بسمه تعالی

جزوه و دستورکار

کارگاه مبانی مهندسی برق

گروه مهندسی بیوسیستم

دانشگاه بوعلی سینا

دانشکده کشاورزی

تهیه و تنظیم :

محمد ربانی

فهرست مطالب صفحه

۱- برق ساختمان ۱

۱-۱-مدار کلید تک پل: ۱
۱-۲-مدار کلید دوپل: ۱
۱-۳-مدار کلید تبدیل: ۲
۱-۴-لامپ مهتابی: ۳
۱-۵-مدارچراغ خواب ۴
۱-۶-تونل بسته ۵
۱-۷-تمرین های فصل یک ۷

۲- برق صنعتی ۹

۲-۱-نحوه تولید برق سه فاز در نیروگاه : ۹
۲-۲-ولتاژ خطی، جریان خطی، ولتاژفازی، جریان فازی ۱۱
۲-۳-ساختمان موتور سه فاز: ۱۱
۲-۴-نامگذاری سر سیمهای موتور سه فاز: ۱۲
۲-۵-راه اندازی موتور سه فاز(به صورت تئوری) : ۱۲
۲-۶-برخی روابط در اتصال ستاره و مثلث: ۱۳
۲-۷-تغییر جهت گردش موتور سه فاز: ۱۴
۲-۸-چه موقع از اتصال ستاره و چه موقع از اتصال مثلث استفاده می شود؟ ۱۴
۲-۹-راه اندازی موتور سه فاز به صورت عملی با کلیدهای دستی: ۱۵
۲-۱۰-اتصال موتور سه فاز در حالت ستاره به کلید سلکتوری ۱۶
۲-۱۱-اتصال موتور سه فاز به کلید سلکتوری ستاره، مثلث ۱۶
۲-۱۲-تست سالم بودن موتور سه فاز با مالتی متر: ۱۷
۲-۱۳-مدارهای قدرت و فرمان : ۱۷
۲-۱۴-آشنایی با برخی از اجزای مدار فرمان ۱۸
۲-۱۴-۱- شستی استوپ، استارت، استوپ و استارت دوبل ۱۸
۲-۱۴-۲-کنتاکتور ۲۰
۲-۱۴-۳-فیوز: ۲۳
۲-۱۴-۴-تایمر (رله زمانی): ۲۵
۲-۱۴-۵-لیمیت سوئیچها (سوئیچهای محدود کننده): ۲۶
۲-۱۵-مدارهای برق صنعتی: ۲۸
۲-۱۵-۱-راه اندازی موتور به صورت اتصال لحظه ای ۲۸
۲-۱۵-۲-راه اندازی موتور به صورت اتصال دائم ۳۰
۲-۱۵-۳-راه اندازی موتور به صورت اتصال لحظهای و دائم ۳۱

۲-۱۵-۴-چپ گرد – راستگرد ۳۲
۲-۱۵-۵-اتصال ستاره مثلث ۳۶
۲-۱۵-۶-اتصال ستاره مثلث خودکار (اتصال ستاره مثلث با استفاده از تایمر) ۳۷
طراحی مدار فرمان مناسب ۳۹
منابع ۴۴

فصل اول :

برق ساختمان

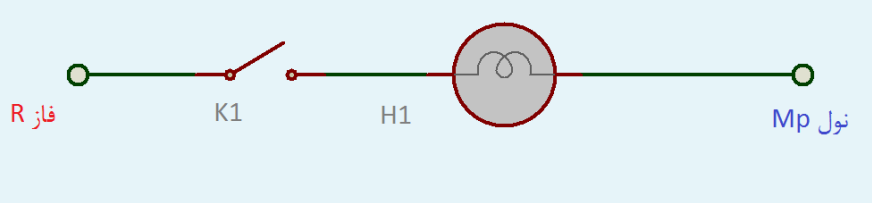
۱- برق ساختمان

۱-۱- مدار کلید تک پل:

نکات و رویه کار:

۱) فرض می‌کنیم جریان برق از سیم فاز به سمت سیم نول حرکت می‌کند.

۲) طبق فرض بالا، از سیم فاز به سمت سیم نول حرکت می‌کنیم و در حین حرکت سیم-کشی را انجام می‌دهیم. ابتدا کلید (K_1) و بعد لامپ (H_1)را در مسیر جریان قرار می‌دهیم.



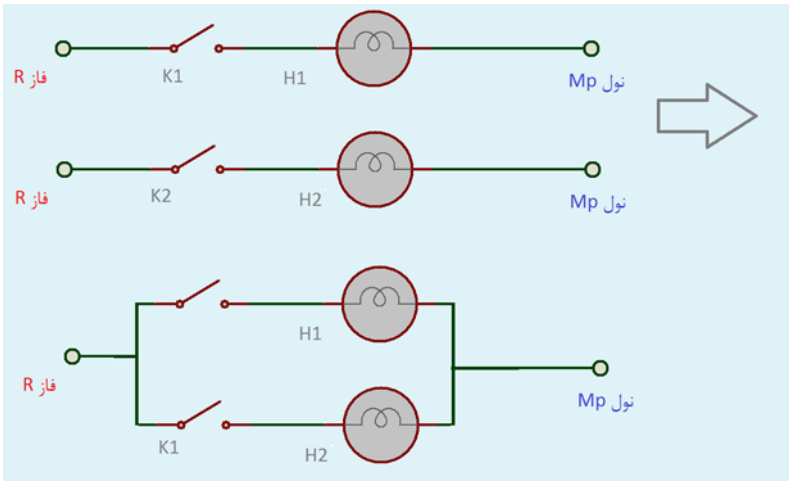
شکل ۱-۱- کلید تک پل

۱-۲- مدار کلید دوپل:

نکات و رویه کار:

۱) کلید دوپل ترکیب دو کلید تک پل است.

۲) طبق نکته بالا برای بستن مدار، تنها کافی است دو مدار کلید تک‌پل کنار هم رسم کرده و سیم های مشترک را بهم وصل کنیم (مانند شکل ۱-۲).

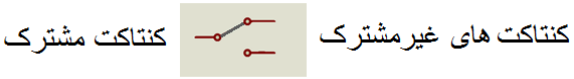


شکل ۱-۲- مدار کلید دوپل

۱-۳- مدار کلید تبدیل:

نکات و رویه کار:

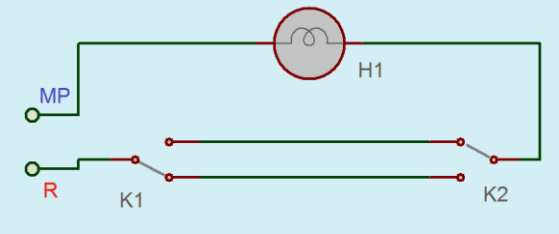
۱) کلید تبدیل برای کنترل یک یا گروهی از لامپ از دو نقطه بکار می‌رود. ساختمان آن مانند شکل زیر است. با زدن این کلید اتصال کنتاکت مشترک بین کنتاکت‌های غیرمشترک جابه‌جا می‌شود.



شکل ۱-۳- نمای فنی کلید تبدیل

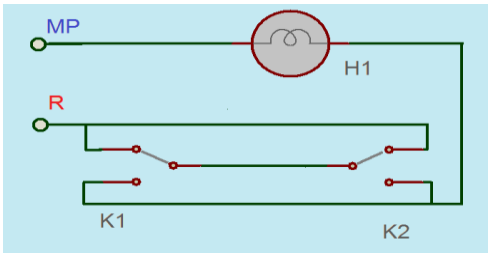
۲) مدار کلید تبدیل را می‌توان به سه صورت بست.

الف) حالت استاندارد : در این حالت کنتاکت‌های غیر مشترک دو کلید تبدیل را نظیر به نظیر به هم وصل می‌کنیم تا از مجموعه کلیدهای تبدیل ۲ پایه باقی بماند، حال با در نظر گرفتن آن پایه ها به عنوان کنتاکت‌های یک کلید معمولی، مانند مدار تک پل مدار را تکمیل می‌کنیم.



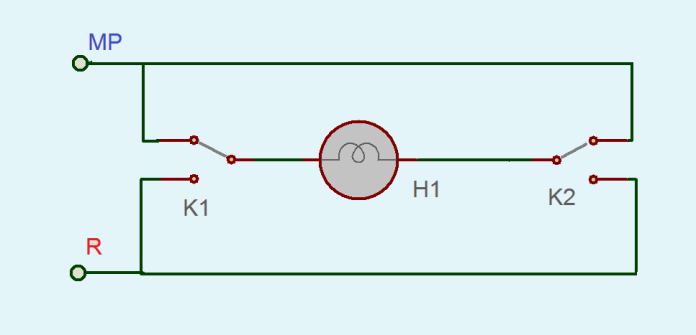
شکل ۱-۴- کلید تبدیل حالت استاندارد

ب) حالت صرفه‌ای : تمام پایه‌های دو کلید تبدیل را نظیر به نظیر به هم وصل می‌کنیم سپس با در نظر گرفتن پایه‌های غیر مشترک دو کلید تبدیل به عنوان کنتاکت‌های یک کلید معمولی، مانند مدار تک پل مدار را تکمیل می‌کنیم.



شکل ۱-۵- کلید تبدیل حالت صرفه‌ای

ج)حالت بازاری: این روش غیر فنی و غیر استاندارد است، ولی سیم‌کش‌ها برای صرفه‌جویی در مصرف سیم و کاهش هزینه از آن استفاده می‌کنند. در این روش لامپ به پایه‌های مشترک دو کلید، سیم فاز به یکی از پایه‌های غیر مشترک در هر دو کلید و سیم نول هم به پایه‌هایغیر مشترک باقیمانده از دو کلیدوصل می‌شوند.



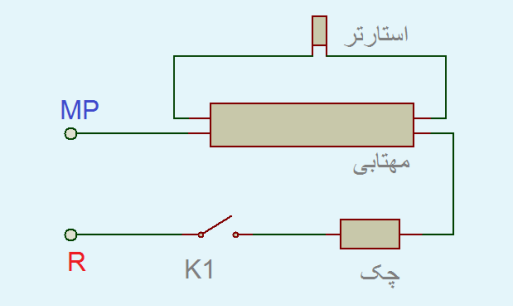
شکل ۱-۶- کلید تبدیل حالت بازاری

۱-۴- لامپ مهتابی:

نکات و رویه کار:

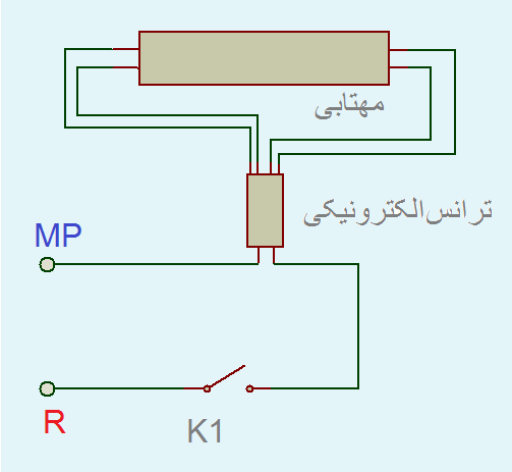
۱) برای روشن شدن لامپ مهتابی نیاز به دو وسیله کمکی چک (ترانس مهتابی) و استارتر (راه-اندازخودکار) است. چک در حقیقت یک سلف (سیم‌پیچ) بوده که کار آن در مدار ایجاد ولتاژ اولیه بالا و سپس محدود کردن جریان است. لامپ مهتابی در ابتدای روشن شدن، علاوه بر ولتاژ بالا نیاز به حرارت اولیه بالا نیز دارد که این حرارت اولیه با استارتر تامین می‌شود.

۲) یک لامپ مهتابی دارای ۴ کنتاکت است. برای بستن مدار لامپ مهتابی کافی است استارتر را به دو کنتاکت مقابل لامپ وصل کنیم(تا از لامپ مهتابی ۲ پایه (کنتاکت) باقی بماند). حال با در نظر گرفتن این نکته که چک بعد از کلید قرار می‌گیرد مدار را مانند مدار کلید تک‌پل کامل می‌کنیم.



شکل ۱-۷- مدار مهتابی با ترانس معمولی

۳) نوع دیگری از مدار لامپ مهتابی وجود دارد که در آن به جای چک و استارتر از ترانس الکترونیکی استفاده می‌شود(مانند لامپ کم‌مصرف). ترانس الکترونیکی دارای ۶ پایه بوده که ۴ پایه آن در یک طرف و دو پایه بعدی در طرف دیگر آن است.برای بستن مدار کافی است آن چهار پایه ترانس را به چهار پایه مهتابی متصل کنیم(مانند شکل زیر) حال که از ترانس ۲ پایه باقی مانده، با در نظر گرفتن آن پایه ها به عنوان کنتاکت‌های یک لامپ معمولی، مانند مدار تک پل مدار را تکمیل می‌کنیم.



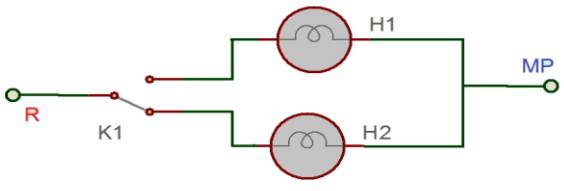
شکل ۱-۸- مدار مهتابی با ترانس الکترونیکی

۱-۵- مدارچراغ خواب

نکات و رویه کار:

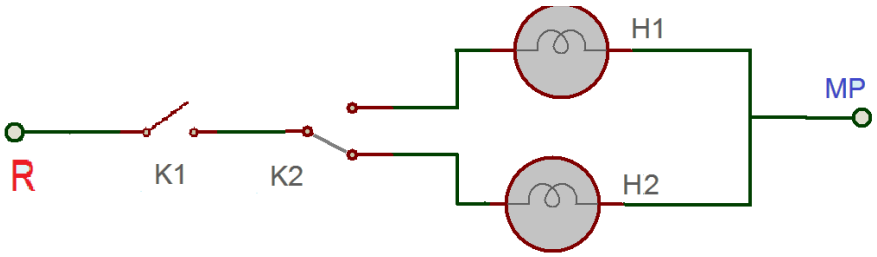
۱) این مدار باید طوری باشد تا با یک کلید که نزدیک درب اتاق قرار دارد بتوان لامپ اصلی (لامپ روی سقف) را روشن کرد سپس با کلید دیگری که نزدیک تخت خواب قرار دارد بتوان لامپ اصلی را خاموش و چراغ خواب را روشن کرد و یا به عکس لامپ اصلی را روشن و چراغ خواب را خاموش کرد (سوئیچ کردن بین لامپ اصلی و چراغ خواب).

برای سوئیچ کردن بین دو لامپ می‌توان از کلید تبدیل به صورت شکل ۱-۹ استفاده کرد.



شکل ۱-۹- نحوه ی استفاده از کلید تبدیل برای سوئیچ کردن بین دو لامپ

۲) برای بستن مدار چراغ خواب کافی است در مدار بالا قبل از کلید تبدیل یک کلید تک پل قرار دهیم.



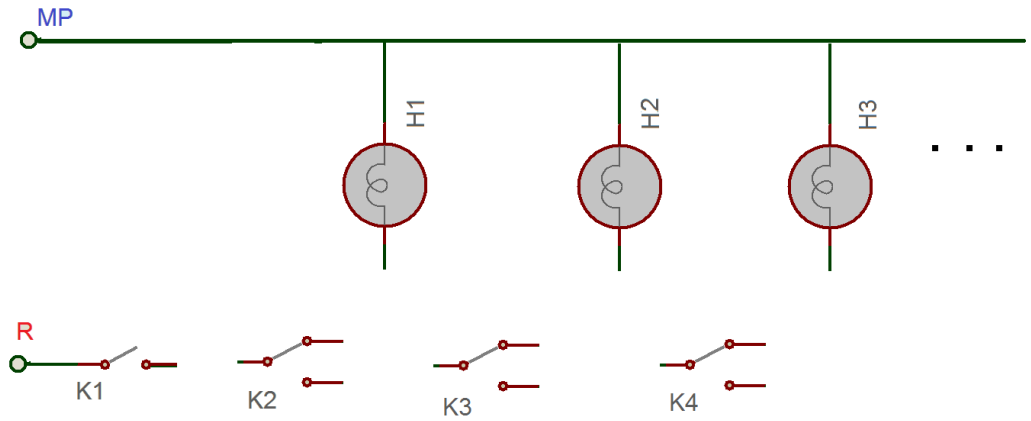
شکل ۱-۱۰- مدار اتاق خواب

۱-۶- تونل بسته

این مدار به صورت تمرین داده می‌شود. فرض کنید بخواهیم مدار یک تونل طویل بسته را با ویژگی‌های زیر ببندیم :

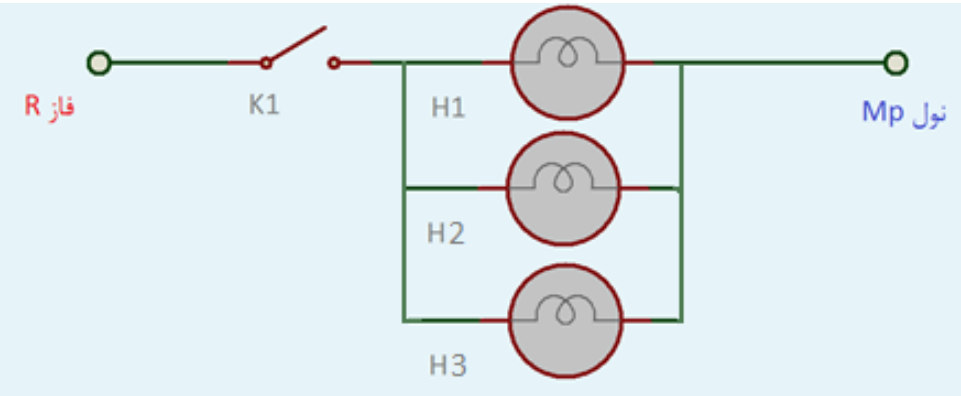
هنگامی که وارد تونل شدیم با یک کلید تک‌پل لامپ پیش روی خود (لامپ اول) را روشن می‌کنیم سپس حرکت کرده و لامپ را پشت سر می‌گذاریم حال با یک کلید تبدیل آن لامپ را خاموش و لامپ دوم که پیش رویمان قرار دارد را روشن می‌کنیم به همین ترتیب پیش رفته و لامپ دوم را خاموش و لامپ سوم را روشن می‌کنیم و همین طور ادامه می‌دهیم تا اینکه به انتهای تونل برسیم. در زمان برگشت نیز باید مانند قبل لامپ‌های جلویی را روشن و لامپ‌های پشت سر را خاموش کنیم.

راهنمایی : مدار چراغ خواب مدار تونل بسته برای دو لامپ است آن را برای تعداد سه و بیشتر لامپ تعمیم دهید.



شکل ۱-۱۱- مدار تونل بسته

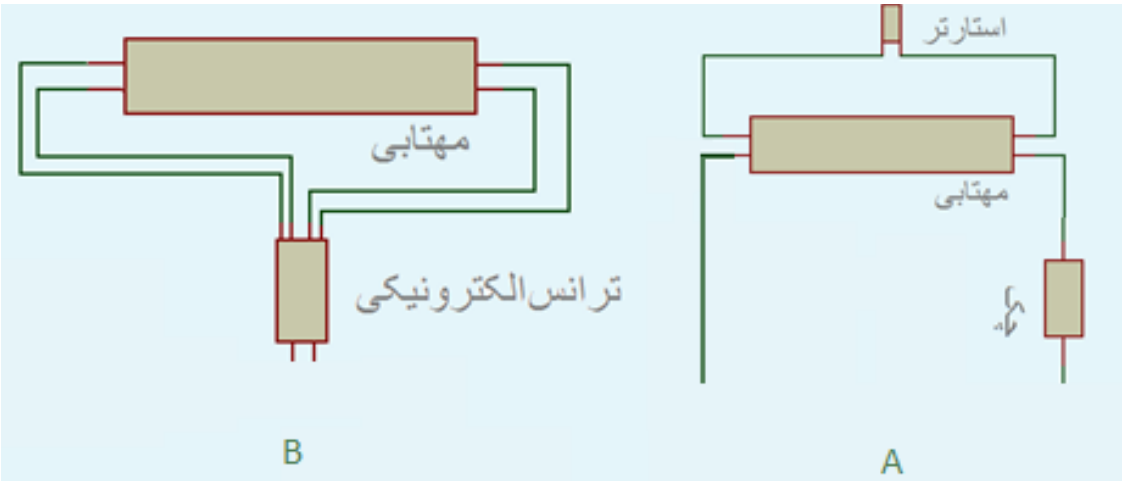
نکته : برای کنترل چند لامپ با یک کلید تک‌پل لامپ‌ها باید مانند شکل ۱-۱۲ به صورت موازی به هم متصل شوند تا ولتاژ هرلامپ همان ۲۲۰ ولت (ولتاژ نامی لامپ) باقی بماند.



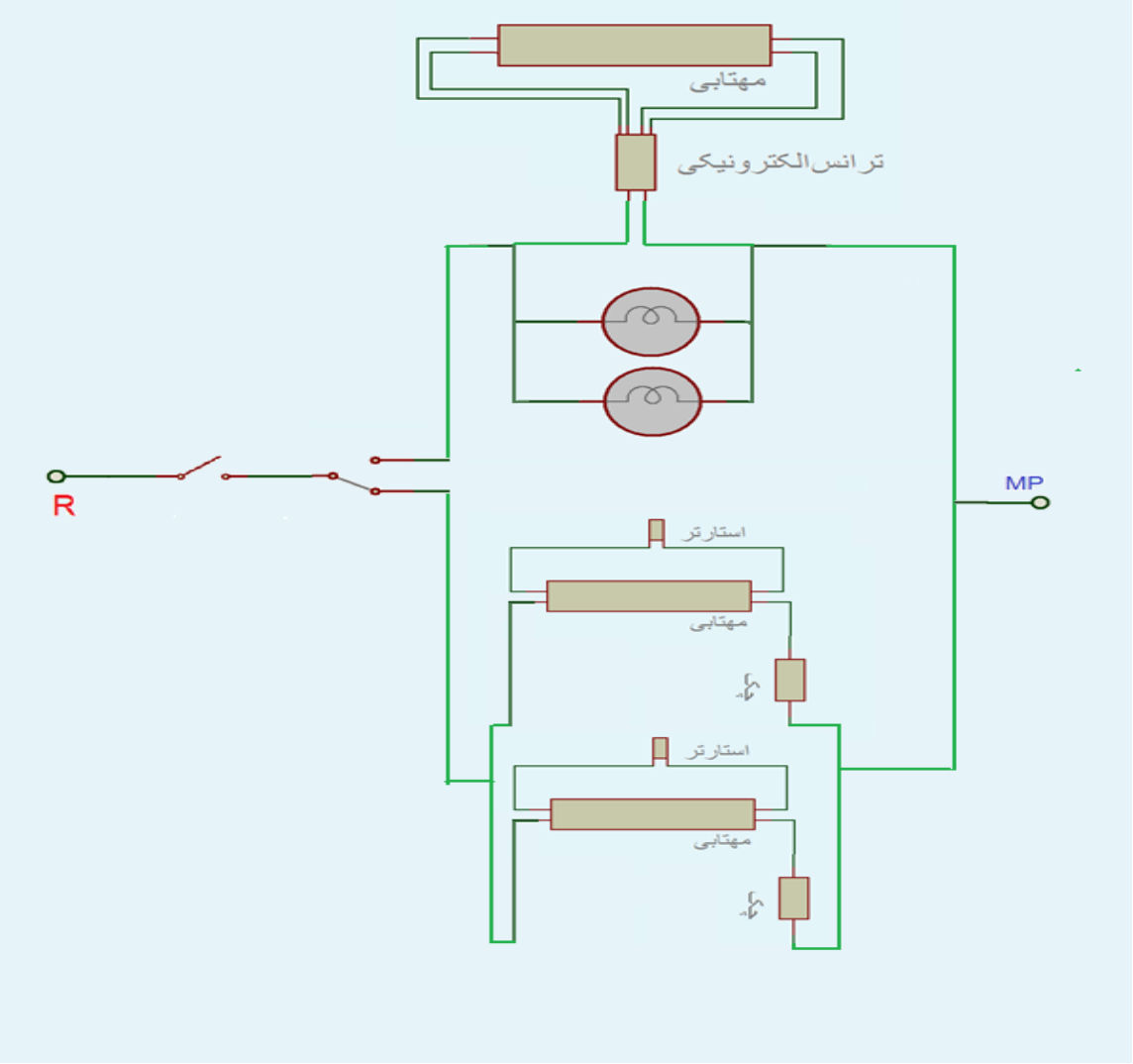
شکل ۱-۱۲- کنترل چند لامپ با یک کلید

مثال ۱ : مدار اتاق خواب را با دو لامپ مهتابی با ترانس معمولی و سه چراغ خواب که یکی از آنها لامپ مهتابی با ترانس الکترونیکی است رسم کنید.

برای رسم این‌گونه مدارها اولا خونسردی خود را حفظ کنیم ثانیا تنها کافی است یک لامپ مهتابی معمولی و یک لامپ مهتابی الکترونیکی (شکل ۱-۱۳) را به خاطر بسپاریم و طبق صورت مسئله انها را با لامپ معمولی جایگزین کنیم و اگر به جای یک لامپ بخواهیم از چند لامپ استفاده کنیم آنها را به صورت موازی قرار دهیم.



شکل ۱-۱۳- الف) یک مهتابی معمولی ب) یک مهتابی الکترونیکی



شکل ۱-۱۴- حل مثال ۱

۱-۷- تمرین های فصل یک

۱) مدار کلید دوپل را طوری رسم کنید تا با یک کلید سه لامپ معمولی و با کلید دیگر دو لامپ مهتابی الکترونیکی روشن شود.

۲) مدار کلید تک‌پل را با سه لامپ مهتابی معمولی رسم کنید.

۳) مدار تبدیل حالت استاندارد را با یک لامپ مهتابی معمولی رسم کنید.

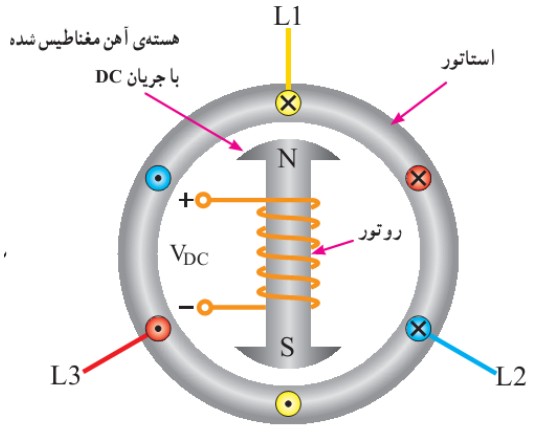
فصل دوم :

برق صنعتی

۲- برق صنعتی

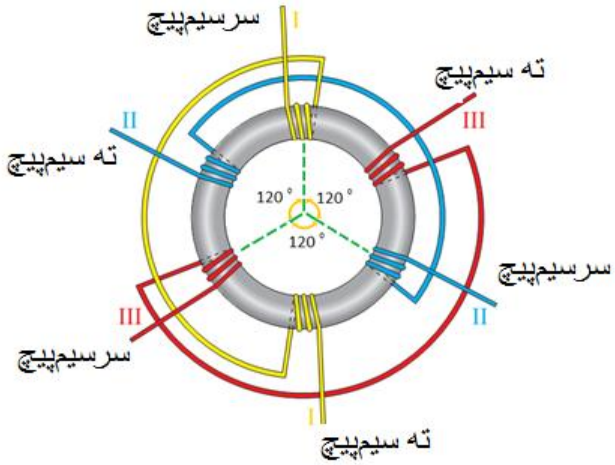
۲-۱- نحوه تولید برق سه‌فاز در نیروگاه :

برق سه فاز در نیروگاه توسط مولد (ژنراتور) تولید می‌شود. مولد از دو قسمت روتور و استاتور تشکیل شده‌است. روتور قسمت گردنده مولد است که از یک هسته آهنی شیاردار تشکیل شده و توسط یک سیم‌پیچ با جریان DC آهنربا می‌شود (شکل ۲-۱).



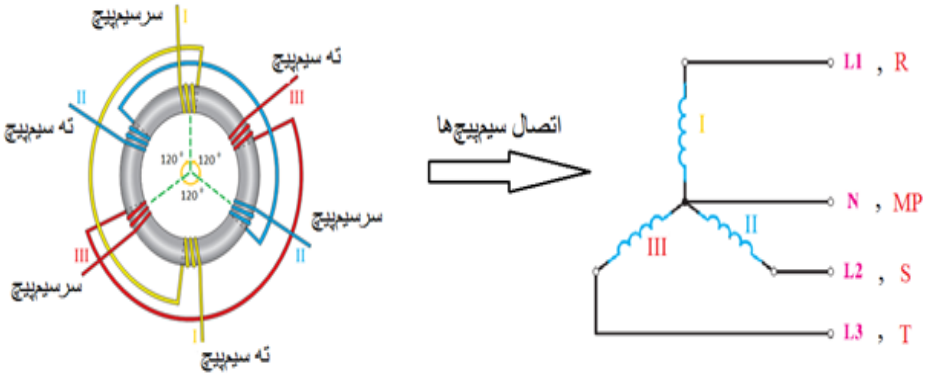
شکل ۲-۱- مولد

استاتور قسمت ثابت مولد است که از یک هسته آهنی شیاردار ثابت تشکیل شده و دور آن سه سیم‌پیچ به صورت شکل ۲-۲ پیچیده شده‌است.



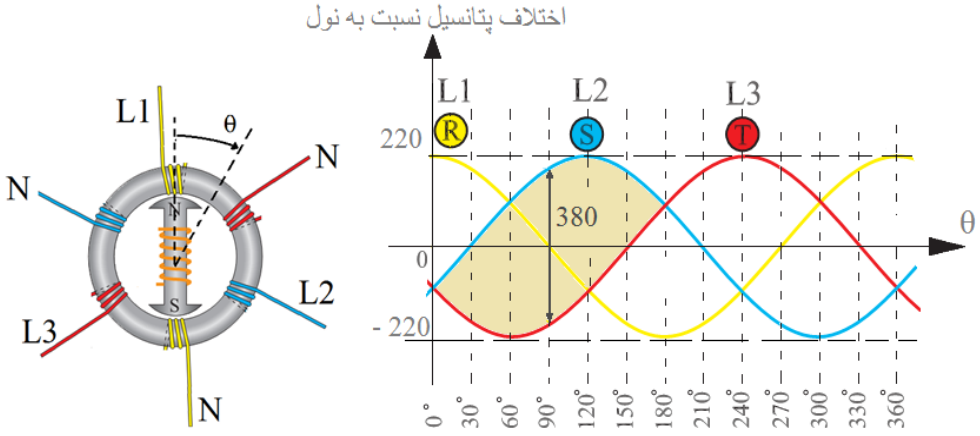
شکل ۲-۲- استاتور

انتهای سه سیم‌پیچ پیچیده شده به دور استاتور را به هم متصل می‌کنند و سیم نول را از آن می‌گیرند. سه سر باقیمانده از سه سیم‌پیچ را در استاندارد قدیم (VDE) به ترتیب R ، S و T می‌نامند و در استاندارد جدید (IEC) L1 ، L2 و L3 . به این نحوه‌ی اتصال سیم‌پیچ‌ها یعنی اتصال سه انتهای سیم‌پیچ‌ها به هم اتصال ستاره گویند. پس در مولد سیم‌پیچ‌های استاتور با اتصال ستاره به هم متصل هستند (شکل ۲-۳).



شکل ۲-۳- نحوه اتصال سیم‌پیچ‌های مولد

با گردش روتور درون استاتور بین دوسر سه سیم‌پیچ مولد اختلاف پتانسیل اعمال می‌شود. نمودار اختلاف پتانسیل نسبت به سیم نول در مقابل گردش θ درجه روتور از حالت قائم به صورت زیر است.

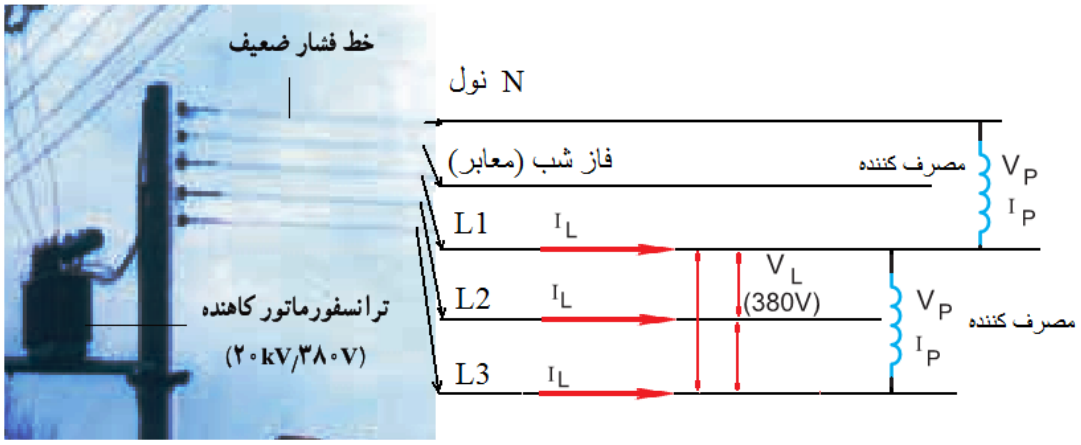


شکل ۲-۴- نمودار ولتاژ سیم‌های فاز نسبت به گردش روتور

مشاهده می‌شود که در شبکه فشار ضعیف برق کشور بیشترین اختلاف ولتاژ بین هر دو سیم فاز ۳۸۰ ولت و بین هر فاز و نول ۲۲۰ ولت است.

۲-۲- ولتاژ خطی، جریان خطی، ولتاژفازی، جریان فازی

شکل۲-۵ سیم‌های یک تیر برق (خط فشار ضعیف) را نشان می‌دهد.



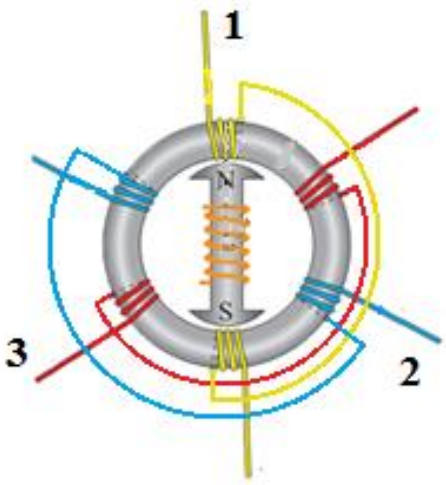
شکل ۲-۵- خط فشار ضعیف

ولتاژ خطی (V_L) : ولتاژ بین هر دو سیم فاز.جریان خطی (I_L) : جریان گذرنده از هر سیم فاز.

ولتاژ فازی (V_P) : ولتاژ دو سر هر مصرف‌کننده. جریان فازی (I_p) : جریان گذرنده از هر مصرف کننده.

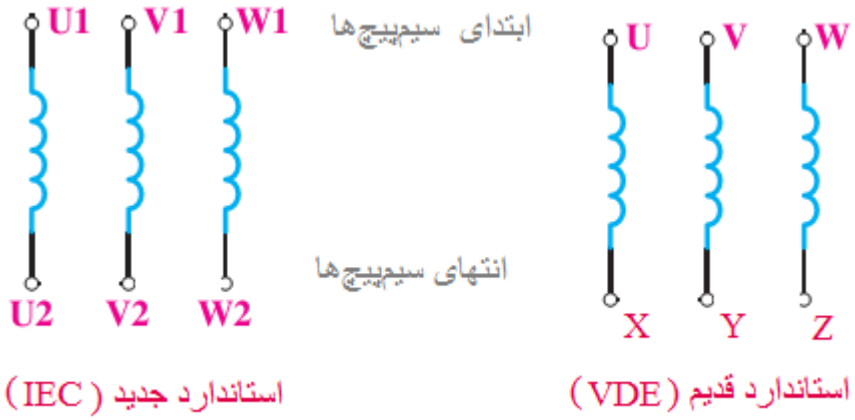
۲-۳- ساختمان موتور سه‌فاز:

ساختمان موتور سه‌فاز درست همانند مولد سه‌فاز است با این تفاوت که در روتور جریان DC نداریم و روتور توسط جریان استاتور و القاءهای ناشی از آن تبدیل به آهنربا می‌شود.



شکل ۲-۶- ساختمان موتور سه‌فاز

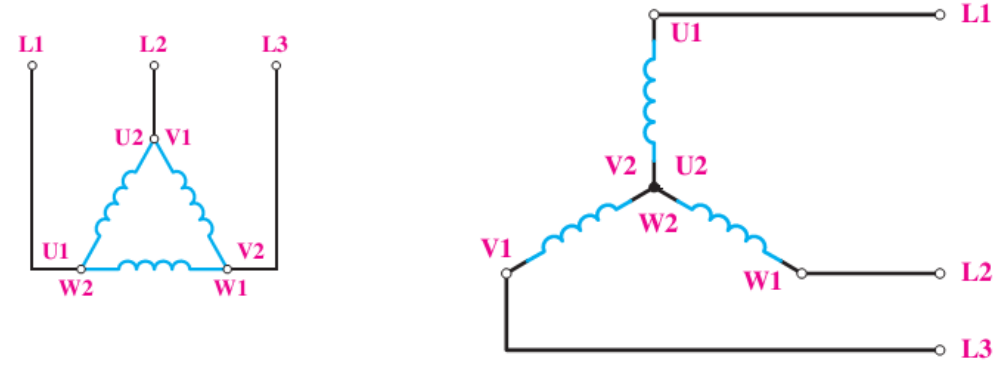
۲-۴- نامگذاری سر سیم‌های موتور سه‌فاز:



شکل ۲-۷- نامگذاری سر سیم‌های موتور سه‌فاز

۲-۵- راه‌اندازی موتور سه‌فاز(به صورت تئوری) :

با توجه به اینکه موتور سه فاز دارای ۶ محل اتصال (سر و انتهای سه سیم‌پیچ) است اما برق سه فاز دارای سه محل اتصال (L1,L2,L3)، پس باید به روش(ها) ی ۶ محل اتصال موتور را به سه محل اتصال تبدیل کرد تا با اتصال آنها به سه رشته سیم برق سه فاز موتور راه‌اندازی شود.دو روش استاندارد برای این کار (تبدیل ۶ محل اتصال به ۳ محل اتصال) بستن سه سیم‌پیچ موتور در حالت اتصال ستاره (λ) و حالت اتصال مثلث (Δ) است.



شکل ۲-۸ - اتصال ستاره و اتصال مثلث در موتور سه‌فاز

دقت کنیم که در اتصال ستاره سه انتها یا سه ابتدای سیم‌پیچ‌ها به هم متصل می‌شوند و در اتصال مثلث ابتدای هر سیم پیچ به انتهای سیم‌پیچ بعدی.

۲-۶- برخی روابط در اتصال ستاره و مثلث:

الف) در االتصال ستاره :

$$V_L = \sqrt{3}\ V_P$$

$$I_L = I_P$$

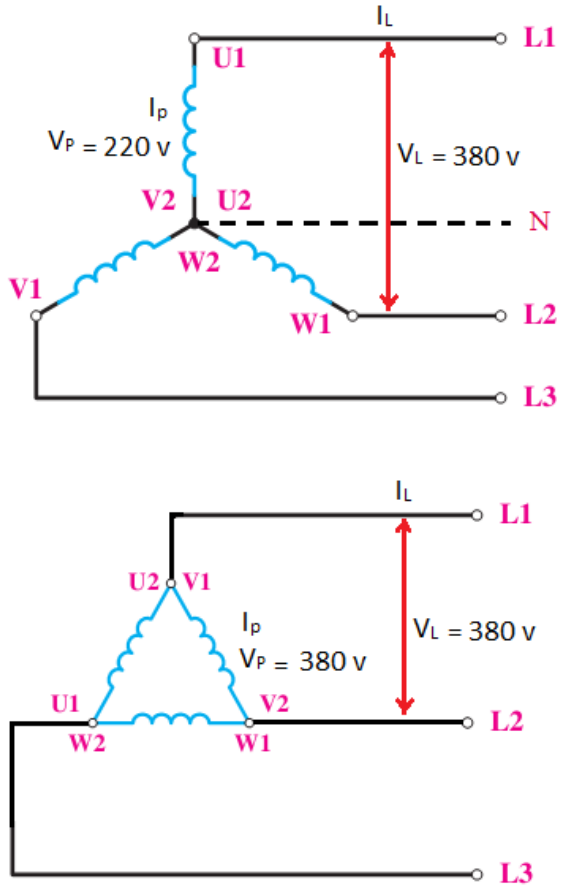
ب) در اتصال مثلث :

$$V_L = V_P$$

$$I_L = \sqrt{3}\ I_P$$

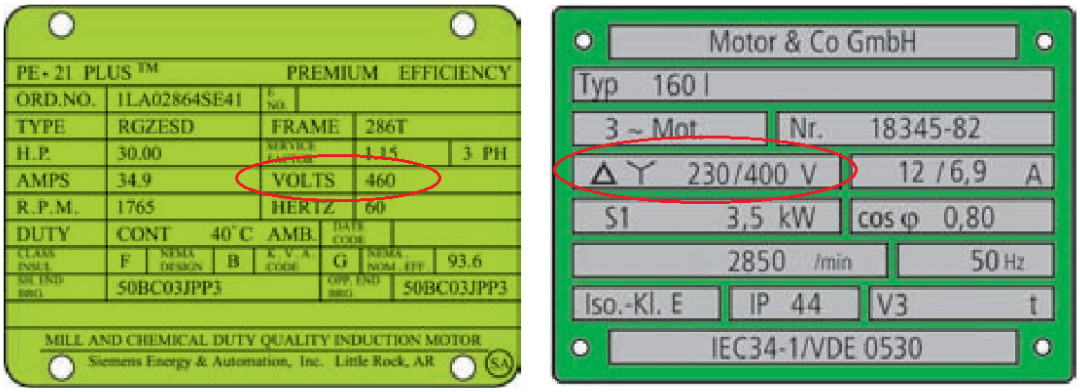
پ) توان حالت مثلث سه برابر حالت ستاره است.

$$P_\Delta = 3\ P_\lambda$$



شکل ۲-۹

نکته : توان نامی (اسمی)، جریان نامی، دور نامی و ولتاژ نامی توان، جریان، دور و ولتاژ ی هستند که روی پلاک مشخصات موتور (و یا هر وسیله دیگر) ذکر می‌شوند. این مقادیر ماکزیمم مقادیر تحملی یا تحویلی آن موتور هستند. باید دقت کرد که ولتاژ نامی حک شده روی هر موتور برای حالت ستاره بیشتر از ۲۲۰ ولت و برای حالت مثلث بیشتر از ۳۸۰ ولت باشد. چون با توجه به شکل ۲-۹ در حالت مثلث به هر سیم‌پیچ موتور ۳۸۰ ولت اعمال می‌شود و باید موتور تحمل این ولتاژ را داشته باشد و نیز در حالت ستاره موتور باید تحمل ۲۲۰ ولت را داشته باشد. برای مثال در شکل ۲-۱۰ پلاک دو موتور آورده شده با توجه به آنها می‌توان دریافت که موتور الف را نمی‌توان در حالت مثلث بکار بست چون این موتور در حالت مثلث حداکثر ۲۳۰ ولت را تحمل می‌کند.

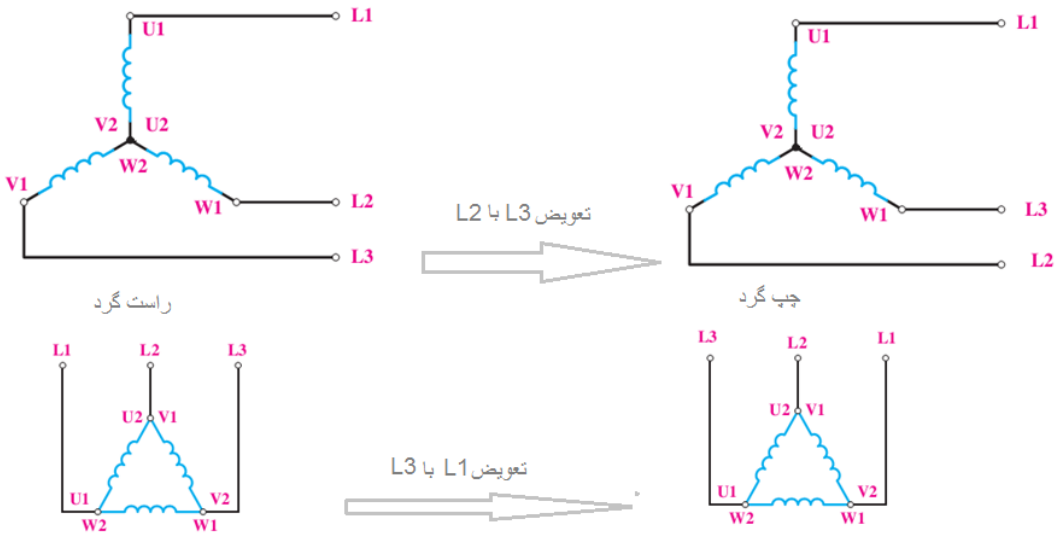


الف ب

شکل ۲-۱۰

۲-۷- تغییر جهت گردش موتور سه‌فاز:

با اتصال موتور در حالت ستاره یا مثلث موتور در یک جهت گردش می‌کند. برای تغییر جهت گردش موتور تنها کافی است جای دو سیم فاز را با هم عوض کرد. مثلا :



شکل ۲-۱۱- تغییر جهت گردش موتور سه‌فاز

۲-۸- چه موقع از اتصال ستاره و چه موقع از اتصال مثلث استفاده می‌شود ؟

در صورتی که بتوان موتور را در هر دو حالت بست، با توجه به اینکه توان حالت مثلث سه برابر توان حالت ستاره است، سعی بر این است که به صورت مثلث بسته‌شوند.

موتورهای با توان کمتر از 4KW را می‌توان مستقیما در حالت مثلث وارد مدار کرد چون روتورشان سبکتر است و زودتر به دور نامی می‌رسند اما موتورهای با توان بالاتر مساوی 4KWچون روتور آنها سنگین است و دیرتر به دور نامی می‌رسند، اگر مستقیما در حالت مثلث وارد مدار شوند تا زمانی که به دور نامی برسند ۴ الی ۷ برابر جریان نامیشان جریان می‌کشند و می‌سوزند یکی از راه‌های جلوگیری از این امر قرار دادن موتور ابتدا به صورت ستاره و بعد از رسیدن به دور نامی در حالت مثلث است.

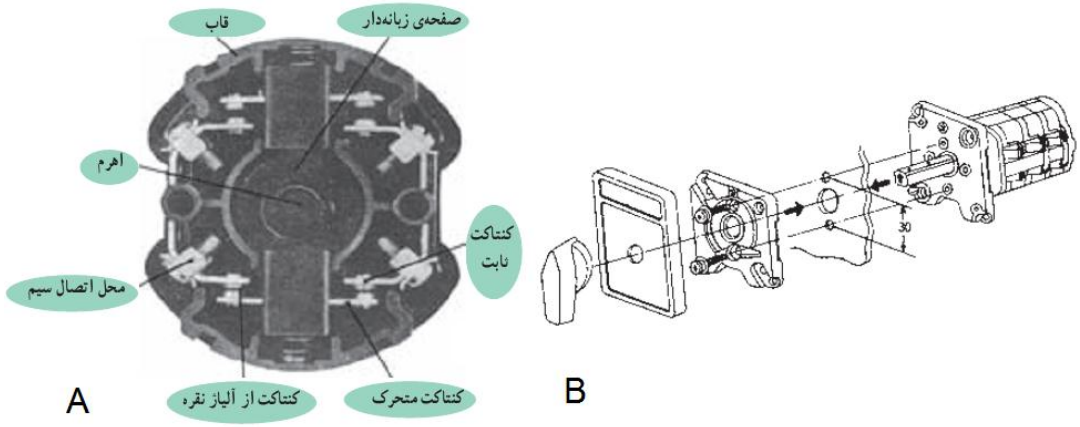
پس به طور خلاصه : اگر بتوان موتور را در هر دو حالت بست برای توان کمتر از 4KW اتصال مثلث و برای توان بالاتر مساوی 4KW ابتدا ستاره و بعد مثلث استفاده می‌شود.

۲-۹- راه‌اندازی موتور سه‌فاز به صورت عملی با کلیدهای دستی:

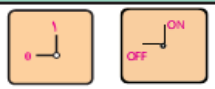
در عمل برای راه‌اندازی موتور سه فاز باید تمامی اتصالات به طور همزمان برقرار شوند در غیر این صورت موتور آسیب می‌بیند. به همین منظور کلیدهایی ساخته شده که با تحریک دست تمامی اتصالات را به طور همزمان برقرار می‌کنند و نیز کلیدهایی که با تحریک مغناطیسی اتصالات را به طور همزمان برقرار می‌کنند (کنتاکتور ها). انواع مختلفی از کلیدهای دستی وجود دارد که نوع زبانه-ای (سلکتوری) آن معمول‌تر است.

در ساختمان کلیدهای سلکتوری استوانه‌ای وجود دارد که به یک اهرم دستی متصل است و با حرکت دادن اهرم استوانه حول محور خود گردش می‌کند بر روی استوانه صفحات زبانه‌داری وجود دارد که با گردش استوانه زبانه‌ها بالا و پایین رفته و کنتاکت‌های متحرک (پلاتین) را به کنتاکت‌های ثابت وصل و یا از آن‌ها قطع می‌کنند (شکل ۲-۱۲). کلیدهای سلکتوری در انواع توکار و روکار ساخته می‌شوند.

کلیدهای دستی بر اساس کاربرد انواع مختلفی دارند که برخی از آنها در جدول ۲-۱ آورده شده است.



شکل ۲-۱۲- ساختمان کلید سلکتوری (**A**) ، شکل ظاهری (**B**)

نام کلید	تصویر
قطع و وصل ساده (۱ ــ ۰)	
معکوس کننده‌ی جهت گردش موتور (چپ‌گرد، راست‌گرد) (۲ ــ ۰ ــ ۱)	
ستاره ــ مثلث (Δ ـ ⅄ ـ ۰)	
ستاره ــ مثلث، چپ‌گرد، راست‌گرد (Δ ـ ⅄ ـ 0 ـ ⅄ ـ Δ)	

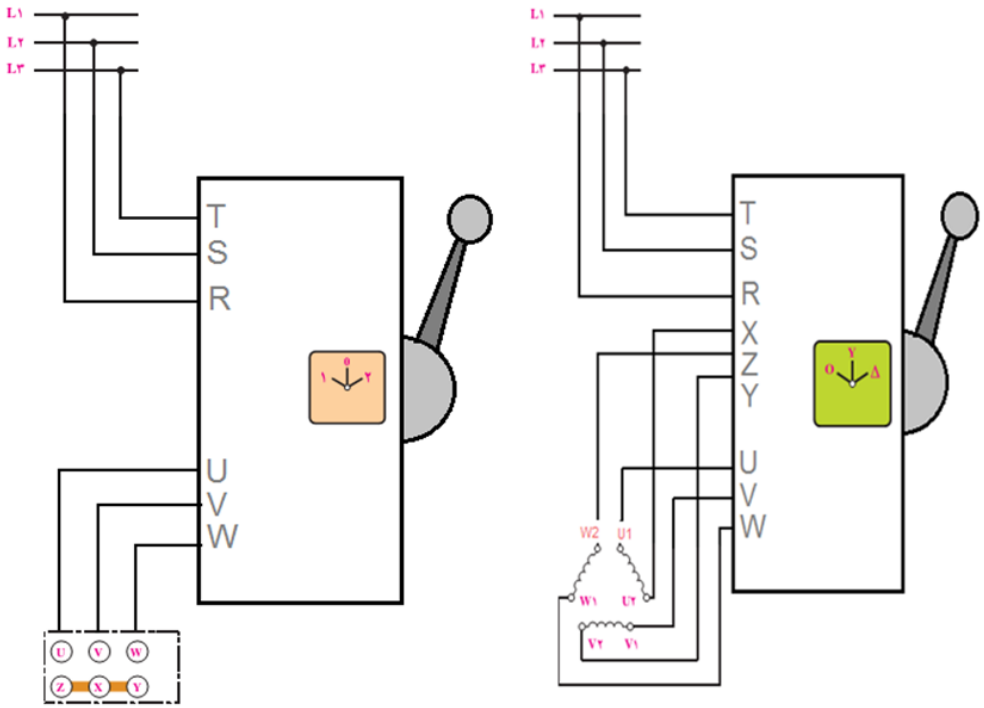
جدول ۲-۱- انواع کلیدهای دستی بر اساس کاربرد

۲-۱۰- اتصال موتور سه‌فاز در حالت ستاره به کلید سلکتوری چپ گرد، راست گرد

برای این کار کافی است سه انتهای سیم X,Y,Z از موتور را به هم وصل کرده، R,S,T و U,V,W هم به محل‌های مشخص شده در کلید وصل کرد (شکل ۲-۱۴).

۲-۱۱- اتصال موتور سه‌فاز به کلید سلکتوری ستاره، مثلث

برای این کار تنها کافی است تمامی اتصالات را به محل‌های مشخص شده در کلید متصل کرد(شکل۲-۱۳).



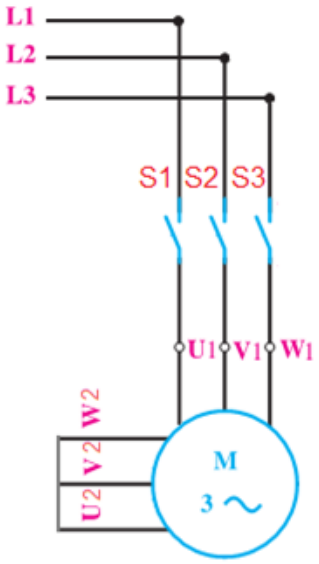
شکل ۲-۱۳ شکل ۲-۱۴

۲-۱۲- تست سالم بودن موتور سه‌فاز با مالتی‌متر:

برای این کار مالتی متر را در حالت اهم متر قرار می‌دهیم با اتصال دو پراب مالتی‌متر به دو سر هر یک از سه سیم‌پیچ موتور اهم‌متر باید مقدار مقاومتی را نمایش دهد و در غیر این صورت هیچ مقاومتی را نمایش ندهد.

۲-۱۳- مدارهای قدرت و فرمان :

به شکل روبه‌رو (شکل ۲-۱۵) دقت کنیم چون U2,V2,W2 به هم متصل هستند موتور در حالت اتصال ستاره قرار دارد. با اتصال همزمان کلیدهای S1,S2,S3 موتور روشن خواهد شد. برای این اتصال همزمان علاوه بر استفاده از کلیدهای دستی روش اتصال اتوماتیک نیز وجود دارد. یکی از روشهای اتصال اتوماتیک استفاده از کنتاکتوراست.

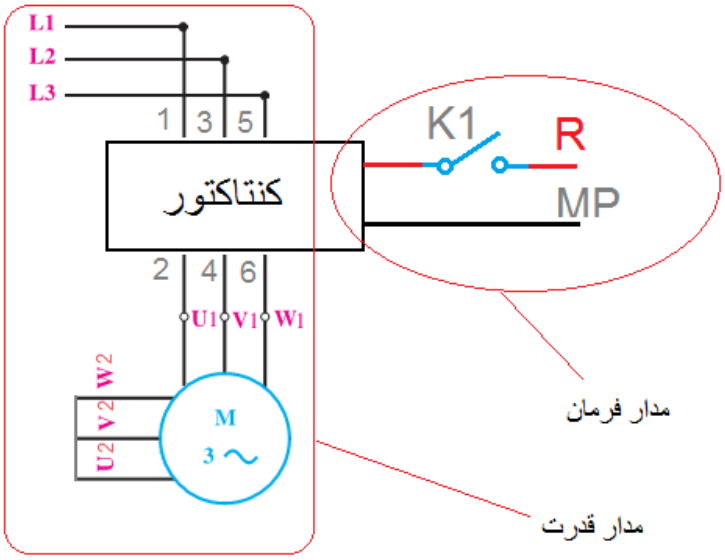


شکل ۲-۱۵

کنتاکتور قطعه‌ای است که با نیروی مغناطیسی تحریک می‌شود ومجموعه‌ای از کلیدهایی که در خود جای داده را وصل می‌کند. این نیروی مغناطیسی زمانی ایجاد می‌شود که کنتاکتور به برق تک‌فازوصل شود.

پس اگر مانند شکل ۲-۱۶ جای کلیدهای S1 تا S3 را با یک کنتاکتور عوض کنیم با زدن کلید تک‌پل K1 کنتاکتور عمل کرده و همزمان سیم‌شماره ۱ را به ۲ ، ۳ را به ۴ و ۵ را به ۶ وصل کرده موتور شروع به کار می‌کند.

حال باید دریافته باشیم که هنگام استفاده از کنتاکتور باید دو مدار متفاوت بسته شود یکی مدارتک‌فازی که کنتاکتور را تحریک کند (مدار فرمان) و دیگری مدار سه‌فازی که موتور را روشن کند (مدار قدرت).



شکل ۲-۱۶

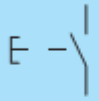
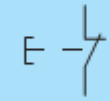
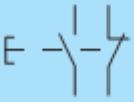
۲-۱۴- آشنایی با برخی از اجزای مدار فرمان

۲-۱۴-۱- شستی استوپ، استارت، استوپ و استارت دوبل

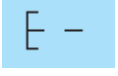
شکل ۲-۱۷- شستی استاپ، استارت

تحریک این کلیدها با دست است. شستی استوپ پس از تحریک دو کنتاکت وصل را قطع می‌کند. شستی استارت پس از تحریک دو کنتاکت قطع را وصل می‌کند. شستی استوپ واستارت دوبل پس از تحریک دو کنتاکت وصل را قطع و دو کنتاکت قطع دیگر را وصل می‌کند.

نمای فنی شستی استوپ، استارت، استوپ و استارت دوبل

نام وسیله یا قطعه	علامت اختصاری
شستی وصل (استارت)	
شستی قطع (استوپ)	
شستی وصل و قطع (استوپ و استارت دوبل)	

جدول ۲-۲- نمای فنی شستی‌ها

به نماد  که در همه نماد فنی شستی‌ها وجود دارد دقت کنیم این نماد نشان می‌دهد که این شسنی‌ها با فشار دست تحریک می‌شوند. خط چین نماد تحریک به تمامی قطعاتی که با آن تحریک می‌شوند وصل می‌شود مثلا در نماد استوپ و استارت دوبل خط چین به هر دو کلید وصل شده است.

نماد برخی از انواع محرک‌ها در جدول ۲-۳ آمده است.

نام وسیله یا قطعه	علامت اختصاری
محرک دستی	
محرک فشاری (با دست)	
محرک کششی	
فعال‌شونده با بادامک و حسگرها	
محرک الکترومغناطیسی	

جدول ۲-۳- نماد برخی از انواع محرک‌ها

نکته: به کلیدهایی که قبل از تحریک باز هستند اصطلاحا کلید باز یا NO مخفف Normally Open و به کلیدهایی که قبل از تحریک بسته هستند اصطلاحا کلید بسته یا NC مخفف Normally Close گویند.

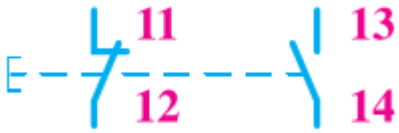
شماره‌گذاری کنتاکت شستی‌ها در مدارهای فرمان

تمامی کنتاکت‌های کلیدهای قطعات در مدار فرمان با یک عدد دو رقمی شماره‌گذاری می‌شوند که رقم یکان آن نشان دهنده نوع کلید(باز یا بسته NO or NC) (مطابق جدول ۲-۴) و رقم دهگان نشان‌دهنده چندمین کلید بودن در آن قطعه است با توجه به این نکته که کلیدهای باز و بسته جداگانه شماره‌گذاری می‌شوند.

ارقام کلید NC	ارقام کلید NO

جدول ۲-۴-ارقام کلیدهای **NC** و **NO**

مثلا در نقشه فنی مدار فرمان شستی استوپ و استارت دوبل که که خود حـاوی دو کلیـد (یکـی NO و یکی همNC) است به صورت زیر نمایش و شماره‌گذاری می‌شود.



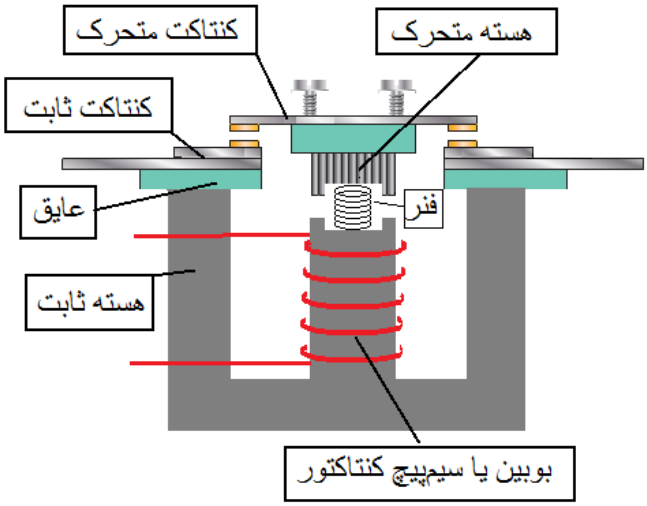
شکل ۲-۱۸- نمایش فنی شستی استوپ و استارت دوبل

که اعداد ۱۱ و ۱۲ نشان‌دهنده‌ی کنتاکت‌های اولین کلیـد بسـته (NC) و اعـداد ۱۳ و ۱۴ نشـان-دهنده‌ی کنتاکت‌های اولین کلید باز (NO) هستند.

۲-۱۴-۲- کنتاکتور:

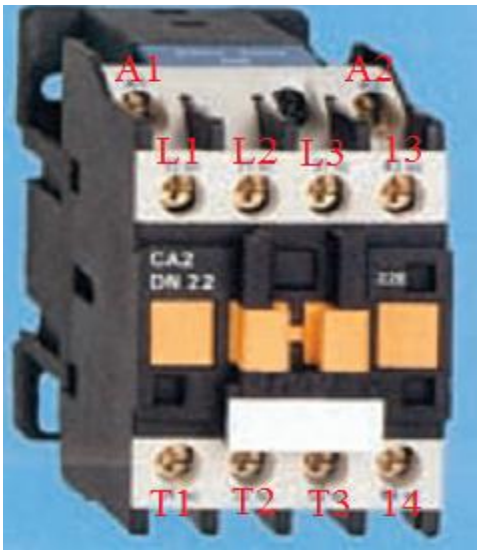
شکل ۲-۱۹- **کنتاکتور**

همانطور که قبلا ذکر شد کنتاکتور مجموعه‌ای از چندین کلید است که بـا دریافـت جریـان بـرق تک‌فاز وصل و یا قطع می‌شوند. ساختمان ساده شده یک کنتاکتور در شکل ۲-۲۰ نشـان داده شـده است. با توجه به شکل جریان برق تک‌فاز به بوبین (سیم‌پیچ) کنتاکتور اعمال می‌شود سـپس هسـته متحرک جذب هسته ثابت شده وکنتاکت متحرک را به کنتاکت ثابت متصل می‌کند.



شکل ۲-۲۰- ساختمان کنتاکتور

هر کنتاکتور به طور معمول حاوی ۴ کلید باز (NO) و دو کنتاکت به نام‌های A1 و A2 است. اولین کلید که کنتاکت‌های آن با شماره‌های ۱۳ و۱۴ روی کنتاکتور مشخص شده (شکل۲-۲۱) کنتاکت-های اولین کلید باز کنتاکتوراند که در مدار فرمان بکار می‌روند. سه کلید بعدی مربوط به مدار قدرت بوده و برای اتصال دادن سه سیم فاز R,S,T به مدار بکار می‌روندکه کنتاکتهای ابتدایی این سه کلید با نامهای L1,L2,L3 و کنتاکتهای انتهایی آنان با نام‌های T1,T2,T3 روی کنتاکتور مشخص شده است. نهایتا دو کنتاکت A1 و A2 به بوبین کنتاکتور متصل هستند و در مدار فرمان برای راه‌اندازی کنتاکتور استفاده می‌شوند.



شکل ۲-۲۱- کنتاکت‌های کنتاکتور

نکته: کنتاکت‌های به شماره A1 و A2 و هر کنتاکتی که با یک عدد دورقمی شماره‌گذاری شده باشد مربوط به مدار فرمان بوده و مابقی کنتاکت‌ها به مدار قدرت مربوط می‌شود.

هر کنتاکتور توانایی این را دارد که یک مجموعه از چند کلیدروی آن سوار شود و با قطع و وصل کنتاکتور آنها هم تحریک شوند. این کلیدها مربوط به مدار فرمان هستند. کنتاکت‌های اولین کلید باز که به این ترتیب به کنتاکتور اضافه می‌گردند قطعا با نام‌های ۵۳ و ۵۴ (یعنی پنجمین کلید باز) و کنتاکت‌های اولین کلید بسته با نام‌های ۱۱ و ۱۲ مشخص خواهند شد.

نکته: کنتاکت‌های اولین کلید بسته در کنتاکتور ممکن است با نام‌های ۶۱ و ۶۲ مشخص شوند یعنی ششمین کلید بسته! انچه مهم است رقم یکان است که نوع کلید (باز یا بسته) را مشخص می‌کندونه اینکه واقعا کنتاکتور دارای شش کلید بسته است و این کلید ششمین آن است.

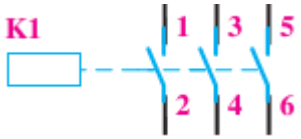
نمای فنی کنتاکتور

کلیدهایی از کنتاکتور که در مدار فرمان استفاده می‌شوند به صورت جدول۲-۵ در مدار فرمان ترسیم می‌شوند.

نام وسیله یا قطعه	علامت اختصاری
بوبین کنتاکتور	
کنتاکت باز کنتاکتور	
کنتاکت بسته کنتاکتور	

جدول ۲-۵- کلیدهایی از کنتاکتور که در مدار فرمان استفاده می‌شوند

کلیدهای ۲ ، ۳ و ۴ کنتاکتور که در مدار قدرت استفاده می‌شوند به صورت شکل ۲ -۲۲ در مدار قدرت ترسیم می‌شوند.



شکل ۲-۲۲-کلیدهایی از کنتاکتور که در مدار قدرت استفاده می‌شوند

نماد نشان می‌دهد که این سه کلید باهم توسط یک محرک مغناطیسی (بوبین کنتاکتور) تحریک می‌شوند.

نکته : کنتاکت‌های هرقطعه در مدار قدرت با شماره یک رقمی مانند شکل ۲-۲۲ مشخص می‌شوند.

۲-۱۴-۳- فیوز:

برای حفاظت مدار در مقابل اضافه‌بار استفاده می‌شود. معمول‌ترین آن فیوز مینیاتوری (MCB) است. فیوزها از نظر زمان قطع (مدت زمان بین ایجاد اضافه‌بار و عمل فیوز) به دو نوع تندکار و کندکار تقسیم می‌شوند. فیوزهای کندکار دارای زمان‌قطع طولانی‌تری هستند. اگر اضافه‌باری در مدار ایجاد شود و قبل از مدت زمان قطع از بین برود فیوز عمل نمی‌کند به همین دلیل در مدارهای دارای موتورکه بخاطر وجود سیم‌پیچ موتور در ابتدای راه‌اندازی اضافه‌باری در مدار دارند از فیوزهای کندکار و در مدارهای روشنایی از فیوزهای تندکار استفاده می‌شود.

در استاندارد قدیم (VDE) فیوز های کندکار را با حرف G و تندکار با حرف L مشخص می‌شوند و در استاندارد جدید(IEC) فیوز های کندکار را با حرف C و تندکار با حرف B.

این فیوزها در انواع تک‌فاز و سه‌فاز ساخته می‌شوند.

شکل ۲-۲۳-فیوز

انتخاب فیوز ،کنتاکتور و کابل مناسب

ابتدا توان مورد نیاز برای انجام کار مدنظرمان را با در نظر گرفتن ضریب اطمینان محاسبه می‌کنیم حال موتور با توان برابر یا بیشتر از آن را تهیه‌کرده از روی جدول ۲-۶ فیوز و کنتاکتور مناسب و از روی جدول ۲-۷ کابل مناسب (ترجیحاً کابل افشان) را انتخاب می‌کنیم. مثلا اگر توان مورد نیاز ما 7 KW شود از روی جدول ۲-۶ باید موتور با توان 7.5 KW که یک رنج استاندارد است تهیه کنیم و مطابق آن فیوز C16 را انتخاب کرده و از روی جدول ۲-۷ سیم افشان 1.5 را برای سیم کشی برگزینیم.

اتصال ستاره و بعد مثلث			
جریان فیوز	جریان کنتاکتور	توان	
A	A	HP	KW
۱۰_۱۲	۱۶	۵/۵	۴
۱۲_۱۶	۱۶	۷/۵	۵/۵
۱۶	۱۲	۱۰	۷/۵
۲۰	۱۲	۱۳/۵	۱۰
۲۵	۱۶	۱۵	۱۱
۳۲	۱۶	۲۰	۱۵
۴۰	۲۵	۲۵	۱۸/۵

اتصال ستاره یا مثلث			
جریان فیوز	جریان کنتاکتور	توان	
A	A	HP	KW
۲	۹	۰/۵	۰/۳۷
۲_۴	۹	۰/۷۵	۰/۵۵
۲_۴	۹	۱	۰/۷۵
۴_۶	۹	۱/۵	۱/۱
۴_۶	۹	۲	۱/۵
۶_۸	۹	۳	۲/۲
۸_۱۲	۹	۴	۳

جدول ۲-۶- انتخاب فیوز و کنتاکتور مناسب

سطح مقطع سیم مسی	جریان نامی فیوز	
	سیم تک رشته	سیم افشان
mm^2	[A]	[A]
۰/۷۵	_	۱۰(۱۰)
۱	۶(۱۰)	۱۰(۱۵)
۱/۵	۱۰(۱۵)	۱۵(۲۰)
۲/۵	۱۵(۲۰)	۲۰(۲۵)
۴	۲۰(۲۵)	۲۵(۳۵)
۶	۲۵(۳۵)	۳۵(۵۰)
۱۰	۳۵(۵۰)	۵۰(۶۰)

جدول ۲-۷- انتخاب کابل مناسب (اعداد درون پرانتز حداکثر مقادیر را نشان می‌دهد)

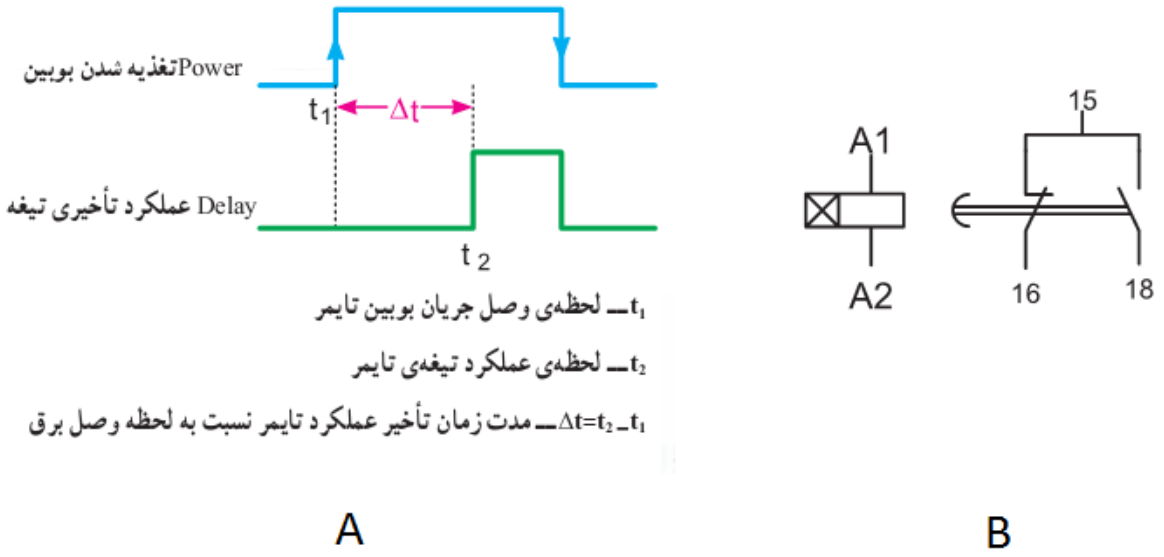
۲-۱۴-۴- تایمر (رله زمانی):

تایمر کنترل مدار را در مدت زمان معین بر عهده دارد. انواع مختلفی دارد که متداول‌ترین آن تایمر الکترونیکی است (شکل ۲-۲۴).

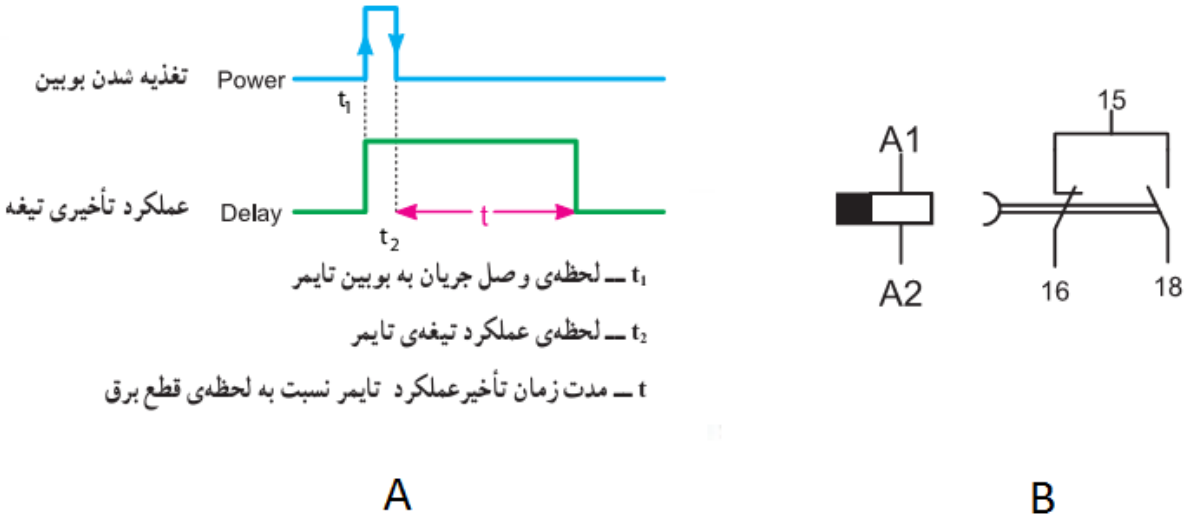
شکل ۲-۲۴- تایمر الکترونیکی

تایمر در دو نوع تاخیر در وصل (On Delay) و تاخیر در قطع (Off Delay) ساخته می‌شود.

تایمر تاخیر در وصل با لبه بالا رونده (وصل برق) زمان‌سنجی را آغاز می‌کند و پس از اتمام زمان تنظیم‌شده بر روی آن، عمل می‌کند این تایمر با لبه پایین رونده (قطع برق) به حالت اولیه خود برمی‌گردد (شکل ۲-۲۵).در صنعت اغلب از تایمر تاخیر در وصل استفاده می‌شود. تایمر تاخیر در قطع با لبه بالا رونده (وصل برق) عمل می‌کند این تایمر با لبه پایین رونده (قطع برق) زمان‌سنجی را آغاز می‌کند و با اتمام زمان به حالت اولیه خود برمی‌گردد (شکل ۲-۲۶).



شکل ۲-۲۵- الف) مشخصه زمانی تایمر تاخیر در وصل ب) نمای فنی در مدار فرمان



شکل ۲-۲۶- الف) مشخصه زمانی تایمر تاخیر در قطع ب) نمای فنی در مدار فرمان

۲-۱۴-۵- لیمیت سوئیچ‌ها (سوئیچ‌های محدود کننده):

این کلیدها همانند شستی‌ها هستند با این تفاوت که محرک آنها به‌جای دست از نوع مکانیکی است (یعنی مثلا اگر بخواهیم قسمت متحرک دستگاهی که در مسیر مستقیم حرکت می‌کند در محل خاصی متوقف شود یک لیمیت سوئیچ فشاری استوپ را در آن محل نصب می‌کنیم تا این قسمت متحرک پس از برخورد به آن متوقف شود و یا اینکه بخواهیم شفتی تا زاویه خاص چرخیده و متوقف شود یا دور آن معکوس گردد می‌توان یک بادامک روی آن شفت قرارداد و یک لیمیت سوئیچ قرقره‌ای بالای بادامک نصب کرد تا با حرکت بادامک تحریک شود). این کلید ها به صورت ساده،

دوبل و چند کنتاکته ساخته‌می‌شوند. به لیمیت سوئیچ‌هایی که در اندازه کوچک ساخته می‌شود میکروسوئیچ هم می‌گویند. شکل ۲-۲۷ انواع ساده آن را نشان می‌دهد.

۱ ــ کلید محدودکننده‌ی فشاری انتهایی
۲ ــ کلید محدودکننده‌ی قرقره‌ای
۳ ــ کلید محدودکننده‌ی قرقره‌ای یک‌طرفه از راست
۴ ــ کلید محدودکننده‌ی قرقره‌ای یک‌طرفه از چپ
۵ ــ کلید محدودکننده‌ی قرقره‌ای دو طرفه
۶ ــ کلید محدودکننده‌ی آنتنی دوطرفه

شماره‌ی ۱ شماره‌ی ۲ شماره‌ی ۳ شماره‌ی ۴ شماره‌ی ۵ شماره‌ی ۶

ب ــ علامت اختصاری میکروسوئیچ

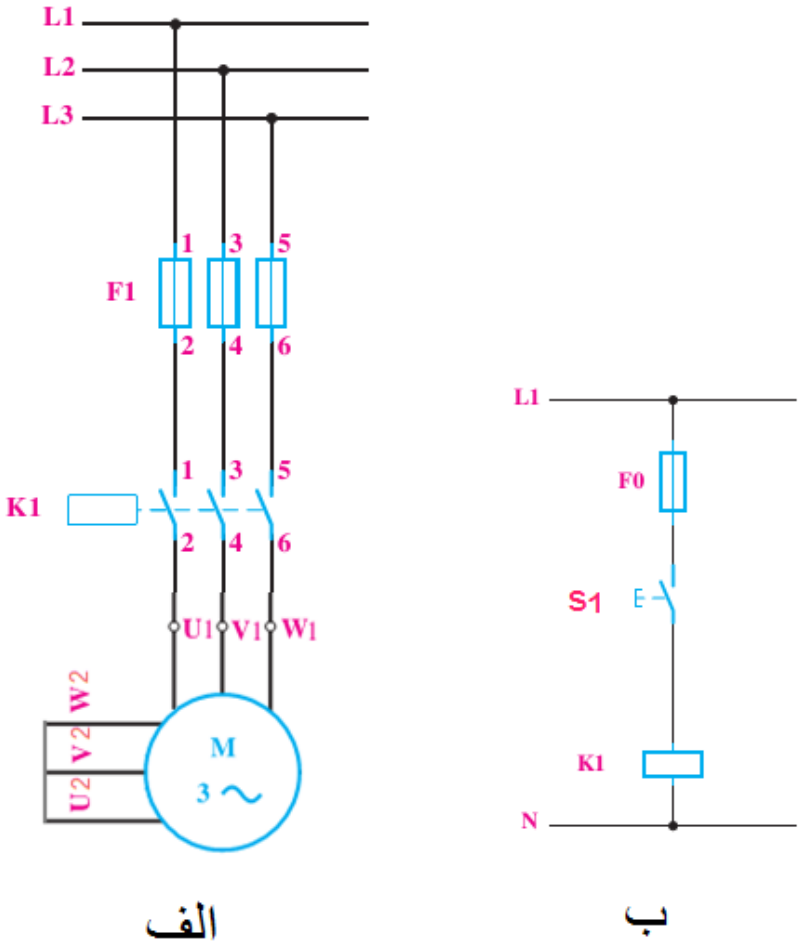
شکل ۲-۲۷- انواع لیمیت سوئیچ ساده و علامت فنی آن

۲-۱۵- مدارهای برق صنعتی:

۲-۱۵-۱- راه‌اندازی موتور به صورت اتصال لحظه‌ای

در این مدار می‌خواهیم با استفاده از یک شستی استارت موتور سه‌فاز را راه‌اندازی کنیم به این ترتیب که تا زمانی که شستی را می‌فشاریم موتور کار کند. بهتر است اول مدار قدرت و بعد مدار فرمان را ترسیم کنیم.

نکته: دراین جزوه موتور با حرف M، کنتاکتور با حرف K، فیوز را با حرف Fو شستی‌ها را با حرف S نام‌گذاری می‌کنیم. قطعا مدار قدرت این مسئله به صورت شکل ۲-۲۸ الف خواهد بود. در مدار فرمان شکل ۲-۲۸ ب هم مشخص است که با زدن شستی استارت S1 کنتاکتورK1 عمل کرده و مدار قدرت راه‌اندازی می‌شود.

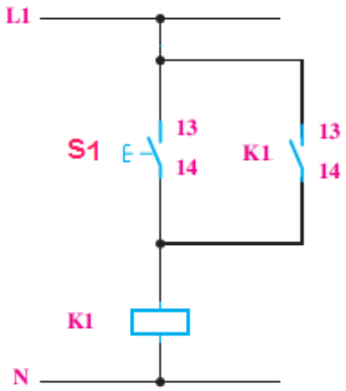


شکل ۲-۲۸- الف مدار قدرت و ب مدار فرمان اتصال‌لحظه‌ای

۲-۱۵-۲- راه‌اندازی موتور به صورت اتصال دائم

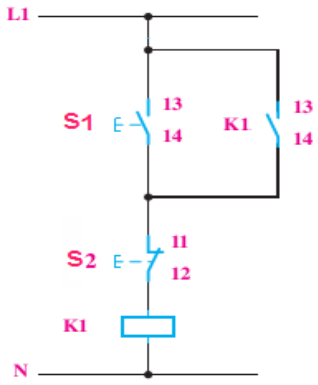
در این مدار می‌خواهیم با استفاده از یک شستی استارت و یک شستی استوپ موتور سه‌فاز را راه-اندازی کنیم به این ترتیب که موتور با شستی استارت کارکند و با شستی استوپ متوقف شود.

مدار قدرت مانند قبل است اما در مدار فرمان دقت کنیم که در مدار قبل با برداشتن دست از روی شستی استارت، موتور خاموش می‌شد یک ایده خوب برای خاموش نشدن موتور بعد از برداشتن دست این است که مانند شکل زیر (شکل ۲-۲۹) کنتاکت‌های ۱۳و۱۴ کنتاکتور (اولین کلید NO کنتاکتور) را با شستی استارت موازی کنیم



شکل ۲-۲۹

حال با توجه به شکل بالا اگر کلید S1 را فشار دهیم کنتاکتور K1 عمل کرده و کنتاکت‌های ۱۳ و ۱۴ کنتاکتور وصل می‌شوند الان اگر شستی را رها کنیم کنتاکتور K1 خاموش نمی‌شود چون جریان کنتاکتور از کنتاکت‌های ۱۳ و ۱۴ خودش تامین می‌شود. کنتاکتور که روشن باشد قطعا به طبع آن مدار قدرت هم روشن خواهد بود. الان این سوال مطرح می‌شود که برای خاموش‌شدن کنتاکتور چه کنیم ؟ در پاسخ باید گفت به سادگی و با قرار دادن یک شستی استوپ قبل از کنتاکتور به این مقصود می‌رسیم به شکل ۲-۳۰ نگاه کنیم اگر کنتاکتور روشن باشد با زدن شستی استوپ S2 جریان کنتاکتور قطع و کنتاکتور خاموش می‌شود کنتاکت‌های ۱۳ و ۱۴ کنتاکتور همقطع می‌شوند حال با رها کردن دست چون کنتاکت‌های ۱۳ و ۱۴ کنتاکتور قطع اند کنتاکتور خاموش می‌ماند. شکل ۲-۳۰ همان مدار فرمان مورد نیازمان است.

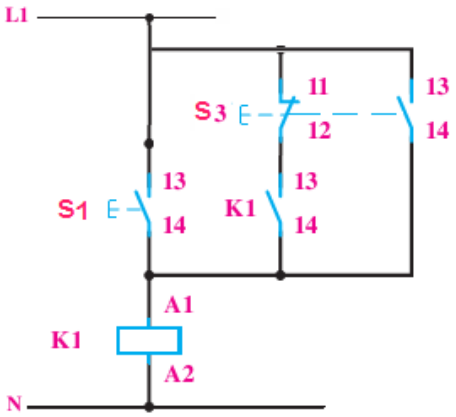


شکل ۲-۳۰- مدار فرمان اتصال دائم

۲-۱۵-۳- راه‌اندازی موتور به صورت اتصال لحظه‌ای و دائم

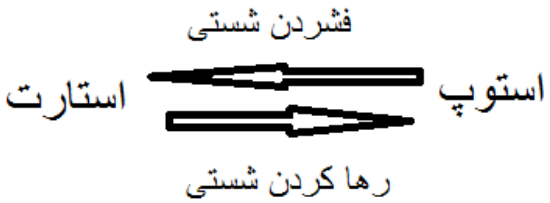
در این مدار می‌خواهیم عملکرد هر دو مدار قبل را داشته باشیم یعنی یک شستی دیگر(شستی سوم) به مدار اتصال دائم اضافه کنیم تا با زدن آن شستی کنتاکتور روشن و با برداشتن دست کنتاکتور خاموش شود.

مدار قدرت همانند قبل است. برای مدار فرمان هممی‌دانیم که در مدار فرمان اتصال دائم عامل به وجود آمدن اتصال دائم کنتاکتهای ۱۳و۱۴ کنتاکتوراند پس اگر ما نوعی شستی داشته باشیم که با تحریک آن ابتدا این کنتاکتها از مدار خارج شوند و سپس کنتاکتهای شستی S1 به هم وصل شوند در این صورت کنتاکتور روشن می‌شود و در زمان برداشتن دست هم قبل از اضافه شدن کنتاکتهای ۱۳و۱۴ کنتاکتور به مدار کنتاکتهای شستی S1 قطع شوند تا کنتاکتور خاموش شود ما به مقصود می‌رسیم. خوشبختانه شستی استوپ و استارت دوبل به همین منظور ساخته شده است. در شکل ۲-۳۱ مدار فرمان مورد نظر رسم شده است.



شکل ۲-۳۱- مدار فرمان اتصال لحظه‌ای و دائم

نکته : با فشار دادن شستی استوپ و استارت دوبل ابتدا کلید استوپ آن و بعد کلید استارت آن عمل می‌کند و در زمان برداشتن دست ابتدا کلید استارت آن و بعد کلید استوپ آن به حالت اول برمی‌گردد(شکل ۲-۳۲).

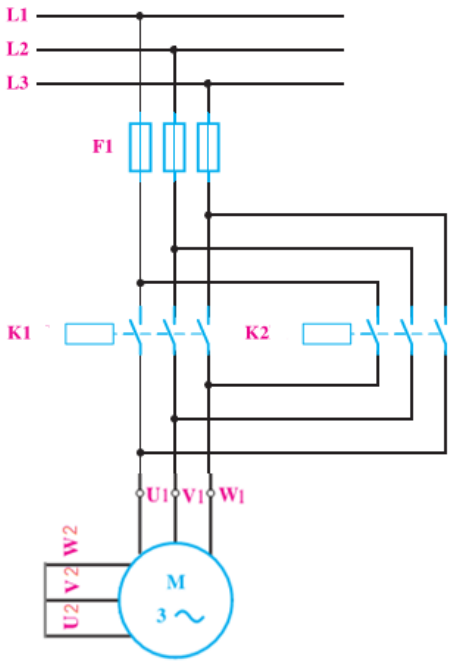


شکل ۲-۳۲

در مدار شکل ۲- ۳۱با زدن شستی S3 ابتداکنتاکتهای استوپ آن قطع شده و کنتاکتهای ۱۳ و ۱۴ کنتاکتور رااز مدار خارج می‌کند سپس کنتاکتهای استارت شستی S3 به هم وصل می‌شوند و کنتاکتور روشن می‌شود و با برداشتن دست هم ابتدا کنتاکتهای استارت آن به حالت اول برگشته و کنتاکتور خاموش می‌شود سپس کنتاکتهای استوپ آن وصل می‌شوند.

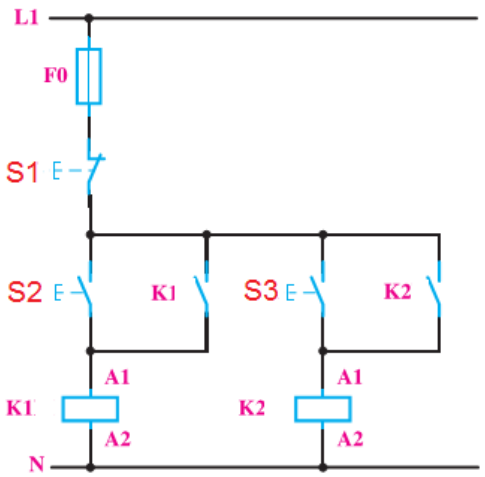
۲-۱۵-۴- چپ گرد – راست‌گرد

الف) مدار قدرت:



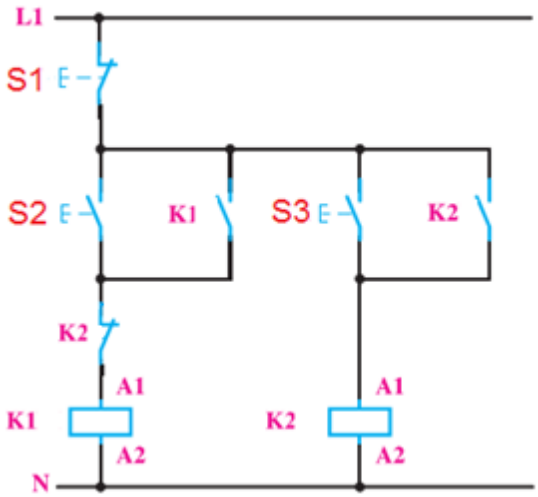
شکل ۲-۳۳- مدار قدرت چپ‌گرد راست‌گرد

مشاهده می‌شود که اگر کنتاکتورK1 عمل کند موتور راست‌گرد و اگر کنتاکتور K2 عمل کند موتور چپ‌گرد خواهد بود و این دو کنتاکتور هرگز نباید با هم روشن شوند.اگر مدار فرمان را به صورت شکل ۲-۳۴ ببندیم



شکل ۲-۳۴- مدار فرمان چپ‌گرد راست‌گرد بدون ایمنی

با زدن شستی S2 کنتاکتور K1 عمل می‌کند و موتور راستگرد خواهد بود حال باید ابتدا شستی S1 را بزنیم تا کنتاکتور K1 خاموش شودسپس شستی S3را بزنیم تا کنتاکتور K2عمل کند این مدار ایمنی ندارد چون ممکن است کاربر قبل از زدن شستی S1 شستی S3 را بزند در این صورت هر دو کنتاکتور وصل خواهند شد و اتصال کوتاه خواهیم داشت. برای رفع این مشکل یک راه‌حل نه چندان خوب این است که یکی از کلیدهای بسته کنتاکتور K2 را قبل از کنتاکتور K1 قرار دهیم تا با عمل کردن کنتاکتور K2 کنتاکتور K1 قطع شود.



شکل ۲-۳۵- مدار فرمان چپ‌گرد راست‌گرد با ایمنی ضعیف

برای اینکه بدانیم چرا ایمنی مدار۲-۳۵ ضعیف است باید سه نکته زیر را بدانیم :

سه نکته برای لحاظ ایمنی در مدارهای فرمان:

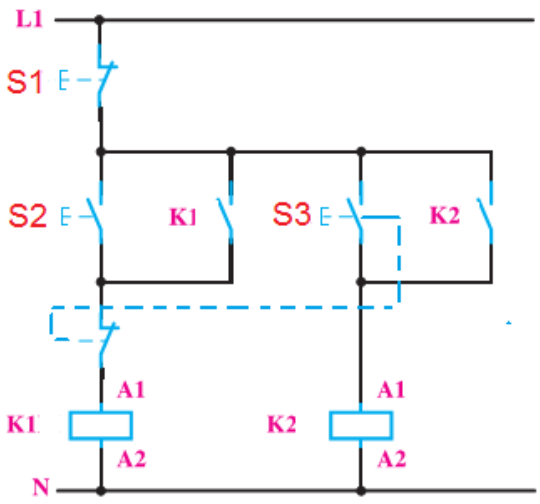
۱) روشن شدن یک کنتاکتور اغلب چند میلی ثانیه سریعتر از خاموش شدن آن (برگشتن کنتاکتهای آن به حالت اولیه) طول می‌کشد.

۲) در شستی‌های دوبل که با تحریک دست عمل می‌کنند زمان بین قطع کلید استوپ و وصل کلید استارت حداقل چند صدم ثانیه است.

۳) در برخی موارد خاموش شدن کنتاکتور (برگشتن کنتاکتهای آن به حالت اولیه) ممکن است چند دهم ثانیه یا بیشتر طول بکشد.

ایمنی مدار ۲-۳۵ ضعیف است چون با توجه به نکته ۱ با زدن شستی S2 کنتاکتور K2 سریعا عمل می‌کند و کنتاکتور K1 را قطع می‌کند اما کنتاکت‌های کنتاکتور K1 چند میلی‌ثانیه بعد به حالت اول برمی‌گردد و در این مدت هر دو کنتاکتور K1 و K2 وصل هستند و اتصال کوتاه داریم.

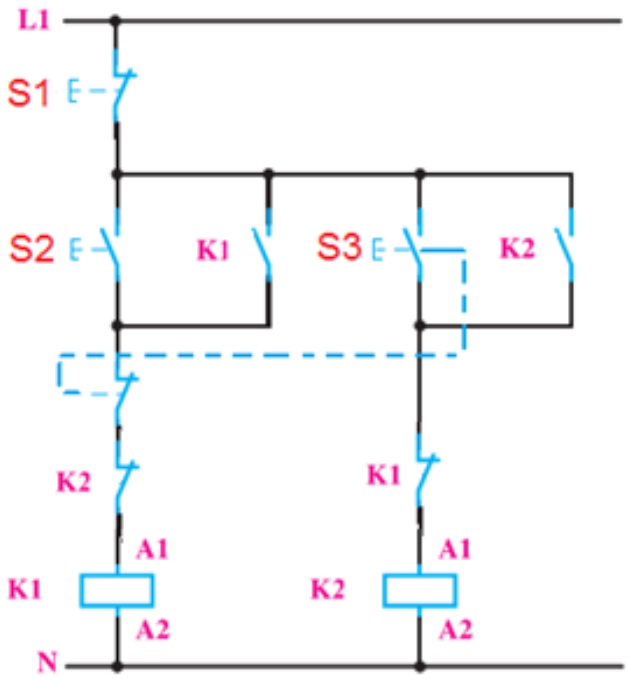
با توجه به نکته ۲ می توان شستی S3 و کلید بسته کنتاکتور K2 را با یک شستی استوپ استارت دوبل عوض کنیم تا با زدن آن ابتدا کنتاکتور K1 به طور کامل قطع و بعد کنتاکتور K2 وصل شود (شکل ۲-۳۶).



شکل ۲-۳۶- مدار فرمان چپ‌گرد راست‌گرد با ایمنی متوسط

نکته : برای اضافه کردن شستی استوپ و استارت دوبل کافی است استوپ آن را قبل از قطعه‌ای که می‌خواهیم از مدار خارج شود و استارت آن را قبل از قطعه‌ای که می‌خواهیم روشن شود قرار داده با خط چین آنان را به هم وصل کنیم تا نشان دهد محرک این دو شستی یکی است.

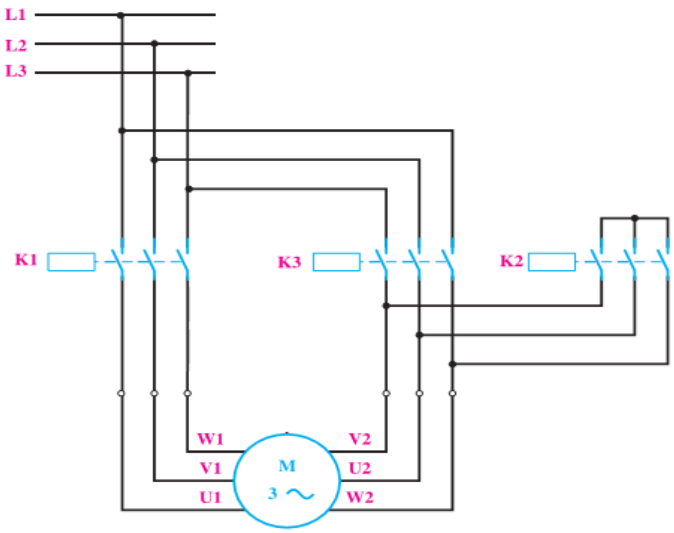
با توجه به نکته ۳ باز هم مدار ۳۶-۲ ایمنی کامل ندارد و ممکن است در برخی موارد اتصال کوتاه داشته باشیم. ایمنی کامل زمانی ایجاد می شود که علاوه بر استفاده از شستی دوبل یک کلید بسته کنتاکتور K2 را قبل از کنتاکتور K1 و یک کلید بسته کنتاکتور K1 را قبل از کنتاکتور K2 قرار دهیم این کار باعث می‌شود زمانی کنتاکتور K1 عمل کند که کنتاکتور K2 کاملا قطع باشد و به عکس زمانی کنتاکتور K2 عمل کند که کنتاکتور K1 کاملا قطع باشد(شکل ۳۷-۲).



شکل ۲-۳۷- مدار فرمان چپ‌گرد راست‌گرد با ایمنی کامل

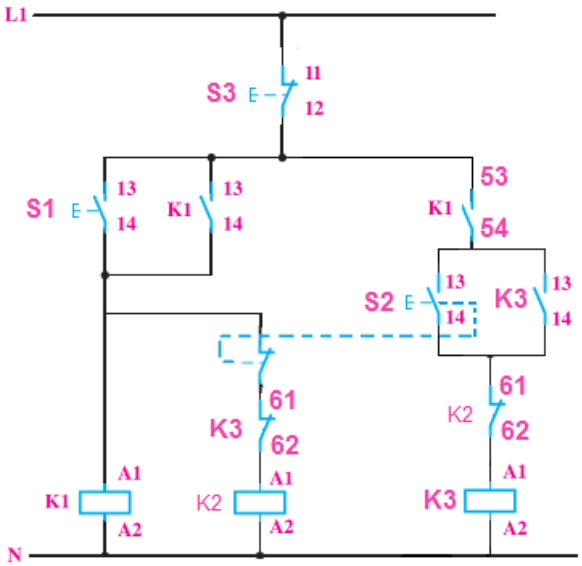
۲-۱۵-۵- اتصال ستاره مثلث

مدار قدرت آن به صورت شکل۲- ۳۸ است.



شکل ۲-۳۸- مدار قدرت اتصال ستاره مثلث

با عمل کردن کنتاکتور K1 و K2 موتور به صورت اتصال ستاره روشن می‌شود برای اتصال مثلث هم باید K2 قطع و K3 وصل شود. طبق این فرضیات و با استفاده از روش ترکیب، سعی و خطا (نگاه کنید به صفحه ۳۹) می‌توان به مدار فرمان زیر دست یافت که نیازمان را رفع می‌کند.



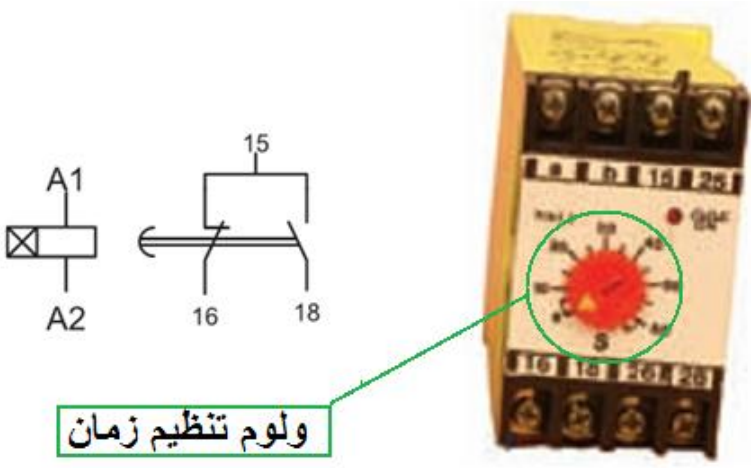
شکل ۲-۳۹- مدار فرمان اتصال ستاره مثلث با ایمنی کامل

با زدن شستی S1 کنتاکتورهای K1 و K2 روشن می‌شوند قطعا کنتاکت‌های ۵۳ و۵۴ کنتاکتور K1 هم وصل می‌شوند حال اگر شستی S2 زده شود ابتدا کنتاکتور K2 کاملا قطع می‌شود و بعد کنتاکتور K3 وصل می‌شود. کنتاکت‌های ۵۳ و۵۴ کنتاکتور K1 به این دلیل تعبیه شده که اگر کاربر قبل از زدن شستی S1 شستی S2 را بزند K3 عمل نکند(موتور قبل از قرار گرفتن در حالت اتصال ستاره در حالت اتصال مثلث قرار نگیرد). فشار دادن شستی S3 کل مدار را قطع می‌کند.

۲-۱۵-۶- اتصال ستاره مثلث خودکار (اتصال ستاره مثلث با استفاده از تایمر)

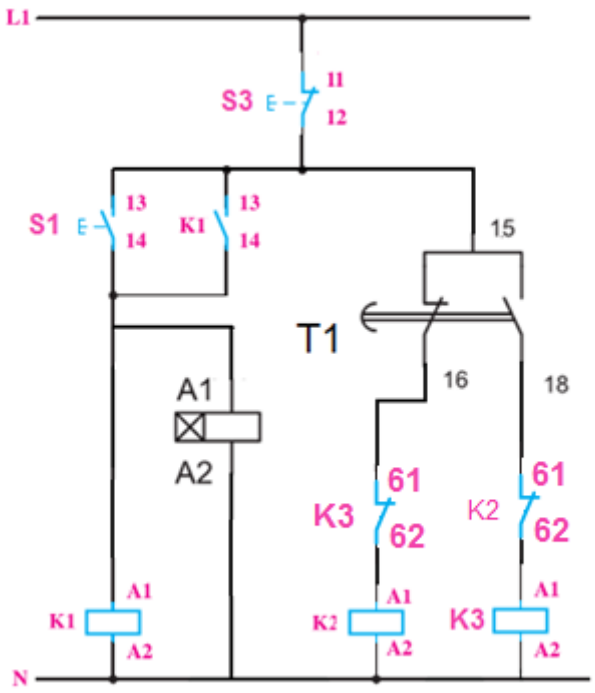
مدار قدرت همان مدار قدرت اتصال ستاره مثلث (شکل ۲-۳۸) است. در مدار فرمان می‌خواهیم به جای شستی S2 و متعلقات آن یک تایمر تاخیر در وصل قرار دهیم تا جابه‌جایی کنتاکتورهای K2 و K3 را انجام دهد.

تایمر تاخیر در وصل که نمای فنی و ولوم تنظیم زمان آن در شکل ۳۸-۲ آمده است با تنظیم زمان آن با استفاده از ولوم تنظیم زمان روی مثلا یک ثانیه واتصال کنتاکت‌های A1 و A2 آن به برق تک‌فاز بعد از یک ثانیه اتصال کنتاکت ۱۶ از ۱۵ قطع وکنتاکت ۱۸ به ۱۵ وصل می‌کند این کنتاکت‌ها با قطع برق کنتاکت‌های A1 یاA2 به حالت اول برمی‌گردند.



شکل ۲-۴۰- نمای فنی و ولوم تنظیم زمان تایمر تاخیر در وصل

پس باید مدار فرمان را به صورت زیر بست.



شکل ۲-۴۱-مدار فرمان ستاره مثلث خودکار

با زدن شستی S1 کنتاکتور K1 روشن و تایمرT1 شمارش زمان را آغاز می‌کند بعد از رسیدن شمارش به زمان تنظیم شده تایمر عمل کرده و کنتاکتور K2 کاملا قطع و کنتاکتور K3 وصل می‌گردد.فشار دادن شستی S3 کل مدار را قطع می‌کند.

برگه (۱)

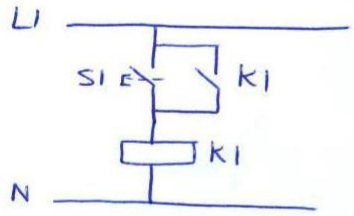
طراحی مدار فرمان مناسب به روش ترکیب، سعی و خطا :

در این روش ابتدا یک سری حالات ساده را به خاطر می‌سپاریم و سپس در هر مسئله با ترکیب این حالات ساده و احیاناً تغییرات جزئی (سعی و خطا) به مدار مطلوب می‌رسیم.

پنج حالت ساده که باید به خاطر بسپاریم :

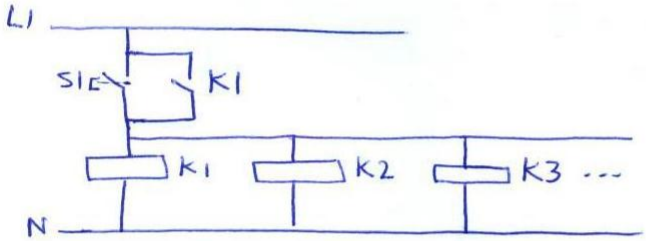
① روشن کردن یک کنتاکتور با یک شستی به صورت دائم :

← کافی است یکی از کلیدهای باز کنتاکتور را با آن شستی موازی کنیم.



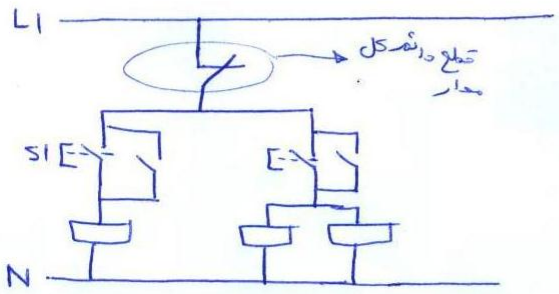
② روشن کردن چند کنتاکتور با یک شستی به صورت دائم :

← کافی است کنتاکتورها را به صورت موازی قرار دهیم.

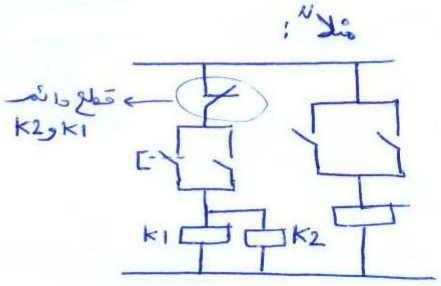


③ خاموش کردن کل یا قسمتی از مدار به صورت دائم با یک شستی :

← کافی است آن شستی را قبل از کل یا قسمتی از مدار که به صورت اتصال دائم بسته شده قرار دهیم.



مثلاً :

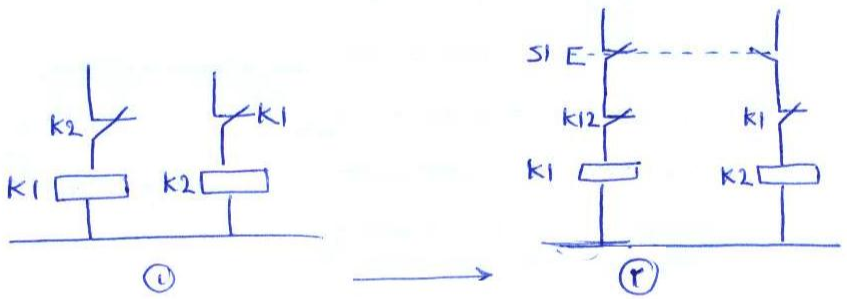


برگ (۲)

④ با یک شستی یکی از دو کنتاکتوری که هرگز نباید با هم عمل کنند را قطع و دیگری را وصل کنیم.

① باید کلید بسته کنتاکتور اول را سر راه کنتاکتور دوم و به عکس کلید بسته کنتاکتور دوم را سر راه کنتاکتور اول قرار دهیم.

② با یک شستی دوبل که استوپ آن را قبل از کنتاکتوری که باید قطع شود و استارت آن را قبل از کنتاکتوری که باید وصل شود قرار داده ایم کار را تمام می کنیم.

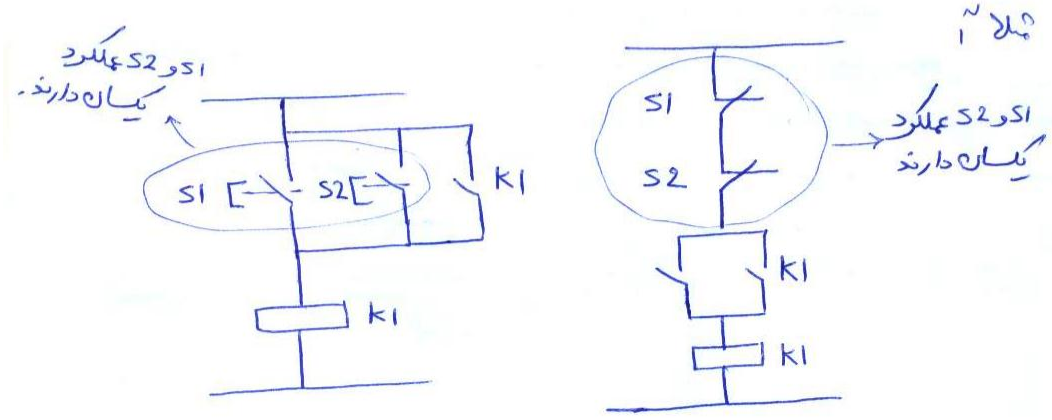


⑤ یک کلید ما نند کلید دیگر عمل کند.

← برای حالت کلید بسته کلید ها را سری قرار دهیم.

← برای حالت کلید باز کلید ها را موازی قرار دهیم.

مثلاً :

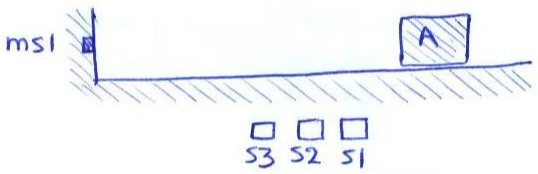


برگ ③

مثال ①:

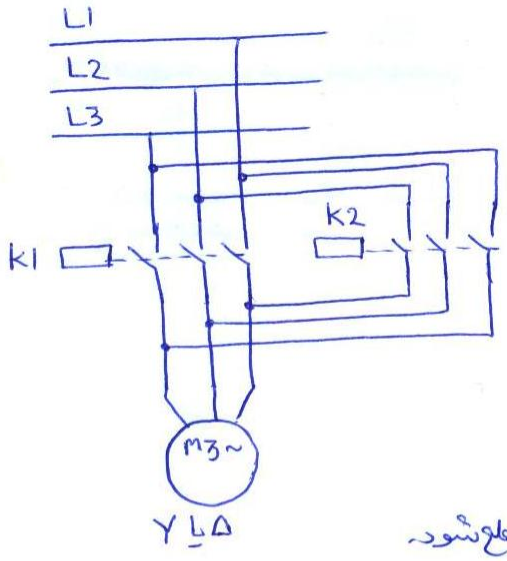
مدار فرمان و قدرتی را برای شکل زیر طراحی کنید به طوری که با زدن شستی s1 جسم A به سمت چپ حرکت کند و بعد از برخورد به ms1 (میکروسوئیچ) متوقف شود. با زدن شستی s2 به راست حرکت کند و با زدن s3 در هر مرحله‌ای متوقف شود.

(کاربرد مثلاً در قلم‌گیر دستگاه تراش)



حل:

ابتدا مدار قدرت را طراحی می‌کنیم. چون تنها حرکت راست و چپ داریم مدار قدرت همان مدار قدرت راست گرد چپ گرد است.



سپس برای مدار فرمان صورت مسئله را به صورت شکل زیر خلاصه می‌کنیم.

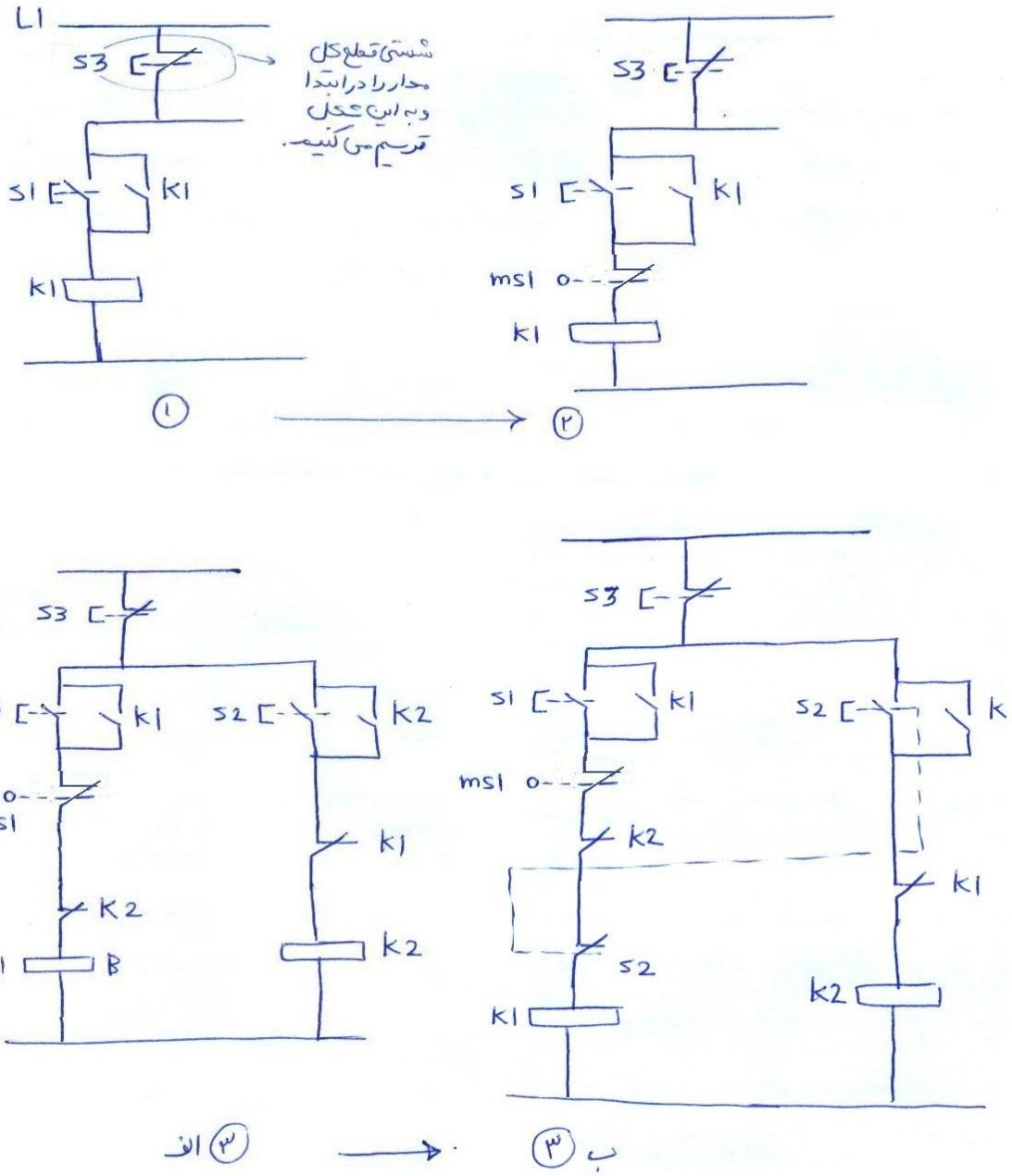
۱- s1 ← K1 ✓
۲- ms1 ← K1 ✗
۳- S2 ← K2 ← K1 ✓ ✗
۴- S3 ← توقف کل مدار

یعنی

۱- با زدن s1 ← K1 وصل شود.
۲- با زدن ms1 ← K1 قطع شود.
۳- با زدن S2 ← K2 وصل و K1 قطع شود.
۴- با زدن S3 ← توقف کل مدار

برگ ④

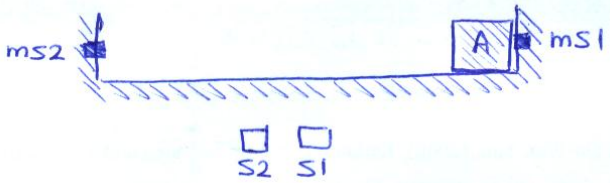
قدم به قدم و طبق خلاصه ی مورد مسئله عمل می کنیم .



برگ ⑤

مثال ② :

مدار قدرت و فرمان را برای شکل زیر طراحی کنید به طوری که با زدن شستی S1 جسم A به سمت چپ حرکت کند بعد از برخورد با ms2 برگردد و به سمت راست حرکت کند و با برخورد به ms1 متوقف شود. با زدن S2 در هر مرحله متوقف شود.



حل : مسلماً مدار قدرت همان مدار قدرت مثال ① است.

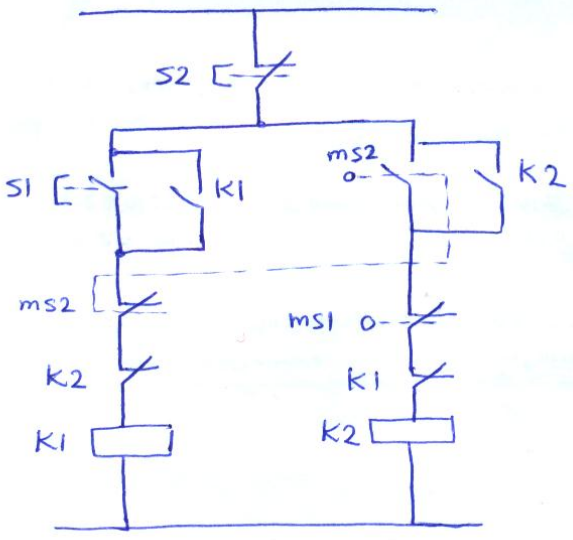
خلاصه صورت مسئله :

① S1 ⟵ K1 ✓

② K1 ⟵ ms2 ⟵ K2 ✓ (K1 ×)

③ K2 ⟵ ms1 (K2 ×)

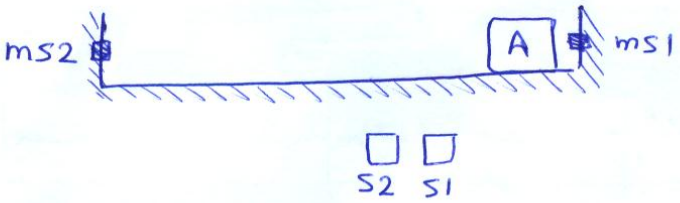
با طی کردن روند مسئله‌ی قبل در آخر به مدار زیر می رسیم.



برگ ⑥

تمرین ①

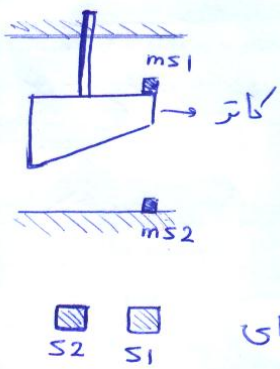
ماشه مثال ② با این تفاوت که بازدن شستی S1 به سمت چپ حرکت کند و به ms2 برخورد کرده برگردد و به سمت راست حرکت کند تا اینکه به ms1 برخورد کند دوباره برگردد و به سمت چپ حرکت کند این رفت و برگشت تا زمانی که شستی S2 زده نشده ادامه یابد.
(کاربرد مثلاً در گف تراشی)



تمرین ② :

در برخی موارد ماشه برش فلزات و... لازم است برای حفظ ایمنی عمل برش و... با فشار هر دو دست بر روی دو شستی صورت گیرد.
مدار قدرت و فرمان برش فلز را با فرضیات زیر طراحی کنید.

با فشار دادن و نگه داشتن کلیدهای S1 و S2 کاتر به سمت پایین حرکت کند و بعد از برخورد به ms2 کاتر برگشته و به سمت بالا حرکت کند تا اینکه به ms1 برخورد کرده و متوقف شود.
(با برداشتن دست از روی هرکدام از شستی‌های S1 یا S2 در هر مرحله کاتر متوقف شود).



منابع:

۱) تکنولوژی و کارگاه برق صنعتی، محمود اعتضادی، ناصر ساعتچی، عبّاس یوسفی.تهران شرکت چاپ و نشر کتب درسی ایران،۱۳۹۱.

۲) مدارات فرمان در برق صنعتی،محسن عابدی، ۱۳۸۴

۳) تحقیقات میدانی، تفکرات و تجربیّات شخصی

۴) www.eletablo.ir