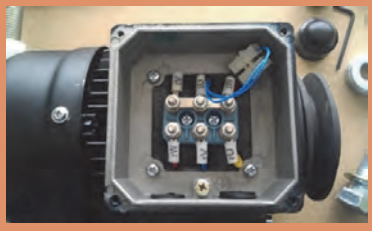
پودمان ۴

راه اندازی موتورهای الکتریکی سه فاز



استاندارد عملکرد

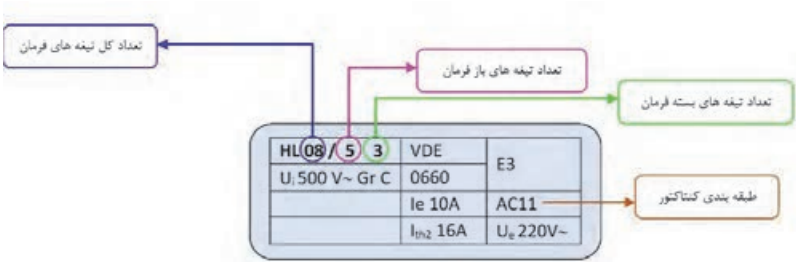
هدف از اجرای آموزش‌های این فصل، توانمندسازی هنرجویان در تحلیل مدار-های قدرت و فرمان طراحی‌شده برای موتورهای سه‌فاز و کسب مهارت در طراحی برخی از مدارات قدرت و فرمان ساده است. این آموزش جهت راه‌اندازی و کنترل موتورهای سه‌فاز منظور شده‌است.

سؤالات پیشنهادی

راه اندازی و کنترل موتورهای القایی در شناورها از چه اهمیتی برخوردار است؟
چگونه می‌توان با تجهیزاتی که تاکنون شناخته اید، نسبت به راه اندازی و کنترل موتورهای القایی اقدام نمود؟
راه اندازی صحیح و متناسب با محل استفادهٔ هر الکترو موتور چگونه از بروز خسارت بر مولدها و سیستم توزیع برق شناور جلوگیری می‌کند؟
آیا جهت چرخش الکتروموتورهای القایی قابل تغییر است و از این قابلیت در انواع شناورها می‌توان بهره برد؟
آیا رعایت اصول طراحی مدارهای قدرت و فرمان و پرهیز از طراحی‌های پیچیده، موجب سهولت در امر نگهداری و تسریع در عیب یابی و رفع اشکال خواهد شد؟
ایا آگاهی از آخرین روش‌ها و نرم‌افزارهای طراحی ما را در کوتاه‌ترین زمان با عملکرد مدارهای قدرت و فرمان الکتروموتورهای موجود در انواع شناورها آشنا می‌سازد.

انتخاب کنتاکتور متناسب

با توجه به نوع مصرف کننده و شرایط کار، می‌توان کنتاکتورهایی با مشخصه های ولتاژ و جریان عبوری مشخص و متناسب انتخاب نمود. از این رو کنتاکتورها با توجه به نوع تغذیه (A.C. یا D.C.) و موارد استفاده، طبقه بندی می‌شوند. جدول زیر یکی از معمول‌ترین طبقه بندی کنتاکتورهای رایج است.
برای اتصال مصرف کننده به شبکه باید از کلید یا کنتاکتوری با مشخصات مناسب استفاده کرد که کنتاکت‌های آن تحمل جریان راه‌اندازی و جریان دائمی را داشته باشد. همچنین در صورت اتصال کوتاه، جریان لحظه‌ای زیادی که ازمدار عبور می کند یا جرقه ای که هنگام قطع مدار ایجاد می شود، صدمه ای به کلید نزند. به این منظور و برای این که بتوانیم پس از طراحی مدار، کنتاکتور مناسب را برای اتصال مصرف کننده به شبکه انتخاب کنیم، باید با مقادیر نامی مربوط به کنتاکتور آشنا شویم.
معمولاً مهم ترین مشخصه‌های یک کنتاکتور بر روی بدنهٔ کلید بصورت شکل ۱ درج می‌شود:



شکل ۱- مشخصات کنتاکتور

مدار قدرت و فرمان راه اندازی مستقیم یک موتور

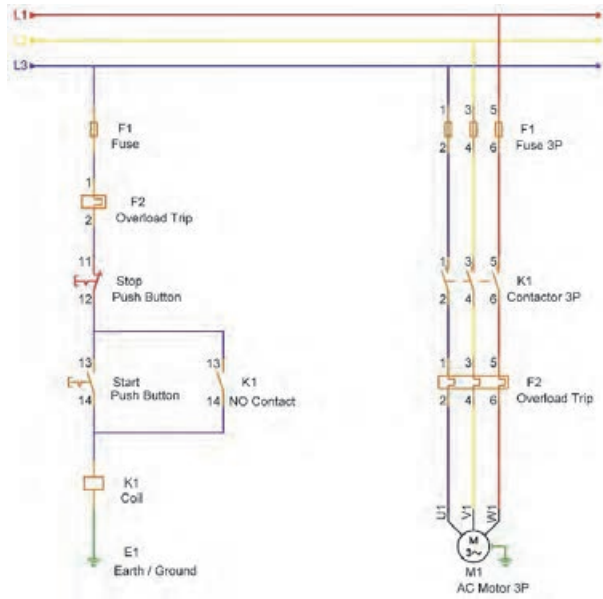
شرح عملکرد مدار فرمان و قدرت

با فشرده شدن شستی استارت I جریان الکتریسیته از مسیر فیوز F1 ، بی متال F2، تیغه بسته شستی O و کلید Start به سیم پیچ کنتاکتور K1 Coil می‌رسد و در نتیجه موجب عمل کردن کنتاکتور K1 در مدار قدرت خواهد شد. به عمل کردن کنتاکتور، اصطلاحاً (Energize) گفته می‌شود.

همزمان با بسته شدن تیغه‌های کنتاکتور، جریان سه فاز به‌صورت مستقیم از مسیر فیوز F2/Overload به موتور خواهد رسید.

به‌محض برداشتن دست از شستی I جریان سیم پیچ کنتاکتور K1 Coil قطع می‌شود و تیغه‌های کنتاکتور K1 به حالت باز، درخواهد آمد. در این‌صورت جریان سه فاز به موتور نمی‌رسد و موتور نیز متوقف خواهد شد.

برای رفع این اشکال، از کنتاکت کمکی تعبیه شده بر روی کنتاکتور K1 استفاده می‌شود. یک تیغه باز از کنتاکت‌های کمکی K1 به‌صورت موازی با شستی I قرار داده می‌شود. به کنتاکت کمکی کنتاکتور که به این‌صورت در مدار فرمان به‌کار برده می‌شود، کنتاکت (خود نگه دار) گفته می‌شود.



شکل ۲- مدار فرمان و قدرت DOL (Direct Online) راه اندازی مستقیم

راه‌اندازی یکی پس از دیگری دو موتور (رعایت اولویت راه‌اندازی)

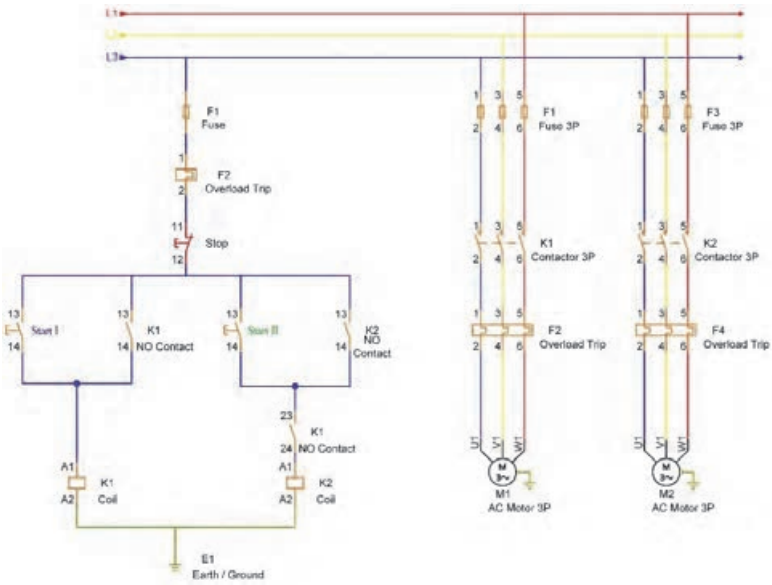
شرح عملکرد مدار فرمان و قدرت

مدار فرمان به‌گونه‌ای طراحی شده است که موتور اصلی M2 قبل از به حرکت در آمدن موتور M1 حرکت نکند.

با فشرده شدن شستی I جریان به سیم پیچ K1 می‌رسد و تیغه‌های کنتاکتور K1 در مدار قدرت، بسته می‌شود. در نتیجه موتور M1 که برای پمپ روغن در نظر گرفته شده است به گردش در می‌آید.

همزمان تیغه کنتاکت کمکی K1 نیز که در مسیر سیم پیچ کنتاکتور K2 Coil قرار گرفته است، بسته می‌شود.

در این حالت اگر شستی II، که متعلق به موتور اصلی است، فشرده شود، جریان به سیم پیچ K2 Coil می‌رسد و در نتیجه تیغه‌های کنتاکتور K2 بسته می‌شود و موتور اصلی M2 به گردش در خواهد آمد.



شکل ۳- راه اندازی دو موتور، یکی پس از دیگری

راه‌اندازی دو الکترو موتور یکی پس از دیگری، با رله تأخیری

شرح عملکرد مدار فرمان و قدرت

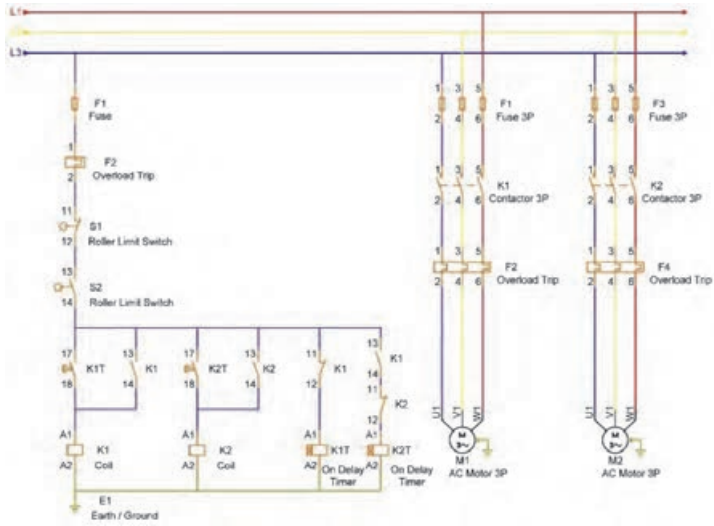
به محض وصل شدن S2، جریان از مسیر کنتاکت K1 به سیم پیچ تایمر K1T می‌رسد و پس از ۱۵ ثانیه (که بر روی تایمر، تنظیم شده است) کنتاکت K1T بسته خواهد شد.

با بسته شدن کنتاکت K1T، جریان به سیم پیچ K1 خواهد رسید. با عمل کردن K1 تیغه باز K1 بسته می‌شود و به‌صورت خود نگه دار سیم پیچ K1 عمل خواهد کرد. در این حالت با عمل کردن کنتاکت سه فاز K1 در مدار قدرت، موتور M1 شروع به کار خواهد نمود.

تیغه بسته K1 که در مسیر تایمر K1T قرار دارد، باز می‌شود و تایمر را قطع خواهد کرد. همان‌گونه که در مدار فرمان دیده می‌شود، یک تیغه باز دیگر کنتاکت K1 نیز در مسیر جریان تایمر K2T قرار گرفته است. با عمل کردن K1 تایمر K2T نیز شروع به کار خواهد کرد. زمان تنظیم شده بر روی این تایمر ۳۰ ثانیه است. از این رو پس از گذشت ۳۰ ثانیه، کنتاکت باز K2T بسته می‌شود و جریان به سیم پیچ K2 خواهد رسید.

با عمل کردن K2 تیغه بسته K2 باز می‌شود و تایمر K2T قطع خواهد شد.

همزمان، تیغه باز K2 بسته می‌شود و به‌صورت خود نگه دار سیم پیچ K2 عمل خواهد کرد و با عمل کردن کنتاکت سه فاز K2 در مدار قدرت، موتور M2 شروع به کار خواهد نمود.



شکل ۴- راه اندازی دو موتور، یکی پس از دیگری با رله تأخیری

مدار فرمان و قدرت تغییر جهت چرخش موتور (چپ گرد – راست‌گرد سریع و با حفاظت کامل)

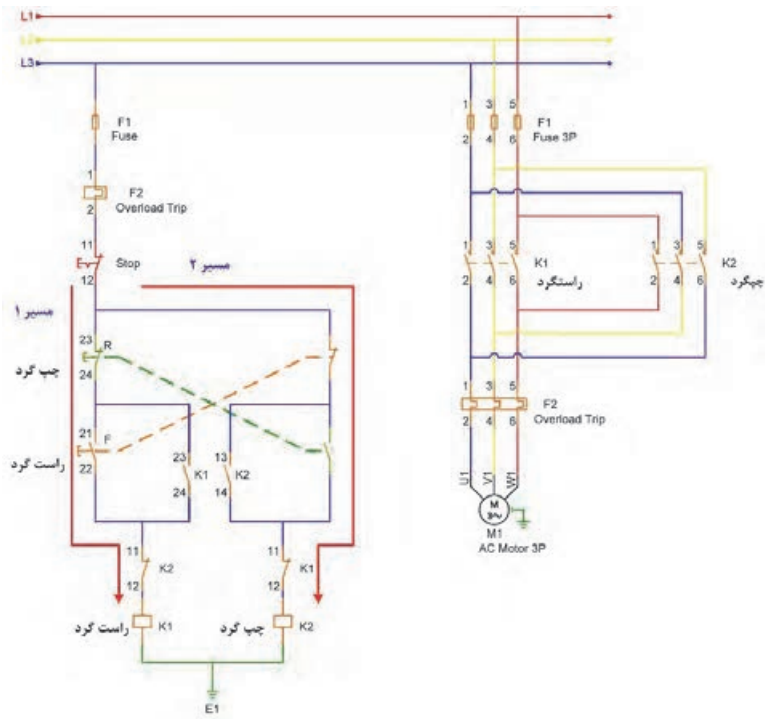
شرح عملکرد مدار فرمان و قدرت

منظور از مدار چپ گرد – راست گرد با حفاظت کامل این است که در صورت فشرده شدن هر یک از شستی‌های چپ گرد یا راست گرد، فقط مدار فرمان و مسیر جریان شستی مربوطه فعال شود و با توجه به طراحی، امکان اتصال همزمان کنتاکتور K1 (راست گرد) و کنتاکتور K2 (چپ گرد) وجود ندارد. همچنین درصورت فشرده شدن همزمان دو شستی چپ گرد و راست گرد، موتور هیچ‌گونه حرکتی نخواهد داشت.

منظور از چپ گرد – راست گرد سریع آن است که برای تغییر جهت حرکت موتور به زدن شستی استپ و انتخاب مجدد یکی از شستی‌های چپ گرد یا راست گرد نیاز نباشد و به‌محض زدن شستی‌ها، جهت حرکت عوض شود.

با فشرده شده شستی راست گرد:
الف) اگر موتور در حال چرخش نباشد:
جریان از مسیر ۱: فیوزها، شستی Stop و تیغه‌های بسته شستی چپ گرد، به بوبین K1 می‌رسد و کنتاکتور K1 در مدار قدرت بسته خواهد شد. با بسته شدن کنتاکتور K1 موتور به‌صورت راست گرد شروع به حرکت خواهد کرد.
تیغه باز K1 که به‌صورت خود نگه دار به‌طور موازی با شستی راست گرد قرار گرفته است، پس از برداشتن انگشت از روی شستی، مسیر جریان را بسته نگه خواهد داشت.
ب) اگر موتور در حال چپ گرد باشد:
با توجه به اینکه یک تیغه بسته از شستی راست گرد در ابتدای مسیر جریان بوبین K2 (مسیر۲) قرار گفته است، در صورت فشرده شدن شستی راست گرد، مسیر جریان بوبین K2 قطع می‌شود و در نتیجه از فعال شدن K2 جلوگیری خواهد شد.
با فشرده شدن شستی چپ گرد:
الف) اگر موتور در حال چرخش نباشد:
جریان از مسیر ۲: فیوزها، شستی Stop و تیغه‌های بسته شستی راست گرد و راست گرد، به بوبین K2 می‌رسد و کنتاکتور K2 در مدار قدرت بسته خواهد شد. با بسته شدن کنتاکتور K2 موتور بصورت چپ گرد شروع به حرکت خواهد کرد.
تیغه باز K2 که به‌صورت خود نگه دار به‌طور موازی با تیغه باز شستی چپ گرد قرار گرفته است، پس از برداشتن انگشت از روی شستی، مسیر جریان را بسته نگه خواهد داشت.

ب) اگر موتور در حال راست گرد باشد:
با توجه به اینکه یک تیغه بسته از شستی چپ گرد در ابتدای مسیر جریان بوبین K1 (مسیر ۱) قرار گفته است، در صورت فشرده شدن شستی چپ گرد، از مسیر جریان بوبین K1 قطع می‌شود و در نتیجه از فعال شدن K1 جلوگیری خواهد شد.
با فشرده شدن همزمان دو شستی چپ گرد:
مسیرهای ۱ و ۲ همواره باز است و از رسیدن جریان به دو بوبین K1 و K2 جلوگیری خواهد شد.
در این‌صورت اگر موتور در حالت ساکن باشد، به همان حالت باقی خواهد ماند و اگر در یکی از جهت‌های چپ یا راست در حال چرخش باشد، متوقف خواهد شد.



شکل ۵- مدار فرمان و قدرت چپ گرد – راست گرد

مدار فرمان و قدرت ستاره – مثلث

شرح عملکرد مدار فرمان و قدرت

توسط مدار فرمان و قدرت زیر، ابتدا موتور را به حالت ستاره (Y یا λ) راه اندازی می‌کنیم و پس از زمان ۵ الی ۷ ثانیه (بسته به زمان تنظیم شده در تایمر) سر بندی موتور به‌صورت خودکار، به حالت مثلث (Δ) تبدیل می‌شود و از حد اکثر توان آن استفاده خواهیم کرد.

در مدار قدرت، جریان سه فاز از مسیر کنتاکتور اصلی به سر های U1, V1, W1 موتور متصل می‌شود.

سر سیم های U2, V2 W2 موتور توسط دو کنتاکتور جداگانه بصورت‌های ستاره و مثلث به همدیگر متصل می‌شوند.

با فشرده شدن شستی وصل (Start):

جریان به بوبین K2 می‌رسد و با بسته شدن تیغه باز K2 در مسیر بوبین K1 کنتاکت اصلی بسته خواهد شد.

تیغه بسته K2 که در مسیر بوبین K3 قرار دارد، به حالت باز در می‌آید و از فعال شدن همزمان بوبین‌های K2 و K3 جلوگیری خواهد کرد.

همزمان با بسته شدن کنتاکت‌های K1 و K2 جریان از مسیر شستی استارت و تیغه بسته K3 به بوبین تایمر می‌رسد و موجب فعال شدن آن می‌گردد. توجه داشته باشید، با توجه به خواص تایمرها، درصورت قطع جریان بوبین تایمر، فعالیت آن نیز متوقف خواهد شد. از این رو پس از برداشت انگشت از روی شستی استارت، به محض فعال شدن بوبین‌های K1 و K2 ، جریان از مسیر تیغه های بسته K1 و K2 و K3 به بوبین تایمر خواهد رسید.

تمام تیغه های تایمر، در پایان زمان تنظیم شده در تایمر، تغییر وضعیت خواهند داد. از این رو تیغه بسته K1T که در مسیر بوبین K2 قرار گرفته است، پس از گذشت زمان تنظیم شده در تایمر، به حالت باز در می‌آید و مسیر جریان K2 که جهت سر بندی ستاره، در مدار قدرت تعبیه شده بود، باز خواهد شد.

در این حالت فقط بوبین K1، یعنی بوبین اصلی، فعال است.

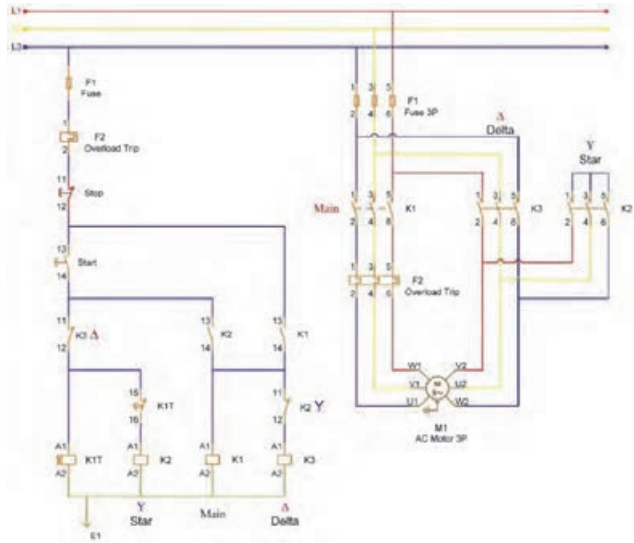
با غیر فعال شدن K2 تیغه‌های آن به حالت اول بر خواهند گشت.

جریان از مسیر، فیوزها، شستی قطع (Stop) و کنتاکت های بسته K1 و K2 به بوبین K3 خواهد رسید.

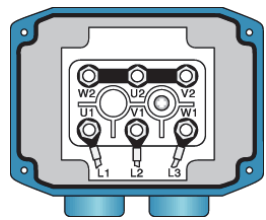
در این حالت سر بندی موتور توسط کنتاکت‌های K3 در مدار قدرت به حالت مثلث تبدیل خواهند شد.

با عمل کردن بوبین K3 ، کنتاکت بسته K3 در مسیر جریان بوبین‌های K2 و تایمر باز می‌شود و احتمال هر گونه تغییر وضعیت سر بندی از بین خواهد رفت.

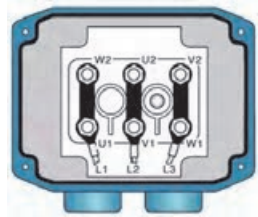
با فشرده شدن شستی قطع (Stop): چه مدار در مرحله سربندی ستاره و چه در حالت پایدار مثلث باشد، با قطع شدن مسیر جریان بوبین اصلی، موتور متوقف خواهد شد.



شکل ۶- مدار فرمان و قدرت ستاره مثلث



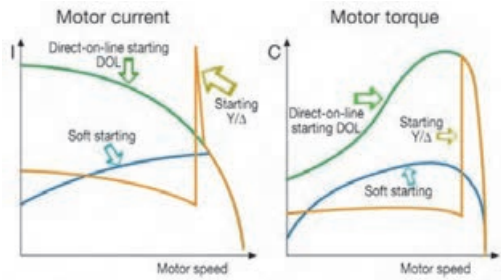
شکل ۷- ستاره (Star Y)



شکل ۸- مثلث (Delta Δ)

راه اندازی نرم موتور (Soft Start) چیست؟

با سافت استارتر نمی‌توان همه موتورها را راه‌اندازی کرد. زیرا موتورها بسیار متنوع‌اند و سافت استارتر برای گونه خاصی از آنها مناسب است. این موتورها درصنعت به موتورهای سه فاز القایی یا قفس سنجابی معروف‌اند. ما می‌توانیم موتور سه فاز را مستقیماً به برق سه فاز بزنیم و آن را راه‌اندازی کنیم. به این روش راه اندازی، راه اندازی مستقیم (Direct Online) و یا (DOL) می‌گویند. اگر مستقیماً موتور را به برق سه فاز وصل کنید، هیچ کنترلی در راه اندازی آن نخواهید داشت. در حالی‌که سافت استارتر به شما امکان کنترل پریود راه اندازی را می‌دهد. در خیلی از اوقات ما به اعمال نظارت و کنترل در راه اندازی موتور نیاز نداریم. (مثلاً در خیلی ازکاربردهای با موتورهای توان پایین). اما هنوز موارد متعددی هم وجود داردکه باید راه اندازی آنها با کنترل‌های مناسب صورت بگیرد. باید توجه کنیم که هنگام راه اندازی یک موتور سه فاز یک سری اتفاقات الکترویکی و مکانیکی رخ می-دهد که متفاوت از حالت کار دائم موتور پس از راه اندازی است. مثلاً در هنگام راه-اندازی موتور، جریان خیلی بیشتری نسبت به حالت دائم آن از شبکه می‌کشد. اگر موتور کوچک باشد اشکال خاصی ایجاد نمی‌شود ولی اگر موتور بزرگ باشد ممکن است، برق کارخانه نتواند این جریان زیاد را به‌راحتی تأمین کند. مثلاً کشیدن جریان ناگهانی زیاد از برق کارخانه ممکن است باعث افت ولتاژ لحظه‌ای گردد و در کار سایر تجهیزات برقی و الکترونیکی اختلال ایجاد شود.



شکل ۹- مقایسه میزان جریان و تُرک در روش های راه اندازی مختلف

آیا راه انداز نرم موتور وسیله ای است که جریان راه اندازی موتور را کاهش می‌دهد؟

در واقع ما با تنظیم سافت استارتر (Soft Starter) جریان راه اندازی موتور را به میزان مورد نیاز محدود می کنیم واجازه کشیدن جریان‌های زیاد را از برق کارخانه به موتور نمی دهیم. یکی از قابلیت‌های اصلی راه انداز نرم موتور، محدود کردن جریان راه اندازی است. ولی هنوز راه انداز نرم، قابلیت‌های دیگری نیز دارد.

مفهوم "نرم" در راه انداز نرم موتور چیست؟

مفهوم "نرم" به ویژگی‌های متفاوتی دلالت می کند. از جمله نرم به این معناست که جلوی تنش‌های الکتریکی و مکانیکی گرفته می‌شود. ازسوی دیگر نرم به این معناست که موتور تدریجاً دور می‌گیرد و به دور اسمی خود می‌رسد. به صورت طبیعی مدت زمان راه اندازی در هنگام استفاده از سافت استارتر بیشتر از حالت اتصال مستقیم موتور به شبکه است. به عبارت دیگر سافت استارتر جلوی فشارهای وارده به موتور را در هنگام راه اندازی می گیرد. سافت استارتر کارهایی از قبیل بی متال و کنترل فاز را نیز انجام می‌دهد و حفاظت‌های بیشتری را نیز می‌تواند اعمال کند.

شکل ۱۰- نمونه‌ای از سافت استارتر (Soft Starter)

چگونه از یک راه انداز نرم استفاده مـــی شود؟

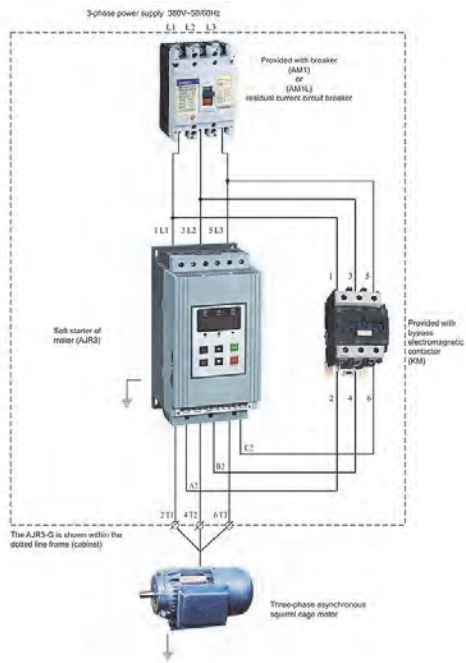
به شکل ۱۱ نگاه کنید. نخست برق سه فاز به سافت استارتر وارد می‌شود و خروجی سه فاز سافت استارتر به موتور وصل می‌شود. در یک کاربرد ساده با استفاده از پانل روی دستگاه ، موتور استارت می‌شود. موتور بر اساس تنظیمات از پیش انجام گرفته دور می‌گیرد و در یک زمان مشخص به دور نامی خود می‌رسد.

دراینجاست که مأموریت اصلی آن تمام شده و وظیفه آن فقط حفاظت از موتور است. سافت استارتر کار کنتاکتور ورودی موتور را نیز انجام می دهدکه بستگی به مدل سافت استارتر دارد.

سافت استارترها به‌طورکلی به دو نوع بیسیک و مجهز تقسیم می شوند:

۱- در مدل‌های بیسیک، یک کنتاکتور بای پاس با سافت استارتر پارالل می‌شود که پس از راه‌اندازی موتور کنتاکور مذکور عملاً سافت استارتر را بای پس کرده و می‌کند و آن را از مدارخارج می‌سازد.

۲- اما در مدل‌های مجهز، همانند شکل ۱۱ کنتاکتور بای پس خارجی مورد نیاز نیست.



شکل ۱۱

چه معیارهایی برای انتخاب جریان راه‌اندازی وجود دارد؟

اولاً باید توجه کنیم که بسته به موتور و بار، اگر این جریان را از یک حدی کمتر انتخاب کنیم، ممکن است موتور اصلاً راه اندازی نشود. قبلاً گفته شد، که با کاهش جریان راه اندازی، گشتاور راه اندازی موتور نیز کم می‌شود. حال اگر جریان راه اندازی را آن‌قدر کاهش دهیم که در نتیجه گشتاور راه اندازی موتور، از راه اندازی بار کمتر بشود، بار قطعاً از جا کنده نخواهد شد. (به‌عبارت دیگر، اگرنیروی دورانی تولید شده در شفت موتور از نیروی دورانی مورد نیاز برای کندن بار کمتر باشد، اصلاً بار حرکت نخواهد کرد. دقیقاً مشابه این که یک موتور سیکلت کامیونی را به حرکت در آورد. نکته دیگری که باید به آن توجه کنیم آن است که هر گاه جریان راه اندازی را کم انتخاب کنیم، با فرض این‌که بتوانیم به گشتاور مقاوم بار غلبه کنیم و آن را به حرکت در بیاوریم، مدت زمانی که طول خواهد کشید تا سرعت موتور به سرعت نامی آن برسد، تابع جریان انتخاب شده ما خواهد بود. به عبارت دیگر جریان کمتر، مدت زمان بیشتر وجریان بیشتر، مدت زمان کمتری طول خواهد کشید، تا موتور به دور اسمی خود برسد.

در یک سافت استارتر، ما ناگزیر نیستیم تنظیمات مختلفی انجام بدهیم. به‌صورت کلی با تنظیم سه یا چهار پارامتر، که مشخصه استارت و جریان موتور است، براحتی تنظیم می گردد. راه اندازهای دیگری نیز وجود دارد که یا کم استفاده اند و یا در موارد خاص به‌کار گرفته می شوند و زیاد متداول نیستند.
راه اندازهای نرم از چند کیلووات تا چند مگاوات در دسترس است و ولتاژ کار آنها 380V تا 11KV است.
برای موتورهای چند صد کیلووات یا چند مگاواتی هم سافت استارتر ساخته می‌شود. البته تعداد محدودی سازنده وجود دارد، از جمله برای توان‌های مگاوات، راه انداز نرم می‌سازند که (Aucom) یکی از آنهاست.

راه اندازی و کنترل موتورهای سه فاز توسط کنترل کننده‌های منطقی قابل برنامه ریزی

ساختمان رله‌های منطقی قابل برنامه ریزی

رله های منطقی قابل برنامه ریزی از اجزای زیر تشکیل می شوند:
الف) اجزای داخلی: اجزای داخلی این رله‌ها از یک سری قطعات الکترونیکی تشکیل شده است که بر روی صفحه مدار چاپی (برد الکترونیکی) نصب می‌شود و بر پایهٔ اصول و توابع منطقی کار می کند. این قسمت خود از سه جزء زیر تشکیل شده است:
پردازشگر: اجرای کارهای محاسباتی و مقایسه و نتیجه گیری فعالیت‌های منطقی بر عهدهٔ این بخش است. به عبارت دیگر واحد پردازش، ورودی ها را دریافت می کند و سپس متناسب با برنامه نوشته شده آنها را پردازش کند و به خروجی ارسال می نماید.
حافظه: وظیفه این قسمت نگه داری و ذخیره سازی اطلاعات است.
منبع تغذیه: تأمین ولتاژ مورد نیاز رله‌ها بر عهدهٔ این قسمت است.
ب) اجزای ظاهری: از نظر ظاهری رله های قابل برنامه ریزی دارای اجزای زیرند:
ترمینال‌های ورودی: ورودی‌ها با حرف(Input) I مشخص می‌شوند. تعداد ورودی‌ها معمولاً (۴، ۶، ۸ یا ۱۲) است. شستی‌ها، میکرو سویچ‌ها و حسگرها به ورودی وصل می‌شوند.
ترمینال‌های خروجی: خروجی ها با حرف Q نشان داده می‌شوند. تعداد خروجی‌ها معمولاً (۴، ۶، ۸ یا ۱۲) است. سیم پیچ رله‌ها و شیرهای مغناطیسی (سولونوییدها والوها) به ترمینال خروجی وصل می‌شوند.
ترمینال‌های تغذیه: مقدار ولتاژ مورد نیاز جهت راه اندازی رله‌های قابل برنامه‌ریزی 12V DC ، 24V DC یا 230V AC است. تعداد ترمینال‌های تغذیه دو عدد می‌باشد که با حروف (line) L و N (Null)برای تغذیه AC و علائم + و – برای تغذیه DC نشان داده می‌شوند.

نمایشگر: یک صفحه نمایشگر (LCD) به‌منظور نمایش پیام‌ها بر روی رله تعبیه شده است.
کلیدهای جهت دار: به‌منظور پیمایش در منو های رله و برنامه ریزی دستی به‌کار برده می‌شوند.
درگاه اتصال به رایانه: جهت بارگذاری برنامه نوشته شده از رایانه بر روی رله (Download) یا انتقال برنامه از داخل رله بر روی رایانه (Upload) به‌کار برده می‌شود.
درگاه SMA جهت اتصال آنتن GPS: داده‌های GPS را می‌توان از ورودی SMA به رله منتقل و از آن در برنامه استفاده کرد.
کارخانه های سازنده به‌همراه رله‌های قابل برنامه ریزی، دستورالعمل کاربری و نرم‌افزار رابط کاربری مخصوص رله را نیز عرضه می‌کنند.

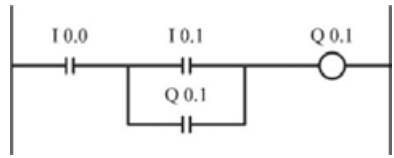
شکل ۱۲- قسمت های مختلف یک نمونه رله قابل برنامه ریزی

زبان برنامه نویسی پی‌ال‌سی (PLC)

زبان‌های برنامه نویسی PLC شباهت‌ها و تفاوت‌های گوناگونی با هم دارند و این موضوع برای استفاده کنندگان مشکلاتی به همراه داشته است.کمسیون جهانی فناوری برق (The International Electrotecnical Commission) که سازمان بین المللی برای ارائه استاندارد های جهانی در صنعت برق است، برای ارائه استاندارد های جهانی در زمینه زبان های برنامه نویسی (پی‌ال‌سی) اقداماتی نموده است، که ازجمله می توان به ایجاد زبان واحدی برای برنامه نویسی اشاره نمود.
سازمان، سازندگان مختلف را به استفاده از این زبان برای محصولات خود تشویق می کند. با این همه هنوز تفاوت‌های زیادی بین این زبان (IEC) با زبان های ارائه شده از طرف سازندگان PLC وجود دارد.
استاندارد IEC1131 برای برنامه نویسی PLC ها کلاً پنج زبان برنامه نویسی را معرفی نموده است که شامل موارد زیر است:

دیاگرام نردبانی (Lader Diagram):

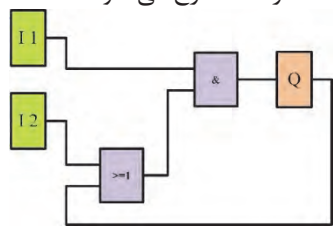
این زبان در سیستم انگلیسی با LAD و در سیستم آلمانی با KOP نمایش داده می شود و به صورت دیاگرام نردبانی است و طوری طراحی شده که می توان آن را به صورت توأم با FBD به کار برد. این زبان برنامه نویسی تقریباً در تمام انواع برنامه نویسی‌ها کاربرد دارد و کار با این زبان برای افرادی که به مدارات برق صنعتی آشنایی دارند، ساده تر و قابل درک تر است.



شکل ۱۳- زبان برنامه نویسی Ladder

زبان :Function Block Diagram - FBD

این زبان در سیستم انگلیسی با FBD یا CSF (Control System Flouchart) و در آلمانی با FUP نمایش داده می شود. این روش به صورت گرافیکی است و در آن برنامه نویسی به صورت یک سری بلوک‌های پایه است که در کنار هم قرار می‌گیرند و بیشتر در الکترونیک کاربرد دارد که با استفاده از کلیدها عمل برنامه نویسی صورت می گیرد، در این سیستم ورودی‌ها در سمت چپ قرار می گیرند و خروجی‌ها از سمت راست خارج می شوند.



شکل ۱۴- زبان برنامه نویسی FBD

لیست بیانی:Structured Text - ST

این زبان در سیستم انگلیسی با ST و در سیستم آلمانی با AWL نمایش داده می شود. در این روش برنامه نویسی که بیشتر در کامپیوتر کاربرد دارد کمیت‌ها بر حسب پارامترهایی مشخص می شوند و مقادیر این پارامترها بر حسب کار تغییر می‌کند. یک زبان سطح بالا شبیه C و پاسکال است و کاربرد آن در الگوریتم‌های پیچیده و پروژه ای وسیع است.

زبان Sequential Function Control -SFC:

در این روش برنامه به مراحلی که ترتیب الگوریتم‌های کنترلی را نشان می دهد تقسیم می گردد. از این روش بیشتر در برنامه نویسی های ترتیبی (مدارات شامل فلیپ فلاپ‌ها) استفاده می شود.

زبان Instruction List -IL:

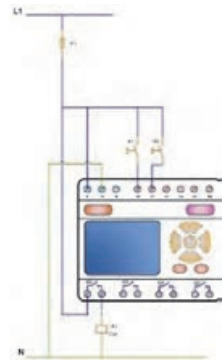
سطح این زبان پایین و به صورت متنی است و برای افرادی که با زبان اسمبلی آشنایی دارند مناسب‌تر است.

راه اندازی و به‌کارگیری رله‌های قابل برنامه ریزی

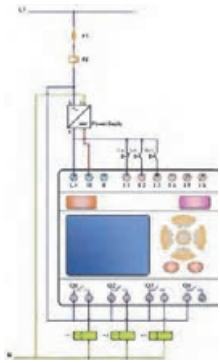
الف) سیم کشی

قبل از شروع به کار، به مشخصات فنی رله دقت کنید. یکی از مهمترین نکات، ولتاژ راه اندازی رله است. درصورتی که ولتاژ راه اندازی (تغذیه) رله AC باشد، از حروف L و N در قسمت ترمینال‌های تغذیه استفاده شده است. در اینصورت ترمینال L را به یکی از خطوط فاز و ترمنال N را به زمین سیستم برق، که در تابلو مشخص شده است متصل کنید.

اگر تغذیه رله ۱۲ یا ۲۴ ولت DC باشد، از حروف +L و M در قسمت ترمینال-های تغذیه استفاده شده است. در این صورت باید از یکسو کننده مناسب، که معمولاً به همراه رله ارائه می‌شود، استفاده نمود.



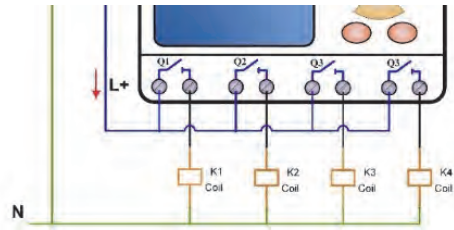
شکل۱۵



شکل۱۶

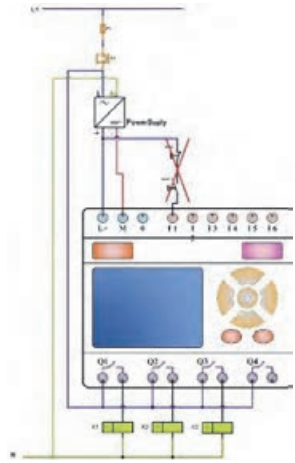
کنتاکت‌های خروجی، که با Q مشخص شده‌اند، مطابق برنامه نوشته می‌شود و به حالت باز یا بسته خواهند بود. از آنجا که نیاز است در صورت عمل کردن کنتاکت‌های خروجی، ولتاژی در خروجی دیده شود و از آن ولتاژ جهت کنترل تجهیزات متصل شده به خروجی مانند بوبین کنتاکتورها استفاده نمود، از این رو

لازم است یک سر ترمینال‌های خروجی، به‌صورت شکل ۱۷ به تغذیه وصل شوند (سیم آبی).



شکل ۱۷

به هر ورودی رله قابل برنامه ریزی فقط یک سیگنال متصل می‌شود. توضیح این است که به هر یک از ورودی‌ها، فقط می‌توان یک کلید یا یک حسگر مستقل برای اعمال ولتاژ وصل کرد و نمی‌توان مانند مدارهای فرمان کنتاکتوری کلید ها را به‌صورت سری به یک ورودی وصل نمود.



شکل ۱۸

راه‌اندازی مستقیم موتور سه‌فاز توسط رله‌های قابل برنامه‌ریزی

هدف : راه اندازی و کنترل مستقیم یک موتور سه فاز با دو شستی NO (Normaly Open) و NC (Normaly Close)

شرایط راه اندازی

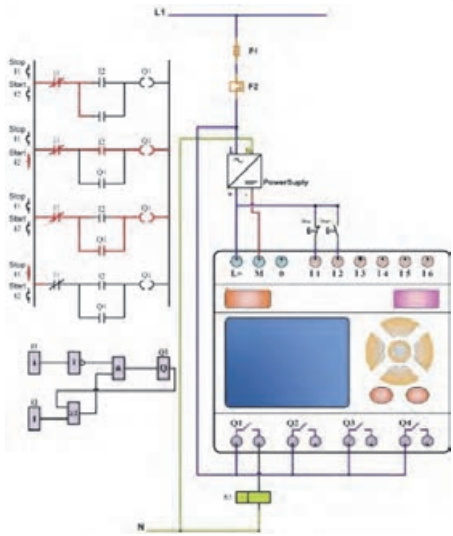
۱- با زدن شستی وصل (Star) موتور به‌صورت دائم کار کند.
۲- با زدن کلید قطع (Stop) در هر شرایطی، موتور متوقف شود.

اجرا:

در شکل ۱۹ نحوه سیم بندی رله به‌همراه برنامه نوشته شده به زبان Ladder و FBD، نشان داده شده است.
برای درک بهتر برنامه، مراحل اجرای مرحله به مرحله برنامه Ladder در شکل نشان داده شده است.

شرح عملکرد برنامه

قبل از اینکه هر یک از شستی‌های وصل و قطع فشرده شوند، دستور به ابتدای ورودی I2 رسیده است.
با فشردن شستی وصل (Start) که به ورودی I2 متصل است، دستور به خروجی Q1 می‌رسد و موجب فعال شدن آن می‌شود.
اگر شستی Start رها شود، برنامه به مرحله ۱ باز خواهد گشت. به‌منظور جلوگیری از این وضعیت، کنتاکت باز Q1 را به‌صورت موازی با ورودی I2 قرار داده‌ایم. به عمل در فرایند برنامه نویسی، قفل کردن یا (Latch) اطلاق می‌شود.
با این عمل مسیر دستور Q1 دیگر به ورودی I2 که همان وصل (Start) است، وابستگی نخواهد داشت، به این معنی که پس از برداشتن دست از این شستی کماکان خروجی Q1 فعال خواهد بود.



شکل ۱۹- راه اندازی مستقیم موتور DOL

راه اندازی دو موتور سه فاز یکی پس از دیگری توسط رله‌های قابل برنامه ریزی

شرایط راه اندازی

۱- با زدن شستی Star I موتور M1 به‌صورت دائم کار کند.
۲- تا زمانی که موتور موتور M1 راه اندازی نشود، امکان راه اندازی موتور M2 وجود نداشته باشد.
۳- با زدن شستی Start II با رعایت شرط شماره ۲ موتور M2 به‌صورت دائم کار کند.
۴- در هر لحظه که موتور M1 متوقف شود، موتور M2 نیز متوقف شود.
۵- با زدن شستی Stop هر دو موتور متوقف شوند.

اجرا: شکل ۲۰ اجرای برنامه در محیط نرم افزار و شکل ۲۱ سیم بندی و برنامه به زبان‌های Ladder و FBD را نشان می‌دهد.

با زدن شستی Start I ورودی I2 وصل و خروجی Q1 فعال خواهد شد. با توجه به اینکه از تابع Set / Reset استفاده شده است، Q1 به‌صورت دائم کار باقی می‌ماند.

با زدن شستی Start II به شرط اینکه Q1 از حالت فعال خارج نشده باشد، Q2 فعال خواهد شد.

با زدن شستی Stop، در هر حالت و هر زمان از برنامه، خروجی‌های Q1 و Q2 غیر فعال خواهند شد.

شرح عملکرد برنامه

با فشردن شستی Start1، که به ورودی I2 وصل است، خروجی Q1 تنظیم خواهد شد.

در این مرحله می‌توان با شستی Stop که به ورودی I1 متصل است، خروجی Q1 را سِت نمود و از ادامه اجرای برنامه جلوگیری کرد.

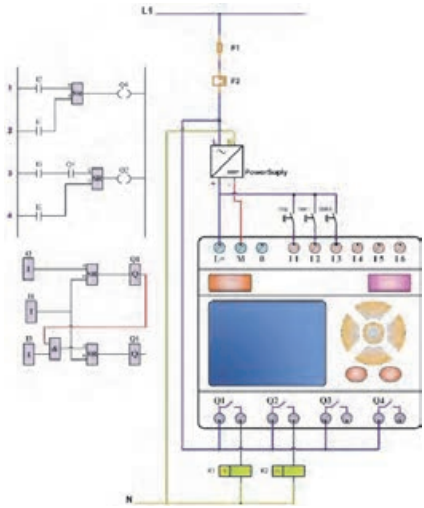
با فرض فشرده نشدن شستی Stop ، درصورتی که شستی Start2 فشرده شود، با توجه به اینکه در خط ۱ برنامه Q1 فعال شده است و کنتاکت آن به حالت بسته در آمده، دستور سِت به Q2 خواهد رسید.

در این مرحله نیز می‌توان با فشردن Stop هر دو خروجی Q1 و Q2 را سِت نمود.

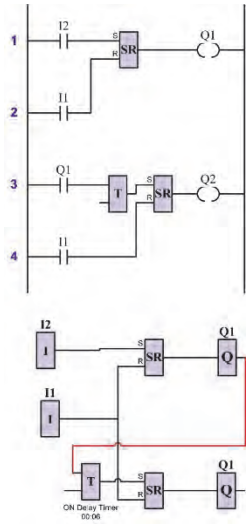
درصورتی که بخواهیم خط سوم برنامه بصورت خودکار انجام پذیرد، بگونه که خروجی Q2 پس از گذشت زمان t و پس از خروجی Q1 فعال شود، برنامه به‌صورت شکل تغییر خواهد کرد. در این صورت:

کنتاکت باز Q1 که در خط سه جهت سِت کردن تایمر تعبیه شده است، به‌محض فعال شدن Q1 بسته می‌شود و دستور سِت را به پایه سِت تایمر خواهد رساند. تایمری که در این برنامه استفاده شده (ON Delay Timer) است. به

این معنی که پس از گذشت زمان t از لحظه ست شدن، خروجی آن فعال خواهد شد. فعال شدن خروجی تایمر باعث فعال شدن Q2 خواهد شد.



شکل ۲۰- راه اندازی دو موتور، یکی پس از دیگری به‌صورت دستی



شکل ۲۱- راه اندازی دو موتور، یکی پس از دیگری به‌صورت خودکار با تایمر

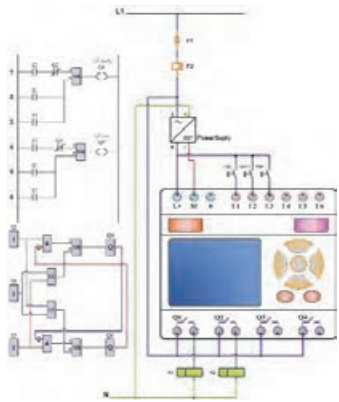
راه اندازی چپ گرد – راست گرد موتور سه فاز توسط رله‌های قابل برنامه ریزی

هدف: کنترل جهت چرخش موتور سه فاز توسط رله قابل برنامه ریزی.
پروژه کنترل، جهت چرخش موتورهای سه فاز به صورت‌های مختلف زیر قابل اجر است:
راه اندازی چپ گرد – راست گرد موتور سه فاز با حفاظت کامل: در این روش تغییر جهت چرخش موتور به شرطی امکان پذیر خواهد بود که شستی Stop فشرده شود و سپس یکی از شستی‌های راست‌گرد یا چپ گرد انتخاب شود. در این حالت تغییر جهت بلافاصله صورت نخواهد پذیرفت.
راه اندازی چپ گرد – راست گرد سریع موتور سه فاز: از آنجا که در این روش سرعت تغییر جهت چرخش مد نظر است، از این رو برنامه به‌گونه‌ای نوشته می‌شود که هرکدام از خروجی‌های چپ گرد یا راست گرد روشن با شد، اگر استارت دور عکس آن فشرده شود، موتور متوقف می‌شود و بلافاصله تغییر جهت دهد.
راه اندازی چپ گرد – راست گرد موتور سه فاز با تأخیر زمانی: در این حالت، بنا به موارد کاربرد، برنامه به‌گونه‌ای نوشته می‌شود که درصورت فشرده شده شدن استارت دور عکس، موتور متوقف می‌شود و بعد از تأخیر زمانی تعریف شده در برنامه در جهت عکس شروع به حرکت کند.
در این قسمت پروژه جهت اجرای روش دوم تعریف و اجرا می‌شود.

شرایط راه اندازی

۱- با زدن شستی راست گرد Star R ، در صورتی که موتور M1 در حالت متوقف باشد، موتور به‌صورت دائم در جهت عقربه‌های ساعت کار کند (راست-گرد) و در صورتی که قبلاً در حالت چپ گرد حرکت می‌کرد، بلافاصله متوقف شود وبه حالت راست گرد بچرخد.
۲- با زدن شستی چپ گرد Star L ، در صورتی که موتور M1 در حالت متوقف باشد، موتور به‌صورت دائم در جهت عکس عقربه‌های ساعت کار کند (چپ گرد) و در صورتی که قبلاً در حالت راست گرد حرکت می‌کرد، بلافاصله متوقف شود وبه حالت چپ گرد بچرخد.
۳- با زدن شستی Stop جهت چرخش به هر طرف که باشد، موتور M1 متوقف شود.
با زدن شستی Start R:
اگر موتور متوقف باشد، به‌صورت راست گرد خواهد چرخید.
اگر موتور به حالت چپ گرد در چرخش باشد، بلافاصله متوقف و راست گرد خواهد شد.

۴- با زدن شستی Start L:
اگر موتور متوقف باشد، به‌صورت چپ گرد خواهد چرخید.
اگر موتور به حالت راست گرد در چرخش باشد، بلافاصله متوقف و چپ گرد خواهد شد.
۵- با زدن شستی Stop جهت چرخش موتور به هر سمت که باشد، بلافاصله متوقف خواهد شد.



شکل ۲۲- راه اندازی چپ گرد – راست گرد

راه اندازی یک موتور سه فاز به صورت ستاره – مثلث

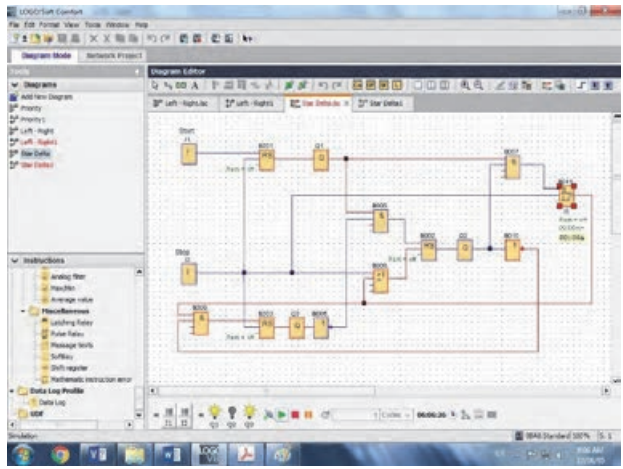
هدف: راه اندازی یک موتور سه فاز به‌صورت ستاره – مثلث خودکار با استفاده از رله تأخیری.

شرایط راه اندازی

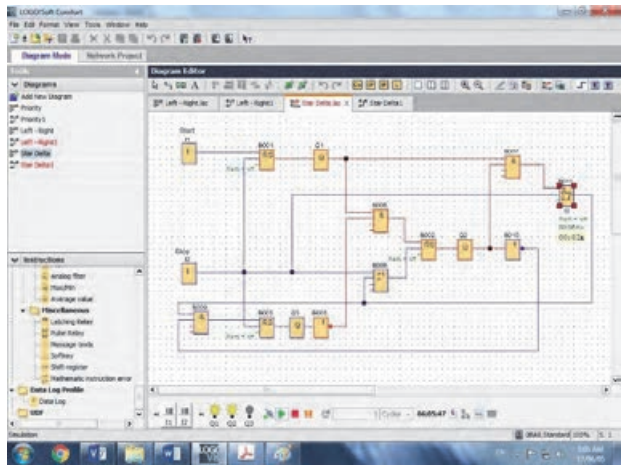
۱- با زدن شستی Start ، همزمان دو خروجی Q1 (رله اصلی) و Q2 (رله ستاره) روشن شود.
۲- هیچ‌گاه دو خروجی Q2 (ستاره) و Q3 (مثلث) نباید با هم فعال شوند.
۳- با فشردن شستی Stop هر سه خروجی Q1 و Q2 و Q3 (اصلی، ستاره و مثلث) غیر فعال گردند.

اجرا: شکل ۲۳ و ۲۴ اجرای برنامه به زبان FBD در محیط نرم افزار و شکل ۲۵ سیم بندی و برنامه به زبان های Ladder و FBD را نشان می‌دهد.
با زدن شستی Start خروجی Q1 و Q2 همزمان فعال می‌شود و موتور شروع به چرخش خواهد کرد. (شکل ۲۳)
با توجه به تایمر به‌کار رفته در برنامه و زمان تأخیر ۶ ثانیه سِت شده بر روی تایمر، خروجی Q2 پس از گذشت ۶ ثانیه، غیرفعال می‌شود و بلافاصله

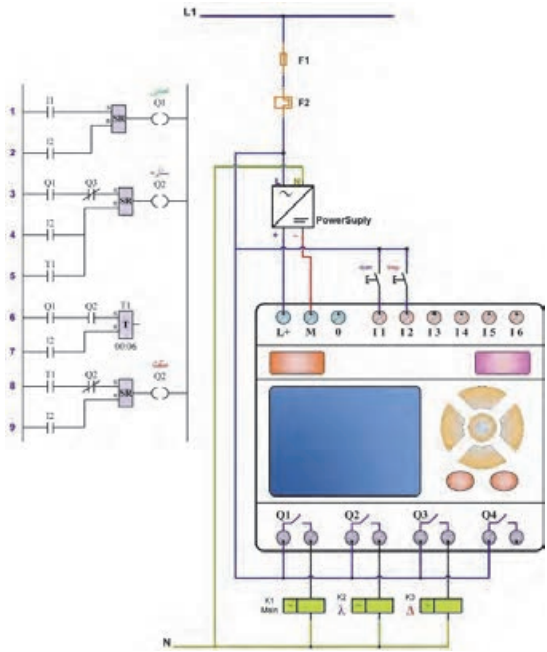
خروجیQ3 فعال خواهد شد. در این مرحله خروجی Q1 همچنان فعال است. (شکل ۲۴)
تا زمانی‌که شستی Stop فشرده نشده باشد، موتور در حالت مثلث کار خواهد کرد.



شکل ۲۳- راه اندازی ستاره - مثلث به زمان FBD (مرحله ستاره خروجی Q2 فعال گردیده است)



شکل ۲۴- راه اندازی ستاره - مثلث به زمان FBD (مرحله مثلث خروجی Q3 فعال گردیده است)



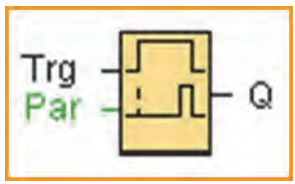
شکل ۲۵- راه اندازی ستاره – مثلث

انواع تایمر

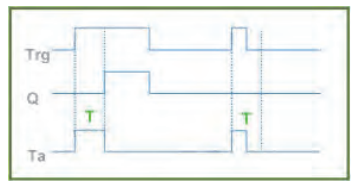
رله های قابل برنامه‌ریزی دارای تایمرهای متعددی به‌شرح زیرند:

۱- تایمر تأخیر در وصل (On Delay Timer):

با فعال شدن پایه Trg تایمر شروع به کار می‌کند و پس از گذشت زمان تنظیم شده Ta خروجی تایمر فعال می‌شود. در هر زمان، با قطع تحریک Trg ، خروجی صفر می‌شود و تایمر نیز متوقف می‌گردد. شکل زیر شمای گرافیکی این تابع را به همراه دیاگرام زمانی آن، نشان می‌دهد.



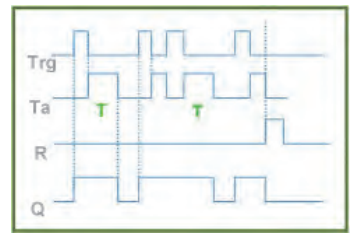
شکل ۲۷- شمای گرافیکی On Delay Timer



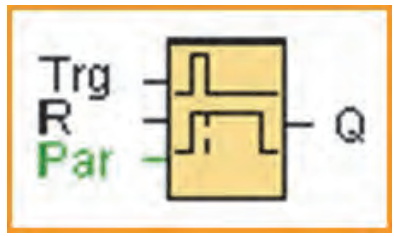
شکل۲ - دیاگرام زمانی On Delay Timer

۲- تایمر تأخیر در قطع (Off Delay Timer):

با فعال شدن پایه Trg خروجی بلافاصله فعال می‌شود. با صفر شدن Trg تایمر فعال می‌شود و پس از گذشت زمان تنظیمی Ta خروجی تایمر غیر فعال می‌گردد. در حین کارکرد، اگر ورودی Trg صفر و یک شود، زمان Ta مجدداً از اول شروع به شمارش خواهد شد. شکل زیر شمای گرافیکی این تابع را به همراه دیاگرام زمانی آن، نشان می‌دهد.



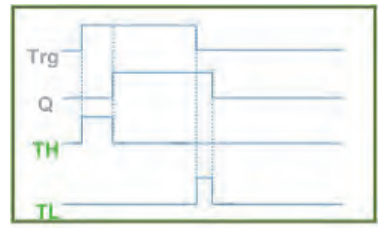
شکل ۲۸- دیاگرام زمانی Off Delay Timer



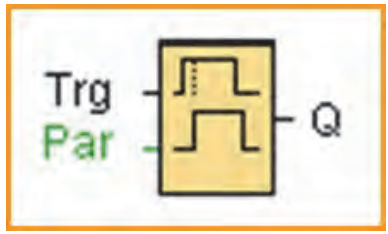
شکل ۲۹- شمای گرافیکی Off Delay Timer

۳- تایمر تأخیر در وصل و قطع (On / Off Delay Timer):

با فعال شدن پایه Trg خروجی پس از زمان TH فعال می‌شود و با صفر شدن پایه Trg خروجی پس از زمان TL غیر فعال می‌گردد. تنظیم دو زمان TH و TL توسط پایه Par امکان‌پذیر است. شکل زیر شمای گرافیکی این تابع را به همراه دیاگرام زمانی آن، نشان می‌دهد.



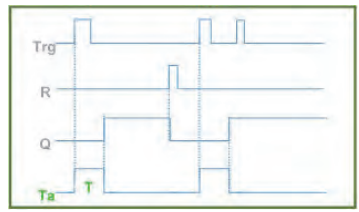
شکل ۳۰- دیاگرام زمانی On/Off Delay Timer



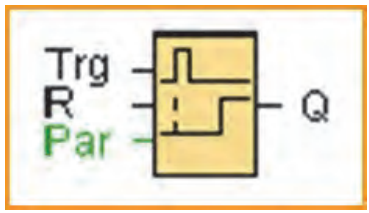
شکل ۳۱- شمای گرافیکی On/Off Delay Timer

۴- تایمر تأخیر در وصل ماندگار (Retentive On Delay Timer):

با فعال شدن پایهٔ Trg برای مدتی کوتاه، تایمر شروع به‌کار می‌کند و پس از گذشت زمان تنظیمی Ta خروجی تایمر فعال می‌گردد. در هر زمان با فعال شدن پایهٔ R خروجی صفر می‌شود و تایمر متوقف می‌گردد. شکل زیر شمای گرافیکی این تابع را به‌همراه دیاگرام زمانی آن، نشان می‌دهد.



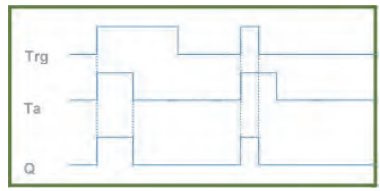
شکل ۳۲- دیاگرام زمانی Retentive On Delay Timer



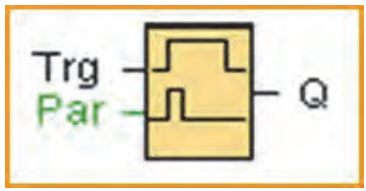
شکل ۳۳- شمای گرافیکی Retentive On Delay Timer

۵- تایمر پالسی (Wiping Relay (Pulse Output):

با فعال شدن پایه Trg خروجی همزمان فعال می‌شود و پس از گذشت زمان تنظیمی Ta خروجی غیر فعال می‌شود. اگر تحریک Trg قبل از اتمام مدت زمان Ta برداشته شود (صفر شود) ، خروجی همزمان صفر می‌شود و تایمر متوقف می‌شود. شکل زیر شمای گرافیکی این تابع را به همراه دیاگرام زمانی آن، نشان می‌دهد.



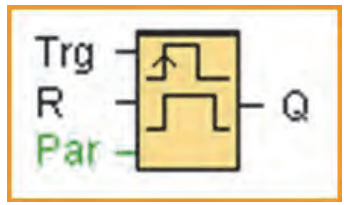
شکل ۳۴- دیاگرام زمانی Wiping Relay Timer



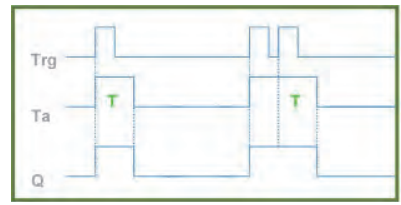
شکل ۳۵ - شمای گرافیکی Wiping Relay Timer

۶- تایمر پالسی با لبه راه‌انداز (Edge Trigged Wiping Relay (Pulse (Output):

این تابع با لبه بالا رونده ورودی Trg تعداد N پالس در خروجی خود ظاهر می‌کند. مدت زمان فعال بودن خروجی TL و مدت زمان غیر فعال بودن خروجی TH و تعداد پالس‌های تولیدی N از طریق پایه Par قابل تنظیم است. شکل زیر شمای گرافیکی این تابع را به‌همراه دیاگرام زمانی آن، نشان می‌دهد.



شکل ۳۷- شمای گرافیکی Edge Trigged Wiping Relay Timer



شکل ۳۶- دیاگرام زمانی Edge Trigged Wiping Relay Timer

ارزشیابی شایستگی راه‌اندازی موتورهای الکتریکی سه فاز

شرح کار

طراحی مدارهای فرمان و قدرت راه اندازی موتورهای سه فاز با کنتاکتور
پیاده سازی مدارهای فرمان و قدرت طراحی شده با کنتاکتور
طراحی مدارات کنترل موتورهای سه فاز در رله های قابل برنامه ریزی با استفاده از زبان برنامه نویسی Ladder و FBD
اجرای مدارات کنترل موتورهای سه فاز با PLC یا Mini PLC (LOGO)

استاندارد عملکرد:

هدف از اجرای آموزش های این فصل، توانمند سازی هنرجویان در تحلیل مدارهای قدرت و فرمان طراحی شده برای موتورهای سه فاز و کسب مهارت در طراحی برخی از مدارات قدرت و فرمان ساده می باشد که جهت راه اندازی و کنترل موتورهای سه فاز بکار برده می‌شوند.

شاخص‌ها

شناخت کامل تجهیزات برقی مورد نیاز بمنظور راه اندازی موتورهای سه فاز.
شناخت روش‌های راه اندازی و کنترل موتورهای سه فاز.
بکارگیری بهترین و مناسب ترین روش کنترل موتورهای سه فاز.

شرایط اجرای کار، ابزار و تجهیزات:

شرایط: کارگاه مجهز به برق
ابزار و تجهیزات:

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	طراحی مدارهای فرمان و قدرت راه اندازی موتورهای سه فاز با کنتاکتور	۲	
۲	اجرای مدارات کنترل موتورهای سه فاز با PLC یا Mini PLC (LOGO)	۱	
	شایستگی‌های غیر فنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی، و...	۲	
	میانگین نمرات		*

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