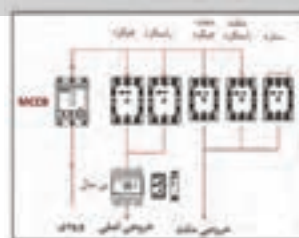
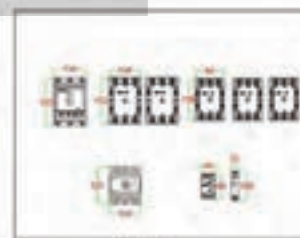


## پودمان سوم

# تابلو برق دستگاه‌های صنعتی



موتور و فن



تابلو برق

## واحد یادگیری ۳

### آیامی دانید

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

### استاندارد عملکرد

در این پودمان هنرجویان قادر خواهند شد قطعات مورد نیاز و ابعاد و اندازه تابلو راه‌اندازی موتورهای الکتریکی دستگاه‌های صنعتی را بر مبنای جریان بار به دست 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

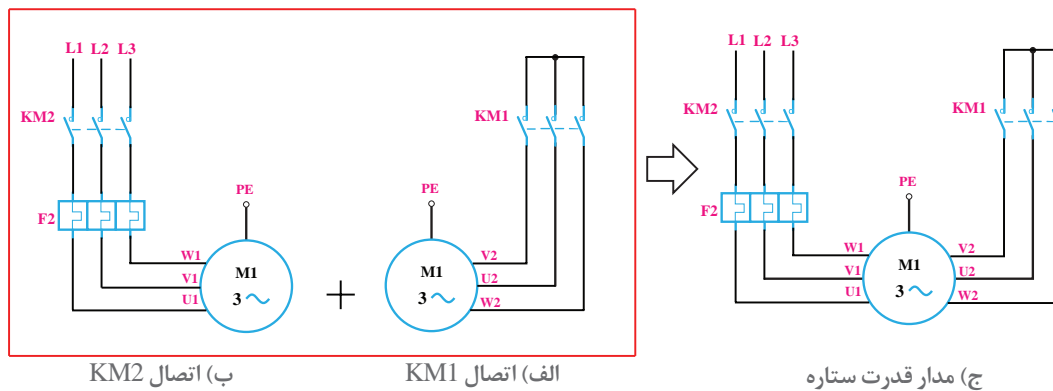
موتورهای الکتریکی هنگام راه‌اندازی جریان زیادی از شبکه برق دریافت می‌کنند. جریان راه‌اندازی موتورهای الکتریکی چندین برابر جریان نامی آنها است. برای کاهش جریان راه‌اندازی در موتورهای الکتریکی سه فاز که اتصال آنها مثلث است از مدار ستاره - مثلث استفاده می‌شود.

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

## مدار راه‌اندازی ستاره - مثلث معمولی

در موتورخانه یک ساختمان برای به گردش در آوردن آب در لوله‌ها ممکن است از یک موتور الکتریکی سه فاز آسنکرون  $400V$  و  $5kW$  استفاده می‌شود. جهت کاهش جریان راه‌اندازی موتور الکتریکی سه فاز از مدار ستاره - 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 ۱- الف).



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

$L1 \rightarrow U1$

$L2 \rightarrow V1$

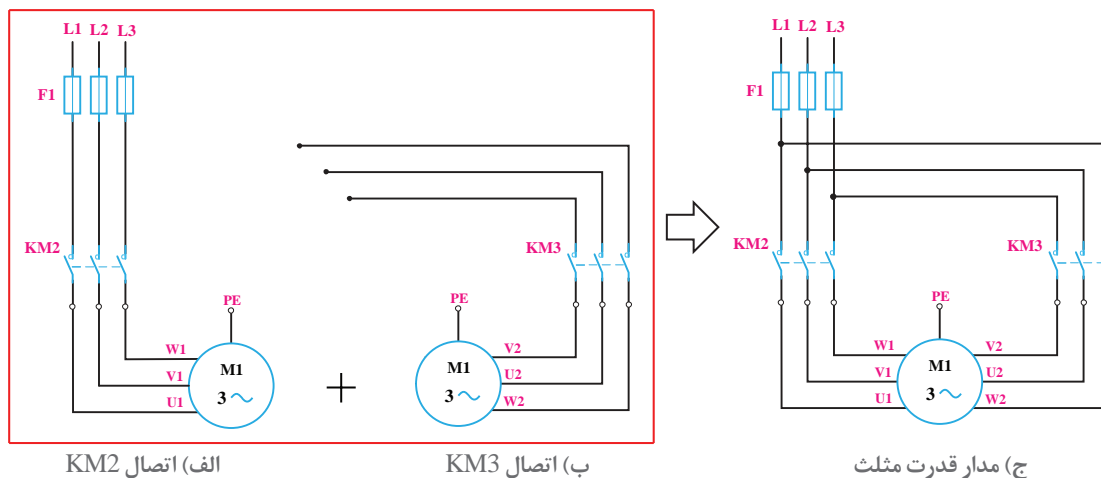
$L3 \rightarrow W1$

با جذب کنتاکتورهای KM1، KM2 اتصال الکتریکی موتور به صورت ستاره انجام می‌شود (شکل ۲):

$$L1 \rightarrow U1$$

$$L2 \rightarrow V1$$

$$L3 \rightarrow W1$$



شکل ۲- 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):

$$L1 \rightarrow W2$$

$$L2 \rightarrow U2$$

$$L3 \rightarrow V2$$

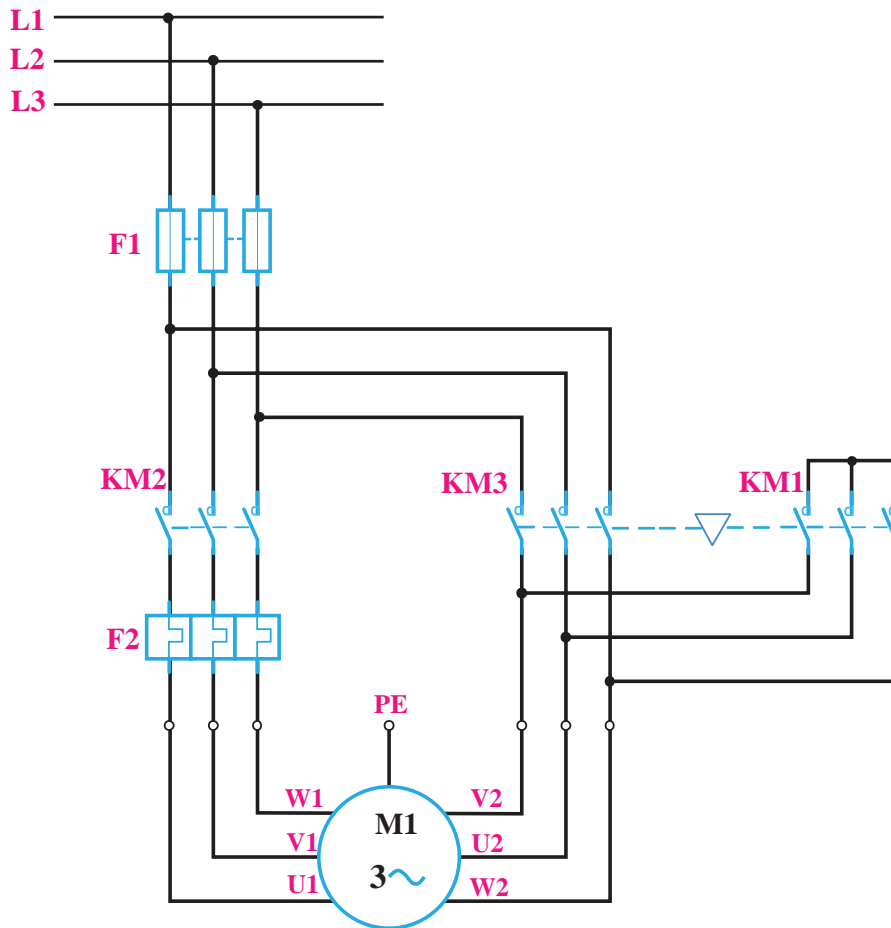
مدار قدرت اتصال ستاره - مثلث طبق شکل ۳ می‌باشد:

کنتاکتور KM2 در هر دو حالت ستاره و مثلث کار یکسانی انجام می‌دهد و با توجه به مدار قدرت شکل ۳ 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 برای KM3, KM1 حالت غیر هم‌زمانی (اینترلاک) ایجاد کرد.

از فیوز F1 جهت حفاظت موتور در مقابل اتصال کوتاه و از بی متال F2 برای حفاظت در برابر اضافه بار استفاده شده است. رله اضافه بار F1 در مسیر جریان فازی موتور الکتریکی قرار گرفته است. پس مقدار آن روی ۵۸٪ برابر جریان نامی تنظیم می‌شود.

(ب) مدار فرمان: برای شروع به کار مدار از شستی وصل S1 استفاده می‌شود و پس از فشردن کنتاکتورهای KM2, KM1 جذب می‌شوند و موتور الکتریکی با اتصال ستاره شروع به کار می‌کند. برای ایجاد اینترلاک

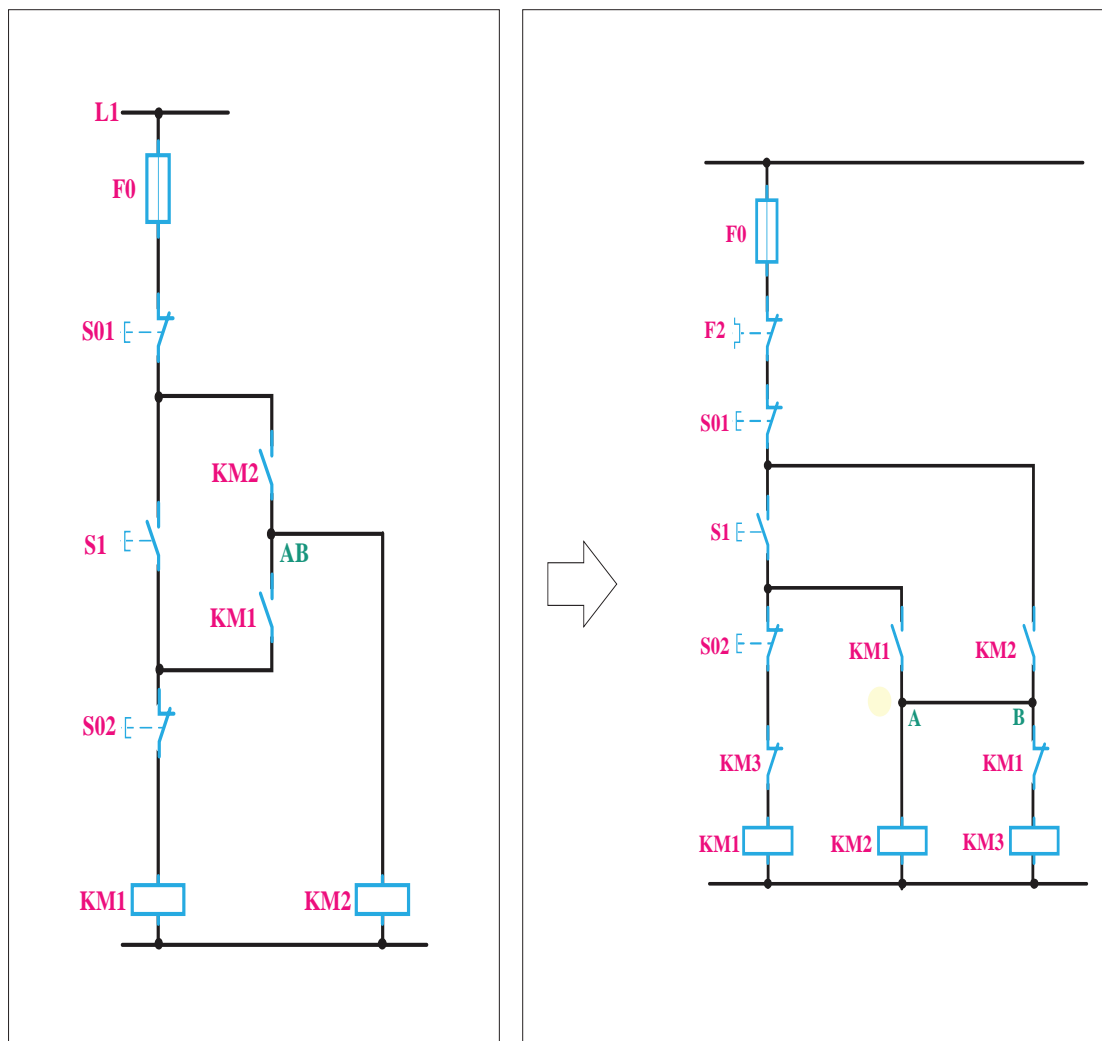


شکل ۳- مدار قدرت اتصال ستاره - مثلث

الکتریکی لازم است کنتاکت بسته KM3, KM1 در مسیر بوبین یکدیگر قرار بگیرند. برای تغییر حالت کار موتور الکتریکی از اتصال ستاره به اتصال مثلث از شستی قطع S02 استفاده می‌شود. در شروع کار مدار با اتصال ستاره لازم است که به هیچ عنوان حتی برای یک لحظه کوتاه بوبین KM3 برقرار نشود. لذا از یک کنتاکت باز KM1 جهت ایجاد تأخیر زمانی استفاده می‌شود (شکل ۵). با استفاده از کنتاکت باز KM1 ترتیب زمانی کار مدار به این صورت می‌باشد:

جذب KM2  $\Rightarrow$  بسته شدن کنتاکت باز KM1  
 جذب KM1  $\Rightarrow$  بسته شدن کنتاکت باز S1  
 جذب KM3  $\Rightarrow$  باز شدن کنتاکت بسته KM1

با فشار شستی قطع S02 می‌توان اتصال ستاره موتور الکتریکی را قطع کرده و اتصال مثلث را برای آن برقرار کرد (شکل ۵).



شکل ۴- مدار ستاره - مثلث بدون حفاظت

شکل ۵- مدار ستاره - 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.

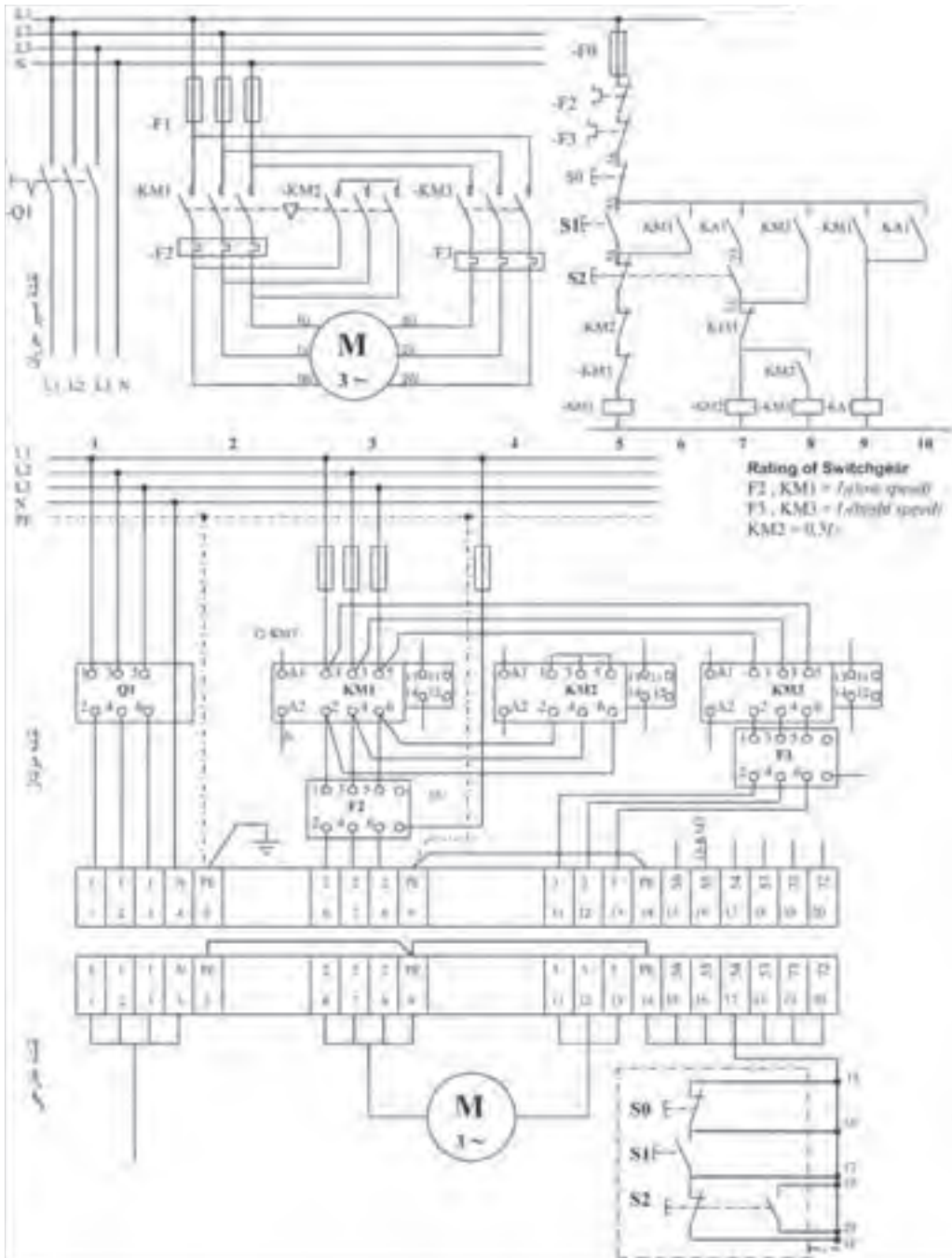




– راه اندازی ستاره – مثلث خودکار (اتوماتیک)

۱- مدار نقشه مونتاژ را تکمیل کنید.

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



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

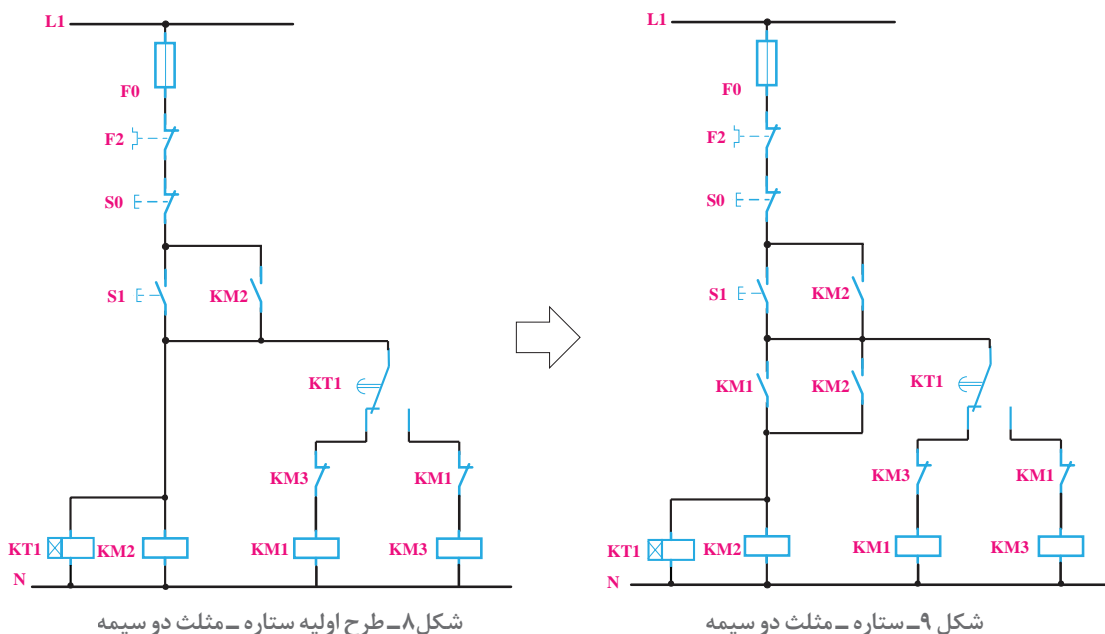




### مدار فرمان ستاره - مثلث دو سیمه

تأسیسات مکانیکی یک موتورخانه به یک تابلو برق نیاز دارد. در این تابلو یک موتور الکتریکی باید به صورت ستاره - مثلث راه‌اندازی شود. جانمایی و ابعاد تابلو را محاسبه نمایید.

**مدار فرمان:** طراحی مدار فرمان ستاره - 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 موتور الکتریکی به حالت مثلث می‌رود. (شکل ۸) 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 (شکل ۹).



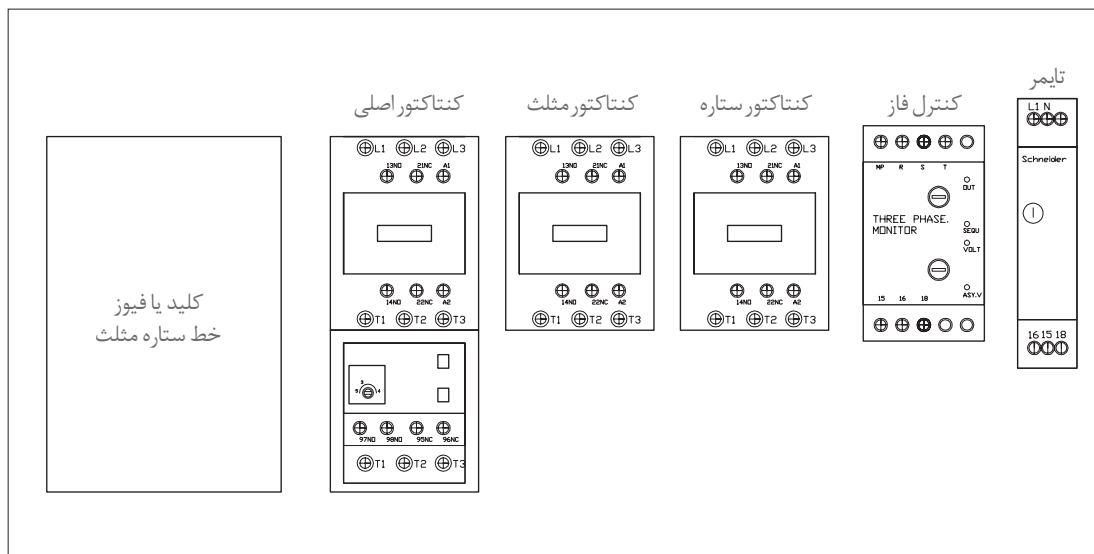
### جانمایی و نصب قطعات تابلو راه‌اندازی ستاره - مثلث خودکار

به طور کلی برای راه‌اندازی موتور الکتریکی به روش ستاره - مثلث خودکار قطعات زیر مورد نیاز است (جدول ۱):

جدول ۱- قطعات مورد نیاز راه‌اندازی به روش ستاره - مثلث اتوماتیک

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

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



شکل ۱۰- چیدمان عمومی قطعات تابلو راه‌اندازی ستاره - مثلث



شکل ۱۱- کلید اصلی در مدارهای ستاره - مثلث



برای راه‌اندازی به روش یک ضرب، در صورتی که برای کلید اصلی مدار، کلید محافظ موتور الکتریکی (MPCB) استفاده شود، دیگر نیازی به رله اضافه بار یا بی‌متال نیست. در مدار ستاره - مثلث، اگر کلید محافظ موتور الکتریکی استفاده شود باید از رله اضافه بار یا بی‌متال نیز استفاده نمود. زیرا جریان عبوری از کلید اصلی با جریان نامی موتور برابر است، ولی جریان عبوری از رله اضافه بار،  $0.58$  برابر جریان نامی است. برای حفاظت بیشتر از موتورهای الکتریکی در مدار ستاره - مثلث از هر دو 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 در جدول ۲ محاسبه و برآورد نمایید.  
توضیحات: ورودی تابلو از بالا و خروجی در پایین تابلو در نظر گرفته شود.

جدول ۲- مشخصات فنی تجهیزات مورد نیاز

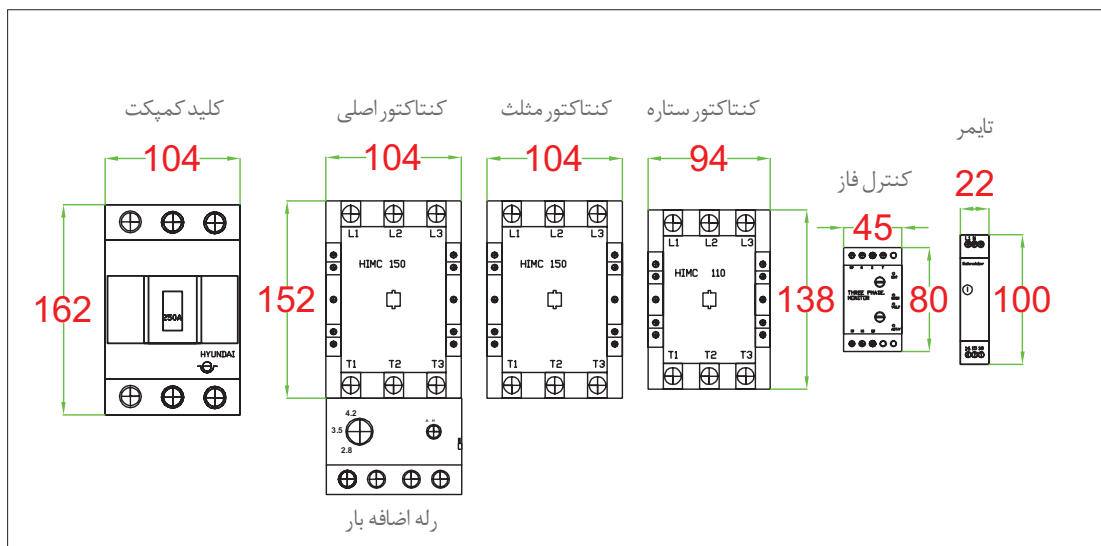
کلید کمپکت MCCB	کنتاکتور	کنتاکتور	کلید کمپکت MCCB
جریان به آمپر: ۱۶۰A	جریان به آمپر: ۱۱۰A	جریان به آمپر: ۱۳۰A	جریان به آمپر: ۱۶۰A
تعداد: ۱	تعداد: ۱	تعداد: ۲	تعداد: ۱
رله اضافه بار	رله اضافه بار	تایمر	کنترل فاز تیپ بزرگ
جریان به آمپر: ۷۰۰-۱۰۰۰A	جریان به آمپر: ۷۰۰-۱۰۰۰A	جریان به آمپر: ON DELAY	جریان به آمپر: -
تعداد: ۱	تعداد: ۱	تعداد: ۱	تعداد: ۱
شستی استپ	شستی استارت	تایمر	کنترل فاز تیپ بزرگ
جریان به آمپر: (1NC)	جریان به آمپر: (1NO)	جریان به آمپر: ON DELAY	جریان به آمپر: -
تعداد: ۱	تعداد: ۲	تعداد: ۱	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 ۳- ابعاد قطعات مورد نیاز

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

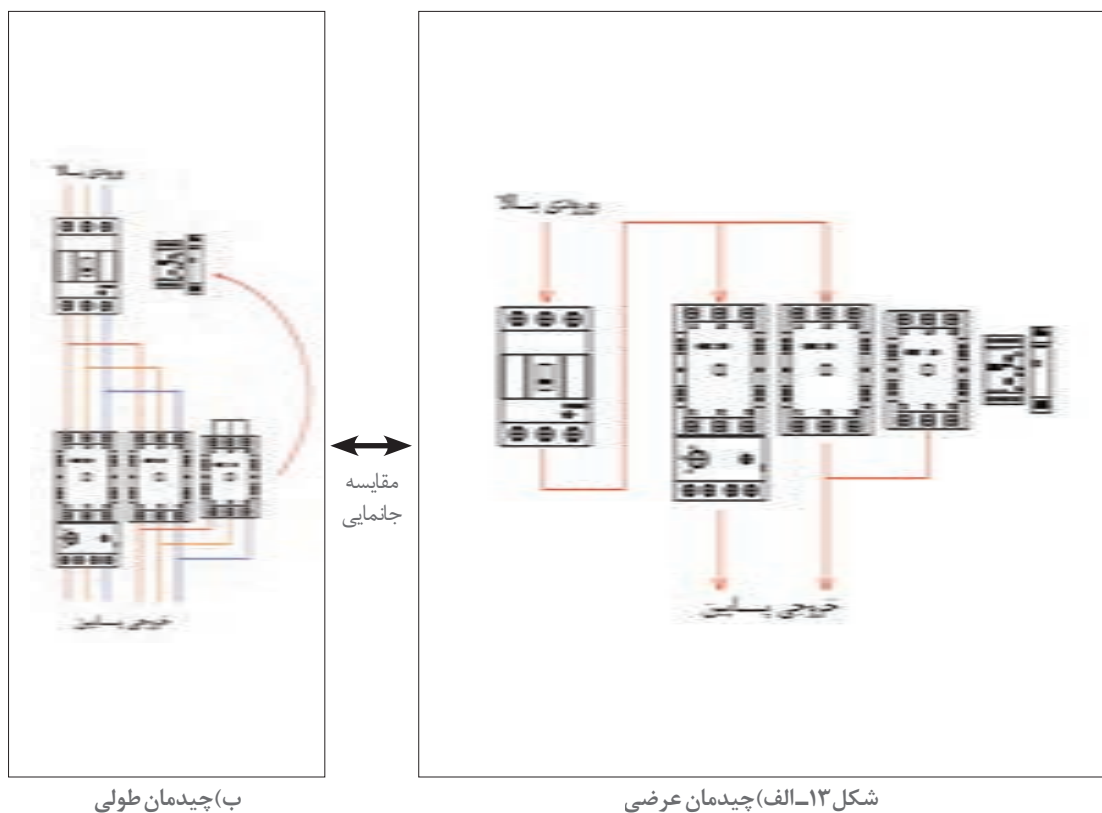
معمولاً برای شروع کار در مدارهای ستاره - مثلث ابتدا از جانمایی پیش فرض ستاره - مثلث مانند شکل ۱۲ استفاده کنید و در صورت نیاز آن را تغییر دهید. معمولاً این چیدمان برای راه‌اندازی ستاره - مثلث به کار می‌رود. اکنون چیدمان عرضی و طولی را با توجه به توضیحات قبلی بررسی و مقایسه کنید.



شکل ۱۲- 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 (شکل ۱۳-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 (شکل ۱۳-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 نحوه سیم‌کشی است.



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

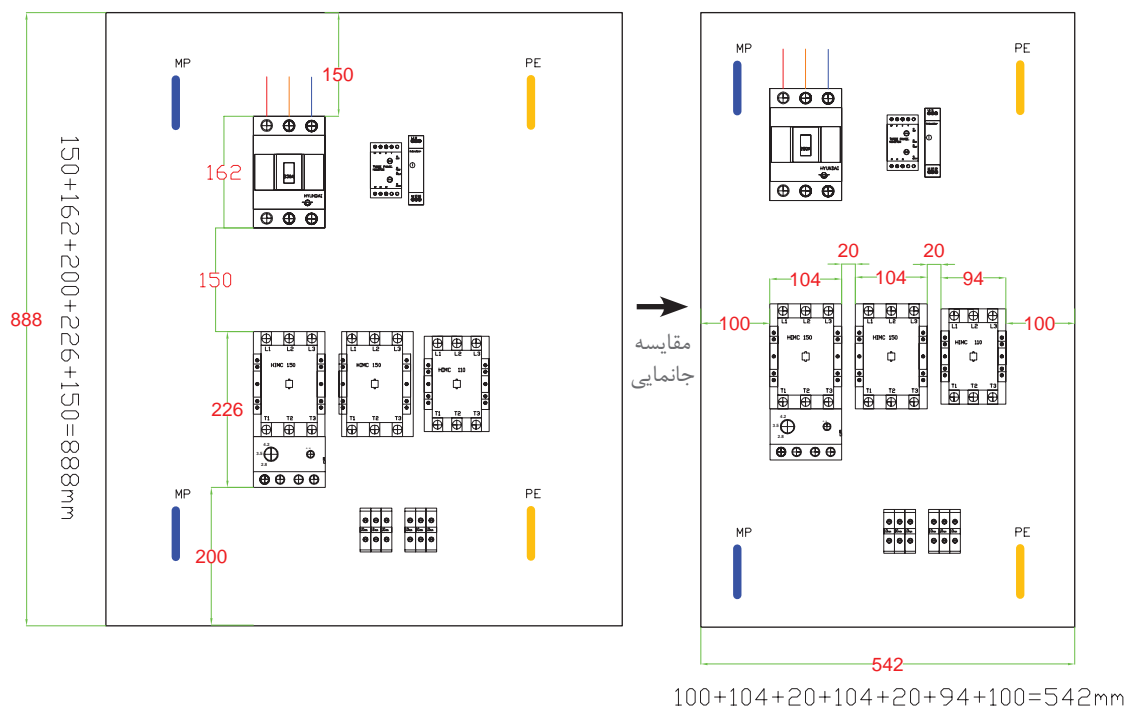
فعالیت



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 به نظر می‌رسد این روش مفیدتر باشد. پس در این مثال از روش طولی استفاده می‌شود و کلیه فاصله‌ها از بالا تا پایین تابلو اندازه‌گذاری می‌شود.

فاصله 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 در نظر 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 به دست 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.



شکل ۱۴- محاسبه ابعاد تابلو در دو حالت عرضی و طولی

در مرحله بعد عرض صفحه نصب به دست 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 به دست آمده حاصل از مجموع عرض قطعات با یکدیگر مطابق شکل ۱۴ برابر ۵۴۲ میلی‌متر خواهد شد.

بنابراین ابعاد مورد نیاز این صفحه نصب برابر است با:  $۵۴۲ \times ۸۸۸$  میلی‌متر. در این مرحله کافی است که برای محاسبه ابعاد تابلو، به اندازه ۸۰ میلی‌متر به دو طرف طول و عرض اندازه صفحه نصب اضافه کنید.

$$۸۸۸ + ۸۰ = ۹۶۸\text{mm} \quad , \quad ۵۴۲ + ۸۰ = ۶۲۲\text{mm}$$

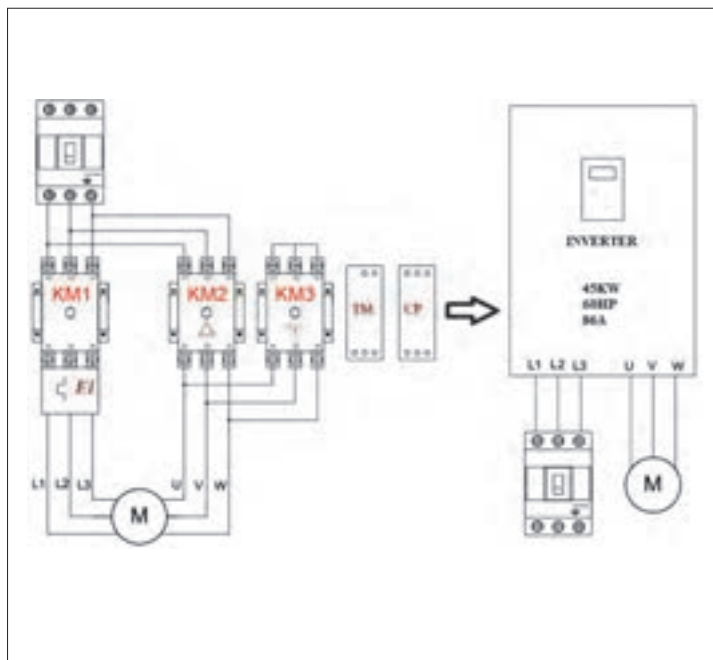


## تغییر فناوری در تابلو راه‌اندازی موتورهای الکتریکی

تغییر فناوری از مواردی است که در ساخت و تنظیم 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:

- ۱- ایمنی و حفاظت بهتر از مصرف‌کننده‌ها
- ۲- بهینه‌سازی در فرآیند ساخت و کاربرد تابلو
- ۳- صرفه‌جویی در هزینه‌ها و نظایر آن



شکل ۱۶- تجهیزات مورد نیاز

### راه‌اندازی نرم موتور الکتریکی

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

راه‌اندازی ستاره - مثلث برای کنترل جریان راه‌اندازی مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای کاهش جریان راه‌اندازی می‌توان با استفاده از

اینورتر سرعت موتور الکتریکی را کنترل و به دنبال آن جریان اولیه موتور الکتریکی را در لحظه راه‌اندازی کم کرد. با این جایگزینی، چیدمان مدار ستاره - 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 - مثلث نیاز به سه عدد کنتاکتور می‌باشد. بنابراین اگر به جای کنترل دور موتور الکتریکی به روش کنتاکتوری ستاره - مثلث از درایو استفاده کنید راه‌اندازی موتور الکتریکی با حفاظت بسیار مناسب تر همراه خواهد بود. همچنین صرفه‌جویی در مصرف کابل را به همراه خواهد داشت.

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

فعالیت

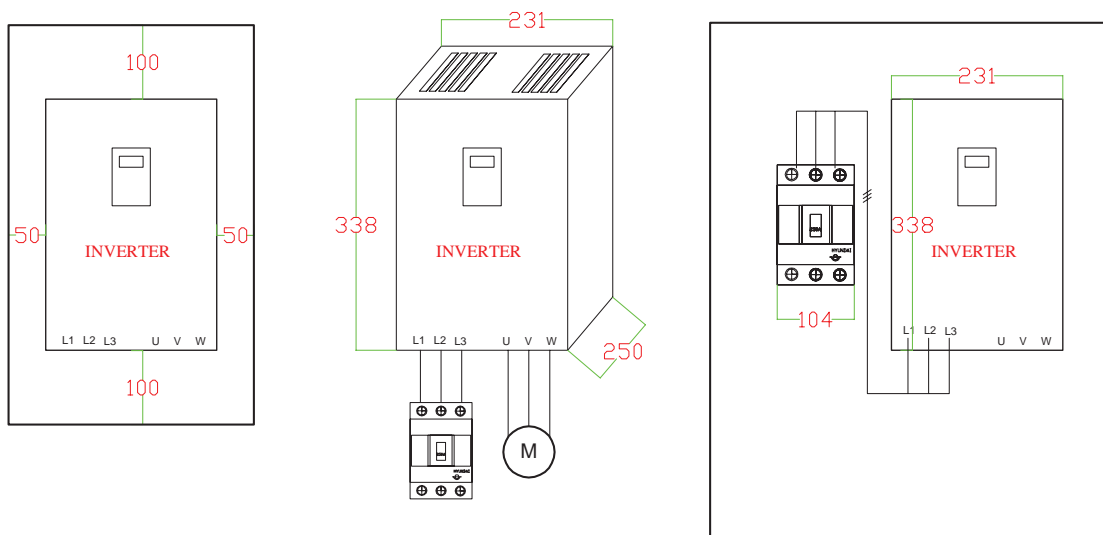




با وجود اینکه این وسیله از قیمت نسبتاً بالایی برخوردار است ولی با توجه به حذف قطعات مختلف و مصرف کمتر از کابل ارتباطی، باز هم در اکثر موارد به خصوص در موتورهای الکتریکی با توان بالا، استفاده از این تجهیز بسیار به صرفه خواهد بود و غیر از این حفاظت بهتر و افزایش عمر مفید موتور الکتریکی و کاهش مصرف انرژی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

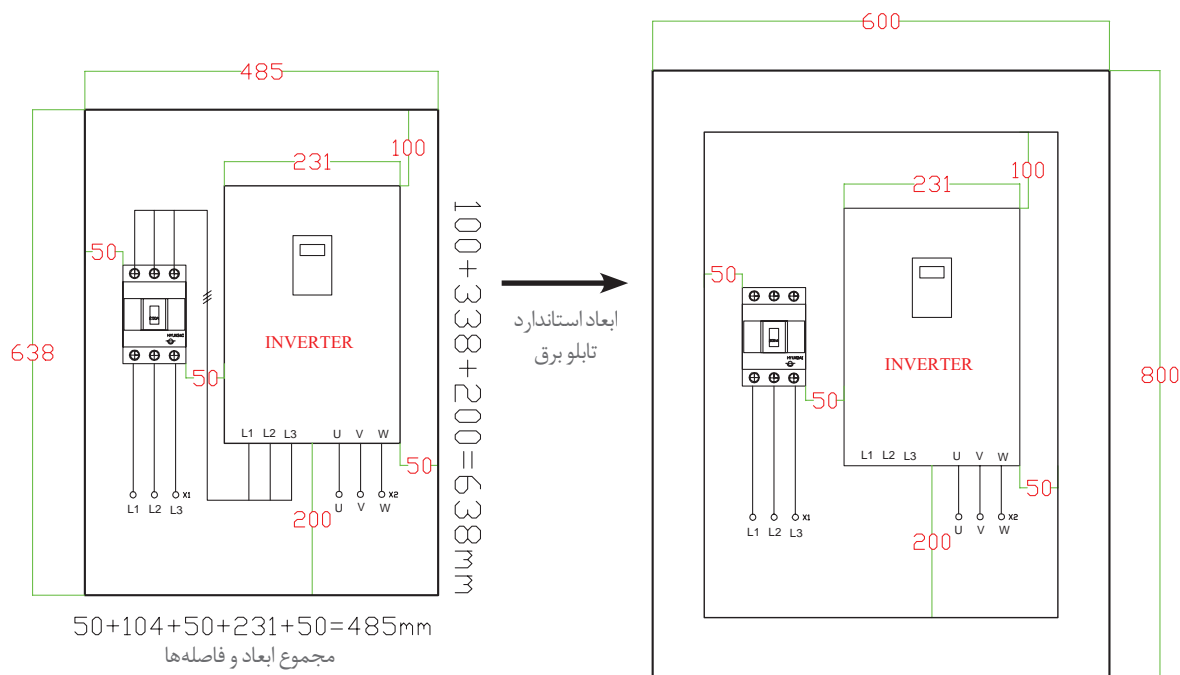
### جانمایی اینورتر در تابلو راه‌اندازی

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 موتور الکتریکی، نسبت به توان موتور الکتریکی و نیز نسبت به شرکت سازنده وسیله متفاوت می‌باشد. بنابراین برای هر مورد باید به مشخصات و ابعاد قطعه سازنده وسیله رجوع شود.



شکل ۱۷- 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. 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 به دست می‌آید. در نهایت با مقایسه با ابعاد استاندارد تابلوهای دیواری، ابعاد ۸۰۰×۶۰۰ با عمق ۳۰۰ میلی‌متر را می‌توان به عنوان ابعاد نهایی بدنه تابلو برق در این مثال برآورد نمود (شکل ۱۸). (البته ابعاد ۵۰۰×۷۰۰ میلی‌متر هم می‌تواند مناسب باشد)



شکل ۱۸- 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 همه جنبه‌ها مانند صرفه اقتصادی، حفاظت، ایمنی و کاربری، ما را یاری نماید.

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

کار عملی ۲



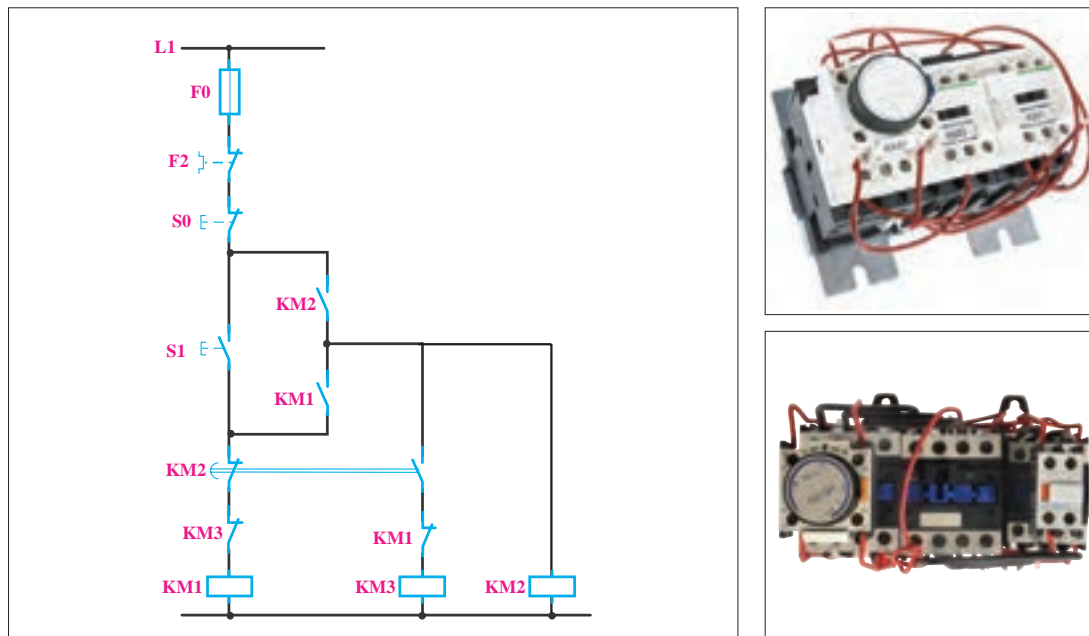
تایمر پنوماتیکی نوعی از تایمر است که با نیروی باد فعال می‌شود و مانند تایمرهای معمولی، تغذیه برق ندارد. این تایمر به حامل‌های تیغه کنتاکتور متصل می‌شود و با فعال شدن کنتاکتور، نیروی باد به تایمر تزریق شده و کار زمان‌سنجی تایمر شروع می‌شود. اگر تایمر از نوع تأخیر در وصل باشد، پس از زمان تنظیمی مورد نظر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



شکل ۱۹- رله پنوماتیکی

تنظیم زمانی این رله و تیغه باز آن مطابق شکل ۱۹ با شماره ۵۷-۵۸ و تیغه بسته آن با شماره ۵۵-۵۶ نشان داده می‌شود.

**الف) مدار فرمان:** مدار فرمان این راه‌اندازی در شکل ۲۰ دیده می‌شود. در این مدار کنتاکت‌های لازم به صورت (۲۱-۲۲) و  $KM1(13-14)$  و  $KM3(21-22)$  و  $KM2(13-14)$  خواهند بود.



شکل ۲۰- مدار فرمان و راه‌اندازی بار رله پنوماتیکی

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

فعالیت



شکل ۲۱- نمونه تابلو جانمایی تایمر پنوماتیکی

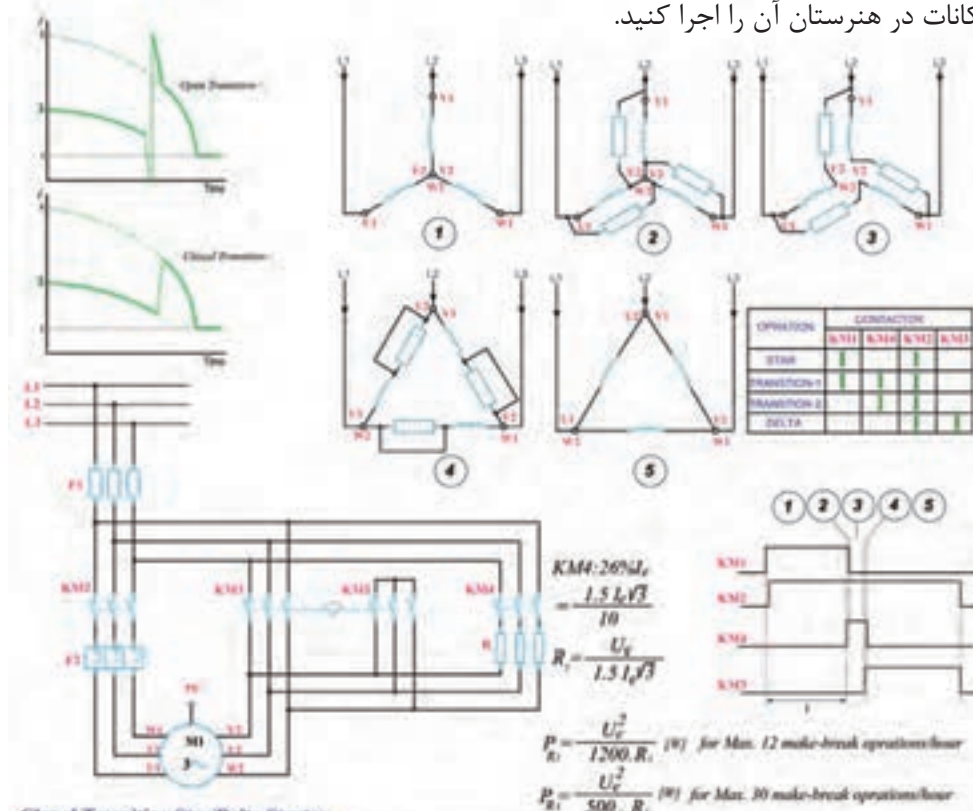
**جانمایی تایمر پنوماتیکی:** در مدار قدرت راه‌اندازی موتورهای الکتریکی به لحاظ طولی و عرضی این نوع تایمر فضای کمی را اشغال می‌کند بنابراین تأثیر زیادی در جانمایی دارد و می‌توان این تیغه را به‌عنوان یک عامل مؤثر برای انتخاب در نظر داشت. از طرفی کارخانه‌های سازنده کنتاکتور این مدار را به‌صورت بسته آماده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



## (نیمه تجویزی)

### راه اندازی ستاره - مثلث حالت گذرای بسته

راه اندازی حالت گذرای 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 می کنند. با بررسی متن زیر و با استفاده از شکل ها، 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 ۲۲- فعالیت حالت گذرای بسته



شکل ۲۳- 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 به کار 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).

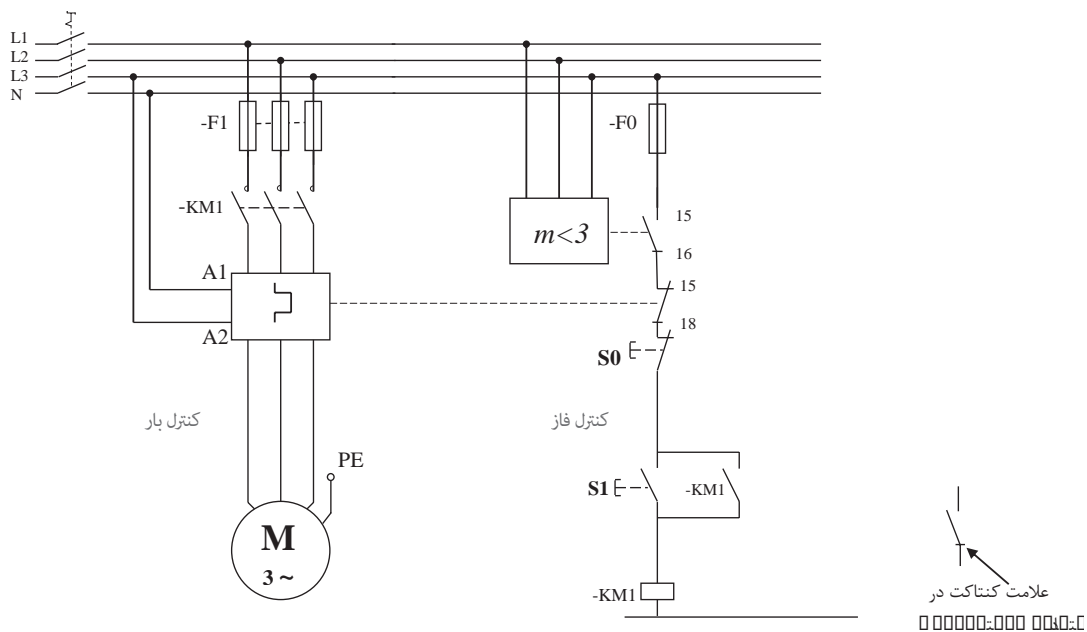
## رله کنترل بار

رله کنترل بار وسیله‌ای الکترونیکی برای کنترل اضافه بار است. برخلاف رله حرارتی اضافه بار معمولی (بی‌مثال)، 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 آمپر متر انبری به صورت القایی جریان عبوری از کانال‌های جریان را اندازه گرفته و این مقدار را با جریان انتخاب شده مقایسه می‌کند در صورت اضافه شدن جریان هر خط از مقدار تعیین شده مصرف کننده را از مدار خارج می‌کند. تیغه بسته رله کنترل بار 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 از نوع ۱SPDT (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 رله کنترل فاز و کنترل بار را نشان می‌دهد.

اگر رله کنترل فاز به عدم تعادل فازها حساس باشد از علامت  $\Delta$  در داخل رله کنترل فاز به جای  $m < 3$  استفاده می‌شود.

توجه





شکل ۲۴- مدار فرمان و راه‌اندازی بارله کنترل فاز و کنترل بار

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

تحقیق کنید



## راه‌اندازی موتور الکتریکی به صورت ستاره - مثلث چپ‌گرد - راست‌گرد

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

- قدرت مشترک
- قدرت مستقل

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

کار عملی ۴



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 - مثلث نیاز به سه کنتاکتور اصلی، اتصال ستاره و اتصال مثلث دارد (شکل ستاره - مثلث). برای اینکه بتوان امکان تغییر جهت گردش را ایجاد کرد یک کنتاکتور دیگر نیز مورد نیاز است. کنتاکتور KM1 به عنوان کنتاکتور اصلی راست گرد و کنتاکتور KM2 به عنوان کنتاکتور اصلی چپ گرد می‌باشد و اتصال ستاره با کنتاکتور K l و اتصال مثلث نیز با کنتاکتور KΔ ایجاد می‌شود. در مدار ستاره - 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 - مثلث چپ گرد - راست گرد چون جای دو فاز در حالت چپ گرد - راست گرد عوض می‌شود، نمی‌توان ورودی کنتاکتور اتصال مثلث را به سه فاز L1، L2، L3 وصل کرد و لازم است اتصال مثلث به صورت

$$U1 \rightarrow W2$$

$$V1 \rightarrow U2$$

$$W1 \rightarrow V2$$

انجام شود لذا ورودی KΔ مطابق شکل ۲۵ از زیر کنتاکتورهای اصلی خواهد بود. در حالت راست گرد مثلث اتصال زیر برقرار می‌شود.

$$L1 \rightarrow U1 \rightarrow W2$$

$$L2 \rightarrow V1 \rightarrow U2$$

$$L3 \rightarrow W1 \rightarrow V2$$

در حالت چپ گرد مثلث اتصال زیر ایجاد می‌شود.

$$L3 \rightarrow U1 \rightarrow W2$$

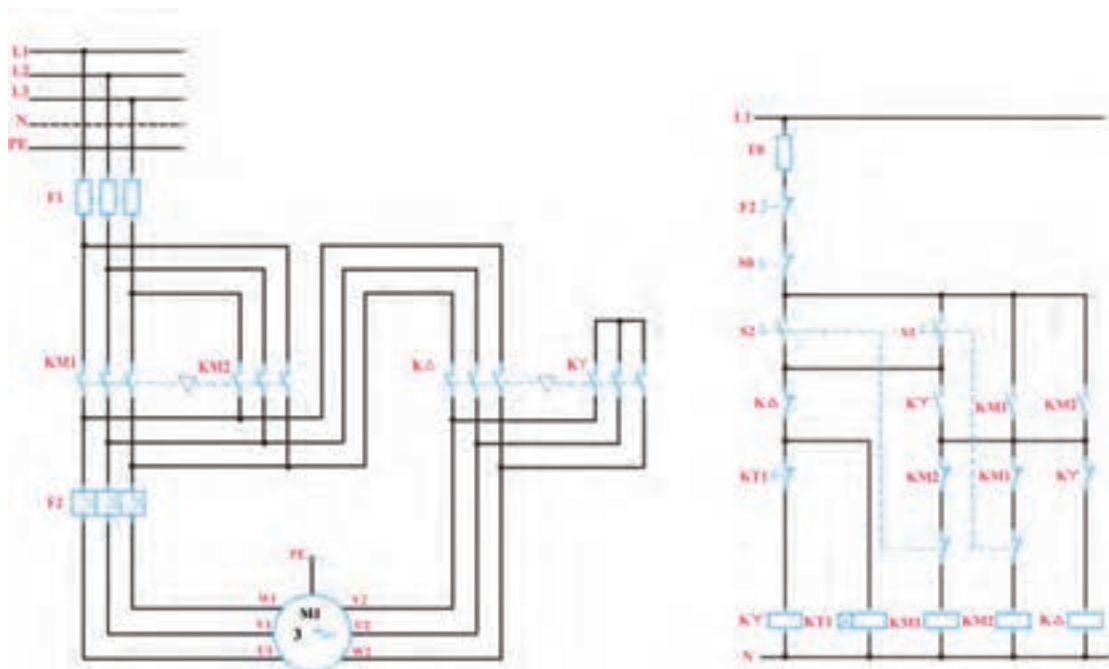
$$L2 \rightarrow V1 \rightarrow U2$$

$$L1 \rightarrow W1 \rightarrow V2$$

نحوه جذب کنتاکتورها در مدار ستاره - مثلث چپ گرد و راست گرد به صورت آورده شده در جدول ۴ است:

جدول ۴- کنتاکتورهای فعال در هر وضعیت

راست گرد	ستاره	$KM1, K \lambda$
	مثلث	$KM1, K\Delta$
چپ گرد	ستاره	$KM2, K \lambda$
	مثلث	$KM2, K\Delta$



شکل ۲۵- اتصالات حالت‌های ستاره- مثلث چپ گرد- راست گرد

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  $K\Delta$  برای  $0.58 I_L$  و  $K \lambda$  نیز برای  $0.33 I_L$  جریان نامی موتور باید انتخاب شود.

(ب) مدار فرمان: مدار فرمان ستاره - مثلث چپ گرد - راست گرد ترکیبی از مدار ستاره - مثلث اتوماتیک و چپ گرد راست گرد می‌باشد. لذا از کنتاکت بسته  $KM1$  در مسیر بوبین  $KM2$  و همچنین از کنتاکت بسته  $KM2$  در مسیر بوبین  $KM1$  استفاده می‌شود تا اینتراک و الکتریکی بین آنها ایجاد شود. شستی وصل



S1 و S2 نیز به صورت دابل استفاده می‌شود تا امکان تغییر جهت گردش از حالت راست‌گرد به چپ‌گرد و بالعکس بدون خاموش کردن امکان پذیر باشد. از کنتاکت بسته  $K \lambda$  و در مسیر بوبین  $K\Delta$  و از کنتاکت بسته  $K\Delta$  در مسیر بوبین  $K \lambda$  استفاده می‌شود اینترلاک الکتریکی بین آنها برقرار باشد. نقش کنتاکت باز K1 در مدار ستاره - مثلث جهت ایجاد ترتیب زمانی است به گونه‌ای که ابتدا  $K \lambda$  عمل می‌کند سپس کنتاکتور اصلی فرمان بگیرد تا در شروع کار بین  $K \lambda$  و  $K\Delta$  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:



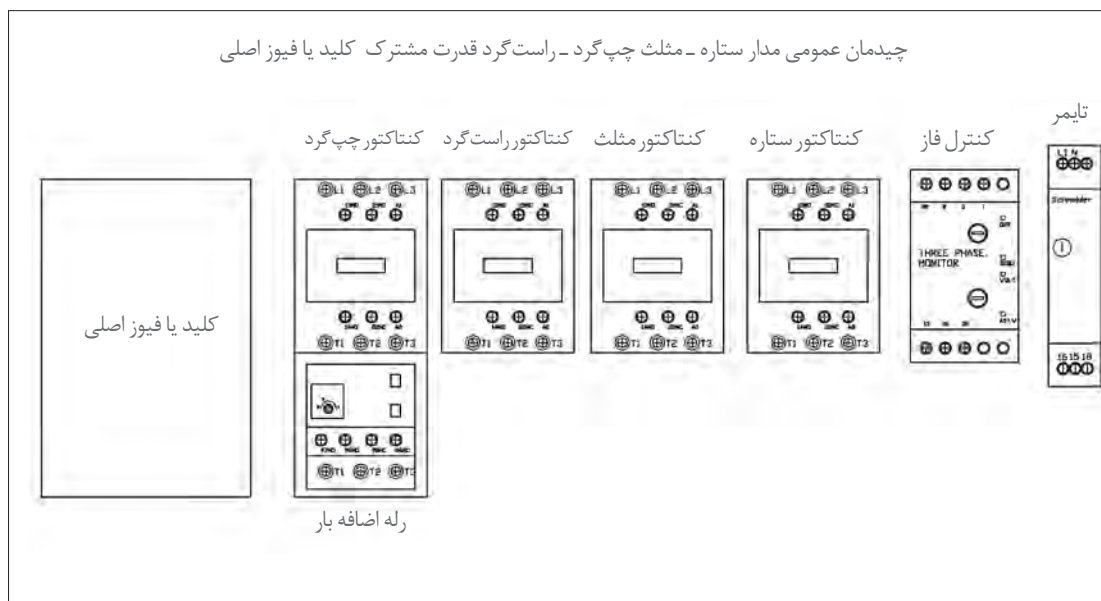
شکل ۲۶- نحوه عملکرد قطعات در مدار فرمان

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

جدول ۵- قطعات مورد نیاز

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

چیدمان قطعات الکتریکی: برای چیدمان عمومی قطعات تابلو راه اندازی موتور الکتریکی به روش ستاره - مثلث چپ گرد - راست گرد با قدرت مشترک چیدمان عرضی مطابق شکل ۲۷ پیشنهاد می شود.



شکل ۲۷- چیدمان عمومی مدار ستاره - مثلث چپ گرد - راست گرد قدرت مشترک

\*راهنمایی: ورودی تابلو از بالا و خروجی در پایین تابلو در نظر گرفته شود. مشخصات فنی قطعات مورد نیاز در جداول ۶ و ۷ ارائه شده اند. جانمایی را مطابق قطعات موجود انجام داده و ابعاد تابلو را محاسبه نمایید.

جدول ۶- ابعاد قطعات مورد نیاز

ابعاد قطعات موجود در کارگاه هنرستان		عرض (میلی متر)	طول (میلی متر)	جریان	نام قطعه
عرض (میلی متر)	طول (میلی متر)				
		۱۱۸	۲۱۷	۱۶۰A	کلید فیوز دار
		۸۱	۱۵۲	۶۳A	کنتاکتور
		۷۱	۱۳۸	۴۰A	کنتاکتور
		۵۵	۱۱۳	۳۲A	کنتاکتور
		۵۰	۱۳۰	۱۰-۱۰۰A	رله کنترل بار ۳RB۲۴۸۳-۴AA۱
		۷۴	۱۰۴	۲۰-۲۰۰A	ترانسفورماتور جریان ۳RB۲۹۵۶۲TG۲
		۴۵	۸۰	-	کنترل فاز تیپ بزرگ
		۲۲	۱۰۰	-	تایمر تیپ کوچک

جدول ۷- مشخصات الکتریکی قطعات مورد نیاز

 <p>۴</p>	 <p>۳</p>	 <p>۲</p>	 <p>۱</p>
<p>کنتاکتور مثلث جریان به آمپر: ۴۰ A تعداد: ۱</p>	<p>کنتاکتورهای اصلی جریان به آمپر: ۶۳ A تعداد: ۲</p>	<p>فیوز تیغه‌ای جریان به آمپر: ۸۰ A تعداد: ۳</p>	<p>کلید فیوزدار جریان به آمپر: ۱۶۰ A تعداد: ۱</p>
 <p>۸</p>	 <p>۷</p>	 <p>۶</p>	 <p>۵</p>
<p>رله حفاظتی اضافه بار جریان به آمپر: ۱۰۰ A-۱۰ ۳۴ A = set تعداد: ۱</p>	<p>رله زمانی (تایمر) تأخیر در وصل کنترل فاز تیپ بزرگ جریان به آمپر: - تعداد: ۱</p>	<p>رله زمانی (تایمر) تأخیر در وصل جریان به آمپر: ON DELAY تعداد: ۱</p>	<p>کنتاکتور ستاره جریان به آمپر: ۳۲ A تعداد: ۱</p>
 <p>۱۰</p>	 <p>۹</p>	<p>شستی قطع جریان به آمپر: (1NC) تعداد: ۱</p>	<p>شستی وصل جریان به آمپر: (1NO) تعداد: ۲</p>

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

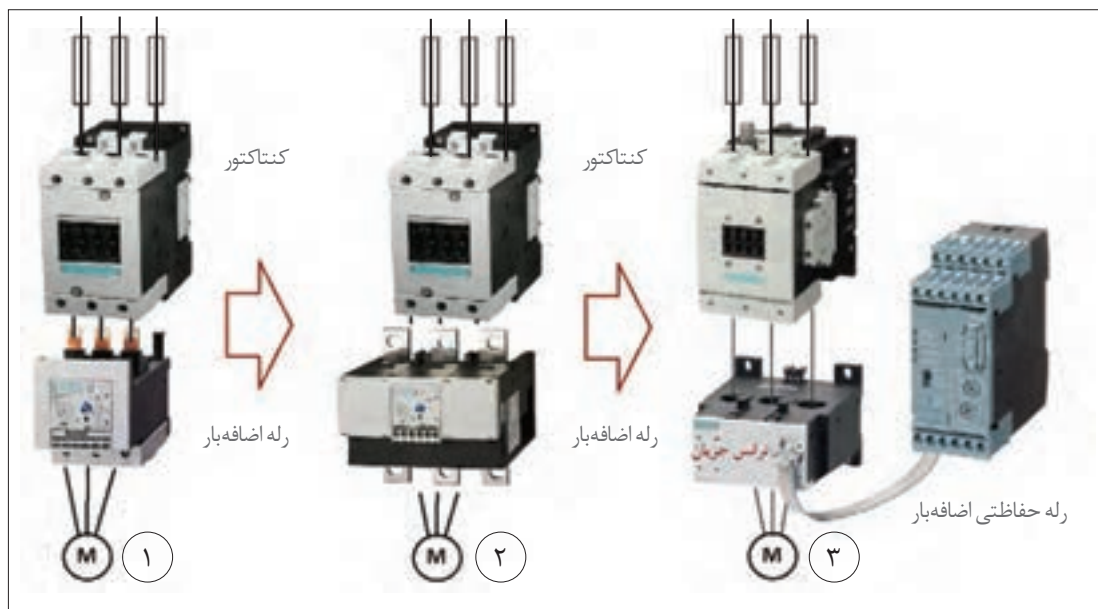
تذکر مهم



## چگونگی قرار گرفتن رله اضافه بار در مدار ستاره-مثلث

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

- ۱- رله اضافه بار، مستقیماً زیر پیچ‌های کنتاکتور بسته می‌شوند. در این مورد به دلیل 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 - مثلث معمولی می‌توان استفاده کرد.
- ۲- رله اضافه بار با شمش‌های ورودی و خروجی ارائه می‌شود. این نوع رله اضافه بار در تابلوهای راه‌انداز مدار ستاره - مثلث چپ‌گرد راست‌گرد و در توان‌های بالا استفاده می‌شود.
- ۳- 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 ۲۸- سه نمونه رله اضافه بار برای تابلو راه‌انداز ستاره-مثلث

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

- ۱- حفاظت جریان نشتی زمین GRN fault
- ۲- حفاظت و تشخیص دمای داخل موتور به کمک ترمیستور و ترموکوپل

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

تذکر



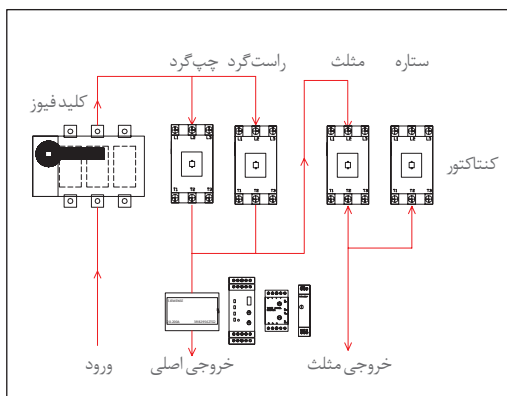
در مدار ستاره - مثلث معمولی، مقادیر نامی کنتاکتور اصلی و کنتاکتور مثلث با هم برابر و به مقدار ۵۸٪ جریان نامی موتور می‌باشد. در صورتی که طبق نقشه قدرت ستاره - مثلث چپ گرد - راست گرد مشترک، جریان ورودی به کنتاکتور مثلث از کنتاکتورهای اصلی گرفته می‌شود. بدیهی است که کنتاکتورهای اصلی KM1 و KM2 باید کل جریان ورودی را تحمل کنند.



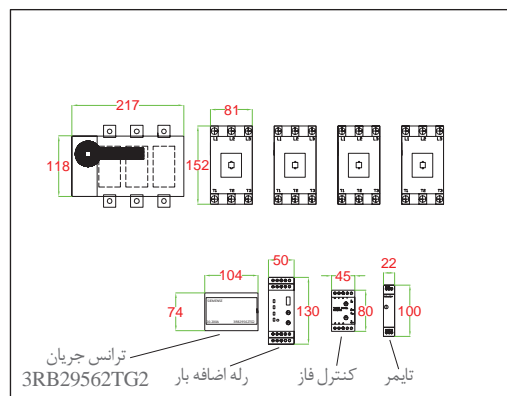
شکل ۲۹- رله اضافه بار کنترل بار

بنابراین در مدار ستاره مثلث چپ گرد - راست گرد مشترک، مقادیر نامی کنتاکتورهای اصلی (چپ گرد - راست گرد) باید برابر جریان نامی موتور و جریان کنتاکتور مثلث برابر با 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.



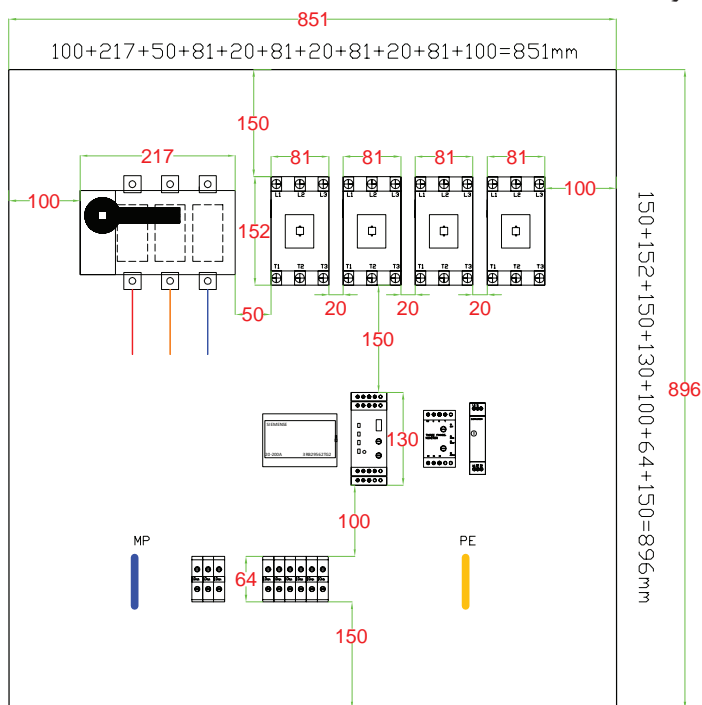
مسیر جریان



ابعاد تجهیزات

شکل ۳۰- ابعاد و مسیر جریان در تابلو

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



شکل ۳۱- طول و عرض نصب مورد نیاز

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

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

مطابق شکل ۳۱ طول سینی را محاسبه کنید. براساس اندازه‌های داده شده طول سینی برابر است با ۸۹۶ میلی متر محاسبه خواهد شد.

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

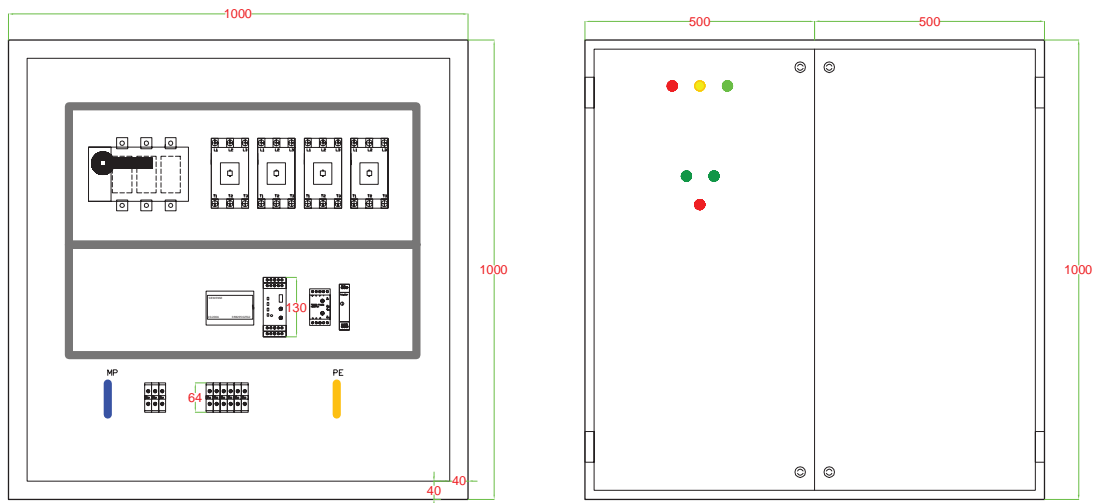
$$\text{عرض } 851 + 80 = 931 \text{ mm} \quad , \quad \text{طول } 896 + 80 = 976 \text{ mm}$$

ولی این ابعاد باید استاندارد باشد. ابعاد ۹۰۰×۱۰۰۰ میلی متر و ۱۰۰۰×۱۰۰۰ میلی متر مناسب می باشند که در اینجا اندازه دوم انتخاب شده است.

تذکر



در صورتی که 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 در نظر گرفته می‌شود. یعنی عرض در ۱۰۰۰ میلی‌متر را مطابق شکل ۳۲ به دو تکه ۵۰۰ میلی‌متری تقسیم می‌کنند.



شکل ۳۲- جانمایی قطعات و اندازه در تابلو

### نکات آموزشی

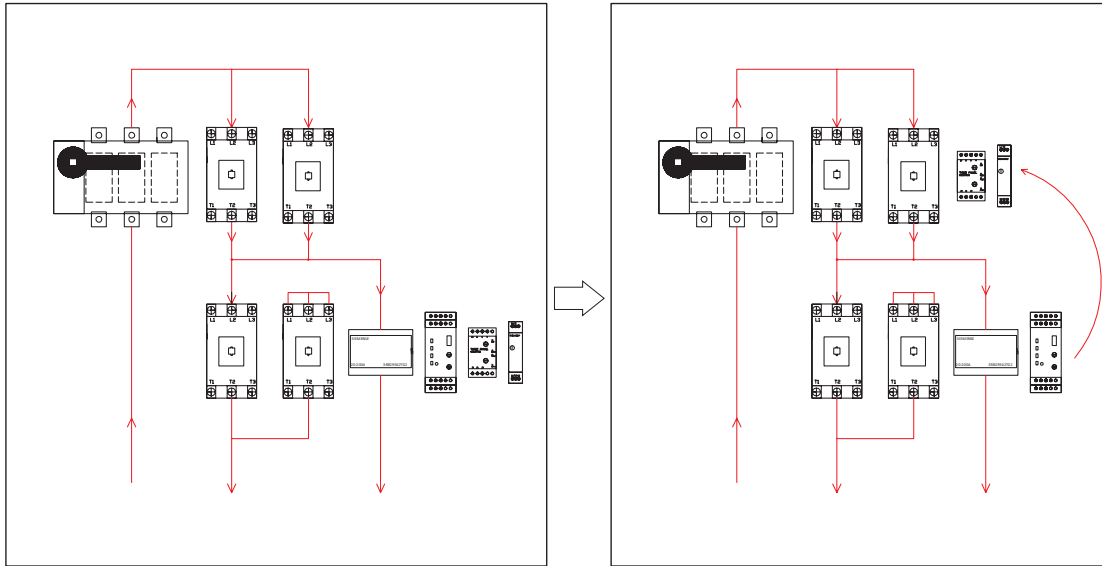
- ۱- در مدارهایی که از پیچیدگی بیشتری برخوردار هستند باید در مورد چیدمان قطعات در کنار هم تمام روش‌ها را بررسی کرد زیرا چیدمان درست و هماهنگی، باعث می‌شود مونتاژ تابلو خیلی راحت‌تر انجام شود.
- ۲- در صورت آشنایی با تجهیزات مشابه و هم‌نوع و ویژگی‌های آنها تابلو با استاندارد مطلوب‌تری طراحی و اجرا می‌شود مانند رله اضافه بار و ترانسفورماتور جریان (CT).
- ۳- عرض تابلو دیواری معمولاً تا اندازه ۸۰۰ mm 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 به صورت دیگری نظیر شکل ۳۳ در نظر 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 به صورت طولی جانمایی می‌شود. در صورت استفاده از شینه برای اتصالات، این روش چیدمان بسیار مناسب‌تر است.



شکل ۳۳- جانمایی قطعات تابلو به صورت طولی



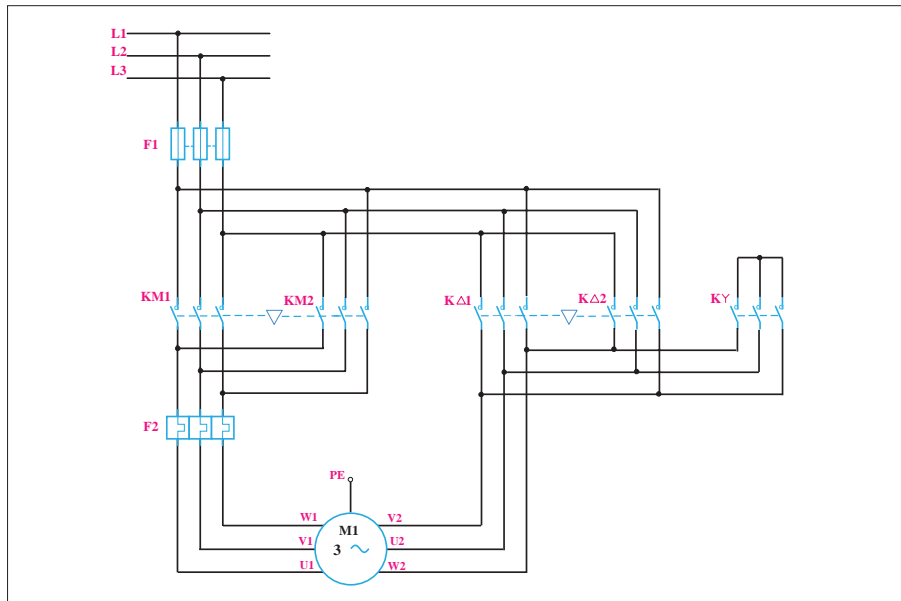
راه اندازی موتور الکتریکی به صورت ستاره - مثلث چپ گرد - راست گرد قدرت مستقل صنایع تولید آرد دارای دستگاه سَرند (غربال) است که به آن ماشین پلنسیفتر *plansifter machine* می گویند. این ماشین دارای اتاقک‌هایی با سَرند (غربال)‌های متفاوتی است که آرد را به شکل‌های مختلف الک و بوجاری کرده و به قسمت‌های مختلف خط تولید آرد منتقل می کند. این اتاقک توسط تعدادی عمود چوبی خاص و انعطاف پذیر، بین سقف و زمین معلق است و یک موتور الکتریکی در مرکز آنها قرار دارد. انتهای شفت این موتور بادامکی قرار دارد. با چرخش موتور شفت و بادامک شروع به چرخش کرده و باعث لرزش اتاقک‌ها می شود. در نتیجه الک‌های داخل آن در یک مسیر دایره‌ای شکل شروع به چرخش سریع می کند. این حالت شبیه حالتی است که آرد توسط یک سَرند (غربال) کوچک، با دست به چرخش در آید (شکل ۳۴).



شکل ۳۴- موتور ۷۵ کیلووات با جریان نامی ۱۷۰ آمپر

یک موتور ۷۵ کیلووات با جریان نامی ۱۷۰ آمپر در نظر گرفته شده که به صورت ستاره - مثلث شروع به کار می کند و باید در مواردی هم جهت دور موتور برعکس شود. مدار قدرت و فرمان این کار عملی را طراحی و قطعات مورد نیاز را در صفحه نصب جانمایی کنید.





شکل ۳۵- مدار قدرت

**الف) مدار قدرت:** برای مدار ستاره - مثلث چپ گرد - راست گرد قدرت مستقل پنج کنتاکتور مورد نیاز است. کنتاکتور  $KM1 + KM2$  به عنوان کنتاکتور اصلی برای راست گرد و چپ گرد موتور الکتریکی می باشد. کنتاکتور  $K \lambda$  اتصال ستاره را در هر دو جهت راست گرد و چپ گرد برقرار می کند. کنتاکتور  $K\Delta1$  در حالت راست گرد اتصال مثلث را ایجاد می کند و  $K\Delta2$  در حالت چپ گرد و اتصال مثلث برقرار می کند (شکل ۳۵) و ورودی کنتاکتورهای  $K\Delta1$  و  $K\Delta2$  از بالای کنتاکتورهای اصلی است:

$$\text{راست گرد ستاره} \longrightarrow KM1, K \lambda \longrightarrow \begin{cases} L1 \rightarrow U1 \\ L2 \rightarrow V1 & U3, V3, W3 \\ L3 \rightarrow W3 \end{cases}$$

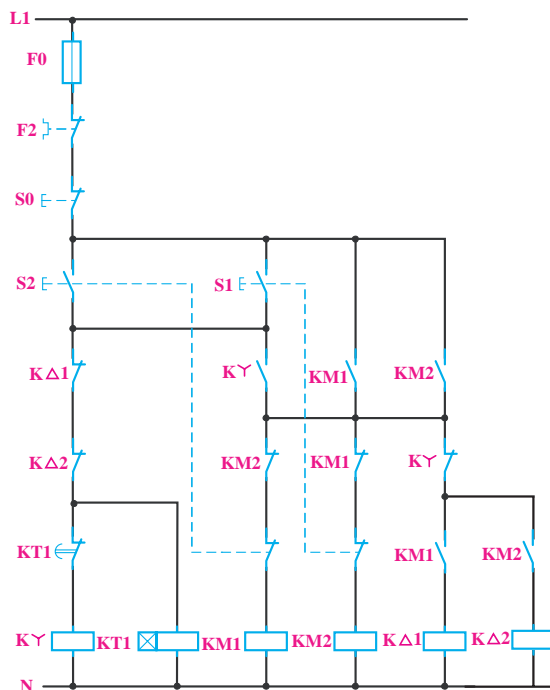
$$\text{راست گرد مثلث} \longrightarrow KM1, K \Delta1 \longrightarrow \begin{cases} L1 \rightarrow U1 \rightarrow U1 \\ L2 \rightarrow V1 \rightarrow V1 \\ L3 \rightarrow W1 \rightarrow W1 \end{cases}$$

$$\text{چپ گرد ستاره} \longrightarrow KM2, K \lambda \longrightarrow \begin{cases} L3 \rightarrow U1 \\ L2 \rightarrow V1 & U2, V2, W2 \\ L1 \rightarrow W1 \end{cases}$$

$$\text{چپ گرد مثلث} \longrightarrow KM2, K \Delta2 \longrightarrow \begin{cases} W2 \rightarrow L3 \rightarrow U1 \\ U2 \rightarrow L2 \rightarrow V1 \\ V2 \rightarrow L1 \rightarrow W1 \end{cases}$$

در این مدار مقادیر جریان 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  $K\Delta 1$ ،  $K\Delta 2$  وظیفه ایجاد اتصال مثلث موتور الکتریکی را دارند و تیغه بسته KY باید در مسیر بوبین هر دوی آنها قرار گیرد. کنتاکتور  $K\Delta 1$  هنگام اتصال مثلث همراه با KM1 و کنتاکتور  $K\Delta 2$  هنگام اتصال مثلث همراه با KM2 کار می‌کنند (شکل ۳۶).



شکل ۳۶- عملکرد کنتاکتورهای اتصال مثلث

کنتاکت بسته  $K\Delta_1$ ،  $K\Delta_2$  به منظور برقراری اینترلاک الکتریکی به صورت سری در مسیر بوبین کنتاکتور  $K\Delta$  قرار دارند (شکل ۳۷). نحوه عملکرد مدار فرمان به صورت زیر است:



شکل ۳۷- مدار فرمان

**قطعات الکتریکی مورد نیاز:** برای ساخت تابلو راه‌اندازی موتور الکتریکی به روش ستاره - مثلث چپ‌گرد - راست‌گرد با قدرت مستقل قطعات معرفی شده در جدول ۸ مورد نیاز است:

جدول ۸- قطعات مورد نیاز تابلو

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

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



شکل ۳۸- 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 ۹- مشخصات قطعات الکتریکی

 <p>۴</p>	 <p>۳</p>	 <p>۲</p>	 <p>۱</p>
<p>رله اضافه بار جریان به آمپر: ۱۰۰A-۷۰۰ تعداد: ۱</p>	<p>کنتاکتور ستاره جریان به آمپر: ۶۳A تعداد: ۱</p>	<p>کنتاکتورهای اصلی و مثلث تغییر جهت جریان به آمپر: ۱۱۰A تعداد: ۴</p>	<p>کلید کمپکت MCCB جریان به آمپر: ۲۵۰A تعداد: ۱</p>
 <p>۸</p>	 <p>۷</p>	 <p>۶</p>	 <p>۵</p>
<p>شستی استپ جریان به آمپر: (1NC) تعداد: ۱</p>	<p>شستی استارت جریان به آمپر: (1NO) تعداد: ۲</p>	<p>تایمر جریان به آمپر: ON DELAY تعداد: ۱</p>	<p>کنترل فاز تیپ بزرگ جریان به آمپر: - تعداد: ۱</p>

جدول ۱۰- ابعاد قطعات

ابعاد قطعات موجود در کارگاه هنرستان		عرض (میلی متر)	طول (میلی متر)	جریان	نام قطعه
عرض (میلی متر)	طول (میلی متر)				
		۱۰۶	۱۶۰	۲۵۰A	MCCB کلید کمپکت
		۱۰۴	۱۵۲	۱۱۰A	کنتاکتور
		۸۱	۱۵۲	۶۳A	کنتاکتور
		۱۰۴	۷۳	۹۵-۱۲۵A	رله اضافه بار
		۴۵	۸۰		کنترل فاز تیپ بزرگ
		۲۲	۸۳		تایمر تیپ کوچک



شکل ۳۹- رله اضافه بار شینه دار

### رله اضافه بار شینه‌ای

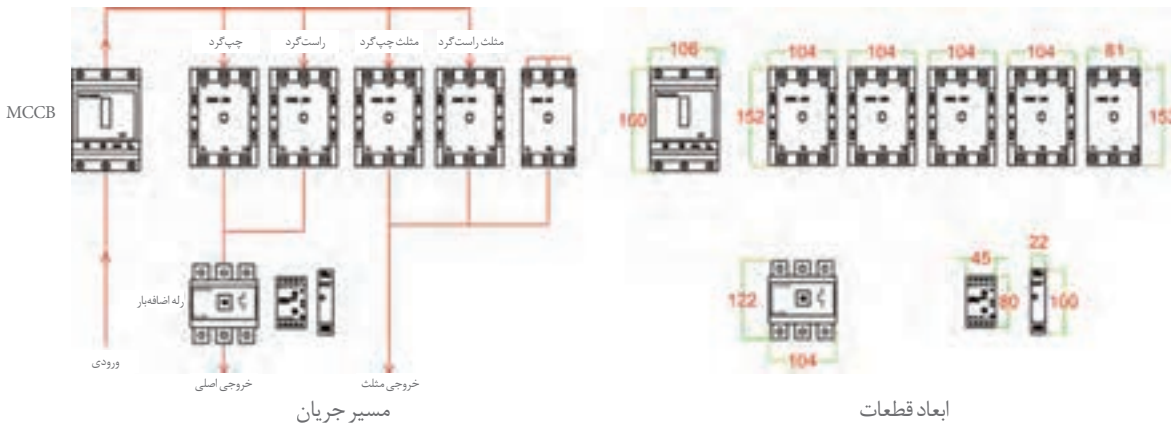
در این تابلو به دلیل توان بالای الکتروموتور باید از شینه به جای سیم استفاده کرد. به همین دلیل نیز باید از رله‌های اضافه بار شینه‌ای استفاده کرد (شکل ۳۹).

به دلیل 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.

توجه



**جانمایی و چیدمان قطعات در تابلو:** برای انجام چیدمان این کار عملی 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.

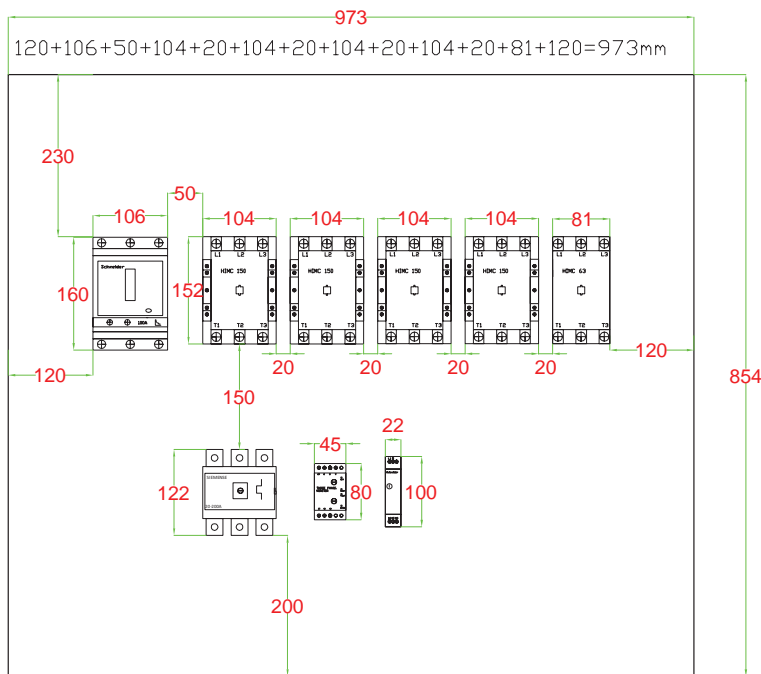


شکل ۴۰- ابعاد قطعات و مسیر جریان

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 از سمت چپ به راست با هم جمع کنید تا عرض حدودی سینی تابلو به دست آید. توجه داشته باشید که هرچه مقدار جریان و ابعاد قطعات بزرگ‌تر باشد فضاهای خالی و فاصله بین آنها نیز باید بیشتر شود. (فاصله بین قطعات پیشنهادی ارائه شده و قابل تغییر می‌باشد).

پس از اتمام محاسبات، عرض سینی مونتاژ مطابق شکل ۴۱ برابر ۹۷۳ میلی‌متر به دست می‌آید.

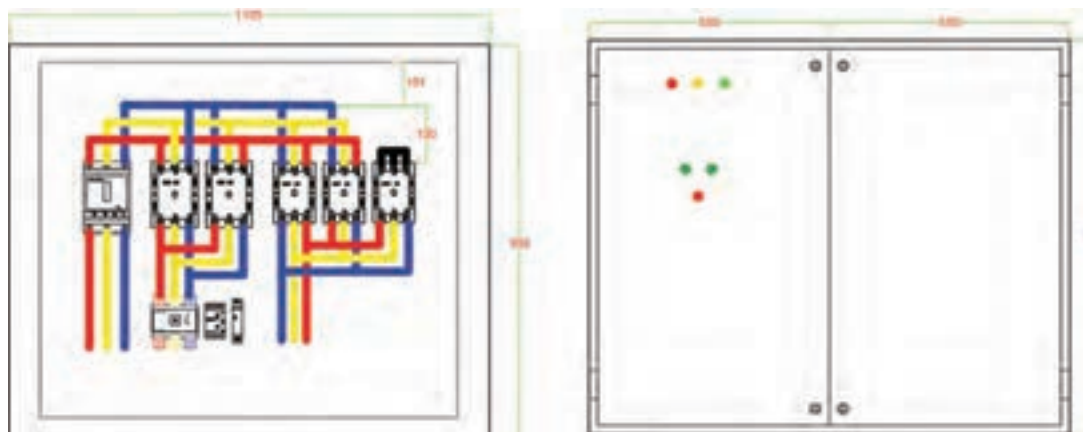


شکل ۴۱- تخمین ابعاد تابلو

پس از محاسبه عرض تابلو، اندازه قطعات و فواصل بین آنها را از بالا به پایین طبق شکل ۴۲ با هم جمع کنید تا طول صفحه نصب یا سینی تابلو به دست آید. این مقدار برابر با ۸۵۴ میلی متر به دست می آید. در این مرحله مانند همه محاسبات قبلی مقدار ۸۰ میلی متر به دو طرف اضافه کنید تا ابعاد محاسباتی بدنه تابلو را به دست آورید:

$$\text{عرض } ۸۵۴ + ۸۰ = ۹۳۴ \text{ mm} \quad , \quad \text{طول } ۹۷۳ + ۸۰ = ۱۰۵۳ \text{ mm}$$

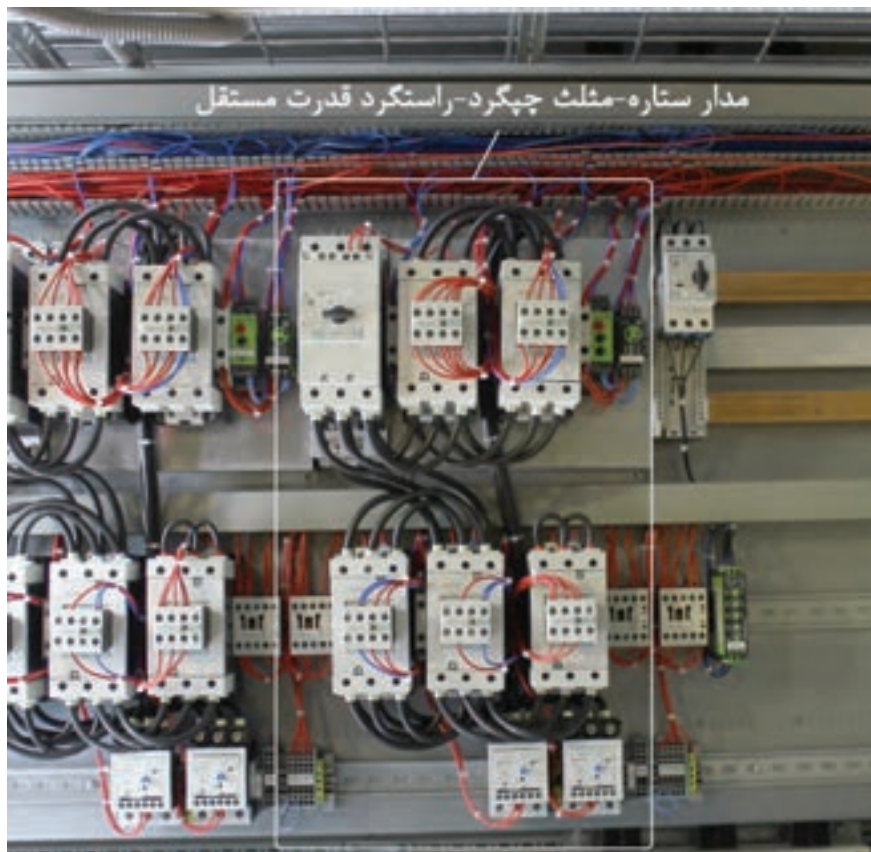
پس از اتمام محاسبات ابعاد بدنه تابلو، در نهایت ابعاد تابلو را استاندارد یا نرمال کنید. پس از بررسی دو اندازه، بهترین شکل را انتخاب کنید. ابعاد ۱۰۰۰×۹۰۰ میلی متر و ۱۱۰۰×۹۰۰ میلی متر مناسب می باشند ولی به دلیل جریان بالا و انجام شینه بندی، ابعاد بزرگ تر انتخاب می شود (شکل ۴۲).



شکل ۴۲- ابعاد استاندارد تابلو

## نکات آموزشی

- ۱- در طراحی و انتخاب قطعات، با توجه به هزینه و کیفیت، تجهیزات مناسب را به کار ببرید (رله اضافه بار قابل شینه‌بندی استفاده کنید).
  - ۲- تابلوهایی که شینه‌بندی می‌شوند دقت بیشتری روی چیدمان و ترتیب قرار گرفتن قطعات در کنار هم لازم دارد در صورت طراحی و چیدمان ناصحیح امکان شینه‌بندی استاندارد وجود ندارد.
  - ۳- در طراحی تابلو باید از ابعاد استاندارد استفاده کرد. (مانند  $۸۰۰ \times ۶۰۰$  و  $۹۰۰ \times ۷۰۰$  میلی‌متر).
  - ۴- در صورتی که ابعاد نرمال، شامل اندازه‌هایی با اعداد طبیعی هستند ولی با ابعاد استاندارد کمی فاصله دارند. مثلاً اگر اندازه طبق محاسبات  $۹۳۰ \times ۶۸۰$  میلی‌متر باشد آن ابعاد را گرد کرده و به ابعاد استاندارد  $۱۰۰۰ \times ۷۰۰$  میلی‌متر تبدیل می‌شود.
- در هر صورت ابعاد استاندارد و نرمال هر دو برای ارائه قابل قبول می‌باشند.
- یک نمونه مدار روش ستاره - مثلث چپ‌گرد - 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 - راست‌گرد و دیگری روی خط مثلث قرار دارد. این عمل به دلیل حفاظت هرچه بیشتر موتور طراحی شده است.

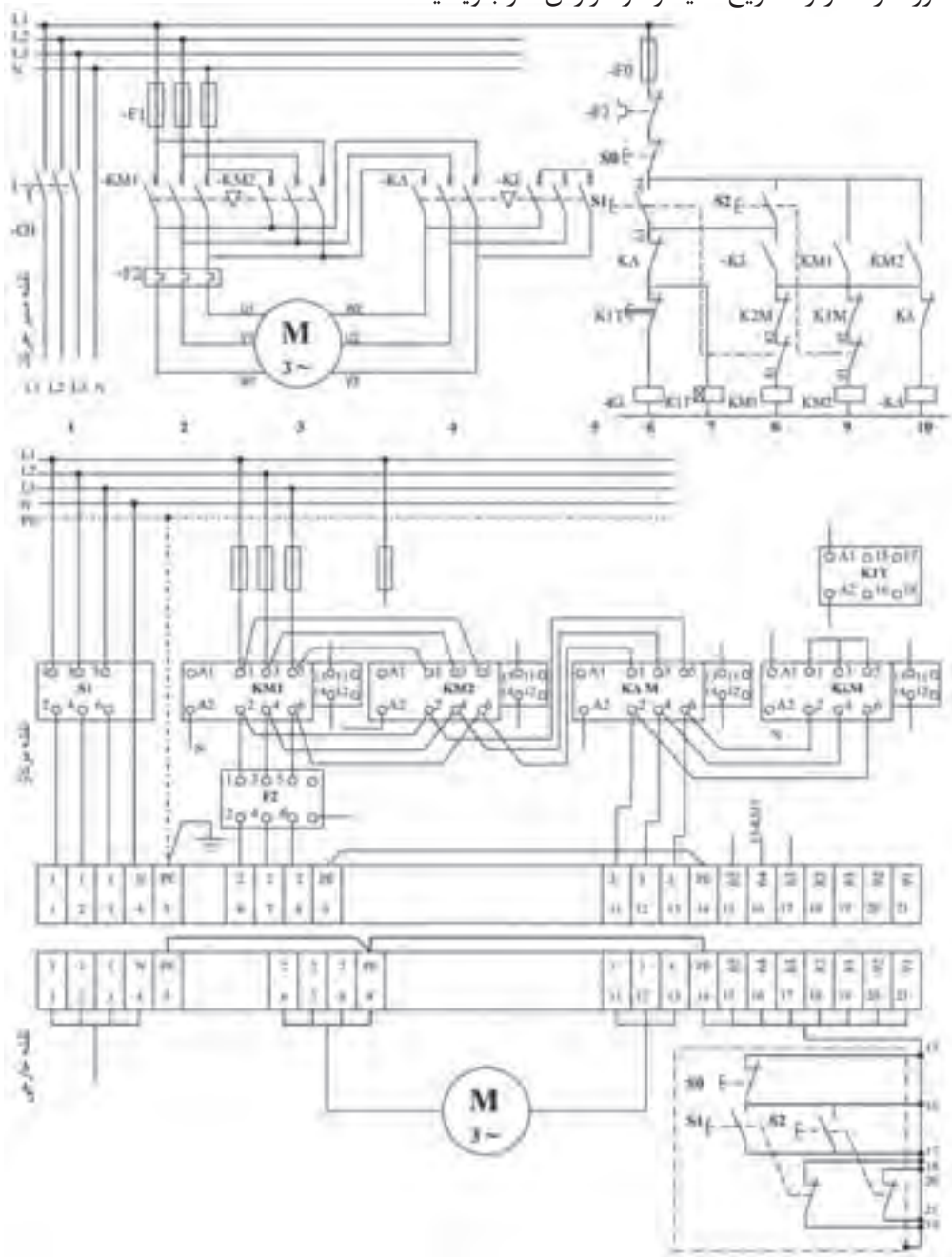


شکل ۴۳- یک نمونه دیگر از تابلو قدرت مستقل



### راه اندازی چپ گرد - راست گرد ستاره مثلث

- ۱- برای بستن مدار نقشه مونتاژ را تکمیل کنید.
- ۲- طرز کار مدار را تشریح کنید و در گزارش کار بنویسید.



شکل ۴۴- نقشه خارجی و نقشه مونتاژ مدار ستاره - مثلث چپ گرد - راست گرد



## 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:

۱- تغییر سرعت به روش تغییر ولتاژ ( $v$ )

۲- تغییر سرعت به روش تغییر فرکانس ( $f$ )

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

۴- 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 به دست می‌آید:

$$n_s = \frac{120 \cdot f}{p}$$

در این رابطه:

$f$ : فرکانس جریان بر حسب هرتز (Hz)

$P$ : قطب‌های سیم‌بندی است.

سرعت میدان دوار 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  $f=50 \text{ Hz}$  برای قطب‌های ۴، ۲ و ۶ می‌توان نوشت:

$$p = 2 \rightarrow n_s = \frac{120 \times 50}{2} = 3000 \text{ rpm}$$

$$p = 4 \rightarrow n_s = \frac{120 \times 50}{4} = 1500 \text{ rpm}$$

$$p = 6 \rightarrow n_s = \frac{120 \times 50}{6} = 1000 \text{ rpm}$$

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:

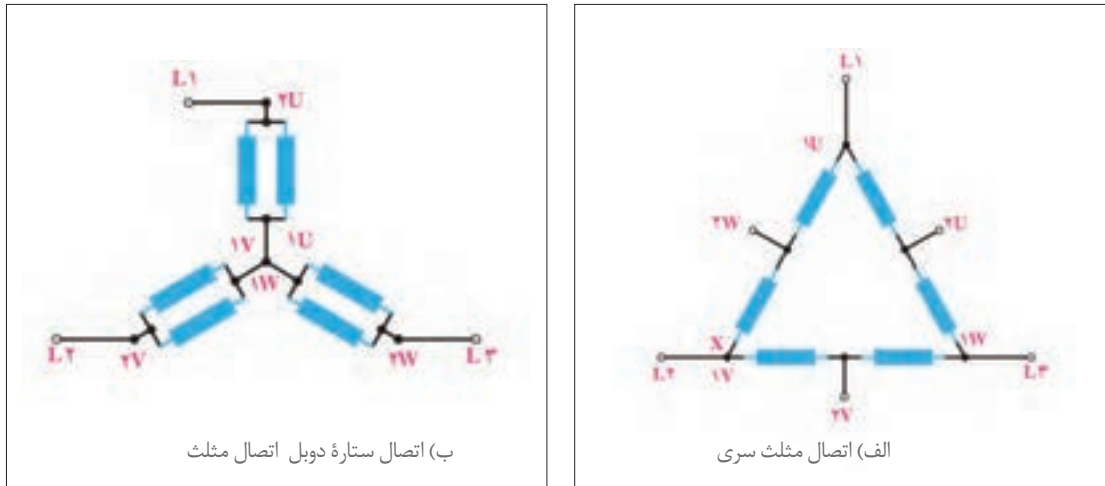
۱- تغییر قطب‌های سیم‌بندی با داشتن چند سیم پیچی جداگانه

۲- تغییر قطب‌های سیم‌بندی به روش دالاندر

موتورهای الکتریکی سه فاز چند سرعت به روش دالاندر 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 سیم پیچ 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 دابل

برای سرعت زیاد و قطب کم استفاده می‌شود. در اتصال دالاندر نسبت سرعت کم به زیاد  $\frac{1}{4}$  می‌باشد.



شکل ۴۵- 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:

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

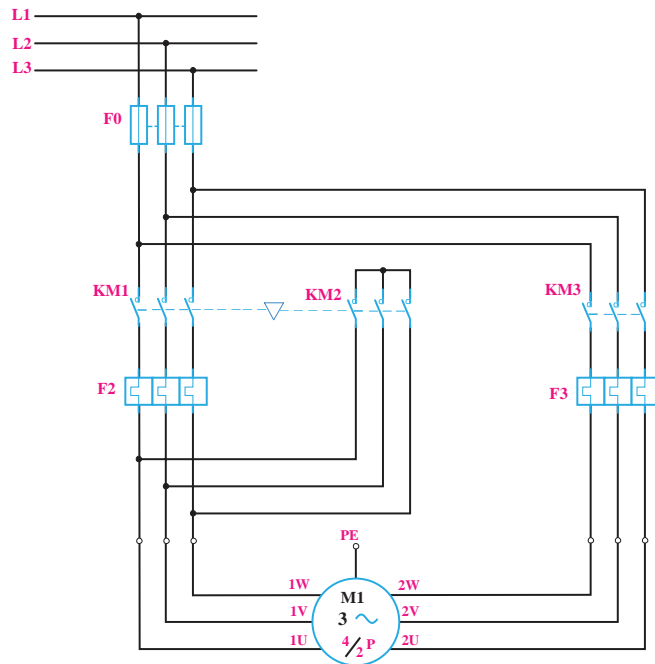
در سرعت تند کنتاکتور KM3 سه فاز را به سر وسط کلاف‌ها می‌رساند و هم‌زمان KM2 سه سر کلاف‌ها را اتصال کوتاه می‌کند.

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

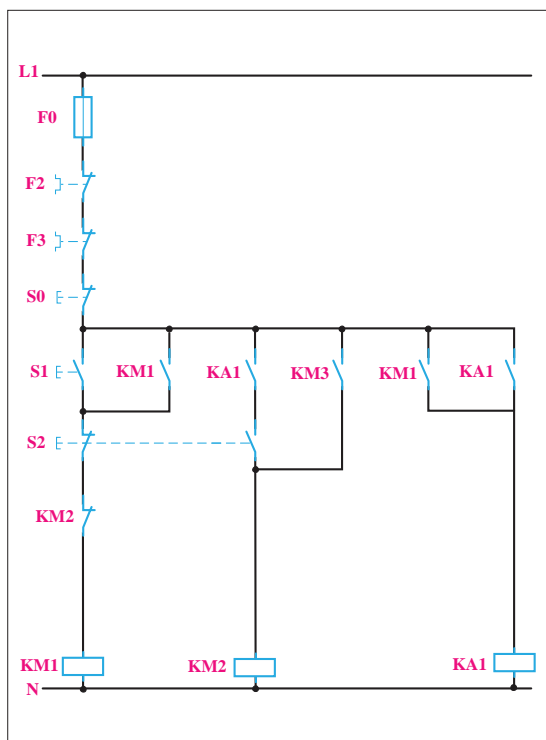
$$KM2: 1U, 1V, 1W$$

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

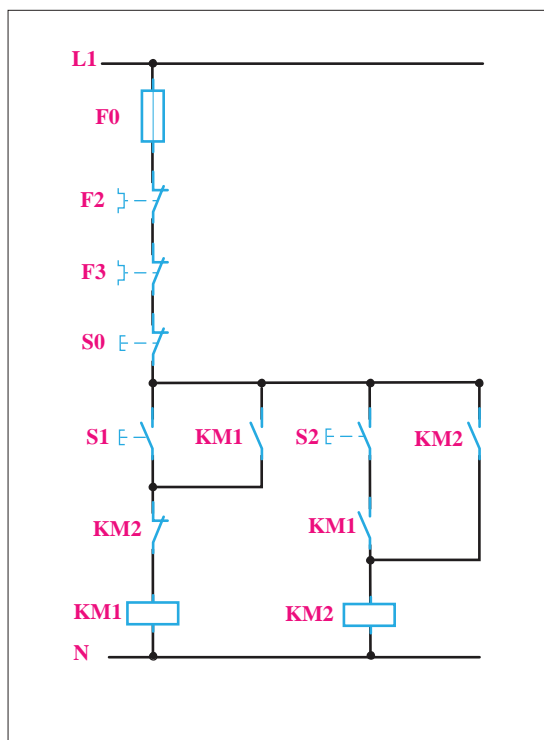
**ب) مدار فرمان:** مدار فرمان راه‌انداز موتور دالاندر تغییر سرعت را از دور کند به دور تند فرمان می‌دهد. در این مدار کنتاکتور KM2 باید پس از کنتاکتور دور کند KM1 وارد مدار شود و کنتاکتور KM1 از مدار خارج شود (یکی به جای دیگری) (شکل ۴۷).



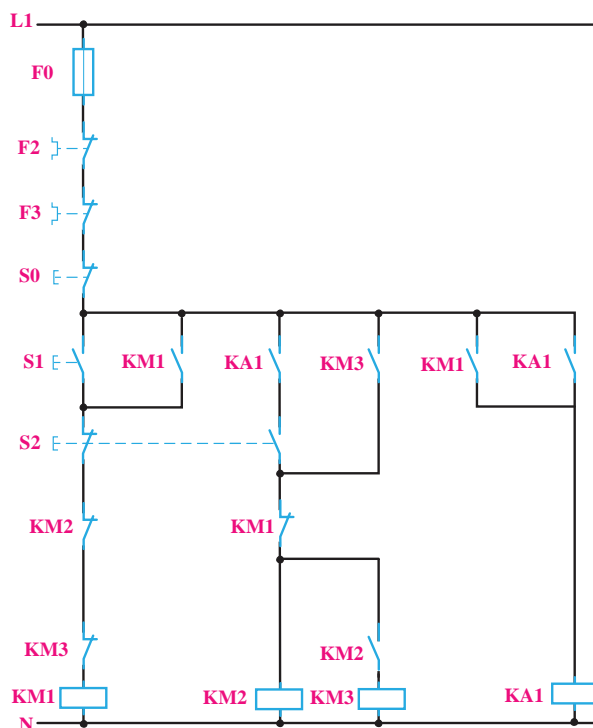
شکل ۴۶- مدار قدرت موتور دالاندر



شکل ۴۸- کنتاکتور دویل برای مدار فرمان دالاندر



شکل ۴۷- مدار یکی به جای دیگری



شکل ۴۹- 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 دابل استفاده می‌شود. ولی با توجه به اینکه در شستی دابل ابتدا قسمت قطع عمل می‌کند لذا با قطع بودن  $KM1$  دیگر  $KM2$  راه‌اندازی نمی‌شود. بنابراین از کنتاکتور کمکی  $KA1$  استفاده می‌شود (شکل ۴۸).

در این صورت بعد از فشار به شستی دابل و قطع  $KM1, KM2$  می‌تواند وارد مدار شود. برای ایجاد دور کند کنتاکتورهای  $KM2, KM3$  باید با هم 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 نگاه‌دار  $KM3$  استفاده می‌شود (شکل ۴۹).

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

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 فشار ضعیف الکتریکی را کسب نموده‌اید. با توجه به مهارت‌های به دست 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.

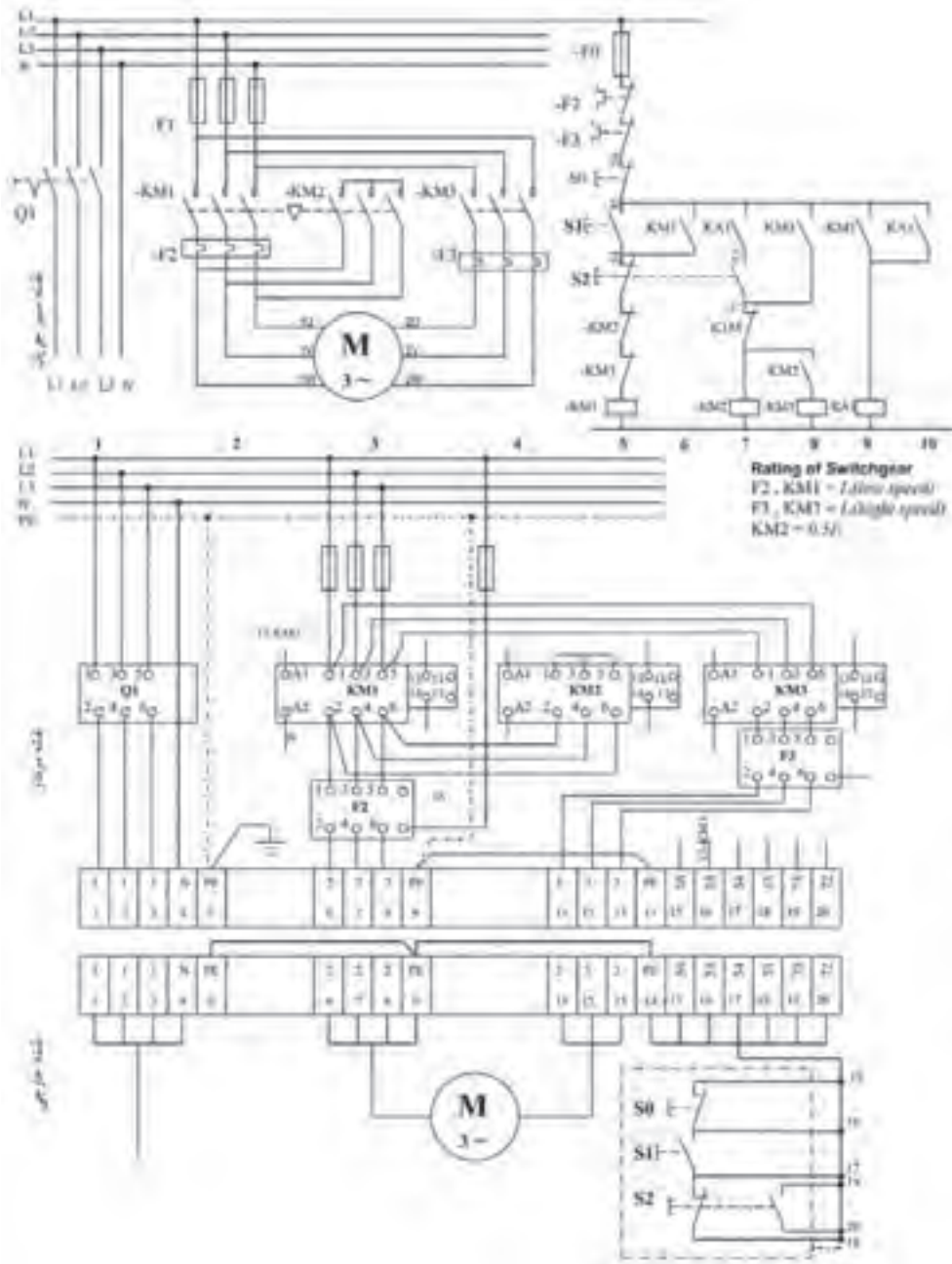
تمرین





– مدار راه‌اندازی موتور دالاندر (نقطه کند – تند)

- ۱- قبل از بستن مدار نقشه مونتاژ را تکمیل کنید.
- ۲- طرز کار مدار را تشریح نمایید و در گزارش کار بنویسید.



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

## ارزشیابی شایستگی تابلو برق دستگاه‌های صنعتی

<p><b>شرح کار:</b>          تابلو راه‌اندازی مدار ستاره - مثلث دستی و خودکار          تابلو راه‌اندازی مدار ستاره - مثلث چپ‌گرد - راست‌گرد          تابلو راه‌اندازی موتور دالاندر</p>			
<p><b>استاندارد عملکرد:</b> نصب و جانمایی قطعات در تابلوی کارگاهی آماده و فلزی در ابعاد ۶۰۰×۴۰۰ میلی‌متر مربع</p>			
<p><b>شاخص‌ها:</b>          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)</p>			
<p><b>شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:</b>          شرایط: فضای مناسب - ابزار مناسب - مدت زمان متناسب با حجم کار  <b>ابزار و تجهیزات:</b> ابزار عمومی سیم‌کشی برق - تابلو موقت کارگاهی آماده - تابلوی فلزی با ابعاد ۶۰۰×۴۰۰ میلی‌متر مربع - سرسیم و شماره سیم - قطعات الکتریکی مورد نظر هر تابلو - داکت پلاستیکی لوله انعطاف‌پذیر - لباس کار - موتور الکتریکی سه فاز - کابل سه فاز</p>			
<p><b>معیار شایستگی:</b></p>			
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	نقشه خوانی و نقشه‌کشی (نقشه مونتاژ و ترمینال)	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	
	<b>میانگین نمرات</b>		*

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



## طرح چشمه‌الشریف (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 کمیته آب به وجود 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 شمع کوبی (پایه‌های محکم وقوی) داشت.

- نیاز به ژنراتورهای برق ۵۰۰ کا.و.آ (۵۰۰ KVA) و موتوربرق‌های سنگین ۱۰۰ کیلوواتی (۱۰۰ KW) داشت که هر دو خارجی بودند.

- به‌خاطر نصب مخزن سوخت و کابل‌کشی‌ها، امکان جابه‌جایی سریع آن محدود بود.

آیا ممکن بود همه 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:

۱- احتیاج به شمع کوبی و جرثقیل برای نصب نداشته باشد.

۲- احتیاج به موتوربرق سنگین و اصولاً هیچ قطعه خارجی نداشته باشد.

۳- سیار باشد و سریع نصب شود.

۴- 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 ایده جدید کمیته 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 پدیده صنعتی - نظامی در سوله جهاد اصفهان در جنوب اهواز بودیم که هر پنج نیاز فوق را به نحوی حیرت‌انگیز و با استفاده از امکانات موجود ایرانی 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 همه 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 اصفهانی سازنده این دستگاه، عموی سردار بزرگ مهندسین جنگ جهاد، شهید حاج محسن‌الشریف، مسئول محبوب تدارکات قرارگاه کربلا بود به همین دلیل نام این شناور را «چشمه‌الشریف» گذاشتند.

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

