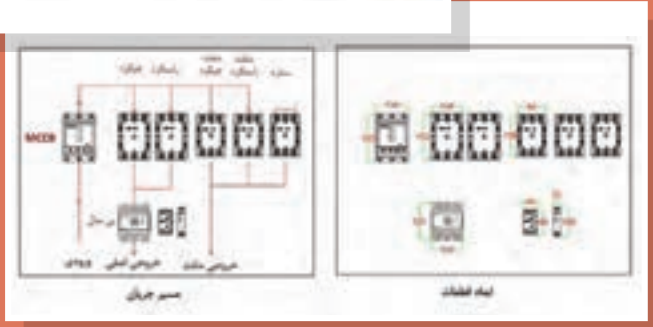
پودمان سوم

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؟

استانداردعملکرد

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

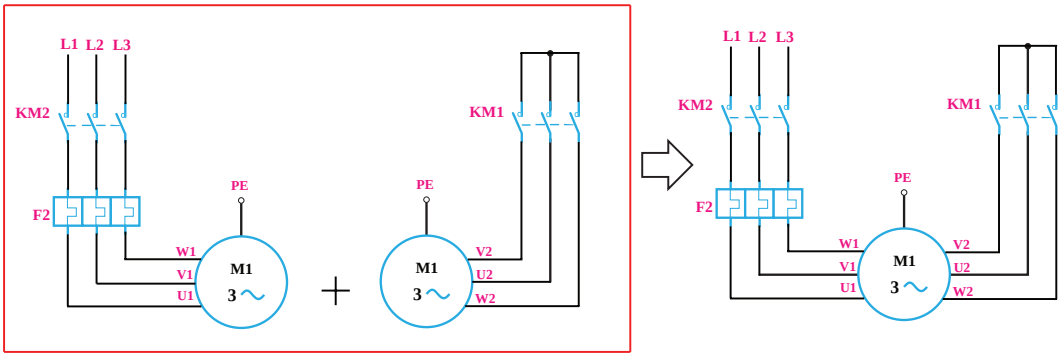
موتورهای الکتریکی هنگام راه‌اندازی جریان زیادی از شبکه برق دریافت می‌کنند. جریان راه‌اندازی موتورهای الکتریکی چندین برابر جریان نامی آنها است. برای کاهش جریان راه‌اندازی در موتورهای الکتریکی سه فاز که اتصال آنها مثلث است از مدار ستاره ـ مثلث استفاده می‌شود.

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).



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

شکل۱

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

L1 → U1

L2 → V1

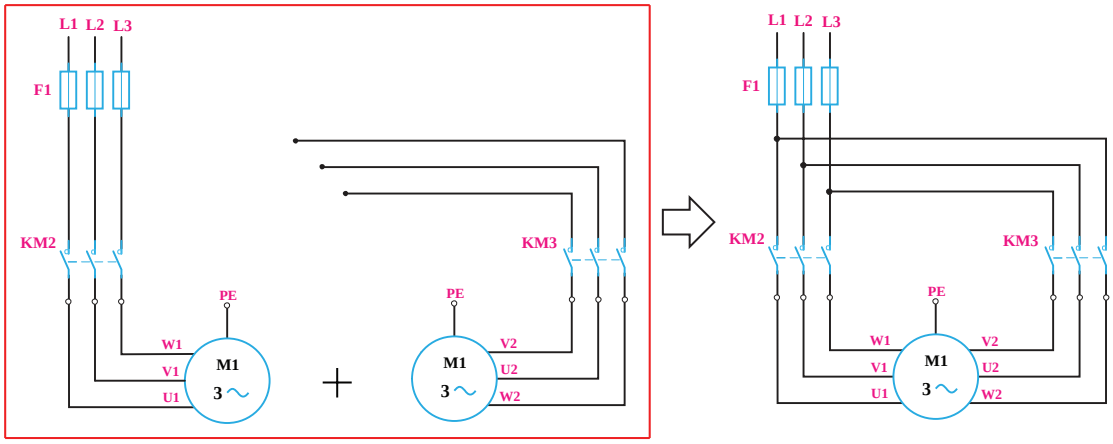
L3 → W1

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

L1 → U1

L2 → V1

L3 → W1



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

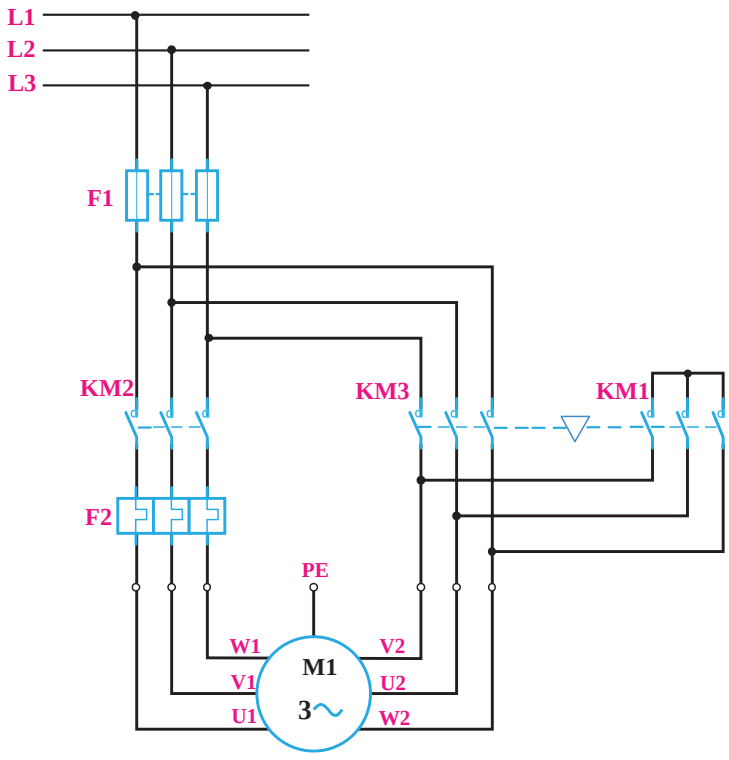
L3 → V2

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



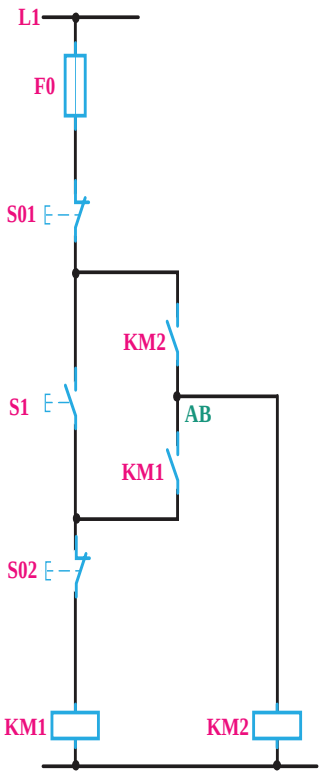
شکل ۳ـ مدار قدرت اتصال ستاره ـ مثلث

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.

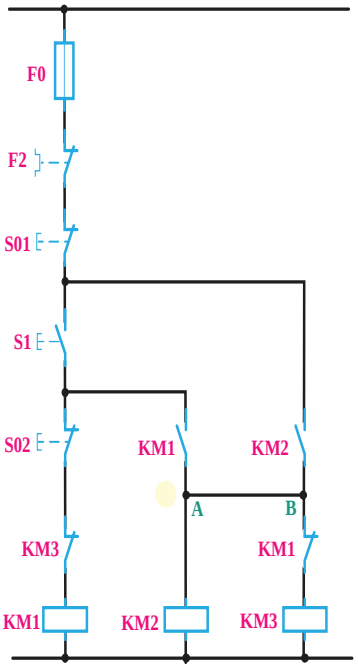
ب) مدار فرمان: برای طراحی، ابتدا به نمودار زمانی عملکرد مدار فرمان توجه کنید.

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+KM۳) 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

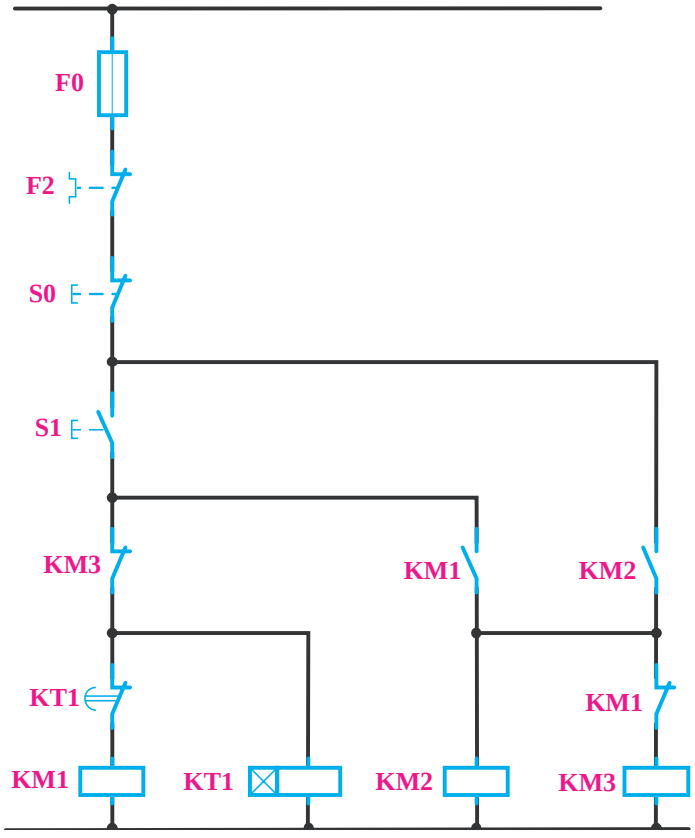


شکل ۵ـ مدار ستاره ـ مثلث

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.



شکل ۶ـ مدار فرمان ستاره ـ مثلث خودکار

فعالیت

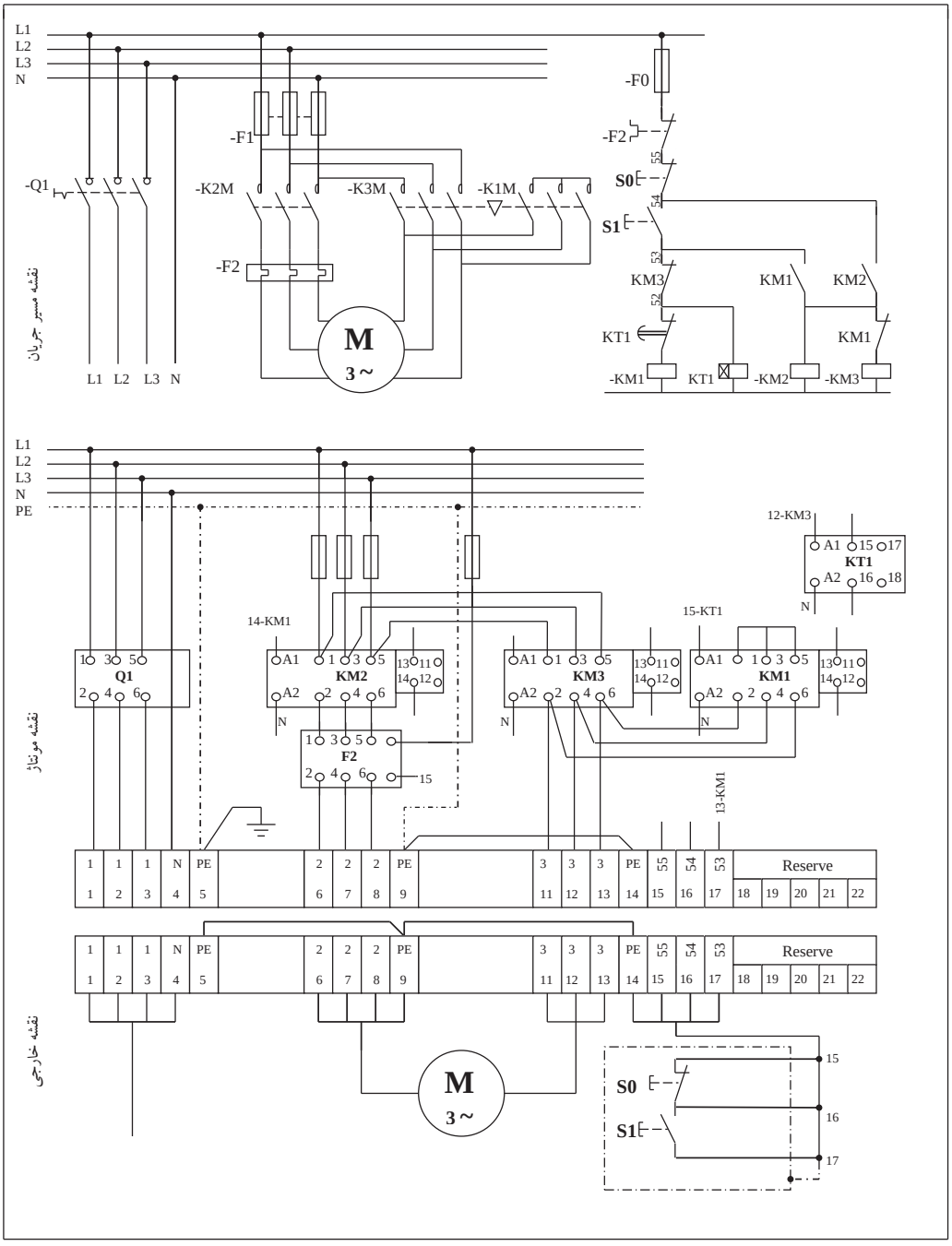
در صورتی‌که بوبین تایمر و KM1 موازی بسته شوند چه اتفاقی می‌افتد؟

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.



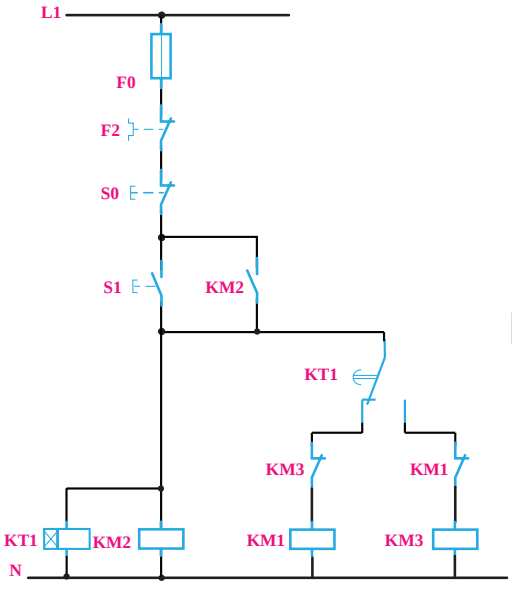
شکل ۷ـ نقشه مونتاژ و نقشه خارجی مدار ستاره مثلث خودکار

کار عملی ۱

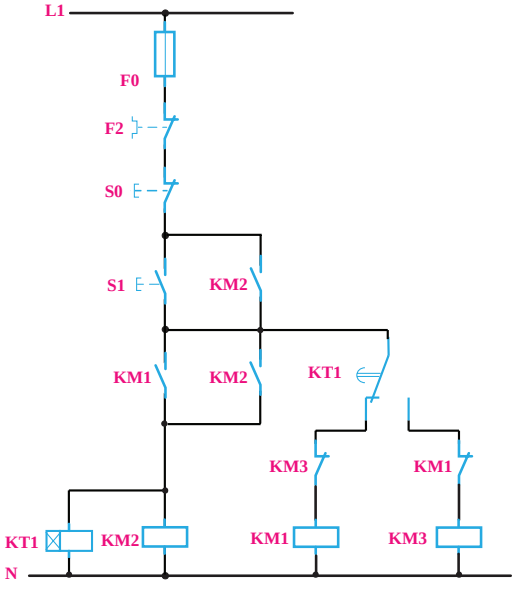
مدار فرمان ستاره ـ مثلث دو سیمه

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 زمانی‌که 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

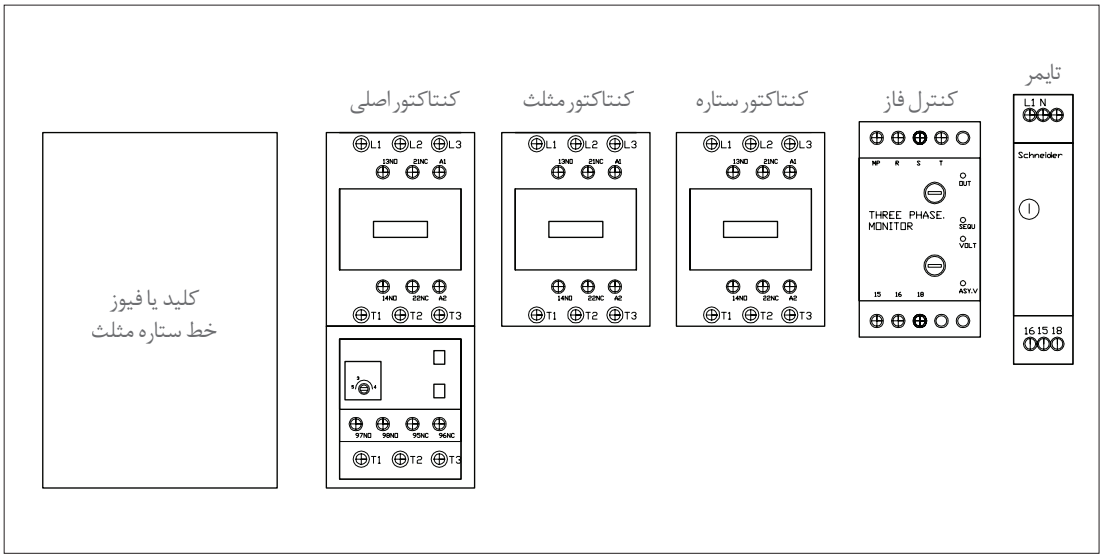
به‌طور کلی برای راه‌اندازی موتورالکتریکی به روش ستاره ـ مثلث خودکار قطعات زیر مورد نیاز است (جدول ۱):

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

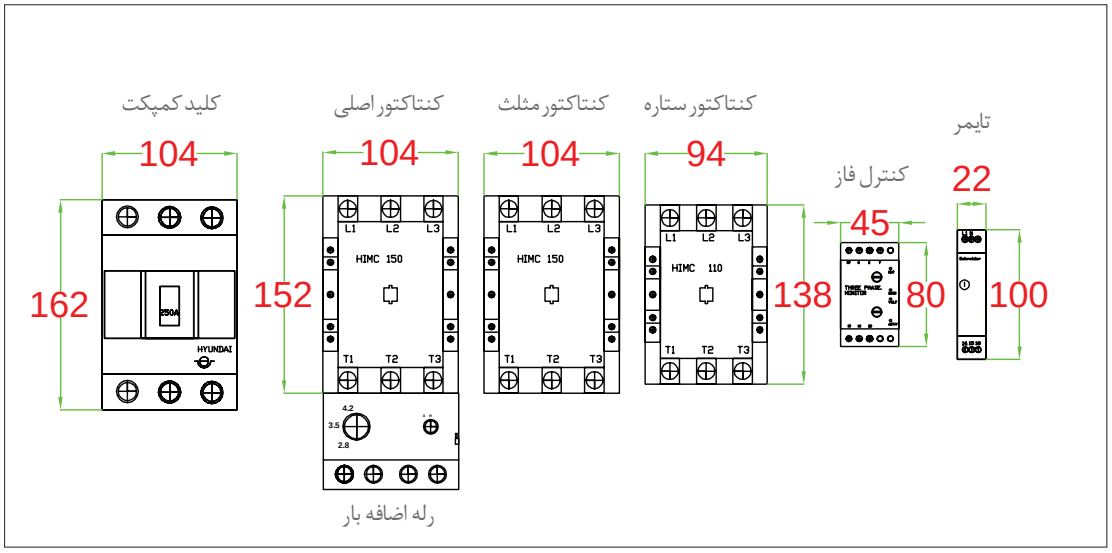
۱ کلید کمپکت MCCB جریان به آمپر: ۱۶۰A تعداد: ۱	۲ کنتاکتور جریان به آمپر: ۱۳۰A تعداد: ۲	۳ کنتاکتور جریان به آمپر: ۱۱۰A تعداد: ۱	۴ رله اضافه بار جریان به آمپر: ۱۰۰A_۷۰۰ تعداد: ۱
۵ کنترل فاز تیپ بزرگ جریان به آمپر: ـ تعداد: ۱	۶ تایمر جریان به آمپر: ON DELAY تعداد: ۱	۷ شستی استارت جریان به آمپر: (۱NO) تعداد: ۲	۸ شستی استپ جریان به آمپر: (۱NC) تعداد: ۱

قطعات مورد نیاز: قطعات مورد نیازبرای 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		

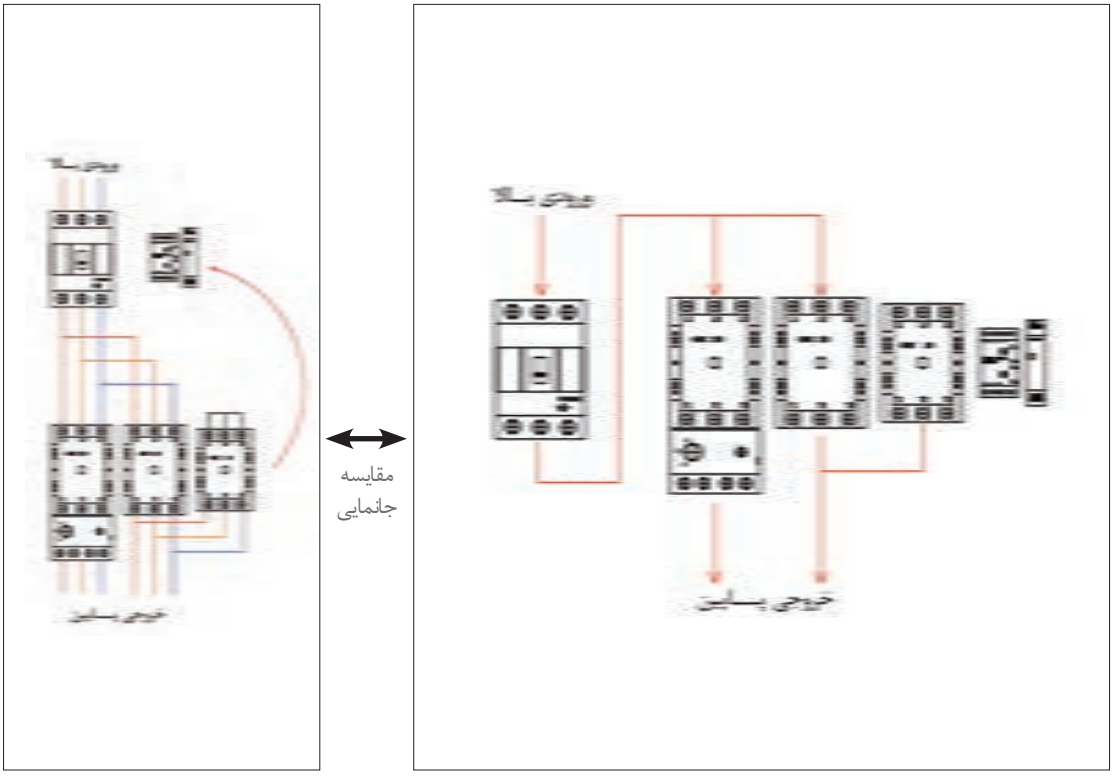
معمولاً برای شروع کار در مدارهای ستاره ـ مثلث ابتدا از جانمایی پیش فرض ستاره ـ مثلث مانند شکل ۱۲ استفاده کنید و درصورت نیاز آن را تغییر دهید. معمولاً این چیدمان برای راه‌اندازی ستاره ـ مثلث به‌کار می‌رود. اکنون چیدمان عرضی و طولی را با توجه به توضیحات قبلی بررسی و مقایسه کنید.



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

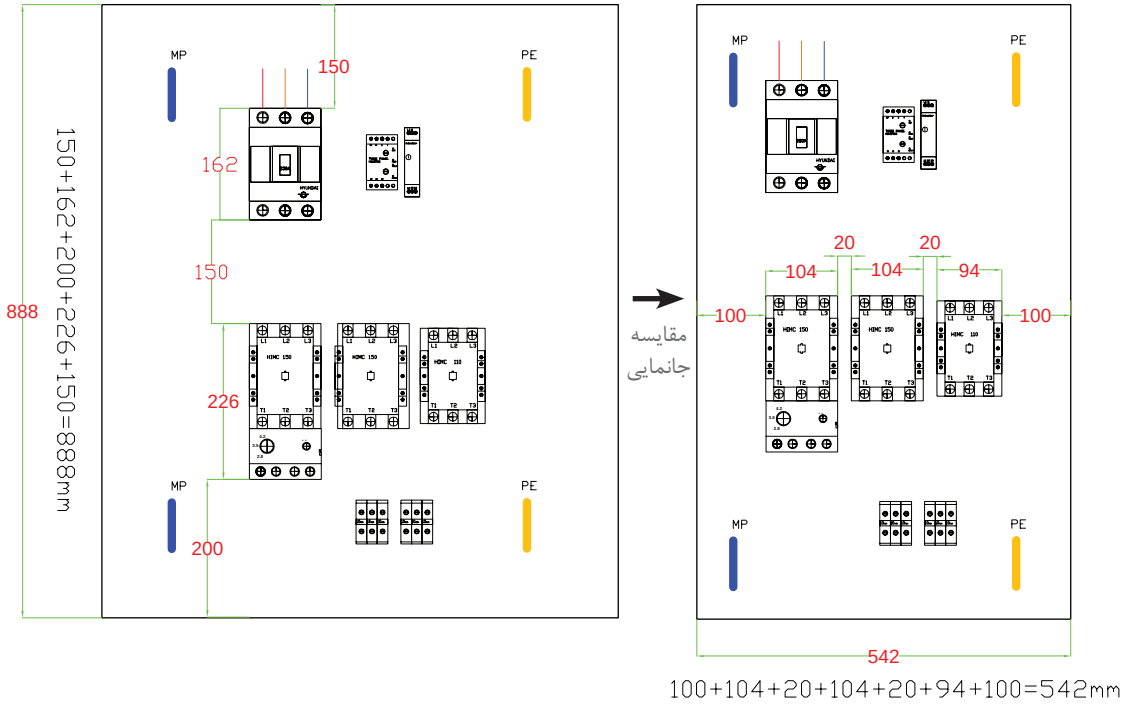
فعالیت

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

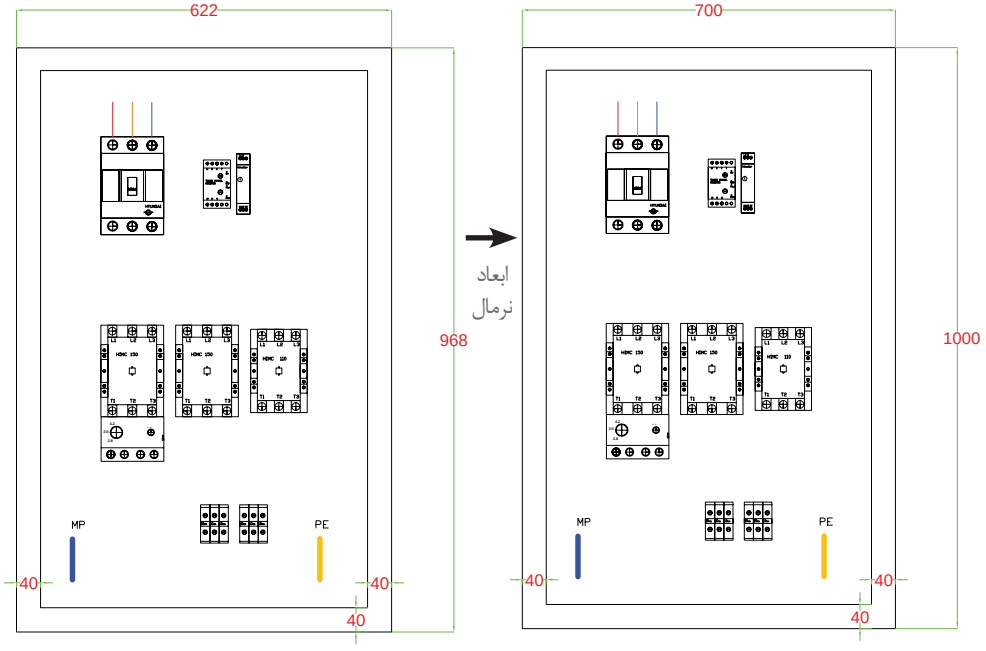
درمرحله بعد عرض صفحه نصب به‌دست آمده را محاسبه کنید.برای این کار بلندترین ردیف، یعنی ردیف کنتاکتورها را ملاک اندازه‌گیری عرض صفحه قرار دهید. فاصله بین قطعات ۲۰ میلی‌متر و فاصله کناری تا بدنه تابلو ۱۰۰ میلی‌متر در نظر بگیرید. عرض به‌دست آمده حاصل از مجموع عرض قطعات با یکدیگر مطابق شکل ۱۴ برابر ۵۴۲ میلی‌متر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

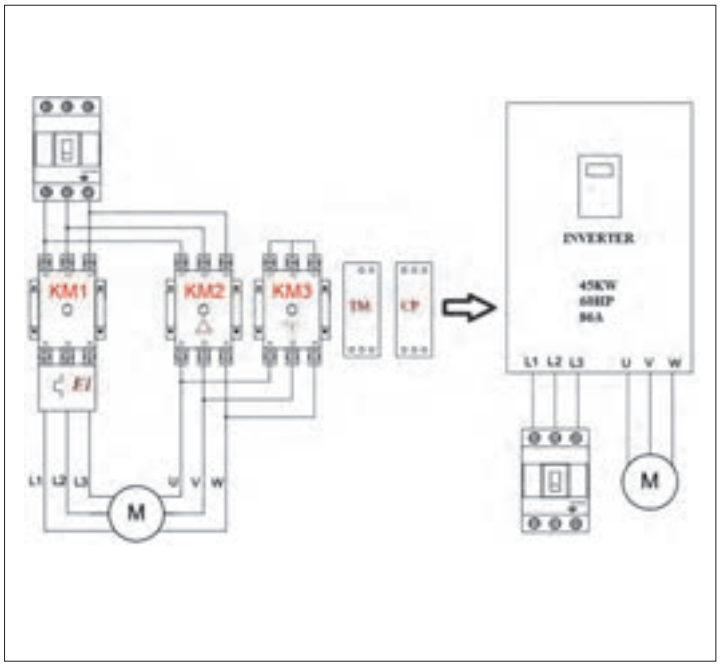
۱ـ ایمنی و حفاظت بهتر از مصرف‌کننده‌ها

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.



شکل ۱۶ـ 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.

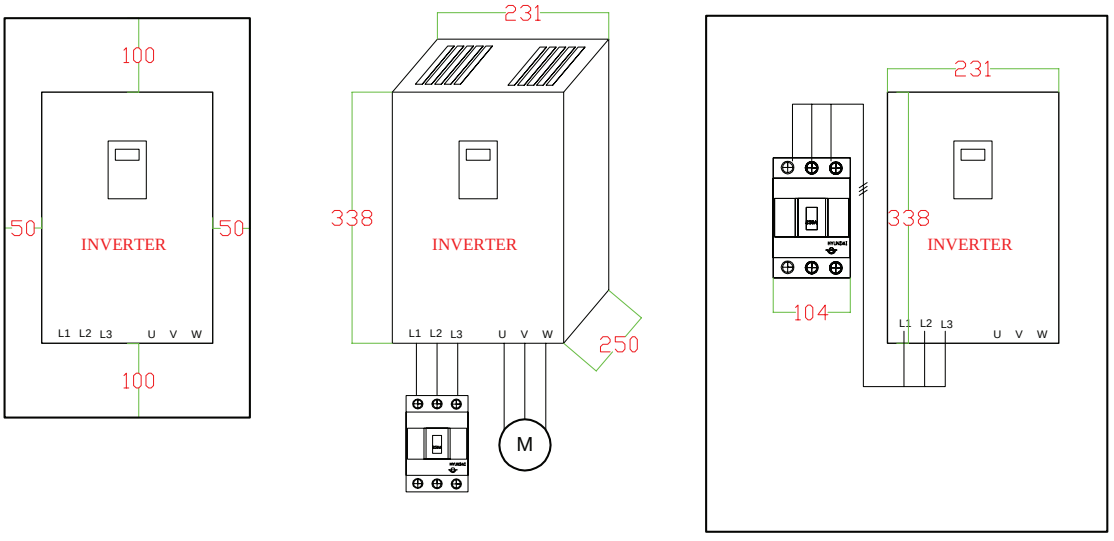
فعالیت

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 تجهیز 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.

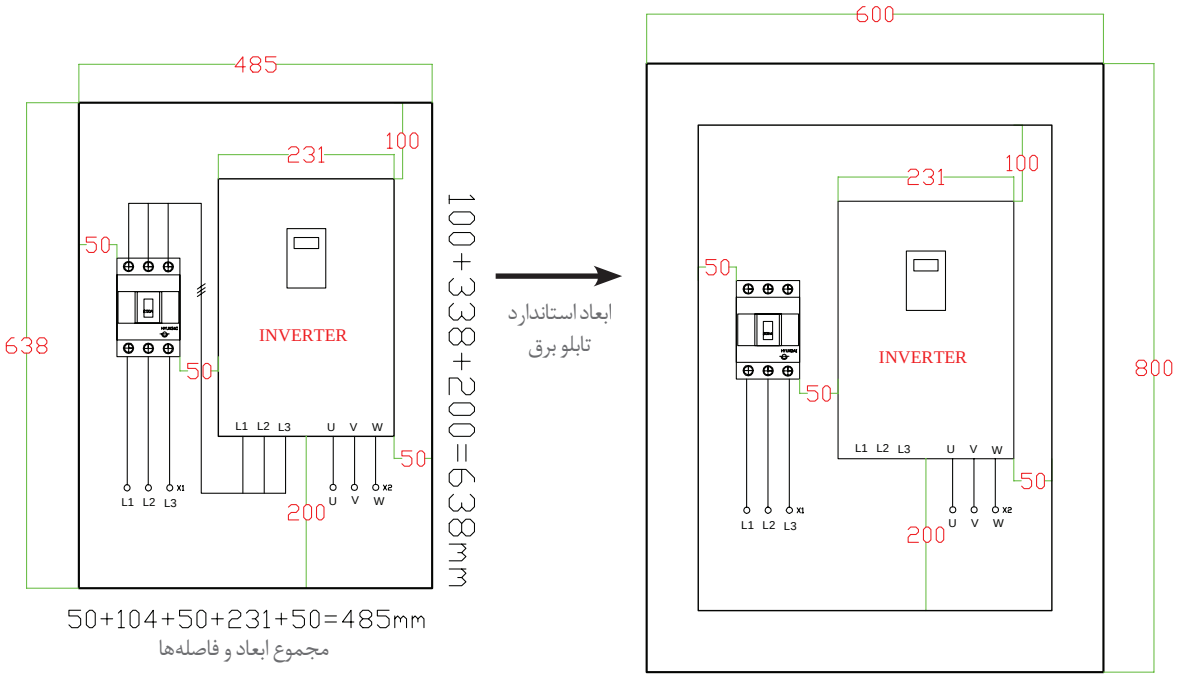
جانمایی اینورتر در تابلو راه‌اندازی

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 ۸۰۰×۶۰۰ 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

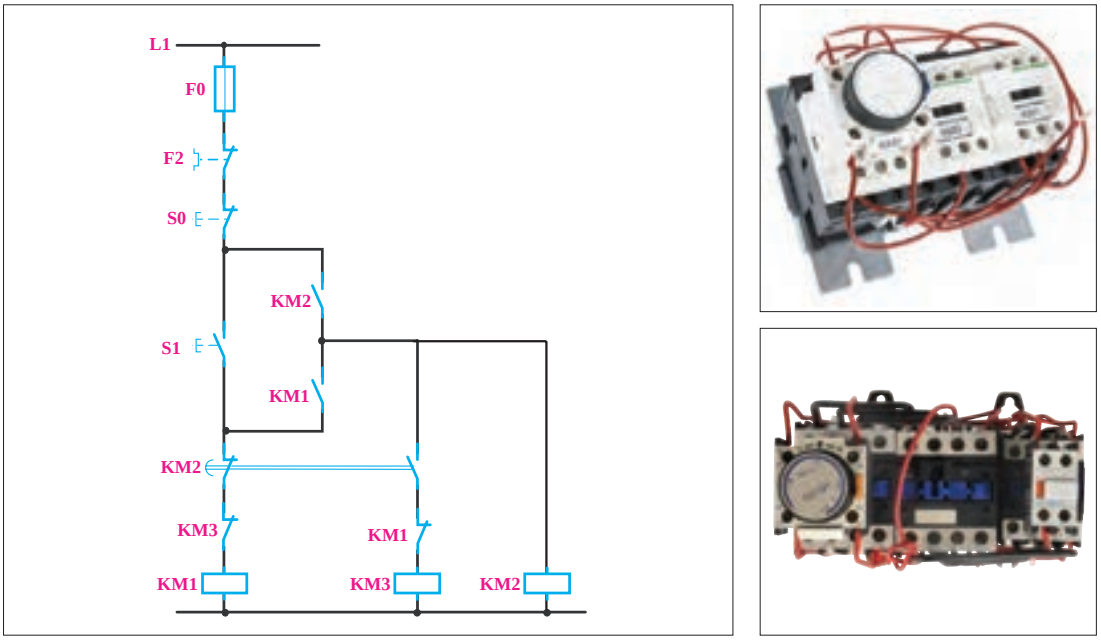
راه‌اندازی حالت ستاره ــ مثلث خودکار به کمک زمان‌سنج (تایمر) پنوماتیکی

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.

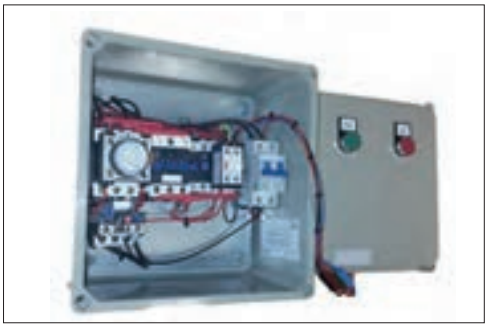


شکل ۲۰ـ مدار فرمان وراه‌اندازی با رله پنوماتیکی

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.

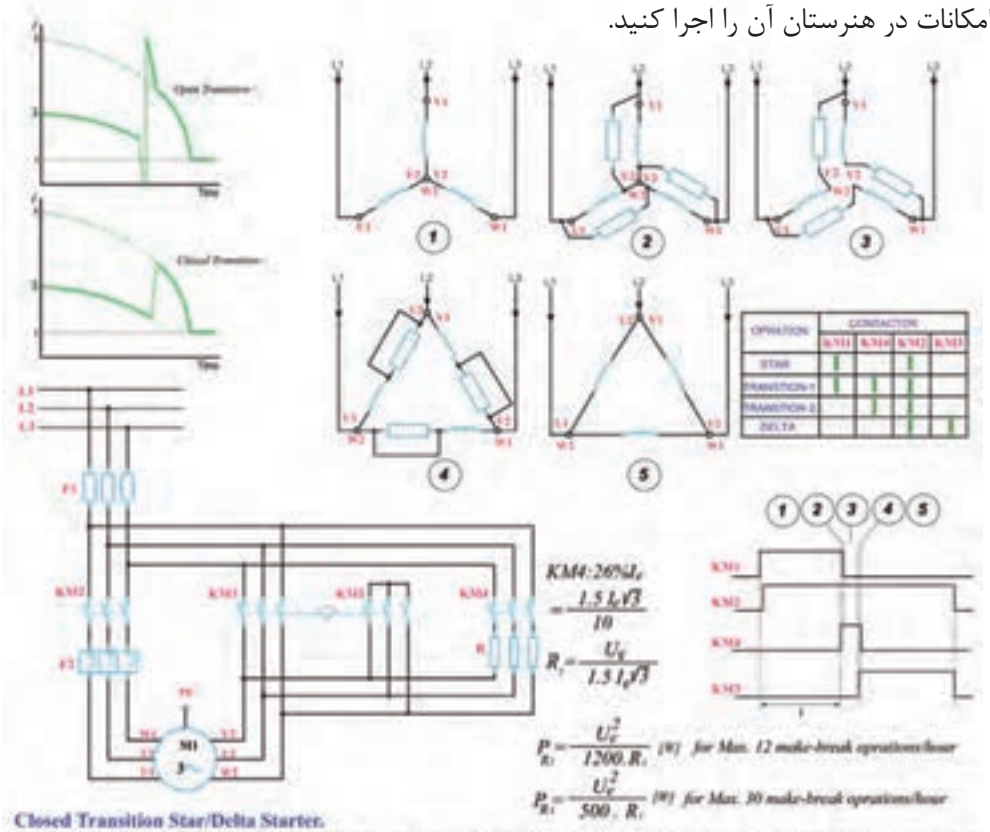


شکل ۲۱ـ نمونه تابلوجانمایی تایمرپنوماتیکی

(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 ۲۳ـ 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).

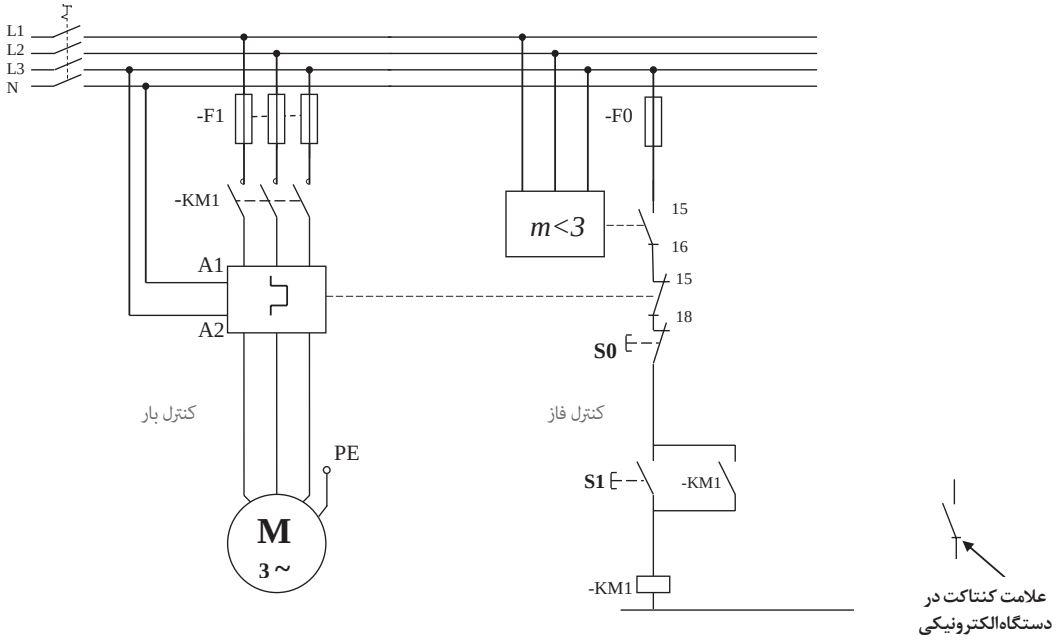
رله کنترل بار

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 $m<3$ 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.

$$L1 \rightarrow U1 \rightarrow W2$$
$$L2 \rightarrow V1 \rightarrow U2$$
$$L3 \rightarrow W1 \rightarrow V2$$

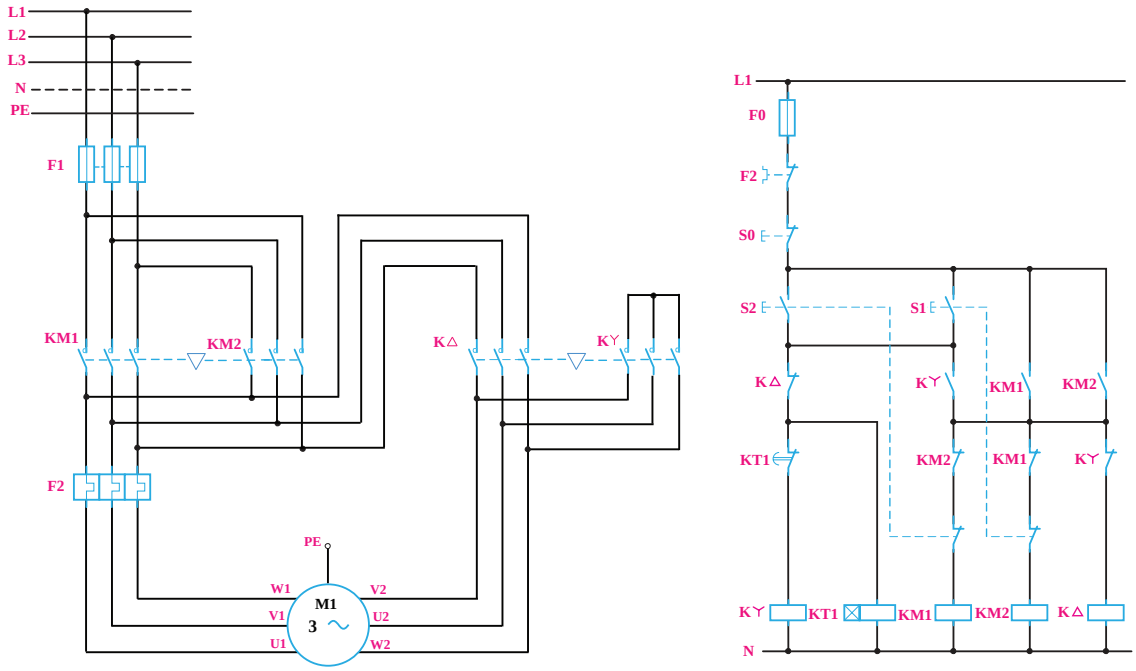
در حالت چپ‌گرد مثلث اتصال زیر ایجاد می‌شود.

$$L3 \rightarrow U1 \rightarrow W2$$
$$L2 \rightarrow V1 \rightarrow U2$$
$$L1 \rightarrow W1 \rightarrow V2$$

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 Y
	مثلث	KM1،KΔ
چپ‌گرد	ستاره	KM2،K Y
	مثلث	KM2،KΔ

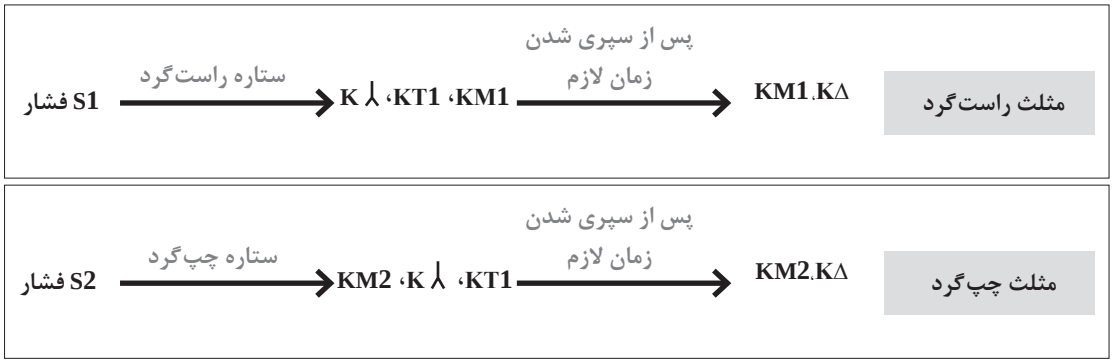


شکل۲۵ـ اتصالات حالت‌های ستاره ـ مثلث چپ‌گرد ـ راست‌گرد

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 Y 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:



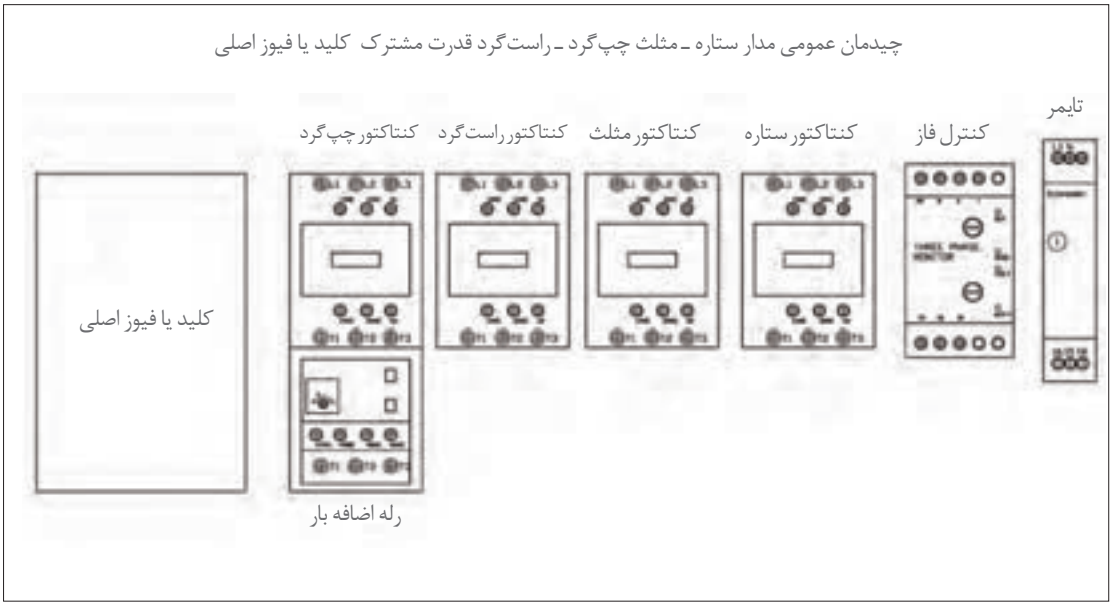
شکل ۲۶ـ نحوه عملکرد قطعات در مدار فرمان

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.

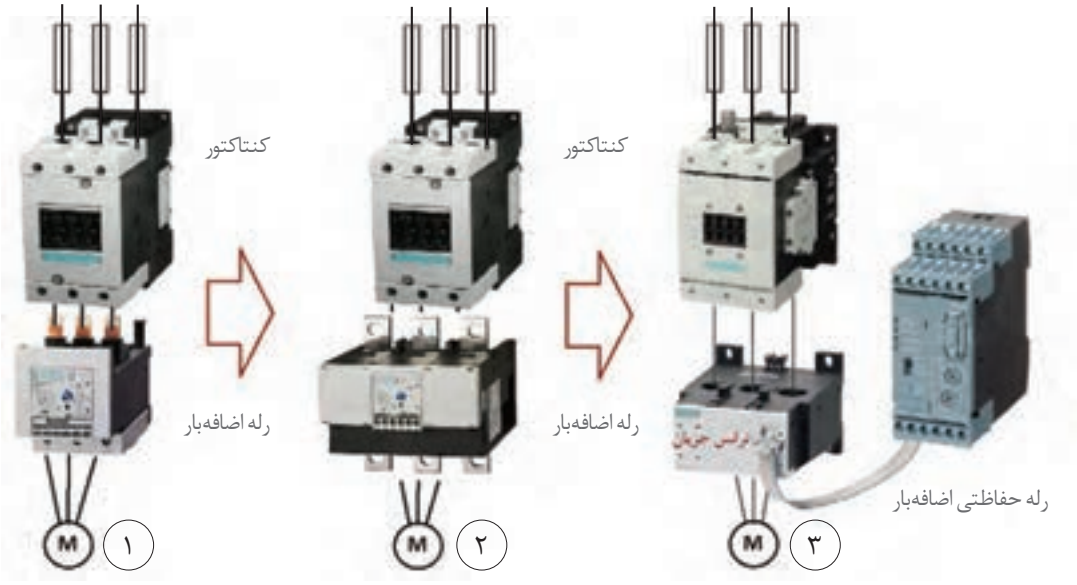
چگونگی قرار گرفتن رله اضافه بار در مدار ستاره ـ مثلث

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.

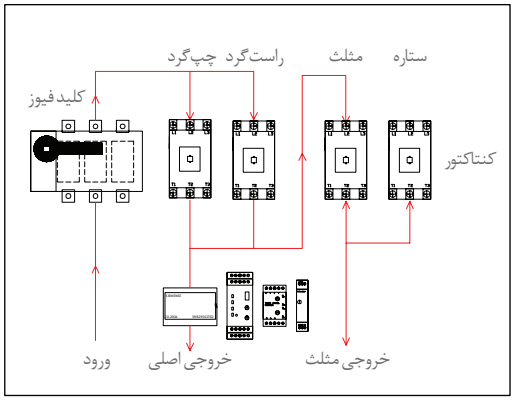
تذکر

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.

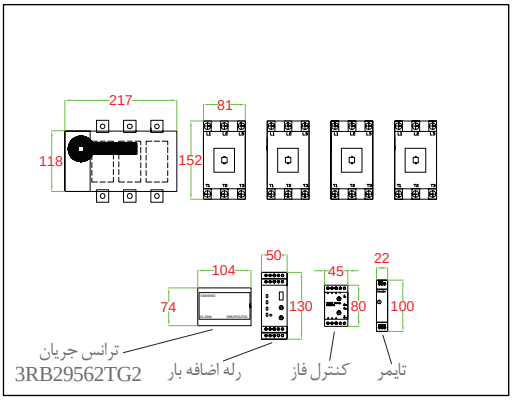
بنابراین در مدار ستاره مثلث چپ‌گرد ـ راست‌گرد مشترک، مقادیر نامی کنتاکتورهای اصلی (چپ‌گرد ـ راست‌گرد) باید برابر جریان نامی موتور و جریان کنتاکتور مثلث برابر با ۰/۵۸ جریان نامی موتور انتخاب شوند.

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



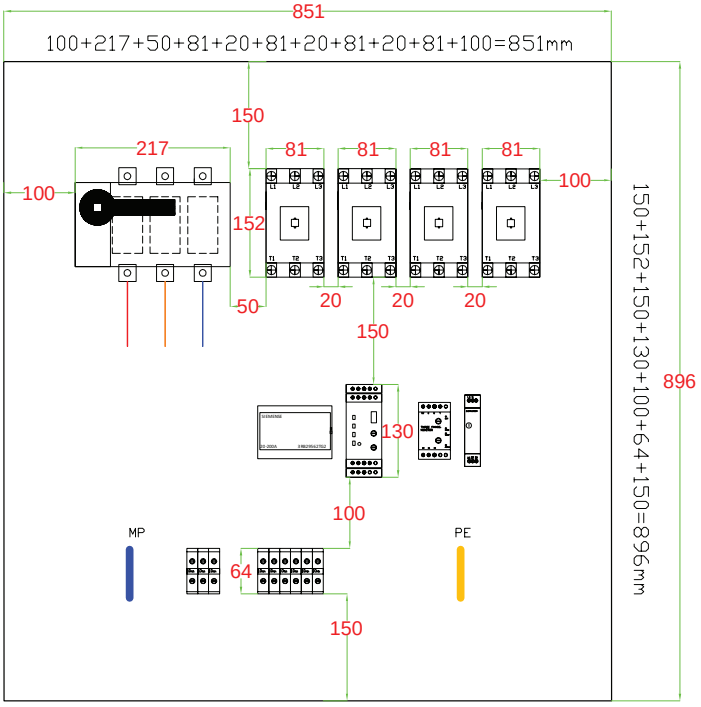
مسیر جریان



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.

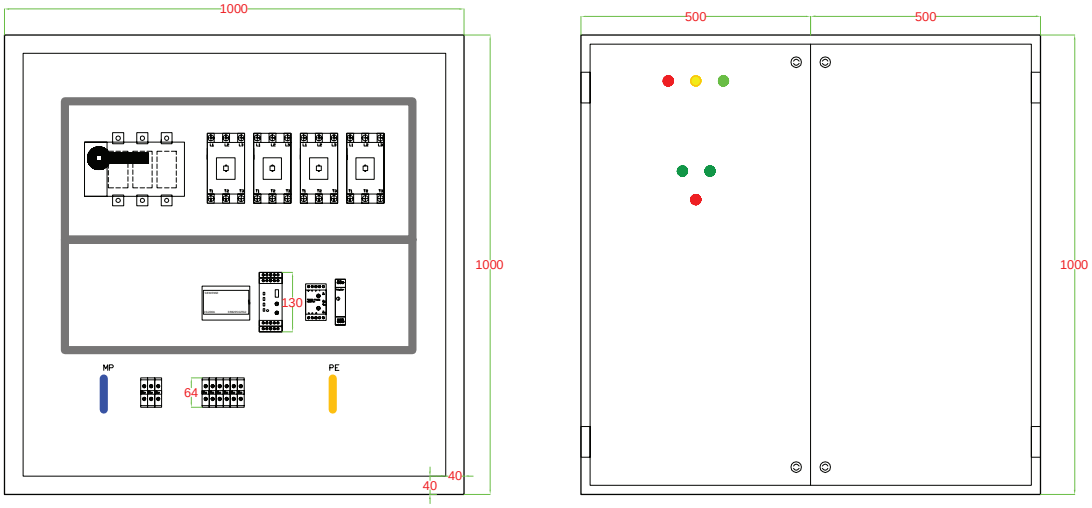
طبق برآورد ابعاد تابلواز روی ابعاد صفحه نصب یا سینی، مقدار ۸۰ میلی‌متر به دو اندازه طول و عرض اضافه کنید تا ابعاد بدنه تابلو محاسبه شود.

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.

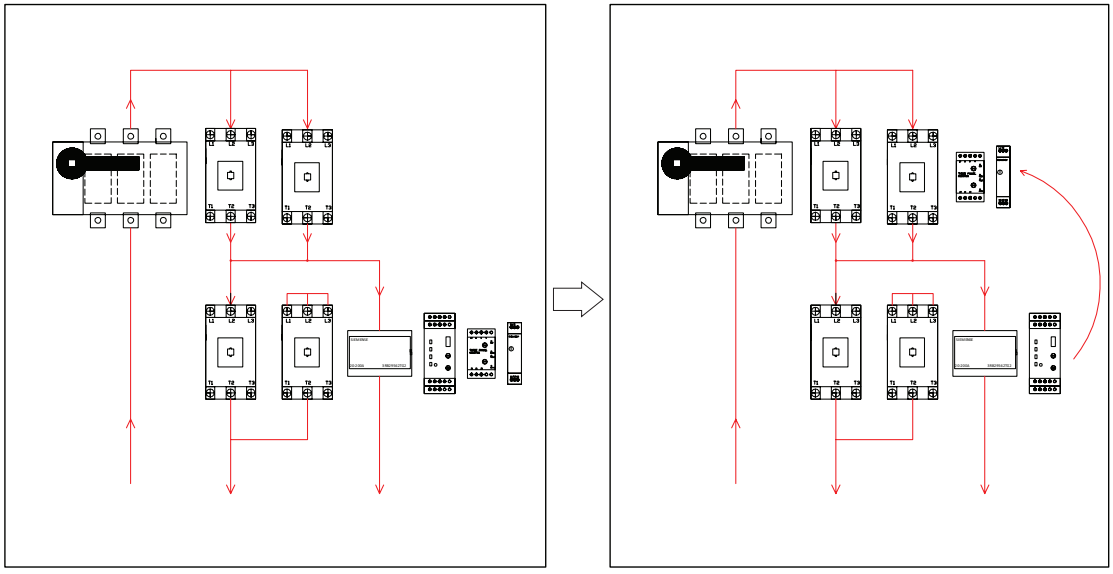
۲ـ در صورت آشنایی با تجهیزات مشابه و هم‌نوع و ویژگی‌های آنها تابلو با استاندارد مطلوب‌تری طراحی و اجرا می‌شود مانند رله اضافه بار و ترانسفورماتور جریان (CT).

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

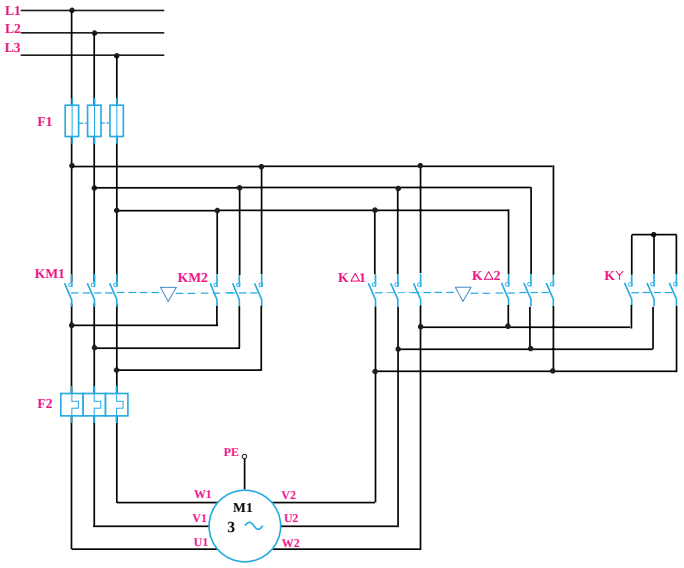
کار عملی ۴

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

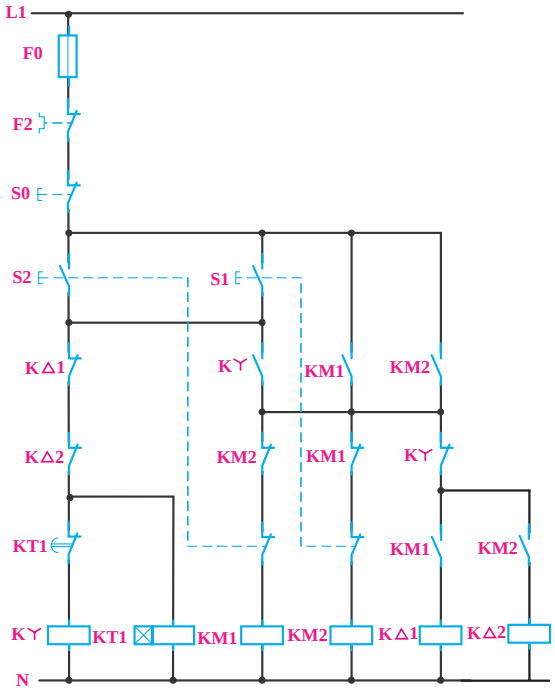
راست‌گرد مثلث ⟶ KM1, K Δ1 ⟶ $\begin{cases} L1 \rightarrow U1 \rightarrow U1 \\ L2 \rightarrow V1 \rightarrow V1 \\ L3 \rightarrow W1 \rightarrow W1 \end{cases}$

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

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

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 K۸ قرار دارند (شکل ۳۷).

نحوه عملکرد مدار فرمان به‌صورت زیر است:

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)
کلید کمپکت MCCB	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

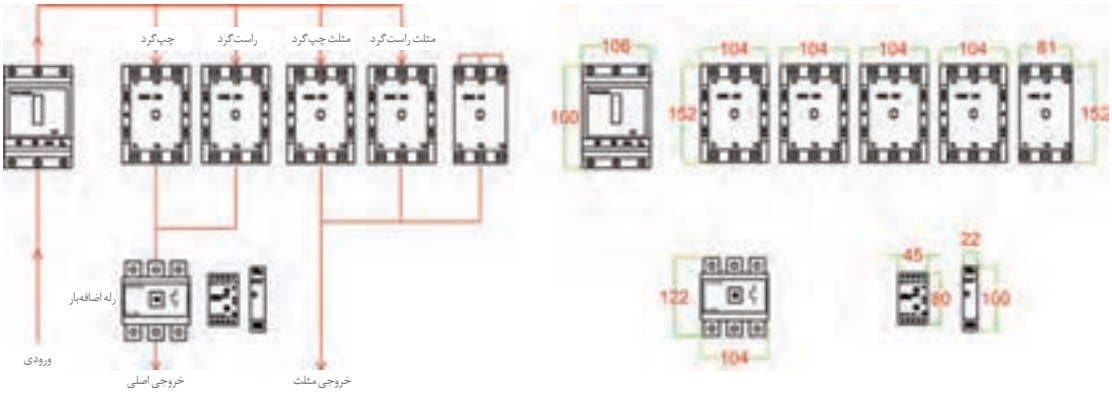
در این تابلو به دلیل توان بالای الکتروموتور باید از شینه به‌جای سیم استفاده کرد. به همین دلیل نیز باید از رله‌های اضافه بار شینه‌ای استفاده کرد (شکل ۳۹).

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.

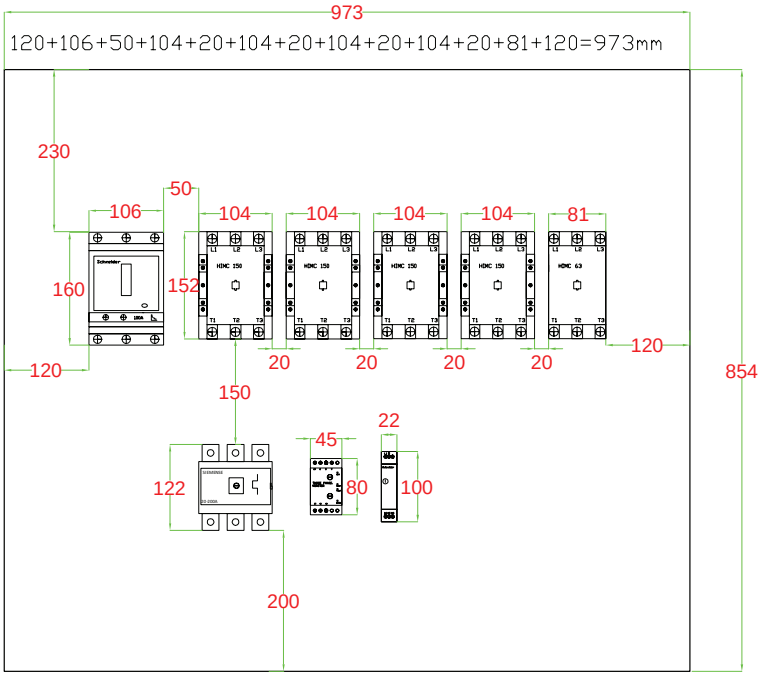
جانمایی و چیدمان قطعات در تابلو: برای انجام چیدمان این کارعملی روش ردیفی یا عرضی بسیار مناسب است زیرا عملیات شینه‌بندی به ساده‌ترین و راحت‌ترین شکل ممکن انجام می‌گیرد.
قطعات را در تابلو فرضی مطابق شکل ۴۰ رسم کنید و اندازه‌گیری نمایید.



مسیر جریان ابعاد قطعات

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.



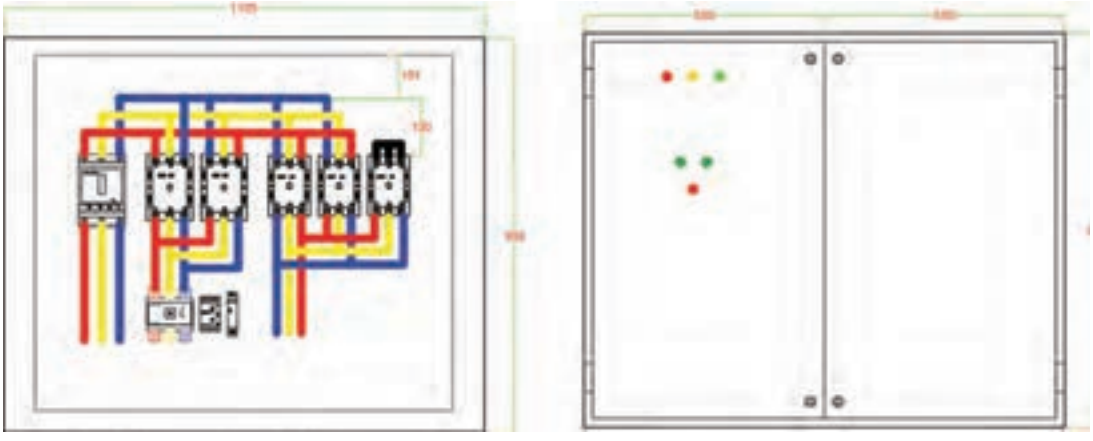
شکل ۴۱ــ تخمین ابعاد تابلو

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).

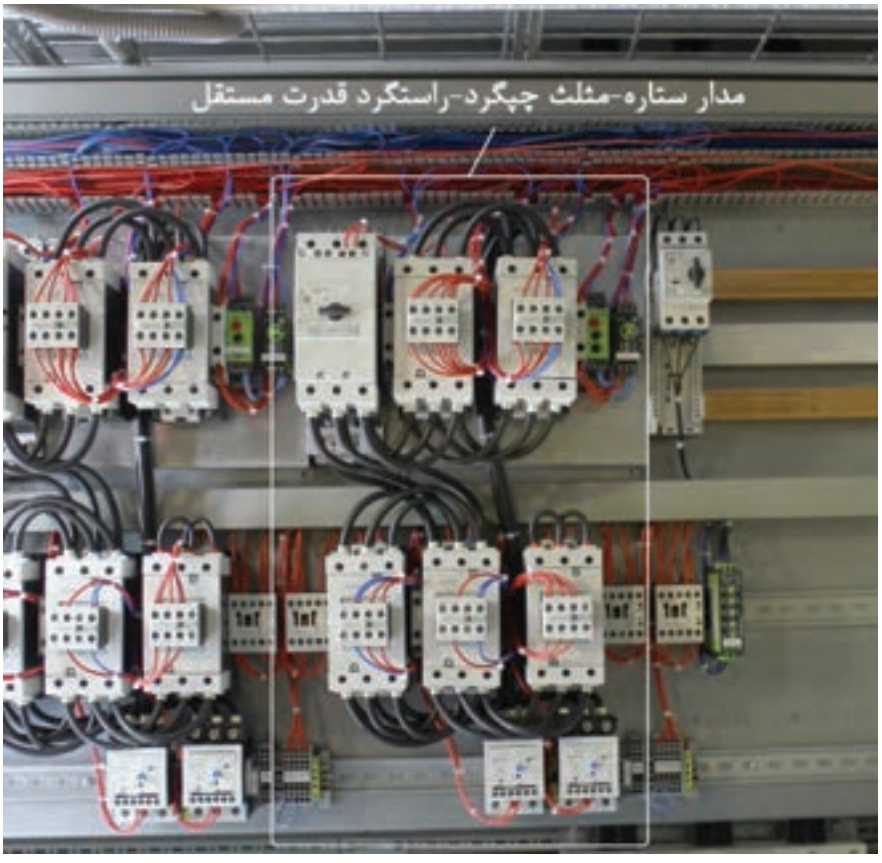
۲ـ تابلوهایی که شینه‌بندی می‌شوند دقت بیشتری روی چیدمان و ترتیب قرار گرفتن قطعات درکنار هم لازم دارد در صورت طراحی و چیدمان ناصحیح امکان شینه‌بندی استاندارد وجود ندارد.

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.



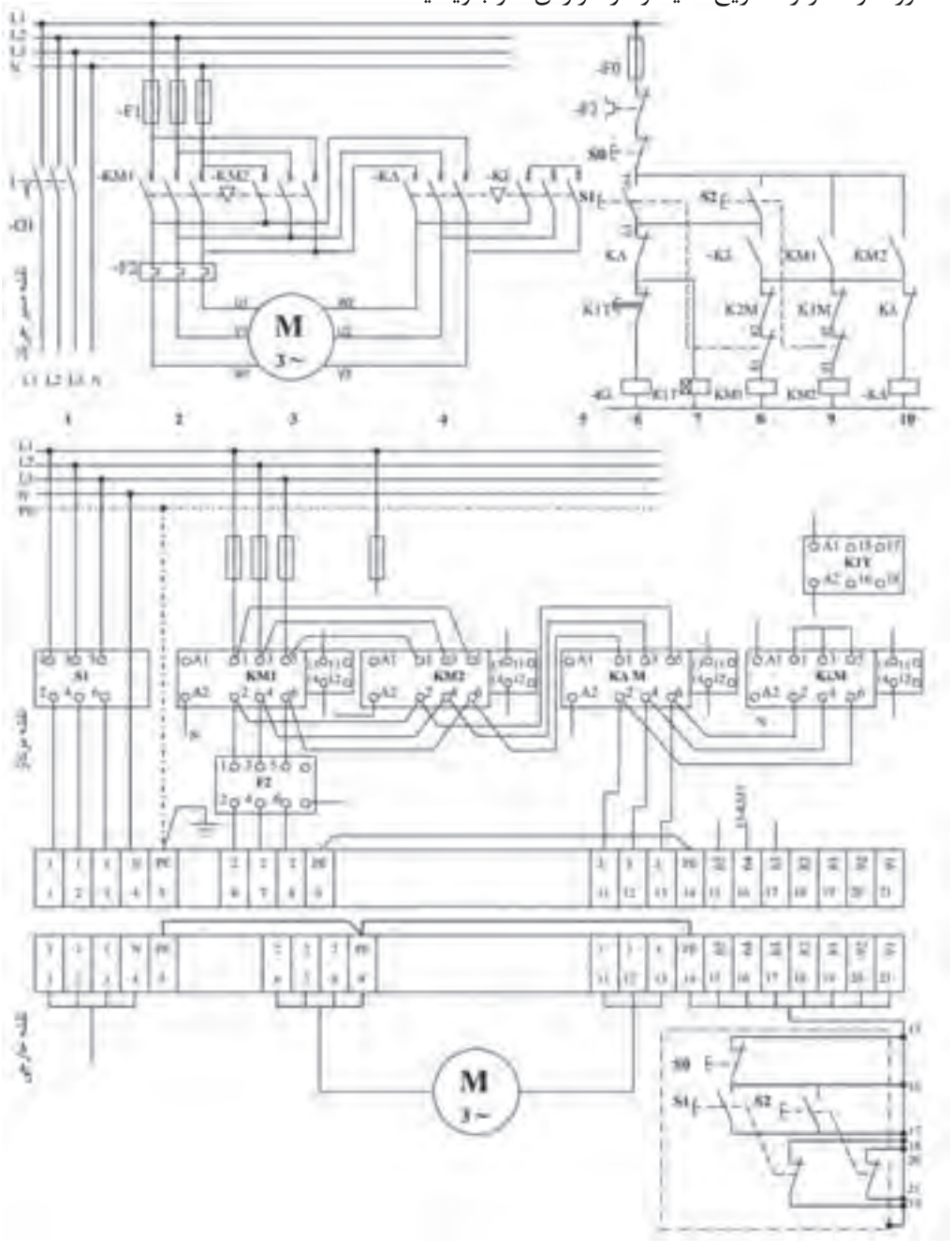
شکل ۴۳ـ یک نمونه دیگر از تابلو قدرت مستقل

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 ۴،۲ و ۶ می‌توان نوشت:

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

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

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

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

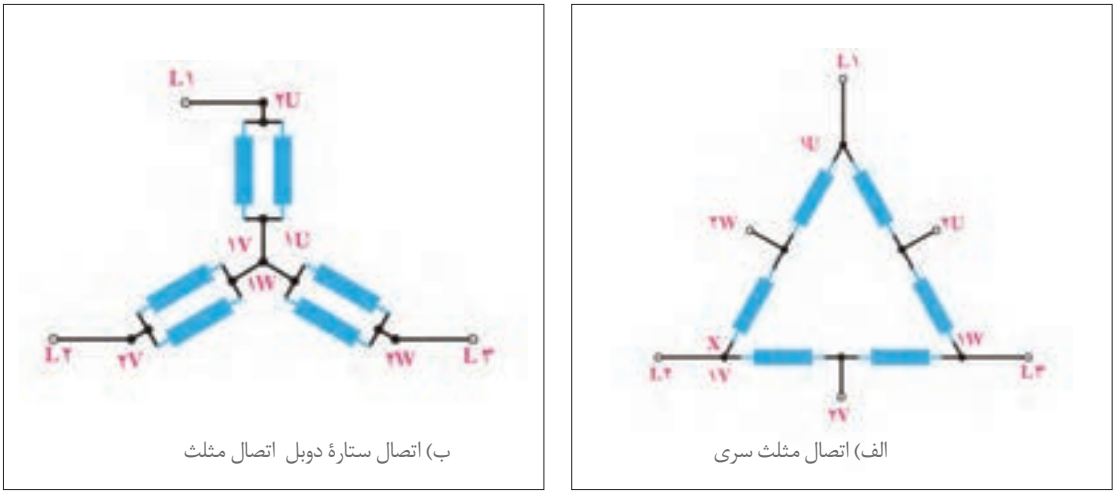
۲ـ تغییر قطب‌های سیم‌بندی به روش دالاندر

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.



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:

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

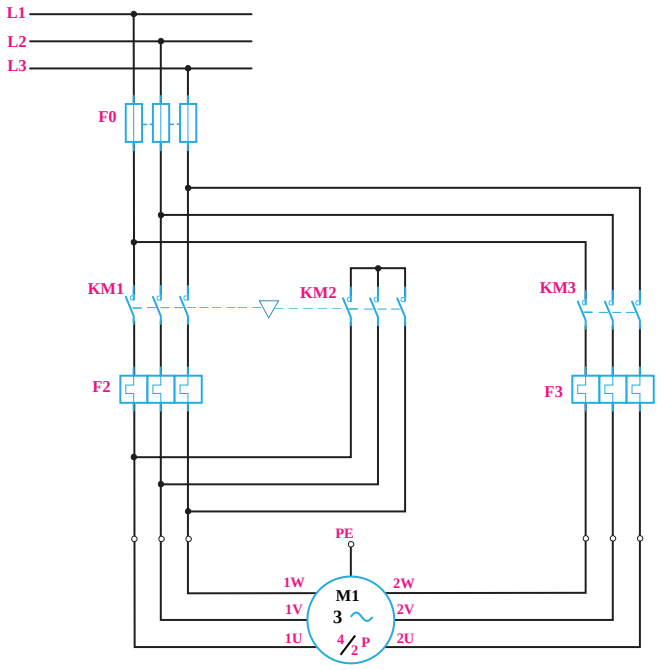
در سرعت تند کنتاکتور KM3 سه فاز را به سر وسط کلاف‌ها می‌رساند و هم‌زمان KM2 سه سر کلاف‌ها را اتصال کوتاه می‌کند.

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

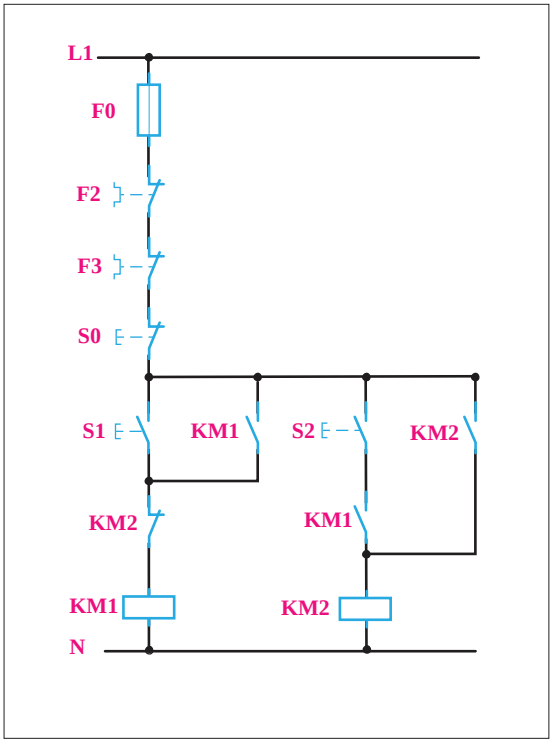
$$KM2:1U,1V,1W$$

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).

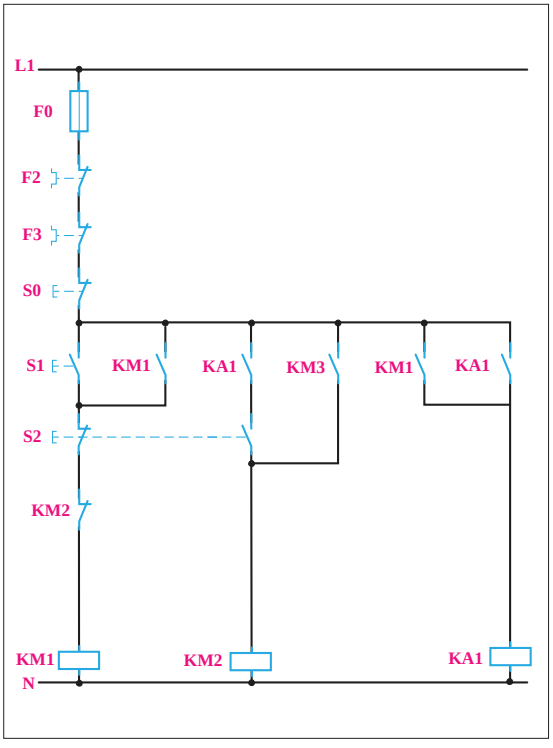
ب)مدار فرمان: مدار فرمان راه‌انداز موتور دالاندر تغییر سرعت را ازدور کند به دور تند فرمان می‌دهد. در این مدار کنتاکتور KM2 باید پس از کنتاکتور دور کند KM1 وارد مدار شود و کنتاکتور KM1 از مدار خارج شود (یکی به جای دیگری) (شکل ۴۷).



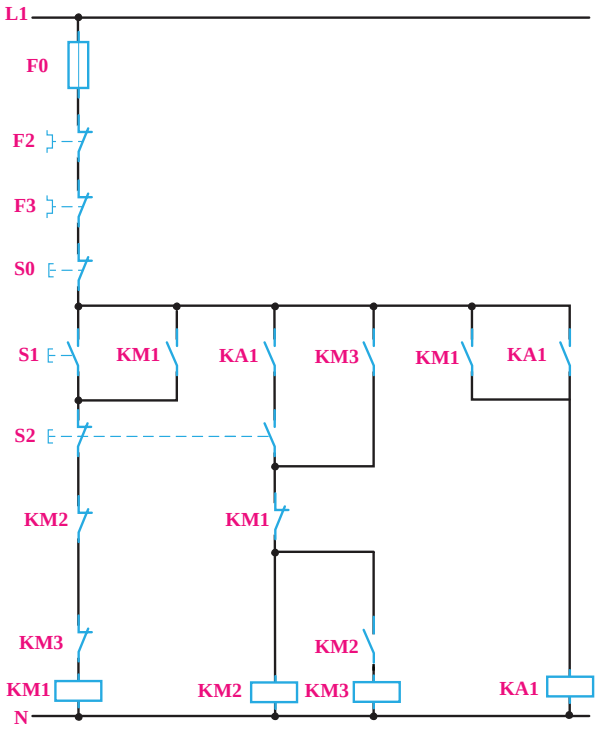
شکل ۴۶ــ مدار قدرت موتور دالاندر



شکل ۴۷ــ مدار یکی به جای دیگری



شکل ۴۸ــ کنتاکتور دوبل برای مدار فرمان دالاندر



شکل ۴۹ــدو 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 KM2، KM1 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

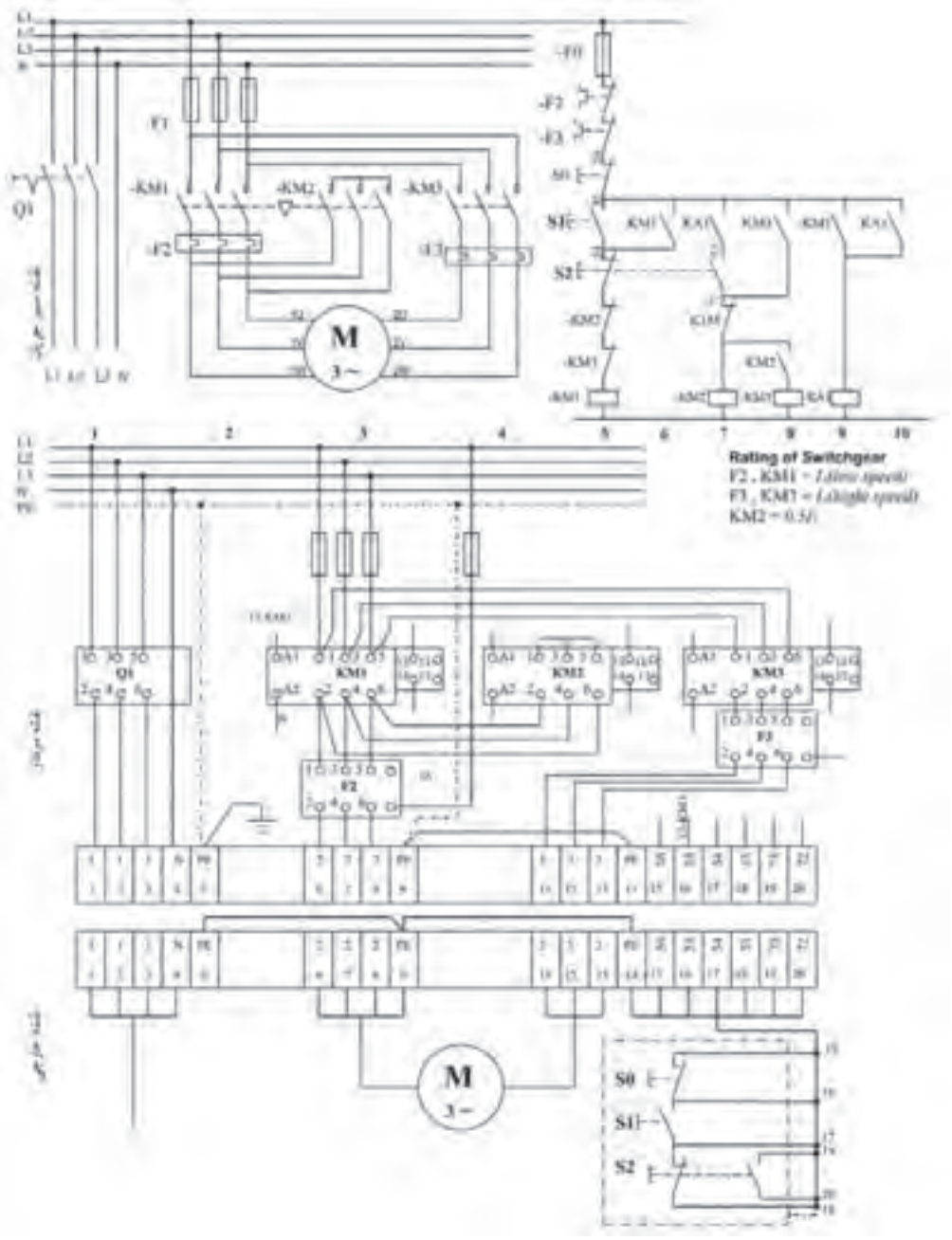
هنرجویان عزیز، در این مرحله شما به توانمندی محاسبه و برآورد ابعاد تابلو دست پیدا کرده‌اید. همچنین مهارت‌های لازم در جانمایی و نصب قطعات تابلوهای فشارضعیف الکتریکی را کسب نموده‌اید. با توجه به مهارت‌های به‌دست آمده، ابعاد تابلو راه‌اندازی موتور دالاندر را برآورد کرده و جانمایی و نصب قطعات مورد نیاز آن 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 سیم کشی 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	نقشه خوانی 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 مستند سازی 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.