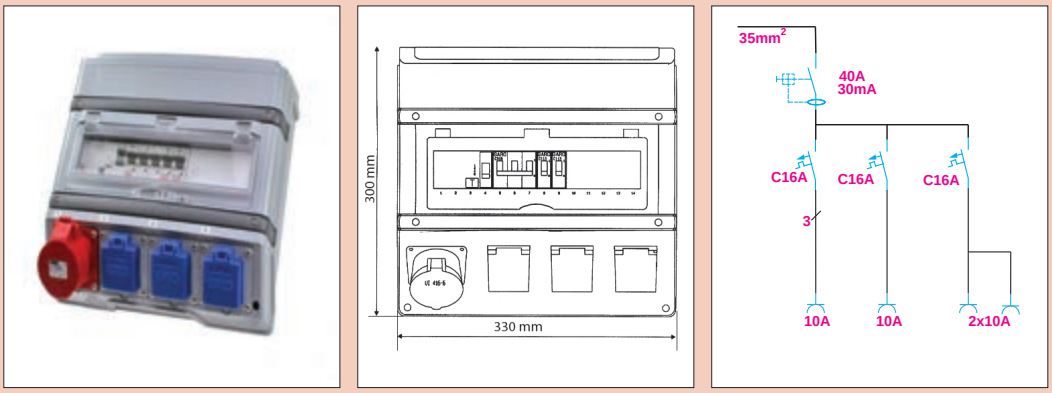
شکل۲۷ــ نمای داخلی و بیرونی تابلو

برای استفاده از تابلو، پس از نصب تابلو روی دیوار باید کابل ۵ رشته ورودی تابلو را به ورودی کلید جریان باقیمانده (نشتی) سه فاز اتصال دهید و سیم آبی نول و سیم سبز با نوار زرد را به شین‌های نول و ارت اتصال دهید. در آخرین مرحله با ولت‌متر ولتاژ خروجی پریزها را با رعایت نکات ایمنی اندازه‌گیری کنید (شکل۲۸).

شکل۲۸ــ اندازه‌گیری با ولت‌متر

فعالیت

در مورد ساختار تابلو شکل ۲۹ بحث وتبادل نظر کنید.



شکل۲۹ــ ساختار تابلو

تجهیزات تابلو برق کارگاهی

تجهیزات تابلوبرق کارگاهی به دو دسته الکتریکی و غیر الکتریکی تقسیم می‌شود.

الف) تجهیزات الکتریکی تابلو

تجهیزات الکتریکی وسایلی هستند که به آنها ولتاژ متصل می‌شود و جریان الکتریکی از آنها عبور می‌کند و به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم واسطه‌ای میان منبع تغذیه و بارهای الکتریکی هستند.

تجهیزات الکتریکی که در تابلو مورد استفاده قرار می گیرند عبارت‌اند از:

۱ـ تجهیزات کنترلی شامل کلیدها، سوییچ‌ها، شستی‌ها، انواع رله‌ها

۲ـ تجهیزات حفاظتی شامل فیوزها، کلید فیوزها، کلیدهای حرارتی محافظ موتور و بی متال و کلیدهای خودکار مینیاتوری (MCB) و کلیدهای اتوماتیک (MCCB)

۳ـ تجهیزات اندازه‌گیری شامل ولت‌متر، آمپرمتر، فرکانس متر، وات‌متر و ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری و کلید ولت‌متر

۴ـ اتصالات شامل سیم‌ها، شینه‌های سه فاز و ارت و نول، انواع سرسیم‌ها و ترمینال‌های ریلی و بلوکی.

ب) تجهیزات غیرالکتریکی تابلو

انواع یراق‌آلات شامل قفل و لولا و قلاب حمل و نوارهای لاستیکی عایق‌بندی و انواع داکت و پیچ و مهره از تجهیزات غیرالکتریکی به‌شمار می‌روند.

فعالیت

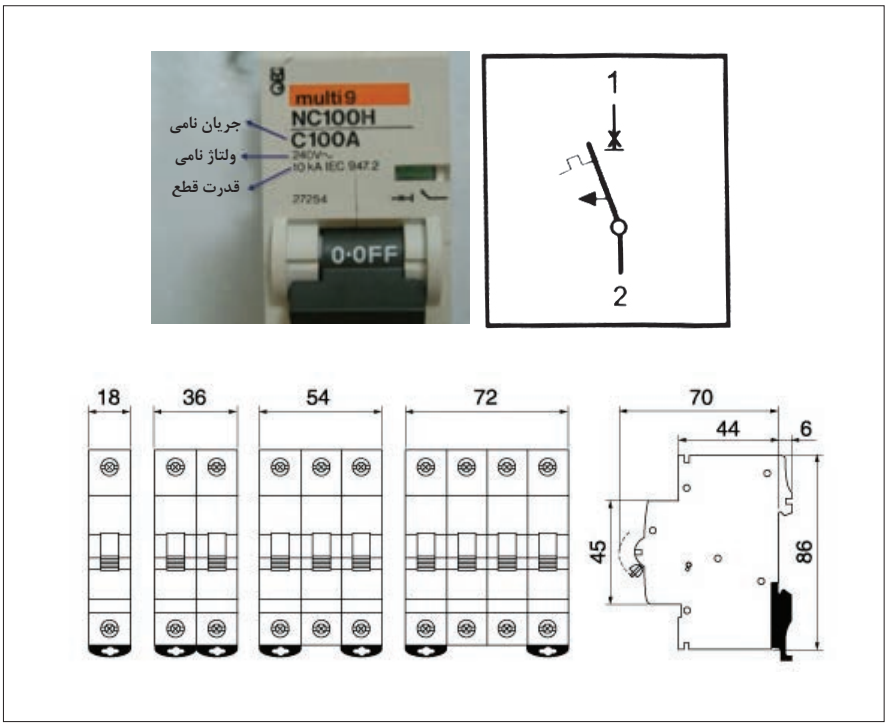
در شکل ۳۰ قطعات الکتریکی و غیر الکتریکی تابلو را مشخص کنید.

شکل ۳۰ـ قطعات الکتریکی وغیر الکتریکی تابلوبرق

کلید خودکار مینیاتوری

کلید خودکار مینیاتوری یکی از پرکاربردترین قطعات الکتریکی در تابلوهای برق است به‌طوری‌که ابعاد دیگر

قطعات الکتریکی در تابلو ضریبی از ابعاد این کلید است.
مشخصات فنی این کلید محافظ در شناسایی، انتخاب و نصب آن نقش مهمی دارد. این کلید در دو نوع AC و DC تولید می‌شود. نوع AC برای محافظت از مدارهایی که با جریان متناوب کار می‌کند و نوع DC برای محافظت از مدارهایی به‌کار می‌رود که با جریان مستقیم کار می‌کند.
مشخصات فنی این کلید براساس استاندارد IEC به این شرح است (شکل ۳۱).



شکل۳۱ـ مشخصه فنی کلید خودکار مینیاتوری

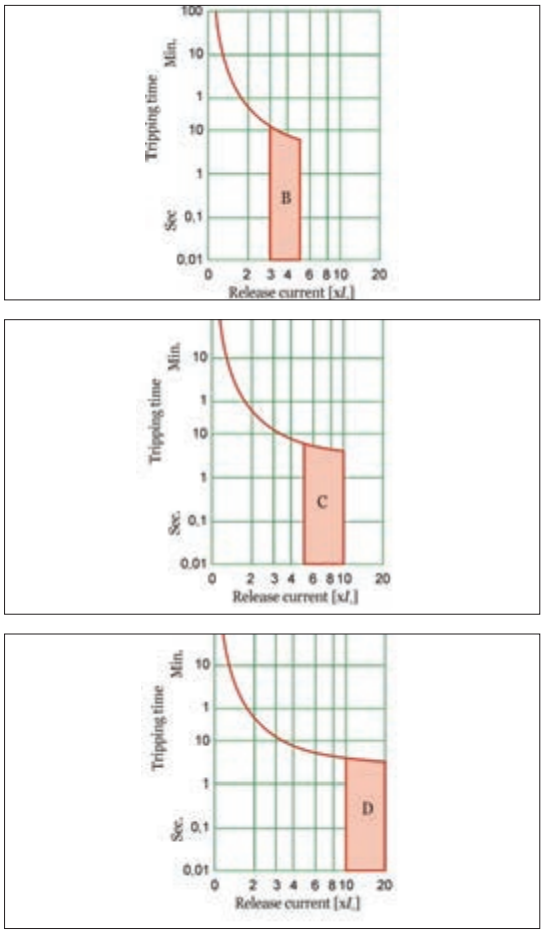
۱ـ ولتاژ نامی: ولتاژ نامی کلید حداکثر ولتاژ قابل تحمل کلید است. مدارهای الکتریکی با ولتاژ معینی کار می‌کنند لذا ولتاژ نامی کلید متناسب با ولتاژ مدار انتخاب می‌شود.
۲ـ جریان نامی: جریان نامی کلید حداکثر جریان قابل تحمل کلید است. در صورتی که جریان عبوری از کلید بیش از جریان نامی کلید شود، کلید محافظ مدار را قطع می‌کند. جریان نامی کلید را «جریان قطع» نیز می‌گویند. تجاوز جریان از جریان نامی که کلید نیاز دارد تا مدار را قطع کند «زمان قطع» می نامند.
۳ـ قدرت قطع: حداکثر جریان قابل تحمل کلید در زمان اتصال کوتاه را قدرت قطع گویند.این جریان ناشی از اتصال کوتاه در مدارهای الکتریکی است که کلید از آن محافظت می‌نماید. اگر جریان اتصال کوتاه بیش از قدرت قطع کلید باشد منجر به خرابی کلید خواهد شد. لذا در انتخاب کلید، قدرت قطع را بیش از جریان اتصال کوتاه در نظر می‌گیرند.
۴ـ منحنی مشخصه: منحنی مشخصه کلید مدت زمان قطع کلید پس از وقوع خطای الکتریکی را نشان می‌دهد. کلیدهای خودکار مینیاتوری براساس منحنی مشخصه به سه دسته مطابق شکل ۳۲ تقسیم می‌شوند:

● کلیدهای خودکار مینیاتوری با منحنی مشخصه B برای حفاظت مدارهای روشنایی به‌کار می‌روند و با افزایش جریان مدار به ۳ تا ۵ برابر جریان نامی کلید، مدار را قطع می‌کنند.

● کلیدهای خودکار مینیاتوری با منحنی مشخصه C برای حفاظت مدارهای صنعتی شامل موتورهای الکتریکی به‌کار می‌روند و با افزایش جریان مدار به ۵ تا ۱۰ برابر جریان نامی کلید، مدار را قطع می‌کنند.

● کلیدهای خودکار مینیاتوری با منحنی مشخصه D برای حفاظت مدارهای صنعتی شامل ترانسفورماتور به‌کار می‌روند و با افزایش جریان مدار به ۱۰ تا ۲۰ برابر جریان نامی کلید، مدار را قطع می‌کنند.

۵ـ ابعاد و اندازه: ابعاد این کلید در اندازه ۸۶×۱۸ میلی‌متر است.



شکل ۳۲ـ منحنی مشخصه کلید خودکار مینیاتوری

فعالیت

چند کلید خودکار مینیاتوری را از انبار تحویل بگیرید. در مورد تفاوت آنها و مشخصات فنی وکاربرد آنها بحث وگفت‌وگو کرده وجدول ۲ را تکمیل نمایید.

جدول ۲ـ مشخصات فنی کلید خودکار مینیاتوری

ردیف	ولتاژ نامی	جریان نامی	قدرت قطع	کاربرد مناسب کلید	شرکت سازنده
۱					
۲					
۳					
۴					

فیوز جداکننده (سکسیونری)

فیوز جداکننده وظیفه حفاظت از مدارها و تجهیزات الکتریکی تابلو برق کارگاهی را در مقابل اتصال کوتاه و اضافه بار به‌عهده دارد.

فیوز جداکننده به‌صورت یک پل، دو پل و سه پل قابل استفاده برای مدارهای تک‌فاز و سه فاز ساخته شده است.

فیوزهای جداکننده با جریان ۲ الی ۱۲۵ آمپر و قدرت قطع یک کیلو آمپر موجود می‌باشند.

فیوزهای جداکننده را با نام‌های سکسیونر، فیوز سیلندری، فیوز کریر Carrier می‌شناسند.

از این فیوزها می‌توان برای حفاظت لامپ سیگنال تابلو برق موقت کارگاهی استفاده کرد بدین منظور جریان فیوز باید متناسب با جریان لامپ سیگنال انتخاب شود (شکل ۳۳).

شکل ۳۳ـ پایه فیوز و فیوزجداکننده

برای انتخاب این فیوزها باید به جریان و نوع مصرف‌کننده توجه کرد. این فیوزها از نظر فیزیکی در سه اندازه به‌شرح زیر وجود دارند.

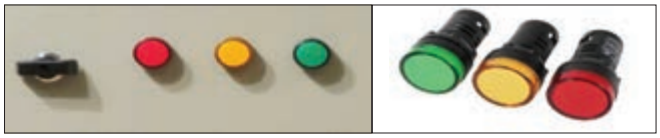
۳۸ × ۱۰ مناسب برای فیوزهای ۲، ۴، ۶، ۱۰، ۱۶، ۲۵، ۳۲ آمپر
۵۱ × ۱۴ مناسب برای فیوزهای ۶۳، ۵۰، ۴۰، ۳۲، ۲۵ آمپر
۵۸ × ۲۲ مناسب برای فیوزهای ۱۲۵، ۱۰۰، ۸۰، ۶۳، ۵۰، ۴۰ آمپر

منظور از اندازه عدد اول قطر فیوز و عدد دوم طول آن برحسب میلی‌متر است. به‌عنوان مثال در فیوز ۳۸×۱۰ عدد ۱۰ نشان‌دهنده قطر فیوز و عدد ۳۸ بیانگر طول آن برحسب میلی‌متر است.

دو نوع متداول این فیوزها gG مناسب برای حفاظت عمومی و aM مناسب برای حفاظت اتصال کوتاه الکتروموتورها می‌باشد.

چراغ سیگنال

چراغ سیگنال برای نشان دادن برق‌دار بودن تابلو برق کارگاهی استفاده می‌شود. لامپ‌های سیگنال در رنگ‌های قرمز، سبز و زرد استفاده می‌شوند.



شکل ۳۴ـ نمونه لامپ سیگنال

شکل۳۵ـ لامپ سیگنال دارای نمایشگر

در مدارات قدرت از لامپ سیگنال با رنگ قرمز برای نشان دادن فاز، با رنگ زرد برای فاز L۲ و با رنگ سبز برای فاز L۳ استفاده می‌شود. اما در مدارهای فرمان و کنترل از لامپ سیگنال از رنگ قرمز برای روشن بودن و رنگ سبز برای خاموش مدار استفاده می‌شود و همچنین از لامپ سیگنال با رنگ زرد برای حالت وجود عیب در مدار (TRIP) استفاده خواهد شد. (شکل ۳۴)

نمونه‌های جدید لامپ سیگنال قابلیت نمایش مقدار ولتاژ، جریان خط و فاز و حتی فرکانس را دارند (شکل ۳۵)

اتصال آنها برای نمایش واندازه‌گیری ولتاژ همانند لامپ سیگنال‌های معمولی است و تا ۵۰۰ ولت متناوب را اندازه‌گیری و نشان می‌دهد. ولی برای اندازه‌گیری جریان به یک ترانسفور ماتور جریان (CT) نیاز است. ولتاژ لامپ سیگنال‌های معمولی را با اتصال بین فاز و نول می‌توان تأمین کرد (۲۳۰ولت) ولی در لامپ سیگنال‌های دارای نمایشگر امکان اتصال این لامپ‌ها به ولتاژ فازی (۲۳۰ ولت) و ولتاژ خطی (۴۰۰ ولت) امکان‌پذیر است.

سؤال

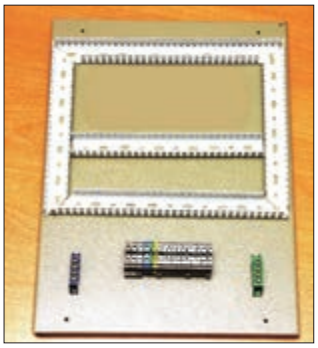
چه تفاوت هایی در اتصال ستاره و مثلث لامپ سیگنال‌های ولتاژ دارای نمایشگر، روی تابلو وجود دارد؟

کار عملی

بااستفاده از یک لامپ سیگنال ولتاژ ویک کلید ولت‌متر و یک جعبه پلاستیکی یک نمایشگر ولتاژ خط و فاز درست کنیدو ولتاژهای ششگانه خط و فاز کارگاه را در گزارش خود یادداشت نمایید.

سینی تابلو (صفحه نصب)

سینی تابلو محل نصب ریل‌ها و داکت‌ها می‌باشد. تجهیزات الکتریکی شامل وسایل حفاظتی و کنتاکتورها بر روی ریل‌ها نصب می‌شوند و سیم‌کشی بین آنها درون داکت‌ها انجام خواهد شد. سینی تابلو از جنس بدنه تابلو انتخاب خواهد شد. به سینی تابلو صفحه نصب نیز می‌گویند.



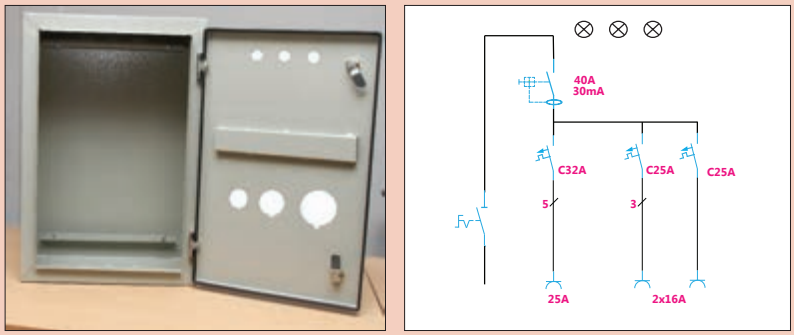
شکل۳۶ـ اجزای تابلو و صفحه نصب تابلو

ابعاد سینی تابلو ۳ سانتی‌متر از ابعاد تابلو کوچک‌تر است و به هنگام نصب ۲ سانتی‌متر از کف تابلو فاصله

دارد. این فاصله با خم کردن لبه‌های سینی تابلو ایجاد می‌شود. این سینی توسط پیچ به بدنه تابلو محکم می‌شود. (شکل ۳۶).

فعالیت

تابلو برق تغذیه کارگاهی را مطابق شمای فنی نقشه داده شده شکل ۳۷ طراحی و جانمایی کنید.



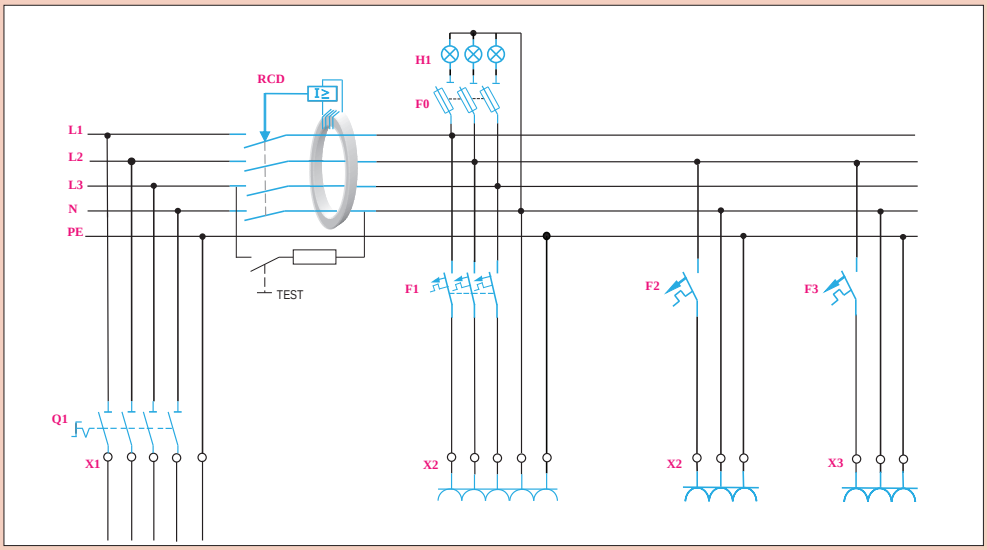
شکل ۳۷ـ شمای فنی تابلو برق تغذیه و محفظه تابلو کارگاهی

۱ـ به‌منظور حفاظت پریزها یک عدد کلید خودکار مینیاتوری سه فاز و دو عدد کلید خودکار مینیاتوری تک‌فاز درنظر بگیرید.

۲ـ مطابق نقشه حقیقی یک عدد کلید جریان باقیمانده سه فاز، یک کلید گردان سه پل به‌عنوان کلید ورودی و یک پایه فیوز جداکننده سه‌فاز با فیوز استوانه‌ای برای حفاظت چراغ‌های سیگنال نیز درنظر بگیرید.

۳ـ پریزها و کلید گردان برای دسترسی آسان، روی بدنه تابلو نصب شود.

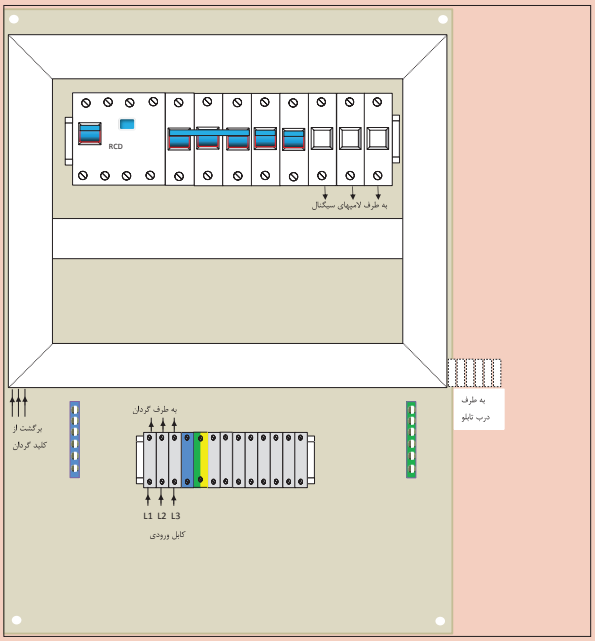
راهنمایی: با توجه به محدودیت فضا، ابعاد تابلو ترجیحاً ۲۰۰×۴۰۰×۶۰۰ میلی‌متر باشد. شکل ۳۸ نقشه حقیقی این کار عملی را نشان می‌دهد.



شکل ۳۸ـ نقشه حقیقی تابلو

فعالیت

با توجه به نقشه حقیقی و شمای فنی داده شده در این کار عملی نقشه جانمایی داده شده را سیم‌کشی نمایید (شکل ۳۹).



شکل ۳۹ـ نقشه جانمایی تابلو

تجهیزات و ابزارمورد نیاز: در این کار عملی به ابزار سیم‌کشی و تجهیزات اشاره شده در جدول ۳ نیاز است (شکل ۴۰).

شکل ۴۰ـ تجهیزات کنترلی مورد نیاز در تابلو

جدول۳ـ تجهیزات کنترلی مورد نیاز در تابلو

تجهیزات کنترلی	جریان به آمپر	تعداد
کلید گردان یک طرفه ۳P	۴۰A	۱
کلید خودکارمینیاتوری MCB ـ۳P	۲۵A	۱
کلیدخودکار مینیاتوری MCB ـ۱P	۱۶A	۲
کلید جریان باقیمانده RCD ـ۴P	۴۰A	۱
پایه فیوز جداکننده ۳P	۲A	۱

مراحل انجام کار:

مراحل انجام کار برای آماده سازی تابلو شامل جانمایی و نصب قطعات و سیم‌کشی می‌باشد.
ابعاد قطعات موجود در انبار کارگاه هنرستان را اندازه‌گیری نمایید و در جدول ۴ یادداشت کنید.

جدول۴ـ ابعاد تجهیزات کنترلی مورد نیاز در تابلو

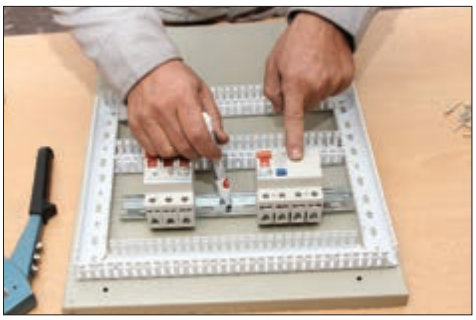
نام قطعه	طول (میلی‌متر)	عرض (میلی‌متر)	ابعاد اندازه‌گیری شده قطعات در کارگاه هنرستان (میلی‌متر)	
			طول	عرض
کلید گردان یک طرفه ۳P	۷۰	۷۰		
کلید خودکارمینیاتوری MCB_۳P	۸۳	۵۴		
کلید خودکارمینیاتوری MCB_۱P	۸۳	۱۸		
کلید جریان باقیمانده RCD_۴P	۸۳	۷۰		
پایه فیوز جداکننده۳P	۸۳	۵۴		

الف) جانمایی و نصب قطعات

یکی از موارد مهم در جانمایی اطلاع دقیق از ابعاد و اندازه قطعات الکتریکی است. در جدول ۴ ابعاد قطعات کار عملی معرفی شده است. ممکن است ابعاد قطعات در شرکت‌های مختلف با یکدیگر کمی متفاوت باشد.بنابراین هنرجویان ابعاد قطعات موجود را اندازه‌گیری و در جدول ۴ یادداشت کرده و با ابعاد داده‌شده مقایسه کنند. در ادامه، قطعات مربوط به صفحه نصب را چیدمان کنید (کلید گردان و پریزها در مرحله بعد روی بدنه تابلو نصب می‌شود). پس از چیدمان اولیه و فضاسازی، داکت شیاردار را که در این کار عملی از سایز ۳۰×۳۰ میلی‌متر استفاده شده، دورتادور قطعات قرار دهید (شکل ۴۱).

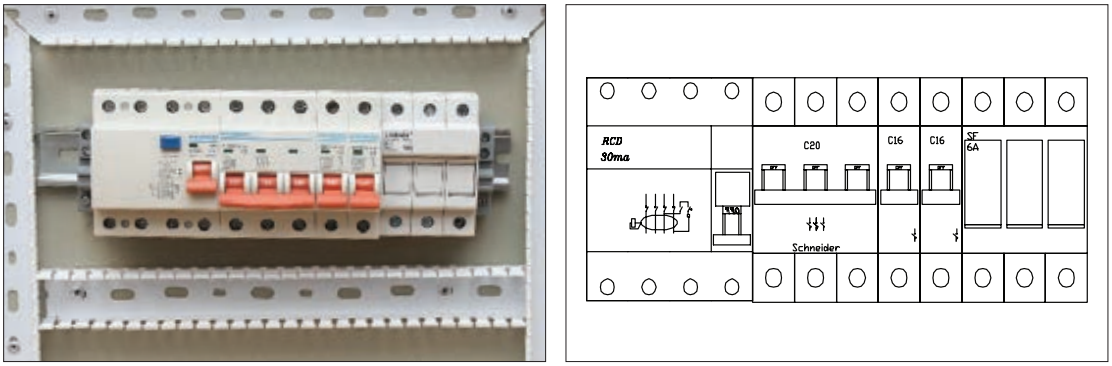
شکل۴۱ـ داکت‌کشی روی صفحه نصب

ریل فلزی ۳۵ میلی‌متری مربوط به نصب قطعات را به نحوی نصب کنید تا قطعات حدود ۳۰ میلی‌متر از داکت فاصله داشته باشد. برای نصب قطعات از سمت چپ و بالای تابلو شروع کنید و لذا کلید جریان باقیمانده را به‌عنوان ورودی قرار دهید (شکل ۴۲).



شکل۴۲ـ محل نصب ریل فلزی

سپس به ترتیب کنار کلید جریان باقیمانده سه فاز، کلید خودکار مینیاتوری سه فاز و سپس دو عدد کلید خودکار مینیاتوری تک‌فاز را قرار دهید (شکل ۴۳).

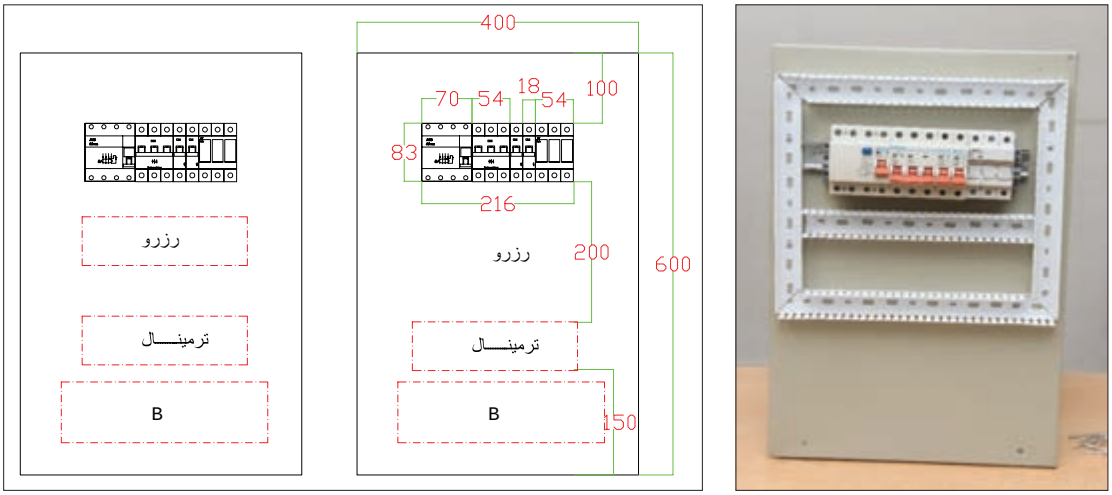


شکل ۴۳ـ چیدمان قطعات

تذکر

در چیدمان قطعات از سمت چپ، ابتدا قطعات سه فاز و بعد تک‌فاز را جانمایی کنید تا ترتیب و توالی فازها به هم نخورد و تا انتها ترتیب سه فاز تجهیزات رعایت شود. در انتهای ردیف، پایه فیوز جداکننده برای چراغ سیگنال قرار دهید.

بهتر است تجهیزات فرعی مانند فیوز سکسیونر چراغ سیگنال را انتهای قطعات دیگر و یا در قسمتی جداگانه قرار دهید تا تشخیص آن نسبت به دیگر فیوزهای خروجی تابلو به‌راحتی انجام گیرد و با دیگر قطعات اصلی تداخل پیدا نکند. اکنون ابعاد و فاصله‌ها را طبق جدول۴ و شکل ۴۴ پیاده سازی کنید.



شکل۴۴ـ ابعاد و فاصله تجهیزات در تابلو

فضای مناسب برای فرم دادن و بستن کابل‌های ورودی یا خروجی حداقل ۱۵۰میلی‌متر (قسمتB) در نظر گرفته شود.

محاسبه:

عرض صفحه نصب: ۳۰+۳۰+۵۰+۱۸+۱۸+۵۰+۷۰+۳۰+۳۰= ۳۲۶ میلی‌متر

ارتفاع صفحه نصب: ۱۰۰+۸۳+۲۰۰+۱۵۰= ۵۳۳ میلی‌متر

اکنون به مقادیر به‌دست آمده به دلیل جای گرفتن صفحه نصب در داخل تابلو ۸۰ میلی‌متر اضافه کنیدتا ابعاد تقریبی تابلو حاصل شود. نزدیک‌ترین اندازه استاندارد برای تابلو ابعادی برابر ۶۰۰ ×۴۰۰ میلی‌متر مربع محاسبه خواهد شد. اکنون زمان نصب داکت پلاستیکی و ریل فلزی است. با توجه به اندازه‌ها، محل سوراخکاری روی صفحه نصب را تعیین و داکت و ریل را نصب کنید (شکل ۴۵).

شکل۴۵ـ اتصال داکت به سینی

تذکر

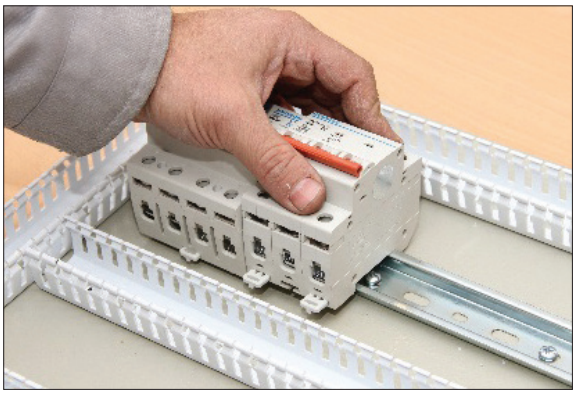
ابعاد استاندارد تابلوهای دیواری در کتاب همراه هنرجو آورده شده است.

فعالیت

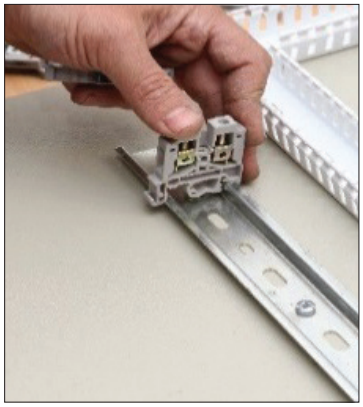
برای جانمایی ساده‌تر، قطعات را روی یک کاغذ یا مقوای سفید به اندازه صفحه نصب قرار دهید و ابعاد واقعی قطعات را روی آن ترسیم کنید و یک شابلون اولیه درست کنید. شابلون‌های درست شده را با یکدیگر مقایسه کنید.

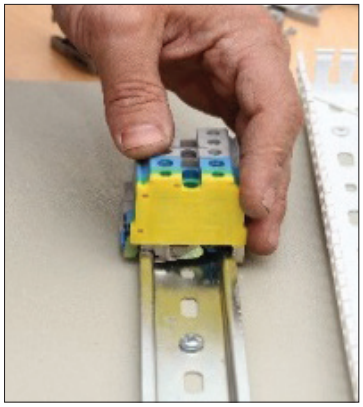
یک فضای خالی رزرو برای نصب قطعات اضافی احتمالی در آینده در قسمت پایین تجهیزات در نظر بگیرید.در این مرحله پس از بستن ریل فلزی قطعات را از سمت چپ به راست روی ریل نصب کنید (شکل ۴۶).

بعد از نصب داکت و قطعات، ترمینال‌های ریلی ورودی خروجی و شینه‌های ارت و نول را در قسمت پایین تابلو (محل ورود کابل‌ها) مطابق شکل۴۷ نصب کنید.



شکل ۴۶ـ نصب قطعات روی ریل

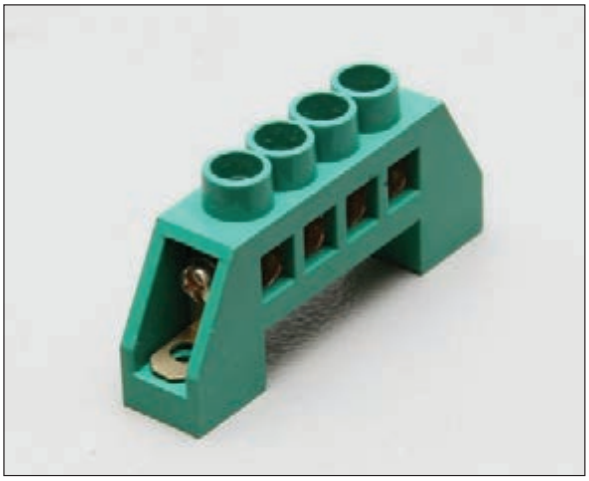




شکل ۴۷ـ نصب ترمینال‌های ریلی ورودی و خروجی و شینه‌های زمین

ترمینال‌ها برای اتصال سیم‌هایی استفاده می‌شود که از بیرون تابلو به آن وارد و یا از آن خارج می‌شوند. ترمینال‌های ریلی با توجه به سطح مقطع سیم از نمره ۲/۵ تا ۷۰ میلی‌متر مربع وجود دارد. رنگ ترمینال با توجه به نوع سیم اتصالی می‌تواند متفاوت باشد مثلاً برای فازها از ترمینال طوسی رنگ و برای سیم نول از ترمینال آبی و برای سیم زمین از ترمینال سبز و زرد می‌توان استفاده کرد.

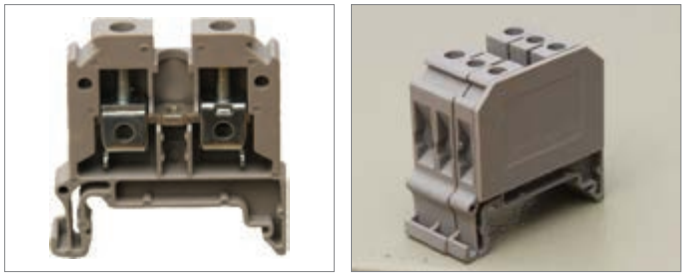
البته ترمینال ارت توسط تیغه فلزی به بدنه تابلو اتصال الکتریکی دارد (شکل ۴۸).



شکل ۴۸ـ تیغه فلزی جهت اتصال ترمینال زمین به تابلو

ترمینال‌های ریلی با توجه به نیاز، کنار هم روی ریل قرار می‌گیرند. آخرین ترمینال توسط یک صفحه پوشانده می‌شود و توسط بست انتهایی در محل خود محکم می‌شود (شکل ۴۹).

الف) بست ابتدایی و انتهایی



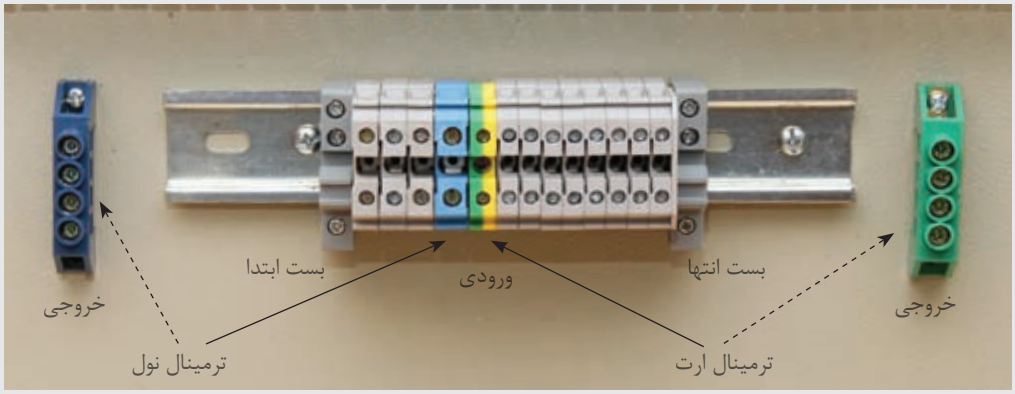
ب) نمای مختلف ترمینال ریلی و درپوش انتهایی
شکل۴۹

سؤال

چرا آخرین ترمینال توسط پوشش پلاستیکی پوشانده می‌شود؟

تذکر

درتابلوها معمولاً نول به‌صورت مشترک استفاده می‌شود یعنی نول ورودی و خروجی روی یک شینه قرار می‌گیرد اما در تابلوهایی مانند این نمونه که کلید جریان باقیمانده دارد، نول ورودی با نول خروجی مصرف‌کننده‌ها باید به‌صورت جداگانه تعبیه شود وگرنه باعث اختلال در عملکرد کلید جریان باقیمانده خواهد شد (شکل ۵۰).



شکل ۵۰ـ چگونگی نصب ترمینال نول و ارت

پس از نصب قطعات مربوط به صفحه نصب، چراغ‌های سیگنال به ترتیب رنگ روی در نصب می‌شود. کلید گردان و پریزها نیز روی بدنه تابلو نصب می‌شود. در این نمونه کلید گردان روی بدنه و پریزها روی در تابلو نصب شده است (شکل ۵۱ـ ب). به‌طورکلی برای نصب کلید اصلی و پریزها به کوتاه شدن مسیر سیم‌کشی داخل تابلو، ایمنی بیشتر و رعایت فضای بهتر دسترسی داخل تابلو توجه داشته باشید (شکل ۵۱ـ الف).

الف) نمای پشتی پریزهای نصب شده روی در تابلو و نمای پشتی پریز سه فاز

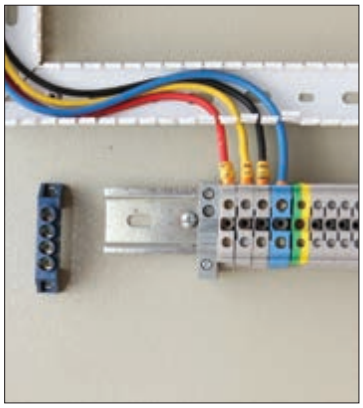
ب) نمای کلید گردان و پریزهای نصب شده روی بدنه تابلو

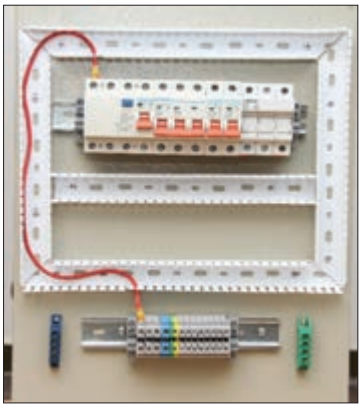
شکل ۵۱

ب) سیم‌کشی

سیم‌کشی تابلو ارتباط الکتریکی بین قطعات داخل تابلو را برقرار می‌کند. نقشه سیم‌کشی مشخص‌کننده ارتباط الکتریکی است. سیم‌کشی تابلو به دو بخش سیم‌کشی روی صفحه نصب و سیم‌کشی بیرون از صفحه نصب تقسیم می‌شود.

ب ـ ۱) سیم‌کشی روی صفحه نصب: سیم‌کشی قطعات روی صفحه نصب از ترمینال‌های ریلی ورودی آغاز می‌شود و پس از اتصال به کلیه قطعات به ترمینال‌های خروجی ختم می‌شود. برای اتصال سیم‌های داخل تابلو، نصب شماره سیم و سرسیم ضروری است. برای سیم‌کشی، ابتدا بدون در نظر گرفتن کلید گردان اصلی که بین ترمینال وکلید جریان باقیمانده سه فاز قرار می‌گیرد مطابق شکل ۵۲ سیم‌کشی را انجام دهید. این قسمت سیم‌کشی به کار عملی شماره یک شبیه است.





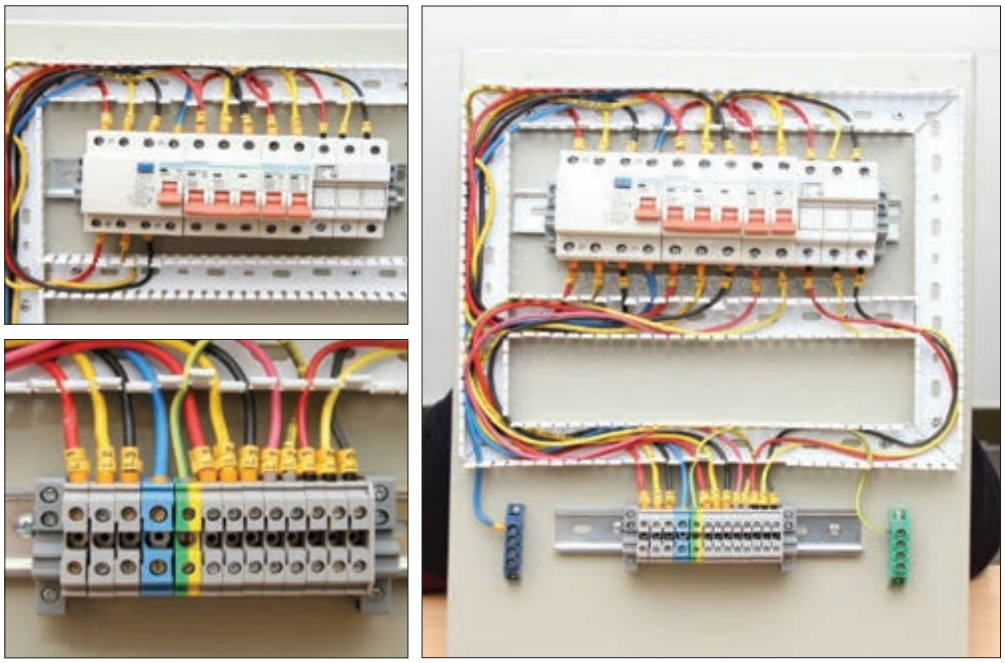
شکل ۵۲ـ سیم‌کشی روی صفحه نصب

تذکر

برای اطمینان از صحت اتصالات سیم‌کشی با استفاده از مولتی‌متر می‌توانید سیم‌هایی که رنگ و شماره سیم مشابه دارند را بررسی کنید.

تحقیق کنید

برای کنترل کیفیت تابلو قبل از تحویل به مشتری و اطمینان از عملکرد صحیح آن چه آزمایش‌های الکتریکی روی تابلو انجام می‌شود؟

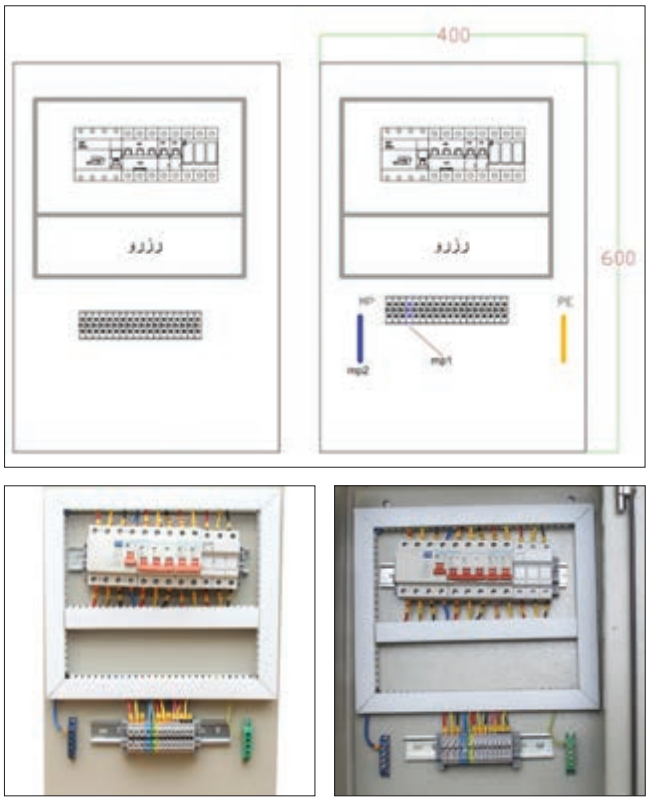


شکل ۵۳ـ ادامه سیم‌کشی از کلیدجریان باقیمانده

خروجی سیم‌کشی از کلید جریان باقیمانده به ورودی ترمینال کلید خودکار مینیاتوری سه فاز، یکفاز و فیوز سکسیونر متصل می‌شود. برای انشعاب و ادامه مسیر از سرسیم دوبل استفاده کنید (شکل ۵۳).

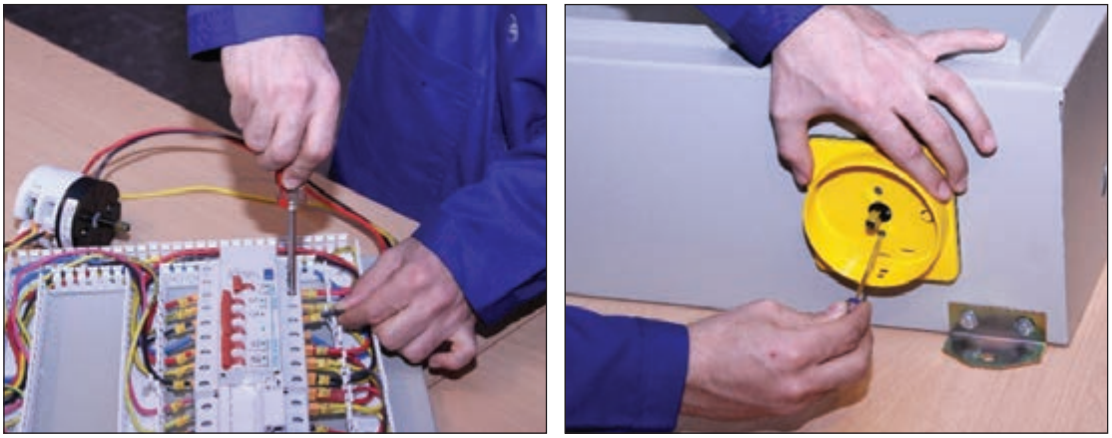
پس از پایان سیم‌کشی قطعات روی صفحه نصب، برای ارزیابی اندازه سیم‌های مورد نیاز بقیه اجزای تابلو، ابتدا درپوش داکت‌ها را روی آن قرار دهید و سپس صفحه نصب را داخل تابلو نصب کنید. این کار با بستن چهار پیچ اطراف صفحه روی بدنه تابلو انجام می‌شود (شکل ۵۴).

شکل ۵۴ـ الف) بررسی داکت‌ها و صفحه نصب



شکل ۵۴ـ ب) درپوش گذاری داکت‌ها و نصب صفحه نصب داخل تابلو

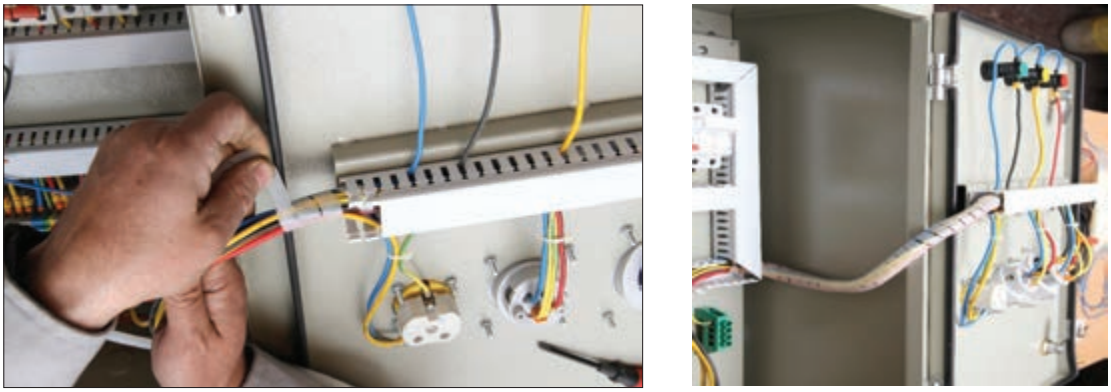
ب ـ۲) سیم‌کشی بیرون صفحه نصب: یکی از مهم‌ترین قسمت‌های ساخت این تابلو نصب کلید اصلی بین مسیر ترمینال اصلی ورودی وکلید جریان باقیمانده است. برای نصب کلید اصلی، درپوش‌های داکت را بردارید و سرسیم‌های اولین مسیر (مسیر ترمینال به کلید جریان باقیمانده) را از ترمینال جدا و به ترمینال‌های خروجی کلید گردان متصل کنید.در این حالت مطابق شکل ۵۵ کلید گردان باز باشد تا سیم‌کشی آن آسان‌تر انجام شود.



شکل ۵۵ـ نصب کلید اصلی گردان و چگونگی اتصال سه فاز تابلو

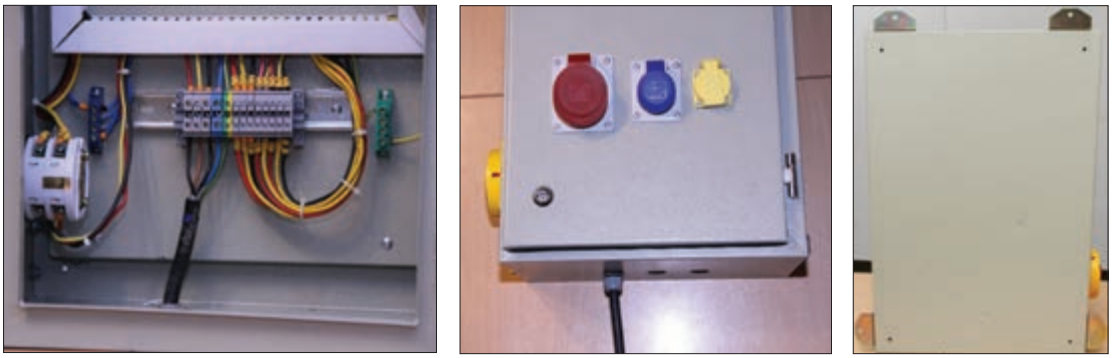
پس از اتصال۳ ورودی و۳ خروجی کلید، آن را در محل در نظر گرفته شده روی بدنه تابلو نصب کنید. کابل تغذیه (سه فاز ورودی) تابلو بعد از اتصال به ترمینال ریلی به کلید گردان وارد شده، خروجی کلید را به کلید جریان باقیمانده سه فاز وارد کنید.بعد از سیم‌کشی قاب کلید وکلید گردان را نصب کنید و مجدداً درپوش‌های داکت را ببندید.

برای سیم‌کشی پریزها و لامپ سیگنال در این تابلو از خروجی ترمینال‌های ریلی، خروجی مربوط به هر قسمت را با توجه به شماره سیم در یک مسیرسیم‌کشی کنید. برای این کار داکت مناسب برای خروجی لامپ سیگنال و پریزها تا مسیر مشترک روی در نصب کنید (شکل ۵۶). استفاده از نوار فرم باعث می‌شود تا فضاسازی بهتر و منظم‌تری در تابلو ایجاد شود.



شکل ۵۶ـ سیم‌کشی بیرون صفحه نصب

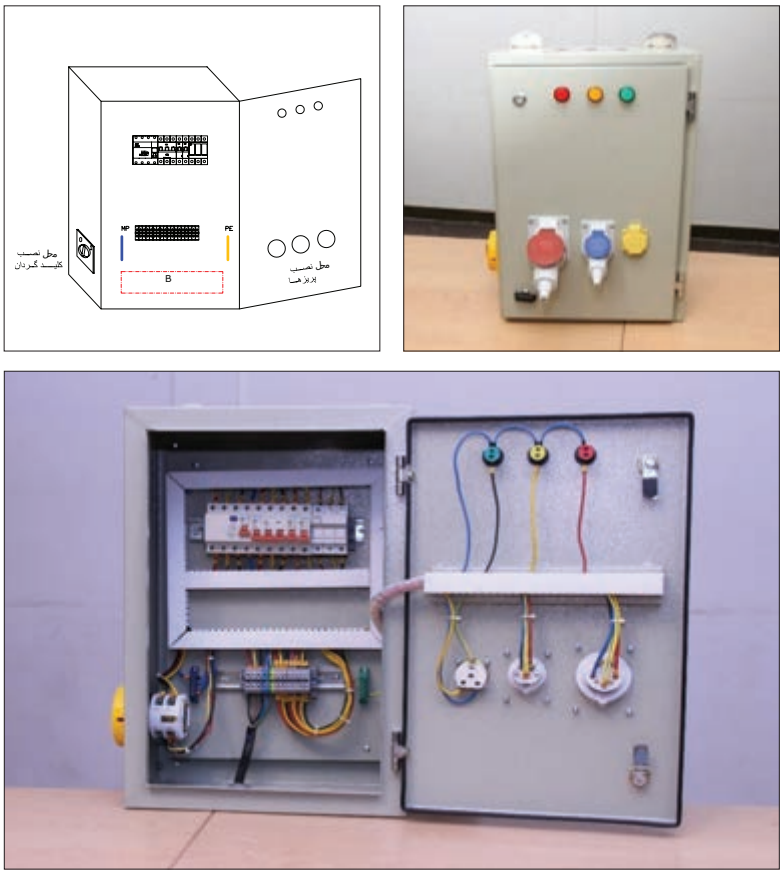
کابل ورودی نیز بعد ازعبور از گلند و ورود به تابلو به ترمینال اصلی متصل می‌شود. برای نصب تابلو روی دیوار از چهارقلاب (براکت) فلزی استفاده کنید. این قلاب‌ها توسط پیچ به بدنه تابلو محکم شده است. برای تغذیه ورودی تابلو از یک کابل ۵ رشته با مقطع ۲/۵ میلی‌متر مربع استفاده کنید وکابل را از بیرون تابلو با گلند در مسیر خود محکم کنید (شکل ۵۷).



شکل ۵۷ـ نصب تابلو روی دیوار و تغذیه ورودی تابلو

برای اطمینان از عملکرد صحیح تابلو قبل از هرگونه بهره‌برداری با استفاده از اهم متر تمام اتصالات را بررسی نمایید.

تابلو توزیع کارگاهی آماده استفاده و بهره‌برداری است. با راهنمایی هنرآموز محترم کابل ورودی سه فاز را با رعایت نکات ایمنی و در حالت قطع برق به ترمینال ورودی وصل کنید. اگر سیم‌کشی تابلو درست باشد بعد از برقراری جریان الکتریکی در تابلو با وصل کلید گردان و کلید جریان باقیمانده لامپ‌های سیگنال روشن می‌شود (شکل ۵۸).



شکل ۵۸ـ نمای مختلف تابلو توزیع کارگاهی

تابلوروشنایی

تابلو برق روشنایی، محفظه‌ای برای نصب تجهیزات مربوط به توزیع برق، بین مدارهای الکتریکی روشنایی با امکان قطع و وصل و حفاظت از آنها می‌باشد. تابلوهای برق روشنایی این امکان را فراهم می‌سازند که تمام محل‌های قطع و وصل مدارهای روشنایی در محل تابلو قرار گیرند. قطع و وصل مدارهای روشنایی در این تابلوها توسط کلیدهای گردان صفر و یک یا کنتاکتور انجام می‌شود. با استفاده از کلیدهای گردان و یا کنتاکتور امکان قطع و وصل مدارهای روشنایی با جریان بیش از ۱۰A میسر خواهد شد. تابلو برق روشنایی برای مدارهای روشنایی استادیوم یا سالن‌های ورزشی، فضاهای کارگاهی و یا سالن‌های سینما استفاده می‌شود. (شکل ۵۹)

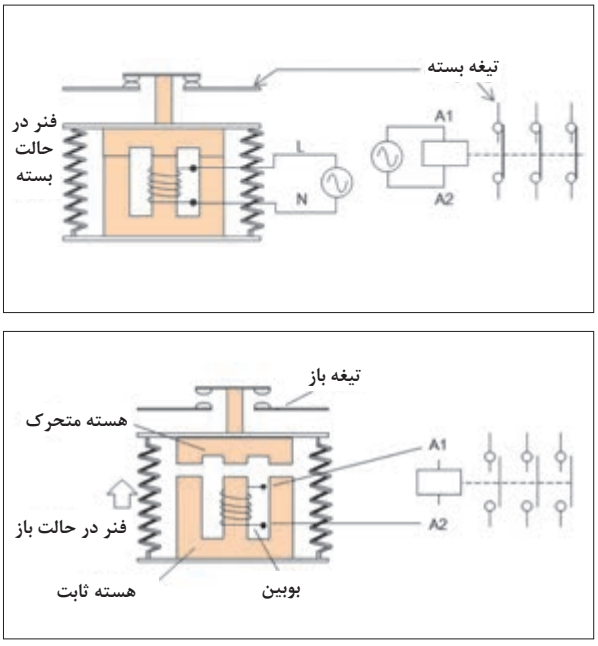
شکل ۵۹ـ روشنایی فضاهای بزرگ

سؤال

کنترل خودکار یک مدار روشنایی با استفاده از چه وسایلی در این تابلو صورت می‌گیرد؟

کنتاکتور

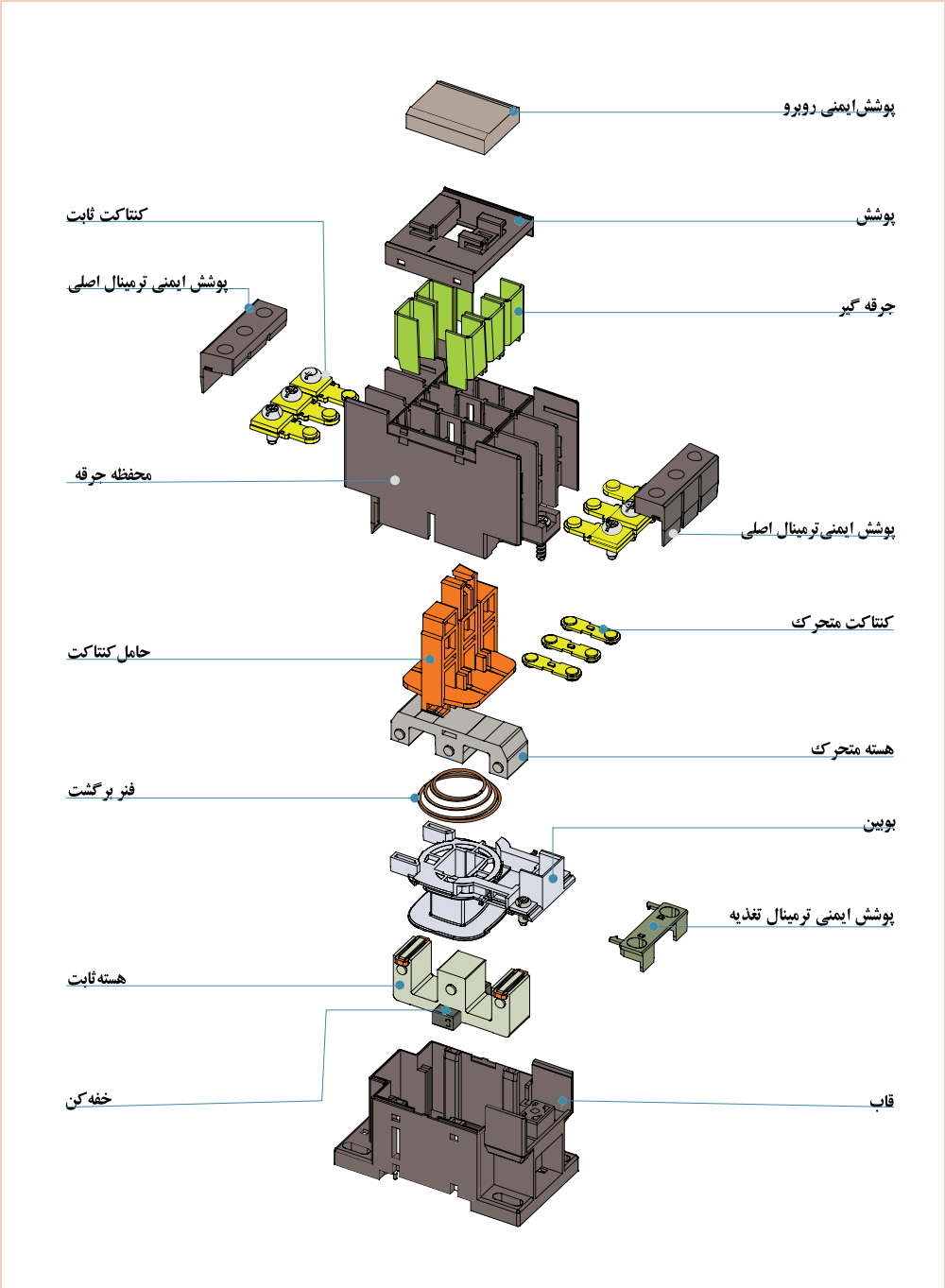
کنتاکتور کلیدی مغناطیسی است که عمل قطع و وصل مدارهای الکتریکی را با استفاده از نیروی الکترومغناطیسی انجام می‌دهد. نیروی الکترومغناطیسی توسط یک مدار مغناطیسی تولید می‌شود. مدار مغناطیسی شامل هسته مغناطیسی و بوبین می‌باشد. یک کنتاکتور به‌صورت شماتیک و انفجاری در شکل (۶۰ـ الف وب) نشان داده شده است.



شکل ۶۰ـ الف) شماتیک یک کنتاکتور

فعالیت

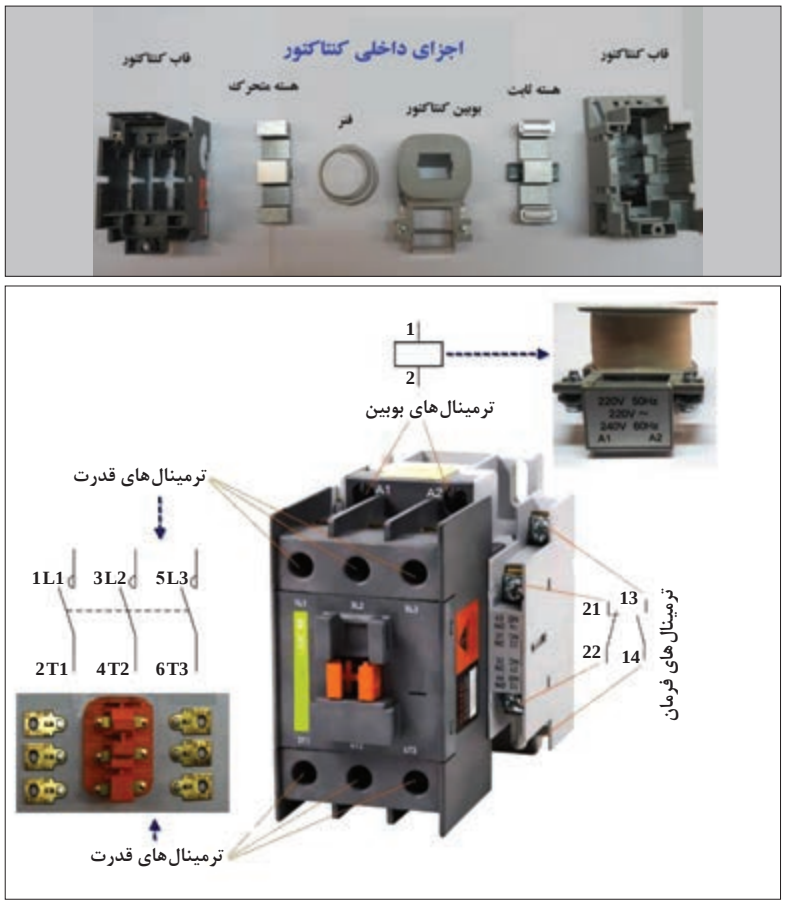
با توجه به نقشه انفجاری کنتاکتور در شکل ۶۰ـ ب، در مورد نقش هر یک از قطعات کنتاکتور بحث و تبادل نظر کنید.



شکل ۶۰ـ ب) نقشه انفجاری یک کنتاکتور

طرز کار کنتاکتور

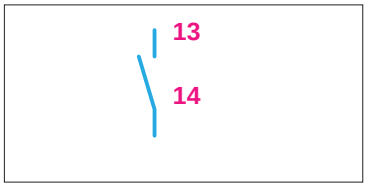
با برق‌دار کردن بوبین مدار مغناطیسی، هسته ثابت مغناطیس می‌شود و هسته متحرک را جذب می‌کند. با جذب شدن هسته متحرک و حرکت آن، فنر فشرده می‌شود و کنتاکت‌ها حرکت می‌کنند. در نتیجه کنتاکت‌های بسته، باز و کنتاکت‌های باز، بسته خواهد شد. (شکل ۶۱).



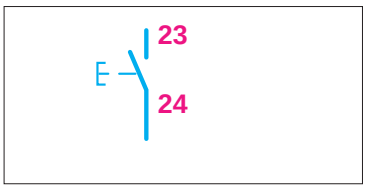
شکل ۶۱ـ اجزای یک کنتاکتور

با قطع برق بوبین هسته ثابت خاصیت مغناطیسی خود را از دست می‌دهد و نیروی ذخیره شده در فنر، هسته متحرک و کنتاکت‌ها را به موقعیت قبل برمی‌گرداند. در این صورت تیغه‌ای که تاکنون بسته بوده است، باز، تیغه‌ای که تاکنون باز بوده است، بسته می‌شود. کنتاکتور دارای کنتاکت‌های باز و بسته متعددی می‌باشد. در کنتاکتور سه کنتاکت باز که برای قطع و وصل سه فاز به‌کار می‌روند را کنتاکت‌های قدرت گویند. کنتاکت‌هایی از کنتاکتور که بر سر راه جریان بوبین کنتاکتور قرار می‌گیرند را تیغه فرمان گویند. کنتاکت‌های فرمان می‌توان به‌صورت باز و بسته باشند و حداکثر تحمل ۴ آمپر جریان را دارند لذا از کنتاکت‌های فرمان برای قطع و وصل جریان مصرف‌کننده استفاده نمی‌شود. ترمینال کنتاکت‌های فرمان کنتاکتور با شماره‌های دو رقمی مشخص می‌شود رقم دهگان موقعیت تیغه و رقم یکان وضعیت تیغه فرمان را مشخص می‌نماید. کنتاکت‌های فرمان با وضعیت باز با شماره‌های ۳ و ۴ یا حروف NO مشخص می‌شود. (شکل ۶۲)

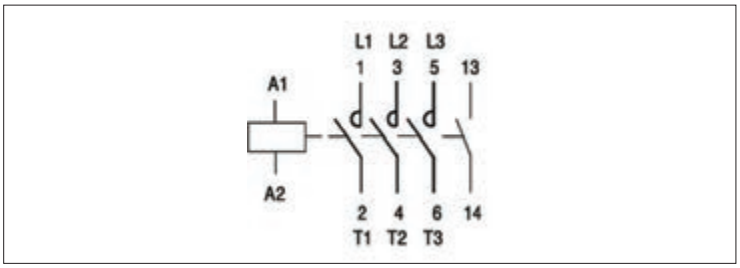
کنتاکت‌های فرمان با وضعیت بسته با شماره‌های ۱ و ۲ یا حروف NC مشخص می‌شود. (شکل ۶۳)
یک کنتاکتور و ترمینال‌های آن در (شکل ۶۴ـ الف) و علامت اختصاری آن در (شکل ۶۴ـ ب) نشان داده شده است.



شکل ۶۲ـ تیغه فرمان با وضعیت باز



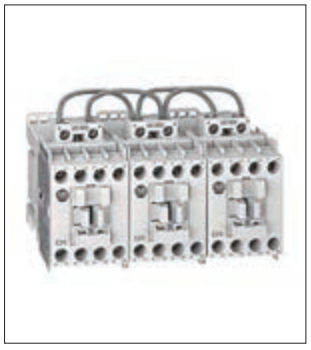
شکل ۶۳ـ تیغه فرمان با وضعیت بسته

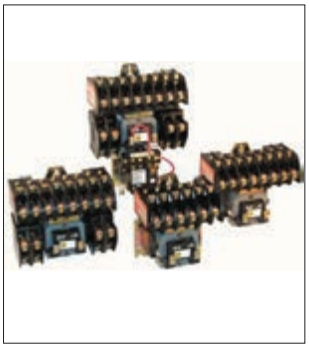


شکل ۶۴ـ الف) ترمینال‌های کنتاکتور ب) علامت اختصاری

کنتاکتورهای روشنایی

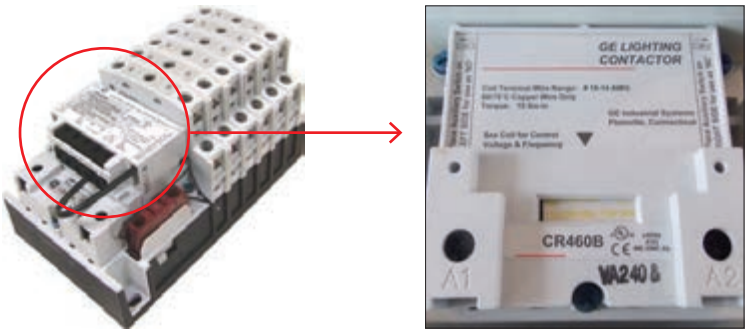
کنتاکتورهای روشنایی، کنتاکتوری است که برای قطع و وصل کردن مدارات روشنایی به‌کار می‌رود و دارای کنتاکت و ترمینال‌های بیشتری است تا بتواند خطوط بیشتری از روشنایی را روشن و خاموش کند. ممکن است این کنتاکتور مطابق شکل ۶۵ در قالب یک بسته عرضه شود و گاهی به‌صورت یکپارچه با تعداد خروجی ۶،۸،۱۰یا ۱۲ وجود داشته باشد. این کنتاکتورها با نام کنتاکتور روشنایی (Lighting Contactor) معرفی می‌شوند.





شکل ۶۵ـ کنتاکتورهای روشنایی

کنتاکتورهای روشنایی در نوع دیگری با نام خشابی مطابق شکل ۶۶ نیز ارائه می‌شود. این نوع کنتاکتورهای روشنایی برای کاربرد دیگری استفاده نمی‌شوند در برچسب مشخصات آنها اطلاعاتی غیر از روشنایی درج نمی‌شود.



شکل ۶۶ـ کنتاکتور روشنایی خشابی و برچسب مشخصات آن

شستی (Push botton)

شستی با فشار انگشت دست تحریک می‌شود و با قطع فشار انگشت به‌جای قبلی خود برمی‌گردد. شستی‌ها دارای کنتاکت‌های باز و بسته هستند. با تحریک شستی کنتاکت‌های بسته، باز و کنتاکت‌های باز، بسته می‌شوند. (شکل ۶۷)

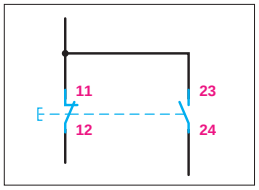
شکل ۶۷ـ شستی

ب) ترمینال با تیغه باز　　الف) ترمینال با تیغه بسته

شکل ۶۸

علامت اختصاری و شماره‌گذاری ترمینال‌های شستی با تیغه بسته در (شکل ۶۸ـ الف) و با تیغه باز در (شکل ۶۸ـ ب) نشان داده شده است.

شستی‌هایی که دارای کنتاکت‌های باز و بسته باشند را شستی «دوبل» گویند. علامت اختصاری و شماره‌گذاری ترمینال‌های شستی دوبل در (شکل ۶۹) نشان داده شده است.



شکل ۶۹ـ شستی دوبل

الف) شستی وصل: این شستی در حالت عادی در وضعیت باز (Normally Open)NO قرار دارد. با فشردن آن و تا زمانی که نیروی دست دکمه آن را فشار می‌دهد تیغه (کنتاکت)های آن وصل بوده و با رها کردن دست به حالت اولیه خود برمی‌گردد به این نوع شستی‌ها که برای راه‌اندازی مدار استفاده می‌شود شستی وصل (momentary make Push Button) یا استارت (START) می‌گویند. این شستی‌ها با رنگ سبز انتخاب می‌شوند (شکل ۷۰).

ب) شستی قطع: برای خاموش کردن در مدارهای فرمان از شستی دیگری استفاده می‌شود این شستی در حالت عادی در وضعیت بسته (Normally Close)NC قرار دارد و با فشردن آن بر خلاف شستی قبل در وضعیت قطع قرار می‌گیرد به‌همین خاطر به آن شستی قطع (momentary Break Push Button) یا استپ می‌گویند. این شستی‌ها با رنگ قرمز انتخاب می‌شوند (شکل ۷۱).

شکل ۷۰ـ شستی وصل

شکل ۷۱ـ شستی قطع

ج) شستی قطع اضطراری (پوش باتن): با به کارگیری این شستی در موقع بروز حادثه یا ضرورت می‌توان مدار را قطع کرد و امکان وصل مجدد آن بدون سوییچ امکان‌پذیر نیست (شکل ۷۲).

شکل ۷۲ـ شستی قطع اضطراری

شکل ۷۳ـ کلید دو طرفه گردان

کلید دو طرفه گردان

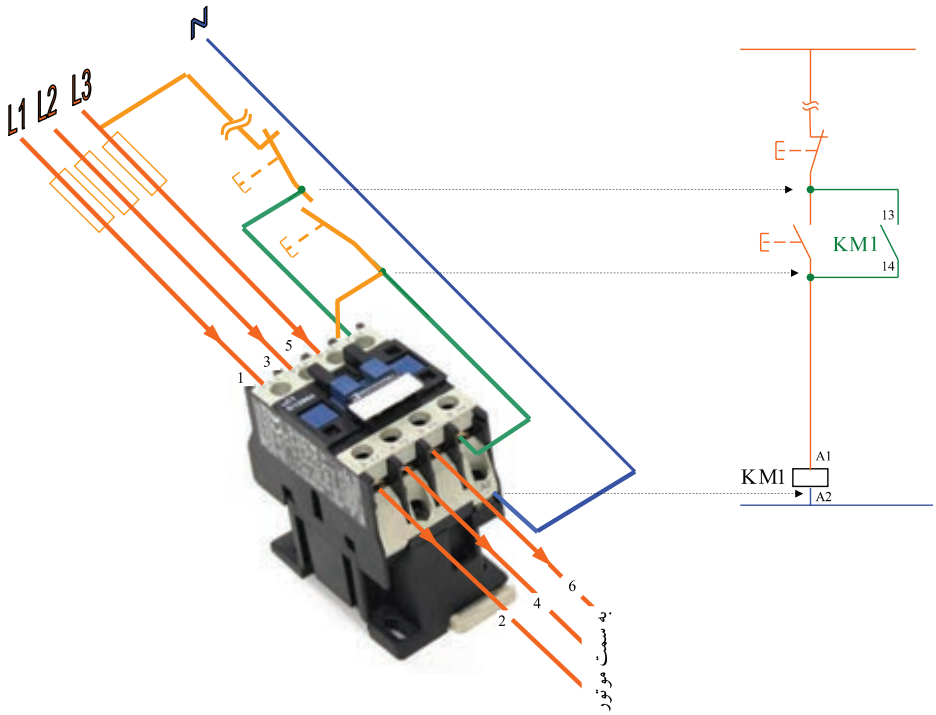
عملکرد این کلید شبیه کلید تبدیل است و در هر زمان فقط یکی از خروجی‌ها قابل استفاده است. در تابلوی

برق از این کلید برای انتخاب حالت کنترل دستی و یا حالت خاموش و یا انتخاب حالت خودکار می‌باشد (شکل ۷۳).

منظور از کنترل اتوماتیک، کنترل خودکار تابلوی برق به‌وسیله تجهیزات الکتریکی مثل فتوسل و یا ساعت مدار فرمان، تایمر ۲۴ ساعت، یا ساعت نجومی می‌باشد.

تکنیک خود نگهدار

کنتاکتور را توسط شستی وصل و مداری به‌نام فرمان می‌توان برق‌دار کرد. دراین حالت تغذیه بوبین کنتاکتور برق‌دار می‌شود و به‌دنبال آن مدار قدرت، مصرف‌کننده اصلی مدار را وصل می‌کند. با قطع نیروی دست از روی شستی، برق بوبین قطع شده، کنتاکتور قطع خواهد شد. برای آنکه این اتفاق نیفتد و کنتاکتور به‌صورت دائم در مدار باقی بماند باید از یک تیغه باز کنتاکتور به‌صورت موازی با شستی وصل استفاده کرد تا بعد از برگشتن شستی به حالت اول، کنتاکتور در حالت وصل باقی بماند. این کار تکنیک خود نگهداری کنتاکتور نامیده می‌شود. این تکنیک تقریباً درتمامی مدارهای کنتاکتوری استفاده می‌شود. البته در این صورت از یک شستی قطع، به‌صورت سری با مدار فرمان باید استفاده کرد تا بتوان کنتاکتور را خاموش کرد. برای آنکه مدار فرمان حفاظت داشته باشد از فیوز نیز به‌صورت سری در مدار استفاده می‌شود در نتیجه مدار فرمان کامل به‌صورت (شکل ۷۴) خواهد بود.



شکل ۷۴ـ مدار فرمان تکنیک خودنگه‌دار

کار عملی

هدف: طراحی مدار فرمان و قدرت و جانمایی قطعات تابلو روشنایی با کنتاکتور ۲۵ آمپر، به‌طوری‌که هم قابلیت کنترل دستی و هم کنترل خودکار توسط فتوسل یا ساعت فرمان (تایمر ۲۴ ساعت) داشته باشد.
این تابلو برای تغذیه روشنایی فضایی مناسب است که دارای سه خط تغذیه باشد یعنی سه مسیر که دارای چراغ‌های روشنایی هستند را تغذیه می‌کند. علت استفاده از کنتاکتور در این تابلو این است که بتوان به‌طور اتوماتیک روشنایی‌ها را قطع یا وصل کرد. همچنین با یک شستی فشاری قطع و وصل از روی در تابلو هم می‌توان به‌صورت دستی کنترل را انجام داد (شکل ۷۵).

شکل ۷۵ـ نقشه و نمای ظاهری تمام شده تابلو روشنایی

تجهیزات مورد نیاز

برای انجام کار عملی علاوه بر ابزار سیم‌کشی به تجهیزات اشاره شده در جدول ۵ تا ۷ نیاز است (شکل ۷۶).

شکل ۷۶ـ تجهیزات مورد نیاز

جدول ۵ـ تجهیزات کنترلی مورد نیاز

تجهیزات کنترلی	جریان به آمپر	تعداد
کنتاکتور	۲۵A	۱
کلید خودکارمینیاتوری MCB_۳P	۲۵A	۱
کلیدخودکار مینیاتوری MCB_۱P	۱۶A	۱
کلید قطع اضطراری	۲۵A	۱
پایه فیوز جداکننده ۳P	۲A	۱
شستی قطع ووصل	۶A	۱

جدول ۶ـ ابعاد قطعات

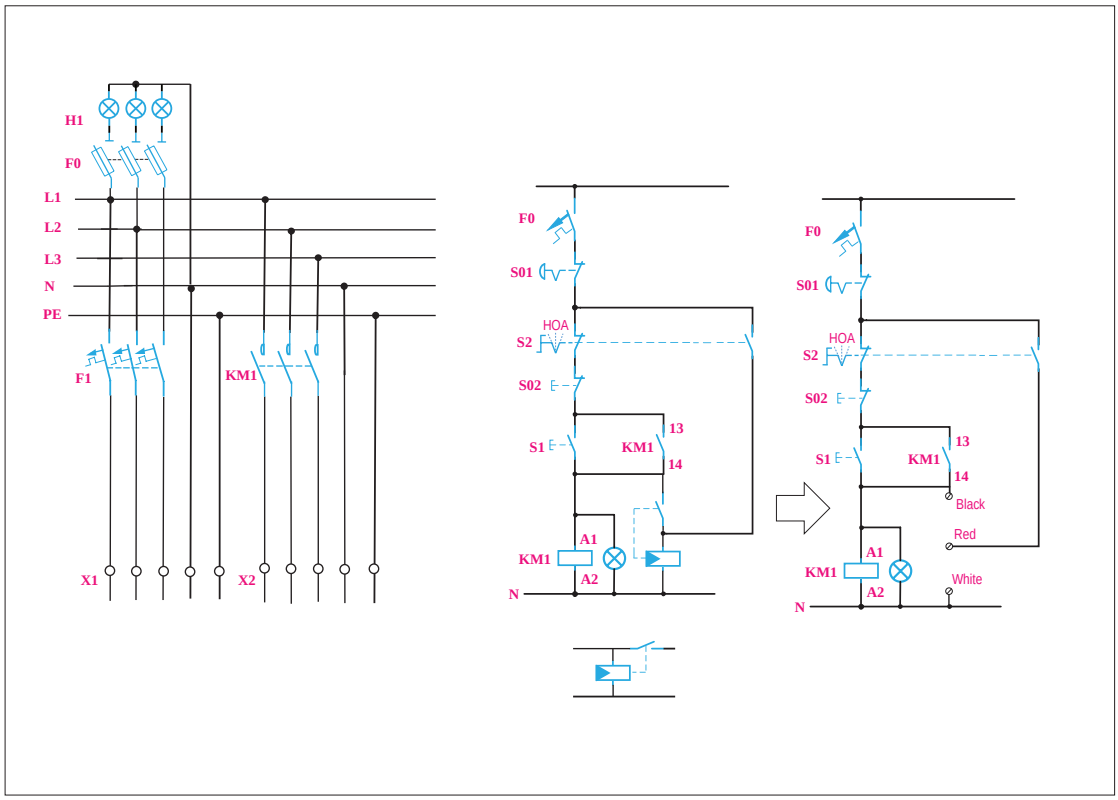
نام قطعه	طول (میلی‌متر)	عرض (میلی‌متر)	ابعاد اندازه‌گیری شده در کارگاه هنرستان (میلی‌متر)	
			طول	عرض
کنتاکتور	۹۵	۴۵		
کلید خودکارمینیاتوری MCB_۳P	۸۳	۵۴		
کلید خودکارمینیاتوری MCB_۱P	۸۳	۱۸		
پایه فیوز جداکننده ۳P	۸۳	۵۴		

جدول ۷ـ تجهیزات دیگر

تجهیزات دیگر	مشخصه فنی	تعداد
ترمینال ریلی	نمره ۶	۳
ترمینال ریلی	نمره ۴	۶
چراغ سیگنال	سه رنگ RYG	۴

مدار قدرت و مدار فرمان: در مدار فرمان اگر کلید دو طرفه روی حالت ۱ یا دستی باشد با فشار شستی قطع و وصل می‌توانید کنتاکتور را وصل یا قطع کنید. برای اینکه کنتاکتور پس از وصل به‌طور دائم در مدار باقی بماند باید کنتاکت باز کنتاکتور را با شستی فشاری وصل موازی کنید (تکنیک خودنگهدار). با این کار

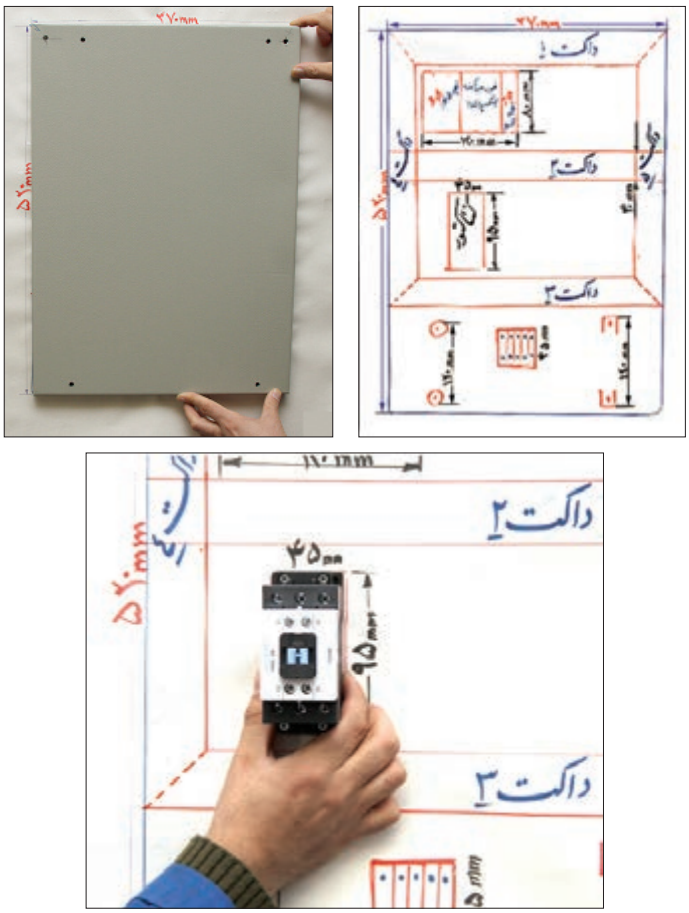
وقتی فشار را از روی شستی برمی‌دارید مسیر جریان از کنتاکت باز که الان بسته شده است برقرار می‌شود. برای قطع کردن مدار می‌توانید شستی قطع یا اضطراری را نیز فشار دهید و یا کلید سلکتوری دو طرفه را روی حالت صفر قرار دهید (شکل ۷۷).



شکل ۷۷ـ نقشه مدار قدرت و مدار فرمان

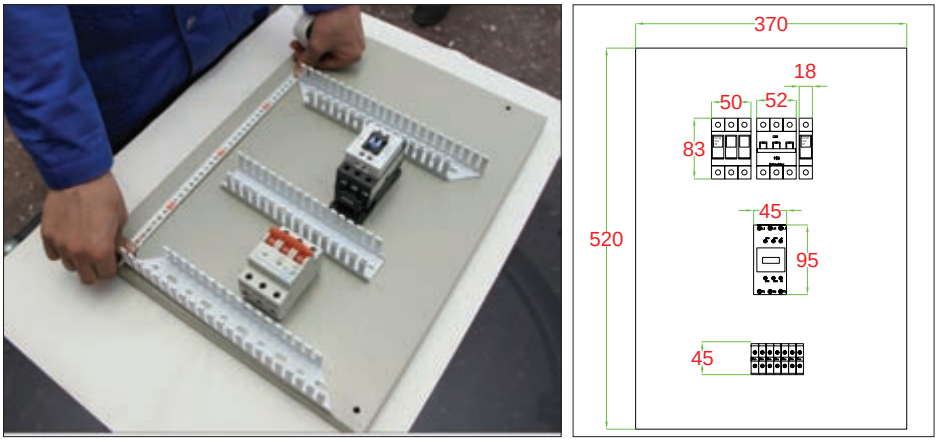
اگر کلید دو طرفه را روی حالت ۲ قرار دهید، فاز L۱ به ترمینال شماره ۱ می‌رسد بین ترمینال ۱ و ۲ می‌تواند کنتاکت یا فتوسل یا کنتاکت یک تایمر ۲۴ ساعتی قرار گیرد و در صورت عمل کردن آنها در زمان مشخص از طریق ترمینال ۲ ولتاژ به کنتاکتور می‌رسد و مدار وصل می‌شود (حالت خودکار).

جانمایی ونصب قطعات: با توجه به نقشه و لوازم مورد نیاز، جانمایی و نصب قطعات تابلو را شروع کنید. برای این کار می‌توانید ابتدا یک شابلن درست کنید. اگر اندازه صفحه نصب این تابلو مانند کار عملی قبل در نظر گرفته شود. با قرار دادن صفحه نصب روی یک مقوا یا کاغذ می‌توانید شابلن تهیه کنید. با توجه به ابعاد قطعات ابتدا روی شابلن محل قطعات را با جانمایی فرضی تعیین کنید.
فیوزها در ردیف اول، کنتاکتور در ردیف دوم و ترمینال را در ردیف سوم قرار دهید. ردیف اول شامل کلید خودکار مینیاتوری سه فاز و سکسیونر فیوز و کلید خودکار مینیاتوری تک‌فازمی‌شود.با در نظر گرفتن فاصله مناسب و امکان نصب داکت بین آنها قطعات را روی صفحه نصب قرار دهید و داکت‌ها را بریده ودر محل مناسب قرار دهید (شکل ۷۸).



شکل ۷۸ــ شابلن کشیده شده مطابق با ابعاد صفحه نصب وقطعات

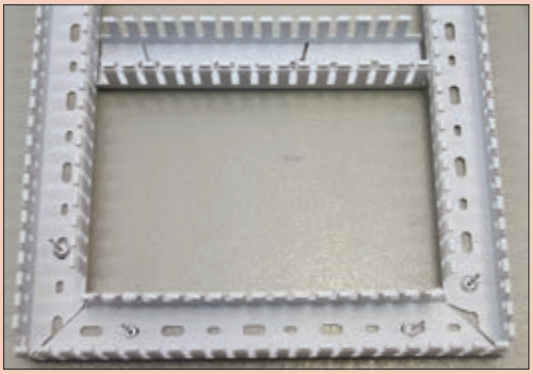
بعد از اطمینان ازصحت قرار گرفتن داکت‌ها محل سوراخکاری داکت‌ها را علامت‌گذاری کنید. با استفاده از دریل و مته شماره ۴ سوراخکاری کنید. در مرحله بعد تمام میخ پرچ‌ها را در محل سوراخ شده قرار دهید و بعد از آن، آنها را پرچ کنید (شکل ۷۹ و ۸۰).

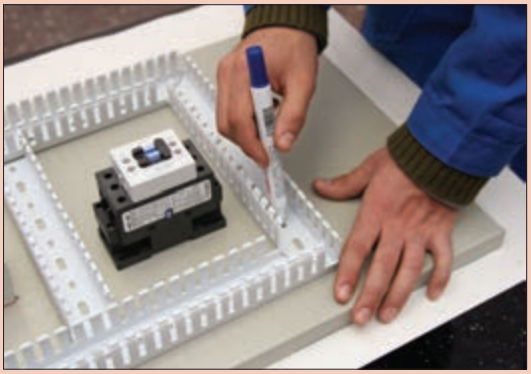


شکل ۷۹ــ داکت گذاری

سؤال

چرا هنگام نصب داکت پیوستگی روی سینی تابلو ابتدا باید همه میخ پرچ‌ها، قبل از پرچ‌کاری در محل خود قرار گیرد (شکل ۸۰). شماره میخ‌های استفاده شده متداول در این کار چیست؟



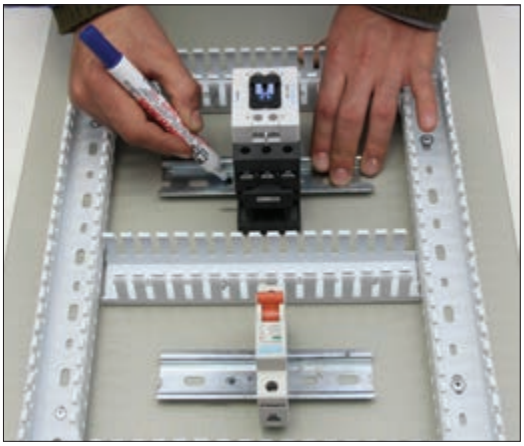


شکل ۸۰ــ علامت‌گذاری محل پرچ داکت‌ها و سوراخکاری

فعالیت

با توجه به ابعاد قطعات و عرض داکت، محاسبه کنید آیا ابعاد صفحه نصب برای این جانمایی مناسب است؟

پس از اتمام پرچ‌کاری،صفحه نصب آماده برای جانمایی محل ریل‌های فلزی است (شکل ۸۱). برای نصب ریل‌های فلزی روی هر ریل یک قطعه الکتریکی از آن ردیف (مثلاً کلید خودکار مینیاتوری) را به‌صورت موقت روی ریل قرار دهید و محل قرارگرفتن ریل فلزی بین داکت را نهایی کنید. پس از آن محل سوراخکاری و پیچ کردن ریل را علامت‌گذاری نمایید. برای سوراخکاری از مته شماره ۴ و برای نصب ریل از پیچ خودکارشماره ۴/۲ استفاده کنید (شکل ۸۲). برای نصب بهتر حتماً از واشر فلزی مناسب استفاده نمایید.



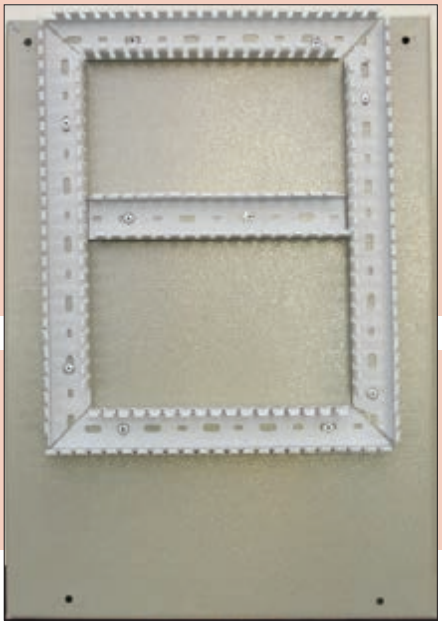
شکل ۸۱ــ جانمایی و نصب ریل فلزی

سؤال

چرا برخلاف پرچ‌کاری شماره مته و شماره پیچ خودکار در نصب ریل فلزی از یک شماره نیست؟

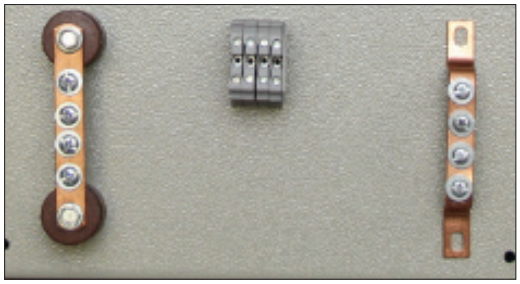
سؤال

چرا داکت پلاستیکی با پرچ‌کاری روی صفحه نصب محکم می‌شود ولی ریل فلزی با پیچ خودکار بسته می‌شود؟



شکل ۸۲ــ صفحه نصب آماده برای جانمایی محل ریل‌های فلزی

تجهیزات الکتریکی دیگر شامل شینه‌های ارت و نول را طبق شابلون جانمایی روی صفحه نصب، با پیچ محکم کنید. شینه نول از دو مقره رزینی استوانه‌ای تشکیل شده است. مقره‌ها را روی صفحه نصب و سمت چپ ترمینال‌های ریلی محکم کنید (شکل ۸۳).



شکل ۸۳ــ مقره رزینی شینه نول

توجه

برای نصب شینه اتصال زمین (ارت)، رنگ علامت روی صفحه نصب را در محل اتصال پاک کنید تا بدنه و صفحه نصب هم به ارت، اتصال الکتریکی مناسبی داشته باشد.

پس از محکم شدن محل نصب ریل‌های فلزی، قطعات الکتریکی را به‌ترتیب از بالای صفحه نصب و از سمت چپ جانمایی کنید و با بست‌های کناری آنها را محکم کنید (شکل ۸۴).

تجهیزات روی در تابلو، شامل چراغ‌های سیگنال و شستی‌ها و کلید دو طرفه را نصب کنید و داکت پشت

در را هم با پرچ روی پل فلزی پشت در نصب کرده و تسمه بافته مسی اتصال زمین را در محل خود محکم نمایید. یک سر تسمه مسی به در تابلو و سر دیگر به بدنه تابلو یا به شین مخصوص اتصال زمین متصل می‌شود (شکل ۸۵).

شکل ۸۴ـ نصب تجهیزات دیگر

سؤال

تسمه بافته مسی اتصال زمین در تابلو چه وظیفه‌ای به عهده دارد؟

شکل۸۵ـ تسمه بافته مسی در تابلو

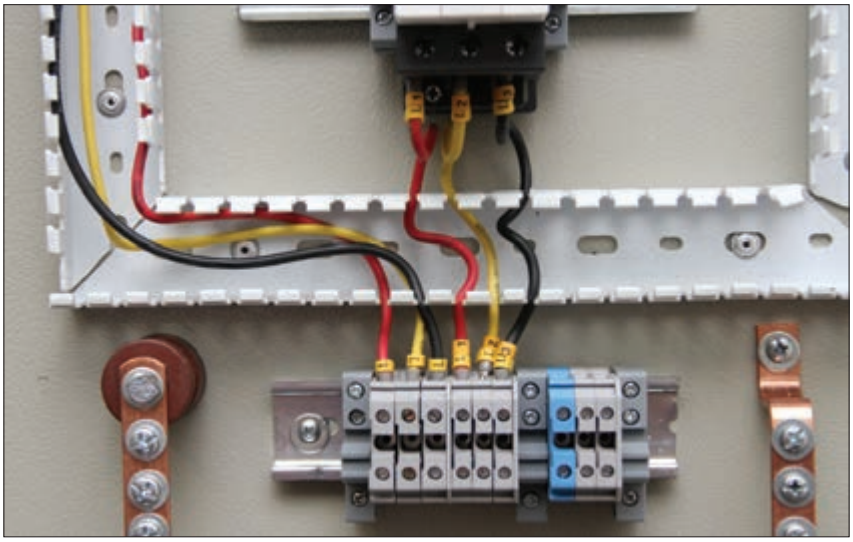
در این مرحله کلید قطع اضطراری را روی بدنه تابلو نصب کنید. مواظب باشید قطعات کلید هنگام نصب جدا نشود و عملکرد کلید را مختل نکند. هنگام فشار روی کلید، مدار فرمان قطع می‌شود و فقط با استفاده از کلید مجدداً به حالت وصل برمی‌گردد. شکل ۸۶ دو حالت مختلف این کلید اضطراری را نشان می‌دهد.

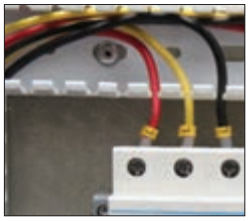
سؤال

در این کار عملی کلید قطع اضطراری در چه مواقعی می‌تواند کاربرد داشته باشد؟ مناسب‌ترین محل نصب کلید روی تابلو در کدام قسمت است؟

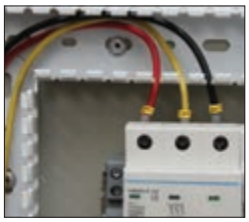
شکل ۸۶ـ نصب کلید قطع اضطراری

سیم‌کشی تابلو: برای سیم‌کشی با توجه به نقشه‌های مدار فرمان و قدرت سیم‌کشی را با سیم‌های مناسب همراه سرسیم‌ها انجام دهید. در این تابلو برای انتقال سیم‌ها از روی صفحه نصب به تجهیزات روی در از لوله خرطومی نسوز استفاده کنید.شماره سیم‌ها را باید به‌نحوی روی سرسیم قرار دهید که از پایین صفحه نصب همه در یک جهت قابل خواندن باشند. ابتدا از ترمینال ریلی سه سیم با سه رنگ استاندارد به کلید خودکار مینیاتوری سه فاز متصل کنید و سپس همین رویه را برای کنتاکتور تکرارکنید (شکل ۸۷).





نصب درست شماره سیم



نصب غلط شماره سیم

شکل ۸۷ــ روند سیم‌کشی و نصب درست و غلط شماره سیم

برای اینکه فرم وحالت سیم‌ها و سر سیم‌ها درست بوده و تحت نیروی کشش قرار نگیرد و همچنین درپوش داکت‌ها به‌خوبی در جای خود قرار گیرد می‌توانید سیم‌هایی که مسیر عبور آنها عمود بر داکت است را شبیه سیم‌های خروجی کنتاکتور به شکل یو انگلیسی (U) حالت دهید. هنگام به‌کاربردن شماره سیم دقت کنید شماره سیم‌های ۶ و ۹را جابه‌جا به‌کار نبرید. این دو شماره با یک خط تیره زیر عدد تشخیص داده می‌شود (شکل ۸۸).

شکل ۸۸ــ تشخیص شماره سیم ۶ و ۹

فعالیت

نصب و تنظیم اجزای تابلوهای برق از تجهیزات و قطعات زیادی تشکیل شده است.برای جلوگیری از بی‌نظمی و کاهش سرعت عمل پیش آمده مانند بی‌نظمی شکل ۸۹ چه پیشنهادی دارید؟

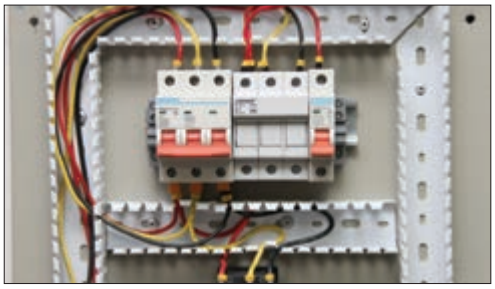
شکل ۸۹ــ شلوغی میز کار

تذکر

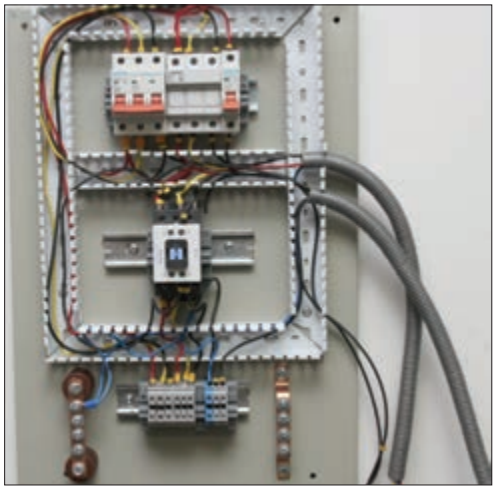
تعداد زیادی از قطعات به‌کار رفته در ساخت تابلو برق فشار ضعیف دارای ابعاد ریز و کوچک هستند. شماره سیم، سرسیم، واشر از این دسته است. اگر طبقه‌بندی منظمی در قطعات ریز به‌کاررفته تابلوسازی نکنید هنگام مونتاژ تابلو برای پیدا کردن شماره سیم خاص یا سرسیم ممکن است وقت زیادی صرف نمایید.

برای تکمیل مسیر سیم‌کشی از خروجی کلید خودکار مینیاتوری سه فاز با استفاده از سر سیم دوبل دو مسیر سیم‌کشی ایجاد کنید. مسیر اول به ورودی فیوز جداکننده (سکسیونر) و مسیر دیگر را به ورودی کنتاکتور سیم‌کشی کرده و از یکی از فازها یک مسیر برای کلید خودکار مینیاتوری تک‌فاز سیم‌کشی کنید (شکل ۹۰).

معمولاً تغذیه کنتاکتور از هر دو طرف کنتاکتور قابل انجام و دسترسی است. بنابراین برای تنظیم سیم‌کشی و مسیر کوتاه‌تر تغذیه نول کنتاکتور را از سمت شین نول انجام دهید و با سرسیم دوبل برای ترمینال ریلی فتوسل نیز سیم‌کشی کنید. سیم‌هایی که قرار است برای اتصال به چراغ سیگنال و کلید تبدیل گردان و شستی قطع و وصل روی در نصب شود از داخل یک لوله خرطومی نسوز منتقل نمایید (شکل ۹۱).



شکل ۹۰ــ سیم‌کشی کنتاکتور



شکل ۹۱ــ تکمیل سیم‌کشی قطعات صفحه نصب

شکل ۹۲ــ صفحه نصب در داخل تابلو

برای عبور هرلوله خرطومی یک شاخک داکت را جدا کنید و لوله را از داکت عبور دهید و در انتها درپوش داکت‌ها را ببندید. پس از اتمام سیم‌کشی روی صفحه نصب زمان قرار دادن صفحه نصب داخل تابلو است.

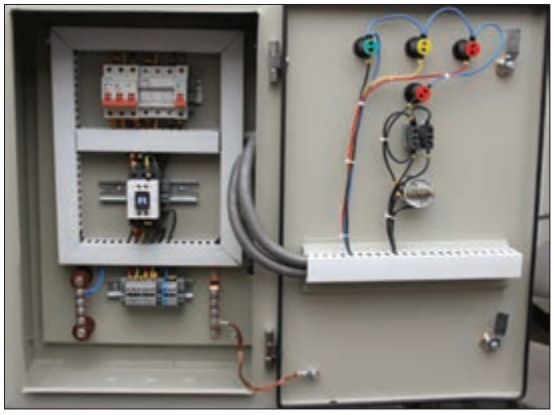
بعد از قرار دادن صفحه در تابلو و بستن چهار پیچ صفحه نصب، ابتدا تسمه مسی اتصال زمین که قبلاً به در تابلو بسته بودید به شین اتصال زمین ببندید (شکل ۹۲). در این تابلو کلید گردان سه حالت، شستی قطع و وصل و چهار چراغ سیگنال روی در تابلو نصب می‌شود. سیم‌کشی در تابلو را می‌توانید از چراغ های سیگنال آغاز کنید و حتماً سیم نول برای آن سیم‌کشی کنید. برای چراغ سیگنال قرمز رنگ (حالت کار تابلو) از همان نقطه سیم‌کشی کنید (شکل ۹۳).

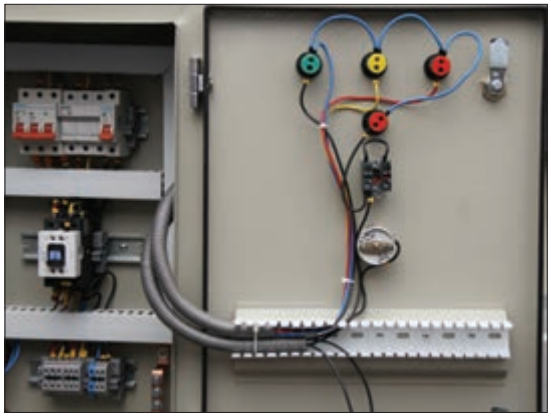
شکل ۹۳ـ سیم‌کشی چراغ‌های سیگنال

سؤال

چرا مرکز اتصال ستاره چراغ سیگنال باید سیم نول داشته باشد؟

لوله خرطومی روی در را با بست پلاستیکی محکم کنید. بعد از اتمام مسیرهای سیم‌کشی روی در تابلو برای استحکام مکانیکی بهتر سیم‌ها، گروه سیم‌های هم مسیر را با بست کمربندی پلاستیکی ببندید (شکل ۹۴). با استفاده از اهم‌متر، اتصالات داخل تابلو را بررسی کنید و از صحت آنها اطمینان حاصل کنید. عیوب احتمالی در این تابلو را با کمک مربی خود بررسی کنید و روش‌های رفع عیب را یادداشت کنید.





شکل ۹۴ـ تکمیل سیم‌کشی روی در تابلو با بست کمربندی پلاستیکی

مراحل آزمایش تابلو

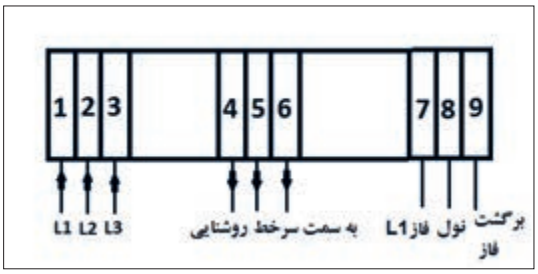
با توجه به نقشه ترمینال‌ها و با کمک هنرآموز محترم کارگاه ورودی سه فاز و نول و ارت را به ترمینال‌های مشخص شده وصل کنید. (شکل ۹۵)

این تابلو قابلیت کنترل بار (روشنایی) در دوحالت دستی و خودکار را دارد.

الف) حالت کنترل دستی(H)[1]: اگر کلید دو طرفه روی در تابلو، در حالت دستی یا ۱ باشد با فشردن شستی وصل سبز رنگ، ولتاژ به دوسر بوبین کنتاکتور متصل شده، کنتاکتورفعال می‌شود و چراغ‌های روشنایی به‌صورت دائمی روشن می‌شود. با فشردن شستی قطع قرمز رنگ مدار قطع می‌شود و روشنایی خاموش می‌شود (شکل ۹۶).

ب) حالت کنترل خودکار (A)[2]: اگر کلید گردان دو طرفه روی در تابلو، در حالت خودکار یا ۲ باشد ترمینال‌های ۷ و ۸ و ۹ باید به یک فتوسل یا ساعت تایمر ۲۴ ساعت متصل باشد تا درحالت فرمان وصل از طرف آنها کنتاکتور در مدار قرار گیرد با استفاده از این ترمینال‌ها امکان کنترل روشنایی به‌طور خودکار و بدون اپراتور ممکن خواهد بود.حالت کنترل خودکار روشنایی به دو روش سنتی و جدید در این کار عملی معرفی شده است.

در هر دو حالت دستی و خودکار اگر شستی فشاری قطع اضطراری (پوش باتن) کنار تابلو را فشار دهید. مدار قطع می‌شود و برای وصل مجدد نیاز به استفاده از کلید (سوئیچ) اختصاصی پوش باتن است.



شکل ۹۵ـ مسیراتصالات ورودی و خروجی

شکل ۹۶ـ حالت دستی

کنترل خودکار روشنایی به دو روش انجام می‌شود:

۱ـ روش سنتی

۲ـ روش جدید

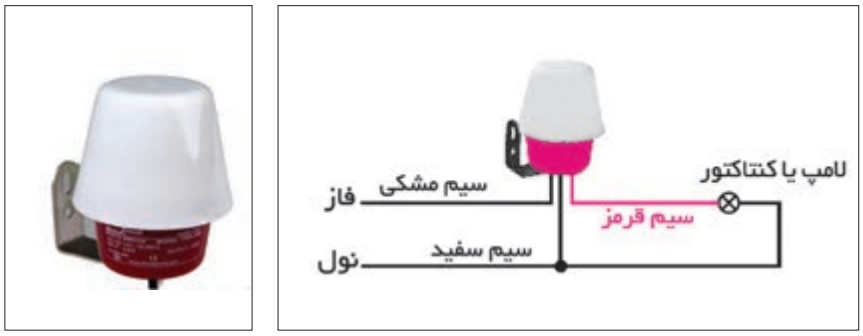
۱ـ روش سنتی

کنترل روشنایی خودکار به شیوه سنتی با استفاده از یک فتوسل با خروجی رله تا ۱۰ آمپر قابل اجرا است. برای کنترل با فتوسل سیم فاز (مشکی) به ترمینال شماره ۷ و سیم نول (سفید) به ترمینال ۸ وسیم برگشت (قرمز) به ترمینال ۹ متصل کنید و فتوسل را درجایی مناسب نصب کنید (شکل ۹۷).

---

۱ - Hand

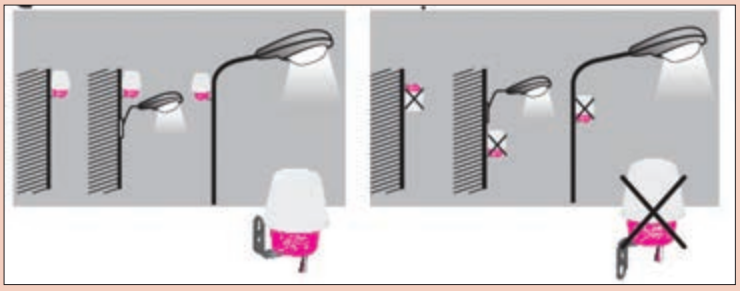
۲ - Auto



شکل ۹۷ـ کنترل خودکار روشنایی سنتی

فعالیت

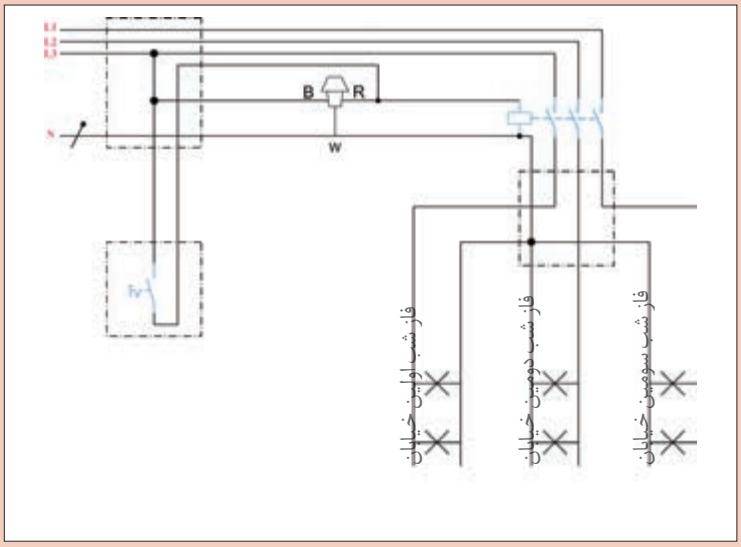
در مورد نحوه نصب صحیح و غلط فتوسل در تصاویر شکل ۹۸ بحث و گفت‌وگو کنید.



شکل ۹۸ـ نحوه نصب فتوسل

فعالیت

در شبکه توزیع برای تأمین روشنایی خیابان‌ها و معابر به‌شیوه سنتی از نقشه‌ای مشابه شکل ۹۹ استفاده می‌شود. در مورد نحوه به‌کارگیری از فتوسل بحث و گفت‌وگو کنید.



شکل ۹۹ـ نقشه روشنایی خیابان ها و معابر

۲ـ روش جدید

روش جدید کنترل خودکار روشنایی با استفاده از دو تایمر انجام می‌شود.

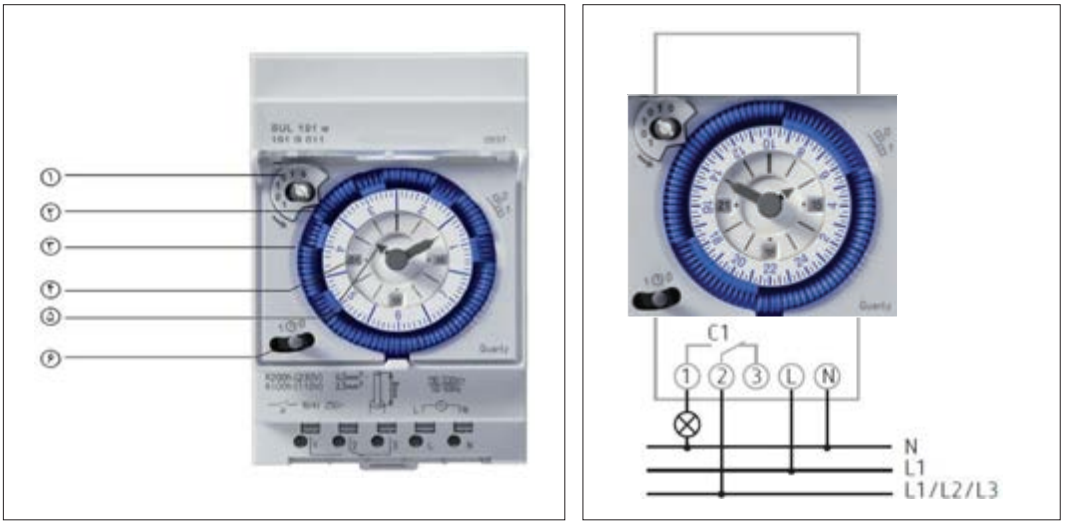
الف) تایمر ۲۴ ساعت

ب) ساعت نجومی

شکل ۱۰۰ـ روشنایی نمای ساختمان ومحوطه

الف) تایمر ۲۴ ساعت: تایمر ۲۴ ساعته در زمان‌های تعریف شده برای کنترل روشنایی نمای بعضی از ساختمان‌ها و محوطه، تهویه اماکن و مانند آن استفاده می‌شود. به‌عنوان مثال نورپردازی یک ساختمان و محوطه اطراف آن که قرار است هر شب فقط بین ساعت ۱۹تا ۲۳ روشن باشد تنظیم تایمر برای فصول مختلف قابل تغییر است (شکل ۱۰۰). این تایمرها در دونوع دیجیتال و آنالوگ ارائه می‌شود.

توان کلیدزنی یک نمونه از این تایمرها مشابه جدول ۸ است. شکل ظاهری یک نمونه تایمر و نحوه اتصال آن در شکل ۱۰۱ نشان داده شده است.



شکل ۱۰۱ـ شکل ظاهری یک نمونه تایمر ونحوه اتصال آن

جدول ۸ـ توان کلیدزنی تایمر ۲۴ ساعته

ضریب توان	ولتاژ کار	جریان کلید زنی
۱	۲۵۰ ولت	۱۶ آمپر
۰/۶	۲۵۰ ولت	۴آمپر

اجزای تایمر: ساختمان ظاهری این تایمرها از یک صفحه زمانی با تعدادی دندانه تشکیل شده است. هر دندانه زمان ۲ساعت را مشخص می کند.

شکل ۱۰۲ اجزا و عملکرد تایمر را نشان می‌دهد.

۱ـ کلید حالت دستی و خودکار

۲ـ صفحه برنامه زمانی

۳ـ دندانه‌های قطع ووصل

۴ـ ساعت (صبح وعصر)

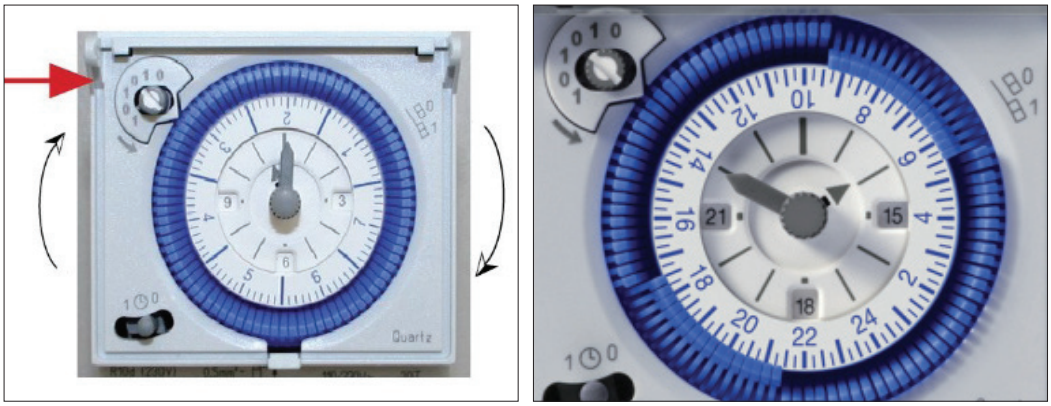
۵ـ دسته تنظیم زمان(ساعت و دقیقه) ساعتگرد و پاد ساعتگرد

۶ـ کلید سه راهه (روشن، خودکار و خاموش)

تنظیمات تایمر: برای تنظیم تایمر مراحل زیر انجام می‌شود:

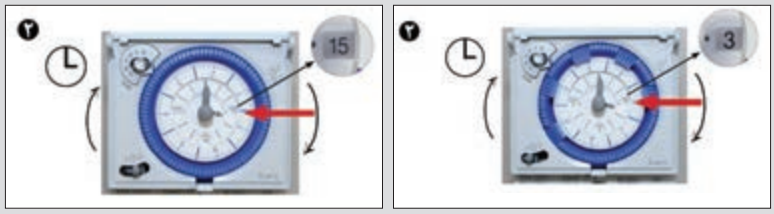
مرحله۱ـ ابتدا روز مورد نظر را مطابق شکل ۱۰۳ (شکل بالا) برای تایمر هفتگی تنظیم نمایید. به‌طور مثال صفحه برنامه‌ریزی را بچرخانید تا عدد ۳ روبروی شاخک کلید دستی خودکار قرار گیرد در این حالت روز چهارشنبه منظور می‌شود. در صورتی که تایمر روزانه باشد این صفحه تابع ساعت عقربه‌ای داخل می‌باشد مطابق شکل ۱۰۳ (شکل پایین) که ۱۳:۵۰ روبه‌روی شاخک کلید دستی خودکار می‌باشد. تنظیم روزهای هفته معنایی ندارد.

مرحله ۲ـ برای تنظیم زمان مورد نظر مثلاً ۳ صبح و۳ بعدازظهر مطابق شکل‌های ۱۰۳ تنظیمات انجام می‌شود.

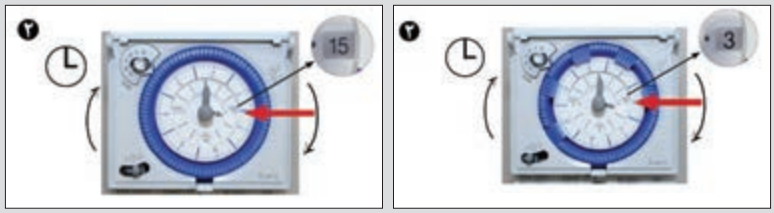


شکل ۱۰۲ـ تنظیمات تایمر

نوع هفتگی: برای تنظیمات در روزهای هفته کاربرد دارد.



نوع روزانه: برای تنظیمات در ساعت‌های روزانه کاربرد دارد.



شکل ۱۰۳ـ تنظیم ساعت

تایمر ساعتی: محدوده عملکرد زمانی این تایمر در شصت دقیقه است (شکل ۱۰۴).

شکل ۱۰۴ــ تایمر نوع ساعتی

فعالیت

کاتالوگ نشان داده شده در شکل ۱۰۵ مربوط به یک تایمر نوع ساعتی است. باتوجه به اطلاعات آن به سؤالات داده شده پاسخ دهید.

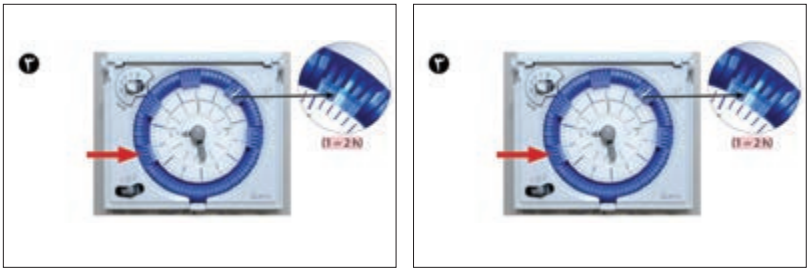
الف) کمترین زمان قابل تنظیم با این رله چقدر است؟

ب) به‌ازای یک ثانیه چند دندانه باید فشرده شود؟

پ) برای تنظیم عملکرد رله برای ۵ دقیقه چند دندانه باید به طرف داخل فشرده شود؟

- 1 channel.
- 60 minute program.
- Without power reserve.
- 96 switching segments.
- Synchronised with mains.
- Shortest switching time: 37,5 seconds.
- DuoFix spring terminals
  - For 2 conductors each.
  - Wire or strand (with or without wire end sleeve).
  - Wire diameter: 0,5 - 2,5 mm².
  - Button for releasing plug-in connection.
- Switching pre-selection.
- Manual switch with 3 positions: Continuous ON/AUTO/continuous OFF.
- Switching status display.

شکل ۱۰۵ــ رله نوع ساعتی



شکل ۱۰۶ــ تنظیم تایمر هفتگی وروزانه

مرحله ۳ــ برای تنظیم دفعات قطع و وصل روشنایی باید متناسب با زمان مورد نظر تعداد مشخصی دندانه به طرف داخل تایمر فشرده شود.دو نمونه از این تنظیم برای تایمر هفتگی و روزانه ارائه شده است.

۱ــ نوع هفتگی: برای هرروز از دوشنبه تا جمعه از ساعت ۱۰ صبح تا ۲۰ (۱۰ ساعت معادل ۵ دندانه) کافی است ۵ دندانه را برای هر روز اعمال کرد.

توجه

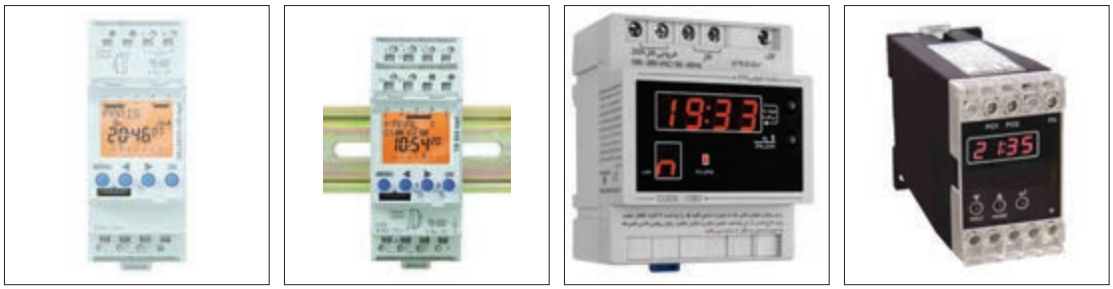
هر روز از ساعت ۶ آغاز می‌شود (دوشنبه تا جمعه)
بنابراین برای ساعت ۱۰صبح باید دو دندانه رد شود و ۵ دندانه بعد از آن فشرده شود. روزها با دایره بیرونی و اعداد آن مشخص می‌شود.

۲ــ نوع روزانه: با توجه به آنکه روزهای هفته اهمیت ندارد و دندانه هر کدام معمولاً ۱۵ دقیقه‌ای هستند در مقابل هر ساعت آنها را فشرده می‌سازیم مثلاً مطابق شکل از ساعت ۵:۳۰ تا ۸:۱۵ و همین‌طور ۱۸:۳۰ تا ۲۱:۱۵ روشن خواهد بود (شکل ۱۰۶).

محل نصب تایمر برخلاف فتوسل، داخل تابلو و کنار کنتاکتور است (شکل ۱۰۷).

ب) ساعت نجومی: ساعت نجومی با دریافت مختصات جغرافیایی و نام شهر، قابلیت تنظیم دقیق روشنایی محل مورد نظر براساس طلوع و غروب آفتاب را ممکن می‌کند. ساعت نجومی نیاز به تغذیه ۲۲۰ ولت دائمی داشته و یک باتری ۷۲ ساعتی هم داخل آن تعبیه شده است که در اثر قطع برق زمان را حفظ می‌کند و همچنین دارای یک کنتاکت باز و یک کنتاکت بسته است که در مدار فرمان استفاده می‌شود. (شکل ۱۰۸).

شکل ۱۰۷ــ محل نصب تایمر ۲۴ ساعت در تابلو روشنایی



شکل ۱۰۸ــ چند نمونه ساعت نجومی

فعالیت

کاتالوگ یک نمونه ساعت نجومی را بررسی و نحوه نصب آن را تشریح کنید.

ارزشیابی شایستگی تابلو ساده کارگاهی

شرح کار:
شناسایی قطعات الکتریکی تابلو
نصب و جانمایی و سیم‌کشی قطعات الکتریکی
نقشه خوانی
آزمایش صحت عملکرد تابلو

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
فضا سازی صحیح صفحه نصب تابلو و توجه به زیبا سازی
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 مورد نظر هر تابلو ـ داکت پلاستیکی ـ لوله انعطاف‌پذیر
لباس کار

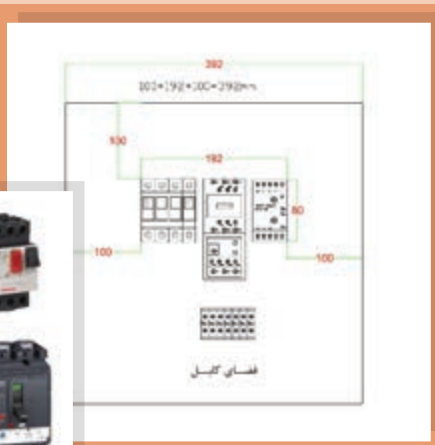
معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	انتخاب قطعات الکتریکی	۲	
۲	نصب و جانمایی قطعات الکتریکی	۲	
۳	سیم‌کشی قطعات الکتریکی	۲	
۴	نقشه‌خوانی	۱	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: کسب اطلاعات کارتیمی مستندسازی ویژگی شخصیتی	۲	
	میانگین نمرات		*

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

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؟

استاندارد عملکرد

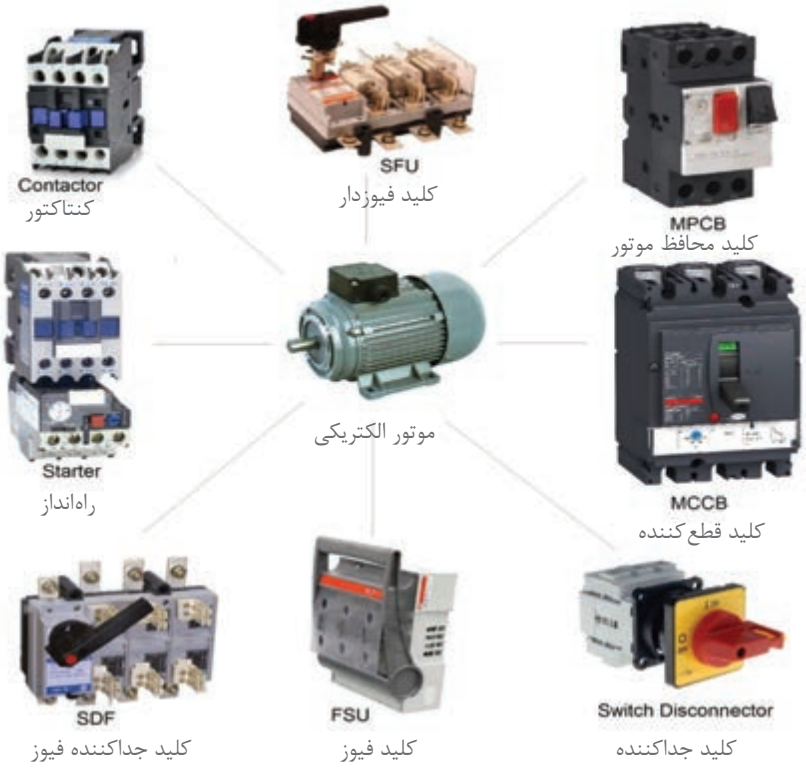
در این پودمان هنرجویان قادر خواهند شد قطعات مورد نیاز، ابعاد و اندازه تابلوهای راه‌اندازی موتورهای الکتریکی را برمبنای جریان بار به‌دست آورده و پس از جانمایی و نصب قطعات تابلو مطابق نقشه مدار فرمان و قدرت، آزمایش صحت عملکرد تابلو را به کمک هنرآموز محترم انجام دهند.

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 جدا کننده

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

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

MCCB (کلید خود قطع‌کننده 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

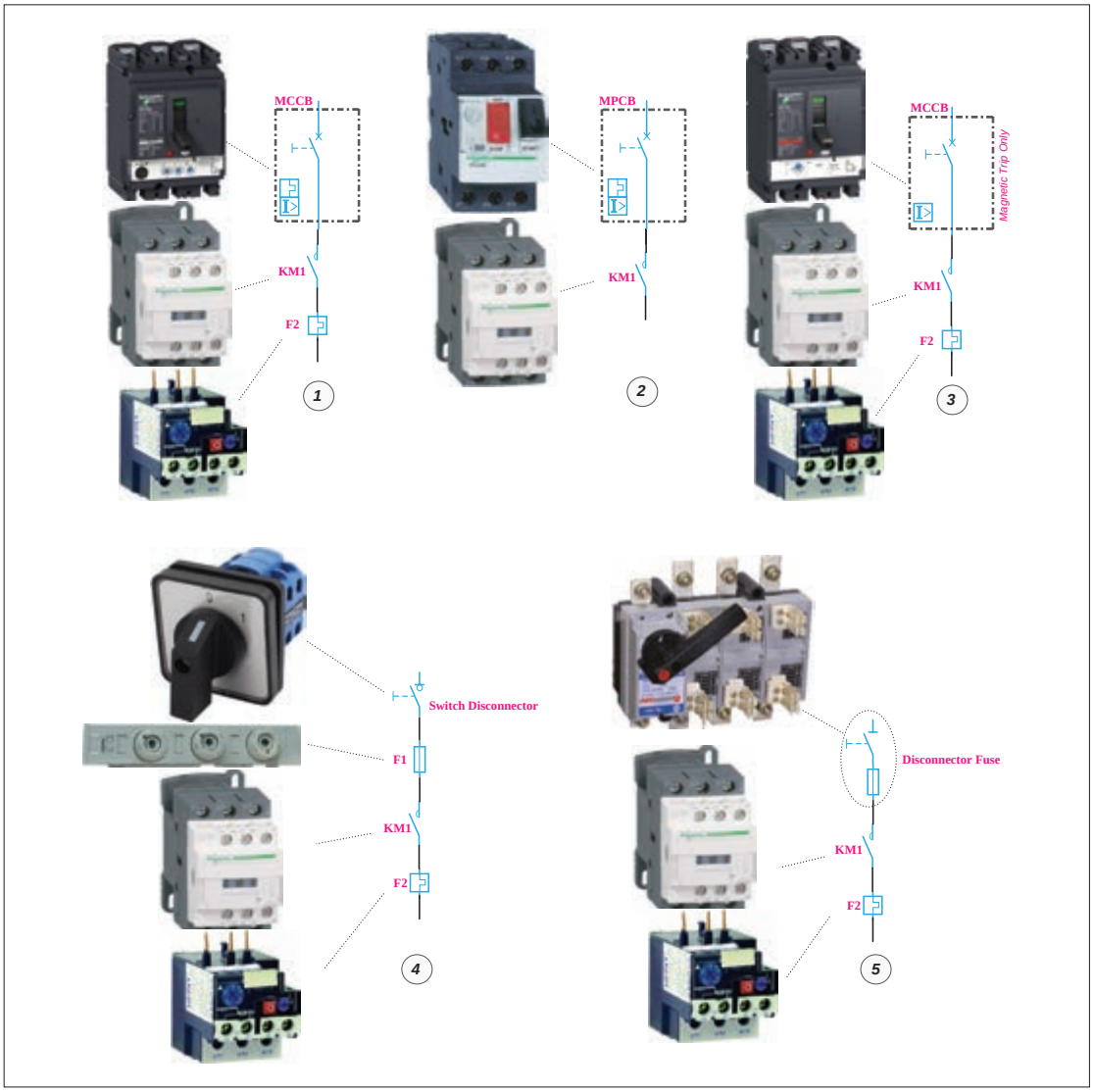
حفاظت	کلیدزنی	نام وسیله
نه	بله	کنتاکتور
بله	نه	رله اضافه بار
بله	بله	راه‌انداز
نه	بله	کلید جداکننده
بله	نه	کلید فیوز/ فیوز
بله	بله	SDF /SFU
بله	بله	MCCB
بله	بله	MCCB magnetic trip only
بله	بله	MPCB

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

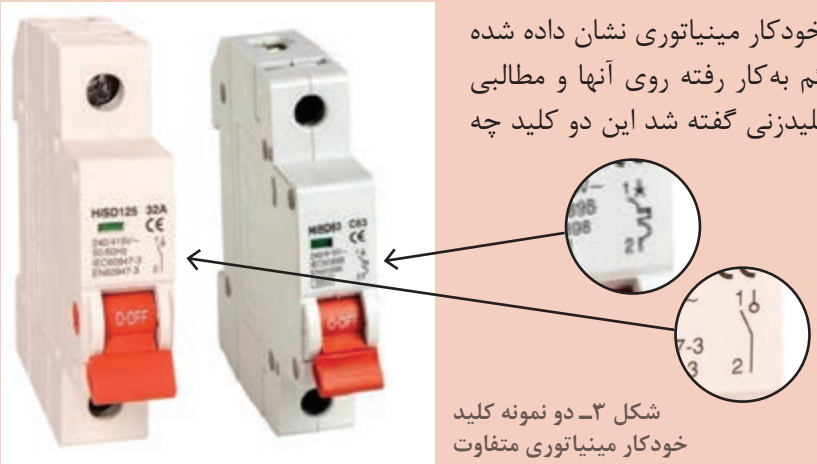
چرا در راه‌اندازی (شماره ۱) با وجودی که MCCB دارای رله حرارتی داخلی است، رله حرارتی در زیر کنتاکتور حذف نشده است؟ چرا؟

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.

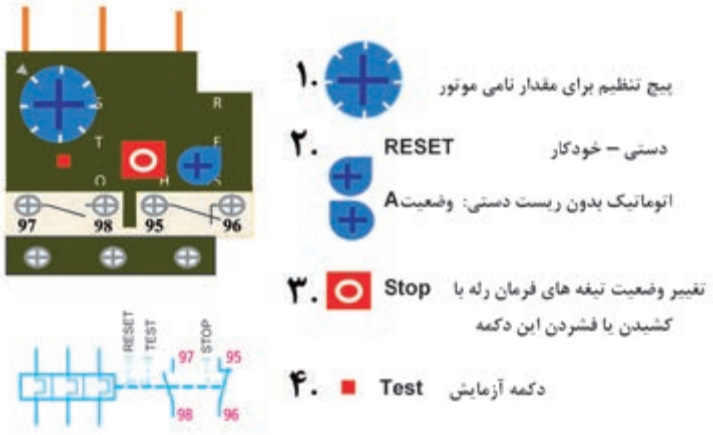
۳ـ تنظیم رله را برمبنای جریان مصرفی موتورالکتریکی تنظیم کنید (اگر جریان دریافتی واقعی موتور از جریان پلاک موتور بیشتر بود مورد علت را بررسی کنید)

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.

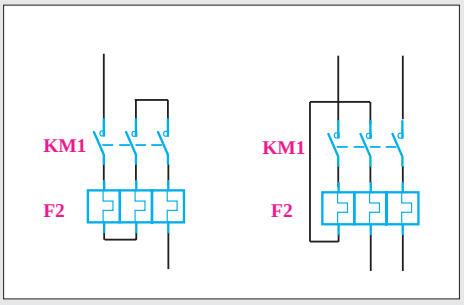
برای تنظیم رله اضافه بار مطابق شکل۵ـ الف رله قابل تنظیم است.



شکل ۵ـ الف) تنظیم رله اضافه بار یا بی‌متال

تذکر ۱

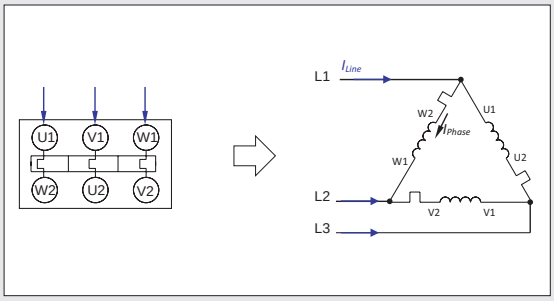
تیغه‌های رله اضافه بار صنعتی‌سه‌فاز بوده و برای کاربرد رله در مدارهای تک‌فاز و DC به دو صورت شکل۵ـ ب می‌توان آن را به‌کار برد.



شکل ۵ـ ب) کاربرد تک‌فاز رله اضافه بار یابی‌متال

تذکر ۱

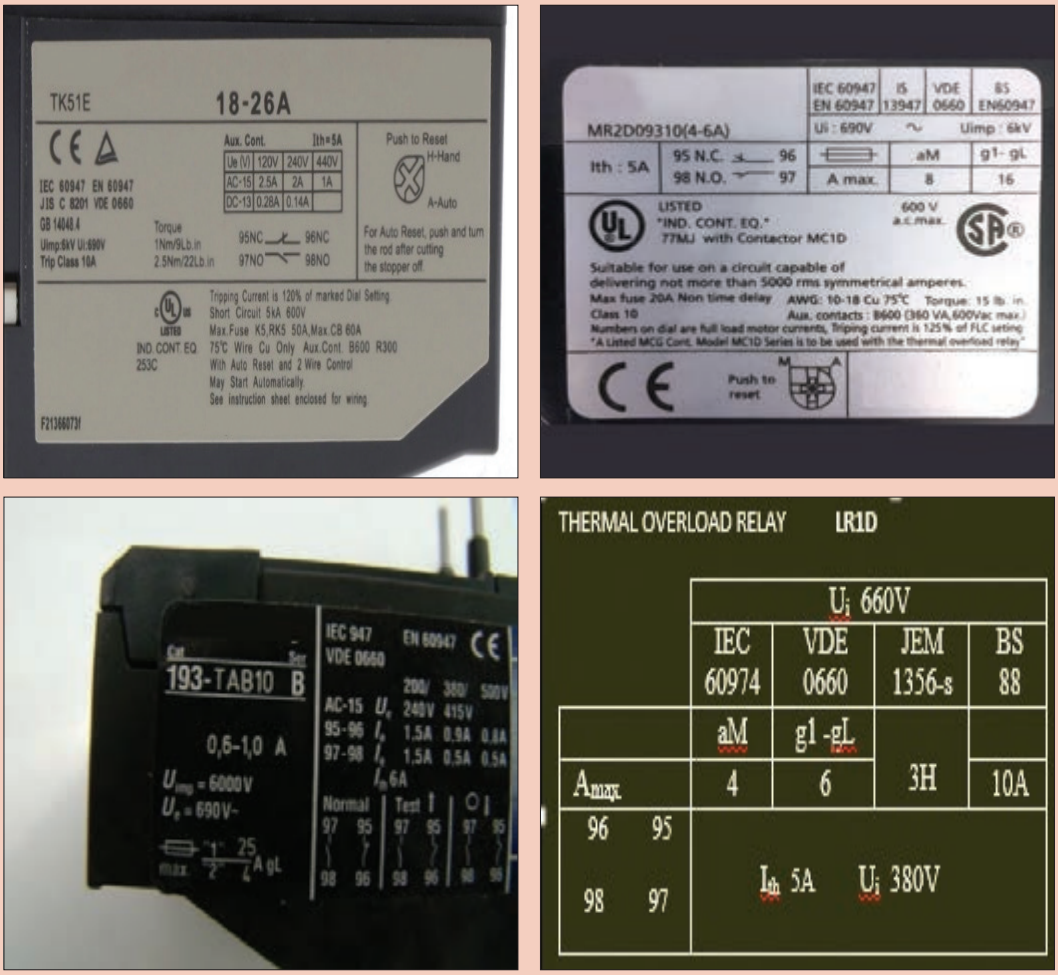
اگر رله اضافه بار در مسیر فازی قرار گیرد به جای تنظیم رله به مقدار جریان‌نامی،رله روی ۰/۵۸ جریان نامی تنظیم می‌شود $(\frac{۱}{\sqrt{۳}} \simeq ۰/۵۸)$ این مطلب زمانی اتفاق می‌افتد که سربندی موتور الکتریکی مطابق شکل مثلث بسته شود (شکل۶).



شکل ۶ـ نصب رله در حالت مثلث موتور الکتریکی

فعالیت

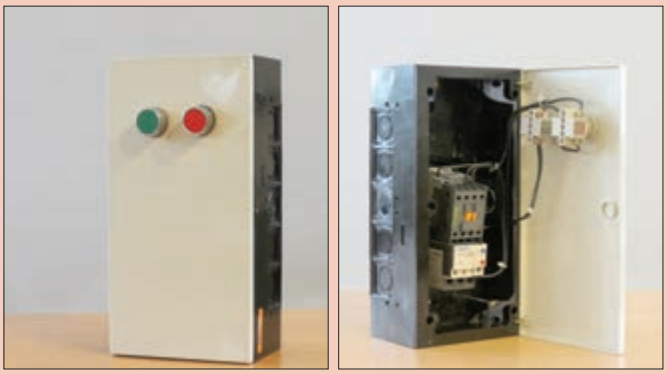
اطلاعات نمونه برچسب رله اضافه بار (Overload Relay) در شکل ۷ را استخراج نمایید.



شکل ۷ ـ 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 ۸ــ 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 ۹ــ 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.

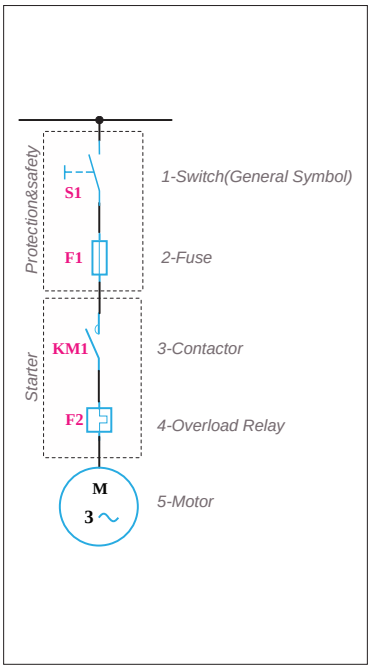
جانمایی تابلوهای موتوری MCC

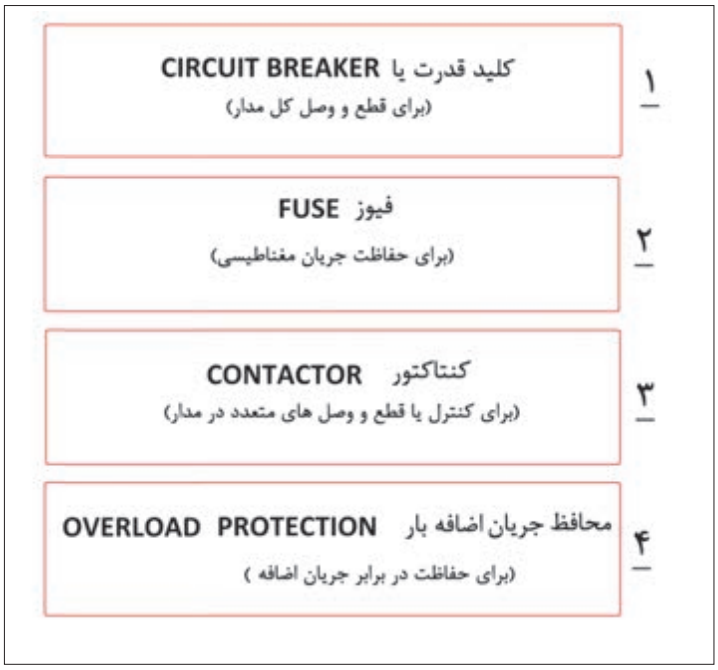
منظور از جانمایی تابلوهای راه‌اندازی موتوری، نصب قطعات الکتریکی در تابلو راه‌اندازی است به نحوی که کنترل و حفاظت کامل جریان یک موتور الکتریکی را به همراه داشته باشد. جانمایی و ترتیب نصب این قطعات مطابق شکل ۱۰، حد فاصل خط تغذیه و موتور الکتریکی قرار دارد وظیفه هر قطعه مطابق شکل ۱۱ ارائه شده است.

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

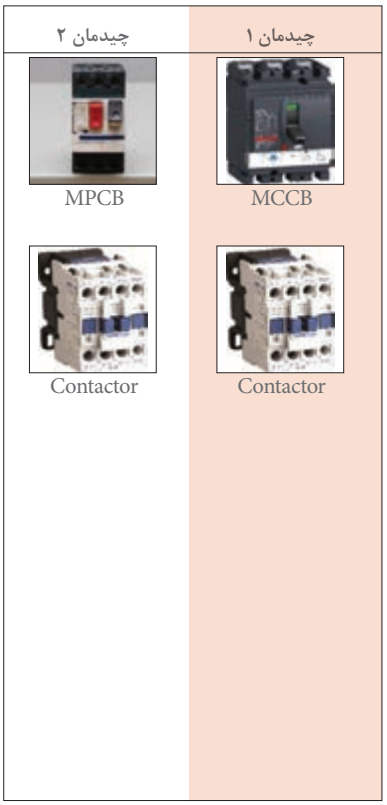
است که در شکل ۱۲ نشان داده شده است که با شماره‌های یک تا سه نشان داده شده است.

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 چپ‌گرد ـ راست‌گرد با حفاظت کامل و سریع

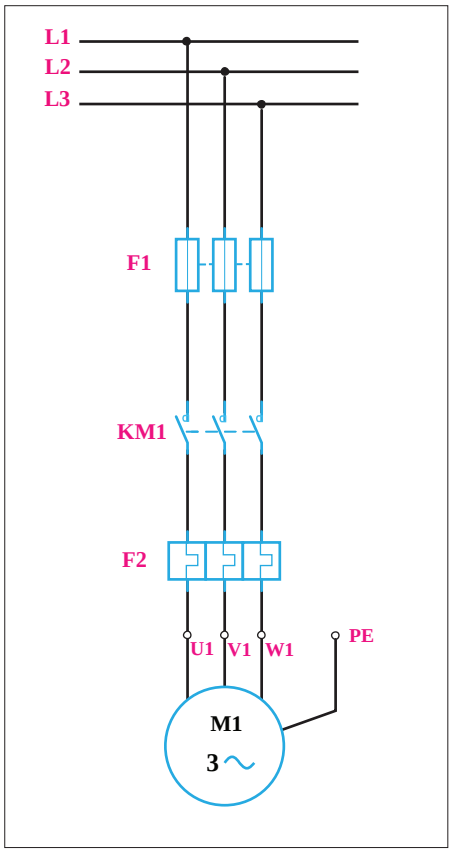
۴ـ راه‌اندازی چپ‌گرد ـ راست‌گرد با توقف زمانی

کار عملی

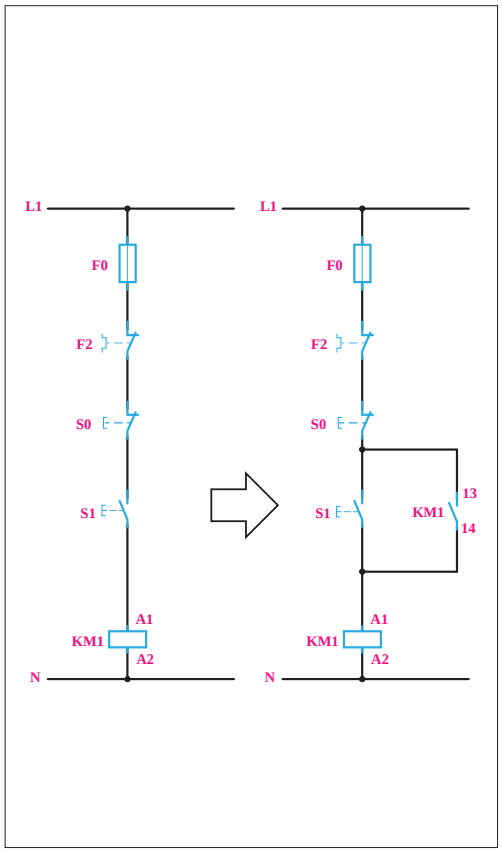
تابلو راه‌اندازی موتور الکتریکی سه فاز آسنکرون را به‌صورت دائم کار مطابق نقشه فرمان و قدرت طراحی و با توجه به تجهیزات گفته شده، جانمایی کنید (شکل۱۴).

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؟

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)

جدول ۵ـ لیست تجهیزات مورد نیاز

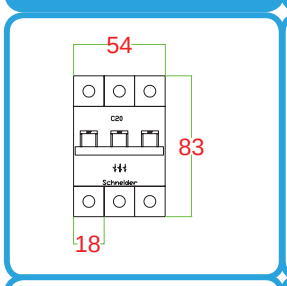
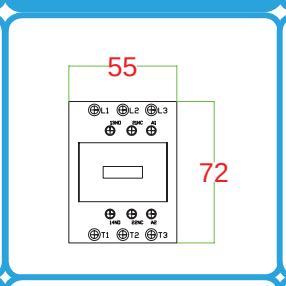
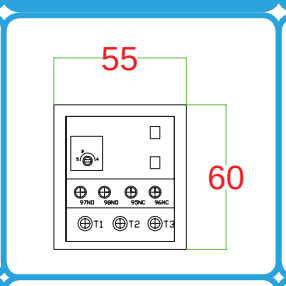
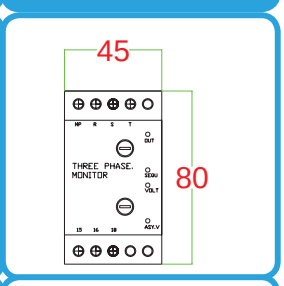
ردیف	تجهیزات مورد نیاز	جریان به آمپر	تعداد
۱	کلید مینیاتوری ۳P_MCB	۴۰A	۱
۲	کنتاکتور	۲۵A	۱
۳	بی متال	۲۰ـ۲۵A	۱
۴	کنترل فاز تیپ بزرگ	ـ	۱

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).

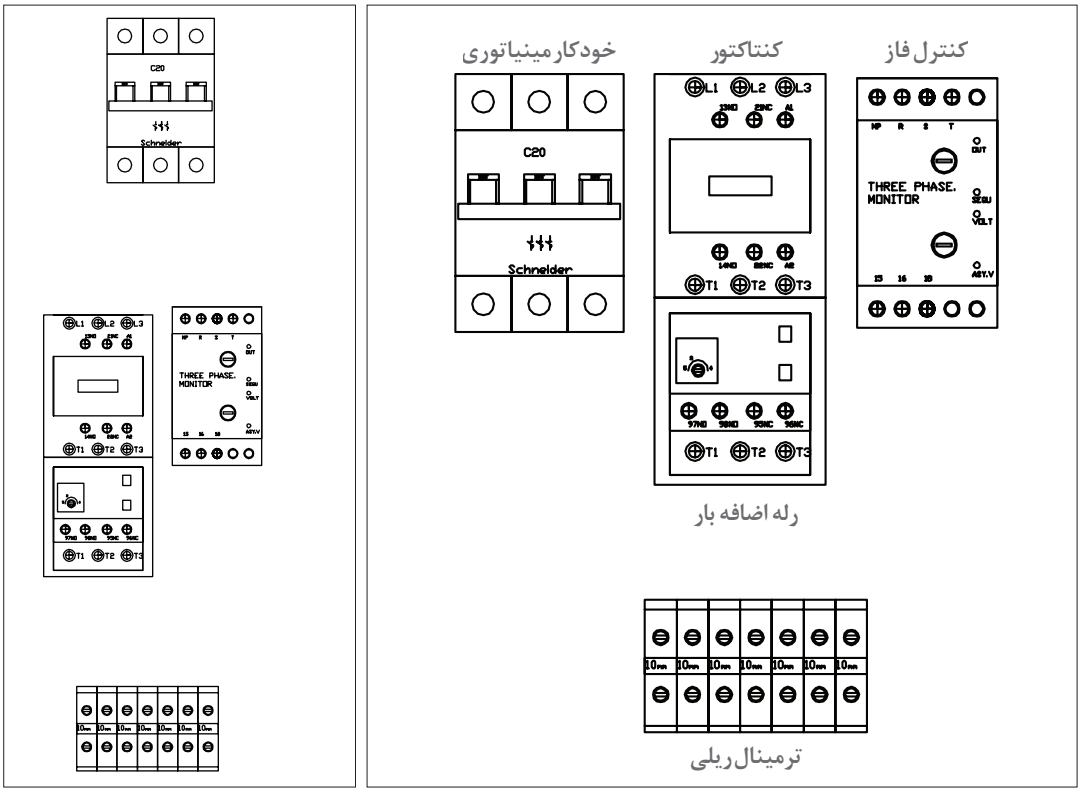
ابعاد و اندازه‌های قطعات را مطابق آنچه از انبار کارگاه هنرستان تحویل گرفته‌اید یادداشت کنید و شابلن اولیه را روی یک کاغذ یا مقوا در اندازه حدود صفحه نصب ترسیم و جانمایی اولیه نمایید.

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.



ب) چیدمان طولی

الف) چیدمان عرضی

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.

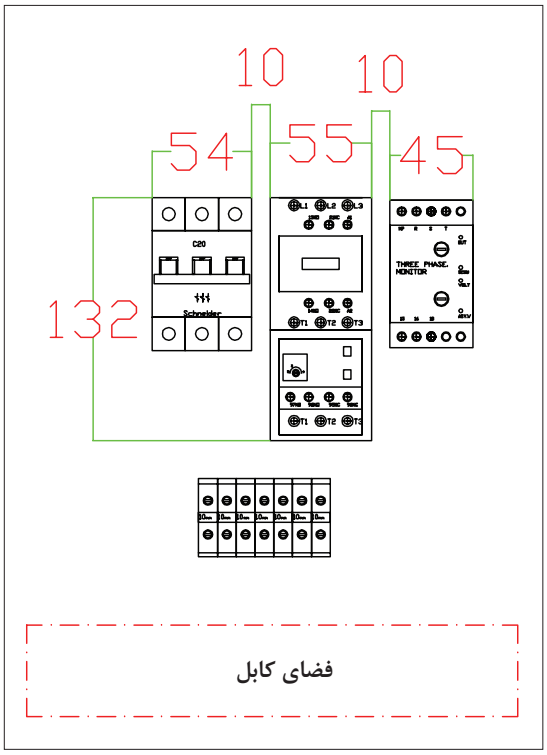
فضاسازی بهینه در تابلو: (این موارد می‌تواند در کلیه تابلوهای مشابه به‌کار گرفته شود)

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

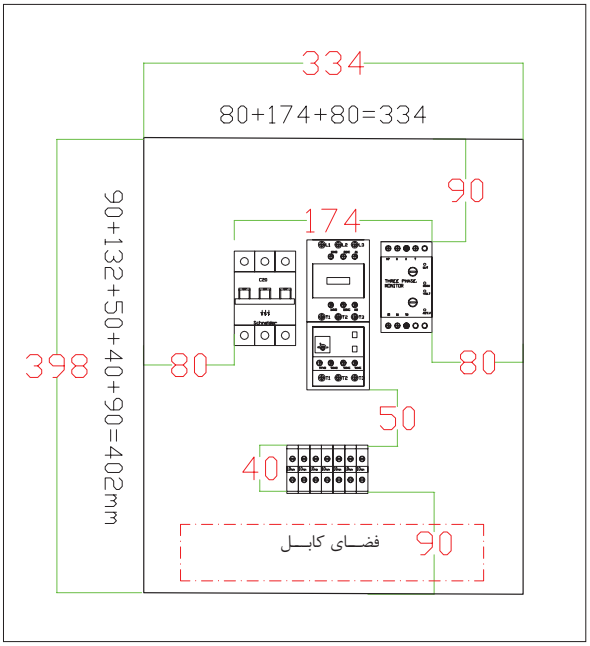
Panel Specification	
Type	free-standing
Front Door	+
Back Door	-
Inputs	Up
Outputs	Up
normal section	+
emergency section	-
UPS section	-

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 از بالای 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).

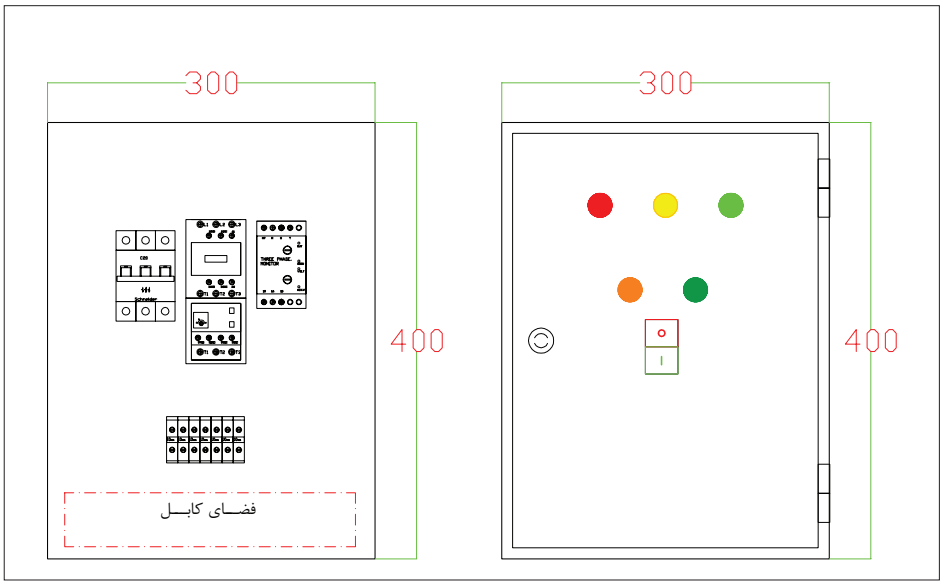
عدد کلیدی ۱۰۰ میلی‌متری: عدد کلیدی ۱۰۰ میلی‌متری، فاصله مفیدی است که می‌توان در تابلو این فاصله را در دو محل زیر در نظر گرفت:

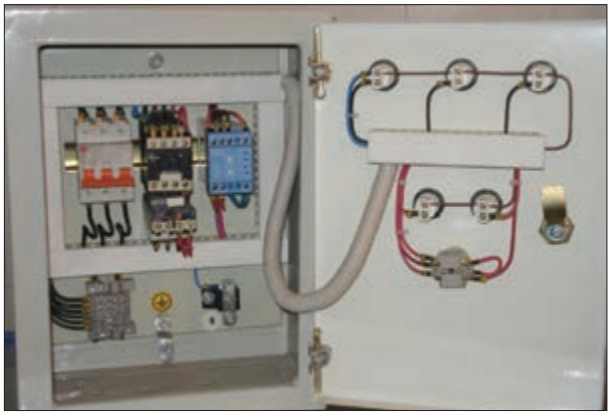


شکل ۲۲ـ جانمایی قطعات در تابلو

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 ۳۳۴×۴۲۲ 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.

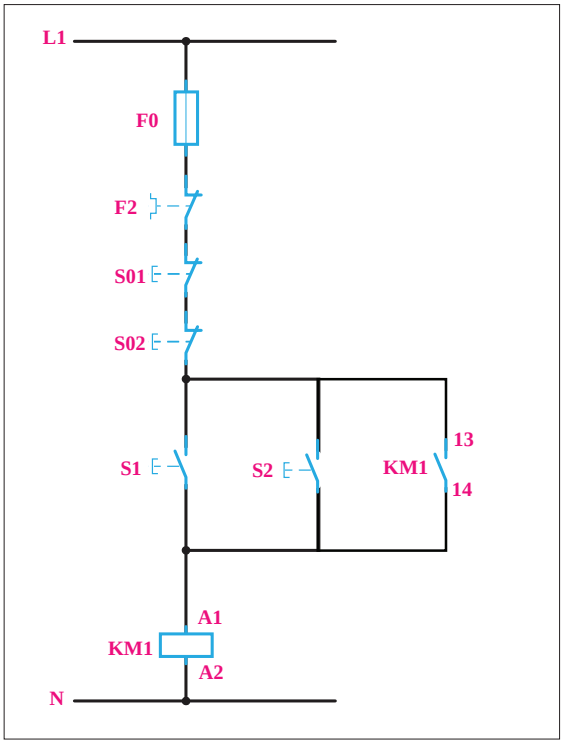
کار عملی

(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

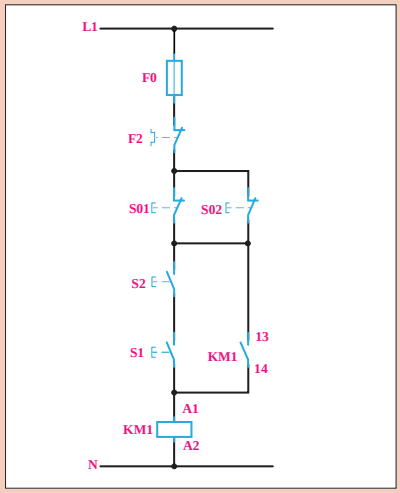
تکنیک ایجاد دو محل فرمان بدون شرط: با موازی کردن شستی‌های وصل می‌توان هر مدار راه‌اندازی را از دو محل فعال (روشن) کرد و با سری‌کردن شستی‌های قطع می‌توان هر مدار را از دو محل غیر فعال (خاموش یا قطع) نمود.

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 نبینند. 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.

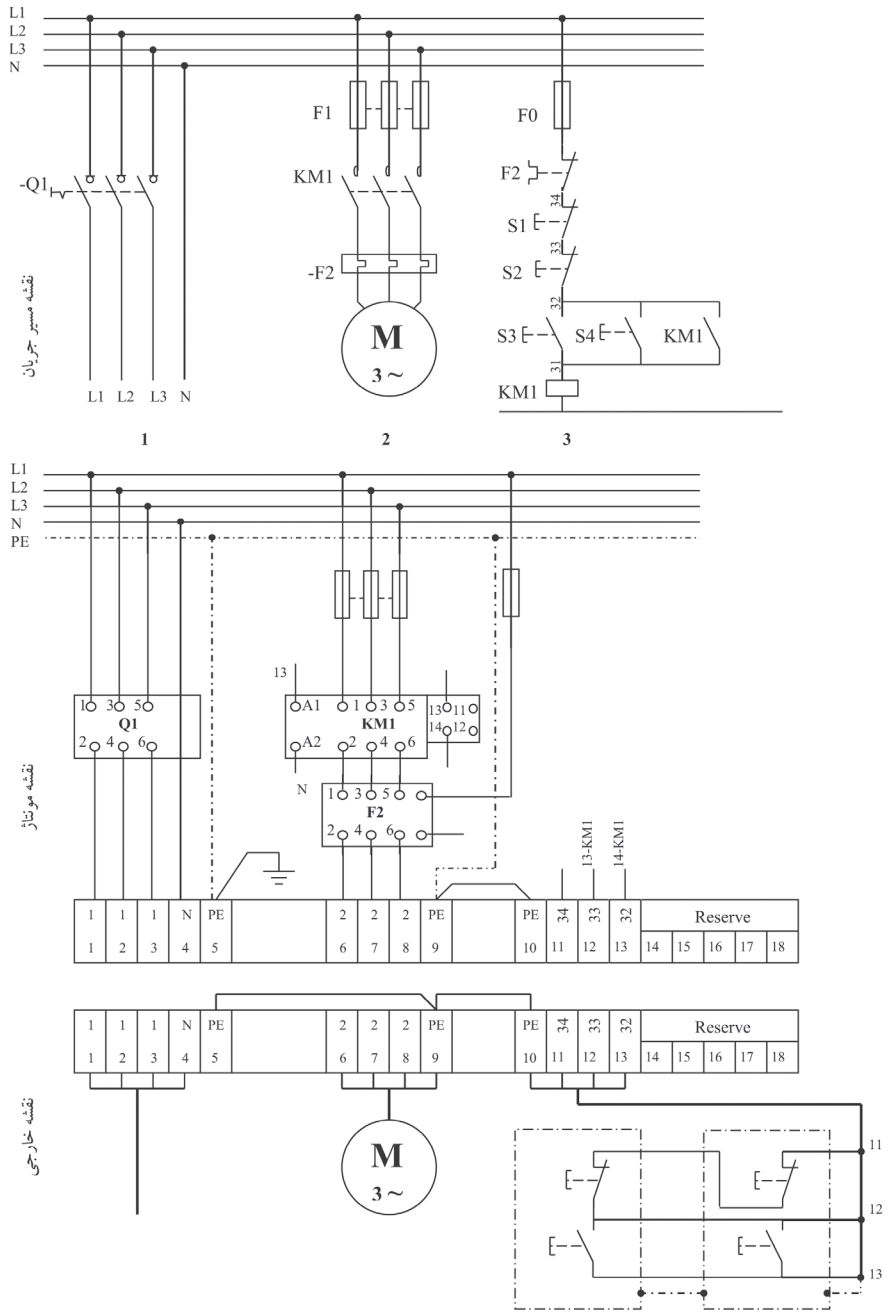
نقشه خارجی: قطعاتی که روی در تابلو نصب می‌شوند و یا خارج از تابلو قرار می‌گیرند و نحوه اتصال آنها به ترمینال‌های تابلو که جهت سربندی لازم است، در نقشه خارجی مشخص می‌شود. البته در اینجا به تمام اتصالات مربوط به قطعات خارجی مثل شستی‌ها، ترمینال تعلق نمی‌گیرد بلکه آنها ابتدا روی در تابلو یا جعبه مربوط، 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.

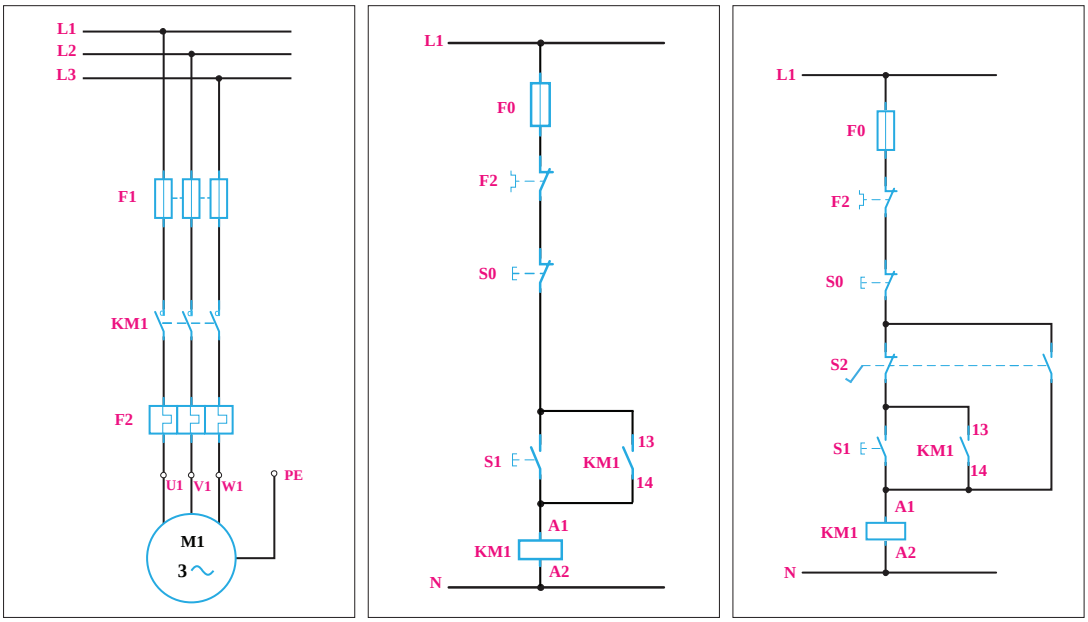


شکل ۲۶ـ نقشه مونتاژ و نقشه خارجی مدار راه انداز دائم

کار عملی

(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.

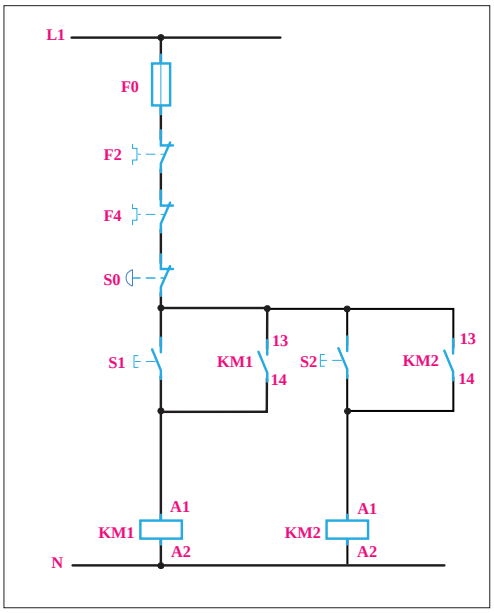
تکنیک راه‌اندازی مستقل موتورهای الکتریکی

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

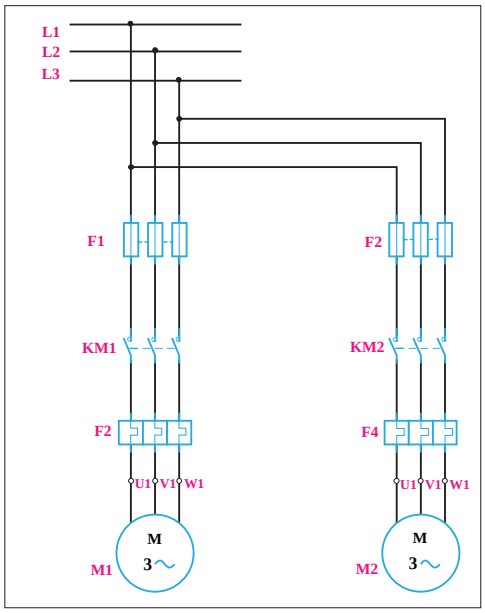
۱ـ موتورهای الکتریکی به‌طور مستقل از هم راه‌اندازی شوند.

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.



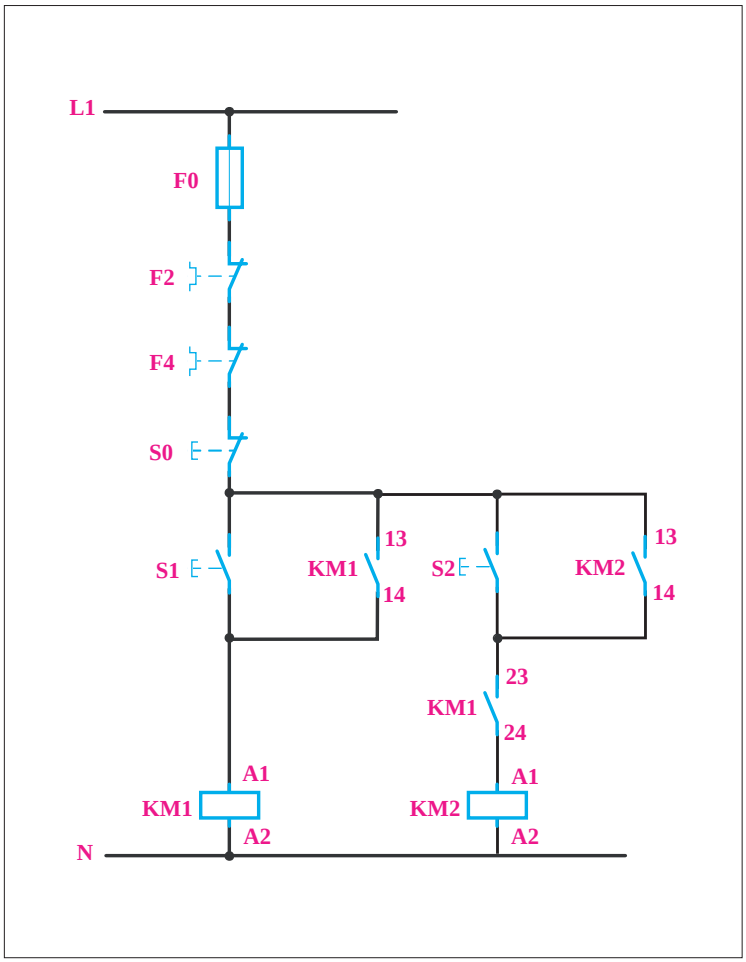
شکل ۲۸ ـ الف) مدار فرمان



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 فازM2 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

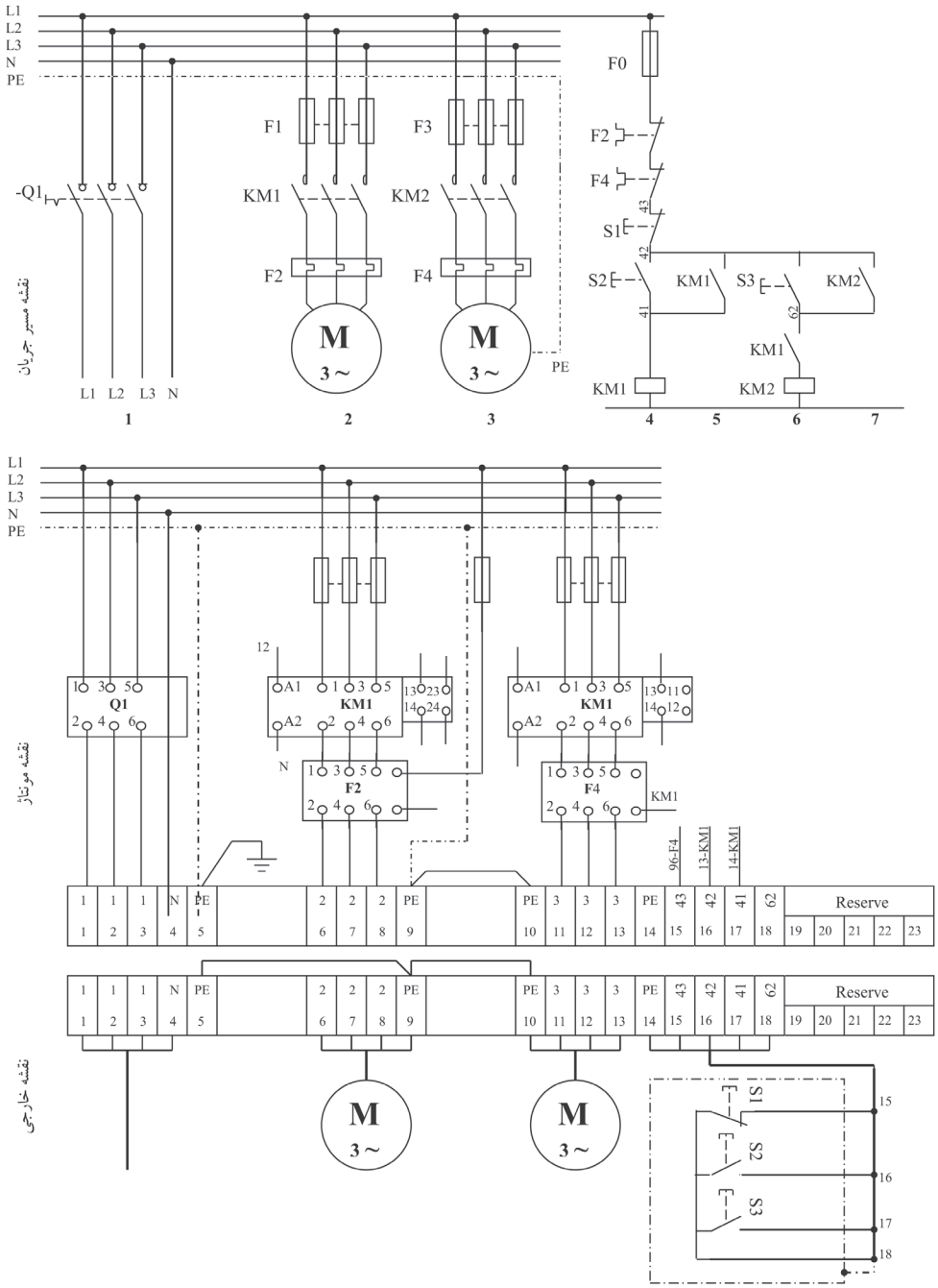
در مدار فرمان کار عملی به جای کنتاکت باز KM1 در مسیر بوبین کنتاکتور،KM2 کنتاکت بسته KM1 را قرار دهید و مدار جدید را بررسی کنید. مورد استفاده مدار جدید را شرح دهید.

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

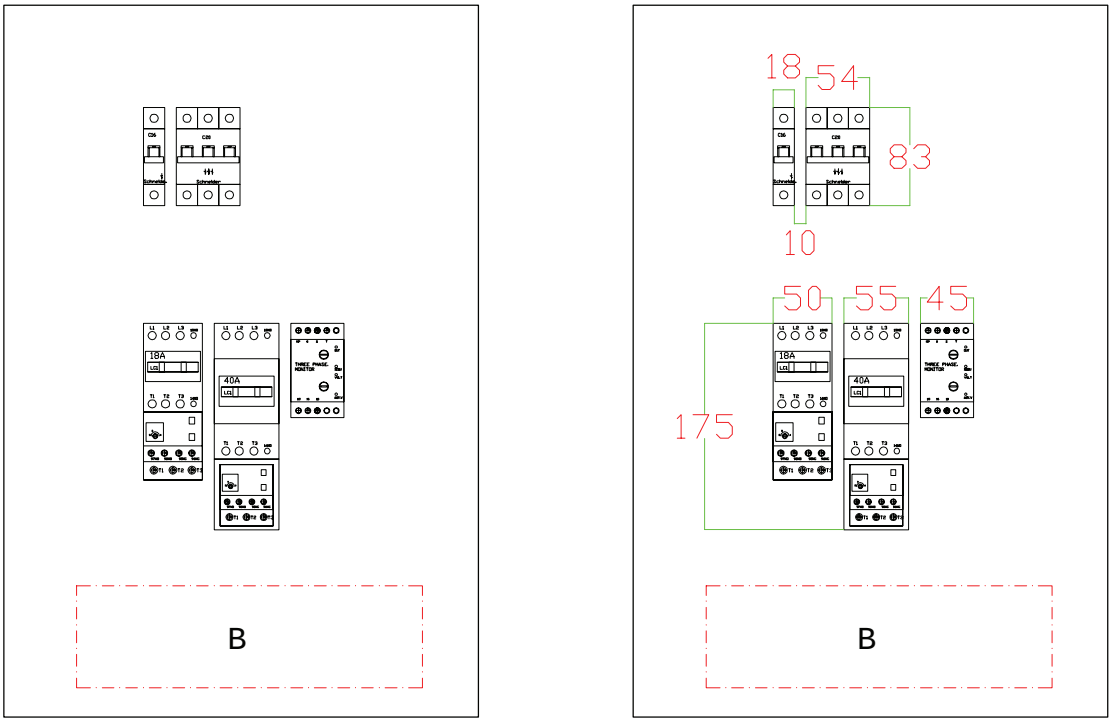
ـ سپس ابعاد هریک از قطعات را با توجه به ابعاد آن و یا از روی کاتالوگ مشخصات قطعه تعیین کنید(جدول ۱۰).

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) فضاسازی داخلی تابلو:

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

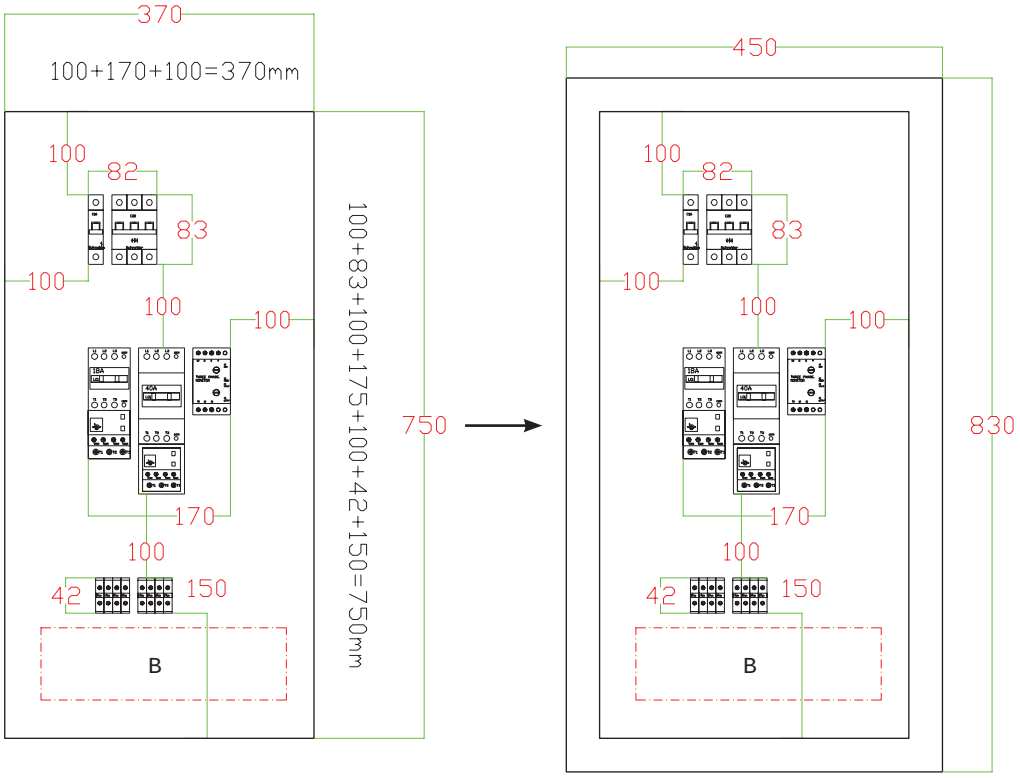
ـ فضای خالی برای نصب داکت شیاردار (داکت مورد نظر در تابلوهای دیواری با این تعداد لوازم، سایز ۴۰×۴۰ میلی‌متر مناسب است). اندازه ۳۰ میلی‌متر در دوطرف داکت که با در نظر گرفتن عرض داکت مجموعاً ۱۰۰ میلی‌متر می‌باشد(شکل ۳۲).

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 ۸۳۰×۴۵۰ 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 ۳۲ 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

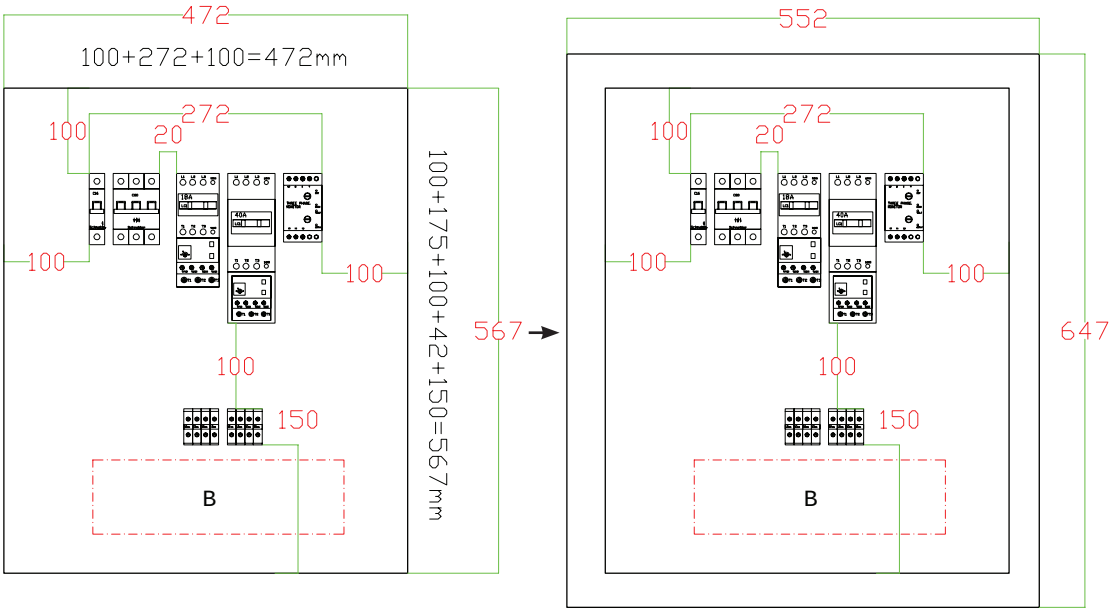
هر چه نسبت بین طول و عرض تابلو، به ضریب بین ۱/۳ الی ۱/۵ نزدیک‌تر باشد، شکل ظاهری تابلو زیباتر به نظر می‌رسد.

(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 (شکل ۳۳ 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.

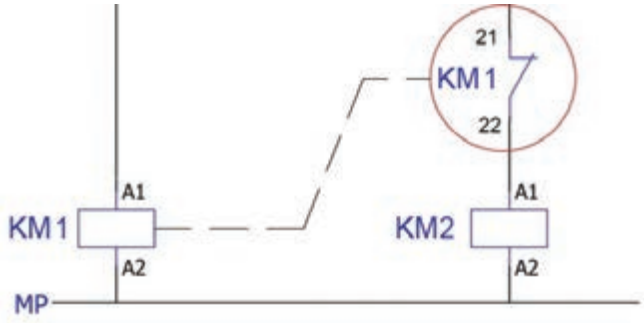
۳ـ بهتر است چیدمان‌های مختلف را برای نزدیک‌تر کردن ابعاد محاسباتی به ابعاد استاندارد بدنه تابلو دیواری بررسی نمایید.

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.

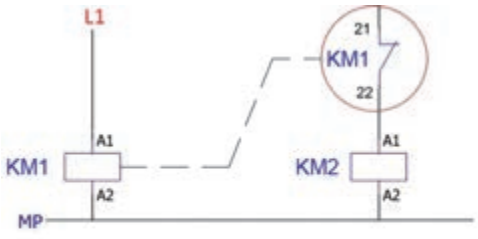
نکته اصلی در این روش این است که تیغه بسته یک کنتاکتور با بوبین کنتاکتور دیگر سری می‌شود (شکل۳۴).



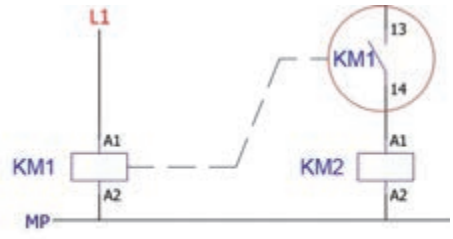
شکل ۳۴ـ مدار یکی به جای دیگری

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



مدار یکی به جای دیگری

شکل ۳۵ـ الف) مدار یکی پس از 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

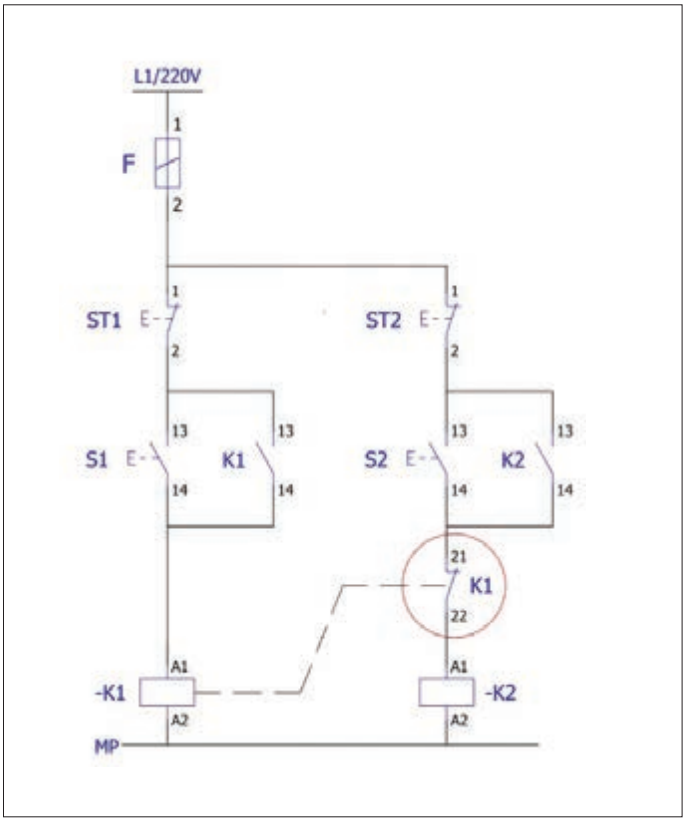
جانمایی قطعات وبرآورد ابعاد تابلو

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).

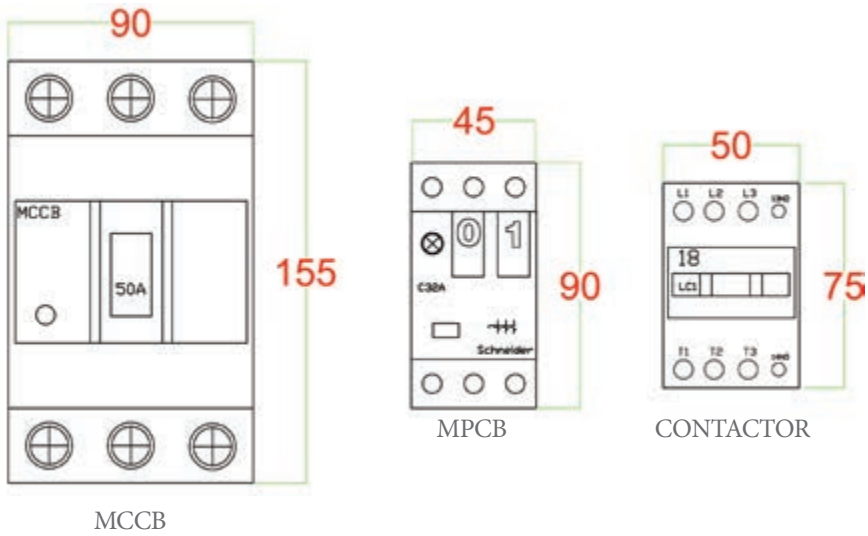
همان‌طور که در مدار فرمان مشاهده می‌کنید، کنتاکت بستهٔ K۱ با بوبین کنتاکتور K۲ سری شده است بنابراین هیچ گاه همزمان نمی‌توانند روشن بمانند (شکل۳۶). چون موتورها تک فاز هستند در این مثال از کنترل فاز استفاده نشده است.

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.

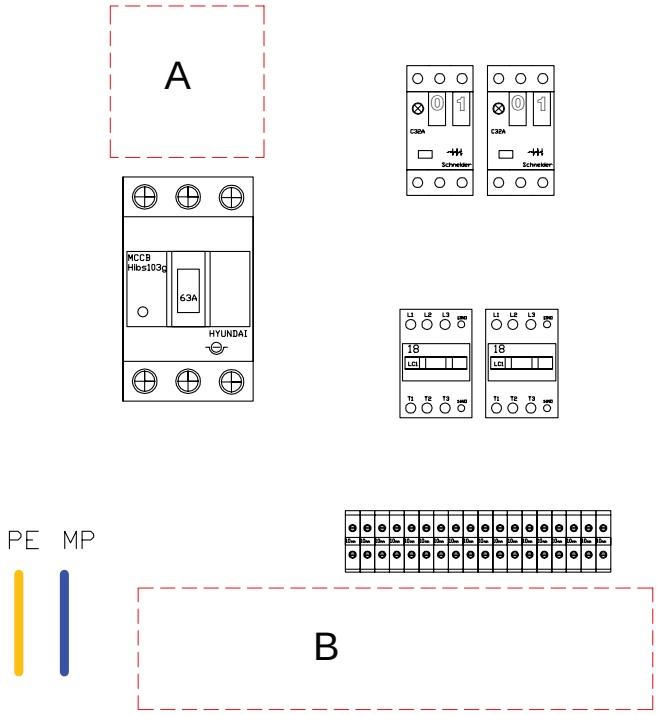
جدول ۱۳ـ ابعاد قطعات تابلو

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.

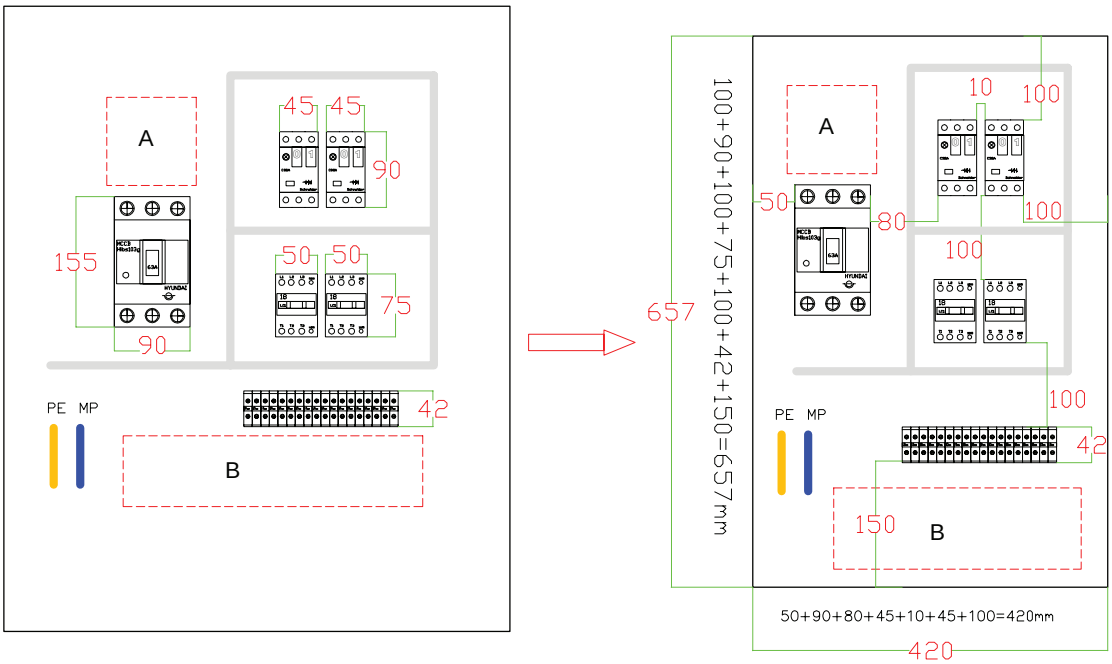
پس از وارد کردن ابعاد واقعی کلیه قطعات، در مستطیل فرضی، ابعاد فضاهای خالی (فضای داکت، فاصله هوایی و کناری قطعات) را با توجه به شکل ۳۹ تکمیل کنید تا مستطیل فرضی تبدیل به ابعاد واقعی سینی مونتاژ شود.

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).

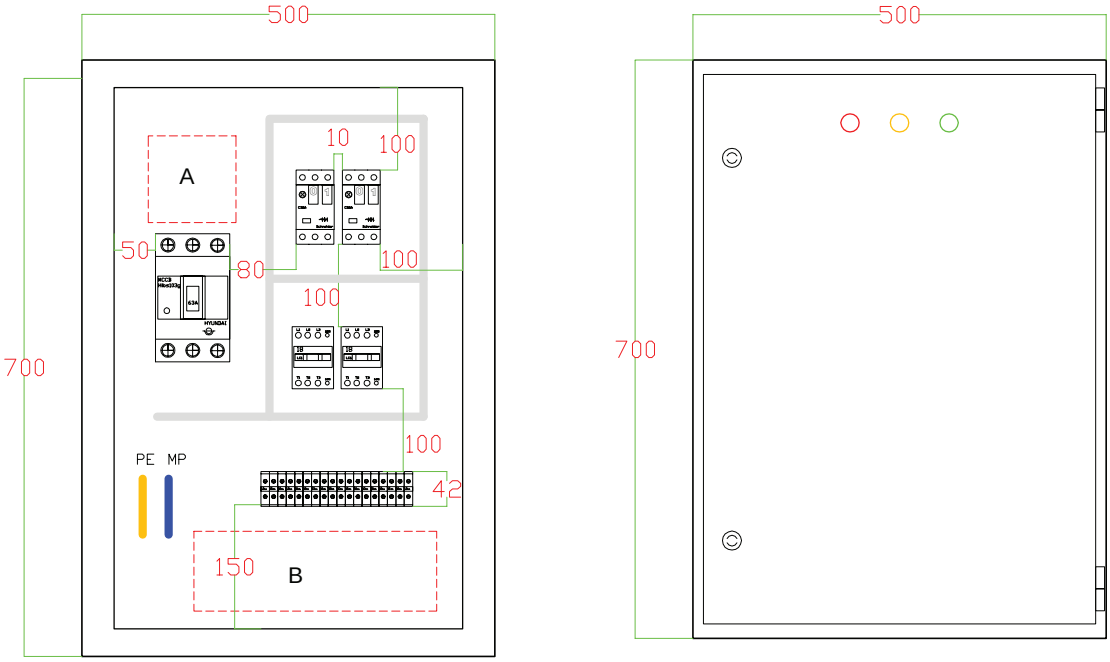
در نهایت از هر طرف سینی مونتاژ ۸۰ میلی‌متر اضافه کنید تا ابعاد کلی تابلو برق محاسبه گردد و نزدیک‌ترین ابعاد به ابعاد استاندارد دیواری را بررسی و انتخاب نمایید.



شکل ۴۰ـ محاسبه ابعاد

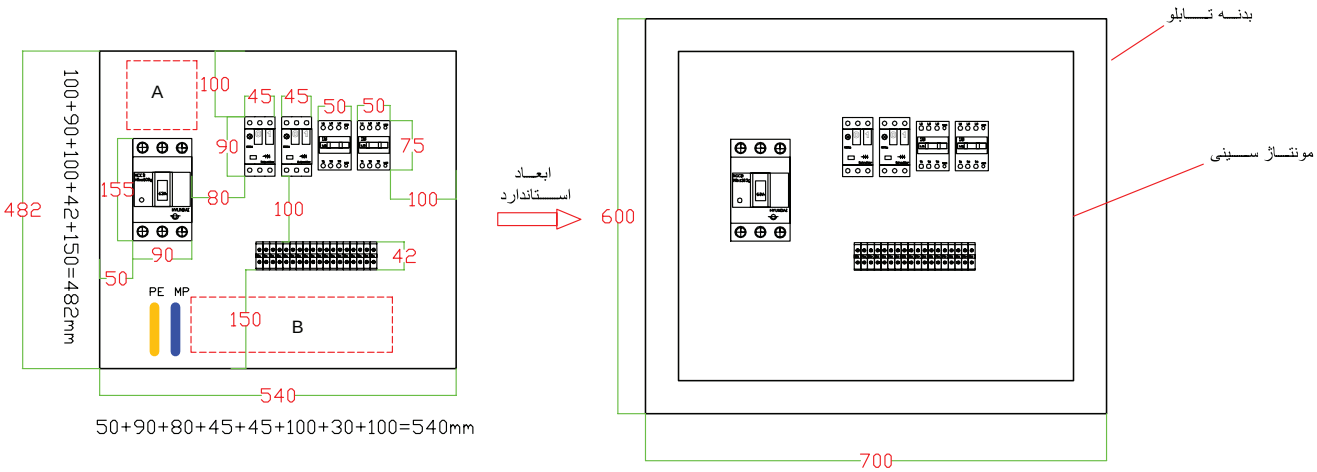
ابعاد محاسباتی: ۷۳۷=۸۰+۶۵۷و ۵۰۰=۸۰+۴۲۰ میلی‌متر. ابعاد استاندارد: ۵۰۰×۷۰۰ میلی‌متر(شکل ۴۱).

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: ۴۸۲+۸۰=۵۶۲mm و عرض تابلو: ۵۴۰+۸۰=۶۲۰mm 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.

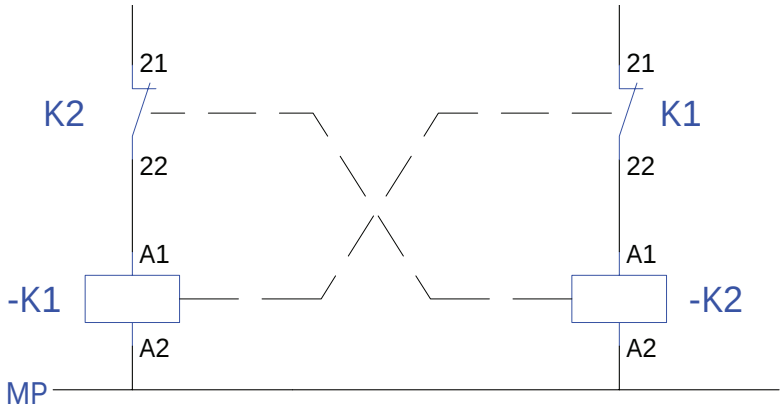
۲ـ ابعاد قطعات را اضافه کنید و فضاهای خالی برای باسبار و فضای خالی ترمینال نیز در نظر بگیرید. و در نهایت کلیه فاصله‌ها را باهم جمع کنید تا ابعاد تابلو محاسبه و استاندارد شود.

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.



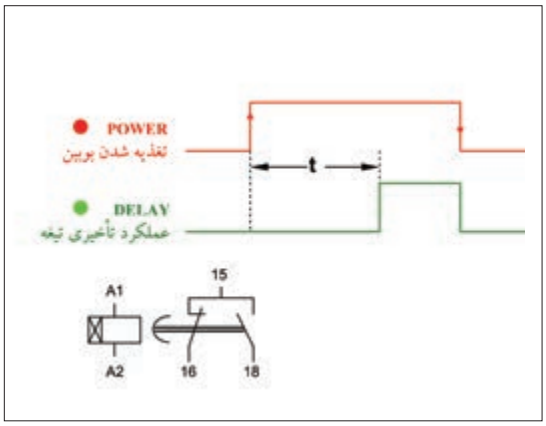
شکل ۴۳ـ مدار یکی به جای دیگری نوع دیگر

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).

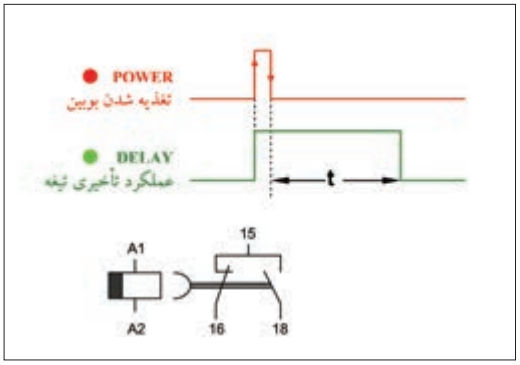
شکل ۴۴ـ رله زمانی



شکل ۴۵ـ شمای حقیقی رله تأخیر در وصل

● **تایمر تأخیر در وصل:** تایمر تأخیر در وصل[1] با لبه بالا رونده، برق تغذیه بوبین، زمان سنجی t را آغاز می‌کند (مشخصه زمانی[2]) 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[3] 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 ۴۶ـ شمای حقیقی رله تأخیر در قطع

تقریباً تمامی رله‌ها از جمله رله زمانی دارای کنتاکت تبدیلی SPDT[4] (یک پل، دوراهه) می‌باشند که این مسئله را باید در طراحی مدارات فرمان در نظر گرفت. همه تایمرها از دو چراغ قرمز و سبز برای کار استفاده نمی‌کنند بلکه در بعضی از آنها یک چراغ قرمز به‌کار رفته است که در زمان‌سنجی چشمک می‌زند و در حالت عملکرد تیغه دایم روشن است.

۱ ـ On Delay

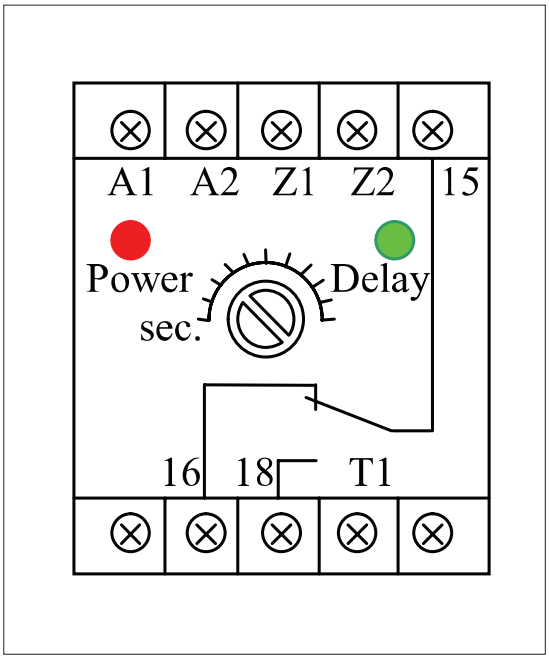
۲ ـ Time Characteristic

۳ ـ Off Delay

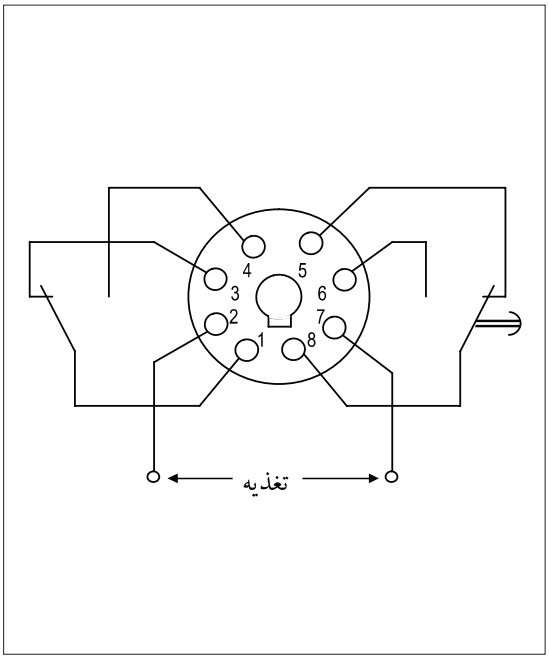
۴ ـ Single Pole Double Throw

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 ۴۷ـ شناسایی پایه‌های تایمر معمولی



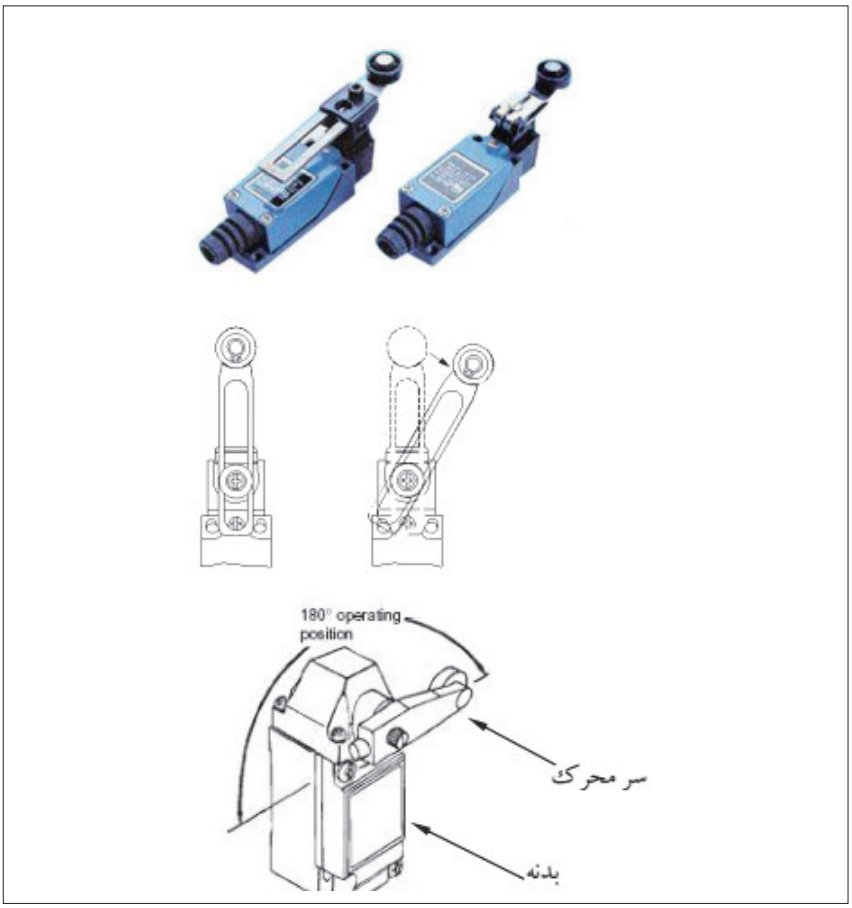
شکل ۴۸ـ شناسایی پایه‌های تایمر سوکتی

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

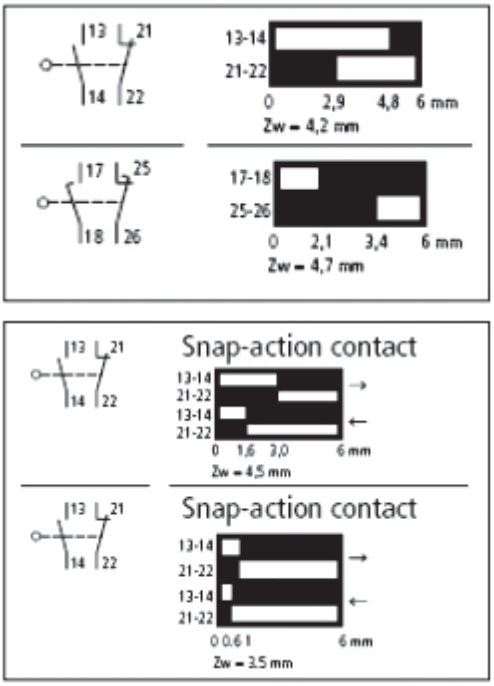
انواع بدنه : بدنه میکروسوئیچ‌ها را می‌توان با توجه به نوع کنتاکت آنها تقسیم‌بندی کرد و مطابق شکل ۵۰ نشان داد.

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 تأخیری: 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 ۵۰ــ انواع 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
$$\begin{cases} L1 \rightarrow U1 \\ L2 \rightarrow V1 \\ L3 \rightarrow W1 \end{cases}$$

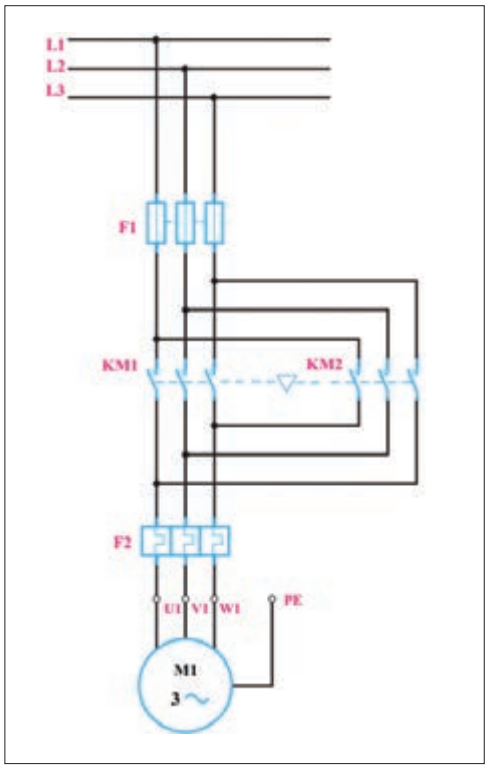
حالت چپ‌گرد موتور
$$\begin{cases} L1 \rightarrow W1 \\ L2 \rightarrow V1 \\ L3 \rightarrow U1 \end{cases}$$

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.



شکل ۵۱ـ مدار قدرت چپ‌گرد ـ راست‌گرد

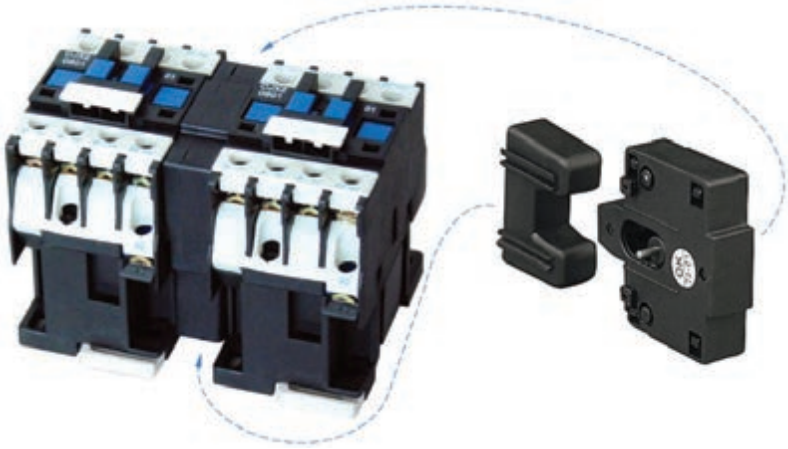
ایمنی

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

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):

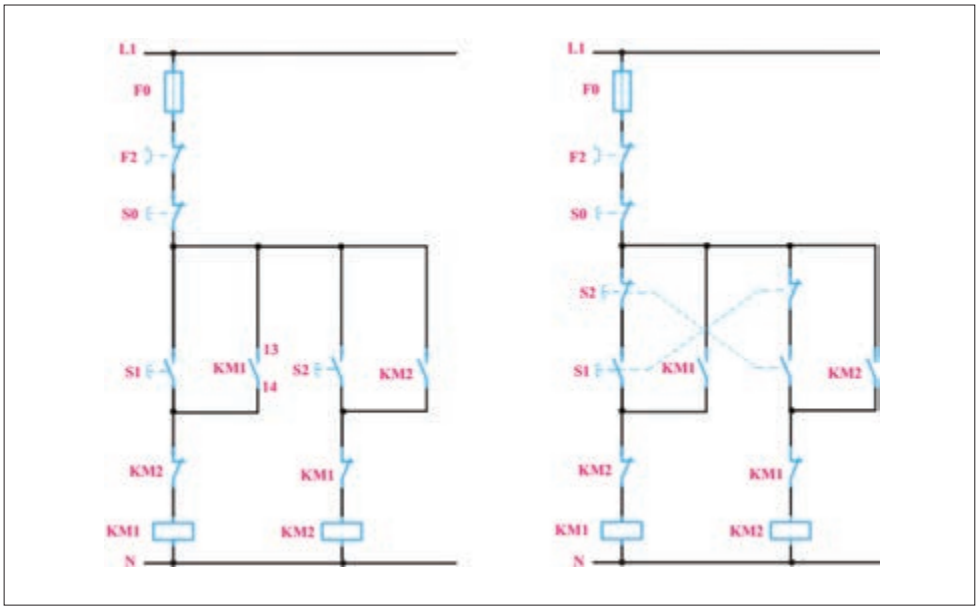
در یک مدار کنتاکتوری برقدار و دارای خود نگهدار، فشردن حامل کنتاکت‌های متحرک در قسمت بالایی بدنه کنتاکتور، باعث فشردن فنر کنتاکتور فشرده شده و به عبارتی جذب کنتاکتور رخ می‌دهد. این کار مکانیکی که مانند فشردن شستی‌ها است. در مداری مانند چپ‌گرد راست‌گرد با وجود تمام جنبه‌های حفاظت الکتریکی، اگر کسی همزمان 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.

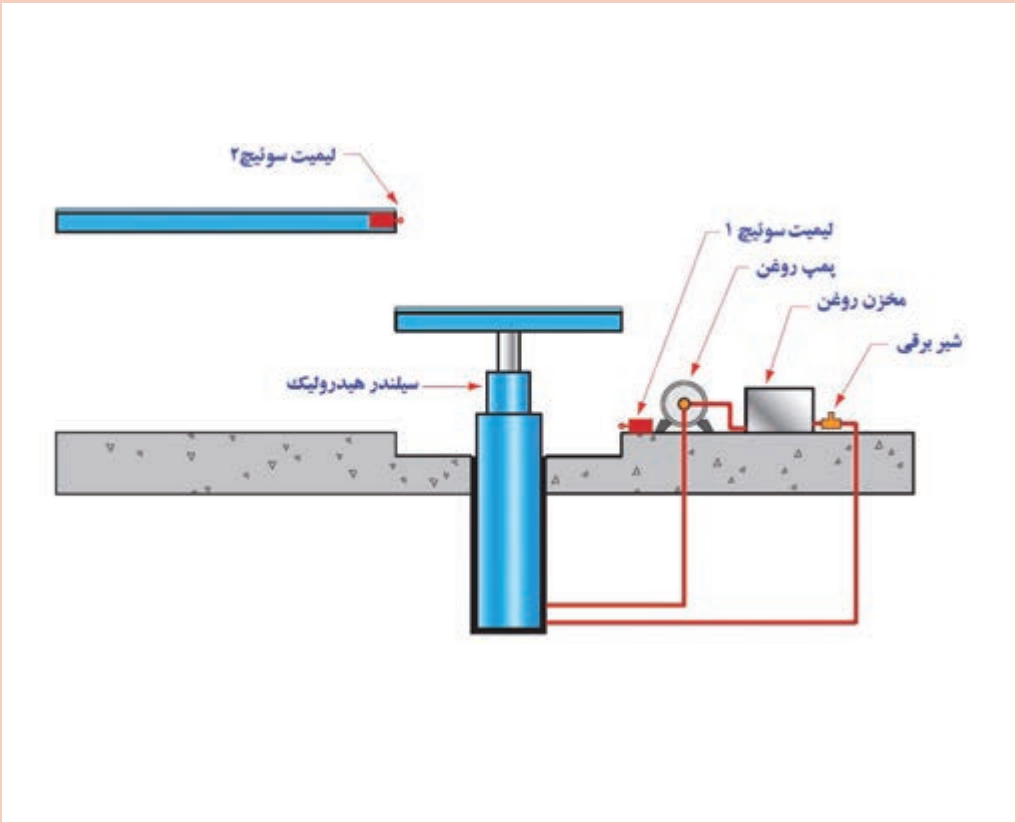


شکل ۵۳ـ اتصال شستی معمولی و دوبل

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.



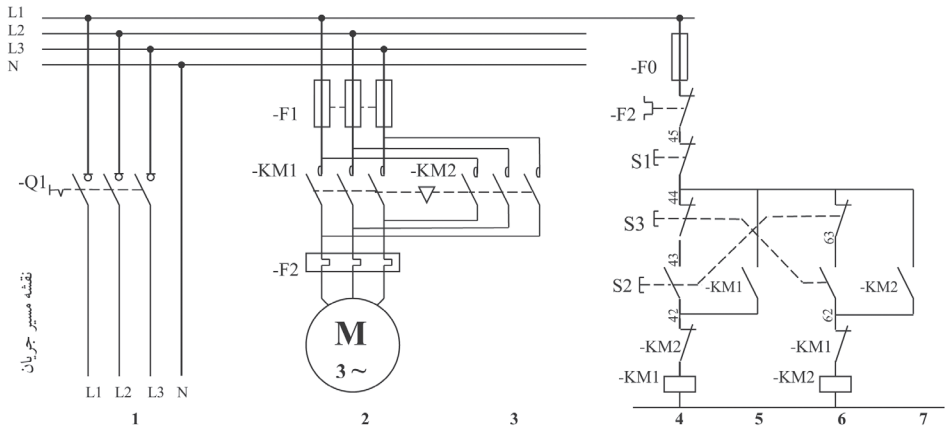
شکل ۵۴

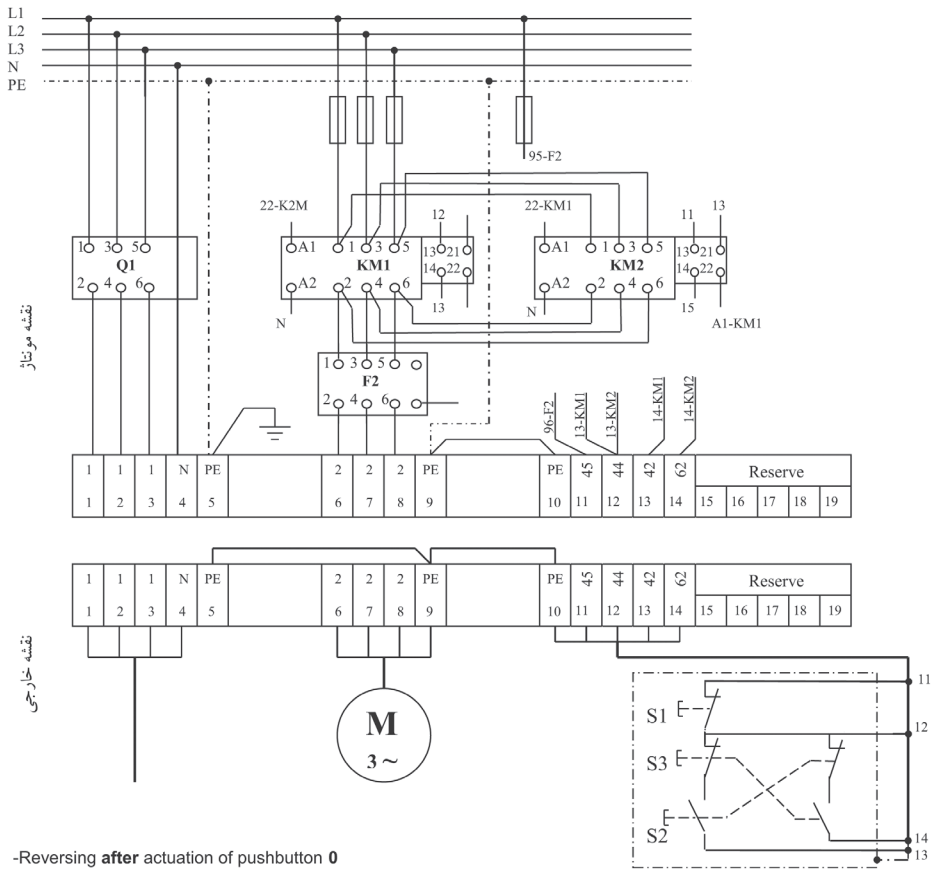
فعالیت عملی

ـ مدار چپ‌گرد ـ راست‌گرد با حفاظت کامل

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

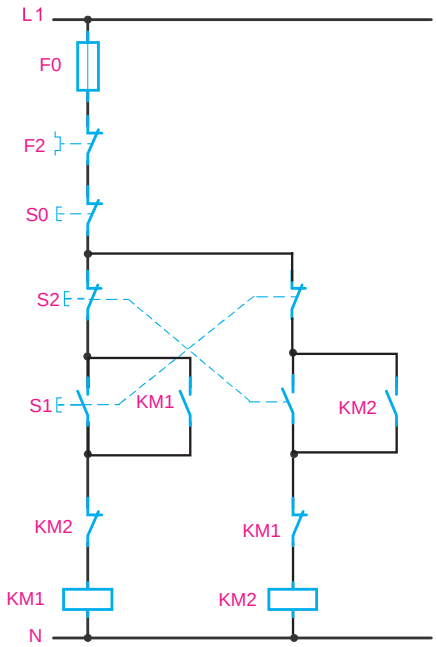
۲ـ طرز کار مدار را تشریح کنید و در گزارش کار بنویسید.





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

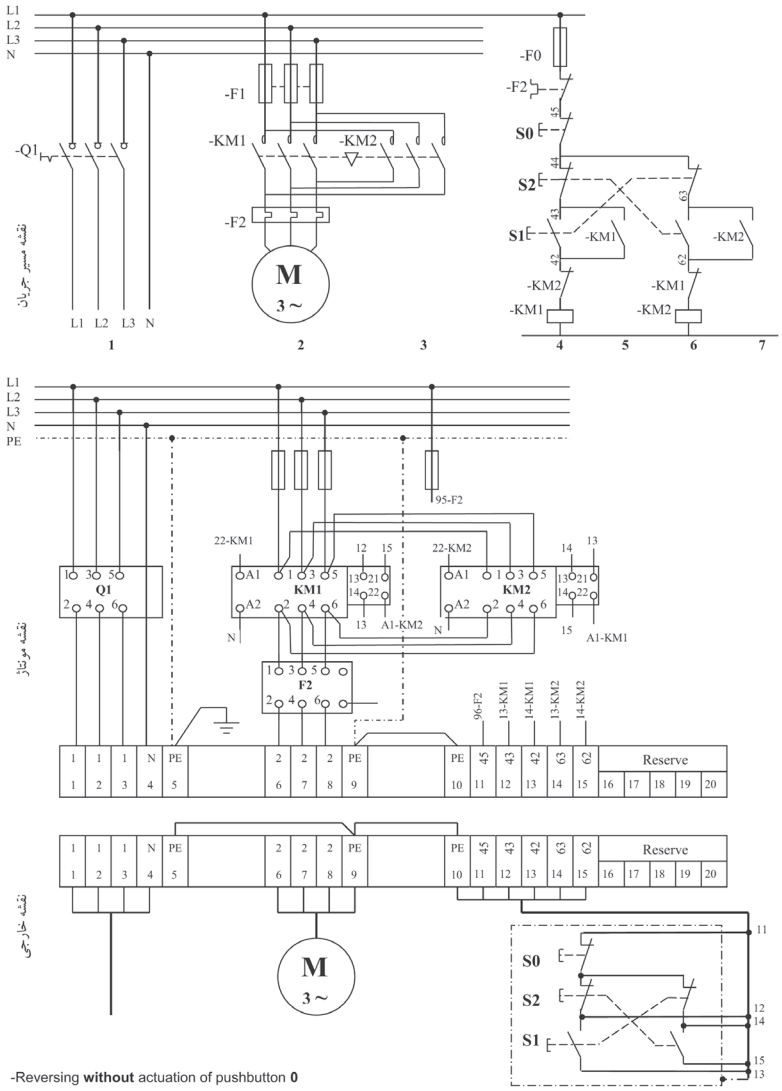
۱ـ در راه‌اندازی یک موتور الکتریکی لازم است که با فشار به شستی S1 موتور راست گرد، و بدون خاموش کردن مدار، با فشار به شستی S2 موتور چپ‌گرد شود. چنانچه مجدداً شستی S1 فشار داده شود و موتور به وضعیت راست‌گرد باز نگردد، مدار فرمان چپ گرد ـ راست گرد شکل ۵۵ چه تغییری می‌کند؟

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 عمومی تابلوهای 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 را نیز مشخص نمایید (شکل۵۸).

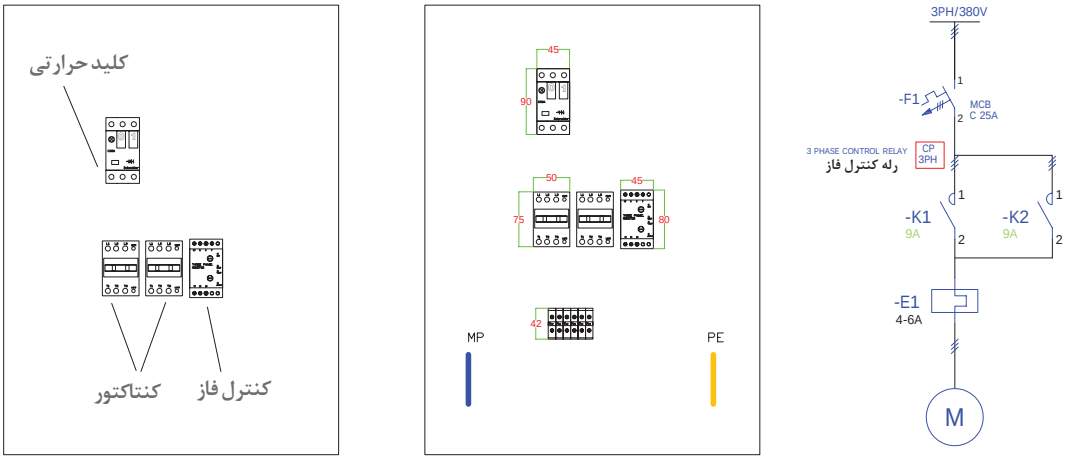
جدول۱۴ـ تجهیزات مورد نیاز

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

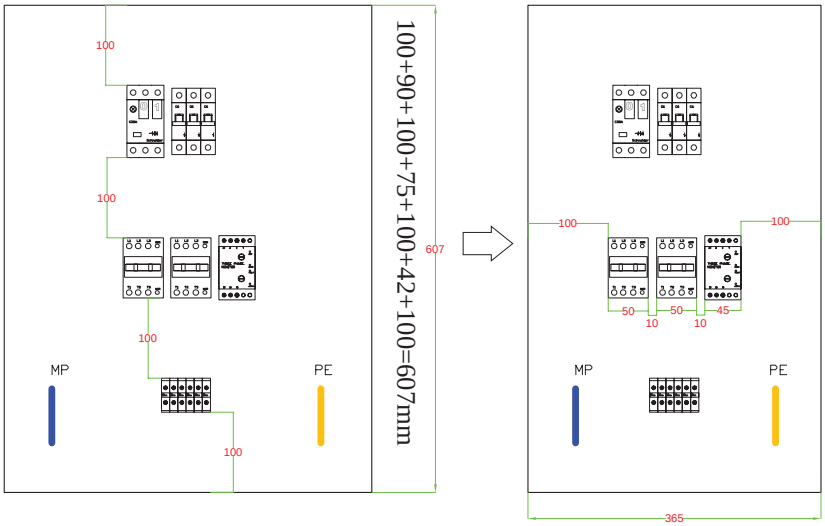
نام قطعه	طول (میلی متر)	عرض (میلی متر)	ابعاد قطعات موجود در انبار کارگاه هنرستان	
			طول (میلی متر)	عرض (میلی متر)
کلید محافظ موتور ۱۷ـ۲۵A	۹۰	۴۵		
کنتاکتور۹A	۷۵	۵۰		
کنترل فاز تیپ بزرگ	۸۰	۴۵		

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

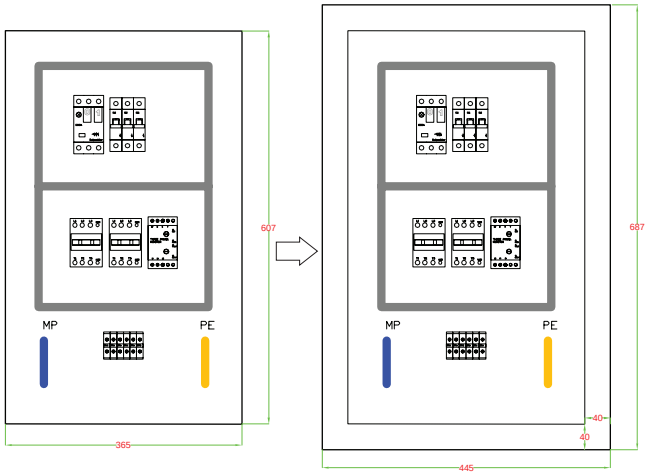
ـ برای اندازه‌گیری قبل از جانمایی ابتدا فاصله‌ها را از بالا به پایین تابلو روی صفحه نصب یا مقوا اعمال کنید. طبق شکل طول سینی مونتاژ ۶۰۷ میلی‌متر خواهد بود (شکل۵۹).



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 (شکل ۶۰).



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 باعث بهتر شدن چیدمان شود.
البته در ادامه، این مورد لحاظ نشده و کار 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 ۱۰ثانیه 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

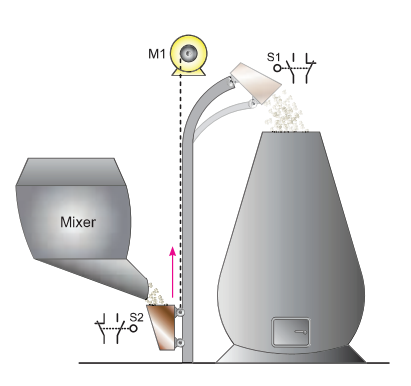
راه‌اندازی چپ‌گرد راست‌گرد با توقف زمانی

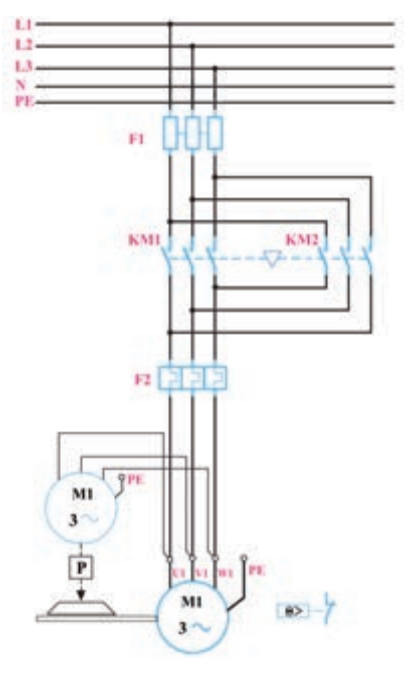
الف) مدار یک طرفه:

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.



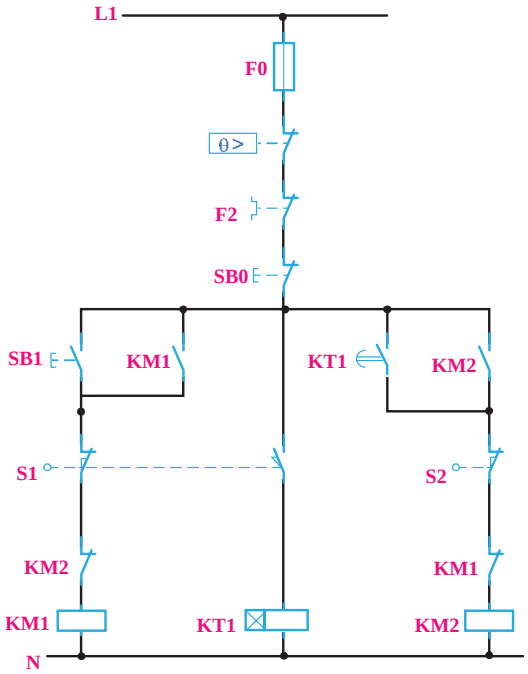


شکل ۶۱- مدار کوره و مدار قدرت آن

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.

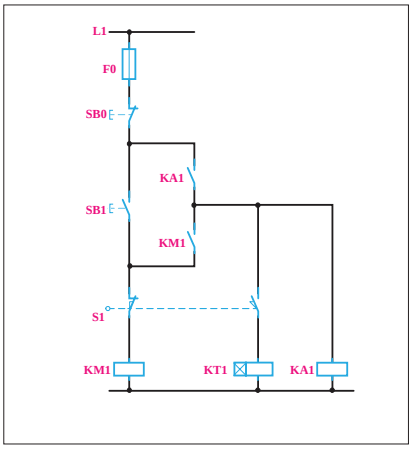
پس از قطع کنتاکتور KM1 و توقف مخزن، باید تایمر KT1 به کار بیفتد و پس از ۳۰ ثانیه، کنتاکتور KM2 را وصل کند. در این مرحله ساده‌ترین راه این است که لیمیت سوئیچ،S1 علاوه‌بر قطع کنتاکتور،KM1 تایمر KT1 را نیز به‌کار اندازد. به این منظور از یک لیمیت سوئیچ دوبل، استفاده کنید تا هم زمان با قطع کنتاکتور KM1 مدار 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.

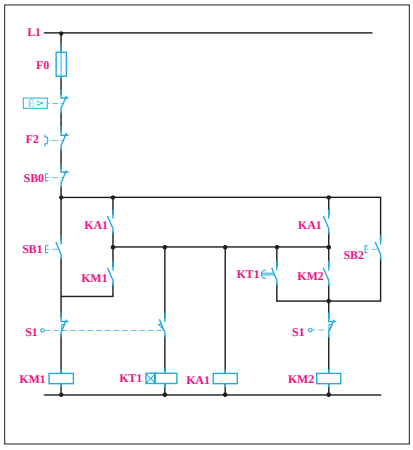
برای نمونه، در کار عملی ذکر شده اگر لازم باشد مخزن در بالای کوره و در محل تخلیه برای مدت طولانی نگاه داشته شود، امکان نخواهد داشت، زیرا با فشار دادن به شستی قطع، مدار قطع خواهد شد. اما پس از اینکه فشار وارد بر این شستی برداشته شود، چون لیمیت سوئیچ S1 مدار تایمر KT1 را بسته است، دوباره تایمر KT1 و پس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

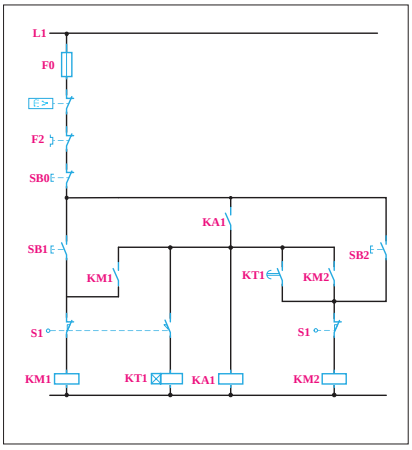
پس برای این منظور از کنتاکتور کمکی KA1 استفاده می کنیم در این تکنیک کنتاکتور KM1 ابتدا کنتاکتور KA1 را روشن می‌کند اما با فشار دادن لیمیت سوئیچ S1 کنتاکتور KM1 و تایمر KT1 با هم قطع و مسیر تغذیه آنها باز می‌گردد. در حالی که KA1 روشن مانده و برای ادامه فرایند مدار فرمان لازم خواهد بود و برای پایین آوردن 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



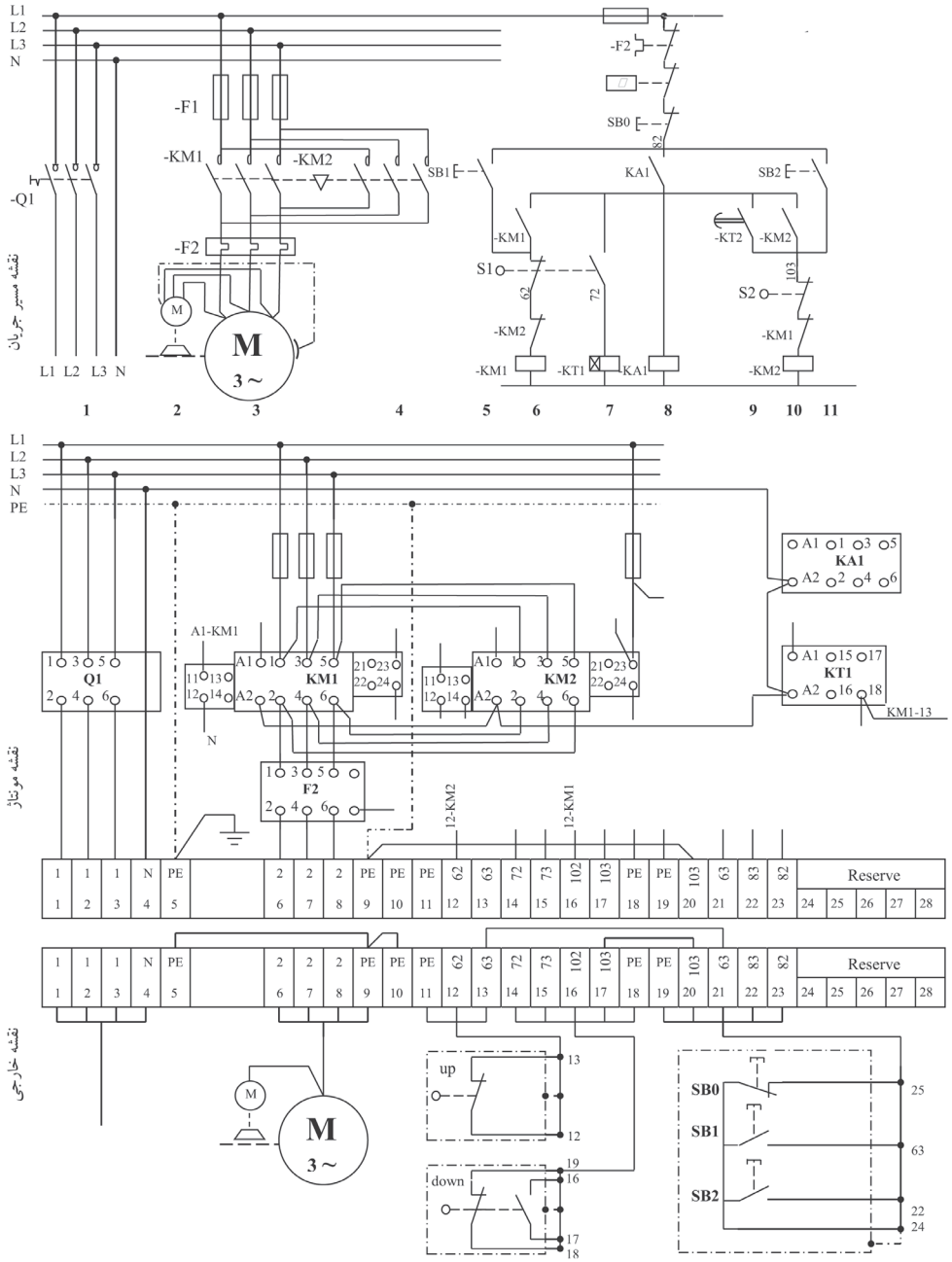
شکل ۶۴ ـ ب ـ مدار چپ گرد ـ راست گرد
توقف زمانی

فعالیت عملی

ـ مدار چپ‌گرد ـ راست‌گرد (نوع دیگر)

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

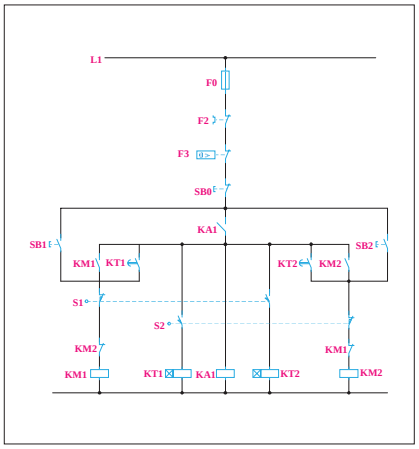
۲ـ طرز کار مدار را تشریح کنید و در گزارش کار بنویسید.



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 ۶۶ـ 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.

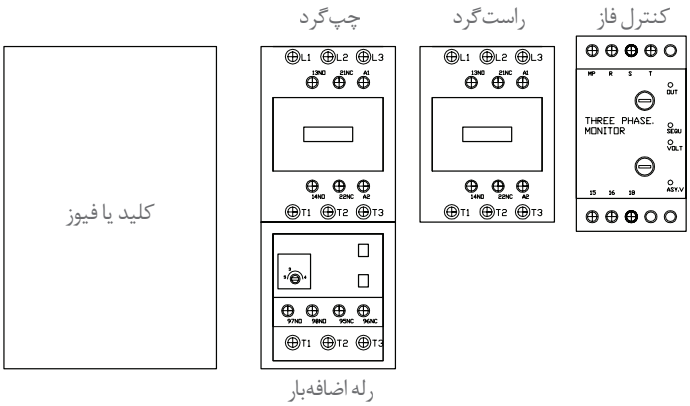
فعالیت

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 ۶۷ـ 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 ۴۰A_۳۰	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

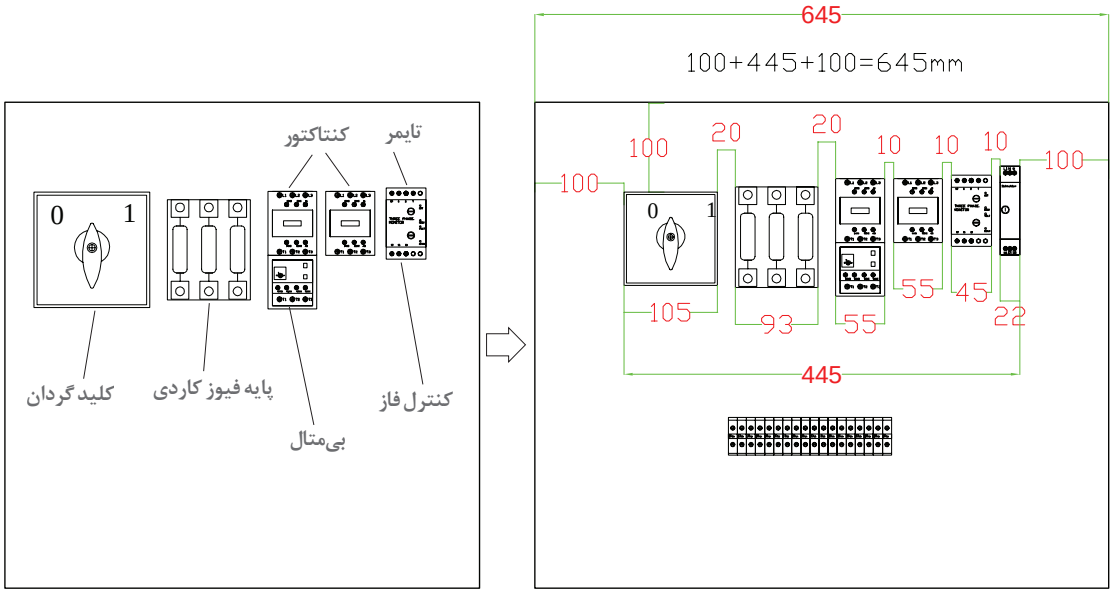
مجموعه کلید و فیوز را در یک ردیف و کنتاکتورها و کنترل فاز و تایمر را در ردیف پایین قرار دهید. به‌این صورت هرردیف از یکدیگر تفکیک می‌شود و قطعات نیز با هم هماهنگی خواهند داشت (شکل۶۹).

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).

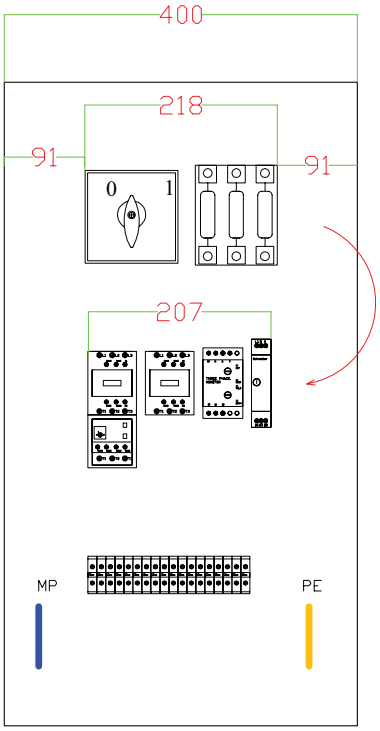
توجه داشته باشید که هر قطعه‌ای که به عنوان «کلید فیوز» در بازار عرضه می‌شود، الزاماً قابل قطع زیر بار نمی‌باشد بلکه اصطلاحاً «جداکننده» هستند.یعنی فقط در هنگامی که موتور زیر بار نباشد، قابل باز و بسته شدن می‌باشد و برای تعویض فیوزها درنظر گرفته شده است و به هیچ عنوان این نوع کلیدها نباید به عنوان قطع یا وصل‌کننده مدار استفاده شود (شکل۷۱).



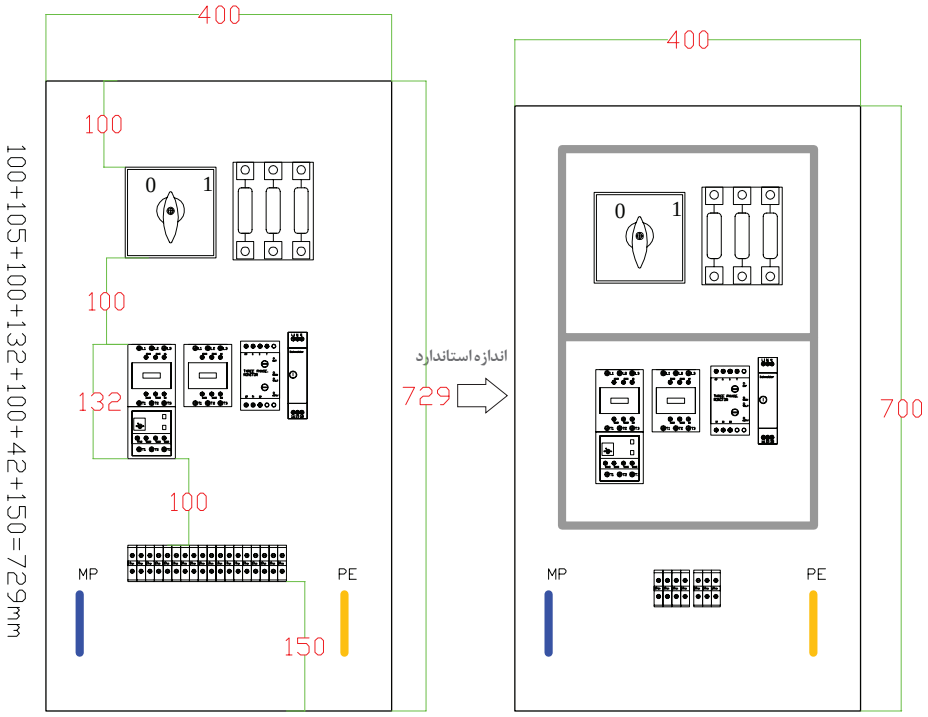
شکل ۶۸ـ محاسبه ابعاد قطعات

تذکر

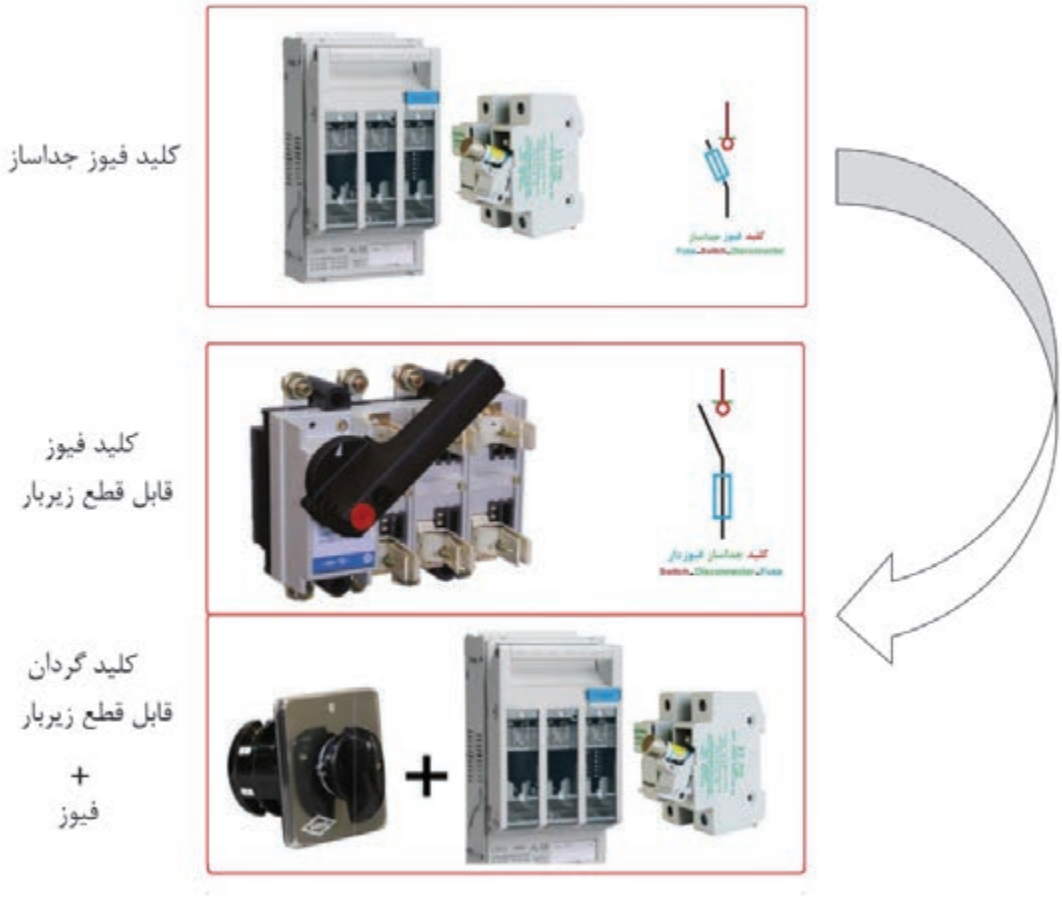
در راه‌اندازی موتورهای الکتریکی، فیوزهای ذوب شونده همیشه باید با یک کلید قابل قطع زیر بار همراه باشند. به‌این معنا که ابتدا کلیدگردان، برای قطع و وصل مدار و فیوز تیغه‌ای برای حفاظت جریان مغناطیسی در مدار تعبیه می‌شود.



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

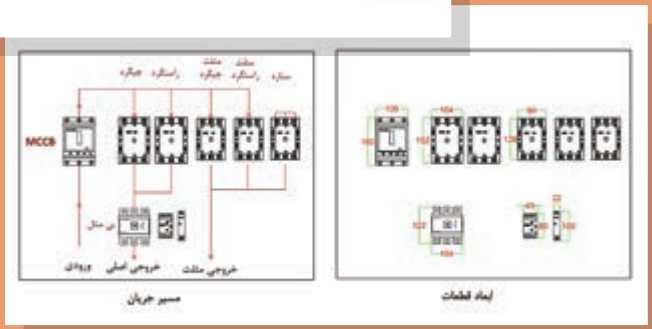
معیار شایستگی:

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.

پودمان سوم

تابلو برق دستگاه‌های صنعتی



واحد یادگیری ۳

آیا می‌دانید

- انواع تابلوهای راه‌اندازی ستاره ـ مثلث موتورهای الکتریکی کدام‌اند؟
- تابلو برق مدارهای راه‌اندازی موتورهای الکتریکی به صورت ستاره ـ مثلث چه تفاوتی با تابلوهای قبل دارد؟
- مدارهای فرمان تابلو راه‌اندازی حالت ستاره مثلث معمولی ودوسیمه چه تفاوتی دارد؟
- تابلو برق راه‌اندازی ستاره ـ مثلث چپ‌گرد ـ راست‌گرد قدرت مستقل و قدرت مشترک چه تفاوتی با یکدیگردارد؟
- مدار فرمان تابلوهای برق راه‌انداز دائم، یکی پس از دیگری و چپ‌گرد ـ راست‌گرد موتورهای الکتریکی چه تفاوت‌هایی با یکدیگر دارد؟
- چیدمان طولی و عرضی قطعات الکتریکی در تابلوهای برق صنعتی چه تفاوتی دارد؟

استاندارد عملکرد

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

مقدمه

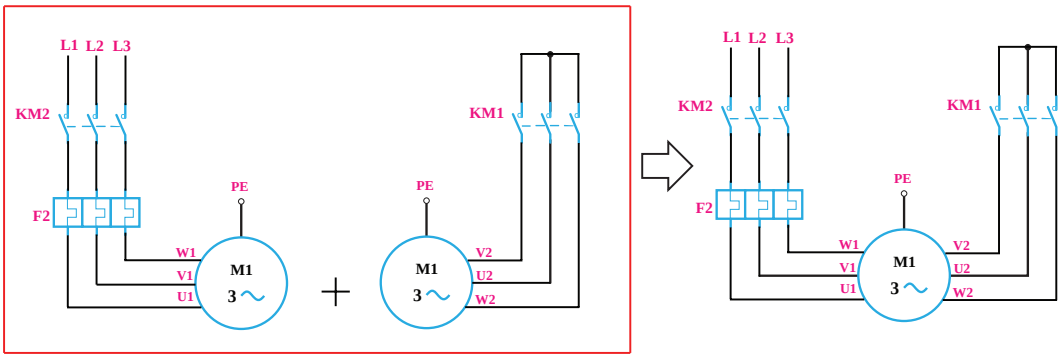
موتورهای الکتریکی هنگام راه‌اندازی جریان زیادی از شبکه برق دریافت می‌کنند. جریان راه‌اندازی موتورهای الکتریکی چندین برابر جریان نامی آنها است. برای کاهش جریان راه‌اندازی در موتورهای الکتریکی سه فاز که اتصال آنها مثلث است از مدار ستاره ـ مثلث استفاده می‌شود.

موتورالکتریکی با اتصال ستاره (Y) شروع به‌کار می‌کند و پس از سپری شدن زمان لازم و کاهش جریان راه‌اندازی، با اتصال مثلث به کار خود ادامه می‌دهد. مدارهای ستاره ـ مثلث شامل انواع راه‌انداز معمولی، خودکار، دوسیمه و با تایمر دسته‌بندی می‌شود.

مدار راه‌اندازی ستاره ـ مثلث معمولی

در موتورخانه یک ساختمان برای به گردش در آوردن آب در لوله‌ها ممکن است از یک موتور الکتریکی سه فاز آسنکرون ۴۰۰VΔ و ۵kW استفاده می‌شود. جهت کاهش جریان راه‌اندازی موتور الکتریکی سه فاز از مدار ستاره ـ مثلث استفاده شده است. مدار فرمان و قدرت را طوری طراحی کنید که موتور الکتریکی سه فاز ابتدا با اتصال ستاره (⅄) راه‌اندازی شود و پس از زمان مناسب با اتصال مثلث به کار خود ادامه دهد.

الف) مدار قدرت: برای ایجاد اتصال ستاره در موتور الکتریکی از کنتاکتور KM1 استفاده می‌شود. کنتاکتور KM1 با وصل کردن سه سر W2,U2,V2 به هم اتصال ستاره را ایجاد می‌نماید (شکل ۱ـ الف).



ب) اتصال KM2 — الف) اتصال KM1 — ج) مدار قدرت ستاره

شکل۱

کنتاکتور KM2 برق سه فاز را به سر کلاف‌های موتور می‌رساند (شکل ۱ـ ب).

L1 → U1

L2 → V1

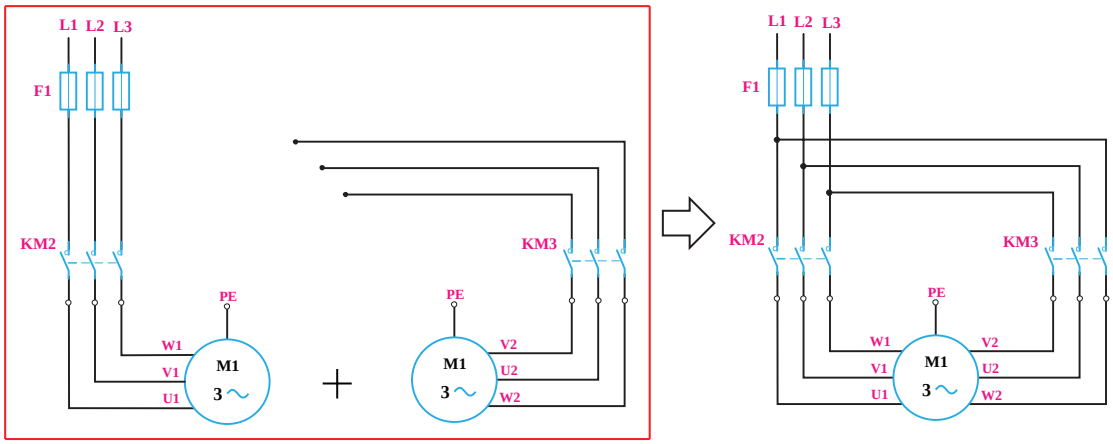
L3 → W1

با جذب کنتاکتورهای KM2 ،KM1 اتصال الکتریکی موتور به صورت ستاره انجام می‌شود (شکل۲):

L1 → U1

L2 → V1

L3 → W1



الف) اتصال KM2 ب) اتصال KM3 ج) مدار قدرت مثلث

شکل ۲ـ مدار قدرت اتصال مثلث

برای اتصال مثلث از کنتاکتور KM3 استفاده می‌شود. با جذب کنتاکتور KM3 اتصال الکتریکی سه فاز به انتهای کلاف‌ها طوری برقرار می‌شود که اتصال مثلث ایجاد شود (شکل ۲):

L1 → W2

L2 → U2

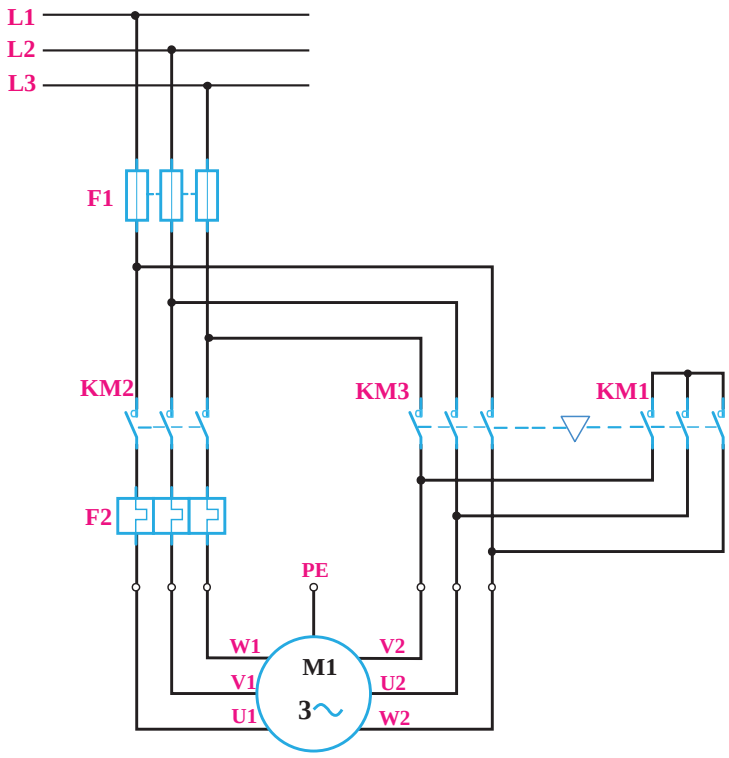
L3 → V2

مدار قدرت اتصال ستاره ـ مثلث طبق شکل۳ می‌باشد:

کنتاکتور KM2 در هر دو حالت ستاره و مثلث کار یکسانی انجام می‌دهد و با توجه به مدار قدرت شکل۳ در حالت ستاره به همراه KM1 و در حالت مثلث به همراه KM2 فعال می‌باشد.

KM3,KM1 برای یک لحظه کوتاه نیز نباید با هم فعال شوند زیرا اتصال کوتاه بین فازها ایجاد می‌شود لذا لازم است بین KM3,KM1 در نقشه اینترلاک مکانیکی نشان داده شود.

انتخاب قطعات: از فیوز F1 برای حفاظت موتور الکتریکی در مقابل اتصال کوتاه و از بی‌متال F2 برای حفاظت در برابر اضافه بار استفاده شده است. رله اضافه بار F2 در مسیر جریان فازی موتور الکتریکی قرار گرفته است پس مقدار آن روی ۰/۵۸ برابر جریان نامی موتور تنظیم می شود. کنتاکتورهای KM2 و KM3 نیز در مسیر فازی هستند انتخاب اندازه این کنتاکتورها باز ۰/۵۸ جریان نامی موتور خواهد بود و اما کنتاکتور KM1 اندازه



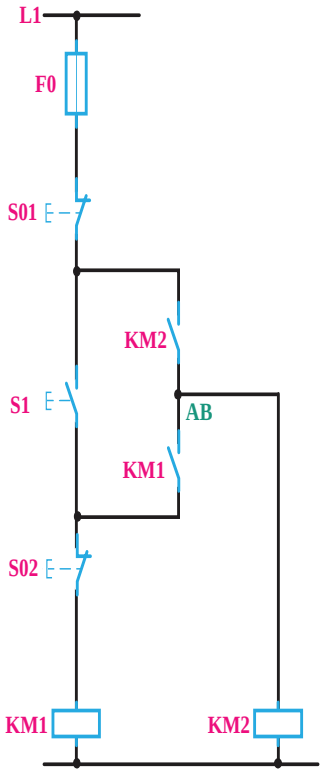
شکل ۳ـ مدار قدرت اتصال ستاره ـ مثلث

این کنتاکتور کوچک بوده و فقط یک سوم یعنی ۰/۳۳جریان نامی موتور حین کار از آن خواهد گذشت پس اندازه این کنتاکتور نیز مشخص است.

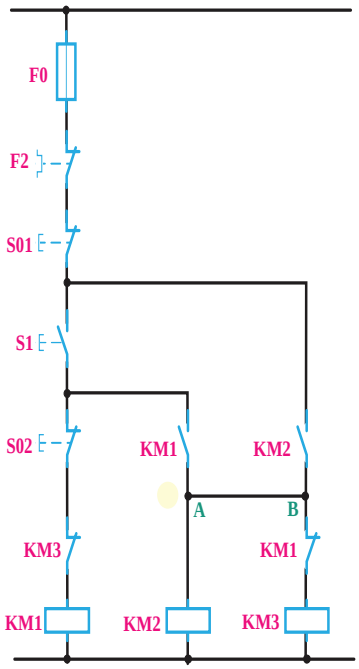
ب) مدار فرمان: برای طراحی، ابتدا به نمودار زمانی عملکرد مدار فرمان توجه کنید.

در اینجا می‌بینیم که ابتدا کنتاکتور ستاره وارد مدار شده و به دنبال این کنتاکتور ، کنتاکتورKM2 برق‌رسان به موتور هم وارد مدار می‌شود، چرا؟چون اندازه کنتاکتورستاره کوچک بوده و جرقه حاصل از راه اندازی روی کنتاکت های آن نیفتد. نکته در اینجاست مطابق نمودار زمانی در حالت مثلث(KM2+KM3) کنتاکتور KM2 نیز باید در مدار باشد، از این رو تکنیک آخرین کار عملی پودمان قبل یعنی راه‌اندازی کوره می‌تواند به ما کمک کند پس طرح اولیه یعنی مدار حالت ستاره (KM2+KM1) به‌صورت شکل ۴ خواهد بود در ادامه کنتاکتور KM1 باید از مدار قطع شود و کنتاکتور KM2 در مدار باقی بماند، برای این منظور از شستی S۰ استفاده می شود اما برای حالت مثلث(KM2+KM3)، کنتاکتور KM3 را فقط موازی KM2 قرار داده و اینترلاک‌های الکتریکی را در مدار قرار می‌دهیم و بدین ترتیب حالت مثلث در نمودار زمانی نیز محقق خواهد شد. و به مدار نهایی ستاره ـ مثلث در شکل سمت راست یعنی شکل ۵ خواهیم رسید.

با فشار شستی قطع S02 می‌توان اتصال ستاره موتور الکتریکی را قطع کرده و اتصال مثلث را برای آن برقرار کرد.



شکل ۴ـ طرح اولیه برای حالت ستاره

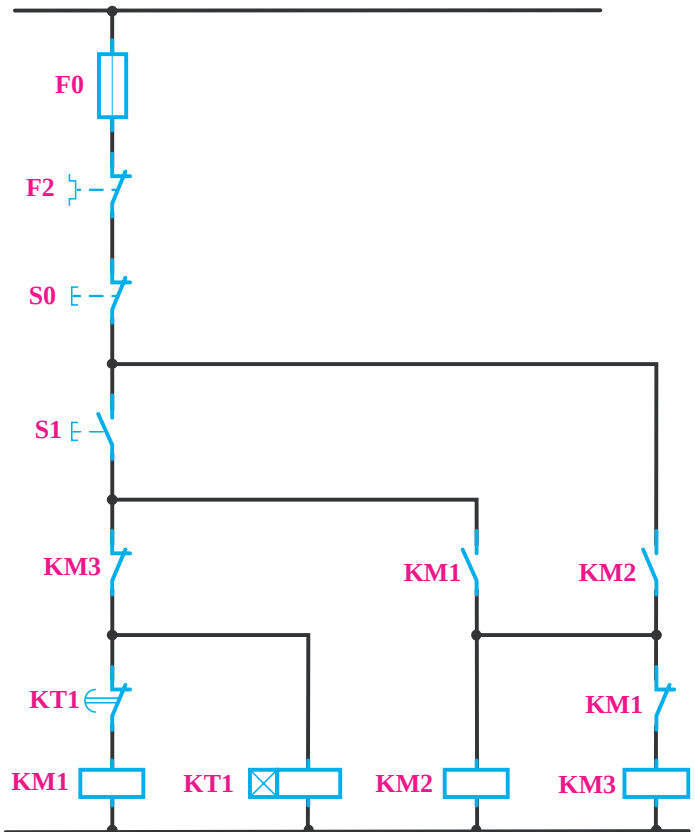


شکل ۵ـ مدار ستاره ـ مثلث

از شستی قطع S01 جهت قطع کلی مدار استفاده شده است و فیوز F0 نیز وظیفه حفاظت مدار فرمان در مقابل اتصال کوتاه را بر عهده دارد.

مدار راه‌اندازی ستاره ـ مثلث خودکار (اتوماتیک)

در مدار ستاره ـ مثلث خودکار به جای شستی قطع S02 از کنتاکت بسته تایمر استفاده می‌شود.تایمر KT1 لازم است با KM1 هم زمان کار کند و پس از قطع آن تایمر KT1 نیز از مدار خارج شود. به همین دلیل باید تایمر KT1 مانند شکل (۶) متصل شود. در صورتی‌که KM1 وصل شود تایمر KT1 نیز شروع به کار می‌کند و پس از طی شدن زمان تنظیم شده کنتاکت بسته تایمر در مسیر بوبین KM1 باز می‌شود و اتصال مدار به صورت مثلث در می‌آید و تایمر نیز از کار می‌افتد.



شکل۶ـ مدارفرمان ستاره ـ مثلث خودکار

فعالیت

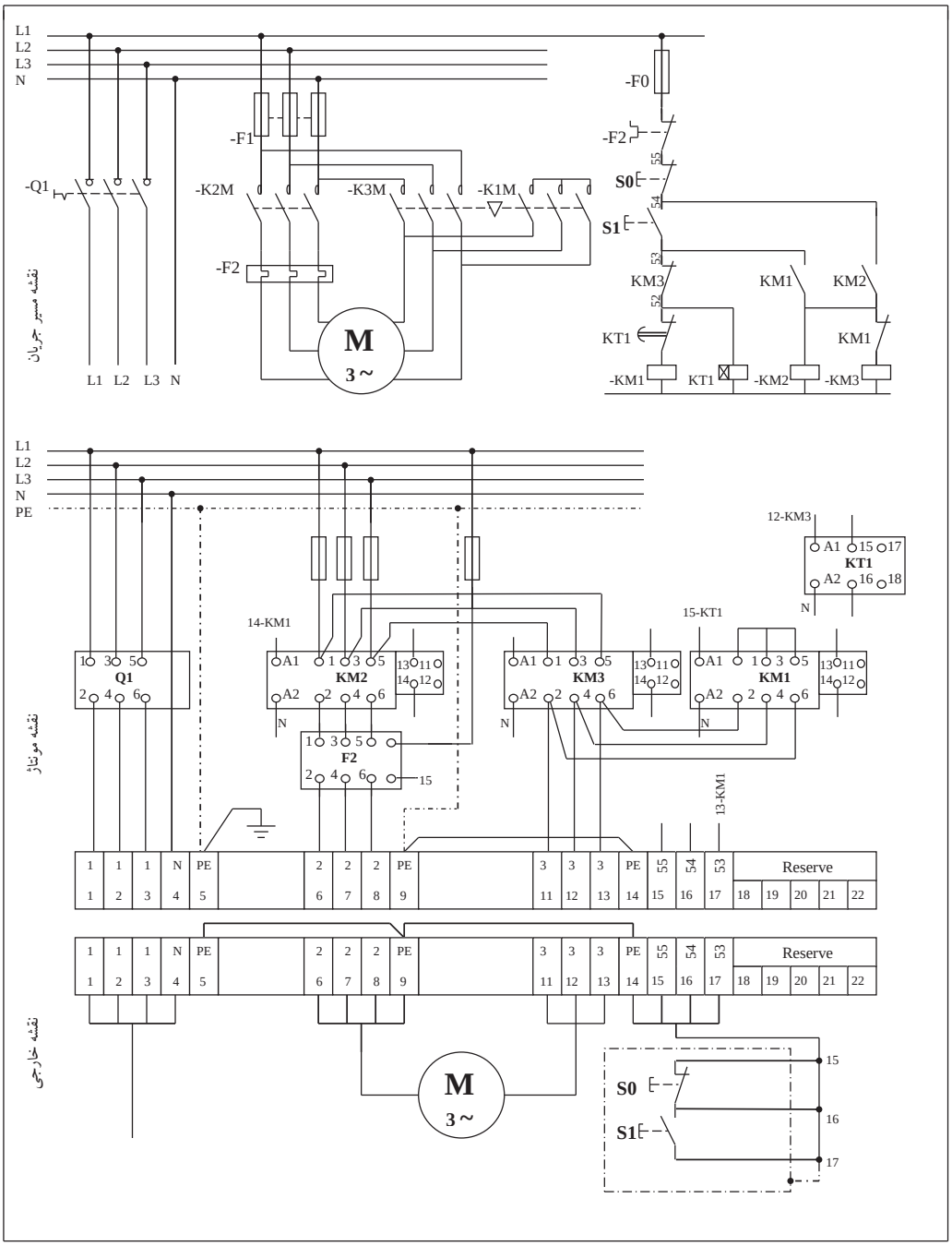
در صورتی‌که بوبین تایمر و KM1 موازی بسته شوند چه اتفاقی می‌افتد؟

فعالیت عملی

ـ راه‌اندازی ستاره ـ مثلث خودکار (اتوماتیک)

۱ـ مدار نقشه مونتاژ را تکمیل کنید.

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



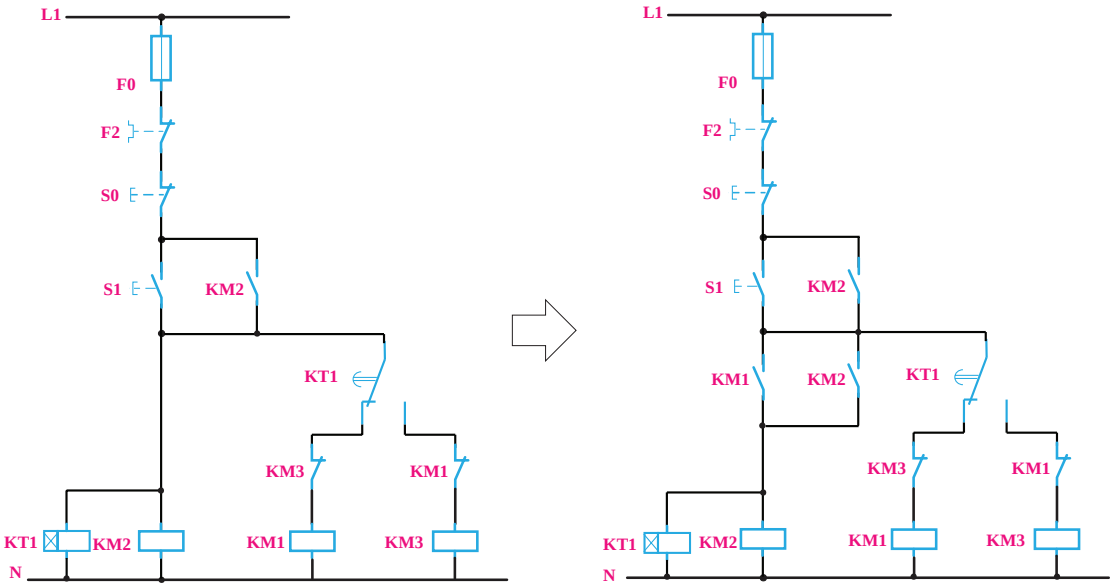
شکل ۷ـ نقشه مونتاژ و نقشه خارجی مدار ستاره مثلث خودکار

کار عملی ۱

مدار فرمان ستاره ـ مثلث دو سیمه

تأسیسات مکانیکی یک موتورخانه به یک تابلو برق نیاز دارد. در این تابلو یک موتورالکتریکی باید به‌صورت ستاره ـ مثلث راه‌اندازی شود. جانمایی و ابعاد تابلو را محاسبه نمایید.

مدار فرمان: طراحی مدار فرمان ستاره ـ مثلث دو سیمه از یک طرح اولیه استفاده می‌کند که در آن توالی وصل شدن کنتاکتورها رعایت نشده است. در ادامه کار این طرح اصلاح می‌شود. مطابق شکل ۸ ابتدا مداری برای کنتاکتور KM2 ترسیم شده که در ادامه با یک کنتاکت تایمر، کنتاکتور ستاره KM1 نیز وارد مدار می‌شود. با گذشت زمان کنتاکت تایمر تغییر حالت پیدا کرده و کنتاکتور KM3 بعد از خارج شدن کنتاکتور KM1 وارد مدار شده و موتورالکتریکی به حالت مثلث می‌رود. (شکل۸) برای اصلاح این مدار، تغییرات باید به نحوی باشد که اول کنتاکتور ستاره وارد مدار شود. برای این کار کنتاکت باز KM2 را در مسیر روشن شدن بوبین کنتاکتور KM2 قرار دهید در این صورت هر چند کنتاکتور KM1 ابتدا روشن خواهد شد اما KM2 دیگر روشن نخواهد شد. برای رفع این مشکل کنتاکت باز KM1 را نیز با کنتاکت باز KM2 موازی کنید تا به دنبال روشن شدن KM1 کنتاکتور KM2 نیز روشن شود نکته در اینجاست که این موازی بودن اجازه می‌دهد زمانی که کنتاکتور ستاره قطع شده و کنتاکتور مثلث وارد مدار می‌شود کنتاکتور KM2 همچنان در مدار بماند (شکل۹).



شکل۸ـ طرح اولیه ستاره ـ مثلث دو سیمه

شکل ۹ـ ستاره ـ مثلث دو سیمه

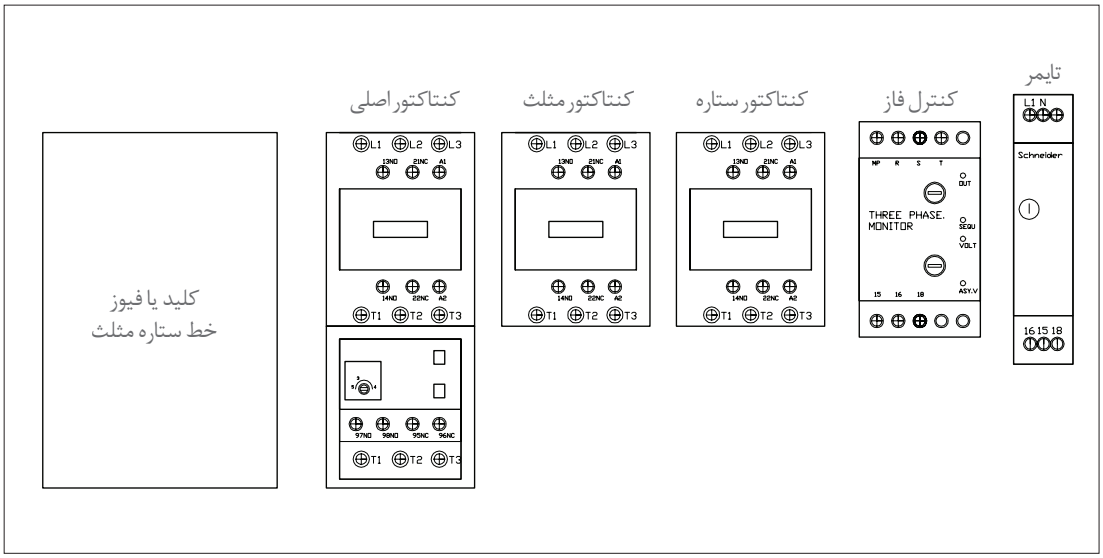
جانمایی و نصب قطعات تابلو راه‌اندازی ستاره ـ مثلث خودکار

به‌طور کلی برای راه‌اندازی موتورالکتریکی به روش ستاره ـ مثلث خودکار قطعات زیر مورد نیاز است (جدول ۱):

جدول۱ـ قطعات مورد نیاز راه‌اندازی به روش ستاره ـ مثلث اتوماتیک

قطعات اصلی	مورد مصرف
کلید محافظ	وصل و قطع کل مدار محافظ جریان مغناطیسی
ـ کنتاکتور	(اتصال خط اصلی)
ـ کنتاکتور	(حالت مثلث Δ)
ـ کنتاکتور	(حالت ستاره Y)
ـ اضافه‌بار	(حفاظت بار اضافه خط اصلی)
ـ تایمر	(تأخیر ـ از ستاره به مثلث)
ـ کنترل فاز	(برای کنترل ولتاژ سه فاز)

* کلید اصلی مدار از قطعاتی انتخاب می‌شود که قابلیت قطع زیر بار را داشته باشند.
برای جانمایی قطعات الکتریکی درمدارهای راه‌اندازی به صورت ستاره ـ مثلث می‌توان از روش‌های مختلف مانند دو شکل ۱۰ و ۱۱ استفاده کردکه به نوع کلید اصلی بستگی دارد.



شکل ۱۰ـ چیدمان عمومی قطعات تابلوراه‌اندازی ستاره ـ مثلث

شکل ۱۱ـ کلید اصلی در مدارهای ستاره ـ مثلث

تذکر

برای راه‌اندازی به روش یک ضرب، در صورتی‌که برای کلید اصلی مدار، کلید محافظ موتور الکتریکی (MPCB) استفاده شود، دیگر نیازی به رله اضافه بار یا بی متال نیست. در مدار ستاره ـ مثلث، اگر کلید محافظ موتورالکتریکی استفاده شود باید از رله اضافه بار یا بی متال نیز استفاده نمود. زیرا جریان عبوری از کلید اصلی با جریان نامی موتور برابر است، ولی جریان عبوری از رله اضافه بار، ۰/۵۸ برابر جریان نامی است. برای حفاظت بیشتر از موتورهای الکتریکی در مدار ستاره ـ مثلث از هردو قطعه (رله اضافه بار یا بی‌متال + کلید محافظ موتور الکتریکی) هم‌زمان استفاده می‌شود.

در این مرحله جانمایی و برآورد ابعاد تابلو را بر مبنای مشخصات و تجهیزات ارائه شده درجدول۲ محاسبه و برآورد نمایید.

توضیحات: ورودی تابلو از بالا و خروجی در پایین تابلو درنظر گرفته شود.

جدول۲ـ مشخصات فنی تجهیزات مورد نیاز

۱

کلید کمپکت MCCB

جریان به آمپر:	۱۶۰A
تعداد:	۱

۲

کنتاکتور

جریان به آمپر:	۱۳۰A
تعداد:	۲

۳

کنتاکتور

جریان به آمپر:	۱۱۰A
تعداد:	۱

۴

رله اضافه بار

جریان به آمپر:	۱۰۰A_۷۰۰
تعداد:	۱

۵

کنترل فاز تیپ بزرگ

جریان به آمپر:	ـ
تعداد:	۱

۶

تایمر

جریان به آمپر:	ON DELAY
تعداد:	۱

۷

شستی استارت

جریان به آمپر:	(۱NO)
تعداد:	۲

۸

شستی استپ

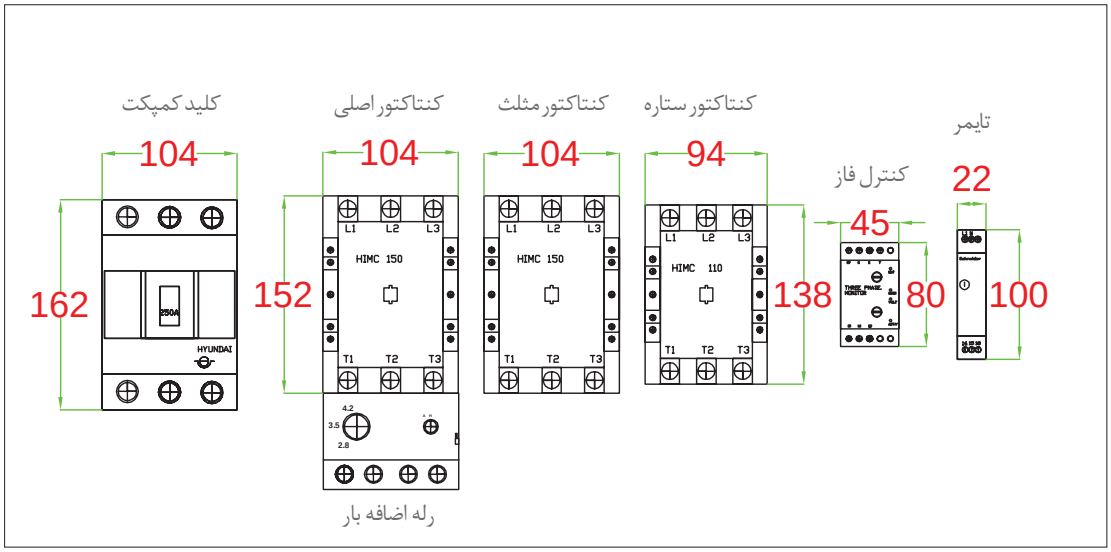
جریان به آمپر:	(۱NC)
تعداد:	۱

قطعات مورد نیاز: قطعات مورد نیاز برای این کار عملی را مشابه جدول شماره ۲ مورد استفاده قرار دهید. ابعاد قطعات ممکن است با نمونه‌های موجود در انبار هنرستان متفاوت باشد. بنابراین ابعاد جدید را در جدول شماره ۳ وارد کرده و مطابق با دستورالعمل جانمایی کار را دنبال نمایید.

جدول ۳ـ ابعاد قطعات مورد نیاز

قطعه	جریان	طول (میلی‌متر)	عرض (میلی‌متر)	طول و عرض قطعات موجود در کارگاه هنرستان	
				طول	عرض
کلید کمپکت MCCB	۱۶۰A	۱۶۲	۱۰۴		
کنتاکتور	۱۳۰A	۱۵۲	۱۰۴		
کنتاکتور	۱۱۰A	۱۳۸	۹۴		
رله اضافه‌بار	۷۰ـ۱۰۰A	۷۴	۱۰۴		
کنترل فاز تیپ بزرگ	ـ	۸۰	۴۵		
تایمر تیپ کوچک	ـ	۱۰۰	۲۲		

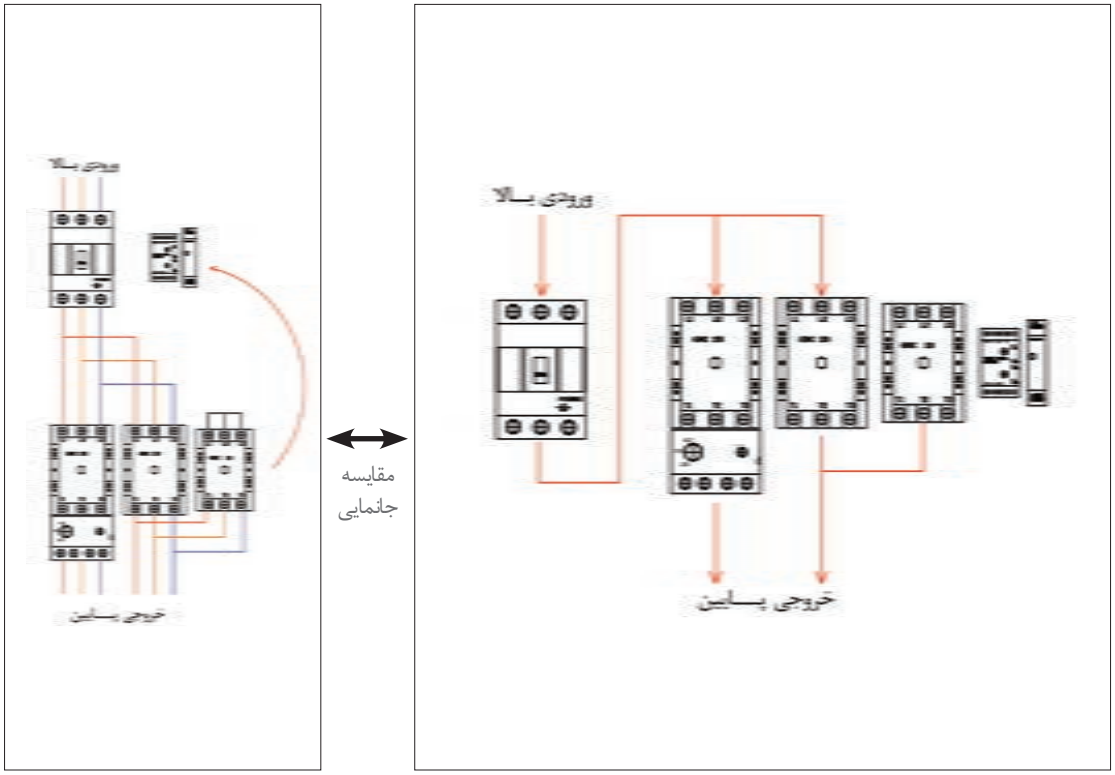
معمولاً برای شروع کار در مدارهای ستاره ـ مثلث ابتدا از جانمایی پیش فرض ستاره ـ مثلث مانند شکل ۱۲ استفاده کنید و درصورت نیاز آن را تغییر دهید. معمولاً این چیدمان برای راه‌اندازی ستاره ـ مثلث به‌کار می‌رود. اکنون چیدمان عرضی و طولی را با توجه به توضیحات قبلی بررسی و مقایسه کنید.



شکل ۱۲ـ ابعاد قطعات

روش عرضی: در روش عرضی طبق جانمایی پیش فرض عمل می‌شود و کلید اصلی سمت چپ، کنتاکتورها و سپس ادوات فرمان در یک ردیف قرار می‌گیرند (شکل۱۳ـ الف).

روش طولی: در روش طولی کلید اصلی در ردیف بالا و کنتاکتورها در ردیف دوم قرار می‌گیرند. از آنجا که ردیف اول کنار کلید، فضای خالی می‌ماند بنابراین کنترل فاز و تایمر را می‌توان در این ردیف قرار داد تا عرض ردیف‌ها با هم هم‌خوانی داشته باشند (شکل۱۳ـ ب).
هردو روش، شکل مناسبی دارند. پس موارد دیگر بررسی می‌شود تا مشخص شود کدام روش بهتر است. موردی که در اینجا می‌تواند مؤثر باشد تأثیر چیدمان بر نحوهٔ سیم کشی است.



شکل۱۳ـالف)چیدمان عرضی

ب)چیدمان طولی

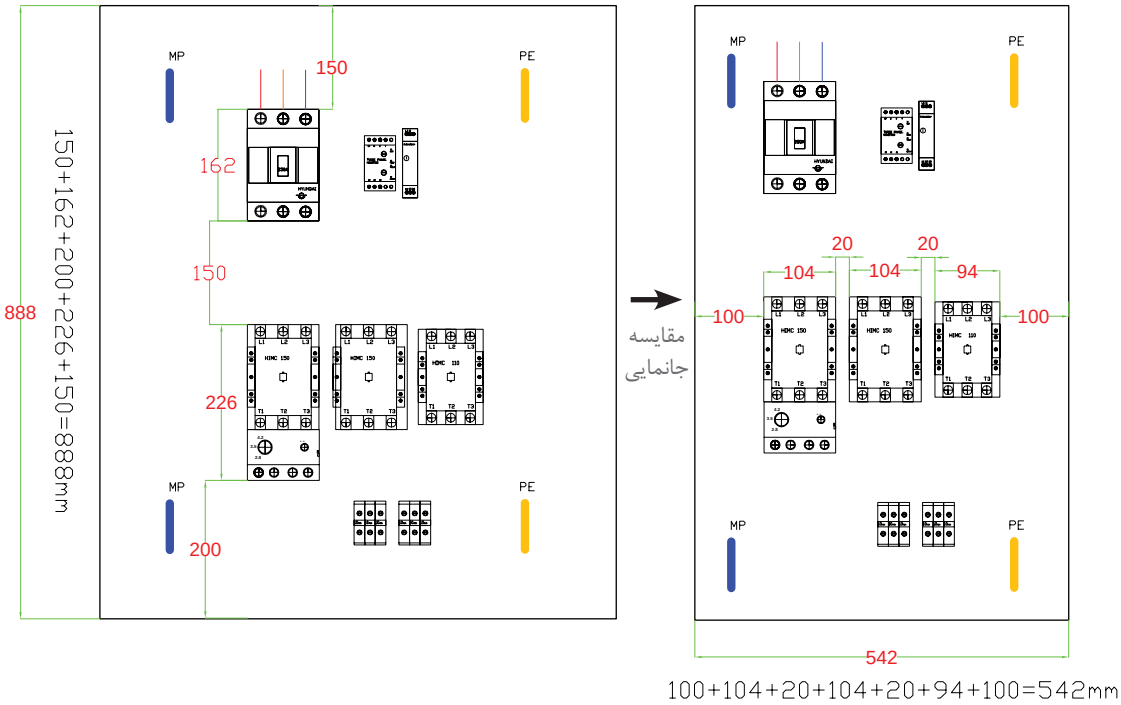
فعالیت

چه نکات ایمنی باید در سیم‌کشی چیدمان عرضی و طولی قطعات شکل ۱۳ مد نظرقرار گیرد؟

در روش طولی چون که کلید کمپکت MCCB بالای تابلو قرار دارد بنابراین کابل ورودی مستقیماً وارد کلید می‌شود. چون فاصله کلید اصلی تا کنتاکتورها خیلی کم است این فاصله کم باعث می‌شود سیم‌کشی و جانمایی با سهولت بیشتری انجام شود از طرفی جریان الکتریکی کلیه قطعات این محدوده زیاد است و

استفاده از سیم‌های قطور و فرم‌دهی آنها کار را نسبتاً مشکل‌تر می‌کند پس به‌نظر می‌رسد این روش مفیدتر باشد. پس در این مثال از روش طولی استفاده می‌شود و کلیه فاصله‌ها از بالا تا پایین تابلو اندازه‌گذاری می‌شود.

فاصلهٔ کلید تا بالای صفحه نصب را ۱۵۰ میلی‌متر در نظر گرفته بگیرید. فاصله بین کلید و کنتاکتورها را نیز ۱۵۰ میلی‌متر و قسمت پایین رله اضافه بار را ۲۰۰ میلی‌متر تا کف صفحه نصب مونتاژ درنظر بگیرید. در این مرحله طول قطعات را باهم جمع کنید تا در نهایت طول مفید تابلو تعیین شود. مجموع طول مفید سینی مطابق شکل ۱۴ برابر ۸۸۸ میلی‌متر به‌دست آمده است. ترمینال‌های خروجی و ارت و نول نیز در قسمت مناسب قرار داده شوند. به دلیل اینکه تابلو هم در قسمت ورودی و هم در قسمت خروجی باید دارای شینه ارت و نول باشد، پس این تابلو شامل دو سری ارت و نول خواهد بود.



شکل۱۴ـ محاسبه ابعاد تابلو در دو حالت عرضی و طولی

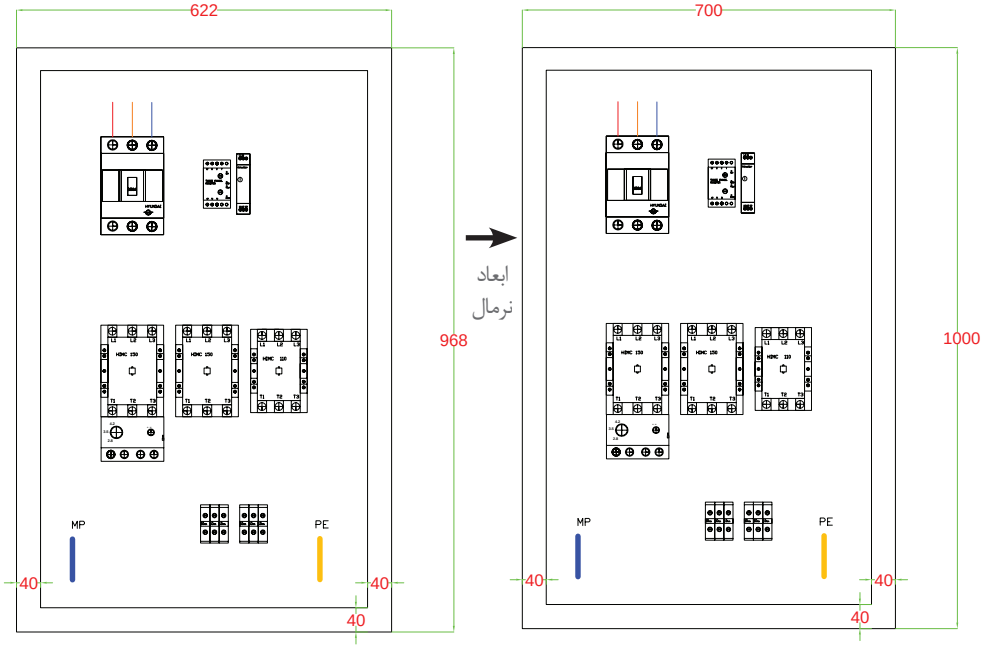
درمرحله بعد عرض صفحه نصب به‌دست آمده را محاسبه کنید.برای این کار بلندترین ردیف، یعنی ردیف کنتاکتورها را ملاک اندازه‌گیری عرض صفحه قرار دهید. فاصله بین قطعات ۲۰ میلی‌متر و فاصله کناری تا بدنه تابلو ۱۰۰ میلی‌متر در نظر بگیرید. عرض به‌دست آمده حاصل از مجموع عرض قطعات با یکدیگر مطابق شکل ۱۴ برابر ۵۴۲ میلی‌متر خواهد شد.

بنابراین ابعاد مورد نیاز این صفحه نصب برابراست با: ۵۴۲ × ۸۸۸ میلی‌متر. در این مرحله کافی است که برای محاسبه ابعاد تابلو، به اندازه ۸۰ میلی‌متر به دوطرف طول وعرض اندازه صفحه نصب اضافه کنید.

۸۸۸ + ۸۰=۹۶۸mm ، ۵۴۲ + ۸۰=۶۲۲mm

ابعاد استاندارد برای این اندازه، ۷۰۰ × ۹۰۰ میلی‌متر و یا ۸۰۰ × ۱۰۰۰ میلی‌متر است. اینک با توجه به جزئیاتی از قبیل فضای نصب، هزینه و یا متراکم بودن قطعات تابلو و غیره می‌توان ابعاد مورد نظر را انتخاب کرد.

برای بررسی ابعاد مناسب‌تر می‌توان کمی از استاندارد ابعاد تابلو، فاصله گرفت و ابعاد ۷۰۰ × ۱۰۰۰ انتخاب کرد. این ابعاد از نظر فضای داخلی تابلو بسیار مناسب است (شکل۱۵).



شکل ۱۵ــ محاسبه ابعاد نرمال تابلو

تذکر

در پروژه‌های تابلوهای مختلف نسبت به شرایط موجود باید این موارد بررسی شوند زیرا عوامل متفاوتی وجود دارند که می‌توانند روی ابعاد تابلو تأثیر بگذارند و این مسئله، هوش فنی، هنر و انعطاف‌پذیری یک تابلوساز را نشان می‌دهد.

نکات آموزشی

۱ـ جانمایی بهینه قطعات در اثر بررسی شکل‌های مختلف چیدمان حاصل می‌شود و مزایای جدیدی به‌دست می‌آید.

۲ـ اگر ورودی و خروجی تابلو در دو قسمت مختلف باشد باید شینه ارت و نول را هم برای ورودی و هم برای خروجی درنظر گرفت.

۳ـ اندازه‌های تابلو با ابعاد استاندارد ساخته می‌شود ولی با این حال می‌توان ابعاد تابلو را نسبت به شرایط مختلف و با توجه به نیاز تغییر داد و با ابعاد مختلف طراحی نمود.

تغییر فناوری در تابلو راه‌اندازی موتورهای الکتریکی

تغییر فناوری از مواردی است که در ساخت وتنظیم هر تابلو برق باید به آن توجه نمود. ممکن است برای طراحی تابلوی مورد نظر، فناوری و یا تجهیزات دیگری نیز وجود داشته باشد و همان عملکرد قبلی را با کیفیت برابر یا بهتر داشته باشد.این موارد باید مورد توجه قرار گیرد.

دلایلی که ممکن است به خاطر آن چیدمان تابلو تغییر کند :

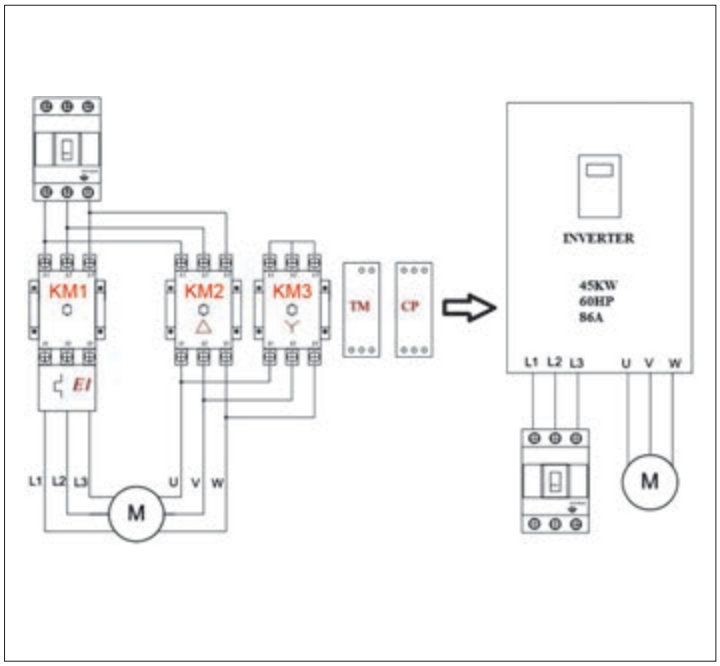
۱ـ ایمنی و حفاظت بهتر از مصرف‌کننده‌ها

۲ـ بهینه‌سازی در فرآیند ساخت وکاربرد تابلو

۳ـ صرفه‌جویی در هزینه‌ها و نظایر آن

راه‌اندازی نرم موتور الکتریکی

یک نمونه از تغییر فناوری کاربرد اینورتر یا درایو به‌جای مدار راه‌اندازی ستاره ـ مثلث یا قابلیت راه‌اندازی موتور به‌صورت چپ‌گرد ـ چپ‌گرد است. درایوهای کنترل دور موتور می‌توانند هم‌زمان به‌جای قطعاتی مانند کنتاکتورها، کلیدهای محافظ موتورالکتریکی و رله اضافه بار، تایمر و کنترل فاز ایفای نقش نماید و همچنین دور موتورالکتریکی را کنترل نمایند.



شکل۱۶ـ تجهیزات مورد نیاز

راه‌اندازی ستاره ـ مثلث برای کنترل جریان راه‌اندازی مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای کاهش جریان راه‌اندازی می‌توان با استفاده از اینورترسرعت موتورالکتریکی را کنترل و به دنبال آن جریان اولیه موتورالکتریکی را در لحظه راه‌اندازی کم کرد. با این جایگزینی، چیدمان مدار ستاره ـ مثلث کنتاکتوری تغییر کرده و قطعاتی مانند کنتاکتورها، کلیدهای محافظ و رله اضافه بار و تایمر و نظایر آن حذف می‌شود. مطابق شکل در مدار راه‌انداز ستاره ـ مثلث نیاز به سه عدد کنتاکتور می‌باشد. بنابراین اگر به جای کنترل دور موتورالکتریکی به روش کنتاکتوری ستاره ـ مثلث از درایو استفاده کنید راه‌اندازی موتورالکتریکی با حفاظت بسیار مناسب ترهمراه خواهد بود. همچنین صرفه‌جویی در مصرف کابل را به همراه خواهد داشت.

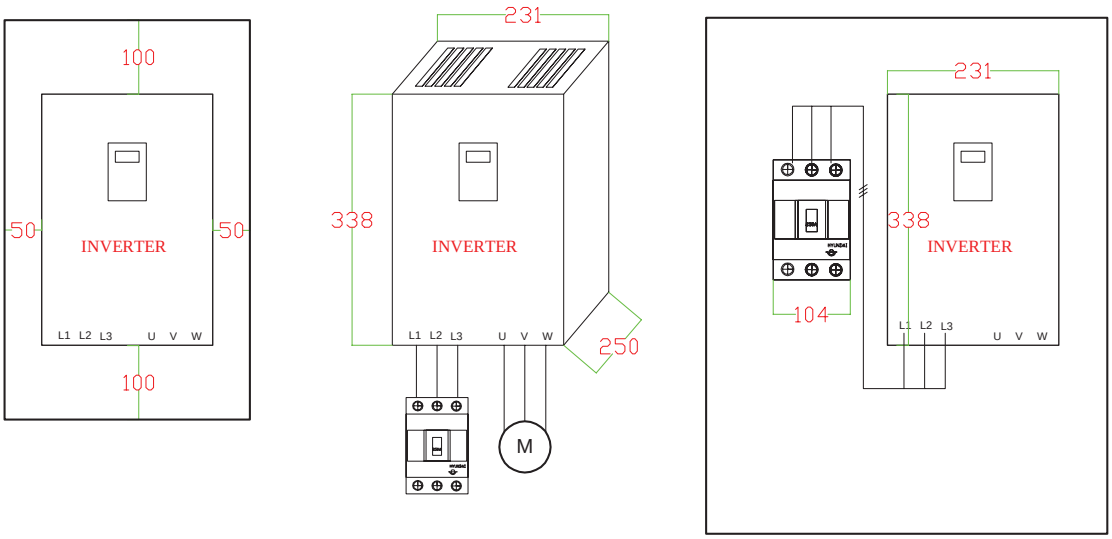
فعالیت

با توجه به شکل ۱۵، این دو روش را از نظر چیدمان و فضاسازی با یکدیگر مقایسه نمایید.

با وجود اینکه این وسیله از قیمت نسبتاً بالایی برخوردار است ولی با توجه به حذف قطعات مختلف و مصرف کمتر از کابل ارتباطی، باز هم در اکثر موارد به خصوص درموتورهای الکتریکی با توان بالا، استفاده از این تجهیزات بسیار به صرفه خواهد بود و غیر از این حفاظت بهتر و افزایش عمر مفید موتور الکتریکی و کاهش مصرف انرژی را نیز به همراه خواهد داشت. در ادامه جانمایی یک تابلو را با اینورتر، به جای مدار کنتاکتوری ستاره ـ مثلث را بررسی می‌شود.

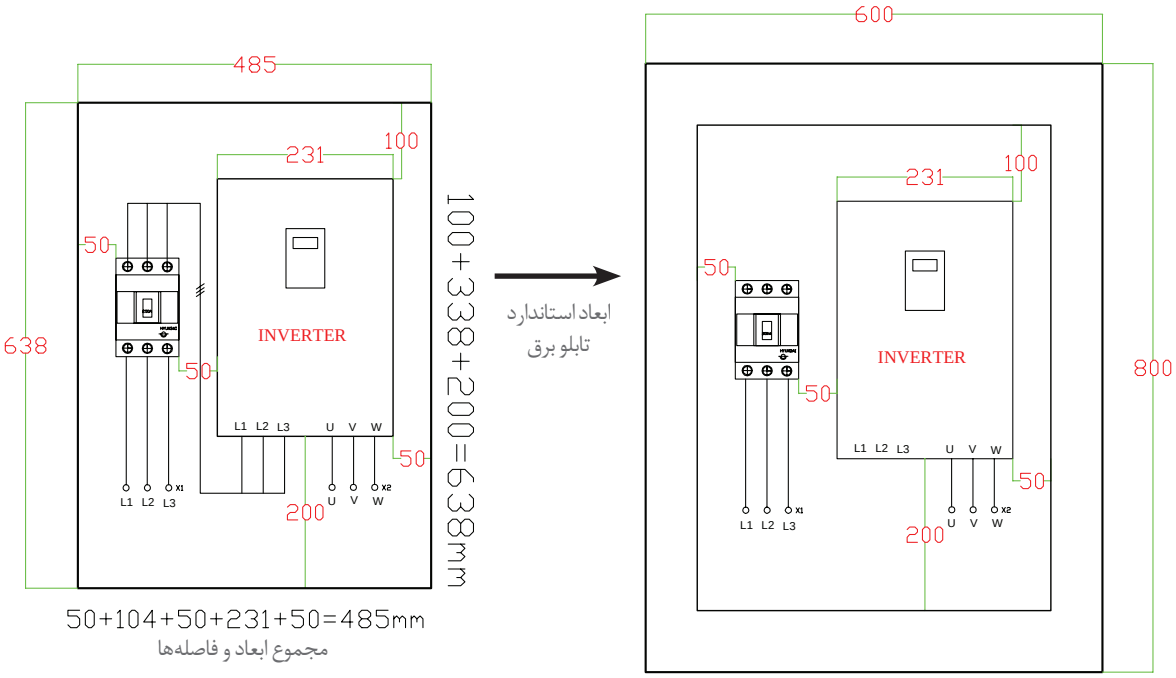
جانمایی اینورتر در تابلو راه‌اندازی

حداقل فضای مورد نیاز برای نصب یک اینورتر، ابعاد آن و نمونه محل جانمایی و قرار دادن اینورتر در تابلوی فرضی در شکل ۱۷ نشان داده شده است.ابعاد درایو کنترل دور موتورالکتریکی، نسبت به توان موتورالکتریکی و نیز نسبت به شرکت سازنده وسیله متفاوت می‌باشد. بنابراین برای هر مورد باید به مشخصات و ابعاد قطعه سازنده وسیله رجوع شود.



شکل۱۷ـ محاسبه ابعاد نرمال تابلو

در این نمونه عمق اینورتر ۲۵۰ میلی‌متر است لذا عمق تابلو، باید بیشتر در نظر گرفته شود بنابراین ۱۰۰ میلی‌متر به عمق تابلو اضافه می‌شود. عمق بدنه تابلو ۳۵۰ میلی‌متر کافی است. چون درایورها نیاز به تهویه مناسب دارند لذا باید فضای بیشتری را در نظر گرفت.ـ مجموع محاسبه طول و عرض سینی تابلو طبق ابعاد درایو و کلید کمپکت MCCB ۶۳۸×۴۸۵ میلی‌متر می‌باشد. با در نظر گرفتن و اضافه نمودن ۸۰ میلی‌متر به طول و عرض صفحه نصب، ابعاد ۷۱۸×۵۶۵ میلی‌متر به‌دست می‌آید. در نهایت با مقایسه با ابعاد استاندارد تابلوهای دیواری، ابعاد ۶۰۰×۸۰۰ با عمق ۳۰۰ میلی‌متر را می‌توان به عنوان ابعاد نهایی بدنهٔ تابلو برق در این مثال برآورد نمود(شکل۱۸). (البته ابعاد ۷۰۰×۵۰۰ میلی‌متر هم می‌تواند مناسب باشد).



شکل ۱۸ــ محاسبه ابعاد استاندارد تابلو

داشتن اطلاعات جدید از تجهیزات و قطعات تابلوسازی مفید است. زیرا هر ساله تجهیزات جدید با فناوری جدیدتری به بازار عرضه می‌شود. با بررسی روش‌های مختلف در طراحی، می‌توان به مزایای قابل توجه و مفیدی دست پیدا کرد که می‌تواند در بحث فنی، ایمنی، حفاظت و بحث اقتصادی تابلوسازی برق، بسیار مورد توجه قرار گیرد.

استفاده از درایوهای کنترل دور موتورالکتریکی، به‌خصوص در توان‌های بالا، می‌تواند از همهٔ جنبه‌ها مانند صرفه اقتصادی، حفاظت، ایمنی و کاربری، ما را یاری نماید.

کار عملی ۲

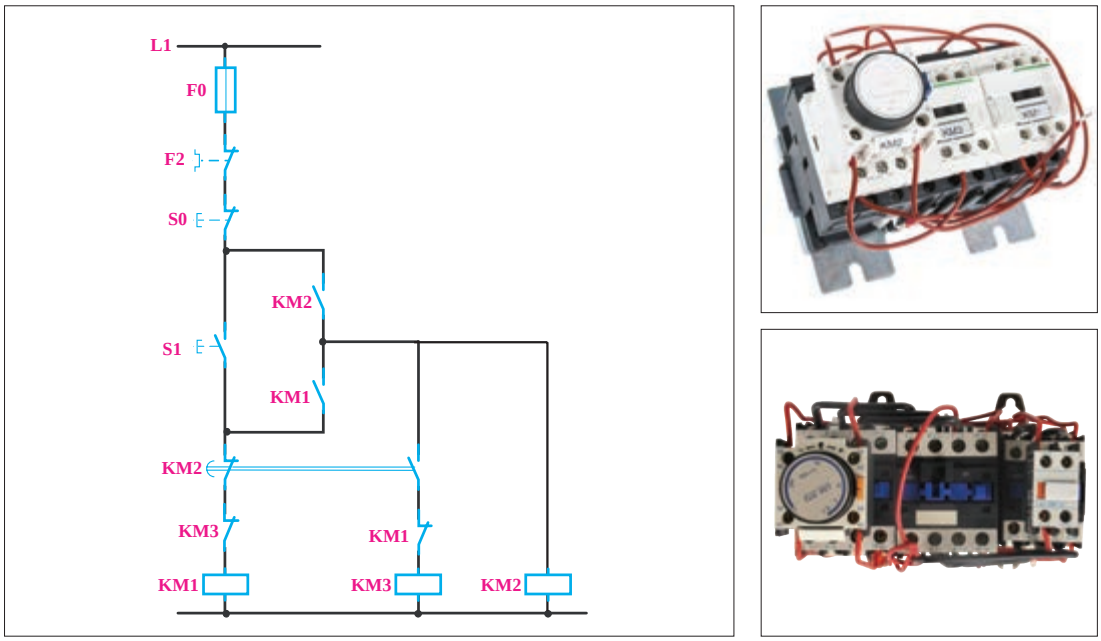
راه‌اندازی حالت ستاره ــ مثلث خودکار به کمک زمان‌سنج (تایمر) پنوماتیکی

شکل ۱۹ــ رله پنوماتیکی

تایمر پنوماتیکی نوعی از تایمر است که با نیروی باد فعال می‌شود و مانند تایمرهای معمولی، تغذیه برق ندارد. این تایمر به حامل‌های تیغه کنتاکتور متصل می‌شود و با فعال شدن کنتاکتور، نیروی باد به تایمر تزریق شده و کار زمان‌سنجی تایمر شروع می‌شود. اگر تایمر از نوع تأخیر در وصل باشد، پس از زمان تنظیمی مورد نظر تیغه‌های آن تغییر حالت می‌دهد. با قطع کنتاکتور مانند سایر تایمرهای تأخیر در وصل به‌صورت آنی تیغه‌های آن به حالت اولیه بر می‌گردد. پیچ

تنظیم زمانی این رله و تیغه باز آن مطابق شکل ۱۹با شماره ۵۸ـ۵۷ و تیغه بسته آن باشماره ۵۶ـ۵۵ نشان داده می‌شود.

الف) مدار فرمان: مدار فرمان این راه‌اندازی در شکل ۲۰ دیده می‌شود. در این مدار کنتاکت‌های لازم به‌صورت (۲۲ـ۲۱ و۱۴ـ۱۳)KM1 و (۲۲ـ۲۱)KM3 و (۱۴ـ۱۳)KM2 خواهند بود.

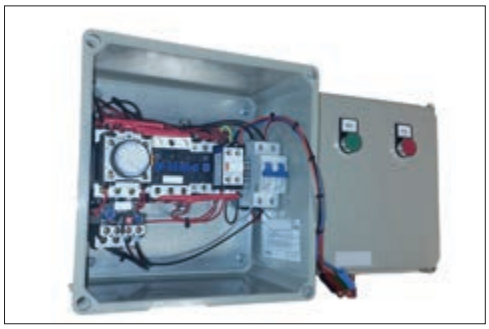


شکل ۲۰ـ مدار فرمان وراه‌اندازی با رله پنوماتیکی

فعالیت

با توجه به نقشه داده شده سیم‌کشی مدار این راه‌اندازی مشابه کدام‌یک از مدارات فرمان ستاره ـ مثلثی است که در این پودمان با آنها آشنا شده‌اید؟ در این مدار چرا تیغه‌های تایمر هم‌نام تیغه‌های کنتاکتور KM2 نام‌گذاری شده‌اند؟

جانمایی تایمر پنوماتیکی: در مدار قدرت راه‌اندازی موتورهای الکتریکی به لحاظ طولی و عرضی این نوع تایمر فضای کمی را اشغال می‌کند بنابراین تأثیر زیادی در جانمایی دارد و می‌توان این تیغه را به‌عنوان یک عامل مؤثر برای انتخاب درنظر داشت. از طرفی کارخانه‌های سازنده کنتاکتور این مدار را به‌صورت بسته آماده نیز عرضه می‌کنند که در شکل ۲۱ نمونه‌ای از این تابلو آورده شده است.

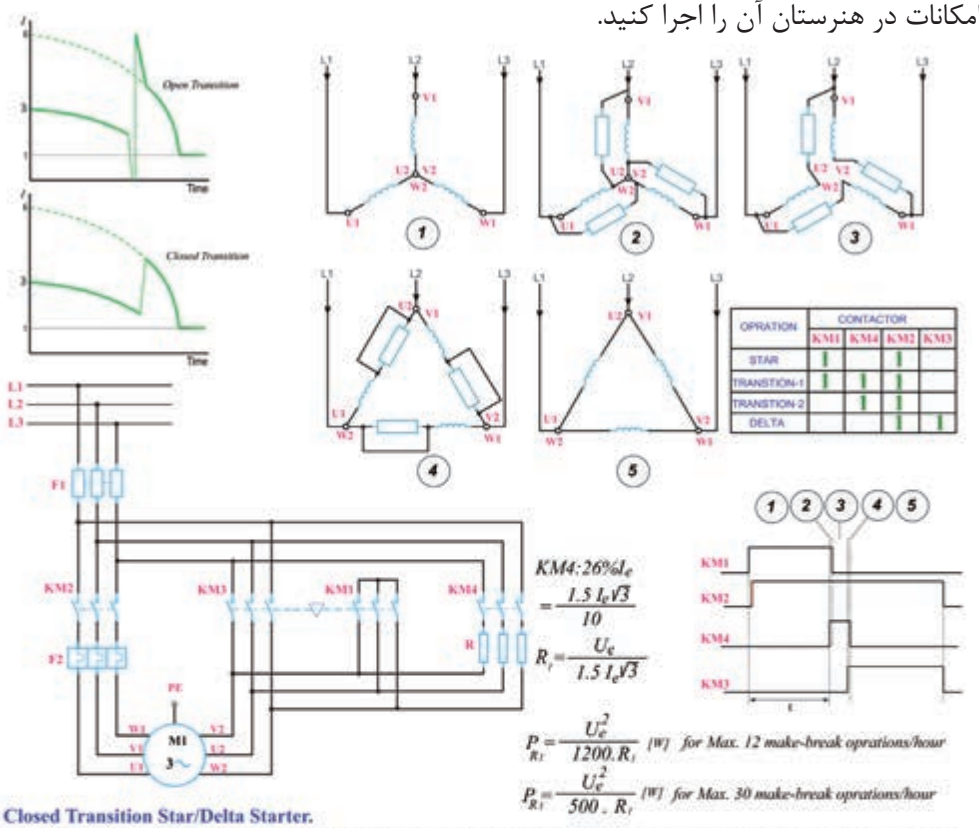


شکل ۲۱ـ نمونه تابلوجانمایی تایمرپنوماتیکی

(نیمه‌تجویزی)

راه‌اندازی ستاره ـ مثلث حالت‌گذرای بسته

راه‌اندازی حالت‌گذرای بسته، برای جلوگیری از ضربه حاصل از تغییر حالت از ستاره به مثلث است. بدین منظور از مقاومت در مدار در حالت تغییر وضعیت از حالت ستاره به مثلث استفاده می‌کنند. با بررسی متن زیر و با استفاده از شکل‌ها، مدار فرمانی را برای آن پیشنهاد دهید و در صورت وجود امکانات در هنرستان آن را اجرا کنید.



Closed Transition Star/Delta Starter.

There is a technique to reduce the magnitude of the switching transients. This requires the use of a fourth contactor and a set of three resistors. The resistors must be sized such that considerable current is able to flow in the motor windings while they are in circuit.

The auxiliary contactor and resistors are connected across the delta contactor. In operation, just before the star contactor opens, the auxiliary contactor closes resulting in current flow via the resistors into the star connection. Once the star contactor opens, current is able to flow round through the motor windings to the supply via the resistors. These resistors are then shorted by the delta contactor. If the resistance of the resistors is too high, they will not swamp the voltage generated by the motor and will serve no purpose.

In effect, there are five states:

1.OFF State. All Contactors are open

2.Star State. The Main [KM2] and the Star [KM1] contactors are closed and the delta [KM3] contactor is open. The motor is connected in star and will produce one third of DOL torque at one third of DOL current.

3.Star Transition State. The motor is connected in star and the resistors are connected across the delta contactor via the aux [KM4] contactor.

4.Closed Transition State. The Main [KM2] contactor is closed and the Delta [KM3] and Star [KM1] contactors are open. Current flows through the motor windings and the transition resistors via KM4.

5.Delta State. The Main and the Delta contactors are closed. The transition resistors are shorted out. The Star contactor is open. The motor is connected to full line voltage and full power and torque are available.

شکل ۲۲ـ فعالیت حالت‌گذرای بسته

شکل ۲۳ــ رله کنترل فاز و کنترل بار

رله کنترل فاز

رله کنترل فاز برای جلوگیری از دو فاز شدن یا هر نوع اختلال و عدم تقارن فازهای موتور الکتریکی در مدار فرمان و قدرت به‌کار می‌رود. البته این رله را می‌توان به نحوی تنظیم نمود که در برابر درصد خاصی از عدم تقارن فازها عمل کند. طریقه بستن مدار الکتریکی آن به این صورت است که سه فاز فقط برای بررسی وارد رله می‌شود و از آن خارج نمی‌شود ضمناً تیغه NO در آن پس از تشخیص فازها به تیغه بسته تغییر وضعیت می‌دهد پس این تیغه در مدار فرمان قرار می‌گیرد (شکل ۲۳).

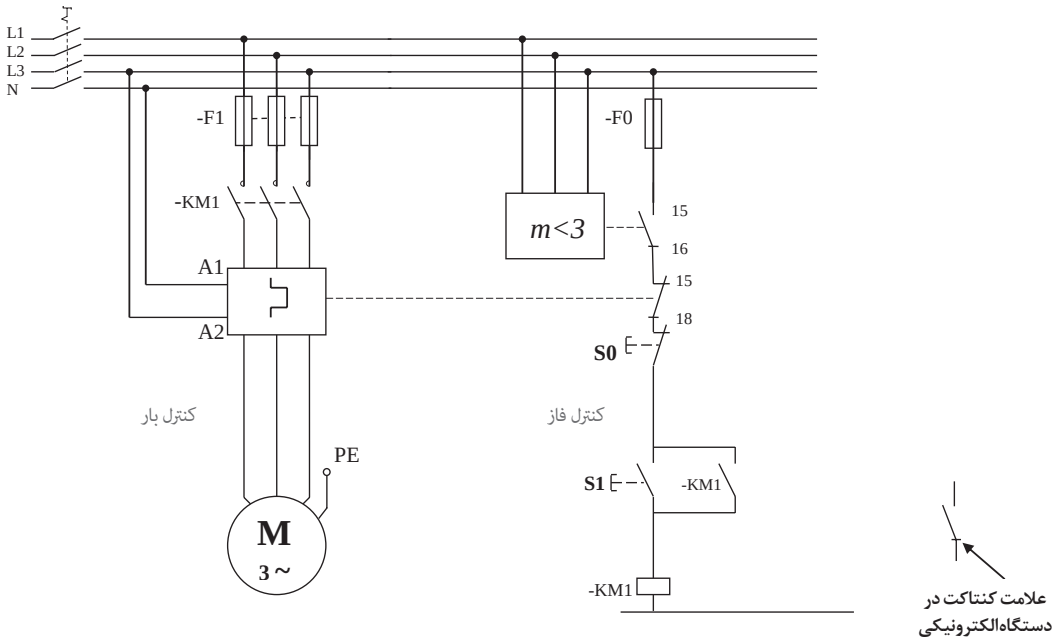
رله کنترل بار

رله کنترل بار وسیله‌ای الکترونیکی برای کنترل اضافه بار است. برخلاف رله حرارتی اضافه بار معمولی (بی متال)، حرارت محیط در فصول مختلف بر آن بی‌تأثیر است. رله‌های کنترل بار معمولاً سیم‌های برق سه فاز را قطع نمی‌کنند با داشتن سه عدد ترانسفورماتور مانند آمپرمتر انبری به‌صورت القایی جریان عبوری از کانال‌های جریان را اندازه گرفته و این مقدار را با جریان انتخاب شده مقایسه می‌کند درصورت اضافه شدن جریان هر خط از مقدار تعیین شده مصرف‌کننده را از مدار خارج می‌کند.

تیغه بسته رله کنترل باز در مدار فرمان قرار می‌گیرد و سه فاز از داخل کانال و مجاری دستگاه عبور می‌کند عبور جریان از این کانال و جابجایی فازها تأثیری بر کارکرد رله ندارد برای موتورهای تکفاز و دوفاز می‌توان از یک یا دو کانال جریان استفاده کرد. همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود تیغه‌های فرمان رله کنترل فاز و کنترل بار و اکثر وسایل الکترونیکی مشابه ازنوع SPDT۱(کنتاکت تبدیلی) می‌باشد به همین دلیل از آنها می‌توان برای اخطارهای رله نیز استفاده کرد یعنی تیغه باز آنها را به لامپ سیگنال یا آژیر وصل نمود در شکل ۲۴ راه‌اندازی یک موتور الکتریکی را با رلهٔ کنترل فاز و کنترل بار را نشان می‌دهد.

توجه

اگر رله کنترل فاز به‌عدم تعادل فازها حساس باشد از علامت Δ در داخل رله کنترل فاز به‌جای $m<۳$ استفاده می‌شود.



شکل ۲۴ـ مدار فرمان وراه‌اندازی با رله کنترل فاز و کنترل بار

تحقیق کنید

در تولیدات جدید، رله کنترل فاز و کنترل بار الکترونیکی از نظر ساختار و شکل ظاهری یکی شده است.

راه‌اندازی موتور الکتریکی به صورت ستاره ـ مثلث چپ‌گرد ـ راست‌گرد

راه‌اندازی موتور الکتریکی به صورت ستاره ـ مثلث چپ‌گرد ـ راست‌گرد به دو صورت ارائه می‌شود :

- قدرت مشترک
- قدرت مستقل

کار عملی ۴

راه‌اندازی موتور الکتریکی به صورت ستاره ـ مثلث چپ‌گرد ـ راست‌گرد قدرت مشترک

در یک کارخانه سنگ تراشی برای حمل سنگ از یک دستگاه استفاده می‌شود. موتور الکتریکی این دستگاه توان نامی ۲۰ کیلووات و جریان نامی ۶۰ آمپر دارد. وظیفه موتور الکتریکی حرکت دستگاه حمل در یک مسیر مستقیم و به حالت رفت و برگشت می‌باشد.

الف) مدار قدرت: مدار قدرت ستاره ـ مثلث نیاز به سه کنتاکتور اصلی، اتصال ستاره و اتصال مثلث دارد (شکل ستاره ـ مثلث). برای اینکه بتوان امکان تغییر جهت گردش را ایجاد کرد یک کنتاکتور دیگر نیز مورد نیاز است. کنتاکتور KM1 به‌عنوان کنتاکتور اصلی راست‌گرد و کنتاکتور KM2 به‌عنوان کنتاکتور اصلی چپ‌گرد می‌باشد و اتصال ستاره با کنتاکتور K λ و اتصال مثلث نیز با کنتاکتور KΔ ایجاد می‌شود.

در مدار ستاره ـ مثلث اتصال سه فاز به سر موتور الکتریکی توسط کنتاکتور اصلی انجام می‌گیرد.

$L1 \rightarrow U1$

$L2 \rightarrow V1$

$L3 \rightarrow W1$

اتصال الکتریکی مربوط به حالت مثلث توسط کنتاکتور اتصال مثلث ایجاد می‌شود.

$L1 \rightarrow W1$

$L2 \rightarrow U2$

$L3 \rightarrow V2$

در مدار ستاره ـ مثلث چپ‌گرد- راست‌گرد چون جای دو فاز در حالت چپ‌گرد ـ راست‌گرد عوض می‌شود، نمی‌توان ورودی کنتاکتور اتصال مثلث را به سه فاز L1، L2، L3 وصل کرد و لازم است اتصال مثلث به‌صورت

$U1 \rightarrow W2$

$V1 \rightarrow U2$

$W1 \rightarrow V2$

انجام شود لذا ورودی KΔ مطابق شکل ۲۵ از زیر کنتاکتورهای اصلی خواهد بود.

در حالت راست‌گرد مثلث اتصال زیر برقرار می‌شود.

$L1 \rightarrow U1 \rightarrow W2$

$L2 \rightarrow V1 \rightarrow U2$

$L3 \rightarrow W1 \rightarrow V2$

در حالت چپ‌گرد مثلث اتصال زیر ایجاد می‌شود.

$L3 \rightarrow U1 \rightarrow W2$

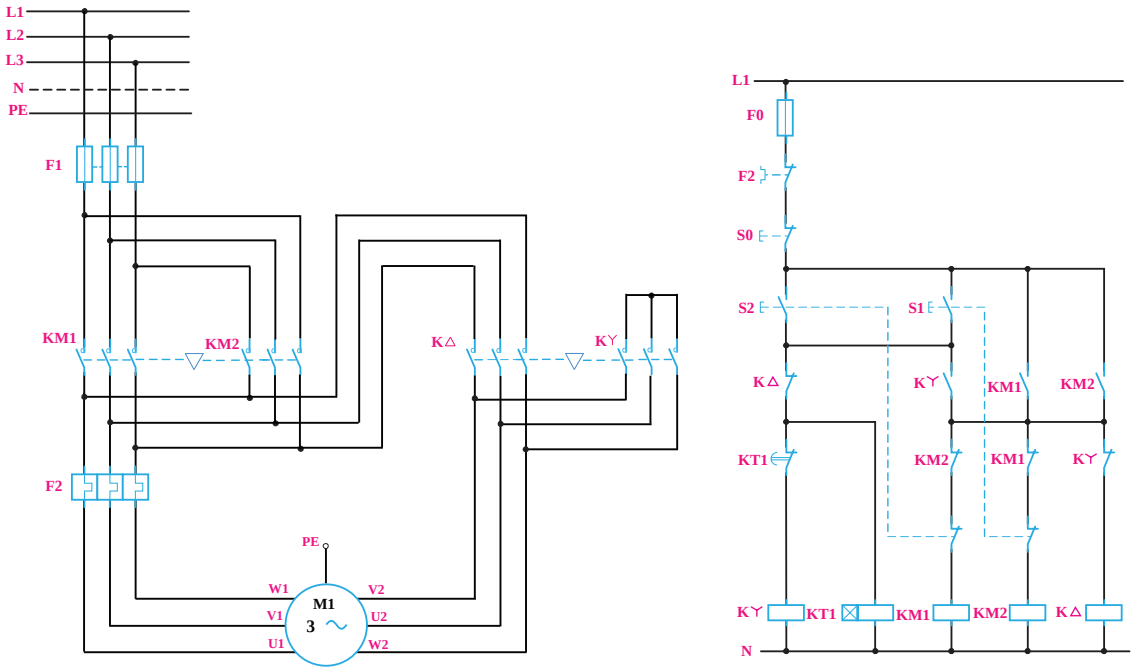
$L2 \rightarrow V1 \rightarrow U2$

$L1 \rightarrow W1 \rightarrow V2$

نحوه جذب کنتاکتورها در مدار ستاره ـ مثلث چپ‌گرد و راست‌گرد به صورت آورده شده در جدول ۴ است:

جدول ۴ـ کنتاکتورهای فعال در هر وضعیت

راست‌گرد	ستاره	KM1,K ⅄
	مثلث	KM1,KΔ
چپ‌گرد	ستاره	KM2,K ⅄
	مثلث	KM2,KΔ

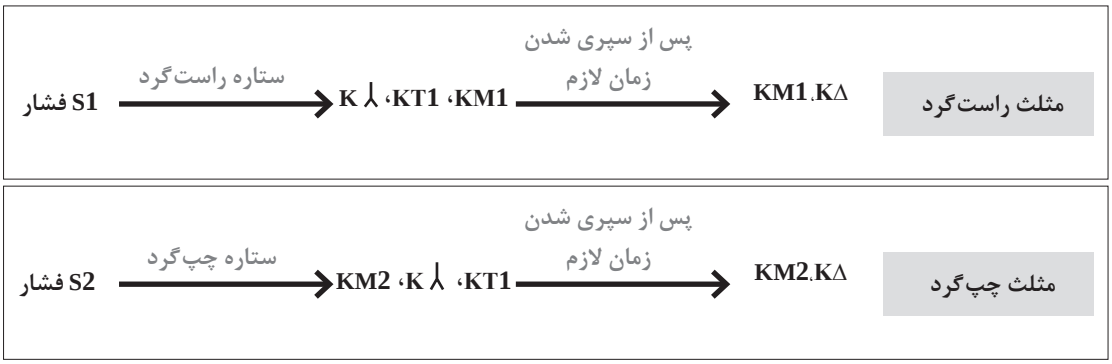


شکل۲۵ـ اتصالات حالت‌های ستاره ـ مثلث چپ‌گرد ـ راست‌گرد

از کنتاکتورهای اصلی KM1 و KM2 جریان خط (I_L) عبور می‌کند. لذا مقادیر نامی کنتاکتور KM2، KM1 باید برای جریان نامی موتور باشد و KΔ برای ۰/۵۸ جریان نامی و K ⅄ نیز برای ۰/۳۳ جریان نامی موتور باید انتخاب شود.

ب) مدار فرمان: مدار فرمان ستاره ـ مثلث چپ‌گرد ـ راست‌گرد ترکیبی از مدار ستاره ـ مثلث اتوماتیک و چپ‌گرد ـ راست‌گرد می‌باشد. لذا از کنتاکت بسته KM1 در مسیر بوبین KM2 و همین‌طور از کنتاکت بسته KM2 در مسیر بوبین KM1 استفاده می‌شود تا اینترلاک و الکتریکی بین آنها ایجاد شود . شستی وصل

S۱ و S۲ نیز به صورت دوبل استفاده می‌شود تا امکان تغییر جهت گردش از حالت راست‌گرد به چپ‌گرد و بالعکس بدون خاموش کردن امکان پذیر باشد.
از کنتاکت بسته K λ و در مسیر بوبین KΔ و از کنتاکت بسته KΔ در مسیر بوبین K λ استفاده می‌شود اینترلاک الکتریکی بین آنها برقرار باشد.
نقش کنتاکت باز K1 در مدار ستاره ـ مثلث جهت ایجاد ترتیب زمانی است به‌گونه‌ای که ابتدا K λ عمل می‌کند سپس کنتاکتور اصلی فرمان بگیرد تا در شروع کار بین K λ و KΔ هم زمانی ایجاد نگردد . وظیفه کنتاکت باز KM1 و KM2 نیز خود نگه‌دار بودن مدار است. KT1 به‌عنوان تایمر پس از سپری شدن زمان لازم حالت موتور را از اتصال ستاره به‌اتصال مثلث تغییر می‌دهد. شکل ۲۷ نحوه عملکرد مدار فرمان را تشریح می‌کند:



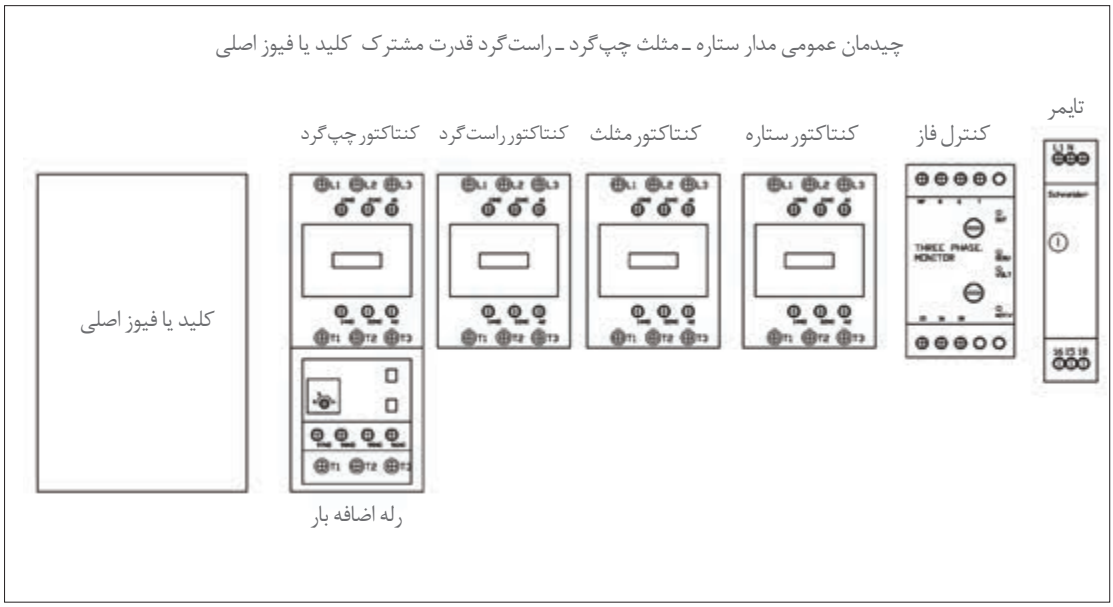
شکل ۲۶ـ نحوه عملکرد قطعات در مدار فرمان

قطعات الکتریکی مورد نیاز: برای ساخت تابلو راه‌اندازی موتور الکتریکی به روش ستاره ـ مثلث چپ‌گرد ـ راست‌گرد با قدرت مشترک قطعات معرفی شده در جدول ۵ مورد نیاز است:

جدول ۵ـ قطعات مورد نیاز

قطعات اصلی	مورد مصرف
کلید محافظ	قطع یا وصل مدار و محافظ جریان مغناطیسی
کنتاکتور	(چپ‌گرد)
کنتاکتور	(راست‌گرد)
کنتاکتور	حالت مثلث (Δ)
کنتاکتور	حالت ستاره (λ)
رله اضافه بار	(حفاظت بار اضافه خط اصلی)
تایمر	(تأخیر ـ از ستاره به مثلث)
کنترل فاز	(جهت تشخیص خطا در فازها)

چیدمان قطعات الکتریکی: برای چیدمان عمومی قطعات تابلو راه‌اندازی موتور الکتریکی به روش ستاره ـ مثلث چپ‌گرد ـ راست‌گرد با قدرت مشترک چیدمان عرضی مطابق شکل ۲۷ پیشنهاد می‌شود.



شکل ۲۷ـ چیدمان عمومی مدار ستاره ـ مثلث چپ‌گرد ـ راست‌گرد قدرت مشترک

***راهنمایی: ورودی تابلو از بالا و خروجی در پایین تابلو درنظر گرفته شود.**

مشخصات فنی قطعات مورد نیاز در جداول ۶ و ۷ ارائه شده‌اند. جانمایی رامطابق قطعات موجود انجام داده و ابعاد تابلو را محاسبه نمایید.

جدول ۶ـ ابعاد قطعات مورد نیاز

نام قطعه	جریان	طول (میلی‌متر)	عرض (میلی‌متر)	ابعاد قطعات موجود در کارگاه هنرستان	
				طول (میلی‌متر)	عرض (میلی‌متر)
کلید فیوز دار	۱۶۰A	۲۱۷	۱۱۸		
کنتاکتور	۶۳A	۱۵۲	۸۱		
کنتاکتور	۴۰A	۱۳۸	۷۱		
کنتاکتور	۳۲A	۱۱۳	۵۵		
رله کنترل بار ۳RB۲۴۸۳ـ۴AA۱	۱۰ـ۱۰۰A	۱۳۰	۵۰		
ترانسفورماتور جریان ۳RB۲۹۵۶۲TG۲	۲۰ـ۲۰۰A	۱۰۴	۷۴		
کنترل فاز تیپ بزرگ	ـ	۸۰	۴۵		
تایمر تیپ کوچک	ـ	۱۰۰	۲۲		

جدول۷ـ مشخصات الکتریکی قطعات مورد نیاز

۱

کلید فیوزدار

جریان به آمپر:	۱۶۰A
تعداد:	۱

۲

فیوز تیغه‌ای

جریان به آمپر:	۸۰A
تعداد:	۳

۳

کنتاکتورهای اصلی

جریان به آمپر:	۶۳A
تعداد:	۲

۴

کنتاکتور مثلث

جریان به آمپر:	۴۰A
تعداد:	۱

۵

کنتاکتور ستاره

جریان به آمپر:	۳۲A
تعداد:	۱

۶

رله زمانی(تایمر) تأخیر در وصل

جریان به آمپر:	ON DELAY
تعداد:	۱

۷

کنترل فاز تیپ بزرگ

جریان به آمپر:	ـ
تعداد:	۱

۸

رله حفاظتی اضافه بار

جریان به آمپر:	۱۰ـ۱۰۰A
	۳۴A = set
تعداد:	۱

۹

شستی وصل

جریان به آمپر:	(۱NO)
تعداد:	۲

۱۰

شستی قطع

جریان به آمپر:	(۱NC)
تعداد:	۱

تذکر مهم

برای سیم کشی قطعات تابلو تا جریان ۱۲۵ آمپر با استفاده از سیم و برای جریان‌های بیشتر از ۱۲۵ آمپر از شینه مسی استفاده می‌شود.

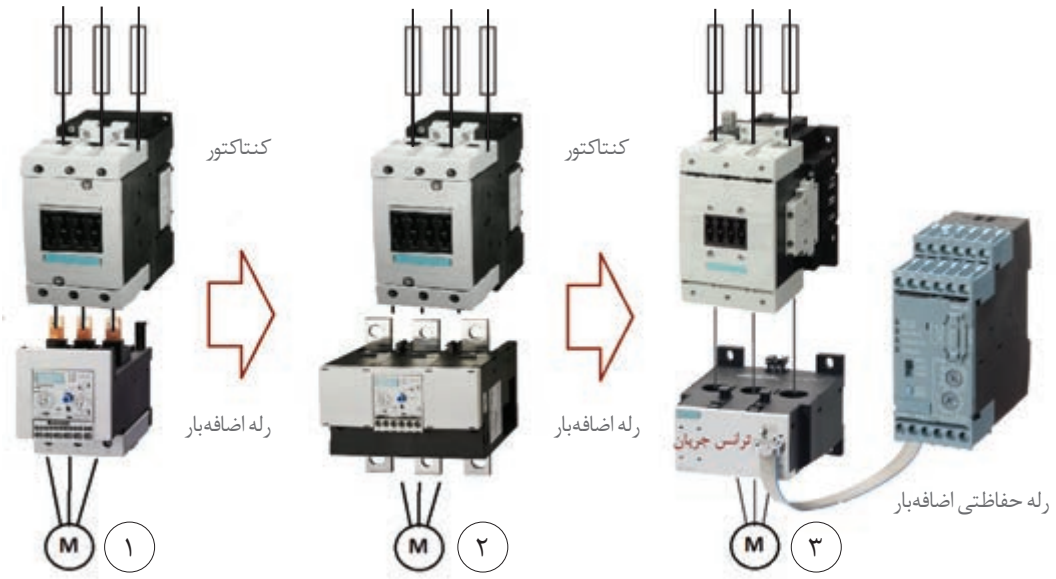
چگونگی قرار گرفتن رله اضافه بار در مدار ستاره ـ مثلث

با توجه به نحوه سیم‌کشی مدار قدرت و اهمیت اتصال‌ها در مدار ستاره ـ مثلث، از مدل‌های متفاوتی رله اضافه بار در این تابلوها استفاده می‌شود که در ادامه به چند نمونه اشاره شده است:

۱ـ رله اضافه بار، مستقیماً زیر پیچ‌های کنتاکتور بسته می‌شوند. در این موردبه‌دلیل اینکه این دو قطعه کاملاً به همدیگر محکم می‌شوند، فضای مناسب برای پل کردن سیم‌های قدرت از کنتاکتور چپ‌گرد به کنتاکتور راست‌گرد وجود ندارد. بنابراین از این تیپ برای تابلوهای راه‌انداز ستاره ـ مثلث معمولی می‌توان استفاده کرد.

۲ـ رله اضافه بار با شمش‌های ورودی و خروجی ارائه می‌شود. این نوع رله اضافه بار درتابلوهای راه‌انداز مدارستاره ـ مثلث چپ‌گرد راست‌گرد و در توان‌های بالا استفاده می‌شود.

۳ـ رله اضافه بار ترکیبی از یک رله حفاظتی و یک ترانسفورماتور جریان می‌باشد. رله حفاظتی اضافه بار با محدوده جریان از ۱۰ الی ۱۰۰ آمپر و ترانسفورماتور جریان (CT) برای اندازه‌گیری جریان خط می‌باشد. CT توسط کابل دیتا، جریان اندازه‌گیری شده را به رله حفاظتی ارسال می‌کند و رله مقدار جریان را نسبت به تنظیمات انجام شده مورد بررسی قرار داده و در هنگام بروز اضافه بار، به کنتاکتور فرمان می‌دهد و آن را قطع می‌کند. از این نمونه رله می‌توان برای عبور سیم‌های قطور و یا شینه استفاده نمود. سیم یا شینه فقط از داخل سوراخ‌های ترانسفورماتور جریان عبور می‌کند و هیچ اتصال الکتریکی با هم ندارد. این رله اضافه بار را رله کنترل بار نیز می‌گویند.



شکل ۲۸ـ سه نمونه رله اضافه بار برای تابلوراه‌انداز ستاره مثلث

مزایای دیگر رله کنترل بار نشان داده شده در شکل ۲۹ به صورت زیر است:

۱ـ حفاظت جریان نشتی زمین GRN fault

۲ـ حفاظت و تشخیص دمای داخل موتور به کمک ترمیستور و ترموکوپل

۳ـ گستره رنج جریان وسیع از ۱۰ الی ۱۰۰ آمپر (در این مدل)
۴ـ دارای درجه تنظیم CLASS، تأخیر در عملکرد حرارتی جریان اولیه موتور از ۵ تا ۳۰ ثانیه
۵ـ دارای دکمه ریست، قابلیت ریست دستی و اتوماتیک.

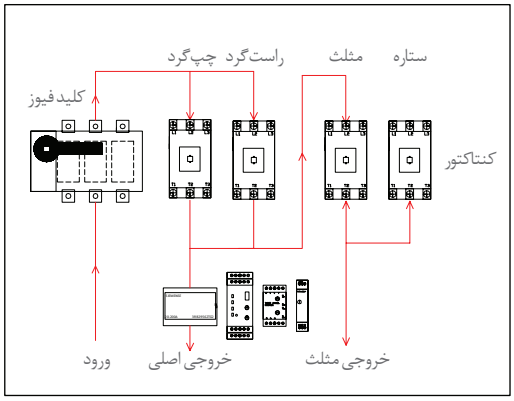
تذکر

در مدار ستاره ـ مثلث معمولی، مقادیر نامی کنتاکتور اصلی و کنتاکتور مثلث با هم برابر و به مقدار ۰/۵۸ جریان نامی موتور می‌باشد. درصورتی که طبق نقشه قدرت ستاره ـ مثلث چپ‌گرد ـ راست‌گرد مشترک، جریان ورودی به کنتاکتور مثلث از کنتاکتورهای اصلی گرفته می‌شود. بدیهی است که کنتاکتورهای اصلی KM1 و KM2 باید کل جریان ورودی را تحمل کنند.

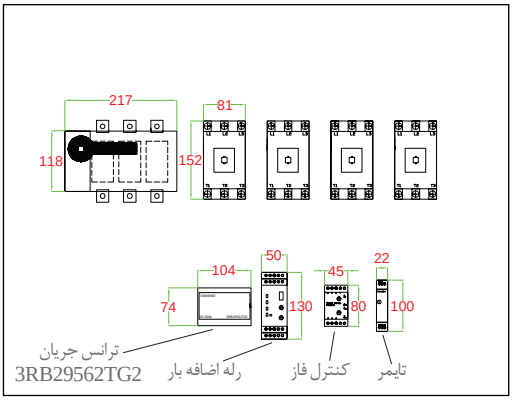
بنابراین در مدار ستاره مثلث چپ‌گرد ـ راست‌گرد مشترک، مقادیر نامی کنتاکتورهای اصلی (چپ‌گرد ـ راست‌گرد) باید برابر جریان نامی موتور و جریان کنتاکتور مثلث برابر با ۰/۵۸ جریان نامی موتور انتخاب شوند.

جانمایی وچیدمان قطعات در تابلو: برای جانمایی قطعات الکتریکی در تابلو همانند چیدمان عمومی جانمایی کنید. تجهیزات قدرت مانند کلید فیوزدار و کنتاکتورها در ردیف اول و طبق مدار قدرت قرار می‌گیرند در ضمن طبق موارد گفته شده، CT می‌تواند با فاصله ای مناسب به همراه رله اضافه بار و تجهیزات فرمان در ردیف دیگر مطابق شکل ۳۰ قرار گیرد.

شکل ۲۹ـ رله اضافه بار کنترل بار



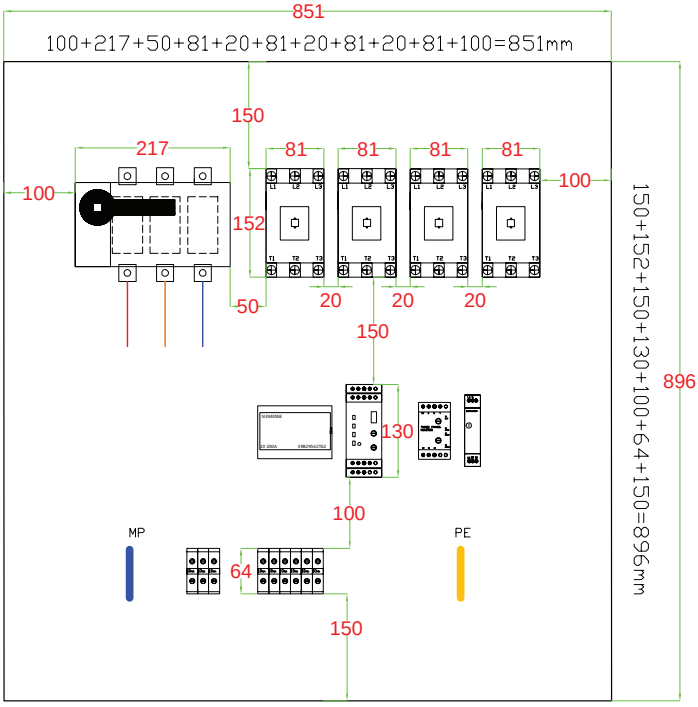
مسیر جریان



ابعاد تجهیزات

شکل ۳۰ـ ابعاد و مسیر جریان در تابلو

ـ بعد از وارد کردن ابعاد، فضاهای خالی مورد نیاز به آن را در نظر گرفته و اضافه کنید.
ـ ابتدا عرض تابلو و بلندترین ردیف یعنی کنتاکتورها رامحاسبه کنید. ابعاد کلیه قطعات، فاصله مناسب بین آنها و فاصله ۱۰۰ میلی‌متری کناری قطعات نسبت به بدنه تابلو روی شکل مشخص شده است. با جمع اندازه آنها عرض مورد نیاز را به‌دست آورید. اندازه عرض محاسباتی صفحه نصب یا سینی مطابق شکل ۳۱ برابر با ۸۵۱ میلی‌متر خواهد شد.



شکل ۳۱ـ طول و عرض نصب مورد نیاز

فاصلهٔ طولی قطعات از بالا تا پایین صفحه را محاسبه کنید. طول قطعات به این شرح است:

- فاصله بالای تابلو تا کنتاکتور ۱۵۰ میلی‌متر
- فاصله بین هر ردیف ۱۵۰ میلی‌متر
- فاصله رله اضافه بار تا ترمینال ۱۰۰ میلی‌متر
- انتهای ترمینال تا پایین تابلو ۱۵۰ میلی‌متر

مطابق شکل ۳۱ طول سینی را محاسبه کنید. براساس اندازه‌های داده شده طول سینی برابراست با ۸۹۶ میلی‌متر محاسبه خواهد شد.

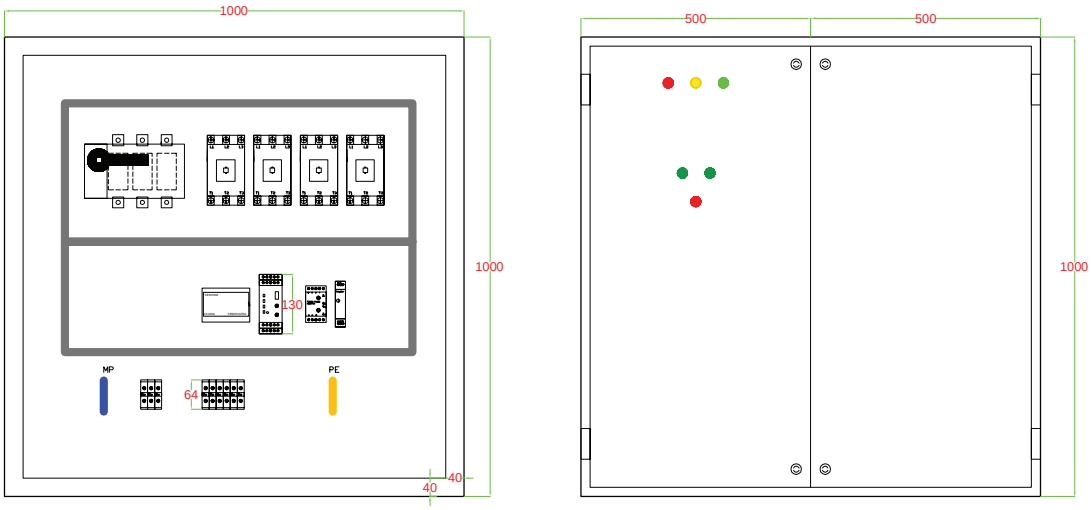
طبق برآورد ابعاد تابلواز روی ابعاد صفحه نصب یا سینی، مقدار ۸۰ میلی‌متر به دو اندازه طول و عرض اضافه کنید تا ابعاد بدنه تابلو محاسبه شود.

عرض ۸۵۱ + ۸۰=۹۳۱mm ، طول ۸۹۶ + ۸۰=۹۷۶mm

ولی این ابعاد باید استاندارد باشد. ابعاد ۹۰۰×۱۰۰۰ میلی‌متر و ۱۰۰۰×۱۰۰۰ میلی‌متر مناسب می‌باشند که در اینجا اندازه دوم انتخاب شده است.

تذکر

درصورتی‌که عرض تابلو از ۸۰۰ میلی‌متر بیشتر شود، به دلیل بزرگ بودن در تابلو، آن را دو تکه می‌سازند. معمولاً اندازه این در نصف عرض تابلو درنظر گرفته می‌شود. یعنی عرض در ۱۰۰۰ میلی‌متر را مطابق شکل ۳۲ به دو تکه ۵۰۰ میلی‌متری تقسیم می‌کنند.



شکل ۳۲ـ جانمایی قطعات و اندازه در تابلو

نکات آموزشی

۱ـ در مدارهایی که از پیچیدگی بیشتری برخوردار هستند باید در مورد چیدمان قطعات در کنار هم تمام روش‌ها را بررسی کرد زیرا چیدمان درست و هماهنگی، باعث می‌شود مونتاژ تابلو خیلی راحت‌تر انجام شود.

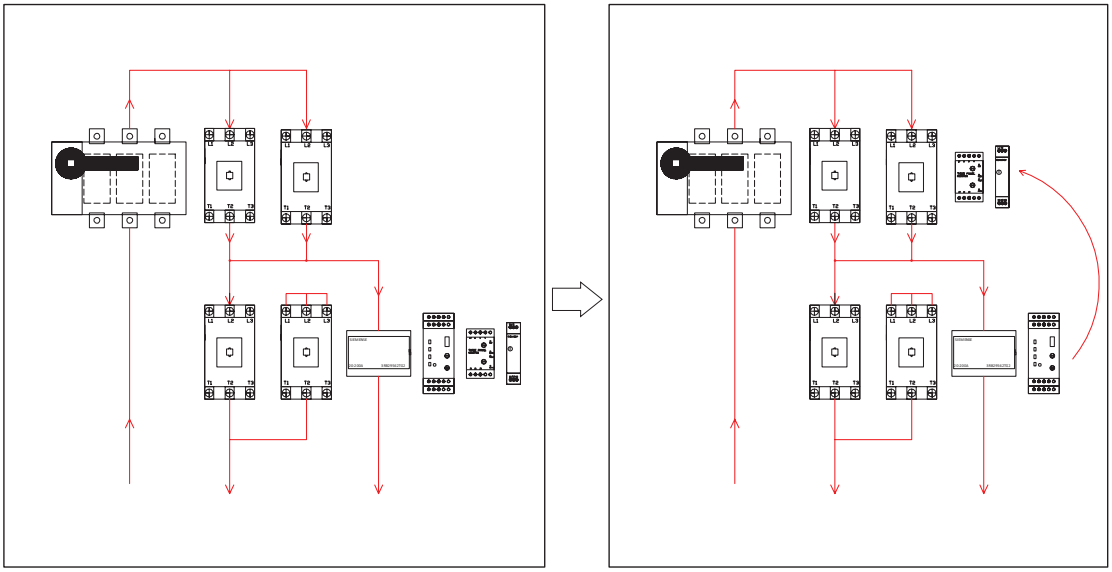
۲ـ در صورت آشنایی با تجهیزات مشابه و هم‌نوع و ویژگی‌های آنها تابلو با استاندارد مطلوب‌تری طراحی و اجرا می‌شود مانند رله اضافه بار و ترانسفورماتور جریان (CT).

۳ـ عرض تابلو دیواری معمولاً تا اندازه ۸۰۰mm مناسب است. اگر اندازه عرض در تابلو بیشتر از این مقدار باشد بهتر است در تابلو دو تکه طراحی شود.

طراحی تابلو (نوع دیگر): طراحی تابلو ذکر شده را می‌توان به‌صورت دیگری نظیر شکل ۳۳ درنظر گرفت: در این روش کنتاکتورهایی که مدار آنها با هم مرتبط بوده و اصطلاحاً به هم پل می‌شوند به نحوی چیدمان شده‌اند تا سیم‌کشی راحت‌تر انجام شود.

توجه

در این روش عرض تابلو کاهش پیدا می‌کند و تقریباً تابلو به‌صورت طولی جانمایی می‌شود. در صورت استفاده از شینه برای اتصالات، این روش چیدمان بسیار مناسب‌تر است.



شکل ۳۳ـ جانمایی قطعات تابلو به‌صورت طولی

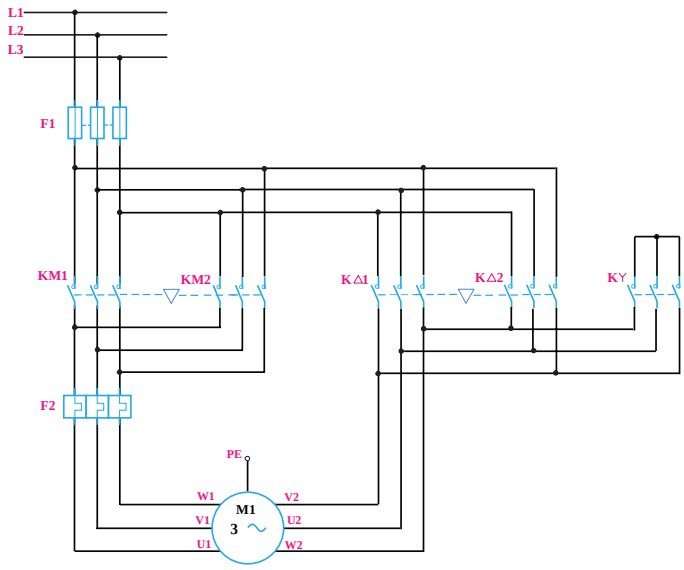
کار عملی ۵

راه‌اندازی موتور الکتریکی به صورت ستاره ـ مثلث چپ‌گرد ـ راست‌گرد قدرت مستقل

صنایع تولید آرد دارای دستگاه سَرَند (غربال) است که به آن ماشین پلنسیفتر plansifter machine می‌گویند. این ماشین دارای اتاقک‌هایی با سَرَند (غربال)های متفاوتی است که آرد را به شکل‌های مختلف الک و بوجاری کرده و به‌قسمت‌های مختلف خط تولید آرد منتقل می‌کند. این اتاقک توسط تعدادی عمود چوبی خاص و انعطاف‌پذیر، بین سقف و زمین معلق است و یک موتور الکتریکی در مرکز آنها قرار دارد. انتهای شفت این موتور بادامکی قراردارد. با چرخش موتور شفت و بادامک شروع به‌چرخش کرده و باعث لرزش اتاقک‌ها می‌شود. درنتیجه الک‌های داخل آن در یک مسیر دایره‌ای شکل شروع به‌چرخش سریع می‌کند. این حالت شبیه حالتی است که آرد توسط یک سَرَند (غربال) کوچک، با دست به‌چرخش در آید (شکل ۳۴).

شکل ۳۴ـ موتور ۷۵ کیلووات با جریان نامی ۱۷۰ آمپر

یک موتور ۷۵ کیلوات با جریان نامی ۱۷۰ آمپر درنظر گرفته شده که به‌صورت ستاره ـ مثلث شروع به کار می‌کند و باید در مواردی هم جهت دور موتور برعکس شود. مدار قدرت وفرمان این کار عملی را طراحی و قطعات مورد نیاز را در صفحه نصب جانمایی کنید.



شکل ۳۵ـ مدار قدرت

الف) مدار قدرت: برای مدار ستاره ـ مثلث چپ‌گردـ راست‌گرد قدرت مستقل پنج کنتاکتور موردنیاز است. کنتاکتور KM1+ KM2 به‌عنوان کنتاکتور اصلی برای راست‌گرد و چپ‌گرد موتور الکتریکی می‌باشد. کنتاکتور K ⅄ اتصال ستاره را در هر دو جهت راست‌گرد و چپ‌گرد برقرار می‌کند. کنتاکتور KΔ1 درحالت راست‌گرد اتصال مثلث را ایجاد می‌کند و KΔ2 در حالت چپ‌گرد و اتصال مثلث برقرار می‌کند (شکل ۳۵) و ورودی کنتاکتورهای KΔ1 و KΔ2 از بالای کنتاکتورهای اصلی است:

راست‌گرد ستاره $\longrightarrow$ KM1, K ⅄ $\longrightarrow \begin{cases} L1 \rightarrow U1 \\ L2 \rightarrow V1 \\ L3 \rightarrow W3 \end{cases}$ U3, V3, W3

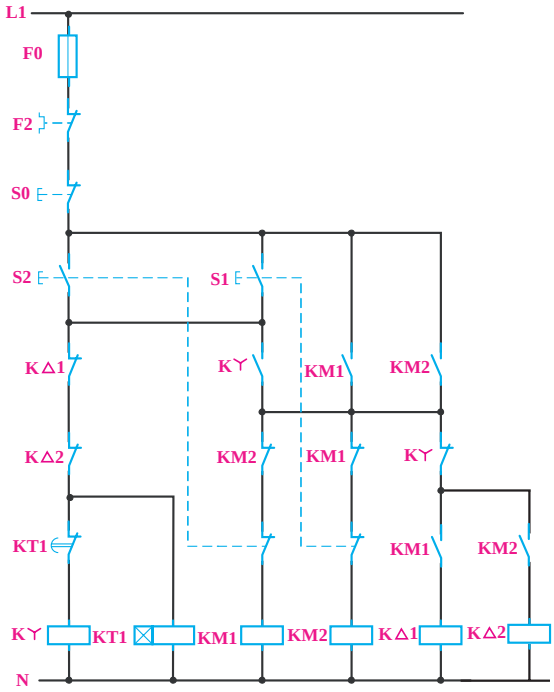
راست‌گرد مثلث $\longrightarrow$ KM1, K Δ1 $\longrightarrow \begin{cases} L1 \rightarrow U1 \rightarrow U1 \\ L2 \rightarrow V1 \rightarrow V1 \\ L3 \rightarrow W1 \rightarrow W1 \end{cases}$

چپ‌گرد ستاره $\longrightarrow$ MK2, K⅄ $\longrightarrow \begin{cases} L3 \rightarrow U1 \\ L2 \rightarrow V1 \\ L1 \rightarrow W1 \end{cases}$ U2, V2, W2

چپ‌گرد مثلث $\longrightarrow$ KM2, K Δ2 $\longrightarrow \begin{cases} W2 \rightarrow L3 \rightarrow U1 \\ U2 \rightarrow L2 \rightarrow V1 \\ V2 \rightarrow L1 \rightarrow W1 \end{cases}$

در این مدار مقادیرجریان نامی تمام کنتاکتورها ۰/۸۵ جریان نامی موتور است و مقدار جریان نامی کنتاکتور KY برابر ۰/۳۳ جریان نامی موتور خواهد بود.

ب) مدار فرمان: کنتاکتور KΔ2، KΔ1 وظیفه ایجاد اتصال مثلث موتور الکتریکی را دارند و تیغه بسته KY باید در مسیر بوبین هر دوی آنها قرار گیرد. کنتاکتور KΔ1 هنگام اتصال مثلث همراه با KM1 و کنتاکتور KΔ2 هنگام اتصال مثلث همراه با KM2 کار می‌کنند (شکل ۳۶).



شکل ۳۶ـ عملکرد کنتاکتورهای اتصال مثلث

کنتاکت بسته KΔ2، KΔ1 به‌منظور برقراری اینترلاک الکتریکی به‌صورت سری در مسیر بوبین کنتاکتور KΛ قرار دارند (شکل ۳۷).

نحوه عملکرد مدار فرمان به‌صورت زیر است:

فشار S1	راست‌گرد ستاره →	KM1,KΛ	عملکرد KT1 →	KM1,KΔ1	مثلث راست‌گرد
فشار S2	چپ‌گرد ستاره →	KM2,KΛ	عملکرد KT1 →	KM2,KΔ2	مثلث چپ‌گرد

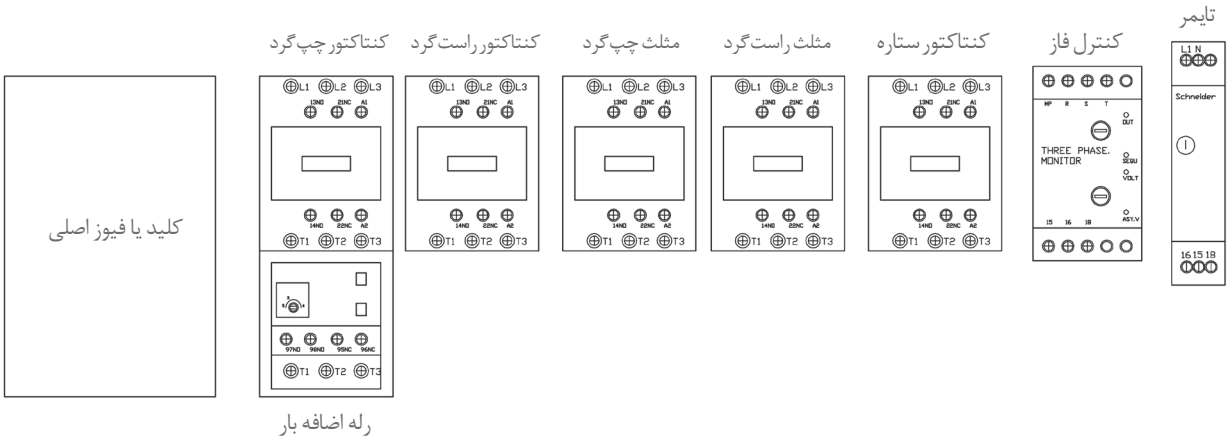
شکل ۳۷ـ مدار فرمان

قطعات الکتریکی موردنیاز: برای ساخت تابلو راه‌اندازی موتور الکتریکی به روش ستاره ـ مثلث چپ‌گرد ـ راست‌گرد با قدرت مستقل قطعات معرفی شده در جدول ۸ موردنیاز است:

جدول ۸ـ قطعات مورد نیاز تابلو

قطعات اصلی	مورد مصرف
کلید محافظ	وصل یا قطع کل مدار ـ محافظ جریان مغناطیسی
کنتاکتور	(اصلی چپ‌گرد)
کنتاکتور	(اصلی راست‌گرد)
کنتاکتور	(چپ‌گرد Δ مثلث)
کنتاکتور	(راست‌گرد Δ مثلث)
کنتاکتور	(حالت ستاره)
رله اضافه‌بار	(حفاظت بار اضافه خط اصلی)
تایمر	(تأخیر ـ از ستاره به مثلث)
کنترل فاز	(جهت کنترل ولتاژ سه فاز)

چیدمان قطعات الکتریکی: برای چیدمان عمومی قطعات تابلو راه‌اندازی موتور الکتریکی به روش ستاره ـ مثلث چپ‌گرد ـ راست‌گرد با قدرت مستقل چیدمان عرضی مطابق شکل ۳۸ پیشنهاد می‌شود.



شکل ۳۸ـ چیدمان عمومی برای قدرت مستقل

مشخصات فنی قطعات مورد نیاز در جداول ۱۰ و ۱۱ ارائه شده‌اند. جانمایی رامطابق قطعات موجود انجام داده و ابعاد تابلو را محاسبه نمایید.

***راهنمایی: اتصالات با شمش استاندارد شینه‌بندی شوند.**

جدول ۹ـ مشخصات قطعات الکتریکی

۱

کلید کمپکت MCCB

جریان به آمپر: ۲۵۰A

تعداد: ۱

۲

کنتاکتورهای اصلی و مثلث تغییر جهت

جریان به آمپر: ۱۱۰A

تعداد: ۴

۳

کنتاکتور ستاره

جریان به آمپر: ۶۳A

تعداد: ۱

۴

رله اضافه بار

جریان به آمپر: ۱۰۰A_۷۰۰

تعداد: ۱

۵

کنترل فاز تیپ بزرگ

جریان به آمپر: ـ

تعداد: ۱

۶

تایمر

جریان به آمپر: ON DELAY

تعداد: ۱

۷

شستی استارت

جریان به آمپر: (۱NO)

تعداد: ۲

۸

شستی استپ

جریان به آمپر: (۱NC)

تعداد: ۱

جدول ۱۰ـ ابعاد قطعات

نام قطعه	جریان	طول (میلی‌متر)	عرض (میلی‌متر)	ابعاد قطعات موجود در کارگاه هنرستان	
				طول (میلی‌متر)	عرض (میلی‌متر)
MCCBکلید کمپکت	۲۵۰A	۱۶۰	۱۰۶		
کنتاکتور	۱۱۰A	۱۵۲	۱۰۴		
کنتاکتور	۶۳A	۱۵۲	۸۱		
رله اضافه‌بار	۹۵_۱۲۵A	۷۳	۱۰۴		
کنترل فاز تیپ بزرگ		۸۰	۴۵		
تایمر تیپ کوچک		۸۳	۲۲		

رله اضافه بار شینه‌ای

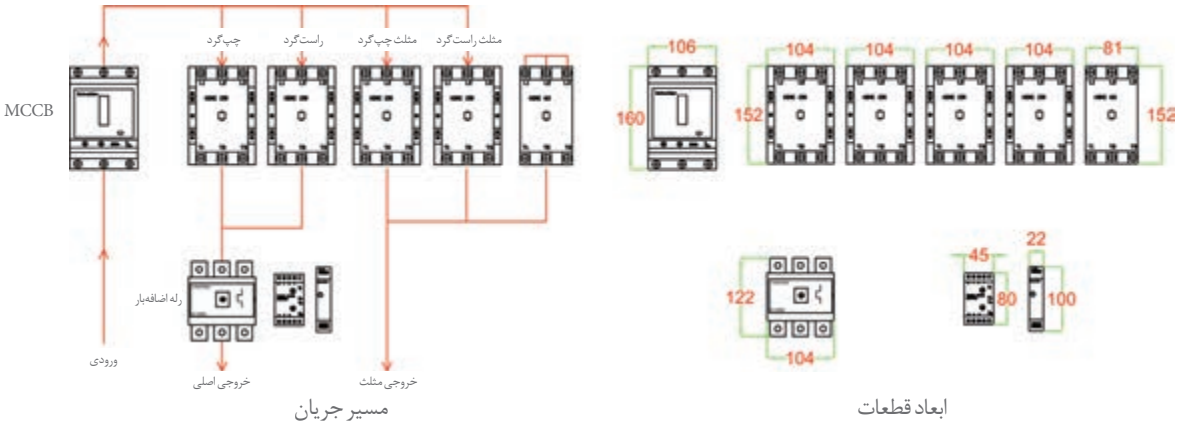
در این تابلو به دلیل توان بالای الکتروموتور باید از شینه به‌جای سیم استفاده کرد. به همین دلیل نیز باید از رله‌های اضافه بار شینه‌ای استفاده کرد (شکل ۳۹).

شکل ۳۹ـ رله اضافه بار شینه دار

توجه

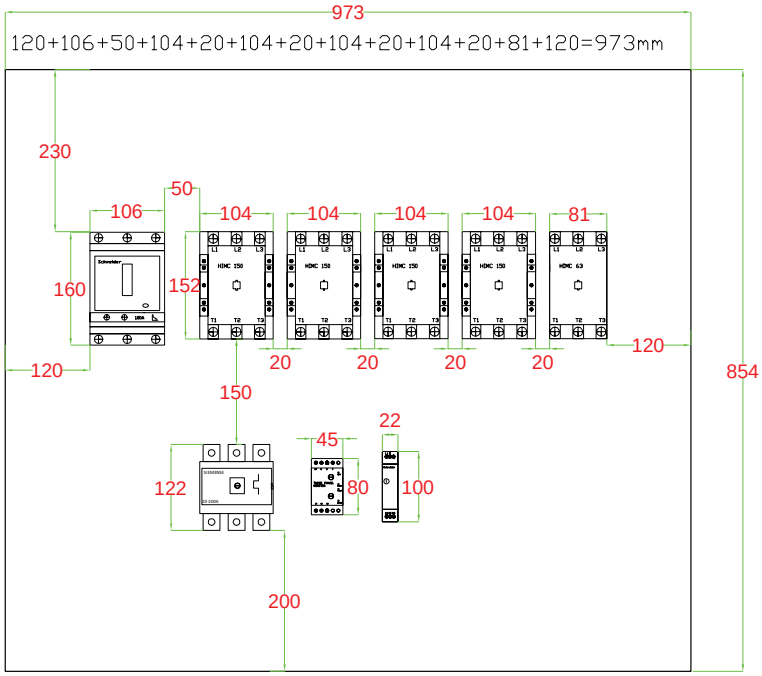
به‌دلیل استفاده از شینه تا هنگامی که طرح قابل قبول برای مسیر عبور شینه‌ها و اتصال کنتاکتورها نباشد چیدمان انجام نمی‌شود.
اگر بخواهید مدار قدرت را سیم‌کشی کنید، شاید ترتیب چیدمان قطعات خیلی مهم نباشد زیرا سیم‌ها انعطاف دارند و می‌توانند در مسیرهای مختلف عبور کنند ولی در شینه‌بندی قضیه کمی تفاوت دارد. یعنی تا هنگامی که طرح قابل قبول و قابل امکانی برای مسیر عبور شینه‌ها و اتصال کنتاکتورها، با توجه به مدار قدرت پیدا نکنید، نباید چیدمان را شروع کنید.

جانمایی و چیدمان قطعات در تابلو: برای انجام چیدمان این کارعملی روش ردیفی یا عرضی بسیار مناسب است زیرا عملیات شینه‌بندی به ساده‌ترین و راحت‌ترین شکل ممکن انجام می‌گیرد.
قطعات را در تابلو فرضی مطابق شکل ۴۰ رسم کنید و اندازه‌گیری نمایید.



شکل ۴۰ـ ابعاد قطعات و مسیر جریان

پس از یادداشت ابعاد قطعات، فضاهای خالی مورد نیاز را طبق اندازه‌های اشاره شده در شکل ۴۱ به آن اضافه کنید.
کلیه ابعاد و اندازه‌ها را ازسمت چپ به راست با هم جمع کنید تا عرض حدودی سینی تابلو به‌دست آید.
توجه داشته باشید که هرچه مقدار جریان و ابعاد قطعات بزرگ‌تر باشد فضاهای خالی و فاصله بین آنها نیز باید بیشتر شود. (فاصلهٔ بین قطعات پیشنهادی ارائه شده و قابل تغییر می‌باشد.)
پس از اتمام محاسبات، عرض سینی مونتاژ مطابق شکل ۴۱ برابر ۹۷۳ میلی‌متر به‌دست می‌آید.



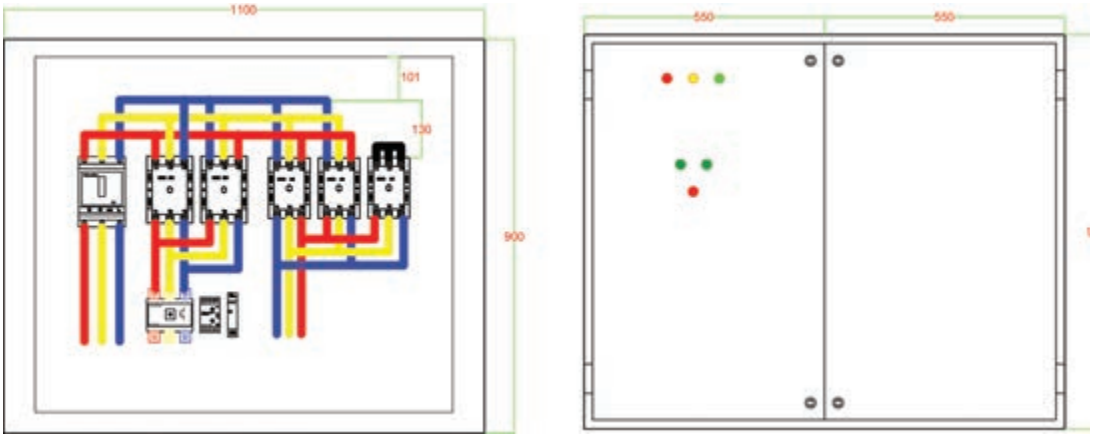
شکل ۴۱ــ تخمین ابعاد تابلو

پس از محاسبه عرض تابلو، اندازه قطعات و فواصل بین آنها را از بالا به پایین طبق شکل۴۲ با هم جمع کنید تا طول صفحه نصب یا سینی تابلو به‌دست آید .این مقدار برابر با ۸۵۴ میلی‌متر به‌دست می‌آید.

در این مرحله مانند همه محاسبات قبلی مقدار ۸۰ میلی‌متر به دو طرف اضافه کنید تا ابعاد محاسباتی بدنه تابلو را به‌دست آورید :

طول ۹۷۳+۸۰=۱۰۵۳mm , عرض۸۵۴+۸۰=۹۳۴mm

پس از اتمام محاسبات ابعاد بدنه تابلو،در نهایت ابعاد تابلو را استاندارد یا نرمال کنید. پس از بررسی دو اندازه، بهترین شکل را انتخاب کنید. ابعاد ۹۰۰×۱۰۰۰ میلی‌متر و ۹۰۰×۱۱۰۰ میلی‌متر مناسب می‌باشند ولی به‌دلیل جریان بالا و انجام شینه‌بندی، ابعاد بزرگ‌تر انتخاب می‌شود (شکل ۴۲).



شکل ۴۲ــ ابعاد استاندارد تابلو

نکات آموزشی

۱ـ در طراحی و انتخاب قطعات، با توجه به هزینه و کیفیت، تجهیزات مناسب را به کار ببرید (رله اضافه بار قابل شینه‌بندی استفاده کنید).

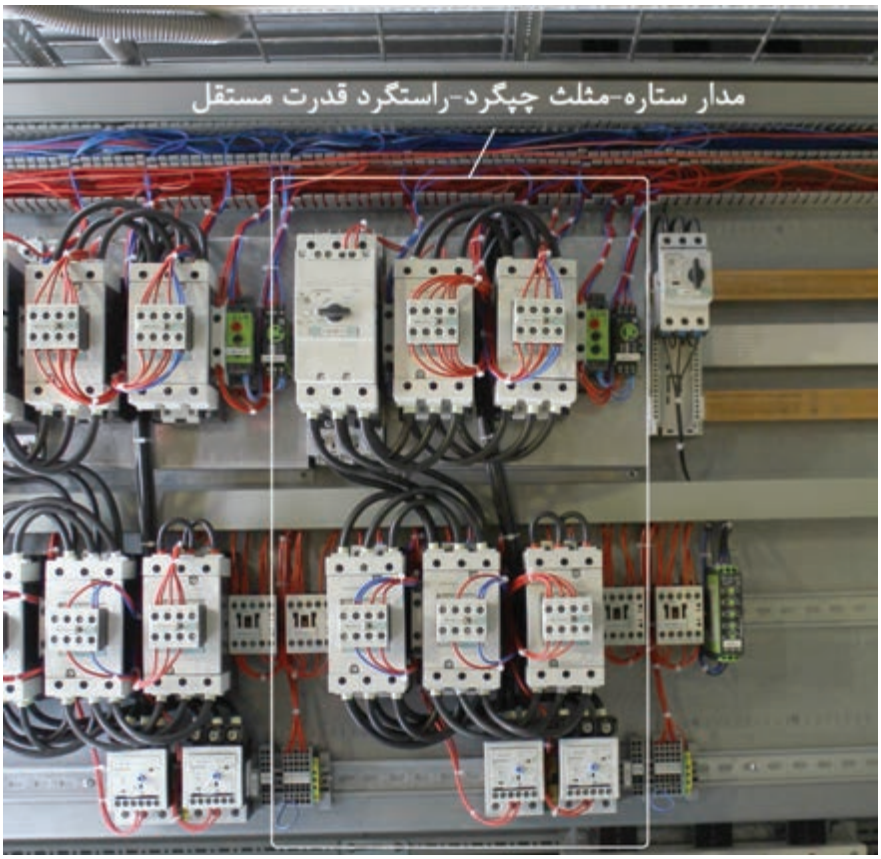
۲ـ تابلوهایی که شینه‌بندی می‌شوند دقت بیشتری روی چیدمان و ترتیب قرار گرفتن قطعات درکنار هم لازم دارد در صورت طراحی و چیدمان ناصحیح امکان شینه‌بندی استاندارد وجود ندارد.

۳ـ در طراحی تابلو باید از ابعاد استاندارد استفاده کرد. (مانند ۶۰۰ ×۸۰۰ و ۷۰۰×۹۰۰ میلی‌متر).

۴ـ درصورتی‌که ابعاد نرمال، شامل اندازه‌هایی با اعداد طبیعی هستند ولی با ابعاد استاندارد کمی فاصله دارند. مثلاً اگر اندازه طبق محاسبات ۶۸۰ ×۹۳۰ میلی‌متر باشد آن ابعاد را گرد کرده و به ابعاد استاندارد ۷۰۰×۱۰۰۰ میلی‌متر تبدیل می‌شود.

در هر صورت ابعاد **استاندارد** و **نرمال** هر دو برای ارائه قابل قبول می‌باشند.

یک نمونه مدار روش ستاره ـ مثلث چپ‌گرد ـ راست‌گرد با قدرت مستقل، با چیدمان متفاوت در شکل ۴۳ ارائه شده است. این تابلو شامل دو رله اضافه بار است. یکی روی خط اصلی چپ‌گرد ـ راست‌گرد و دیگری روی خط مثلث قرار دارد. این عمل به‌دلیل حفاظت هرچه بیشتر موتور طراحی شده است.



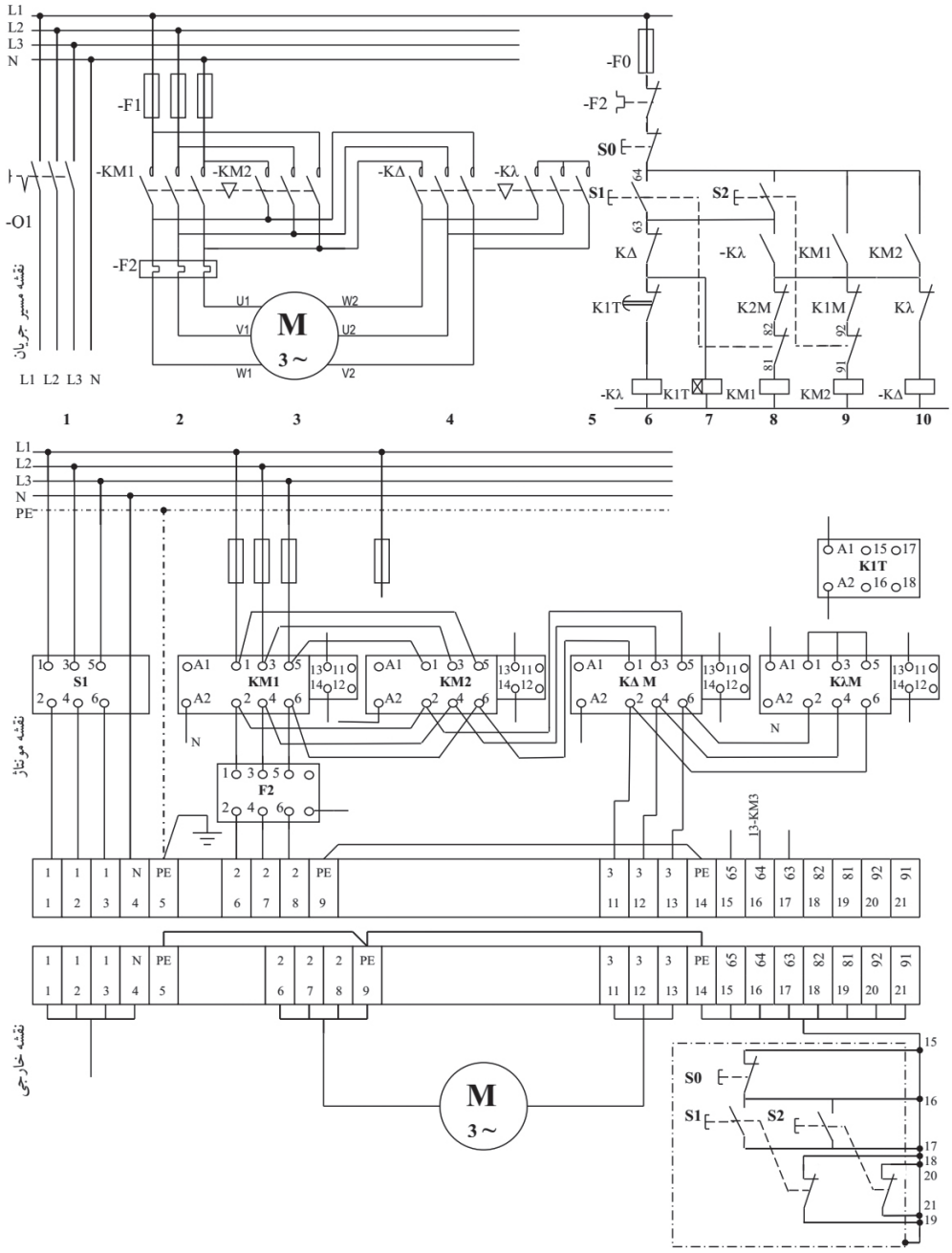
شکل ۴۳ـ یک نمونه دیگر از تابلو قدرت مستقل

فعالیت عملی

راه‌اندازی چپ‌گرد ـ راست‌گرد ستاره مثلث

۱ـ برای بستن مدار نقشه مونتاژ را تکمیل کنید.

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



شکل ۴۴ـ نقشه خارجی و نقشه مونتاژ مدار ستاره ـ مثلث چپ‌گرد ـ راست‌گرد

موتور دالاندر

موتور الکتریکی برخی از دستگاه‌های صنعتی با چند سرعت کار می‌کنند مانند مته، دستگاه‌های تراش، بالابر، دستگاه‌های نساجی و نظایر آن.

برای تغییر سرعت موتورهای الکتریکی روش‌های مختلفی به این شرح مورد استفاده قرار می‌گیرد :

۱ـ تغییر سرعت به روش تغییر ولتاژ (v)

۲ـ تغییر سرعت به روش تغییر فرکانس (f)

۳ـ تغییر سرعت به روش تغییر هم‌زمان ولتاژ فرکانس (v/f)

۴ـ تغییر سرعت به روش تغییر قطب‌های سیم پیچی موتور الکتریکی

سرعت میدان دوار مغناطیسی در موتورهای الکتریکی سه فاز با فرکانس جریان رابطه مستقیم و با تعداد قطب‌های موتور رابطه عکس دارد.

میدان مغناطیسی دوار موتورهای الکتریکی سه فاز از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$n_s = \frac{۱۲۰f}{p}$$

در این رابطه:

f: فرکانس جریان بر حسب هرتز (Hz)

P: قطب‌های سیم‌بندی است.

سرعت میدان دوّار مغناطیسی با فرکانس رابطه مستقیم و با قطب‌های سیم‌بندی رابطه عکس دارد.

یکی از ساده‌ترین روش‌های تغییر سرعت موتورهای الکتریکی سه فاز تغییر تعداد قطب‌های سیم‌بندی می‌باشد. در فرکانس f=۵۰Hz برای قطب‌های ۲، ۴ و ۶ می‌توان نوشت:

$$p = ۲ \rightarrow n_s = \frac{۱۲۰ \times ۵۰}{۲} = ۳۰۰۰ rpm$$

$$p = ۴ \rightarrow n_s = \frac{۱۲۰ \times ۵۰}{۴} = ۱۵۰۰ rpm$$

$$p = ۶ \rightarrow n_s = \frac{۱۲۰ \times ۵۰}{۶} = ۱۰۰۰ rpm$$

با افزایش قطب‌های سیم‌بندی سرعت میدان دوار و به دنبال آن سرعت چرخش موتورهای الکتریکی کاهش می‌یابد.

برای تغییر قطب‌های سیم‌بندی دو روش وجود دارد:

۱ـ تغییر قطب‌های سیم‌بندی با داشتن چند سیم پیچی جداگانه

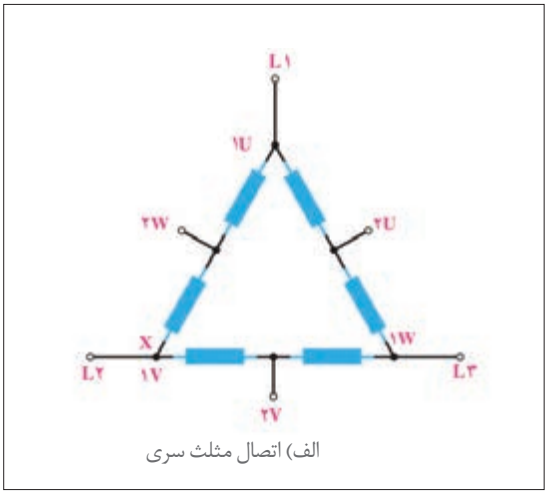
۲ـ تغییر قطب‌های سیم‌بندی به روش دالاندر

موتورهای الکتریکی سه فاز چند سرعته با داشتن چند سیم پیچی جداگانه از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه نیستند و جز در موارد خاص استفاده نمی‌شود.

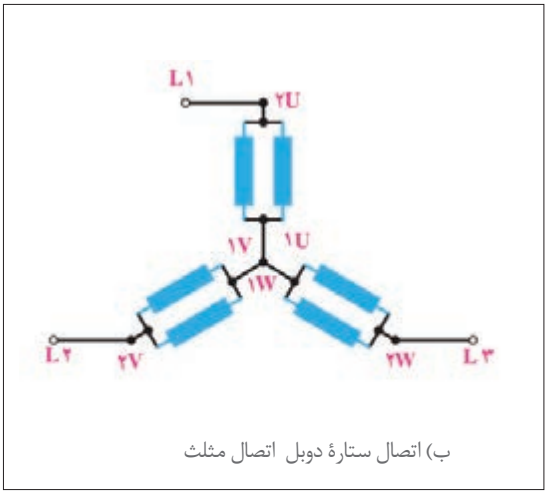
در موتورهای سه فاز دالاندر از یک سیم‌پیچ برای ایجاد دو عدد برای قطب‌های سیم‌بندی استفاده می‌شود.

در یک نوع از سیم پیچی دالاندر از اتصال مثلث کلاف‌ها برای سرعت کم و قطب زیاد و اتصال ستاره دوبل

برای سرعت زیاد و قطب کم استفاده می‌شود. در اتصال دالاندر نسبت سرعت کم به زیاد $\frac{۱}{۲}$ می‌باشد.



الف) اتصال مثلث سری



ب) اتصال ستارهٔ دوبل اتصال مثلث

شکل ۴۵ـ اتصالات موتور دالاندر

راه‌اندازی مدار راه‌اندازی موتور دالاندر

الف)مدار قدرت: مدار قدرت راه‌اندازی موتور دالاندر به سه کنتاکتور نیاز دارد. کنتاکتور KM1 در سرعت کند سه فاز را به سر کلاف‌های موتور می‌رساند:

$$KM1:\begin{cases} L1 \rightarrow 1U \\ L1 \rightarrow 1V \\ L3 \rightarrow 1W \end{cases}$$

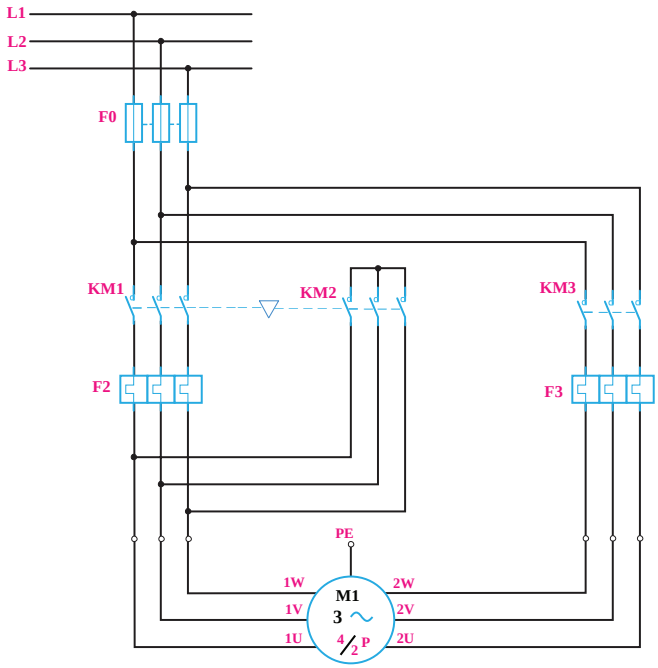
در سرعت تند کنتاکتور KM3 سه فاز را به سر وسط کلاف‌ها می‌رساند و هم‌زمان KM2 سه سر کلاف‌ها را اتصال کوتاه می‌کند.

$$KM1:\begin{cases} L1 \rightarrow 2U \\ L2 \rightarrow 2V \\ L3 \rightarrow 2W \end{cases}$$

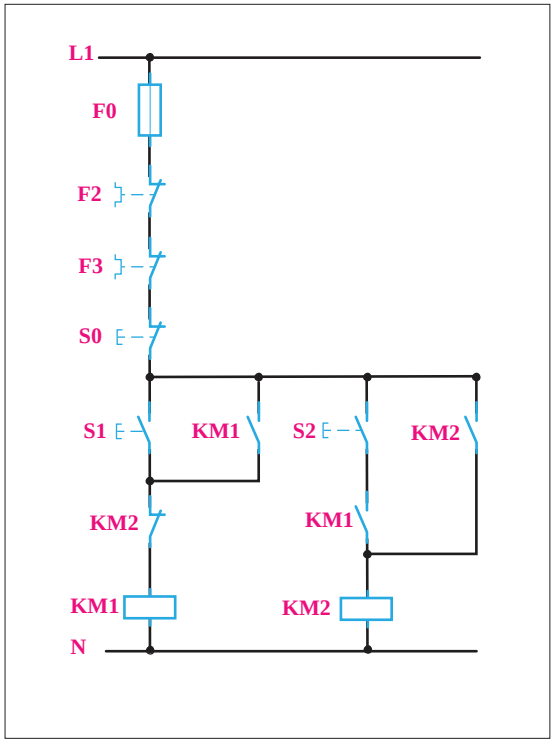
$$KM2:1U,1V,1W$$

جریان دریافتی موتور در سرعت‌های کم و زیاد متفاوت است و باید از دو رله اضافه بار $F_۲$ و $F_۳$ در مدار استفاده کرد (شکل ۴۶).

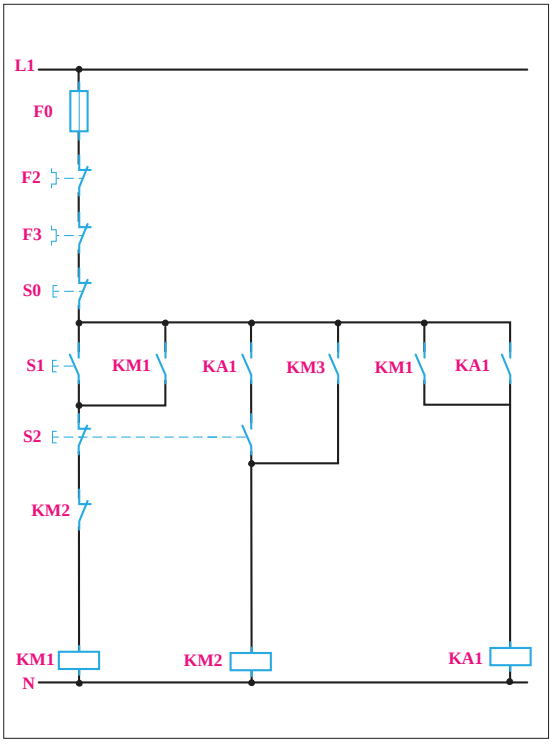
ب)مدار فرمان: مدار فرمان راه‌انداز موتور دالاندر تغییر سرعت را ازدور کند به دور تند فرمان می‌دهد. در این مدار کنتاکتور KM2 باید پس از کنتاکتور دور کند KM1 وارد مدار شود و کنتاکتور KM1 از مدار خارج شود (یکی به جای دیگری) (شکل ۴۷).



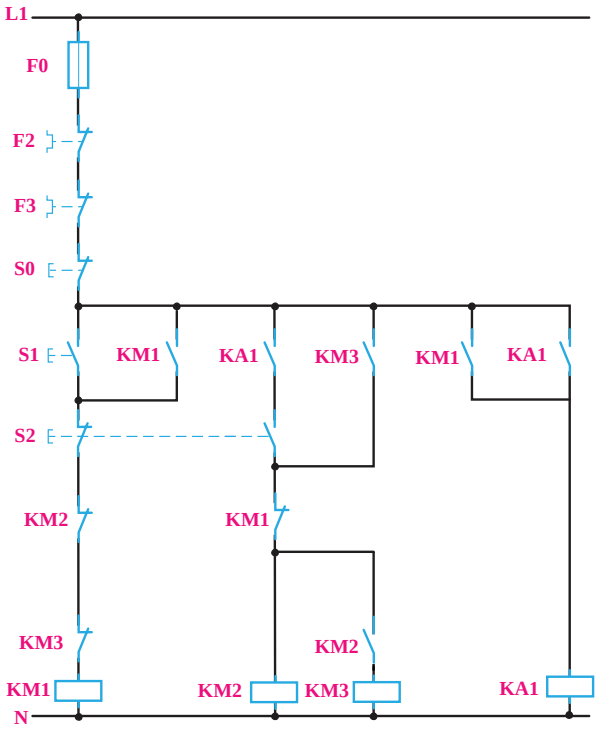
شکل ۴۶ــ مدار قدرت موتور دالاندر



شکل ۴۷ــ مدار یکی به جای دیگری



شکل ۴۸ــ کنتاکتور دوبل برای مدار فرمان دالاندر



شکل ۴۹ــ دو کنتاکتور برای دور کند

کنتاکتور KM1,KM2 حتی برای یک لحظه هم نباید با هم در مدار باشند زیرا حالت اتصال کوتاه سه فاز ایجاد می‌شود.(چرا؟) به همین دلیل از شستی دوبل استفاده می‌شود. ولی با توجه به اینکه در شستی دوبل ابتدا قسمت قطع عمل می‌کند لذا با قطع بودن KM1 دیگر KM2 راه‌اندازی نمی‌شود. بنابراین از کنتاکتور کمکی KA1 استفاده می‌شود (شکل۴۸).

در این صورت بعد از فشار به شستی دوبل و قطع KM1، KM2 می‌تواند وارد مدار شود.

برای ایجاد دور کند کنتاکتورهای KM2، KM3 باید باهم در مدار باشند لذا پس از وصل شدن کنتاکتور KM2، کنتاکتور KM3 نیز وارد مدار می‌شود (شکل ۴۹).

کنتاکتور KM2 باید وابسته به KM3 باشد. بنابراین برای این دو کنتاکتور از کنتاکتور خود نگه‌دار KM3 استفاده می‌شود (شکل ۴۹).

از کنتاکت بسته KM1 در مسیر دور تند و از کنتاکت‌های بسته KM3,KM2 در مسیر دور کند استفاده می‌شود تا حفاظت مدار بیشتر شود.

تمرین

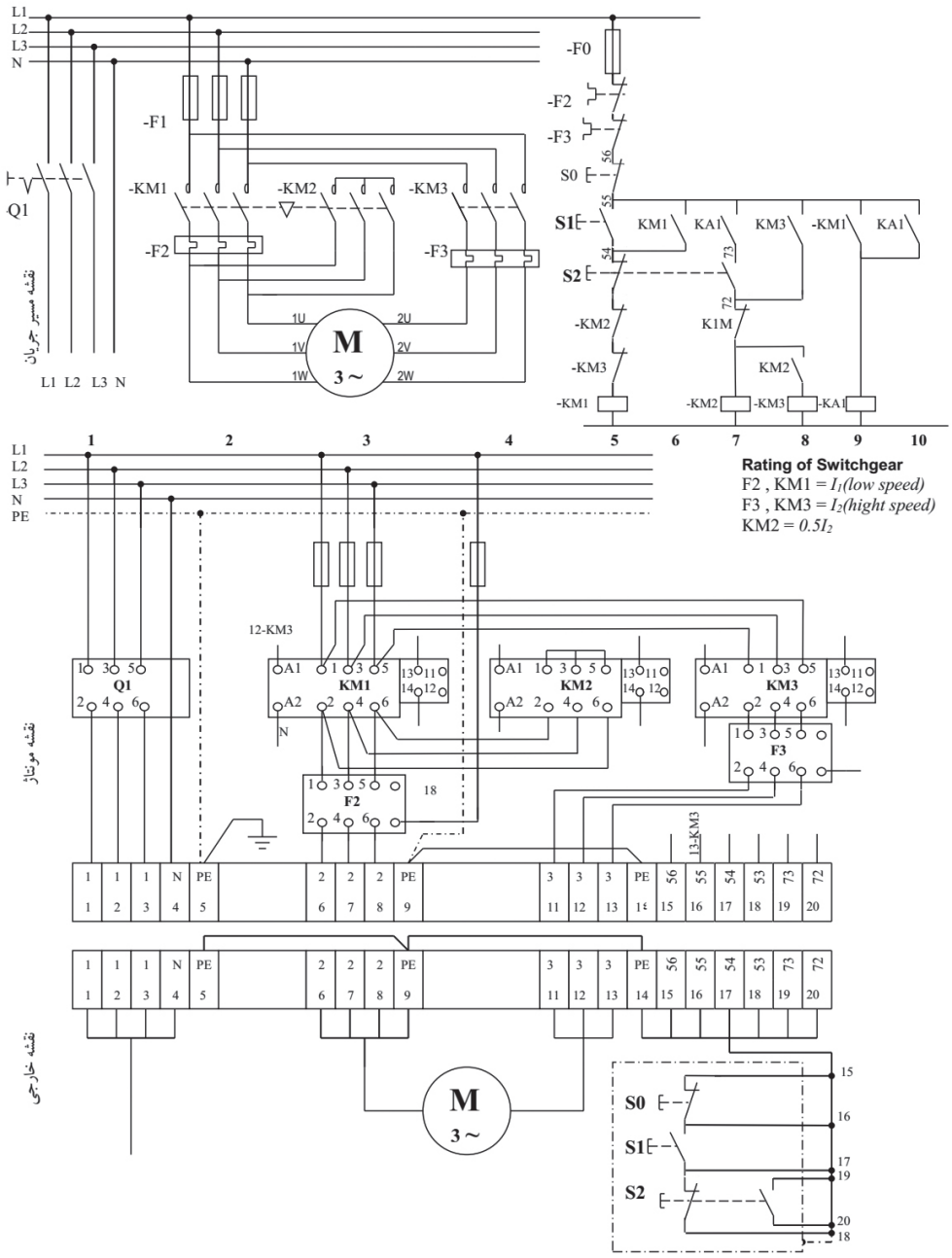
هنرجویان عزیز، در این مرحله شما به توانمندی محاسبه و برآورد ابعاد تابلو دست پیدا کرده‌اید. همچنین مهارت‌های لازم در جانمایی و نصب قطعات تابلوهای فشارضعیف الکتریکی را کسب نموده‌اید. با توجه به مهارت‌های به‌دست آمده، ابعاد تابلو راه‌اندازی موتور دالاندر را برآورد کرده و جانمایی و نصب قطعات مورد نیاز آن را انجام دهید. توان موتور را با توجه به موتور الکتریکی موجود در هنرستان در نظر بگیرید.

فعالیت عملی

ـ مدار راه‌اندازی موتور دالاندر (نقطه کند ـ تند)

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

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



شکل ۵۰ـ نقشه مونتاژ و نقشه خارجی مدار راه‌انداز موتور دالاندر

ارزشیابی شایستگی تابلو برق دستگاه‌های صنعتی

شرح کار:
تابلو راه‌اندازی مدار ستاره ـ مثلث دستی و خودکار
تابلو راه‌اندازی مدار ستاره ـ مثلث چپ‌گرد ـ راست‌گرد
تابلو راه‌اندازی موتور دالاندر

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 تابلو
سیم‌کشی صحیح و مطابق با استاندارد عملکرد بین قطعات (سیم و شینه مسی)

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 مورد نظر هر تابلو ـ داکت پلاستیکی لوله انعطاف‌پذیر ـ لباس کار ـ موتور الکتریکی سه فاز ـ کابل سه فاز

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	نقشه‌خوانی و نقشه‌کشی (نقشه مونتاژ وترمینال)	۲	
۲	آزمایش صحت و راه‌اندازی تابلو با حضور هنرآموز	۲	
۳	عیب‌یابی	۲	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش: کسب اطلاعات کارتیمی مستندسازی ویژگی شخصیتی	۲	
	میانگین نمرات		*

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

طرح چشمهٔ الشریف (ژنراتوری سیار برای پمپ آب در حجم بسیار بزرگ)

یکی از نیازمندی‌های دفاع مقدس در زمان جنگ آبی، پمپ آب در حجم بالا بود. ابتکار پمپ خندق یکی از این توانمندی‌ها بود و تحول بزرگی ایجاد کرد. یک حالت اعتماد به نفس و امیدواری در تیم کمیتهٔ آب به‌وجود آورد که «هر چه بخواهیم، می‌توانیم به آن برسیم.»

ولی این پمپ چند ایراد داشت که کاربری آن را مشکل می‌کرد

- خیلی بزرگ بود و فقط با جرثقیل جابه‌جا می‌شد.
- نصب آن احتیاج به شمع‌کوبی (پایه‌های محکم وقوی) داشت.
- نیاز به ژنراتورهای برق ۵۰۰ کا.وِ.آ (۵۰۰KVA) و موتوربرق‌های سنگین ۱۰۰ کیلوواتی (۱۰۰KW) داشت که هر دو خارجی بودند.
- به‌خاطر نصب مخزن سوخت و کابل‌کشی‌ها، امکان جابه‌جاییِ سریع آن محدود بود.

آیا ممکن بود همهٔ این مشکلات، با هم حل شود؟!

در اینجا بود که یک درخواست عجیب و بلندپروازانه به مهندسین و صنعتگران قرارگاه کربلا داده شد. سفارش جدید، این بود که به یک پمپی نیاز است که:

۱ـ احتیاج به شمع‌کوبی و جرثقیل برای نصب نداشته باشد.

۲ـ احتیاج به موتوربرق سنگین و اصولاً هیچ قطعهٔ خارجی نداشته باشد.

۳ـ سیار باشد و سریع نـصب شود.

۴ـ کارپمپ را خیلی ارزان‌تر انجام دهد.

بالاخره به مهندسین جهاد اصفهان در اهواز سفارش داده شد و یک استاد صنعتگر و ماهر اصفهانی، مأمور شد تا ایدهٔ جدید کمیتهٔ آب جهاد را با همکاری یکی دو نفر مهندس خبره، به واقعیت تبدیل کند.

تمام امکانات در اختیار آنها گذاشته شد و نقشه‌ها هر روز بررسی، اصلاح، تکمیل و اجرا می‌شد و کار پیش می‌رفت. بعد از مدت کوتاهی، سرانجام شاهد خلق یک پدیدهٔ صنعتی ـ نظامی در سولهٔ جهاد اصفهان در جنوب اهواز بودیم که هر پنج نیاز فوق را به نحوی حیرت‌انگیز و با استفاده از امکانات موجود ایرانیِ آن زمان پاسخ می‌داد.

طرح خلاقانه چشمه‌الشریف ابتکار و نوآوری در دفاع مقدس

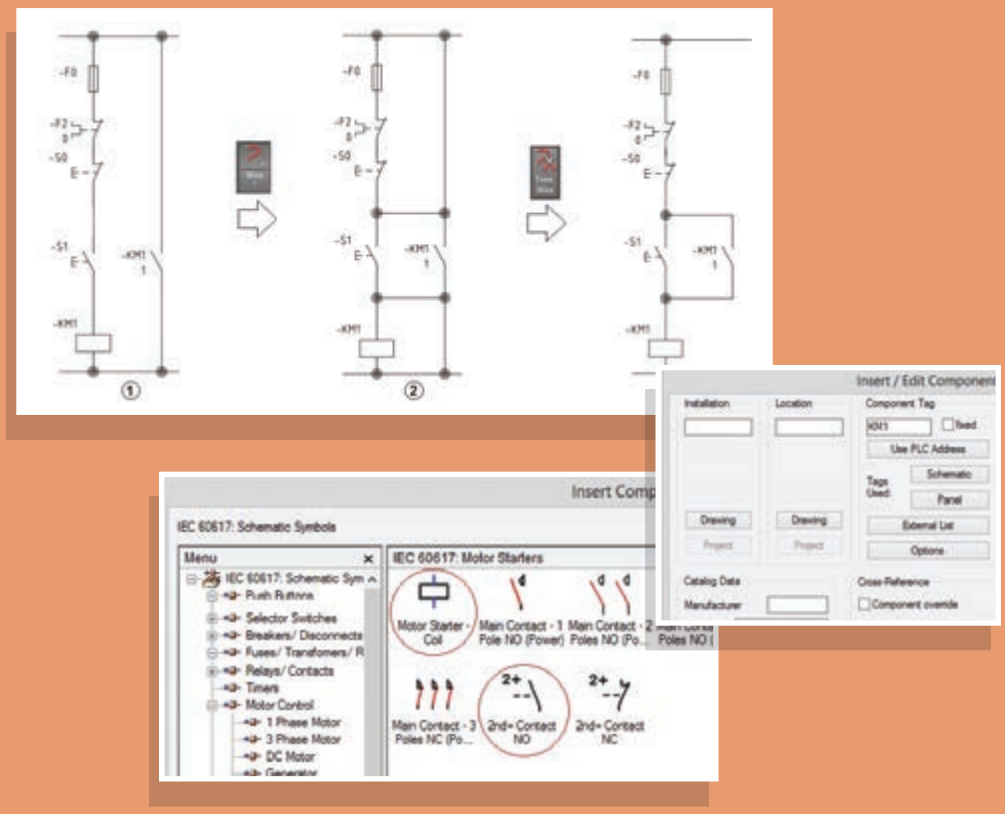
در این قایق فولادی به‌جز راه‌انداز (استارت) موتور، خبری از برق نبود و همهٔ تار و پود آن یک پمپ خندق بود .اما موقع کارکردن، رفتاری مانند یک نهنگ فراری و وحشی داشت که باید آن را با طناب مهار می‌کردند!

صنعتگر شریف و اصفهانیِ سازندهٔ این دستگاه، عموی سردار بزرگ مهندسیِ جنگ جهاد، شهید حاج محسن‌الشریف، مسئول محبوب تدارکات قرارگاه کربلا بود به همین دلیل نام این شناور را «چشمهٔ‌الشریف» گذاشتند.

این دستگاه، شاهکار بلامنازع نوآوری و اختراع در بخش مکانیک قرارگاه کربلا بود و از عملیات کربلای پنج به بعد برای اجرای دستورات تاکتیکیِ جنگ آبی‌ای مورد استفاده قرار گرفت، که فرماندهان نظامی صادر می‌کردند.

پودمان چهارم

نقشه‌کشی تابلوهای برق صنعتی



واحد یادگیری ۴

آیا می‌دانید

- نقشه‌کشی مدار راه‌اندازی دائم موتورهای الکتریکی از چه مراحلی تشکیل شده است؟
- ترسیم نقشه مدار فرمان و قدرت بدون انتخاب قطعه شرکت خاص در محیط اتوکد چگونه است؟
- ترسیم نقشه مدار فرمان و قدرت با انتخاب قطعه شرکت خاص در محیط اتوکد چگونه است؟
- انتخاب قطعات در مدار فرمان و قدرت در محیط اتوکد چگونه است؟
- نصب و کد مکان و ارجاع متقابل چیست؟

استاندارد عملکرد

در این پودمان هنرجویان قادر خواهند شد نقشه‌کشی مدارات فرمان و قدرت مدار راه‌اندازی دائم موتورهای الکتریکی را در محیط اتوکد ترسیم نمایند و قطعات مختلف مربوط به‌کارخانجات شناخته شده را فراخوانی کنند و در نهایت خروجی بگیرند.

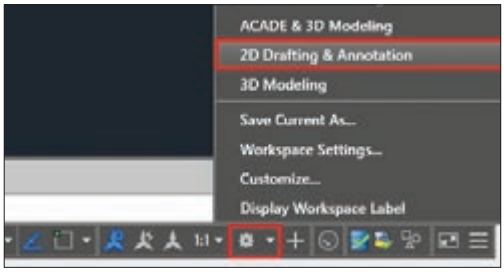
مقدمه

در کتاب نقشه‌کشی رایانه‌ای سال دهم نرم‌افزار AutoCAD آموزش و مهارت ترسیم نقشه‌ها با آن ارائه شد. همچنین در دروس کارگاهی سیستم‌های حفاظتی و ساختمان‌های هوشمند در سال قبل، نقشه‌هایی با AutoCAD ترسیم شد. در این پودمان نسخه Electrical نرم‌افزار اتوکد آورده شده است که در تابلوسازی کاربرد دارد. در این نرم‌افزار الگوهای آماده، شامل لایه‌های مورد نیاز، علائم آماده قطعات، نیازهای اولیه ترسیم نقشه‌های الکتریکی را برطرف می‌کند، سادگی ترسیم خطوط و جای گرفتن علائم آماده روی خطوط و حذف خطوط اضافی در کار و همچنین هوشمندی این برنامه در ایجاد ارجاع متقابل در کارهای ترسیمی و در نقشه‌های مختلف از امتیازات این برنامه است علاوه بر این، داشتن قطعات آماده با اندازه و ابعاد متعلق به شرکت‌های مختلف، در تهیه و تکمیل پروژه‌های نقشه‌کشی کمک خواهد کرد. ارتباط این نرم‌افزار با سایر نرم‌افزارها مثل Inventor و SolidWork برای ارائه نقشه‌های سه بعدی برای تابلوها از دیگر امکانات این نرم‌افزار است که در انتهای این پودمان به آن اشاره شده است.

محیط نرم‌افزار AutoCAD Electrical

در این کتاب نسخه ۲۰۱۵ و ۲۰۱۶ این نرم‌افزار استفاده شده است. نصب کردن نرم‌افزار AutoCAD Electrical این امکان را می‌دهد که با نسخه معمولی AutoCAD نیز بدون مشکلی کار انجام شود. پس از نصب AutoCAD Electrical از طریق کادر قرمز رنگ شکل ۱ می‌توان محیط را تبدیل به AutoCAD معمولی کرد.

با توجه به آنکه در سال‌های اخیر سربرگ‌های Ribbon در نرم‌افزار AutoCAD رایج شده، در آموزش به‌جای اجرای دستورات از سایر روش‌ها مثل File Menu، Toolbar، Palette و نظایر آن از این زبانه اجرا و آموزش را پیش برده می‌شود. با نصب نرم‌افزار AutoCAD Electrical تنها زبانه Home از AutoCAD معمولی باقی مانده و سایر سربرگ‌ها به‌صورت شکل ۲ می‌باشد.



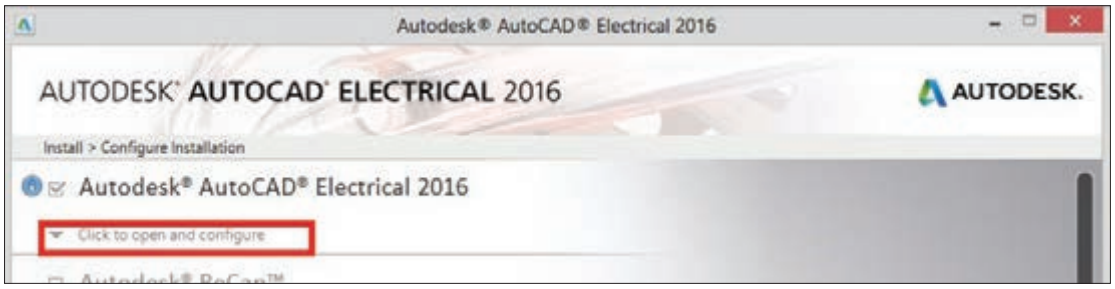
شکل ۱ــ تبدیل محیط اتوکد الکتریکال به اتوکد معمولی

شکل ۲ــ سربرگ‌ها

سربرگ شماتیک Schematic در شکل ۲ فعال است که خود شامل ۶ بخش است که تمام کارهای ترسیمی ویرایشی با این زبانه انجام می‌شود، سربرگ Home در نسخه Electrical نرم‌افزار، حالت نمایشی دارد و برای استفاده از امکانات هوشمند آن به‌کار برده نمی‌شود.

توجه

در نقشه‌ها از قطعات شرکت‌های مختلف استفاده خواهد شد. همچنین در ترسیم نقشه‌های فرمان و قدرت از علائم امریکایی استفاده نمی‌شود. بنابراین هنگام نصب برنامه توجه شود قبل از کلیک دکمه نصب مطابق با شکل ۳ تنظیم مورد نظر انجام شود.

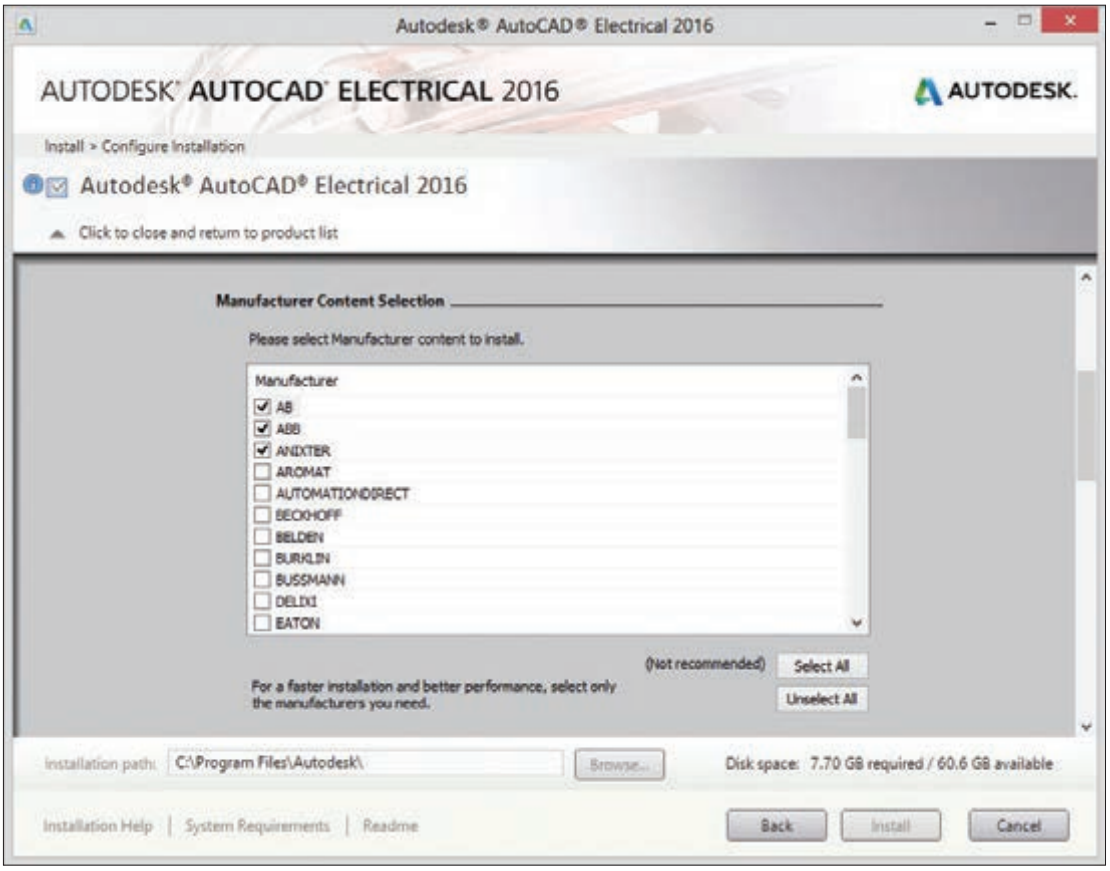


شکل ۳ـ پیکر بندی اولیه نرم‌افزار قبل از نصب

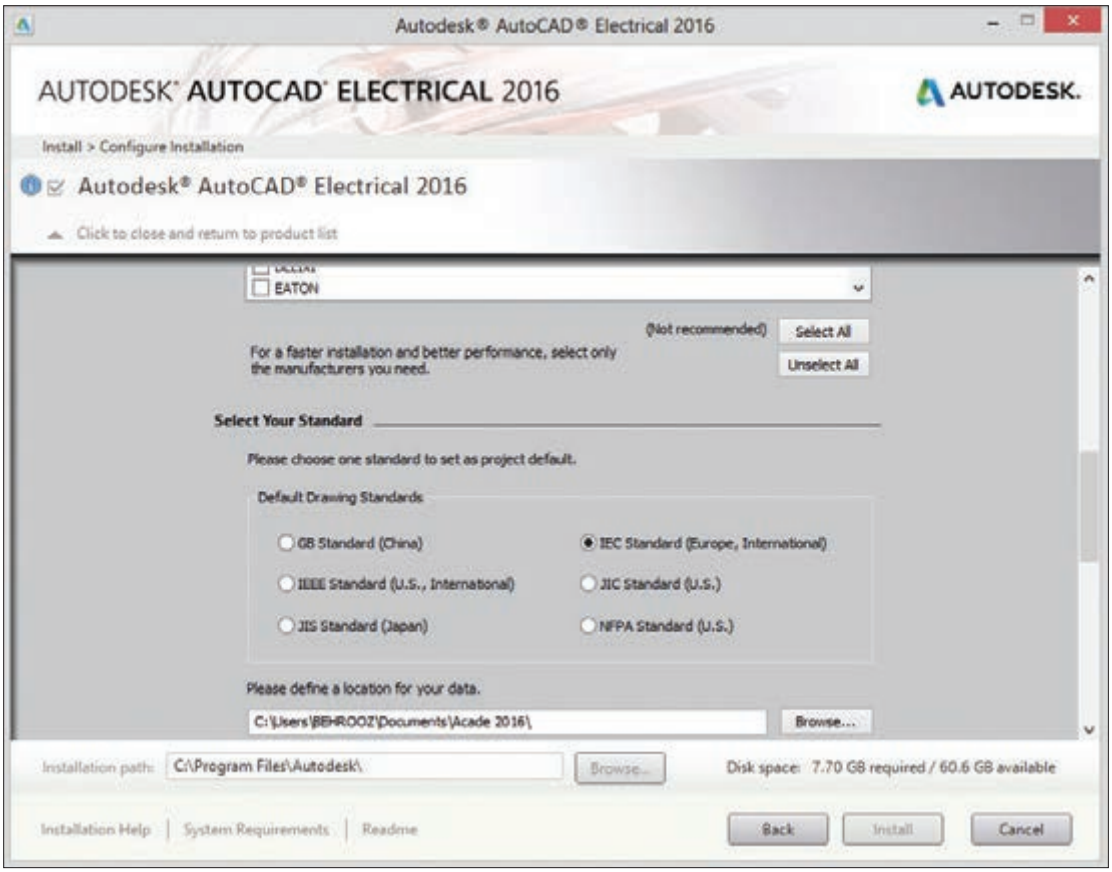
انتخاب کارخانه و استاندارد مورد نظر

برای انتخاب کارخانه قطعه‌سازی زبانه Click to open and configure انتخاب می‌شود. با انتخاب این قسمت لیست کارخانه‌های مختلف برای به‌کارگیری قطعات آنها نمایش داده می‌شود شکل (۴) با تیک زدن و انتخاب کارخانه و قطعات آن به مجموعه اضافه می‌شود (شکل ۵).

همچنین برای انتخاب استاندارد مورد نظر علائم نقشه‌ها به‌جای NFPA گزینه IEC مطابق شکل ۵ انتخاب می‌شود.



شکل ۴ـ انتخاب کارخانجات مختلف



شکل۵ـ انتخاب استاندارد

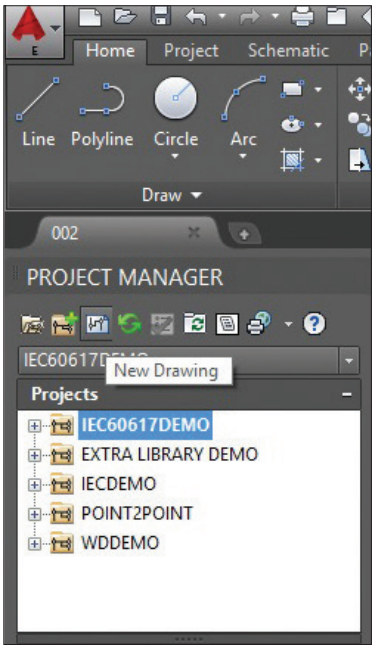
کار عملی ۱

هدف: ترسیم نقشه فرمان و قدرت راه انداز موتور الکتریکی به‌صورت دائم کار بدون انتخاب قطعات از کارخانه سازنده

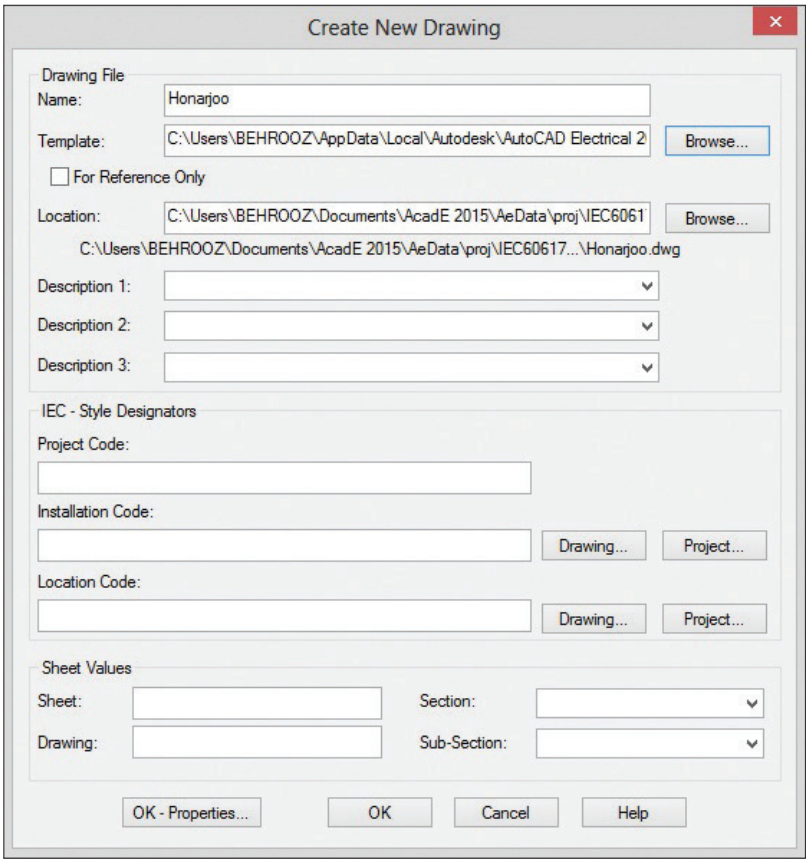
در این کار عملی انتخاب قطعات از کارخانه خاصی مد نظر نیست. برای ترسیم مدار فرمان و قدرت این راه‌اندازی گام به گام مطابق مراحل گفته شده زیر عمل کنید.

گام ۱ـ ابتدا از قسمت PROJECT MANAGER، مطابق شکل ۶ گزینه New Drawing را انتخاب کنید.

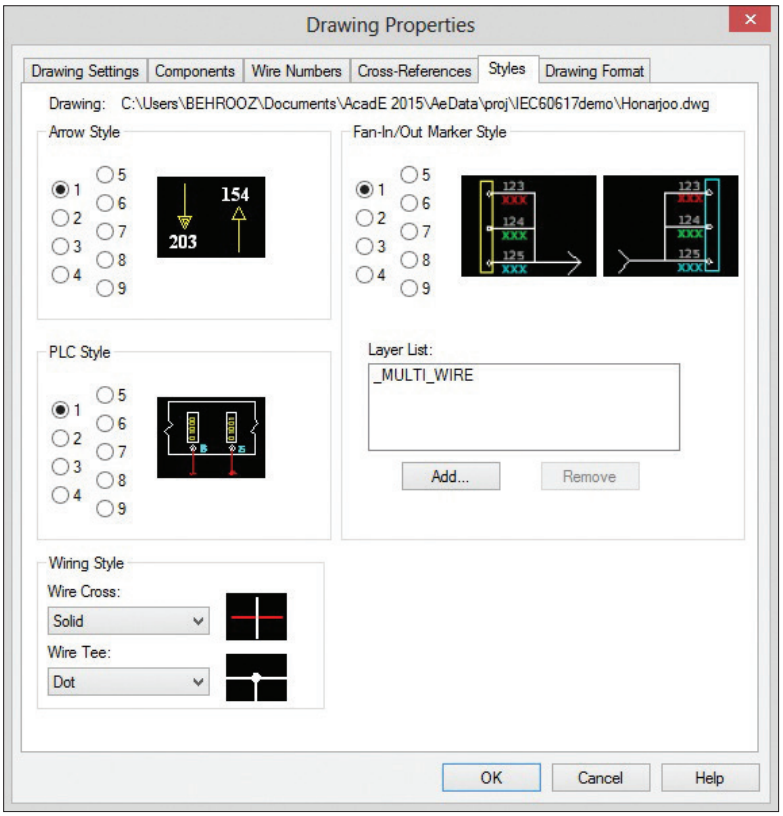
در این حالت پنجره‌ای باز می‌شود نام Honarjoo را برای آن انتخاب کنید(شکل ۷) و در قسمت Template دکمه Browse را انتخاب کنید و از الگوهای موجود AutoCAD Electrical_IEC را انتخاب کنید. برای آنکه تنظیمات بیشتری انجام دهید دکمه OK_properties را کلیک کنید. در این حالت پنجره شکل (۷) بسته شده و پنجره دیگری باز می‌شود (شکل ۸).



شکل ۶ــ گزینه new drawing



شکل ۷ــ تعیین پنجره جدید



شکل ۸ــ مشخصات ترسیم

این پنجره Drawing Properties نام دارد. در این سربرگ Style و در پایین صفحه از منوی Wiring Style گزینه Solid و Dot را مطابق شکل انتخاب کنید چون در اکثر نقشه‌ها عبور سیم‌ها و انشعاب به این شکل نشان داده و ترسیم می‌شود. البته از روش‌های دیگری نیز می‌توان انشعاب و عبور سیم‌ها را نشان داد.

تذکر

Drawing Properties را مطابق شکل ۹ می‌توانید از سربرگ شماتیک نیز به‌طور جداگانه و در هر زمان دلخواه اجرا نمایید.

شکل ۹ــ روش دیگر انتخاب پنجره drawing properties

فعالیت ۱

در صورتی که پنجره PROJECT MANAGER بسته شده باشد چگونه می‌توان آن را مجدد ظاهر کرد؟

تحقیق کنید

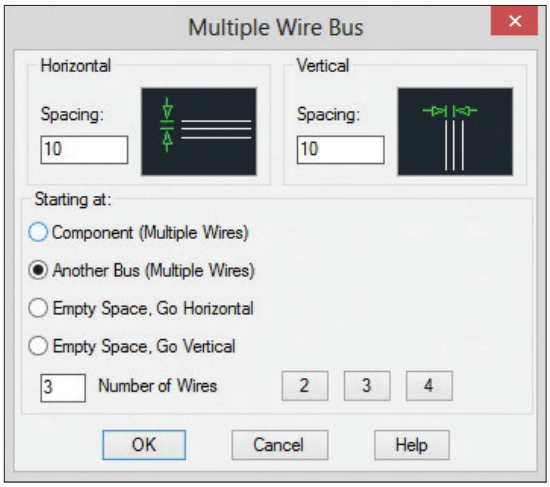
سایر قسمت‌های پنجره Create New Drawing برای چه منظوری است و چه کاری انجام می‌دهد؟

گام ۲ـ برای ترسیم خطوط مدار قدرت در سر برگ شماتیک از منوی Insert Wire/Wire Numbers ابزار Multiple Bus را کلیک کنید تا پنجره شکل ۱۰ باز شود.

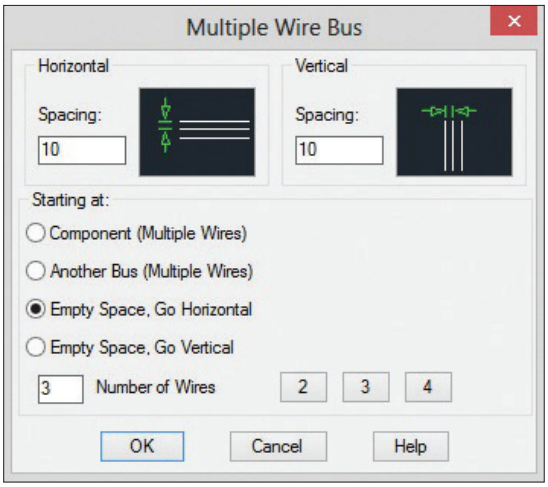
در این پنجره به‌صورت پیش فرض گزینه Another Bus انتخاب شده است تا بتوان خط سه فاز را از جایی انشعاب گرفت اما چون شما می‌خواهید در یک فضای خالی جدید و در ابتدا یک خط سه فاز افقی ترسیم کنید گزینه نشان داده شده را کلیک کنید از طرفی با توجه به اینکه کادر نقشه IEC انتخاب شده کوچک است فواصل خطوط را که به‌صورت پیش فرض ۲۰ است به عدد ۱۰ تغییر دهید. توجه داشته باشید این انتخاب به معنای آن است که بعداً علائم را نیز در مقیاس نصف انتخاب کنید سپس OK کنید در این صورت ماوس فعال می‌شود و با کلیک در سمت چپ بالای صفحه خط سه فاز به‌صورت افقی ترسیم می‌شود.

تذکر

اگر قصد دارید N و PE را نیز رسم کنید باید در پایین پنجره به‌جای ۳ عدد ۴ و یا ۵ را انتخاب نمایید.



شکل ۱۰ـ الف) خط عمودی



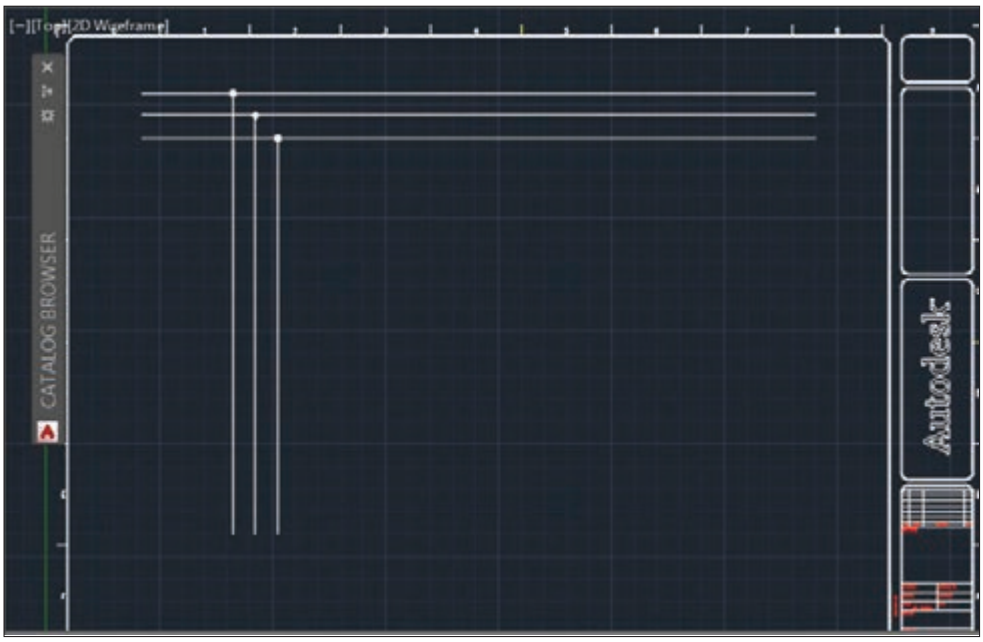
شکل ۱۰ـ ب) خط افقی

بعد از ترسیم سه خط افقی سه خط انشعاب عمودی به آن اتصال دهید و تا پایین صفحه امتداد دهید برای این کار مجدداً گزینه Multiple Bus را کلیک کرده و گزینه Another Bus را مطابق شکل ۱۰ـ ب انتخاب کنید مطابق شکل و بعد از OK ماوس را روی محل سیم‌های افقی قرار دهید و به پایین‌کشیده تا محل مناسب ادامه دهید و در انتها کلیک کنید.

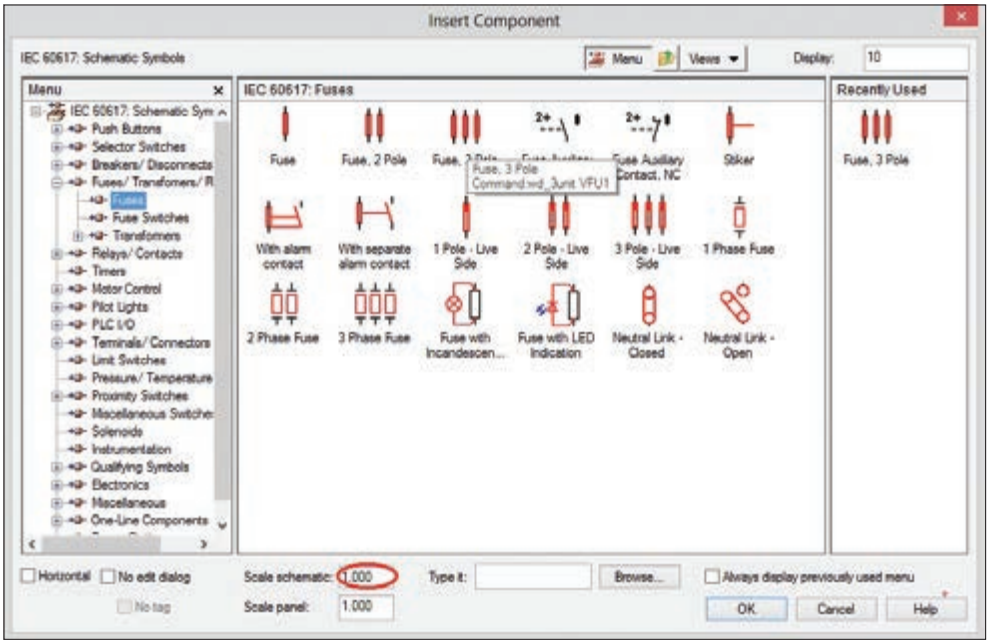
حاصل این ترسیم شکل ۱۱ است. در مرحله بعد علائم مدار قدرت ترسیم می‌شود.

گام ۳ـ برای رسم مدار قدرت قطعات و علائم آن را از سربرگ شماتیک انتخاب کنید، برای این کار گزینه Icon Menu را کلیک کنید تا پنجره Insert Component ظاهر شود (شکل۱۲). از بین علائم، فیوز سه

فاز را انتخاب نمایید و آن را در مدار قدرت قرار دهید (با قرار گرفتن آن، خطوط اضافی مدار قدرت که زیر علامت مورد نظر قرار دارد حذف می‌شود)



شکل۱۱ــ خط افقی و عمودی سه فاز ترسیم شده

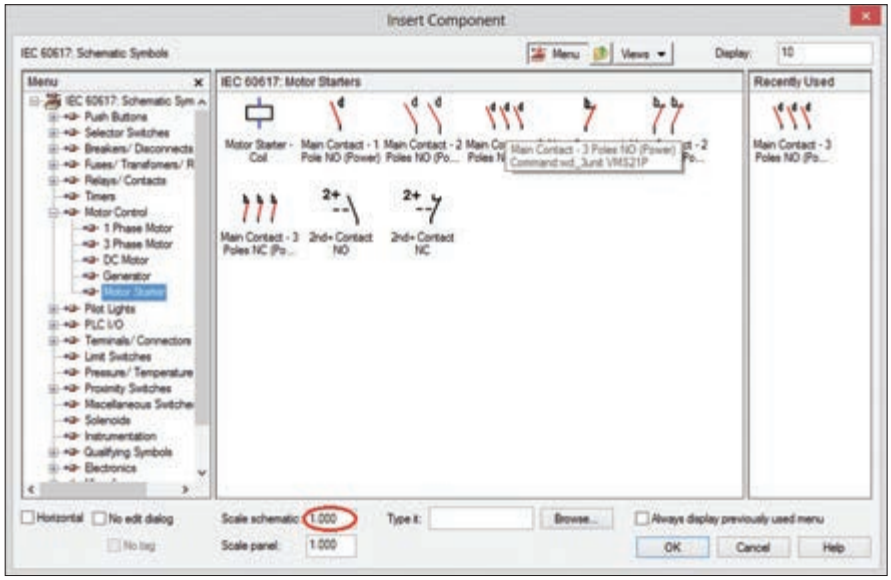


شکل ۱۲ــ قطعات و علایم قدرت

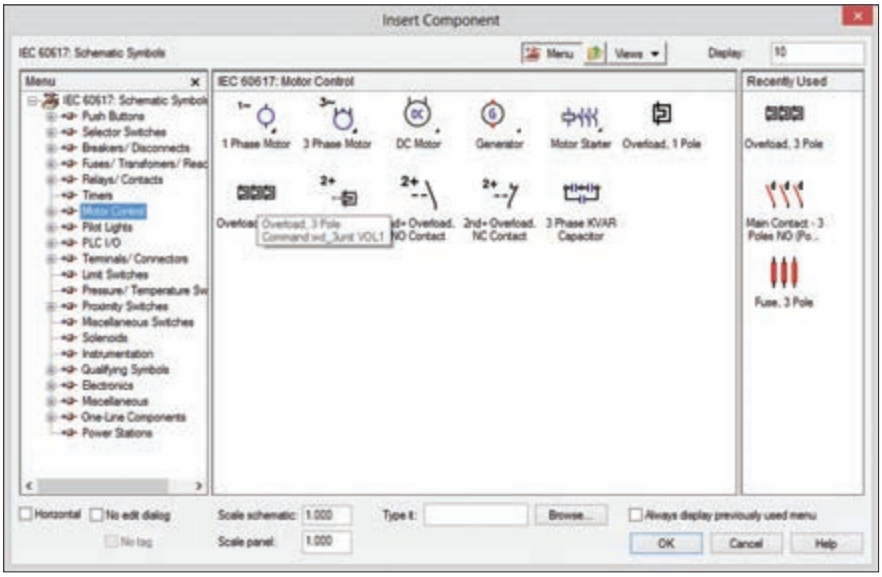
برای انتخاب کنتاکتور از پنجره قطعات و علایم قدرت گزینه

Motor Control>Motor Starter>Main Contact ۳pole(NO)

را مطابق شکل ۱۳ انتخاب کنید و قطعه انتخاب شده را در جای مناسب در مدار قدرت قرار دهید (با قرار گرفتن آن خطوط اضافی مدار قدرت که زیر علامت مورد نظر قرار دارد حذف می‌شود)



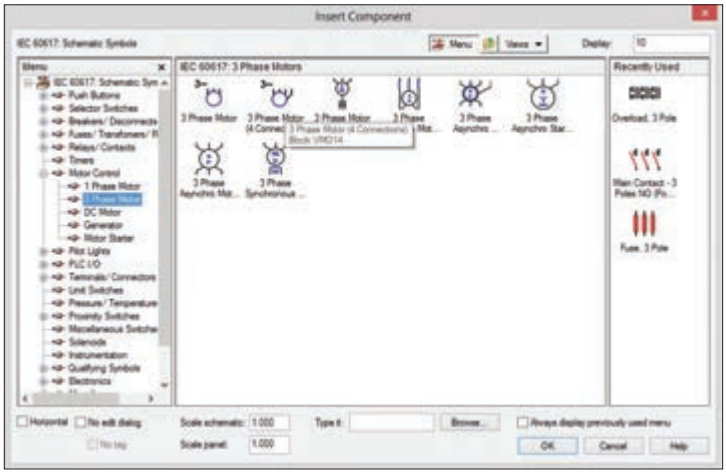
شکل ۱۳ـ انتخاب کنتاکتور



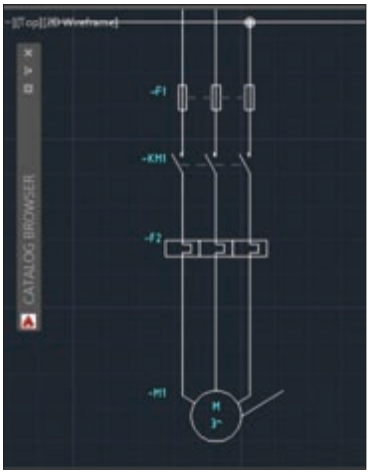
شکل ۱۴ـ انتخاب رله اضافه بار بی متال

برای انتخاب رله اضافه بار(بی متال) از قسمت Motor Control رله مورد نظر را انتخاب کرده و در زیر کنتاکتور قرار دهید.

موتور الکتریکی سه فاز را نیز از منوی Motor Control>۳ Phase Motor (شکل ۱۵) انتخاب کرده و در زیر رله اضافه بار قرار دهید.

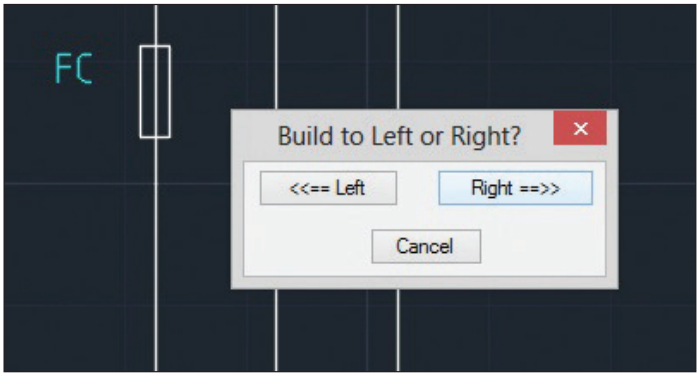


شکل۱۵ــ انتخاب موتور الکتریکی سه فاز



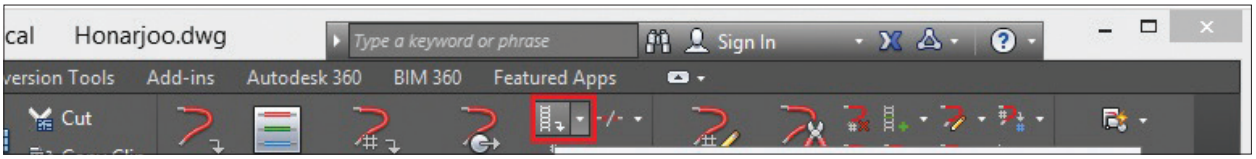
شکل۱۶ــ نقشه ترسیم شده در محیط نرم‌افزار

بعد از انجام مراحل گفته شده نقشه شکل ۱۶ رسم خواهد شد. در مورد نام‌گذاری قطعات در نرم‌افزار AutoCAD آزادی عمل وجود دارد و پیش‌فرض نام قطعات و پسوندهای آن با یکدیگر همخوانی ندارند به همین دلیل قبل از تأیید درج قطعه در صفحه، زمانی که پنجره Component Insert/Edit برای هر قطعه باز می‌شود، از قسمت Component Tag نام قطعه را مطابق شکل ۱۶ تغییر دهید.



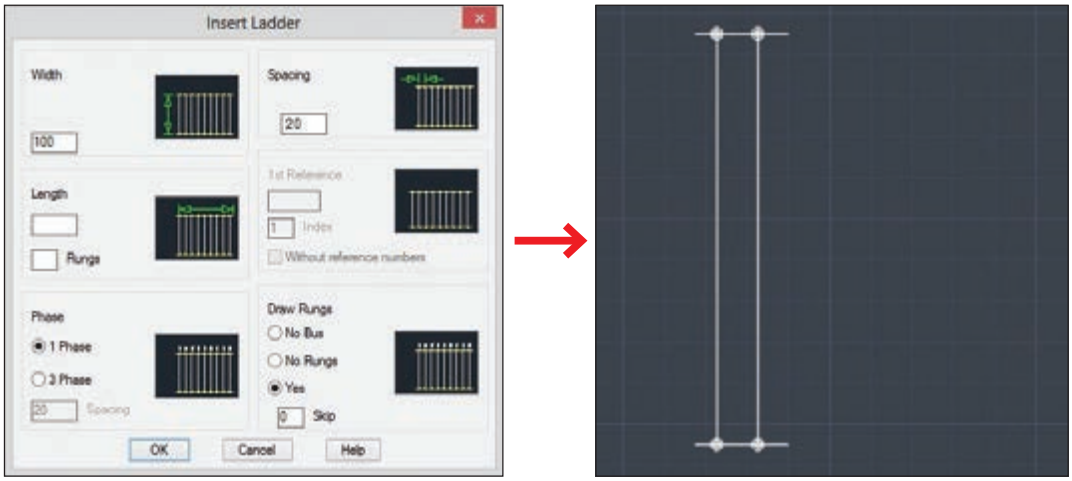
شکل۱۷ــ انتخاب ادامه علامت از صفحه ترسیم

گام ۴ــ برای ترسیم مدار فرمان گزینه Insert Ladder را از زبانه شماتیک کلیک کنید (شکل ۱۸).



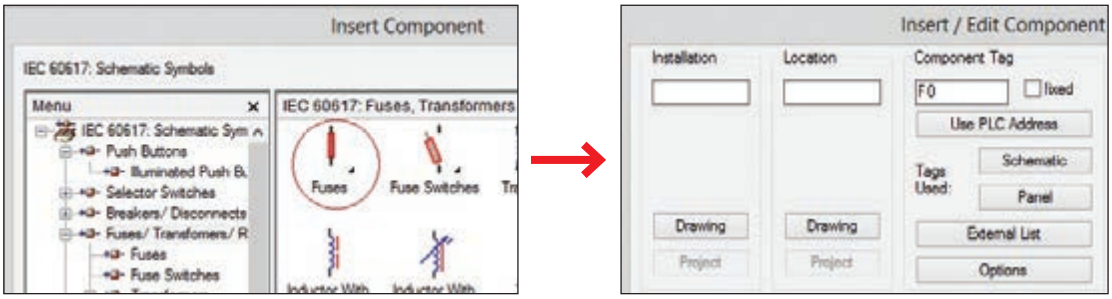
شکل۱۸ــ گزینه ترسیم مدار فرمان

با انتخاب گزینه insert ladder پنجره مطابق شکل ۱۹ باز می‌شود که ترسیم نردبان افقی مدار فرمان توسط آن صورت می‌گیرد عرض پله Width و فاصله پله‌ها از هم Spacing مانند قبل نصف مقادیر پیش‌فرض است اما با توجه به اینکه اولین مدار ساده است عرض پله را ۱۰۰ در نظر بگیرید طول نردبان با تعداد پله‌های نردبان با کلیک ماوس در صفحه و حرکت به سمت راست و کلیک مشخص کنید در اینجا دو پله کافی است.



شکل ۱۹ــ تنظیمات ترسیم مدار فرمان

گام ۵ــ برای ترسیم مدار فرمان، قطعات این مدار را باید روی خط نردبان قرار دهید. سپس دوباره از قسمت سربرگ شماتیک، دکمه Icon Menu را کلیک کنید تا پنجره Insert Component ظاهر شود. فیوز تک فاز (Fuse) را از همان پنجره (گام قبل (۴) برای فیوز سه فاز) انتخاب کرده و آن را در جای مناسب در مدار فرمان درج کنید دوباره با قرار گرفتن آن، خطوط اضافی مدار فرمان که زیر علامت مورد نظر قرار دارد حذف می‌شود و در پنجره Insert/Edit Component قبل از درج در Component Tag نام F0 را به آن داده و دکمه OK را کلیک کنید (شکل ۲۰).

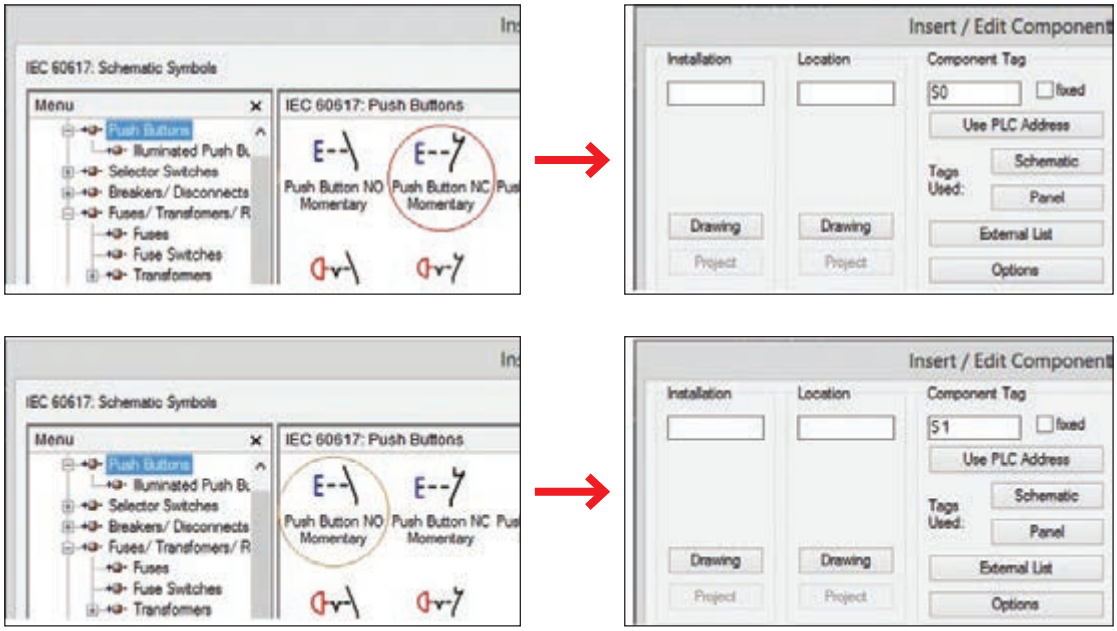


شکل ۲۰ــ انتخاب فیوز سه فاز

تذکر

قبل از جانمایی قطعه روی صفحه، پنجره سمت راست ظاهر می‌شود. پس از انتخاب نام مناسب دکمه OK را کلیک کرده و قطعه را روی محل مناسب در مدار فرمان قرار دهید.

برای ترسیم شستی‌های استارت و استپ دوباره Icon Menu را کلیک کرده تا پنجره Insert Component ظاهر شود از بین علائم ظاهر شده شستی قطع و شستی وصل مدار فرمان را انتخاب کنید (شکل ۲۱).

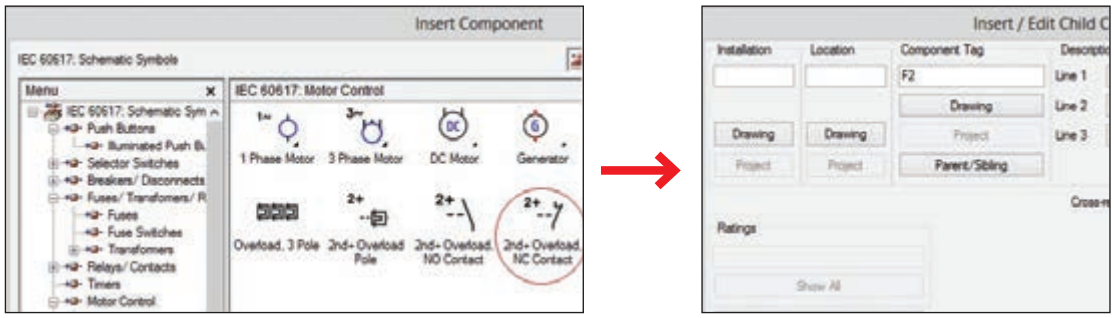


شکل ۲۱ـ انتخاب شستی استارت و استپ

تذکر

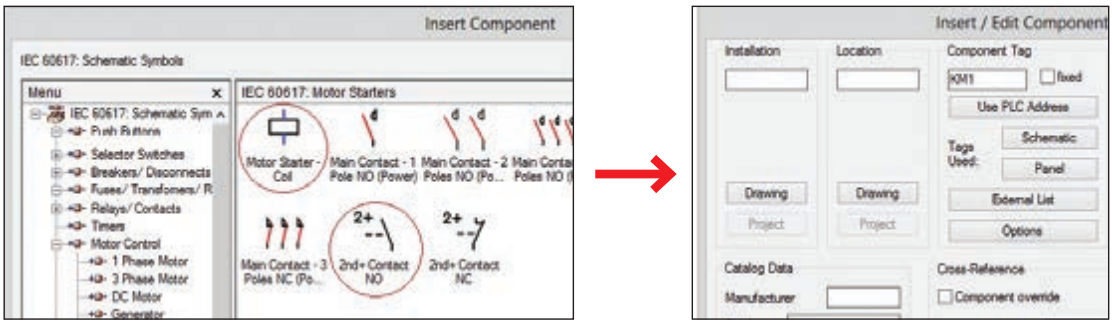
توجه داشته باشید هنگام درج علامت‌های فیوز و کنتاکتور و رله اضافه بار، ابتدا آنها را روی یکی از خطوط کناری مثلا سمت چپ درج کنید در ادامه نرم‌افزار از شما سؤال می‌پرسد بقیه علامت، در کدام سمت ساخته شود که در این حالت باید سمت راست را انتخاب کنید (شکل ۱۷).

برای لحاظ کردن تیغه بسته رله اضافه بار در مدار فرمان از مسیر Motor Control رله اضافه بار را مانند قبل پیدا کرده و آن را درج کنید. رله اضافه بار در مدار قدرت با نام F1 انتخاب شد بنابراین برای جلوگیری از عدم تشابه در مدار فرمان نام آن را F2 بگذارید (شکل ۲۲).



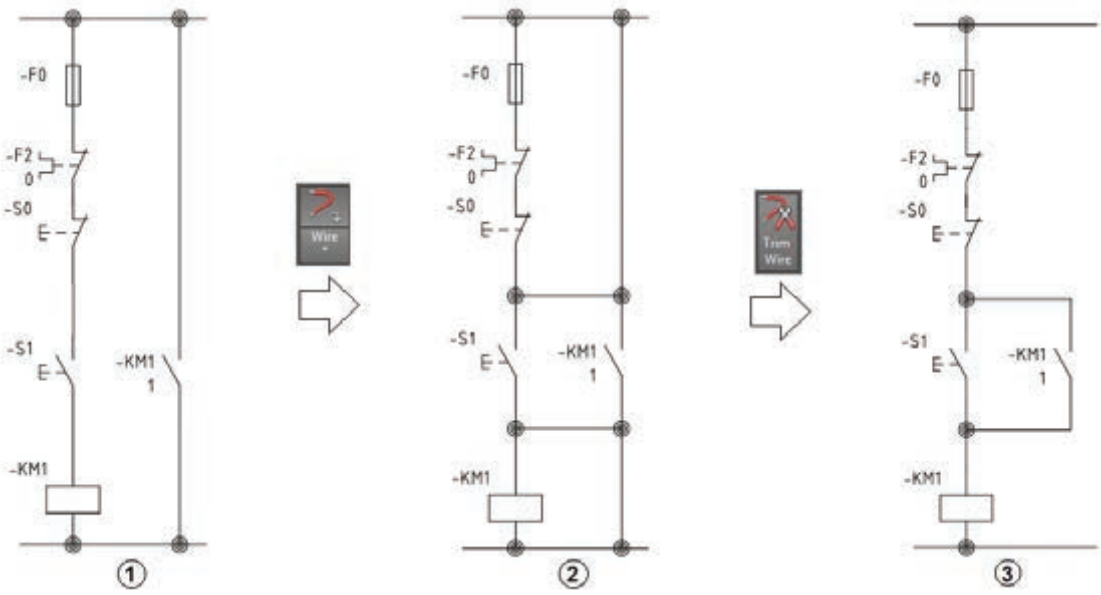
شکل ۲۲ـ انتخاب رله اضافه بار

سایر قطعات شامل بوبین کنتاکتور و تیغه باز آن به عنوان خود نگهدار را از Motor Control>Motor Starter مطابق شکل ۲۳ پیدا کرده و درج نمایید. نام بوبین کنتاکتور را در این مدار فرمان با نام KM1 درج نمایید. (بوبین کنتاکتور و تیغه باز در محل مناسب خود درج شود)



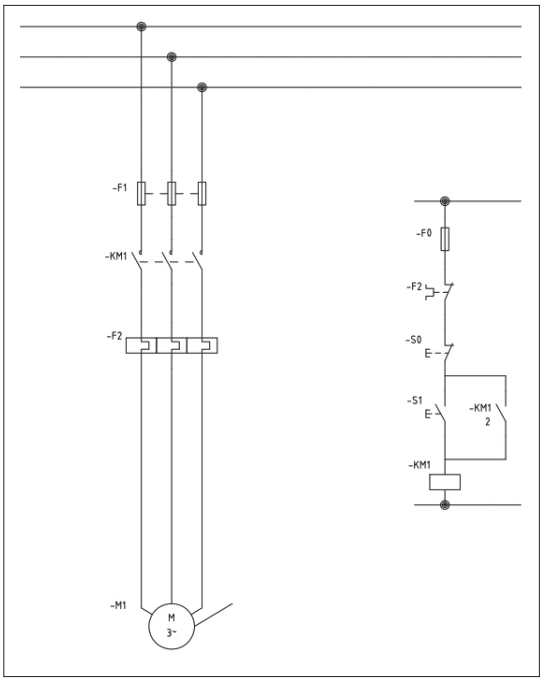
شکل ۲۳ـ انتخاب کنتاکتور در مدار فرمان

گام ۶ـ پس از انجام مراحل گفته شده شکل مدار به‌صورت شکل۲۴ـ۱ خواهد بود. برای ترسیم خود نگهدار با استفاده از دکمه Wire از سربرگ Schematic دو خط موازی رسم کنید و شکل ۲۴ـ۲ را ایجاد کنید. در ادامه برای ایجاد تغییر نهایی دکمه trim Wire را از سربرگ Schematic فعال کرده و روی قسمت‌های زاید کلیک کنید تا شکل ۲۴ـ۳ ایجاد شود.

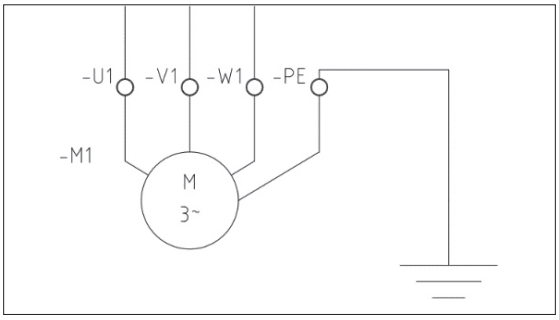


شکل۲۴ـ مراحل تکمیل مدار فرمان

پس از طی کردن مراحل کار گام به گام نقشه‌کشی قدرت و فرمان ذکر شده در نهایت شکل ۲۵ برای مدار قدرت و فرمان راه‌اندازی موتور الکتریکی دایم کار به‌دست می‌آید.



شکل۲۵ـ مدار قدرت و فرمان راه‌اندازی موتور دایم کار



شکل ۲۶ـ ترمینال‌گذاری

فعالیت ۲

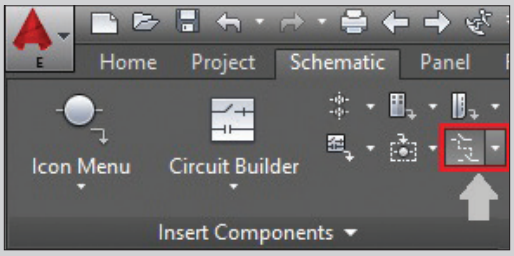
برای موتور الکتریکی ترسیم شده در شکل ۲۵ ترمینال‌گذاری کنید و علامت زمین را ایجاد نمایید (شکل ۲۶).

فعالیت ۳

نقشه مدار راه‌اندازی چپ‌گرد ـ راست‌گرد را با توجه به مراحل شکل ترسیم نمایید.

راهنمایی

برای ایجاد شستی دوبل پس از رسم یک شستی قطع و یا وصل و در سمت دیگر، کنتاکت‌های 2nd +NO Contact و یا 2nd+NC Contact از منوی Push Button را درج کرده و برای ارتباط مکانیکی خط چین بین آنها دکمه Link Dashed Line را مطابق شکل ۲۷ فعال کنید و یک بار روی کنتاکت اول و بار دیگر روی کنتاکت دوم کلیک کنید تا ارتباط مکانیکی شستی دوبل ایجاد شود.



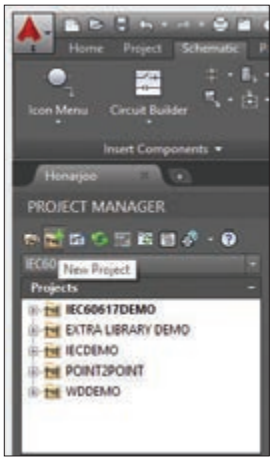
شکل ۲۷ـ ترسیم شستی دوبل

کار عملی ۲

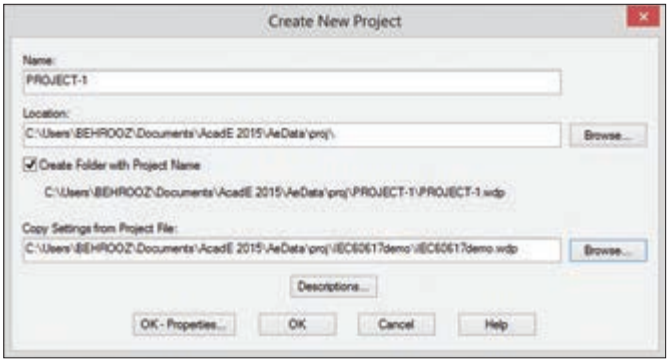
هدف: ترسیم نقشه فرمان و قدرت راه اندازی موتور سه فاز به‌صورت دایم کار (انتخاب قطعات از کارخانه‌سازنده)

برای یک پروژه کامل انتخاب قطعات از کارخانه‌های‌سازنده، هنگام درج قطعات روی نقشه به‌کار گرفته می‌شود اما مراحل گام به گام گفته شده در ادامه را قبل از انتخاب نام کارخانه‌ها دنبال کنید.

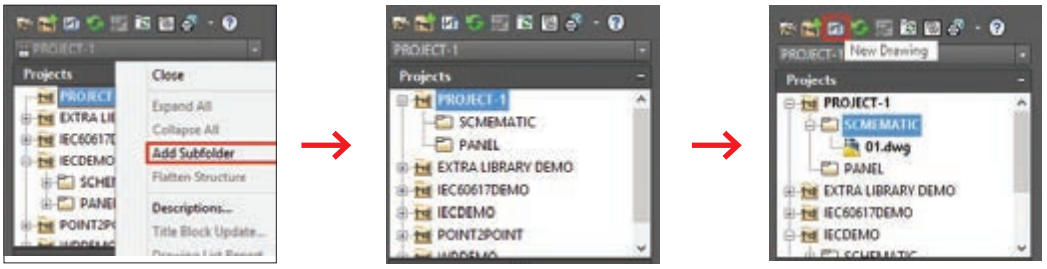
گام ۱ـ از قسمت PROJECT MANAGER دکمه New Project را بزنید (شکل ۲۸). در پنجره زیر نام PROJECT_1را در قسمت Name وارد کنید لازم است در پروژه پوشه‌ای برای شماتیک و تابلو (پنل) در نظر بگیرید (شکل ۲۹). برای این منظور روی نام PROJECT_1 کلیک راست کرده و Add Subfolder را انتخاب کنید و مطابق شکل ۳۰ دو پوشه برای آن ایجاد نمایید با ماوس روی پوشه شماتیک کلیک کنید و مانند کار عملی قبل دکمه New Drawing را انتخاب نمایید و ترسیمی به نام 01 را ایجاد نمایید.



شکل۲۸ـ تعریف پروژه جدید



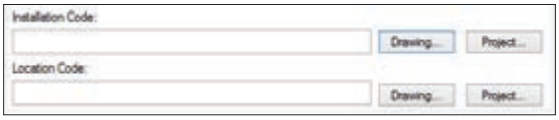
شکل۲۹ـ وارد کردن مشخصات در پروژه جدید



شکل ۳۰ـ مراحل ایجاد دو پوشه

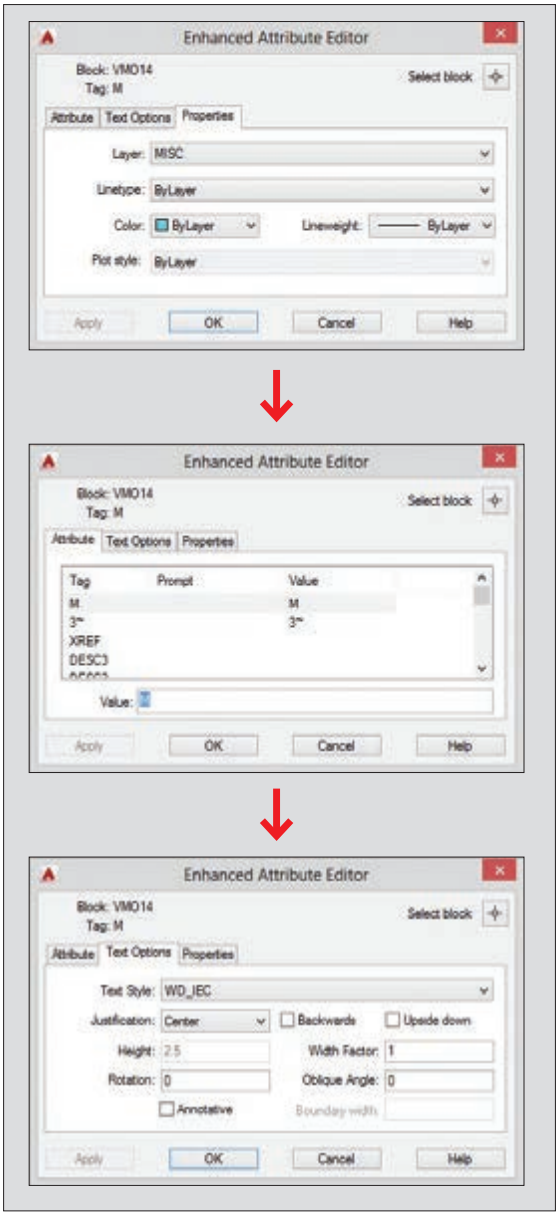
توجه داشته باشید عملیات ایجاد رسم 01.dwj مانند کار عملی قبل است یعنی پنجره Create New Drawing باز شده و نام نقشه 01 و الگوی AutoCAD Electrical_IEC را انتخاب کنید و باDrawing Properties شکل عبور و انشعاب سیم‌ها را مشخص کنید.

گام ۲ـ برای آنکه پروژه کاملی را دنبال کنید و در ادامه و انتهای کار به مشکلی برخورد نکنید در پنجره Drawing Properties و سربرگ Drawing Setting قسمتی به نام کد نصب و کد مکان وجود دارد که برای آنها کدی را مطابق شکل ۳۱ در نظر بگیرید.



شکل۳۱ـ تعریف کد

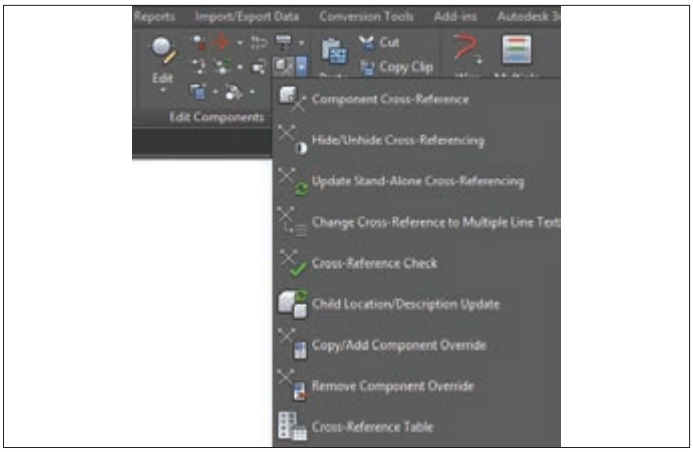
گام ۳ـ ترسیم نقشه قدرت مانند کار عملی شماره ۱ است اما در اینجا بهتر است از امکانات رنگ‌بندی و لایه‌ها در نوشته‌ها و خطوط استفاده کنید. برای خطوط کافی است مانند AutoCAD معمولی لایه‌ای خط یا خطوطی را انتخاب کرده سپس لایه‌ای از لایه‌های AutoCAD را برای کار عملی جاری می‌کنیم. اما در مورد علائم موضوع کمی فرق می‌کند برای این منظور روی یکی از علائم ایجاد شده دو بار کلیک کنید تا پنجره مشابه شکل ۳۲ باز شود.



شکل۳۲ـ سفارشی کردن علایم و خطوط

گام ۴ـ توجه داشته باشید در مدار فرمان برخی قطعات خود جزئی از یک قطعه دیگر هستند که قبلاً در مدار قدرت ترسیم شده است (مثلاً تیغه بسته رله اضافه بار و یا کنتاکت‌ها و بوبین در کنتاکتور). به همین خاطر یک نسبت والد (Parent) و فرزندی (Child) بین اجزای یک قطعه برقرار است مثلاً تیغه‌های فرمان و قدرت کنتاکتور برای بوبین آن فرزند محسوب می‌شود همین‌طور تیغه باز یا بسته رله اضافه بار در مدار فرمان فرزند یک تیغه قدرت آن است به همین خاطر هنگام درج این قطعات فرزند، فقط پنجره Child برای آنها ظاهر می‌شود که محدودیت‌هایی را در انتخاب دارد. برقرار کردن ارتباط بین پایه (Pin)های این قطعات را ارجاع متقابل (Cross Reference) می‌نامند. طرح شما هنگامی‌که یک قطعه درج می‌شود به‌طور خودکار به قطعات موجود ارجاع داده می‌شود. همیشه این ارجاع متقابل صورت گرفته را حتماً بررسی کنید. درصورتی‌که بین دو قطعه ارجاع متقابل برقرار شده باشد هر تغییری در نام، توضیحات و مربوط به مرجع (والد) داده شود در قطعات دیگر مرتبط نیز

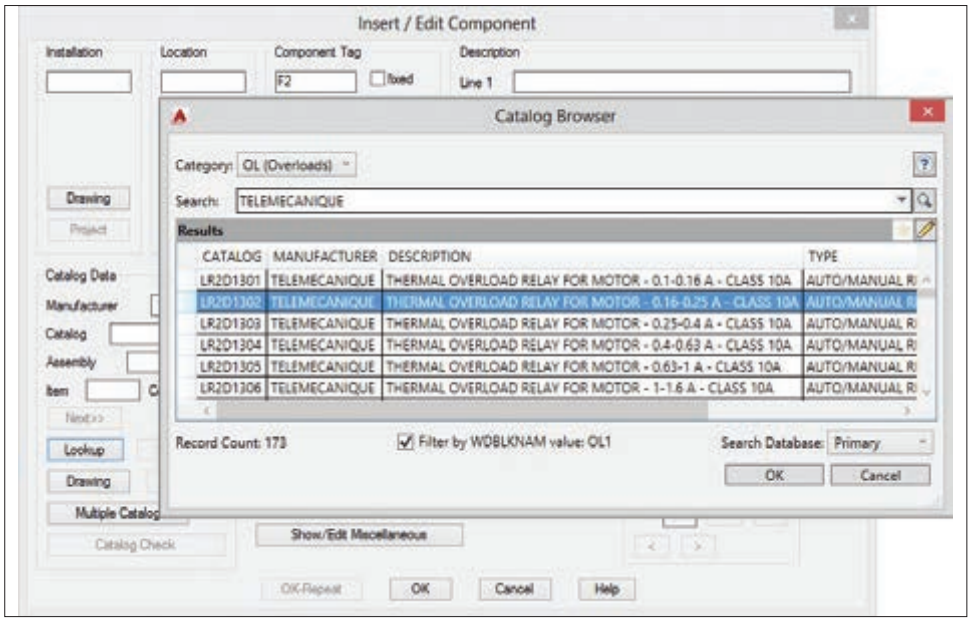
ظاهر می‌شود. از منوی شکل۳۳ تمام امکانات Cross Reference علاوه‌بر بررسی کردن، امکانات بیشتری در آن دیده می‌شود.



شکل ۳۳ـ ارجاع متقابل

فعالیت ۴

تحقیق کنید تفاوت Scoot (سرخوردن) و نیز Surfer (موج‌سواری) در AutoCAD Electrical چیست؟

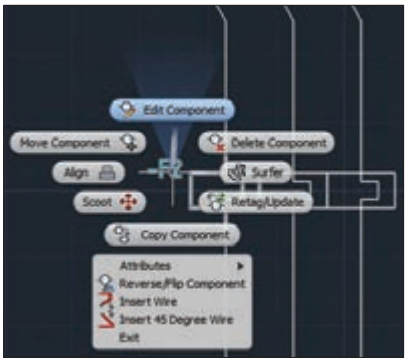


شکل۳۴ـ تعریف قطعات کارخانه‌ای

گام ۵ـ برای به‌کارگیری قطعات کارخانجات شبیه کار عملی یک قبل از تأیید نهایی برای درج هر قطعه پنجره Insert/Edit Component که مطابق شکل ۳۴ باز می‌شود، در این پنجره دکمه‌ای به نام Lookup

وجود دارد که با فشار دادن این دکمه پنجره Catalog Browser باز می‌شود. برای مثال هنگام درج رله اضافه بار در مدار قدرت پنجره Catalog Browser به‌صورت شکل ۳۴ باز می‌شود. در قسمت بالا Category، رده ساخت قطعه را رله اضافه بار نشان می‌دهد. در قسمت Search کارخانه‌سازنده نشان می‌دهد که قابل تغییراست و بستگی به این داردکه شما قطعات چه تعداد کارخانه را در ابتدای نصب خود به AutoCAD Electrical اضافه کرده‌اید. کافی است نام کارخانه را نوشته و علامت ذره بین در سمت راست را کلیک کنید لیست قطعات و توضیحات آنها در زیر ظاهر می‌شود در پایین‌تر علامت یک مدادی را می‌بینید با آن می‌توان ویرایشی در توضیحات مربوط به هر قطعه در صورت نیاز اعمال نمود. اکنون با انتخاب دکمه OK پنجره Catalog Browser بسته می‌شود در پنجره زیرین مشخصات کارخانه قطعه در خانه‌های مربوط اضافه می‌شود و در پنجره زیرین نیز با فشردن دکمه OK مشخصات کارخانه‌ای قطعه به آن درج می‌شود این کار را بر سایر قطعات یعنی کنتاکتور و فیوزها و شستی‌ها نیز انجام دهید.

گام ۶ـ بخشی از کار عملی ۲ را می‌توانید با ویرایش به پیش ببرید یکی از امکانات پرکاربرد در نسخه‌های جدید این برنامه، منوی میانبر است که با کلیک راست روی هر قطعه است، مطابق شکل ۳۵ ایجاد می‌شود با استفاده از این امکان ویرایشی و دکمه‌های مربوط کارهای زیادی را می‌توان انجام داد. در اینجا با کلیک روی Edit Component که قبل از درج هر قطعه ظاهر می‌شد آن را اجرا کرده، بر دکمه Lookup کلیک کنید و از Catalog Browser قطعه کارخانه‌ای دیگری را انتخاب نمایید.

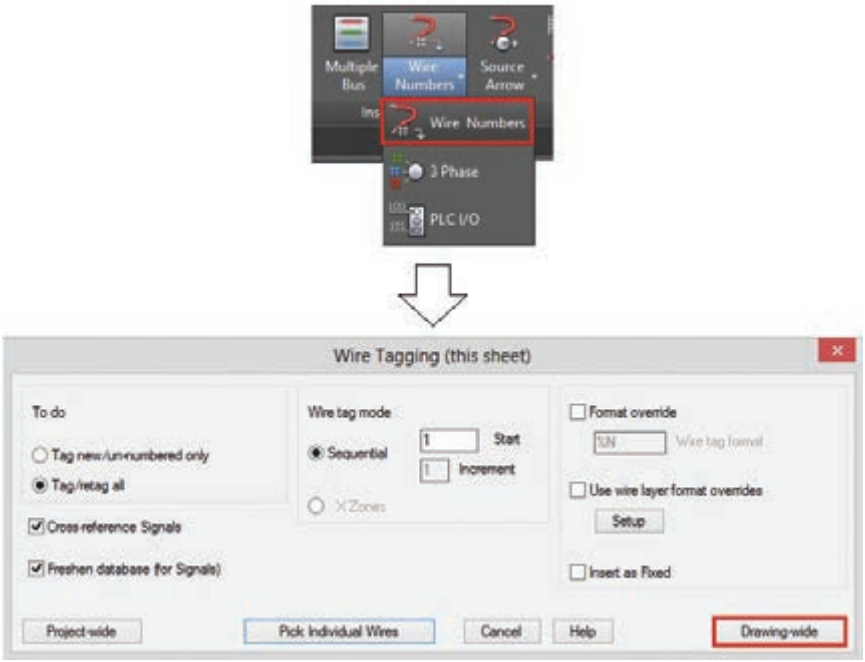


شکل۳۵ـ منوی میانبر

تحقیق کنید

در منوی میانبر سایر امکانات اتوکد الکتریکال (AutoCAD Electrical)که با راست کلیک کردن بر هر قطعه ظاهر می‌شود کدام است؟

گام ۷ـ شماره سیم یکی از مواردی است که در نقشه‌ها ارتباط بین مدارها را برقرار می‌کند. اگر بخواهید مدارهای مرتبط به یک سیم، قطعات متصل به آن و جزییات را در پروژه کاملی شناسایی و دنبال کنید از این بخش استفاده کنید. ابزار این کار Wire Number در قسمت Insert Wire/Wire Number است اگر روی Wire Number کلیک کنید پنجره Sheet۱ـWire Tagging به‌صورت زیر باز می‌شود. با کلیک بر روی Drawing wide شماره‌ها به همه سیم‌ها اختصاص داده می‌شود (شکل ۳۶).



شکل ۳۶ـ اضافه کردن شماره سیم

تذکر مهم

در AutoCAD Electrical ترتیب شماره سیم زدن با آنچه در کارهای عملی پودمان قبل انجام دادید متفاوت است. توجه داشته باشید شماره سیم‌ها قابلیت ویرایش دارند و شما می‌توانید آنها را مطابق نقشه‌های مسیر جریان پودمان‌های ۲ و ۳ تغییر دهید. به‌جز Edit Wire Number از ابزار Swap برای تعویض دو شماره سیم با هم استفاده می‌شود و همین‌طور توسط Find/Replace پنجره‌ای باز می‌شود که می‌توان همزمان جایگزینی سه شماره سیم را انجام دهد. در Find شماره سیم فعلی را وارد کرده و در Replace شماره سیمی که می‌خواهید جایگزین آن شود و دکمه Go را انتخاب کنید. برای نمایش و مخفی‌سازی شماره سیم‌ها از Hide و Unhide استفاده می‌شود و با ابزار Fix شماره سیم‌ها با رنگ Cyan نشان داده، ثابت و قفل می‌شود.

فعالیت ۵

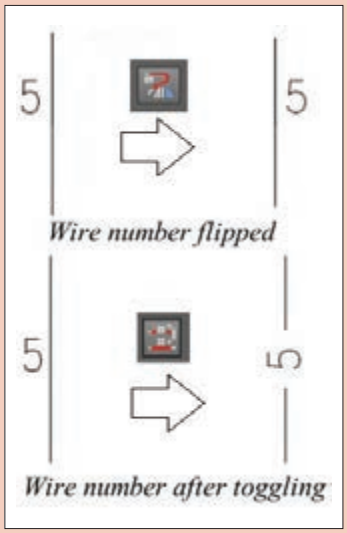
سیم‌های ابتدا و انتهای خط تغذیه سه فاز قدرت به‌صورت جهت‌دار نشان دهید و مشخصات آن را درج کنید از ابزار کناری Wire Number به نام Source Arrow کمک بگیرید و سعی کنید این کار را انجام دهید.

فعالیت ۶

برچسبی در وسط سیم و با رنگ‌بندی برای آن ایجاد کنید برای این کار از In_Line Wire Labels از منوی Wire Number Leader کمک بگیرید و سعی کنید این کار را انجام دهید.

فعالیت ۷

موقعیت شماره سیم را به سمت دیگر سیم منتقل کنید برای این کار از Flip Wire number استفاده کرده و این کار را انجام دهید. برای نوشتن شماره سیم در وسط سیم‌ها مطابق شکل ۳۷ از Toggle Wire Number In_Line چگونه باید استفاده کرد؟

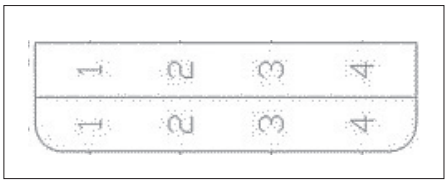


شکل ۳۷ـ نوشتن شماره سیم در وسط سیم‌ها

کار عملی ۳

هدف: ترسیم نقشه‌های شامل کانکتور و PLC (کارعملی نیمه تجویزی)

الف) برای برق دار کردن تجهیزات از کانکتورهای (اتصالات) صنعتی استفاده می‌شود. علامت شماتیک آن شبیه شکل ۳۸ یک مستطیل با دو گوشه منحنی است، در سمت دیگر، مستطیلی است که INLET و یا PLUG صنعتی می‌باشد که قبلاً با آن آشنا شده‌اید.

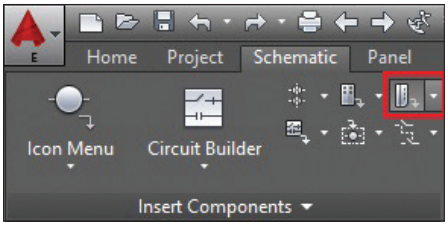


شکل ۳۸ـ علامت محل اتصالات و کانکتورها

برای انجام این کار مراحل گام به گام گفته شده را دنبال کنید.

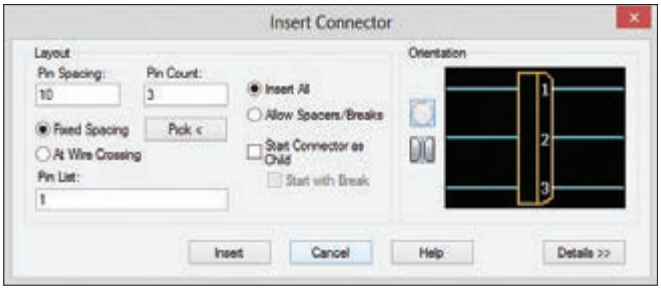
گام ۱ـ مدار قدرت راه‌اندازی دو موتور الکتریکی را به‌صورت مستقل رسم کنید.

گام ۲ـ سه کانکتور را روی مدار قدرت درج کنید برای این منظور از سربرگ شماتیک استفاده کنید (شکل ۳۹).



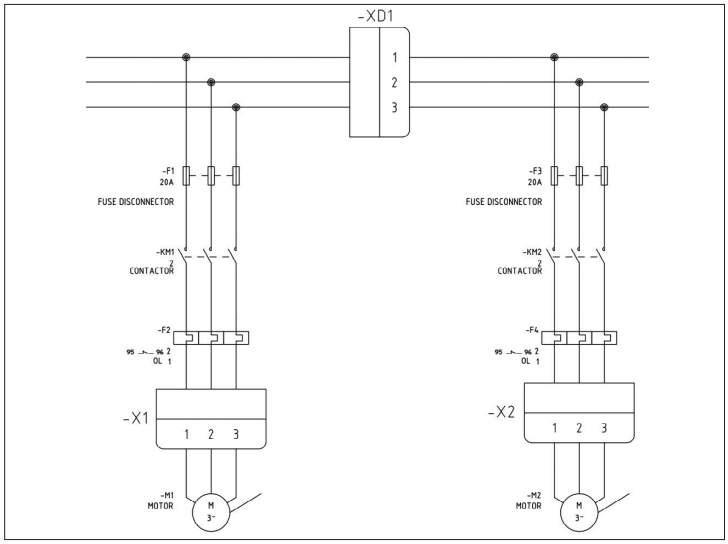
شکل ۳۹ـ اتصالات و کانکتور

گام ۳ـ در هر مرحله از درج پنجره‌ای به‌صورت زیر ظاهر می‌شود که تعداد Pin و فواصل آن را با توجه به اندازه‌هایی که هنگام ایجاد مدار قدرت داده اید تنظیم نمایید (شکل ۴۰).

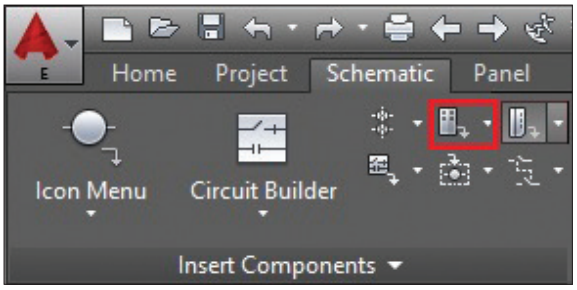


شکل ۴۰ـ ترسیم سه کانکتور

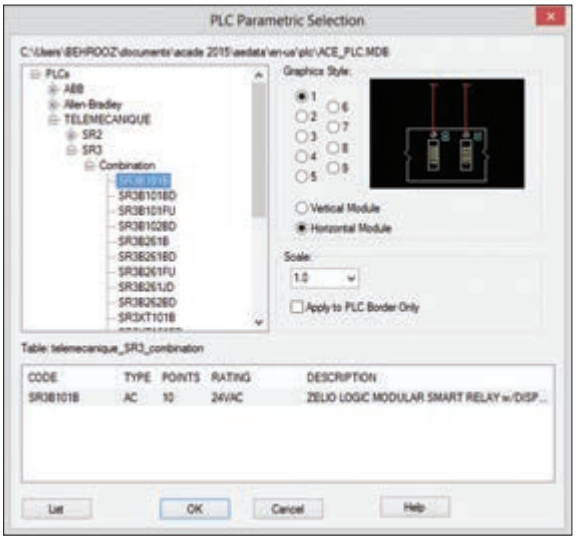
پس از اتمام مراحل انجام شده شکل خروجی ترسیم شده مشابه شکل ۴۱ حاصل می‌شود.



شکل ۴۱ــ ترسیم مدار با استفاده از کانکتور



شکل ۴۲ــ قطعات PLC



شکل ۴۳ــ رله قابل برنامه‌ریزی

ب) یک رله قابل برنامه‌ریزی که در واقع کوچک‌ترین نوع محصولات کارخانجات ساخت PLC است را در یک پروژه درج و سیم‌کشی کنید برای این کار به این صورت عمل نمایید:

گام ۱ــ از سربرگ Schematic دکمه Insert PLC(Parametric) را مطابق شکل کلیک کنید پنجره زیر باز می‌شود درصورتی‌که فقط کاتالوگ‌های کارخانه‌ای پیش فرض AutoCAD Electrical را در ابتدای نصب اضافه کرده باشید قطعات PLC شرکت AB و ABB و TELEMECANIQUE به‌صورت شکل ۴۲ موجود خواهد بود.

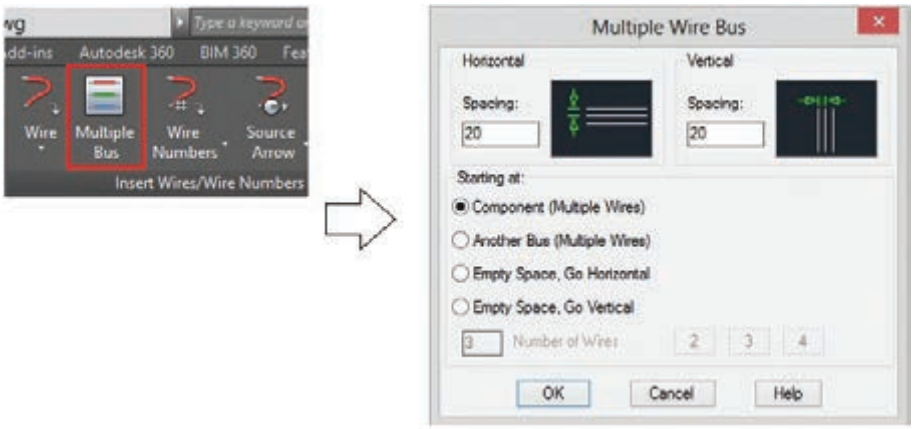
در این کار رله قابل برنامه‌ریزی ZELIO از شرکت TELEMECANIQUE و مدل SR3B101B انتخاب و استفاده می‌شود.

در عناوین شکل گرافیکی (Graphic stail) و مقیاس (size) عدد (۱) و حالت افقی (Horizontal) به‌صورت پیش‌فرض است. اکنون دکمه OK را انتخاب کنید.

نقطه درج قطعه را با ماوس در صفحه مشخص کنید.

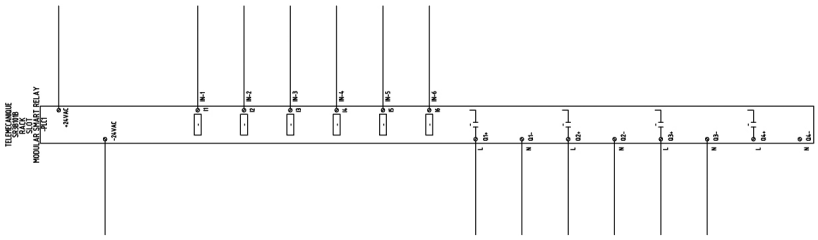
پنجره‌های Module Layout و I/O Point و I/O Address ظاهر می‌شود فقط OK را انتخاب کنید تا مقادیر پیش فرض اعمال شود و PLC درج می‌شود توجه داشته باشید که قطعه‌ای که می‌بینید و درج شده Symbol شماتیک از PLC است (شکل ۴۳).

گام ۲ـ با توجه به درگاه‌های ورودی‌ها، خروجی‌ها و تغذیه PLC خطوط عمودی برای اتصالات احتیاج دارید این کار را از منوی Insert Wire/Wire Numbers و با کلیک روی ابزار Multiple Bus انجام دهید تا پنجره شکل ۴۴ باز شود (قبلاً در رسم مدارات قدرت از آن استفاده کرده‌اید) در اینجا دکمه Component را انتخاب کرده و دکمه OK را کلیک کنید.



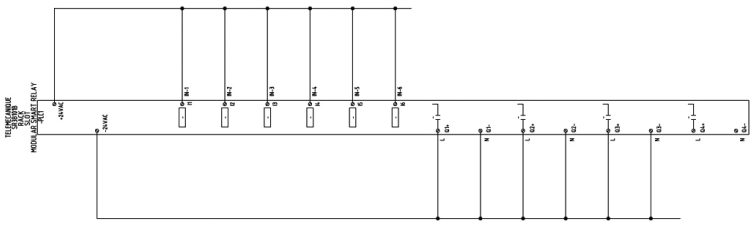
شکل ۴۴ـ ترسیم خطوط قائم

این کار را برای ترمینال‌های بالایی با باز کردن پنجره‌ای انجام دهید اتصالات درگاه‌ها با علامتی به‌رنگ قرمز مشخص می‌شود کلید Enter را فشار دهید و خطوط را باکشاندن موس به سمت بالا ایجاد نمایید (شکل ۴۵). بار دیگر این کار را برای درگاه‌های خروجی و قطب دیگر تغذیه در پایین PLC انجام دهید.



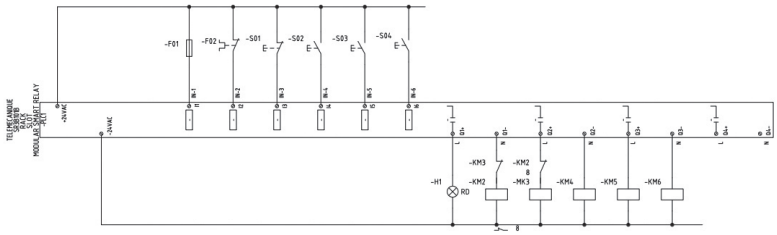
شکل ۴۵ـ ترسیم خطوط عمودی

در ادامه از منوی Wires در Insert Wire/Wire Number روی ابزار Wire کلیک کنید از شما خواسته می‌شود تا نقطه شروع سیم را مشخص کنید (اولین نقطه سمت چپ) تمام نقاط انتهایی را باکشیدن سیم به سمت راست به هم وصل کنید (شکل ۴۶).



شکل ۴۶ـ ترسیم نقطه شروع سیم

گام ۳ــ درج علائم قطعات مثل شستی‌ها در بالا و بوبین کنتاکتورها در پایین مرحله بعدی کار خواهد بود. مثل مراحل قبلی از سربرگ شماتیک، دکمه Icon Menu را کلیک کنید تا پنجره Insert Component ظاهر شود نشانه (علامت)های مورد نیاز را درج کنید و در نهایت نمودار شکل ۴۷ را ترسیم کنید.



شکل ۴۷- ترسیم شستی‌ها و بوبین کنتاکتور

فعالیت ۸

قطعات کارخانه‌ای SIEMENS را به AutoCAD Electrical اضافه کرده و با یکی از انواع LOGO! کار عملی (ب) را انجام دهید.

کار عملی ۴

هدف: جانمایی قطعات برای مدارهای شماتیک ترسیم شده (فرمان و قدرت) کار عملی شماره ۲ (PANEL LAYOUT) انجام دهید.

جانمایی و نصب قطعات تابلو به کمک نرم‌افزار AutoCAD نیز امکان‌پذیر است. نرم‌افزار AutoCAD یک جانمایی تابلو از نقشه فرمان و قدرت یعنی بر اساس نقشه شماتیک ارائه می‌دهد. جانمایی نشان داده شده توسط نرم‌افزار اتوکد دارای تفاوت‌هایی با جانمایی انجام شده در تابلو به این شرح است:

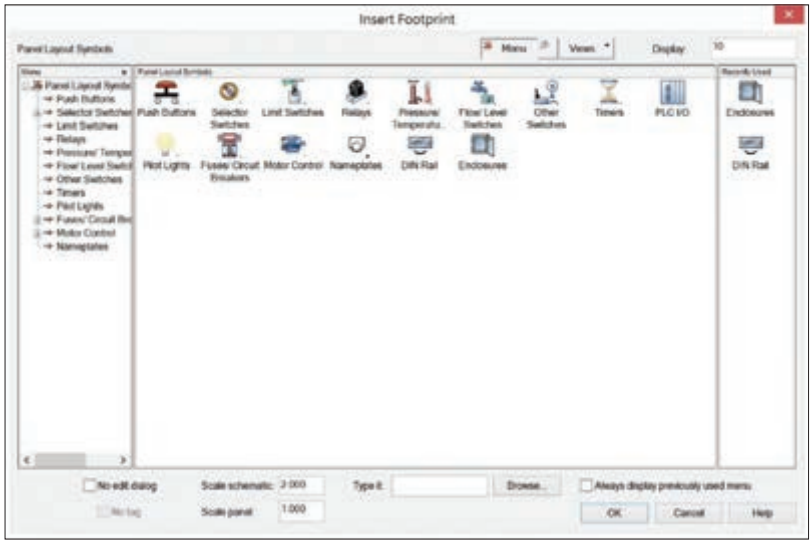
الف) نصب و جانمایی قطعات فقط در داخل تابلو انجام می‌شود. درصورتی‌که در اینجا علاوه بر جانمایی داخل تابلو با توجه به تجهیزاتی که روی در تابلو نصب می‌شود می‌توان جانمایی و نصب بیرونی انجام داد. این نرم‌افزار ما به ازای Symbol هر قطعه که در نقشه‌های شماتیک وجود دارد قطعه‌ای در نقشه جانمایی به نام Footprint را به آن مرتبط می‌سازد Footprint همان شکل ساده‌ای ازظاهر قطعه است که در جانمایی به‌کار می‌برید.

ب) در این نوع جانمایی هدف نهایی، نقشه سه بعدی 3D است به همین خاطر در مرحله اول جانمایی، فقط وظیفه ارتباط‌دهی درست قطعات Symbol و Footprintها و عدم اختلال در ایجاد نقشه جانمایی، دنبال می‌شود و رعایت اندازه گذاری و فواصل هدف اصلی نیست با این حال tag قطعه و tag مکان اهمیت زیادی دارد فرض کنید یک tag در نقشه شماتیک برای شستی به نام S01 را ایجاد کرده باشید آنگاه در طرح جانمایی نیز شما باید همان شستی را به‌صورت footprint و با همان tag وارد کنید. مکان شستی هم بر اساس code مکان انتخاب می‌شود قطعاتی که code مکانی یکسان دارند باید در یک مکان (location) در تابلو قرار بگیرند.

AutoCAD یک سربرگ مجزا برای جانمایی قطعات تابلو به نام Panel Layout درنظر گرفته است. بقیه

موارد را به‌صورت گام به گام در مراحل کارعملی دنبال نمایید.

گام ۱ــ در کار عملی قبل زیرپوشه‌هایی به نام SCHEMATIC و PANEL برای PROJECT_۱ ایجاد کردید این کار را برای تفکیک نقشه‌های شماتیک و جانمایی یک پروژه ایجاد می‌کنید به همین خاطر در زیر پوشه PANEL یک نقشه مانند قبل ایجاد کنید با نام مثلاً 02 و در ادامه روی سر برگ PANEL رفته از منوی Insert Component Footprint روی Icon Menu کلیک کرده تا پنجره Insert Footprint باز شود (شکل ۴۸).

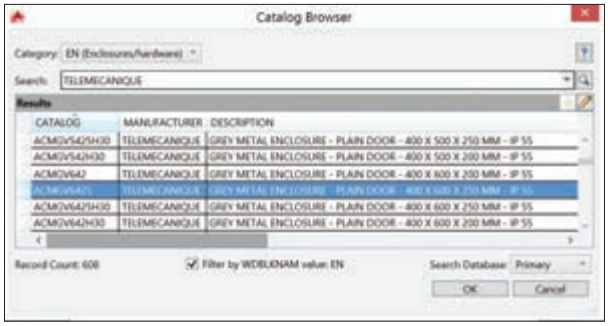


شکل ۴۸ــ پنجره ابتدایی برای جانمایی قطعات

سپس روی Enclosures (محفظه تابلو) کلیک کرده تا پنجره Footprint آن باز شود.

در این قسمت روی دکمه Catalog lookup کلیک کنید تا پنجره Catalog Browser برای آن باز شود و برای مثال در محفظه‌های تابلو شرکت TELEMECANIQUE یک محفظه ۴۰۰×۶۰۰mm مطابق شکل زیر انتخاب کنید (شکل ۴۹).

شکل ۴۹ــ نقشه جانمایی



شکل ۵۰ــ کاتالوگ قطعات شرکتی

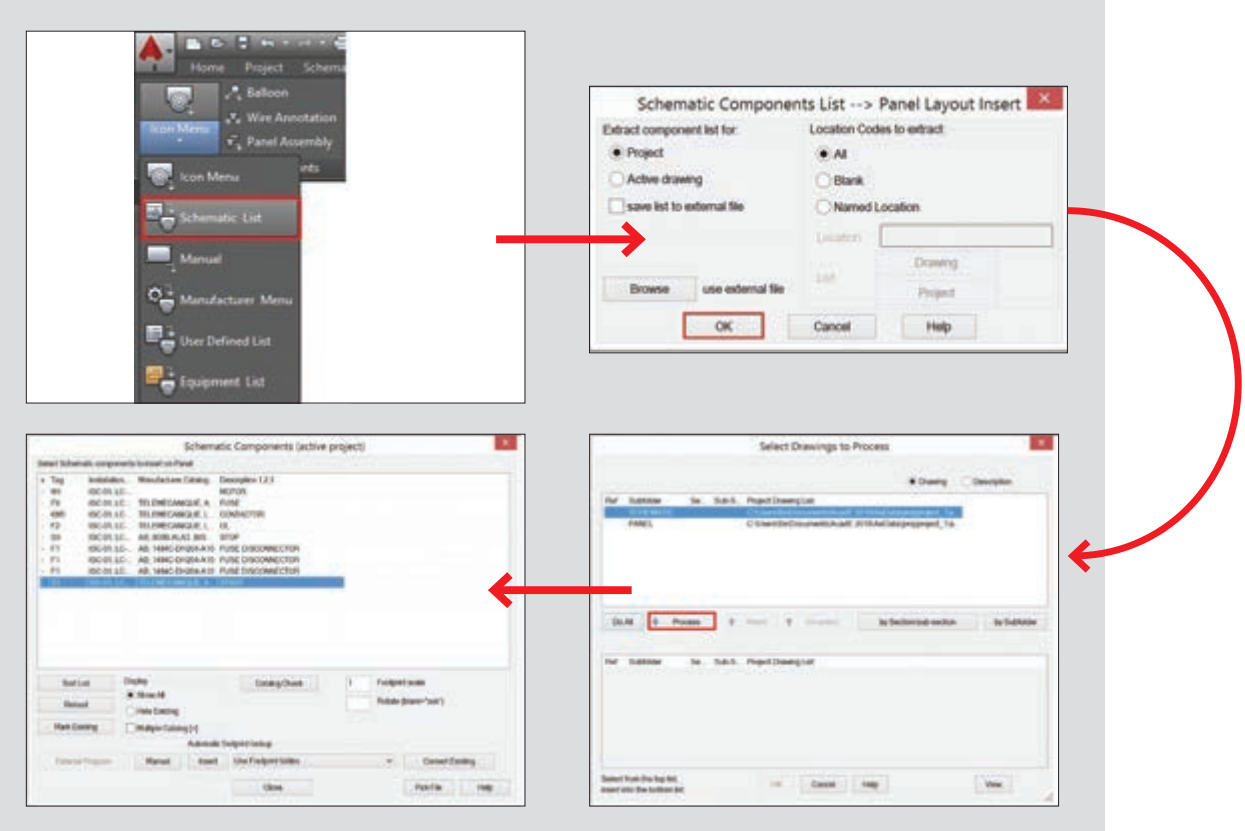
با طی این مراحل مطابق شکل ۵۰ پنجره Catalog Browser باز شده و مشخصات کاتالوگ داخل آن ظاهر می‌شود. با کلیک OK و با کلیک در صفحه نقشه 02 آن را ایجاد نمایید البته قبل از آن در مورد چرخش آن سؤال می‌شود و فقط یک مستطیل بدین منظور درج می‌شود.

می‌توانید به همین شکل برای تابلو DIN_rail مناسب نیز در جانمایی تابلو درج نمایید.

گام ۲ـ مرحله فایل 01 را مجدداً باز کرده و برای هر قطعه توضیحی (Description) را در پنجره درج نمایید. برای مثال Cont برای کنتاکتور ـOL برای رله اضافه بار و به همین صورت برای بقیه در نظر بگیرید.

گام ۳ـ فایل 02 را باز کنید و قطعات دیگر تابلو را درج نمایید یعنی همان قطعاتی که در نقشه شماتیک کار روی آنها را تا به اینجا دنبال کردید، روی ابزار Schematic List از منوی Insert component Footprint کلیک کرده تا پنجره Schematic Component List نمایش داده شود اطمینان حاصل کنید که دکمه روی project انتخاب شده و OK را کلیک کنید تا پنجره Select Drawing to process نمایش داده شود با انتخاب نقشه شماتیک خود در این پروژه یعنی 01 و زدن دکمه process آن را در فهرست شماتیک در زیر همان پنجره قرار خواهید داد و با دکمه OK پردازش نهایی صورت گرفته و پنجره Schematic Components(active project) نمایش داده می‌شود (شکل ۵۱).

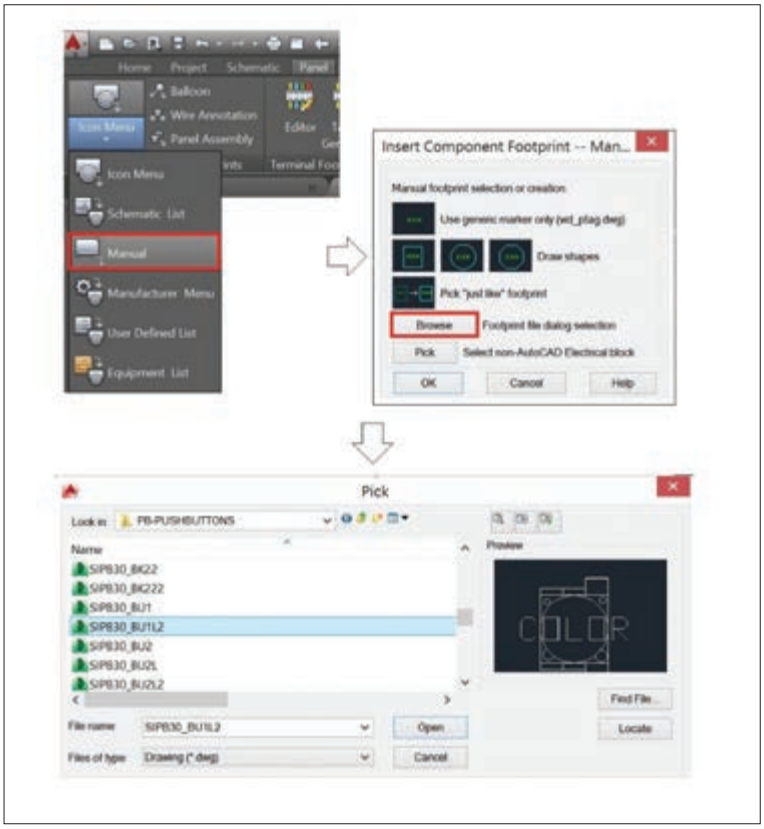
در این پنجره می‌توانید قطعاتی را انتخاب کنید که در نمودار شماتیک داشتید و در نقشه جانمایی 02 به‌صورت Footprint درج (Insert) نمایید.



شکل ۵۱ـ پردازش نهایی جانمایی

توجه

دکمه Insert در صورتی فعال است که شما Installation/Location و همین‌طور Catalog را داشته باشید در غیر این صورت فعال نخواهد بود.



شکل ۵۲ـ تنظیمات MANUAL

البته با این روش خیلی ساده می‌توان قطعات را در نقشه جانمایی درج کرد اما گاهی برای قطعه انتخابی که در نقشه شماتیک انجام دادید نرم‌افزار، ما به ازای درستی پیدا نمی‌کند در این صورت یا قطعه دیگری را مجدد انتخاب نمایید یا اینکه به‌صورت دستی این کار را انجام دهید.

گام ۴ـ گاهی دکمه Insert که در گام ۳ با آن کار کردید با وجود فعال بودن منجر به درج Footprint نمی‌شود. زیرا مشخصات کارخانه‌ای، که در نقشه Schematic برای Symbol مربوط در نظر گرفته شده مناسب نیست. با توجه به اینکه اکنون process بین دو نقشه Schematic و Panel را برقرار کرده، کار برگشت و اعمال تغییرات کارخانه‌ای کمی سخت خواهد شد. در این حالت برنامه به‌طور خودکار شما را به مسیر درج Manual (دستی) و پنجره مربوط هدایت می‌کند هرچند دکمه کناری Insert در پنجره Schematic Components(active project) نیز دکمه Manual بود. اما ابزار Manual برای درج قطعات جانمایی تابلو با توجه به نیاز و با استفاده از بلوک‌های Footprint به‌کار برده شده در پوشه‌ها به‌صورت مستقیم نیز قابل استفاده است یعنی از Insert Component Footprint روی ابزار Manual کلیک کنید

پنجره Insert Component Footprint-Manual نمایش داده می‌شود این پنجره بخش Choice B از پنجره Footprint است که قبلاً بحث شد برای درج بلوک روی دکمه Browse کلیک کنید دقت کنید پوشه‌ای که باز می‌شود دقیقاً مربوط به قطعات مورد نظر باشد مثلاً از پوشه PB شستی‌ها و نظایر آن قابل انتخاب است در این روش باید درباره tagها دقت بیشتری کنید در صورت عدم دقت مشکلاتی برای کل پروژه به‌وجود می‌آید (شکل ۵۲).

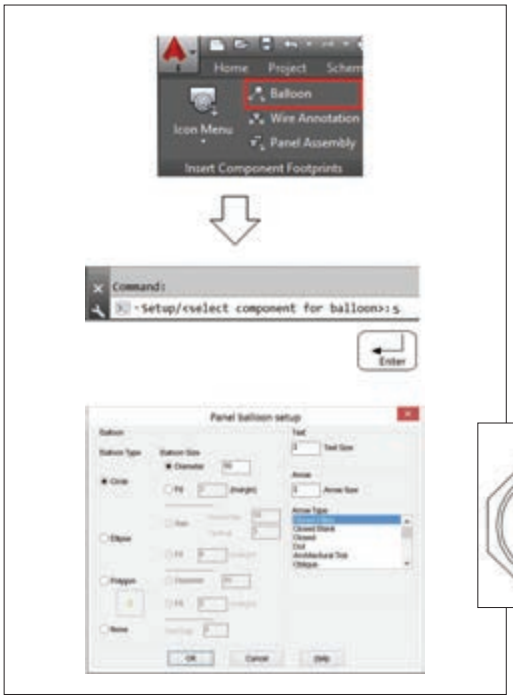
تحقیق کنید

در مورد ویرایش Footprintها چه ابزارهایی در AutoCAD Electrical وجود دارد؟ آنها را برای سایر هنرجویان ارائه دهید.

گام ۵ـ ابزار Balloon برای شناسایی قطعات در جانمایی تابلو به‌کار گرفته می‌شود روش استفاده از این ابزار به‌صورت شکل ۵۳ است:

از insert Component Footprint روی Balloon کلیک کنید و در خط فرمان S را بنویسید و Enter را بزنید وارد تنظیمات می‌شوید نوع بالون به‌صورت دایره‌ای (Circle)، بیضی (Ellipse) و یا چند ضلعی (Polygon) می‌تواند انتخاب شود و اندازه آن به‌صورت قطر (Diameter) در وسط، همچنین اندازه نوشته (Text) و شکل و اندازه پیکان آن در سمت راست قرار دارد بعد از تنظیم OK را انتخاب کنید. قطعه‌ای را که می‌خواهید بالون‌گذاری کنید را انتخاب کرده و در سمتی از آن که تمایل دارید بالون را درج نمایید.

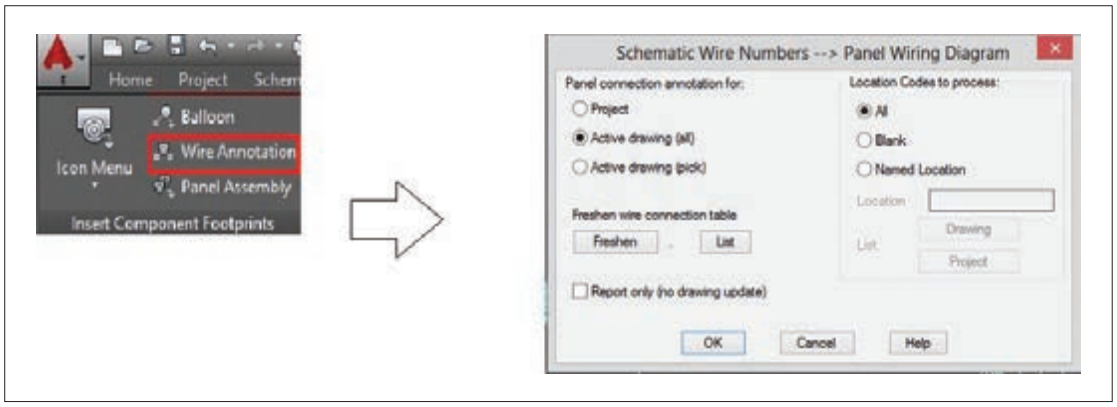
درصورتی‌که Footprint و مشخصات کارخانه‌ای همخوانی نداشته باشد پنجره‌ای ظاهر می‌شود که می‌توانید به‌صورت دستی Item مربوط به نوشته بالون را توسط آن درج نمایید. این شیوه دستی توصیه نمی‌شود.



شستی و بالون آن

شکل ۵۳ـ دستور استفاده از ابزار بالن

گام ۶ـ ابزار دیگر در این پروژه Wire Annotation (حاشیه‌نویسی سیم) است که اتصالات نقشه شماتیک را در نقشه PANEL فعال ساخته و نشان می‌دهد این اتصالات در قالب‌های مختلفی به‌صورت عدد و حروف در کنار Footprint هر قطعه نمایش داده می‌شود توجه داشته باشید در طرح‌های 3D از جانمایی تابلو، این قالب اتصالات را می‌توان به‌صورت ارتباط سیمی و واقعی‌تر نمایش داد.



شکل ۵۴ـ مراحل و دستور حاشیه نویسی سیم‌ها

با کلیک بر روی دکمه Wire Annotation مطابق شکل ۵۴ پنجره‌ای باز شده با انتخاب دکمه Active drawing(All) حاشیه‌نویسی‌ها برای تمام طرح‌های فعال و به قطعات اعمال می‌شود در سمت راست می‌توان دکمه Name Location را فعال کرده و نام مکان را وارد کرده و به ازای هر مکان داده شده حاشیه‌نویسی برای آن صورت می‌گیرد (شکل ۵۵).

با انتخاب OK پنجره شکل ۵۵ باز می‌شود که قالب (Format) حاشیه‌نویسی قابل انتخاب خواهد بود با انتخاب دکمه OK حاشیه‌نویسی صورت خواهد گرفت.

شکل ۵۵ـ دستور حاشیه‌نویسی سیم‌ها

شرح کار:
ترسیم نقشه مدار فرمان و قدرت بدون انتخاب قطعه شرکت خاص در محیط اتوکد
ترسیم نقشه مدار فرمان و قدرت با انتخاب قطعه شرکت خاص در محیط اتوکد

استاندارد عملکرد:
نقشه‌کشی مدار فرمان و قدرت مدار راه‌اندازی موتور الکتریکی دائم کار در محیط اتوکد الکتریکال

شاخص‌ها:
تسلط بر انتخاب منو ابزار و پنجره‌ای نرم‌افزار
ترسیم خطوط افقی و عمودی و انتخاب قطعات و درج قطعه در صفحه رسم
سیم‌کشی صحیح و مطابق با استاندارد عملکرد بین قطعات (سیم و شینه مسی)

شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:
شرایط: سایت رایانه مناسب برای تعداد هنرجویان
ابزار و تجهیزات: رایانه معمولی یا قابل حمل- چاپگر- نرم افزار اتوکد- ویدئو پروژکتور

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	باز کردن صفحه جدید و فراخوانی قطعات و علائم و ارجاع متقابل	۲	
۲	ترسیم خطوط و نوشتن توضیحات و ویرایش	۲	
۳	ذخیره‌سازی نقشه ترسیم شده	۱	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: کسب اطلاعات کارتیمی مستندسازی ویژگی شخصیتی	۲	
	میانگین نمرات		*

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

پودمان پنجم

تابلو برق مطلوب شبکه

واحد یادگیری ۵

آیا می‌دانید:

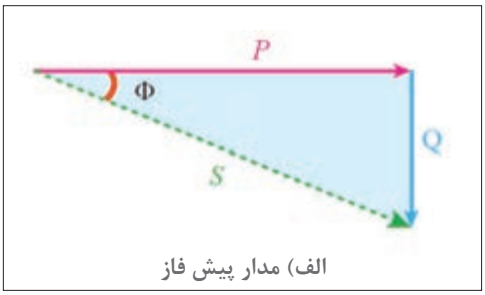
- تابلو بانک خازنی چیست و از چه اجزایی تشکیل شده است؟
- ضرورت کاربرد تابلو بانک خازنی در شبکه برق چیست؟
- مبنای انتخاب و اتصال موتور الکتریکی به اینورتر چیست؟
- راه‌اندازی موتورالکتریکی با اینورتر چه مزایایی دارد؟
- چگونه می‌توان موتور الکتریکی را با اینورتر راه‌اندازی کرد؟

استانداردعملکرد

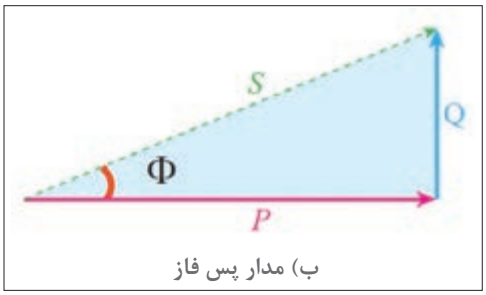
در این پودمان هنرجویان قادر خواهند شد در واحد ۵ یادگیری ابتدا توان غیر مؤثر را برآورد کنند و قطعات موردنیاز بانک خازنی را به‌دست آورند. در واحدیادگیری ششم هنرجویان راه‌اندازی نرم موتورهای الکتریکی با استفاده از اینورتر را فرا گرفته و پس از جانمایی و نصب قطعات تابلو مطابق نقشه، آزمایش صحت عملکرد تابلو را به کمک هنرآموز محترم انجام دهند.

مقدمه

توان ظاهری مورد نیاز وسایل الکتریکی مانند موتورهای الکتریکی، مدارهای روشنایی، و رایانه‌ها از دو مؤلفهٔ مؤثر (اکتیو) و غیرمؤثر (راکتیو) تشکیل شده است. توان غیر مؤثر برای درک جریان خازنی بسیار مهم است. مصرف‌کننده‌های اهمی مانند گرمکن‌های برقی(هیترها) تنها به توان مؤثر نیاز دارند. برخی بارها مانند موتورهای القایی به هر دو توان مؤثر و غیرمؤثر نیاز دارند (شکل ۱).



الف) مدار پیش فاز



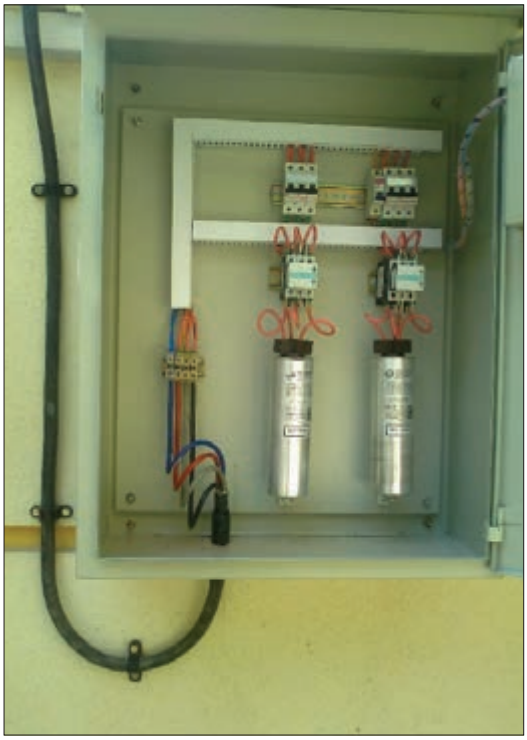
ب) مدار پس فاز

شکل ۱ــ مثلث توان

توان مؤثر یا اکتیو، توانی است که توسط مصرف‌کننده به کار مفید تبدیل می‌شود واحد اندازه‌گیری توان مؤثر (P) وات (W) می‌باشد.

توان راکتیو، توانی است که در بارهای القایی، شارمغناطیسی مورد نیاز را تولید می‌کند. واحد اندازه‌گیری و توان غیرمؤثر (Q) وار (VAR) می‌باشد.

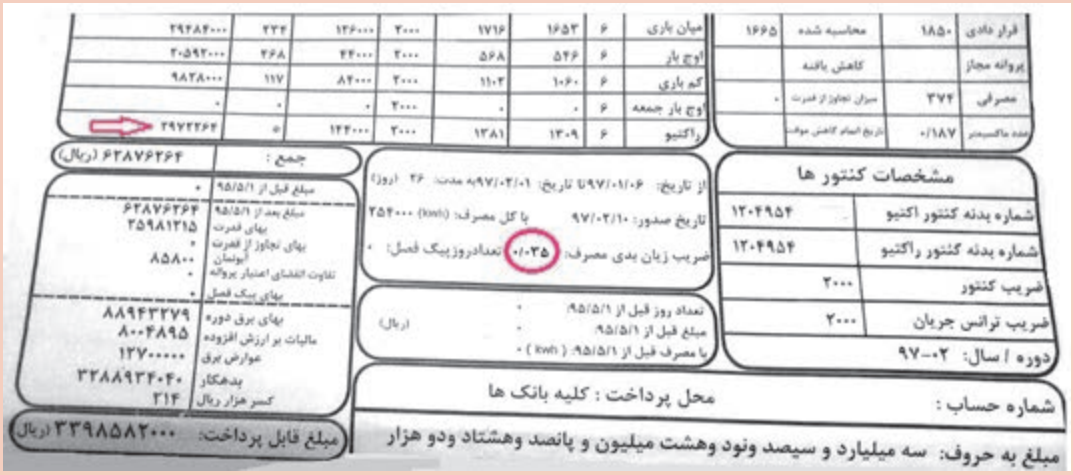
گرچه توان غیرمؤثر به‌کار مفید تبدیل نمی‌شود اما محیط تبدیل انرژی به‌کار را فراهم می‌آورد. برخی تجهیزات برای راه‌اندازی به‌توان غیر مؤثر نیاز دارند. تأمین توان غیر مؤثر از طرف شبکه برق میسر می‌باشد. چنانچه مصرف این توان بیش از مقدار متداول تحویل از سوی شبکه برق باشد، هزینهٔ آن به‌صورت ماهانه به‌همراه ضرایبی تحت عنوان ضریب بدی مصرف (جریمه) در قبوض برق آورده می‌شود. اما چنانچه این توان در محل مصرف توسط خازن تأمین شود، با سرمایه‌گذاری مناسبی می‌توان هزینه مربوط به توان غیرمؤثر را از قبوض برق حذف کرد و به این ترتیب به‌دلیل عدم پرداخت هزینه بابت خرید توان غیرمؤثر از شبکه، خازن موجب سودآوری و کاهش هزینه‌های مصرف‌کننده خواهد شد. بنابراین خازن به عنوان یک تجهیز تأمین‌کننده توان راکتیو، اهمیت به‌سزایی برای مصرف‌کنندگان برق دارد (شکل ۲).



شکل ۲ــ تابلو بانک خازنی

فعالیت

بسیاری از کارگاه‌های صنعتی به‌دلیل تعداد زیاد موتورهای الکتریکی در شبکه مصرف، به توان غیرمؤثر بالایی نیاز دارند.قبض نشان داده شده در شکل ۳ مربوط به یک کارگاه صنعتی دارای ضریب زیان‌بدی مصرف است. مبلغ قابل پرداخت آن چقدر است؟ چه راهکاری برای کاهش هزینه برق این کارگاه پیشنهاد می‌کنید؟



قرار دادی	۱۸۵۰	محاسبه شده	۱۶۶۵	میان باری	۶	۱۶۵۳	۱۷۱۶	۲۰۰۰	۱۲۶۰۰۰	۲۳۴	۲۹۲۸۴۰۰۰
پروانه مجاز		کاهش یافته		اوج بار	۶	۵۴۶	۵۶۸	۲۰۰۰	۴۴۰۰۰	۲۶۸	۲۰۵۹۲۰۰۰
مصرفی	۳۷۴	میزان تجاوز از قدرت	۰	کم باری	۶	۱۰۶۰	۱۱۰۲	۲۰۰۰	۸۴۰۰۰	۱۱۷	۹۸۲۸۰۰۰
	۰/۱۸۷	تاریخ اتمام کاهش موقت		اوج بار جمعه	۶	۰	۰	۲۰۰۰	۰	۰	۰
				راکتیو	۶	۱۳۰۹	۱۳۸۱	۲۰۰۰	۱۴۴۰۰۰	۰	۲۹۷۲۲۶۴

مشخصات کنتور ها

شماره بدنه کنتور اکتیو	۱۲۰۴۹۵۴
شماره بدنه کنتور راکتیو	۱۲۰۴۹۵۴
ضریب کنتور	۲۰۰۰
ضریب ترانس جریان	۲۰۰۰
دوره / سال: ۰۲-۹۷	

از تاریخ: ۹۷/۰۱/۰۶ تا تاریخ: ۹۷/۰۲/۰۶ به مدت: ۲۶ (روز)
تاریخ صدور: ۹۷/۰۲/۱۰ با کل مصرف: (kwh) ۲۵۴۰۰۰
ضریب زیان بدی مصرف: ۰/۰۳۵ تعدادروزپیک فصل: ۰

تعداد روز قبل از ۹۵/۵/۱: ۰
مبلغ قبل از ۹۵/۵/۱: ۰ (ریال)
با مصرف قبل از ۹۵/۵/۱ (kwh): ۰

جمع :	۶۲۸۷۶۲۶۴ (ریال)
مبلغ قبل از ۹۵/۵/۱	۰
مبلغ بعد از ۹۵/۵/۱	۶۲۸۷۶۲۶۴
بهای قدرت	۲۵۹۸۱۲۱۵
بهای تجاوز از قدرت	۰
آبونمان	۸۵۸۰۰
تفاوت انشعابی اعتبار پروانه	۰
بهای پیک فصل	۰
بهای برق دوره	۸۸۹۴۳۲۷۹
مالیات بر ارزش افزوده	۸۰۰۴۸۹۵
عوارض برق	۱۲۷۰۰۰۰۰
بدهکار	۳۲۸۸۹۳۴۰۴۰
کسر هزار ریال	۳۱۴
مبلغ قابل پرداخت:	۳۳۹۸۵۸۲۰۰۰ (ریال)

شماره حساب : محل پرداخت : کلیه بانک ها

مبلغ به حروف: سه میلیارد و سیصد ونود وهشتاد میلیون و پانصد وهشتاد ودو هزار

شکل ۳ـ قبض برق

خازن

خازن با ذخیره کردن انرژی الکتریکی و شارژ و دشارژ مداوم در جریان متناوب قابلیت تولید توان غیرمؤثر دارند. جدول ۱ انواع خازن برای تأمین توان غیرمؤثر به همراه ویژگی‌های آن در بانک خازنی را معرفی می‌کند. جدیدترین تکنولوژی ساخت خازن، خازن‌های خشک تمام فیلم معدنی می‌باشند که حتی در صورت بروز هر گونه صدمه و ترکیدگی بدنه خازن، هیچ ماده شیمیایی مضر یا صدمه‌زننده به انسان و محیط در آن وجود ندارد و به‌صورت استوانه‌ای ساخته می‌شوند. در شکل (۴) یک نمونه از این خازن‌ها نشان داده می‌شود. خازنی که در شکل (۴) نشان داده شده است واحد (یونیت) خازن نامیده می‌شود و ظرفیت این خازن برای توان‌های بالای غیرمؤثر، محدود است.

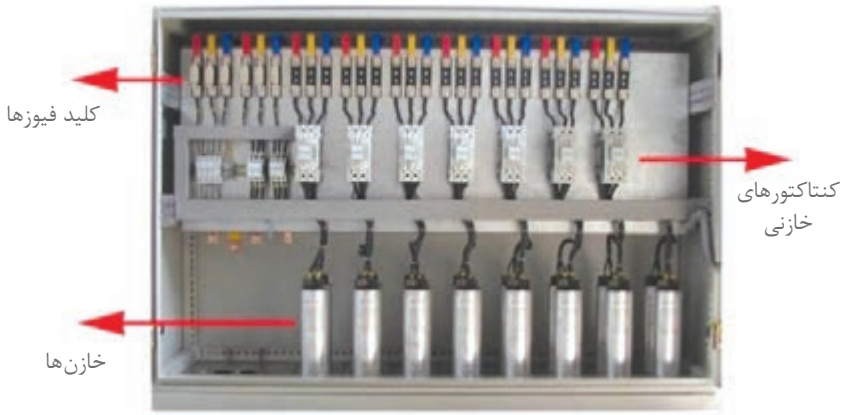
جدول ۱ـ انواع خازن بانک خازنی

خازن‌های بانک خازنی	ویژگی خازن
خازن کاغذی	نشتی دارد
خازن خشک	نشتی کمتر ـ ایمنی بیشتر

شکل ۴ـ خازن استوانه‌ای خشک معدنی

بانک خازنی: بانک خازنی، شامل تعدادی خازن، تجهیزات قطع و وصل و تجهیزات حفاظتی است. این مجموعه داخل یک تابلو نصب می‌شود (شکل۵).

فضای داخلی یک تابلوی بانک خازنی



شکل ۵ـ نمونه‌ای از بانک خازنی

برخی موارد به‌دلیل کم و زیاد شدن تعداد وسایل الکتریکی که منجر به تغییرات مقدار توان غیرمؤثر می‌شود، قطع و وصل شدن خازن متناسب با نیاز مصرف‌کننده ضروری می‌باشد. حتی برای مصرف‌کنندگان بزرگ نیاز به خازن‌های زیاد برای تأمین توان غیرمؤثر می‌باشد. برای رسیدن به آن ظرفیت‌های زیاد، استفاده از چند خازن به‌صورت موازی، استفاده می‌شود.

رگولاتور (تنظیم‌کننده): برای تنظیم ظرفیت خازن‌ها به‌منظور تأمین توان غیرمؤثر از رگولاتور اصلاح ضریب قدرت استفاده می‌شود. به‌عبارت دیگر اگر نیاز باشد خازن‌ها متناسب با کم و زیاد شدن توان غیرمؤثر مصرف‌کننده وارد مدار شوند نیاز به قطعه الکتریکی دیگری می‌باشد که با اندازه‌گیری توان غیرمؤثر مصرف‌کننده، دستور قطع و وصل کنتاکتورها را صادر نماید. این کار باعث تأمین توان غیرمؤثر به مقدار نیاز توسط خازن می‌شود. رگولاتور در تابلو بانک خازنی نصب می‌شود (شکل۶).

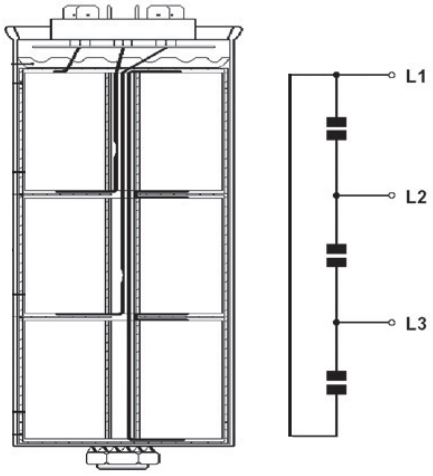
شکل ۶ـ رگولاتور اصلاح ضریب توان

تجهیزات بانک خازنی:

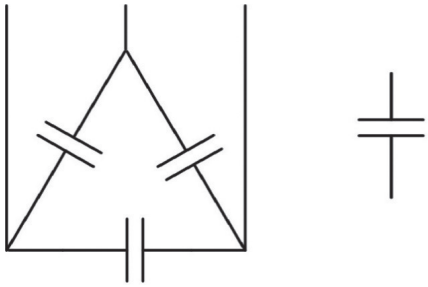
بانک خازنی از تجهیزات مختلفی نظیر کنتاکتور، خازن، فیوز و رگولاتور تشکیل شده است.

خازن: نمای داخلی خازن یونیت در شکل (۷) دیده می‌شود. در این شکل سه عدد خازنی به‌صورت اتصال مثلث در درون یک استوانه فلزی قرار گرفته و از سه رأس مثلث سه اتصال برای وصل شدن به ولتاژ سه فاز بر روی خازن تعبیه شده است.

نماد خازن در نقشه‌های الکتریکی به صورت تکفاز و سه فاز نشان داده شده است. (شکل ۸) انتخاب خازن براساس ظرفیت پله مورد نیاز در سطح ولتاژ شبکه را نشان می‌دهد. به‌عنوان نمونه چنانچه یک بانک خازنی ۱۰۰ کیلوواری از ترکیب ۴ پله ۲۵ کیلوواری در سطح ولتاژ ۴۰۰ ولت مورد نیاز باشد، یک خازن ۲۵ کیلوواری در سطح ولتاژ ۴۰۰ ولت و یا دو عدد خازن ۱۲/۵ کیلوواری ۴۰۰ ولتی می‌تواند برای هر پله استفاده شود (جدول ۲).



شکل ۷ـ نمای داخلی یک خازن خشک استوانه‌ای



شکل ۸ـ نماد بانک خازنی در نقشه‌های الکتریکی

توجه

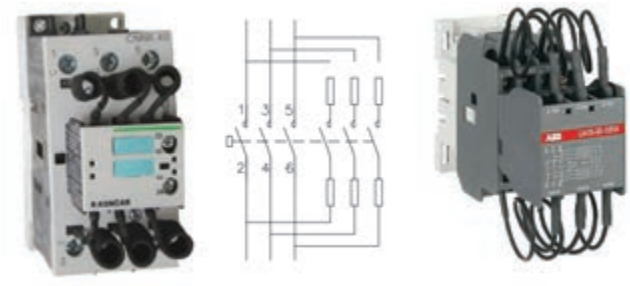
باید در نظر داشت که استفاده از یک خازن ۲۵ کیلووار ارزان‌تر از دو خازن ۱۲/۵ کیلووار است. چرا؟

جدول ۲- پله بندی بانک خازنی

مراحل پله	پله ۱		پله ۲		پله ۳		پله ۴	
ظرفیت بانک خازنی	۲۵kvar							
	۱۲/۵kvar	۱۲/۵kvar						
مجموع ظرفیت	۱۰۰kvar							

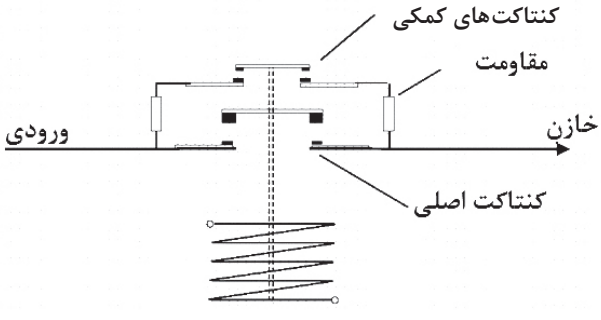
اگر از دو خازن ۱۲/۵ کیلوواری برای یک پله استفاده شود هنگام صدمه احتمالی یک خازن، نصف ظرفیت آن پله از دست خواهد رفت. درحالی که برای پله ۲۵ کیلوواری تمام ظرفیت پله از دست خواهد رفت. به‌علاوه به‌دلیل مساحت جانبی بیشتر دو خازن ۱۲/۵ کیلوواری به یک خازن ۲۵ کیلوواری، تبادل حرارتی با محیط بیشتر خواهد بود که به افزایش طول عمر خازن و کاهش خطر صدمه دیدن خازن کمک زیادی خواهد کرد.

■ **کنتاکتورخازنی**: کنتاکتورهایی که برای قطع و وصل خازن، درون بانک خازنی استفاده می‌شود، کنتاکتور خازنی نامیده می‌شود. ظاهر این نوع کنتاکتورها نیز متفاوت با کنتاکتورهای دیگر است (شکل ۹).



شکل ۹ـ نمونه کنتاکتور خازنی

کنتاکتورهای خازنی نشان داده شده در شکل ۹ دارای تعدادی سیم به صورت پیچیده شده در قسمت بالا و پایین هستند. این سیم‌ها در واقع مقاومت اهمی هستند. با بررسی دقیق شمای داخلی کنتاکتور خازنی می‌توان دید که قبل از بسته شدن کنتاکت اصلی کنتاکتور، کنتاکت‌های کمکی بسته شده و خازن همراه با مقاومت‌های محدودکننده جریان در قسمت بالایی و پایینی کنتاکتور وارد مدار شده و برق‌دار می‌شود و اندکی پس از آن، کنتاکت‌های کمکی از محل خود حرکت کرده و باز شده و کنتاکت اصلی بسته می‌شود و خازن به‌طور کامل وارد مدار می‌شود (شکل ۱۰).



شکل ۱۰ـ اتصالات داخلی کنتاکتور خازنی

سؤال

اگرخازن‌ها مستقیم وارد مدار شود چه پیامدی خواهد داشت؟

انتخاب کنتاکتور خازنی برای خازن‌ها براساس ظرفیت خازنی است که باید از طریق آن کنتاکتور قطع و وصل شود. به عنوان مثال برای یک خازن ۲۵ کیلوواری در سطح ولتاژ ۴۰۰ ولت باید از یک کنتاکتور ۲۵ کیلوواری با سطح ولتاژ ۴۰۰ ولت استفاده شود. البته سازندگان معتبر کنتاکتور، استفاده از کنتاکتور با یک شماره استاندارد بالاتر را توصیه می‌کنند. در واقع کنتاکتور ۳۰ کیلوواری با سطح ولتاژ ۴۰۰ ولت از نظر سازندگان کنتاکتور گزینه مناسب‌تری می‌باشد.

شکل ۱۱ـ کلید فیوز خودکار مینیاتوری سه فاز

■ **تجهیزات حفاظتی**: برای حفاظت از هر پله بانک خازن باید فیوز مناسب آن پله بین کنتاکتور و شبکه اصلی برق قرار بگیرد. کلید فیوزهایی که برای بانک خازنی استفاده می‌شود باید از نوع تندکار باشد (شکل ۱۱).

چنانچه در محل نصب بانک خازنی شبکه برق دارای ماکزیمم و می‌نیمم (پیک‌های)[1] مختلفی باشد، استفاده از فیوز کندکار می‌تواند گزینه و جایگزین مناسبی باشد. نکتهٔ دیگر در انتخاب کلید فیوز، مقدار جریان آن است. طبق استاندارد IEC ۶۰۸۳۱ خازن توانایی تحمل اضافه جریان دائمی تا ۳۵ درصد را دارا می‌باشد. البته مقدار اضافه ولتاژ مجاز برای شبکه نیز ده درصد می‌باشد که این اضافه ولتاژ می‌تواند منجر به اضافه جریان شود. بنابراین با احتساب دو ضریب گفته شده (۱/۴۸۵ = ۱/۳۵ ×۱/۱) مقدار جریان فیوز حدوداً ۱/۵ برابر جریان خازن همان پله خواهد بود. البته برخی مقدار تلرانس ظرفیت خازن که طبق استاندارد IEC تا ۱۰ درصد می‌باشد را نیز درنظر گرفته و ضریب ۱/۶۵ را برای جریان فیوز درنظر می‌گیرند. با ذکر یک مثال انتخاب جریان فیوز برای یک پله ۲۵ کیلوواری ۴۰۰ ولتی محاسبه می‌شود.

$$I_{Capacitor} = \frac{Q_C}{\sqrt{۳}\times V_L} = \frac{۲۵\times ۱۰^{۳}}{\sqrt{۳}\times ۴۰۰} = ۳۶A \rightarrow I_{fuse} = ۱/۵\times ۳۶ = ۵۴A$$

با توجه به محاسبات بالا حداقل جریان فیوز انتخابی باید ۵۴ آمپر باشد اما به‌دلیل موجود نبودن کلید فیوز در این جریان محاسبه شده، نزدیک‌ترین فیوز، فیوز ۶۳ آمپر می‌باشد که برای این پله درنظر گرفته می‌شود.

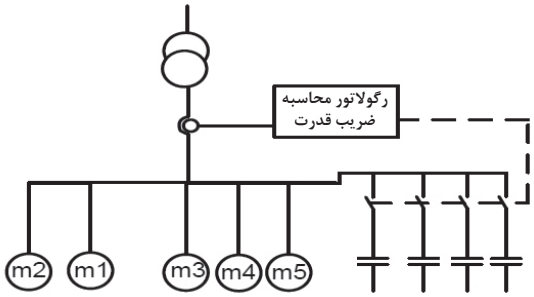
■ **رگولاتور**: رگولاتور اصلاح ضریب توان یکی از تجهیزات جداناپذیر بانک خازنی می‌باشد که با اندازه‌گیری مقدار مصرف توان راکتیو مصرف‌کننده، دستور قطع و وصل کنتاکتورها را صادر نماید. رگولاتورهای مختلفی از سوی شرکت‌های مختلف برای استفاده در بانک‌های خازنی ارائه می‌شوند. اما قبل از انتخاب رگولاتور مناسب باید بدانیم تجهیز مناسب باید چه ویژگی‌هایی داشته باشد.

ویژگی‌ها ومزایای رگولاتور

الف)تنظیم و شناسایی خودکار: یکی از مهم‌ترین ویژگی رگولاتورها شناسایی خودکار می‌باشد. این ویژگی این امکان را فراهم می‌آورد که رگولاتور پس از نصب شدن در بانک خازنی و روشن شدن، به‌صورت

۱ـ Impulse

ترتیبی پله‌های بانک خازنی را قطع و وصل نموده و با دریافت مقدار جریان هر پله از ترانسفورماتور جریان، تخمینی از ظرفیت هر پله به‌دست می‌آورد. پس از اتمام قطع و وصل پله‌ها، متناسب با مقدار جریان غیرمؤثر مصرف‌کننده، فرمان وصل پله‌های مورد نیاز برای تأمین توان غیرمؤثر مصرف کننده را صادر می‌کند (شکل ۱۲).



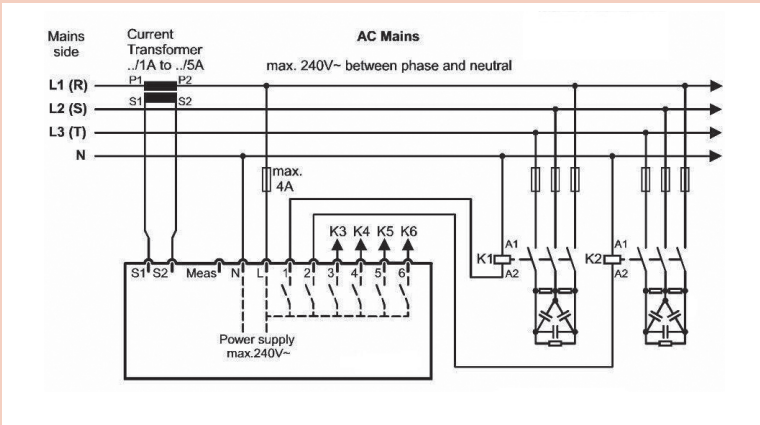
شکل ۱۲ـ رگولاتور

ب) قطع و وصل دوره‌ای پله‌ها: قطع و وصل دوره‌ای[1] پله‌ها از ویژگی‌های مهم دیگر رگولاتورها می‌باشد که باید در انتخاب رگولاتور مدنظر قرار گیرد. همانطور که از نام این ویژگی برمی‌آید، این امتیاز را به بانک خازنی خواهد داد که تمامی پله‌های یکسان از نظر تعداد دفعات قطع و وصل و زمان در مدار بودن به صورت تقریبی با هم برابر باشند. در واقع پله‌های یکسان با هم مستهلک شوند. چنانچه یک بانک خازنی دارای دو یا سه پله ۲۵ کیلوواری باشد، تمامی پله‌ها از نظر زمانی و تعداد دفعات قطع و وصل با یکدیگر برابر باشند و به‌صورتی نباشد که یک پله بارها مورد استفاده قرار بگیرد و مستهلک شود درحالی که دیگر پله‌ها وارد مدار نشده باشند.

ج) شناسایی پله‌های معیوب: یکی دیگر از ویژگی مفید و لازم رگولاتورها شناسایی پله‌های معیوب و اعلام خرابی آنها، قطع کردن پله‌های بانک خازنی در هنگام اضافه جریان‌های ناشی از هارمونیک و محدوده تغییر ضریب توان مطلوب می‌باشد.

فعالیت

در نقشه شکل ۱۳ محل نصب رگولاتور را مشخص کنید و عملکرد مدار را تفسیر و به کلاس ارائه نمایید.



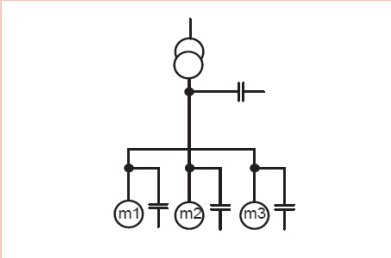
شکل ۱۳ـ نقشه تک خطی یک بانک خازنی

۱ـ Cyclo-switching

کار عملی (۱)

جبران‌سازی نقطه‌ای یا محلی

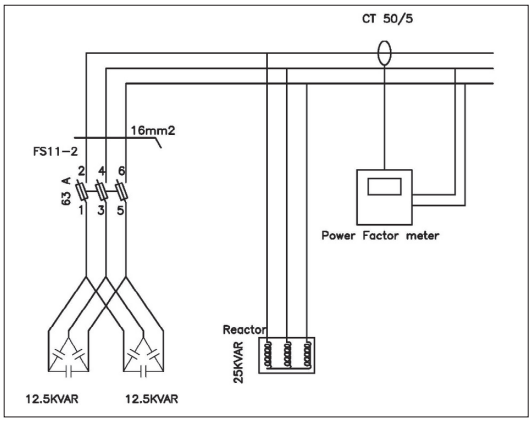
هدف از انجام این جبران سازی، بررسی و مشاهده اثر خازن‌گذاری در یک نقطه از مصرف شبکه است. همچنین اندازه‌گیری کاهش مقدار جریان و بهبود ضریب توان بعد از خازن گذاری است (شکل۱۴). برای انجام این کار ابتدا باید با توجه به تجهیزات آورده شده مدار قدرت زیررا ببندید.



شکل ۱۴ـ جبران‌سازی نقطه‌ای یا محلی

تجهیزات مورد نیاز:

- راکتور
- کلید فیوز
- کسینوس فی متر
- آمپر متر



شکل ۱۵ـ مدار قدرت جبران‌سازی نقطه

مطابق شکل (۱۵) از یک سلف یا راکتور به‌عنوان بار مصرف‌کننده راکتیو استفاده کنید. در ادامه با کمک خازن، توان غیرمؤثر در همان محل تأمین می‌شود و ضریب توان افزایش می‌یابد.

توجه

به‌دلیل عدم وجود بار اهمی، اندازه‌گیری ضریب توان توسط دستگاه با خطا همراه خواهد بود.

مراحل انجام کار: دو عدد خازن سه فاز موازی را به‌صورت موازی متصل کنید و از طریق یک عدد کلید فیوز با فیوز مناسب به ابتدای خط محل تغذیه بار (سلف) متصل کنید. به دلیل استفاده از دو خازن ۱۲/۵ کیلوواری که در مجموع دارای ۲۵ کیلووار توان غیرمؤثر می باشد، حداقل مقدار مجاز جریان فیوز باید ۵۴ آمپر باشد. با توجه به اینکه نزدیکترین رنج فیوز استاندارد به جریان محاسبه شده، ۶۳ آمپر می‌باشد از فیوز ۶۳ آمپر استفاده کنید.

$$I_{Capacitor} = \frac{Q_C}{\sqrt{۳}\times V_L} = \frac{۲۵\times ۱۰^{۳}}{\sqrt{۳}\times ۴۰۰} = ۳۶A \rightarrow I_{fuse} = ۱/۵\times ۳۶ = ۵۴A$$

برای مشاهده و تأثیر ورود خازن به مدار از یک عدد ترانسفورماتور جریان با نسبت تبدیل ۵۰ به ۵ برای نمونه‌گیری جریان و ارسال آن به دستگاه اندازه‌گیری ضریب توان استفاده کنید. البته می‌توانید از یک رگولاتور اصلاح ضریب توان نیز بهره بگیرید. ابتدا کلید فیوزرا در حالت باز قرار دهید و راکتور را وارد مدار کنید. مقدار جریان راکتور به‌همراه ضریب توان ثبت می شود شکل (۱۶). پس از قطع نمودن مدار و اتصال کلید فیوز، مدار رامجدداً برق‌دار کنید.

شکل ۱۶ــ میزان جریان و ضریب توان بار بدون خازن

شکل ۱۷ــ میزان جریان و ضریب توان بار با اتصال خازن

توجه

چنانچه از کلید فیوز قابل قطع زیر بار استفاده کنید، می‌توانید در حالت برق‌دار نیز کلید فیوز را قطع و وصل کنید. در این حالت مقدار جریان و ضریب توان در شکل (۱۷) نشان داده شده است. در حالتی که خازن در مدار قرار دارد، مقدار جریان به طرز چشمگیری کاهش می‌یابد و در مقابل مقدار ضریب توان افزایش قابل ملاحظه ای خواهد داشت. بنابراین کاملاً مشخص است که استفاده از خازن در کنار یک بار مصرف کننده توان غیرمؤثر، با جبران سازی توان غیرمؤثر، علاوه بر کاهش جریان جذب شده از سوی شبکه، مقدار ضریب توان را نیز بهبود می دهد که موجب کاهش هزینه‌های مصرف کننده می شود.

توجه

معمولاً ضریب قدرت موتورها بین ۰/۷۵ تا ۰/۸۵ است و در روش تجربی حدود ۶۰ درصدتوان مؤثر موتور، خازن برای اصلاح ضریب قدرت درنظر گرفته می‌شود به‌عنوان مثال موتور ۱۰۰ کیلووات حدود ۶۰ کیلو وار خازن نیاز دارد.

فعالیت

برای مقایسه وضعیت تغییر جریان الکتریکی و اصلاح ضریب توان جدول ۳ را برای حالت قبل تکمیل کنید.

جدول ۳ــ مقادیر اندازه‌گیری شده کار عملی اول

مقادیر اندازه‌گیری شده	مقدار جریان(آمپر)		ضریب توان	
	موتور ۱/۵ کیلو وات	موتور ۲/۲ کیلو وات	موتور ۱/۵ کیلو وات	موتور ۲/۲ کیلو وات
قبل از خازن‌گذاری				
بعد از خازن‌گذاری				

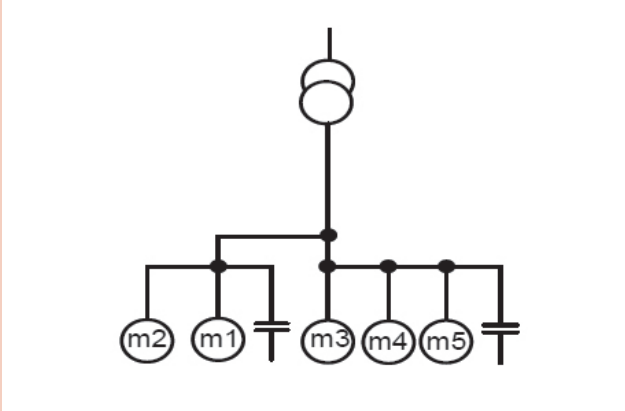
سؤال

بیشترین کاربرد جبران‌سازی نقطه‌ای در کجاست؟

کار عملی (۲)

جبران‌سازی مرکزی

هدف از انجام این جبران‌سازی بررسی و مشاهده اثر خازن‌گذاری بر کاهش مقدار جریان و بهبود ضریب توان چند مصرف‌کننده است که مصرف‌کننده توان غیرمؤثر هستند و متناسب با تغییر مقدار توان غیرمؤثر، تعداد پله‌های بانک خازنی وارد و خارج از مدار می‌شود (شکل۱۸)



شکل ۱۸ــ جبران‌سازی گروهی

در این روش برای چند مصرف‌کننده که همزمان و کنار یکدیگر کار می کنند، یک خازن با توان بالا نصب می‌شود.

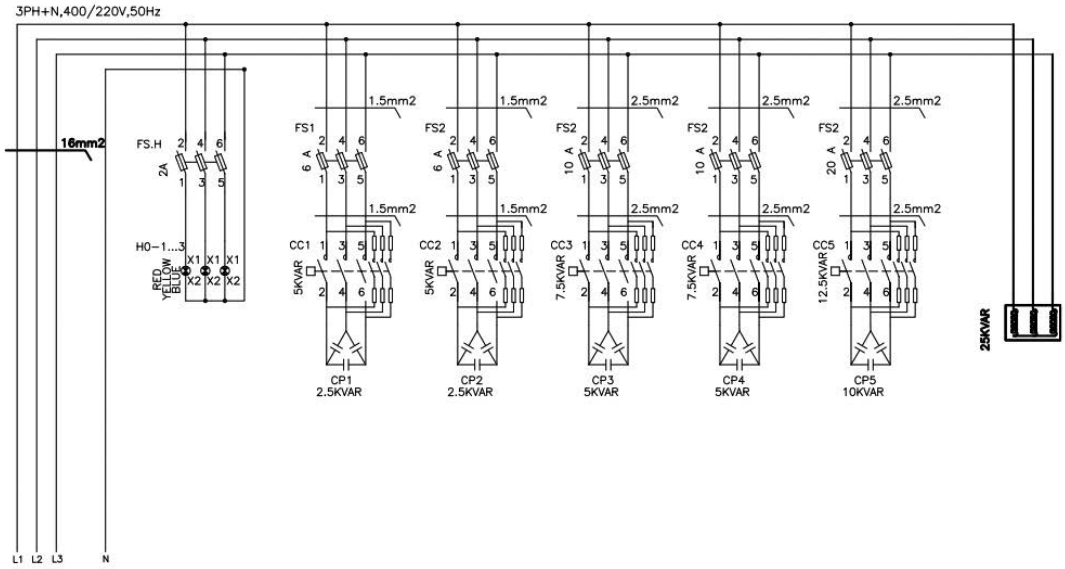
تجهیزات مورد نیاز:

- راکتور
- ترانسفورماتور جریان (CT)
- کلید فیوز
- کسینوس فی متر
- آمپر متر
- لامپ سیگنال

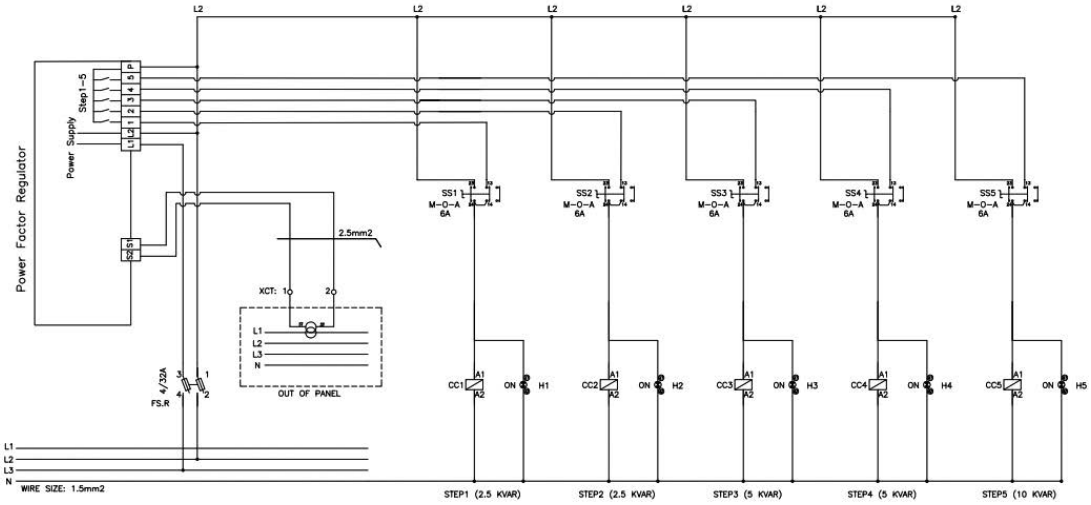
مراحل انجام کار: ابتدا مدار قدرت را مطابق شکل ۱۹ ببندید و سپس مدار فرمان مطابق شکل ۲۰ کامل کنید. در مدار قدرت از خازن، کنتاکتور خازنی و کلید فیوز استفاده کنید. در مدار فرمان نیز به غیر از رگولاتور از یک کلید دو طرفه و چراغ سیگنال استفاده نمایید تا در زمان معیوب شدن رگولاتور و یا مواردی دیگر بتوان پله‌های بانک خازنی را وارد مدار کرد و پله‌های وارد شده (جبران شده) به مدار از طریق روشن بودن چراغ‌های سیگنال مشخص باشد.

توجه

به‌دلیل عدم وجود بار مؤثر (اهمی)، ممکن است تنظیمات رگولاتور اصلاح ضریب توان در حالت اتوماتیک به درستی انجام نشود و نیاز به وارد کردن تنظیمات به‌صورت دستی باشد.



شکل۱۹ـ مدار قدرت بانک خازنی



شکل ۲۰ـ مدار فرمان بانک خازنی

بعد از اتصال مدار به شبکه برق رگولاتور به‌صورت خودکار پله‌ها را وارد و خارج می‌کند و پس از شناسایی پله‌ها مقدار ضریب توان اولیه را نشان می‌دهد (چنانچه رگولاتور اصلاح ضریب توان نتوانست شناسایی را کامل کند باید به کمک دفترچه راهنمای رگولاتور اصلاح ضریب توان، مقادیر را به‌صورت دستی وارد کنید). پس از طی زمانی کوتاه، رگولاتور اصلاح ضریب توان، پله‌ها را از طریق ارسال فرمان به کنتاکتور خازنی وارد مدار می‌کند. دقت نمایید که با ورود هر پله، مقدار ضریب توان افزایش یافته و مقدار جریان الکتریکی کاهش می یابد. در شکل (۲۱) و (۲۲) مراحل شناسایی اتوماتیک و نتیجه ورود پله طبق فرمان رگولاتور اصلاح ضریب و توان مشخص شده است.

شکل ۲۱ــ روند شناسایی اتوماتیک توسط رگولاتور

شکل ۲۲ــ نتیجه عملکرد رگولاتور اصلاح ضریب توان

برای مقایسه وضعیت تغییر جریان الکتریکی واصلاح ضریب توان این دو مقدار را در هر پله بررسی و در جدول ۴ یادداشت نمایید. در ادامه منحنی تغییرات جریان و ضریب توان را به ازای تغییر پله ترسیم نمایید.

جدول ۴ــ مقادیر اندازه‌گیری شده کار عملی دوم

مقادیر اندازه‌گیری شده	مقدار جریان(آمپر)					ضریب توان				
	پ۱	پ۲	پ۳	پ۴	پ۵	پ۱	پ۲	پ۳	پ۴	پ۵
بعد از خازن گذاری										
قبل از خازن گذاری										

فعالیت

بار راکتیو دیگری در کنار بار راکتیو ۲۵ کیلووار فعلی اضافه کنید و واکنش رگولاتور را به آن مشاهده کنید.

سؤال

مزایا و معایب روش جبران‌سازی گروهی را بررسی کنید.

روش دیگر برای بررسی جبران سازی :

برای بررسی اثر جبران‌سازی، توسط یک کلید دوطرفه، یکی از بزرگ‌ترین پله‌هایی که توسط رگولاتور به مدار وارد شده است را از مدار خارج کنید، به این ترتیب کاهش ضریب توان درمدار، به منزله افزایش مقدار بار راکتیو تلقی شده و بانک خازنی به آن واکنش نشان می‌دهد. در این حالت پله‌های وارد شده به مدار را طوری تغییر می‌دهد که مقدار ضریب توان افزایش یابد.

توجه

برای واکنش دادن رگولاتور نسبت به هر تغییر باید زمانی سپری شود تا از نظر رگولاتور آن تغییرات تثبیت شوند و به‌صورت کوتاه مدت و گذرا نباشد. این زمان معمولاً بیش از یک دقیقه است.

واکنش رگولاتور اصلاح ضریب توان در شکل (۲۳) به خارج کردن یکی از پله‌های وارد شده به مدار را مشاهده می‌کنید.

شکل ۲۳ـ نتیجه عملکرد رگولاتور اصلاح ضریب توان به خارج کردن یک پله

تحقیق کنید

۱ـ چه شرکت‌هایی در زمینه تولید بانک خازنی فعال هستند.
۲ـ نرخ محاسبه اجرت ساخت تابلو بانک خازنی چگونه برآورد می‌شود

ارزشیابی شایستگی تابلوی بانک خازنی

شرح کار:
جبران‌سازی نقطه‌ای یا محلی توان غیرمؤثر
جبران‌سازی مرکزی توان غیرمؤثر

استاندارد عملکرد:
برآورد مقدار توان غیر مؤثر موردنیاز و نصب خازن و قطعات بانک خازنی

شاخص‌ها:
تسلط بر محاسبه توان مؤثر و غیر مؤثر
شناخت قطعات بانک خازنی و کاربرد آنها
نصب نقطه‌ای و پله‌ای خازن در مدار یک مصرف‌کننده موتورالکتریکی

شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:
شرایط: کارگاه برق صنعتی دارای تابلو بانک خازنی
ابزار و تجهیزات: تابلو بانک خازنی ـ بار سلفی یا موتور الکتریکی ـ ویدئو پروژکتور

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	اصلاح ضریب توان مرکزی	۲	
۲	اصلاح ضریب توان نقطه ای	۲	
۳	محاسبه توان غیر مؤثر	۱	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: کسب اطلاعات کارتیمی مستندسازی ویژگی شخصیتی	۲	
	میانگین نمرات		*

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

واحد یادگیری ۶

راه‌انداز اینورتر موتورهای القایی

راه‌اندازی موتورهای الکتریکی به کمک اینورتر دارای مزیت‌های زیادی است. به‌همین دلیل امروزه در صنایع و حتی لوازم خانگی جدید مانند کولرهای گازی، موتورهای الکتریکی به کمک اینورتر راه‌اندازی می‌شود (شکل ۱).

به‌طورکلی می‌توان گفت وقتی یک موتور الکتریکی از طریق اینورتر راه‌اندازی می‌شود، اگر پارامترهای اینورتر درست تنظیم شده باشد سیم پیچ‌های موتور الکتریکی هرگز نمی‌سوزد. به‌همین دلیل اینورتر ضمن داشتن مزایای زیاد در راه‌اندازی وتوقف موتور الکتریکی، محافظ بسیار خوب موتور الکتریکی است.

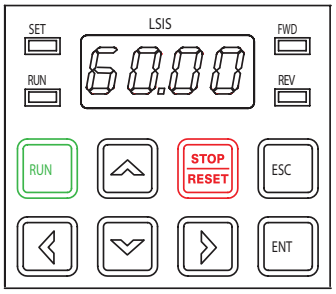
راه‌اندازی موتور الکتریکی با استفاده از مدارهای راه‌اندازی متداول مانند مدار راه‌اندازی ستاره ـ مثلث یا راه‌اندازی مستقیم همراه با شوک‌های الکتریکی و مکانیکی است. راه‌اندازی موتورالکتریکی با اینورتر یک نوع راه‌اندازی نرم برای موتور الکتریکی است که مزایای زیر را به همراه دارد:

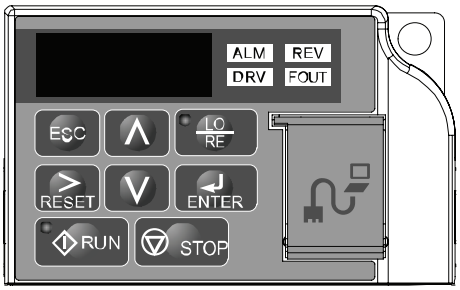
شکل ۱ـ دو نمونه اینورتر

- صرفه‌جویی در مصرف انرژی به‌طوری که ظرف مدت یک الی یک و نیم سال، هزینه خود اینورتر از بابت صرفه‌جویی در مصرف انرژی جبران می‌شود (به‌دست می‌آید)
- کاهش توان غیر مؤثر مصرفی (به‌دلیل داشتن بانک خازنی در اینورتر)
- حذف جریان راه‌اندازی زیاد
- رفع ناهنجاری‌های مکانیکی (عدم ایجاد ضربه و به‌تبع آن عدم خرابی فونداسیون و ...)
- عدم خرابی یاتاقان‌ها، برینگ‌ها و بلبرینگ‌های موتور الکتریکی
- عدم خرابی سیستم انتقال نیرو از موتور به بار مکانیکی (مانند تسمه‌ها، چرخ زنجیرها و ...)
- عدم خرابی گیربکس‌های تبدیل دور
- محدود کردن جریان راه‌اندازی
- عدم نیاز به خازن‌های اصلاح ضریب توان (کسینوس فی)
- عدم نیاز به حالت ستاره و مثلث هنگام راه‌اندازی موتور
- امکان قطع و وصل اضطراری از راه دور
- عدم نیاز به کلیدهای قطع و وصل قدرت
- امکان تعداد دفعات قطع و وصل زیاد در زمان کوتاه
- امکان داشتن دور ثابت و مستقل از بار (شبیه موتور سنکرون)
- به سادگی و بدون هیچ‌گونه تجهیزاتی اینورتر می‌تواند جهت گردش روتور موتور را عوض کند.
- امکان غیر فعال یک جهت گردش موتور
- در اینورتر می‌توان محدوده فرکانسی را به‌صورت حد پایین و حد بالا تنظیم کرد (مثلاً کاری کنیم که هیچ‌گاه دور موتور از ۱۲۵۰ دور کمتر نشود و از ۱۸۵۰ دور نیز بیشتر نشود).

تحقیق کنید

استفاده از اینورتر و بانک خازنی برای اصلاح ضریب توان را با یکدیگر مقایسه نمایید.





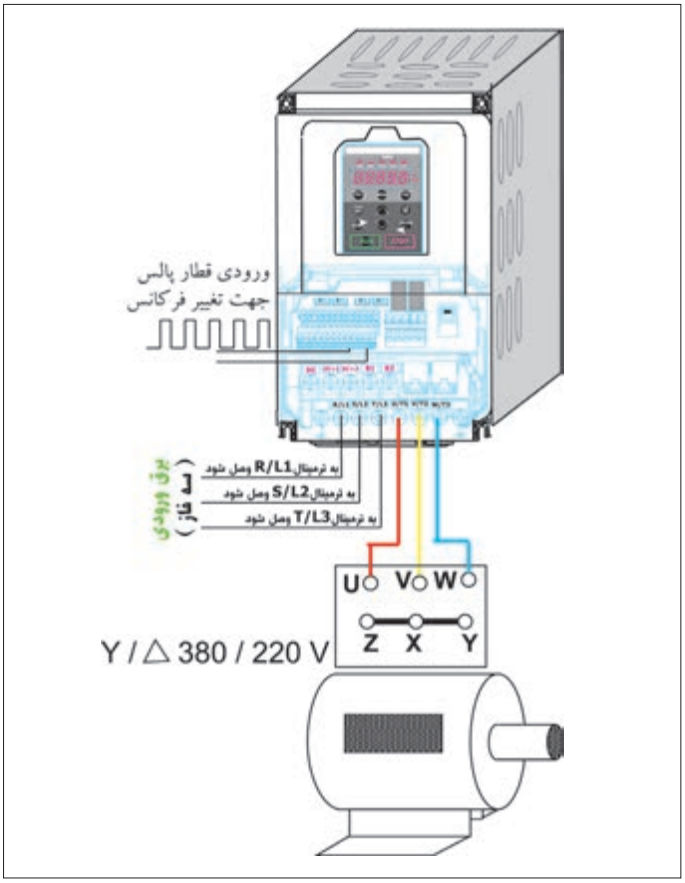
شکل ۲ـ صفحه کلید دو نمونه اینورتر

ساختمان ظاهری اینورتر

برای آشنایی با ساختمان ظاهری اینورتر دو نمونه صفحه کلید اینورتر در شکل ۲ نشان داده شده است. اجزای مختلف این نمونه شامل این موارد است:

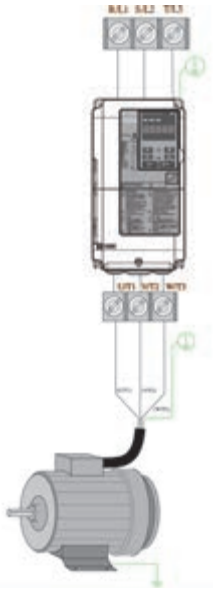
الف) صفحه کلید: در این نمونه درایو صفحه کلید شامل شش کلید (شستی)، یک پتانسیومتر، یک صفحه نمایش و چهار عدد سِون سِگمنت دیودی است. کلید Enter برای فرمان حرکت موتور الکتریکی و کلید Stop برای فرمان توقف موتور الکتریکی است. از کلید Enter برای تأیید و ذخیره یک مقدار تغییریافته استفاده می‌شود. کلیدهای جهت‌دار برای حرکت بین پارامترها و انتخاب آنها یا برای حرکت بین متغیرها و کم و زیاد کردن مقدار آنها به‌کار می‌رود. (شکل ۲)

ب) ورودی‌ها وخروجی‌ها: ورودی‌ها و خروجی‌های اینورتر دارای ورودی و خروجی‌های آنالوگ و دیجیتال و خروجی رله‌ای است. ورودی قدرت اینورتر نیز سه فاز یا تک‌فاز است (شکل۳).



شکل ۳ـ الف) دیاگرام قدرت اتصال موتور الکتریکی به اینورتر (ورودی سه فاز)

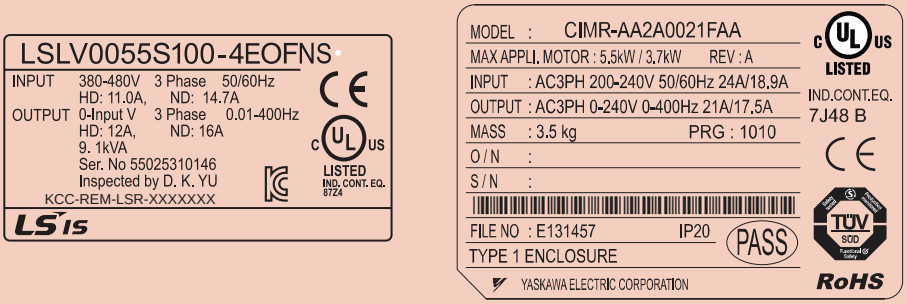
پ) مشخصات اینورتر (درایو): مشخصات درایو شامل شماره سریال، کشور سازنده، ولتاژ ورودی تک‌فاز یا سه فاز، خروجی سه فاز جریان، توان و محدوده تغییرات فرکانس است.



شکل ۳ـ ب) نحوه اتصال موتور الکتریکی به اینورتر

فعالیت

برچسب مشخصات نشان داده شده در شکل ۴ مربوط به اینورتر نشان داده شده در شکل ۱ است. مشخصات فنی آن را استخراج کنید.



شکل ۴ـ دو نمونه برچسب مشخصات فنی اینورتر

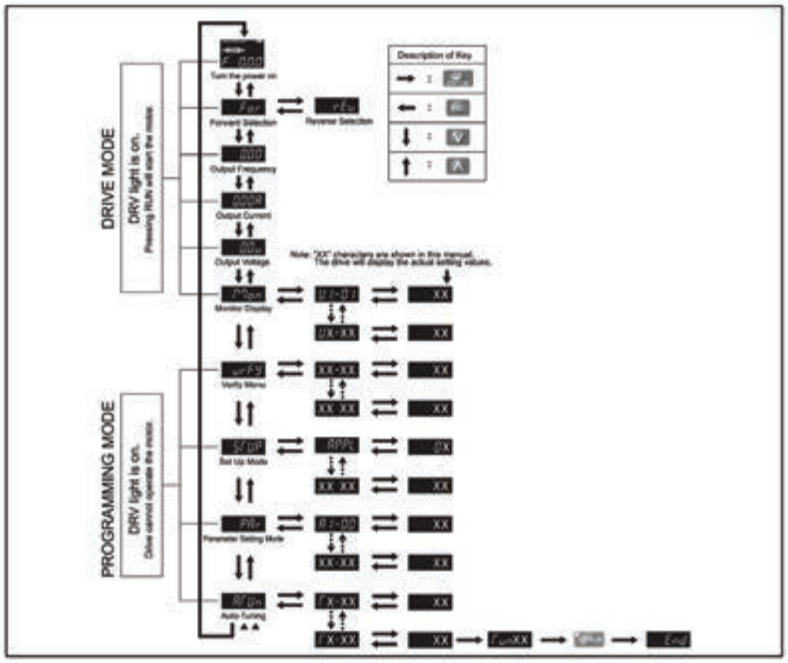
سؤال

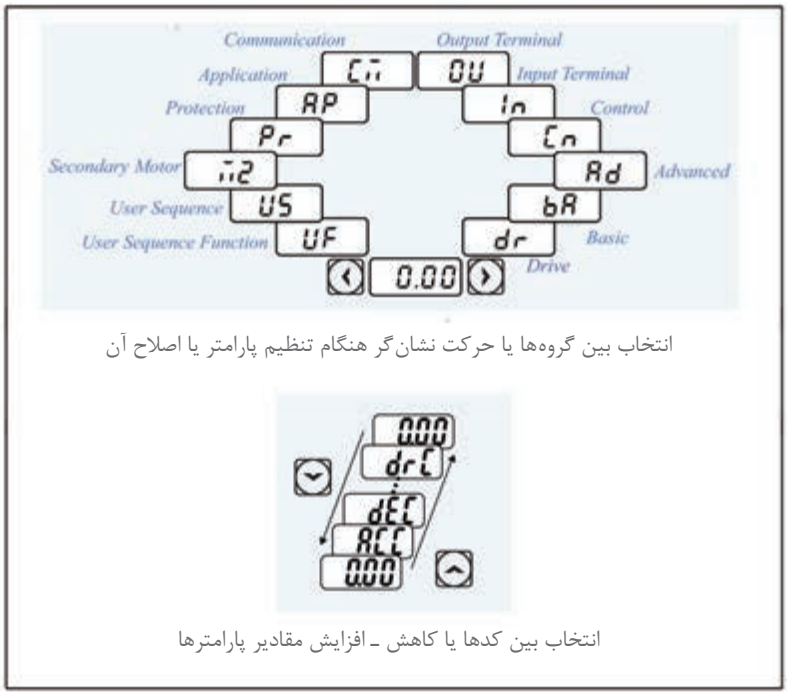
با توجه به فرکانس‌های نشان داده شده در شکل ۵، در کدام حالت سرعت چرخش محور موتور الکتریکی چهار قطب بیشتر خواهد بود؟

شکل ۵ـ دو فرکانس مختلف اینورتر

تنظیمات اینورتر

تنظیمات اینورترها به‌طور کلی به دو گروه اصلی تقسیم می‌شود. در شکل ۶، دو نمونه تنظیمات کلی مربوط به دو مدل مختلف اینورتر نشان داده شده است. ساختار کلی تنظیمات مدل‌های دیگر اینورتر مشابه این دو نمونه است.



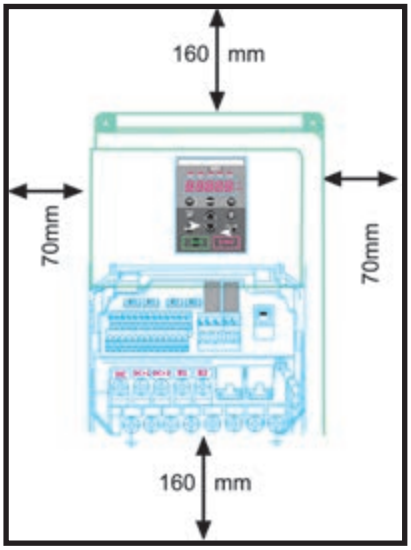


شکل ۶ـ ساختار کلی تنظیمات اینورترها

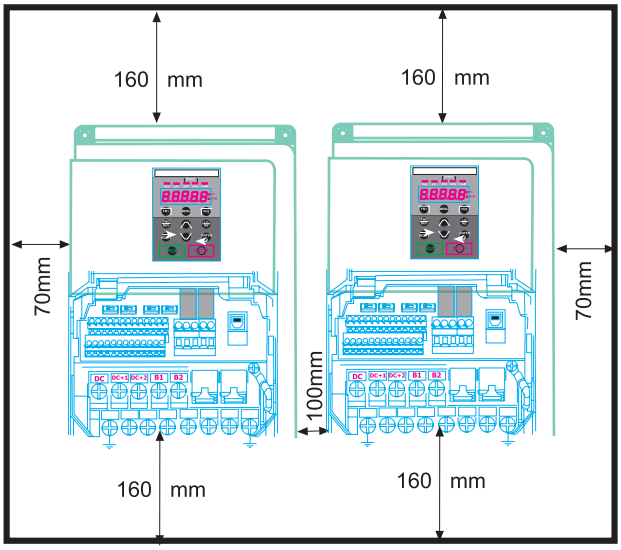
شرایط محیطی محل نصب اینورتر

اینورتر باید در مکانی نصب شود که شرایط محیطی زیر در آن مکان برقرار باشد.

- محل نصب باید فاقد گازهای خورنده باشد.
- محل نصب باید فاقد گازهای قابل احتراق باشد.
- در محل نصب مه و گردوغبار نباشد.
- دمای محیط بین ۱۰- درجه سانتی‌گراد الی ۵۰ درجه سانتی‌گراد باشد.
- رطوبت نسبی محیط از RH٪ ۹۰ کمتر باشد.
- میزان لرزش بسیار کم باشد.
- در معرض مستقیم نور آفتاب نصب نشود.
- اگر مجبورید اینورتر را در جایی نصب کنید که گردو خاک زیاد است. حتماً آن را در یک جعبه با IP مناسب ضد گرد و خاک نصب کنید.نحوه خنک کردن اینورتر را حتماً مدنظر قرار دهید. (در این ارتباط به دفترچه راهنمای اینورتر مراجعه کنید که معمولاً همراه اینورتر به مشتری تحویل می‌دهند)
- هنگام نصب اینورتر، باید هر چهار طرف آن (سمت چپ، سمت راست، از بالا و از پایین) نسبت به دیوار و یا بدنه تابلو یا با وسایل جانبی نصب شده در کنار آن، یک حداقل فاصله وجود داشته باشد در این مورد باید به کاتالوگ سازنده مراجعه کرد (شکل ۷).
- اگر دو یا چند اینورتر را کنار یکدیگر نصب می‌کنید باید حداقل فاصله بین اینورترها و سایر وسایل مراعات شده باشد در این مورد به کاتالوگ اینورتر مراجعه نمایید (شکل ۸).

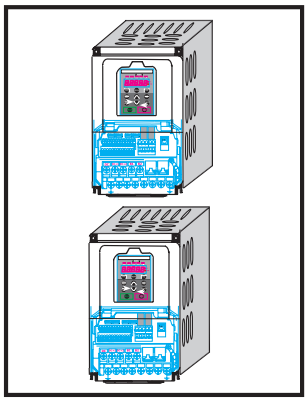


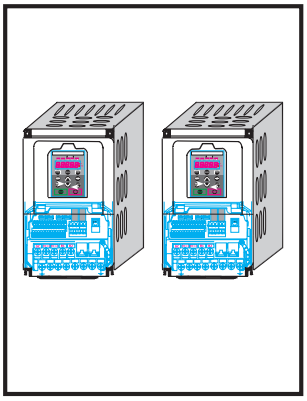
شکل ۷ــ رعایت فاصله جانبی اینورتر با سایر وسایل



شکل ۸ــ هنگام نصب چند اینورتر در داخل یک تابلو، فواصل مناسب را رعایت کنید.

● سعی کنید اینورترها را کنار یکدیگر نصب کنید (شکل۹).
● در یک تابلو اگر برای خنک‌کردن اینورتر، از یک هواکش استفاده کنید، اولاً هواکش را در قسمت بالای تابلو نصب کنید و ثانیاً در مکانی نصب کنید که مسیر جابجایی هوا، حتماً در مسیر اینورتر باشد (شکل ۱۰).
● در خروجی اینورتر تحت هیچ شرایطی از خازن‌های اصلاح کسینوس فی استفاده نکنید. با توجه به اینکه شکل ولتاژ خروجی اینورتر مربعی است لذا اگر خازن در خروجی اینورتر وصل شود، بلافاصله منفجر خواهد شد.
● به توصیه همه سازندگان حتی‌الامکان بین اینورتر و موتور کلید قطع و وصل مغناطیسی قرار ندهید، سعی کنید به‌طور مستقیم موتور را توسط کابل سه رشته‌ای مناسب به اینورتر متصل کنید.


بد


خوب

شکل ۹ـ نحوه نصب صحیح در و یا چند اینورتر در یک پنل

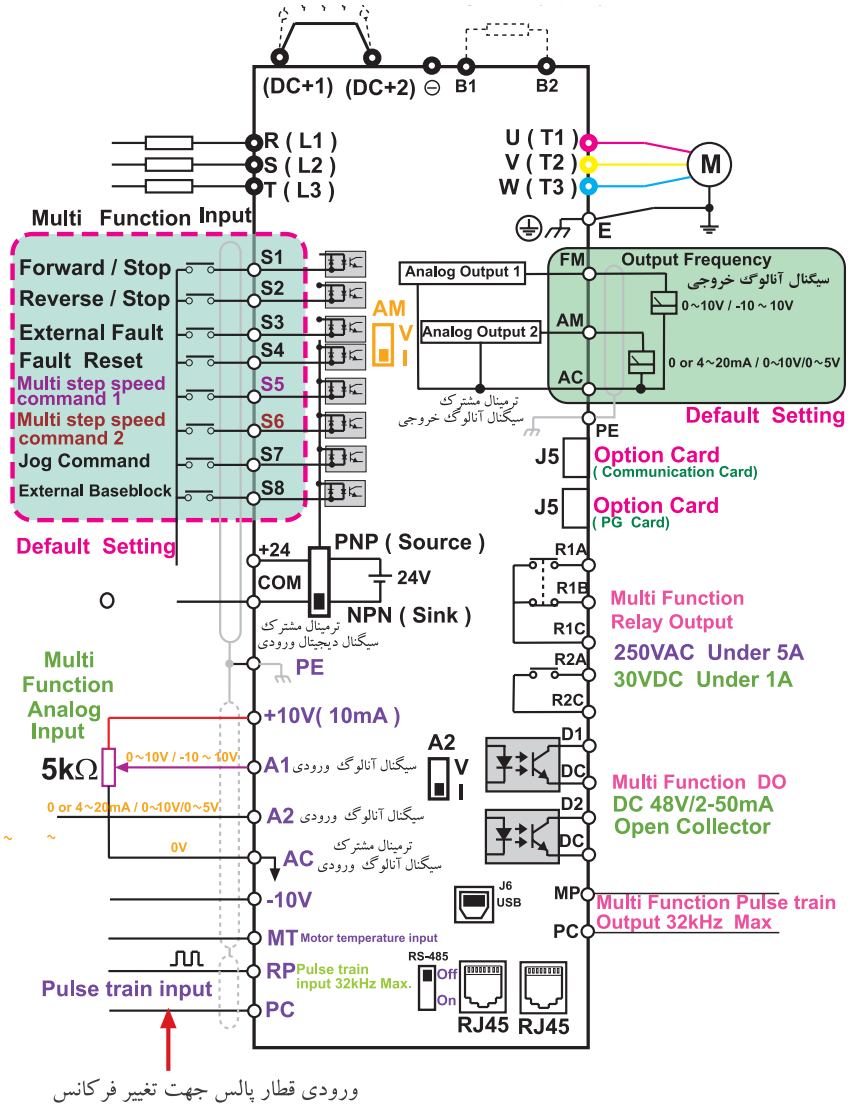
بد

خوب

شکل ۱۰ـ مکان صحیح نصب هواکش و اینورتر در یک تابلو

سیم‌کشی اینورتر

بعد از نصب صحیح اینورتر در مکان مناسب، باید سیم‌کشی آن را انجام داد.
سیم‌کشی اینورتر شامل دو قسمت است:
الف) سیم‌کشی قسمت قدرت
ب) سیم‌کشی قسمت فرمان (در صورت نیاز)
سیم‌کشی قدرت شامل اتصال اینورتر به برق (تک‌فازه و یا سه فازه) و اینورتر به موتور الکتریکی است.
ترمینال‌های قدرت برق ورودی اینورتر را با حروف L_1 یا R و L_2 یا S و L_3 یا T نام‌گذاری می‌کنند. برق سه فازه ورودی به این سه ترمینال که از نظر ابعاد معمولاً خیلی بزرگ‌تر از ترمینال‌های فرمان هستند باید وصل نمود.
معمولاً نقشه سیم‌کشی اینورترها را در دفترچه راهنمای اینورتر رسم می‌کنند که ضمیمه اینورتر است شکل ۱۳ یک نمونه نقشه سیم‌کشی اینورتر را نشان می‌دهد.
نقشه سیم‌کشی اینورتر اطلاعات کاملی از امکانات سخت‌افزاری قابل دسترس اینورتر در اختیار کاربر قرار

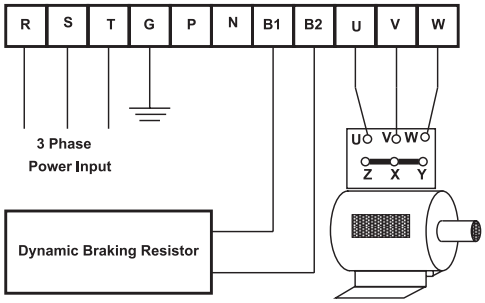


شکل ۱۱ــ نقشه سیم‌کشی یک مدل اینورتر که سازنده در اختیار کاربر قرار می‌دهد.

می‌دهد به عنوان مثال فوراً می‌توان متوجه شد که این مدل اینورتر چند رله خروجی دارد و یا چند ورودی دیجیتالی (قطع و وصل ورودی‌ها ON/OFF) دارد و مواردی از این قبیل. همچنین بعضی از سازندگان علاوه بر نقشه سیم‌کشی کلی، نقشه ترمینالی هم در اختیار کاربر می‌گذارند. معمولاً نقشه‌های ترمینالی قدرت و کنترل به‌طور مجزا در اختیار کاربر قرار می‌دهند. شکل۱۲ یک نمونه نقشه ترمینالی قدرت مربوط به یک اینورتر را نشان می‌دهد.

برای سیم‌کشی قسمت قدرت، قبل از هر اقدامی باید سطح مقطع سیم‌های کابل مورد نیاز را مشخص کرد. سطح مقطع سیم‌ها باید طوری انتخاب شود که افت ولتاژ دائم مسیر از مقدار استاندارد (معمولاً کمتر از ۵ درصد) بیشتر نشود و همچنین تمام موارد دیگر باید در انتخاب سطح مقطع سیم‌ها لحاظ شود. بسیاری از سازندگان اینورتر، سطح مقطع سیم‌های مورد نیاز را به‌صورت جدول و متناسب با توان اینورتر در دفترچه

راهنمای اینورتر در اختیار کاربر قرار می‌دهند. جدول ۱ یک نمونه از این جداول را نشان می‌دهد. بعد از انتخاب سطح مقطع سیم‌های قدرت، نسبت به تهیه آن و ترجیحاً به‌صورت کابل تهیه کنید و سیم‌کشی را از روی نقشه و با لحاظ کردن نکات ایمنی انجام می‌دهیم. بعضی از این نکات که حتماً باید لحاظ شوند عبارت‌اند از:



شکل ۱۲ــ یک نمونه نقشه ترمینال قدرت مربوط به اینورتر

جدول ۱ــ سطح مقطع سیم‌های موردنیاز اینورتر

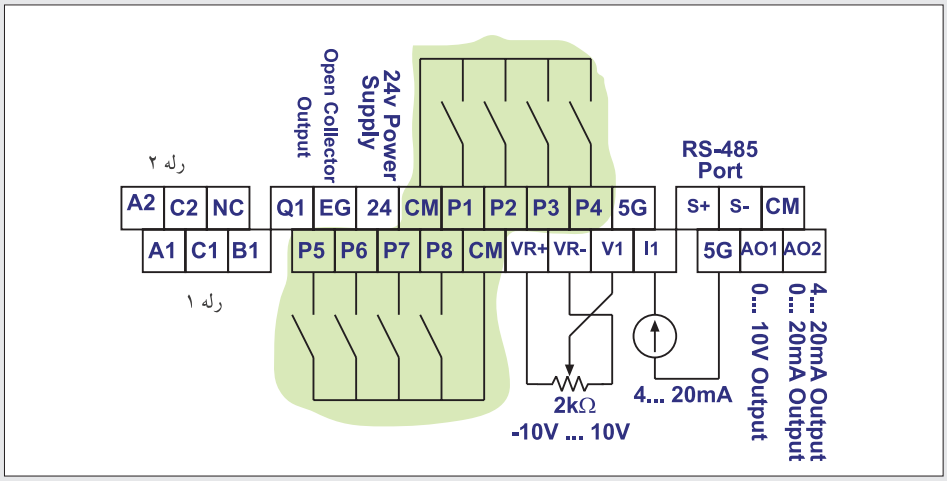
Inverter applied		Terminal screw size	Screw torque[1] (Kgf·cm)	Cable[2] mm² R,S,T	Cable[2] mm² U,V,W	Cable[2] AWG R,S,T	Cable[2] AWG U,V,W	Exterior fuse Current	Exterior fuse Voltage
200V	0.75 kW	M4	7.1~12	2.5	2.5	14	14	10A	500V
	1.5 kW	M4	7.1~12	2.5	2.5	14	14	15A	500V
	2.2 kW	M4	7.1~12	2.5	2.5	14	14	20A	500V
	3.7 kW	M4	7.1~12	4	4	12	12	32A	500V
	5.5 kW	M4	7.1~12	6	6	10	10	50A	500V
	7.5 kW	M4	7.1~12	10	10	8	8	63A	500V
	11 kW	M6	30.6~38.2	16	16	6	6	80A	500V
	15 kW	M6	30.6~38.2	25	22	4	4	100A	500V
	18.5 kW	M8	61.2~91.8	35	30	2	2	125A	500V
	22 kW	M8	61.2~91.8	35	30	2	2	160A	500V
	30 kW	M8	61.2 ~ 91.8	70	70	1/0	1/0	200A	500V
	37 kW	M8	61.2 ~ 91.8	95	95	2/0	2/0	250A	500V
	45 kW	M8	61.2 ~ 91.8	95	95	2/0	2/0	350A	500V
	55 kW	M10	89.7 ~ 122.0	120	120	3/0	3/0	400A	500V
	75 kW	M10	89.7 ~ 122.0	150	150	4/0	4/0	450A	500V
400V	0.75~1.5kW	M4	7.1~12	2.5	2.5	14	14	10A	500V
	2.2 kW	M4	7.1~12	2.5	2.5	14	14	15A	500V
	3.7 kW	M4	7.1~12	2.5	2.5	14	14	20A	500V
	5.5 kW	M4	7.1~12	4	2.5	12	14	32A	500V
	7.5 kW	M4	7.1~12	4	4	12	12	35A	500V
	11 kW	M5	24.5~31.8	6	6	10	10	50A	500V
	15 kW	M5	24.5~31.8	16	10	6	8	63A	500V
	18.5 kW	M6	30.6~38.2	16	10	6	8	70A	500V
	22 kW	M6	30.6~38.2	25	16	4	6	100A	500V
	30~37 kW	M8	61.2~91.8	25	25	4	4	125A	500V
	45 kW	M8	61.2~91.8	70	70	1/0	1/0	160A	500V
	55 kW	M8	61.2~91.8	70	70	1/0	1/0	200A	500V
	75 kW	M8	61.2~91.8	70	70	1/0	1/0	250A	500V
	90 kW	M12	182.4~215.0	100	100	4/0	4/0	350A	500V
	110 kW	M12	182.4~215.0	100	100	4/0	4/0	400A	500V
	132 kW	M12	182.4~215.0	150	150	300	300	450A	500V
	160 kW	M12	182.4~215.0	200	200	400	400	450A	500V

۱ـ برای اتصال سیم‌ها به ترمینال‌های اینورتر، حتماً از سر سیم استفاده کنید.
۲ـ پرس سر سیم‌ها کاملاً درست انجام گرفته باشد.
۳ـ هنگام سفت‌کردن پیچ‌های ترمینال‌ها، سعی کنید به اندازه‌ای که نیاز است پیچ سفت شود.
۴ـ حتی‌الامکان سعی شود بین سر سیم و سیم متصل به آن از وارنیش حرارتی استفاده شود.
۵ـ سیم اتصال زمین را حتماً وصل کنید.

توجه خیلی مهم

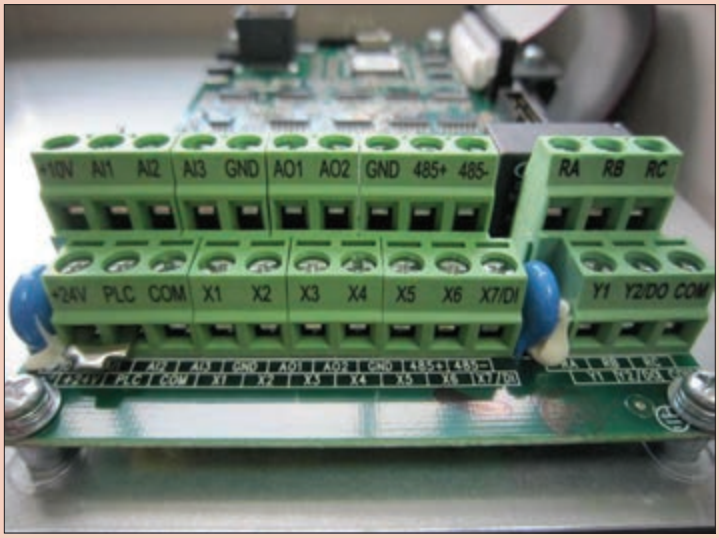
!

۱ـ اینورترهایی که برق ورودی آنها سه فاز است به هیچ وجه نیاز به سیم نول در ورودی ندارند. اگر ترمینال قدرت به نام N دراینورتر ودر کنار ترمینال‌های برق ورودی وجود داشت(حتی با همان شکل وابعاد ترمینال ورودی)مربوط به سیم نول ورودی نیست.
۲ـ اینورترها در خروجی خود حتماً ولتاژ سه فاز تولید می کنند، حتی اگر برق ورودی آنها تک‌فاز باشد. در اینورتر، فقط سه ترمینال قدرت مربوط به ورودی و سه ترمینال قدرت مربوط به خروجی است. بقیه ترمینال‌های قدرت مربوط به موارد دیگر است.
برای سیم‌کشی قسمت فرمان اینورتر از سیم با مقطع حداقل $1mm^2$ و ترجیحاً از سیم‌های با پوشش رنگی مختلف استفاده کنید.
توجه داشته باشید که سیم‌کشی قسمت فرمان اینورتر، متناسب با نیاز باید سیم‌کشی کرد مثلاً اگر نخواهیم ولتاژ آنالوگ به ورودی بدهیم. لذا سیم‌کشی این قسمت موردنیاز نیست و همین طور برای قسمت‌های دیگر. سازندگان اینورتر معمولاً نقشه سیم‌کشی قسمت فرمان را همراه با شماره و یا نام ترمینال‌ها در اختیار کاربر قرار می‌دهند. شکل ۱۳ یک نمونه نقشه ترمینال فرمان یک مدل اینورتر را نشان می‌دهد.
فقط توجه داشته باشید که سیم‌هایی را که برای سیگنال‌های آنالوگ ورودی و خروجی اینورتر، استفاده می‌کنید، باید از کابل‌های زوج به‌هم تابیده شده و شیلددار باشند تا اثرات نویز بر روی سیگنال‌های آنالوگ به حداقل برسد.



شکل ۱۳ـ نقشه ترمینالی کنترل یک مدل اینورتر

چند نکته خیلی مهم در ارتباط با اینورتر



شکل ۱۴ـ ترمینال‌های فرمان مربوط به یک اینورتر

۱ـ سیم‌های قسمت فرمان و کنترل را از کنار سیم‌های قدرت و یا کابل‌های فشار قوی عبور ندهید.
۲ـ به هیچ عنوان در خروجی اینورتر خازن‌های اصلاح ضریب قدرت وصل نکنید.
۳ـ اگر اینورتر در معرض خطر قرار گرفت بلافاصله آن را از برق جدا کنید.
بلافاصله بعد از قطع برق ممکن است بعضی از قطعات آن همچنان داغ باشند لذا در این مورد مواظب باشید.
۴ـ سعی کنید هنگام نصب اینورتر ضربه به آن وارد نکنید.
۵ـ اگر خواستید درپوش (قاب) آن را باز کنید و یا آن‌را خاموش و روشن کنید. حتماً با دست خشک این‌کار را انجام دهید.
۶ـ اتصال بدنه را حتماً برقرار کنید.
۷ـ نحوه باز کردن صحیح درپوش اینورتر، در راهنمای همراه اینورتر معمولاً به‌صورت تصویری مشخص می‌کنند. لطفاً قبل از باز کردن درپوش (قاب) آن برای سیم‌کشی قسمت قدرت و فرمان، به کتابچه راهنما مراجعه کنید.

کار عملی

کار عملی شماره ۱
هدف: آشنایی با کیت آموزشی اینورتر

کار عملی با اینورتر را به دو قسمت عمده می توان تقسیم کرد :
۱ـ نصب اینورتر در مکان مناسب و سیم‌کشی قدرت و در صورت نیاز سیم‌کشی قسمت فرمان
۲ـ تنظیمات نرم‌افزاری اینورتر

با توجه به اینکه احتمالاً امکان نصب اینورتر در کارگاه وجود ندارد لذا یک کیت آموزشی با امکانات زیر در اختیار شما قرار می گیرد تا بتوانید کارهای عملی را روی آن انجام دهید.

- یک عدد اینورتر
- یک عدد موتور سه فازه ۳۸۰ ولتی با توان کم (حدود ۱۰۰ وات)
- یک عدد ترانسفورماتور یکفازه ۲۲۰/۳۸۰ V با توان ۲۵۰ W
- تمامی ترمینال‌های موجود در اینورتر با مشخصات کامل مانند ورودی‌های دیجیتال، ورودی‌ها و خروجی‌های آنالوگ، پایه‌های رله‌های خروجی و کارت شبکه،RS-۴۸۵ متناسب با اینورتر انتخاب شده در کارگاه،
- پتانسیومتر ۲kΩ از نوع ده (۱۰) دوره (Multiturn)
- تعدادی کلید قطع و وصل ساده به‌طوری که بتوان ورودی‌های دیجیتال اینورتر را وصل و یا قطع کرد.
- سایر وسایل مورد نیاز مانند سیم‌های رابط، آوومتر و ...

به‌عنوان اولین کار عملی به منظور انجام کارهای مقدماتی روی این بسترهای سخت‌افزاری، متناسب با نیاز نرم‌افزار، اینورتر را تنظیم کنید.

اغلب اینورترها دارای یک سری امکانات سخت افزاری مشترک می باشند. مثلاً همه اینورترها تعدادی ورودی دیجیتال دارند و یا حداقل یک سیگنال آنالوگ ورودی را قبول می‌کنند و یا حداقل یک رله الکترومغناطیسی دارند، تفاوت عمده مدل‌های مختلف اینورتر در تعداد ورودی‌های دیجیتال، تعداد ورودی‌ها و خروجی‌های آنالوگ، تعداد رله‌ها، کارت شبکه و تفاوت‌های جزئی دیگر می‌باشند و همچنین امکانات نرم افزاری آنها نیز متناسب با سخت افزار اینورتر ممکن است با یکدیگر تفاوت داشته باشد.

شکل ۱۵ـ راه‌اندازی اینورتر با برق ورودی سه فاز ۳۸۰ ولت به کمک ترانسفورماتور ۲۲۰/۳۸۰ V یکفاز

لذا با توجه به اینورتری که در اختیار شما قرار داده می‌شود، موارد زیر را در جلسه اول کار با اینورتر مورد انتظار است.

۱ـ زمانی که اینورتر به برق وصل نیست، ترمینال‌های قدرت (برق ورودی) را از روی اینورتر فقط مشاهده کنید. چون موتور متصل به اینورتر بی‌بار راه‌اندازی می‌شود لذا قطع یک فاز ورودی مشکلی ایجاد نمی‌کند.

در شکل ۱۵ نحوه اتصال اینورتر را به ترانسفورماتور و برق شهر نشان می‌دهد.

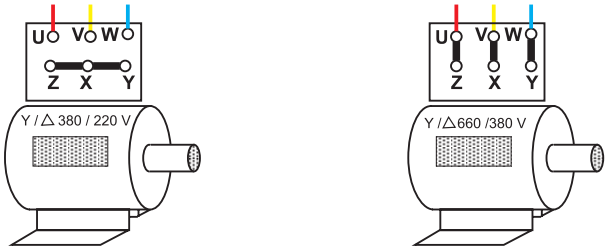
با استفاده از روش فوق ضمن ایزوله کردن برق ورودی اینورتر از برق شهر، می‌توان با برق تک‌فاز، اینورتر را روشن کرد. این روش در جایی که برق سه فاز نیست و قرار است یک اینورتر مورد آزمایش قرار گیرد روش مناسبی است و در حال حاضر نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۲ـ همچنین زمانی که اینورتر به برق اصلی وصل نیست ترمینال‌های قدرت مربوط به اتصال اینورتر به موتور الکتریکی را بررسی کنید. باید اتصالات نظیر به نظیر (ترمینال U اینورتر توسط سیم به ترمینال U موتور الکتریکی و همچنین V به V و W به W) وصل شده باشند.

علاوه بر بررسی جعبه ترمینال موتور، نوع اتصال سیم پیچ‌های آن را نیز بررسی کنید. (در این مورد توجه داشته باشید اگر موتور استاندارد باشد و سیم‌های U و V و W درست باشند و اتصال نظیر به نظیر بین خروجی اینورتر و موتور نیز برقرار باشد، قبل از روشن کردن موتور می‌توان جهت گردش محور موتور الکتریکی متصل به اینورتر را پیش‌بینی کرد.)

۳ـ مشاهده خود را از روی ترمینال با پلاک موتور مقایسه کنید. سر بندی در ترمینال‌ها معمولاً به‌صورت شکل ۱۶ است.

با توجه به اینکه حداکثر ولتاژ خروجی ۳۸۰ ولت است لذا اگر روی پلاک موتور عبارت Δ/Y ۲۲۰V/۳۸۰V



الف) حالت اتصال سربندی موتور به‌صورت مثلث است

ب) حالت اتصال سربندی موتور به‌صورت ستاره است.

شکل ۱۶ـ تعیین سربندی (ستاره یا مثلث) از روی ترمینال‌های موتور

و یا Δ/ ۳۸۰V/۲۲۰V ⅄ نوشته شده باشد حتماً باید اتصال سربندی موتور به‌صورت ستاره باشد و اگر روی پلاک موتور عبارت Δ/ ۶۶۰V/۳۸۰V ⅄ و یا عبارت Δ/ ۳۸۰۰V/۶۶۰V ⅄ نوشته باشد، حتماً باید سربندی موتور به‌صورت مثلث باشد.

توجه داشته باشید که علامت Δ/ ⅄ روی پلاک موتور مربوط به راه‌اندازی حالت ستاره ـ مثلث نیست بلکه حداکثر ولتاژ مجاز دو سر هر گروه کلاف موتور را مشخص می کند.

۴ـ از روی نقشه مدار الکتریکی اینورتر که در اختیار شما قرار می‌گیرد، ترمینال‌های قدرت را شناسایی و با مدار عملی (روی کیت آموزشی اینورتر) تطبیق دهید.

در این مورد حروف روی نقشه را با حروف حک شده روی ترمینال‌ها با یکدیگر تطبیق دهید (شکل ۱۵).

۵ـ ترمینال‌های ورودی را کاملاً شناسایی کنید. در حقیقت ترمینال‌های ورودی دیجیتال، ترمینال‌های ورودی و خروجی آنالوگ و ترمینال‌های مربوط به کارت شبکه و همچنین ترمینال‌های مربوط به رله(های) خروجی اینورتر و سایر ترمینال‌های موجود را دقیقاً بررسی و با نقشه مدار الکتریکی اینورتر (شبیه نقشه الکتریکی شکل شماره ۱۵) کاملاً تطبیق دهید.

۶ـ کلید تعیین نوع ورودی PNP و NPN را روی اینورتر شناسایی کنید.

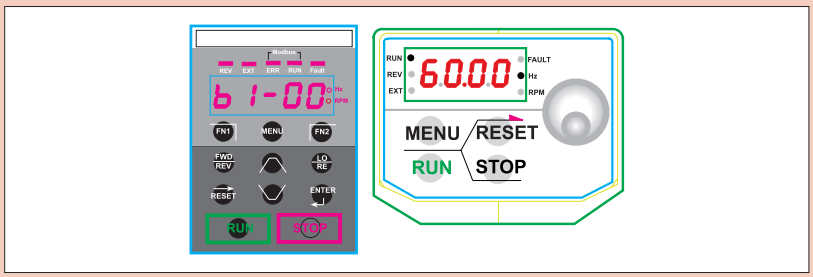
۷ـ در بعضی از اینورترها برای سیگنال آنالوگ ورودی و خروجی برای هر کدام فقط یک ترمینال وجود دارد و تعیین نوع ورودی ولتاژ و یا جریان از یک کلید V/I استفاده می‌شود. اینورتری که در اختیار شماست دقیقاً بررسی کنید که وضعیت سیگنال‌های ورودی و خروجی آنالوگ چگونه است؟

در ارتباط با موارد مطرح شده در این قسمت کار عملی، یک گزارش کامل تهیه و به مدرس محترم کارگاه تحویل نمایید.

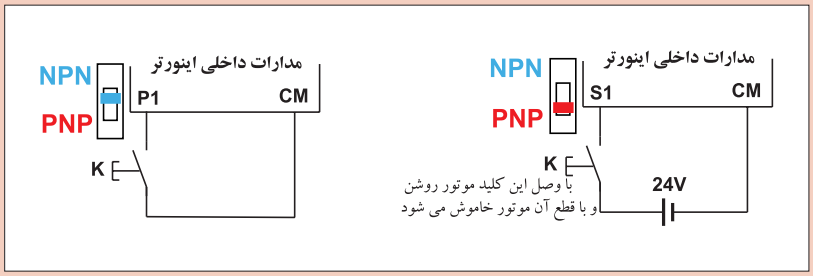
کار عملی

کار عملی شماره ۲
روش‌های انجام کار : برای روشن و خاموش کردن موتور متصل به اینورتر معمولاً از ۳ روش به شرح زیر استفاده می کنند :

روش اول : روشن و خاموش‌کردن موتور متصل به اینورتر از روی صفحه کلید اینورتر.
روی همه اینورترهای ساخته شده صرف نظر از نوع برند آن، یک صفحه کلید وجود دارد که حداقل دارای یک صفحه نمایش (عددی و یا حروفی) و چند عدد شستی ظریف است حداقل دو عدد از این شستی‌ها؛ حتماً یکی RUN و دیگری STOP است. به کمک این دو شستی موتور متصل به اینورتر را می‌توان روشن و خاموش کرد : شکل (۱۷) دو نمونه از صفحه کلید مربوط به اینورترها را نشان می دهد.



شکل ۱۷ــ دو نمونه صفحه کلید مربوط به اینورترها



شکل۱۸ــ به کمک یک کلید ساده می توان موتور متصل به اینورتر را روشن و یا خاموش کرد.

روش دوم : استفاده از ورودی‌های دیجیتال اینورتر
به کمک حداقل یکی از ورودی‌های دیجیتال اینورتر، می‌توان موتور متصل به اینورتر را روشن و یا خاموش کرد. شکل (۱۸)

روش سوم : استفاده از کارت شبکه
اینورترهایی که کارت شبکه (RS-۴۸۵) دارند را می‌توان از طریق این کارت شبکه و یک نمایشگر صنعتی و یا PLC و یا هر وسیله دیگری که بتواند از طریق شبکه به اینورتر دسترسی داشته باشد، موتور متصل به اینورتر را روشن و یا خاموش کرد.

در این کار روش اول و روش دوم را مورد آزمایش قرار دهید.

مراحل انجام کار: در این مرحله، موتور متصل به اینورتر را از روی صفحه کلید اینورتر، روشن و خاموش کنید برای این منظور ابتدا باید در نرم افزار اینورتر تنظیمات مربوطه را انجام دهید.

در مدل‌های مختلف اینورتر، سازندگان در نرم‌افزار اینورتر از عبارت مشخصی برای این منظور استفاده نمی‌کنند ولی رایج ترین آنها کلمات Command Source است که تحت این نام (زیر مجموعه این نام) می‌توان روش روشن و خاموش کردن موتور را تعیین کرد.

مثال:

$$\text{Command Source}\begin{cases}\text{۰: Keypad}\\ \text{۱: FX / RX}\\ \text{۲: ... ...}\end{cases}$$

ممکن است بعضی از سازندگان به جای لغات Command Source، از یک کد مانند F5 برای این منظور استفاده کنند:

مثال:

$$\text{F5}\begin{cases}\text{۰: Keypad}\\ \text{۱: FX / RX}\\ \text{۲: ... ...}\end{cases}$$

و یا موارد مشابه دیگر.

توجه

با در اختیار داشتن دفترچه راهنمای اینورتر، و از روی دفترچه راهنما، نحوه تنظیم روشن و خاموش کردن موتور متصل به اینورتر از روی صفحه کلید اینورتر را استخراج کنید.

در ادامه با روشن کردن اینورتر (با احتیاط کامل و رعایت تمام اصول ایمنی) تنظیمات این قسمت را انجام دهید.

(لازم به یادآوری است که در تنظیمات کارخانه‌ای اینورترها، معمولاً سازنده اینورتر روش خاموش و روشن کردن اینورتر را روی صفحه کلید تنظیم می‌کند. یعنی وقتی یک اینورتر نو خریداری می‌کنید و بلافاصله روشن می‌کنید از روی صفحه کلید آن می‌توانید موتور متصل به آن را روشن و یا خاموش کنید.)

بعد از تنظیم کردن نحوه روشن و خاموش کردن اینورتر از روی صفحه کلید، موتور را چندین بار روشن و خاموش کنید.

سعی کنید این قسمت را خیلی خوب یاد بگیرید زیرا در عمل و در هر کجا که بخواهید یک اینورتر را نصب کنید این تنظیم را باید انجام دهید و در این مورد توصیه می شود حتماً از دفترچه راهنما استفاده کنید.

فعالیت

شرح مختصری از نحوه تنظیم اینورتر موجود در کارگاه را بنویسید.

در ادامه، این بار روشن و خاموش کردن موتور متصل به اینورتر را از طریق ترمینال‌های ورودی اینورتر (ورودی دیجیتال) انجام دهید به این منظور تنظیمات در دو مرحله باید انجام پذیرد.

مرحله اول : ابتدا باید در نرم‌افزار اینورتر مشخص کنیدکه روشن و خاموش‌کردن موتور متصل به آن از طریق ورودی‌های دیجیتال باشد. به این منظور در نحوه تنظیمات که در صفحات قبل گفته شد به جای Keypad باید Fx/RX را انتخاب کنید.

Command Sourse
- ۰: Keypad
- ۱: FX / RX

مرحله دوم : ابتدا تعیین کنید که کدام ورودی دیجیتال را می خواهید به این امر اختصاص دهید (اینورترها حداقل ۴ یا ۶ عدد ورودی دیجیتال دارند) بعد از مشخص کردن ترمینال ورودی اینورتر، برای روشن و خاموش کردن موتور متصل به آن باید در نرم افزار نیز برای این ورودی تعریف کنید که در صورت فعال شدن این پایه باید موتور در جهت Forward بچرخد معمولاً سازندگان اینورتر این حالت را با FX نشان می‌دهند.

گروه ورودی‌ها
- ۰: FX
- ۱: RX
- ۲: BX
- ۳: ...
- ۴: ...

در تنظیم کارخانه‌ای (Factory Default) معمولاً اولین ترمینال ورودی به FX اختصاص می‌دهند.

توجه

هیچ گاه دو پایه ورودی را نمی‌توانید برای یک کار واحد تعریف کنید (برنامه‌ریزی کنید) مثلاً ترمینال‌های S۹ و S۴ را برای FX تعریف کنید البته خود اینورتر هم نمی‌گذارد که شما دو پایه مختلف را برای یک کار خاص تعریف کنید. لذا توجه داشته باشید که به عنوان مثال اگر بخواهید پایه S۴ (نام S۴ چهارمین پایه ورودی دیجیتال است) را به FX اختصاص بدهید اگر نمی‌توانید و یا اینورتر قبول نمی‌کند حتماً پایه دیگری به‌همین کارکرد قبلاً تعریف شده است.

بعد از تنظیم این دو مرحله، کلید PNP/NPN را در حالت NPN قرار دهید و به‌صورت شکل (۱۹) موتور را روشن و خاموش کنید.

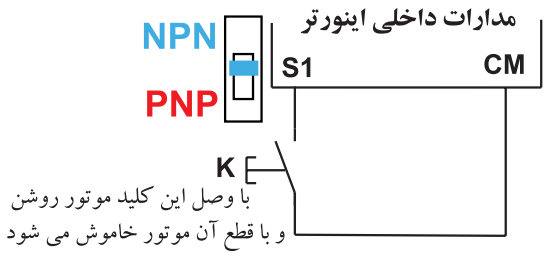
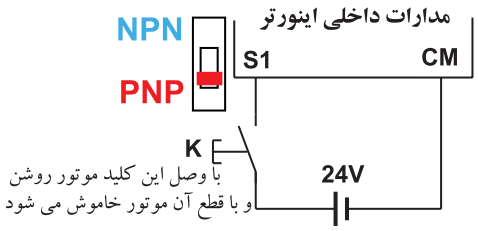


Fig. 21

شکل ۱۹ــ نحوه روشن و خاموش کردن موتور متصل به اینورتر به کمک ورودی از نوع PNP

این بار کلید PNP/NPN را در حالت PNP قرار دهید و به‌صورت شکل (۲۰) موتور را روشن و خاموش کنید. نحوه راه‌اندازی موتور متصل به اینورتر به‌صورت Forward و Reverse و تمام مطالبی که در صفحات قبل راجع به روشن و خاموش کردن موتور متصل به اینورتر گفته شد برای هر دو حالت Forward و Reverse صادق است روی اغلب کی پدها (صفحه نمایش روی اینورتر) سه شستی به‌صورت شکل (۲۱) وجود دارند :



شکل ۲۰ـ نحوه روشن و خاموش کردن موتور متصل به اینورتر به کمک ورودی از نوع PNP

شکل ۲۱ـ این سه شستی روی اغلب کی پدها برای راه‌اندازی موتور در حالت Forward و Reverse وجود دارند.

اگر شستی FWD را فشار دهید موتور روشن شده و در جهت Forward می‌چرخد و اگر شستی Stop را فشار دهید موتور خاموش می شود. و اگر شستی REV را فشار دهیم موتور متصل به اینورتر روشن شده و در جهت Reverse می‌چرخد.

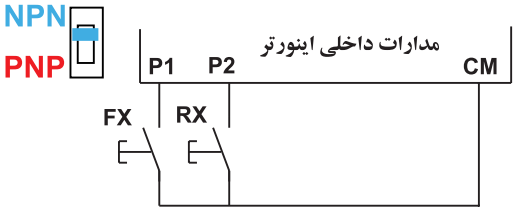
در تعدادی از اینورترها ممکن است نحوه راه‌اندازی موتور به‌صورت Forward و Reverse اندکی با روش فوق فرق داشته باشد.

نحوه راه‌اندازی موتور به صورت Forward و Reverse از طریق ورودی‌های دیجیتال با آنچه در صفحات قبل گفته شد فرقی ندارد فقط برای راه‌اندازی در حالت Forward، از حروف FX استفاده می شود و برای حالت راه‌اندازی Reverse از حروف RX استفاده می کنند.

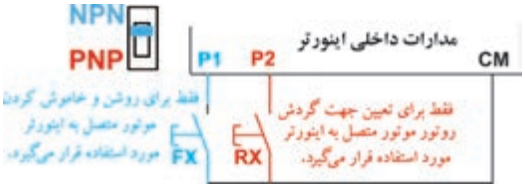
تفاوت FX/RX-۱ و FX-RX-۲

در بعضی از مدل‌های اینورتر راه‌اندازی موتور متصل به اینورتر از طریق ترمینال‌های ورودی (ورودی‌های دیجیتال) به دو روش انجام می پذیرد :

الف) FX/RX-۱: در این روش، اگر کلید FX را وصل کنید موتور متصل به اینورتر روشن شده و محور آن در جهت Forward می‌چرخد و اگر این کلید را قطع کنید موتور خاموش می‌شود و اگر کلید RX را وصل کنید موتور متصل به اینورتر روشن شده و محور آن در جهت Reverse می‌چرخد و اگر این کلید را قطع کنید موتور خاموش می‌شود. (شکل ۲۲)



شکل ۲۲ـ راه‌اندازی موتور به‌صورت FX/RX-۱



شکل ۲۳ـ عملکرد FX/RX-۲

ب) FX-RX-۲ : در این روش، اگر کلید FX را وصل کنید، موتور در جهت Forward روشن می‌شود و اگر قطع کنید، موتور خاموش می‌شود. در ادامه در حالتی که کلید FX وصل است و موتور روشن است اگر کلید وصل شده به ترمینال از پیش تعریف RX عمل کند (وصل شود)، جهت گردش روتور موتور متصل به اینورتر عوض می‌شود (Reverse) (شکل ۲۳). به عبارت دیگر با یک کلید موتور را روشن و خاموش کنید و با کلید دیگر جهت آن را عوض می‌کنید.

اگر اینورتر موجود در کارگاه شما، امکان فوق را دارد حتماً این آزمایش را انجام دهید.

کار عملی

کار عملی شماره ۳

هدف: آشنایی با انواع روش‌های تغییر فرکانس خروجی اینورتر

شرح کار عملی: در اینورتر به روش‌های مختلف می‌توان فرکانس خروجی اینورتر را تغییر داد. این روش‌ها عبارت اند از:

روش ۱ـ تغییر فرکانس از طریق صفحه کلید روی اینورتر

روش ۲ـ تغییر فرکانس از طریق ورودی‌های دیجیتال

روش ۳ـ تغییر فرکانس از طریق سیگنال ورودی آنالوگ از جنس ولتاژ (مثلاً ۱۰-۰ V)

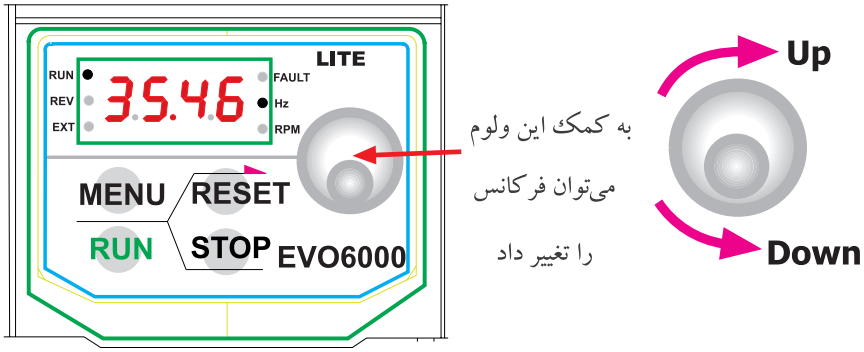
روش ۴ـ تغییر فرکانس از طریق سیگنال ورودی آنالوگ از جنس جریان (معمولاً ۲۰-۴mA)

روش ۵ـ از طریق کارت شبکه

روش ۶ـ از طریق پالس‌های ورودی به اینورتر

در ادامه توضیح مختصری راجع به هر کدام از روش‌های فوق ارائه می‌شود.

روش ۱ : روی همه اینورترها، یک صفحه کلید وجود دارد. روی صفحه کلید یک صفحه نمایش به‌صورت متنی و یا به صورت ارقامی نیز وجود دارد که معمولاً در حالت عادی مقدار فرکانس خروجی اینورتر را نشان می‌دهد. در ضمن در بسیاری از اینورترها، روی همین صفحه کلید، ولومی وجود دارد که می‌توان مقدار فرکانس را با آن تنظیم کرد و در تعدادی از اینورترها، روی صفحه کلید آنها، ولوم وجود ندارد ولی شستی‌هایی وجود دارد که می‌توان به کمک آنها، مقدار فرکانس خروجی را تنظیم کرد. شکل ۲۴ دو نمونه از صفحه کلیدها را نشان می‌دهد.



نحوه تغییر فرکانس به این صورت است که هر لحظه فقط یک رقم در حال چشمک زدن است و با چرخاندن ولوم مقدار آن تغییر می کند و با فشردن کلید دیگری روی صفحه کلید رقم چشمک زن جابجا شده و قابل تغییر خواهد بود .

شکل ۲۴ـ دو نمونه صفحه کلید روی اینورترها

روش ۲: تغییر فرکانس خروجی اینورتر از طریق ورودی‌های دیجیتال

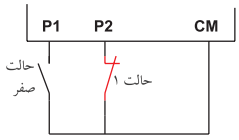
به کمک ورودی‌های دیجیتال نیز می‌توان فرکانس خروجی اینورتر را تغییر داد برای این منظور معمولاً حداکثر تا ۴ ورودی سازندگان به این امر اختصاص می‌دهند.

چهار ورودی دیجیتال اینورتر، می‌توانند ۱۶ حالت مختلف به شرح جدول۲ داشته باشند.

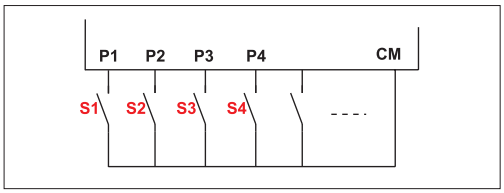
جدول ۲ـ حالت‌های مختلف ورودی اینورتر

ورودی۱	ورودی۲	ورودی۳	ورودی۴	ردیف
۰	۰	۰	۰	۰
۱	۰	۰	۰	۱
۰	۱	۰	۰	۲
۱	۱	۰	۰	۳
۰	۰	۱	۰	۴
۱	۰	۱	۰	۵
۰	۱	۱	۰	۶
۱	۱	۱	۰	۷
۰	۰	۰	۱	۸
۱	۰	۰	۱	۹
۰	۱	۰	۱	۱۰
۱	۱	۰	۱	۱۱
۰	۰	۱	۱	۱۲
۱	۰	۱	۱	۱۳
۰	۱	۱	۱	۱۴
۱	۱	۱	۱	۱۵

ورودی ۱	ورودی ۲	ورودی ۳	ورودی ۴	ردیف
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
0	1	0	0	2
1	1	0	0	3
0	0	1	0	4
1	0	1	0	5
0	1	1	0	6
1	1	1	0	7
0	0	0	1	8
1	0	0	1	9
0	1	0	1	10
1	1	0	1	11
0	0	1	1	12
1	0	1	1	13
0	1	1	1	14
1	1	1	1	15



شکل ۲۵ـ منظور از صفر یعنی ورودی بدون ولتاژ و منظور از یک یعنی ورودی با ولتاژ (ورودی باز و بسته)



شکل ۲۶ـ با ۴ کلید می‌توان ۱۶ حالت مختلف باز و بسته بودن را به‌وجود آورد.

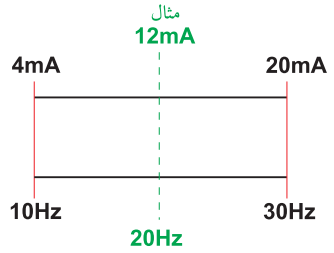
در شکل۲۶، ۱۶ حالت برای ۴ عدد کلیدی که به ورودی‌های P۱ الی P۴ وصل شده‌اند می‌تواند به‌وجود آید. در نرم‌افزار اینورتر، پانزده فرکانس (به جز حالتی که همه ورودی‌ها صفراند، فرکانس تنظیمی حالت عادی که در صفحات قبل توضیح داده شد، برای حالت همه ورودی‌ها صفر لحاظ می‌شود) تعریف کنیدو در ضمن ورودی‌ها P۱ الی P۴ هم در نرم‌افزار تعریف کنید که برای تغییر فرکانس از آنها استفاده می‌شود، اکنون کاربر هریک از ۱۶ حالت را در ورودی ایجاد کند (با باز و بسته کردن کلیدها) فرکانس تعریف شده در آن حالت در نرم‌افزار، در خروجی اینورتر ایجاد می شود.

لازم به ذکر است که ۴ کلید، حداکثر تعداد کلیدها است که برای تغییر فرکانس از آن استفاده می شود لذا کاربر می‌تواند از تعداد کمتری از ورودی‌ها برای تغییر فرکانس استفاده کند.

بنابراین اگر کاربر از ۳ کلید استفاده کند در این صورت حداکثر فقط ۸ حالت مختلف می‌تواند داشته باشد و اگر از ۲ کلید برای این منظور استفاده کنند حداکثر فقط چهار حالت مختلف می‌تواند به وجود آورد و

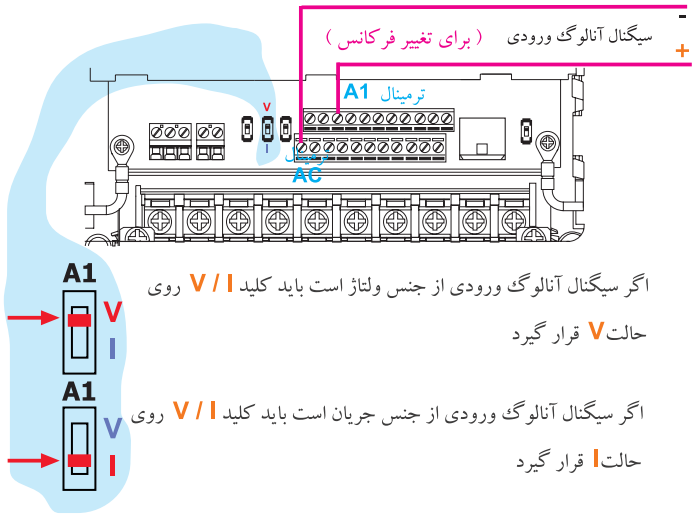
اگر فقط از یک کلید استفاده کند فقط دو حالت می تواند داشته باشد. بنابراین کاربر متناسب با نیاز تعداد پایه‌های ورودی را برای تغییر فرکانس خروجی اینورتر و به تبع آن تغییر دور روتور موتور متصل به اینورتر را انتخاب می کند. روش تغییر فرکانس به کمک پایه‌های ورودی دیجیتال در صنعت کاربردهای زیادی دارد. به عنوان مثال اگر بخواهید در یک خط تولید، سرعت در نقاط مختلف خط را متغیر کنید، با نصب حسگرهای مناسب این کار به سادگی امکان پذیر است.

روش ۳ و روش ۴ـ تغییر فرکانس خروجی اینورتر از طریق اعمال ولتاژ و یا جریان یکی دیگر از روش‌های تغییر فرکانس خروجی اینورتر و به تبع آن تغییر دور روتور موتور متصل به آن، استفاده از ولتاژ DC (معمولاً ۱۰V ~ ۰ یا ۱۰V+ ~ ۱۰V−) و یا جریان DC (معمولاً ۲۰mA-۴) است. به‌عنوان مثال می‌توان در اینورتر تعریف کرد که به ازای اعمال ولتاژ صفر الی ۱۰ ولت فرکانس خروجی اینورتر از صفر الی ۶۰ هرتز تغییر کند یا به ازای اعمال جریان ۴ الی ۲۰mA ورودی، فرکانس خروجی اینورتر از ۱۰ الی ۳۰ هرتز تغییر کند (شکل ۲۷). ولتاژ و یا جریان برای کنترل فرکانس خروجی به ترمینال‌هایی که به همین منظور در اینورتر پیش‌بینی شده‌اند اعمال می‌شود. در بعضی از اینورترها ترمینال‌های ورودی برای ولتاژ و جریان به طور مجزا در نظر گرفته شده‌اند و در بعضی دیگر از اینورترها ترمینال‌های ورودی ولتاژ و جریان یکی است و برای تعیین جریان یا ولتاژ از یک کلید کوچک و ساده (V/I) استفاده می‌کنند.
در شکل (۲۷) نمونه‌ای از ترمینال‌های این مدل اینورترها نشان داده شده است.

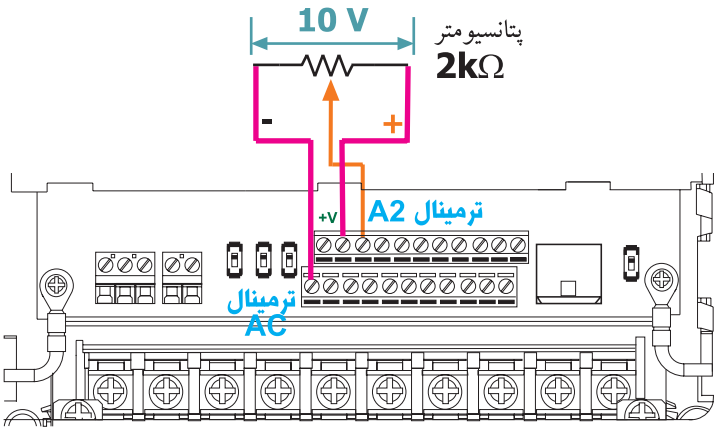


شکل ۲۷ـ تغییر فرکانس از طریق ولتاژ و یا جریان الکتریکی

در اکثر اینورترهایی که ترمینال‌های ولتاژ و جریان به صورت مجزا در نظر گرفته شده‌اند. کاربر می‌تواند همزمان جریان و ولتاژ را به ترمینال‌ها اعمال کند. فرمول فرکانس خروجی برای اعمال همزمان ولتاژ و جریان را کارخانجات سازنده اینورتر در دفترچه‌های راهنمای اینورتر ثبت می‌کنند. لازم به یادآوری است که اعمال همزمان جریان و ولتاژ کاربردهای ویژه دارد.
اگر کاربر بخواهد با یک پتانسیومتر خارجی (غیر از پتانسیومتر موجود در روی صفحه کلید) مقدار فرکانس را تغییر دهد، می‌تواند از ورودی آنالوگ اینورتر استفاده کند. برای این منظور همه اینورترها حداقل یک ولتاژ ۱۰ V ثابت را در اختیار کاربر قرار می‌دهند. اگر کاربر این ولتاژ به دو سر یک پتانسیومتر اعمال کند می‌تواند از یک سر و سر وسط پتانسیومتر ولتاژ صفر تا ۱۰ ولت را دریافت و به ترمینال ولتاژ ورودی آنالوگ اینورتر اعمال کند و فرکانس را تغییر دهد. (شکل ۲۹).



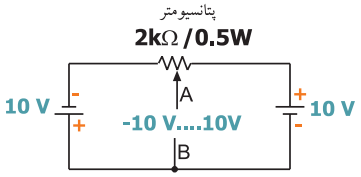
شکل ۲۸ـ ترمینال ورودی ولتاژ و نحوه انتخاب ورودی ولتاژ و یا ورودی جریان



شکل ۲۹ـ با استفاده از یک پتانسیومتر خارجی می‌توان فرکانس خروجی اینورتر را تغییر داد.

در بعضی از اینورترها، علاوه بر ولتاژ ثابت ۱۰ V+، یک ولتاژ ثابت ۱۰ V- نیز وجود دارد. اگر کاربر دو سر پتانسیومتر را بین ۱۰ V+ و ۱۰ V- قرار دهد می‌تواند به‌صورت شکل ۳۲ ولتاژ متغیر از ۱۰ V- الی ۱۰ V+ داشته باشد.

اگر ولتاژ نقاط A و B در شکل (۳۰) را به ورودی اینورتر اعمال کنید، اگر رنج تغییرات V ۱۰ - ~۰ باشد، فرکانس متغیر و روتور موتور متصل به اینورتر در جهت Reserve می چرخد.

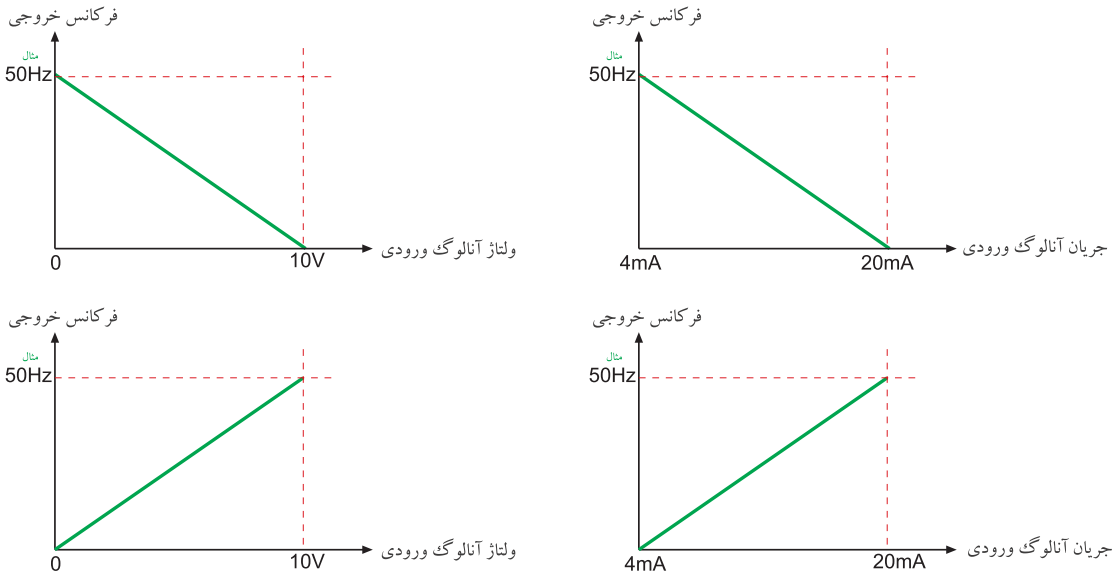


شکل ۳۰ـ نحوه دریافت ولتاژ متغیر از ۱۰- ولت الی ۱۰+ ولت

توجه مهم

بعضی از سازندگان اینورتر برای تغییر فرکانس خروجی به ازای اعمال ولتاژ آنالوگ ورودی، از یک فرمول خاص استفاده می‌کنند در این مورد حتماً به کاتالوگ سازنده مراجعه نمایید.

تغییر فرکانس به ازای اعمال ولتاژ آنالوگ در اینورترها به‌صورت‌های شکل ۳۳ صورت می‌پذیرد.



شکل ۳۱- نحوه امکان تغییر فرکانس خروجی اینورتر به ازای تغییر ولتاژ آنالوگ ورودی

روش ۵ـ تغییر فرکانس از طریق کارت شبکه

امروز تقریباً تمامی اینورترهایی که ساخته می شود، دارای بستر سخت افزاری RS-485 و پروتکل ارتباطی Madbus RTU هستند. این کانال ارتباطی قادر است اطلاعات (Data) را بین اینورتر و سایر وسایلی که دارای کانال ارتباطی فوق باشند تبادل کند، مانند PLC یا مونیتور صنعتی (H.M.I) و یا سایر وسایل دیگر مجهز به این نوع کانال ارتباطی . یکی از موارد تبادل اطلاعات بین اینورتر و سایر وسایل جانبی می‌تواند فرکانس باشد، یعنی به کمک مثلاً PLC و یا مونیتور صنعتی (H.M.I) می‌توان مقدار فرکانس اینورتر را تغییر داد و یا هر لحظه مقدار فرکانس خروجی اینورتر را خواند.

روش ۶ ـ تغییر فرکانس خروجی اینورتر با اعمال پالس‌های ورودی

به کمک پالس‌های ورودی نیز می‌توان فرکانس خروجی اینورتر را تغییر داد. این روش تغییر فرکانس کاربردهای خیلی خاصی دارد.

مراحل انجام کار: در این مرحله فرکانس خروجی اینورتر را از روی صفحه کلید، تغییر دهید. برای این منظور باید در نرم افزار اینورتر تنظیمات مربوطه را انجام دهید در مدل‌های مختلف اینورتر، سازندگان در نرم افزار اینورتر از عبارت خاصی برای این منظور استفاده نمی‌کنند ولی رایج‌ترین عبارت لغات Frequency Source است.

مطابق عنوان گفته شده می‌توان در اینورتر، منبع تغییر فرکانس خروجی را مشخص کرد.

مثال:

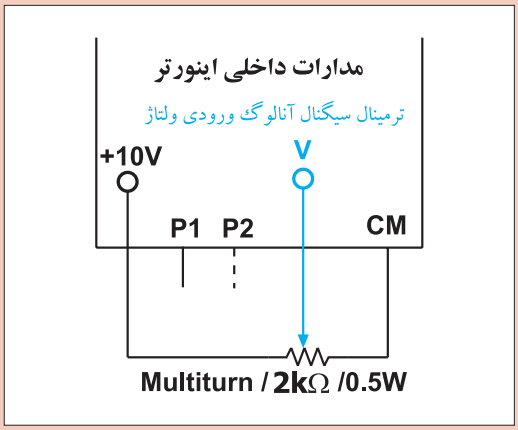
Frequency Source
- ۰ : Keypad
- ۱ : V(۰ – ۱۰V) معمولاً
- ۲ : I(۴ – ۲۰mA) معمولاً
- ۳ : Ter min al
- ۴ :... ... ...

ممکن است بعضی از سازندگان اینورتر به جای لغات Frequency Source از یک کد مانند F10 برای این منظور استفاده کنند.

F10
- ۰ : Keypad
- ۱ : V(۰ – ۱۰V)
- ۲ : I(۴ – ۲۰mA)
- ۳ : Ter min al
- ۴ :... ... ...

فعالیت

با مراجعه به دفترچه راهنمای استفاده اینورتر، این مورد را مشخص و یادداشت کنید. سپس اینورتر را روشن و تنظیمات مربوط به تغییر فرکانس خروجی به کمک صفحه کلید را انجام دهید و سپس از روی صفحه کلید، موتور متصل به اینورتر را روشن کنید و فرکانس خروجی اینورتر را تغییر دهید. گزارش ساده‌ای از اقداماتی که انجام داده‌اید تهیه و به مربی آزمایشگاه تحویل نمایید.



شکل ۳۲ـ مدار پتانسیومتری

در مرحله بعدی با یک پتانسیومتر خارجی مقدار فرکانس خروجی اینورتر را تغییر دهید. برای این منظور با مراجعه به صفحات قبل، باید مداری مانند شکل ۳۲ را ببندید.
تنظیمات اینورتر برای تغییر فرکانس خروجی را روی V تنظیم کنید.
مثال:

Frequency Source [۰: Keypad
۱: V ← تنظیم کنید]

در این قسمت باید به دفترچه راهنمای اینورتر مراجعه و کدهای مربوطه را استخراج کنید.
در ضمن در بسیاری از اینورترها باید رنج ولتاژ ورودی (مثلاً ۱۰-۰ V) و همچنین مقدار تغییر فرکانس به ازای ولتاژ را نیز باید تنظیم کنید.
به‌عنوان مثال اگر بخواهید تغییرات ولتاژ شما از ۵ الی ۷/۵ ولت باشد و به ازای این تغییر ولتاژ، بخواهید فرکانس خروجی بین ۱۵ الی ۳۵ هرتز تغییر کند باید مقادیر فوق را در اینورتر وارد کنید.

۵V _____ ۷/۵ V
۱۵ Hz _____ ۳۵ Hz

بعد از تنظیمات لازم، موتور متصل به اینورتر را از روی صفحه کلید روشن و به کمک پتانسیومتر خارجی، فرکانس خروجی اینورتر را تغییر دهید.

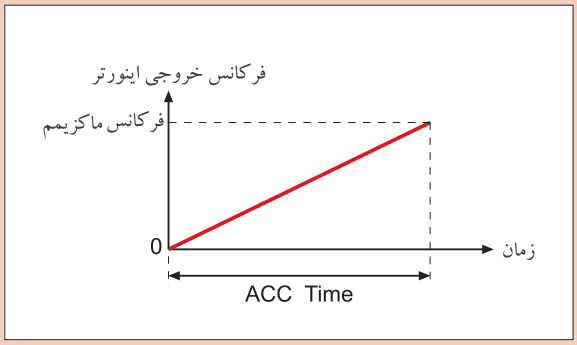
تمامی تنظیماتی که روی اینورتر انجام داده‌اید را در یک گزارش به مربی آزمایشگاه تحویل نمایید.

کار عملی

کار عملی شماره ۴

هدف: تنظیم شیب افزایشی فرکانس (ACC Time) و شیب کاهشی DEC Time

شرح کار عملی: ACC Time مدت زمانی است که فرکانس خروجی اینورتر از صفر به ماکزیمم برسد. (شکل ۳۳)



شکل ۳۳ـ نمودار شیب افزایشی فرکانس در یک اینورتر

با تنظیم این پارامتر می‌توانید مدت زمان رسیدن فرکانس از صفر تا مقدار دلخواه را مشخص کنید.
DEC Time یا شیب کاهشی فرکانس، مدت زمانی است که فرکانس خروجی اینورتر از F max (ماکزیمم فرکانس) به صفر برسد. با تنظیم این پارامتر می‌توان مدت زمان توقف کامل روتور موتور متصل اینورتر را تعیین کرد.

مراحل انجام کار عملی: در این مرحله مقدار ACC Time اینورتر را به مقدار دلخواه تنظیم و اثرات آن را روی راه‌اندازی موتور متصل به اینورتر ببینید.
خوشبختانه همه سازندگان اینورتر این پارامتر را به نام ACC Time می‌شناسند. از روی دفترچه راهنمای اینورتر موجود در کارگاه، کد مربوط به این پارامتر را پیدا کنید و سپس مقدار آن را روی ۵ ثانیه تنظیم کنید و فرکانس اینورتر را روی ۳۰Hz تنظیم کنید. موتور متصل به اینورتر را روشن کنید و ببینید چند ثانیه طول می‌کشد تا فرکانس خروجی اینورتر به ۳۰Hz برسد. (تغییرات فرکانس از صفر الی ۳۰ هرتز روی صفحه نمایش، معمولاً نمایش داده می‌شود) موتور را خاموش کنید و برای بار دوم مقدار ACC Time را روی ۶۰ ثانیه تنظیم کنید و سپس موتور را روشن کنید و این بار ببینید چند ثانیه طول می‌کشد تا فرکانس خروجی اینورتر به ۳۰Hz برسد.

فعالیت

نحوه تنظیمات و نتیجه مشاهدات خود را در یک گزارش نوشته و به مربی آزمایشگاه تحویل نمایید.

در ادامه، مقدار DEC Time اینورتر را به مقدار دلخواه تنظیم و اثرات آن را روی توقف موتور متصل به اینورتر ببینید.
مقدار DEC Time را باید در نرم‌افزار اینورتر تنظیم کرد. خوشبختانه همه سازندگان اینورتر این پارامتر (شیب کاهشی فرکانس) را به نام DEC Time می‌شناسند. از روی دفترچه راهنمای اینورتر موجود در کارگاه، کد مربوط به این پارامتر را پیدا کنید و سپس مقدار آن را روی ۱۰ ثانیه قرار دهید و فرکانس اصلی موتور را نیز روی ۳۰Hz تنظیم کنید. موتور را روشن کنید بعد از حدود ۲۰ ثانیه موتور را خاموش کنید، دقت کنید و ببینید چند ثانیه طول می‌کشد تا موتور کاملاً متوقف شود. در ادامه مقدار DEC Time را روی عدد ۶۰ ثانیه تنظیم کنید و موتور را مجدداً روشن نمایید بعد از حدود ۲۰ ثانیه موتور را خاموش کنید. این بار ببینید چند ثانیه طول می‌کشد تا موتور کاملاً متوقف شود.

نحوه تنظیمات و نتیجه مشاهدات خود را در یک گزارش نوشته و به مربی آزمایشگاه تحویل دهید.

کار عملی

کار عملی شماره ۵

هدف: بررسی و کاربرد JOG Frequency

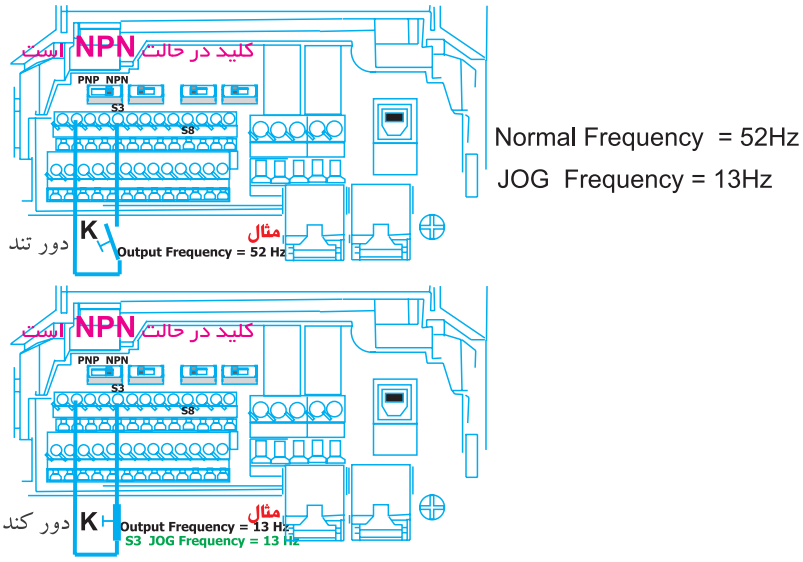
شرح کار عملی: در بعضی از پروسه‌های صنعتی گاهی اتفاق می‌افتد که در سیستم نیاز به یک موتور دو دور (دور کند و دور تند) نیاز است. دور کند موتور یعنی اعمال فرکانس کم به آن و دور تند موتور یعنی اعمال فرکانس بیشتر به آن. یکی از موارد کاربرد موتور دو دور (دور کند و دور تند) در جرثقیل‌های سقفی است که دو سرعته هستند.

تغییر سرعت (دور بر دقیقه) یا باید به صورت اتوماتیک انجام پذیرد و یا توسط اپراتور به صورت دستی انجام شود. در اینورتر امکانی به این منظور پیش‌بینی شده است به این صورت که یکی از ورودی‌های دیجیتال اینورتر را به عنوان JOG Frequency در نرم‌افزار اینورتر تعریف می‌شود. در ضمن در نرم‌افزار اینورتر هم فرکانسی به نام JOG Frequency نیز باید تعریف شود.

عملکرد اینورتر در ارتباط با JOG Frequency به این صورت است که تا مادامی که پایه ورودی دیجیتال با عملکرد JOG Frequency ـ که قبلاً تعریف شد ـ فعال نیست (قطع است) اینورتر با فرکانس تعریفی و به صورت عادی به کار خود ادامه می‌دهد. به محض اینکه پایه ورودی دیجیتال با عملکرد JOG Frequency فعال شد، بلافاصله فرکانسی که قبلاً در نرم‌افزار اینورتر تحت عنوان JOG Frequency تعریف شده است، در خروجی اینورتر تولید و به موتور اعمال می‌شود.

لازم به یادآوری است که همراه JOG Frequency باید ACC Time JOG Frequency و DEC Time JOG Frequency نیز باید در نرم‌افزار اینورتر تعریف شود.

هنگامی که پایه ورودی دیجیتال با عملکرد JOG Frequency را فعال می‌کنیم، فرکانس JOG Frequency با لحاظ‌شدن ACC Time JOG Frequency در خروجی اینورتر تولید و به موتور متصل به آن اعمال می‌شود. (شکل ۳۴)



به محض بسته شدن کلید K دور موتور با لحاظ کردن ACC Time JOG Frequency کند می شود (با توجه به مقادیر فوق) و به‌محض قطع کلید K فرکانس‌خروجی اینورتر با لحاظ‌کردن DEC Time JOG Frequency به مقدار عادی(Normal Frequency) بر می گردد

شکل ۳۴ ـ عملکرد JOG Frequency

مراحل انجام کار عملی: در این مرحله عملکرد JOG Frequency را مورد آزمایش قرار دهید.
برای این منظور باتوجه به مطالبی که تاکنون خوانده‌اید در نرم‌افزار اینورتر موجود در کارگاه پایه‌های ورودی زیر را تعریف کنید:

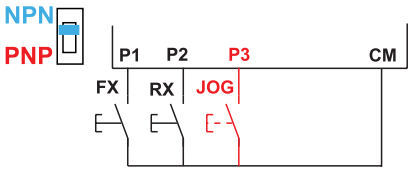
(روشن‌کردن موتور در جهت Forward) FX	P۱ ترمینال ورودی ۱
(روشن‌کردن موتور در جهت Reverse) RX	P۲ ترمینال ورودی ۲
JOG Frequency	P۳ ترمینال ورودی ۳

۴۵ Hz	JOG Frequency
۱۰ Sec	ACC Time JOG Frequency
۵ Sec	DEC Time JOG Frequency

و تنظیمات زیر را برای حالت غیر JOG Frequency تعریف کنید.

Frequency	۱۵ Hz
ACC Time	S ۲
DEC Time	S ۱

از روی دفترچه راهنمای اینورتر مقادیر فوق را تنظیم کنید. مدار شکل ۳۵ را ببندید و مورد آزمایش قرار دهید.



شکل ۳۵ـ مدار آزمایش برای حالت JOG Frequency

در شکل ۳۵ اگر کلید FX بسته شود، موتور در حالت Forward می‌چرخد در این حالت فرکانس خروجی برابر ۱۵ Hz خواهد بود و در همین حالت اگر کلید JOG بسته شود فرکانس خروجی به سمت ۴۵ Hz افزایش می‌یابد و اگر همین کلید باز شود فرکانس خروجی به سمت ۱۵ Hz کاهش می‌یابد (با درنظرگرفتن ACC Time JOG Frequency و DEC Time JOG Frequency)
موارد گفته شده برای حالتی که کلید RX بسته شود نیز صادق است فقط جهت گردش روتور موتور در حالت Reverse خواهد بود.

بعد از آزمایش، گزارشی از نحوه تنظیمات و مشاهدات خود از آزمایش را نوشته و به مربی آزمایشگاه تحویل نمایید.

کار عملی

کار عملی شماره ۶

هدف: راه‌اندازی موتور متصل به اینورتر به روش START/STOP

شرح کار عملی: در پروسه‌های صنعتی گاهی لازم می‌شود که با فشردن یک لحظه کوتاه روی شستی (START) موتور متصل به اینورتر روشن شود و اگر دست از روی شستی برداریم روشن‌بودن موتور تداوم داشته باشد و برای خاموش‌کردن، با فشردن شستی دیگر (STOP) ـ با کنتاکت در حالت عادی بسته ـ خاموش شود. این امکان در اینورتر پیش‌بینی شده است و به سیستم 3ـ Wire مشهور است.

برای تحقیق فوق، ابتدا باید سه ورودی دیجیتال را با عملکرد زیر تعریف کنید.

P۱: Forward Operation (FX)

P۲: Reverse Operation (RX)

P۳: 3 Wire

در بعضی اینورترها مدار سخت‌افزاری فوق را به‌صورت شکل ۳۶ در نظر می‌گیرند.

و در بعضی از اینورترهای دیگر مدار سخت‌افزاری را به صورت شکل ۳۷ درنظر می‌گیرند.

احتمال دارد بعضی از سازندگان اینورتر مدار سخت‌افزاری را به غیر از شکل‌های (۳۶) و (۳۷) برای این منظور در نظر بگیرند. در صورت نیاز به این عملکرد بهتر است به دفترچه راهنمای استفاده از اینورتر که همراه اینورتر به کاربر تحویل می‌دهند مراجعه کنید.

مراحل انجام کار عملی: ابتدا با مراجعه به دفترچه راهنمای اینورتر موجود در کارگاه، نقشه مربوط به 3ـ Wire را استخراج کنید و سپس در نرم‌افزار اینورتر برای سه پایه ورودی دیجیتال آن، به صورت زیر عملکردها را تعریف کنید:

S۱ = FX ترمینال ورودی دیجیتال ۱

S۲ = RX ترمینال ورودی دیجیتال ۲

S۳ = 3 ـ Wire ترمینال ورودی دیجیتال ۳

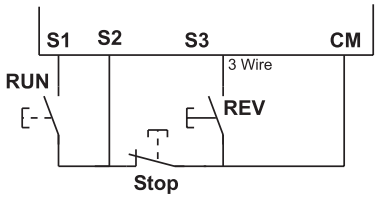
ACC Time = ۸/۵ Sec

DEC Time = ۷ Sec

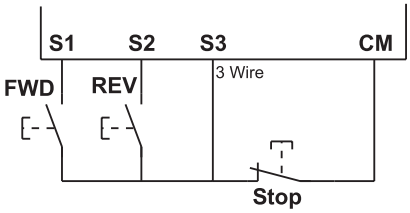
Frequency = ۲۰ Hz

سپس مدار سخت‌افزار ورودی را که از دفترچه راهنمای همراه اینورتر موجود در کارگاه استخراج کرده‌اید را ببینید. حال کلید FWD را یک لحظه کوتاه وصل و سپس قطع کنید. موتور متصل به اینورتر باید در جهت Forward روشن شود و روشن بماند.

همین حالت را برای کلید REV آزمایش کنید.



شکل ۳۶ ـ مدار سخت‌افزاری START/STOP در بعضی از مدل‌های اینورتر



شکل ۳۷ ـ مدار سخت‌افزاری دیگری از START/STOP در بعضی از مدل‌های اینورتر

فعالیت

نحوه تنظیم پارامتر و آزمایشی را که انجام داده‌اید به‌صورت یک گزارش تهیه و در اختیار مربی قرار دهید.

ارزشیابی شایستگی تابلو با راه انداز الکترونیکی(اینورتر)

شرح کار:

راه اندازی موتور الکتریکی با استفاده ازکی پد اینورتر

راه اندازی موتور الکتریکی با استفاده ازکی پد اینورتر وتغییر دور از طریق کلید تنظیم (ولوم)

تغییر فرکانس و راه‌اندازی موتور الکتریکی به روش Stop /Start

استاندارد عملکرد: راه‌اندازی و کنترل دور موتور الکتریکی با استفاده از اینورتر

شاخص‌ها:

تسلط بر عملکرد اینورتر و اجزای آن توجه به راهنمای اینورتر

اتصال موتور الکتریکی به اینورتر و راه‌اندازی آن

اعمال تغییرات فرکانسی اینورتر

شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:

شرایط: کارگاه برق صنعتی دارای اینورتر و موتور الکتریکی با توان معادل

ابزار و تجهیزات: اینورتر ـ موتور الکتریکی ـ ویدئو پروژکتور ـ کابل و اتصالات ـ ابزار سیم‌کشی

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	تغییر عملگرهای اینورتر و اتصال به موتور الکتریکی	۲	
۲	تغییرات فرکانس اینورتر و اتصال به موتور الکتریکی	۲	
۳	اتصال اینورتر به موتور الکتریکی و راه‌اندازی ساده	۱	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی و نگرش: کسب اطلاعات کارتیمی مستندسازی ویژگی شخصیتی	۲	
	میانگین نمرات		*

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

منابع و مآخذ

۱ـ برنامه درسی رشته الکتروتکنیک، دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی‌وحرفه‌ای و کاردانش، ۱۳۹۳.

۲ـ تکنولوژی و کارگاه برق صنعتی، محمود اعتضادی، ناصرساعتچی، عباس یوسفی، شهرام خدادادی، محمدحسن اسلامی و علی‌رضا حجرگشت، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، چاپ پانزدهم، ۱۳۹۵.

۳ـ طراحی و اجرای تابلوهای برق(Low Voltage)، احسان پرهیزکار، نشر قدیس، چاپ اول، ۱۳۹۴.

۴ـ کاتالوگ‌های شرکت‌های مختلف تابلوسازی و اینورتر و تجهیزات تابلو.

۵ـ استاندارد IEC60947.

6- Gaurav Verma, Matt Weber-AutoCAD Electrical Black Book 2016.

7- Autodesk- AutoCAD Electrical, User Guide- 2016.

8- Sham Tickoo AutoCAD Electrical For Electrical Control Designers 2016.

9- Sham Tickoo AutoCAD Electrical For Engineers 2016.

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی جهت ایفای نقش خطیر خود در اجرای سند تحول بنیادین در آموزش و پرورش و برنامه درسی ملی جمهوری اسلامی ایران، مشارکت معلمان را به‌عنوان یک سیاست اجرایی مهم دنبال می‌کند. برای تحقق این امر در اقدامی نوآورانه سامانه تعاملی بر خط اعتبارسنجی کتاب‌های درسی راه‌اندازی شد تا با دریافت نظرات معلمان دربارهٔ کتاب‌های درسی نونگاشت، کتاب‌های درسی را در اولین سال چاپ، با کمترین اشکال به دانش‌آموزان و معلمان ارجمند تقدیم نماید. در انجام مطلوب این فرایند، همکاران گروه تحلیل محتوای آموزشی و پرورشی استان‌ها، گروه‌های آموزشی و دبیرخانهٔ راهبری دروس و مدیریت محترم پروژه آقای محسن باهو نقش سازنده‌ای را بر عهده داشتند. ضمن ارج نهادن به تلاش تمامی این همکاران، اسامی دبیران و هنرآموزانی که تلاش مضاعفی را در این زمینه داشته و با ارائهٔ نظرات خود سازمان را در بهبود محتوای این کتاب یاری کرده‌اند به شرح زیر اعلام می‌شود.

اسامی دبیران و هنرآموزان شرکت‌کننده در اعتبارسنجی کتاب نصب و تنظیم تابلوهای برق فشار ضعیف الکتروتکنیک کد ۲۱۲۲۶۴

ردیف	نام و نام خانوادگی	استان محل خدمت	ردیف	نام و نام خانوادگی	استان محل خدمت
۱	علی اکبر رحمنی	قزوین	۱۷	مسعود عرب	مرکزی
۲	میثم زرین اعظمی	همدان	۱۸	رضا تقی زاده	آذربایجان غربی
۳	وحیدرضا افشین	خراسان جنوبی	۱۹	مجید ابراهیمی جورشری	قزوین
۴	رضا جهان پناه	خراسان رضوی	۲۰	سینا جوادی مهریزی	یزد
۵	وحید پازوکی	شهرستانهای تهران	۲۱	خلیل حسنی	زنجان
۶	حسین قلاوندی	خوزستان	۲۲	ولی الله عباسی	سمنان
۷	حسن حیدری	شهر تهران	۲۳	حمید چراغیان	ایلام
۸	احمد مرادقلی	سیستان و بلوچستان	۲۴	مسعود حیدری نوکار	بوشهر
۹	محمد رضا کفاش	خراسان رضوی	۲۵	آریز مرادی	کردستان
۱۰	حسین علی قاسمی دشتی	قم	۲۶	محمد کاظمی	مازندران
۱۱	یونس دری	هرمزگان	۲۷	مجتبی لطفی	لرستان
۱۲	عبدالعلی نصیری	اصفهان	۲۸	رفیع نبوی	اردبیل
۱۳	حسن کرمی	زنجان	۲۹	حمیدرضا طوفانی نژاد	خراسان جنوبی
۱۴	امین مرادی	لرستان	۳۰	حمیدرضا جوانمردی	فارس
۱۵	خداکرم عمادی	بوشهر	۳۱	وحید صادقلر علمداری	اردبیل
۱۶	وحید ذاکری بنوبندی	هرمزگان	۳۲	محسن خلیلی زاده	کرمان

هنر آموزان محترم، هنرجویان عزیز و اولیای آنان می توانند نظرهای اصلاحی خود را دربارهٔ مطالب این کتاب از طریق نامه به نشانی تهران- صندوق پستی ۴۸۷۴ / ۱۵۸۷۵ - گروه درسی مربوط و یا پیام نگار tvoccd@roshd.ir ارسال نمایند.

وب گاه: tvoccd.oerp.ir

دفتر تألیف کتاب های درسی فنی و حرفه ای و کار دانش