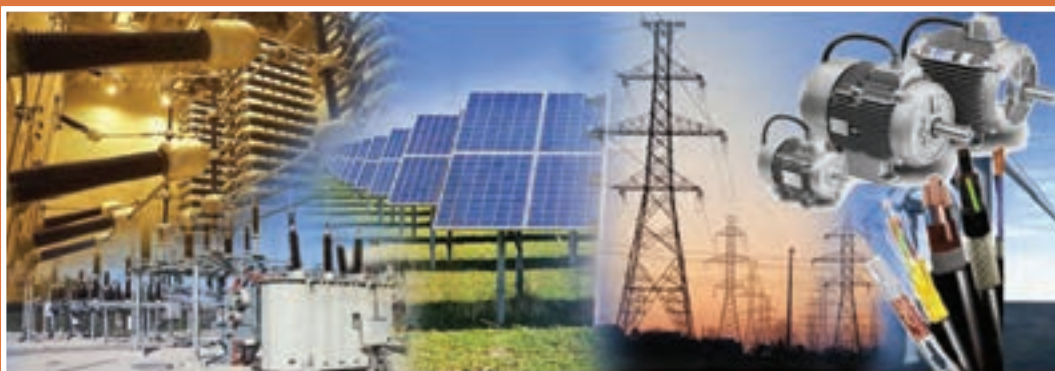


پودمان ۱

برق صنعتی



رشد روزافزون کارخانجات و مراکز صنعتی، استفاده از سیستم برق سه فاز به جای تک فاز و همچنین ضرورت شناسایی مصرف کننده ها و مخصوصاً موتورهای سه فاز و همچنین طریقه کنترل آنها را ایجاد می کند. هرچند موتورهای تک فاز نیز هنوز کاربرد خود را در صنعت دارند ولی مزایای برق سه فاز نسبت به تک فاز موجب گردیده است که در کارگاه ها و کارخانجات صنعتی از این موتورها استفاده شود. برای این منظور لازم است تمامی قسمت های مرتبط با کنترل موتورهای سه فاز، اعم از شبکه تغذیه، کابل های ارتباطی و انواع موتورهای سه فاز، مورد بررسی قرار گیرند.



واحد یادگیری ۱

شایستگی اجرای مدارهای برق صنعتی

آیا تا به حال پی برده اید:

- چرا در اکثر مراکز صنعتی از برق سه فاز استفاده می کنند؟
- مزایا و معایب انواع موتورهای سه فاز چیست؟
- چگونه می توان موتورهای سه فاز را کنترل نمود؟

هدف های این شایستگی عبارت اند از:

- آشنایی با ولتاژ خطوط مختلف؛
- آشنایی و توانایی نقشه خوانی و استفاده از کلیدهای دستی در راه اندازی موتورهای سه فاز؛
- آشنایی و توانایی نقشه خوانی و استفاده از کلیدهای مغناطیسی در راه اندازی موتورهای سه فاز.

استاندارد عملکرد

پس از اتمام واحد یادگیری و کسب شایستگی برق صنعتی، هنرجویان قادر خواهند بود تا موتورهای سه فاز را با کلیدهای دستی و مغناطیسی (کنتاکتور) کنترل نموده و انواع نقشه های آن را ترسیم و نقشه خوانی کنند.

کاربردهای برق سه فاز

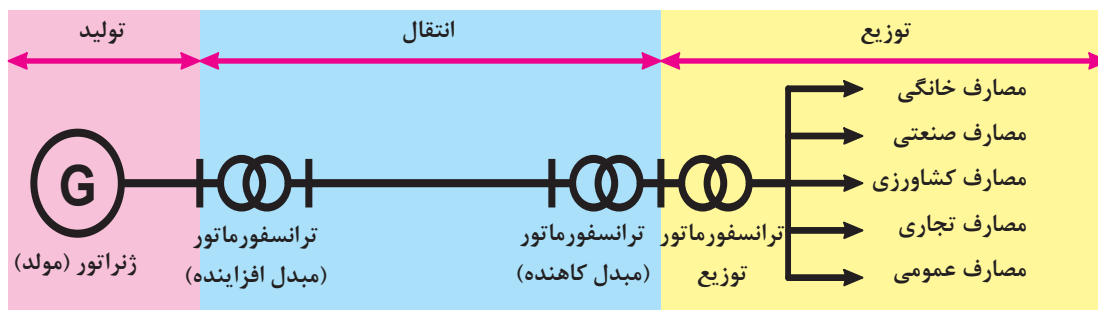
در بیشتر مراکز و کارخانجات تولیدی و صنعتی از ولتاژ سه فاز استفاده می‌کنند. سطح ولتاژ سه فاز در شبکه‌های سه فاز توزیع فشار ضعیف، ۴۰۰/۲۳۰ ولت است.

پژوهش







مزایای برق سه فاز نسبت به تک‌فاز را بیان کنید.

مراکز تولید برق اغلب در خارج از شهرها و مناطق صنعتی قرار دارند. از آنجا که مقدار ولتاژ تولید شده در مولدها نمی‌تواند بیش از حد مجاز باشد و انتقال این ولتاژ با جریان بالا، اتلاف انرژی را به دنبال دارد، بنابراین در محل تولید برق مقدار ولتاژ تولید شده، افزایش و در انتهای خط در چند مرحله جهت استفاده مصرف کنندگان صنعتی و خانگی به ولتاژ ۴۰۰/۲۳۰ ولت کاهش می‌یابد. این عمل توسط ترانسفورماتورهای افزایشنده و کاهشنده ولتاژ صورت می‌گیرد.





جدول زیر را مطابق ردیف اول تکمیل کنید.

نام	تصویر	هدف	سطح وولتاژ
شبکه انتقال نیرو		تبادل انرژی و توان بین مناطق و نواحی اصلی	۲۳۰ یا ۴۰۰ کیلوولت
شبکه فوق توزیع		۶۳ یا ۱۳۲ کیلوولت
شبکه توزیع نیرو (فشار متوسط)	
شبکه توزیع نیرو (فشار ضعیف)	

با رسم شکل، نام و علایم خطوط فشار ضعیف از بالا به پایین را در شبکه‌های سه سیمه و پنج سیمه بنویسید و در مورد عملکرد و کاربرد هر خط بحث کنید.

فعالیت



فیلم



کاربرد برق تک فاز و برق سه فاز در صنعت

انواع موتورهای سه فاز القایی

به طور کلی موتورهای سه فاز را می‌توان به دو دسته تقسیم‌بندی نمود:

الف) سنکرون (همزمان)

در این گونه موتورها تعداد دور سنکرون برابر تعداد دور روتور است.

$$(n_s = n_r)$$

ب) آسنکرون (غیر همزمان)

در این گونه موتورها در حالت کار عادی تعداد دور سنکرون بیشتر از تعداد دور روتور است.

$$(n_s > n_r)$$

An AC motor has two basic electrical parts: a “stator” and a “rotor”. The stator is in the stationary electrical component. The rotor is the rotating electrical component. The rotor is located inside the stator and is mounted on the AC motor’s shaft.

ترجمه



- ۱ دور سنکرون (n_s) چه تفاوتی با دور موتور (n_r) دارد؟
۲ دور سنکرون به چه عواملی بستگی دارد؟

بحث




فیلم



ساختار موتورهای سه فاز سنکرون



جدول زیر را در مورد موتورهای سنکرون تکمیل کنید.


موتورهای سنکرون		
	کاربرد	ساعت‌های الکتریکی، و
	مزایا	ضرب قدرت قابل تنظیم، بازده عالی، ، و
	معایب	قیمت بالا، نیاز به وسیله کمکی راه انداز، و



ساختمان موتورهای سه فاز آسنکرون



جدول زیر را در مورد موتورهای آسنکرون تکمیل کنید.

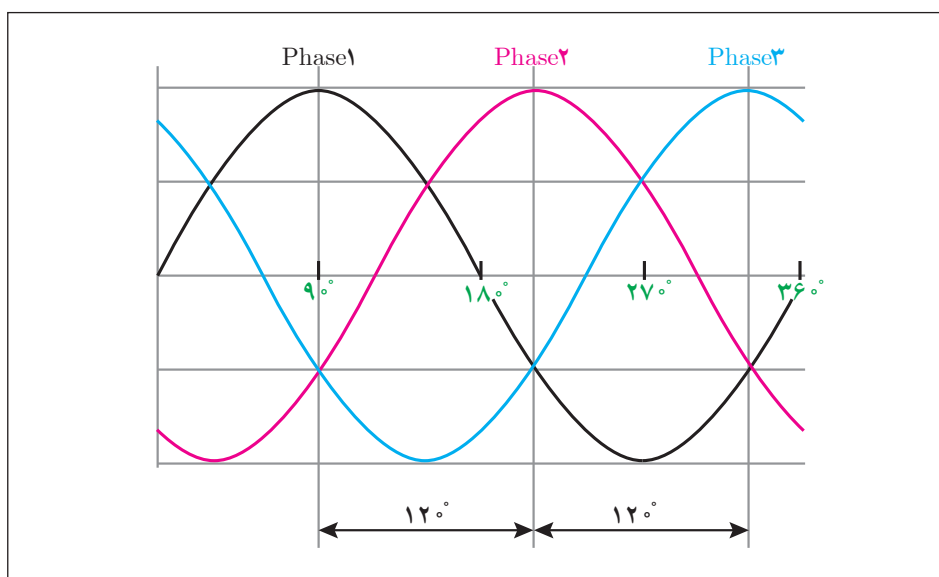
موتورهای آسنکرون		
	کاربرد	پمپ آب، و
	مزایا	نداشتن جاروبک، قیمت پایین، و
	معایب	گشتاور راه اندازی کم، و

ساختمان موتورهای آسنکرون

موتورهای آسنکرون از دو قسمت اصلی روتور و استاتور تشکیل شده است. بر روی استاتور سه دسته سیم پیچ با اختلاف مکانی 120° درجه نسبت به هم قرار گرفته است که با اتصال جریان سه فاز با اختلاف فاز 120° درجه الکتریکی، میدان دوار تولید می‌شود.

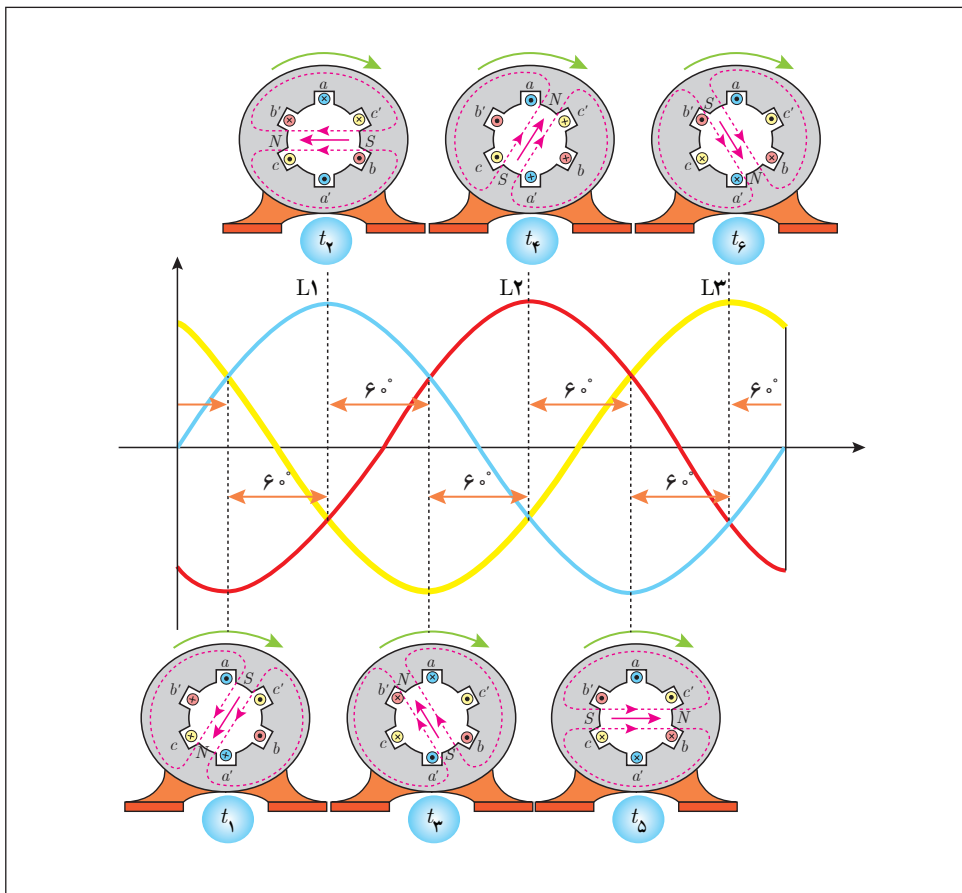
تئوری میدان دوار

اساس حرکت موتورهای سه فاز «تئوری میدان دوار» است. منظور از میدان دوار، میدان مغناطیسی است که حول یک محور گردش کند. در موتورهای الکتریکی سه فاز، برق سه فاز با اختلاف فاز زمانی 120° درجه را به سه سیم پیچ با اختلاف فاز مکانی 120° درجه وصل می‌کنیم. با توجه به وجود اختلاف فاز 120° درجه در شکل موج سه فاز، یک میدان دوار خواهیم داشت.

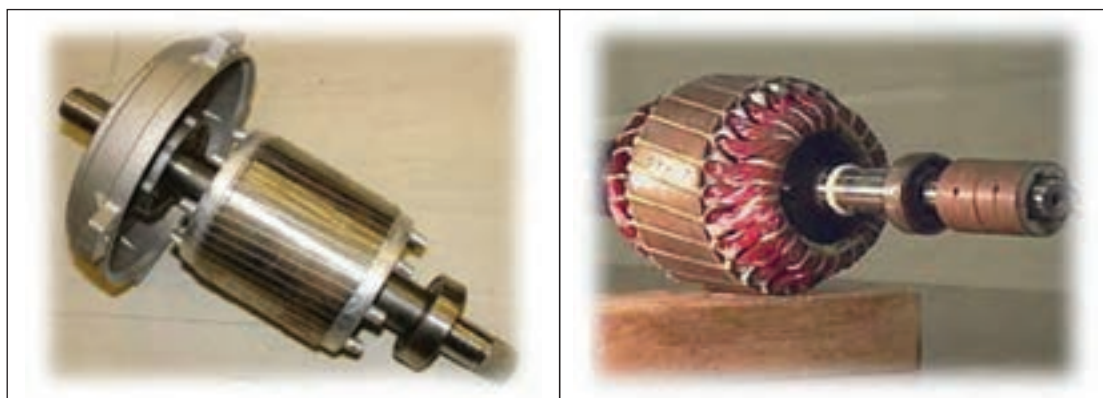


شکل موج برق سه فاز

در شکل صفحه بعد در شش مرحله، عبور جریان الکتریکی از سیم‌پیچی‌های موتور بررسی شده و بیانگر آن است که مجموع جریان‌های چند سیم پیچ، یک قطب مغناطیسی را تشکیل می‌دهند. در این شکل در هر 60° درجه از یک شکل موج، تغییرات جریان در سیم‌بندی استاتور مورد بررسی قرار گرفته و تغییر مکان میدان مغناطیسی (قطب N و S) را می‌توان در شکل مشاهده نمود. در زمان‌های مختلف قطب‌های مغناطیسی جای خود را عوض می‌کنند. به عبارت دیگر شروع به حرکت می‌کنند. به این حرکت «تئوری میدان دوار» می‌گویند.



اساس کار موتور آسنکرون، القای الکترومغناطیس و تولید میدان دوار است. وجود اختلاف سرعت سنکرون (ns) و روتور (nr)، شرط و ضرورت این گونه موتورهاست. روتور در این گونه موتورها می تواند سیم پیچی شده یا از نوع روتور قفسی باشد.



روتور قفسی

روتور سیم پیچی شده

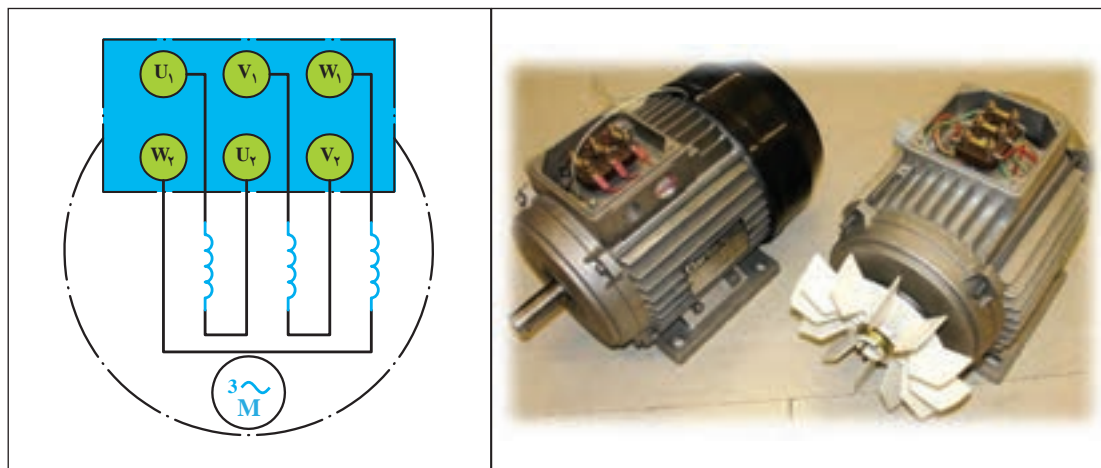


در جدول زیر برخی از کاربرد موتورها در صنایع مختلف بیان شده است. جدول را تکمیل کنید.

کاربرد	تصویر	هدف از استفاده
پمپ آب یا کف کش		مکش آب از چاه یا استخر
اره نجاری		.....
صنعت نساجی		.....
پله های برقی	 <ol style="list-style-type: none"> 1. Speed monitor 2. Control cabinet 3. Handrail turning part 4. Step 5. Balustrade 6. Skirt Eght 7. Skirt panel 8. Handrail Belt 9. Front pedal 10. Operational control 11. Reverse standing protection pedal 12. Tesioner 13. Handrail entry protection 14. Step running protection 15. Guide rail 16. Supporting frame 17. Step vhain 18. Handrail belt driving device 19. Drive device	..........

شیوه نامگذاری سیم پیچ ها در موتور سه فاز آسنکرون

همان طور که گفته شد، در ساختمان موتورهای آسنکرون، سه دسته سیم پیچی وجود دارد که سر و ته هر سیم پیچ بر روی تخته کلم موتور قرار گرفته است. در استاندارد کمیته بین المللی الکتروتکنیک (IEC) برای نشان دادن سر کلاف ها از حروف « U_1, V_1, W_1 » و برای نمایش انتهای کلاف ها از « U_2, V_2, W_2 » استفاده شده است.



روش تشخیص سر و ته کلاف های موتور

فیلم



با مشاهده فیلم فعالیت های زیر را انجام دهید:

فعالیت
کارگاهی



- ۱ با استفاده از اهم متر بر روی تخته کلم موتور اتصال سر و ته موتور ها را بررسی کنید.
- ۲ با استفاده از اهم متر، مقدار مقاومت هر کلاف را به طور جداگانه اندازه گیری کنید و چنانچه در کارگاه دو موتور متفاوت وجود دارد، مقاومت به دست آمده را با هم مقایسه کنید.

معرفی ولتاژها و جریان‌های شبکه سه فاز

ولتاژها و جریان‌های شبکه سه فاز با عناوینی به شرح زیر معرفی شده و به کار می‌روند.

■ ولتاژ خطی (V_L)

به اختلاف سطح ولتاژ هر فاز با فاز دیگر ولتاژ خطی می‌گویند. در شبکه فشارضعیف ایران مقدار این ولتاژ برابر ۴۰۰ ولت است.

■ ولتاژ فازی (V_P)

مقدار ولتاژ (اختلاف پتانسیل) دو سر هر مصرف‌کننده سه فاز را ولتاژ فازی می‌گویند. در مدارهایی که دارای سیم نول باشند به ولتاژ بین هر فاز و سیم نول ولتاژ فازی گفته می‌شود.

■ جریان خطی (I_L)

به جریانی که از هر مسیر (سیم فاز) شبکه عبور می‌کند جریان خطی می‌گویند.

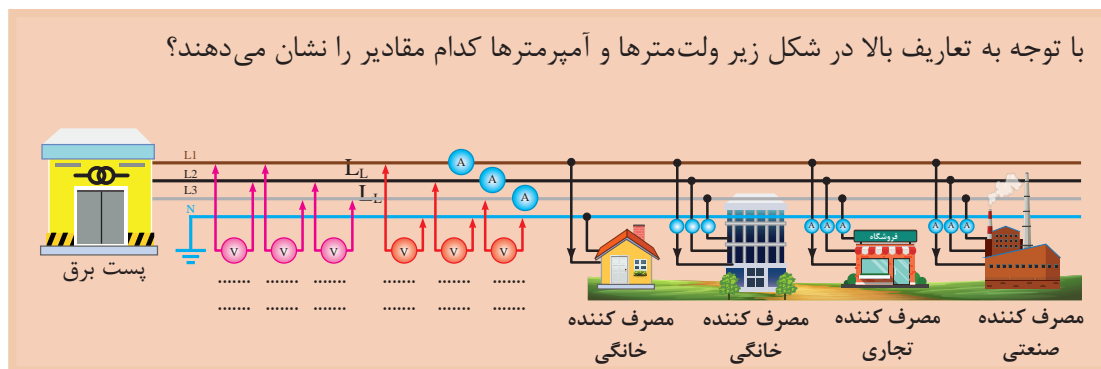
■ جریان فازی (I_P)

به جریانی که از هر کلاف مصرف‌کننده عبور می‌کند جریان فازی می‌گویند.

فعالیت



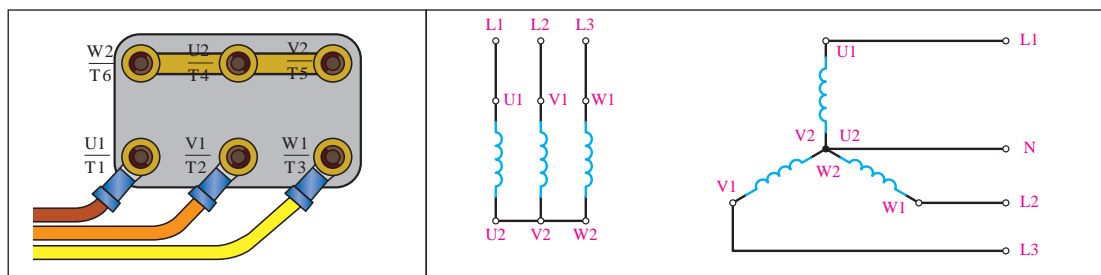
با توجه به تعاریف بالا در شکل زیر ولت‌مترها و آمپرترها کدام مقادیر را نشان می‌دهند؟



نحوه سربندی (اتصال) سیم پیچ‌ها در موتورهای سه فاز

(الف) اتصال ستاره (Y)

اگر به ابتدای سیم‌پیچ‌های (سر کلاف‌های « U_1, V_1, W_1 » موتور به ترتیب شبکه سه فاز L_1 و L_2, L_3 را وصل کرده و انتهای سیم‌پیچ‌ها (ته کلاف‌ها « U_2, V_2, W_2 » را به یکدیگر اتصال دهیم، به نوع اتصال، «اتصال ستاره» می‌گویند. شکل زیر نحوه اتصال ستاره را به صورت مداری و روی تخته کلم‌موتور نشان می‌دهد.

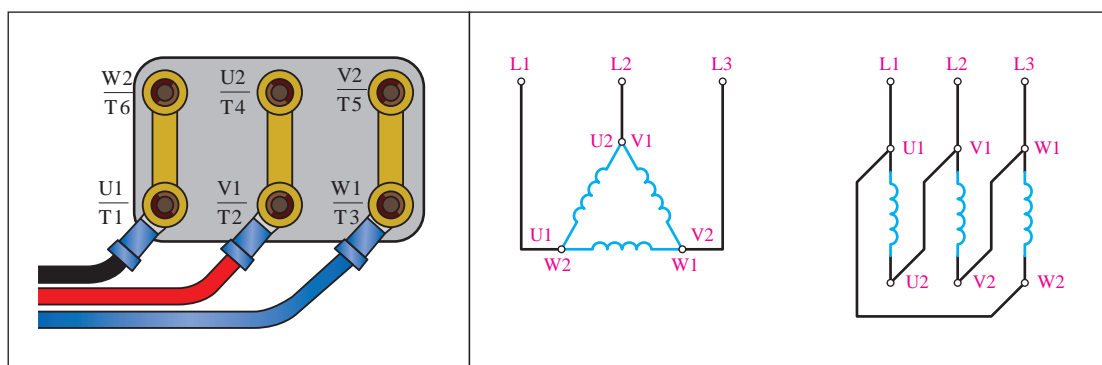




تخته کلم یک موتور سه فاز را به صورت ستاره ببندید و با استفاده از اهم متر مقدار مقاومت بین سرهای U_1, V_1, W_1 را دو به دو با هم به دست آورید.

ب) اتصال مثلث (Δ)

اگر انتهای کلاف اول (U_2) به ابتدای کلاف دوم (V_1) و انتهای کلاف دوم (V_2) به ابتدای کلاف سوم (W_1) و به همین ترتیب انتهای کلاف سوم (W_2) به ابتدای کلاف اول (U_1) وصل شود، به این اتصال «اتصال مثلث» گویند. شکل زیر نحوه اتصال مثلث را به صورت مداری و روی تخته کلم موتور نشان می دهد.



تخته کلم یک موتور سه فاز را به صورت مثلث ببندید و با استفاده از اهم متر مقدار مقاومت بین سرهای U_1, V_1, W_1 را دو به دو با هم به دست آورید.



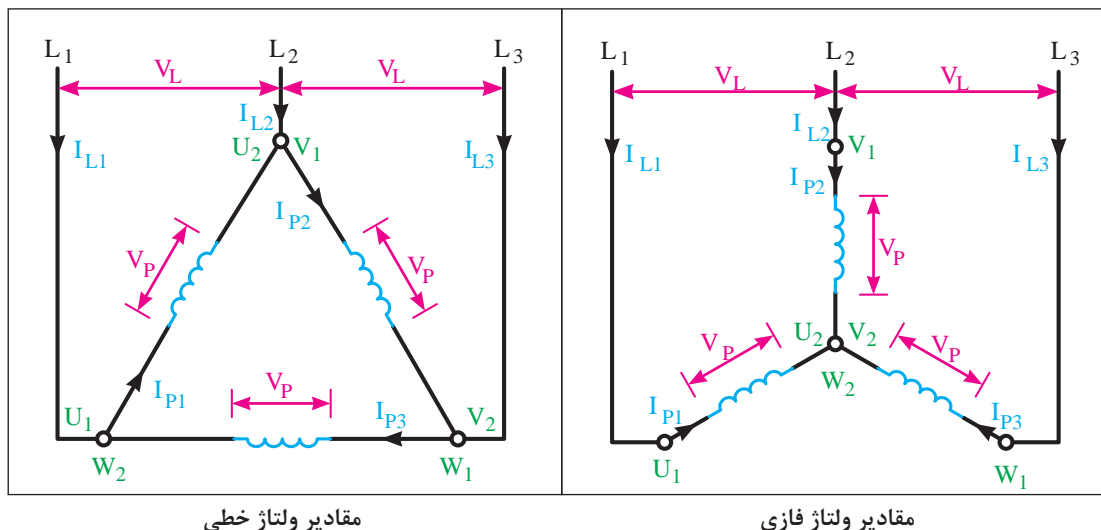
مقدار مقاومت به دست آمده در اتصال مثلث را با مقدار به دست آمده در ستاره، مقایسه و درباره تفاوت این دو مقدار بحث کنید.



دلیل استفاده از اتصال ستاره و مثلث چیست و کاربرد این دو اتصال در چه مواقعی است؟

مقادیر ولتاژهای خطی و فازي در اتصال ستاره و مثلث

شکل های زیر ولتاژها و جریان های خطی و فازي را در اتصال ستاره و مثلث بیان می کند.

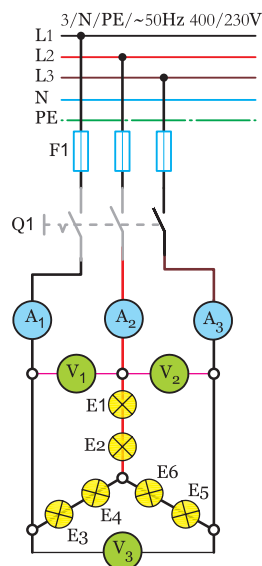
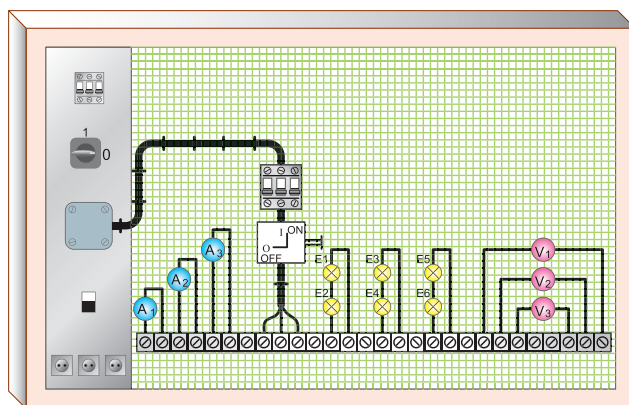


در گام اول مدار شکل زیر را با کمک شش لامپ ۱۰۰ وات روی تابلو برق ببندید. اتصال بین قطعات مدار را توسط سیم و با استفاده از ترمینال ها برقرار کنید.

فعالیت
کارگاهی



نمایش نحوه اتصال بین قطعات بر روی تابلوهای آموزشی



اکنون فیوز مینیاتوری سه فاز را وصل کنید و سپس کلید Q_1 را در حالت ON قرار دهید و ولتاژ و جریان هر یک از ولت مترها و آمپر مترها را بخوانید.

$$IA_1 = \dots\dots A \quad V_1 = \dots\dots V$$

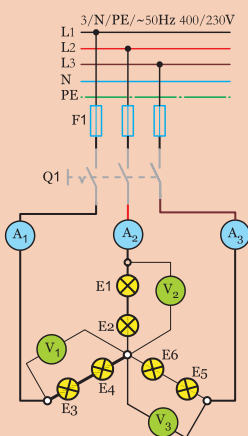
$$IA_2 = \dots\dots A \quad V_2 = \dots\dots V$$

$$IA_3 = \dots\dots A \quad V_3 = \dots\dots V$$

هر یک از ولت مترها و آمپر مترها چه کمیتی را اندازه گیری می کنند ؟

اکنون فیوز مینیاتوری سه فاز را قطع کنید و سپس کلید Q_1 را در حالت OFF قرار دهید.

در گام دوم محل قرار گرفتن ولت مترها را مطابق مدار شکل زیر تغییر دهید.
اکنون فیوز مینیاتوری سه فاز را وصل کنید و سپس کلید Q_1 را در حالت ON قرار دهید و ولتاژ و جریان هر یک از ولت مترها و آمپر مترها را بخوانید.



$$IA_1 = \dots\dots A \quad V_1 = \dots\dots V$$

$$IA_2 = \dots\dots A \quad V_2 = \dots\dots V$$

$$IA_3 = \dots\dots A \quad V_3 = \dots\dots V$$

- هر یک از ولت مترها و آمپر مترها چه کمیتی را اندازه گیری می کنند؟
- اکنون فیوز مینیاتوری سه فاز را قطع کنید و سپس کلید Q_1 را در حالت OFF قرار دهید.

از مقایسه گام اول و دوم چه نتیجه ای می گیرید؟

چرا نور لامپها در این اتصال از نور لامپها در حالت معمولی کمتر است؟

فعالیت



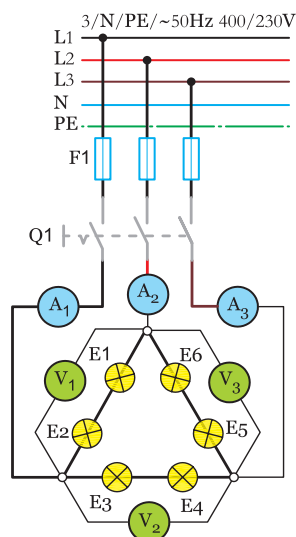
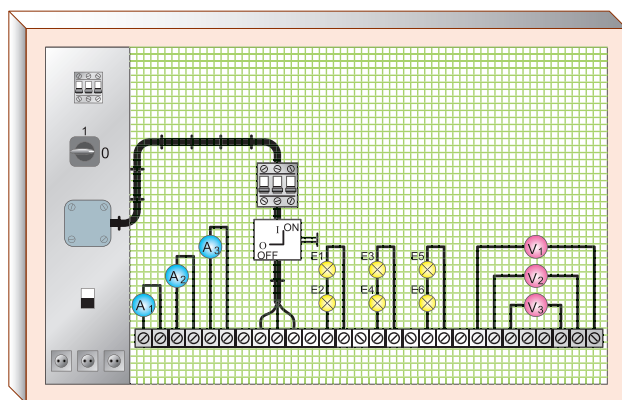
پرسش





در گام اول مدار شکل زیر را با کمک شش لامپ ۱۰۰ وات روی تابلو برق ببندید. اتصال بین قطعات مدار را توسط سیم و با استفاده از ترمینال‌ها برقرار کنید.

نمایش نحوه اتصال بین قطعات بر روی تابلوهای آموزشی



اکنون فیوز مینیاتوری سه فاز را وصل کنید و سپس کلید Q_1 را در حالت ON قرار دهید و ولتاژ و جریان هر یک از ولت مترها و آمپر مترها را بخوانید.

$$IA_1 = \dots\dots A \quad V_1 = \dots\dots V$$

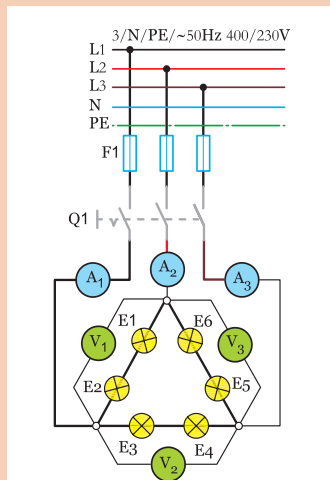
$$IA_2 = \dots\dots A \quad V_2 = \dots\dots V$$

$$IA_3 = \dots\dots A \quad V_3 = \dots\dots V$$

– هر یک از ولت مترها و آمپر مترها چه کمیتی را اندازه گیری می کنند؟

– اکنون فیوز مینیاتوری سه فاز را قطع کنید و سپس کلید Q_1 را در حالت OFF قرار دهید.

در گام دوم محل قرار گرفتن ولت مترها را مطابق مدار شکل زیر تغییر دهید.
 اکنون فیوز مینیاتوری سه فاز را وصل کنید و سپس کلید Q_1 را در حالت ON قرار دهید و ولتاژ و
 جریان هر یک از ولت مترها و آمپر مترها را بخوانید.



$$IA_1 = \dots\dots A \quad V_1 = \dots\dots V$$

$$IA_2 = \dots\dots A \quad V_2 = \dots\dots V$$

$$IA_3 = \dots\dots A \quad V_3 = \dots\dots V$$

هر یک از ولت مترها و آمپر مترها چه کمیتی را اندازه گیری می کنند؟
 اکنون فیوز مینیاتوری سه فاز را قطع کنید و سپس کلید Q_1 را در
 حالت OFF قرار دهید.

از مقایسه گام اول و دوم چه نتیجه ای می گیرید؟

فعالیت



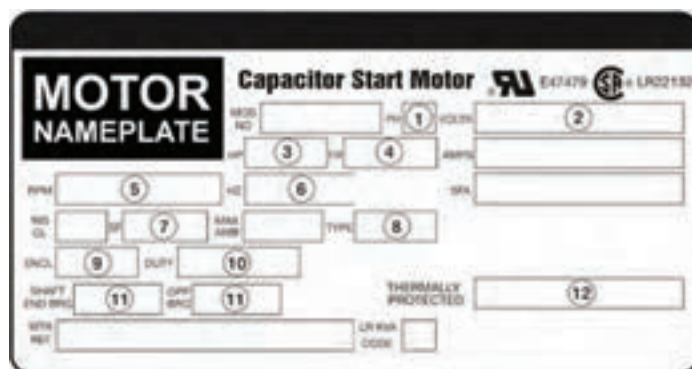
پژوهش



- ۱ علت تفاوت نور لامپها در اتصال مثلث و اتصال ستاره چیست؟
- ۲ علت استفاده نکردن از سیم نول در فعالیت کارگاهی فوق چیست؟

آشنایی با پلاک مشخصات الکتروموتورهای سه فاز

برای انتخاب صحیح و مناسب موتور سه فاز، باید به توضیحات روی پلاک مشخصات موتور
 کاملاً توجه نمود. شکل پلاک موتورهای سه فاز، همچنین اطلاعات نوشته شده روی آنها
 متفاوت است.



یکی از مهم ترین موارد نوشته شده بر روی موتور، «ولتاژ نامی» موتور است و نظر به اینکه مقدار ولتاژ شبکه در نقاط مختلف دنیا متفاوت است، باید به این قسمت توجه ویژه شود. در اتصال مصرف کننده های سه فاز (موتورها) به شبکه برق، باید دقت کنیم که ولتاژ کار هر یک از سیم پیچ ها (ولتاژ فازی) برابر ولتاژی باشد که از طریق شبکه برق به آنها می رسد. از آنجا که در اتصال مثلث، ولتاژ هر فاز $\sqrt{3}$ برابر ولتاژ فازی در حالت اتصال ستاره است، باید در اتصال موتور به صورت ستاره و مثلث دقت کافی نمود. برای مثال، اگر بر روی پلاک یک موتور الکتریکی سه فاز نوشته شده باشد « $230V\Delta$ »، به این معنی است که این موتور را در برق ایران نمی توان به صورت مثلث به شبکه متصل کرد؛ زیرا به دو سر هر سیم پیچ ۳۸۰ ولت ولتاژ می رسد و آن را می سوزاند. در ایران موتوری را می توان به صورت مثلث اتصال داد که روی پلاک مشخصات آن نوشته شده باشد « $400V\Delta$ » یا « $680/400V$ ».

فعالیت



با توجه به موارد فوق، جدول زیر را مطابق با ولتاژ شبکه ایران تکمیل کنید.

مشخصات پلاک موتور	نحوه اتصال موتور به شبکه برق ایران
230 Y	نمی تواند با شبکه سه فاز ایران راه اندازی شود.
230 Δ	
400 Y	
400 Δ	
400/230 Y/ Δ	فقط به صورت ستاره
680/400 Y/ Δ	

پروژه



از پلاک موتورهای موجود در کارگاه، اطلاعات و مشخصات آن را استخراج کنید و نتیجه را به کلاس گزارش دهید.

تعریف کابل

چنانچه یک یا چند هادی الکتریکی، که نسبت به هم عایق هستند، در درون غلافی محافظت شوند، کابل الکتریکی تشکیل می‌شود. در یک کابل، ولتاژ سطح عایق نسبت به زمین صفر است (عایق کامل).

ساختمان کابل‌ها به سه دسته زیر تقسیم‌بندی می‌گردد:

- هادی کابل
- عایق کابل
- غلاف کابل



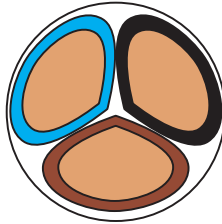
الف) هادی کابل

وظیفه عبور و تحمل جریان برعهده «هادی کابل» است، که با توجه به جریان عبوری مقطع هادی، تغییر می‌کند. هادی کابل از جنس مس خالص و دارای انعطاف قابل قبول است یا از آلومینیم یا آلیاژهای مخصوص ساخته می‌شود. کابل‌ها از نظر تعداد رشته، به دو دسته تک رشته (مفتولی) با حرف اختصاری (e) و چند رشته (افشان) با حرف اختصاری (m)، و از نظر سطح مقطع نیز به دو دسته گرد با حرف اختصاری (r) و مثلثی با حرف اختصاری (S) تقسیم‌بندی می‌شوند.

جدول زیر را تکمیل کنید.

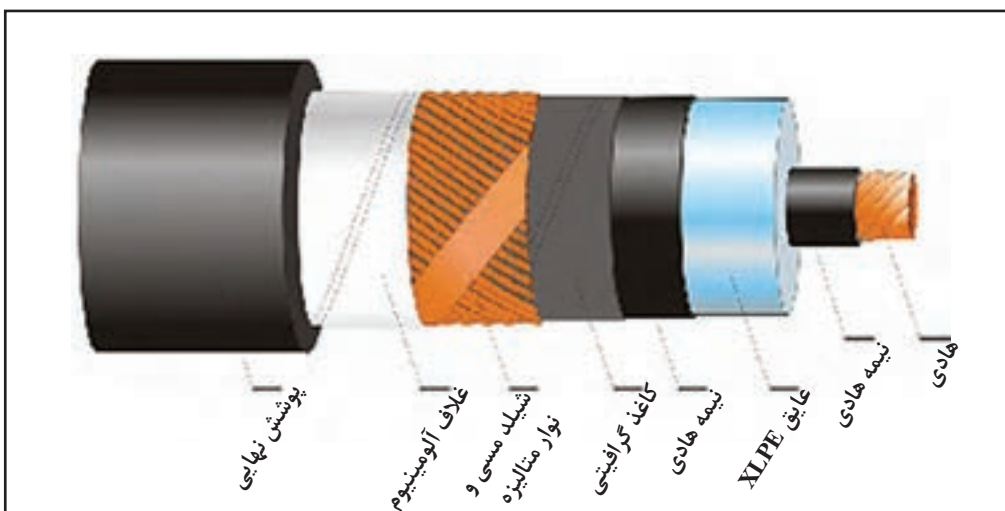
فعالیت



		تصویر
	sm	نام
		تصویر
re		نام

ب) عایق کابل

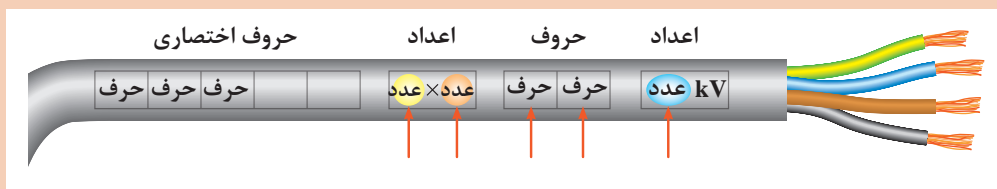
با توجه به اینکه کابل‌ها در زیر زمین یا روی تجهیزات قرار می‌گیرند، باید فاقد هرگونه اتصال الکتریکی بین هادی و زمین باشند. به عبارت دیگر، باید ولتاژ روی بدنه عایق نسبت به زمین صفر باشد. برای عایق کردن کابل‌های الکتریکی، بسته به نوع مصرف و ولتاژ روی هادی کابل، از مواد مختلفی همچون کاغذهای آغشته به روغن، مواد پروتودور (PVC) و مواد عایق پلی‌اتیلن (PET) استفاده می‌شود.



ج) غلاف کابل

در برخی کابل‌ها از لایه‌هایی روی کابل استفاده می‌شود که می‌توانند عایق کابل را در مقابل انواع نیروهای مکانیکی محافظت کنند و همچنین از نفوذ رطوبت به داخل کابل جلوگیری نمایند. به این محافظ «غلاف کابل» یا «زره» گفته می‌شود.

با توجه به شکل زیر قسمت‌های مختلف کابل را بررسی و توضیح دهید:



پژوهش





در جدول زیر اطلاعات روی هر کابل را استخراج و سپس جدول را کامل کنید.

اطلاعات	تصویر

سرسیم و کابلشو

برای اتصالات جداشدنی سیم‌ها، از فیش یا سرسیم‌های مخصوص استفاده می‌کنند. سرسیم‌ها، با توجه به سطح مقطع سیم، در اندازه‌های مختلف ساخته می‌شوند و با لحیم‌کاری یا توسط دستگاه پرسِ مخصوص، به‌هادی محکم می‌شوند.

برای اتصال جداشدنی کابل از کابلشو استفاده می‌شود. کابلشوها در انواع مختلف پرسی، لحیمی، پیچی و منگنه‌ای ساخته می‌شوند. روی کابلشوها معمولاً سطح مقطع کابل و قطر سوراخ کابلشو جهت اتصال به پیچ مناسب نوشته می‌شود.

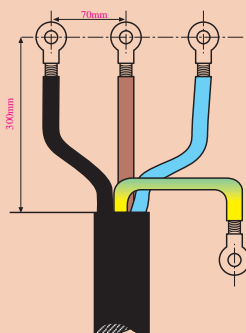


انواع کابلشو



دستگاه پرس کابلشوی دستی و اتوماتیک

یک کابل $4 \times 16 \text{ mm}^2 \text{ r/m}$ را مانند شکل زیر فرم داده و روی هر یک از رشته‌ها یکی از انواع کابلشوها را متصل کنید.



فعالیت
کارگاهی



راه اندازی موتورهای سه فاز

بهره‌برداری مطمئن و بدون وقفه از انرژی الکتریکی شدیداً به خصوصیات و طرز کار وسایل کنترل‌کننده از جمله کلیدها بستگی دارد. در سال‌های اخیر تولیدکنندگان تجهیزات الکتریکی، براساس نیاز بازار، انواع کلیدها را با خواص الکتریکی و مکانیکی هماهنگ با شرایط بهره‌برداری و جنبه‌های اقتصادی تولید کرده‌اند. امروزه موتورهای الکتریکی عمدتاً توسط کلیدهای زبانه‌ای یا کلیدهای مغناطیسی (کنتاکتور) کنترل می‌شوند. البته دو نوع کلید اهرمی و غلتکی نیز در صنایع قدیمی دیده می‌شود که به علت استهلاک بالا دیگر مورد استفاده قرار نمی‌گیرند.

کلیدهای زبانه‌ای



در این نوع کلیدها استوانه‌ای طراحی شده است که چندین برجستگی و فرورفتگی دارد و با حرکت استوانه به دور محور خود، زبانه بالا و پایین می‌رود و کنتاکت‌های متحرک و ثابت را به همدیگر وصل یا قطع می‌کند. در صنعت به این کلیدها «کلید سلکتور» نیز می‌گویند.

فعالیت



در جدول زیر علائم مربوط به انواع کلید زبانه‌ای ترسیم شده است. با توجه به علائم، کاربرد کلید را بنویسید.

نام کلید	تصویر	نام کلید	تصویر
چند سرعتی (۰-۱-۲) - (۰-۱-۲-۳)		قطع و وصل ساده (۰-۱)	
انتخاب کننده فاز برای دستگاه‌های اندازه‌گیری مانند کلید ولت‌متر			

راه اندازی موتورهای سه فاز با کلیدهای زبانه‌ای



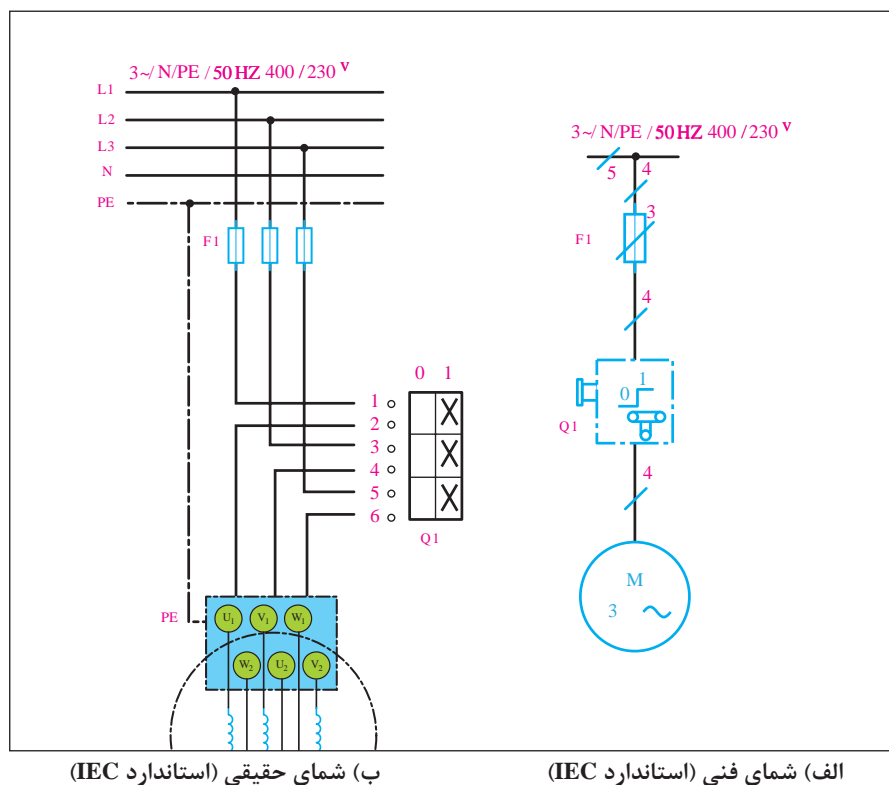
اتصال موتورهای سه فاز به شبکه برق با کلید قطع و وصل (۱-۰)

در این حالت، کلید زبانه‌ای مشابه سه کلید تک پل عمل می‌کند و باید سه فاز L_1 ، L_2 و L_3 را به سرهای U_1 ، V_1 و W_1 اتصال دهد یا قطع کند. به خاطر داشته باشید که هنگام استفاده از کلیدهای (۱-۰) اتصال موتور با استفاده از تیغه‌های تخته کلم باید به صورت ستاره یا مثلث بسته شده باشد.



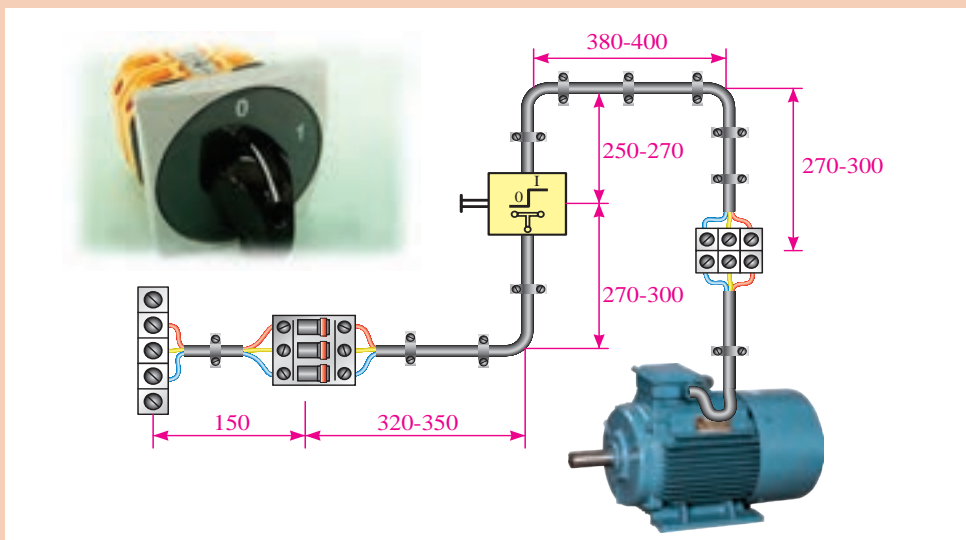
با استفاده از اهم متر اتصال کلید زبانه‌ای (۱-۰) را در دو حالت قطع و وصل بررسی کنید.

برای رسم نقشه و همچنین کاربرد کلیدهای زبانه‌ای در استاندارد کمیته بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC) از دو شمای فنی (تک خطی) و حقیقی استفاده می‌شود. در کلیدهای قطع و وصل زبانه‌ای نیز نقشه‌های فنی و حقیقی مانند شکل زیر است:





با توجه به شکل زیر و با رعایت فاصله‌ها، یک موتور سه فاز را در یک مرحله با اتصال ستاره و در مرحله بعد با اتصال مثلث راه‌اندازی کنید.



بر روی فازهای ورودی، سه آمپر متر ببندید و جریان راه‌اندازی را در دو حالت راه‌اندازی با اتصال ستاره و راه‌اندازی با اتصال مثلث، با هم مقایسه کنید.

تغییر جهت گردش موتورهای سه فاز



از تغییر جهت گردش دور موتور برای چه استفاده می‌شود و در چه مواردی به کار می‌رود؟

در موتورهای سه فاز برای تغییر جهت گردش دور موتور باید جای دو فاز، سه فاز ورودی را با هم جابه‌جا نماییم؛ یعنی:

$$\begin{cases} L_1 \rightarrow U_1 \\ L_2 \rightarrow V_1 \\ L_3 \rightarrow W_1 \end{cases}$$

در حالت راست گرد

در حالت چپ گرد

$$\begin{cases} L_1 \rightarrow V_1 \\ L_2 \rightarrow U_1 \\ L_3 \rightarrow W_1 \end{cases}$$



در صورت تعویض هر سه فاز ورودی با هم، آیا جهت دور موتور برعکس می‌شود؟

از مقایسه حالت‌های چپ گرد و راست گرد با یکدیگر مشاهده می‌شود که در یک فاز مشترک‌اند و می‌توان به رابطه کلی زیر دست یافت:

$$\begin{array}{ccccc} V_1 & \rightarrow & L_1 & \rightarrow & U_1 \\ U_1 & \rightarrow & L_2 & \rightarrow & V_1 \\ W_1 & \rightarrow & L_3 & \rightarrow & W_1 \end{array}$$

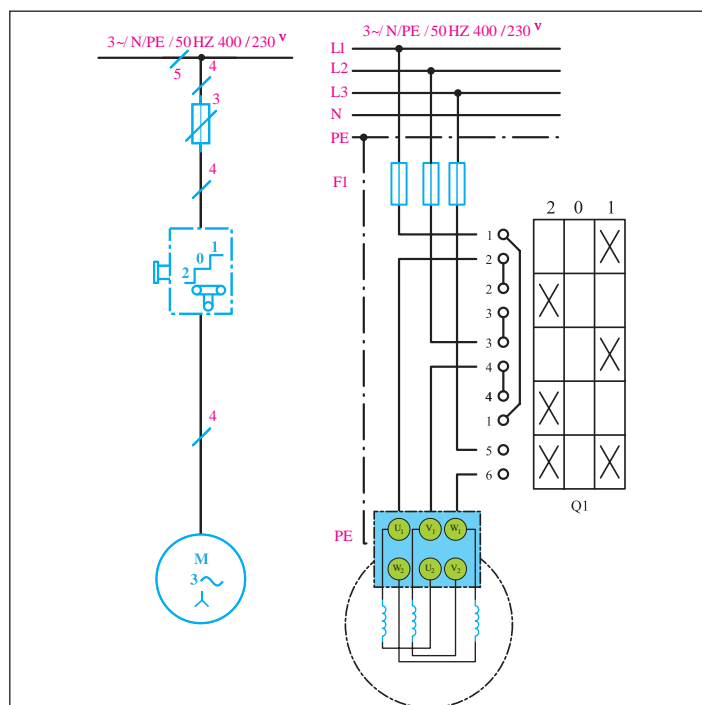


حالت‌های دیگر کلید چپ گرد - راست گرد را، در صورت ثابت ماندن فاز دیگر بنویسید.



با استفاده از اهم متر اتصال تیغه‌های کلید چپ گرد - راست گرد زبانه‌ای را در سه حالت چپ گرد، قطع و راست گرد بررسی کنید.

شمای فنی و حقیقی کلیدهای چپ گرد - راست گرد در شکل زیر نمایش داده شده است.

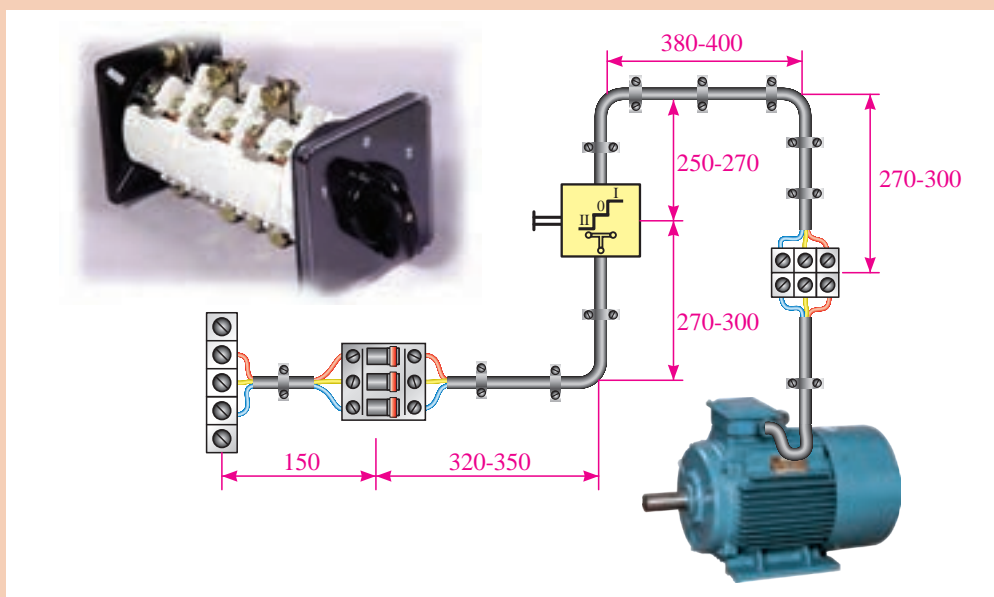


(ب) شمای فنی (استاندارد IEC)

(الف) شمای حقیقی (استاندارد IEC)



با توجه به شکل زیر و با رعایت فاصله‌ها یک موتور سه فاز را تغییر جهت دهید.



چنانچه یکی از فازها قطع باشد، در هنگام چپ‌گرد-راست گرد شدن چه اتفاقی می‌افتد و موتور در چه جهتی حرکت می‌کند؟ در مورد زیر بار بودن یا نبودن موتور در حالت فوق بحث کنید.

بحث



راه‌اندازی موتورهای سه فاز با کلید زبانه‌ای به صورت ستاره مثلث

فیلم



راه‌اندازی موتورهای سه فاز به صورت ستاره مثلث

برای اینکه یک موتور از حالت سکون به دور نامی برسد، آن را با وسایلی که «راه‌انداز» نامیده می‌شود به کار می‌اندازند. اگر موتورهای الکتریکی با قدرت بالا را مستقیماً به شبکه وصل کنیم، جریان راه‌اندازی حدود ۴ تا ۷ برابر جریان نامی از شبکه دریافت می‌کند؛ در نتیجه احتمال دارد سیم‌های رابط و سیم‌پیچ‌های موتور صدمه ببینند. به همین جهت موتورهای را به گونه‌ای راه‌اندازی می‌کنند که بتوان جریان راه‌اندازی را کنترل و آن را محدود کرد (البته هر چه جریان راه‌اندازی بیشتر باشد گشتاور راه‌اندازی موتور نیز بالاتر می‌رود).



در مورد مفهوم «گشتاور» و ارتباط آن با «جریان» تحقیق و پژوهش کنید.

به همین دلیل است که موتورهای با قدرت پایین را مستقیماً به شبکه وصل می‌کنند و موتورهای دارای جریان بالا و قدرت زیاد را توسط روش‌های راه‌اندازی، کنترل می‌کنند. یکی از این روش‌های راه‌اندازی موتورهای سه فاز، اتصال ستاره مثلث است. این روش در موتورهایی به کار می‌رود که می‌توانند در شبکه مورد نظر اتصال مثلث داشته باشند و با استفاده از مدارهای ستاره مثلث، به شبکه اتصال می‌دهند.



برای راه‌اندازی موتورهای با قدرت بالا چه روش‌های دیگری به کار برده می‌شود؟



جدول زیر را برای راه‌اندازی موتورهای سه فاز تکمیل کنید.

روش‌های راه‌اندازی	قدرت نامی	
	در شبکه ۲۳۰V	در شبکه ۴۰۰V
راه‌اندازی به صورت مستقیم	۱/۵KW تا ۳KW	.....
.....	.....	۱۱KW تا ۴KW



۱ آیا توان در اتصال ستاره و مثلث تغییر می‌کند؟

۲ آیا موتوری که باید در نهایت با اتصال مثلث کار کند، می‌تواند در حالت ستاره، زیر بار قرار گیرد؟ چرا؟

کنترل جریان راه‌اندازی با استفاده از مدار ستاره مثلث

همان‌طور که در قسمت‌های قبل گفته شد، برای ایجاد اتصالات ستاره و مثلث باید اتصال کلاف‌ها و فازها به صورت زیر باشد:

$$\text{اتصال ستاره} \begin{cases} L_1 \rightarrow U_1 \\ L_2 \rightarrow V_1 \\ L_3 \rightarrow W_1 \\ U_2 \rightarrow V_2 \rightarrow W_2 \end{cases}$$

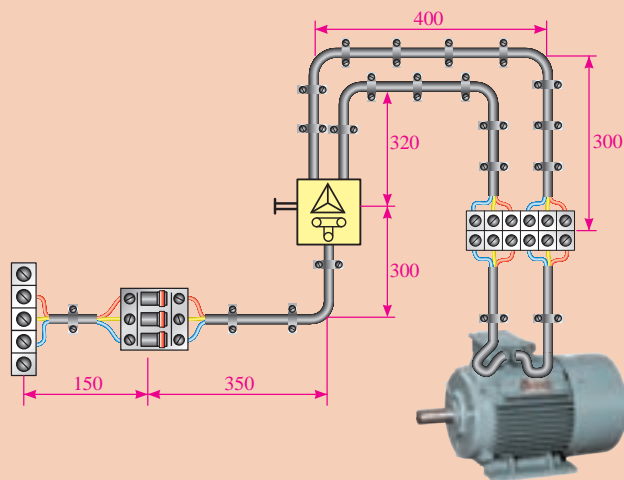
$$\text{اتصال مثلث} \begin{cases} L_1 \rightarrow U_1 \rightarrow W_2 \\ L_2 \rightarrow V_1 \rightarrow U_2 \\ L_3 \rightarrow W_1 \rightarrow V_2 \end{cases}$$

Figure 1 consists of two diagrams comparing IEC and Iranian standards for a 3-phase 400V motor circuit. The left diagram (b) shows the IEC standard, and the right diagram (a) shows the Iranian standard.

Diagram (b) - IEC Standard: This diagram shows a 3-phase 400V/230V supply connected to a 3-phase 400V motor. The motor is represented by a blue box with three windings. The supply is labeled "3~N/PE /50 HZ 400 /230 V". The motor is labeled "3~ 400 V". The diagram also includes a 3-phase 400V/230V transformer and a 3-phase 400V/230V motor.

Diagram (a) - Iranian Standard: This diagram shows a 3-phase 400V/230V supply connected to a 3-phase 400V motor. The motor is represented by a blue box with three windings. The supply is labeled "3~N/PE /50 HZ 400 /230 V". The motor is labeled "3~ 400 V". The diagram also includes a 3-phase 400V/230V transformer and a 3-phase 400V/230V motor.

فعالیت کارگاهی



کنتاکتور یا کلید مغناطیسی



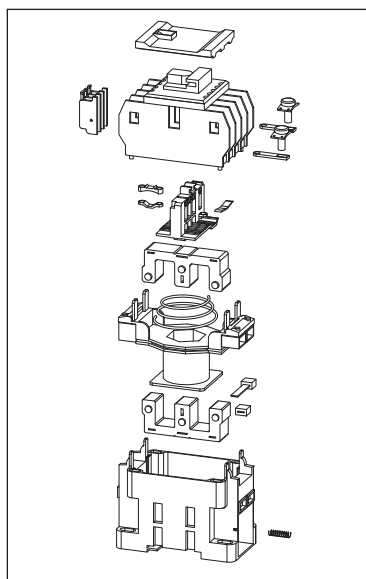
کنتاکتور با استفاده از خاصیت الکترومغناطیس (مانند رله‌ها) تعدادی کنتاکت را به یکدیگر وصل یا از یکدیگر جدا می‌کند. از این خاصیت جهت قطع و وصل یا تغییر اتصال مدار استفاده می‌شود. در مدارهای فرمان الکتریکی وسایل مختلفی به کار می‌رود که مهم‌ترین آنها کنتاکتور یا کلید مغناطیسی است. استفاده از کنتاکتور در مدارهای کنترل، طراحی‌های متنوع را در پی دارد.

بحث



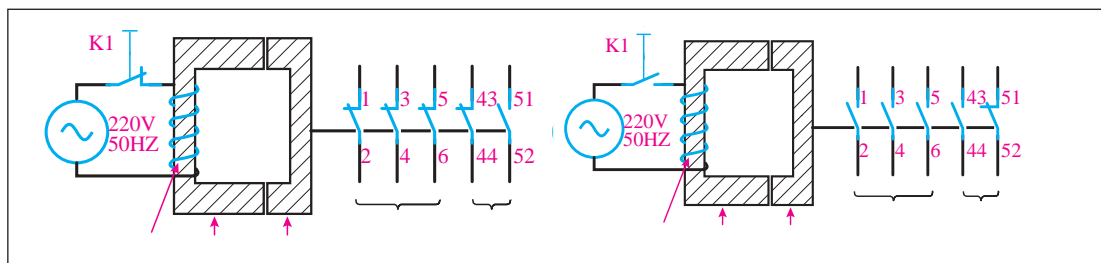
استفاده از کنتاکتورها چه مزایایی نسبت به کلیدهای دستی دارد؟

ساختمان کنتاکتور



این کلید از دو هسته به شکل E یا U، که یکی ثابت و دیگری متحرک است، تشکیل می‌شود. در میان هسته ثابت یک بوبین یا سیم‌پیچ قرار دارد. وقتی بوبین به برق متصل می‌شود با استفاده از خاصیت مغناطیسی، نیروی کششی فنر را خنثی می‌کند و هسته فوقانی را به هسته تحتانی اتصال می‌دهد و باعث می‌شود که تعدادی کنتاکت عایق شده از یکدیگر به ترمینال‌های ورودی و خروجی کلید متصل شود یا باعث گردد کنتاکت‌های بسته کنتاکتور باز شوند.

در صورتی که مدار تغذیه بوبین کنتاکتور قطع شود، هسته متحرک در اثر نیروی فنری که داخل کلید قرار دارد، دوباره به حالت اول باز می‌گردد. شکل زیر طرح ساده‌ای از یک کنتاکتور را نشان می‌دهد.

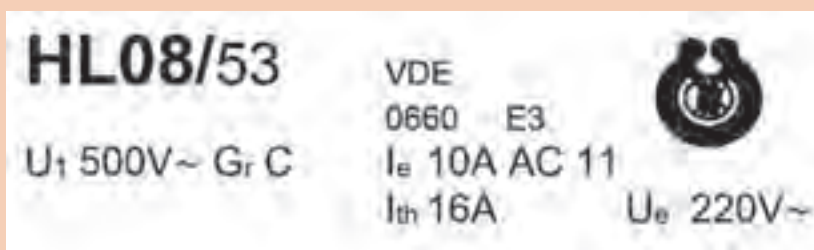


شناخت مشخصات فنی کنتاکتور

با توجه به نوع مصرف کننده و شرایط کار، کنتاکتورها قدرت و جریان عبوری مشخصی برای ولتاژهای مختلف دارند. بنابراین، باید به جدول و مشخصات کنتاکتور توجه کافی شود و منطبق بر مشخصات مورد نیاز، انتخاب گردد.

برای اتصال مصرف کننده به شبکه باید از کلید یا کنتاکتوری استفاده کرد که کنتاکت‌های آن تحمل جریان راه اندازی و جریان دائمی را داشته باشند. همچنین در صورت اتصال کوتاه، جریان لحظه‌ای زیادی که از مدار عبور می‌کند و یا جرقه‌ای که هنگام قطع مدار ایجاد می‌شود، صدمه‌ای به کلید نزند. به این منظور و برای اینکه 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. این مقادیر برای کلیدهای غیرمغناطیسی، مانند کلید اهرمی و غلتکی نیز، وجود دارد.

حروف و علائم نوشته شده روی پلاک کنتاکتور زیر را تحلیل و تفسیر کنید.



فعالیت



فیلم



اجزای تشکیل دهنده کنتاکتور

اجزای تشکیل دهنده مدارهای کنترل با استفاده از کنتاکتور

در مدارهای راه اندازی موتورهای الکتریکی با استفاده از کنتاکتور، عموماً با دو نقشه مدار فرمان و مدار قدرت روبه‌رو هستیم، که در شماهای مسیر جریان، حقیقی، مونتاژ و خارجی نشان داده می‌شوند. در این کتاب به نقشه مسیر جریان اکتفا شده است.

در مورد هر یک از شماها (مسیر جریان، حقیقی، مونتاژ و خارجی) و کاربردشان در مدارهای کنترل، پژوهش کنید.

پژوهش



پرسش



مدار فرمان با مدار قدرت چه تفاوتی دارد؟

برای طراحی راه‌اندازی موتورهای الکتریکی و کار با آنها باید وسایل تشکیل‌دهنده آن را به‌طور کامل شناخت و به اصول ساختمان و موارد استفاده از این وسایل آشنا شد.

وسایلی که در مدارهای قدرت به کار می‌روند عبارت‌اند از:

- ۱- انواع فیوز؛
- ۲- کنتاکت‌های قدرت کنتاکتور؛
- ۳- بی‌متال؛
- ۴- موتورها.

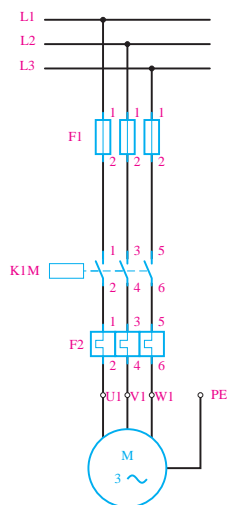
فعالیت



با توجه به وسایل مدارهای قدرت، جدول زیر را مطابق ردیف اول تکمیل کنید:

نام	تصویر	هدف از استفاده	نقشه در مدار قدرت	علامت وسیله
کلید مینیاتوری ^۱ (MCB)		حفاظت در برابر اتصال کوتاه	.....	F
فیوز فشنگی		حفاظت در برابر اتصال کوتاه	.....	.....
فیوز سکسیونری (سیلندری)	
.....	
.....	

شکل زیر نمونه‌ای از مدار قدرت و علائم به کار رفته را نشان می‌دهد.



با توجه به شکل فوق، هدف از مدار قدرت تنها تغذیه مصرف کننده از قبیل موتور، لامپ و... است (جایگزین کلیدهای دستی).

مدار قدرت راه اندازی دو موتور را ترسیم کنید.

فعالیت




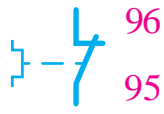

وسایلی که در مدارهای کنترل فرمان به کار می‌روند، عبارت‌اند از:

- ۱- کنتاکتور (کلید مغناطیسی)؛
- ۲- شستی استاپ استارت؛
- ۳- تیغه‌های بی‌متال؛
- ۴- لامپ‌های سگینال؛
- ۵- فیوزها؛
- ۶- لیمیت سویچ‌ها؛
- ۷- کلیدهای تابع فشار، دما (ترموستات) و ارتفاع؛
- ۸- کلیدهای شناور؛
- ۹- چشم‌های الکتریکی (سنسورهای القایی و خازنی)؛
- ۱۰- تایمر و انواع آن؛
- ۱۱- کلیدهای تابع دور.

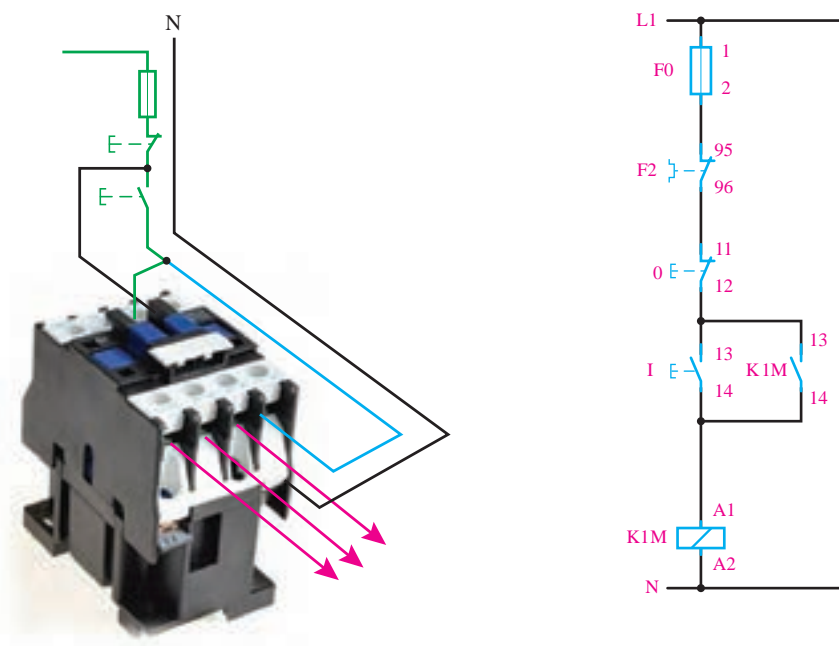


با توجه به وسایل مدارهای قدرت، جدول زیر را مطابق ردیف اول تکمیل کنید:

نام	تصویر	هدف از استفاده	نقشه در مدار قدرت	علامت وسیله
کنتاکت باز کنتاکتور (NO)		نگهدارنده و وابسته نمودن مکانی به مکان دیگر		
کنتاکت بسته کنتاکتور (NC)			
بوئین کنتاکتور			
			
شستی استپ			

نام	تصویر	هدف از استفاده	نقشه در مدار قدرت	علامت وسیله
				
کنناکت باز بی مثال				F

شکل زیر نمونه‌ای از «مدار فرمان» و علائم به کار رفته را نشان می‌دهد.



با توجه به شکل صفحه قبل، می‌توان گفت که هدف از مدار فرمان، کنترل مدار تغذیه مصرف کننده (بوبین کنتاکتور) است. بنابراین مدارهای فرمان و قدرت باید به‌طور هم‌زمان با هم کار کنند و وجود هر یک به تنهایی نمی‌تواند عملکرد صحیح را در پی داشته باشد.

- ۱ مدار AND و OR منطقی را با شستی استارت ترسیم و جدول صحت آن را با توجه به عملکرد مدار رسم کنید.
- ۲ مدار AND و OR منطقی را با شستی استپ ترسیم و جدول صحت آن را با توجه به عملکرد مدار رسم کنید.

فعالیت



فیلم



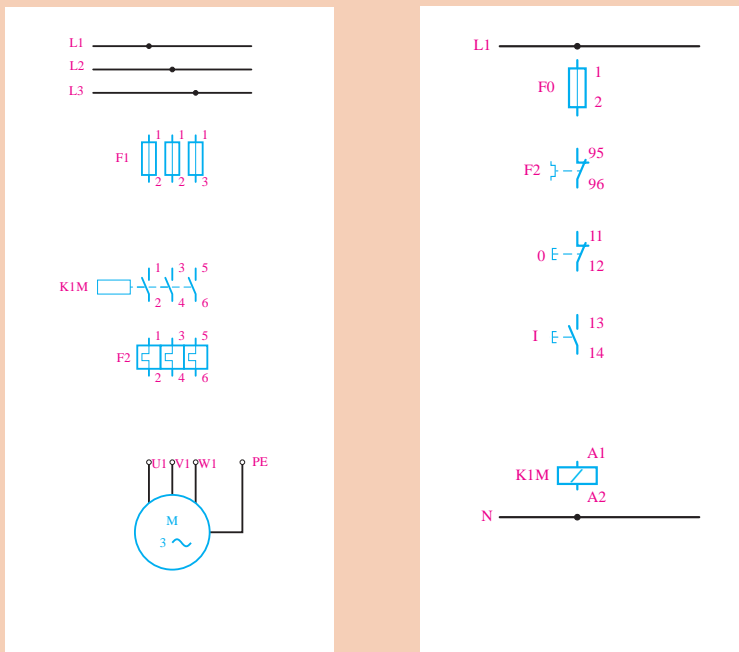
مراحل راه‌اندازی موتور سه فاز به صورت لحظه‌ای و دائم

راه‌اندازی موتور سه فاز با استفاده از کنتاکتور

برای راه‌اندازی موتورهای سه فاز تنها به یک کنتاکتور نیاز است تا بتوانیم توسط یک شستی (استارت) موتور را به حرکت در آوریم و توسط یک شستی دیگر (استپ)، آن را متوقف نماییم. از فیوز و رله حرارتی نیز، به ترتیب به عنوان وسایل حفاظت کننده در برابر اتصال کوتاه و اضافه بار، استفاده می‌نماییم.

مدار فرمان و مدار قدرت زیر را، که مربوط به راه‌اندازی موتور به صورت لحظه‌ای است تکمیل کنید.

فعالیت





پرسش



فعالیت کارگاهی



پرسش



تفکر

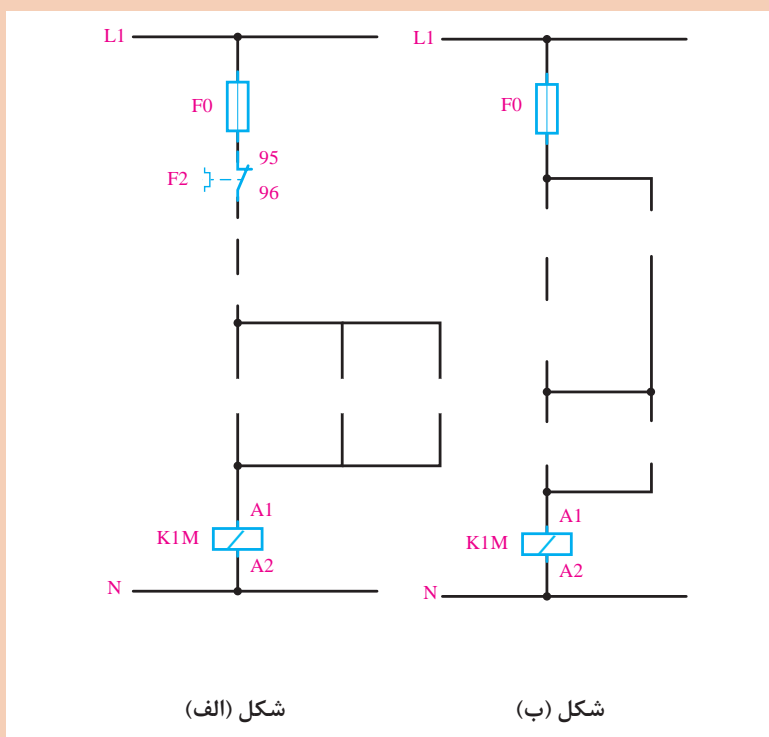


چرا کنتاکت باز کنتاکتور سبب شده است که موتور دائم کار شود؟



در مورد مزایا و معایب راه‌اندازی موتور توسط کلیدهای دستی و کنتاکتور بحث کنید.

شکل (الف) مربوط به راه‌اندازی یک موتور به صورت دائم کار است که از دو محل قابل کنترل است. شکل (ب) نیز مربوط به دستگاهی مانند پرس است که هر دو دست اپراتور باید روی شستی باشد تا دستگاه کار کند. این دو شکل را تکمیل کنید و آن را با بستن روی تابلو، آزمایش کنید.



شکل (الف)

شکل (ب)



در یک ماشین صنعتی از دو موتور $M1$ و $M2$ استفاده شده است. موتور $M1$ یک موتور سه فاز برای پمپ روغن به قدرت $0/5$ کیلووات و جریان $1/5$ آمپر و موتور $M2$ یک موتور سه فاز به قدرت 5 کیلووات و جریان 10 آمپر است.

طرز کار این ماشین به گونه‌ای است که موتور اصلی بدون پمپ روغن نباید کار کند، اما پمپ روغن می‌تواند به تنهایی به کار رود. با طراحی مدار الکتریکی این کار، نوع کنتاکتور و جریان نامی حفاظت‌کننده‌های لازم را حساب کنید.



با توجه به وسایل مدارهای فرمان جدول زیر را تکمیل کنید:

نام	تصویر	هدف از استفاده	نقشه در مدار قدرت	علامت وسیله
استپ استارت دابل		قطع و وصل همزمان دو نقطه از مدار		
لیمیت سوئیچ			
بوین تایمر تأخیر در وصل			
بوین تایمر تأخیر در قطع			KT
کنتاکت باز و بسته تایمر			
لامپ سیگنال			



معرفی تجهیزات مورد استفاده در مدارهای رله‌ای

در یک ماشین چوب‌بری، از یک موتور سه فاز روتور قفسی استفاده شده است. برای اتصال دائمی این موتور از یک شستی و برای قطع آن نیز از یک شستی دیگر استفاده می‌شود. علاوه بر این دو شستی، توسط یک پدال نیز باید بتوان موتور را به‌طور لحظه‌ای به شبکه متصل نمود. مدار فرمان و مدار قدرت این موتور را ترسیم و آن را روی تابلو آزمایش کنید.

رله زمانی (تایمر) و انواع آن

یکی از وسایل فرمان دهنده مدارهای کنترل اتوماتیک، تایمرها یا رله‌های زمانی هستند که وظیفه کنترل مدار را برای مدت زمانی معین بر عهده دارند. رله‌های زمانی در انواع مختلف ساخته می‌شوند:

(الف) رله زمانی موتوری یا الکترومکانیکی؛

(ب) رله زمانی الکترونیکی (ثابت زمانی خازن)؛

(پ) رله زمانی نیوماتیکی (با فشار هوا)؛

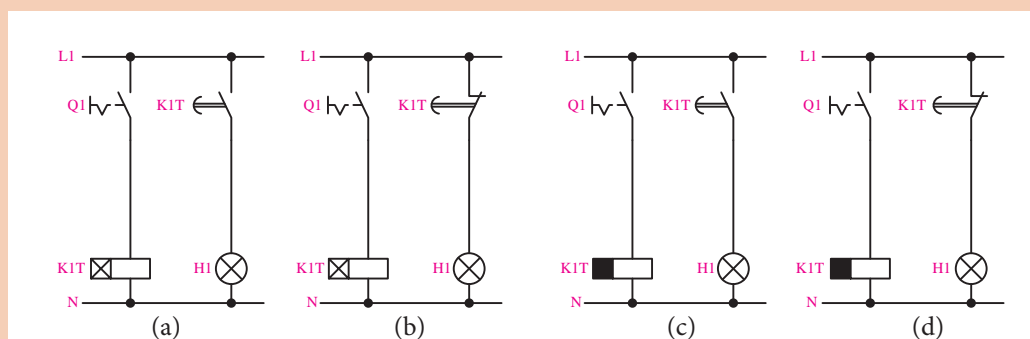
(ت) رله زمانی بی‌متال یا حرارتی؛

(ث) رله زمانی هیدرولیکی (فشار روغن).

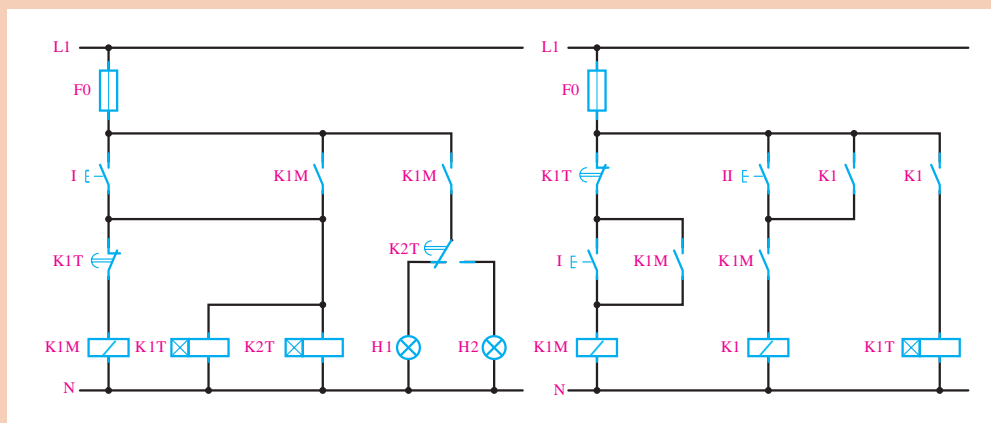
امروزه بیشتر در بازار، از رله زمانی الکترونیکی، به علت کیفیت و عمر بالا و قیمت مناسب، استفاده می‌شود. در نوعی از این تایمرها، با شارژ و دشارژ شدن یک خازن، بوبین یک رله کوچک تحریک می‌گردد. این نوع رله‌ها در دو نوع تأخیر در وصل و تأخیر در قطع می‌باشند.



در مدارهای زیر چنانچه کلید یک پل برای یک دقیقه وصل شود و سپس قطع گردد و تایمرها روی ۴۰ ثانیه تنظیم شده باشند، عملکرد لامپ در مدارها با هم چه فرقی خواهند داشت؟



برداشت



مداری طراحی کنید که با فشار به یک شستی موتور اول روشن شود و بعد از ۲۰ ثانیه موتور دوم فعال گردد و موتور اول را خاموش کند.

فعالیت
کارگاهی



تغییر جهت گردش موتورهای سه فاز

در قسمت‌های قبل گفته شد که برای تغییر جهت گردش موتورهای سه فاز کافی است جای دو فاز با یکدیگر تعویض شود. بنابراین برای انجام این کار به دو کنتاکتور نیاز است که یکی از آنها برای راست گرد و دیگری برای چپ گرد طراحی می‌شود.

توجه داشته باشید که این دو کنتاکتور در هیچ صورتی نباید به‌طور هم‌زمان در مدار، فعال باشند. آیا دلیل این امر را می‌دانید؟

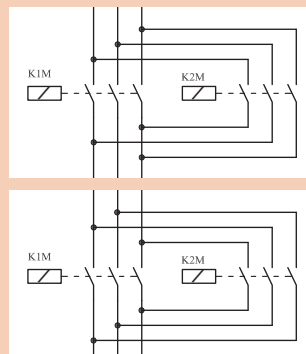
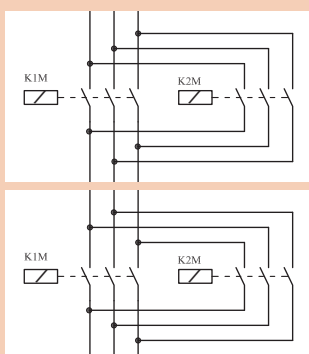
نکته



فعالیت



کدام یک از مدارهای قدرت زیر برای چپ گرد - راست گرد، عملکرد صحیحی ندارد؟ چرا؟



فیلم

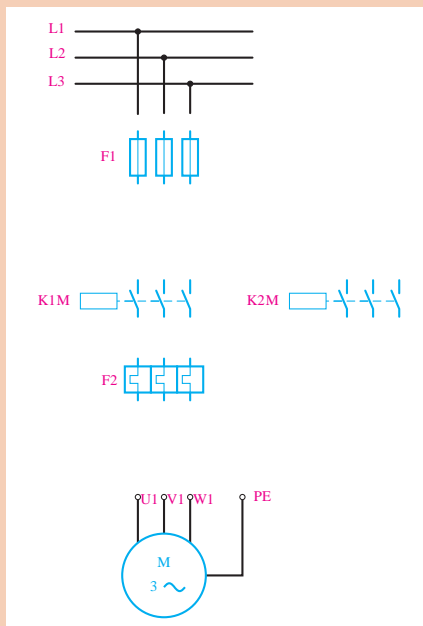


فعالیت



مراحل راه اندازی موتور سه فاز به صورت چپ گرد - راست گرد

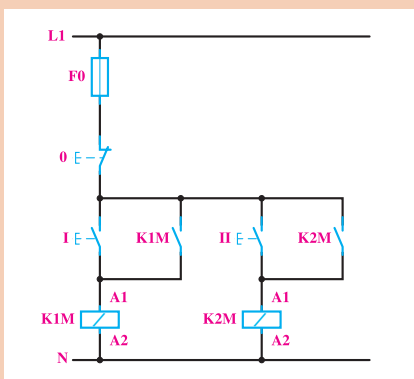
مدار قدرت زیر را، که مربوط به مدار چپ گرد - راست گرد است تکمیل کنید.
مقدار فیوز و بی متال در این مدار چگونه انتخاب می شود؟



برای مدار فرمان چپ گرد - راست گرد، مدارهای مختلفی طراحی می شود که عبارت اند از:

- ۱- مدار چپ گرد - راست گرد با توقف؛
- ۲- مدار چپ گرد - راست گرد سریع؛
- ۳- مدار چپ گرد-راست گرد با حفاظت کامل.

در کنار شکل زیر، نقاط ضعف مدار فرمان را برای چپ گرد - راست گرد کردن موتور یادداشت کنید.



فعالیت



مدار چپ گرد - راست گرد با توقف

در این مدار با فشار بر یکی از شستی‌ها (راست گرد یا چپ گرد) موتور در همان جهت انتخابی شروع به حرکت می‌کند و برای تغییر جهت، ابتدا باید موتور توسط شستی استپ متوقف گردد، سپس با فشار بر شستی استارت دیگر، موتور تغییر جهت دهد.

مدار فرمان و مدار قدرت چپ گرد - راست گرد با توقف را طراحی کنید و پس از تأیید هنرآموز، آن را بر روی تابلو ببندید و آزمایش کنید.

فعالیت
کارگاهی



پرسش

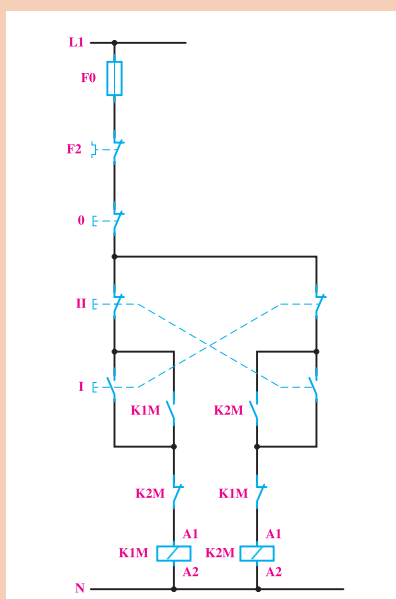


به نظر شما عیوب و نقاط ضعف مدار فوق چیست؟

مدار چپ گرد - راست گرد سریع

در مدارهای فرمان قبل، که طراحی شد، برای تغییر جهت گردش موتور، باید ابتدا شستی قطع را فشار دهیم و در صورتی که بخواهیم بدون قطع کردن مدار، جهت چرخش موتور را عوض کنیم، می‌توانیم کنتاکت بسته شستی I را در مدار بوبین کنتاکتور K2M و کنتاکت بسته شستی II را در مدار بوبین کنتاکتور K1M، به صورت سری قرار دهیم تا با فشار بر هر یک از آنها، ابتدا مدار کنتاکتور مقابل قطع گردد و سپس جهت چرخش موتور عوض شود.

در شکل زیر، مدار فرمان چپ گرد - راست گرد سریع را روی تابلو ببندید و آن را آزمایش کنید. به نظر شما نقاط ضعف این مدار چیست؟



فعالیت
کارگاهی



مدار چپ گرد - راست گرد با حفاظت کامل

اگر در مدار چپ گرد - راست گرد با توقف، شستی‌های I و II هم‌زمان فشار داده شوند، هر دو کنتاکتور K1M و K2M هم‌زمان جذب کرده و اتصال کوتاه دو فاز پیش خواهد آمد. برای کیفیت بهتر مدار، می‌توان شستی‌های I, II را دابل انتخاب کرد. در این صورت با فشار هم‌زمان به شستی‌ها، هیچ یک از کنتاکتورها جذب نخواهند کرد.

مدار فرمان و مدار قدرت چپ گرد - راست گرد با حفاظت کامل را طراحی و پس از تأیید هنرآموز، روی تابلو ببندید و آن را آزمایش کنید.

فعالیت
کارگاهی



مدار فرمان چپ گرد - راست گرد با توقف، سریع و با حفاظت کامل را به صورتی طراحی کنید که بتوان موتور را از دو محل کنترل کرد.

فعالیت



لیمیت سوئیچ‌ها (سوئیچ‌های محدودکننده)

این نوع کلیدها معمولاً برای فرمان‌های مکانیکی یا محدود کردن حرکت دستگاه به کار می‌روند. ساختمان داخلی آنها مانند استاپ استارت‌هاست و به صورت ساده، دابل و چند کنتاکته ساخته می‌شوند. به لیمیت سوئیچ‌هایی که در ابعاد کوچک ساخته می‌شوند میکروسوئیچ هم گفته می‌شود. کاربرد و ساختمان خارجی لیمیت سوئیچ‌ها متفاوت است و مستقیماً به چگونگی سیستم مکانیکی دستگاه بستگی دارد.

می‌خواهیم جهت گردش یک موتور آسنکرون سه فاز را، که بر روی یک ماشین تراش نصب شده است، توسط کنتاکتور عوض کنیم. مدار فرمان و مدار قدرت آن را ترسیم کنید و آنها را روی تابلو ببندید و آزمایش کنید.

پروژه



در ماشین‌هایی همچون ماشین تراش، ولتاژ تغذیه مدار فرمان بسیار کم است.

نکته



معرفی رله کنترل فاز و رله کنترل بار

فیلم



رله کنترل فاز



در مدارهای کنترلی سه فاز، چنانچه یکی از فازها قطع شود (به اصطلاح دو فاز شود) توان موتور کاهش می‌یابد و قادر به اجرای کار مورد نظر نخواهد بود (زیر بار می‌خوابد). در نتیجه جریان زیادی از موتور عبور می‌کند و چنانچه وسایل حفاظتی عمل نکنند موتور آسیب می‌بیند. یکی از کاربردهای کنترل فاز جلوگیری از دو فاز شدن موتور است.

پژوهش



در مورد دیگر کاربردهای کنترل فاز پژوهش کنید.

فعالیت



رله کنترل فاز موجود در کارگاه را بررسی کرده و عملکرد هر یک از کنتاکت‌ها و LEDها را بیان کنید.

رله کنترل بار



رله کنترل بار جایگزین مناسبی برای بی‌متال‌های حرارتی، به منظور محافظت از موتور در برابر اضافه جریان (اضافه بار) است. در این رله‌ها، با استفاده از یک سری کانال عبوری که سیم‌های سه فاز در داخل آنها قرار می‌گیرند، میزان جریان عبوری را توسط روش القایی اندازه می‌گیرند (مانند آمپرمترهای انبری). کاربرد عمده این رله‌ها در حفاظت موتورها، عبارت است از اضافه بار بیش از حد مجاز، دو فاز شدن، اتصالی در هر نقطه از مسیر جریان مصرفی (حتی در داخل موتور) و اختلالات داخلی موتور.

فعالیت



رله کنترل بار موجود در کارگاه را بررسی کنید و عملکرد هر یک از کنتاکت‌ها و LEDها را بیان کنید.

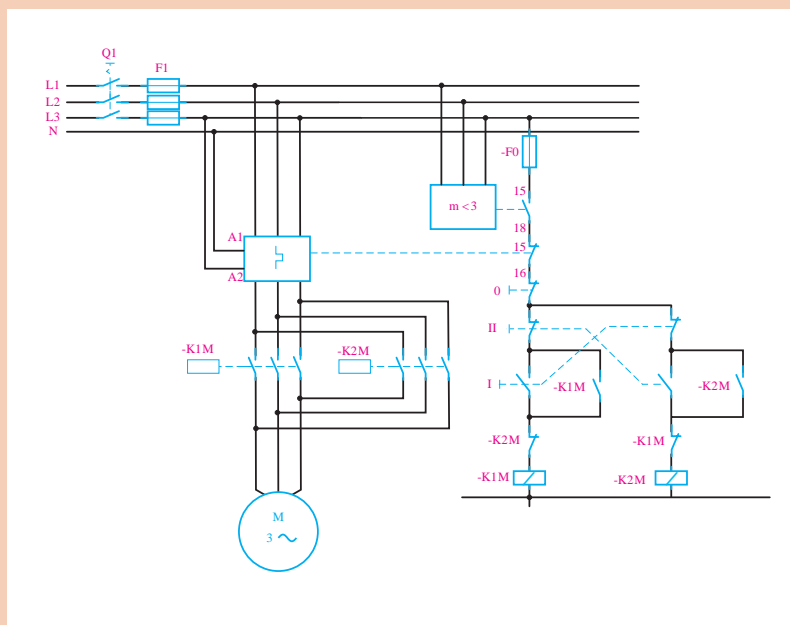
پژوهش



در مورد مزایا و معایب بی‌متال‌های حرارتی و کنترل بار پژوهش کنید.



- شمای مدار فرمان و مدار قدرت چپ گرد - راست گرد سریع، با استفاده از کنترل فاز و کنترل بار ترسیم شده است. این مدار را روی تابلو ببندید و تست های زیر را انجام دهید.
- ۱ ابتدا با رعایت توالی فازها مدار را تست کنید.
 - ۲ جای دو فاز را روی کنترل فاز تغییر و نتیجه را گزارش دهید.
 - ۳ یکی از فازهای ورودی به کنترل فاز را قطع کنید و نتیجه را گزارش دهید.



به تازگی رله های کنترل فاز - بار نیز، که هر دو عمل کنترل فاز و کنترل بار را همزمان انجام می دهند، در بازار عرضه می شوند.



درباره رله کنترل فاز - بار و نحوه عملکرد آن پژوهش کنید.

راه اندازی موتور به صورت ستاره مثلث

با توجه به مطالب گفته شده در قسمت های قبل، برای کاهش جریان راه اندازی موتورهای آسنکرون سه فاز، می توان از اتصال ستاره مثلث استفاده کرد. یکی از مزایای راه اندازی ستاره مثلث توسط کنتاکتور، نسبت به راه اندازی توسط کلید دستی، در این است که با طراحی مدار فرمان مناسب می توان موتور را طور اتومات از حالت ستاره به حالت مثلث تغییر حالت داد.

الف) مدار قدرت

در حالت ستاره، باید سه انتهای کلاف های موتور، یعنی U_2, V_2, W_2 به یکدیگر متصل شود و L_1 به U_1 ، L_2 به V_1 و L_3 به W_1 اتصال یابد. برای رسیدن به این هدف، به ۲ عدد کنتاکتور نیاز است تا یکی از آنها مانند $K1M$ انتهای کلاف ها را به یکدیگر اتصال دهد و کنتاکتور دیگر مانند $K2M$ ، سه فاز را به سر کلاف های موتور متصل کند.

در حالت مثلث نیز باید فاز L_1 به W_2 و U_1 ، فاز L_2 به V_1 و U_2 ، و فاز L_3 به W_1 و V_2 وصل شود. برای این کار نیز به دو کنتاکتور، نیاز است، به طوری که کنتاکتور $K3M$ ، سه فاز را به سه انتهای کلاف ها به ترتیب ذکر شده اتصال دهد.

با دقت در مطالب، در می یابیم که یکی از کنتاکتورها ($K2M$) در هر دو حالت در مدار باقی می ماند.

توجه داشته باشید که دو کنتاکتور $K1M$ و $K2M$ در هیچ صورتی نباید به طور همزمان در مدار فعال باشند. آیا دلیل این امر را می دانید؟

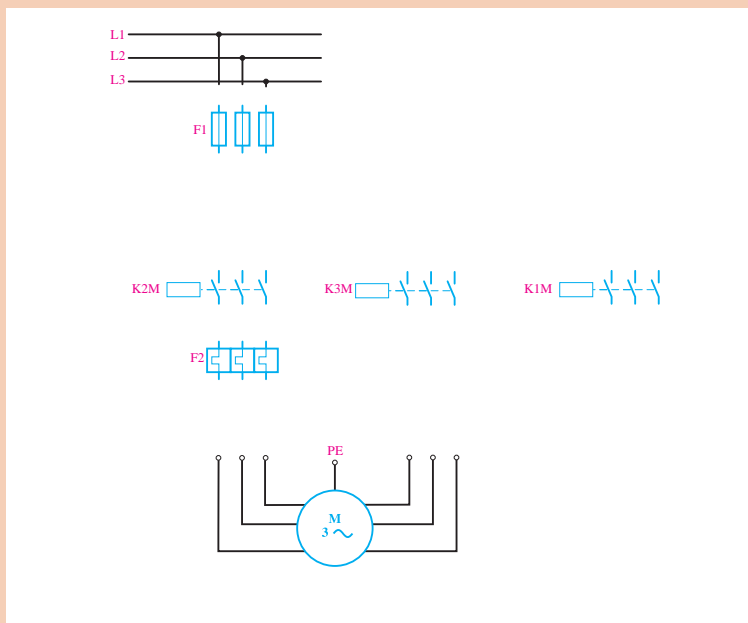
نکته



فعالیت



مدار قدرت راه اندازی موتور را، طبق مطالب گفته شده به صورت ستاره - مثلث تکمیل و حروف سروته کلاف ها را روی موتور بنویسید.





- ۱ مقدار جریان بی متال مدار قدرت بر چه اساس انتخاب می شود؟
- ۲ چنانچه بی متال F_2 بعد از فیوزهای F_1 قرار گیرد، رنج بی متال چگونه انتخاب می شود؟
- ۳ چنانچه بی متال F_2 بعد از کنتاکتور K_3 قرار گیرد، رنج بی متال چگونه انتخاب می شود؟

ب) مدار فرمان برای حالت دستی

برای راه اندازی موتور باید با فشار به شستی I کنتاکتورهای $K1M$ و $K2M$ جذب گردد و با فشار دادن به شستی 0 کنتاکتور $K1M$ قطع و کنتاکتور $K3M$ جذب شود. البته قبل از وصل شدن کنتاکتور $K3M$ باید حتماً $K1M$ قطع شود. به علاوه، اگر برای راه اندازی موتور ابتدا شستی 0 فشار داده شود، هیچ یک از کنتاکتورها نباید وصل شوند.

برای طراحی مدار، ابتدا اتصال کنتاکتورهای $K1M$ و $K2M$ را توسط شستی I ترسیم می کنیم. چون کنتاکتور $K2M$ در حالت مثلث نیز باید در مدار باشد، از این رو برای اتصال دائم مدار، از کنتاکت باز $K2M$ به صورت موازی با شستی I استفاده می کنیم. در مرحله بعدی باید با فشار بر شستی 0، ابتدا کنتاکتور $K1M$ قطع و بعد کنتاکتور $K3M$ وصل شود. برای اطمینان از این امر، کنتاکت بسته $K1M$ را به طور سری با کنتاکتور $K3M$ قرار می دهیم و چون فقط کنتاکتور $K1M$ باید از مدار قطع شود و کنتاکتور $K2M$ در مدار باقی بماند، از شستی 0 برای قطع کنتاکتور $K1M$ استفاده می کنیم. همچنین برای اینکه پس از فشار مجدد شستی I کنتاکتور $K1M$ دوباره وصل نشود، کنتاکت بسته $K3M$ را به طور سری با آن قرار می دهیم.

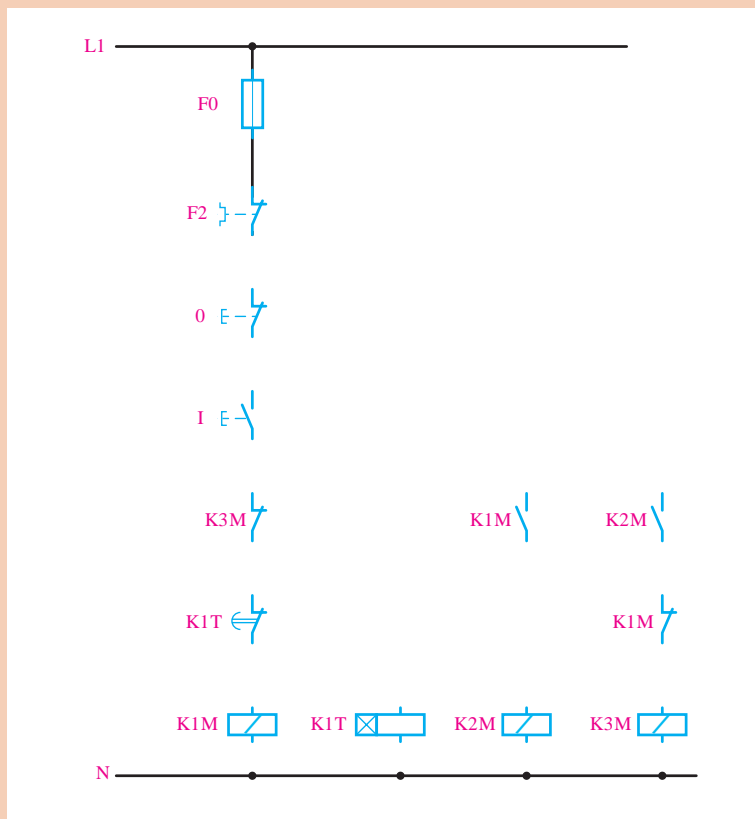


با توجه به مطالب گفته شده، مدار فرمان ستاره مثلث دستی را همراه با مدار قدرت طراحی و پس از تأیید هنرآموز آن را روی تابلو ببندید و آن را آزمایش کنید.

ج) مدار فرمان برای حالت اتوماتیک: در این حالت، باید با فشار دادن به شستی I، موتور به صورت ستاره راه اندازی شود و پس از گذشت زمان از قبل تنظیم شده ای، که بستگی به موتور و بار آن دارد، به طور اتومات به حالت مثلث اتصال یابد.



مدار فرمان صفحه بعد را که مربوط به ستاره مثلث اتوماتیک است، تکمیل کنید.



مدار تکمیل شده فوق را به همراه مدار قدرت روی تابلو ببندید و آن را آزمایش کنید.

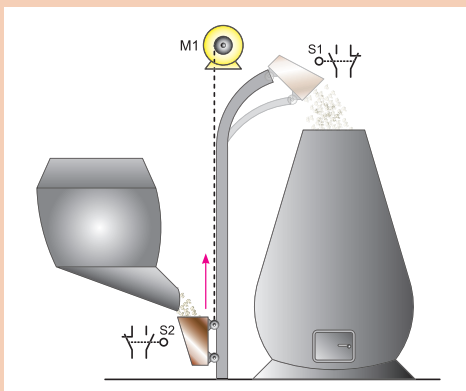
فعالیت
کارگاهی



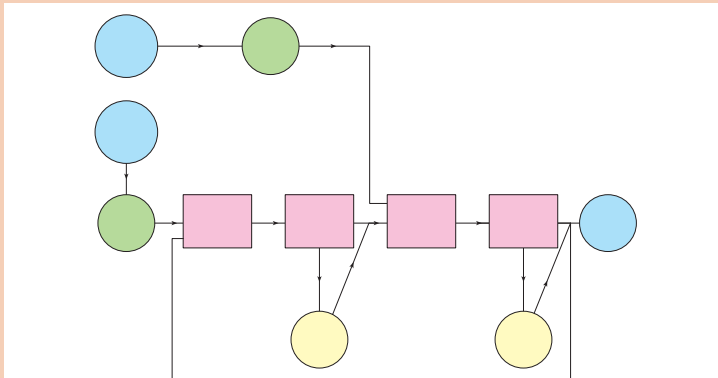
پروژه



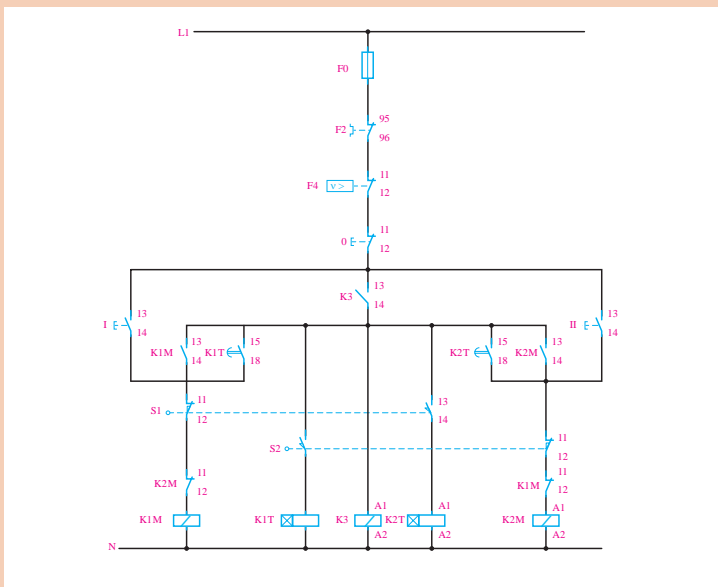
برای ریختن مواد به داخل یک کوره، مانند شکل زیر، از یک مخزن بالابر (که توسط موتور M1 حرکت می‌کند) استفاده شده است.



عملکرد این مدار به گونه‌ای است که با فشار به شستی S1 یا S2 مخزن به سمت بالا یا پایین حرکت می‌کند. در ایستگاه بالا به مدت ۳۰ ثانیه و در ایستگاه پایین به مدت ۲ دقیقه توقف می‌کند. این عمل تا آنجا ادامه پیدا می‌کند که فرمان قطع توسط شستی صورت پذیرد.



مدار فرمان این مدار مطابق شکل زیر است. این مدار را روی ماکت ساخته شده در کارگاه ببندید و آن را آزمایش کنید.



مدار فرمان و قدرت برای یک موتور سه فاز ستاره - مثلث چپ گرد - راست گرد، همراه با کنترل فاز و کنترل بار طراحی و ترسیم کنید. سپس آن را روی تابلو ببندید و آزمایش کنید.

پروژه



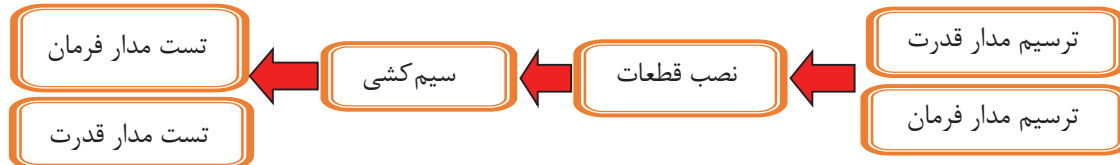
مدار فرمان و قدرت یک چراغ راهنمایی رانندگی را در یک تقاطع چهارراه به نحوی طراحی نمایید که مدت زمان چراغ سبز و قرمز ۱۵ ثانیه و مدت زمان چراغ زرد ۲ ثانیه باشد.

پروژه



شرح کار:

طراحی نقشه، سیم کشی و اجرای یک موتور سه فاز ستاره مثلث چپ گرد - راست گرد با استفاده از کنترل فاز و کنترل بار



استاندارد عملکرد:

پس از اتمام واحد یادگیری و کسب شایستگی برق صنعتی، هنرجویان قادر خواهند بود تا موتورهای سه فاز را با کلیدهای دستی و مغناطیسی (کنتاکتور) کنترل نمایند و انواع نقشه‌های آن را ترسیم و نقشه خوانی کنند.

شاخص‌ها:

صحت ترسیم مدار فرمان و مدار قدرت - نصب صحیح قطعات - سیم کشی صحیح - عملکرد صحیح مدار فرمان و مدار قدرت

شرایط انجام کار و ابزار و تجهیزات:

الف) شرایط

- ۱- اجرا در کارگاه برق صنعتی ۲- نور یکنواخت با شدت ۴۵۰ لوکس ۳- تهویه استاندارد و دمای $20^{\circ}\text{C} \pm 3$
- ۴- ابزارآلات و تجهیزات استاندارد و آماده به کار ۵- وسایل ایمنی استاندارد ۶- زمان ۱۰۰ دقیقه

ب) ابزار و تجهیزات

- ۱- فیوز سیلندری سه فاز ۲- کلید مینیاتوری تک فاز ۳- کنترل فاز ۴- کنترل بار ۵- شستی استپ و استارت ۶- تایمر ۷- کنتاکتور
- ۸- موتور سه فاز ستاره مثلث ۹- سیم ۱۰- داکت ۱۱- ریل

معیار شایستگی:

ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	رسم مدار فرمان	۲	
۲	رسم مدار قدرت	۲	
۳	نصب صحیح قطعات	۱	
۴	رعایت اصول سیم کشی	۱	
۵	تست مدار فرمان	۳	
۶	تست مدار قدرت	۳	
شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست محیطی و نگرش: ۱ رعایت قواعد و اصول در مراحل کار؛ ۲ استفاده از لباس کار و کفش ایمنی؛ ۳ تمیز کردن گیره و محیط کار؛ ۴ رعایت دقت و نظم.		۲	
میانگین نمرات			*

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