ضمناً با توجه به شرط ۳، بسته Q2 را در این مسیر قرار می‌دهیم (سطر ۱ نردبان).

۲ــ آن‌چه باعث قطع Q1 می‌شود باید در مسیر Reset آن قرار گیرد. در این‌جا با توجه به شرط ۳، هم ورودی I4 و هم شستی قطع کلی مدار باعث قطع Q1 می‌شوند. درنتیجه کنتاکت مربوط به آن‌ها را در برنامه به‌طور موازی به Reset وصل می‌کنیم (سطر ۲ و ۳ نردبان).

۳ــ ورودی I4 باید با بوبین تایمر سری شود تا در زمان فعال‌بودن آن، تایمر زمان‌سنجی کند. ضمناً روشن‌شدن تایمر وابسته به کنتاکت خروجی کمکی است. بنابراین، I4 و M1، ضمن سری‌شدن، وارد بوبین تایمر می‌شوند (سطر ۴ نردبان).

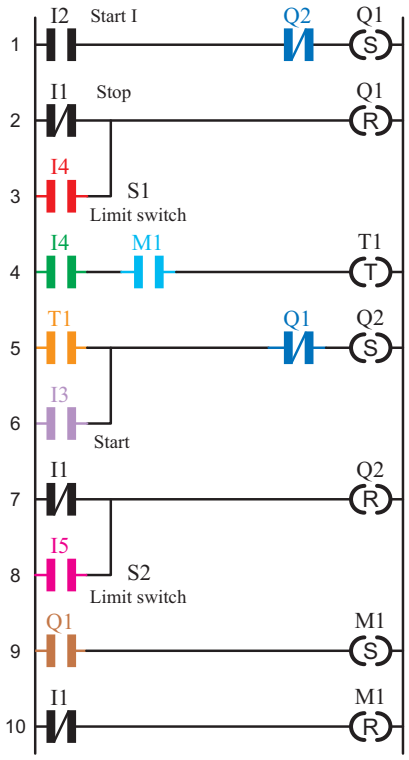
۴ــ خروجی کمکی M1 با توجه به مدار فرمان، خودنگه‌دار دارد، پس از نوع RS است، چرا که روشن‌شدنش وابسته به Q1 است اما خاموش‌شدنش به آن وابسته نیست (سطر ۹ نردبان).

۵ــ کنتاکت تایمر باید در خروجی Q2 وصل زمانی (به‌طور دایم کار) ایجاد نماید. برای این منظور در مسیر Set کردن آن قرار می‌گیرد (سطر ۵ نردبان).

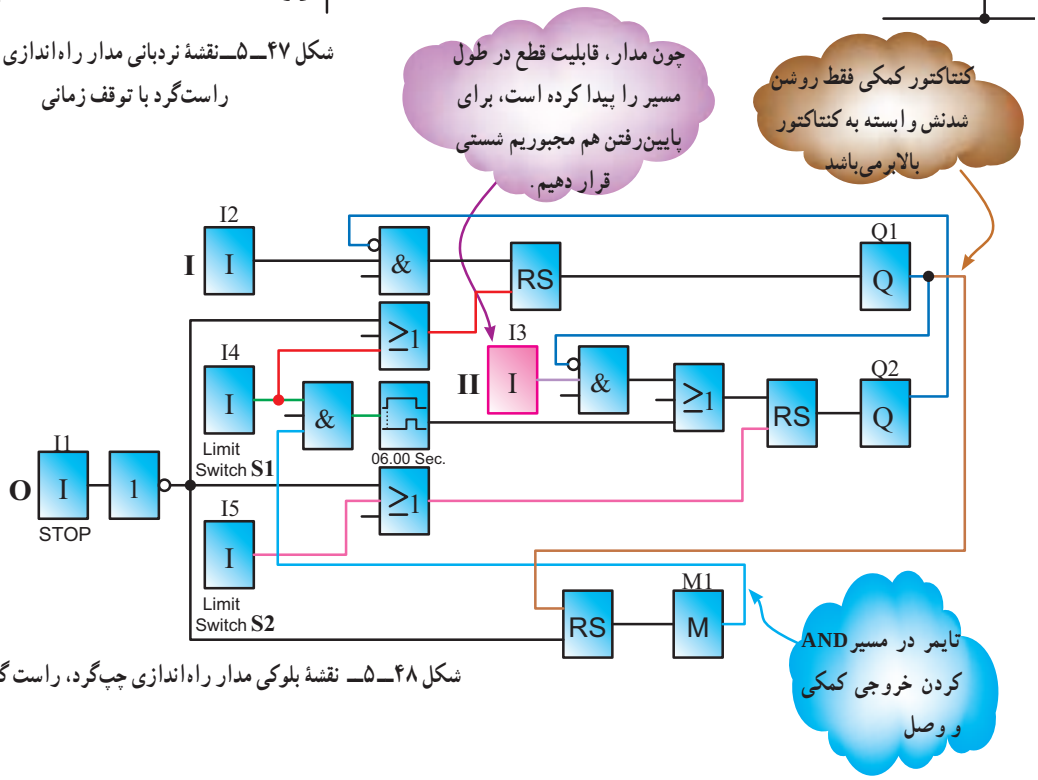
ضمناً چون مدار، قابلیت قطع در طول مسیر را نیز پیدا کرده است، ورودی دیگری برای روشن‌شدن Q2، موازی با تیغهٔ تایمر در نظر می‌گیریم (سطر ۶ و ۵ نردبان).

۶ــ ورودی I1 معادل شستی قطع کل مدار است و باید در مسیر Reset کلیهٔ خروجی‌ها قرار گیرد (سطر ۷ و ۱۰ نردبان).

شکل ۴۷ــ۵ این مدار را به روش نردبانی نشان می‌دهد.



شکل ۴۷ــ۵ــ نقشهٔ نردبانی مدار راه‌اندازی چپ‌گرد، راست‌گرد با توقف زمانی



شکل ۴۸ــ۵ــ نقشهٔ بلوکی مدار راه‌اندازی چپ‌گرد، راست گرد با توقف زمانی

مطالعهٔ آزاد

یکی از مشکلاتی که در اکثر فرآیندهای تأسیسات الکتریکی اتفاق می‌افتد، عدم کارایی مدار در مقابل قطع برق می‌باشد برای مثال تایمری بخشی از زمان‌سنجی خود را انجام داده و برق می‌رود و کار در آن لحظه متوقف می‌شود در این بین با آمدن برق سیستم متوقف است و محصول تولید شده در نیمهٔ راه تولید خراب شده و باید از چرخه کار خارج شده و به دور ریخته شود و دستگاه مجدداً راه‌اندازی شود اتفاق موردنظر خوشایند نیست چقدر خوب بود، اگر خصوصیتی در تایمر یا بعضی از توابع خاص تعریف می‌شد که با قطع برق وضعیت کاری در حافظه باقی می‌ماند و با آمدن برق کار متوقف، ادامه خود را به طرز صحیحی بدون دور ریز محصول و وقفه انجام می‌داد.

برای این منظور در رله‌های قابل برنامه‌ریزی خصوصیتی به‌نام Retentivity یا Latching برای برخی از توابع خاص مثل تایمرها تعریف شده، که با قطع برق و با آمدن مجدد برق اگر تایمر درحال زمان‌سنجی باشد، ادامه زمان‌سنجی خود را انجام می‌دهد و یا اگر عمل کرده با آمدن برق همان وضعیت عملکرد باقی می‌ماند.

با Retentivity کردن یک تابع مثل تایمر می‌توان خواسته بالا که در فرآیندهای تأسیساتی بسیار لازم است را به‌دست آورد. در مداری مثل مدار کوره که در مدارهای فرمان با آن آشنا شدید، اگر برق قطع شود مخزن در نیمه مسیر می‌ماند و با آمدن برق باید مخزن را به توقفگاه آورده و مجدد راه‌اندازی را آغاز کنیم اگر تایمر این مدار خصوصیت Retentivity داشت با آمدن برق مخزن ادامه کار خود را انجام می‌داد.

هر چند عدم Retentivity در کنتاکتورها در فصل مدارهای فرمان یک امتیاز برای آن‌ها به حساب می‌آمد، چرا که با آمدن برق مدار خودبه‌خود راه‌اندازی نمی‌شد اما می‌بینید Retentivity در بعضی موارد لازم و خواسته ما می‌باشد این خصوصیت حتی در تابع RS در رله‌های قابل برنامه‌ریزی نیز درنظر گرفته شده است.

سعی کنید در مشاهدات خود فرآیندهای تأسیساتی که Retentivity لازم دارند را پیدا کنید و آن‌ها را برای کلاس عرضه کنید.

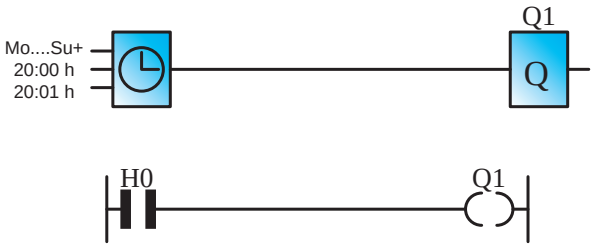
تمرین

مدار راه‌اندازی چپ‌گرد، راست‌گرد با توقف زمانی را به‌گونه‌ای طرح کنید که اگر در بین مسیر، شستی قطع زده شود مخزن به انتهای مسیر (اولین ایستگاه) برسد، آن‌گاه قطع شود. این مدار را به روش نردبانی یا بلوکی، شبیه‌سازی و اجرا نمایید.

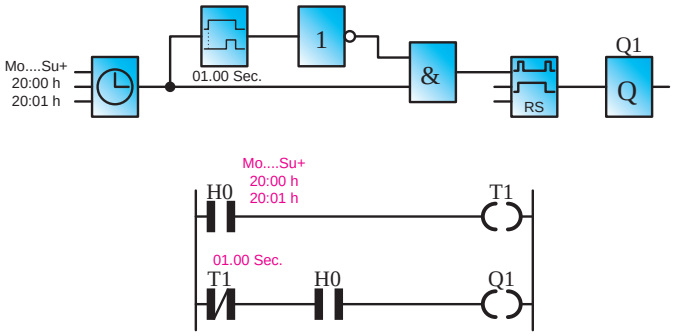
تمرینات تکمیلی: (ویژهٔ هنرجویان علاقه‌مند)

۱ــ برای راه‌پلهٔ ساختمانی، مداری طرح کنید که با زدن یک شستی، لامپ‌های راه‌پله برای شش دقیقه روشن و پس از آن خاموش شود. همچنین اگر برای پنج ثانیه شستی نگه داشته شود، راه‌پله دایم روشن بماند و در هر شرایطی، شستی برای بار دوم زده شود مدار خاموش شود.

۲ــ بسیاری از رله‌های قابل برنامه‌ریزی دارای ساعت‌اند و براساس آن دارای توابع خاصی (مانند تایمر هفتگی ــ تایمر سالانه) نیز خواهند بود. در شکل ۴۹ــ۵ یک نمونه تایمر نشان داده شده است. با توجه به این شکل، نقشهٔ بلوکی و نردبانی شکل ۵۰ــ۵ را تحلیل کنید.



شکل ۴۹ــ۵



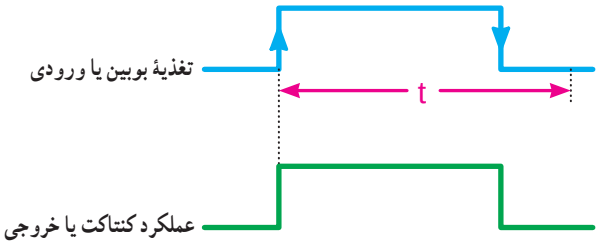
شکل ۵۰ــ۵

۳ــ مدار زنگ مدرسه خود را توسط رله‌های قابل برنامه‌ریزی، به‌گونه‌ای طرح کنید که برای زمان‌های ورود و خروج هنرجویان اتوماتیک در ساعات مورد نظر عمل نماید. ضمناً در این مدار یک شستی نیز قرار دهید تا در صورت نیاز بتوان به‌صورت دستی نیز زنگ را به صدا درآورد.

در بخش‌های قبل با دو نوع تایمر تأخیر در وصل و تأخیر در قطع آشنا شدید. در این قسمت به معرفی انواع دیگر تایمر، که کاربرد زیادی در رله‌های قابل برنامه‌ریزی دارند، می‌پردازیم.

۳ــ تایمر پالسی

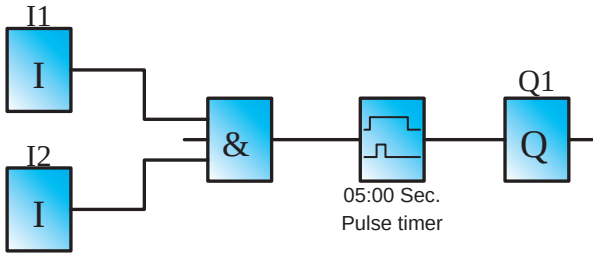
تایمر پالسی با وصل تغذیه (لبهٔ بالارونده) زمان‌سنجی را آغاز و تیغهٔ آن نیز عمل می‌کند در صورت قطع تغذیه (لبهٔ پایین‌رونده) یا پس از سپری‌شدن زمان تنظیمی، به حالت اول برمی‌گردد (شکل ۵۱ــ۵).



شکل ۵۱ــ۵ــ نمودار زمانی تایمر پالسی

مثال: در مدار پرس محدودیتی ایجاد کنید که مدت زمان پرس از ۵ ثانیه تجاوز نکند.

حل: نقشهٔ بلوک این مدار به‌صورت شکل ۵۲ــ۵ است.

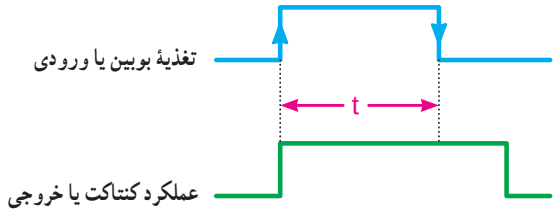


شکل ۵۲ــ۵

این تایمر در روش نردبانی شکل خاصی ندارد. بلکه باید در تنظیمات تایمر، پالسی‌بودن را انتخاب کنید. نقشهٔ برنامه این مدار در مثال فوق آمده است.

۴ــ تایمر پالسی گسترده

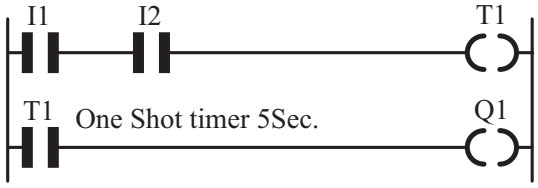
این تایمر نیز با لبهٔ بالارونده تغذیه، زمان‌سنجی را آغاز و تیغهٔ آن نیز تغییر وضعیت می‌دهد. پس از سپری‌شدن زمان تنظیمی به حالت اول برمی‌گردد و نسبت به لبهٔ پایین‌رونده تغذیه حساس نیست (شکل ۵۳ ــ ۵).



شکل ۵۳ــ۵ــ نمودار زمانی تایمر پالسی گسترده

مثال : در مدار پرس، امکانی در مدار قرار دهید که از لحظهٔ وصل شستی‌ها دستگاه فقط به مدت زمان ۵ ثانیه پرس کند.

حل : نقشهٔ نردبانی برنامه این مدار به‌صورت شکل ۵۴ــ ۵ است.

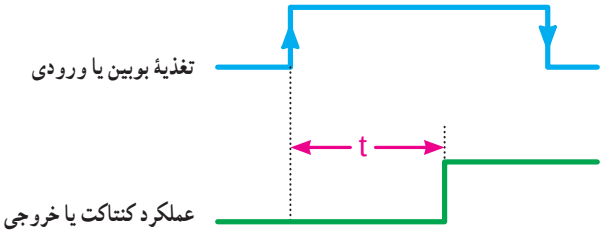


شکل ۵۴ــ۵

۵ــ تایمر تأخیر در وصل ماندگار

این تایمر نیز با لبهٔ بالارونده تغذیه، زمان‌سنجی را آغاز اما تیغهٔ آن در پایان زمان‌سنجی، عمل می‌کند. از این‌نظر مانند تایمر تأخیر در وصل است. این تایمر نسبت به لبهٔ پایین‌رونده بی‌تفاوت است. از آن‌جایی که این تایمر قطع نمی‌شود جهت قطع‌شدن احتیاج به Reset دارد (شکل۵۵ ــ ۵).

در جدول ۲ ــ ۵ انواع تایمر رله‌های قابل برنامه‌ریزی آمده است در مورد نمودار زمانی تایمرهای دیگر تحقیق کنید.



شکل ۵۵ــ۵ــ نمودار زمانی تایمر تأخیر در وصل ماندگار

جدول ۲ــ۵ــ مشخصهٔ زمانی تایمرها

دیاگرام زمانی	لحظه قطع	لحظه عملکرد	شروع زمان سنجی(t)	نوع تایمر
	لبهٔ پایین	پایان زمان	لبهٔ بالا	تأخیر در وصل
	پایان زمان	لبهٔ بالا	لبهٔ پایین	تأخیر در قطع
	۱ــ لبهٔ پایین ۲ــ پایان زمان	لبهٔ بالا	لبهٔ بالا	تایمر پالسی
	پایان زمان	لبهٔ بالا	لبهٔ بالا	پالسی گسترده (تک ضرب)
	-----	پایان زمان	لبهٔ بالا	تأخیر در وصل ماندگار
	بعد از زمان لبهٔ پایین	بعد از زمان لبهٔ بالا	لبهٔبالا ولبهٔپایین	تأخیر قطع / وصل On/off delay
	پایان زمان	لبهٔ پایین	لبهٔ پایین	بعد از پالس (After pulse)
	بعد از زمان لبهٔ بالا	بعد از زمان لبهٔ پایین	لبهٔ بالا	لبهٔ پالسی (Edge wiping)
	پایان جمع زمان‌ها	پایان جمع زمان‌ها	لبهٔ بالا	نگه دارنده (Hold)

توجه : در تایمر Edge wiping اگر زمان لبهٔ پایین صفر باشد تایمر پالسی گسترده (تک ضرب) که در بعضی رله‌ها نیز Single pulse نامیده می‌شود ساخته خواهد شد.

کار عملی ۷

هدف: راه‌اندازی موتور سه‌فاز به‌صورت ستاره مثلث

در شکل ۵۶ــ۵ مدار فرمان ستاره مثلث و همچنین شرایط کاری این مدار جهت یادآوری آورده شده است.

۱ــ ابتدا کنتاکتور ستاره، سپس کنتاکتور اصلی وارد مدار شود.

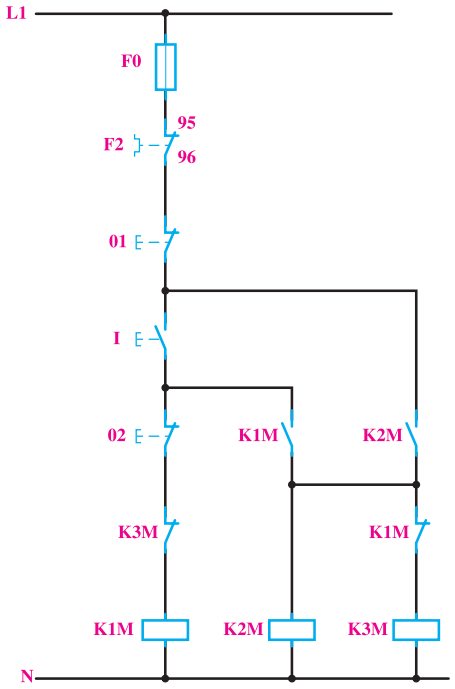
۲ــ با قطع کنتاکتور ستاره، کنتاکتور مثلث وارد مدار شود.

۳ــ در طی زمان جابه‌جایی کنتاکتور ستاره و مثلث کنتاکتور اصلی قطع نشود.

۴ــ ابتدا توان موتور را به‌صورت مثلث راه‌اندازی کرد.

۵ــ مدار در حالت مثلث برگشت‌پذیر به حالت ستاره نباشد.

۶ــ هیچ‌گاه همزمان دو کنتاکتور ستاره و مثلث نتوانند کار کنند.



شکل ۵۶ــ۵

طراحی و رسم برنامه مدار به روش نردبانی : با توجه به شرایط کاری این مدار و تخصیص ورودی‌ها و خروجی‌ها، مراحل طراحی به روش نردبانی به شرح زیر است :

۱ــ با توجه به شرط ۱ و این‌که Q1 دایم کار شده است و باید از نوع RS باشد، ورودی I2 جهت وصل آن در مسیر Set قرار می‌گیرد. ضمناً با توجه به شرط ۵، بسته Q3 را در این مسیر قرار می‌دهیم (سطر ۱ نردبان).

۲ــ آن‌چه باعث قطع Q1 می‌شود، در مسیر Reset آن قرار می‌دهیم. در این مدار با توجه به شرط ۲، ورودی I3 و همچنین شستی قطع کلی مدار، هر دو، می‌توانند مدار را خاموش کنند. پس برای این منظور آن‌ها را در برنامه به‌طور موازی به Reset وصل می‌کنیم (سطر ۲ و ۳ نردبان).

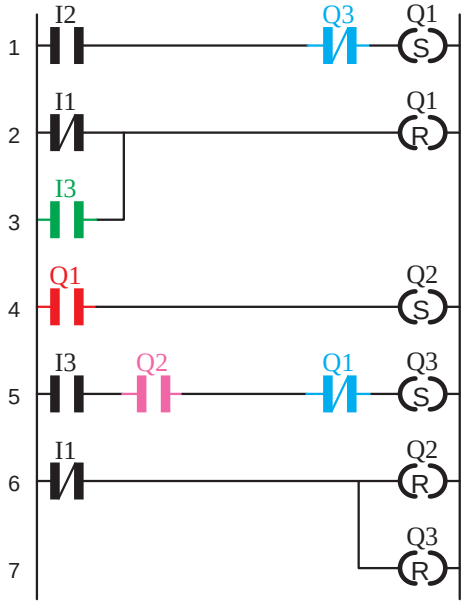
۳ــ برای برقراری شرط ۱، باید خروجی Q1 نیز در مسیر روشن‌شدن Q2 (در مسیر Set آن) قرار گیرد (سطر ۴ نردبان).

۴ــ با توجه به شرط ۳، ضمن این‌که ورودی I3 وصل می‌شود، خروجی Q2 نباید از مدار خارج شده باشد تا امکان ورود Q3 به مدار وجود داشته باشد.

۵ــ برای برقراری شرط ۶، بستهٔ Q1 نیز باید در مسیر Set خروجی Q3 قرار گیرد.

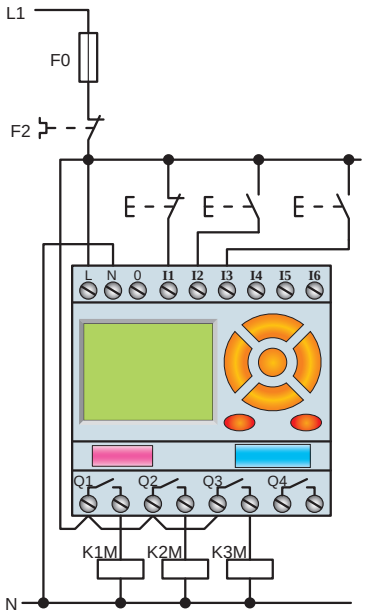
۶ــ ورودی I1 معادل شستی قطع کل مدار، باید در مسیر Reset کلیهٔ خروجی‌ها قرار گیرد (سطر ۶ و ۷ نردبان).

در شکل ۵۷ــ۵ برنامه‌نویسی مدار ستاره مثلث را به روش نردبانی مشاهده می‌کنید.

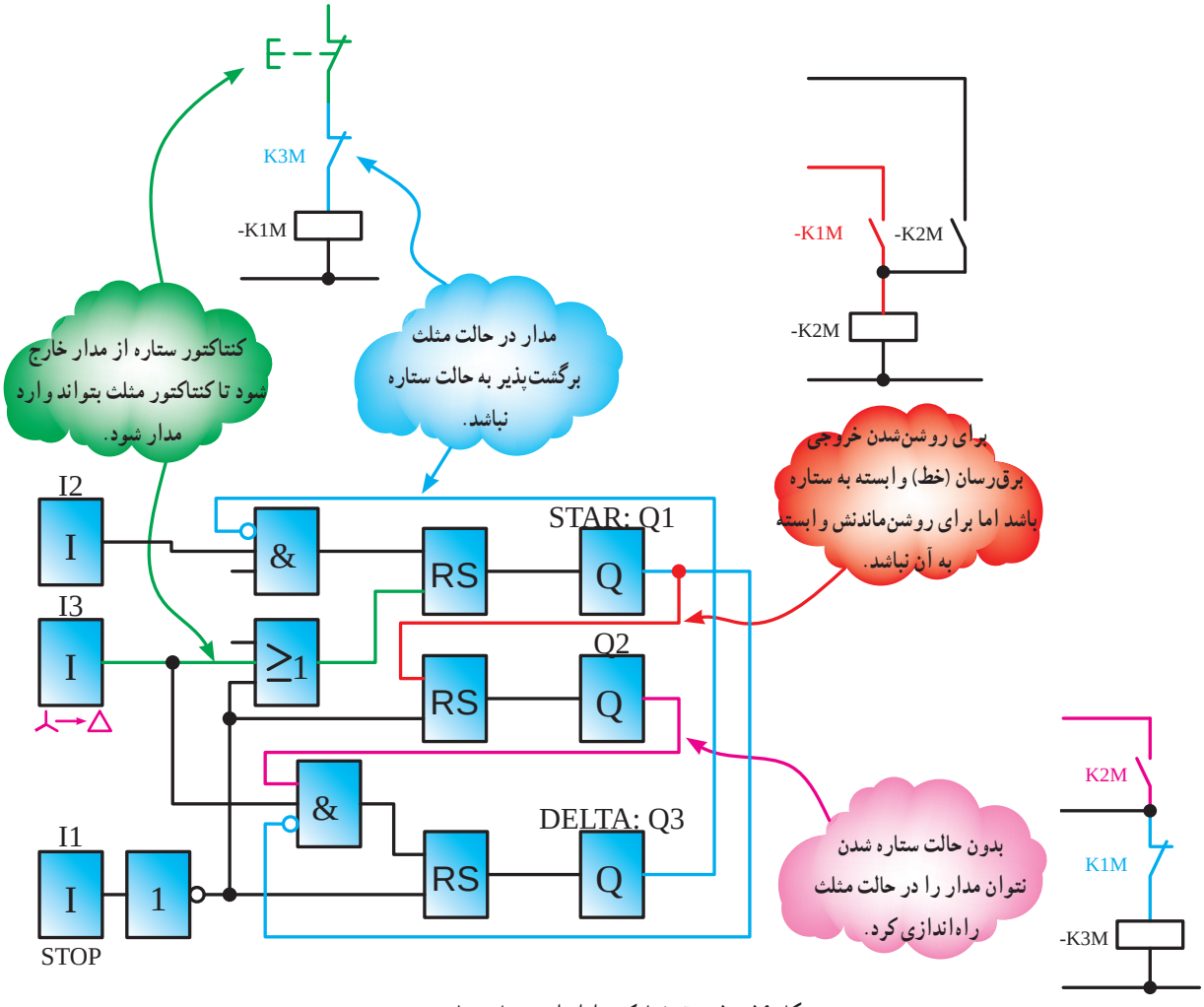


شکل ۵۷ــ۵ــ نقشهٔ نردبانی راه‌اندازی ستاره مثلث دستی

شکل ۵۸ــ۵ نقشهٔ سیم‌کشی مدار ستاره مثلث را با رلهٔ قابل برنامه‌ریزی نشان می‌دهد.



شکل ۵۸ــ۵ــ نحوهٔ سیم‌کشی مدار راه‌اندازی ستاره مثلث دستی

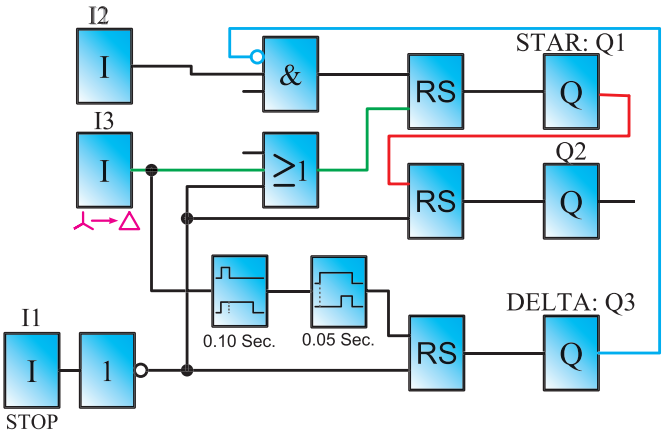


شکل ۵۹ــ۵ــ نقشهٔ بلوکی راه‌اندازی ستاره مثلث دستی

شکل ۵۹ــ۵ برنامه‌نویسی مدارستاره مثلث را به روش بلوکی نشان می‌دهد. توضیحات لازم بر روی شکل داده شده است.

در برنامه شکل ۵۹ــ۵ ترتیب فعال شدن خروجی Q1 و Q2 و جابه‌جا شدن Q3 به‌جای Q2 بسیار سریع می‌باشد که باعث هم‌زمانی شده و خطرناک می‌باشد. ضروری است در برنامه برای خروجی‌ها تأخیرهایی درنظر گرفت که در برنامه شکل ۶۰ــ۵ این مطلب با قرار گرفتن تایمرها لحاظ شده است.

با توجه به تغییرات ایجاد شده در برنامه شکل نردبانی آن‌را رسم کنید.



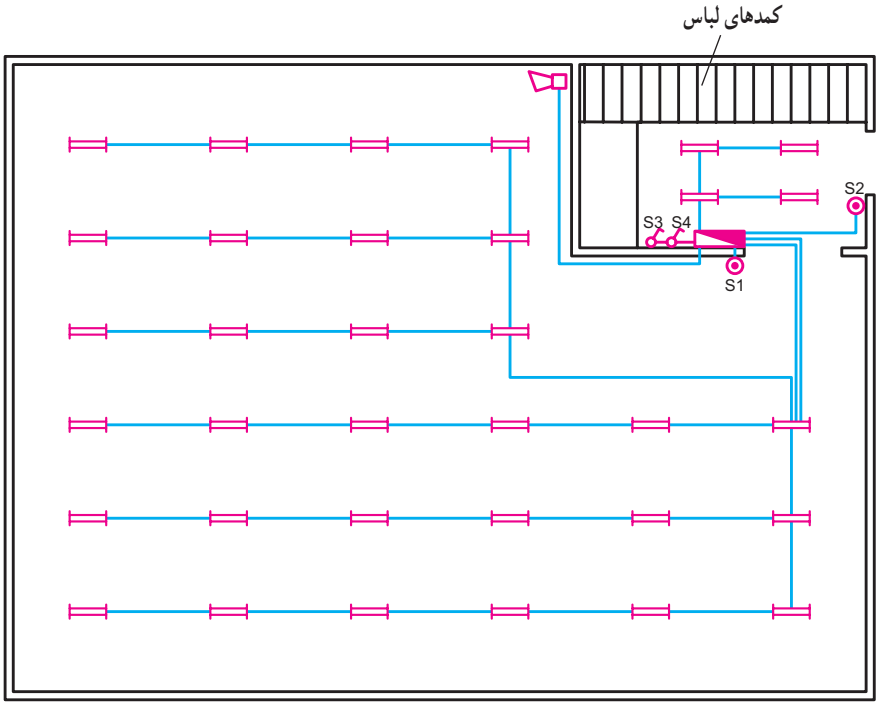
شکل ۶۰ــ۵

تمرین

با توجه به این که با اصول مدارهای ستاره مثلث آشنا شده‌اید، نقشهٔ نردبانی و بلوکی مدار ستاره مثلث اتوماتیک را طراحی نمایید.

تمرین تکمیلی : (ویژه هنرجویان علاقه‌مند)

۱ــ نقشهٔ مدار روشنایی یک سالن ورزشی در شکل ۶۱ ــ ۵ نشان داده شده است. شرایط کاری این مدار به شرح زیر است :



شکل ۶۱ــ۵ ــ مدار روشنایی سالن ورزشی

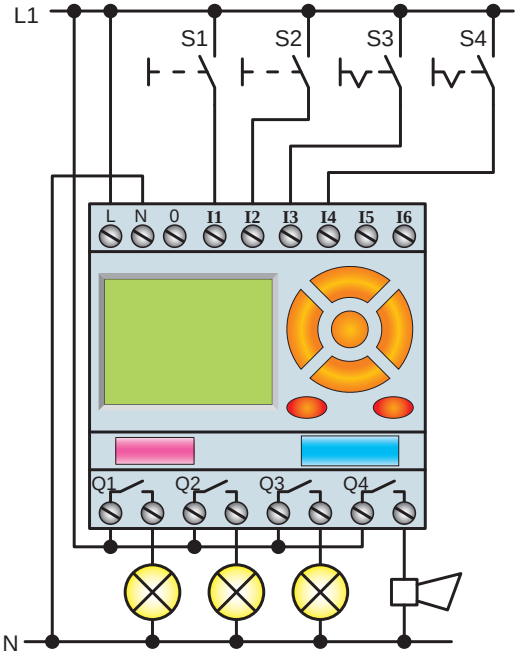
ــ با زدن شستی S1 گروه لامپ‌های ۱ و ۲ روشن می‌شود و در ساعت ۹:۴۵ شب، زنگ به مدت ۵ ثانیه به صدا درمی‌آید و اعلام تعطیلی می‌کند (ابتدا گروه ۱ در ساعت ۱۰:۰۰ و یک ربع بعد گروه دوم لامپ‌ها خاموش شوند).

ــ با زدن شستی S2 لامپ‌های رختکن روشن می‌شوند و در ساعت ۱۰:۲۵، یعنی ۱۰ دقیقه بعد از خاموشی کامل سالن، لامپ‌های رختکن هم خاموش می‌شوند.

ــ S3 کلید مرکزی است و در صورت وصل‌بودن، تمام چراغ‌ها بدون هیچ محدودیتی، روشن می‌شوند.

ــ S4 کلید روزهای تعطیل است که با وصل‌بودن آن، مدار کار نخواهد کرد.

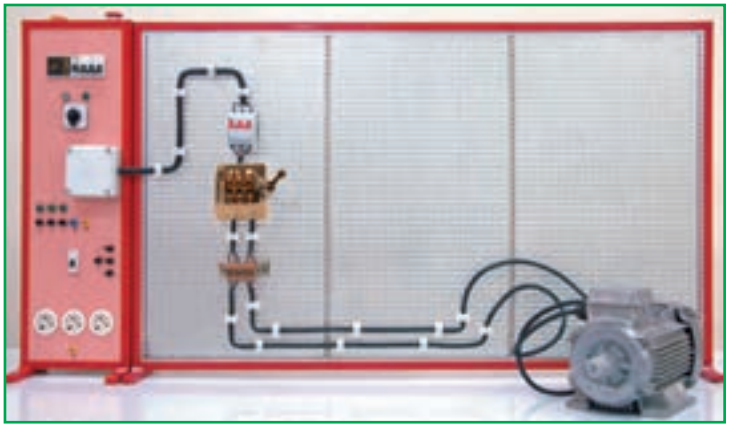
این مدار را در رلهٔ قابل برنامه‌ریزی، به‌صورت نردبانی، برنامه‌ریزی کنید.



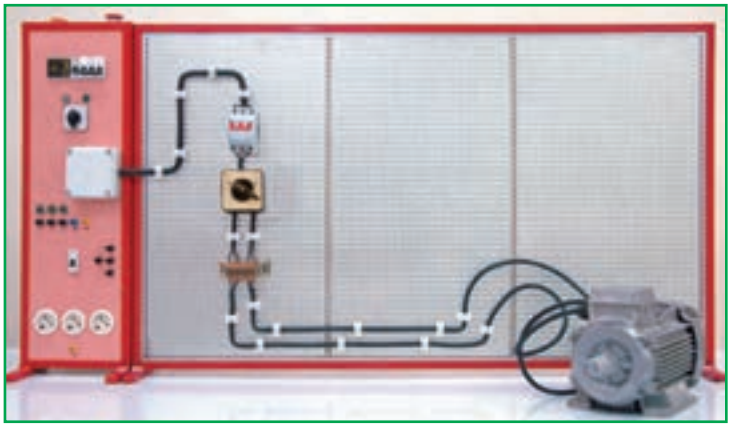
شکل ۶۲ــ۵

ضمیمه ۱

در این بخش با نحوهٔ نصب تجهیزات (وسایل حفاظتی، کلیدها و ترمینال‌ها) و چگونگی کابل‌کشی و سیم‌کشی برخی مدارهای صنعتی آشنا می‌شوید.



شکل ۱ــ۱ ــ راه‌اندازی موتور سه‌فاز آسنکرون با کلید سه‌فاز ستاره مثلث زبانه‌ای

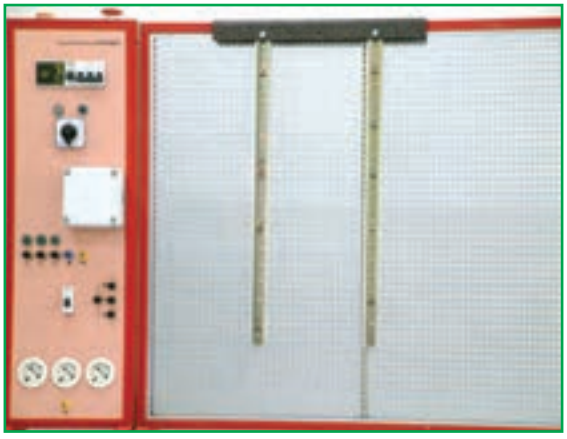


شکل ۲ــ ۱ــ راه‌اندازی موتور سه‌فاز آسنکرون با کلید سه‌فاز ستاره مثلث زبانه‌ای تابلویی

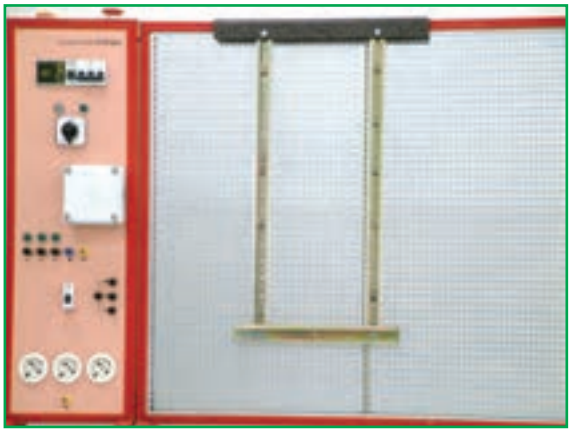
شکل ۳ــ۱ــ راه‌اندازی موتور تک‌فاز با کلید چپ‌گرد، راست‌گرد زبانه‌ای

ضمیمه ۲

در این قسمت با مراحل مونتاژ یک نمونه تابلوی آموزشی برای اجرای کارهای عملی مدارهای کنتاکتوری و رله‌های قابل برنامه‌ریزی آشنا می‌شوید.

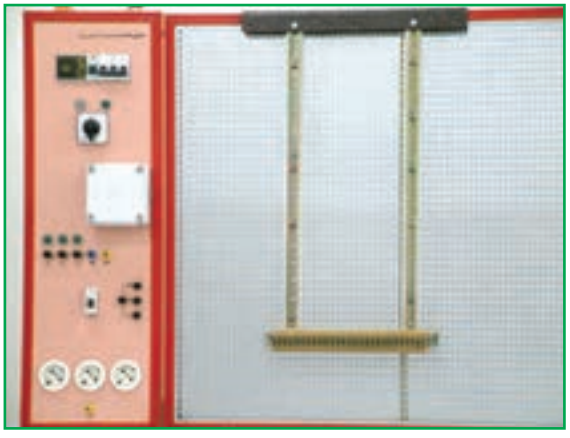


(a)

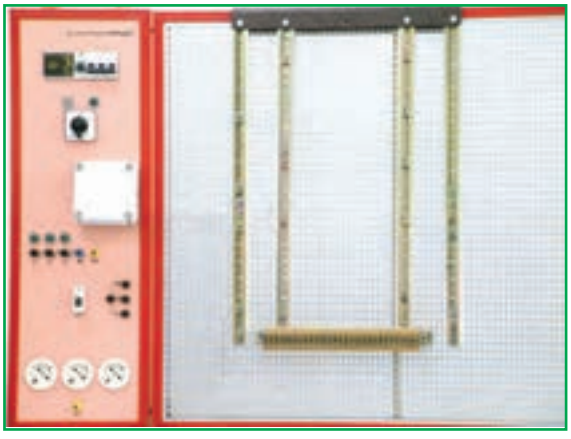


(b)

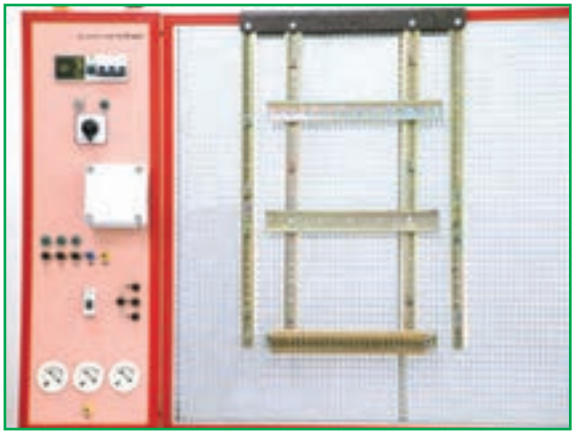
(c)



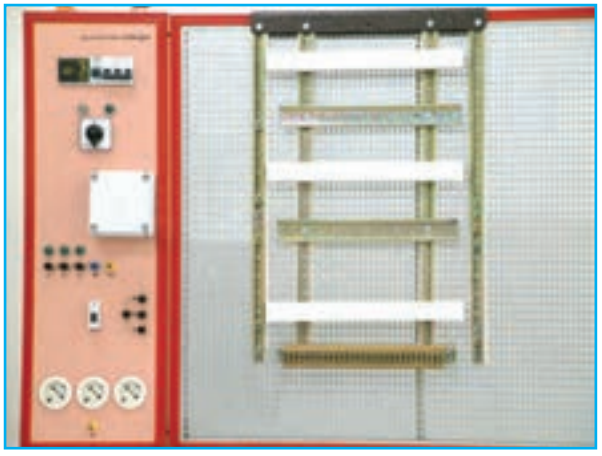
(d)



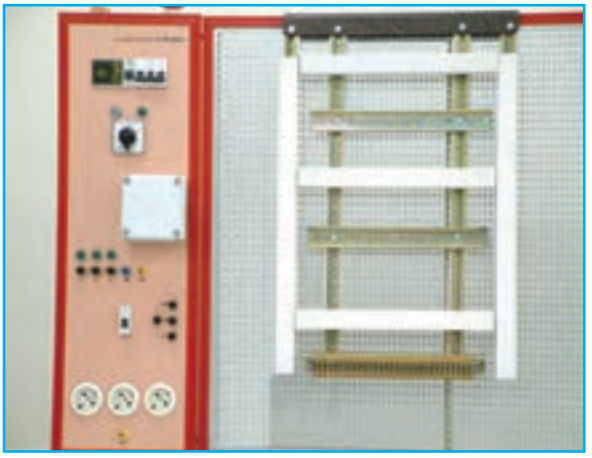
(e)



(f)

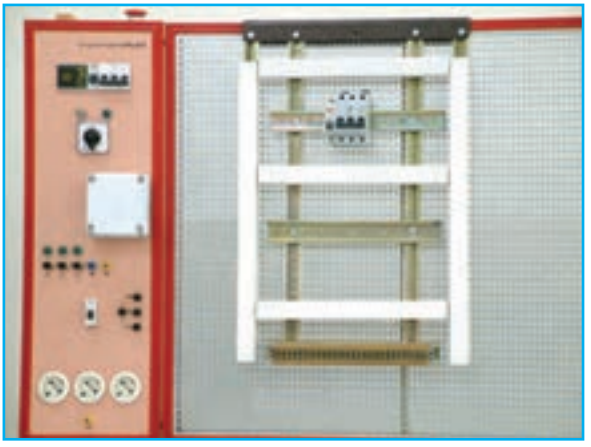


(g)



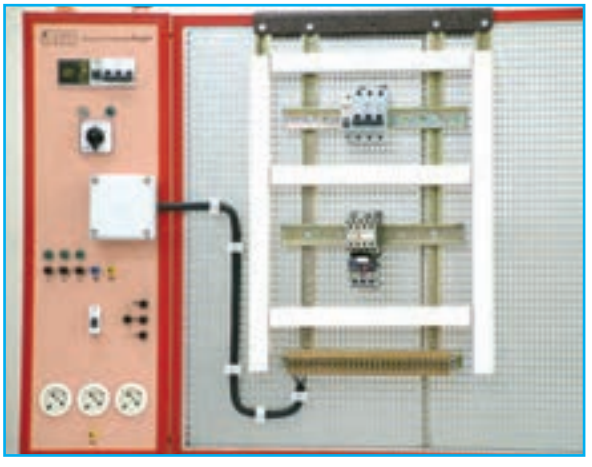
(h)

(i)



(j)

(k)

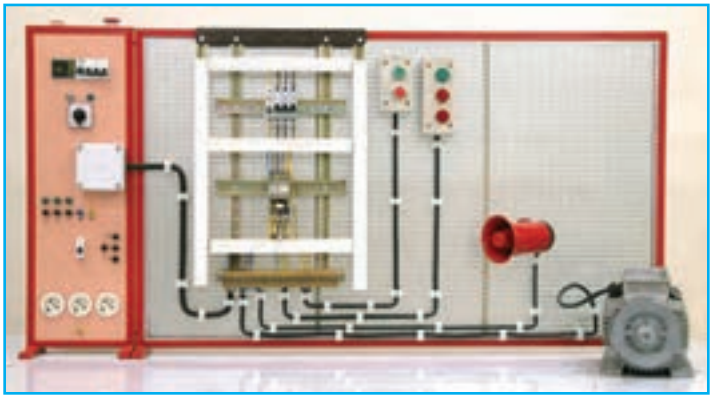


(l)

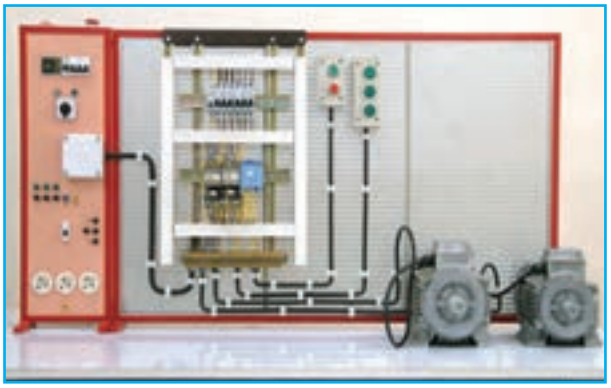
شکل ۱ــ۲ ــ مراحل مونتاژ یک نمونه تابلوی آموزشی

ضمیمه ۳

در قسمت تصاویر چند نمونه مدارهای کنتاکتوری که جهت راه‌اندازی موتورهای سه فاز آسنکرون به کار رفته را مشاهده می کنید.

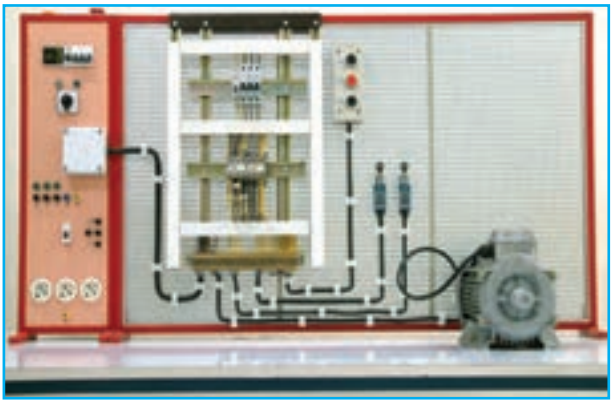


شکل ۱ــ۳ــ راه‌اندازی موتور سه فاز آسنکرون به‌همراه وسایل حفاظتی و هشداردهنده (آژیر و لامپ سیگنال)

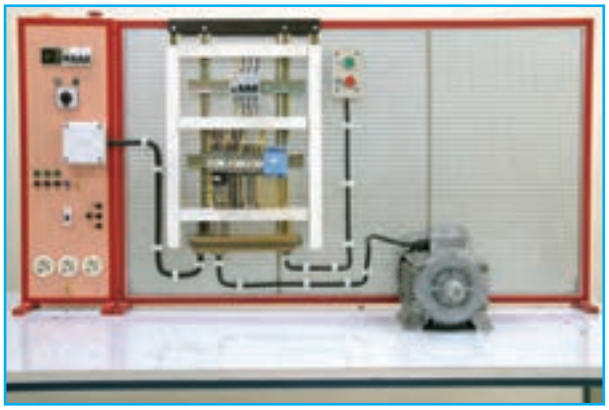


شکل ۲ــ۳ ــ راه‌اندازی دو موتور آسنکرون سه‌فاز به‌صورت یکی پس از دیگری با تایمر

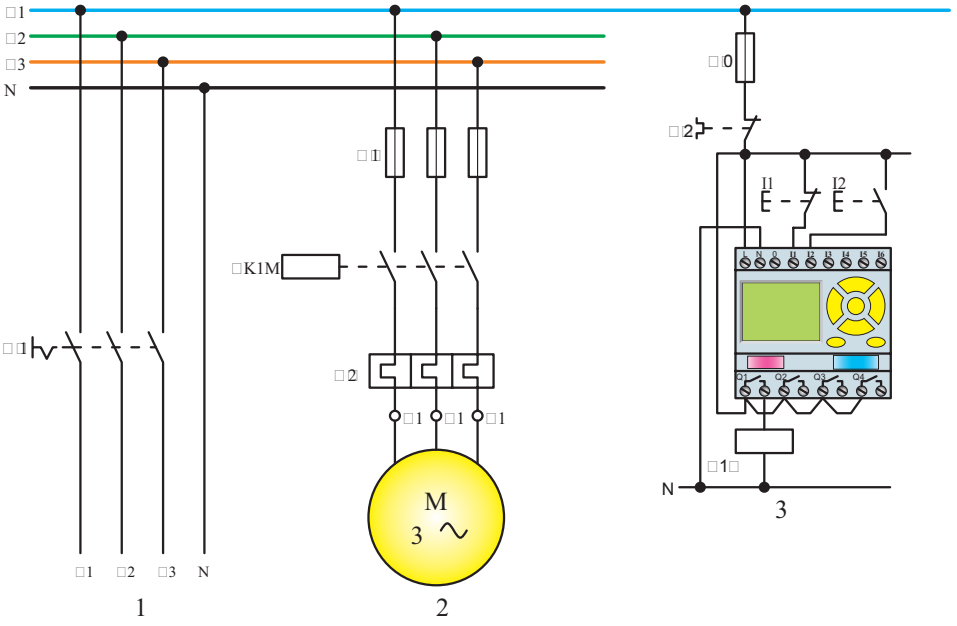
شکل ۴ ــ۳ ــ راه‌اندازی موتور سه‌فاز آسنکرون به‌صورت چپ‌گرد، راست‌گرد بدون توقف (سریع) با تایمر



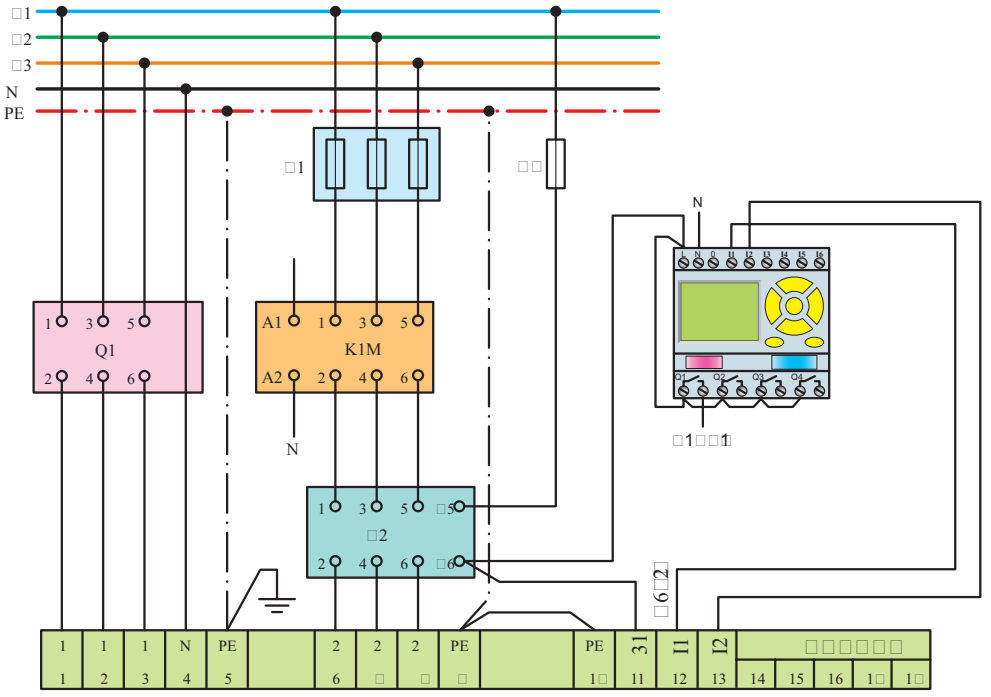
شکل ۳ــ۳ــ راه‌اندازی موتور سه فاز آسنکرون به‌صورت چپ‌گرد، راست‌گرد بدون توقف (سریع) دستی و با لیمیت سوییچ (دوطرفه)



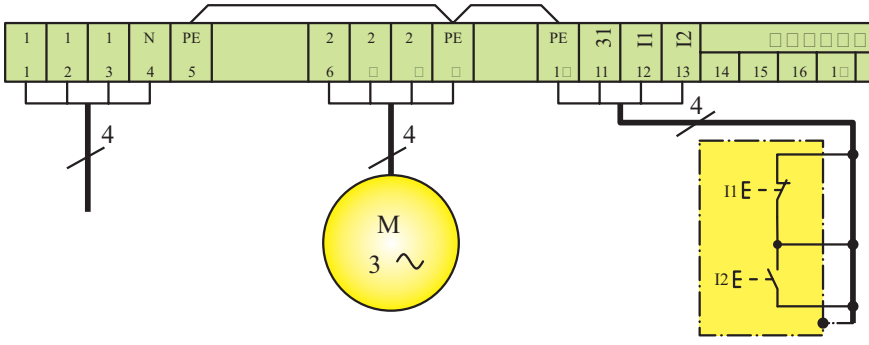
شکل ۵ــ۳ ــ راه‌اندازی موتور سه‌فاز آسنکرون به‌صورت ستاره ــ مثلث اتوماتیک



a – نقشه مسیر جریان



b – نقشه مونتاژ



c – نقشه خارجی

شکل ۱ــ۴ــ نحوهٔ چیدمان و سیم‌کشی رله قابل برنامه‌ریزی در کنار سایر تجهیزات مدارهای برق صنعتی

ضمیمه ۵

معرفی پایگاه‌های اینترنتی

◄ در این پایگاه می‌توانید در بخش معرفی طرح‌های برگزیدهٔ کشوری، با مشخصات و ویژگی‌های فنی و علمی طرح‌های هنرجویان هنرستان‌ها را که رتبهٔ کشوری کسب کرده‌اند آشنا شوید.

www.kharazmi.medu.ir

◄ در این پایگاه تمام استانداردهای ملّی در رشتهٔ برق موجود و قابل دانلود است.

www.isiri.org

◄ در این پایگاه می‌توانید با تولید، انتقال و توزیع برق و هم‌چنین آمار صنعت برق در ایران آشنا شوید.

www.tavanir.org.ir

منابع

۱ــ رحمتی‌زاده، حسین (۱۳۷۰)، کار کارگاهی (کتاب پایهٔ چهارم هنرستان نظام قدیم آموزشی وزارت آموزش و پرورش)

۲ــ خدادادی، شهرام (۱۳۸۴)، راه‌اندازی موتورهای سه‌فاز و تک‌فاز (جلد اول تا سوم)، شرکت صنایع آموزشی (وابسته به وزارت آموزش و پرورش)

۳ــ رحمتی‌زاده، حسین؛ علومی، فریدون؛ نیکزاد، مسلم (۱۳۷۰)، کار کارگاهی (کتاب پایهٔ سوم هنرستان نظام قدیم آموزشی)

۴ــ معاونت امور فنی، دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی (۱۳۸۲)، مشخصات فنی عمومی و اجرایی تأسیسات برق کارهای ساختمانی (جلد اول)، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

۵ــ جهاندیده، احد (۱۳۸۳)، لوله‌کاری و اتصالات سیم و کابل، شرکت صنایع آموزشی (وابسته به وزارت آموزش و پرورش)

۶ــ کاتالوگ‌های شرکت‌های مختلف سازنده

۷ــ Wiring Manual Automation and power Distribution 2nd Edition Moeller

۸ ــ LOGO Manual, LOGO Soft Manual Siemens

۹ــ EASY Manual 400/600–500/700–800, EASY Soft Manual Moeller

۱۰ــ ZELIO Manual / ZELIO Soft Manual Telemecanique

۱۱ــ ZEN Manual / ZEN Soft Manual OMRON

۱۲ــ PHARAO Manual / PHARAO Soft Manual THEBEN

۱۳ــ Crouzet Example & Tutrial Millenium2

۱۴ــ Applications For all Sectors Of industry and trade Siemens

۱۵ــ Easy Application Moeller

۱۶ــ Application Library ZELIO

۱۷ــ ZEN Application OMRON