نقشه‌خوانی برق

هدف‌های رفتاری : در پایان این فصل، از هنرجو انتظار می‌رود :

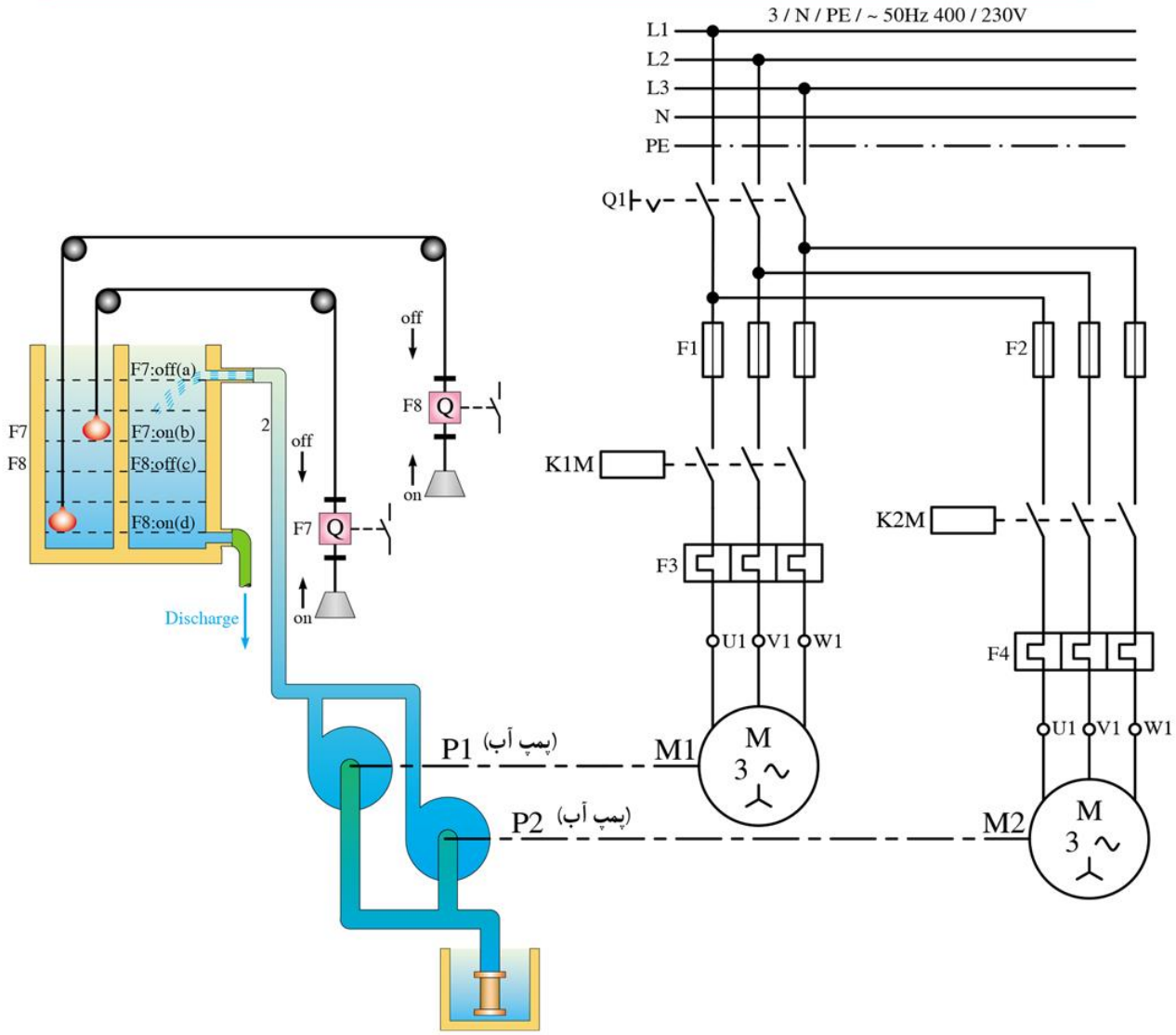
۱ــ علایم اختصاری وسایل الکتریکی را بیان کند.

۲ــ مدارهای الکتریکی را شرح دهد.

۳ــ علایم اختصاری مدارهای صنعتی را معرفی کند.

۴ــ نقشه‌های مدارهای صنعتی را شرح دهد.

۵ــ مدارهای داده شده را تشریح کند.



ـ علایم اختصاری وسایل الکتریکی
ـ مدارهای الکتریکی
ـ شمای حقیقی
ـ شمای فنی
ـ شمای مسیر جریان
ـ علایم اختصاری مدارهای صنعتی
ـ نقشه مدارهای صنعتی

آشنایی با دانشمندان

هرتز

(Heinrich Rudolf Hertz / ۱۸۹۶ـ۱۸۵۷)

هنریچ رودولف هرتز یک فیزیک‌دان آلمانی بود که در سال ۱۸۵۷ به دنیا آمد، او اولین شخصی بود که امواج الکترومغناطیسی (رادیویی) را دریافت و پخش کرد. بین سال‌های ۱۸۸۵ تا۱۸۸۹ که وی استاد فیزیک بود، توانست امواج الکترومغناطیسی را در آزمایشگاه تولید و طول موج و سرعت آن‌ها را اندازه‌گیری کند. او ثابت کرد که ماهیت انعکاس و شکست امواج الکترومغناطیسی مشابه امواج نور است. واحد فرکانس به احترام او به نام «هرتز» نامیده شد.

۱۲ــ نقشه‌خوانی برق

در این بخش هدف، آشنایی با نقشه‌خوانی مدارهای الکتریکی است. برای رسیدن به این مهم لازم است تا با علایم اختصاری و مبنای ترسیم و نقشه‌خوانی مدارهای الکتریکی آشنا شویم.

در مباحث الکتریکی نقشه‌ها اغلب در دو استاندارد وی. دی.ای (V.D.E، استاندارد برقکاران آلمان) و آی.ای. سی (I.E.C، کمیتهٔ بین‌المللی الکتروتکنیک) ترسیم می‌شوند. اما از آن‌جایی که استاندارد آ.اِن.اس.آی (A.N.S.I، مؤسسهٔ استاندارد بین‌المللی آمریکا) در گرایش تأسیسات مکانیکی کاربرد بیش‌تری دارد به همین جهت در تشریح مطالب و علایم این قسمت هر سه استاندارد درنظر بوده است.

نظر به این که وسایل الکتریکی با ولتاژهای کار گوناگون وجود دارند به همین دلیل نقشهٔ مدارهای الکتریکی آن‌ها را به دو دسته کلی زیر می‌توان تقسیم کرد.

۱ــ مدارهای روشنایی الکتریکی و لوازم خانگی : مدارهایی که برای اتصال آن‌ها از شبکهٔ تک‌فاز ۲۲۰ ولت استفاده می‌شود؛ مانند لامپ و یخچال.

۲ــ مدارهای صنعتی : مدارهایی که برای اتصال آن‌ها از شبکهٔ سه فاز ۳۸۰ ولت استفاده می‌شود؛ مانند پمپ یک موتورخانه.

۱ــ۱۲ــ علایم اختصاری وسایل الکتریکی

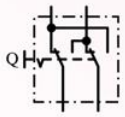
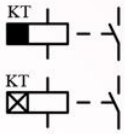
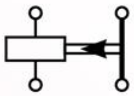
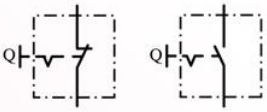
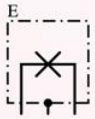
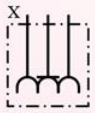
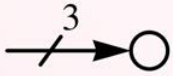
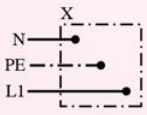
در جدول ۱ــ۱۲ علامت اختصاری چند وسیلهٔ الکتریکی که در مدارهای روشنایی یا لوازم خانگی به‌کار می‌روند، نشان داده شده است.

در جدول ۲ــ۱۲ علایم اختصاری چند وسیلهٔ الکتریکی که در مدارهای روشنایی کاربرد دارند در دو استاندارد VDE و IEC نشان داده شده است.

جدول ۱ــ۱۲ــ علایم اختصاری

نام وسیله	علایم الکتریکی	نام وسیله	علایم الکتریکی
زنگ از نوع چکشی		لامپ سیگنال	یا
بی‌زر، ویبراتور		لامپ رشته‌ای	
دربازکن		زنگ اخبار	
دهنی (میکروفن)		لامپ فلورسنت	
گوشی		سیم زیرکار	
بلندگو		سیستم توکار	
آلارم (بوق)		جعبهٔ تقسیم	
بخاری برقی		ماشین لباس‌شویی	
فتوسل		ماشین ظرف‌شویی	
مقاومت (المنت گرمکن)		اجاق برقی	
سِلف (سیم‌پیچ)		آب گرم‌کن	
خازن		پریز دوبل با کنتاکت محافظ	
سیم سیگنال		پریز سه فاز با کنتاکت محافظ	
سیم تلفن		بادبزن	
لامپ احتیاط		یخچال	*
چراغ خطر		فریزر	***
لامپ قابل قطع		باتری به‌طور کلی	

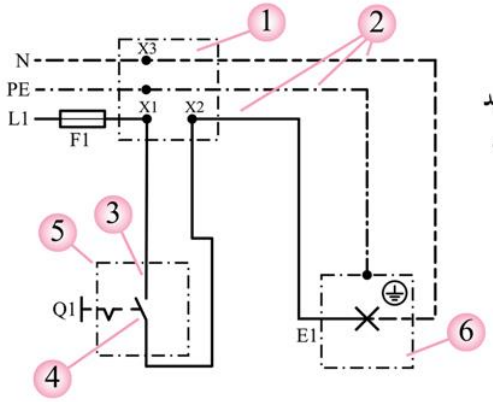
جدول ۲ــ۱۲ــ علایم اختصاری وسایل الکتریکی

نام وسیله	شمای فنی	شمای حقیقی IEC	شمای حقیقی VDE
کلید تبدیل			
کلید صلیبی			
رلهٔ زمانی			
ترانسفورماتور			
کلید یک‌پل			
کلید گروهی			
کلید دوبل			
لامپ رشته‌ای با بدنهٔ زمین (حفاظت شده)			
پریز با کنتاکت محافظ (پریز شوکو)			
انشعاب یا جعبهٔ تقسیم با تغذیه از سمت چپ			

۲ــ۱۲ــ مدارهای الکتریکی

مدارهای روشنایی را در سه شکل (نقشه) مختلف به شرح زیر نشان می‌دهند.

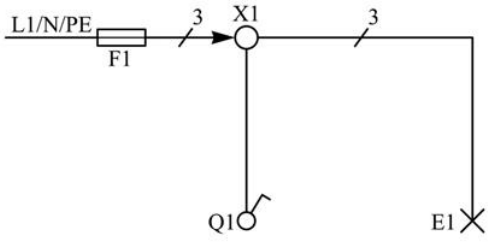
۱ــ۲ــ۱۲ــ شمای حقیقی : نقشه‌ای که از آن برای نشان دادن نحوهٔ اتصال سیم‌های رابط به کلیدها، عیب‌یابی و تا حدودی محل قرار گرفتن اجزای مدار روی تابلوی آموزشی به‌کار می‌رود. شکل ۱ــ۱۲ تصویر شمای حقیقی مدار کلید یک پل را نشان می‌دهد.



۱ــ جعبهٔ تقسیم
۲ــ سیم‌های رابط کلید
۳ــ کنتاکت ثابت کلید
۴ــ تیغهٔ متحرک کلید
۵ــ کلید یک‌پل
۶ــ سرپیچ لامپ
L_1 ــ سیم فاز
N ــ سیم نول
PE ــ سیم اتصال زمین (بدنه)
F_1 ــ فیوز

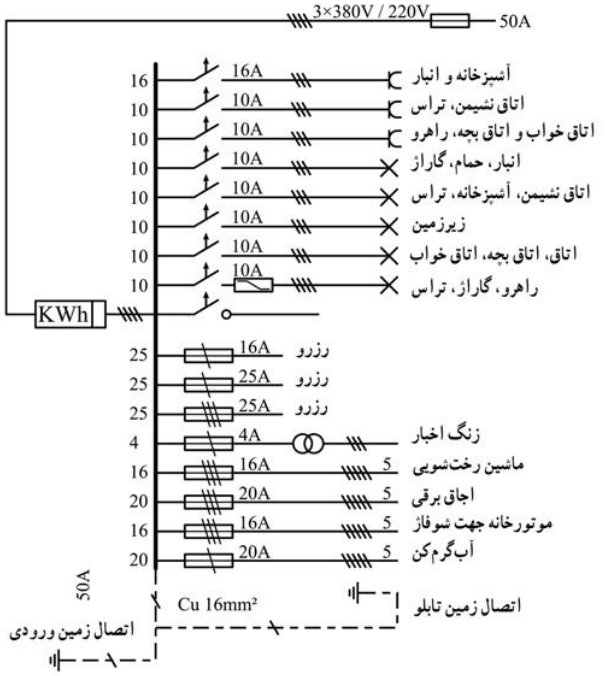
شکل ۱ــ۱۲ــ شمای حقیقی کلید یک پل

۲ــ۲ــ۱۲ــ شمای فنی (نقشه تک‌خطی) : شمای فنی، نقشهٔ ساده یک خطی است که نحوهٔ اتصال قسمت‌های اصلی مدار را بدون سیم‌های کمکی و چگونگی سیم‌کشی نشان می‌دهد. درواقع شمای فنی لوله‌های سیم‌کشی رابط بین اجزای مدار را به همراه تعداد سیم‌هایی که از داخل لوله می‌گذرد، نشان می‌دهد. تعداد سیم‌های داخل لوله اغلب با یک خط کوتاه مایل، که روی قسمت‌های مختلف گذاشته می‌شود، تعیین می‌گردد. اگر تعداد سیم‌های عبوری بیش از دو سیم باشد با عدد نشان داده می‌شود. شکل ۲ــ۱۲ تصویر شمای فنی مدار کلید یک پل شکل قبل را نشان می‌دهد.



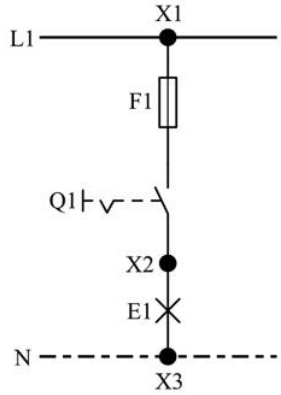
شکل ۲ــ۱۲ــ شمای فنی

تمامی نقشه‌های تابلوی برق تأسیسات مکانیکی با شمای فنی نشان داده می‌شوند. شکل ۳ــ۱۲ نقشهٔ شمای فنی تابلوی برق یک منزل مسکونی را نشان می‌دهد.



شکل ۳ــ۱۲

۳ــ۲ــ۱۲ــ شمای مسیر جریان : نقشه‌ای که در آن مسیرهای عبور و جریان برق‌رسانی به وسایل الکتریکی به‌صورت عمودی نشان داده می‌شود. در این نقشه مدار از سیم فاز شروع و پس از عبور از وسایل، به سیم نول ختم می‌شود. شکل ۴ــ۱۲ تصویر شمای مسیر جریان مدار کلید یک پل را نشان می‌دهد.



شکل ۴ــ۱۲ــ شمای مسیر جریان

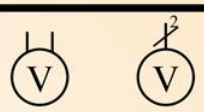
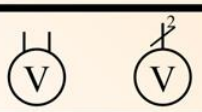
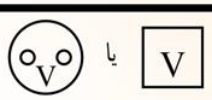
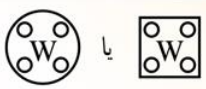
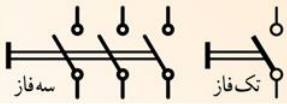
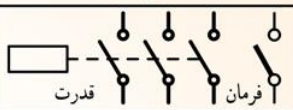
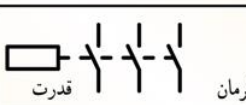
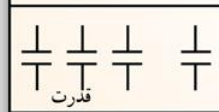
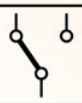
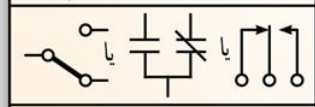
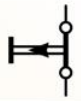
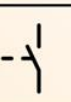
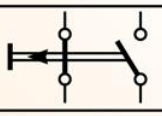
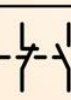
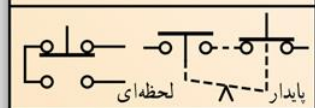
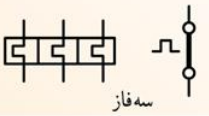
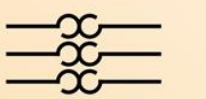
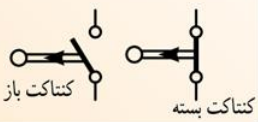
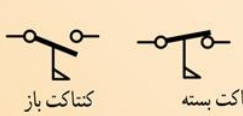
۳ــ۱۲ــ علایم اختصاری مدارهای صنعتی

برای آشنایی با نحوهٔ ترسیم و نقشه‌خوانی مدارهای صنعتی نیز لازم است تا با علایم اختصاری آن‌ها آشنایی داشته باشیم. جدول ۳ــ۱۲ علامت اختصاری چند نمونه قطعات صنعتی را نشان می‌دهد.

جدول ۳ــ۱۲ــ علایم اختصاری

نام وسیله یا قطعه	علامت اختصاری VDE	علامت اختصاری IEC	علامت اختصاری ANSI
شبکهٔ سه فاز	R S T 380V / 220V / 50Hz~	L1 L2 L3 400V / 230V / 50Hz~	L1 L2 L3
سیم نول	MP	N	N
سیم ارت	SL	PE	PE
اتصال بدنه			
فیوز	تک‌فاز، سه‌فاز	تک‌فاز، سه‌فاز	
کلید فیوز (فیوز مینیاتوری)	تک‌فاز	تک‌فاز، سه‌فاز	
کلید موتوری		I> I> I>	کلید سه‌فاز با قطع‌کننده حرارتی
موتور الکتریکی	M 1~ تک‌فاز، M 3~ سه‌فاز	M 1~ تک‌فاز، M 3~ سه‌فاز	تک‌فاز، سه‌فاز
سیم‌پیچی موتور تک‌فاز (تخته کلم)	U W Z Y	U1 U2 V2 V1	S C R
سیم‌پیچی موتور سه‌فاز (تخته کلم)	U V W Z X Y	U1 V1 W1 W2 U2 V2	
آمپرمتر	A	A	A یا A

ادامهٔ جدول ۳ـ۱۲ـ علایم اختصاری

نام وسیله یا قطعه	علامت اختصاری VDE	علامت اختصاری IEC	علامت اختصاری ANSI
ولت‌متر			
وات‌متر			
مبدّل جریان			
کلید قطع و وصل			
کنتاکت بسته			
کنتاکت باز			
کنتاکت دوحالته (بسته و باز)			
کنتاکت بسته با تأخیر در باز شدن			
کنتاکت باز با تأخیر در بسته شدن			
شستی استاپ (دگمهٔ فشاری پوش باتن)			
شستی استارت (دگمهٔ فشاری پوش باتن)			
شستی استپ ـ استارت			
بی‌متال			
کنترل کنندهٔ محدودهٔ حرکت (لیمیت سوئیچ ـ میکروسوئیچ)			

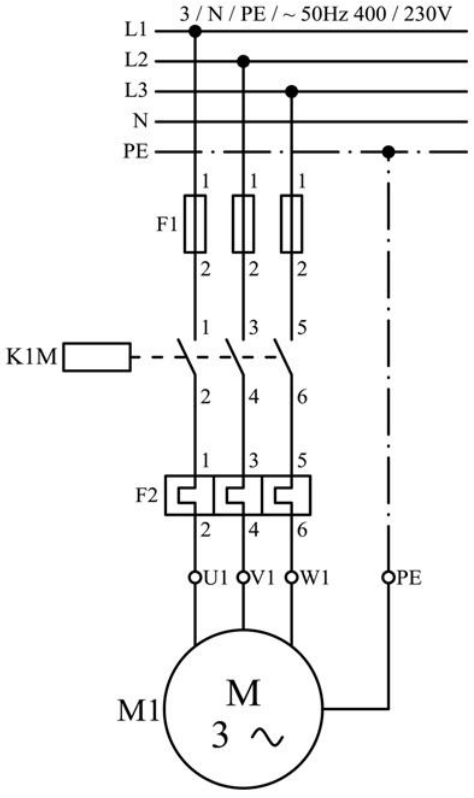
ادامهٔ جدول ۳ــ۱۲ــ علایم اختصاری

نام وسیله یا قطعه	علامت اختصاری VDE	علامت اختصاری IEC	علامت اختصاری ANSI
کنترل کنندهٔ ارتفاع سیال (فلوتر سوئیچ)	کنتاکت باز، کنتاکت بسته	باز، بسته	کنتاکت باز، کنتاکت بسته
کنترل کنندهٔ فشار (تابع فشار)	P>، کنتاکت باز، کنتاکت بسته	P>، باز، بسته	باز، بسته
کنترل کنندهٔ دما (ترموستات)	θ>	θ>، باز، بسته	زمستانی و تابستانی (دو فصله)، زمستانی، تابستانی
شیر برقی			کنتاکت باز، کنتاکت بسته، سیم‌پیچ S، شیر برقی، شیر برقی
کنتاکت تایمر با تأخیر در وصل	باز، بسته	باز، بسته	باز، بسته
کنتاکت تایمر با تأخیر در قطع	باز، بسته	باز، بسته	باز، بسته
محرّک دستی			
محرک فشاری (با دست)			
محرک کششی			
محرک تغییر جهت			
محرک الکترومغناطیسی			
محرک با سطح سیال			
محرک فشاری (با پدال)			
قفل مکانیکی			
بوبین کنتاکتور (عملگر)	K	C	M
رله‌های عملگر با مشخصه‌های خاص			
رله زمانی (تایمر) با تأخیر در وصل			TR
رله زمانی (تایمر) با تأخیر در قطع			TR
رله یا تحریک حرارتی (بی‌متال)			
رلهٔ اضافه جریان (جریان زیاد)		I>	
رلهٔ قطع‌کننده جریان معکوس		I→	
لامپ			

۴ــ۱۲ــ نقشه مدارهای صنعتی

نقشه مدارهای صنعتی که اغلب برای راه‌اندازی موتورهای الکتریکی به‌کار می‌روند در چند شکل نشان داده می‌شوند. در این قسمت به دو نقشهٔ پرکاربرد این گروه از مدارها اشاره شده است.

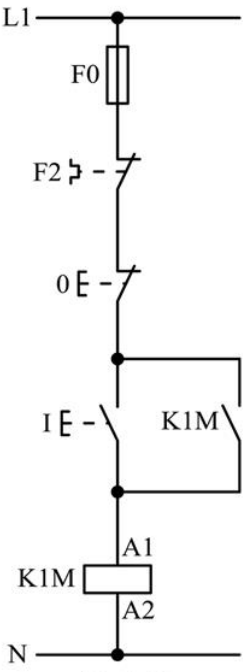
۱ــ نقشهٔ مدار قدرت : به نقشه‌ای که انرژی الکتریکی را از شبکه سه فاز دریافت و به مصرف‌کننده منتقل می‌کند، نقشهٔ «مدار قدرت» گفته می‌شود. شکل ۵ــ۱۲ تصویر یک نمونه مدار قدرت را نشان می‌دهد.



شکل ۵ــ۱۲

۲ــ نقشهٔ مدار فرمان : به نقشه‌ای که از آن برای ارسال نحوهٔ عملکرد یا تعیین مدت زمان کارکرد مدار قدرت استفاده می‌شود، نقشهٔ «مدار فرمان» گویند.

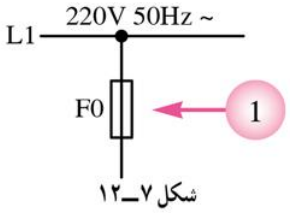
ولتاژ کار اغلب مدارهای فرمان شبکه تک‌فاز است. شکل ۶ــ۱۲ تصویر یک نمونه مدار فرمان را نشان می‌دهد.



شکل ۶ــ۱۲

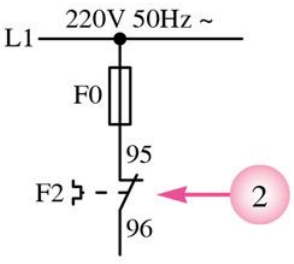
در ترسیم یا نقشه‌خوانی مدارهای فرمان صنعتی به نکات زیر باید توجه کرد :

۱ــ در تمامی مدارهای الکتریکی ضروری است از یک فیوز که به‌صورت سری با کل مدار قرار می‌گیرد، جهت حفاظت مدار در مقابل اتصال کوتاه استفاده کرد (قطعهٔ ۱ درشکل ۷ــ۱۲).



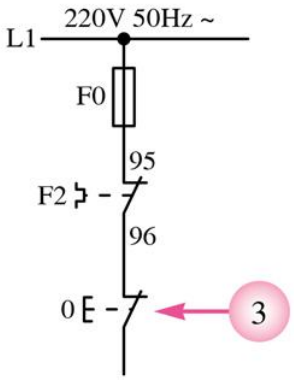
شکل ۷ــ۱۲

۲ــ در برخی مدارهای الکتریکی صنعتی روی حفاظت مدار در برابر اضافه بار احتمالی از عنصری به‌نام بی‌متال، بعد از فیوز در مدارهای فرمان، استفاده می‌شود (قطعهٔ ۲ در شکل ۸ــ۱۲).



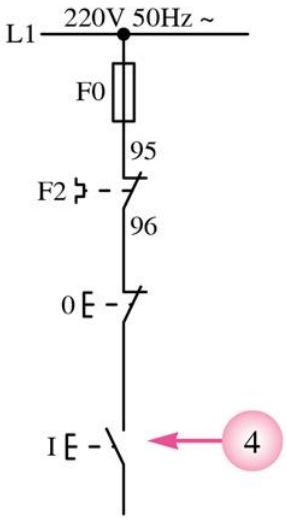
شکل ۸ــ۱۲

۳ــ یکی از قطعاتی که در مدارهای صنعتی نقش قطع‌کنندهٔ مدار را دارد، شستی استپ است. اگر هدف استفاده از شستی استپ قطع کل مدار باشد، باید آن را همیشه به‌صورت سری پس از بی‌متال در مدار قرار داد. درصورتی که هدف قطع یک قسمت از مدار باشد شستی استپ را باید فقط در مسیر آن وسیله قرار داد (قطعهٔ ۳ در شکل ۹ــ۱۲).



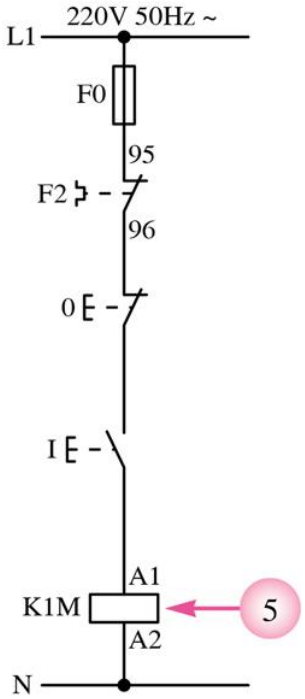
شکل ۹ــ۱۲

۴ــ برای شروع به کار هر مدار فرمانی باید از یک وسیلهٔ وصل‌کننده مانند یک کلید یا شستی استارت استفاده کرد، که محل قرار گرفتن آن پس از شستی استپ مدار است (قطعهٔ ۴ در شکل ۱۰ــ۱۲).



شکل ۱۰ــ۱۲

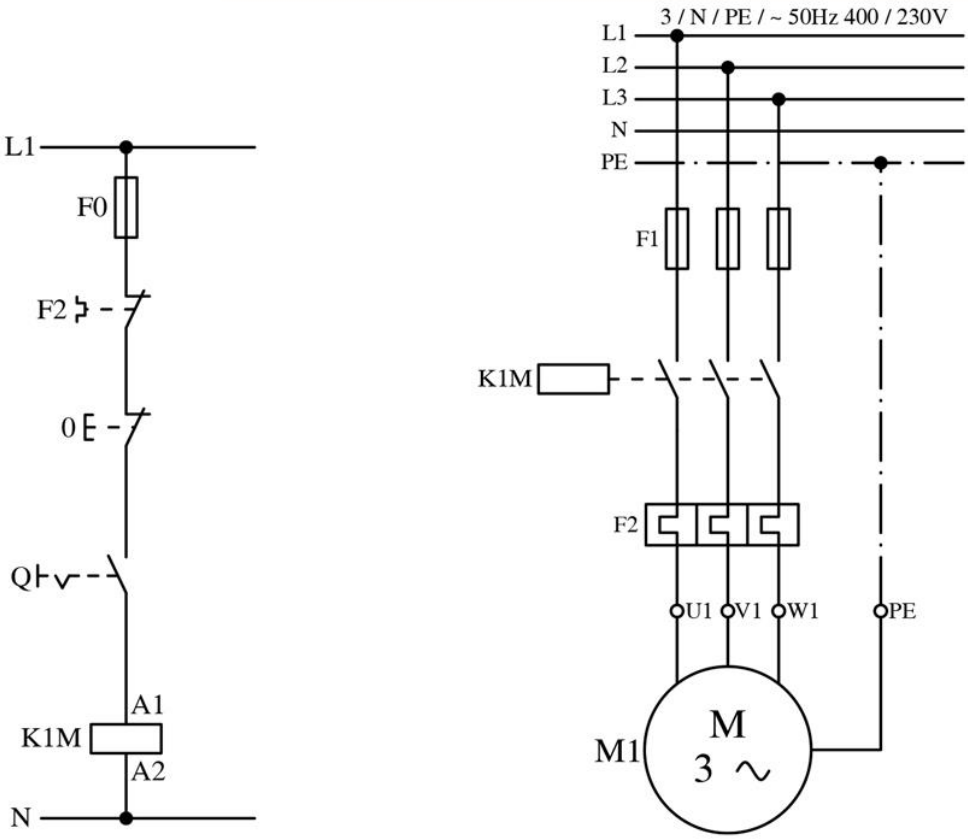
۵ــ در انتهای هر مسیر سادهٔ جریانی اگر از وسایل و تجهیزات دیگری استفاده شود باید بوبین رله‌های عملگر، مانند بوبین کنتاکتورها را قرار داد. برای این‌که راحتی کار در زمان سیم‌کشی و عملگر معمولاً یک‌طرف بوبین کنتاکتورها به سیم نول وصل می‌شود و در نتیجه با وصل کلیدها یا شستی‌های مدار، سیم فاز به سمت دیگر بوبین کنتاکتور وصل می‌شود و پس از مغناطیس شدن آن، کنتاکت‌های آن عمل می‌کند (قطعهٔ ۵ در شکل ۱۱ــ۱۲). براساس توضیحات داده شده می‌توان نقشه مدار



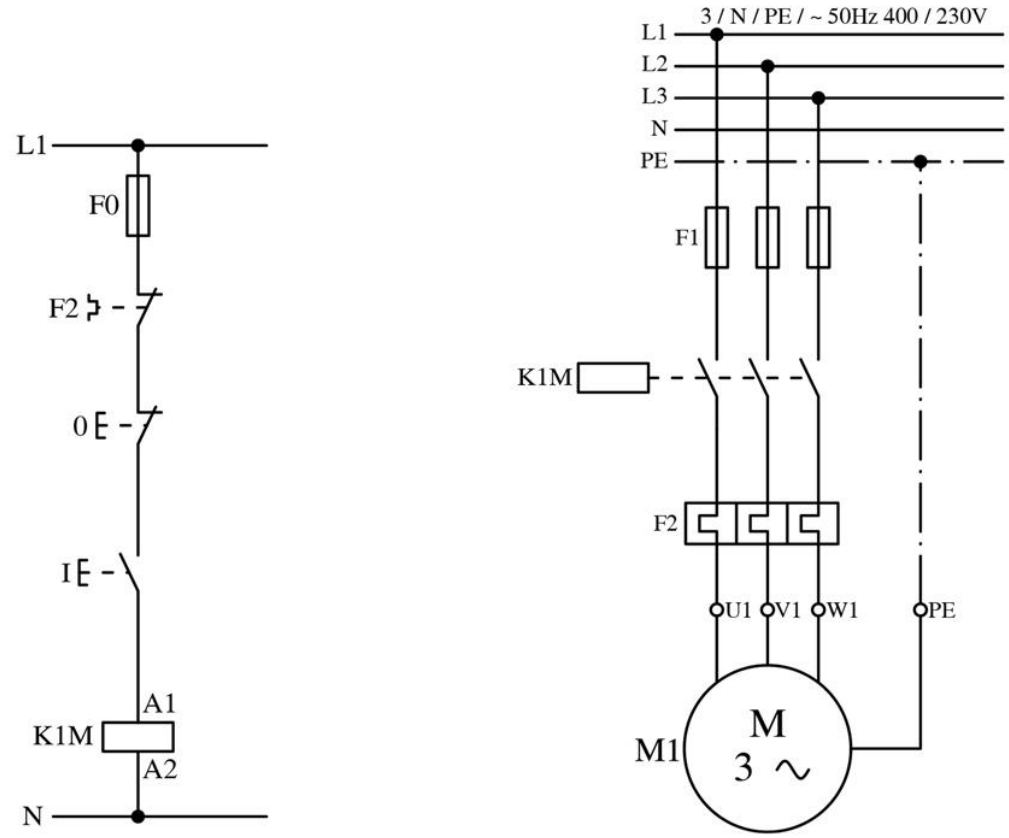
شکل ۱۱ــ۱۲

قدرت و فرمان راه‌اندازی یک موتور سه فاز آسنکرون روتور قفسی را با استفاده از کلید یک پل به‌صورت شکل ۱۲ــ۱۲ نشان داد.

اگر بخواهیم با فشار بر شستی، مدار فرمان به‌صورت لحظه‌ای کار کند کافی است به‌جای کلید یک پل از یک شستی استارت مطابق شکل ۱۳ــ۱۲ استفاده کرد.


3 / N / PE / ~ 50Hz 400 / 230V
L1
L2
L3
N
PE
F0
F1
F2
0E
Q1
K1M
A1
A2
U1
V1
W1
PE
M1
M
3 ~

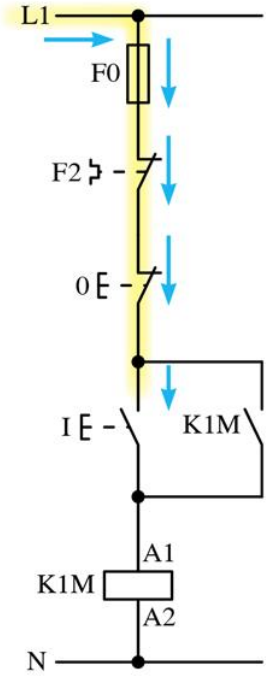
شکل ۱۲ـ۱۲


3 / N / PE / ~ 50Hz 400 / 230V
L1
L2
L3
N
PE
F0
F1
F2
0E
IE
K1M
A1
A2
U1
V1
W1
PE
M1
M
3 ~

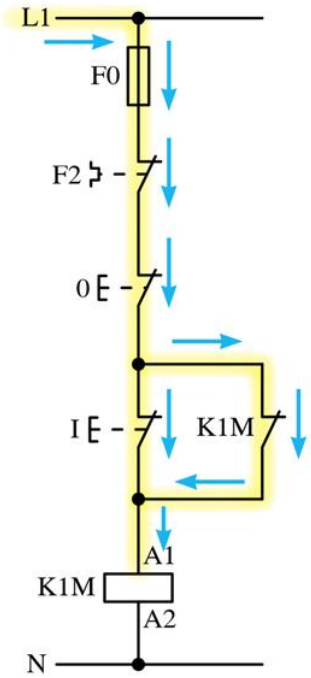
همان‌طور که در نقشه مدار فرمان مشخص است جریان از طریق فیوز (F۰)، بی‌متال (F۲)، استپ (O) تا استارت (I) آمده است. هرگاه شستی استارت وصل شود جریان به بوبین کنتاکتور می‌رسد و آن‌را مغناطیس می‌کند. درنتیجه تیغه‌های آن که در مدار قدرت قرار دارند وصل می‌شود و جریان سه فاز به سرهای U۱، V۱، W۱ موتور می‌رسد و تا زمانی که دست ما روی شستی باشد، کار می‌کند. هرگاه دست را از روی شستی برداریم برق بوبین قطع می‌شود و در نتیجه موتور خاموش می‌گردد.

درصورتی که بخواهیم با استفاده از شستی‌های استارت و استپ یک مدار راه‌اندازی موتور سه فاز را به‌صورت دایم کار طراحی کنیم، کافی است یکی از کنتاکت‌های باز کنتاکتور را به‌صورت موازی با شستی استارت قرار دهیم. چون تیغه باعث می‌شود تا مدار در شرایط پایدار باقی بماند به همین دلیل به این کنتاکت «تیغهٔ خود نگه‌دارنده» نیز گفته می‌شود.

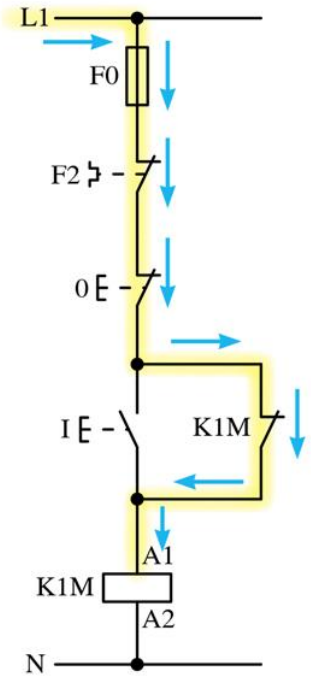
نحوهٔ عملکرد مدار فرمان در سه وضعیت (قبل از زدن شستی، لحظهٔ وصل شستی و پس از قطع شستی) را در شکل ۱۴ــ۱۲ مشاهده می‌کنید.



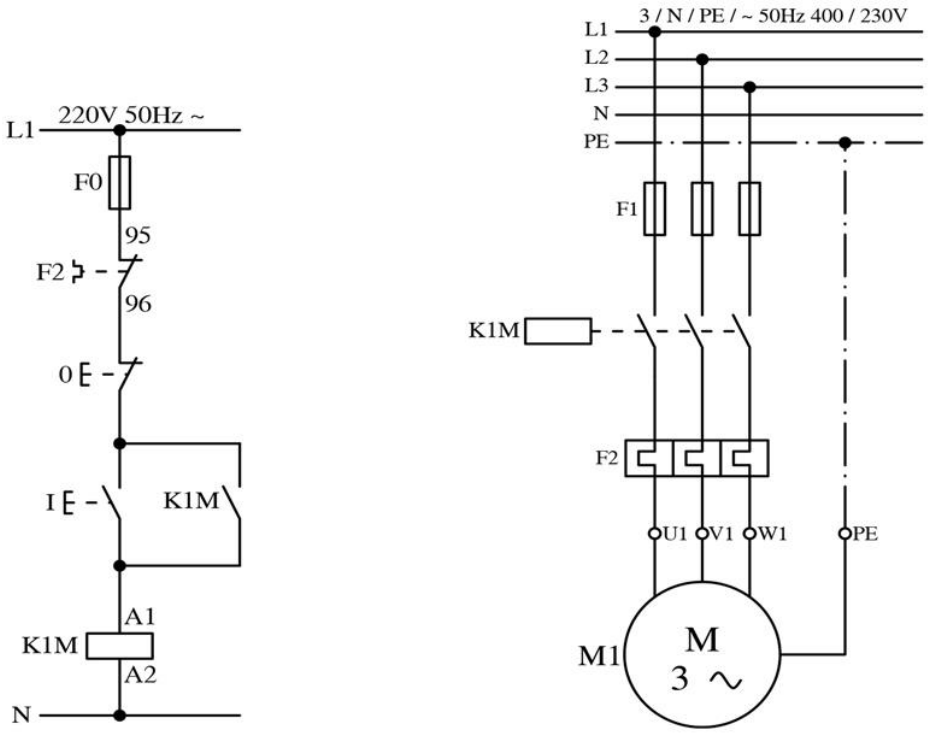
الف) قبل از زدن شستی استارت



ب) لحظهٔ وصل شستی استارت

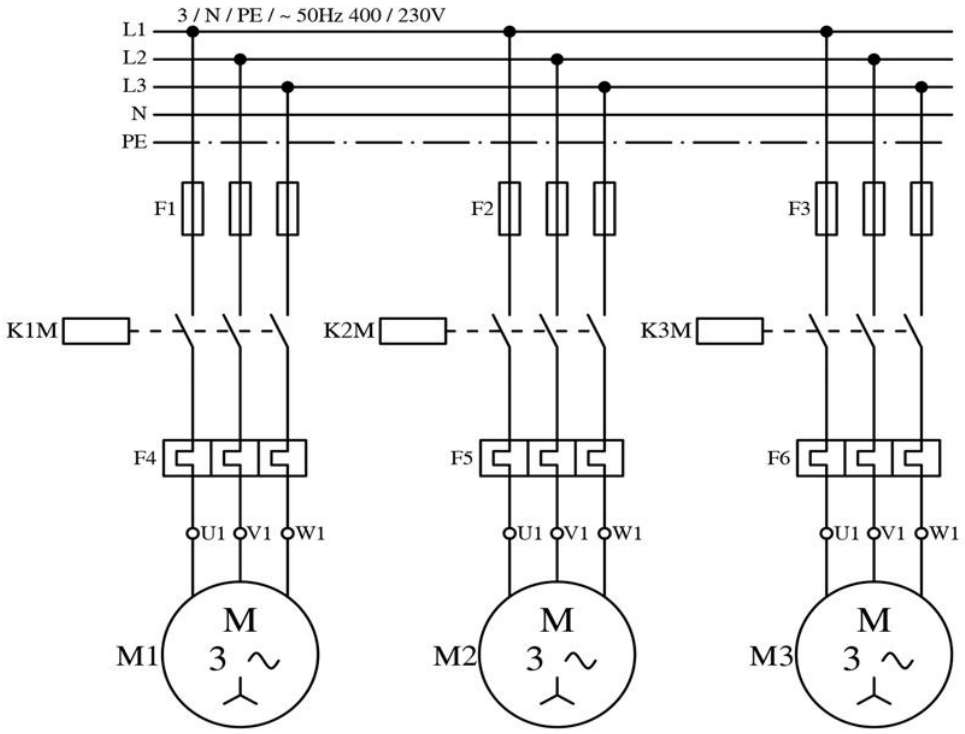


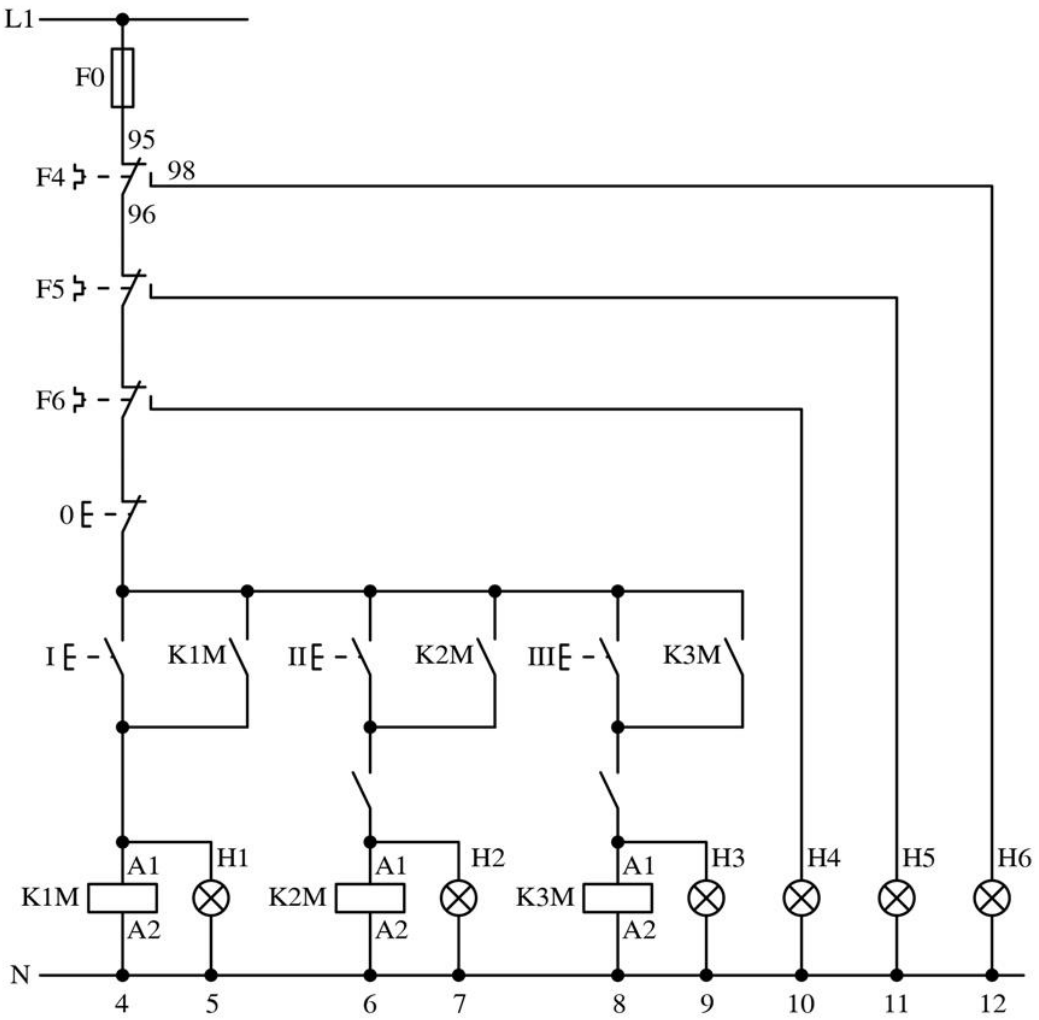
ج) پس از قطع شستی استارت



شکل ۱۵ــ۱۲

در شکل ۱۶ــ۱۲ نقشهٔ مدار قدرت و فرمان راه‌اندازی نشان داده شده است.
سه موتور که به‌صورت یکی پس از دیگری راه‌اندازی می‌شوند،





ادامهٔ شکل ۱۶ــ۱۲

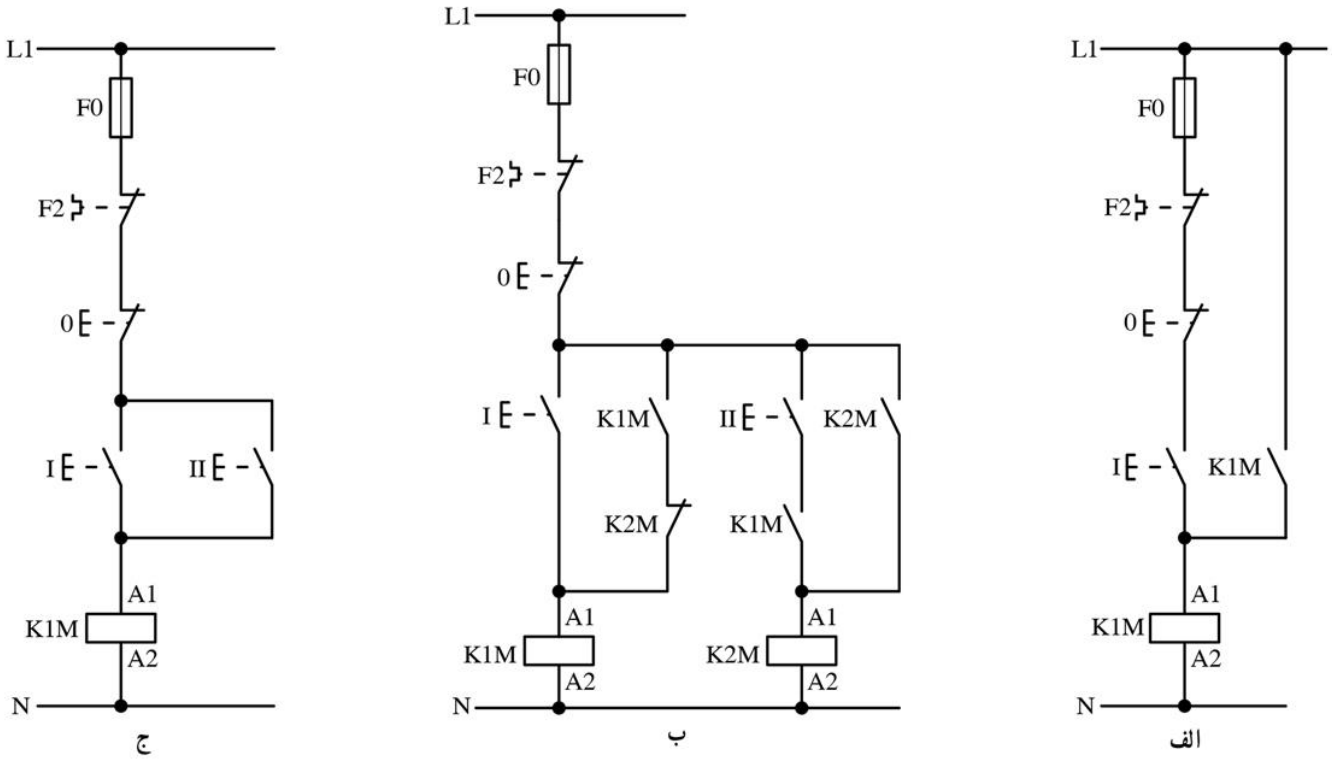
همان‌گونه که در نقشه مدار فرمان مشخص است با زدن شستی استارت (I) که در مسیر جریان ۴ قرار دارد جریان به بوبین کنتاکتور می‌رسد. ضمن مغناطیس شدن کنتاکتور K۱M لامپ سیگنال H۱ نیز روشن می‌شود. در این حالت مدار از طریق تیغهٔ خود نگه‌دار K۱M مسیر ۵ در شرایط پایدار باقی می‌ماند. هم‌چنین تیغهٔ باز K۱M که در مسیر جریانی ۶ قرار دارد بسته می‌شود. حال اگر در این وضعیت شستی II فشار داده شود جریان به بوبین کنتاکتور K۲M می‌رسد و ضمن وصل شدن کنتاکت‌های کنتاکتور لامپ سیگنال H۲ نیز مشابه H۱ برای نشان دادن وضعیت موتور (M۱) روشن می‌شود.

هم‌چنین در این حالت کنتاکت باز K۲M مسیر ۸ نیز وصل می‌شود و به‌صورت یک شرط، مسیر موتور سوم (M۳) را آماده وصل می‌کند. با زدن شستی III جریان به بوبین کنتاکتور K۳M به لامپ H۳ می‌رسد و هر دو در وضعیت روشن قرار می‌گیرند.

با کمی دقت در مدار فرمان شکل ۱۶ــ۱۲ مشاهده می‌شود در این مدار از سه لامپ سیگنال دیگر به نام‌های H۴ و H۵ و H۶ استفاده شده است که به‌ترتیب در مسیر تیغهٔ فرمان بی‌متال‌های مربوط به موتورهای M۱، M۲ و M۳ قرار گرفته‌اند. در صورت بروز اضافه بار بر روی هریک از موتورها، که باعث قطع بی‌متال مربوطه می‌شود، لامپ سیگنال (خبردهنده) روشن می‌شود و مشخص می‌کند کدام موتور تحت بار قرار گرفته است.

پرسش تشریحی

ـ مدارهای فرمان داده شده در شکل ۱۷ـ۱۲ را درنظر بگیرید و با بررسی نقشه‌ها (نقشه‌خوانی) عملکرد هریک از آن‌ها را توضیح دهید.



شکل ۱۷ـ۱۲