مرجع کاربردی برق‌صنعتی
(مباحث پیشرفته)

مولفین:
دکتر رضوی
علیرضا کشاورز باحقیقت
حسین فلاحی دهکی

مرکز انتشارات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین ۱۳۸۹

پروردگارا:

کلام را با نام حضرتت گشودم که امید یاری داشتم

هیچ ستایشی نیست جز تورا و هیچ توکلی به غیر تو نیست.

پروردگارا:

هیچ معرفتی استوار نگردد جز به تایید حضرتت

هیچ اطمینانی به غیر تو نیست، و هیچ خیری از غیر تو نیست

وهیچ گشایشی نیست مگر از ناحیه تو.

پروردگارا:

اگر موفقیتی هست تو دادی، و اگر عزتی هست تو بخشیدی

و اگر هدایتی هست به لطف تو است.

پروردگارا:

درود می‌فرستم بر پیامبر بزرگت محمد مصطفی (ص)

که رسالت خویش، به خوبی ادا کرد و حلال وحرامت را بیان داشت

نماز و زکات را بپاداشت و مردم را به دینت دعوت نمود.

پروردگارا:

از هر لغزشی به تو پناه می‌برم و از هر نافرمانی از تو امید عفودارم.

(دکتر محمد جعفر واصف)

تقدیم:

به پدر عزیزم، شمع پرفروغ وجودم که خود سوخت تا روشنی بخش راه زندگی‌ام شود مویش سپیدی گرفت تا روسپید شوم، سپاسی باشد از دریای بیکران زحماتش.

به مادر فداکارم، این دریای عشق و محبت، کوه صبر و استقامت وجود پاک مقدسی که شمع هستی‌اش را برای وجودم افروخته و کسی که همیشه مدیون زحماتش خواهم بود.

فرزاد رضوی

فهرست

عنوان **صفحه**

۱) فصل اول: تجهیزات پایه‌ای برق‌صنعتی ۱۵

۱-۱) کلید ۱۷

۱-۱-۱) کلیدهای دستی ۱۷

۱-۲) انواع کلیدهای دستی دائم‌کار ۱۸

۱-۲-۱) کلیدهای تیغه‌ای (اهرمی) و یا چاقویی ۱۸

۱-۲-۲) کلید غلطکی ۱۹

۱-۲-۳) کلید زبانه‌ای ۲۰

۱-۲-۴) سلکتور سوئیچ(کلید گردان و یا پاکو) ۲۱

۱-۲-۵) کلید فیوز ۲۲

۱-۲-۶) کلیدهای ایمنی ۲۳

۱-۲-۷) کلیدهای خودکار ۲۴

۱-۲-۸) کلیدهای خودکار دارای برق‌گیر ۲۵

۱-۲-۹) کلید مینیاتوری ۲۶

۱-۲-۱۰) کلید محافظ موتور ۲۷

۱-۲-۱۱) کلید کامپکت ۲۸

۱-۲-۱۲) شستی‌ها(پوش‌باتن) ۲۹

۱-۲-۱۳) پل ۳۱

۱-۲-۱۴) تعداد پاس‌های کلید ۳۲

۱-۳) کلیدهای مرکب ۳۲

۱-۳-۱) کنتاکتورها ۳۲

۱-۳-۲) قطع کننده حرارتی (رلهٔ حرارتی یا بیمتال) ۴۳

۱-۴) حفاظت‌های موجود در کلیدها ۴۵

۱-۵) لامپ سیگنال ۴۵

۱-۶) تسمه‌نقاله ۴۶

۱-۷) فیوزها ۴۷

۱-۷-۱) فیوزهای بدون وقفه زمانی ۴۹

۱-۷-۲) فیوزهای با وقفه زمانی ۴۹

۱-۷-۳) کلاس‌ها و علائم مشخصه فیوزها ۵۱

۱-۷-۴) نکاتی پیرامون فیوزها ۵۴

۱-۸) رله‌ها ۵۴

۱-۸-۱) بی‌متال یا رله اضافه بار ۵۵

۱-۸-۲) تفاوت‌ها و شباهت‌های فیوز و بیمتال ۵۸
۱-۸-۳) رله زمانی (تایمر)و انواع آن ۵۸
۱-۸-۴) رله مغناطیسی ۶۲
۱-۸-۵) رله کنترل بار ۶۲
۱-۸-۶) رله کنترل فاز*(monitoring phase)* ۶۲
۱-۸-۷) رله‌های مدار فرمان ۶۳
۱-۹) راه‌انداز ۶۳
۱-۱۰) کلیدهای فرمان ۶۴
۱-۱۰-۱) کلید تابع فشار(کلیدهای گازی) ۶۴
۱-۱۰-۲) کلیدهای شناور ۶۵
۱-۱۰-۳) ۴- کلیدهای تابع دور (گریز از مرکز) ۶۶
۱-۱۰-۴) ۵- کلیدهای تابع حرارت(ترموستات) ۶۶
۱-۱۰-۵) لیمت سوئیچ‌یا میکروسوئیچ ۶۷
۱-۱۰-۶) بدنه لیمیت‌سوئیچ‌ها ۶۹
۱-۱۰-۷) حسگرهای صنعتی (*SENSORIC*) ۷۲
۱-۱۰-۸) تابع خروجی سنسورها ۷۵
۱-۱۰-۹) ۱- سنسورهای بدون تماس ۷۶
۱-۱۰-۱۰) ۲- سوئیچ زبانه‌ای *(Reed Switch)* ۸۸
۱-۱۰-۱۱) ترموکوپل ۸۹

۲) فصل دوم: ماشین‌های الکتریکی ۹۱

۲-۱) تقسیم‌بندی موتورهای الکتریکی ۹۲
۲-۲) موتورهای الکتریکی جریان متناوب ۹۲
۲-۳) موتورهای آسنکرون تک‌فاز و سه فاز ۹۴
۲-۴) موتور آسنکرون با رتور سیم‌پیچی ۹۵
۲-۴-۱) درصد لغزش ۹۶
۲-۵) روش‌های راه‌اندازی موتورهای القائی سه‌فاز ۹۷
۲-۵-۱) قراردادن مقاومت در مسیر روتور ۹۷
۲-۵-۲) قراردادن مقاومت در مسیر استاتور ۹۷
۲-۵-۳) کاهش ولتاژ توسط اتوترانس ۹۸
۲-۵-۴) روش راه‌اندازی ستاره – مثلث ۹۸
۲-۶) کنترل سرعت موتورهای القائی سه‌فاز ۱۰۰
۲-۶-۱) کنترل سرعت از طریق افزایش ولتاژ ۱۰۰
۲-۶-۲) کنترل سرعت از طریق تغییر فرکانس ۱۰۱
۲-۶-۳) کنترل سرعت از طریق تنظیم همزمان ولتاژ و فرکانس ۱۰۱
۲-۶-۴) کنترل دور از طریق تعداد قطب‌ها ۱۰۱

۲-۷) ترمز در موتورهای آسنکرون سه‌فاز ۱۰۳
۲-۸) آشنایی با الکترو موتورهای تک فاز ۱۰۳
۲-۸-۱) موتورهای القایی تک فاز ۱۰۴
۲-۸-۲) موتور القایی تک فاز با فاز شکسته ۱۰۴
۲-۸-۳) موتور با راه اندازی خازنی ۱۰۶
۲-۸-۴) موتور با خازن دائم کار ۱۰۸
۲-۸-۵) موتور تک فاز دو خازنی ۱۰۸
۲-۸-۶) موتور قطب چاک دار ۱۰۹
۲-۹) موتور دفعی(رپولسیونی) ۱۱۰
۲-۱۰) موتور اونیورسال ۱۱۱
۲-۱۱) پلاک اتصال موتورهای تک فاز(تخته کلم) ۱۱۲
۲-۱۱-۱)تغییر جهت گردش در موتورهای تک فاز ۱۱۴
۲-۱۲) آشنایی با پلاک الکتروموتورهای سه‌فاز و جداول کاربردی موتورها ۱۱۵
۲-۱۳) محاسبه گشتاور بار ۱۲۶
۲-۱۴) آزمایشات و تست‌های مربوط به عملکردهای موتورهای الکتریکی قبل از راه‌اندازی ۱۲۷
۲-۱۵) عیب‌یابی موتور ۱۲۸
۲-۱۵-۱)جدول عیب‌یابی موتورهای الکتریکی ۱۲۹
۲-۱۶) روش‌های حفاظت موتور ۱۳۲
۲-۱۷) ترانسفورماتور(*TRANSFORMER*) ۱۳۳
۲-۱۷-۱)ساختمان ترانس ۱۳۳
۲-۱۷-۲)نحوه کار ترانسفورماتور ۱۳۴
۲-۱۷-۳)اصول پایه ترانسفورماتور ۱۳۶
۲-۱۸) مدار معادل ۱۳۹
۲-۱۸-۱)اتوترانسفورماتور ۱۴۰
۲-۱۸-۲)ترانسفورماتور چند فازه ۱۴۰
۲-۱۸-۳)طبقه‌بندی ۱۴۰
۲-۱۸-۴)هسته ۱۴۱
۲-۱۹) کلیاتی درباره موتورهای *DC* ۱۴۳
۲-۱۹-۱)ماشین‌های *DC* ۱۴۳
۲-۱۹-۲)ساختمان ماشین *DC* ۱۴۳
۲-۱۹-۳)طبقه‌بندی ماشین‌های *DC* ۱۴۵
۲-۱۹-۴)کموتاسیون ۱۴۶
۲-۱۹-۵)مدهای عملکرد ۱۴۶
۳) فصل سوم: کابل ۱۴۷
۳-۱) تعریف کابل ۱۴۸

۳-۲) ساختمان کابل‌ها ۱۴۸
۳-۲-۱) هادی کابل‌ها ۱۴۸
۳-۲-۲) عایق کابل‌ها ۱۵۰
۳-۳) غلاف کابل ۱۵۱
۳-۴) عوامل موثر در انتخاب نوع کابل‌ها ۱۵۱
۳-۴-۱) جریان مجاز ۱۵۲
۳-۴-۲) افت ولتاژ در کابل ۱۵۳
۳-۴-۳) محاسبه‌ی سطح مقطع کابل‌ها ۱۵۳
۳-۵) نحوه‌ی استخراج اطلاعات از روی کابل‌ها ۱۵۴
۳-۶) بست کابل ۱۵۶
۳-۷) انواع عیوب کابل‌ها ۱۵۶
۳-۷-۱) مکان‌یابی عیب چیست؟ ۱۵۷
۳-۸) روش‌های مکان‌یابی عیب ۱۵۷
۳-۸-۱) *TDR* ۱۵۷
۳-۸-۲) دستگاه عیب یاب کابل ۱۶۰
۳-۹) کابل‌کشی ۱۶۱
۳-۹-۱) نکات مهم در کابل‌کشی ۱۶۱
۳-۹-۲) آماده سازی کابل برای کابل‌کشی ۱۶۲
۳-۹-۳) خواباندن کابل‌ها در زمین ۱۶۲
۳-۱۰) انتخاب کابل ۱۶۵
۳-۱۱) سیم‌ها و اتصالات آن‌ها ۱۷۵
۳-۱۲) سیم‌های برق ۱۷۵
۳-۱۲-۱)سیم‌های مفتولی ۱۷۵
۳-۱۲-۲)سیم‌های نیمه‌افشان ۱۷۶
۳-۱۲-۳)سیم‌های افشان ۱۷۶
۳-۱۳) هادی‌های مورد استفاده در سیم کشی ۱۷۶
۳-۱۴) انواع سیم‌ها ۱۷۷
۳-۱۴-۱)سیم(*NYA*) ۱۷۷
۳-۱۴-۲)سیم(*NYAF*) ۱۷۷
۳-۱۴-۳)سیم(*NYM*) ۱۷۸
۳-۱۴-۴)سیم(*NYFA*) ۱۷۹
۳-۱۴-۵)سیم(*NYFAZ*) ۱۷۹
۳-۱۴-۶)سیم(*Y*) ۱۷۹
۳-۱۴-۷)کابل کواکسیال ۱۸۰
۳-۱۵) انتخاب سیم(مسی و آلومینیومی) ۱۸۰

۳-۱۶) اتصالات سیم‌ها ۱۸۱
۳-۱۶-۱)اتصالات پیچ و مهره‌ای ۱۸۱
۳-۱۶-۲)اتصالات فیشی(سر سیمی) ۱۸۳
۳-۱۷) آشنایی با روش‌های اندازه‌گیری مقاومت اتصالات و نحوه تشخیص عیب ۱۸۶
۳-۱۸) آشنایی با انواع گلندها ۱۸۸
۴) فصل چهارم: حفاظت الکتریکی ۱۹۱
۴-۱) حفاظت الکتریکی ۱۹۲
۴-۲) اتصال زمین الکتریکی ۱۹۲
۴-۳) ولتاژ تماس ۱۹۳
۴-۴) عبور جریان از زمین ۱۹۳
۴-۵) ولتاژ گام ۱۹۴
۴-۵-۱) حفاظت توسط سیم زمین ۱۹۵
۴-۵-۲) اتصال زمین لوله‌ای(میله ای) ۱۹۷
۴-۵-۳) اتصال زمین نواری یا سیمی ۱۹۸
۴-۵-۴) اتصال زمین صفحه‌ای ۱۹۸
۴-۵-۵) سیستم حفاظت نول ۲۰۰
۵) فصل پنجم: آشنایی با نقشه‌های الکتریکی ۲۰۳
۵-۱) آشنایی با نقشه‌های الکتریکی و چگونگی رسم آن‌ها ۲۰۴
۵-۲) مقدمه ۲۰۴
۵-۲-۱) استاندارد *DIN* ۲۰۴
۵-۲-۲) استاندارد *IEC* ۲۰۴
۵-۳) علائم اختصاری ۲۰۴
۵-۳-۱) حروف شناسایی ۲۰۶
۵-۴) مشخص کردن قطعات ۲۰۷
۵-۵) نقشه‌های مدار ۲۰۸
۵-۵-۱) نقشه‌های شماتیکی ۲۰۸
۵-۵-۲) نقشه‌های گرافیکی ۲۱۳
۵-۵-۳) نقشه‌های گزارشی ۲۱۶
۵-۶) نکاتی مربوط به ترسیم نقشه‌های مدار فرمان ۲۱۹
۵-۶-۱) عدد خط(شماره مسیر جریان) ۲۱۹
۵-۶-۲) نشان دادن نقاط انشعاب در نقشه فرمان(عدد انشعاب) ۲۲۰
۵-۶-۳) عدد وسیله ۲۲۰
۵-۶-۴) شماره ترمینال ۲۲۱
۵-۶-۵) عدد بوبین ۲۲۱
۵-۷) رسم مدارات فرمان و قدرت ۲۲۲

۵-۷-۱) اعداد شناسه ۲۲۳
۵-۸) مدارات پایه‌ی برق صنعتی ۲۲۳
۵-۸-۱) طراحی وتشریح راه‌اندازی یک موتور از یک نقطه به صورت لحظه‌ای ۲۲۳
۵-۸-۲) طراحی و تشریح راه‌اندازی یک موتور از یک نقطه به صورت دائم ۲۲۵
۵-۸-۳) طراحی و تشریح راه‌اندازی یک موتور به صورت دائم بیش از یک نقطه ۲۲۶
۵-۸-۴) طراحی و تشریح راه‌اندازی یک الکتروموتور به صورت لحظه‌ای و دائم ۲۲۸
۵-۸-۵) طراحی و تشریح راه‌اندازی سه الکتروموتور سه‌فاز به صورت لحظه‌ای ۲۲۹
۵-۸-۶) طراحی و تشریح راه‌اندازی دوالکتروموتوربه صورت یکی پس از دیگری ۲۳۲
۵-۸-۷) طراحی وتشریح راه‌اندازی دو الکتروموتور یه صورت یکی بجای دیگری ۲۳۳
۵-۸-۸) راه‌اندازی الکتروموتور سه‌فاز به صورت چپگرد و راستگرد با حفاظت کامل عملکرد کند ۲۳۹
۵-۸-۹) راه‌اندازی یک الکتروموتور سه‌فاز به صورت چپگرد و راستگرد قطع سریع ۲۴۱
۵-۸-۱۰) راه‌اندازی الکتروموتور سه‌فاز به صورت چپگرد و راستگرد عملکرد سریع ۲۴۴
۵-۸-۱۱)راه‌اندازی دوالکتروموتور سه‌فاز به صورت یکی پس دیگری اتوماتیک ۲۴۶
۵-۸-۱۲)راه‌اندازی دو الکتروموتورسه‌فاز به صورت یکی به جای دیگری و به طور اتوماتیک ۲۴۷
۵-۸-۱۳) راه‌اندازی یک الکترموتوسه‌فاز به صورت ستاره مثلث دستی ۲۴۹
۵-۸-۱۴)موتور سه‌فاز به صورت ستاره مثلث اتوماتیک(همراه با تایمر) ۲۵۲
۵-۸-۱۵)راه‌اندازی یک الکتروموتور سه‌فاز به صورت ستاره مثلث دستی و اتوماتیک ۲۵۳
۵-۸-۱۶) الکتروموتور سه‌فاز به صورت چپگرد و راستگرد ستاره مثلث اتوماتیک ۲۵۵
۵-۸-۱۷) مدار الکتروموتور سه‌فاز دالاندر(موتورهای دو سرعته) ۲۵۶
۵-۸-۱۸)راه‌اندازی یک موتور دالاندر به صورت چپگرد و راستگرد ۲۵۹

۶) فصل ششم: مقدمه‌ای دربارهٔ تابلو و اجزای آن ۲۶۳

۶-۱) تعریف تابلو ۲۶۴
۶-۱-۱) هدف از کاربرد تابلو در صنعت برق ۲۶۴
۶-۱-۲) انواع تابلوها ۲۶۴
۶-۲) اجزا اصلی تابلو ۲۶۷
۶-۲-۱) بدنه تابلو ۲۶۷
۶-۲-۲) تجهیزات تابلو ۲۶۸
۶-۲-۳) کلید ۲۶۸
۶-۳) هادی‌های مورد استفاده در تابلو ۲۷۲
۶-۴) فیوز ۲۷۵
۶-۴-۱) مشخصات فنی فیوزها ۲۷۵
۶-۴-۲) انواع فیوز ۲۷۶
۶-۵) مقره ۲۷۷
۶-۶) اندازه‌گیرها ۲۷۷
۶-۷) اینترلاک ۲۷۹

۶-۸) اتصال زمین ۲۸۰
۶-۹) درجه حفاظت تابلو IP^1 ..... ۲۸۱
۶-۱۰) تابلوی خازنی ۲۸۲
۶-۱۰-۱)مشخصات خازن ۲۸۳
۶-۱۰-۲)ضریب $\frac{C}{K}$ ۲۸۳
۶-۱۱) محاسبه توان خازن $\frac{C}{K}$ ۲۸۴
۶-۱۲) محاسبه تجهیزات تابلو ۲۸۵
۷) فصل هفتم: معرفی مینی پی‌ال‌سی *LOGO* ۳۰۱
۷-۱) جایگاه مینی پی‌ال‌سی ۳۰۲
۷-۲) مینی پی‌ال‌سی *LOGO* ۳۰۴
۷-۳) ساختمان *LOGO* ۳۰۴
۷-۳-۱) معرفی سخت افزار *LOGO* ۳۰۴
۷-۴) ماژول اصلی ۳۰۵
۷-۵-۱) کارت‌های افزایشی ۳۰۷
۷-۶) ماژول‌های ارتباطی ۳۰۹
۷-۷) ماژول تغذیه ۳۰۹
۷-۸) قطعات جانبی ۳۱۰
۷-۹) نصب و سیم بندی ۳۱۰
۷-۹-۱) نصب ۳۱۰
۷-۹-۲) اتصال ورودی‌ها ۳۱۵
۷-۹-۳) اتصال خروجی‌ها ۳۱۶
۷-۱۰) برنامه نویسی *LOGO* ۳۱۷
۷-۱۱) معرفی برنامه نویسی به روش بلوکی *(FBD)* ۳۱۸
۷-۱۱-۱)معرفی دستورات پایه برنامه‌نویسی *(BASIC FUNCTION)* ۳۱۹
۷-۱۱-۲)ورودی دیجیتال *(DIGITAL INPUT)* ۳۱۹
۷-۱۱-۳)ورودی آنالوگ *(AI)* ۳۲۰
۷-۱۱-۴)خروجی *(Q)* ۳۲۰
۷-۱۱-۵)مارکر *(M)* ۳۲۰
۷-۱۱-۶)*HIGH* ۳۲۱
۷-۱۱-۷)*LOW* ۳۲۱
۷-۱۱-۸)*AND* ۳۲۱
۷-۱۱-۹)*AND* تحریک شده با لبه بالا رونده ۳۲۲
۷-۱۱-۱۰)*NAND* ۳۲۲
۷-۱۱-۱۱)*NAND* تحریک شده با لبه پایین رونده ۳۲۳

۷-۱۱-۱۲)*OR* ۳۲۳
۷-۱۱-۱۳)*NOR* ۳۲۴
۷-۱۱-۱۴)*XOR* ۳۲۴
۷-۱۱-۱۵)*NOT* ۳۲۵
۷-۱۲) نرم افزار ۳۲۵
۷-۱۲-۱)نحوه شروع واستفاده از نرم افزار *LOGO SOFT COMFORT V6.0LOGO* ۳۲۵
۷-۱۳) تعیین نحوه نمایش برنامه نوشته شده در *LOGO SOFTWARE* ۳۲۹
۷-۱۴) تست و شبیه سازی برنامه در محیط نرم افزار ۳۳۰
۷-۱۴-۱)انتقال، بازبینی ونحوه ارتباط برنامه در *LOGO* ۳۳۳
۷-۱۵) منتقل کردن برنامه به *LOGO* ۳۳۳
۷-۱۶) اصول سیم کشی ۳۳۴
۷-۱۶-۱)اصول برنامه نویسی در کنار سیم کشی ۳۳۶
۷-۱۷) دستورات پیشرفته برنامه‌نویسی(*SPECIAL FUNCTION*) ۳۳۶
۷-۱۷-۱)تابع *LATCHING RELAY(RS)* ۳۳۷
۷-۱۸) توابع تایمر ۳۳۸
۷-۱۸-۱)تایمر تاخیر در وصل(*ON DELAY*) ۳۳۹
۷-۱۸-۲)تایمر تاخیر در قطع(*OFF DELAY*) ۳۴۰
۷-۱۸-۳)*ON/OFF DELAY* ۳۴۱
تایمر تاخیر در وصل ماندگار(*RETENTIVE ON DELAY*) ۳۴۱
۷-۱۸-۴)*PULSE RELAY* ۳۴۲
۷-۱۸-۵)*WIPING RELAY – PULSE OUTPUT* ۳۴۲
۷-۱۸-۶)*EDGE TRIGGERED WIPING RELAY* ۳۴۳
۷-۱۸-۷)*WEEKLY TIMER SWITCH* ۳۴۴
۷-۱۸-۸)*YEARLY TIMER SWITCH* ۳۴۶
۷-۱۸-۹)*UP /DOWN COUNTER* ۳۴۸
۷-۱۸-۱۰(۱۲. *OPERATING HOURS COUNTER* ۳۴۹
۷-۱۸-۱۱)*SYMMETRIC CLOCK GENERATOR* ۳۴۹
۷-۱۸-۱۲)*ASYNCHRONOUS PULSE GENERATOR* ۳۵۰
۷-۱۸-۱۳)*FREQUENCY TRESHOLD TRIGGER* ۳۵۱
۷-۱۸-۱۴)*STAIRWAY LIGHTING* ۳۵۱
۷-۱۸-۱۵)*ANALOG TRESHOLD SWITVH* ۳۵۲
۷-۱۸-۱۶)*ANALOG COMPARATOR* ۳۵۴
۷-۱۸-۱۷)*MULTIFUNCTIONAL SWITCH* ۳۵۵
۷-۱۸-۱۸)*MESSAGE TEXT* ۳۵۶
۷-۱۹-۱)برنامه راه اندازی دو موتور سه فاز به صورت یکی پس از دیگری ۳۵۹

۷-۱۹-۲)برنامه راه اندازی یک موتور سه فاز بصورت دائم کار ۳۶۱
۷-۱۹-۳)برنامه مدار چپگرد راستگرد با حفاظت کامل ۳۶۳
۷-۱۹-۴)مدارچپگرد راستگرد سریع ۳۶۵
۷-۱۹-۵)مدار راه اندازی موتور سه فاز بصورت ستاره مثلث ۳۶۷
۷-۲۰) برنامه نویسی بر روی *LOGO* ۳۶۹
۷-۲۱) قوانین مهم برای برنامه نویسی ۳۶۹
۷-۲۲) نحوه برنامه‌نویسی ۳۷۰
۷-۲۲-۱)اصلاح مدار ۳۷۵
۸) فصل هشتم: مبانی اندازه‌گیری ۳۷۹
۸-۱) مفهوم اندازه‌گیری ۳۸۰
۸-۲) انواع سنجش، خطا، حساسیت و مشخصات دستگاه‌های اندازه‌گیری ۳۸۰
۸-۲-۱) خطا در دستگاه‌های اندازه‌گیری ۳۸۰
۸-۲-۲) نحوه قرائت مقدار اندازه‌گیری شده ۳۸۷
۸-۳) نحوه قرارگرفتن تجهیزات اندازه‌گیری در مدار ۳۸۲
۸-۳-۱) ولت‌متر تک‌فاز ۳۸۲
۸-۳-۲) ولت‌متر سه‌فاز(خطی) ۳۸۴
۸-۳-۳) آمپرمتر تک‌فاز ۳۸۴
۸-۳-۴) آمپرمتر سه‌فاز ۳۸۵
۸-۳-۵) قرار گرفتن ترانس ولتاژ *VT* در شبکه تک‌فاز ۳۸۵
۸-۳-۶) قرارگرفتن ترانس جریان *CT* در شبکه تک‌فاز ۳۸۶
۸-۳-۷) کنتور تک‌فاز ۳۸۷
۸-۳-۸) کنتور سه‌فاز سه‌سیمه ۳۸۷
۸-۳-۹) کنتور سه‌فاز چهارسیمه ۳۸۸
۸-۳-۱۰)وات‌متر تک‌فاز ۳۸۸
۸-۳-۱۱)وات‌متر سه‌فاز(دوواته) ۳۸۹
۸-۳-۱۲)وات‌متر سه‌فازه(تک‌واته) ۳۹۰
۸-۳-۱۳)کسینوس فی‌متر تک‌فاز ۳۹۱
۸-۳-۱۴)کسینوس فی‌متر سه‌فاز ۳۹۲
۸-۳-۱۵)اهم‌متر ۳۹۳
۸-۳-۱۶)مولتی‌متر ۳۹۴
۸-۴) اندازه‌گیری کمیت‌های سرعت و لرزش موتور ۳۹۶
۸-۴-۱) اتصال موتورهای الکتریکی سه‌فاز به شبکه‌ی برق با کلید قطع و وصل(*0-1*) ۳۹۸
۸-۴-۲) تغییر جهت گردش موتورهای سه‌فاز توسط کلیدهای صنعتی دستی ۳۹۸
۸-۴-۳) کنترل مدار موتور سه‌فاز با استفاده از کلید صنعتی دستی ستاره مثلث ۳۹۹
۸-۴-۴) کنترل مدار موتور سه‌فاز دوسرعته(دالاندر) توسط کلید صنعتی دستی ۴۰۰

پیشگفتار و مقدمه

با توجه به پیشبرد علم در دنیا و نقش دانشگاه در ترویج آن و با توجه به ارتباط بسیار نزدیک بین دانشگاه و صنعت سعی برآن داشتیم تا در این کتاب تلفیقی از تجربه‌های صنعتی و مطالب علمی را در اختیار دانشجویان و مخاطبان علاقه‌مند به حضور در صنعت برق ایران قرار دهیم. نحوه بیان مطالب به گونه‌ای است که در کم‌ترین حجم از عبارات بیشترین انتقال اطلاعات صورت پذیرد. با توجه به تنوع مطالب عنوان شده در این کتاب، می‌توان این مجموعه را یکی از بهترین کتاب‌های چاپ شده در ضمینه برق‌صنعتی دانست به گونه‌ای که با مطالعه فصل‌های مختلف از این مجموعه می‌توان ضمن کسب دید کلی از ادوات پایه‌ای و پرکاربرد موجود در صنعت، اقدام به طراحی و تحلیل سیستم‌های صنعتی مطرح شده در کتاب پرداخت.

این کتاب در هشت فصل به قرار زیر تنظیم شده‌است:

فصل اول: تجهیزات پایه‌ای برق‌صنعتی: معرفی کلید - کنتاکتور - بی‌متال - فیوز - سنسور و...

فصل دوم: ماشین‌های الکتریکی: تقسیم‌بندی ماشین‌های الکتریکی – تعمیر و نگهداری – ترانسفورماتور.

فصل سوم: کابل: ساختمان کابل و انواع آن – کابل‌کشی - عیب‌یابی کابل – سیم و اتصالات – انواع سیم‌ها – انواع گلند.

فصل چهارم: حفاظت الکتریکی: اتصال زمین الکتریکی – انواع سیستم حفاظت.

فصل پنجم: آشنایی با نقشه‌های الکتریکی: انواع نقشه‌ها – نحوه ترسیم نقشه‌ها – معرفی نقشه‌های برق صنعتی و نحوه طراحی آن‌ها.

فصل ششم: تابلو برق: انواع تابلو - اجزای اصلی تابلو – محاسبات مربوط به تجهیزات تابلو.

فصل هفتم: معرفی مینی‌پی‌ال‌سی *LOGO*: ساختمان *LOGO* – نحوه سیم‌کشی – برنامه‌نویسی وکارکرد با نرم‌افزار – طراحی پروژه.

فصل هشتم: مبانی اندازه‌گیری: معرفی تجهیزات مختلف اندازه‌گیری و نحوه قرارگرفتن آن‌ها در مدار.

در اینجا بر خود واجب می‌دانیم از همکاری تمامی دوستان و عزیزانی که ما را در آماده سازی و چاپ این کتاب یاری نموده‌اند، بویژه **مهندس حمید ذکائی**، تشکر و قدردانی صمیمانه خود را مبذول نماییم. در نهایت با عنایت به این مطلب که نویسندگان این اثر کار خود را عاری از خطا و اشتباه نمی‌دانند از تمامی بزرگواران و خوانندگان نکته بین تقاضا داریم هرگونه پیشنهاد و یا انتقاد خود را از طریق نشانی پست الکترونیک ***alireza.keshavarz2@gmail.com*** با مولفین کتاب درمیان بگذارند تا در چاپ‌های بعدی کتاب و نیز در سایر کتب در حال تالیف مورد استفاده قرار گیرد.

گروه مولفین

۱

۱) فصل اول: تجهیزات پایه‌ای برق‌صنعتی

اهداف فصل:

- ☑ **کلید**
- ☑ **کنتاکتورها**
- ☑ **لامپ سیگنال**
- ☑ **تسمه‌نقاله**
- ☑ **فیوزها**
- ☑ **رله‌ها**
- ☑ **کلیدهای فرمان**
- ☑ **لیمت سوئیچ یا میکروسوئیچ**
- ☑ **حسگرهای صنعتی (*SENSORIC*)**

بهره برداری مطمئن و بی وقفه از تاسیسات الکتریکی و مراکز تولید نیرو، تامین انرژی الکتریکی مورد نیاز تجهیزات برقی کارخانه‌جات صنعتی و مراکز اقتصادی تا حدود زیادی به خصوصیات، ویژگی‌ها، طرز عمل کلیدها و وسایل کنترل مدارها بستگی دارد. در مدارهای الکتریکی وسایل مختلفی به کار می‌روند که از مهمترین آن‌ها کنتاکتور یا کلید مغناطیسی و *PLC* است. استفاده از کنتاکتور در مدارهای کنترل تنوع طراحی‌های مختلف را به وجود می‌آورد. برای طراحی مدارهای کنترل و کار با آن‌ها باید وسایل تشکیل دهنده آن را به طور کامل شناخت و به اصول ساختمان و موارد استفاده این وسایل آشنا شد. شایان ذکر است که مدارهای کنترل و راه‌اندازی به دو قسمت مدارهای قدرت و مدارهای فرمان تقسیم می‌شوند.

مدارهای قدرت: کلیه سیم‌هایی که باعث انتقال انرژی از شبکه به مصرف کننده می‌شوند را مدار قدرت می‌گوییم مانند یک کلید سه‌فاز که جریان سه‌فاز را به مصرف کننده می‌رساند.

مدارهای فرمان: در واقع قسمتی از مدار که در قطع و وصل کنتاکتور و کنترل کار مصرف کننده‌ها نقش دارد را مدار فرمان می‌گویند این مدار هیچ رابطه‌ای با مدار قدرت ندارد و به وسیله آن بوبین کنتاکتور را تحریک می‌کنند تا کنتاکتور به حالت وصل یا قطع درآید.

می‌توان لیست وسایل کنترل و راه‌اندازی را به صورت زیر معرفی کرد که در ادامه این فصل به بررسی آن‌ها خواهیم پرداخت.

- کنتاکتور
- شستی استوپ و استارت
- لامپ سیگنال
- رله حرارتی
- رله مغناطیسی
- تایمر(رله زمانی)
- کلیدهای تابع فشار
- لیمیت سوئیچ یا میکروسوئیچ(کلیدهای محدود کننده)
- وسایل حفاظتی
- کلیدهای شناور
- کلیدهای تابع حرارت(ترموستات)
- کلیدهای تابع دور
- سنسورها
- رله کنترل فاز
- *PLC*

۱-۱) کلید

کلیدها وسایلی هستند که سبب کنترل مصرف کننده‌های الکتریکی می‌شوند به عبارت دیگرکارکلیدها قطع، وصل و یا تغییر وضعیت مدارات الکتریکی می‌باشد. کلیدها دارای مکانیزم‌های متفاوتی بوده و در انواع مختلف موجود می‌باشند اما در حالت کلی به دو دسته کلیدهای دستی و کلیدهای مغناطیسی(کنتاکتورها) تقسیم می‌شوند که در زیر به توضیح هریک از آن‌ها می‌پردازیم.

۱-۱-۱) کلیدهای دستی

این کلیدها تنها با نیروی مکانیکی عمل می‌کنند و برای تغییر وضعیت آن‌ها از نیروی دست انسان استفاده می‌شود و مستقیما توسط نیروی دست قطع و وصل می‌شوند. از عمده مشکلات مهم این کلیدها می‌توان به سرعت‌عمل پایین در قطع و وصل مدار، خرابی زیاد و در نتیجه نیاز به تعمیر و نگهداری بیشتر، خطرات جانی برای اپراتور، اتصال دائم مصرف کننده به برق، احتیاج به انرژی مصرفی زیاد برای قطع و وصل و... اشاره کرد. کلیدهای دستی نیز خود بر دو نوع کلیدهای دستی دائمی و کلیدهای دستی لحظه‌ای تقسیم می‌شوند.

۱-۱-۱-۱) کلیدهای دستی لحظه‌ای کار

کلیدهایی هستند که در هر حالتی قرار بگیرند وضعیت آن‌ها تا زمانی که انرژی و نیروی دست بر روی کلید است ثابت باقی می‌ماند و مدار متصل است و به محض برداشتن دست از روی کلید، کلید مجددا به حالت اولیه خود بازگشته و مدار قطع می‌گردد بدین معنی که برای عمل کردن کلیدهای لحظه‌ای نیروی مکانیکی دائمی‌لازم است. کلیدهای ساده لحظه‌ای کار نیز بر دو نوع می‌باشند.

۱) کلیدهای دستی لحظه‌ای که در برق ساختمانی کاربرد دارند مانند شستی‌های زنگ اخبار و...

۲) کلیدهای دستی لحظه‌ای که در برق صنعتی کاربرد دارند مانند شستی‌های *STOP* و *START*.

۱-۱-۱-۲) کلیدهای دستی دائمی

کلیدهایی هستند که در هر حالتی قرار بگیرند وضعیت آن‌ها ثابت باقی می‌ماند و برای تغییر وضعیت مجددشان می‌بایست مجددا کلید زده شود درواقع این کلیدها برای هر تغییر حالت به یک نیروی لحظه‌ای نیاز دارند کلیدهای ساده دائم کار نیز بر اساس کاربرد بر دو نوع می‌باشند.

۱) کلیدهای دستی دائمی‌که در برق ساختمانی کاربرد دارند مانند کلیدهای تک‌پل، دو پل، تبدیل صلیبی و...

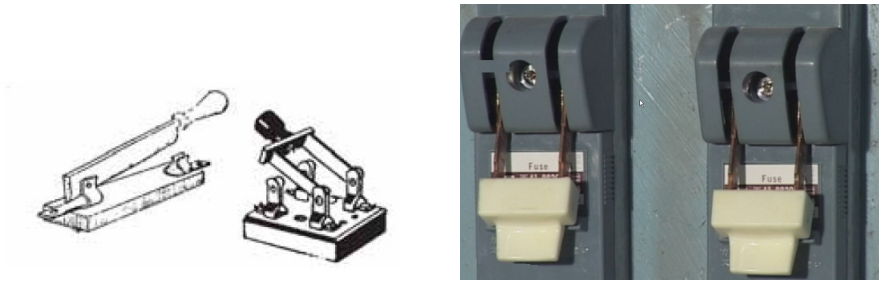
۲) کلیدهای دستی دائمی‌که در برق صنعتی کاربرد دارند مانند کلیدهای اهرمی، زبانه‌ای، غلطکی و... که در زیر به توضیح هریک از آن‌ها خواهیم پرداخت.

شکل ۱-۱: نمونه‌ای از یک کلید دائمی‌کار

۱-۲) انواع کلیدهای دستی دائم‌کار

۱-۲-۱) کلیدهای تیغه‌ای (اهرمی) و یا چاقویی

کلیدهای تیغه‌ای دارای ساختمان بسیار ساده‌ای هستند در این کلیدها از تیغه‌های کاردی شکل که بر روی محوری گردان نصب شده است استفاده می‌گردد و از نظر ساختمان به دو صورت کشویی و گردان ساخته می‌شوند. مقدارجریان قطع و وصل توسط این کلیدها بسیار محدود می‌باشد چرا که در جریانهای بالا قوس بین دو نقطه ایجاد شده و حتی موجب ذوب تیغه‌ها می‌شود و در هنگام وصل یا قطع نیز جرقه شدیدی ایجاد می‌کنند.



شکل ۱-۲: چند نمونه کلید تیغه‌ای

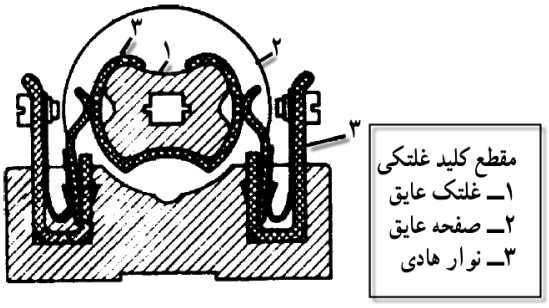
کلیدهای تیغه‌ای معمولا در مدارهای کنترل و فرمان به کاربرده می‌شوند این کلیدها همچنین برای برق‌رسانی به الکتروموتورهای تک‌فاز کوچک و وسایل الکتریکی جریان دائم، بسیار مناسب هستند اما در موتورهای سه‌فاز بهتر است از کلید تیغه‌ای استفاده نشود از آنجا که موتور در اثر سوختن یکی از فیوزها دوفازه کارکرده و ممکن است بسوزد. شایان ذکر است که این کلیدها بیشتر همراه با فیوز مورد استفاده قرار می‌گیرند.

شکل ۱-۳: نمونه‌ای از نحوه نصب کلید تیغه‌ای همراه با فیوز

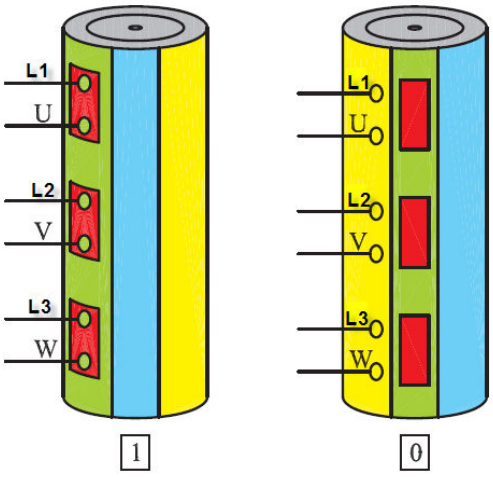
در موقع نصب کلید تیغه‌ای باید دقت شود تا آنجا که ممکن است همیشه جریان به کنتاکت ثابت وصل شود، بطوریکه تیغه‌ها در موقع قطع کلید بدون ولتاژ باشند این امر برای ایمنی بیشتر لازم است. ازکلیدهای تیغه‌ای می‌توان به عنوان کلیدبار و یا کلید بدون بار استفاده کرد. درصورتی که از این کلید، فقط به عنوان کلید بدون بار استفاده شود، فاقد محفظه جرقه گیر خواهند بود. کلید بار معمولاً دارای دیواره‌های عایقی جداکننده بین کنتاکت‌های جریان رسان و نیز محفظه جرقه گیر می‌باشد.

۱-۲-۲) کلید غلطکی

ساختمان این کلیدها از یک یا چند غلطک عایق که بوسیله یک اهرم حول محوری می‌چرخند تشکیل شده‌است برروی غلطک‌ها نوارهای هادی در محل‌های مناسب تعبیه شده‌اند. فرم غلطک و نحوه قرارگیری نوارهای هادی به گونه‌ای است که با حرکت غلطک کنتاکت‌های ثابت به یکدیگر وصل و یا از یکدیگر جدا می‌شوند بطوریکه اگر قسمت فرورفته غلطک در برابر کنتاکت‌های ثابت قرار گیرد، دوکنتاکت از یکدیگر قطع و اگر قسمت هادی در برابر کنتاکت‌های ثابت قرار گیرد، دو کنتاکت به یکدیگر متصل می‌شوند. این کلید نسبت به کلید تیغه‌ای یک مزیت بزرگ دارد و آن هم اینکه می‌توان برای این کلید وظیفه مخصوصی را تعریف کرده و با یک حرکت چندین اتصال را به صورت هم زمان انجام داد.



شکل ۱-۴: ساختمان کلید غلطکی

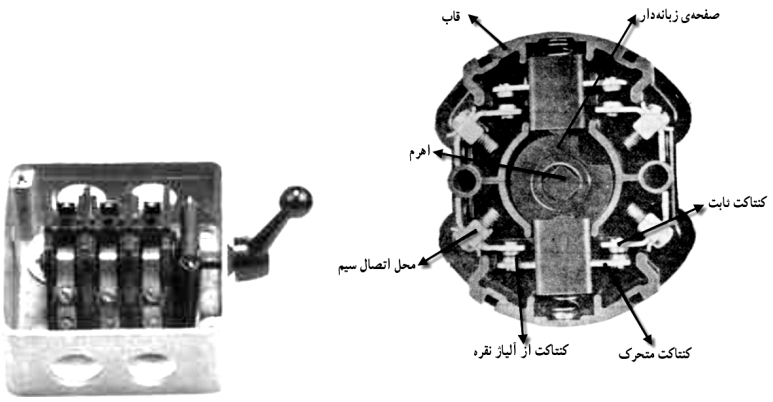


شکل ۱-۵: نحوه عملکرد کلید غلطکی

۱-۲-۳) کلید زبانه‌ای

در کلید غلطکی به علت تماس اصطحکاکی بین صفحات، استهلاک کلید بالا است و به همین دلیل از کلید زبانه‌ای که دارای خصوصیت طراحی است و علاوه بر آن کنتاکت‌های آن به صورت عمودی بر روی همدیگر قرار می‌گیرند بیشتر استفاده می‌شود. این کلید عمل اتصال را بدون ساییدگی انجام می‌دهد و همین امر، موجب دوام و مرغوبیت آن می‌شود. در شکل ۱-۶ با چرخاندن اهرم، صفحه‌ی زبانه دار تغییر وضعیت می‌دهد چنانچه شیار صفحه‌ی زبانه‌دار در مقابل تکیه‌گاه کنتاکت‌های متحرک قرار گیرد، با فشار فنر پشت تکیه‌گاه کنتاک‌های متحرک، کنتاک‌های ثابت را به یکدیگر وصل می‌کنند و مدار کامل می‌شود. اگر زبانه در مقابل تکیه‌گاه کنتاکت‌های متحرک قرار گیرد فنر فشرده می‌شود و کنتاکت‌های ثابت را از یکدیگر جدا کرده و مدار را قطع می‌نماید. این کلید عمل اتصال را بدون ساییدگی انجام می‌دهد و همین امر، موجب دوام و مرغوبیت آن می‌شود. با تغییر تعداد و مکان زبانه‌ها در روی صفحه می‌توان این کلید را در انواع مختلف ساخت و در راه‌اندازی الکترو موتورها و نظایر آن به کار برد.

شکل ۱-۶: کلید زبانه‌ای گردان

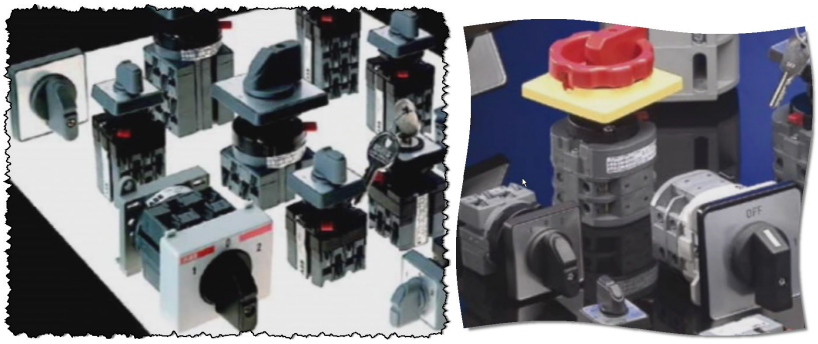


شکل ۱-۷: ساختمان کلید زبانه‌ای

۱-۲-۴) سلکتور سوئیچ(کلید گردان و یا پاکو)

سلکتور سویچ‌ها کلیدهایی هستند که برای انتخاب حالت‌های مختلف طراحی و ساخته می‌شوند، مانند کلید سه‌فاز گردان دو حالته‌ای که برای راه‌اندازی موتورهای سه‌فاز به صورت چپ گرد و راست گرد استفاده می‌شود. از سلکتورسویچ‌ولت برای اندازه‌گیری ولتاژ بین فازهای مختلف، همچنین ولتاژ هر فاز نسبت به سیم صفر استفاده می‌شود. نوع دیگر این کلیدها سلکتور سویچی است که برروی آوومترها نصب شده و به وسیله‌ی آن آوومتر را می‌توان در حالت‌های اندازه گیری ولت، آمپر یا اهم با رنج‌های مختلف قرار داد. کلید سه‌فازگردان دوحالته ستاره و مثلث هم یک نوع سلکتور سویچ است که به وسیله‌ی آن می‌توان ابتدا موتور را در حالت ستاره راه‌اندازی کرد سپس آن را در حالت مثلث قرار داد تا موتور به حالت مثلث کار کند. کلید فن‌کویل هم یک سلکتور سویچ است که به وسیله‌ی آن می‌توان موتور را در حالت دور کم، دور متوسط یا دور زیاد قرار داد یا آن را خاموش کرد.

شکل ۱-۸: چند نمونه سلکتور سوئیچ

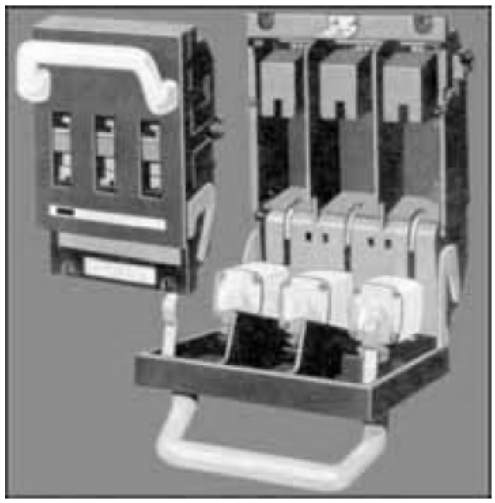


شکل ۱-۹: چند نمونه سلکتور سوئیچ

کلیدهای گردان برای جریان‌های الکتریکی کم و درحدود ۱۰۰ آمپر ساخته می‌شوند و معمولا قابل قطع در زیر بار هستند این کلیدها قابل استفاده در جریان AC, DC بوده و در کاربردهای مختلفی تولید و عرضه می‌شوند.

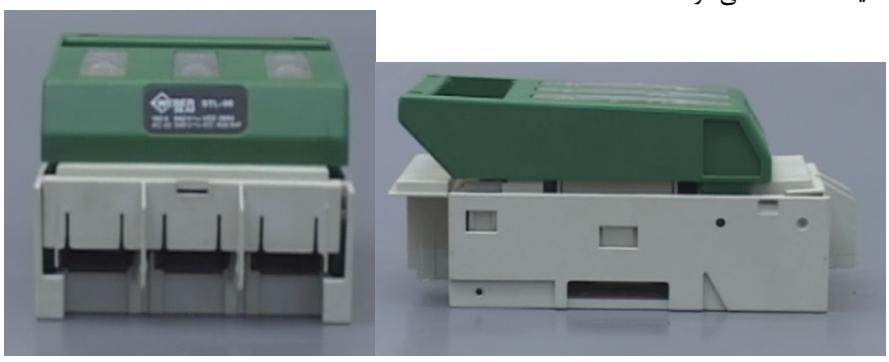
۱-۲-۵) کلید فیوز

کلید فیوز نوعی کلید است که قطع آن باعث خارج شدن فیوزها از مدار می‌شود. قطع و وصل این کلیدها به صورت دستی صورت می‌گیرد. با قطع کلید، تعویض فیوزها به سادگی انجام می‌گردد. به دلیل آن که کلید فیوزها معمولاً بر روی تابلو نصب می‌گردند(نه در داخل آن) برای تعویض فیوزها نیازی به باز کردن در تابلو نیست و به همین سبب برای تعویض فیوزها کوچک ترین خطری وجود ندارد. در شکل ۱-۱۰ یک نمونه کلید فیوز در حالت در مدار بودن و در حالت خارج از مدار نشان داده شده‌است.



شکل ۱-۱۰: کلید فیوز

کاربرد این کلیدها بیشتر برای جلوگیری از خطرات احتمالی در موقع تعویض فیوزها در شبکه فشار ضعیف می‌باشد. این کلید نسبت به کلید خودکار ارزانتر و از نظر جای‌گیری و ابعاد کوچکتر است. به طور کلی می‌توان گفت موارد استفاده این نوع کلید بیشتر در توزیع برق کارخانجات، روشنایی، پست‌های ترانسفوماتور و خطوط انتقال انرژی و همچنین در مواقعی که قدرت قطع بالایی احتیاج است به جای فیوز از این کلیدها استفاده می‌شود.



شکل ۱-۱۱: کلید فیوز

بسیاری از حوادثی که در شبکه فشار ضعیف منجر به برق گرفتگی می‌شود، مربوط به قوس الکتریکی است که در موقع تعویض فیوز یعنی در هنگام درآوردن فیوز زیر بار و یا جا انداختن آن در زیر جریان اتصال کوتاه، به وجود می‌آید. لذا برای جلوگیری از خطراتی که در موقع تعویض فیوزها در شبکه فشار ضعیف پیش می‌آید، بهتر و مناسب‌تر است که به جای کلید و فیوز از کلید فیوز استفاده شود. در کلیدفیوز، فیوزها بر روی درب کلید سوار شده و با باز کردن درب کلید، فیوزها از شبکه جدا می‌شوند که می‌توان با بیرون آوردن درب کلید نسبت به تعویض فیوزها اقدام نمود. پس از تعویض فیوزها نیز، درب کلید در داخل مجموعه جا زده شده و با بستن آن، فیوزها در شبکه قرار می‌گیرند.

برخی از اجزاء کلیدفیوز به شرح زیر است:

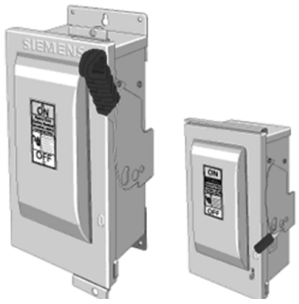
- ۱- پایه ثابت
- ۲- بخش متحرک و حمل کننده فیوز
- ۳- ترمینال‌ها و سوراخ‌های لازم جهت نصب کلید روی باس بار
- ۴- ترمینال‌های اتصال کابلهای ورودی و خروجی
- ۵- کنتاکت‌های نصب فیوز

۱-۲-۶) کلیدهای ایمنی

کلیدها عموما به دو منظور استفاده می‌شوند:

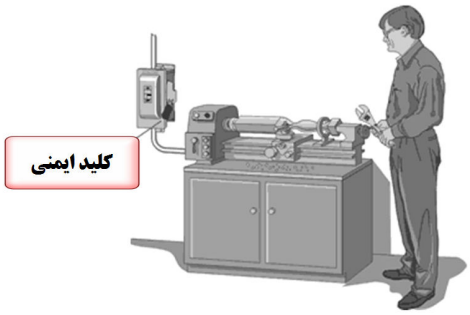
- قطع کننده برق ورودی
- قطع کننده و حفاظت کننده خطای موتورها

کلیدهای ایمنی کلیدهایی هستند که در یک قاب جداگانه قرار دارند این کار درجه ایمنی را برای پرسنل هنگام برخورد تصادفی با اتصالات الکتریکی برق‌دار بالا می‌برد و همچنین کلید را در برابر آلودگی‌ها و عوامل جوی محافظت می‌کند که درجه این حفاظت بستگی به قاب اختصاص داده شده دارد. بعضی کلیدهای ایمنی دارای فیوز می‌باشند اما بعضی دیگر فاقد فیوز بوده و فقط شامل یک کلید و اتصالات مربوطه و حالت قفل داخلی(*Interlock*) می‌باشند. همچنین خانواده‌های کلیدهای ایمنی در دونوع وظیفه عادی و وظیفه سنگین ساخته می‌شوند.



شکل ۱-۱۲: شمای ظاهری کلیدهای ایمنی

کلیدهای ایمنی امکاناتی را برای قطع و وصل بار از منبع برق الکتریکی فراهم می‌کنند. درحالت راه‌اندازی موتور، مانند دستگاه‌های خراطی چوب طبق استاندارد *NEC*، نیاز به استفاده از کلید ایمنی می‌باشد. طبق این استاندارد قطع‌کننده‌ها می‌بایست در سمت موتور و ماشین باشند یعنی باید در جلوی چشم کاربر بوده و بیشتر از ۵۰ قدم فاصله نداشته باشند. توجه شود که جریان نامی این کلیدها از ۳۰ تا ۴۰۰۰ آمپر می‌باشد.

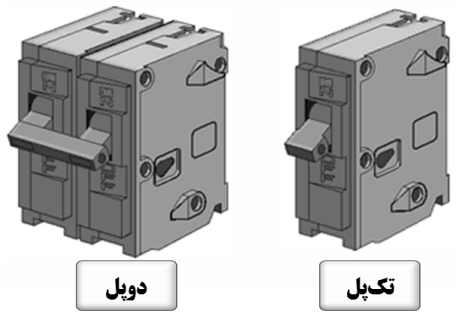


شکل ۱-۱۳: کاربرد کلید ایمنی در دستگاه‌های خراطی چوب

با قطع کلید، برق ورودی قطع شده و اپراتور می‌تواند با اطمینان آن را سرویس کند.

۱-۲-۷) کلیدهای خودکار

کلیدهای خودکار امکانات دستی را برای قطع و وصل برق فراهم می‌کنند بعلاوه حفاظت جریان اضافی را برعهده دارند. نوع خانگی آن‌ها جریان نامی ۱۵ تا ۱۲۵ آمپر دارند. در کاربردهای خانگی نوع تک پل حفاظت مدارهای ۲۳۰ ولتی و نوع دوپل حفاظت مدارهای ۳۸۰ ولتی را برعهده دارند.



شکل ۱-۱۴: کلیدهای خودکار تک‌پل و دوپل

شکل ۱-۱۵: نمایی از چند کلید خودکار

نکته: در بسیاری از موارد از کلید تنها به عنوان وسیله قطع و وصل مدار استفاده نشده بلکه پاره‌ای از وظایف حفاظتی را نیز به کلید محول می‌کنند.

در مواردی که حفاظت از تجهیزات مختلف نظیر تاسیسات روشنایی، سیم، کابل و ماشین‌آلات صنعتی دربرابر اضافه‌جریان، جریان اتصال کوتاه و غیره مدنظر باشد از کلیدهای خودکار استفاده می‌شود. در کل می‌توان گفت کلیدهای خودکار نسبت به فیوزها و کلیدهای دستی دارای مزایای زیر می‌باشد:

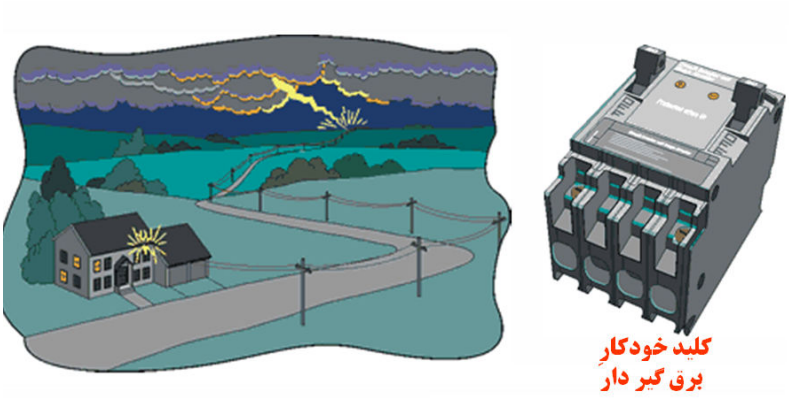
- کلید خودکار پس از قطع مدار در اثر جریان زیاد و یا هر عامل دیگری، بلافاصله مجددا آماده بهره‌برداری می‌باشد.
- با کمک کنتاکت‌های فرعی که در آن تعبیه شده است، می‌توان وضعیت کلید در هر حالت، یعنی حالت‌های قطع، وصل یا وقوع خطا را توسط سیگنال‌های مناسب تعیین و در اتاق فرمان منعکس نمود.

شکل ۱-۱۶: نمایش کنتاکت‌های فرعی کلیدخودکار

- ساختمان این نوع کلیدها به گونه ای است که اگر کلید را برروی یک مدار اتصال کوتاه شده ببندیم، پس از بسته شدن کلید، رله اضافه جریان سریعاً کلید را قطع می‌کند.

۱-۲-۸) کلیدهای خودکار دارای برق‌گیر

شکل زیر کلیدهای خودکار مورد استفاده در مرکز بار را نشان می‌دهد. کلید خودکاری که دارای برق‌گیر است شبیه کلیدهای خودکار معمولی بوده و وظیفه حفاظت تجهیزات حساس الکتریکی مانند کامپیوترها را در برابر اضافه‌ولتاژها برعهده دارد. این اضافه ولتاژها یا توسط انسان‌ها تولید می‌شود(مانند قطع و وصل کردن کلید) و یا از عوامل طبیعی از قبیل صاعقه به وجود می‌آید.

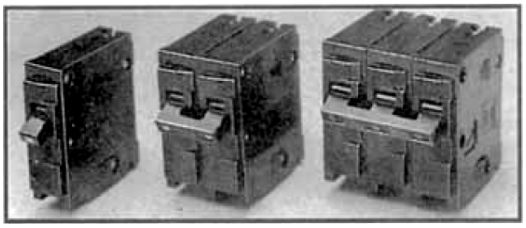


شکل ۱-۱۷: کلید خودکار مورد استفاده در مرکز بار

۱-۲-۹) کلید مینیاتوری

این کلید نوعی کلید اتوماتیک یا خودکار است که از نظر ساختمان داخلی شبیه فیوز آلفا بوده و از سه‌قسمت «رله‌ی جریان مغناطیسی(رله‌ی جریان زیاد با عمل کرد سریع) »، «رله‌ی حرارتی یا رله‌ی بیمتال (رله‌ی جریان زیاد با عمل کرد تأخیری) » و «کلید» تشکیل شده‌است. این کلیدها برای جریان‌های نامی کم و تا ۶۳ آمپر تولید می‌شوند. در این کلیدها ممکن است حفاظت در برابر اضافه بار و اتصال کوتاه نیز وجود داشته باشد که به طور معمول مشخصات مربوط به این حفاظت‌ها غیر قابل تنظیم هستند. این کلیدها برای مصارف خانگی زیاد استفاده می‌شوند و دارای قدرت قطع پایینی نسبت به بقیه کلیدهای خودکار هستند.

این کلید در دو نوع G و L ساخته می‌شود نوع L آن در مصارف روشنایی به کار می‌رود و تند کار است از نوع G برای اندازی وسایل موتوری استفاده می‌گردد و کند کار است این کلید در انواع تک‌فاز، دو فاز و سه‌فاز ساخته می‌شود در شکل ۱-۱۹ چند نمونه از کلید مینیاتوری نشان داده شده‌است.



شکل ۱-۱۸: کلید مینیاتوری

شکل ۱-۱۹: کلید مینیاتوری

کلیدهای مینیاتوری به کلاس‌های مختلف تقسیم می‌شوند که فرق این نوع کلیدها در جریان اتصال کوتاه آنها می‌باشد:

- کلاس *A*: که کلیدهای فوق العاده حساس بوده و تا دو برابر جریان نامی را تحمل می‌کنند.
- کلاس *B*: برای بارهای غیر موتوری همانند روشنایی کاربرد داشته و تا چهار برابر جریان نامی را تحمل می‌کنند.
- کلاس *C*: برای بارهای موتوری استفاده شده و تا شش برابر جریان نامی را تحمل می‌کند.

کلاس *D*: به منظور حفاظت بارهای خازنی و یا بارهایی که جریان هجومی می‌کشند، کاربرد داشته و تا *13* برابر جریان نامی را می‌تواند تحمل کند.

۱-۲-۱۰) کلید محافظ موتور

کلید محافظ موتور یک نوع بخصوص از کلید خودکار با قطع کننده جریان زیاد است و می‌تواند جریان شدید الکتروموتور را در زمان راه اندازی تحمل کند، بدون اینکه باعث قطع کلید شود. کلید محافظ می‌تواند موتور را در مقابل اتصال کوتاه، تک فاز شدن الکتروموتور، افت ولتاژ و اضافه بار حفاظت کرده و برای عمل رله، معمولا آن را بر روی جریان معینی تنظیم می‌کنند(۱. ۵ تا ۱. ۸ برابر جریان نامی). وقتی که جریان از حد تنظیم شده بیشتر شود، عضو حرارتی رله عمل‌کرده و مدار را قطع می‌کند. عضو مغناطیسی این رله از یک هسته متحرک و یک بوبین تشکیل شده‌است به طوری که هسته متحرک از طریق نیروی یک فنر به طرف بالا کشیده شده‌است. وقتی که جریان از حد تنظیم شده بالاتر رود یا در مدار اتصال کوتاه به وجودآید، بوبین مغناطیس شده، هسته متحرک را به سمت پایین می‌کشد و باعث قطع کنتاکت‌های متصل به هسته متحرک می‌شود در نتیجه رله مدار را قطع می‌کند. مدت زمان عمل رله بسیار کم است.

شکل ۱-۲۰: کلید حفاظت

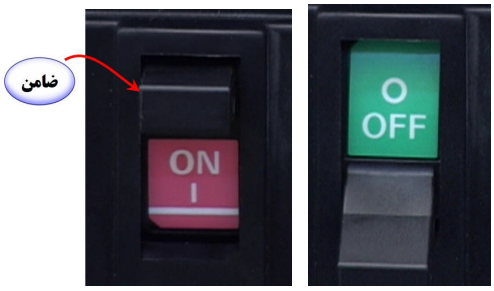
معمولاً برای دو جریان راه‌اندازی مختلف استفاده می‌شود:

- ۱- کلید محافظ موتور برای راه‌اندازی سبک که جریان راه‌اندازی را درصورتی که از ۵ برابر جریان نامی تجاوز نکند به مدت ۲۰ ثانیه نگه می‌دارد.
- ۲- کلید محافظ موتور برای راه‌اندازی سنگین که جریان راه‌اندازی را درصورتی که از ۱۰ برابر جریان نامی تجاوز نکند به مدت ۴ ثانیه تحمل می‌کند. بنابراین، این کلید در شرایط مشکل‌تری از کلید خودکار معمولی با رله جریان زیاد کار می‌کند.

۱-۲-۱۱) کلید کامپکت

شکل ۱-۲۱: کلید کامپکت

در کلیدهای کامپکت یا فشرده، مجموعه‌ای از رله‌های حفاظتی مانند اضافه بار، اضافه جریان، ولتاژ پایین و غیره در یک محفظه نسبتاً کوچکی قرار گرفته‌اند. از آنجائیکه بدنه این کلیدها به کمک نوع خاصی از قالب تزریق ساخته می‌شود، به آنها کلیدهای بدنه تزریقی یا *Molded case* نیز گفته می‌شود. مکانیزم عملکرد کلیدهای کامپکت در هنگام وقوع خطا بدین شکل است که فنر شارژ مکانیزم به شکل دستی یا موتوری شارژ می‌شود و در هنگام وقوع خطا دشارژ شده و پل‌های کلید را باز می‌کند. ضامن این کلیدها دارای سه وضعیت است. وضعیت قطع که در این حالت کلید قطع است با فشاردادن این ضامن به سمت بالا،کلید وصل می‌شود. در حالاتی که کلید به واسطه یک خطا، قطع شده باشد، ضامن در وضعیت وسط یعنی بین حالات قطع و وصل قرار می‌گیرد در این حالت برای وصل کلید باید آنرا به حالت قطع برد و سپس کلید را وصل کرد.



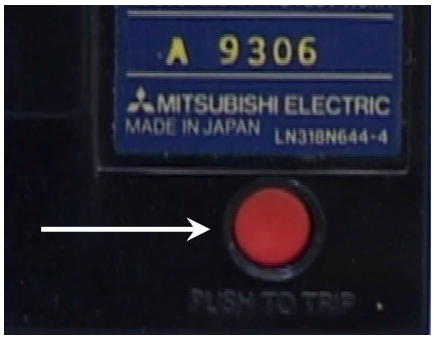
شکل ۱-۲۲: وضعیت قطع و وصل کلید

در این کلیدها معمولا از دو نوع حفاظت استفاده می‌شود. خطای اضافه بار توسط یک رله حرارتی و خطای اتصال کوتاه توسط یک رله الکترومغناطیسی تشخیص داده شده و فرمان قطع کلید صادر می‌شود. هر یک از این حفاظت‌ها بخشی از منحنی قطع کلید را به خود اختصاص می‌دهند. در جاهایی که فضای تابلو ممکن است محدودیت داشته باشد یا نیاز به قدرت قطع بالا نباشد، از این کلیدها استفاده می‌شود. از مزایای دیگر کلیدهای کامپکت، امکان استفاده از این کلیدها در شبکه برق *DC* و *AC* است تفاوت کلیدها در این شبکه‌ها در قدرت قطع آنها است به طوریکه در حالت*DC* کلید قدرت قطع کمتری نسبت به حالت *AC* دارد.

برخی از اجزاء کلیدهای کامپکت را می‌توان به صورت زیر نام برد:

- ۱- بدنه کلید
- ۲- ضامن قطع و وصل کلید

- ۳- دکمه تریپ دستی کلید



شکل ۱-۲۳: دکمه تریپ دستی کلید کامپکت

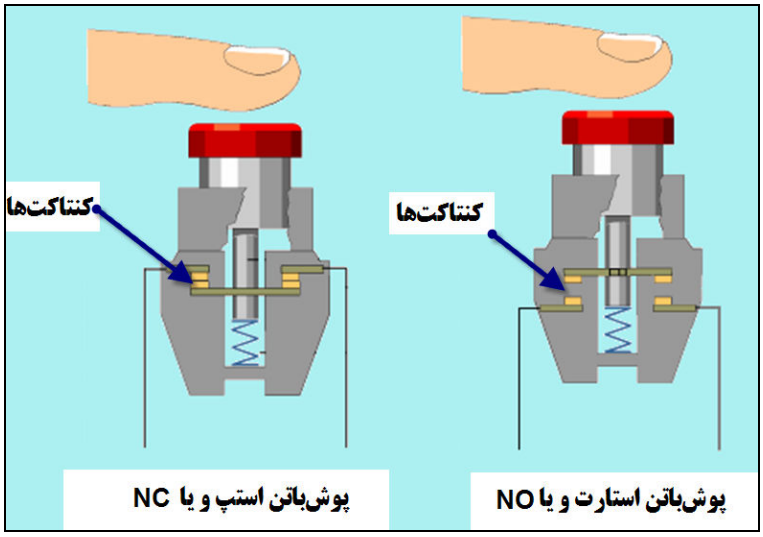
- ۴- مکانیزم قطع و وصل که کنتاکت‌ها را به هم وصل و یا از هم جدا می‌کند
- ۵- کنتاکت‌های قدرت و فرمان
- ۶- ترمینال‌های ورودی و خروجی
- ۷- رله‌های حفاظتی مختلف نظیر اضافه بار و اتصال کوتاه
- ۸- دکمه‌های مربوط به تنظیم مشخصات حفاظت‌های کلید

شکل ۱-۲۴: دکمه‌های مربوط به تنظیم مشخصات حفاظت‌های کلید

- ۹- محفظه جرقه گیر

۱-۲-۱۲) شستی (پوش‌باتن)

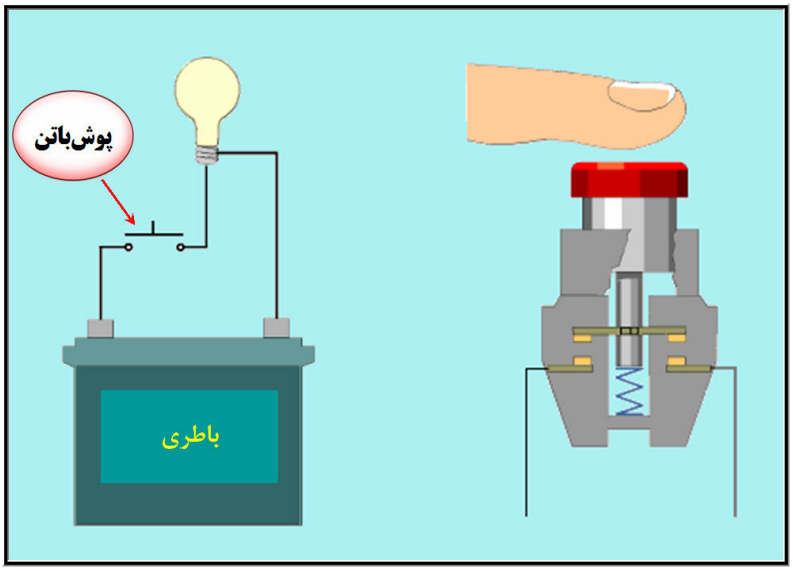
دکمه‌های وصل(استارت) و قطع(استپ) کلیدهایی هستند که فرمان آن‌ها به وسیله‌ی دست صورت می‌گیرد و عملکرد آن لحظه‌ای است به این معنی که با فشار دادن انگشت بر روی آن عمل کلید انجام می‌شود و با برداشتن انگشت از روی آن، کلید به حالت اول بر می‌گردد. این کلیدها در مدار فرمان کنتاکتورها برای وصل و یا قطع آن و به منظور راه‌اندازی یا خاموش کردن دستگاه‌ها استفاده می‌شوند. کلیدی که دو کنتاکت باز دارد، شستی استارت است(عمل آن باعث وصل کنتاکتور خواهد شد) و کلیدی که دو کنتاکت بسته دارد، شستی استپ است(عمل آن کنتاکتور را قطع می‌کند). گاهی هر دوکلید بر روی یک پایه نصب شده‌اند که به آن «شستی استارت ـ استپ» می‌گویند. در شکل زیر چند نمونه از این کلیدها نشان داده شده‌است. این شستی‌ها معمولا به رنگ سبز و یا مشکی برای فرمان وصل و با کنتاکت باز و برای قطع مدار با رنگ قرمز و با کنتاکت بسته ساخته می‌شوند.



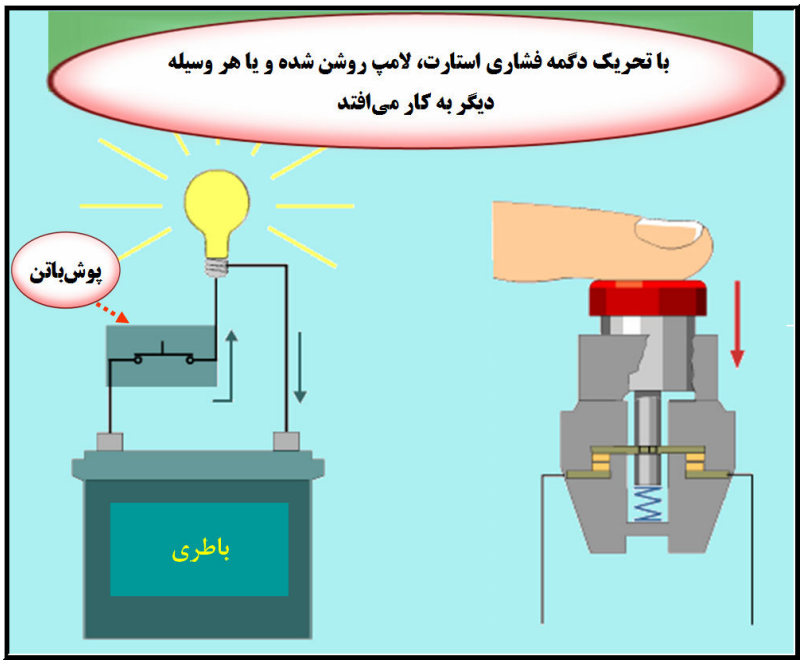
شکل ۱-۲۵: ساختار عملکرد شستی استوپ و استارت

شکل ۱-۲۶: نمونه‌ای از چند شستی استوپ و استارت

در شکل زیر نیز می‌توانید نحوه عملکرد پوش‌باتن استارت یا *NO* را مشاهده نمایید.



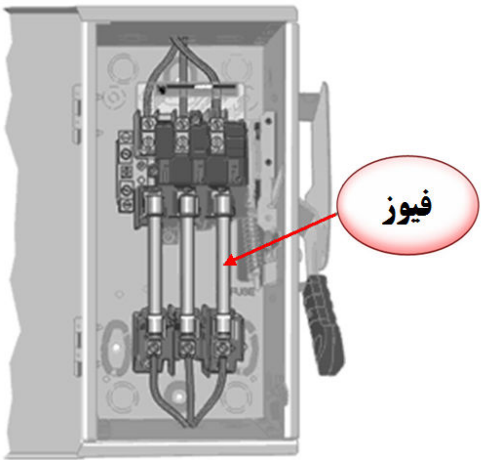
شکل ۱-۲۷: نمونه‌ای از نحوه عملکرد شستی استارت(مرحله ۱)



شکل ۱-۲۸: نمونه‌ای از نحوه عملکرد شستی استارت(مرحله ۲)

۱-۲-۱۲-۱) پل

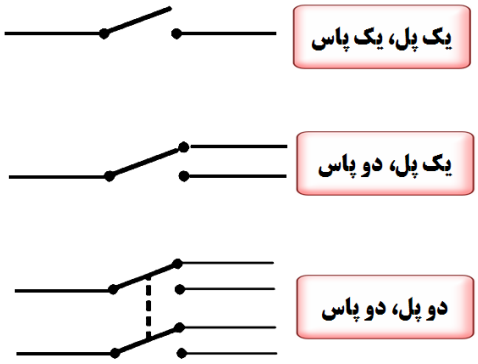
عبارت پل اشاره به تعداد سیم‌هایی دارد که یک کلید در یک زمان قطع می‌کند. شکل زیر یک کلید ایمنی ۳ پل را نمایش می‌دهد. ۳ مدار به صورت مکانیکی طوری به هم وصل شده‌اند که هرسه پل به طور همزمان هنگام عملکرد کلید مدار را قطع و وصل می‌کنند. در این حالت هر پل برای حفاظت اضافه‌جریان دارای فیوز می‌باشد.



شکل ۱-۲۹: کلید ایمنی ۳ پل

۱-۲-۱۲-۲) تعداد پاس‌های کلید

اصطلاح پاس به تعداد مداراتی که یک کلید، یک سیم را می‌تواند وصل کند اشاره دارد. کلیدها می‌توانند یک‌پاسه، دوپاسه و یا چندپاسه باشند. ساده‌ترین حالت یک کلید تک پل و یک پاسه می‌باشد بعد از آن کلید تک پل و دوپاس می‌باشد که یک سیم را به دو مسیر مجزا وصل می‌کند. کلید دوپل دوپاس(*DPDT*) می‌تواند هریک از دو سیم مختلف را به دو مدار مختلف وصل کند.



شکل ۱-۳۰: نمایش تعداد پاس‌ها در نحوه عملکرد کلید

۱-۳) کلیدهای مرکب

کلیدهایی هستند که برای تغییر وضعیت علاوه بر نیروی دست به یک انرژی و نیروی واسطه‌ای مانند انرژی الکتریکی نیاز دارند(مانند رله‌ها و کنتاکتورها) لازم به ذکر است که با به میدان آمدن کنتاکتورها تقریباً تمام مصارف کلیدهای ساده از رده خارج شده و کنتاکتور با سرعت و اطمینان بیشتر این میدان‌ها را به دست گرفت.

۱-۳-۱) کنتاکتورها

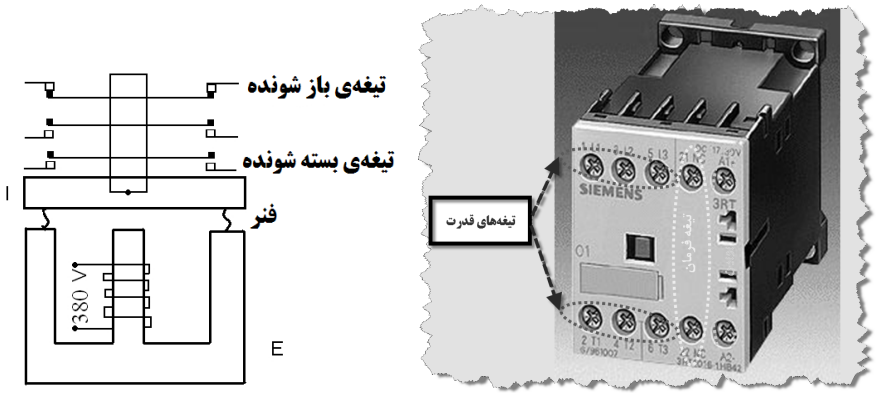
شکل ۱-۳۱

کنتاکتورها یا کلیدهای مغناطیسی مهمترین جزء مدارات و از وسایل پرمصرف در تابلوهای برق می‌باشند که در راه‌اندازی موتورهای الکتریکی مورد استفاده قرارمی‌گیرند. کنتاکتورها در واقع نوعی رله هستند که با عبور جریان از بوبین آن‌ها و ایجاد خاصیت مغناطیسی، تیغه‌ها را جذب و عمل سوئیچ‌زنی را انجام می‌دهند.

این نوع از کلیدها در اتوماسیون نیز کاربرد دارند موارد استفاده کنتاکتورها امروزه در ماشین‌های صنعتی بسیار زیاد بوده و برای راه‌اندازی و کنترل اکثر ماشین‌ها از کنتاکتور استفاده می‌شود. در صنعت نمی‌توان از این کلیدها صرف نظر کرد در یک بیان ساده‌تر می‌توان گفت کنتاکتورها کلیدهایی می‌باشند که از راه دور و به طریق الکتریکی کنترل می‌شوند.

۱-۳-۱-۱) ساختمان کنتاکتورها

کنتاکتور تشکیل شده‌است از یک مغناطیس الکتریکی که یک قسمت آن متحرک بوده و توسط فنری از قسمت ثابت نگه داشته می‌شود و یک سری کنتاکت عایق شده که به آن متصل می‌باشند و با آن حرکت می‌کنند. در قسمت ثابت این مغناطیس الکتریکی یک سری کنتاکت دیگر نیز محکم شده‌است هنگامی که از سیم پیچ مغناطیسی جریان معینی عبور می‌کند کنتاکت‌های متحرک توسط نیروی مغناطیسی به کنتاکت‌های ثابت فشرده می‌شوند و در همان حال یک یا چند فنر فشرده شده و یا کشیده می‌شوند اما زمانی که ولتاژ قطع شده و یا از حد معینی کمتر شود نیروی فنرها باعث می‌شود که این کنتاکت‌ها بطور اتوماتیک از هم جدا شوند. کنتاکتورهای استاندارد شده دارای سه‌کنتاکت اصلی برای مدار تغذیه مصرف کننده(اصلی) و چند کنتاکت فرعی برای مدار فرمان است. در مورد کنتاکتور می‌توان گفت که یک کلید مغناطیسی است که وقتی ولتاژ مورد نظر به آن اعمال می‌شود یک سری کنتاکت(یا کلید) باز را بسته و یک سری کنتاکت بسته را باز می‌کند که با استفاده از این خاصیت می‌توان مدارهای مختلفی را طراحی کرد. همانگونه که در شکل ۱-۳۲ مشاهده می‌شود این کلید از دو هسته به شکل E یا U که یکی ثابت و دیگری متحرک است و در میان هسته ثابت یک بوبین یا سیم پیچ قرار دارد، تشکیل شده‌است. وقتی بوبین به برق وصل می‌شود با استفاده از خاصیت مغناطیسی، نیروی کششی فنر را خنثی می‌کند و هسته فوقانی را به هسته تحتانی متصل کرده باعث می‌شود که تعدادی کنتاکت عایق شده از یکدیگر به ترمینال‌های ورودی و خروجی کلید متصل شود و یا باعث باز شدن کنتاکت‌های بسته کنتاکتور گردد. در صورتی که مدار تغذیه بوبین کنتاکتور قطع شود، در اثر نیروی فنری که داخل کلید قرار دارد هسته متحرک دوباره به حالت اول باز می‌گردد.



شکل ۱-۳۲: نمایش اجزای مختلف یک کنتاکتور

مزایای استفاده از کنتاکتورها نسبت به کلیدهای دستی به شرح زیر می‌باشند

- ۱) مصرف کننده می‌تواند از راه دور کنترل شود.
- ۲) مصرف کننده می‌تواند از چند محل کنترل شود.

- ۳) امکان طراحی مدار فرمان اتوماتیک برای مراحل مختلف کار مصرف کننده وجود دارد.
- ۴) سرعت قطع و وصل کلید زیاد و استهلاک آن کم است.
- ۵) حفاظت مطمئن‌تر و کامل‌تری دارند.
- ۶) عمر موثرشان بیشتر است.
- ۷) هنگام قطع برق، مدار مصرف کننده نیز قطع می‌شود و به استارت مجدد نیاز پیدا می‌کند در نتیجه از خطرات وصل ناگهانی دستگاه جلو گیری می‌کند.

کنتاکتور برای جریان‌های AC و DC ساخته می‌شوئد تفاوت این دو کنتاکتور در این است که در کنتاکتورهای AC از یک حلقه اتصال کوتاه برای جلوگیری از لرزش حاصل از فرکانس برق استفاده می‌شود. نیروی کششی یک مغناطیس الکتریکی جریان متناوب، متناسب با مجذور جریان عبوری از آن و در نتیجه متناسب با مجذور اندکسیون مغناطیسی است. تعداد دفعاتی که این نیرو ماکزیمم و صفر می‌شود، به اندازه دو برابر فرکانس شبکه خواهد گردید در نتیجه، در لحظاتی که مقدار نیروی کششی بیشتر از نیروی مقاوم فنرهای کنتاکتور باشد، هسته کنتاکتور جذب می‌شود و در لحظاتی که مقدار نیروی کششی کمتر از مقدار نیروی فنرها شود، هسته متحرک نیز آزاد شده و به محل اول خود باز می‌گردد بدین ترتیب در هسته متحرک لرزش و صدا ایجاد خواهد شد. این نوسانات را می‌توان به وسیله یک حلقه بسته در سطح قطب‌های جاسازی شده که حدود نصف تا ۲/۳ سطح هر قطب را پوشانده‌است از بین برد و لرزش آن را برطرف کرد. عمل این حلقه آن است که مانند سیم پیچ ثانویه ترانسفورماتوری که در حالت اتصال کوتاه قرار گرفته‌است، از آن جریان القایی عبور می‌کند و باعث ایجاد فوران مغناطیسی فرعی در مدار هسته می‌شود این فوران فرعی با فوران اصلی اختلاف فاز دارد و در زمانی که نیروی کششی حاصل از فوران اصلی صفر باشد، نیروی کششی حاصل از فوران اصلی ماکزیمم خواهد بود و در حالتی که نیروی حاصل از فوران ماکزیمم باشد، این نیرو صفر خواهد بود و چون جمع این دو نیرو به هسته متحرک اثر می‌کند، نیروی کششی در هر لحظه از نیروی مقاومت فنر بیشتر خواهد بود. ولتاژ تغذیه بوبین متفاوت است و از ۲۴ تا ۳۸۰ ولت ساخته می‌شود در اکثر کشورهای صنعتی برای حفاظت بیشتر، تغذیه بوبین کنتاکتور را زیر ولتاژ حفاظت شده(۶۵ولت) انتخاب می‌کنند و یا برای تغذیه مدار فرمان، ترانسفورماتور مجزا کننده به کار می‌برند.

قسمتهای مختلف کنتاکتور عبارتند از:

۱- حامل کنتاکت‌های ثابت(باید دارای درجه عایقی مناسبی باشد)

۲- ترمینال

۳- صفحه فلزی انتهایی برای نصب قسمت‌های ثابت روی آن

۴- کنتاکت‌های ثابت و متحرک(این کنتاکت‌ها باید در یک خط قرار گرفته و از پوشش اکسید نقره به منظور بالا بردن ضریب اطمینان در مقابل کار زیاد در روی آن‌ها استفاده شود)

۵-بوبین کنتاکتور(در کنتاکتور این بوبین طوری طراحی شده‌است که در مقابل عوامل جوی و نیروهای مکانیکی مقاوم باشد)

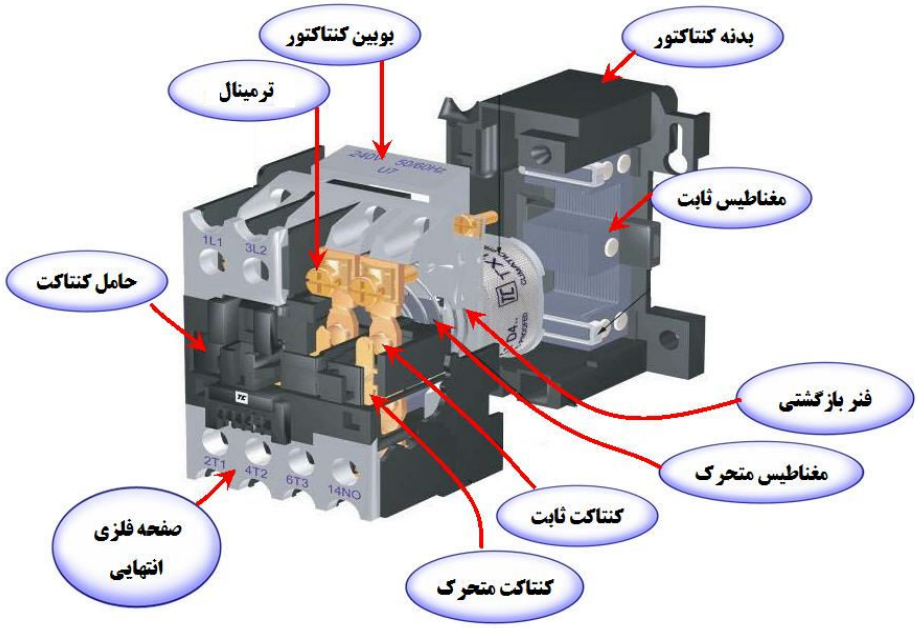
۶-ترمینال‌های ورودی و خروجی

۷-سیستم هسته آهنی ثابت و متحرک

۸- قسمت کنترل جرقه

۹ - حامل کنتاکت‌های متحرک(این قسمت باید دارای درجه عایقی مناسبی باشد)

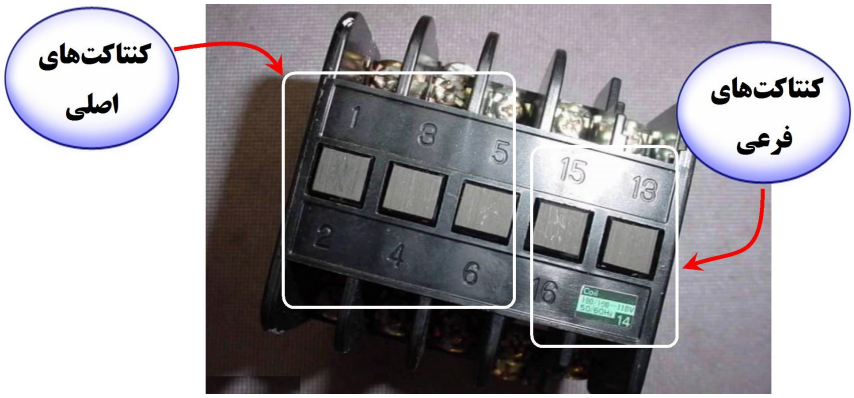
در شکل زیر می‌توانید قسمت‌های مختلف یک کنتاکتور را مشاهده کنید.



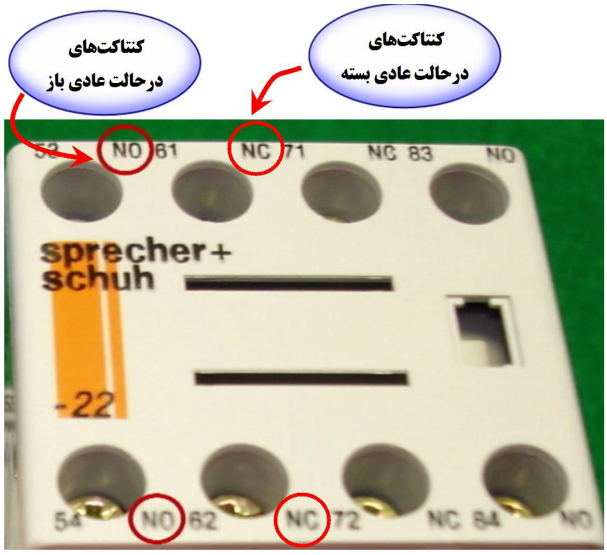
شکل ۱-۳۳: نمایش قسمت‌های مختلف یک کنتاکتور

معمولا بوبین کنتاکتورها درچند ولتاژ مختلف جهت مصارف گوناگون ساخته می‌شود.

هر کنتاکتور معمولاً دارای ۳ کنتاکت اصلی برای مدارقدرت و تعدادی کنتاکت اضافی جهت بکارگیری در مدارات فرمان است. کنتاکت‌های اضافی در دو حالت *Normally Close* و *Normally Open* وجود دارند. کنتاکت‌های *Normally Open* در حالت عادی باز و کنتاکت‌های*Normally Close* در حالت عادی بسته‌اند. در موقع عملکرد کلید، کنتاکت‌های کنتاکت‌های *Normally Open* بسته و *Normally Close* باز می‌شوند.



شکل ۱-۳۴: کنتاکت‌های اصلی و فرعی کنتاکتور



شکل ۱-۳۵: کنتاکت‌های درحالت عادی باز و درحالت عادی بسته

معمولا کنتاکت‌های اصلی را با اعداد ۱ تا ۳ و یا *L1* تا *L3* نشان می‌دهند. کنتاکت‌های فرعی را با دو رقم مشخص می‌کنند که رقم اول بیانگر شماره کنتاکت فرعی است و رقم دوم مشخص کننده *Normally Open* یا *Normally Close* بودن کنتاکت است. اگر رقم دوم ۱ یا ۲ بود کنتاکت *Normally Close* و اگر ۳ یا ۴ بود کنتاکت *Normally Open* است.

شکل ۱-۳۶: کنتاکت‌های اصلی کنتاکتور

دو سر کنتاکتور نیز با حروف *A1* و یا *A2* نشان داده می‌شود.

شکل ۱-۳۷: دوسر بوبین کنتاکتور

۱-۳-۱-۲) مشخصات نامی کنتاکتورها

جریانهای نامی(*Ie*)

چون کنتاکت‌های متحرک با فشار بر روی کنتاکت‌های ثابت اتصال پیدا می‌کنند و سطح کنتاکت‌ها نیز کاملا صاف نیست لذا سطح تماس آن‌ها یک نقطه کوچک خواهد بود بنابراین در محل تماس دو کنتاکت مقاومت الکتریکی وجود داشته و عبور جریان باعث گرم شدن کنتاکت‌ها خواهد شد. هرچه زمان عبور جریان از کنتاکتورها بیشترباشد کنتاکت‌های آن بیشتر گرم می‌شوند با توجه به زمان لازم برای وصل بودن کنتاکتورها، جریان‌های زیرتعریف می‌شود:

الف) جریان دائمی(*Ith2*)

جریانی است که می‌تواند در شرایط کار نرمال و در زمان نامحدود و بدون قطع شدن از کنتاکت‌های کنتاکتور عبور کرده و به آن صدمه‌ای نزند و حرارت ایجاد شده در کنتاکت‌ها از حد مجاز تجاوز نکند.

ب) جریان هفتگی (*Ith1*)

جریانی است که در شرایط کار نرمال و با هفته‌ای یک بار اتصال می‌تواند از کنتاکت‌های کنتاکتور عبور کرده و در خصوصیات کار کنتاکتور هیچگونه تغییری پیش نیاورد.

ج) جریان هشت ساعتی (*Ith*)

جریانی است که با اتصال یک بار در هر هشت ساعت در شرایط کار نرمال می‌تواند از کنتاکت‌های کنتاکتور عبور کرده و تغییری در خصوصیات کار کنتاکتور ایجاد نکند.

جریان کار نامی

جریان کار نامی یک کنتاکتور جریانی است که شرط استفاده از کنتاکتور را بیان می‌کند و در رابطه با نوع و مقدار ولتاژ بار می‌باشد.

جریان اتصال کوتاه ضربه‌ای

در مدار فرمان و مدار قدرت کنتاکتور باید از وسایل حفاظتی استفاده نمود تا در صورت اتصال کوتاه بلافاصله مدار قطع شود چون در فاصله زمانی اتصال کوتاه تا قطع مدار توسط وسایل حفاظتی از کنتاکت‌های کنتاکتور نیز جریان خیلی زیادی عبور می‌کند لذا باید کنتاکت‌ها تحمل این جریان را در این زمان کوتاه داشته باشند و به یکدیگر جوش نخورده و یا تغییر فرم ندهند. مقدار ماکزیمم جریان را در لحظه اتصال کوتاه با Is نشان داده و جریان اتصال کوتاه ضربه‌ای می‌نامند.

جریان نامی‌زمان کم (جریان ۱ ثانیه)

مقدار موثر جریانی را که کلید برای زمان یک ثانیه در حالت اتصال کوتاه می‌تواند تحمل کند بدون اینکه صدمه ببیند جریان نامی زمان کم و یا جریان یک ثانیه می‌نامند.

ولتاژهای نامی

الف) ولتاژ کار نامی(Ue): مربوط به اتصال دهنده(کنتاکتها) بوده و مقدار ولتاژی است که کنتاکت‌ها می‌توانند با جریان کار نامیIe در این ولتاژ مورد استفاده قرارگیرند.

ب) ولتاژ عایقی نامی(Ui): استحکام عایقی بین عضوهای اتصالی را مشخص می‌کند.

ج) ولتاژ تغذیه نامی(Uc): ولتاژی است که باید به بوبین کنتاکتور اتصال یابد و معمولا مقدار آن روی بوبین کنتاکتور نوشته می‌شود.

انرژی مصرفی کنتاکتورها

بوبین هر کنتاکتوری را می‌توان برای کار با ولتاژهای مختلف طراحی نمود از ۱۲ولت جریان مستقیم تا ۱۵ ولت متناوب و ولتاژهای دیگر. به علت عبور جریان از بوبین کنتاکتور، کنتاکتور به صورت یک مصرف کننده مقداری توان مصرف کرده و گرم می‌شود. یک کنتاکتور خوب باید دارای مصرف داخلی کم باشد برای کم کردن مصرف کنتاکتور می‌توان از یک مقاومت که بعد از عملکرد کنتاکتور با بوبین سری می‌شود استفاده کرد به دو سر این مقاومت تیغه‌ای از خود کنتاکتور وصل می‌گردد بعد از اینکه جریان وارد سیم پیچ شد تیغه‌ای که قبلا بسته بود باز شده و مقاومتی که سر راه بوبین قرار می‌گیرد با آن سری می‌شود.

شناخت مشخصات کنتاکتور

با توجه به نوع مصرف کننده و شرایط کار، کنتاکتورها دارای قدرت و جریان عبوری مشخصی برای ولتاژهای مختلف هستند. بنابراین باید به جدول و مشخصات کنتاکتور توجه کافی مبذول کرد و انتخاب کنتاکتور را منطبق بر مشخصات مورد نیاز قرار داد برای اتصال مصرف کننده به شبکه باید از کلید یا کنتاکتوری با مشخصات مناسب استفاده کرد که کنتاکت‌های آن تحمل جریان راه‌اندازی و جریان دائمی را داشته باشند و همچنین در صورت اتصال کوتاه، جریان لحظه‌ای زیادی که از مدار عبور می‌کند و یا جرقه‌ای که هنگام اتصال مدار ایجاد می‌شود، صدمه‌ای به کلید نزند بدین منظور و برای این که بتوانیم پس از طراحی مدار، کنتاکتور مناسب را برای اتصال مصرف کننده به شبکه انتخاب کنیم، باید با مقادیر نامی مربوط به کنتاکتور آشنا شویم. برای انتخاب کنتاکتور در قدرت‌های مختلف می‌توان از جدول‌های زیر استفاده کرد.

جدول ۱-۱: استفاده از کنتاکتور بر اساس نوع کاربرد

نوع جریان	استاندارد وطبقه بندی کنتاکتور	مورد استفاده
AC	AC1	بار اهمی، بار غیر اندیکتیو یا اندیکتیوته‌ی ضعیف، گرمکن برقی با ضریب توان ۹۵٪
	AC2	برای راه‌اندازی موتورهای آسنکرون روتور سیم پیچی بدون ترمز وجریان مخالف، جریان راه‌اندازی بستگی به مقاومت مدار روتور دارد.
	ÁC2	برای راه‌اندازی موتور آسنکرون روتور سیم پیچی با ترمز جریان مخالف
	AC3	برای راه‌اندازی موتور آسنکرون روتور قفسه‌ای هنگام قطع جریان نامی‌از تیغه‌های کنتاکتور عبور می‌کند، تحمل جریان راه‌اندازی ۵ تا ۷ برابر جریان نامی
	AC4	برای راه‌اندازی موتور آسنکرون روتور قفسه‌ای به کار بردن ترمز جریان مخالف تغییر جهت گردش الکتروموتور روتور قفسه‌ای با تعداد دفعات قطع ووصل زمانی اندک.
	AC11	کنتاکتور کمکی فرمان بدون داشتن کنتاکت قدرت، کویل مغناطیسی، استفاده فقط در مدار فرمان.
نوع جریان	**استاندارد وطبقه بندی کنتاکتور**	**مورد استفاده**
DC	DC1	بار اهمی، بار غیر اندیکتیو یا اندیکتیوته‌ی ضعیف، گرمکن برقی با ضریب توان ۹۵٪
	DC2	برای راه‌اندازی موتور شنت، قطع کردن موتور هنگام کار
	DC3	برای راه‌اندازی موتور شنت با تعداد دفعات قطع و وصل زیاد در فواصل زمانی اندک، مدار ترمز
	DC4	راه‌اندازی موتور سری، قطع موتور هنگام کار
	DC5	راه‌اندازی موتور سری با تعداد دفعات قطع ووصل زمانی اندک تغییر جهت گردش موتور و ترمز.
	DC11	کنتاکتور کمکی فرمان بدون داشتن کنتاکت قدرت، کویل مغناطیسی، استفاده فقط در مدار فرمان.

انتخاب کنتاکتور

برای انتخاب کنتاکتورها در قدرت‌های مختلف می‌توان از جدول ۱-۲ و جدول ۱-۳ استفاده کرد.

جدول ۱-۲: انتخاب کنتاکتور، بیمتال و فیوز(موتورهایی با اتصال مستقیم، یک ضرب)

	جریان بیمتال	جریان کنتاکتور	ولتاژ 440V 415_	ولتاژ 380V	ولتاژ 220_240V			
A	A	A	HP	KW	HP	KW	HP	KW
۲	۱_۱/۶	۹			۰/۵	۰/۳۷		
۲_۴	۱/۶_۲/۵	۹			۰/۷۵	۰/۵۵	۰/۵	۰/۳۷
۲_۴	۱/۶_۲/۵	۹	۱	۰/۷۵	۱	۰/۷۵		
۴-۶	۲/۵ -۴	۹	۱/۵	۱/۱	۱/۵	۱/۱	۰/۷۵	۰/۵۵
۴-۶	۲/۵ -۴	۹	۲	۱/۵	۲	۱/۵	۱	۰/۷۵
۶-۸	۴-۶	۹	۳	۲/۲	۳	۲/۲	۱/۵	۱/۱
۸-۱۲	۴-۶	۹	۴	۳	۴	۳	۲	۱/۵
۸-۱۲	۵/۵-۸	۹	۵	۳/۷				
۱۰-۱۲	۷-۱۰	۱۶			۵/۵	۴	۳	۲/۲
۱۲-۱۶	۱۰-۱۳	۱۶	۷/۵	۵/۵	۷/۵	۵/۵	۴	۳
۱۶-۲۰	۱۳-۱۵	۱۶	۱۰	۷/۵	۱۰	۷/۵	۵/۵	۴
۱۶-۲۰	۱۳-۱۸	۱۶	۱۲/۵	۹				
۲۰-۲۵	۱۸-۲۵	۲۵			۱۳/۵	۱۰	۷/۵	۵/۵
۲۵	۱۸-۲۵	۲۵	۱۵	۱۱	۱۵	۱۱		
۳۲-۴۰	۲۳-۳۲	۴۰	۲۰	۱۵	۲۰	۱۵	۱۰	۷/۵
۴۰	۳۰-۴۰	۴۰	۲۵	۱۸/۵	۲۵	۱۸/۵	۱۳/۵	۱۰
۴۰	۳۰-۴۰	۴۰	۳۵	۲۲			۱۵	۱۱
۵۰-۶۳	۳۸-۵۰	۶۳	۳۵	۲۵	۳۰	۲۲		
۶۳	۴۸-۵۷	۶۳	۴۰	۳۰			۲۰	۱۵
۶۳	۴۸-۵۷	۶۳	۴۵	۳۳	۴۰	۳۰	۲۵	۱۸/۵
۶۳	۵۷-۶۶	۶۳	۵۰	۳۷				
۸۰	۶۶-۸۰	۸۰	۶۰	۴۵	۵۰	۳۷	۳۰	۲۲
۱۰۰	۷۵-۱۰۵	۱۲۵	۷۰	۵۰	۶۰	۴۴۵		
۲۵	۹۵-۱۲۵	۱۲۵	۸۰	۵۹	۷۵	۵۵	۴۰	۳۰
۱۲۵	۹۵-۱۲۵	۱۲۵	۹۰	۶۵				
۱۶۰	۱۲۰-۱۶۰	۲۰۰	۱۰۰	۷۵	۱۰۰	۷۵	۵۰	۳۷
۱۶۰	۱۲۰-۱۶۰	۲۰۰					۶۰	۴۵
۲۰۰	۱۵۰-۲۰۰	۲۰۰	۱۲۵	۹۰	۱۲۵	۹۰	۷۵	۵۵
۲۵۰	۱۶۰-۲۵۰	۲۶۰	۱۵۰	۱۱۰	۱۵۰	۱۱۰		
۲۵۰	۱۵۰-۲۵۰	۲۶۰	۱۷۵	۱۳۲				
۲۵۰	۲۰۰-۳۱۵	۲۶۰	۲۰۰	۱۵۰	۱۷۵	۱۳۲	۱۰۰	۷۵
۳۱۵	۲۵۰-۴۰۰	۴۵۰	۲۲۵	۱۶۵	۲۲۰	۱۶۰	۱۲۵	۹۰
۴۰۰	۲۵۰-۴۰۰	۴۵۰	۲۵۰	۱۸۵			۱۵۰	۱۱۰
۴۰۰	۳۱۵-۵۰۰	۴۵۰	۳۰۰	۲۲۰	۲۷۰	۲۰۰		
۵۰۰	۳۱۵-۵۰۰	۴۵۰	۳۵۰	۲۵۰	۳۰۰	۲۲۰	۱۷۵	۱۳۲
۶۳۰	۴۰۰-۶۳۰	۶۳۰	۴۰۰	۲۹۰	۳۵۰	۲۵۰	۲۲۰	۱۶۰
۶۳۰	۵۰۰-۸۰۰	۶۳۰			۴۳۰	۳۱۵		

شرح جدول ۱-۲: این جدول از ۹ ستون تشکیل شده‌است در ستون‌های اول و دوم قدرت موتورها بر حسب کیلووات و اسب بخار برای ولتاژ ۲۲۰ تا۲۴۰ ولت نشان داده شده‌است. ستون سوم و چهارم مربوط به قدرت موتورها برای ولتاژ ۳۸۰ ولت است و در ستون پنجم و ششم قدرت موتورها برای ولتاژ خطی ۴۱۵ تا ۴۴۰ ولت مشخص شده‌است. ستون هفتم مربوط به جریان کنتاکتور برای قدرت‌های مورد نظر است و در ستون هشتم جریان بیمتال لازم برای موتور مورد نظر، مشخص گردیده و سرانجام در ستون نهم، فیوز مورد نیاز مشخص شده‌است. این جدول برای موتورهایی استفاده می‌شود که به صورت مستقیم به شبکه‌ی برق متصل شوند.

مثال ۱-۱: موتور *22KW* یا*30HP* را در نظر بگیرید برای انتخاب وسایل مورد نیاز در ستونی که بالای آن ولتاژ ۳۸۰ ولت مشخص شده عدد *22KW* یا*30HP* را پیدا می‌کنیم؛ سپس روبه روی آن، عدد ۶۳ را برای جریان کنتاکتور و عدد ۵۰-۳۸ را برای جریان بیمتال و عدد ۶۳-۵۰ را برای جریان فیوز پیدا می‌کنیم.

جدول ۱-۳: انتخاب کنتاکتور، بیمتال و فیوز (موتورهایی با اتصال بصورت ستاره- مثلث راه‌اندازی)

ولتاژ 220_ 240V		ولتاژ 380V		ولتاژ 415_440V		جریان کنتاکتور	جربان بیمتال	جریان فیوز
KW	HP	KW	HP	KW	HP	A	A	A
۴	۵/۵	۷/۵	۱۰	۷/۵	۱۰	۱۲	۷-۱۰	۱۶
				۹	۱۲/۵	۱۲	۷-۱۰	۲۰
۵/۵	۷/۵	۱۰	۱۳/۵			۱۲	۱۰-۱۳	۲۰
		۱۱	۱۵	۱۱	۱۵	۱۶	۱۳-۱۸	۲۵
۷/۵	۱۰	۱۵	۲۰	۱۵	۲۰	۱۶	۱۳-۱۸	۳۲
۱۰	۱۳/۵	۱۸/۵	۲۵	۱۸/۵	۲۵	۲۵	۱۸-۲۵	۴۰
۱۱	۱۵					۲۵	۱۸-۵	۴۰
				۲۲	۳۰	۲۵	۱۸-۲۵	۵۰
		۲۲	۳۰			۴۰	۲۳-۳۲	۵۰-۶۳
۱۵	۲۰			۲۵	۳۵	۴۰	۲۳-۳۲	۶۳
۸/۵	۲۵	۳۰	۴۰	۳۰	۴۰	۴۰	۳۰-۴۰	۶۳
				۳۳	۴۵	۴۰	۳۰-۴۰	۸۰
				۳۷	۵۰	۴۰	۳۰-۴۰	۸۰
۲۲	۳۰	۳۷	۵۰			۶۳	۳۸-۵۰	۸۰
				۴۵	۶۰	۶۳	۳۸-۵۰	۱۰۰
		۴۵	۶۰	۵۰	۷۰	۶۳	۴۸-۵۷	۱۰۰
۳۰	۴۰	۵۵	۷۵	۵۸	۸۰	۶۳	۵۷-۶۶	۱۲۵
۳۷	۵۰			۶۵	۹۰	۸۰	۶۰-۸۰	۱۲۵
۴۵	۶۰	۷۵	۱۰۰	۷۵	۱۰۰	۱۲۵	-۱۰۵ ۷۵	۱۶۰
				۹۰	۱۲۵	۱۲۵	-۱۰۵ ۷۵	۲۰۰
۵۵	۷۵	۹۰	۱۲۵			۱۲۵	-۱۲۵ ۹۵	۲۰۰

شرح جدول ۱-۳: این جدول مانند جدول ۱-۲ دارای ۹ ستون و مشخصات هر ستون همانند مشخصات ستون‌های جدول ۱-۲ است با این تفاوت که این جدول برای موتورهای آسنکرون روتور قفسه‌ای استفاده می‌شود که راه‌اندازی آن‌ها به صورت ستاره مثلث باشد.

مثال پیشین، یعنی موتور *22KW* یا *30HP* را درنظر می‌گیریم. بر اساس روش قبل، کنتاکتور مورد نیاز ۴۰ آمپر و بیمتال ۳۲-۲۳ آمپر فیوز مورد نیاز ۶۳-۵۰ آمپر خواهد بود. علت این که آمپر کنتاکتور و بیمتال کاهش‌یافته این است که در اتصال مثلث که اتصال دائم کار موتور است جریان مصرفی موتور از دو کنتاکتور به صورت موازی عبور می‌کند. براین اساس، هر کنتاکتور باید حدود ۰/۵۸ جریان اصلی را تحمل کند به همین ترتیب، بیمتال روی یکی از کنتاکتورها قرار می‌گیرد، از این رو جریان تنظیمی ان کاهش می‌یابد. باید توجه داشت که برای راه‌اندازی موتورهای آسنکرون با روتور قفس سنجابی از کنتاکتوری با علامت طبقه بندی *AC3* استفاده می‌شود، اما اگر روتور آن سیم پیچی شده باشد از کنتاکتور *AC2* استفاده گردد.

۱-۳-۱-۳) استاندارد کنتاکتورها

- استاندارد المان *VDE_DIN*
- استاندارد فرانسه *UTE_NF*
- استانداردانگلیسی *B. S*
- استانداردکانادائی *G. S. B*

علامت اختصاری کنتاکتور: کنتاکت‌های ورودی با اعداد۱، ۳ و۵ و یا ال۱ ال۳ ال۵(*L1*، *L3* و *L5*) و کنتاکت‌های خروجی با ۲ و ۴ و ۶ مشخص می‌شوند.

زمان عملکرد کنتاکتورها: منظور از زمان عملکرد زمانی است که پس از سپری شدن آن، کنتاکت‌های کنتاکتور باز و یا بسته می‌شود در کنتاکتورها و رله‌ها این زمان را طوری تنظیم می‌کنند که عمل قطع و وصل در زمان معینی به وقوع بپیوندد که این زمان در حدود چند میلی ثانیه می‌باشد.

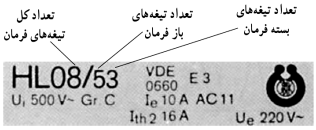
جریان حرارتی: معمولا به غیر از جریان نامی، جریان دیگری نیز درون کنتاکتورها ذکر می‌گردد که بنام جریان حرارتی موسوم است، جریان حرارتی حداکثر جریانی است که در اثر عبور آن کنتاکتور صدمه می‌بیند.

کنتاکت‌ها: معمولا برای قطع و وصل قدرت، سه‌کنتاکت باز در نظر گرفته شده و بقیه کنتاکت‌ها که اصطلاحا کنتاکت‌های فرمان نامیده می‌شوند، در مدارهای فرمان بکار می‌روند این کنتاکت‌ها ظریف بوده و فقط قادر به تحمل جریان‌های فرمان می‌باشند.

عمر مکانیکی: هر کنتاکتوری یک عمر مکانیکی دارد که بعد از سپری شدن آن فرسوده شده و از کار می‌افتد. این عمر برحسب تعداد قطع و وصل شدن‌ها بیان می‌شود. طول عمر مکانیکی کنتاکتورها ۱۰به توان هشت بار قطع و وصل می‌باشد(بدون عبور جریان از کنتاکت‌ها) در حالی که این مقدار برای کلیدهای معمولی ۱۰۰۰ بار قطع و وصل می‌باشد.

۱-۳-۱-۴) پلاک خوانی کنتاکتور طبق استاندارد آلمان

برای آشنایی با نحوه پلاک خوانی کنتاکتور طبق استاندارد آلمان به مثال زیر توجه نمایید.



HL 08/53

- *3*= تعداد کنتاکت‌های بسته فرمان
- ۵= تعداد کنتاکت‌های باز فرمان
- *08*= تعداد کنتاکت‌های کل مدار
- *HL* = تیپ کنتاکتور

۱-۳-۲) قطع کننده حرارتی (رلهٔ حرارتی یا بیمتال)

رلهٔ حرارتی یا بیمتال به منظور حفاظت مدارها در برابر اضافه بار(به ویژه در موتورها) به کار می‌رود. بیمتال معمولاً از دو تیغهٔ فلزی غیر هم جنس و با ضریب انبساط طولی مختلف ساخته می‌شود بیمتال دارای دو قسمت مدار قدرت و مدار فرمان همچون کنتاکتورها می‌باشد و هنگام عبور جریان زیاد از مدار قدرت آن در صورتی که مقدار آن از مقدار تنظیم شده روی بیمتال بیشتر باشد، باعث قطع و وصل کنتاکت‌های قسمت فرمان بیمتال خواهد شد. چنانچه جریان عبوری از بیمتال از حدی بالاتر رود، مقدار تنظیم شده بر روی بیمتال، عبور جریان دو فلز را گرم کرده طول آن‌ها را افزایش می‌دهد و از آنجا که طول یکی بیشتر از دیگری افزایش می‌یابد دو فلز خم شده و از طریق اهرم‌هایی کنتاکت بیمتال را باز می‌کنند به این ترتیب مدار قطع می‌شود. هر رلهٔ حرارتی سه‌فاز از سه‌کنتاکت قدرت برای عبور جریان اصلی مصرف کننده که بعد از کنتاکتور قرار می‌گیرند و دو کنتاکت فرمان بهره می‌گیرد. از دو کنتاکت فرمان یک کنتاکت بسته‌است و جهت قطع مدار تغذیه بوبین کنتاکتور به کار می‌رود و کنتاکت دیگر باز است که پس از عمل بیمتال، بسته می‌شود و برای اطلاع یا وصل مدارهای اضطراری به کار می‌رود.

نکته: کنتاکت ۹۵و۹۶ در مسیر فرمان به بوبین کنتاکتور و بطور سری قرار می‌گیرد تا در موقع اضافه جریان کنتاکتور را قطع نماید. کنتاکت۹۷ و۹۸ برای نمایش عملکرد بیمتال مورد استفاده قرار می‌گیرد، مثلا با روشن کردن یک لامپ سیگنال مشخص می‌شود.

شایان ذکر است که جریان بیمتال برابر جریان نامی موتور تنظیم می‌شود و در مقابل اضافه بار از ۱/۰۵ تا ۱۰ برابر جریان نامی، می‌تواند موتور را قطع کند. در صورتی که جریان عبوری از بیمتال به اندازهٔ ۵٪ بیشتر از جریان تنظیم شده باشد، معمولاً مدار در مدت زمانی بیشتر از ۲ ساعت قطع خواهد شد و اگر جریان عبوری از بیمتال به اندازهٔ ۲۰٪ بیشتر از جریان تنظیم شده باشد، مدار در مدت زمانی کمتر از ۲ ساعت قطع خواهد شد و چنانچه جریان عبوری از بیمتال بیشتر از ۵۰٪ جریان تنظیم شده باشد، مدار در مدت زمانی کمتر از ۲ دقیقه قطع خواهد شد شرایط کار این رله‌ها از(۲۰-) درجه تا(۶۰+) درجه سانتی گراد متغیر است.

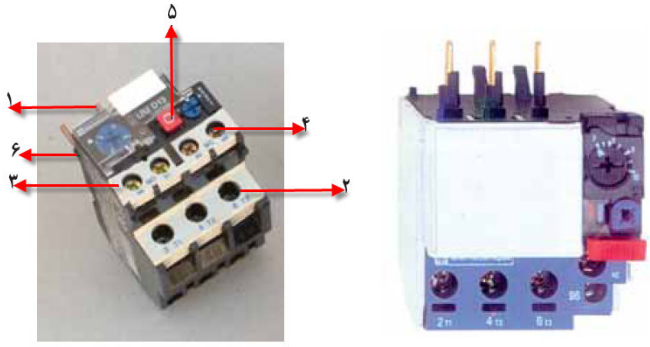
جدول ۱-۴: جدول انتخاب بیمتال برای موتورهای روتور قفسی (بیمتال تله مکانیک)

LR1 DO9
LR1 D12
LR1 D16
LR1 D25
LR1 D40
LR1 D63

380ولت	اسب	کیلووات
306	0. 5	0. 37
307	75 .	0. 55
307	1	0. 75
308	1. 5	1. 1
308	2	1. 5
310	3	2. 2
312	4	3
314	5. 5	4
316	7. 5	5. 5
321	10	7. 5
322	13. 5	10
322	15	11
353	20	15
355	25	18. 5
357	30	22
359	35	25
361	40	30

مثال ۱-۲: برای موتور ۵. ۵ کیلووات: *LR1-DO9-316*

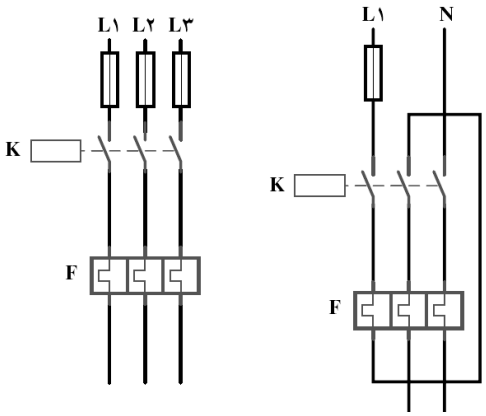
قسمت‌های مختلف یک بی‌متال را در شکل ۱-۳۸ مشاهده می‌نمایید که در زیر به معرفی آن‌ها می‌پردازیم:



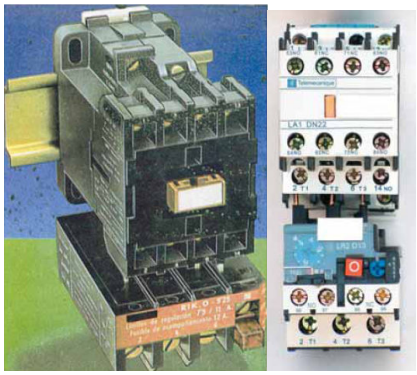
شکل ۱-۳۸: نمای خارجی بی‌متال

۱. تیغه‌های اتصال به کنتاکتور
۲. پیچ‌های اتصال به موتور
۳. ترمینال باز مدار فرمان
۴. ترمینال بسته مدار فرمان
۵. دگمه‌ی برگشت ضعیف
۶. پیچ تنظیم جریان

طریقه اتصال بی‌متال در جریان سه‌فاز و تکفاز در شکل ۱-۳۹ نشان داده شده است.



شکل ۱-۳۹: طریقه اتصال بی‌متال در جریان سه‌فاز و تکفاز



شکل ۱-۴۰: اتصال بی‌متال و کنتاکتور

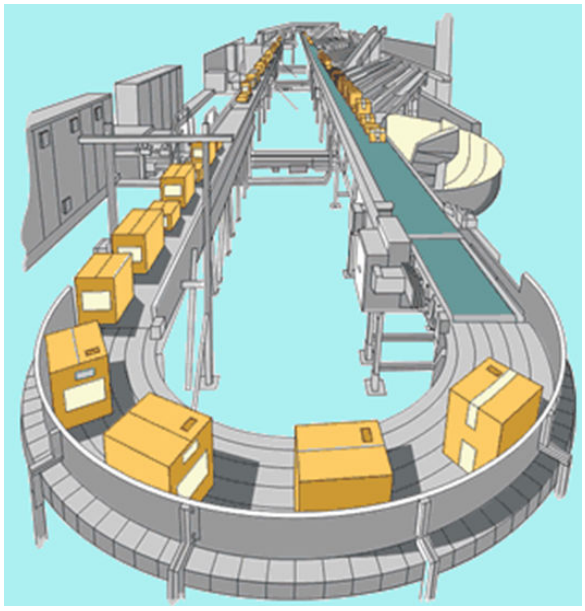
۱-۴) لامپ سیگنال

شکل ۱-۴۱: شمای ظاهری لامپ سیگنال

لامپ‌های علامت دهنده یا لامپ‌های سیگنال در کلیه دستگاه‌های صنعتی و تابلوهای توزیع و تابلو فرمان به کار می‌روند. نوع استفاده از این لامپ متفاوت است این لامپ به عنوان لامپ خبر استفاده می‌شود و

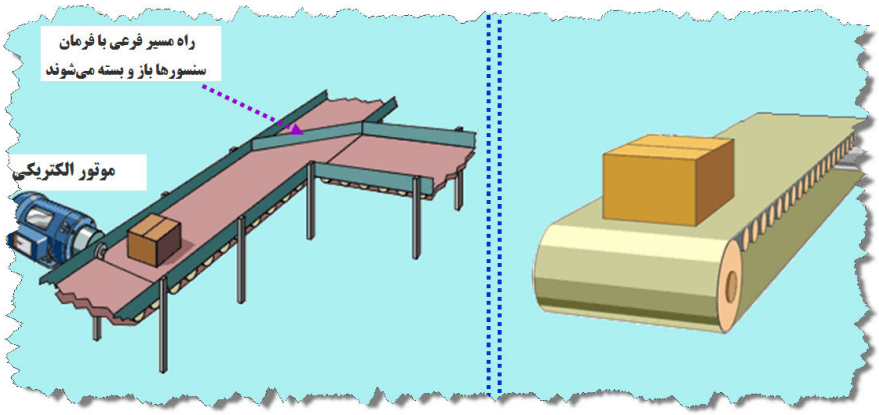
می‌تواند روشن بودن، خاموش بودن و یا عیب دستگاه و... را نشان دهد. چراغ‌های مورد استفاده در مدار فرمان، یک چراغ کم قدرت(۲/ ۱تا ۵وات) است که با ولتاژهای مختلف از ۲۴ تا ۲۲۰ ولت کار می‌کند این چراغ‌ها معمولا در سه رنگ استاندارد قرمز، سبز و نارنجی ساخته می‌شوند. برای مثال در کارخانه‌ای که تعداد زیادی موتور در واحدهای مختلف آن مشغول به کار می‌باشند و فواصل آن‌ها تا تابلوی کنترل نسبتا زیاد است، از چراغ سبزی که توسط کنتاکت بازی از کنتاکتور اصلی موتور روشن می‌شود حالت در مدار بودن موتورها را نمایش داد. درواقع با استفاده از کنتاکت‌های باز کنتاکتور می‌توان چراغ سبزی را که نمایشگر حالت خاموشی مدار است روشن نمود در نقشه‌ها برای نمایش چراغ سیگنال از حرف h استفاده می‌شود.

۱-۵) تسمه‌نقاله(*Conveyer*)



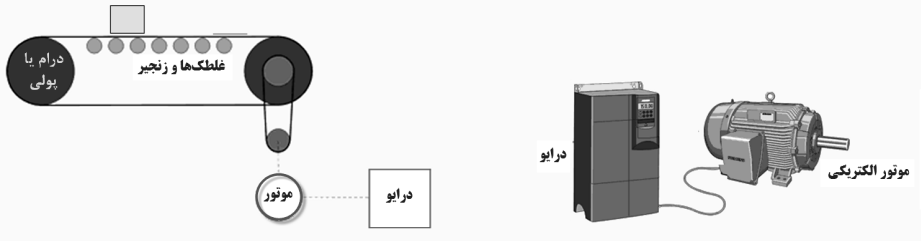
شکل ۱-۴۲: نمونه‌ای از کاربرد یک تسمه نقاله

تسمه‌نقاله‌ها دستگاه‌هایی هستند که محصولات را در فرآیند تولید، برای انجام کارهای لازم از یک نقطه به نقطه دیگر جابجا می‌نمایند. آنچه تسمه‌نقاله را به حرکت درمی‌آورد موتور الکتریکی می‌باشد. تسمه‌نقاله‌ها یا به صورت تک‌مسیری و یا همراه با مسیرهای انشعابی ساخته می‌شوند.



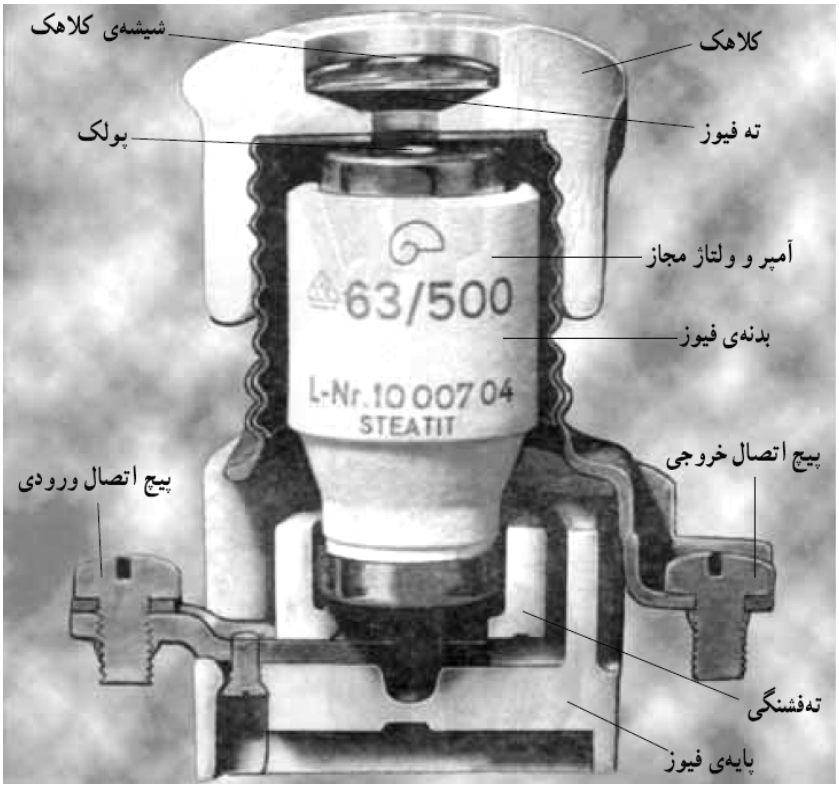
شکل ۱-۴۳: سمت راست تسمه نقاله تک‌مسیری و سمت چپ تسمه نقاله با یک مسیر فرعی

در عملیات کنترلی پیچیده‌تر که نیاز است تا سرعت حرکت محصولات کاملا تحت کنترل باشد، برای کنترل سرعت موتور تسمه‌نقاله‌ها می‌بایست که از درایور استفاده کرد. درایوها نیز معمولا توسط *PLC* کنترل می‌شوند.



شکل ۱-۴۴: کنترل سرعت موتور تسمه‌نقاله‌ها با استفاده از درایور

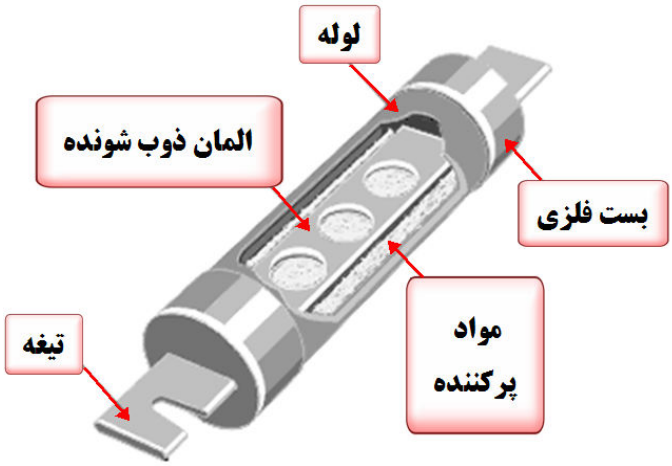
۱-۶) فیوزها



شکل ۱-۴۵: اجزای مختلف یک فیوز

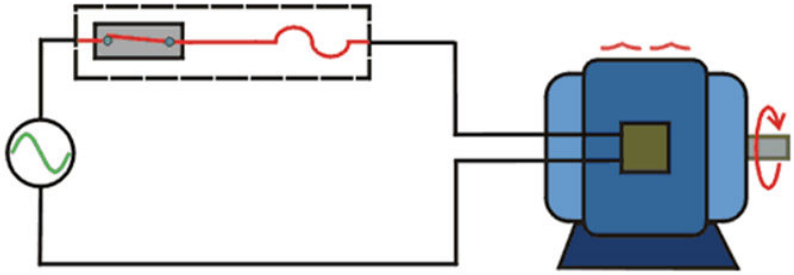
در کلیه تاسیسات الکتریکی برای جلوگیری از صدمه دیدن و معیوب شدن وسایل و نیز برای قطع کردن دستگاه‌های معیوب از شبکه که بر اثر عوامل مختلف از قبیل نقصان عایق بندی، ضعف استقامت الکتریکی یا مکانیکی و ازدیاد بیش از حد جریان مجاز(اتصال‌کوتاه)، از وسایل حفاظتی مختلف به کار می‌رود. این وسایل باید طوری انتخاب شوند که در اثر اضافه بار یا اتصال کوتاه در کوتاه‌ترین زمان ممکن و قبل از اینکه صدمه‌ای به سیم‌ها و شبکه الکتریکی برسد، مدار قسمت معیوب را قطع کنند. یکی از این وسایل حفاظتی فیوز است فیوزها از نظر زمان قطع برحسب منحنی ذوب سیم حرارتی داخل آن‌ها به دو نوع کند کار و تند

کار تقسیم می‌شوند. فیوزهای تندکار زمان قطع کمتری نسبت به فیوزهای کند کار دارند و به همین دلیل در مصارف روشنایی استفاده می‌شوند فیوزهای کندکار دارای زمان قطع طولانیتری هستند و در نتیجه برای راه‌اندازی موتورهای الکتریکی به کار می‌روند تحمل جریان راه‌اندازی موتور در حدود ۳ تا ۷ برابر جریان نامی است که بر روی کلیه فیوزها جریان نامی آن‌ها نوشته شده می‌شود این جریان کمتر از جریان ماکزیمیم تحمل فیوز است. فیوز معمولا دارای یک المان ذوب شونده متصل به بست فلزی می‌باشد. به عنوان مثال در شکل زیر المانی که در یک محفظه لوله‌ای قرار دارد جریان را از خود عبور می‌دهد و با مواد پرکننده‌ای احاطه شده‌است.



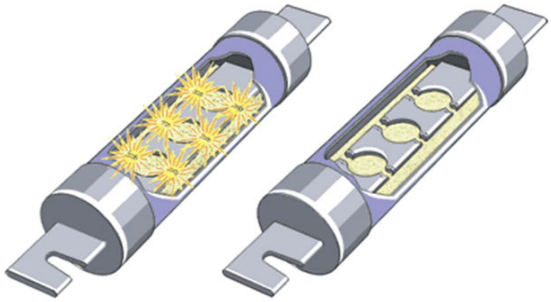
شکل ۱-۴۶: قسمت‌های مختلف یک فیوز

در مثال زیر یک موتور از طریق یک کلید ایمنی فیوز دار به منبع ولتاژ متصل شده‌است، کلید و فیوز به عنوان بخشی از سیمی که برق را به موتور می‌رساند عمل می‌کنند.



شکل ۱-۴۷: کاربرد فیوز برای حفاظت بیشتر موتور

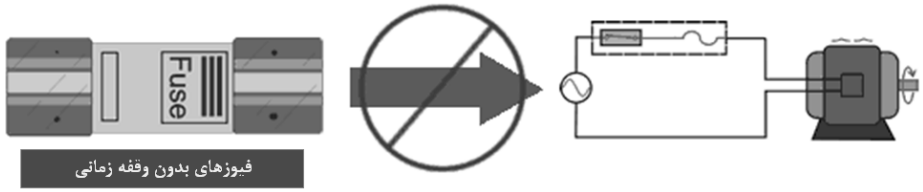
معمولا فیوزهایی که در مدار قدرت به کار می‌روند، مدار کنتاکتور را در مقابل اتصال کوتاه محافظت می‌کنند در واقع حفاظت سیم‌های رابط مدار را نیز بر عهده دارند بنابراین در مدارهایی که مثلا فیوز ۲۵ آمپری به کار می‌رود، ممکن است در مدار فرمان آن‌ها از سیم یک یا یک و نیم استفاده شود پس لازم است مدار فرمان با فیوز جداگانه‌ای حفاظت شود. جریان اتصال کوتاه می‌تواند چند هزار آمپر بوده و مقدار بسیار زیادی حرارت ایجاد کند. وقتی اتصال کوتاه رخ می‌دهد، چندین بخش از المان فیوز به طور همزمان ذوب شده و سرعت قطع برق را بالا می‌برند. جریان اتصال کوتاه معمولا طی نیم‌سیکل و قبل از رسیدن به مقدار مخرب قطع می‌شود.



شکل ۱-۴۸: ذوب شدن قسمت‌های مختلف فیوز

۱-۶-۱) فیوزهای بدون وقفه زمانی

این فیوزها کار حفاظت اتصال کوتاه را در حد عالی انجام می‌دهند اما حالت‌های اضافه‌بار مختصر مانند جریان‌های راه‌اندازی موتور باعث مزاحمت این نوع فیوزها می‌شود به همین دلیل بهترین کاربرد آن‌ها در مداراتی است که در آن‌ها جریان‌های گذرای بزرگ وجود ندارد. فیوزهای بدون وقفه زمانی معمولا ۵ برابر جریان نامی خود را برای یک چهارم ثانیه نگه می‌دارند بعد از این زمان المان حامل جریان ذوب شده و مدار را باز می‌کند. این فیوزها در مدارات موتوری که جریان‌های راه‌اندازی بالای ۵ برابر جریان نامی فیوز دارند، به کار نمی‌روند.



شکل ۱-۴۹: عدم استفاده از فیوز بدون وقفه در مدارات با جریان راه‌اندازی بالای ۵ برابر جریان نامی

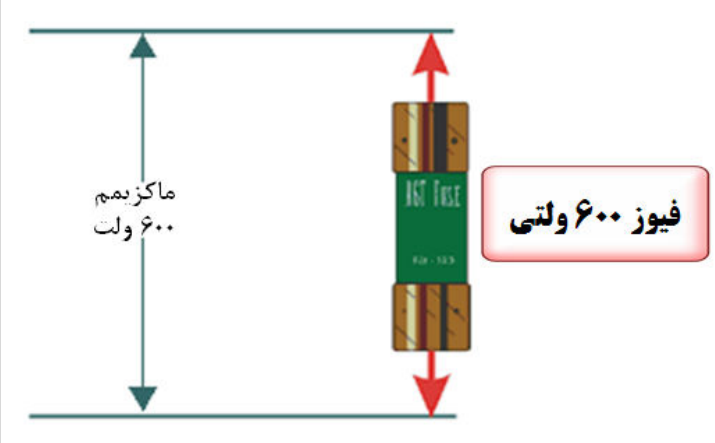
۱-۶-۲) فیوزهای با وقفه زمانی

فیوزهای با وقفه زمانی قابلیت حفاظت دربرابر هردو حالت اتصال کوتاه و اضافه‌بار را دارا می‌باشند و معمولا اجازه‌ی عبور ۵ برابر جریان نامی را به مدت ۱۰ ثانیه می‌دهند این وضعیت برای راه‌اندازی موتور بدون قطع فیوز آن کافی است. از طرفی دیگر اگر یک اضافه بار اتفاق بیافتد و ادامه پیدا کند فیوز مدار را قطع خواهد کرد.

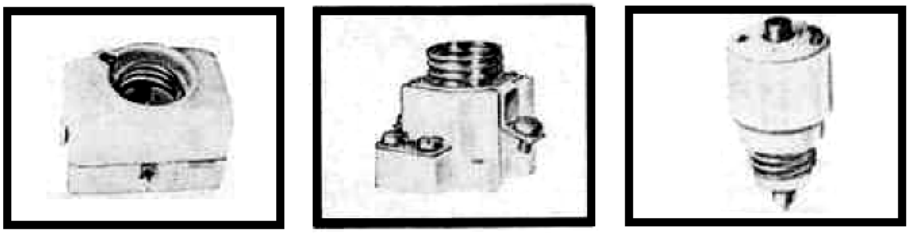
شکل ۱-۵۰: فیوزهای با وقفه زمانی

نکته۱: هرفیوز جریان نامی خود را دارد که همان ظرفیت عبور جریان پیوسته آن می‌باشد. طراح می‌بایست فیوزی را انتخاب کند که جریان نامی آن از جریان قابل تحمل مدار بیشتر نباشد. مثلا اگر جریان نامی سیم‌های مدار، ۱۰ آمپر می‌باشد بالاترین فیوزی که می‌بایست انتخاب شود فیوز ۱۰ آمپری است. شایان ذکر است مدارات خاصی وجود دارند که در آن‌ها جریان نامی فیوز می‌تواند بزرگتر از جریان نامی مدار باشد مانند فیوزهایی که در مدارات موتورها و دستگاه‌های جوشکاری استفاده می‌شود می‌تواند از جریان قابل تحمل سیم‌ها بالاتر باشد.

نکته۲: ولتاژ نامی فیوز حداقل باید با ولتاژ مدار یکی باشد(می‌تواند از ولتاژ نامی مدار بالاتر باشد اما نباید پایین‌تر باشد) به عنوان مثال یک فیوز ۶۰۰ ولتی را می‌توان در یک مدار ۴۸۰ ولتی استفاده کرد. اما فیوز ۲۵۰ ولتی را نمی‌توان در این مدار استفاده کرد.

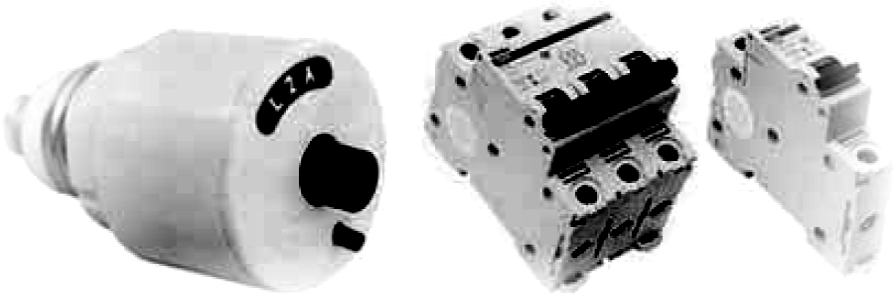


فیوزها در انواع فشنگی، اتوماتیک(آلفا)، مینیاتوری، بکس، کاردی(تیغه‌ای)، شیشه‌ای یا کارتریج و فیوزهای فشار قوی ساخته می‌شوند. فیوزهای اتوماتیک یا آلفا نوعی فیوز خودکار هستند که عبور جریان بیش از حد مجاز از آن باعث قطع مدار می‌شود اما دوباره می‌توان شستی آن را به داخل فشار داد تا ارتباط برقرار شود. بعضی از فیوزهای خودکار دو عمل جریان زیاد و بار زیاد را در مدار کنترل می‌کنند اما پس از قطع شدن، باید پس از مدت کمی دوباره شستی مربوطه را فشار داد تا مدار وصل شود.



شکل ۱-۵۱: نمایش فیوزهای مختلف

در فیوزهای اتوماتیک دو عنصر مغناطیسی و حرارتی وجود دارد که قسمت مغناطیسی آن اتصال کوتاه یا جریان زیاد و قسمت حرارتی آن(بی‌متال) بار زیاد(افزایش جریان تدریجی) را قطع می‌کند.



شکل ۱-۵۲: فیوزهای مینیاتوری تک‌فاز و سه‌فاز

۱-۶-۳) کلاس‌ها و علائم مشخصه فیوزها

فیوزها در کلاس‌های مختلف و برای کارکردهای متفاوت دسته‌بندی و هرکدام با حرفی مشخص می‌شوند برخی از کلاس‌های کارکرد فیوزها به شرح زیر است:

کلاس *g*: این کلاس فیوزهایی هستند که می‌توانند جریان نامی را پیوسته هدایت کنند و جریان‌های کمتر از جریان ذوب را تا حد جریان نامی قطع، وصل نگه دارند.

کلاس *a*: فیوزهای این کلاس می‌توانند جریان نامی را همواره هدایت کنند و جریان‌های بیش از چند برابر جریان نامی معین خود را تا به جریان نامی‌قطع، وصل نگه دارند.

کدرنگ پولک‌های فیوز فشنگی: برای سادگی در تعیین جریان فشنگ فیوزها، پولکی رنگی را بر روی آن‌ها نصب می‌کنند. جدول ۱-۵ مفهوم رنگ‌های مختلف پولک را بیان می‌کند.

جدول ۱-۵: مفهوم رنگ‌های مختلف پولک

رنگ شناسایی پولک	جریان نامی A	رنگ شناسایی پولک	جریان نامی A
صورتی	۲	قرمز	۱۰۰
قهوه‌ای	۴	زرد	۱۲۵
سبز	۶	مسی	۱۶۰
قرمز	۱۰	آبی	۲۰۰
رنگ شناسایی پولک	**جریان نامی A**	**رنگ شناسایی پولک**	**جریان نامی A**
خاکستری	۱۶		
زرد	۲۵		
سیاه	۳۵		
سفید	۵۰		
مسی	۶۳		
نقره‌ای	۸۰		
آبی	۲۰		

۱-۶-۳-۱) تفاوت‌ها و شباهت‌های فیوز و بیمتال

شباهت: هردو وسیله حفاظت کننده مدار هستند.

تفاوت

۱- سرعت عمل فیوز نسبت به بیمتال خیلی بیشتر است.

۲- فیوز قابل تنظیم نیست در صورتی که بیمتال قابل تنظیم می‌باشد.

۳- فیوز مصرف کننده را در مقابل جریان زیاد و اتصال کوتاه محافظت می‌نماید در صورتی که بیمتال مصرف کننده را در مقابل اضافه بار احتمالی محافظت می‌نماید.

در فیوزهای فشنگی از پولک روی فیوز می‌توان موارد زیر راتشخیص داد:

۱- جریان نامی فیوز

۲- سوختن فیوز(پس از سوختن، پولک تحت کشش فنر آزاد و به طرف بالا می‌رود)

رنگ پولک، جریان نامی فیوز A

مسی ۱۶۰، آبی ۲۰۰، زرد تیره ۱۲۵، قرمز تیره ۱۰۰، مسی روشن ۶۳، سفید ۵۰، سیاه ۳۵، زرد روشن ۲۵، خاکستری ۱۶، قرمز روشن ۱۰

۱-۶-۳-۲) انتخاب فیوز

در جدول مربوط به انتخاب فیوز دو ستون اول سطح مقطع سیم‌های مسی و آلومینیومی برحسب میلی متر مربع درج شده‌است.

- گروه اول: سیم‌های تک رشته‌ای تا سه‌سیم در یک لوله ـ سیم‌های رشته‌ای کابل مانند در لوله.
- گروه دوم: سیم‌های رشته‌ای کابل مانند خارج از لوله ـ سیم‌های متحرک.

- گروه سوم: سیم‌های یک لا در فضای آزاد(حداقل فاصله‌ی سیم‌ها به اندازه قطر سیم).

باید توجه داشت که جدول انتخاب فیوز برای محیط با درجه حررات ۲۵ درجه‌ی سانتی گراد تهیه شده و در صورت بالا بودن درجه حرارت محیط باید از فیوزهایی با نمره‌ی کوچکتر استفاده شود، زیرا در درجه حرارت بالاتر جریان مجاز سیم‌ها کم می‌شود و در نتیجه، باید آن را با توجه به جریان مجاز جدید فیوز انتخاب کرد. اعدادی که در داخل پرانتز نوشته شده‌اند، حداکثر جریان نامی‌فیوز است.

جدول ۱-۶: جریان فیوز برای حفاظت در مقابل جریان اضافی با ۲۵ درجه‌ی سانتی گراد حرارت محیط

جریان نامی‌فیوز حفاظت کننده‌ی سیم			سطح مقطع سیم	
گروه سوم	گروه دوم	گروه اول	آلومینیومی	مسی
$[A]$	$[A]$	$[A]$	mm^2	mm^2
۱۰ (۱۵) ۱۵ (۲۰) ۲۰ (۲۵)	۱۰ (۱۰) ۱۰ (۱۵) ۱۵ (۲۰)	(–) ۶ (۱۰) ۱۰ (۱۵)	– – ۲/۵	۰/۷۵ ۱ ۱/۵
۲۵ (۳۵) ۳۵ (۵۰) ۵۰ (۶۰)	۲۰ (۲۵) ۲۵ (۳۵) ۳۵ (۵۰)	۱۵ (۲۰) ۲۰ (۲۵) ۲۵ (۳۵)	۴ ۶ ۱۰	۲/۵ ۴ ۶
۶۰ (۸۰) ۸۰ (۱۰۰) ۱۰۰ (۱۲۵)	۵۰ (۶۰) ۶۰ (۸۰) ۸۰ (۱۰۰)	۳۵ (۵۰) ۵۰ (۶۰) ۶۰ (۸۰)	۱۶ ۲۵ ۳۵	۱۰ ۱۶ ۲۵
۱۲۵ (۱۶۰) ۱۶۰ (۲۰۰) ۱۶۰ (۲۰۰) ۲۰۰ (۲۶۰)	۱۰۰ (۱۲۵) ۱۲۵ (۱۶۰) ۱۲۵ (۱۶۰) ۱۶۰ (۲۲۵)	۸۰ (۱۰۰) ۱۰۰ (۱۲۵) ۱۰۰ (–) –	۵۰ – ۷۰ –	۳۵ ۵۰ – ۷۰
۴۰۰ (۲۲۵) ۲۲۵ (۳۰۰) ۲۲۵ (۲۶۰) ۲۶۰ (۳۵۰) ۲۶۰(۳۰۰) ۳۰۰ (۴۳۰)	۱۶۰ (۲۰۰) ۲۰۰ (۲۶۰) ۲۲۵ (۳۰۰) ۲۲۵ (۳۰۰) ۲۲۵ (۲۰۰) ۲۶۰ (۳۵۰)	– – – – – –	۹۵ – ۱۲۰ – ۱۵۰ –	– ۹۵ – ۱۲۰ – ۱۵۰
۳۰۰ (۳۵۰) ۳۵۰ (۴۳۰) ۴۳۰ (۵۰۰) ۴۳۰ (–) ۵۰۰ (–)	۲۶۰ (۳۰۰) ۳۰۰ (۳۵۰) ۳۵۰ (۴۳۰) ۳۵۰ (–) ۴۳۰ (–)	– – – – –	۱۸۵ ۲۴۰ – ۳۰۰ ۴۰۰	– ۱۰۵ ۲۴۰ – ۳۰۰
۶۰۰ (–) ۷۰۰ (–)	– –	– –	۵۰۰ –	۴۰۰ ۵۰۰

۱-۶-۴) نکاتی پیرامون فیوزها

۱) بسته به کارکرد فیوز، مشخصات مختلفی موجود و قابل انتخاب است فیوزهای با مشخصه عملکرد سریع برای حفاظت در برابر اتصال کوتاه و همچنین در کاربردهای محدود سازی جریان مناسب هستند در حالیکه اضافه بارهای گذرای کوتاه مدت هم سبب فعال شدن آن‌ها می‌گردد بنابراین در مواردی که عملکرد مدار با اضافه بار کوتاه مدت همراه است معمولا از فیوزهای کندکار استفاده می‌شود(نامهای دیگر این فیوز، تاخیری یا موتوری است).

۲) تفاوت مشخصه این فیوزها، به لحاظ تکنولوژی ساخت در نوع تیغه یا نوار فلزی بکار رفته در فیوز است به صورتیکه حرارت تولید شده توسط جریان خطا در زمان طولانی‌تری سبب ذوب شدن تیغه می‌گردد.

۳) معمولا منحنی‌های ارائه شده از طرف سازنده، منحنی‌های میانگین هستند و عملکرد یک فیوز مشخص، لزوما بر منحنی منطبق نیست بنابراین برای هماهنگ نمودن طراحی‌ها و امکان انجام محاسبات، طبق استاندارد، محدوده حداقل و حداکثر زمان عملکرد در برابر جریان‌های مشخصی تعیین شده‌است که عملکرد هر فیوز باید در این محدوده واقع باشد.

۴) در انتخاب فیوز می‌بایست قدرت قطع فیوز متناسب با سطح اتصال کوتاه مدار باشد یعنی در هنگام قطع جریان اتصال کوتاه، به هیچ وجه نباید پایه فیوز و سایر قسمت‌های مدار آسیب ببینند.

۵) طبق مشخصه فیوز، عبور جریان نامی در زمان بی نهایت مشکلی برای تیغه بوجود نمی‌آورد اما نکته بسیار مهمتر که در عمل باید مورد توجه قرار گیرد این است که طبق استاندارد هر فیوز جریان مشخصی را باید حداقل به مدت ۱ یا ۲ ساعت(بسته به جریان نامی فیوز) بدون هیچ مشکلی تحمل نماید. مقدار این جریان طبق استاندارد بصورت ضریبی از جریان نامی مشخص شده‌است که این ضریب بزرگتر از ۱ است مقدار این ضریب به جریان نامی فیوز وابسته‌است. در فیوزهای کوچکتر مقدار این ضریب بزرگتر است.

۶) در مورد موتورها، انتخاب فیوز تاخیری مستقیما تابع روش راه‌اندازی موتور است.

۷) در حالت معمول برای سیم نوترال، فیوزی جهت محافظت بکار گرفته نمی‌شود.

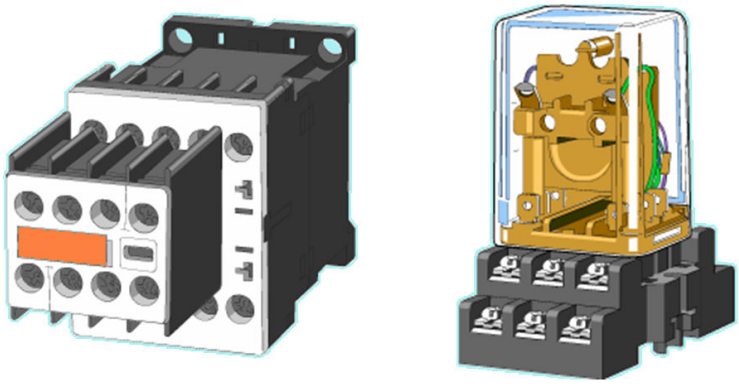
۸) برای سیم‌های کوتاه با برقراری برخی شرایط خاص می‌توان فیوز را حذف نمود.

۹) توجه به شرایط دمایی کارکرد مدار، یکی از الزامات تقریبا بدیهی انتخاب فیوز مناسب است.

۱۰) از آنجا که در حفاظت موتورها، فیوز انتخابی به گونه‌ای انتخاب می‌شود که جریان راه‌اندازی موتور را از خود عبور دهد معمولا مدار در برابر اضافه بار محافظت نمی‌شود لذا در اینگونه موارد لازم می‌شود تا حفاظت اضافه بار توسط حفاظت‌های دیگر پوشش داده شود.

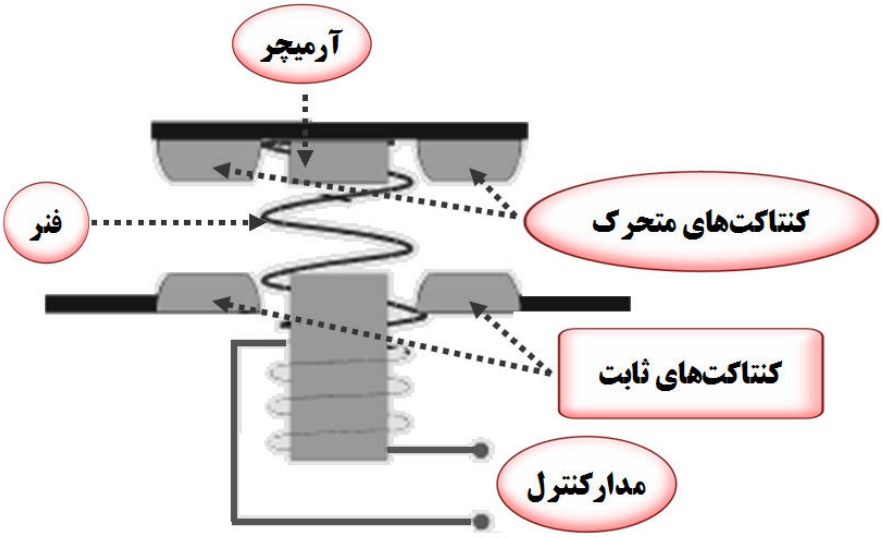
۱-۷) رله‌ها

همانطور که در اصول الکتریسیته وجود دارد هرگاه از سیم پیچی که دارای هسته آهنی است جریان الکتریکی عبور کند هسته سیم‌پیچ آهنربا می‌شود از این خاصیت برای قطع و وصل مدارها استفاده می‌گردد. جزئی که این عمل را انجام می‌دهد رله نام دارد. رله‌های کنترلی کاربرد وسیعی در کنترل بارهای سبک مانند کنتاکتورها، لامپ‌های سیگنال و یا وسایل اخطاردهنده صوتی دارند. همچنین از این رله‌ها در مدارات، به عنوان واسطه استفاده می‌شود. فرق این رله‌ها با کنتاکتور در تعداد و اندازه کنتاکت‌های آن‌هاست. کنتاکت‌های رله‌ها چون جریان زیادی را عبور نمی‌دهند کوچکتر و تعداد آن‌ها بیشتر است.



شکل ۱-۵۳: دو نمونه رله

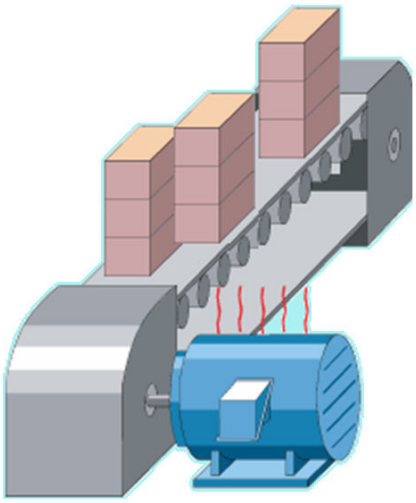
اساس کار رله‌ها شبیه به کنتاکتورها است. در شکل زیر دو کنتاکت نشان داده شده‌است هنگامی که سیم‌پیچ برق‌دار شود، هسته خود را آهن‌ربا کرده و باعث جذب هسته متحرک(آرمیچر) می‌شود. در این میان کنتاکت‌های متحرک نیز جذب کنتاکت ثابت می‌شوند.



شکل ۱-۵۴: ساختمان داخلی رله

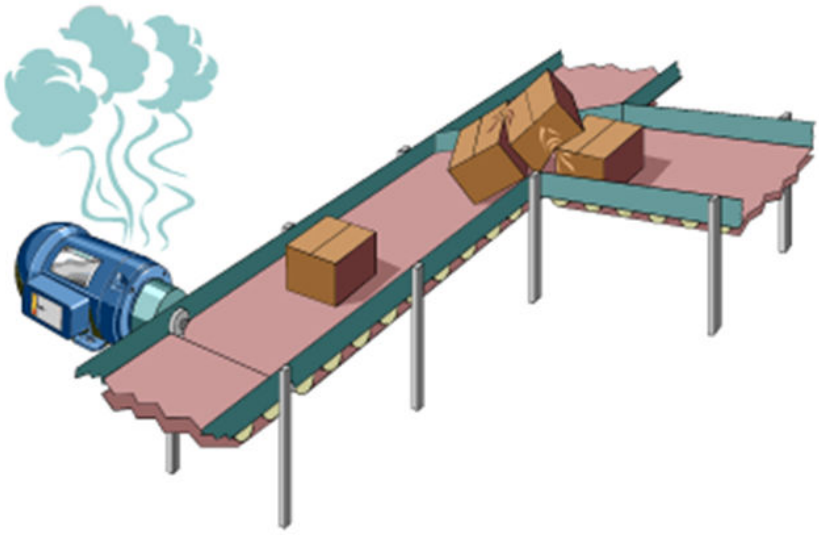
۱-۷-۱) بی‌متال یا رله اضافه بار

اگر روی موتوری بیش از حد مجاز بار بیافتد، جریان زیادی از شبکه دریافت کرده و سیم‌پیچی‌هایش داغ می‌شود و درصورت عدم قطع به موقع، موتور خواهد سوخت. رله حرارتی موتور را در مقابل اضافه بار حفاظت می‌کند. رله اضافه بار جهت کنترل جریان موتورهای الکتریکی بکار می‌رود و یک نوع رله حفاظتی است این رله از دو فلز مختلف‌الجنس که ضرایب انبساط طولی مختلفی دارند تشکیل شده‌است. شرایط کار این رله‌ها از(۲۰-) درجه تا(۶۰+) درجه سانتیگراد متغیر است.



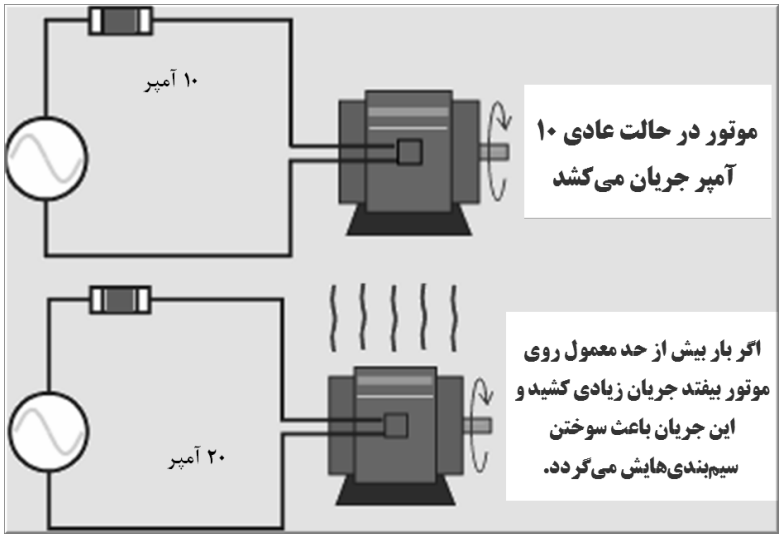
شکل ۱-۵۵: موتور به علت اضافه‌باز داغ می‌کند

در شکل زیر یک بسته برروی تسمه نقاله گیرکرده و باعث شده‌است موتور به سختی نقاله را به حرکت درآورد. همانطور که موتور تلاش می‌کند تسمه نقاله متوقف شده را راه بیاندازد، جریانش به شدت بالا می‌رود اگر مشکل حل نشود و یا مدار قطع نشود موتور با زیاد شدن حرارتش صدمه خواهددید.



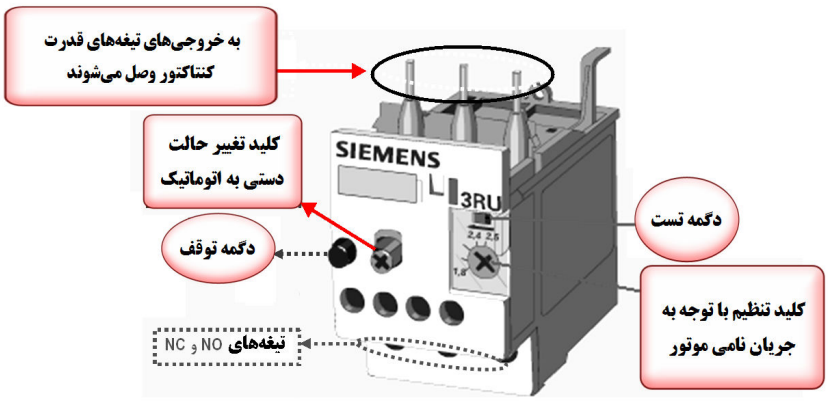
شکل ۱-۵۶: مثالی از کاربرد بی‌متال

توجه شود که فیوز جریان‌های بسیار بالای حالت اتصال کوتاه(بالای ۱۰ هزار آمپر) را قطع می‌کند و جریان‌های ناشی از بارزیاد در محدوده عملکرد فیوز نیست برای قطع جریان ناشی از بار زیاد از بی‌متال استفاده می‌شود.



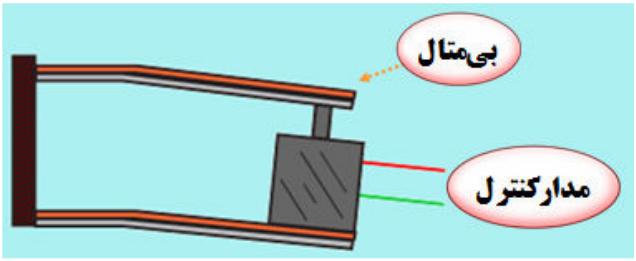
شکل ۱-۵۷: عملکرد موتور هنگام اضافه بار

بی‌متال در مواقعی که بارموتور بیش از میزان از پیش تعیین شده باشد دستور توقف صادر می‌نماید. در شکل زیر می‌توانید ساختمان یک بی‌متال را مشاهده نمایید.

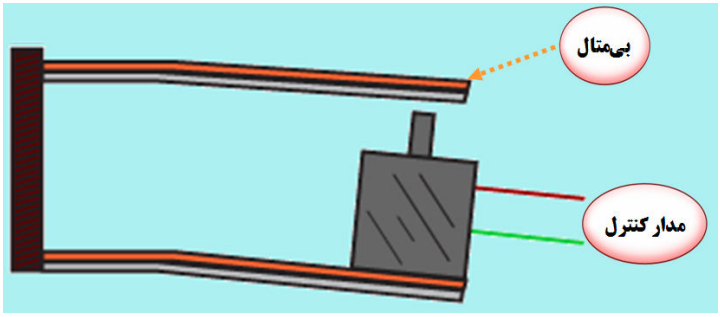


شکل ۱-۵۸: ساختمان داخلی بی‌متال

بی‌متال از دو فلز غیرهمنام که به یکدیگر تابیده‌شده‌اند ساخته می‌شود این دو فلز براثرگرم شدن به یک اندازه بزرگ نمی‌شوند و چون بهم محکم شده‌اند چاره‌ای جز خم شدن ندارند، خم شدن این دوفلز کنتاکت‌ها را وصل می‌کند.



شکل ۱-۵۹: حالت کنتاکت‌ها قبل از عملکرد رله



شکل ۱-۶۰: حالت کنتاکت‌ها بعد از عملکرد رله

شایان ذکر است، زمانیکه یک قطعه از تجهیزات الکتریکی از مقدار طراحی شده خود خارج می‌شود نیز حالت اضافه بار رخ می‌دهد.

۱-۷-۲) تفاوت‌ها و شباهت‌های فیوز و بیمتال

شباهت

هردو وسیله حفاظت کننده مدار هستند.

تفاوت

۱- سرعت عمل فیوز نسبت به بیمتال خیلی بیشتر است.

۲- فیوز قابل تنظیم نیست در صورتی که بیمتال قابل تنظیم می‌باشد.

۳- فیوز مصرف کننده را در مقابل جریان زیاد و اتصال کوتاه محافظت می‌نماید در صورتی که بیمتال مصرف کننده را در مقابل اضافه بار احتمالی محافظت می‌نماید.

۱-۷-۳) رله زمانی (تایمر)و انواع آن

یکی از وسایل فرمان دهنده مدارهای کنترل اتوماتیک، تایمرها یا رله‌های زمانی هستنند که وظیفه کنترل مدار را برای مدت زمان معینی بر عهده دارند اصول کار رله‌ها همانند کنتاکتورهاست با این تفاوت که در رله‌ها:

۱- تمام کنتاکت‌ها از لحاظ فرم ظاهری شبیه هم هستند و در مدارهای فرمان شرکت می‌کنند.

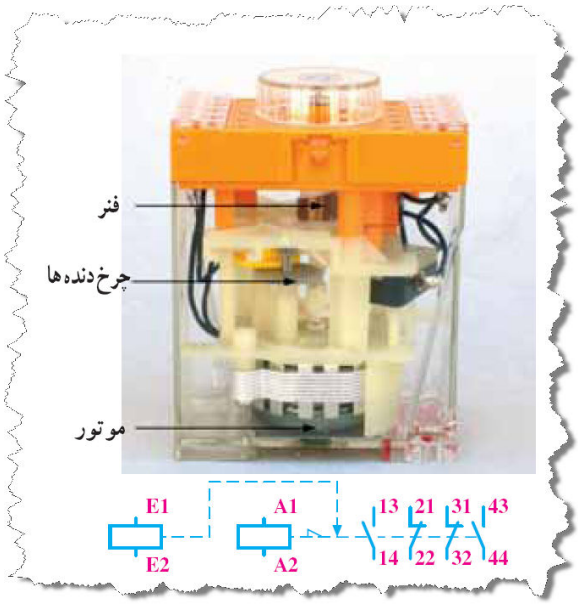
۲- کنتاکت‌ها بنا به مقتضیات کار ممکن است به طور لحظه‌ای یا با تاخیر زمانی قطع و وصل شوند. در این صورت نام رله، رله لحظه‌ای یا رله با تاخیر زمانی خواهد بود.

۳- رله‌ها همچنین ممکن است دارای کنتاکت‌های لحظه‌ای یا با تاخیر زمانی باشند البته منظور از تاخیر زمانی فاصله زمانی است که بین عمل کنتاکت(اعم از باز شدن یا بسته شدن) از لحظه اتصال سیم پیچ رله به ولتاژ به وجود می‌آید.

تا کنون در صنعت برق رله‌های زیادی ساخته شده‌اند که مشخصات مختلفی داشته و هر یک برای کار بخصوصی مورد استفاده قرار می‌گیرند برای مثال در انتقال انرژی و حفاظت خطوط از یک رله خاص استفاده می‌کنند. در ادامه انواع رله‌های زمانی معرفی می‌شوند.

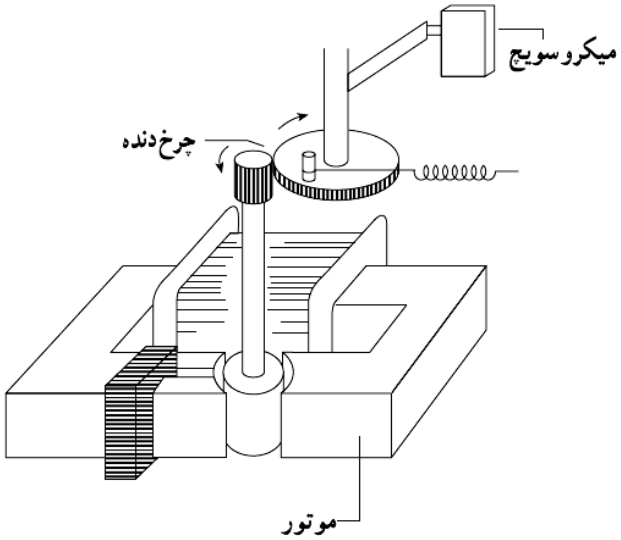
نکته: به طور کلی می‌توان رله‌های زمانی را به دو دسته تقسیم کرد:
الف) رله‌های تاخیر در وصل(*ON-DELAY*):
به رله‌ای گفته می‌شود که باید به رله انرژی داده شود و سپس رله عمل کرده کنتاکتی را باز یا بسته کند مثل رله زمانی موتوری.
ب) رله تاخیر در قطع(*OFF-DELAY*):
به رله‌ای گفته می‌شود که بعد از قطع شدن انرژی عمل کرده کنتاکتی را باز یا بسته کند مانند رله نیوماتیکی.

۱) رله زمانی موتوری یا الکترو مکانیکی



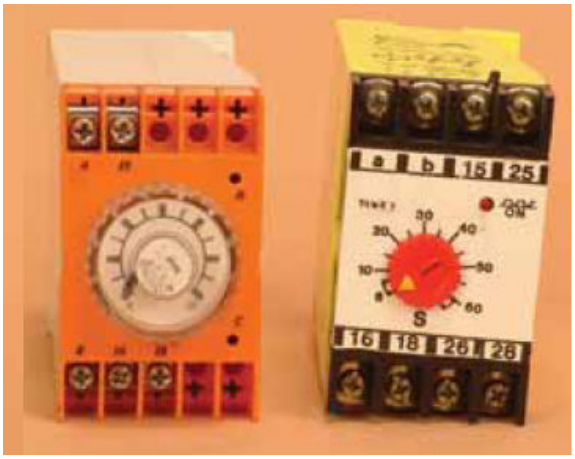
شکل ۱-۶۱: نمای ظاهری و اجزای رله زمانی موتوری

این رله بر اساس ساعتی کار می‌کند که محرک چرخ دنده‌های آن موتور آسنکرون و بیشتر موتور با قطب‌چاکدار است. اصول کار آن به این صورت است که دور موتور توسط یک سیستم چرخ دنده کاهش می‌یابد بطوری که در نهایت، آخرین چرخ‌دنده کنتاکت را خیلی به آرامی باز یا بسته می‌کند. زمان شروع رله از لحظه راه‌اندازی موتور محسوب می‌شود. توسط این رله می‌توان زمان‌هایی از حدود ثانیه تا حدود ساعت، و حتی روز و هفته را تنظیم نمود. محل دیسک در لحظه شروع به کار، قابل تنظیم است و پس از تنظیم زمان آن(توسط زایده خارجی) و تغذیه تایمر، موتور با دور ثابت به حرکت درمی‌آید و با گردش موتور، زمان تایمر شروع می‌شود پس از گردش، به علت برخورد با زایده دیسک، متوقف شده، به میکروسویچ داخلی فرمان می‌دهد، کنتاکت‌های تایمر عمل می‌کنند، به طور اتوماتیک قطع می‌شوند و موتور یا هر وسیله‌ی دیگر از کار می‌افتد. البته رله‌های جدیدی هستند که هنگام عمل کنتاکت‌بازی را بسته و کنتاکت‌بسته‌ای را باز می‌کنند و می‌توان موتوری را خاموش یا روشن کرد یا نیرو را از موتوری به موتور دیگر انتقال داد(شکل ۱-۶۲).



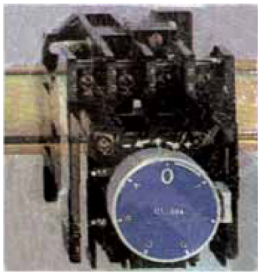
شکل ۱-۶۲: نمای داخلی رله زمانی موتوری

۲) رله زمانی الکترونیکی: از تایمرهای الکترونیکی برای تنظیم زمان‌های کمتر از ثانیه تا چندین ثانیه استفاده می‌شود. در ساختمان این تایمرها، از مدارها و اجزای الکترونیکی استفاده می‌شود. در در نوعی از این تایمرها با شارژ و دشارژ شدن یک خازن، بوبین یک رله کوچک تحریک می‌شود. اصول ساختمان رله الکترونیکی بر مبنای مدار RC(خازن و مقاومت) و بر حسب تاخیر زمانی استوار است. تنظیم این نوع تایمرها بستگی به مقاومت سر راه خازن دارد در ساده‌ترین نوع تایمر الکترونیکی در تایمر نوع خازنی، رله هنگامی وصل می‌شود که خازن شارژ بشود و ولتاژ دوسر آن برابر ولتاژ وصل رله گردد پس از وصل رله، با ذخیره شدن در خازن برروی مقاومتی که توسط کنتاکت باز رله به دو سر خازن وصل می‌شود تخلیه می‌گردد در این نوع با تغیر ظرفیت خازن می‌توان زمان تایمر را تنظیم کرد(شکل ۱-۶۳).



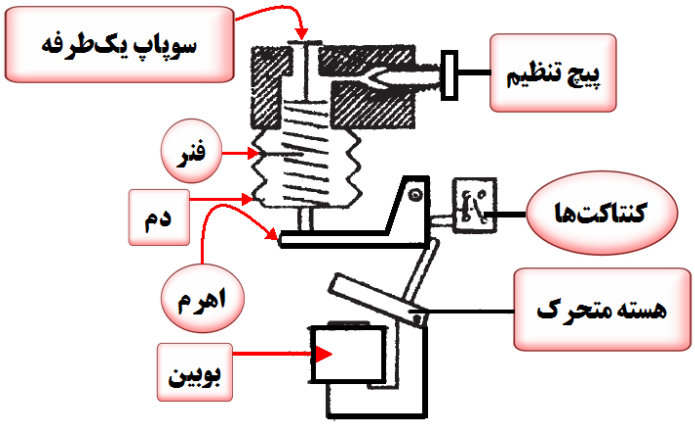
شکل ۱-۶۳: نمای ظاهری رله زمانی الکترونیکی

۳) رله زمانی نیوماتیکی: در این تایمر از خاصیت ذخیره‌سازی و فشردگی هوا استفاده می‌شود. هنگامی‌که بوبین تحریک، قسمت متحرک را جذب می‌کند قطعه‌ای که شبیه به دم آهنگری است فشرده شده هوای آن از طریق سوپاپ یک طرفه خارج می‌شود هنگامی‌که جریان بوبین قطع می‌شود، دم از طریق فنر به حالت اولیه خود بر می‌گردد و از طریق سوپاپ تنظیم از هوا پر می‌شود وقتی که دم به حالت عادی برگشت کنتاکت‌ها تغییر وضعیت می‌دهند(شکل ۱-۶۴).



شکل ۱-۶۴: نمای یک تایمر نیوماتیکی

تفاوت تایمر موتوری با تایمر نیوماتیکی در این است که تایمر موتوری پس از تنظیم و وصل بوبین آن به ولتاژ، شروع به کار می‌کند در حالی که تایمر نیوماتیکی پس از قطع ولتاژ از بوبین آن، شروع به کار می‌نماید. در بسیاری از موارد، تایمر نیوماتیکی بر روی کنتاکتورهای مدار وصل می‌شود تا پس از وصل کنتاکتور، دم رله فشرده شود.



شکل ۱-۶۵: ساختمان داخلی تایمر نیوماتیکی

۴) رله زمانی بی‌متال یا حرارتی (تایمر حرارتی): این نوع تایمر با استفاده از خاصیت بی‌متال کار می‌کند و در انواع رله ذوب شونده، رله حرارتی بی‌متال و رله حرارتی منعکس کننده میله‌ای ساخته می‌شوند. زمانی که جریان از بی‌متال عبور می‌کند گرم می‌شود و پس از مدتی در اثر تغییر شکل، عمل کرده مدار را قطع یا وصل می‌کند. دقت این نوع تایمر زیاد نیست و آب و هوای محیط بر روی آن اثر می‌گذارد.

۵) رله زمانی هیدرولیکی: در این رله‌ها از سیستم هیدرولیکی جهت تاخیر در مدار استفاده می‌شود. طرز کار آن طوری است که وقتی جریان برق به رله وصل می‌شود، مقداری روغن در داخل آن جابه‌جا می‌شود برای بازگشت روغن به مکان اولیه زمانی لازم است که این زمان را به عنوان زمان تایمر در نظر بگیرند.

۱-۷-۴) رله مغناطیسی

رله مغناطیسی نیز برای کنترل جریان به کار می‌رود اصول کار این رله بر اساس پدیده مغناطیس پایه گذاری شده‌است. از این رله برای قطع جریان‌های اتصال کوتاه استفاده می‌شود. می‌دانیم که یک اتصال کوتاه باید سریع قطع شود بنابراین در چنین موقعیتی نمی‌توان از رله اضافه باری(حرارتی) استفاده نمود چون گرم شدن بی‌متال رله به یک زمان نسبتا طولانی نیاز دارد. این رله از یک هسته مغناطیسی که اطراف آن چند دور سیم پیچیده شده تشکیل گردیده‌است. عبور جریان اتصال کوتاه باعث مغناطیس شدن و جذب اهرم قطع می‌شود. این رله را به طور مجزا به ندرت مورد استفاده قرار می‌دهند و در کلیدهای اتوماتیک از آن‌ها به همراه رله‌های حرارتی بهره می‌گیرند.

۱-۷-۵) رله کنترل بار

در برق صنعتی جهت حفاظت از موتورها، ژنراتورها و ترانس‌های قدرت از رله کنترل بار استفاده می‌شود این رله‌ها جایگزینی مناسب برای رله‌های بی‌متالی یا همان حرارتی هستند(شکل ۱-۶۶).

شکل ۱-۶۶: رله کنترل بار

در این رله‌ها با استفاده از یک سری کانال عبوری که سیم‌های سه‌فاز در داخل آن‌ها قرار می‌گیرد میزان جریان عبوری را توسط روش القائی اندازه می‌گیرند(مانند آمپرمترهای انبری). کاربرد عمده این رله‌ها در حفاظت موتورها در برابر عواملی مثل اضافه بار بیش از حد مجاز، دو فاز شدن، اتصالی در هر نقطه از مسیر مصرفی جریان حتی در داخل موتور و اختلالات داخلی موتور است. با استفاده از یک کانال یا دو کانال نیز می‌توان موتورهای تک فاز و دو فاز را حفاظت کرد. چون موتورها در ابتدای کار جریان زیادی جهت راه‌اندازی دریافت می‌کنند لذا در این مدت زمان رله نباید عمل کند تا موتور راه بیفتد لذا بر روی این رله‌ها یک تایمر قابل تنظیم قرار داده می‌شود تا پس از این مدت(عبور از اضافه جریان اولیه) رله فعال شود. همچنین یک ولوم قابل تغییر نیز جهت تنظیم جریان مجاز موتور در حین کار برروی این رله قرار داده می‌شود بر روی پنل این رله‌ها نیز یک دکمه ریست جهت ریست رله پس از اجرای عمل حفاظت قرار می‌گیرد. بر خلاف رله‌های بی‌متال که سرعت عملکرد آن‌ها بسیار پایین است(برای یک رله ۱۲ آمپری در جریان ۱۸ آمپری حدود ۹۰ تا ۱۸۰ ثانیه) و موتور آسیب خواهد دید، رله‌های الکترونیکی کنترل بار در مدت زمان بسیار کمی(کمتر از یک ثانیه) فازها را قطع می‌کنند. البته باید ذکر کرد که رله به صورت مستقیم فازها را قطع نمی‌کند بلکه کنتاکتور فازهای اتصالی به موتور را قطع می‌کند.

۱-۷-۶) رله کنترل فاز *(Monitoring Phase)*

رله کنترل فاز برای تشخیص جابجای فاز یا تغییر توالی فازها که منجر به تغییر جهت گردش موتورها می‌شود و می‌تواند منجر به خرابی دستگاه‌ها شود، همچنین تشخیص قطعی یک یا دو فاز که باز هم باعث

سوختن موتورهای الکتریکی می‌شود مورد استفاده قرار می‌گیرد. این وسیله یکی از وسایل حفاظتی در تمامی مدارهای الکتریکی سه‌فاز است.

۱-۷-۷) رله‌های مدار فرمان

رله‌ی مدار فرمان عبارت است از سیم پیچ کوچک اطراف یک هسته‌ی آهنی، یک قطعه فلز مغناطیسی کوچک با تعدادی کنتاکت باز وبسته‌ی ظریف به عبارت دیگر این رله، کنتاکتور کوچکی است با کنتاکت‌هایی که قادر به عبور جریان کمی هستند(در حد چند آمپر). از این رله در مدارهای فرمان تابلوهای برق استفاده می‌گردد و فاز بوبین کنتاکتورها از کنتاکت باز آن، عبور می‌دهند.

در این جا لازم می‌دانم نکته‌ای را بیان کنم اگر از یک رله با بوبین ۳۸۰ ولت، به صورت رله‌ی مدار فرمان یک تابلو برق به شرح زیر استفاده کنید:

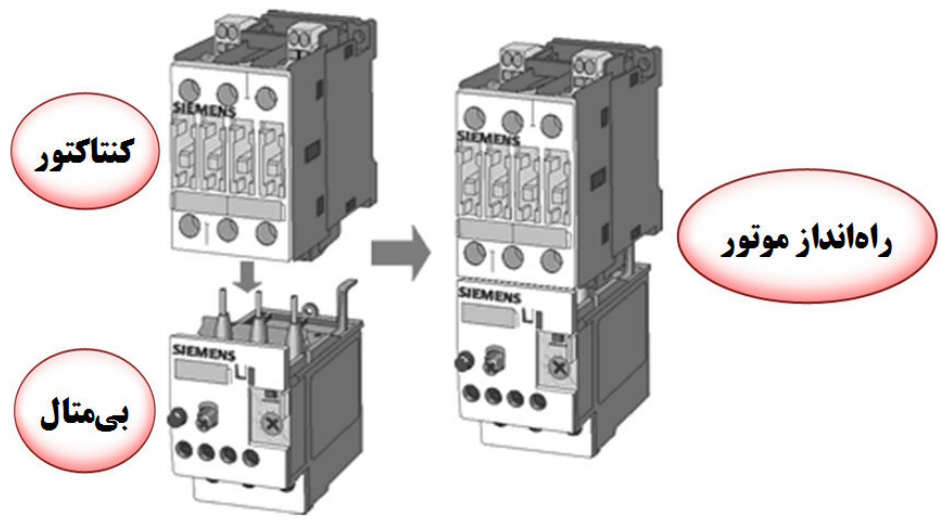
۱) دوفاز به طور مثال *L1,L2* را پس از عبور از یک کلید دو فاز مینیاتوری برای مغناطیسی شدن رله به دو سر بوبین هدایت نمایید.

۲) فاز سوم «*L3*» را پس از عبور از یک کلید و فیوز با یک کلید مینیاتوری دیگر از کنتاکت باز رله عبور داده از آن برای مدار فرمان تمامی‌استارترهای(کنتاکتور به اضافه‌ی بیمتال) تابلو استفاده کنید.

تمامی‌موتورهای سه‌فاز این تابلوی برق از خطر سوختن در مقابل دو فاز شدن(قطع یک فاز) از کلید اصلی با شبکه‌ی شهر در امان خواهند بود. چون اگر *L1* و یا *L2* قطع شود رله قطع شده کنتاکت آن باز، فاز مدار فرمان استارترها قطع می‌شود و موتورها در همان لحظه خاموش می‌گردند. اگر *L3* قطع شد، باز هم با آن که کنتاکت رله بسته‌است، فاز مدار فرمان استارترها قطع شده و این بار نیز موتورها فوراً و قبل از آن که به سیم پیچ آن‌ها صدمه‌ای وارد شود، خاموش خواهند شد.

۱-۸) راه‌انداز(استارتر) موتور

کنتاکتور و بی‌متال باهم تشکیل راه‌انداز(استارتر) موتور را می‌دهند.



شکل ۱-۶۷: راه‌انداز(استارتر) موتور

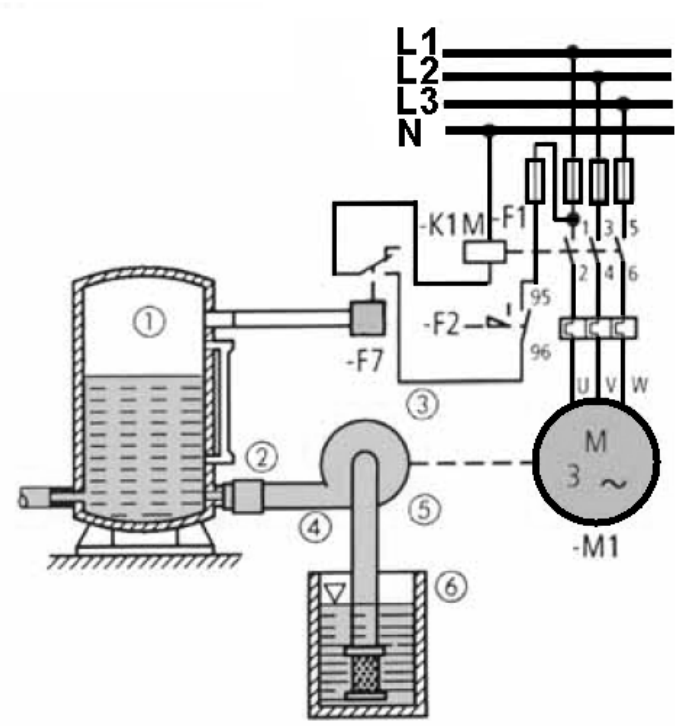
همانگونه که درشکل ۱-۶۸ مشاهده می‌شود استارتر همراه فیوز، لامپ‌سیگنال‌ها و پوش‌باتن‌ها در داخل تابلو به عنوان حفاظت موتور قرار می‌گیرد.

شکل ۱-۶۸

۱-۹) کلیدهای فرمان

۱-۹-۱) کلید تابع فشار(کلیدهای گازی)

این کلیدها برای کنترل سطح گاز داخل مخازن و کمپرسورها، تنظیم فشار آب داخل لوله‌ها و روشن و خاموش کردن اتوماتیک این دستگاه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. عامل فرمان این کلید، فشار گاز یا مایع داخل مخزن است. عامل قطع و وصل این کلید گاز می‌باشد. اصول کار آن بدین صورت است که که فشار گاز موثر بر هر صفحه، نیرویی معادل $F=P.A$ ایجاد می‌نماید(P فشار و A سطح مقطع صفحه است). در رله‌ها F باعث جابه‌جایی صفحه می‌شود این جابه‌جایی از طریق یک اهرم منتقل شده و کنتاکتی را قطع و وصل می‌نماید. نیروی برگردان را فنر زیر صفحه ایجاد می‌کند پس با انتخاب فنرهای مختلف می‌توان فشارهای کم یا زیاد را بر روی صفحه اثر داده و قطع و وصل کنتاکت را بطور دلخواه تنظیم نمود(شکل ۱-۶۹).

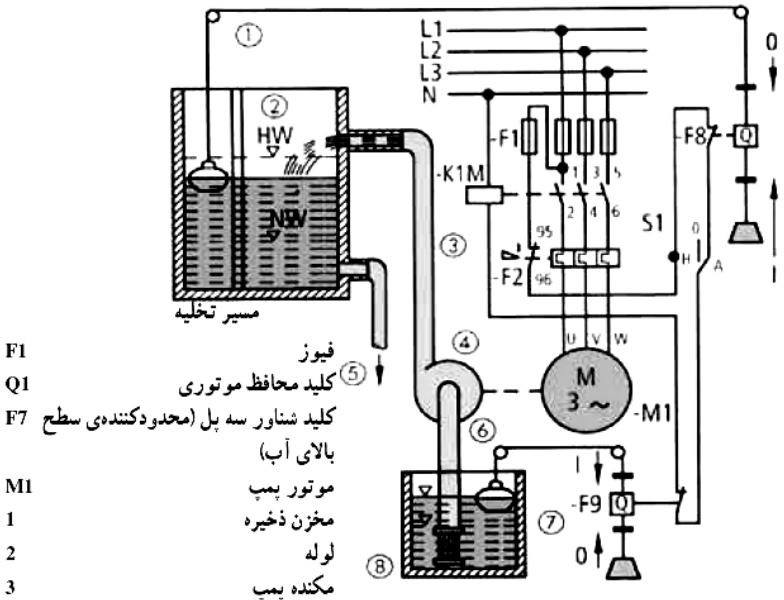


شکل ۱-۶۹: نمونه مداری کلید تابع فشار

۱-۹-۲) کلیدهای شناور

شکل ۱-۷۰: کلیدهای شناور

کلیدهای شناور برای کنترل سطح آب یا مایعات داخل منبع‌ها، استخرها و مخازن مورد استفاده قرار می‌گیرند. ساختمان این کلید از وزنه تعادل، یک قسمت شناور و یک میکرو سویچ تشکیل شده‌است. هنگامی‌که قسمت شناور را تنظیم می‌کنند با تغیر سطح مایع داخل مخزن، شناور تغیر مکان داده به میکرو سویچ داخل کلید فرمان می‌دهد و باعث قطع و وصل مدار می‌شود.



شکل ۱-۷۱: نمونه مداری کلید شناور

۱-۹-۳) ۴- کلیدهای تابع دور (گریز از مرکز)

کلیدهای تابع دور در بعضی الکتروموتورهای تک فاز جهت خارج کردن سیم پیچ کمکی از مدار و در موارد دیگر مانند ترمز جریان مخالف به کار می‌روند. ساختمان آن‌ها از یک محور و دو وزنه تشکیل شده که به وسیله یک طوق و یک فنر حول محور حرکت می‌کنند و با زیاد و کم شدن سرعت موتور یا وسیله چرخنده، وزنه‌های دو طرف به محور نزدیک یا دور می‌شوند به این ترتیب طوق روی محور حرکت می‌کند و باعث قطع و وصل کلید می‌شود.

۱-۹-۴) ۵- کلیدهای تابع حرارت(ترموستات)

شکل ۱-۷۲: کلیدهای تابع حرارت

ترموستات نوعی رله حرارتی است که در مقابل حرارت محیط حساس بوده و عمل می‌کند. این وسیله در دستگاه‌های مختلف صنعتی کاربرد فراوان دارد و وظیفه تعادل حرارتی دستگاه را بر عهده دارد در صورتی که درجه حرارت ازحد تنظیمی فراتر رود، کلید عمل کرده یک کنتاکت باز را می‌بندد و یا کنتاکت بسته‌ای را باز می‌کند. از ترموستات بیشتر در وسایل حرارتی و برودتی مانند شوفاژ، یخچال و چیلر استفاده می‌شود. ساختمان این کلیدها متفاوت بوده و به سه‌نوع زیر تقسیم می‌شوند.

***A*) نوع میله‌ای:** در نوع میله‌ای آن یک میله مانند در داخل لوله‌ای قرار گرفته و یک طرف آن میله آزاد می‌باشد. ضریب انبساط حرارتی میله و لوله بایکدیگر متفاوت بوده که معمولا ضریب انبساط لوله بیشتر از میله وسطی می‌باشد در نتیجه تغییر درجه حرارت، باعث تغییر مکان سر آزاد میله خواهد شد که این تغییر مکان می‌تواند یک کلید را قطع و وصل نماید.

***B*) نوع گازی:** در نوع گازی این کلیدها از تغییرفشار گاز در اثر تغییر درجه حرارت برای قطع وصل کلید استفاده می‌شود. در اثر افزایش درجه حرارت، گاز با فشار وارد مخزن فانوسی شکل شده و باعث باز شدن مخزن می‌شود و در کاهش درجه حرارت نیز مخزن فانوسی شکل جمع شده و با حرکتی در جهت *S* باعث قطع و وصل کلید می‌شود. از این نوع کلید اتوماتیک در محل‌های با درجه پایین مانند یخچال استفاده می‌شود.

***C*) نوع بیمتالی:** در نوع بیمتالی این کلیدها از دو تیغه فلزی غیر همجنس که بر روی یکدیگر پرس شده‌اند استفاده می‌شود. این دو فلز دارای ضریب انبساط حرارتی یکسانی نبوده و در نتیجه در اثر تغییر درجه حرارت باعث خم شدن آن‌ها به سمت فلزی که ضریب انبساط کمتری دارد می‌شود. این خمش می‌تواند باعث قطع یا وصل یک کلید شود. موارد استفاده از این کلید بسیار زیاد بوده از جمله در کلیدهای حرارتی و گرمکن‌ها از آن‌ها استفاده می‌گردد. در سیم پیچ‌های بعضی از ماشین‌های الکتریکی نیز از این کلید استفاده می‌شود که در اثر بالا رفتن درجه حرارت باعث قطع مدار می‌گردد(اورلود). برای این منظور کلید را پس از نصب در داخل شیار یا به صورت سری با سیم پیچ قرار داده و یا دو سر آن را خارج نموده و با فرمان به صورت سری قرار می‌دهند تا در اثر گرم شدن بیش از حد سیم‌پیچ مدار قطع شود. وصل دوباره این کلید زمانی که بی‌متال سرد شده و به حالت اول خود برگشته باشد امکان پذیر می‌باشد.

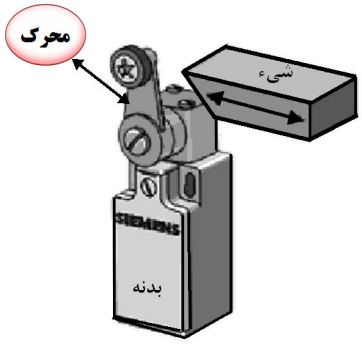
۱-۹-۵) لیمت سوئیچ‌یا میکروسوئیچ

از لیمیت سوئیچ در مدارهای فرمان برای کنترل و محدود کردن حرکت قسمت‌های مکانیکی، تغییر جهت حرکت و در تایمرها و شناورها و... به عنوان کلید برای قطع یا وصل استفاده می‌شود. ساختمان این کلید مانند شستی بوده(با این تفاوت که آن‌ها با دست فرمان می‌گیرند اما میکرو سوئیچ توسط قسمت‌های متحرک مدار دستور می‌گیرد) و توسط سیستم متحرک به آن نیروی فشاری وارد شده یا کشیده می‌شود. در لیمت سوئیچ نیز مانند شستی با بر طرف شدن نیروی مکانیکی وارد به اهرم آن، مجدداً انرژی ذخیره شده در فنر لیمت سوئیچ، آن را به حالت اول بر می‌گرداند. در واقع لیمت سوئیچ کلیدی است که برای قطع و وصل یک حرکت خطی یا دورانی و یا تعویض جهت دوران یک محرک بکار می‌رود. این کلید اهرمی دارد که وقتی دسته متحرک، به آن برخورد می‌کند کنتاکتی را قطع می‌نماید، کنتاکت مزبور خود عامل فرمانی است برای ماشینی که هدف، کنترل آن است. چنانکه از اسم این کلید برمی‌آید، کلید یاد شده برای محدود کردن حرکت محرک‌ها بکار می‌رود به عنوان مثلا در یک چرثقیل سقفی که در چند جهت حرکت می‌کند وقتی متحرک به انتهای هر قسمت از مسیر خود می‌رسد، یک کلید محدود کننده مدار رفت را از کار انداخته و مدار برگشت را مهیا می‌سازد. مطلب مهمی‌که باید در کاربرد این کلیدها در نظر گرفت وضعیت کنتاکت‌ها در موقع وارد آمدن نیرو به اهرم آن‌ها است.کارخانه‌های سازنده این وضعیت را بر حسب تغییر طولی یا زاویه‌ای اهرم مشخص می‌نمایند.

انواع لیمت سوئیچ

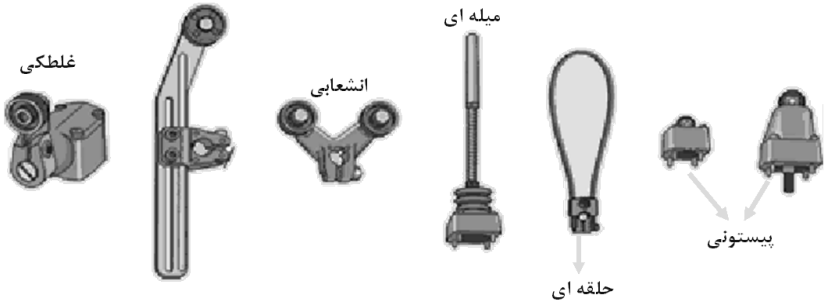
- کلید محدود کننده فشاری انتهایی
- کلید محدود کننده قرقره‌ای
- کلید محدود کننده قرقره‌ای از راست
- کلید محدود کننده قرقره‌ای یک طرفه از چپ
- کلید محدود کننده قرقره‌ای دو طرفه
- کلید محدود کننده آنتنی دو طرفه

درواقع لیمیت سوئیچ یک وسیله مکانیکی است که با اتصال فیزیکی، حضور یک شئ را آشکار می‌کند. یک لیمت سوئیچ معمولا شامل بدنه و محرک است. بدنه حاوی مدارات الکتریکی برای قطع و یا وصل مدارات دیگر است. با برخورد سر لیمیت سوئیچ با اجسام، حالت مدارات داخلی بدنه تغییر می‌کند.



شکل ۱-۷۳

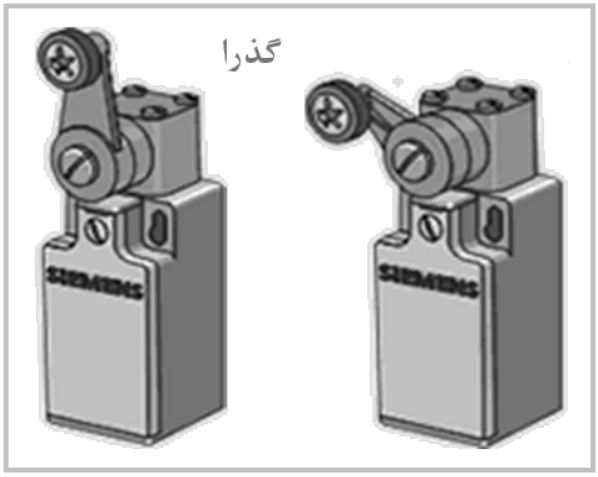
- با توجه به مکان کاربرد، لیمیت‌سوئیچ‌ها، محرک‌های مختلفی می‌توانند داشته باشند.
- نوع استاندارد غلطکی برای کارهای چرخشی کاربرد دارد.
- نوع انشعابی یا چنگالی باید به طریق دستی بعد از هر عملکرد به جای اولش برگردد.
- در زیر چند نمونه از محرک‌های حلقه‌ای، پیستونی و میله‌ای مشاهده می‌شود.



شکل ۱-۷۴: چند نمونه از محرک‌های حلقه‌ای، پیستونی و میله‌ای

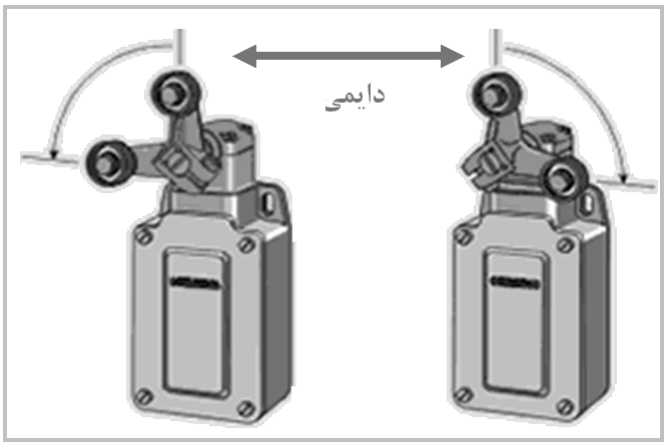
محرک‌های گذرا و دائم

- بسیاری از لیمیت‌سوئیچ‌ها محرک گذرا دارند یعنی با وجود نیروی خارجی عمل می‌کنند و با برداشتن نیرو آزاد می‌شوند.



شکل ۱-۷۵: محرک‌های گذرا

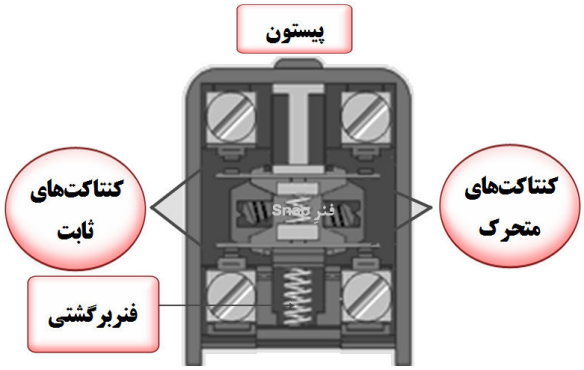
- بعضی از از لیمیت‌سوئیچ‌ها مانند چنگالی با وارد شدن فشار در همان موقعیتی می‌مانند و تا در جهت مخالف نیرو وارد نشود، آزاد نمی‌شوند.



شکل ۱-۷۶: محرک‌های دائم

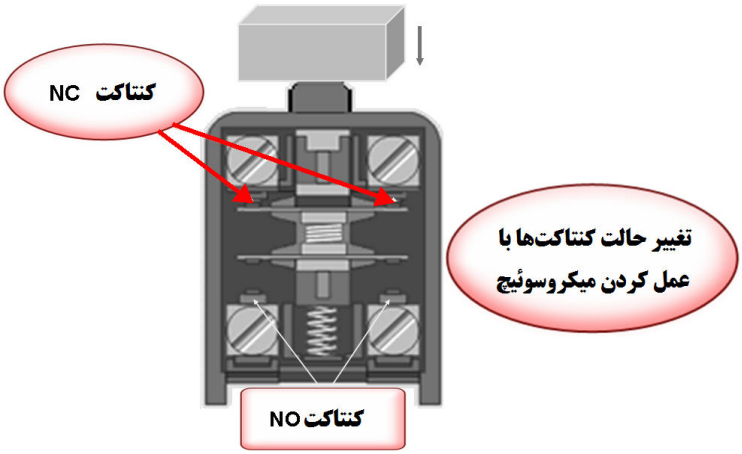
۱-۹-۶) بدنه لیمیت‌سوئیچ‌ها

بدنه لیمیت‌سوئیچ‌ها از یک کنتاکت در حالت عادی بسته(*NC*)، یک کنتاکت در حالت عادی باز(*NO*)، تشکیل شده است. فنر *Snap* ارتباط مستقیم با محرک داشته و باعث عمل کردن کنتاکت‌ها می‌گردد. فنر، برگشتی، هنگام عدم وجود محرک خارجی، کنتاکت‌ها را به حالت اول برمی‌گرداند.



شکل ۱-۷۷: بدنه لیمیت‌سوئیچ

در شکل زیر یک نمونه لیمیت‌سوئیچ پیستونی نمایش داده شده‌است که توسط محرک خارجی عمل می‌کند. در این شکل می‌توانید چگونگی تغییر کنتاکت‌ها را مشاهده نمایید.

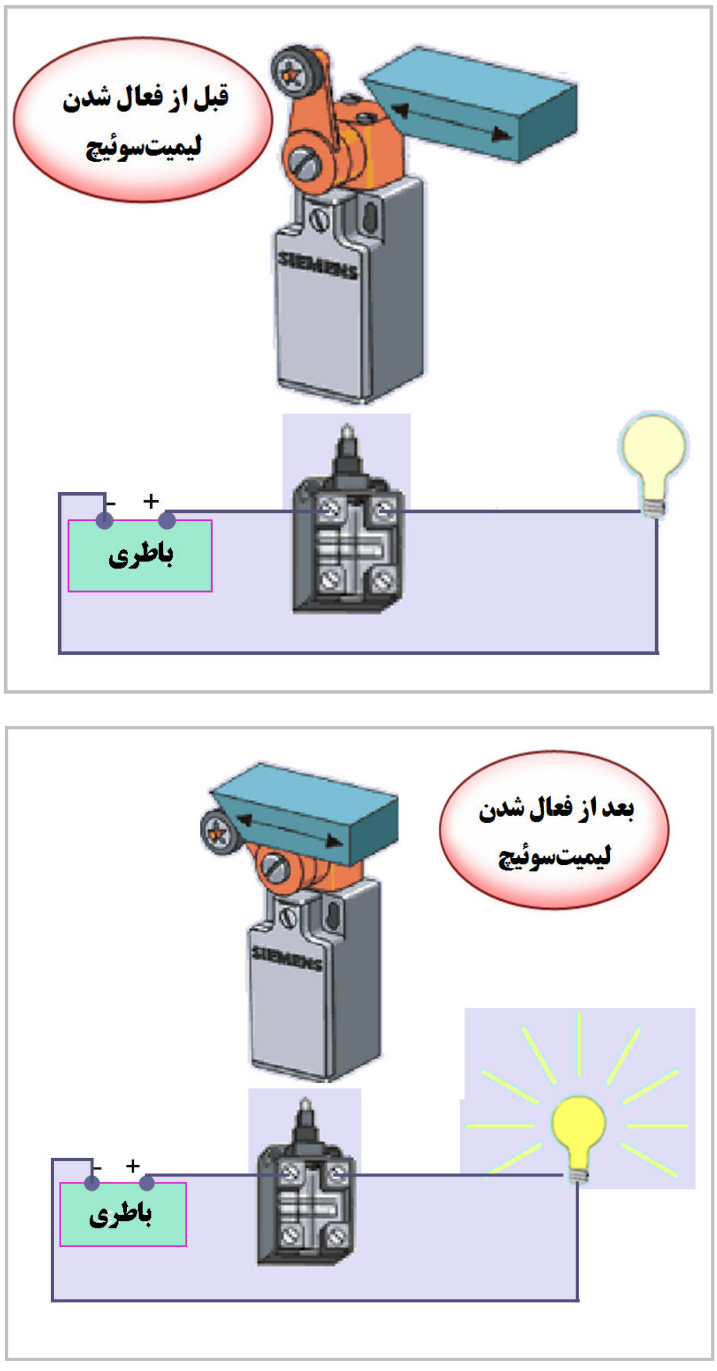


شکل ۱-۷۸: تغییر حالت کنتاکت‌ها با عمل کردن میکروسوئیچ

تذکر: از ترکیب محرک و بدنه یک لیمیت‌سوئیچ ساخته می‌شود.

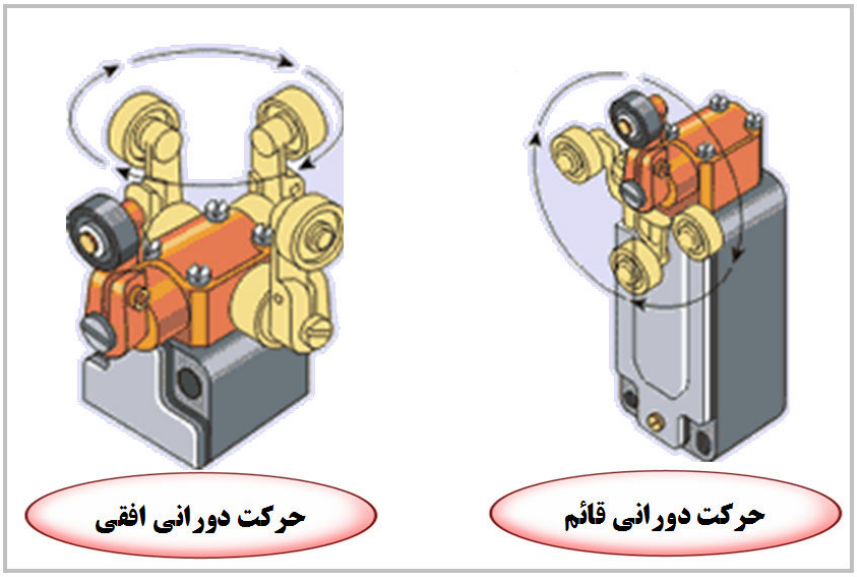
شکل ۱-۷۹: اجزای تشکیل دهنده لیمیت‌سوئیچ

در شکل ۱-۸۰ چگونگی اتصال یک لامپ به لیمیت‌سوئیچ را مشاهده می‌نمایید. توجه شود که بجای لامپ هرمحرک دیگری مثل رله، کنتاکتور، شیرآلات و ..... می‌تواند فعال شود.



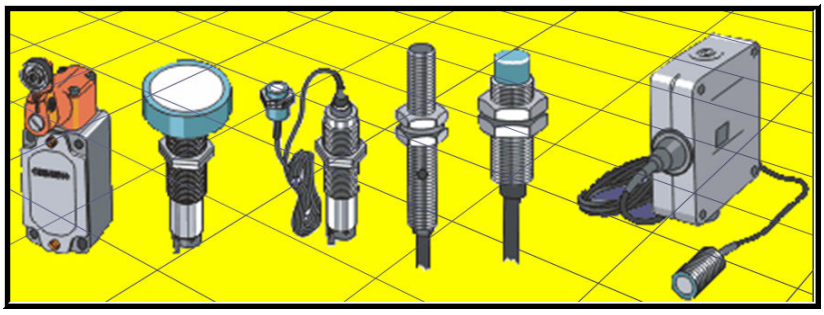
شکل ۱-۸۰: نحوه اتصال یک لامپ به لیمیت‌سوئیچ

شکل زیر نیز قابلیت حرکت دورانی قائم و یا افقی لیمیت‌سوئیچ را برای عملکرد در حالت‌های خاص نشان می‌دهد.



شکل ۱-۸۱: نمایش قابلیت حرکت دورانی قائم و یا افقی لیمیت‌سوئیچ

۱-۹-۷) حسگرهای صنعتی (*SENSORIC*)



شکل ۱-۸۲: انواع حسگرهای صنعتی

مقدمه

با پیشرفت سریع اتوماسیون و پیچیده‌تر شدن پروسه‌های صنعتی و کاربرد روزافزون این شاخه از صنعت نیاز شدیدی به کاربرد سنسورهای مختلف که اطلاعات مربوط به عملیات تولید را درک و بر اساس این اطلاعات فرمان‌های مورد نیاز صادر گردد، احساس می‌شود. سنسورها به عنوان اعضای حسی یک سیستم، وظیفه جمع آوری و یا تبدیل اطلاعات را به صورتی که برای یک سیستم کنترل و یا اندازه گیری قابل تجزیه و تحلیل باشد، به عهده دارند. در سال‌های اخیر سنسورها به صورت یک عنصر غیر قابل تفکیک سیستم‌های مختلف صنعتی مورد استفاده قرار گرفته‌اند و پیشرفت سریعی در جهت جوابگویی به تقاضاهای صنعت در این شاخه از علم الکترونیک انجام پذیرفته است. سنسورها جهت تبدیل عوامل فیزیکی مانند حرارت، فشار، نیرو، طول، زاویه چرخش، دبی و غیره به سیگنال‌های الکتریکی بکار برده می‌شوند و به همین منظور سنسورهای مختلفی که قابلیت تبدیل این عوامل را به جریان برق دارا می‌باشند، ساخته شده‌اند. یک سنسور را می‌توان با خصوصیات زیر تعریف نمود:

- سنسور به عنوان تبدیل کننده اطلاعات فیزیکی به سیگنال‌هایی که می‌توان از آن‌ها به عنوان سیگنال‌های کنترل استفاده نمود، عمل می‌کنند.
- یک سنسور نباید حتماً یک سیگنال الکتریکی تولید نماید مانند سنسورهای نیوماتیکی و ...

سنسورها در دو نوع مختلف وجود دارند:

الف) با تماس مکانیکی مانند کلید قطع و وصل، تبدیل کننده‌های فشاری و ...

ب) بدون تماس مکانیکی مانند سنسورهای نوری و حرارتی و ...

- سنسورها می‌توانند به عنوان چشم‌های کنترل کننده یک سیستم مورد استفاده قرار گرفته و وظیفه مراقبت از پروسه و اعلام خرابی و یا نقص یک سیستم را به عهده بگیرند.

در کنار کلمه سنسور با واژه‌های زیر نیز در صنعت روبرو هستیم:

۱- عنصر سنسور

قسمتی از سنسور را تشکیل می‌دهد، که عامل فیزیکی را حس کرده، ولی بدون کمک قسمت آماده سازی سیگنال قادر به انجام وظیفه نیست.

۲- سیستم سنسوری(*Sensorsy system*)

مجموعه‌ای از عناصراندازه‌گیری، تبدیل و آماده سازی سیگنال را یک سیستم سنسوری می‌نامند.

۳- سیستم مولتی سنسور

سیستم‌هایی که دارای چندین سنسور از یک نوع و یا از انواع مختلف می‌باشند، سیستم مولتی سنسور می‌نامند.

انواع خروجی‌های متداول سنسورها

در استفاده از سنسورها می‌بایستی با انواع سیگنال‌های خروجی الکتریکی آشنا بود. می‌توان خروجی‌ها را در پنج رده مخلف دسته بندی نمود.

نوع *A*: سنسورهایی با ماهیت قطع و وصل خروجی(دیجیتالی) مانند سنسورهای مجاورتی، فشار، اندازه‌گیری سطح مایعات و ... این نوع سنسورها را عمدتاً می‌توان بطور مستقیم به دستگاه *PLC* متصل نمود.

نوع *B*: سنسورهایی که سیگنال خروجی آن‌ها بصورت پالسی می‌باشند، مانند سنسورهای اندازه‌گیری میزان چرخش و یا طول و ... این نوع سنسورها اکثراً توسط یک *Interface* قابل وصل به دستگاه *PLC* می‌باشند. *PLC* می‌بایستی دارای شمارنده نرم افزاری و سخت افزاری باشد.

نوع *C*: سنسورهایی که سیگنال خروجی آن‌ها بصورت آنالوگ بوده ولی دارای بخش تقویت کننده و یا تبدیل کننده نمی‌باشند. این سیگنال‌ها خیلی ضعیف بوده(در حد میلی ولت) و قابل استفاده مستقیم در دستگاه‌های کنترل نمی‌باشند، مانند سنسورهای پیزوالکتریک و یا سنسورهای *Hall*.

نوع *D*: سنسورهایی که سیگنال خروجی آن‌ها بصورت آنالوگ بوده و واحد الکترونیک(تقویت کننده، تبدیل کننده) در خود سنسور تعبیه شده است. در این نوع سنسور خروجی‌ها را می‌توان به طور مستقیم جهت استفاده در دستگاه‌های کنترل استفاده نمود.

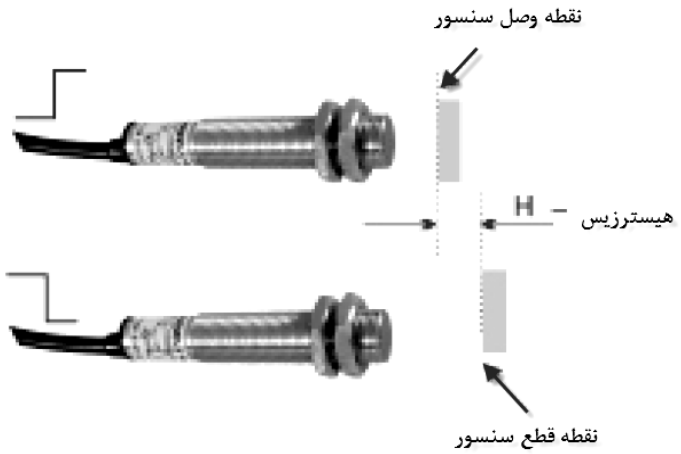
محدوده خروجی سیگنال‌ها عموماً به شرح زیر می‌باشند:

- *0 ... 10 V*
- *-5 ... +5V*
- *1 ... 5V*
- *0 ... 20 mA*
- *-10 ... +10 mA*
- *4 ... 20 mA*

نوع *E*: سنسورهایی که سیگنال خروجی آن‌ها مطابق با استانداردهای شبکه‌های صنعتی می‌باشد، مانند *RS-232-C, RS-422-A, RS-485* و یا جهت *Fieldbus* مانند *Profibus, ASI* و ... در نظر گرفته شده‌اند.

معرفی پارامترهای مهم در سنسورها

- فرکانس سوئیچینگ: حداکثر تعداد قطع و وصل سنسور در هر ثانیه.
- فاصله سوئیچینگ(*S*): فاصله بین قطعه استاندارد و سطح حساس سنسور به هنگام عمل سوئیچینگ.
- فاصله سوئیچینگ نامی(*Sn*): فاصله در حالت متعارف و بدون در نظر گرفتن پارامترهای متغیر از قبیل درجه حرارت، ولتاژ تغزیه و غیره.
- فاصله سوئیچینگ موثر(*Sr*): فاصله سوئیچینگ تحت تاثیر ولتاژ نامی و حرارت ۲۰ درجه سانتیگراد. در این حالت تلرانس‌ها و پارامترهای متغیر نیز در نظر گرفته شده است*(0.9Sn<Sr<1.1Sn)*.
- فاصله سوئیچینگ مفید *Su*(*Useful Switching Distance*): فاصله‌ای است که در محدوده حرارت و ولتاژ مجاز، عمل سوئیچینگ انجام می‌شود.
- فاصله سوئیچینگ عملیاتی *Sa (Operating Switching Distance)*: فاصله‌ای است که تحت شرایط مجاز، عملکرد سنسور تضمین شده است.
- هیسترزیس(*H*): فاصله بین نقطه وصل شدن(هنگام نزدیک شدن به سنسور) و نقطه قطع شدن(هنگام دور شدن از سنسور) می‌باشد. حداکثر این مقدار ۱۰ درصد فاصله نامی می‌باشد.



شکل ۱-۸۳: هیسترزیس(*H*)

- قابلیت تکرار *R*: قابلیت تکرار فاصله سوئیچینگ مفید تحت ولتاژ تغزیه *V* و در شرایط زیر اندازه‌گیری می‌شود.
  - حرارت محیط: ۲۳ درجه سانتیگراد
  - رطوبت محیط: ۵۰ الی ۷۰ درصد
  - زمان تست: ۸ ساعت

مقدار تلورانس برای این پارامتر طبق استاندارد *EN 60947-5-2* حداکثر *0.1Sr* می‌باشد.

حفاظت سنسورها

الف)خروجی استاندارد: کلیه سنسورها معمولا در مقابل اتصال معکوس تغذیه و اضافه ولتاژهای ناشی از قطع بار سلفی حفاظت شده‌اند و فقط در صورت اتصال اشتباهی بین سیم‌های خروجی و تغزیه، احتمال آسیب دیدن سنسورها وجود دارد.

ب) خروجی حفاظت شده

این سنسورها در مقابل اتصال کوتاه بار و اتصال اشتباهی سیم‌ها حفاظت شده و معمولا دارای دو *LED* می‌باشند:

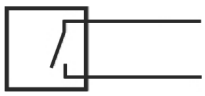
- *LED* قرمز: حالت خروجی را از نظر قطع و وصل نشان می‌دهد.
- *LED* سبز: در حالت عادی روشن می‌باشد که نشان دهنده وجود تغذیه در سنسور می‌باشد به هنگام اتصال کوتاه یا عبور اضافه بار از سنسور خروجی به حالت قطع در آمده و این *LED* به حالت چشمک زن درخواهد آمد. جهت برگشت به حالت نرمال باید تغذیه سنسور را قطع کرده و بعد از پنج ثانیه مجددا وصل نمود. این سنسورها معمولا با حروف *SP* مشخص شده‌اند.

۱-۹-۸) تابع خروجی سنسورها

سنسورها از لحاظ مشخصات خروجی به چند نوع زیر تقسیم می‌شوند.

۱- نرمال باز *Normal Open*(*N.O*)

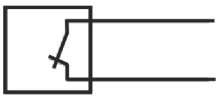
در حالت عادی خروجی سنسور قطع می‌باشد، و زمانیکه قطعه در مقابل سنسور قرار می‌گیرد خروجی سنسور از حالت قطع به وصل تغییر وضعیت می‌دهد.



شکل ۱-۸۴: **تابع خروجی نرمال باز *Normal Open*(*N.O*)**

۲- نرمال بسته *Normal Close*(*N.C*)

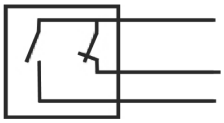
در حالت عادی خروجی سنسور وصل می‌باشد و زمانیکه قطعه در مقابل سنسور قرار می‌گیرد خروجی سنسور از حالت وصل به قطع تغییر وضعیت می‌دهد.



شکل ۱-۸۵: تابع خروجی نرمال بسته *Normal Close*(*N.C*)

۳- مکمل *Complementary*

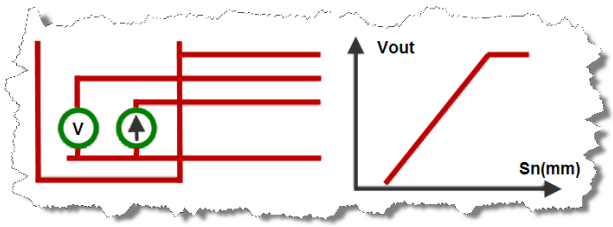
هردو نوع خروجی نرمال باز و نرمال بسته را دارا می‌باشد.



شکل ۱-۸۶: تابع خروجی مکمل *Complementary*

۴- آنالوگ *Analog*

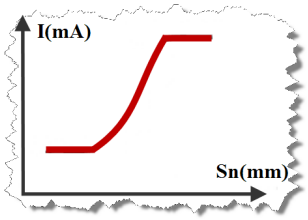
در این نوع از سنسورها خروجی به صورت ولتاژ و یا جریان پیوسته بوده و تابع فاصله قطعه از سنسور می‌باشد.



شکل ۱-۸۷: تابع خروجی آنالوگ

۵- سنسور نامور(تغییر مقاومت داخلی)

سنسورهای دوسیمه‌ای هستند که جریان آن‌ها متناسب با فاصله قطعه از سنسور تغییر می‌کند به عبارت دیگر می‌توان گفت مقاومت داخلی سنسور با توجه به فاصله قطعه تغییر می‌کند.



شکل ۱-۸۸: تابع خروجی نامور

سنسورهای دیجیتالی و آنالوگ

سنسورهای دیجیتالی مانند کلید قطع و وصل کار نموده و در صورت تحریک شدن سنسور که توسط عوامل فیزیکی صورت می‌گیرد، سیگنالی وصل و یا قطع می‌گردد. در این سنسورها فقط دو حالت *"0"* و یا *"1"* وجود دارد. در سنسورهای آنالوگ عوامل فیزیکی با توجه به شدت و تاثیر آن‌ها به سیگنال‌های آنالوگ ولتاژ و یا جریان تبدیل می‌شوند. حال پس از آشنایی با انواع خروجی‌های سنسورها به توضیح و معرفی سنسورهای موجود در صنعت می‌پردازیم.

۱-۹-۹) ۱- سنسورهای بدون تماس

شکل ۱-۸۹: سنسور بدون تماس

تحت این لفظ می‌توان سنسورهایی را طبقه بندی نمود، که وظیفه اصلی آن‌ها اعلام حضور یک قطعه در یک محل خاص می‌باشد. این نوع سوئیچ‌ها(سنسورها) دارای خروجی *"0"* و یا *"1"* منطقی بوده و دارای انواع مختلف می‌باشند. کلیدهای بدون تماس به علت استفاده فراوان در صنعت دارای اهمیت خاص بوده و در صنعت به نام‌های مختلفی مانند میکروسوئیچ، کلیدهای انتهای مسیر و ... معروف می‌باشند.

مزایای سوئیچ‌های بدون تماس عبارتند از:

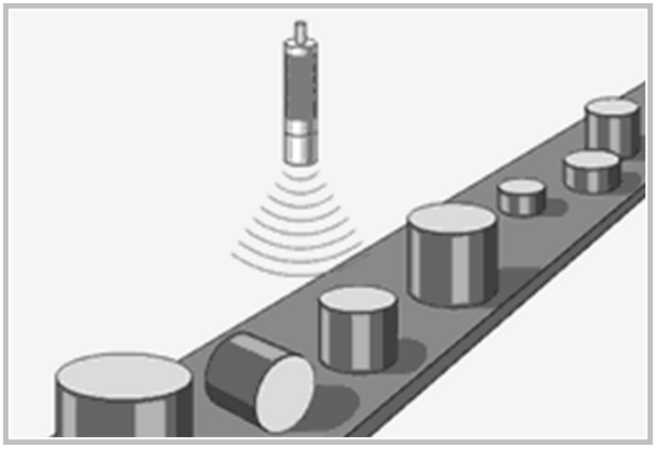
- بعلت عدم کنتاکت مکانیکی دارای طول عمر بیشتری هستند.
- می‌توان خیلی دقیق موقعیت قطعه را تعیین نمود.
- بدون داشتن تماس با قطعه، می‌تواند سیگنال مربوطه را ارسال دارد.
- دارای سرعت عکس العمل سریع و بدون اشتباه می‌باشد.

- تعداد قطع و وصل تقریباً بی نهایت است.
- می‌توان انواعی از این سنسورها را در شرایط کاری خیلی مشکل(مانند رطوبت و یا حرارت بالا) و یا خطرناک مانند(محیط‌های قابل انفجار) استفاده نمود.

سنسورها علاوه بر داشتن سرعت انتقال بالای اطلاعات، کنترل یک پروسه را آسان و زمان توقف دستگاه را در صورت خرابی بسیار کوتاه می‌نمایند. توسط سنسورها می‌توان محل و نوع خرابی ماشین را سریعاً تشخیص داده و تعمیرات لازم را انجام داد.

نکته به سنسورهایی که برای عملکرد نیازی به تماس فیزیکی ندارند *BERO* نیز می‌گویند(نام تجاری).

در شکل زیر نمونه‌ای از کاربرد این نوع از سنسورها را مشاهده می‌کنید.



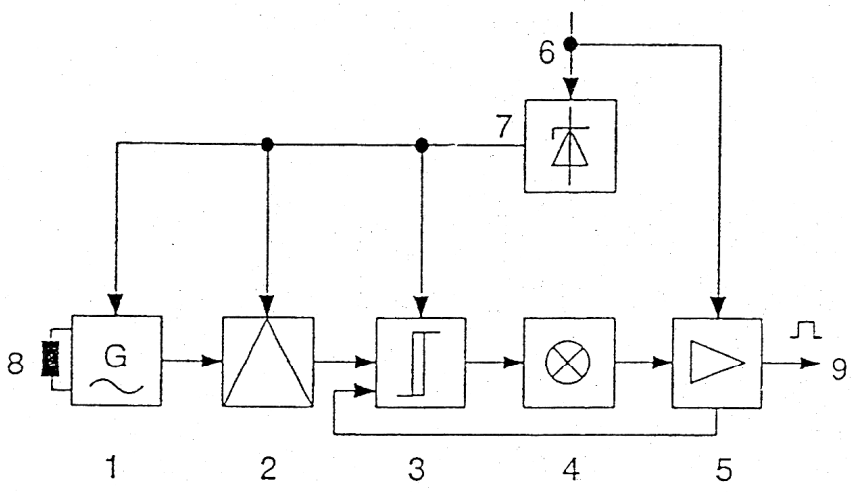
شکل ۱-۹۰: سنسور وضعیت صحیح قوطی‌های کنسرو را حس می‌کند

سنسورهای *BERO* در چهار نوع سلفی، خازنی، آلتراسونیک و فتوالکتریک موجود می‌باشند. نوع سلفی تنها قادر به تشخیص فلزات می‌باشد. اما سه نوع دیگر وجود هرنوع ماده‌ای را حس می‌کنند. در جدول زیر تکنولوژی کار هرنوع سنسور عنوان شده‌است.

نوع سنسور	جنس ماده‌ای که حس می‌کند	تکنولوژی کار
سلفی	فلز	میدان الکترومغناطیسی
خازنی	هرچیزی	میدان الکترومغناطیسی
آلتراسونیک	هرچیزی	امواج صوتی
فتوالکتریک	هرچیزی	نور

۱-۹-۹-۱) سنسورهای القائی(سلفی)

یک سنسور القائی از یک نوسان ساز(*LC*، *Demodulator*)، یک تقویت کننده و قسمت خروجی تشکیل شده است(شکل ۱-۹۱).



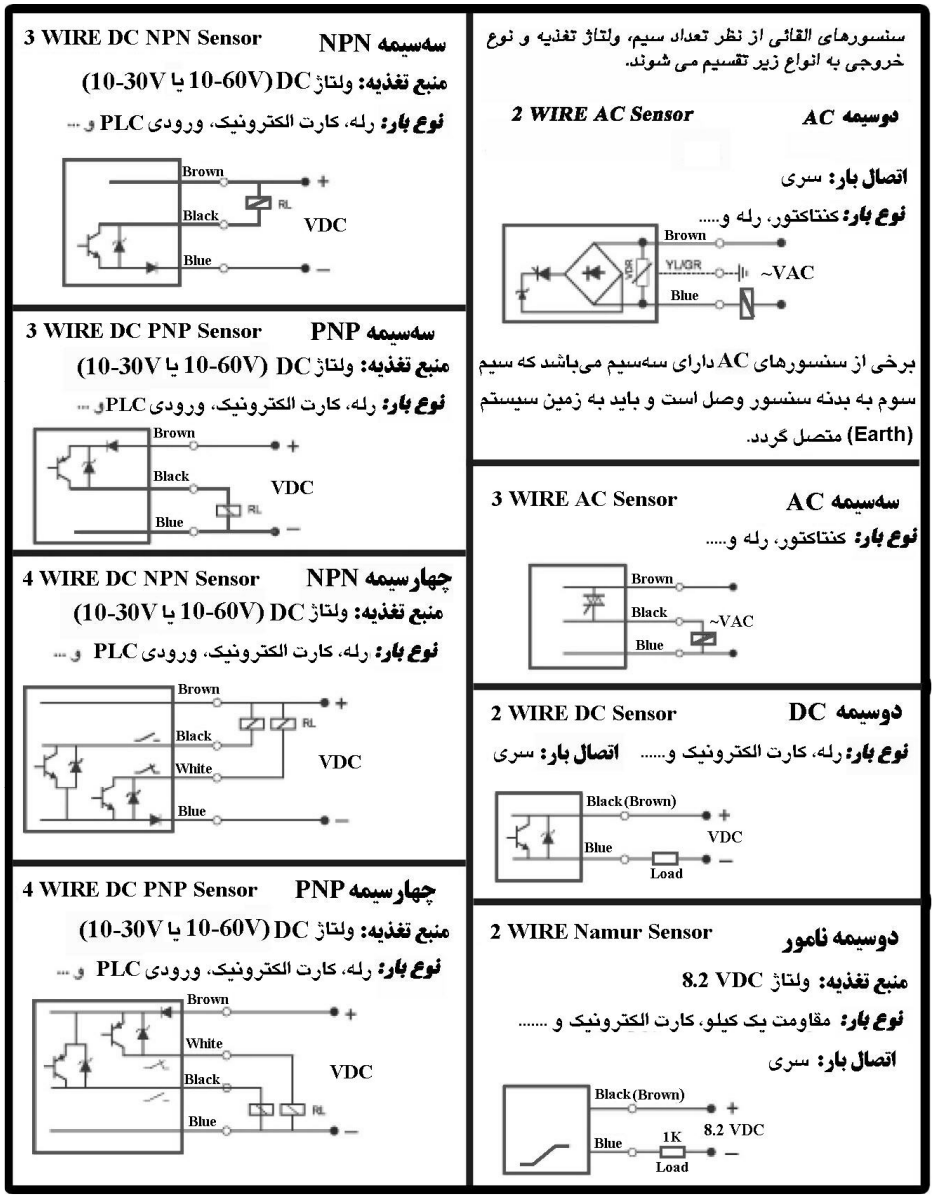
1 Oscillator
2 Demodulator
3 Triggering stage
4 Switching status display
5 Output stage with protective circuit
6 External voltage
7 Internal constant voltage supply
8 Active zone (coil)
9 Sensor output

شکل ۱-۹۱: قسمت‌های مختلف یک سنسور القائی

توسط شکل خاص نوسان ساز، میدان مغناطیسی از طریق دریچه نیمه بازی در یک جهت معین منتشر می‌شود، به طوریکه میدان مغناطیسی تولید شده در یک محدوده مشخصی فعال بوده و فقط در این منطقه امکان قطع و وصل سنسور وجود دارد. هنگامی که جریان برق سنسور وصل می‌گردد، نوسان ساز شروع به نوسان نموده و جریان مشخصی از آن عبور می‌کند. اگر یک جسم هادی جریان الکتریکی در میدان مغناطیسی وارد گردد، در آن جریان گردابی به وجود آمده و قسمتی از انرژی اسیلاتور را جذب می‌کند، که این خود باعث تغییر میزان جریان مصرفی در نوسان ساز می‌گردد. این تغییرات در یک قسمت الکترونیکی تجزیه و تحلیل و خروجی سنسور قطع و یا وصل می‌شود. سنسورهای القائی می‌توانند در کاربردهای وسیعی همچون اندازه‌گیری یک فاصله، تعیین یک سطح، اندازه‌گیری یک ضخامت واندازه‌گیری یک ارتفاع مورد استفاده قرار گیرند.

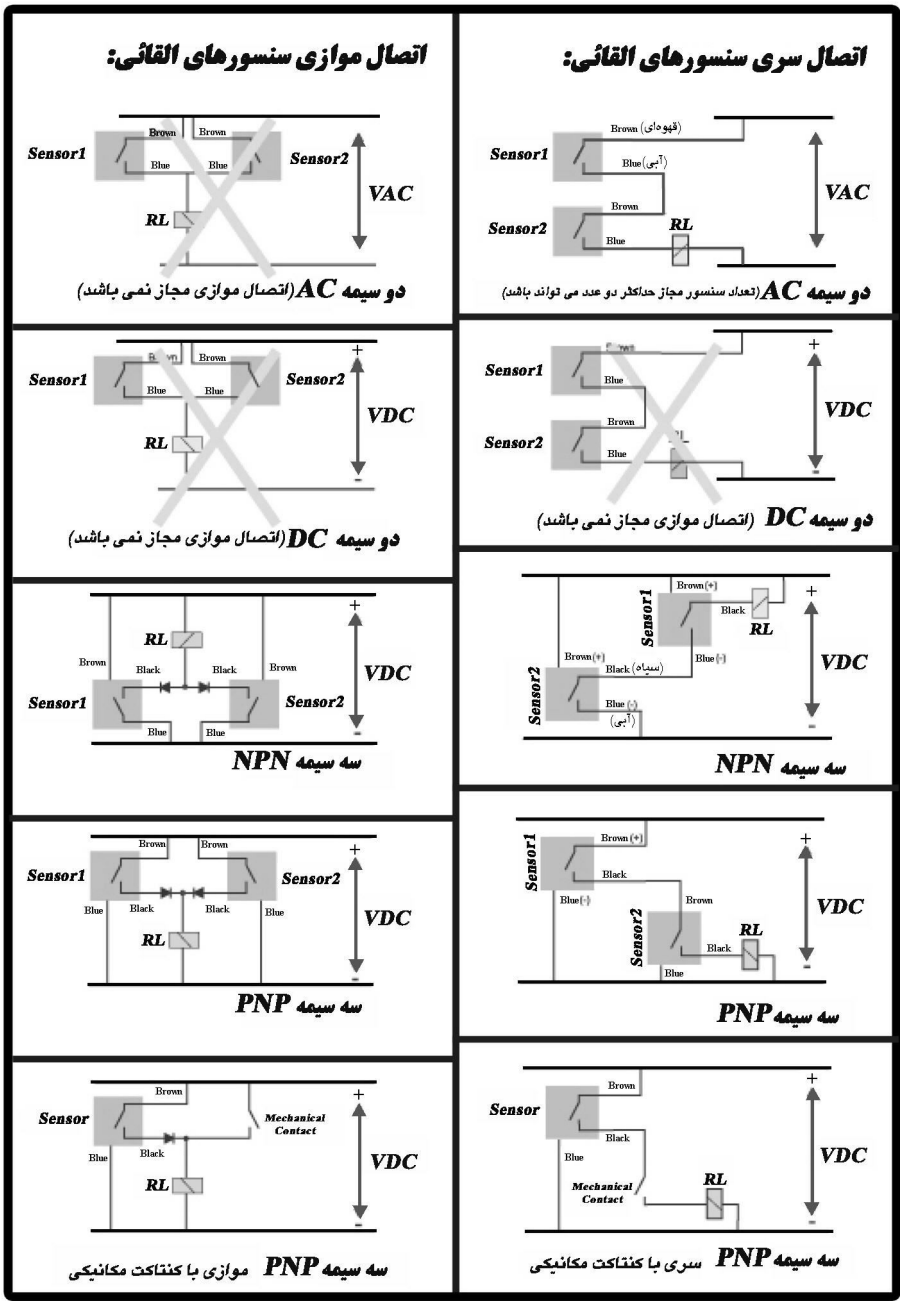
شکل ۱-۹۲: نمونه‌ای از عملکرد یک سنسور القائی

در شکل ۱-۹۳ انواع سنسورهای القائی نشان داده شده است.



شکل ۱-۹۳: انواع سنسورهای القائی

در شکل ۱-۹۴ نحوه اتصال منطقی سنسورهای القائی نشان داده شده است.



شکل ۱-۹۴: نحوه اتصال منطقی سنسورهای القائی

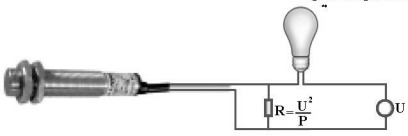
درهنگام نصب سنسورهای القائی به مواردی که در شکل ۱-۹۵ نشان داده شده است حتما توجه نمایید.

از اتصال سنسورهای دوسیمه AC بدون بار به برق شهر خودداری نمائید.
این کار موجب خرابی سنسور خواهدشد.

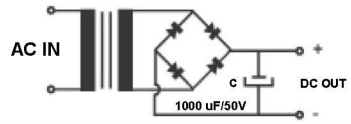
از اتصال سنسورهای دوسیمه DC بدون بار به باطری و یا منبع تغذیه خودداری نمائید.
این کار موجب خرابی سنسور خواهدشد.

از اتصال لامپ به عنوان بار به سنسورهای AC خودداری نمائید. امپدانس اهمی لامپ هنگام خاموش بودن کم است(لامپ سرد است)، در نتیجه در لحظه سوئیچینگ سنسور، جریان زیادی از آن عبور خواهد کرد که در مواردی موجب خرابی سنسور می‌شود.

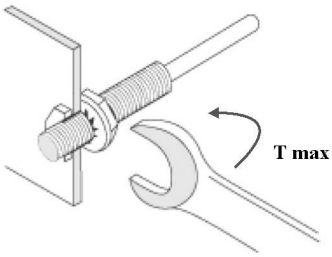
هرگاه مجبور شدید که از لامپ به عنوان باراستفاده نمائید بهتر است از یک مقاومت مطابق شکل زیر استفاده کنید.



در مواقعی که از منابع تغذیه DC در ترکیب مدارات سنسورها استفاده می‌گردد، باید از خازن به منظور کاهش ریپل تغذیه استفاده شود.



هنگام محکم‌کردن سنسورها در محل نصب، رعایت حداکثر گشتاور اعمالی الزامی است. در جدول زیر، این مقدار برای سنسورهای مختلف مشخص



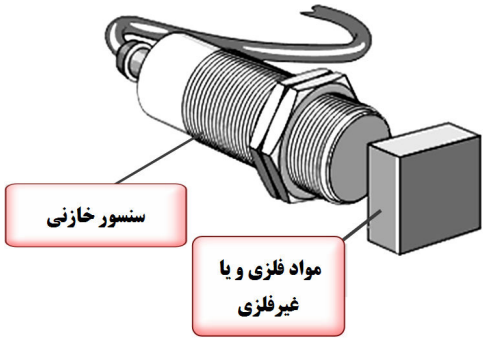
قطر سنسور ϕ (mm)	T max(Nm) حداکثر گشتاور
12	15
18	35
30	50

هنگام نصب سنسور، حتما به محدوده ولتاژ کار آن توجه شود. این محدوده برروی برچسب سنسور درج شده‌است.

هنگام استفاده از سنسور، حتما به جریان مجاز آن توجه شود. ماکزیمم جریان مجاز برروی برچسب سنسور درج شده‌است.

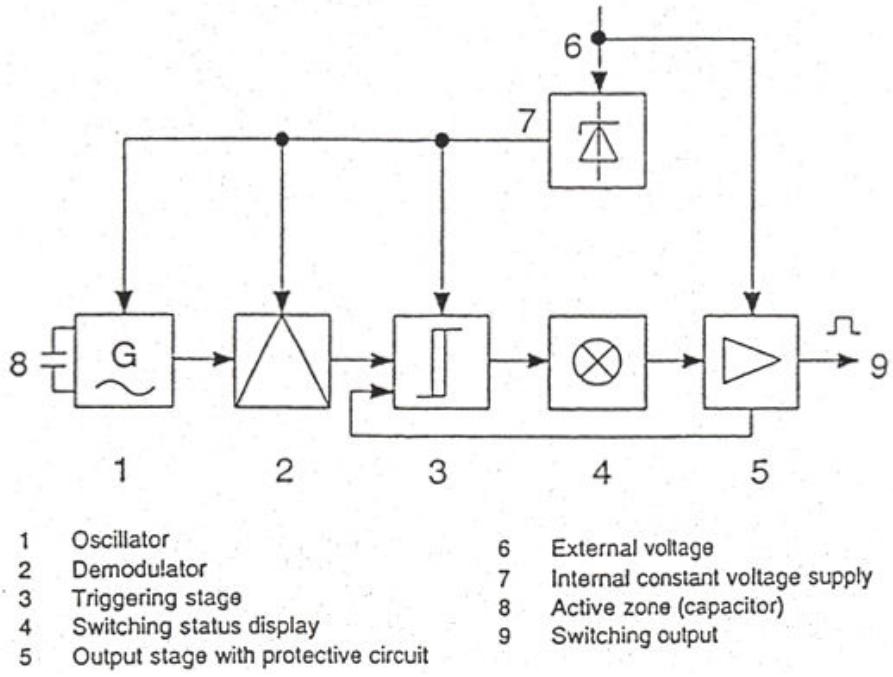
شکل ۱-۹۵: احتیاط‌های لازم هنگام نصب سنسورهای القائی

۱-۹-۹-۲) سنسورهای خازنی



شکل ۱-۹۶: سنسور خازنی

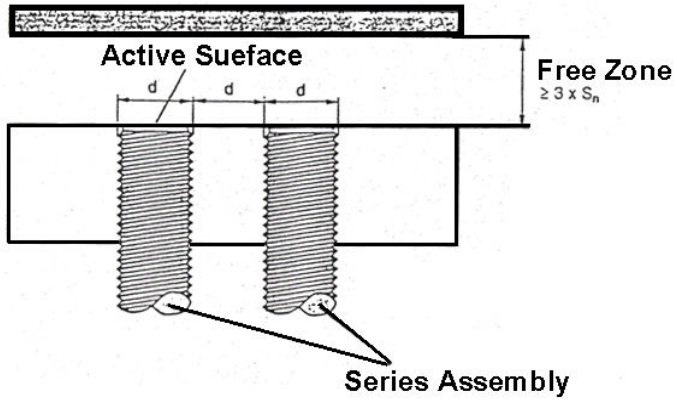
اساس کار سنسورهای خازنی بر پایه تغییرات ظرفیت خازنی می‌باشد، که در یک مدار نوسان ساز *RC* قرار گرفته است. سنسورهای خازنی نسبت به سنسورهای القایی این مزیت را دارند که علاوه بر اجسام هادی، اشیا عایق را نیز حس می‌کنند. در این نوع از سنسورها جهت ایجاد میدان الکتریکی از دو الکترود استفاده می‌شود که یکی از الکترودها فعال بوده و دیگری به زمین متصل می‌باشد. همچنین الکترود خنثی کننده‌ای وجود دارد که اثر رطوبت هوا را بر روی خازن از بین می‌برد. بلوک اجزای سازنده این نوع سنسور در شکل ۱-۹۷ نشان داده شده است.



شکل ۱-۹۷: اجزای سازنده سنسور خازنی

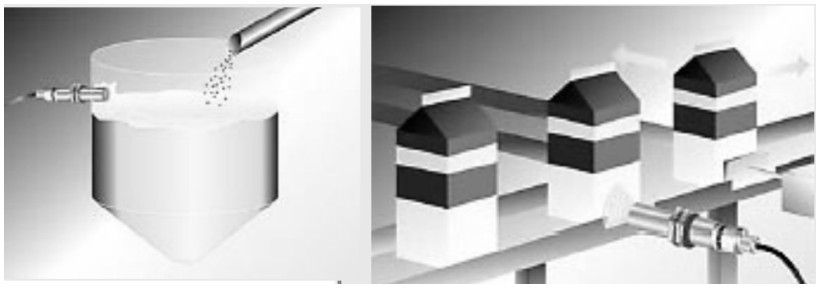
اگر فلز، مواد مصنوعی، شیشه، چوب، آب و ... وارد محدوده فعال سنسور گردد محدوده انتشار میدان الکتریکی نشتی خازن، باعث تغییر ظرفیت آن گردیده که مقدار این تغییرات به عوامل زیر بستگی دارد:

۱- فاصله جسم از سنسور
۲- ابعاد جسم



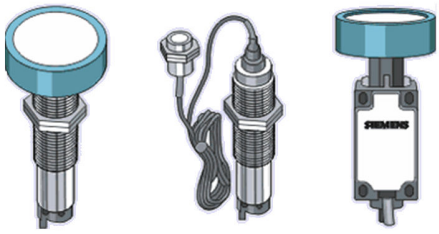
شکل ۱-۹۸: نحوه عملکرد سنسور

این نوع سنسورها دارای این مزیت هستند که خیلی ساده و کم حجم و به راحتی قابل نصب می‌باشند. سنسور خازنی دارای فاصله سوئیچ کمتری نسبت به سنسورهای القایی می‌باشد. از جمله کاربردهای این حسگرها می‌توان به کنترل سطح، کنترل وجود مایع در بسته‌ها و عمل شمارش اجسام عایق اشاره کرد.



شکل ۱-۹۹: نمونه‌ای از کاربرد سنسورهای خازنی

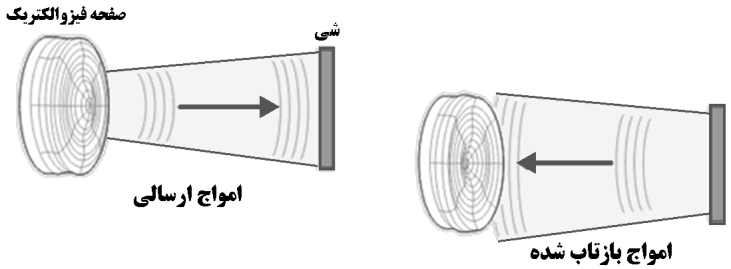
۱-۹-۹-۳) سنسورهای آلتراسونیک



شکل ۱-۱۰۰: سنسورهای آلتراسونیک

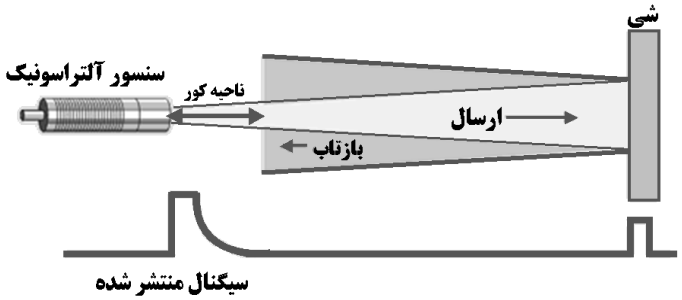
در این سنسورها، سیگنال‌های صوتی فرکانس بالا از یک فرستنده ارسال شده و توسط گیرنده دریافت می‌شود. حال اگر شی بین فرستنده و گیرنده قرار گیرد سیگنال به شی برخورد کرده و دیگر گیرنده سنسور قادر به دریافت سیگنال نبوده و مدارات کنترلی سنسور وجود شی را اعلام می‌کند.

نحوه عملکرد سنسور: یک صفحه فیزوالکتریک مرتعش برروی سطح سنسور نصب می‌شود که امواج صوتی فرکانس بالا تولید می‌نماید. وقتی سیگنال‌های ارسالی به ماده انعکاس دهنده صوت می‌رسد، صدا بازتاب می‌گردد(اکو). مدت سیگنال بازتاب شده در یک مبدل ارزیابی می‌شود. وقتی سیگنال برگشتی در محدوده مشخصی باشد مدار داخلی سنسور عمل می‌کند ولی اگر از محدوده خارج شد مدار کنترلی به حالت اولیه برمی‌گردد.



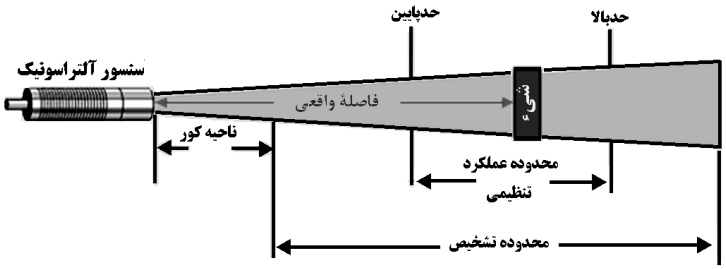
شکل ۱-۱۰۱: نحوه عملکرد سنسور

ناحیه کور: اشیائی که در ناحیه کور قرار می‌گیرند، سیگنال‌های ناپایدار از خود ارسال می‌کنند. بسته به نوع سنسور این ناحیه، ۶ تا ۸ سانتی‌متر جلوی سنسور است.



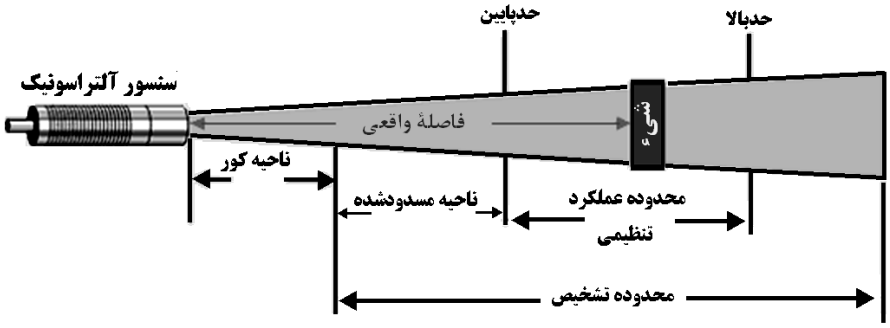
شکل ۱-۱۰۲: نمایش ناحیه کور

محدوده تعریف عملکرد: محدوده عملکرد برحسب پهنا و موقعیت در داخل محدوده تشخیص تعریف می‌شود. حد بالا برای تمامی سنسورها یکی است ولی حد پایین بستگی به نوع سنسور دارد. اگر شی از حد بالا بیرون رود دیگر سنسور قادر به تشخیص آن نمی‌باشد.



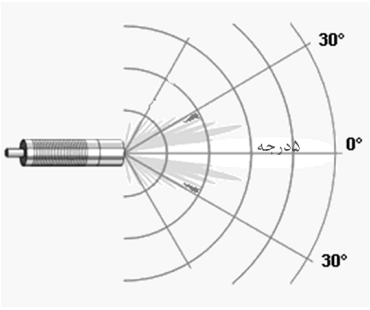
شکل ۱-۱۰۳: محدوده تعریف عملکرد

ناحیه مسدود شده: ناحیه مسدود شده بین حد پایین و ناحیه کور واقع شده‌است. نوع شی که در این ناحیه واقع می‌شود مشخص نمی‌شود.



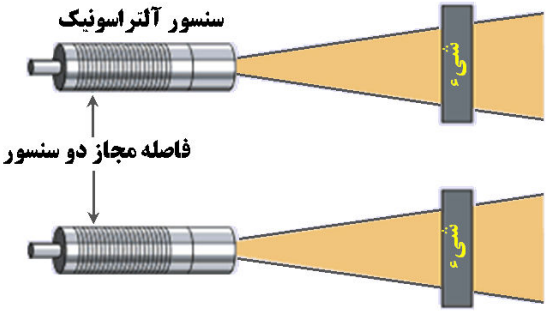
شکل ۱-۱۰۴: ناحیه مسدود شده

زاویه تشعشع: زاویه تشعشع سنسور آلتراسونیک از یک مخروط اصلی با زاویه ۵ درجه و مخروط‌های اصلی دیگر تشکیل یافته است.



شکل ۱-۱۰۵: زاویه تشعشع

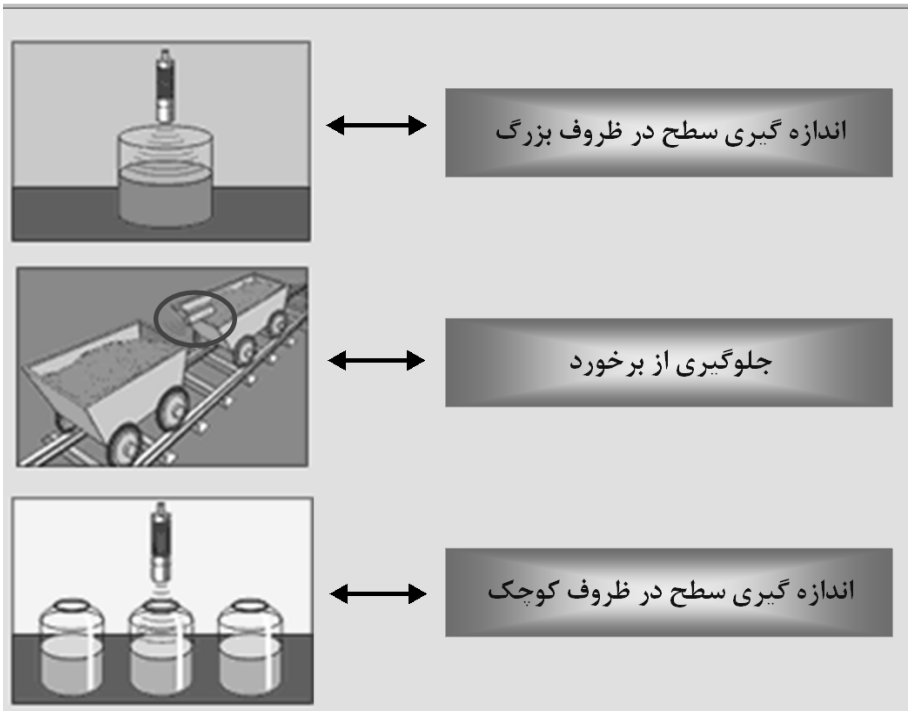
سنسورهای موازی: اگر مطابق شکل ۱-۱۰۶ دو سنسور با هم موازی کارکنند، براساس محدوده تشخیص، فاصله آن‌ها مطابق جدول زیر نباید از حد مشخصی کمتر باشد.



شکل ۱-۱۰۶: سنسورهای موازی

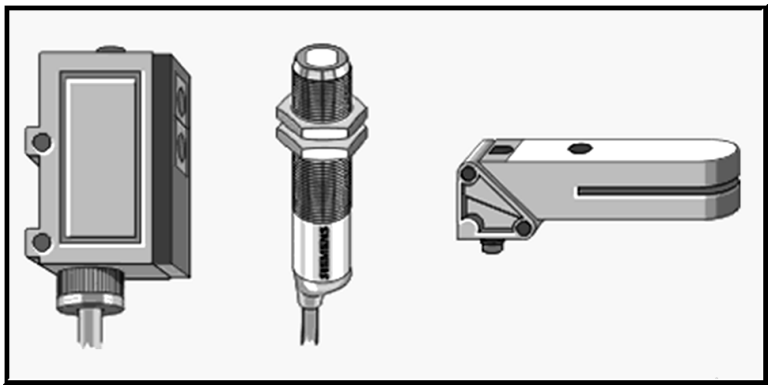
محدوده تشخیص	X(cm)
6-30	>15
20-130	>60
40-300	>150
60-600	>250
80-1000	>350

به عنوان مثال اگر محدوده تشخیص سنسوری ۶ سانتیمتر باشد، مطابق جدول نباید فاصله آن‌ها از ۱۵ سانتیمتر کمتر باشد. در شکل زیر می‌توانید نمونه‌هایی از کاربرد سنسورهای آلتراسونیک را مشاده نمایید.



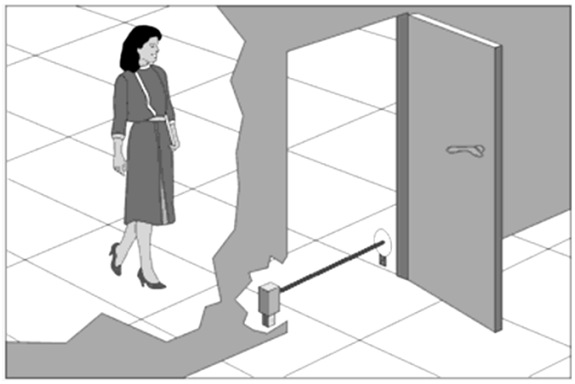
شکل ۱-۱۰۷: کاربرد سنسور آلتراسونیک

۱-۹-۹-۴) سنسورهای فتوالکتریک



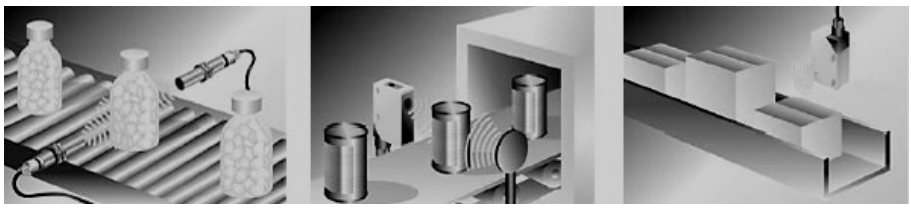
شکل ۱-۱۰۸: سنسورهای فتوالکتریک

سنسور فتوالکتریک نوع دیگری از ابزارهای تشخیص موقعیت می‌باشند. این سنسور از پرتوی نور مدوله شده استفاده می‌کند. این پرتو توسط شی منعکس شده و یا قطع می‌گردد. شاید کاربرد این سنسورها را در تشخیص حضور افراد در مغازه‌ها دیده باشید. این سنسور شامل منبع انتشار نور، یک گیرنده برای کشف نور ارسالی و مدارات الکترونیکی برای تقویت سیگنال کشف شده جهت راه‌اندازی مدارات کنترلی می‌باشد.



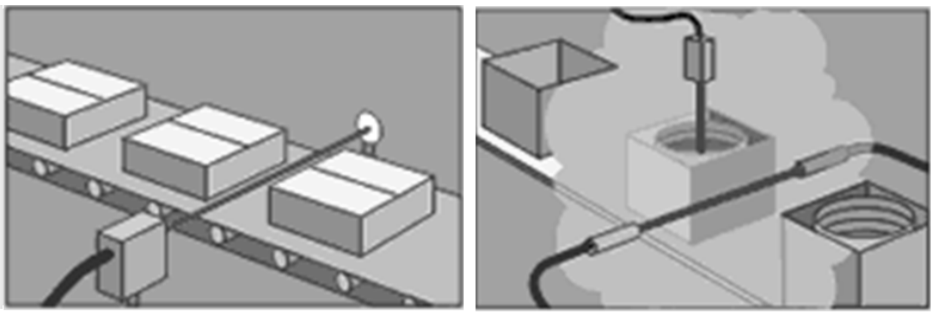
شکل ۱-۱۰۹: کاربرد سنسور نوری

از کاربردهای این نوع حسگر می‌توان به سنجش ارتفاع، عمل شمارش به صورت تک سنسوری(روش انعکاس) و دو سنسوری اشاره کرد.



شکل ۱-۱۱۰: نمونه‌ای از عملکرد سنسورهای نوری

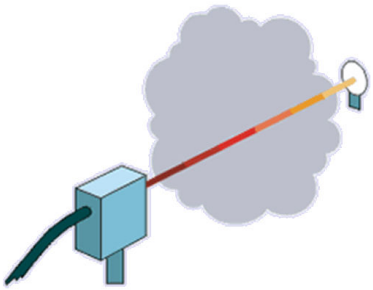
۱-۹-۹-۵) ضریب تقویت



شکل ۱-۱۱۱: ضریب تقویت

هوای محیطی که سنسور در آنجا نصب می‌شود(مخصوصا محیط‌های صنعتی)، ممکن است حاوی گرد، خاک، دود و رطوبت باشد در این شرایط سنسور نیاز به تشعشع نور بیشتر دارد.

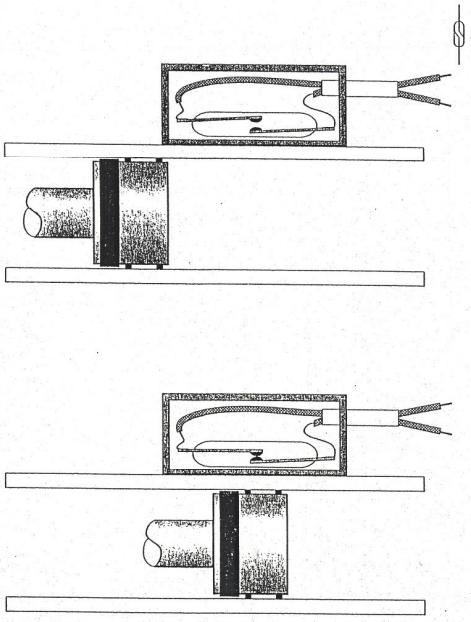
هوای محیط به شش گروه آلودگی پاک، سبک، پایین، متوسط، بالا و بسیارزیاد تقسیم می‌گردد. در هوای پاک ضریب تقویت برابر یک و یا بالاتر از یک انتخاب می‌شود و در محیطی که گیرنده قادر به دریافت ۵۰ درصد از نور منتشر شده باشد حداقل ضریب دو برای کار مناسب سنسور کافی می‌باشد.



شکل ۱-۱۱۲: ضریب تقویت برای سنسور نوری

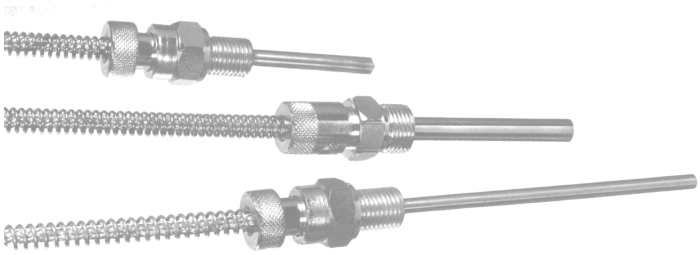
۱-۹-۱۰) ۲- سوئیچ زبانه‌ای *(Reed Switch)*

برای مشخص نمودن موقعیت پیستون در سیلندرهای نیوماتیکی، می‌توان از میکروسوئیچ غلطکی استفاده نمود اما به دلیل تماس مکانیکی میکروسوئیچ، استفاده از میکروسوئیچ در همه موارد امکان پذیر نمی‌باشد و باید روش دیگری را اتخاذ نمود. سوئیچ زبانه‌ای نوعی سنسور بدون تماس می‌باشد که با تحریک مغناطیسی عمل می‌کند. اصل کلی در این روش تشخیص موقعیت خود پیستون می‌باشد(بجای موقعیت میله پیستون). به این ترتیب که در داخل پیستون یک مغناطیس دائم قرارگرفته است که با حرکت پیستون، مغناطیس دائم نیز حرکت می‌کند حال با قرار دادن سوئیچ زبانه‌ای روی پوسته خارجی سیلندر و با نزدیک شدن میدان مغناطیس به آن، پلاتین داخلی عمل نموده و اتصال برقرار می‌شود و با دور شدن پیستون، میدان مغناطیسی هم قطع شده و در نتیجه پلاتین‌های سوئیچ زبانه‌ای نیز جدا شده باعث قطع سیگنال می‌گردد به این ترتیب بدون تماس مکانیکی می‌توان موقعیت پیستون را تشخیص داد. بدلیل عدم وجود تماس مکانیکی این قطعه نیز جزء خانواده سنسورهای بدون تماس قرار دارد و به علت مزایای فراوان آن حتی در مواردی که امکان استفاده از میکروسوئیچ وجود داشته باشد ترجیحاً از آن استفاده می‌شود و امروز نقش عمده‌ای در سیستم‌های الکتروپنیوماتیکی ایفا می‌کند.



شکل ۱-۱۱۳: سوئیچ زبانه‌ای *(Reed Switch)*

۱-۹-۱۱) ترموکوپل



شکل ۱-۱۱۴: ترموکوپل

همانگونه که می‌دانید بعضی از اجسام، الکترون از دست می‌دهند و بعضی دیگر الکترون جذب می‌کنند در نتیجه، بین دو جسم غیر مشابه هنگام اتصال، انتقال الکترون صورت می‌گیرد. فلزات فعال در درجه حرارت معمولی اتاق نیز می‌توانند الکترون آزاد کنند برای مثال، اگر مس و روی را به یکدیگر متصل کنیم، الکترون‌ها از اتم مس خارج و به اتم روی وارد می‌شوند در نتیجه، فلز روی، الکترون‌های اضافی کسب می‌کند و به طور منفی باردار می‌شود و مس که الکترون‌های خود را از دست داده‌است دارای بار مثبت می‌شود.

بارهایی که در درجه حرارت اتاق تولید می‌شوند کم هستند زیرا انرژی حرارتی کافی برای آزاد کردن الکترون‌های بیشتری وجود ندارد، اما اگر محل اتصال دو فلز را حرارت دهیم انرژی بیشتری تولید می‌شود و الکترون‌های بیشتری آزاد می‌گردند به این روش «ترموالکتریسیته» گفته می‌شود هر چه حرارت بیشتر باشد بار بیشتری تولید می‌گردد. هنگامی‌که حرارت قطع شود، فلزها سرد می‌شوند و بارها از بین می‌روند به اتصال این دوفلز «ترموکوپل» می‌گویند. هنگامی‌که چندین ترموکوپل به یکدیگر متصل شوند یک ترموبیل(باتری حرارتی) به وجود می‌آید از ترموکوپل برای اندازه‌گیری درجه حرارت در کوره‌ها و برای قطع جریان گاز در موقع خاموش شدن شعله در اجاق گاز استفاده می‌شود. ترموکوپل‌ها براساس نوع اتصال و رنج دمایی به انواع مختلفی دسته‌بندی می‌شوند که در جدول زیر نمایش داده شده‌اند.

Type	Materials*	Typical Range °C
T [1, 2]	Copper (Cu) vs Constantan	-270 to 400
J [1, 3]	Iron (Fe) vs Constantan	-210 to 1200
K	Chromel vs Alumel	-270 to 1370
E	Chromel vs Constantan	-270 to 1000
S	(Pt-10%Rh) vs Pt	-50 to 1768
B	(Pt-13% Rh) vs (Pt-6% Rh)	0 to 1820
R	(Pt-13%Rh) vs Pt	-50 to 1768
N	(Ni-Cr-Si) vs (Ni-Si-Mg)	-270 to 1300

۲

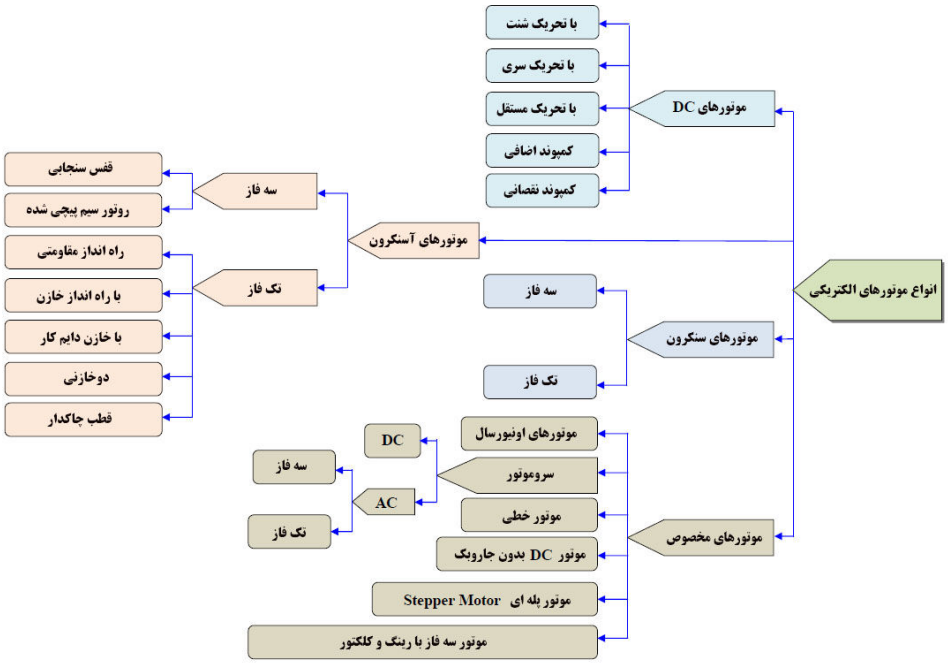
۲) فصل دوم: ماشین‌های الکتریکی

اهداف فصل:

- ☑ **تقسیم‌بندی موتورهای الکتریکی**
- ☑ **موتورهای الکتریکی جریان متناوب**
- ☑ **موتورهای آسنکرون تک‌فاز و سه فاز**
- ☑ **موتور آسنکرون با رتور سیم‌پیچی**
- ☑ **روش‌های راه‌اندازی موتورهای القائی سه‌فاز**
- ☑ **کنترل سرعت موتورهای القائی سه‌فاز**
- ☑ **ترمز در موتورهای آسنکرون سه‌فاز**
- ☑ **آشنایی با الکترو موتورهای تک فاز**
- ☑ **پلاک اتصال موتورهای تک فاز(تخته کلم)**
- ☑ **تغییر جهت گردش در موتورهای تک فاز**
- ☑ **آشنایی با پلاک الکتروموتورهای سه‌فاز و جداول کاربردی موتورها**
- ☑ **تست‌های مربوط به عملکردهای موتورهای الکتریکی قبل از راه‌اندازی**
- ☑ **عیب‌یابی موتور**
- ☑ **روش‌های حفاظت موتور**
- ☑ **ترانسفورماتور(*Transformer*)**

۲-۱) تقسیم‌بندی موتورهای الکتریکی

امروزه، موتورهای الکتریکی کاربردهای فراوان و متنوعی در صنایع پیدا کرده‌اند. درتمامی کارخانه‌ها یا واحدهای صنعتی، می‌توان موتورهای الکتریکی فراوانی را پیدا کرد که با اندازه‌ها و توان‌های مختلف، بارهای گوناگون را به حرکت در می‌آورند. موتورهای الکتریکی وسایلی هستند که انرژی الکتریکی را به انرژی مکانیکی تبدیل می‌کنند. این موتورها در چهار نوع کلی *DC*، آسنکرون یا القایی، سنکرون و مخصوص وجود دارند. در این میان موتورهای القایی به دلیل سادگی ساختمان آن‌ها، قابلیت اطمینان بالا و نیاز کم آن‌ها به تعمیرات، از کاربرد گسترده‌ای در صنایع برخوردار شده‌اند. این موتورها بسته به نوع تغذیه‌شان در دو نوع سه‌فاز و تک‌فاز تولید و در بازار عرضه می‌شوند. موتورهای القایی سه فاز معمولا در صنایع و در توان‌های بالا در دو سطح ولتاژ فشار ضعیف و فشار متوسط مورد استفاده قرار می‌گیرند، در حالی که موتورهای القایی تک‌فاز بیشتر در توان‌های کوچک ساخته شده و قدرت آن‌ها از ۷/۵کیلووات بالاتر نمی‌رود. شکل زیر یک تقسیم بندی کلی از موتورهای الکتریکی را نمایش می‌دهد شایان ذکر است که در کتاب حاضر تنها به بررسی بخش کوچکی از انواع موتورهای الکتریکی خواهیم پرداخت و این شکل تنها به منظور آشنایی خوانندگان ارائه شده‌است.



شکل ۲-۱: تقسیم بندی کلی از موتورهای الکتریکی

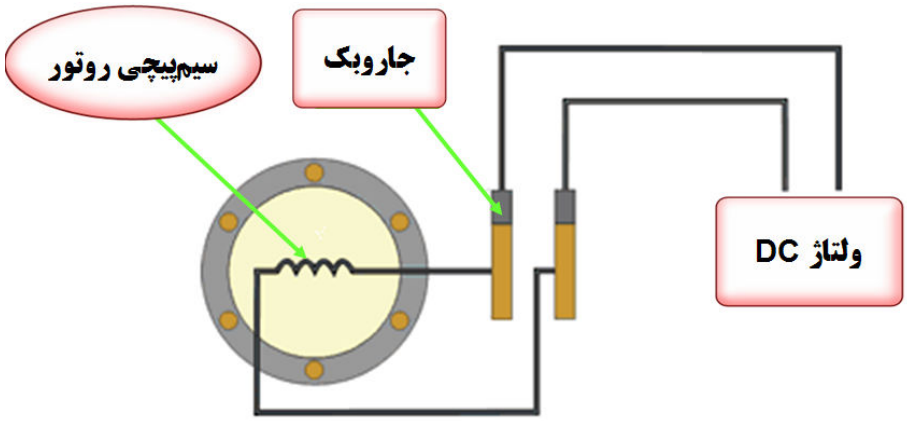
۲-۲) موتورهای الکتریکی جریان متناوب

موتورهای جریان متناوب، انرژی الکتریکی را جذب و به انرژی مکانیکی تبدیل می‌کنند این گونه موتورها به دو دسته تقسیم می‌شوند:

- موتورهای سنکرون
- موتورهای آسنکرون

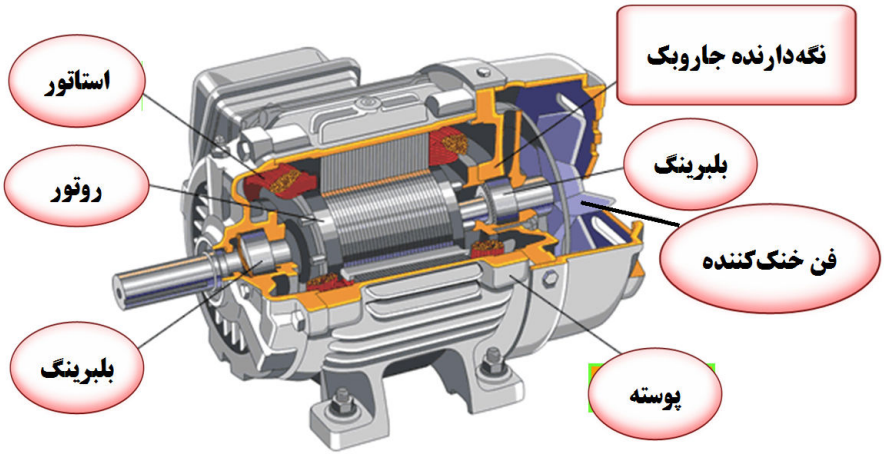
برای راه‌اندازی موتورهای آسنکرون از یک منبع جریان متناوب استفاده می‌شود و ولتاژ متناوب به سیم پیچی استاتور اعمال شده در نتیجه عبور جریان از سیم‌پیچ‌ها میدان مغناطیسی دوار تولید می‌کند. این

میدان، روتور(قسمت گردان) را قطع کرده آن را حامل جریان می‌کند و در اثر نیروی وارد شده از طرف میدان دوار به روتور موجب حرکت آن می‌شود. در موتورهای سنکرون از دو منبع ولتاژ استفاده می‌شود به سیم‌پیچ‌های استاتور منبع ولتاژ متناوب و به سیم‌پیچ‌های روتور منبع ولتاژ مستقیم اعمال می‌شود.

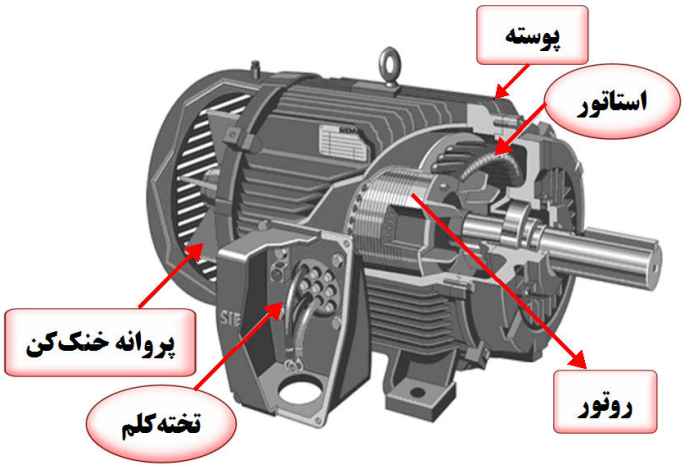


شکل ۲-۲: نحوه اتصال ولتاژ *DC* به سیم‌پیچ‌های روتور

موتورهای آسنکرون به دلیل سادگی ساختمان و نداشتن کلکتور بیش‌تر از موتورهای سنکرون در صنعت به کار می‌روند موتورهای آسنکرون به صورت تک‌فاز و سه فاز کاربرد فراوانی دارند. توجه شود که موتورهای *AC* از اجزای زیر تشکیل می‌شوند.



شکل ۲-۳: اجزای تشکیل دهنده موتورهای *AC*



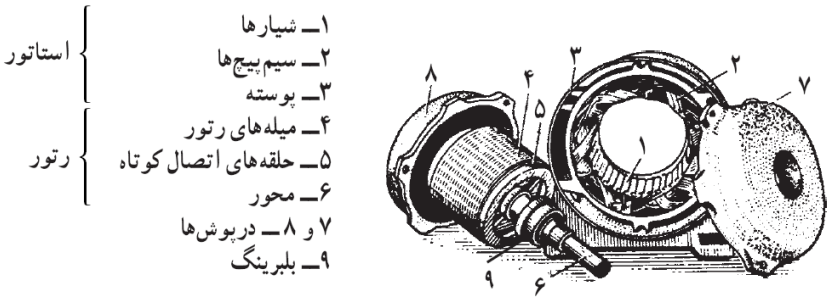
شکل ۲-۴: اجزای تشکیل دهنده موتورهای *AC*

۲-۳) موتورهای آسنکرون تک‌فاز و سه فاز

موتورهای آسنکرون تنها دارای یک سیم‌پیچی بوده که در قسمت ساکن(استاتور) قرار دارد و به سیم‌پیچی استاتور معروف است. این سیم‌پیچی از جریان متناوب تغذیه می‌شود. چون جریان القایی روتور بر اثر القای الکترومغناطیسی صورت می‌گیرد به این نوع موتورها موتورهای القایی نیز می‌گویند. ساختمان موتور آسنکرون از دو قسمت اصلی تشکیل می‌شود:

- استاتور
- رتور

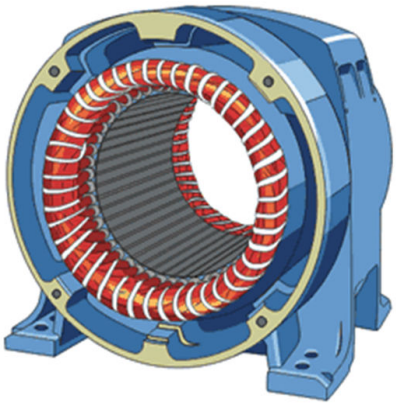
در شکل ۲-۵ اجزای موتور آسنکرون را مشاهده می‌نمایید.



شکل ۲-۵

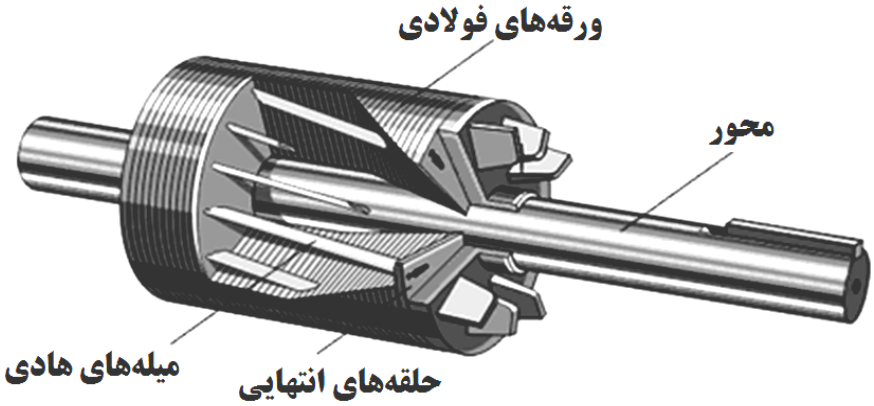
نام اجزا به ترتیب بدین قرار است:

استاتور: استاتور از صفحات نازک فولاد سیلیسیم دار به ضخامت نیم میلی‌متر تشکیل شده که با قراردادن این ورقه‌ها درکنار هم، استوانه‌ای توخالی به دست می‌آید. این استوانه‌ی توخالی درون یک پوسته‌ی چدنی پیچ شده‌است و در داخل شیارهای استاتور سیم‌پیچ‌هایی که از سیم‌های عایق تشکیل شده‌اند، قرار می‌گیرد. این سیم‌پیچ‌ها در برابر بدنه‌ی استاتور عایق می‌شوند. سیم‌بندی موتورهای آسنکرون ممکن است یک فاز یا سه فاز باشد. در شکل ۲-۶ یک استاتور نشان داده شده است.



شکل ۲-۶: استاتور

روتور قفسی سنجابی: روتور از ورقه‌های مخصوص فولاد که نسبت به هم عایق هستند، به شکل استوانه ساخته و بر محوری قرارداده می‌شود. در این محیط شیارها یا سوراخ‌های تعبیه شده است. شیارها نیمه بسته و یا تمام بسته هستند. در داخل شیارهای روتور از تعدادی میله‌های مسی یا آلومینیومی استفاده شده که از دو طرف روتور به وسیله‌ی دو حلقه‌ی فلزی اتصال کوتاه می‌شوند. به این گونه رتور، روتور قفسه سنجابی می‌گویند در شکل ۲-۷ ساختمان روتور قفسه سنجابی نشان داده شده است بیشتر موتورهای آسنکرون دارای روتور قفسی‌سنجابی هستند.



شکل ۲-۷: روتور قفسه سنجابی

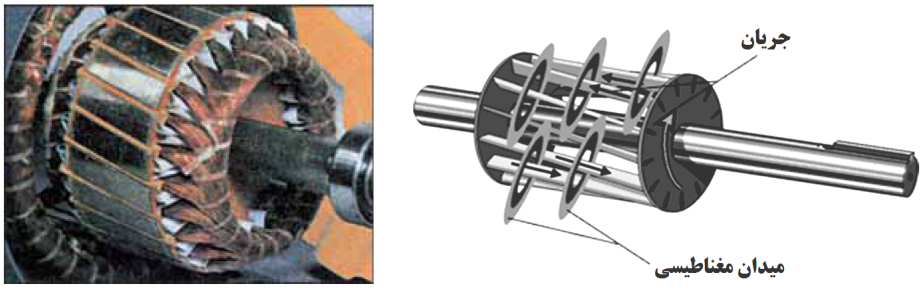
مزایا و عیب‌های موتورهای آسنکرون با روتور قفسی سنجابی

ساختمان و راه‌اندازی موتور آسنکرون با روتور قفسی بسیار ساده است و به هیچ وسیله‌ی کمکی نیاز ندارد. تعمیر و نگه‌داری این گونه موتورها به راحتی انجام می‌شود، اما جریان راه‌اندازی آن زیاد و گشتاور شروع به کار ضعیفی دارد.

۲-۴) موتور آسنکرون با روتور سیم‌پیچی

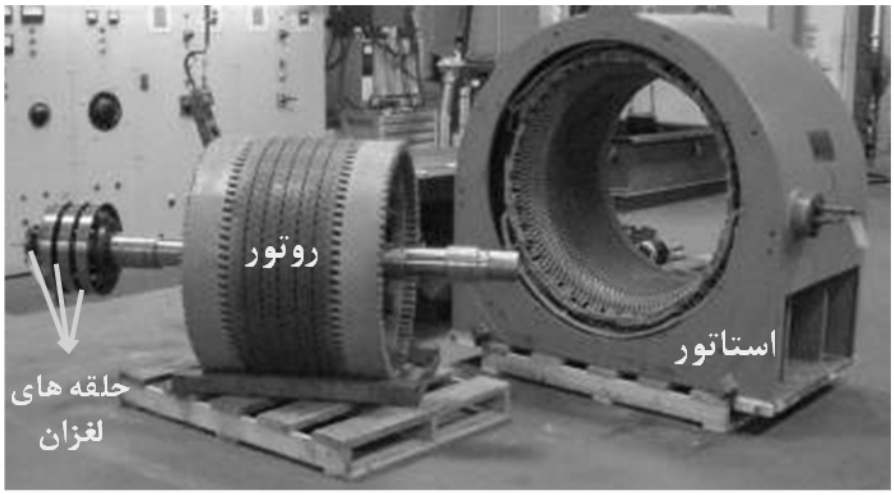
موتور آسنکرون با روتور قفسی سنجابی در لحظه راه‌اندازی جریان بسیاری را از شبکه جذب کرده گشتاور راه‌اندازی آن کم است. برای حل این مشکل بجای استفاده از روتور قفسی از روتور سیم‌پیچی استفاده

می‌کنیم برای این منظور روتور را مطابق شکل ۲-۸ سیم‌پیچی سه‌فازه می‌کنیم و آن را به صورت ستاره اتصال می‌دهیم.



شکل ۲-۸: موتور آسنکرون با روتور سیم‌پیچی

شکل ۲-۹



شکل ۲-۱۰: قسمت‌های مختلف یک موتور آسنکرون با روتور سیم‌پیچی

۲-۴-۱) درصد لغزش

حتما باید بین سرعت میدان چرخان استاتور اختلافی وجود داشته باشد در غیر این صورت ولتاژی روی میله‌های روتور به وجود نخواهد آمد و روتور نمی‌چرخد. این اختلاف سرعت را لغزش می‌گویند. لغزش بستگی به بار موتور دارد و وجودش برای تولید گشتاور ضروری است. اگر بار موتور زیاد شود سرعت روتور کم

می‌شود و بنابراین لغزش کم می‌شود. کاهش بار نیز باعث کاهش لغزش می‌گردد. لغزش به صورت درصد بیان می‌شود و با فرمول زیر محاسبه می شود.

$$\text{لغزش } \% = \frac{N_S - N_R}{N_S} X\,100$$

به عنوان مثال یک موتور ۴ قطب در فرکانس ۶۰ هرتز دارای سرعت سنکرون ۱۸۰۰ دور در دقیقه است. اگر سرعت موتور در بار کامل ۱۷۶۵ دور در دقیقه باشد لغزش برابر خواهد بود با:

$$\text{لغزش} \% = \frac{1800 - 1765}{1800} \; X\,100$$

$$\text{لغزش } \% = 1.9\ \%$$

۲-۵) روش‌های راه‌اندازی موتورهای القائی سه‌فاز

یکی از مزایای موتورهای القایی سه فاز، راه اندازی ساده آنهاست. برای راه اندازی یک موتور القایی سه‌فاز کافی است تا سیم پیچی های استاتور را به شبکه متصل کنیم. در این حالت موتور شروع به حرکت کرده و به سرعت نهایی خود می‌رسد. یکی از مشکلاتی که موقع راه‌اندازی این موتورها خود را نشان می‌دهد، جریان بالایی است که در لحظه راه‌اندازی از شبکه گرفته می‌شود. این جریان در حدود ۵ تا ۸ برابر جریان نامی موتور است که در شبکه‌هایی که ضعف طراحی دارند ممکن است در لحظه راه‌اندازی، باعث افت ولتاژ لحظه‌ای در خط تغذیه موتور شود. این امر می‌تواند بر عملکرد مصرف کننده‌های دیگری که به خط تغذیه متصل هستند، اثر نامطلوب بگذارد. از طرف دیگر دوام این جریان، می‌تواند باعث سوختن سیم پیچی‌های خود موتور نیز شود. بنابراین به منظور کاهش جریان راه اندازی به دنبال روش‌هایی می‌باشیم که زمان استارت جریان کم‌تری از طریق مصرف‌کننده دریافت شود. انوع روش‌های راه‌اندازی به شرح زیر می‌باشد.

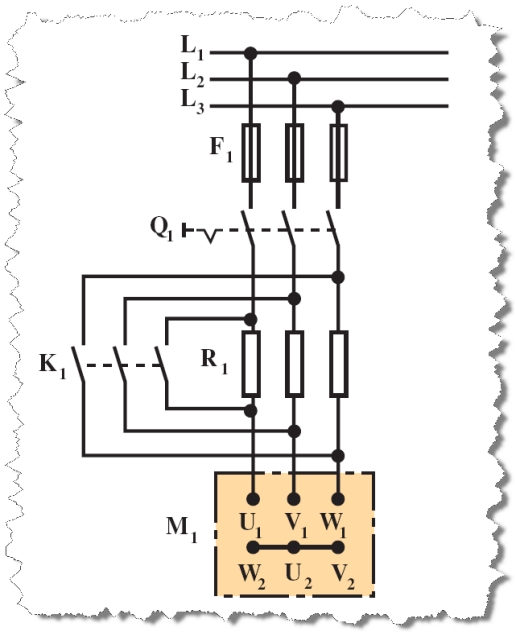
۱- قراردان مقاومت در مسیر روتور
۲- قراردادن مقاومت در مسیر استاتور
۳- با استفاده از کاهش ولتاژ در لحظه راه‌اندازی توسط یک اتوترانس
۴- استفاده از راه‌اندازی ستاره – مثلث

۲-۵-۱) قراردادن مقاومت در مسیر روتور

یکی از راه‌های کاهش جریان راه‌اندازی افزایش مقاومت در مسیر روتور می‌باشد که این روش تنها برای موتور با روتور سیم‌پیچی شده امکان‌پذیر می‌باشد. معمولا از این روش کمتر استفاده شده و همچنین مقاومت‌ها تنها در لحظه راه‌اندازی به صورت پله‌ای از مدار خارج می‌گردند.

۲-۵-۲) قراردادن مقاومت در مسیر استاتور

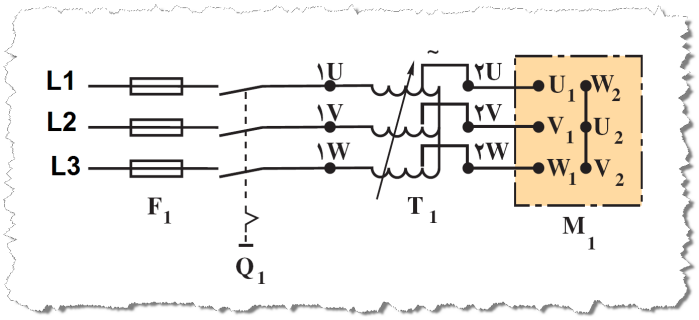
در این روش به منظور کاهش جریان مقاومت‌هایی به صورت پله‌ای در مدار قرار گرفته که پس از راه‌اندازی موتور از مدار خارج می‌شوند. این روش نیز به دلیل مشکلاتی که برای خارج کردن مقاومت‌ها، زمان و تجهیزات مورد نیاز دارد کمتر استفاده می‌شود. در شکل زیر نمونه‌ای از مقاومت‌ها را مشاهده می‌نمایید که تنها یک مقاومت در مسیر هریک از سیم پیچ‌های استاتور قرارگرفته که پس از راه‌اندازی موتور و با تحریک کنتاکتور $K1$ مقاومت‌ها از مدار خارج می‌شوند.



شکل ۲-۱۱: قراردادن مقاومت در مسیر استاتور

۲-۵-۳) کاهش ولتاژ توسط اتوترانس

در این روش برای کاهش جریان ابتدا ولتاژ را پایین آورده و پس از راه‌اندازی موتور ولتاژ را افزایش داده تا به ولتاژ نامی برسد. نکته‌ای که باید در این قسمت به آن توجه شود آن است که ولتاژ پایین اجازه راه‌اندازی موتور با بارش را ندهد بنابراین موتور راه اندازی نمی‌شود. این روش نیز کم‌تر مورد استفاده قرار می‌گیرد.



شکل ۲-۱۲: کاهش ولتاژ توسط اتوترانس

۲-۵-۴) روش راه‌اندازی ستاره – مثلث

در این روش در لحظه راه‌اندازی موتور به صورت ستاره شروع به کار کرده و در این حالت توان و جریان موتور یک سوم توان درج شده برروی موتور می‌باشد. پس از مدت زمانی موتور به حالت مثلث خواهد رفت بنابراین به توان نامی خود دست پیدا خواهد کرد. ذکر مثال زیر گویای مطلب فوق خواهد بود.

ما می‌دانیم که جریان راه‌اندازی موتور ۳ تا ۷ برابر جریان نامی آن است بنابراین با کاهش جریان به اندازه یک سوم می‌توان جریان لحظه راه‌اندازی را کاهش داد.

مثال: یک موتور ۱۵ کیلووات در شبکه برق ایران شروع به کار می‌نماید اگر چنانچه ضریب قدرت ۷۵% باشد مطلوب است محاسبه جریان ضرب اول و ضرب دوم که از شبکه دریافت می‌نماید.

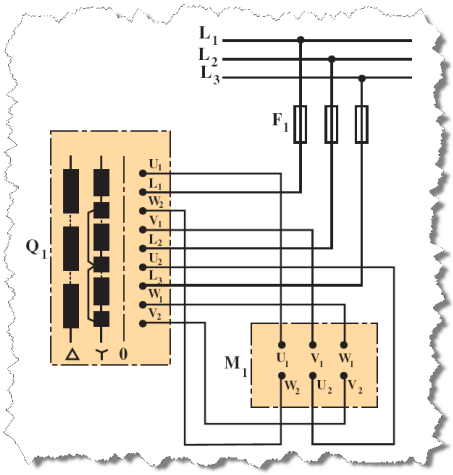
ابتدا به محاسبه جریان نامی موتور می‌پردازیم:

$$P= \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot Cos(\varphi)$$
$$I= P / [\sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot Cos(\varphi)]$$
$$I= 15000/[[\sqrt{3} \cdot 380 \cdot Cos(75)] \longrightarrow$$
$$I= 30.9$$

حال با توجه به نکته بیان شده در مورد راه‌اندازی موتورهای آسنکرون، در بدترین حالت هفت برابر جریان نامی، جریانی معادل ۲۱۶.۶۵(۷×۳۰.۹۵) آمپر هنگام شروع به کار موتور از شبکه دریافت می‌شود. بدین منظور تجهیزات حفاظتی بایستی بتوانند این جریان راه‌اندازی را تحمل نمایند ضمنا موتور را در مقابل جریان نامی محافظت نمایند که این مطلب غیر معقول می‌باشد. با استفاده از راه‌اندازی ستاره جریان راه‌اندازی به یک سوم میزان خود خواهد رسید. یعنی عدد ۷۲.۲۱۶(۲۱۶.۶۵/۳) حاصل می‌شود که این عدد معقول‌تر است از آنجا که در هنگام راه‌اندازی جریان حدودا دوبرابر جریان نامی است که تجهیزات حفاظتی می‌توانند چنین حفاظتی را داشته باشند بنابراین جریان درهنگام راه‌اندازی موتور(ضرب اول) ۷۲.۲۱۶ می‌باشد و هنگام کار نامی موتور برابر با ۳۰.۹۵ است.

در ضمن می‌توان برای راه اندازی موتور همانطور که در شکل زیر مشاهده می‌شود از یک کلید استفاده نمود که کلید در مرحله اول موتور را به حالت ستاره برده و در مرحله بعدی موتور را به حالت مثلث خواهد برد. همچنین می‌توان از روش کنتاکتوری برای راه‌اندازی موتور استفاده نمود که در این روش نیاز به سه کنتاکتور می‌باشد. کنتاکتور اول و دوم موتور را به حالت ستاره برده و کنتاکتور اول و سوم موتور را به حالت مثلث خواهند برد. روش راه‌انداز ستاره - مثلث متداول‌ترین روش راه‌اندازی است که می‌تواند در بسیاری از مکان‌های صنعتی برای موتورهای توان بالا به وفور دید.

نکته: توجه شود که در هنگام ستاره مثلث شینه‌های موجود برروی تخته کلم موتور از سیم‌پیچ‌ها باز شده و عمل ستاره مثلث توسط کلید و یا کنتاکتورها انجام می‌شود.



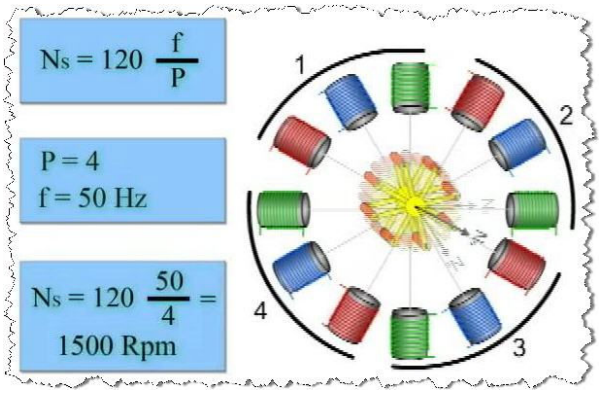
شکل ۲-۱۳: راه‌اندازی موتور سه‌فاز توسط کلید زبانه‌ای ستاره – مثلث

۲-۶) کنترل سرعت موتورهای القائی سه‌فاز

کنترل دورموتورهای القائی نسبت به موتورهای *DC* مشکل‌تر می‌باشد اما همانطور که در فرمول سرعت سنکرون موتورهای القائی مشاهده شد می‌توان با تغییر پارامترهایی، سرعت موتورهای القائی را کنترل نمود. مطابق فرمول *Ns= 120F/P* خواهیم داشت که فرکانس و تعداد قطب‌ها می‌توانند برروی سرعت سنکرون تاثیر داشته باشند.کنترل سرعت موتورهای القائی به چهار روش عمده تقسیم می‌شود که در ادامه مورد بحث قرار خواهد گرفت.

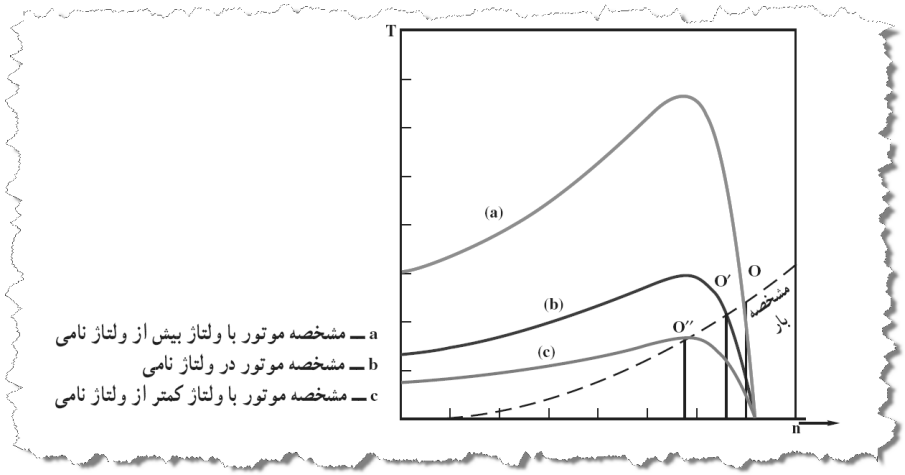
۱- افزایش ولتاژ
۲- تغییر فرکانس
۳- کنترل سرعت از طریق تنظیم همزمان ولتاژ و فرکانس
۴- تغییر قطب

مثال:



۲-۶-۱) کنترل سرعت از طریق افزایش ولتاژ

با افزایش ولتاژ سرعت موتور افزایش می‌یابد و با کاهش آن سرعت آن کاهش خواهد یافت. البته باید به این نکته توجه داشت افزایش ولتاژ بیش از ولتاژ نامی باعث سوختن موتور خواهد شد که در منحنی زیر طریقه عملکرد نمایش داده شده است.



شکل ۲-۱۴: کنترل سرعت از طریق افزایش ولتاژ

۲-۶-۲) کنترل سرعت از طریق تغییر فرکانس

همانطور که در فرمول *Ns=120F/P* افزایش فرکانس باعث افزایش سرعت سنکرون خواهد شد اما بایستی توجه شود که تغییر فرکانس همانند تغییر ولتاژ، تغییراتی را در میدان دوار به وجود می‌آورد که عملکرد موتور را تغییر خواهد داد و همچنین مبدل‌های تغییر فرکانس از نظر اقتصادی مرقون به صرفه نمی‌باشند.

۲-۶-۳) کنترل سرعت از طریق تنظیم همزمان ولتاژ و فرکانس

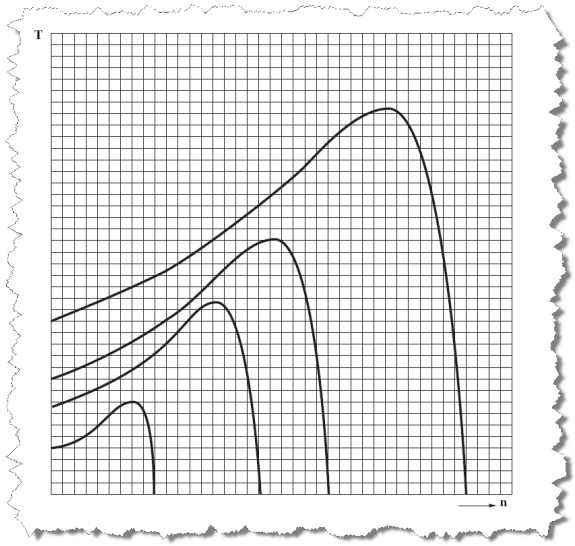
از آنجا که تغییر یکی از پارامترهای ولتاژ و یا فرکانس باعث تغییر میدان دوار می‌شود می‌توان برای بهبود این عمل از تغییر همزمان ولتاژ و فرکانس استفاده نمود که در این صورت مطابق فرمول:

$$V= 4.44N \times \varphi \times F$$

با فرض ثابت بودن تعداد دور سیم‌پیچ‌ها(*N*) می‌توان گفت شار مغناطیسی(میدان دوار) به صورت زیر خواهد بود.

$$\phi \propto \frac{V}{f}$$

که امروزه از روش فوق بیشتر استفاده می‌گردد که نتیجه آن حضور اینورترهای صنعتی به منظور کنترل دور موتورهای القائی است.

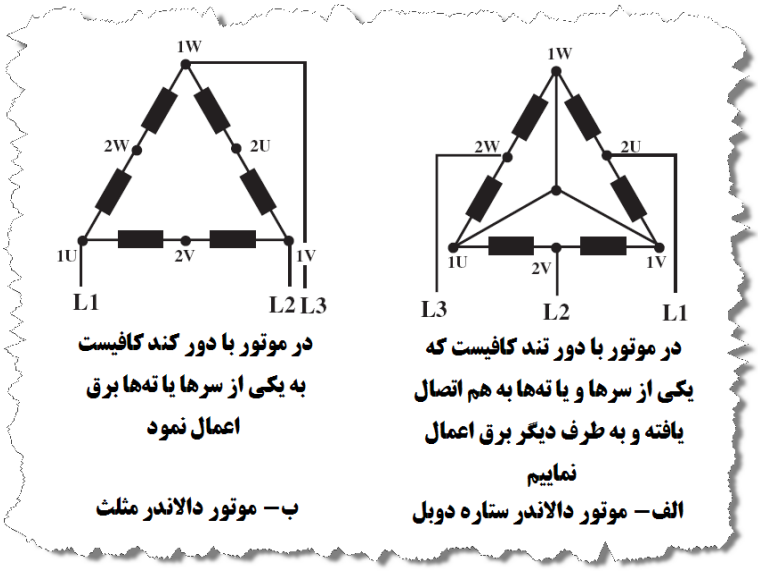


شکل ۲-۱۵: منحنی کنترل سرعت موتور القائی با تغییر همزمان ولتاژ و فرکانس

۲-۶-۴) کنترل دور از طریق تعداد قطب‌ها

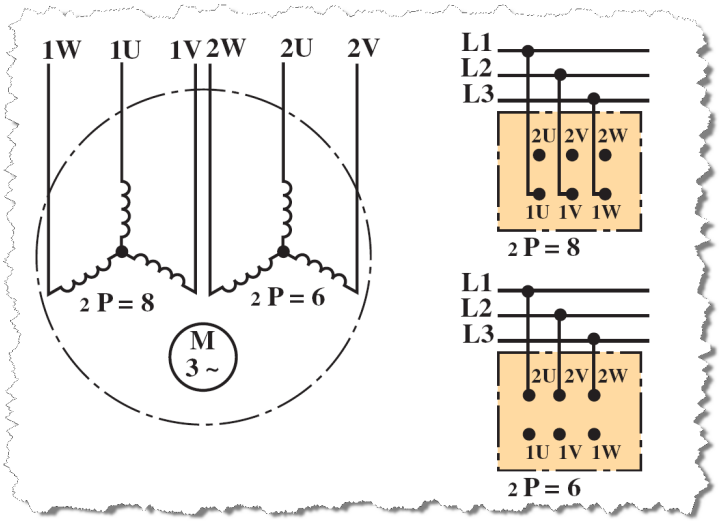
همانطور که از فرمول *Ns=120F/P* بدست می‌آید سرعت سنکرون با تعداد قطب‌ها نسبت عکس دارد. از این روش در موتورهای دالاندر استفاده می‌شود. موتور دالاندر به موتوری اطلاق می‌شود که دارای دو سرعت مجزا باشد و نسبت سرعت‌ها یک به دو(*1/2*) می‌باشد. موتور دالاندر دارای یک سیم‌پیچ بوده که با تغییر اتصالات آن دو سرعت مجزا بدست می‌آید. حال اگر تعداد قطب‌ها زیاد باشد سرعت کم که به آن اصطلاحا

دور کند یا مثلث گویند و اگر تعداد قطب‌ها کم و سرعت زیاد باشد به آن اصطلاحا دور تند یا ستاره دوبل گویند. نحوه اتصال سیم‌پیچ‌ها در دوحالت ستاره دوبل و مثلث در شکل زیر به نمایش درآمده است.



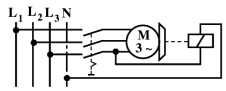
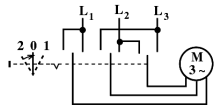
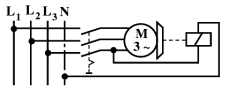
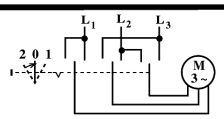
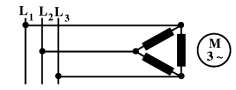
شکل ۲-۱۶: نحوه اتصال سیم‌پیچ‌ها در دوحالت ستاره دوبل و مثلث

هر موتوری که دارای دو سرعت باشد و از دو سیم‌پیچ مجزا تشکیل یافته باشد به آن موتور دالاندر گفته نمی‌شود بلکه اصطلاحا موتور دوسرعته گویند.



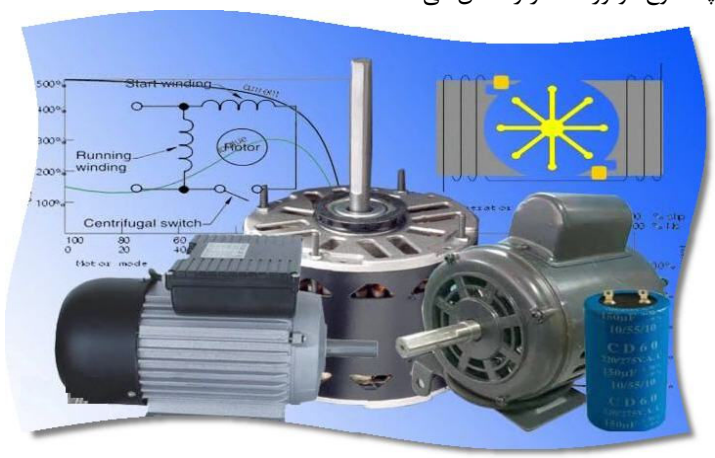
شکل ۲-۱۷: سربندی موتور دوسرعته با دوسیم‌پیچ مجزا

۲-۷) ترمز در موتورهای آسنکرون سه‌فاز

ترمز با مغناطیس الکتریکی (اعمال ترمز با فشار فنر)	نیروی ترمزی توسط فنر : وقتی سیم‌پیچ تحریک، وصل می‌شود ترمز ازاد می‌شود. کاربرد : ماشین‌های ابزار و بالابرها	
ترمز جریان مخالف	نیروی ترمز از طریق خود موتور ظاهر می‌شود، زیرا در اثر تغییر محل اتصال دو فاز جهت میدان دوّار عوض می‌شود و درنتیجه جهت گردش موتور نیز تغییر می‌کند. پس از این‌که دستگاه به حالت سکون درآمد، باید مدار فوراً قطع شود. در غیر این صورت دستگاه در خلاف جهت اولیه می‌چرخد. برای این کار یک رله خودکار لازم است. کاربرد : اره‌های نواری	
ترمز فوق سنکرون	موتور از ماشین کار رها می‌شود و در اثر شتاب به‌صورت مولد القایی درمی‌آید و برای موتورهایی که در آن‌ها بر نیروی وزن غلبه می‌شود قابل استفاده است. کاربرد : موتورهای با تغییر قطب مثلاً در بالابرها و آسانسورها هنگام پایین آمدن	
ترمز زیر سنکرون	موتورهای القایی با رتور سیم‌پیچی با مقاومت زیاد رتور در مدار و به‌صورت موتور یکفاز به شبکه وصل می‌شود و یک گشتاور ترمزی ظاهر می‌شود که پس از سکون موتور از بین می‌رود. کاربرد : بالابرها	
ترمزباجریان مستقیم	سیم‌پیچ استاتور را به یک ولتاژ پایین جریان مستقیم وصل می کنند که با ادامه حرکت رتور جریان ترمزکننده در آن القا می‌شود. کاربرد : ماشین‌های ابزار و وسایل نقلیه	

۲-۸) آشنایی با الکترو موتورهای تک فاز

موتورهای تک‌فاز به موتورهایی اطلاق می‌شود که جهت راه اندازی نیاز به جریان متناوب تک فاز(N،L) دارند. ساختمان داخلی این موتورها از یک قسمت ساکن(استاتور) و یک قسمت گردان(روتور) تشکیل شده است. این موتورها از اندازه‌های کوچک $\frac{1}{8}\,hp$ تا چند اسب بخار حدود ۵ اسب بخار ساخته می‌شوند. شکل ۲-۱۸ تصویر چند نوع موتور تک‌فاز را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۱۸: تصویر چند موتور تک‌فاز

اصول کار اغلب موتورهای تک‌فاز مانند موتورهای سه فاز بر خاصیت القایی استوار است. این موتورها به میدان دوار نیاز دارند در موتورهای تک‌فاز میدان دوار ناشی از جریان‌های سه فاز وجود ندارد به همین جهت برای راه اندازی آن‌ها نیاز به روش‌ها و وسایل دیگری است که به بررسی آن‌ها خواهیم پرداخت.

در شکل ۲-۱۹ تصویر نوع دیگری از این موتورها نشان داده شده است از موتورهای تک‌فاز بیشتر در وسایل خانگی استفاده می‌شود تا در صنعت.

شکل ۲-۱۹: موتور تک‌فاز

موتورهای تک‌فاز را بر اساس ساختمان داخلی و روش راه اندازی به صورت زیر می‌توان طبقه بندی کرد:

- موتورهای القایی(فازشکسته ـ خازن دار ـ قطب چاک دار)
- موتورهای دفعی(ربولسیونی)
- موتورهای اونیورسال
- موتورهای سنکرون با قطب دائم(رلوکتانسی ـ هیستر زیسی)

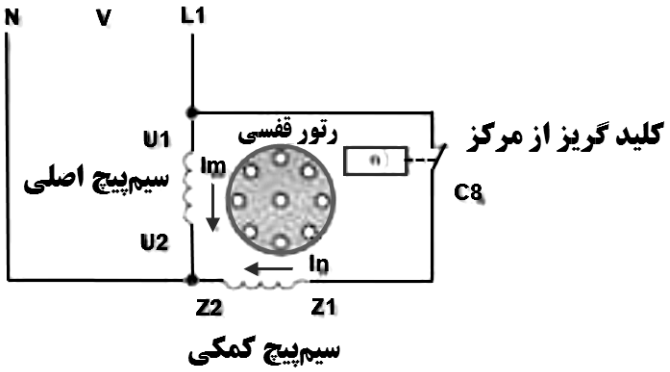
۲-۸-۱) موتورهای القایی تک فاز

استاتور و روتور این موتورها شبیه استاتور و روتور موتورهای سه فاز است با این تفاوت که در استاتور دو نوع سیم پیچی «سیم پیچ اصلی» و «سیم پیچ راه‌انداز یا کمکی» تعبیه می‌شود. جریان این دو سیم‌پیچ به کمک هم میدان دوار ایجاد می‌کنند و در نتیجه مانند موتورهای سه‌فاز گشتاور لازم را در جهت به گردش در آمدن روتور به وجود می‌آورند.

شکل ۲-۲۰: موتور القایی

۲-۸-۲) موتور القایی تک فاز با فاز شکسته

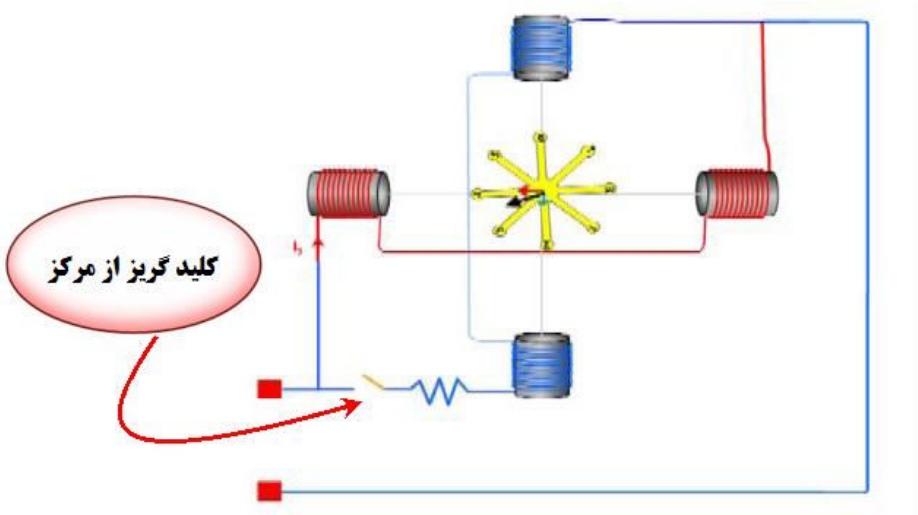
در موتورهای القایی تک‌فاز شکسته، سیم‌پیچ اصلی با تعداد دور زیاد و سطح مقطع بزرگ و سیم‌پیچ کمکی با راه‌انداز با تعداد دور کم انتخاب می‌شود تا اختلاف فاز لازم بین جریان این دو سیم‌پیچ ایجاد شود. در شکل ۲-۲۱ اتصال سیم پیچی‌های موتور نشان داده شده است.



شکل ۲-۲۱: اتصال سیم پیچی‌های موتور القایی

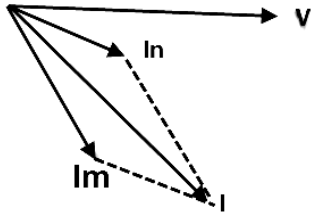
سیم پیچ کمکی با سیم‌پیچ اصلی به صورت موازی قرار می‌گیرد و پس از راه‌اندازی در رسیدن سرعت موتور به ۷۵٪ سرعت نامی به وسیله‌ی کلید تابع دورفاز مدار خارج می‌شود(شکل ۲-۲۲).

شکل ۲-۲۲: کلید گریز از مرکز



شکل ۲-۲۳: نحوه قرارگیری کلید گریز از مرکز

در شکل ۲-۲۴ دیاگرام برداری این گونه موتورهای تک‌فاز که «موتورهای با فاز شکسته» نامیده می‌شوند را مشاهده می‌کنید قدرت این موتورها معمولاً بین $\frac{1}{2}$ تا $\frac{1}{3}$ اسب بخار و جریان راه اندازی آن‌ها نیز ۶ تا ۸ برابر جریان بار کامل موتور است.



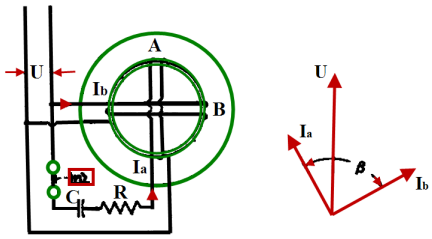
شکل ۲-۲۴: دیاگرام برداری موتورهای با فاز شکسته

از موتورهای فاز شکسته در پمپ‌ها، بادبزن‌ها، کولرهای آبی هوایی، یخچال‌های خانگی و دستگاه‌های خانگی و دستگاه‌های کپی استفاده می‌شود. در شکل ۲-۲۵ تصویر یک موتور فاز شکسته‌ی کولر را مشاهده می‌کنید.

شکل ۲-۲۵: موتور فاز شکسته‌ی کولر

۲-۸-۳) موتور با راه اندازی خازنی

در برخی موتورهای تک‌فاز به منظور افزایش اختلاف فاز بین جریان‌های سیم‌پیچ اصلی، کمکی و رساندن آن به حدود ۹۰ درجه‌ی الکتریکی از خازن در مسیر جریان سیم‌پیچ کمکی استفاده می‌شود شکل ۲-۲۶ تصویر مدار الکتریکی موتورهای تک‌فاز با راه‌انداز خازنی را نشان می‌دهد.



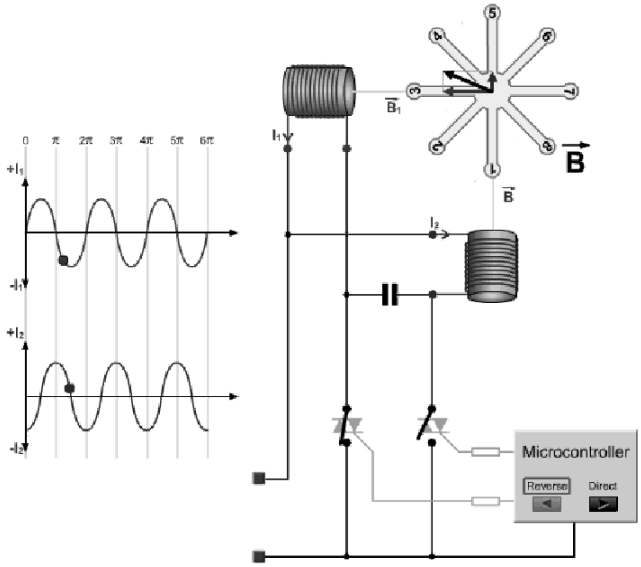
شکل ۲-۲۶: مدار الکتریکی موتورهای تک‌فاز با راه‌انداز خازنی

در این موتورها برای افزایش اختلاف فاز بین جریان سیم پیچ‌های راه اندازی یک خازن را به طور سری به سیم‌پیچ کمکی اتصال می‌دهند. خازن مورد نظر از نوع الکترولیتی با ظرفیت بالاست و معمولاً به صورت جداگانه روی بدنه‌ی موتور نصب می‌شود. در مدار سیم‌پیچ راه‌انداز با خازن از یک کلید گریز از مرکز(تابع دور) نیز استفاده می‌شود. هرگاه دور موتور به ۷۵٪ دور نامی برسد کلید تابع دور عمل کرده سیم‌پیچ راه‌انداز و خازن را از مدار خارج می‌کند. این موتورها از یک هشتم اسب بخار به بالا قدرت دارند. گشتاور راه اندازی

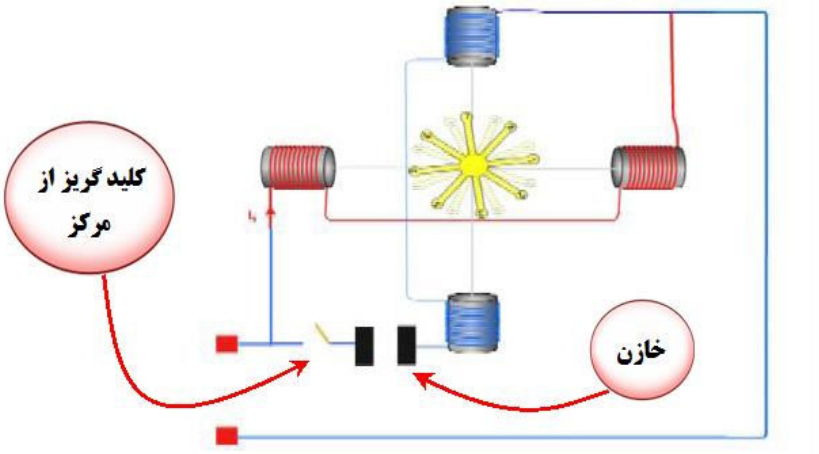
آن‌ها نسبتاً مناسب است و در کمپرسورها، سیستم‌های تهویه، مطبوع، پمپ‌ها و سرد خانه‌ها کاربرد دارند. شکل ۲-۲۷ تصویر واقعی یک نمونه موتور با راه‌انداز خازنی را نشان می‌دهد.

شکل ۲-۲۷: موتور با راه‌انداز خازنی

مانند آنچه در شکل زیر مشاهده می‌شود موتور تک‌فاز خازنی را می‌توان توسط میکروکنترلر چپ‌گرد – راست‌گرد کرد.



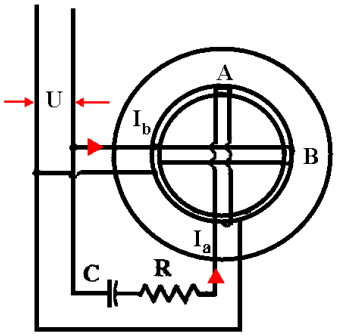
شکل ۲-۲۸: کنترل موتور تک‌فاز خازنی توسط میکروکنترلر



شکل ۲-۲۹: کنترل موتور تک‌فاز خازنی

۲-۸-۴) موتور با خازن دائم کار

در این موتورها از یک خازن روغنی که با سیم‌پیچ راه‌انداز سری شده استفاده می‌شود ظرفیت این خازن از خازن الکترولیتی کمتر است. این موتورها فاقد کلید تابع دور می‌باشند و سیم‌پیچ راه‌انداز به همراه خازن در مدار می‌باشد. شکل ۲-۳۰ مدار الکتریکی موتور تک‌فاز با خازن دائم کار را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۳۰: موتور با خازن دائم کار

قرار داشتن خازن به صورت دائم کار در مدار گشتاور زمان ـ کار را افزایش می‌دهد و مزایایی به صورت زیر دارد:

- بهبود ظرفیت اضافه بار
- افزایش ضریب قدرت
- افزایش ضریب بهره(راندمان)
- آرام کار کردن موتور

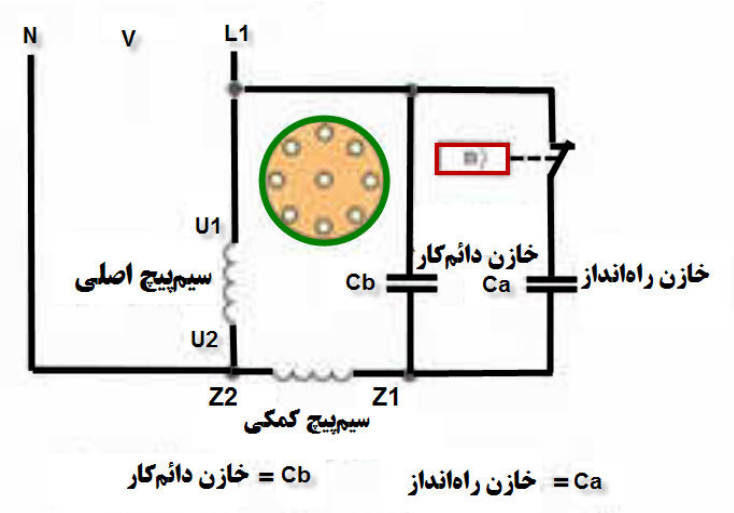
از این موتورها در دمنده‌ها پنکه‌های سقفی، پمپ آب ماشین لباس شویی و پنکه رومیزی استفاده می‌شود. شکل ۲-۳۱ تصویری از این موتورها از نشان می‌دهد.

شکل ۲-۳۱: موتور با خازن دائم کار

۲-۸-۵) موتور تک فاز دو خازنی

شکل ۲-۳۲: موتور تک‌فاز دوخازنی

این موتورها ترکیبی از خصوصیات دو نوع موتور قبل را دارند یعنی هم دارای گشتاور راه اندازی و هم گشتاور کار خوبی هستند. در ابتدای راه اندازی، دو خازن موازی با سیم‌پیچ کمکی به صورت سری قرار می‌گیرند. پس از راه اندازی و رسیدن دور موتور به ۷۵٪ دور نامی یکی از خازن‌ها توسط کلید گریز از مرکز از مدار خارج می‌شود و خازن دیگر به همراه سیم‌پیچ راه اندازی در مدار باقی می‌ماند. خازن راه انداز(موقتی) از نوع الکترولیتی و خازن دائم کار از نوع روغنی است. چگونگی اتصال خازن‌ها و سیم‌پیچ اصلی و کمکی این موتورها مطابق شکل ۲-۳۳ است.



شکل ۲-۳۳: نحوه اتصال خازن‌ها و سیم‌پیچ اصلی و کمک در موتورهای تک فاز دو خازنی

خصوصیات موتورهای تک فاز دو خازنی

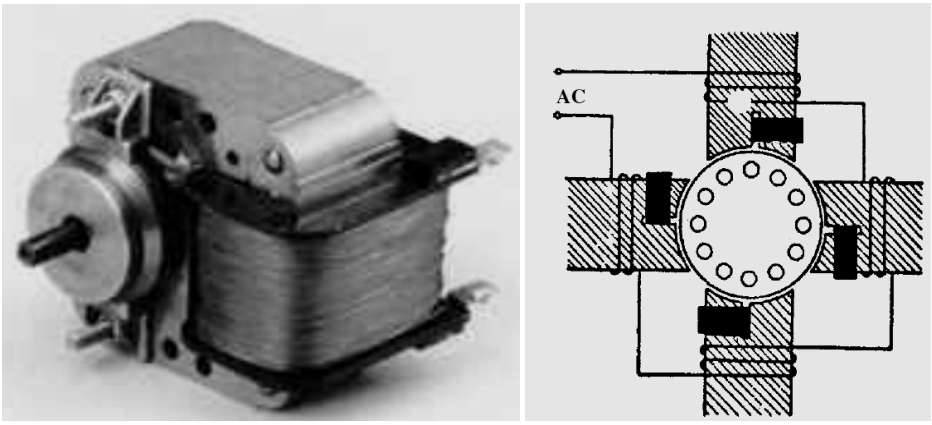
- این موتورها گشتاور راه اندازی زیادی دارند.
- در شرایط کاری گشتاور خوبی از خود نشان می‌دهند.
- ضریب بهره و ضریب قدرت خوبی دارند.
- فوق العاده آرام کار می‌کنند.
- قدرت تحمل اضافه بار تا ۲۵٪ بار نامی دارند.
- از این موتورها در پمپ‌ها بالابرها، کمپرسورها، یخچال‌های صنعتی و به طور کلی جاهایی که بخواهیم بارهای سنگین را راه اندازی کنیم استفاده می‌شود.

۲-۸-۶) موتور قطب چاک دار

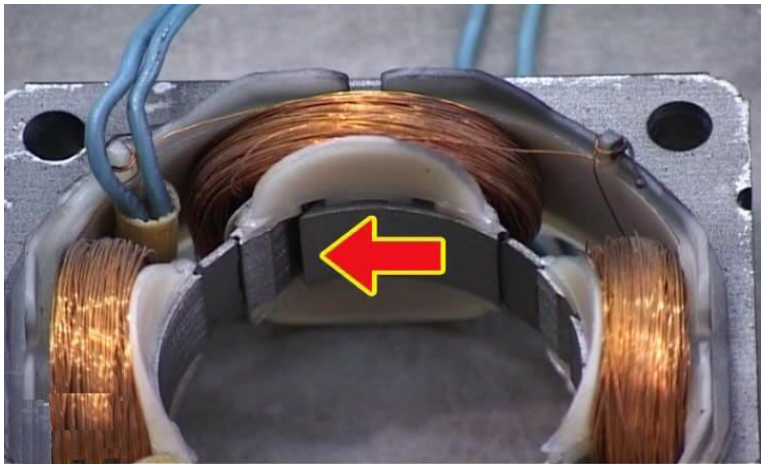
استانور این موتورها به صورت برجسته(آشکار) و روتور آن از نوعی قفسی است. برای ایجاد میدان دوار از یک حلقه یا کلاف اتصال کوتاه شده در روی ورق‌های هسته استفاده می‌شود. حلقه یا سیم‌پیچ اتصال کوتاهی که در استاتور جاسازی می‌شود نقش سیم‌پیچ راه‌انداز را دارد. حلقه‌ی اتصال کوتاه تحت تاثیر میدان مغناطیسی سیم‌پیچ اصلی قرار می‌گیرد و میدان مغناطیسی به وجود می‌آورد. این میدان نسبت به میدان اصلی اختلاف فاز زمانی دارد. این دو میدان با اختلاف فازی که دارند موجب می‌شوند تا میدان تقریباً دواری به وجود آید و روتور شروع به حرکت کند. موتورهای با قطب چاک دار در اندازه‌های کوچک از $\frac{1}{250}\,hp$ تا

$\frac{1}{6}hp$ ساخته می‌شوند و از نظر ساختمان ساده و ارزان هستند گشتاور راه اندازی و اضافه بار این موتورها کم است.

کاربرد این گونه موتورها در پنکه‌های رو میزی، دستگاه‌های فتوکپی، پمپ آب کولر، انواع بادبزن‌ها، تابلوهای تبلیغاتی و ساعت‌های الکتریکی است. شکل ۲-۳۴ تصاویری از موتور قطب چاک دار را نشان می‌دهند.



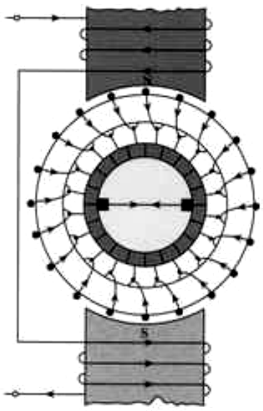
شکل ۲-۳۴: موتور قطب چاک دار



شکل ۲-۳۵: در موتورهای قطب‌چاکدار استاتور را برجسته می‌سازند و قطب‌های آن‌را چاک می‌دهند

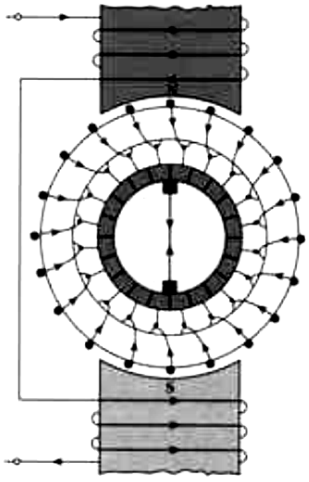
۲-۹) موتور دفعی(رپولسیونی)

موتور رپولسیونی از نظر ساختمان داخلی شبیه موتورهای القایی و موتورهای *dc* است و اساس کار این موتور بر مبنای نیروی دافعه‌ی مغناطیسی است. این موتورها دارای انواع مختلفی هستند. موتور رپولسیونی استاتور لایه‌ای با سیم‌پیچ‌های پوشیده دارد. سیم پیچ‌های استاتور موتور رپولسیونی خیلی شبیه به سیم‌پیچ‌های موتور القایی است. از طرف دیگر روتور موتور رپولسیونی دارای یک آرمیچر سیم پیچی استوانه‌ای است و مانند آن چه در موتور *dc* است می‌باشد. در موتورهای رپولسیونی جاروبک‌ها به هم اتصال کوتاه شده‌اند. شکل ۲-۳۶ وضعیت روتور را در حالتی نشان می‌دهد که روتور در حالت کموتاسیون قرار دارد و جریانی از سیم اتصال کوتاه جاروبک‌ها عبور نمی‌کند.



شکل ۲-۳۶: وضعیت روتور در حالت کموتاسیون

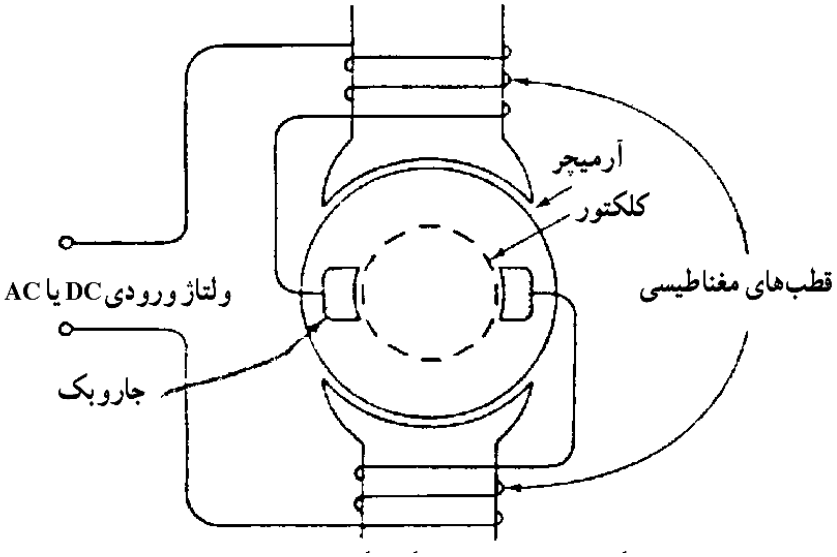
شکل ۲-۳۷ وضعیت روتور را در شرایطی نشان می‌دهد که جریان از سیم اتصال کوتاه شده بین زغال‌ها(جاروبک ها) عبور می‌کند.



شکل ۲-۳۷: روتور در حالتی که جریان از سیم اتصال کوتاه شده بین جاروبک ها عبور می‌کند

۲-۱۰) موتور اونیورسال

استاتور موتورهای اونیورسال معمولاً به صورت قطب برجسته می‌باشد و به آن «بالشتک» نیز می‌گویند. به قسمت گردان این موتورها «آرمیچر» می‌گویند. سیم پیچی آرمیچر بر روی تیغه‌هایی مسی به نام «کلکتور» سربندی می‌شود. برای رساندن جریان به سیم بندی آرمیچر از «جاروبک» که با تیغه‌های کلکتور در تماس است استفاده می‌کنند. به جاروبک‌ها «زغال» نیز می‌گویند جنس جاروبک‌ها از گرافیت است شکل ۲-۳۸ یک موتور اونیورسال را نشان میدهد.

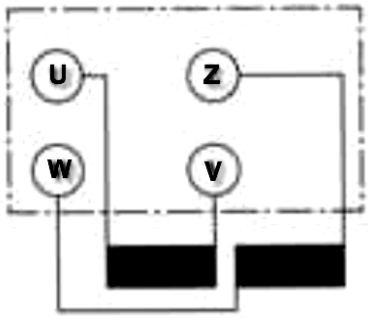


شکل ۲-۳۸: موتور اونیورسال

این موتورها دارای گشتاور راه اندازی بسیار بالایی هستند ولی سرعت آن‌ها با اعمال بار به شدت کاهش می‌یابد. سرعت بی‌باری این موتورها می‌تواند تا ۲۰۰۰۰ دور در دقیقه باشد. از این موتورها در بسیاری از لوازم خانگی مانند جاروبرقی، مخلوط کننده و در پل‌های دستی و آب میوه‌گیری استفاده می‌شود. این موتورها به صورت موتور سری در جریان مستقیم نیز می‌توانند کار کنند و چون هم در جریان متناوب و هم در جریان مستقیم کار می‌کنند «اونیورسال» نامیده می‌شوند.

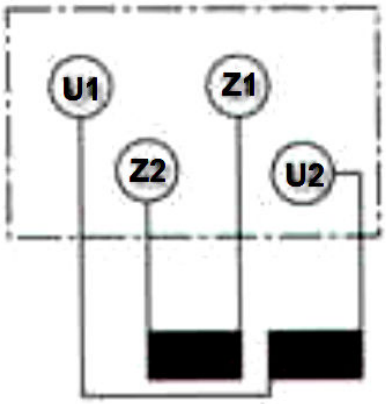
۲-۱۱) پلاک اتصال موتورهای تک فاز(تخته کلم)

به طور کلی بر روی تخته موتورهای تک‌فاز در استاندارد قدیم از حروف U وV، برای مشخص کردن دو سرسیم پیچ اصلی و از حروف W و Z، برای تعیین دو سر پیچ کمکی استفاده می‌شود(شکل ۲-۳۹)



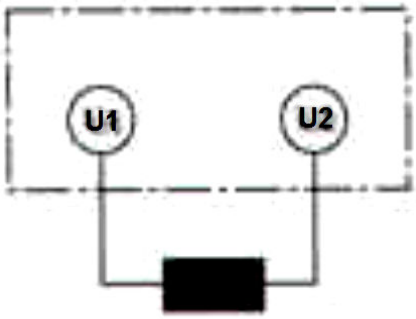
شکل ۲-۳۹: پلاک اتصال موتورهای تک فاز(علائم قدیمی)

در استاندارد(IEC) از حروف U_2, U_1 برای نشان دادن سرهای سیم‌پیچ اصلی و از حروف Z_2, Z_1 برای مشخص کردن سرهای سیم‌پیچ کمکی استفاده می‌شود(شکل ۲-۴۰)



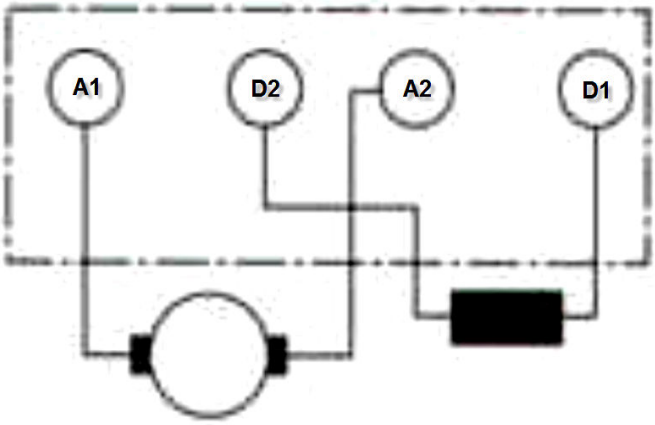
شکل ۲-۴۰: پلاک اتصال موتورهای تک فاز(علائم جدید)

چون در موتورهای رپولسیونی و قطب چاک دار از یک دسته سیم پیچی، استفاده می‌شود لذا تخته کلم این موتورها را به صورت شکل ۲-۴۱ نشان می‌دهند.



شکل ۲-۴۱: پلاک اتصال موتورهای رپولسیونی و قطب چاک

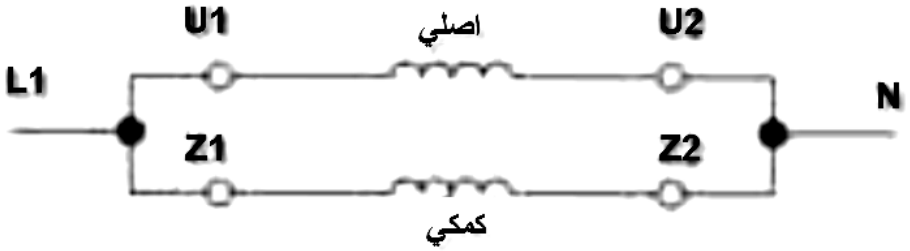
حروف اختصاری به کار رفته در تخته کلم موتورهای اونیورسال به صورت شکل ۲-۴۲ است.



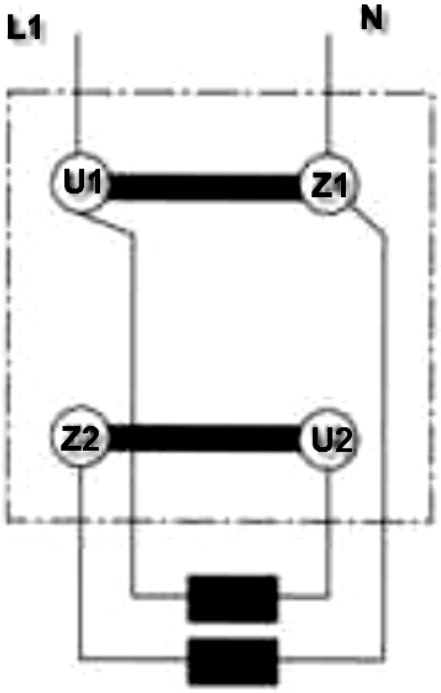
شکل ۲-۴۲: حروف اختصاری به کار رفته در تخته کلم موتورهای اونیورسال

۲-۱۱-۱) تغییر جهت گردش در موتورهای تک فاز

برای تغییر جهت گردش موتورهای الکتریکی تک‌فاز باید جهت جریان در سیم پیچی کمکی را عوض کنیم یعنی جای سروته کلاف متصل شده به فاز و نول عوض شود. این کار در موتورهای اونیورسال با تغییر جهت جریان در آرمیچر انجام می‌شود. بر اثر این جابه‌جایی، جهت میدان مغناطیسی ایجاد شده در فضای داخلی استاتور و بالطبع نیروی وارد بر روتور عوض می‌شود با عوض شدن جهت نیروی وارده طبیعتاً جهت گردش موتور نیز عکس حالت اول می‌شود. شکل ۲-۴۳ تصویر مداری و شکل ۲-۴۴ تصویر تخته کلم موتور تک‌فاز را در حالت راست گرد نشان می‌دهد.

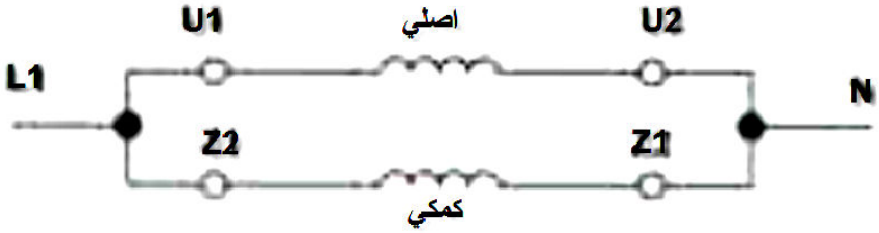


شکل ۲-۴۳: تصویر مداری موتور تک‌فاز در حالت راست گرد

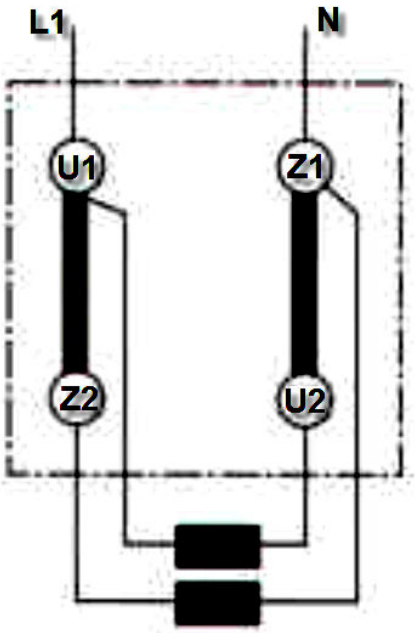


شکل ۲-۴۴: تخته کلم موتور تک‌فاز در حالت راست گرد

شکل ۲-۴۵ تصویر مداری و شکل ۲-۴۶ تصویر تخته کلم موتور تک‌فاز در حالت چپ گرد را نشان می‌دهد.



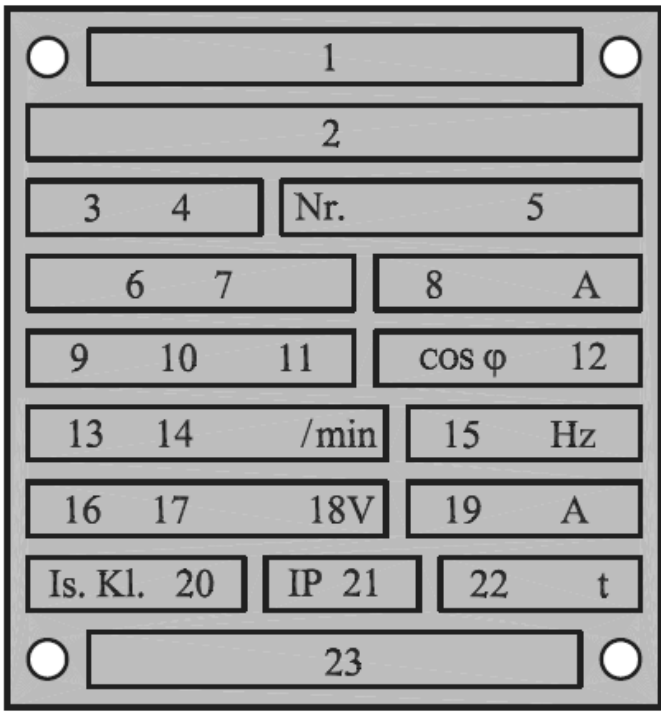
شکل ۲-۴۵: تصویر مداری موتور تک‌فاز در حالت چپ گرد



شکل ۲-۴۶: تخته کلم موتور تک‌فاز در حالت چپ گرد

۲-۱۲) آشنایی با پلاک الکتروموتورهای سه‌فاز و جداول کاربردی موتورها

در شکل مقابل قسمت‌های مختلف پلاک یک الکتروموتور سه‌فاز مشاهده می‌شود و در زیر توضیحات مربوط به هریک از قسمت‌های مشخص شده آورده شده‌است. شرح تکمیلی برخی از علائم روی پلاک جدول ۱-۲ نوع کار و مدت روشن بودن ماشین به طور نسبی بیان می‌شود.



شکل ۲-۴۷: قسمت‌های مختلف پلاک یک الکتروموتور سه‌فاز

هشت حالت کاری طبق استانداردتعریف شده است که با حروف *S1* تا*S8* نمایش داده می‌شوند. مفهوم هر یک از حروف مطابق یک حالت کاری موتور می‌باشد به عنوان مثال اگر روی پلاک موتوری در ردیف نوع کار، *S1* نوشته شده باشد نشان می‌دهد که این موتور تحت بار نامی، در درجه‌ی حرارت پایدار و بی وقفه کار می‌کند بدون این که از دمای مجاز موتور تجاوز کند. به منظور بیان نوع محافظت(ایمنی) به کار رفته در مقابل تماس و نفوذ اجسام خارجی و آب از *IP*[1] و دورقم کد استفاده کرد. اولین رقم، درجه‌ی ایمنی در مقابل تماس و نفوذ اجسام خارجی و دومین رقم، درجه‌ی ایمنی در مقابل نفوذ آب را نشان می‌دهد. گاهی اوقات نیز از کد ۳ رقمی استفاده می‌شود که یک رقم آن مربوط به شرایط محیطی است. در جدول زیر معانی هر یک از رقم‌های اول و دوم بعد از *IP* را مشاهده می‌کنید. هم چنین بر روی برخی دستگاه‌ها از علائم خاصی، مشابه علائم جدول استفاده می‌شود. توضیحات هر یک را می‌توان از جدول‌ها استخراج کرد. به عنوان مثال اگر بر روی پلاک موتوری *IP44* نوشته شده باشد بیانگر آن است که این موتور در مقابل اجسام خارجی بزرگ‌تر از قطر *1mm* و هم چنین در مقابل پاشیده شدن آب حفاظت شده است.

---

[1] *International Protection*

جدول ۲-۱: مشخصات پلاک الکتروموتورهای سه‌فاز

شماره	اطلاعات داده شده		
۱	نشانه‌ی کارخانه (نام و آرم)		
۲	نشانه‌ی نوع ماشین (تیپ ماشین)		
۳	نوع جریان مانند : G (جریان مستقیم)، E (جریان تک‌فاز)، D (جریان سه فاز)		
۴	نوع کار (Gen ــ ژنراتور) ؛ (Mot ــ موتور)		
۵	شماره‌ی تولید ماشین		
۶	نوع اتصال سیم‌پیچ استاتور در ماشین‌های سنکرون و القایی، به علاوه :		
	علامت	تعداد کلاف و مدار	
	ا		۱ -
	⊥	با کلاف (سیم‌پیچ) کمکی	
	III	به صورت باز	۳ -
	Y	ستاره	۳ -
	Δ	مثلث	به هم وصل شده
	Y	ستاره با نقطه وسط خارج شده	
۷	ولتاژ نامی		
۸	جریان نامی		
۹	توان نامی (تحویلی) یا قدرت ظاهری خروجی در موتورها و ژنراتورها		
۱۰	نشانه‌ی واحدها KW، W، kVA، VA موتورها بر حسب (kW یا W) و مولدها برحسب (kVA یا VA)		
۱۱	نوع کار (در کار دائمی = S1) و زمان کار نامی یا مدت زمان روشن بودن نسبی مثال : S2 30min		
۱۲	ضریب توان نامی $\cos\varphi$. در ماشین‌های سنکرون در صورتی که توان راکتیو دریافت شود، باید نشانه u اضافه شود.		
۱۳	جهت چرخش (از طرف سر محور موتور نگاه می‌شود) : → (راست گرد) ← (چپ گرد)		
۱۴	سرعت نامی. (علاوه بر این در موتورهای با تحریک سری حداکثر سرعت n_{max} ؛ در مولدهای با توربین آبی، سرعت میانی n_d توربین ؛ در موتورهای چرخ‌دنده‌دار سرعت آخرین چرخ‌دنده n_z ارائه می‌شود.)		
۱۵		فرکانس نامی	
	در ماشین جریان مستقیم و ماشین سنکرون	در روتور با حلقه‌ی لغزان	
۱۶	تحریک کننده یا «Err»	روتور یا «Lfr»	
۱۷		نوع اتصال سیم پیچ روتور	
۱۸	ولتاژ تحریک نامی به V (ولت)	ولتاژ سکون روتور به V (ولت)	
۱۹	جریان تحریک در کار نامی، اگر جریان کوچک‌تر از ۱۰A باشد، اطلاعات حذف می‌شود.	جریان روتور	
۲۰	گروه مواد عایق کننده (Y,A,E,B,F,H,C) اگر سیم‌پیچ استاتور و روتور از گروه‌های مختلفی عایقی استفاده شده‌باشند، ابتدا گروه عایقی (کلاس عایقی) سیم پیچ استاتور و سپس گروه عایقی سیم‌پیچ روتور بیان می‌شود. (مثلاً F/B)		
۲۱	نوع محافظت طبق DIN ۴۰۰۵۰، مثلاً IP۴۴		
۲۲	وزن تقریبی به t، برای وزن‌های کم‌تر از یک تن اطلاعاتی داده نمی‌شود.		
۲۳	توضیحات اضافی، به طور مثال VDE۰۵۳۰/۰۰۰ مقدار متوسط خنکی با تهویه‌ی هوای آزاد یا خنک‌شدن با آب.		

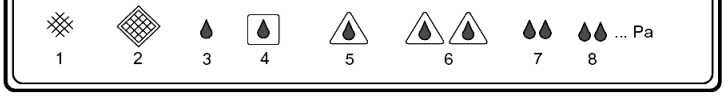
جدول ۲-۲: انواع کار ماشین‌ها

کار پیوسته S1	ماشین تحت بار نامی به درجه حرارت پایدار و ثابت می‌رسد کار ماشین می‌تواند بدون وقفه اجرا شود، بدون این که از دمای مجاز تجاوز کند. مثال: پمپ فاضلاب
کار کوتاه مدت S2	زمان کار در مقایسه با وقفه بعد از آن کوتاه است کار با بار نامی تنها در زمان داده شده مجاز به اجراست زمان‌های بارگذاری استاندارد: ۱۰و ۳۰و ۶۰و ۹۰ دقیقه. مثال: موتور محرکه سیرن
کار موقت S3	زمان روشن بودن ED تنها بخشی از مدت زمان سیکل است ED های استاندارد: ۱۵و۲۵و ۴۰و ۶۰٪. اگر مدت زمان سیکل معلوم نباشد آن را ۱۰ دقیقه در نظر می‌گیرند در نوع کار S3 مرحله‌ی راه اندازی هیچ اثری بر روی دمای ماشین نمی‌گذارد. مثال برای S3: موتور بالابر (روتور با حلقه لغزان)
S4	در S4 کار شبیه S3 است، بااین حال جریان راه اندازی، ماشین را بیش‌تر گرم می‌کند. اطلاعات به عنوان مثال: h/ راه اندازی ۵۰۰، ۲۵٪ S4 ED. مثال برای S4: موتور محرک برای بالابر کوچک (روتور قفسه ای)
S5	در S5 کار شبیه S4 است بااین حال دراین جا یک ترمز الکتریکی (ترمز جریان مستقیم، ترمز جریان معکوس) در نظر گرفته شده که در گرم شدن نیز سهیم است. اطلاعات به عنوان مثال: h/ راه اندازی ۵۰۰،جریان معکوس ۲۵٪ S4 ED . مثال: برای S5: موتور محرکه برای نقاله‌ها.
کار پیوسته با بار موقت S6	این نوع کار شبیه نوع کار S3 است بااین حال این ماشین به هنگام وقفه در حالت بی‌باری می‌ماند و خاموش نمی‌شود. اطلاعات به عنوان مثال: S6 10mm/60min یا بهتر S6 ED 25% 40min
کار بدون وقفه S7	این ماشین در کار بدون وقفه است و بدین جهت از طریق راه اندازی مداوم و ترمز الکتریکی بیش از حد معمول گرم نمی‌شود. اطلاعات به عنوان مثال: h / راه اندازی ۱۰۰، ترمز با جریان مستقیم S7 مثال: موتور محرکه برای ماشین‌های تراش مرکزی (ماشین ابزار خودکار)
S8	این نوع کار شبیه S7 است بااین حال به جای راه اندازی و ترمز با تغییر دور به طور مثال از طریق تغییر قطب‌ها، کار را پیش می‌برد. اطلاعات: S8 $3000\,\mathrm{min}^{-1}$ 5 min/ $1500\,\mathrm{min}^{-1}$ 10 min کاربرد: خط تولید خودکار

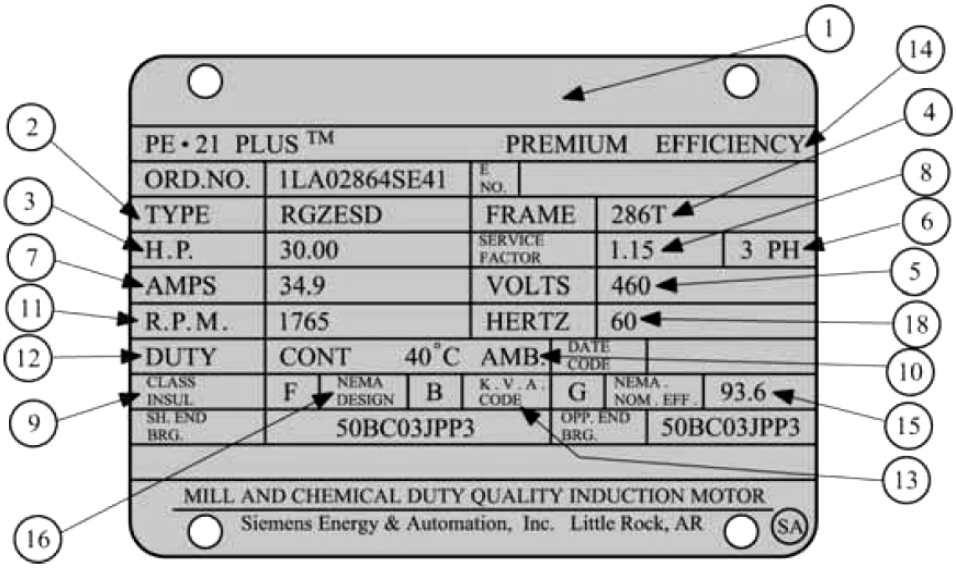
جدول ۲-۳: نشانه‌های انواع ایمنی

نشانه	توضیح	نوع ایمنی
ایمنی تماس و ایمنی جسم خارجی		
-	بدون ایمنی تماس، بدون ایمنی جسم خارجی	*IP0X*
-	ایمنی در مقابل جسم خارجی بزرگتر است $\varnothing 50mm$	*IP1X*
-	ایمنی در مقابل جسم خارجی بزرگتر از $\varnothing 12mm$	*IP2X*
-	ایمنی در مقابل جسم خارجی بزرگتر از $\varnothing 2.5mm$	*IP3X*
-	ایمنی در مقابل جسم خارجی بزرگتر از $\varnothing 1mm$	*IP4X*
۱	ایمنی در مقابل رسوب گرد وغبار مضر به داخل	*IP5X*
۲	ایمنی در مقابل نفوذ گردوغبار	*IP6X*
ایمنی آب		
-	بدون ایمنی آب	*IPX0*
۳	ایمنی در مقابل ریزش عمودی قطرات آب	*IPX1*
۳	ایمنی در مقابل ریزش نایل قطرات آب(150^0 نسبت به عمود)	*IPX2*
۴		*IPX3*
۵	ایمنی در مقابل بخش آب	*IPX4*
۶	ایمنی در مقابل پاشیدن آب	*IPX5*
۷	ایمنی در مقابل فوران آب، به عنوان مثال از ناظر	*IPX6*
۷	ایمنی در مقابل جریان آب	*IPX7*
۸	ایمنی در مقابل غوطه ور شدن	*IPX8*
	ایمنی در مقابل غوطه وری کامل	

نشانه‌ی انواع ایمنی (مفهوم را در جدول بالا ببینید)



در شکل زیر نوع دیگری از الکتروموتورهای سه‌فاز را مشاهده می‌نمایید که در جدول ۲-۳ به توضیح قسمت‌های مختلف آن پرداخته شده است.



جدول ۲-۴: مشخصات پلاک الکتروموتورهای سه‌فاز

شماره	اطلاعات داده شده
۱	نام کارخانه
۲	مدل
۳	قدرت بر حسب اسب بخار
۴	شماره‌ی بدنه
۵	ولتاژ کار
۶	تعداد فاز ــ یک فاز یا سه فاز
۷	مقدار جریان (مقدار آمپر)
۸	ضریب خدمات (ضریب کارکرد)
۹	کلاس عایقی
۱۰	دمای مجاور (دمای محیط)
۱۱	تعداد دور در دقیقه
۱۲	مدت زمان کار موتور در بار نامی
۱۳	حرف رمز حالت توقف و یا در حال کار روتور
۱۴	حداکثر بازده
۱۵	میزان بازده اسمی
۱۶	استاندارد کارخانجات تولید کننده‌ی وسایل الکتریکی
۱۷	ضریب قدرت
۱۸	فرکانس (برحسب هرتز)

بر روی ماشین‌ها از علائم اختصاری ایمنی نیز استفاده می‌شود معانی هر یک از علائم مطابق جدول ۲-۵ است.

جدول ۲-۵: علائم اختصاری ایمنی الکتروموتورهای سه‌فاز

معنی	علامت	معنی	علامت
اتصال سیم ایمنی		دستگاه عایق‌بندی ایمنی شده است (طبقه‌ی ایمنی II)	
اتصال سیم زمین		مقاوم در قابل اتصال کوتاه، مشروط	
آزمایش شده طبق VDE		مقاوم در مقابل اتصال کوتاه، غیر مشروط	
روی چوب نصب شود (ضد آتش)		برای دستگاه پزشکی	
خازن در صورت معیوب‌شدن خیلی گرم نمی‌شود (ضد آتش)		غیرقابل استفاده در وان حمام	

جدول ۲-۶: حروف اختصاری مربوط به کلاس‌های حرارتی ماشین‌های الکتریکی

کلاس حرارتی یا عایقی	حداکثر دما °C
x یا (y)	90°
A	105°
E	120°
B	130°
F	155°
H	180°
C	210°

جدول ۲-۶، حروف اختصاری مربوط به کلاس‌های حرارتی ماشین‌های الکتریکی را نشان می‌دهد. لازم به توضیح است، اعدادی که در جدول مشاهده می‌شود از حاصل جمع دمای فرضی محیط($40^{o}c$) و دمای کار کرد ماشین به دست آمده است لذا برای به دست آوردن ماکزیمم دمای ماشین در شرایط کاری لازم است دمای ۴۰ درجه را از عدد داخل جدول کم کرد به عنوان مثال، ماکزیمم دمای قابل تحمل موتوری با کلاس F برابر است با:

$$\theta(\text{دما})=155-40=115$$

جدول ۲-۷: طرز اتصال موتورهای الکتریکی سه فاز با قدرت‌های نامی مختلف به شبکه

روش‌های راه‌اندازی	قدرت نامی	
	در شبکه ۲۳۰V	در شبکه ۴۰۰V
راه‌اندازی به صورت مستقیم	۱/۵ kw تا ۳ kw	۲/۲kw تا ۴ kw
راه‌اندازی به صورت ستاره مثلث	۳ kw تا ۵/۵ kw	۴kw تا ۱۱ kw
راه‌اندازی به وسیله‌ی مقاومت راه‌انداز	۷/۵ kw	۱۵ kw

جدول ۲-۸: تشخیص نوع اتصال موتورها به شبکه برق ایران

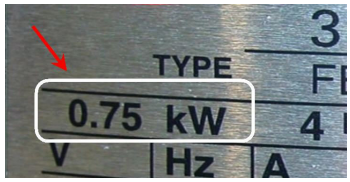
نحوه‌ی اتصال موتور به شبکه‌ی برق ایران	مشخصات پلاک موتور
نمی‌توان با شبکه سه فاز ایران راه‌اندازی کرد	۲۳۰ Y
به صورت ستاره	۲۳۰ Δ
به صورت ستاره	۴۰۰ Y
به صورت ستاره مثلث می‌توان راه‌اندازی کرد و در نهایت باید اتصال مثلث باشد	۴۰۰ Δ
به صورت ستاره	Δ/۴۰۰ Y/۲۳۰
به صورت ستاره مثلث راه‌اندازی می‌شود و در نهایت باید مثلث بسته شود	Δ/۴۰۰ Y/۶۸۰

به منظور یک نتیجه گیری کلی می‌توان گفت که برروی ۹۰ درصد موتورهای الکتریکی یکی از ۱۶ مورد زیر نوشته می‌شود:

۱- تعداد فازها: تعداد فازهای یک موتور بیانگر تکفاز یا سه فاز بودن موتور بوده و بر روی پلاک موتور ذکر می شود.

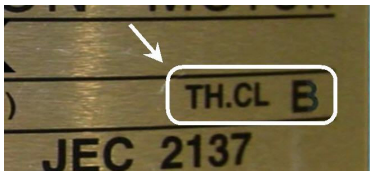
۲ -تایپ موتور: یکی از مشخصاتی که بر روی پلاک موتورها ذکر می شود، تایپ موتور است. این مشخصه توسط سازنده به صورت حروف و اعداد مشخصی بیان شده و حاوی پاره‌ای از اطلاعات درباره موتور نظیر، *Frame* یا فاصله مرکز شافت موتور تا محل نشیمنگاه، قطر شافت موتور و ... می باشد.

۳ - توان نامی: توان نامی یک موتور، میزان توانی است که موتور در شرایط کار نامی خود می‌تواند به بارتحویل دهد. این توان با توانی که موتور از شبکه می‌گیرد، متفاوت است. توانی که موتور از شبکه می‌گیرد برابر با مجموع توان خروجی موتور و تلفات الکتریکی و مکانیکی موتور است. این توان معمولا برحسب اسب بخار بیان می‌شود هر اسب بخار ۷۴۶ وات است.



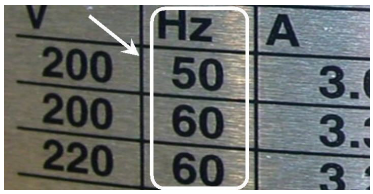
۴- نوع کار: این مشخصه با علایم S1 تا S10 نشان داده می‌شود که هر کدام از این حالت‌ها بیانگر نوع کار و مدت زمان روشن بودن ماشین به طور نسبی است. به عنوان مثال S1 بیان‌گر این است که موتور تحت بار نامی، در درجه حرارت پایدار و بدون وقفه کار می‌کند بدون اینکه از دمای مجاز موتور تجاوز کند.

۵- کلاس عایقی یا گروه مواد عایقی: این مشخصه بیان‌گر میزان استقامت عایقی الکتروموتور در برابر حرارت است. در حالت‌هایی که کلاس عایقی استاتور و روتور متفاوت باشد، ابتدا کلاس عایقی سیم‌پیچ استاتور و سپس سیم‌پیچ روتور ذکر می‌شود. کلاس عایقی را معمولا با حروف انگلیسی نشان می‌دهند. معمول‌ترین کلاس‌های عایقی برای موتورها، کلاس B، F و H است که به ترتیب می‌توانند دماهای ۱۳۰، ۱۵۵ و ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد را تحمل کنند. این دماها به ازای دمای محیط ۴۰ درجه سانتی‌گراد داده شده اند.



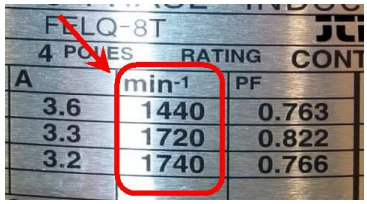
۶- ولتاژ نامی: ولتاژ نامی در واقع ولتاژی است که موتور برای کار در آن ولتاژ طراحی شده است. در بازار، معمولا موتورها برای ولتاژهای نامی مختلف وجود دارند که این مقادیر استاندارد شده می‌باشند و مقادیر خارج از استاندارد برای ولتاژ نامی وجود ندارد.

۷- فرکانس نامی: فرکانس ولتاژی که به موتور اعمال می‌شود، بر روی سرعت موتور و تلفات موتور تأثیر بسزایی دارد. معمولا موتورها یک فرکانس نامی دارند که در این فرکانس موتور می‌تواند به سرعت نامی خود برسد.



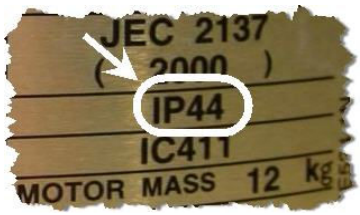
۸- جریان نامی: جریان مجازی است که میتواند در شرایط کارکرد عادی، از سیم‌پیچی‌های استاتور موتور عبور کند. جریانی که موتور از شبکه می‌کشد، در شرایط طولانی مدت نباید از این جریان بیشتر باشد.

۹- سرعت نامی: سرعتی است که موتور برای کار در این سرعت طراحی شده است. سرعت نامی یک موتور معمولا بر حسب دور در دقیقه و یا rpm بیان می‌شود. علاوه بر سرعت نامی، سرعت سنکرون موتور نیز بر روی پلاک آن ذکر می‌شود.

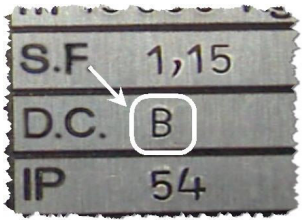


۱۰- ضریب‌توان نامی: به طور کلی از آن‌جا که در موتورهای القایی از سیم‌پیچی‌های مختلف استفاده شده و این سیم‌پیچی‌ها دارای خاصیت سلفی هستند لذا میان جریانی که موتور از شبکه می‌کشد و ولتاژ شبکه اختلاف فازی به وجود می‌آید. این اختلاف فاز باعث می‌شود تا ضریب توان موتور کمتر از یک باشد. معمولا سازنده‌ها ضریب‌توان موتور را در شرایط نامی یعنی بار، ولتاژ و فرکانس نامی، ارائه می‌کنند.

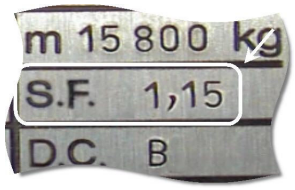
۱۱- نوع محافظت: این مشخصه توسط حروف IP و دو عدد که به دنبال آن می‌آید مشخص می‌شود. عدد اول بیانگر میزان مقاومت موتور در برابر تماس و نفوذ اجسام خارجی است و عدد دوم نیز میزان مقاومت موتور در برابر نفوذ آب را مشخص می‌کند. به عنوان مثال اگر بر روی پلاک موتوری مشخصه IP44 ذکر شده باشد، بیانگر آن است که موتور در برابر اجسام خارجی بزرگتر از قطر ۱ میلی‌متر و همچنین در مقابل پاشیده‌شدن آب از هر جهتی حفاظت شده است. موتورهایی که در آب غوطه‌ورند باید دارای درجهٔ حفاظتی IP68 باشند.



۱۲- نوع یاکلاس قفس روتور: این مشخصه را با حروف انگلیسی A، B، C ویا D نشان می‌دهند. هر کدام از این نوع ماشین‌ها دارای مشخصه سرعت-گشتاور متفاوتی هستند. به عنوان مثال موتور با تیپ D دارای گشتاور راه‌اندازی زیاد و جریان راه‌اندازی کم است. همچنین در شرایط کار عادی، سرعت آن فاصله زیادی تا سرعت سنکرون موتور دارد.



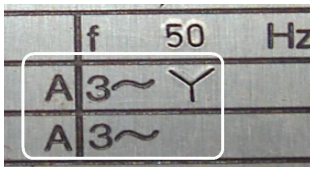
۱۳- ضریب خدمات یا ضریب کارکرد: این مشخصه بیانگر میزان اضافه باری است که موتور می‌تواند در شرایط کاری طولانی مدت تحمل کند. مثلا اگر ضریب خدمات برابر با ۱.۱۵ باشد یعنی، موتور می‌تواند باری به اندازه ۱.۱۵ برابر برابر بار نامی خود را تحمل کند.



۱۴- حداکثر دمای محیط :حداکثر دمایی است که موتور در آن محیط می‌تواند در شرایط بار نامی خود کار کند بدون اینکه به عایق موتور آسیبی وارد شود. این دما معمولا بر حسب سانتی‌گراد بیان می‌شود.

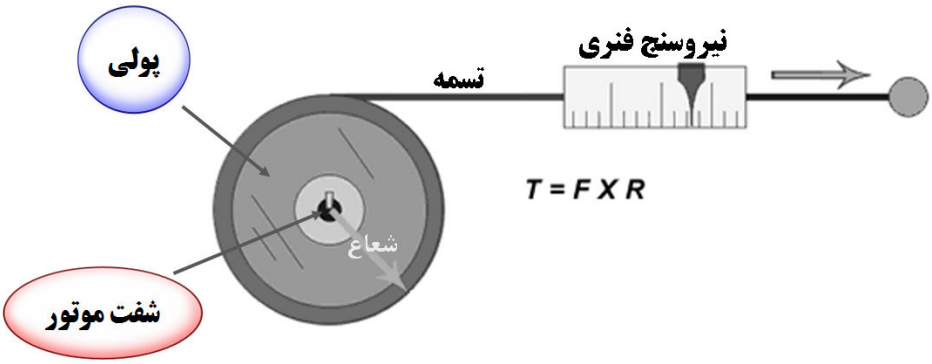
۱۵- بازده: بازده یک موتور برحسب تعریف، نسبت توانی است که موتور به بار می‌دهد، به توانی که موتور از شبکه می‌گیرد. در بسیاری از موارد بازده موتور در شرایط کار نامی نیز روی پلاک موتور ذکر می‌شود.

۱۶- نوع اتصال سیم پیچی استاتور: در موتورهای القایی سه فاز ممکن است سیم پیچی‌های استاتور در داخل موتور توسط سازنده به صورت ستاره یا مثلث بسته شده باشند. در این حالت نوع اتصال برروی پلاک موتور ذکر می شود. همچنین ممکن است سازنده، امکان دسترسی به تمامی سرهای سیم پیچی‌های استاتور را به مصرف‌کننده داده باشد تا بتواند موتور را به دلخواه خود، ستاره یا مثلث ببندد.



۲-۱۳) محاسبه گشتاور بار

منحنی گشتاور-بار با استفاده از تجهیزات زیر بدست می‌آید. شفت موتور را به یک پولی(مانند کولر) وصل می‌کنیم. پولی توسط یک تسمه به یک نیروسنج فنری متصل است. با محاسبه شعاع پولی و نیروی اندازه‌گیری شده توسط نیروسنج گشتاور بار در آن نقطه محاسبه می‌گردد.



شکل ۲-۴۸: منحنی گشتاور-بار

۲-۱۴) آزمایشات و تست‌های مربوط به عملکردهای موتورهای الکتریکی قبل از راه‌اندازی

قبل از راه‌اندازی یک الکتروموتور پاره‌ای از آزمایش‌ها و تست‌ها را باید جهت اطمینان از صحت کارکرد موتور و نیز صحت نصب آن انجام داد. قبل از راه‌اندازی یک الکتروموتور باید مقدار مقاومت عایقی سیم‌پیچ‌ها و کابل‌های قدرت و فرمان را اندازه‌گیری کنیم. این امر جهت اطمینان از صحت و سلامت عایق الکتروموتور لازم است. در مورد سیم‌پیچی‌های الکتروموتور، باید میزان مقاومت عایقی هر سه سیم‌پیچ با بدنه را اندازه‌گیری کنیم. این مقاومت‌ها نباید از حد مشخصی کمتر باشند. درصورتی که مقدار این مقاومت‌ها کمتر از مقدار ذکر شده توسط سازنده باشد، باید نسبت به تعویض و یا اصلاح عایقی سیم‌پیچ‌ها اقدام نمود. معمولا میزان این مقاومت‌ها بیشتر از میزان قابل اندازه‌گیری توسط دستگاه میگر است.

پس از نصب الکتروموتور و قبل از راه‌اندازی آن، باید از محکم بودن اتصالات و پیچ ها به فونداسیون مطمئن شویم. همچنین در صورت نیاز سیستم‌های تهویه و خنک کن را نصب و آماده به کار قرار می‌دهیم. اگر الکتروموتور گریس‌خور یا دارای فیلتر هوا باشد ابتدا باید از تزریق گریس و تمیزی فیلتر هوا اطمینان حاصل شود. کابل اتصال به زمین از دیگر مواردی است که باید قبل از راه‌اندازی الکتروموتور چک شود تا از صحت و سلامت آن و اتصال صحیح آن به زمین اطمینان حاصل شود.

الکتروموتور را در حالت Free Run یعنی در حالت آزاد و بدون اتصال مکانیکی راه‌اندازی می‌کنیم. جهت چرخش الکتروموتور را چک می‌کنیم تا در جهت خواسته شده باشد. برای تغییر جهت گردش جای دو سیم از سه سیم ورودی را با هم تعویض می‌کنیم. در زمانی که موتور در حالت Free Run کار می‌کند، جریان الکتروموتور را چک می‌کنیم تا از حد مخص شده توسط سازنده بیشتر نباشد. از آن جا که موتور در حالت بی‌باری کار می‌کند این جریان کمتر از جریان نامی آن است. لرزش الکتروموتور از دیگر مواردی است که باید اندازه‌گیری شود. برای این کار از دستگاه ویبرومتر استفاده می‌شود. لرزش بخش‌های مختلف الکتروموتور را با استفاده از این دستگاه اندازه می‌گیریم. لرزش زیاد الکتروموتور می‌تواند ناشی از ایراد در خود موتور و یا عدم نصب صحیح آن باشد. صدای غیر عادی بخش‌های مختلف الکتروموتور را نیز می‌توان با وسیله ساده‌ای به نام سنداسکوپ تشخیص داد. صدای غیر عادی موتور می‌تواند نشانه‌ای از ایراد در کارکرد موتور باشد. در حالت Free Run دمای موتور را نیز باید چک کرد تا موتور بیش از حد گرم نشده باشد. بسته به نظر طراح و سازنده، الکتروموتور مدتی در این وضعیت باید کار کند. پس از ثبت اطلاعات مربوطه، الکتروموتور را خاموش کرده و آن را به شافت تجهیز مکانیکی مورد نظر متصل می‌کنیم. الکتروموتور را بدون بار راه‌اندازی کرده و بتدریج بار را اعمال می‌کنیم. در این حالت کلیه موارد مذکور در بالا از قبیل جریان، دما، لرزش و صدای الکتروموتور را کنترل می‌کنیم. اگر با اطلاعات مربوط در کاتالوگ و Data Sheet مطابقت داشت، کارکرد آن مورد تأیید است و موتور می‌تواند در این وضعیت مورد بهره‌برداری قرار گیرد.

۲-۱۵) عیب‌یابی موتور

- یکی از روش‌های عیب‌یابی در موتورها چک کردن ظاهری موتور است. به عنوان مثال در محل هایی که اتصالات دارای مقاومت بالایی هستند و یا احیانا اتصال به خوبی برقرار نشده است، می‌توان نشانه‌های سوختگی در اثر حرارت زیاد را مشاهده کرد.
- از روش‌های دیگر عیب‌یابی موتور، استفاده از ولت‌متر است. با اندازه‌گیری ولتاژ خط‌های ورودی موتور اولا می‌توان قطع یا وصل بودن اتصالات را چک کرد و ثانیا می‌توان متعادل بودن یا نبودن ولتاژ، اضافه‌ولتاژ و افت ولتاژ را نیزتشخیص داد.
- از آمپرمتر نیز می‌توان برای عیب‌یابی موتور استفاده کرد. با اندازه‌گیری جریان‌های ورودی به موتور می‌توان نامتعادل بودن جریان‌ها و نیز زیاد بودن جریان موتور را تشخیص داد. اضافه جریان در موتور می‌تواند ناشی از اضافه‌بار، یاتاقان‌های خراب، سیم‌پیچی‌های اتصال کوتاه شده و یا سیم‌پیچی‌های باز شده باشد. در موقع قطع بودن موتور از شبکه، می‌توان با استفاده از اهم‌متر یا میگر، مشخص کرد که آیا سیم‌پیچی‌ها به بدنه و یا زمین متصل شده است یا نه. همچنین می‌توان حالت اتصال داشتن سیم پیچی‌های فازهای مختلف به یکدیگر و یا اتصال بین حلقه‌های یک سیم پیچی را با اهم متر چک کرد. در صورتی که حلقه‌های یک سیم پیچی با هم اتصال کوتاه داشته باشند، مقاومت آن سیم پیچی از مقاومت بقیه سیم پیچی‌های موتور کمتر خواهد بود. برای اندازه‌گیری دقیق مقاومت اهمی سیم‌پیچ‌ها، بایستی در صورت امکان از حالت اتصال ستاره و مثلث باز شوند و مقاومت هر سیم‌پیچ، مستقل اندازه‌گیری شود.

با استفاده از دستگاه میگر، می‌توان وضعیت عایق موتور را چک کرد و در صورت نامناسب بودن عایق نسبت به تعویض آن اقدام کرد. دستگاه میگر، در واقع یک اهم متر است که می‌تواند مقادیر بزرگ مقاومت را اندازه‌گیری کند. با این دستگاه می‌توان عایق بین فازهای مختلف موتور، یک فاز با بدنه و... را چک کرد.

- برای تشخیص صدای غیرعادی الکتروموتور از وسیلهٔ ساده‌ای بنام سنداسکوپ استفاده می‌شود تا منابع نویز در موتور را شناسایی کند. از منابع ایجاد نویز در موتور یاتاقان‌های خراب، جرقه‌ها، جریان مایعات نظیر روغن و... است. شل بودن ورقه‌های روتور و یا شل بودن قفل شیارها در استاتور از دیگر عوامل ایجاد صدا در موتور است.

۲-۱۵-۱) جدول عیب‌یابی موتورهای الکتریکی

عیوب	دلایل احتمالی	نحوه رفع عیب
موتور حرکت نمی‌کند	قطع بودن تغذیه	بررسي و رفع عیب
	عدم نصب فیوز و یا سوخته بودن آن	نصب و یا تعویض فیوز
	پارگي کابل ورودی	چک کردن کابل ورودی
	ایراد در سیم‌پیچی‌ها	چک کردن سیم‌پیچی‌ها
	جام کردن موتور به دلیل یاتاقان‌های خراب	چک کردن و تعویض یاتاقان‌ها
	اتصال روتور به استاتور	تعویض یاتاقان‌ها
	بار خیلی زیاد روی موتور	چک کردن توان نامی موتور با استفاده از NamePlate و چک کردن بار اعمالي به موتور
موقع راه‌اندازی فیوز می‌سوزد و یا کلید قطع می‌کند	اتصال کوتاه در کلید	چک کردن کلید
	اتصال کوتاه در سیم‌پیچی‌های موتور	چک کردن سیم‌پیچی‌ها
	سیم‌بندی غیر صحیح موتور	تصحیح با استفاده از NamePlate
	کوچک بودن اندازه فیوز	استفاده از فیوز مناسب با توجه به اندازه موتور
	اضافه بار روی موتور	چک کردن توان نامی موتور با استفاده از NamePlate و چک کردن بار اعمالي به موتور
سروصدای زیاد موقع راه‌اندازی	دو فاز کار کردن موتور	چک کردن شبکه و کابل‌های ورودی
	نزدیکي روتور به هسته استاتور	تعویض یاتاقان‌ها
	عدم روغن‌کاری صحیح یاتاقان‌ها	چک کردن یاتاقان‌ها و استفاده از روغن یا گریس مناسب
	خرابي یاتاقان‌ها	تعویض یاتاقان‌ها
	مالیده شدن فن موتور به بدنه	تنظیم محل فن در موتور
	فنداسیون نامناسب موتور	اصلاح فنداسیون و محکم کردن پیچ‌های آن
	وقوع اتصال کوتاه در سیم‌پیچی‌ها	تعمیر یا تعویض سیم‌پیچی‌ها
	ایجاد جرقه بین حلقه‌های لغزان موتور با رتور سیم پیچی‌شده	تنظیم فشار روی ذغال‌ها، سمباده کاری آن ها و یا تعویض آن‌ها
	خارج شدن رتور از مرکز طولی خود در استاتور	جا زدن رتور در استاتور و اصلاح یاتاقان‌ها
لرزش موتور	اتصال کوتاه در سیم‌پیچي ها	تعمیر یا تعویض سیم‌پیچی‌ها
	مدار باز بودن روتور	اصلاح توسط سازنده

	بالانس نبودن روتور	اصلاح توسط سازنده
	بالانس نبودن فن	تعویض فن و یا اصلاح آن
	شکسته بودن پره فن	تعویض فن
	محکم نبودن موتور روی نشیمن‌گاه	محکم کردن پیچ‌های اتصال به نشیمن‌گاه
	هم محور نبودن محور رتور و محور بار	تنظیم و هم‌محور کردن رتور با بار
موتور به کندی حرکت می‌کند	کم بودن ولتاژ شبکه	بازبینی شبکه و کابل اتصال به موتور
	یاتاقان‌های معیوب	یاتاقان‌ها و روغن یا گریس آن ها بازبینی شود.
	محکم نبودن اتصالات	بررسی و محکم کردن اتصالات
	زیاد بودن مقاومت روتور در موتورها با رتور سیم‌بندی شده	کاهش مقاومت متصل به روتور و محکم اتصالات
	دو فاز شدن موتور	چک کردن ورودی‌های موتور
	اتصال نامناسب بین میله‌های قفس و حلقه‌های انتهایی در موتورهای قفس‌سنجابی	بازکردن موتور و بررسی وضعیت روتور و در صورت لزوم اصلاح آن
	اضافه بار روی موتور	بررسی توان نامی موتور با استفاده از NamePlate و چک کردن بار اعمالی به موتور
کاهش دور موتور موقع بارگذاری	موتور به جای مثلث، ستاره بسته شده است	اتصال صحیح استاتور
	بار روی محور موتور زیاد است	چک کردن توان نامی موتور و بار متصل به آن
	سطح مقطع کابل ورودی کم است	استفاده از کابل بزرگتر
	محکم نبودن اتصالات موتور	بازبینی اتصالات و محکم کردن آن‌ها
	بالا بودن مقاومت روتور در موتورها با روتور سیم‌بندی شده	کم کردن مقاومت متصل به روتور
گرم شدن موتور	افزایش ولتاژ شبکه	چک کردن شبکه و رفع عیب
	کاهش ولتاژ شبکه	چک کردن شبکه و رفع عیب
	کوچک بودن اندازه کابل ورودی	استفاده از کابل بزرگتر
	اتصالات ورودی غیر محکم	محکم کردن اتصالات
	ولتاژهای نامتعادل	چک کردن شبکه و رفع عیب
	روشن و خاموش کردن متوالی موتور	بهره‌برداری صحیح از موتور

	اضافه‌بار روی موتور	بررسی توان نامی موتور با استفاده از Nameplate و چک کردن بار اعمالی به موتور و در صورت امکان کم کردن بار
	بالا بودن دمای محیط	استفاده از وسایل مناسب برای کاهش دمای محیط
	مسدود شدن کانال‌های تهویه در موتور	تمیزکاری موتور و رفع انسداد از کانال‌ها
	کثیف بودن بدنه موتور ناشی از گرد و غبار، چربی یا مواد شیمیایی	تمیزکاری بدنه موتور و پروانه آن
	اتصال کوتاه در موتور	تعمیر یا تعویض سیم‌پیچی‌ها
	بالا بودن مقاومت سیم‌پیچی‌ها	تعمیر یا تعویض سیم‌پیچی‌ها
	خرابی یاتاقان‌ها	تعمیر یا تعویض یاتاقان‌ها
	عدم گریس‌کاری یا روغن کاری صحیح یاتاقان‌ها	استفاده از گریس یا روغن مناسب و گریس‌کاری و روغن‌کاری کافی یاتاقان‌ها
	سفت بودن تسمه اتصال موتور به بار	شل کردن آن
	شل بودن تسمه اتصال موتور به بار	سفت کردن آن
	اتصال ستاره و مثلث جابجا بسته شده‌اند	اتصال صحیح استاتور
	وجود Lossconnection در مدار رتور یا قفسه‌های آن	اندازه گیری مقاومت اتصالات و در صورت لزوم اصلاح آن
جرقه زدن ذغال‌ها در موتورها با رتور سیم‌پیچی‌شده	سطوح تماس کثیف	تمیزکاری حلقه‌های لغزان و ذغال‌ها و پرداخت کردن حلقه‌های لغزان
	غیردایروی، زبر یا شیاردار بودن حلقه‌های لغزان	پرداخت کردن حلقه‌های لغزان با استفاده از ماشین تراش
	سطح تماس نامناسب ذغال‌ها با حلقه‌های لغزان	ذغال‌ها سمباده کاری شوند
	فشار کم روی ذغال‌ها	فنرهای روی ذغال‌ها چک شوند و در صورت لزوم تعویض شوند
چرخش غیر یکنواخت موتور	قطع و وصل شده مدار رتور یا استاتور	اتصالات مدارها چک شده و محکم شوند
خارج شدن گریس از یاتاقان‌ها	استفاده بیش از حد از گریس	کاهش میزان گریس مصرفی
	مناسب نبودن نوع گریس	استفاده از گریس مناسب

۲-۱۶) روش‌های حفاظت موتور

به طور کلی تجهیزات الکتریکی را در برابر کلیه حالت‌های ناخواسته که ممکن است باعث صدمه دیدن و یا خرابی دستگاه شود، حفاظت می‌کنند. منظور از حفاظت، اتخاذ تدابیر و استفاده از وسائلی است که بلافاصله پس از وقوع حالات ناخواسته و غیرعادی، وارد عمل شده و دستگاه مورد نظر را از مدار خارج می‌کنند. در موتورهای القایی، حالت‌های غیرعادی و مضر متفاوتی ممکن است پیش آید که برای هریک، از نوع مخصوصی از حفاظت استفاده می‌شود. به طور کلی می‌توان این حالت‌های غیرعادی را به صورت زیر نام برد:

۱. اضافه بار در موتور: باری که به یک موتور اعمال می‌شود، بار مکانیکی است که به شافت موتورمتصل است. طراحان موتور، معمولا یک توان نامی‌برای موتور در نظر می‌گیرند و موتور را برای آن توان طراحی می‌کنند. موتور در شرایطی که بار متصل به آن دارای توانی کمتر یا مساوی توان نامی موتور است، می‌تواند به طور دائم و بدون مشکل کار کند. ولی در توان‌های بالاتر، موتور برای تأمین بار مورد نظر باید جریان بیشتری از شبکه بکشد که این امر باعث گرم شدن بیش از حد موتور و در نتیجه سوختن سیم پیچی‌ها و از بین رفتن عایق موتور می‌شود. این حالت را معمولا از روی جریان موتور تشخیص می‌دهند.

۲. اتصال کوتاه در موتور: در این حالت یکی از فازهای موتور به زمین و یا یک فاز به فاز دیگر اتصال پیدا کرده است. معمولا اتصال به زمین از طریق بدنه استاتور صورت می‌گیرد. در حالت اتصال کوتاه جریان بسیار زیادی از سیم پیچی‌های موتور کشیده می‌شود که در مدت زمان بسیار کوتاهی باعث صدمه دیدن سیم پیچی‌ها و عایقی موتور می‌شود. حالت اتصال کوتاه در موتور باید در کوتاه‌ترین زمان ممکن توسط تجهیزات حفاظتی تشخیص داده شده و موتور از شبکه جدا شود. این حالت را معمولا از روی میزان جریان ورودی به موتور تشخیص می‌دهند.

۳. افت ولتاژ: توان خروجی یک موتور الکتریکی به ولتاژ اعمالی به آن بستگی دارد. با افت ولتاژ تغذیه موتور، توانی که موتور می‌تواند تحویل دهد، کاهش یافته و در نتیجه موتور برای جبران این افت ولتاژ جریان بیشتری را از شبکه می‌کشد. این افزایش جریان باعث گرم شدن الکتروموتور و در نتیجه خرابی آن می‌شود. این حالت را می‌توان با اندازه گیری ولتاژهای فازهای ورودی به موتور و چک کردن جریان‌ها تشخیص داد.

۴. افزایش ولتاژ: افزایش ولتاژ در یک موتور اگر چه میزان جریان عبوری از سیم‌پیچ‌های موتور را کاهش می‌دهد و باعث کاهش دمای آن می‌شود ولی می‌تواند برای عایقی آن خطرناک باشد. با افزایش ولتاژ، جریان نشتی که از عایق می‌گذرد افزایش پیدا کرده و در نتیجه عایق گرم شده که ادامه این امر می‌تواند باعث سوختن و از بین رفتن عایق موتور شود.

۵. ولتاژ نامتعادل: در یک سیستم سه فاز، اندازه ولتاژهای فازهای مختلف باید با یکدیگر برابر باشند. موتورهای الکتریکی سه‌فاز را بر اساس کار با ولتاژهای متعادل طراحی می‌کنند. در ولتاژهای نامتعادل، اندازه جریان فازهای مختلف که موتور از شبکه می‌کشد نیز متفاوت خواهد بود. این عدم تعادل در جریان‌ها باعث بالا رفتن تلفات اهمی موتور شده و در نتیجه باعث گرم شدن موتور می‌شود. با ۳% عدم تعادل در ولتاژها، موتور می‌تواند تنها ۹۰ درصد توان نامی‌خود را بدون گرم شدن تحویل بار دهد.

۶. تک فاز شدن: قطع یک یا دو فاز یک موتور القایی را می‌توان حالت شدیدتر ولتاژهای نامتعادل دانست. با قطع شدن یک فاز، جریان فازهای دیگر افزایش می‌یابد که این امر باعث افزایش تلفات در موتور و گرم‌شدن آن می‌شود.

۷. تغییرتوالی فازها: در یک موتور القایی سه فاز، جهت چرخش موتور به توالی فازهای ورودی موتور بستگی دارد. با تغییر در محل دو فاز موتور، توالی فازها عوض شده و موتور در جهت خلاف جهت قبلی

حرکت خواهد کرد. این امر در بسیاری از سیستم‌ها می‌تواند برای تجهیزات و پرسنل، خطرناک باشد و باید به طریقی از این امر جلوگیری شود.

۸. روشن و خاموش کردن متوالی موتور: از آنجا که موتورهای القایی موقع راه اندازی جریان بسیار زیادی از شبکه می‌کشند، روشن و خاموش کردن متوالی و زیاد موتور در یک بازه زمانی، موجب افزایش دمای موتور و کاهش عمر آن می‌شود. بنابراین در بسیاری از موتورها، جهت جلوگیری از این عمل، با استفاده از وسایل خاصی، محدودیت‌هایی را برای تعداد دفعات روشن و خاموش شدن موتور در یک ساعت قرار می‌دهند.

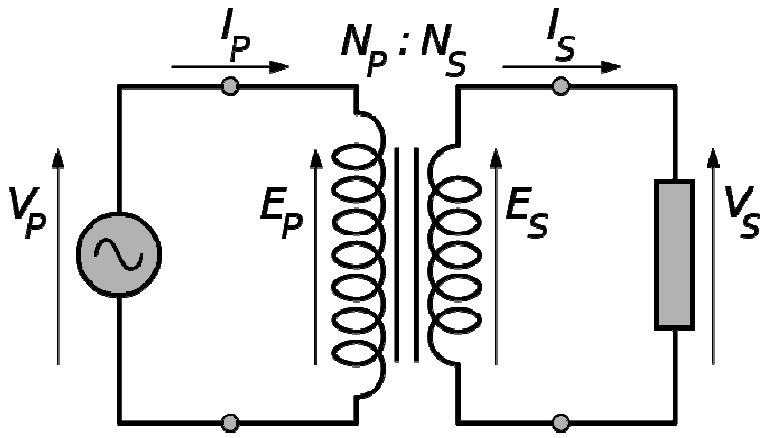
۲-۱۷) ترانسفورماتور(*Transformer*)

شکل ۲-۴۹: ترانسفورماتور(*Transformer*)

ترانسفورماتور ماشینی است که انرژی الکتریکی را از یک سطحی به سطح دیگر تبدیل می‌کند. ترانسفورماتور به منظور کاهش و یا افزایش ولتاژ و یا جریان بکار می‌رود بنابراین می‌توان گفت ترانسفورماتور ماشینی است که باعث افزایش و یا کاهش جریان و یا ولتاژ شده و توان و فرکانس را تغییر نمی‌دهد.

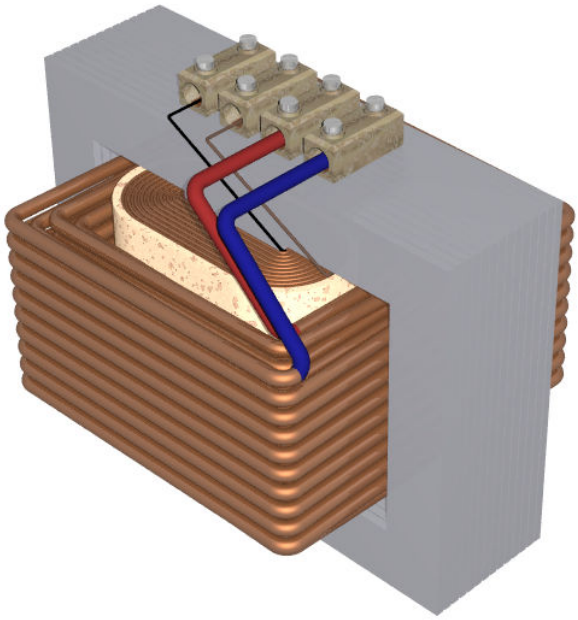
۲-۱۷-۱) ساختمان ترانس

ترانس از یک هسته آهنی و دوعدد سیم‌پیچ تشکیل یافته است که یکی سیم‌پیچ اولیه و دیگری سیم‌پیچ ثانویه می‌باشد. سیم‌پیچ اولیه به سیم‌پیچی اطلاق می‌شود که به منبع متصل باشد و سیم‌پیچ ثانویه نیز به سیم‌پیچی اطلاق می‌شود که به بار متصل باشد. ترانس‌ها را در دو گروه افزاینده و کاهنده نیز تقسیم‌بندی می‌نمایند. اگر چنانچه ولتاژ ثانویه نسبت به اولیه بیشتر باشد اصطلاحا ترانس را افزاینده گویند و اگر ولتاژ ثانویه کم‌تر از ولتاژ اولیه باشد ترانس را کاهنده می‌نامند.



شکل ۲-۵۰: مدار معادل ترانس

۲-۱۷-۲) نحوه کار ترانسفورماتور



شکل ۲-۵۱: اجزای تشکیل دهنده یک ترانس

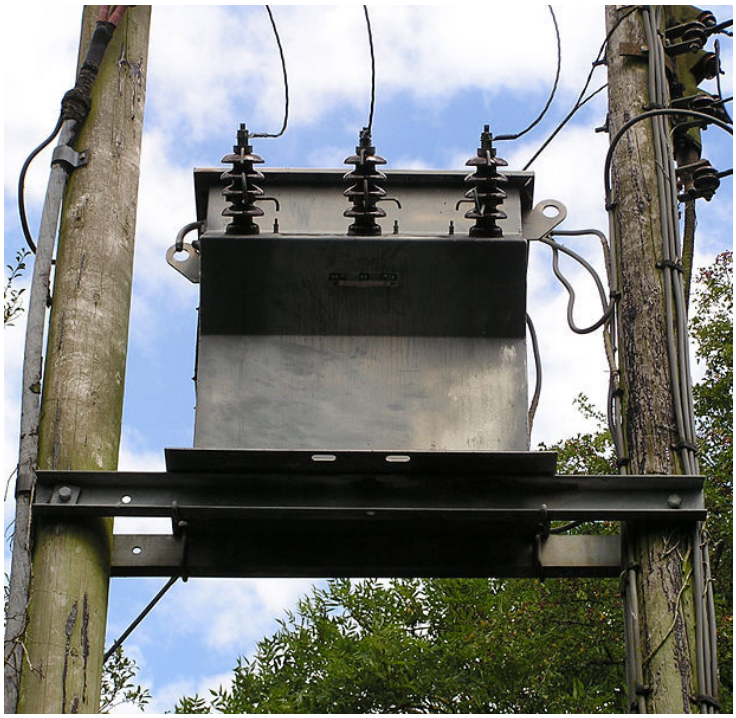
ترانسفورماتور وسیله‌ای است که انرژی الکتریکی را به وسیله دو یا چند سیم‌پیچ و از طریق القای الکتریکی از یک مدار به مداری دیگر منتقل می‌کند. به این صورت که جریان جاری در مدار اول(اولیه ترانسفورماتور) موجب به وجود آمدن یک میدان مغناطیسی در اطراف سیم‌پیچ اول می‌شود، این میدان مغناطیسی به نوبه خود موجب به وجود آمدن یک ولتاژ در مدار دوم می‌شود که با اضافه کردن یک بار به مدار دوم این ولتاژ می‌تواند به ایجاد یک جریان در ثانویه بینجامد. ولتاژ القا شده در ثانویه V_S و ولتاژ دو سر

سیم‌پیچ اولیه V_P دارای یک نسبت با یکدیگرند که به طور ایده‌آل برابر نسبت تعداد دور سیم پیچ ثانویه به سیم‌پیچ اولیه است:

$$\frac{V_S}{V_P} = \frac{N_S}{N_P}$$

به این ترتیب با اختصاص دادن امکان تنظیم تعداد سیم‌پیچ‌های ترانسفورماتور، می‌توان امکان تغییر ولتاژ در ثانویه ترانس را فراهم کرد. یکی از کاربردهای بسیار مهم ترانسفورماتورهای کاهش جریان پیش از خطوط انتقال انرژی الکتریکی است. دلیل استفاده از ترانسفورماتور در ابتدای خطوط این است که همه هادی‌های الکتریکی دارای میزان مشخصی مقاومت الکتریکی هستند، این مقاومت می‌تواند موجب اتلاف انرژی در طول مسیر انتقال انرژی الکتریکی شود. میزان تلفات در یک هادی با مجذور جریان عبوری از هادی رابطه مستقیم دارد($P= I^2 \times R$). بنابراین با کاهش جریان می‌توان تلفات را به شدت کاهش داد. با افزایش ولتاژ در خطوط انتقال به همان نسبت جریان خطوط کاهش می‌یابد و به این ترتیب هزینه‌های انتقال انرژی نیز کاهش می‌یابد، البته با نزدیک شدن خطوط انتقال به مراکز مصرف برای بالا بردن ایمنی ولتاژ خطوط در چند مرحله و باز به وسیله ترانسفورماتورها کاهش می‌یابد تا به میزان استاندارد مصرف برسد. به این ترتیب بدون استفاده از ترانسفورماتورها امکان استفاده از منابع دوردست انرژی فراهم نمی‌آمد.

ترانسفورماتورها یکی از پربازده‌ترین تجهیزات الکتریکی هستند به طوری که در برخی ترانسفورماتورهای بزرگ راندمان به ۹۹.۷۵٪ نیز می‌رسد. امروزه از ترانسفورماتورها در اندازه‌ها و توان‌های مختلفی استفاده می‌شود. از یک ترانسفورماتور بند انگشتی که در یک میکروفن قرار دارد تا ترانسفورماتورهای غول‌پیکر چند گیگا ولت-آمپری، همه این ترانسفورماتورها اصول کار یکسانی دارند اما در طراحی و ساخت متفاوت هستند.



شکل ۲-۵۲: یک ترانسفورماتور توزیع بر روی یک تیر

۲-۱۷-۳) اصول پایه ترانسفورماتور

به طور کلی یک ترانسفورماتور بر دو اصل استوار است:

- جریان الکتریکی متناوب می‌تواند یک میدان مغناطیسی متغییر پدیدآورد(الکترومغناطیس).
- یک میدان مغناطیسی متغییر در داخل یک حلقه سیم‌پیچ می‌تواند موجب به وجود آمدن یک جریان الکتریکی متناوب در یک سیم سیم‌پیچ شود.

جریان جاری در سیم‌پیچ اولیه موجب به وجود آمدن یک میدان مغناطیسی می‌گردد. هر دو سیم‌پیچ اولیه و ثانویه بر روی یک هسته که دارای خاصیت *نفوذپذیری مغناطیسی* بالایی است(مانند آهن) پیچیده شده‌اند. بالا بودن نفوذپذیری هسته موجب می‌شود تا بیشتر میدان تولید شده توسط سیم‌پیچ اولیه از داخل هسته عبور کرده و به سیم‌پیچ ثانویه برسد.

۲-۱۷-۳-۱)قانون القاء

میزان ولتاژ القا شده در سیم‌پیچ ثانویه را می‌توان به وسیله قانون فاراده به دست آورد:

$$V_S = N_S \frac{d\Phi}{dt}$$

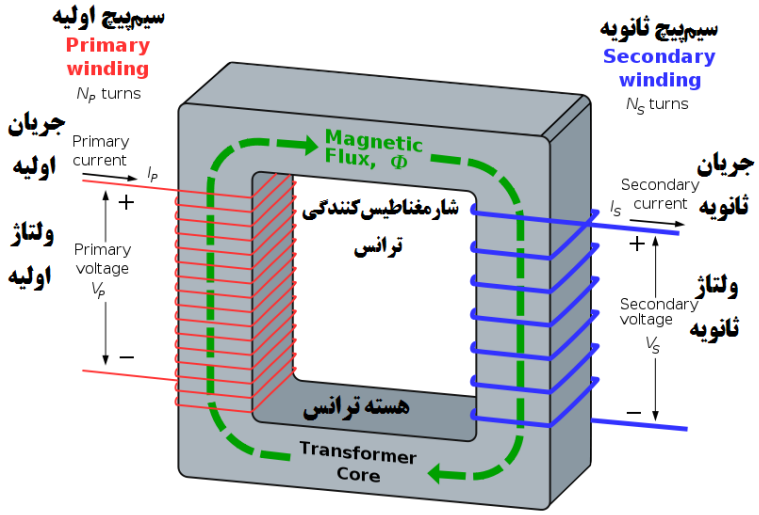
در فرمول بالا V_S ولتاژ لحظه‌ای، N_S تعداد دورهای سیم‌پیچ در ثانویه و Φ برابر مجموع شار مغناطیسی است که از یک دور از سیم‌پیچ می‌گذرد. با توجه به این فرمول تا زمانی که شار در حال تغییر از دو سیم پیچ اولیه و ثانویه عبور کند ولتاژ لحظه‌ای در اولیه یک ترانسفورماتور ایده‌آل از فرمول زیر بدست می‌آید:

$$V_P = N_P \frac{d\Phi}{dt}$$

و با توجه به تعداد دور سیم‌پیچ‌های اولیه و ثانویه و این معادله ساده می‌توان میزان ولتاژ القایی در ثانویه را بدست آورد:

$$\frac{V_S}{V_P} = \frac{N_S}{N_P}$$

۲-۱۷-۳-۲) معادله ایده‌ال توان



شکل ۲-۵۳: نمایش یک ترانس تک‌فاز

اگر سیم‌پیچ ثانویه به یک بار متصل شده باشد جریان در سیم‌پیچ ثانویه جاری خواهد شد و به این ترتیب توان الکتریکی بین دو سیم‌پیچ منتقل می‌شود. به طور ایده‌آل ترانسفورماتور باید کاملاً بدون تلفات کار کند و تمام توانی که به ورودی وارد می‌شود به خروجی برسد و به این ترتیب توان ورودی و خروجی باید برابر باشد و در این حالت داریم:

$$I_S V_S = P_{outgoing} = I_P V_P = P_{incoming}$$

و همچنین در حالت ایده‌آل خواهیم داشت:

$$\frac{V_S}{V_P} = \frac{N_S}{N_P}$$

$$\frac{N_S}{N_P} = \frac{I_P}{I_S}$$

در نتیجه:

$$\frac{V_S}{V_P} = \frac{N_S}{N_P} = \frac{I_P}{I_S}$$

بنابراین اگر ولتاژ ثانویه از اولیه بزرگتر باشد جریان ثانویه باید به همان نسبت از جریان اولیه کوچکتر باشد. همانطور که در بالا اشاره شد در واقع بیشتر ترانسفورماتورها راندمان بسیار بالایی دارند و به این ترتیب نتایج به دست آمده از این معادلات به مقادیر واقعی بسیار نزدیک خواهد بود.

مثال: در یک ترانس ۲۰۰۰ واتی که به ولتاژ ۲۰۰ ولت متصل می‌باشد جریانی در ثانویه معادل ۲ آمپر باری را تغذیه می‌کند. مطلوب است محاسبه جریان اولیه و ولتاژی که دوسر بار(ولتاژ ثانویه) بدست آورید.

$$P1=P2$$
$$P1= V1 \times I1 \longrightarrow I1=2000/200=10$$
$$P2= V2 \times I2 \longrightarrow V2= 2000/2= 1000$$

۲-۱۷-۳-۳) شار پراکندگی

در یک ترانسفورماتور ایده‌آل شار مغناطیسی تولیدی توسط سیم‌پیچ اول به طور کامل توسط سیم‌پیچ دوم جذب می‌شود. اما در واقع بخشی از شار مغناطیسی در فضای اطراف پراکنده می‌شود. به شاری که در حین انتقال از مسیر خود جدا می‌شود شار پراکندگی[۲] می‌گویند. این شار پراکندگی موجب به وجود آمدن اثر خود القا در سیم‌پیچ‌ها می‌شود و به این ترتیب موجب می‌شود که در هر سیکل، انرژی در سیم‌پیچ ذخیره شده و در نیمه پایانی سیکل آزاد شود. این اثر به طور مستقیم باعث ایجاد افت توان نخواهد شد اما به دلیل ایجاد اختلاف فاز موجب ایجاد مشکلاتی در تنظیم ولتاژ خواهد شد و به این ترتیب باعث خواهد شد تا ولتاژ ثانویه دقیقاً نسبت واقعی خود با ولتاژ اولیه حفظ نکند؛ این اثر به ویژه در بارهای بزرگ خود را نشان خواهد داد. به همین دلیل ترانسفورماتورهای توزیع طوری ساخته می‌شوند تا کمترین میزان تلفات پراکندگی را داشته باشند با این حال در برخی کاربردها، وجود تلفات پراکندگی بالا پسندیده است. در این ترانسفورماتورها با استفاده از روش‌هایی مانند ایجاد مسیرهای مغناطیسی طولانی، شکاف‌های هوایی یا مسیرهای فرعی مغناطیسی اقدام به افزایش شار پراکندگی می‌کنند. دلیل افزایش عمدی تلفات پراکندگی در این ترانسفورماتورها قابلیت بالای این نوع ترانسفورماتورها در تحمل اتصال کوتاه است. از این گونه ترانسفورماتورها برای تغذیه بارهای دارای مقاومت منفی مانند دستگاه‌های جوش(یا دیگر تجهیزات استفاده

---

[۲] *leakage flux*

کننده از قوس الکتریکی)، لامپ‌های بخار جیوه و تابلوهای نئون یا ایجاد ایمنی در بارهایی که احتمال بروز اتصال کوتاه در آنها زیاد است استفاده می‌شود.

معادله عمومی EMF برای ترانسفورماتورها

اگر شار مغناطیسی را سینوسی در نظر بگیریم رابطه بین ولتاژ E، فرکانس منبع f، تعداد دور N، سطح مقطع هسته A و ماکزیمم چگالی مغناطیسی B از رابطه عمومی EMF و به صورت زیر به دست می‌آید:

$$E = \frac{2\pi f NaB}{\sqrt{2}} = 4.44 f NaB$$

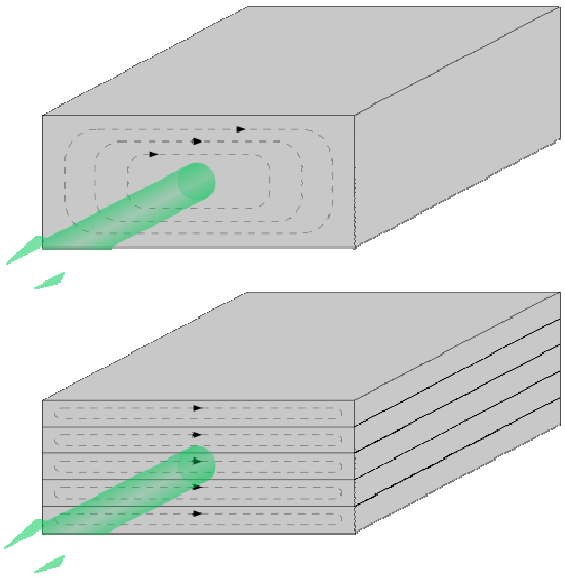
۲-۱۷-۳-۴) مقاومت سیم‌پیچ‌ها

جریانی که در یک هادی جاری می‌شود با توجه به میزان مقاومت الکتریکی هادی می‌تواند موجب به وجود آمدن حرارت در محل عبور جریان شود. در فرکانس‌های بالاتر اثر سطحی و اثر مجاورت نیز می‌توانند تلفات مضایفی را در ترانسفورماتور به وجود آورند.

۲-۱۷-۳-۵) تلفات پسماند(هیسترزیس)

هر بار که جهت جریان الکتریکی به‌خاطر وجود فرکانس عوض می‌شود با توجه به جنس هسته، مقدار کمی انرژی در هسته باقی می‌ماند. به این ترتیب برای یک هسته با جنس ثابت این نوع تلفات با میزان فرکانس تناسب دارد و با افزایش فرکانس تلفات پسماند هسته نیز افزایش می‌یابد.

۲-۱۷-۳-۶) جریان گردابی



شکل ۲-۵۴: جریان گردابی

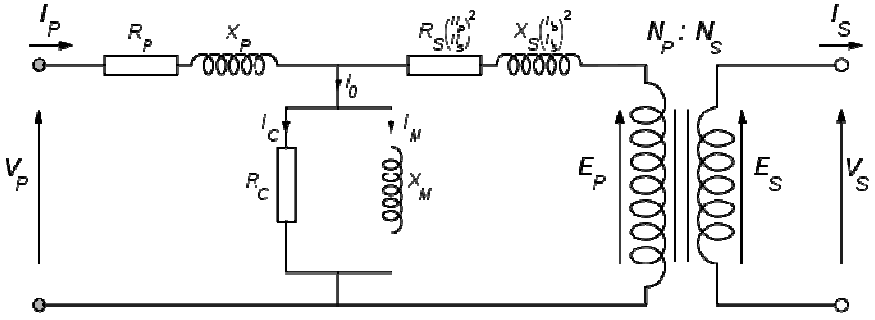
مواد فرومغناطیس معمولا هادی‌های الکتریکی خوبی نیز هستند و بنابراین هسته ترانسفورماتورمی‌تواند مانند یک مدار اتصال کوتاه شده عمل کند. بنابراین حتی با القای میزان کمی ولتاژ، جریان در هسته به شدت بالا می‌رود. این جریان جاری در هسته گذشته از به وجود آوردن تلفات الکتریکی موجب به وجود آمدن حرارت در هسته نیز می‌شود. جریان گردابی در هسته با مجذور فرکانس منبع رابطه مستقیم و با مجذور ضخامت ورق هسته رابطه معکوس دارد. برای کاهش تلفات گردابی در هسته، هسته‌ها را ورقه ورقه کرده و آنها را نسبت به یکدیگر عایق می‌کنند. معمولا برای کاهش جریان گردابی بایستی مطابق فرمول رلوکتانس مغناطیسی $\{R= L/(\mu.A)\}$ مانند زیر عمل نمود:

- به منظور کاهش جریان، مقاومت بایستی افزایش یابد.
- افزایش مقاومت با افزایش طول و یا کاهش سطح مقطع و یا انتخاب هسته با ضریب نفوذپذیری کم‌تر می‌باشد.
- این کاهش جریان تنها با کاهش سطح مقطع در اثر لایه لایه نمودن هسته ترانس صورت می‌پذیرد.

۲-۱۷-۳-۷) تلفات مکانیکی

به دلیل وجود تغییر شکل بر اثر مغناطیس در یک ترانسفورماتور بین قطعات ترانسفورماتور نوعی حرکت به وجود می‌آید این تحرک نیز به نوبه خود موجب به وجود آمدن تلفات مکانیکی در ترانسفورماتورخواهد شد. در صورتی که قطعات موجود در ترانسفورماتور به خوبی در جای خود محکم نشده باشند، تحرکات مکانیکی آنها نیز افزایش یافته و در نتیجه تلفات مکانیکی نیز افزایش خواهد یافت.

۲-۱۸) مدار معادل



شکل ۲-۵۵: مدار معادل یک ترانسفورماتور واقعی

محدودیت‌های فیزیکی یک ترانسفورماتور واقعی به صورت یک مدار نمایش داده می‌شوند. این مدار معادل از تعدادی از عوامل به وجود آورنده تلفات یا محدودیت‌ها و یک ترانسفورماتور ایده‌آل تشکیل شده است. تلفات توان در سیم‌پیچ یک ترانسفورماتور به طور خطی تابعی از جریان هستند و به راحتی می‌تواند آنها را به صورت مقاومت‌هایی سری با سیم‌پیچ‌های ترانسفورماتور نمایش داده شود؛ این مقاومت‌ها R_S و R_P هستند. با بررسی خواص شار پراکندگی می‌توان آن را به صورت خود القاهای X_P و X_S نشان داد که به صورت سری با سیم‌پیچ ایده‌آل قرار می‌گیرند. تلفات آهنی از دو نوع تلفات گردابی(فوکو) و پسماند(هیسترزیس) تشکیل شده‌است. در فرکانس ثابت این تلفات با مجذور شار هسته نسبت مستقیم دارند و از آنجایی که شار هسته نیز تقریباً با ولتاژ ورودی نسبت مستقیم دارد این تلفات را می‌توان به صورت مقاومتی موازی با مدار ترانسفورماتور نشان داد. این مقاومت همان R_C است.

هسته‌ایی با نفوذپذیری محدود نیازمند جریان I_M خواهد بود تا همچنان شار مغناطیسی را در هسته برقرار کند. بنابراین تغییرات در جریان مغناطیس کننده با تغییرات در شار مغناطیسی هم فاز خواهد بود و به دلیل اشباع پذیر بودن هسته، رابطه بین این دو خطی نخواهد بود. با این حال برای ساده کردن این تاثیرات در بیشتر مدارهای معادل این رابطه خطی در نظر گرفته می‌شود. در منابع سینوسی شار مغناطیسی ۹۰ درجه از ولتاژ القایی عقب‌تر خواهد بود، بنابراین این اثر را می‌توان با القاگر X_M در مدار نشان داد که به طور موازی با تلفات آهنی هسته R_C قرار می‌گیرد. R_C و X_M را در برخی موارد با هم به صورت یک شاخه در نظر می‌گیرند و آن را شاخه مغناطیس کننده می‌نامند. اگر سیم‌پیچ ثانویه ترانسفورماتور را مدار باز کنیم تمامی جریان عبوری از اولیه ترانسفورماتور جریان I خواهد بود که از شاخه مغناطیس کننده عبور خواهد کرد این جریان را *جریان بی‌باری* نیز می‌نامند. مقاومت‌های موجود در طرف ثانویه یعنی R_S و X_S نیز باید به طرف اولیه منتقل شوند. این مقاومت‌ها در واقع معادل تلفات مسی و پراکندگی در طرف ثانویه هستند و به صورت سری با سیم پیچ ثانویه قرار می‌گیرند. مدار معادل حاصل را مدار معادل دقیق می‌نامند. گرچه در این مدار معادل نیز از برخی ملاحظات پیچیده مانند ساخت انواع مختلف ترانسفورماتورها، به منظور رفع اهداف استفاده از آنها، در کاربردهای متفاوت می‌باشد. در این میان برخی از انواع ترانسفورماتورها بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرند که می‌توان به نمونه‌ها زیر اشاره کرد:

۲-۱۸-۱) اتوترانسفورماتور

اتوترانسفورماتور به ترانسفورماتوری گفته می‌شود که تنها از یک سیم‌پیچ تشکیل شده است. این سیم‌پیچ دارای دو سر ورودی و خروجی و یک سر در میان است. به طوری که می‌توان گفت سیم‌پیچ کوتاه‌تر(که در ترانس کاهنده سیم‌پیچ ثانویه محسوب می‌شود) قسمتی از سیم‌پیچ بلندتر است. در این گونه ترانسفورماتورها تا زمانی که نسبت ولتاژ-دور در دو سیم‌پیچ برابر باشند ولتاژ خروجی از نسبت تعداد دور سیم‌پیچ‌ها به ولتاژ ورودی به دست می‌آید. با قرار دادن یک تیغه لغزان به جای سر وسط ترانس، می‌توان نسبت سیم‌پیچ‌های اولیه و ثانویه را تا حدودی تغییر داد و به این ترتیب ولتاژ پایانه خروجی ترانسفورماتور را تغییر داد. مزیت استفاده از اتوترانسفورماتور کم هزینه‌تر بودن آن است چراکه به جای استفاده از دو سیم‌پیچ تنها از یک سیم‌پیچ در آنها استفاده می‌شود.

۲-۱۸-۲) ترانسفورماتور چند فازه

برای تغذیه بارهای سه فاز می‌توان از سه ترانسفورماتور جداگانه استفاده کرد یا آنکه از یک ترانسفورماتور سه فاز استفاده کرد. در یک ترانسفورماتور سه فاز مدارهای مغناطیسی با هم مرتبط هستند و بنابراین هسته دارای شار مغناطیسی در سه فاز متفاوت است. برای چنین هسته‌هایی می‌توان از چندین شکل مختلف برای هسته استفاده کرد که این شکل‌های مختلف هر یک دارای مزایا و معایبی هستند و در مواردی خاص کاربرد دارند. در اثرات غیرخطی چشم پوشی می‌کند.

۲-۱۸-۳) طبقه‌بندی

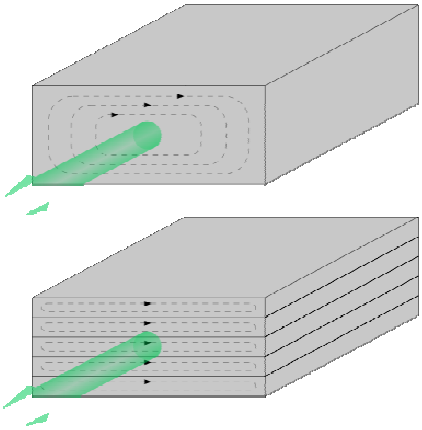
به دلیل وجود کاربردهای متفاوت برای ترانسفورماتورها، آنها را بر حسب پارامترهای متفاوتی طبقه‌بندی می‌کنند:

- بر حسب رده توان: از کسری از ولت-آمپر تا بیش از هزار مگا ولت-آمپر.
- بر حسب محدوده فرکانس: فرکانس قدرت، فرکانس صوتی، فرکانس رادئویی.
- بر حسب رده ولتاژ: از چند ولت تا چند صد کیلوولت.
- بر حسب نوع خنک کنندگی: خنک کننده هوا، روغنی، خنک کنندگی با فن، خنک کنندگی آب.

- بر حسب نوع کاربرد: منبع تغذیه، تطبیق امپدانس، تثبیت کننده ولتاز و جریان خروجی یا ایزوله کردن مدار.
- برحسب هدف نهایی کاربرد: توزیع، یکسوسازی، ایجاد قوس الکتریکی، ایجاد تقویت کننده.
- بر حسب نسبت سیم‌پیچ‌ها: افزاینده، کاهنده، ایزوله کننده(با نسبت تقریبا یکسان در دوسیم‌پیچ)، متغیر.

۲-۱۸-۴) هسته

۲-۱۸-۴-۱) هسته لایه لایه شده



شکل ۲-۵۶: لایه لایه کردن هسته ترانس جریان گردابی را به شدت کاهش می‌دهد.

ترانسفورماتورها مورد استفاده در کاربردهای قدرت یا فرکانس بالا(رادیویی) معمولا از هسته با جنس فولاد سیلیکاتی با قابلیت نفوذپذیری مغناطیسی بالا استفاده می‌کنند. قابلیت نفوذپذیری مغناطیسی در فولاد بارها بیشتر از نفوذپذیری در خلا است و به این ترتیب با استفاده از هسته‌های فولادی جریان مغناطیس کننده مورد نیاز برای هسته به شدت کاهش می‌یابد و شار در مسیری کاملا نزدیک به سیم‌پیچ‌ها محبوس می‌شود. سازندگان ترانسفورماتورهای اولیه به سرعت متوجه این موضوع شدند که استفاده از هسته یک پارچه باعث افزایش تلفات گردابی در هسته ترانسفورماتور می‌شود و در طراحی‌های خود از هسته‌هایی استفاده کردند که از دسته‌های عایق شده آهن تولید شده بود. در طراحی‌هایی بعدی با استفاده از ورق‌های نازک آهن که نسبت به یکدیگر عایق شده بودند، تلفات در ترانسفورماتور باز هم کاهش یافت. از این روش در ساخت هسته، امروزه نیز استفاده می‌شود. همچنین با استفاده از معادله عمومی ترانسفورماتور می‌توان نتیجه گرفت که کمترین سطح اشباع در هسته با سطح مقطع کوچکتر ایجاد می‌شود. گرچه استفاده از هسته‌های با لایه‌های نازک‌تر تلفات را کاهش می‌دهد، اما از طرفی هزینه ساخت ترانسفورماتور را افزایش می‌دهد. بنابراین از هسته‌های با لایه‌های نازک معمولا در فرکانس‌های بالا استفاده می‌شود. با استفاده از برخی انواع هسته‌های با لایه‌های بسیار نازک امکان ساخت ترانسفورماتورهایی برای کاربرد در مصارف تا ۱۰ کیلوهرتز پدید می‌آید. نوعی متداول از هسته‌های لایه لایه، از قطعاتی E شکل که با قطعاتی I شکل یک هسته را به وجود می‌آورند تشکیل شده‌است. این هسته‌ها را هسته‌های E-I می‌نامند. این هسته‌ها گرچه تلفات را افزایش می‌دهند اما به علت آسانی مونتاژ، هزینه ساخت هسته را کاهش می‌دهند. نوع دیگری از هسته‌ها، هسته‌های C شکل هستند. این هسته از قرار دادن دو قطعه C شکل در مقابل یکدیگر تشکیل می‌شود. این هسته‌ها این

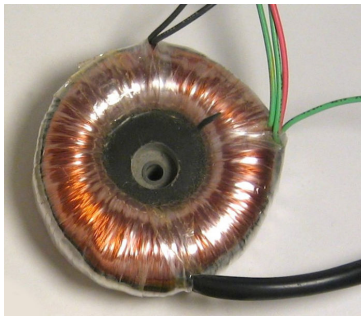
مزیت را دارند که تمایل شار برای عبور از هر قطعه از هسته برابر است و این مزیت باعث کاهش یافتن مقاومت مغناطیسی می‌شود.

پسماند در یک هسته فولادی به معنای باقی ماندن خاصیت مغناطیسی در هسته پس از قطع شدن توان الکتریکی است. زمانی که جریان دوباره در هسته جاری می‌شود این پسماند باقی مانده در هسته تا زمانی که کاهش یابد موجب به وجود آمدن یک جریان هجومی در ترانس می‌شود. تجهیزات حفاظتی مانند فیوزها باید طوری انتخاب شوند که به این جریان هجومی اجازه عبور دهند. ترانسفورماتورهای توزیع می‌توانند با استفاده از هسته‌های با قابلیت نفوذ پذیری مغناطیسی بالا تلفات بی‌باری را کاهش دهند. هزینه اولیه هسته بعدها با صرفه‌جویی که در مصرف انرژی و افزایش طول عمر ترانس می‌شود جبران خواهد شد.

۲-۱۸-۴-۲) هسته‌های یکپارچه

هسته‌هایی که از آهن پودر شده ساخته شدند در مدارهایی که با فرکانس بالاتر از فرکانس شبکه تا چند ده کیلوهرتز کار می‌کنند کاربرد دارند. این هسته دارای قابلیت نفوذ پذیری مغناطیسی بالا و همچنین مقاومت الکتریکی بالا هستند. برای فرکانس‌هایی بالاتر از باند *VHF* از هسته‌های غیر رسانای فریت استفاده می‌شود. برخی از ترانسفورماتورهای فرکانس رادیویی از هسته‌های متحرک استفاده می‌کنند که این امکان را به وجود می‌آورد که ضریب اتصال هسته قابل تغییر باشد.

۲-۱۸-۴-۳) هسته‌های حلقوی



شکل ۲-۵۷: ترانسفورماتور هسته حلقوی کوچک

۲-۱۸-۴-۴) ترانسفورماتور هسته حلقوی کوچک

ترانسفورماتورهای حلقوی دور حلقه‌ای ساخته می‌شوند. جنس این هسته بسته به فرکانس مورد استفاده ممکن است از نوارهای بلند فولاد سیلیکاتی، پرمالوی پیچیده شده دور یک چنبره،آهن تقویت شده یا فریت باشد. ساختار نواری باعث چینش بهینه مرز_دانه‌ها می‌شود که این امر با کاهش رلوکتانس هسته موجب افزایش بهره وری ترانسفورماتور می‌گردد. شکل حلقوی بسته باعث از بین رفتن فاصله هوایی در هسته‌هایی با ساختار *E-I* می‌شود. سطح مقطع حلقه عموما به صورت مربعی یا مستطیلی می‌باشند، البته هسته‌هایی با سطح مقطع دایروی با قیمت بالا نیز وجود دارند. سیم‌پیچی‌های اولیه و ثانویه به صورت فشرده پیچیده می‌شوند و تمام سطح حلقه را می‌پوشانند. با این کار می‌توان طول سیم مورد نیاز را به حداقل رساند. در توان‌های برابر ترانسفورماتورهای حلقوی از انواع *E-I* -که ارزانتر می‌باشند و راندمان بیشتری دارنداستفاده می‌شود. دیگر مزایای ترانسفورماتورهای حلقوی به این قرارند: اندازه کوچکتر(در حدود نصف)، وزن کمتر(در حدود نصف)، اغتشاش(صدای هوم) پائین(ایده آل برای استفاده در تقویت کننده های صوتی)، میدان

مغناطیسی کمتر(در حدود یک دهم)، تلفات بی باری پائین(مناسب برای مدارها در حالت آماده بکار- *standby*-). از معایب آنها به قیمت بیشتر و توان نامی محدود می‌توان اشاره کرد. در فرکانسهای بالا هسته‌های حلقوی فریت مورد استفاده قرار می‌گیرند. فریت قابلیت کار در فرکانس‌های چند ده کیلوهرتز تا یک مگا هرتز را دارا می‌باشد. با بکارگیری فریت تلفات، اندازه فیزیکی و وزن منابع نیروی سوئیچ مد کاهش می‌یابد. ایراد دیگر ترانسفورماتورهای حلقوی هزینه بالای سیم پیچی در آنهاست. در نتیجه آنها در توان‌های نامی بیشتر از چند کیلوولت آمپر کاربرد بسیار کمی دارند.

یکی دیگر از کاربردهای ترانس‌ها در شبکه‌های فشار قوی می‌باشد زمانی که می‌خواهند ولتاژ و یا جریان شبکه‌های فشار قوی را اندازه‌گیری نمایند دیگر نمی‌توان از تجهیزاتی مانند اهم‌متر و غیره استفاده کرد چرا که چنین وسایلی دارای محدوده حفاظتی می‌باشند بنابراین از گونه‌هایی از ترانس‌هایی استفاده می‌کنند که در زیر به آن‌ها اشاره شده‌است:

۱- ترانس ولتاژ(*Voltage Transformator*)(*VT* و یا *PT*): این ترانس دارای اولیه با تعداد دور بیشتر بوده و در نتیجه اولیه آن به طور موازی به شبکه با ولتاژ بالا وصل شده و ثانویه آن که دارای تعداد دور کم‌تر می‌باشد به وسیله اندازه‌گیری متصل می‌شود. بنابراین در ترانس ولتاژ باید توجه داشت که سرهای ورودی و خروجی اشتباها به جای هم وصل نشوند.

۲- ترانس جریان(*Current Transformator*) یا *CT*: این ترانسفورماتور با اولیه با تعداد دور کم به صورت سری در شبکه فشار قوی قرارگرفته و ثانویه آن به دستگاه اندازه‌گیری متصل می‌گردد. نکته حائز اهمیت در ترانس جریان آن است که همیشه ثانویه نمی‌بایست که اتصال باز باشد. و همچنین در ثانویه فیوزی به منظور حفاظت قرار نمی‌گیرد. برای تعویض وسیله اندازه‌گیری حتما بایستی دو سر سیم‌پیچ ثانویه اتصال کوتاه شود. پس از قرارگرفتن وسیله سالم می‌توان اتصال ثانویه را باز نمود.

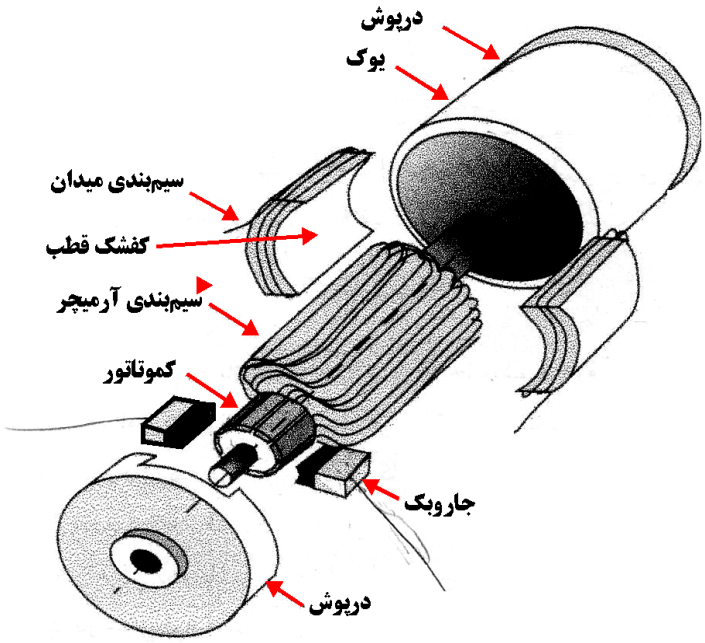
۲-۱۹) کلیاتی درباره موتورهای *DC*

۲-۱۹-۱) ماشین‌های *DC*

ماشین‌های *DC* دارای قابلیت انعطاف بسیار بوده و در صنایع کاربرد وسیعی دارند. با اتصالات مختلف سیم‌پیچ میدان می‌توان در این ماشین‌ها به مشخصه‌های گوناگون گشتاور، سرعت و ولتاژ جریان دست یافت. موتورهای *DC* به خاطر امکان سرعت بالای خود کاربرد وسیعی در صنایع دارند. امروزه هنوز موتورهای *DC* در سیستم‌های حمل و نقل(مترو) حرف اول را می‌زنند. موتورهای *DC* کوچک در سیستم‌های کنترل به وفور یافت می‌شوند.

۲-۱۹-۲) ساختمان ماشین *DC*

ماشین *DC* نیز همانند انواع دیگر ماشین‌های گردان دارای یک استاتور و یک روتور است شکل ۲-۵۸ قسمت‌های اصلی یک ماشین *DC* را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۵۸: قسمت‌های اصلی یک ماشین *DC*

معمولا استاتور متشکل از یک سیم‌بندی میدان می‌باشد که به دور قطب‌های استاتور در درون یوک استوانه‌ای شکل که خود در درون یک قالب فلزی قرار دارد پیچیده شده است. یوک و قطب‌ها معمولا از ورق‌های فولادی با ضخامت ۰/۵ تا یک میلیمتر ساخته می‌شوندو در طرف فاصله هوایی، برای شکل‌دهی مناسب توزیع شار مغناطیسی در فاصله هوایی از کشک قطب استفاده شده است.

روی روتور، عناصر اصلی عبارتند از:

- سیم‌بندی آرمیچر
- هسته آرمیچر
- کموتاتور مکانیکی
- شفت روتور

هسته آرمیچر متشکل از ورق‌های فولادی دایره‌ای شکل است که در محیط بیرونی آن تعدادی شیار برای جایگذاری سیم‌بندی آرمیچر استفاده شده است. بازوهای کلاف‌های سیم‌بندی آرمیچر به صورت یکنواخت در شیارهای هسته آرمیچر توزیع شده‌اند. آنها با استفاده از عایق شیار نسبت به روتور عایق و با استفاده از شیاربند در جای خود محکم می‌شوند. دو سر کلاف‌ها به قطعات مسی کموتاتور لحیم می‌شوند. قطعات کموتاتور که از همدیگر و از شفت عایق شده‌اند دارای سطح خارجی استوانه‌ای شکل می‌باشند که جاروبک‌ها بر روی آن حرکت می‌کنند. مجموعه جاروبک‌ها و کموتاتور نه تنها به منزله اتصال گردان بین دو سر کلاف‌ها با پایانه‌های ماشین عمل می‌کنند بلکه سبب می‌شوند با اینکه ولتاژ القایی در کلاف‌ها متناوب می‌باشد، جریان در مدار خارجی دارای یک جهت باشد. جاروبک‌ها معمولا در موقعیت خنثی جای می‌گیرند، یعنی به کلاف‌هایی که ولتاژ القایی در آنها صفر می‌باشد اتصال می‌یابند.

۲-۱۹-۲-۱) سیم‌بندی آرمیچر

سیم‌بندی حلقوی و موجی، دو نحوه سیم‌بندی برای آرمیچر می‌باشند. در سیم‌بندی حلقوی دو سر هر کلاف به دو قطعه کموتاتور مجاور هم متصل می‌گردند. برای مثال در یک سیم‌بندی حلقوی ساده فقط یک حلقه به هر دو قطعه مجاور هم متصل شده است. در حالی که در یک سیم‌بندی موجی، دو سر یک کلاف به دو قطعه کموتاتور که از هم به اندازه دو گام قطبی فاصله دارند، متصل می‌گردد سپس یک آرمیچر با سیم‌بندی موجی در یک ماشین P قطبی بین دو قطعه کموتاتور مجاور هم $P/2$ ملاف سری با هم خواهد داشت.

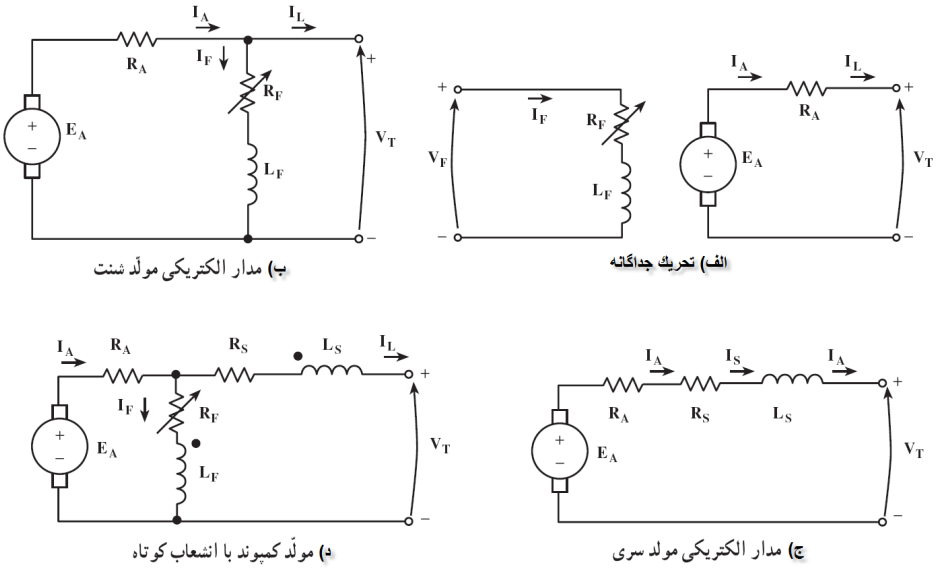
سیم‌بندی حلقوی: اگر ولتاژهای القایی دو بازوی کلاف می‌بایست با هم جمع شوند لازم است که بازوهای کلاف، زیر دو قطب غیرهمنام قرار گیرند. علاوه بر آن برای یک شکل بودن اندازه کلاف‌ها می‌بایست تعداد شیارهای بین دو بازوی کلاف(گام کلاف Y_s) عدد صحیح کمتر یا مساوی با تعداد شیارهای S تقسیم بر تعداد قطب‌ها باشد.

سیم‌بندی موجی: چون توزیع میدان در فاصله هوایی ماشین‌هایی که بیش از دو قطب دارند، بعد از هر زوج قطب تکرار می‌شود، به جای اتصال دو بازوی یک کلاف به دو قطعه کموتاتور مجاور هم(در سیم‌بندی حلقوی) می‌توان آنها را به دو قطعه کموتاتور که از هم به اندازه یک زوج قطب فاصله دارند متصل کرد. در این صورت ولتاژ بین دو قطعه کموتاتور مجاور فرقی با حالت سیم‌بندی حلقوی نخواهد داشت با گردش حول آرمیچر، کلاف‌های زیر قطب‌های یکسان را، می‌توان با هم سری کرده تا ولتاژ القایی آنها با هم جمع گردند. بنابراین برخلاف سیم‌بندی حلقوی، سیم‌بندی ماشین از اتصال سری کلاف‌های دور از هم و با چندین بار گردش حول آرمیچر، تشکیل می‌گردد. این نوع سیم‌بندی از دید اتصال‌های انتهایی سیم‌بندی موجی نامیده می‌شود.

۲-۱۹-۳) طبقه‌بندی ماشین‌های *DC*

مدار تحریک و مدار آرمیچر را می‌توان به طرق گوناگون به یکدیگر مرتبط ساخت تا مشخصات عملیاتی مختلف پدیدآید. این امر از مشخصات بارز ماشین‌های *DC* است شکل ۲-۵۹ اتصالات معمول سیم‌بندی میدان را نشان می‌دهد. در شکل ۲-۵۹-الف جریان میدان توسط منبعی خارجی که مستقل از *Va* است تامین می‌شود. در شکل ۲-۵۹-ب جریان مدار موازی تابعی از *Va* و در شکل ۲-۵۹-ج جریان مدار سری تابعی از *Ia* است. در مدارهای تحریک کمپوند شکل ۲-۵۹-د میدان نتیجه، تابعی از *Va* و *Ia* می‌باشد.

در تحریک کمپوند، در صورتی که *mmf* میدان سری به میدان اصلی ناشی از تحریک موازی اضافه گردد، کمپوند اضافی و در صورتی که *mmf* میدان سری با میدان موازی مخالفت کند، کمپوند تفاضلی را خواهیم داشت، مشخصه‌های ولتاژ ـ جریان بار در حالت ژنراتوری و گشتاور ـ سرعت در حالت موتوری به نحوه اتصال سیم‌بندی‌های میدان بستگی کامل دارد.



شکل ۲-۵۹: اتصالات سیم‌بندی میدان

۲-۱۹-۴) کموتاسیون

با گردش آرمیچر کلاف‌های سیم‌بندی آرمیچر در مکان‌های جدید با مسیرهای جریان متفاوت قرار می‌گیرند. جهت جریان در این کلاف‌ها در گذر از یک مسیر جریان به مسیر دیگر می‌بایست معکوس گردد. این فرآیند به عنوان کموتاسیون شناخته می‌شود. کموتاسیون جریان یک کلاف وقتی رخ می‌دهد که قطعات کموتاتور مربوط به آن کلاف از زیر یک جاروبک عبور کرده و کلاف توسط آن اتصال کوتاه گردد. طی کموتاسیون، رفتار جریان کلاف، متاثر از چندین عامل می‌باشد از جمله تغییر مقاومت اتصال جاروبک، *emf* مربوط به اندوکتانس‌های خودی و متقابل که با تغییر جریان مخالفت می‌کند و *emf* مربوط به عکس‌العمل آرمیچر در حالت ایده‌آل وقتی روتور با سرعت ثابت می‌گردد. اگر جریان کلاف با یک نرخ ثابتی تغییر کند چگالی جریان در زیر جاروبک طی فرآیند کموتاسیون یکنواخت خواهد ماند.

۲-۱۹-۵) مدهای عملکرد

از نظر جریان انرژی، ماشینی که کار می‌کند نه فقط دارای ورودی و خروجی انرژی است بلکه قابلیت ذخیره انرژی مغناطیسی در میدان و همچنین انرژی جنبشی به شکل چرخشی را دارد. بر اساس جهت جریان انرژی دو مد عملکرد را می‌توان تشخیص داد. وقتی انرژی از منبع الکتریکی خارجی متصل به پایانه‌های ماشین، کشیده شده و تبدیل به کار مکانیکی یا سبب افزایش انرژی جنبشی روتور گردد، عملکرد موتوری را خواهیم داشت و اگر انرژی محرک مکانیکی که روتور را به گردش در می‌آورد به انرژی الکتریکی تبدیل شده و از طریق پایانه‌های ماشین به مدار خارجی جریان یابد عملکرد ژنراتوری را خواهیم داشت.

۳

۳) فصل سوم: کابل

اهداف فصل:

- ☑ **ساختمان کابل‌ها**
- ☑ **عوامل موثر در انتخاب نوع کابل‌ها**
- ☑ **محاسبه‌ی سطح مقطع کابل‌ها**
- ☑ **نحوه‌ی استخراج اطلاعات از روی کابل‌ها**
- ☑ **انواع عیوب کابل‌ها**
- ☑ **روش‌های مکان‌یابی عیب**
- ☑ **دستگاه عیب یاب کابل**
- ☑ **کابل‌کشی**
- ☑ **انتخاب کابل**
- ☑ **سیم‌ها و اتصالات آن‌ها**
- ☑ **هادی‌های مورد استفاده در سیم کشی**
- ☑ **انواع سیم‌ها**
- ☑ **انتخاب سیم**
- ☑ **اتصالات سیم‌ها**
- ☑ **آشنایی با انواع گلندها**

۳-۱) تعریف کابل

اصولاً هر نوع‌هادی، که بتواند جریان برق را از داخل خود عبور دهد و توسط موادی از محیط اطراف خود عایق شده باشد به طوری که ولتاژ روی سطح عایق نسبت به زمین برابر صفر و در روی سطح سیم نسبت به زمین دارای ولتاژ فازی باشد، «کابل» نامیده می‌شود.

شکل ۳-۱: انواع کابل

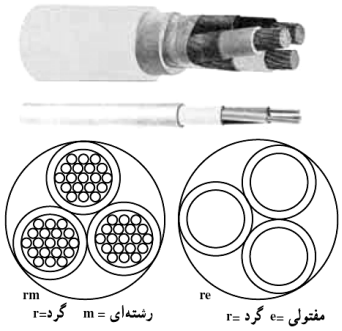
۳-۲) ساختمان کابل‌ها

ساختمان و اجزای تشکیل دهنده‌ی کابل‌های مخابراتی کاملاً با کابل‌های مورد استفاده در صنعت برق فشار قوی و فشار ضعیف تفاوت دارند اما به طور کلی کابل‌ها همواره از دو قسمت اصلی هادی و عایق تشکیل شده‌اند. تفاوت کابل‌ها ناشی از کاربرد آن‌هاست یعنی نوع کارشان موجب می‌شود که جنس، شکل، سطح مقطع و تعداد هادی‌ها و عایق‌ها با یکدیگر تفاوت داشته باشند این تفاوت‌ها موجب تقسیم‌بندی کابل‌ها می‌گردد.

۳-۲-۱) هادی کابل‌ها

هادی از سیم مسی تقریباً خالص و دارای انعطاف قابل قبول و یا از آلومینیوم و یا آلیاژهای مخصوص ساخته می‌شود. سطح مقطع‌هادی‌ها، با توجه به مقدار جریان عبوری و نوع کاربرد در اندازه‌های گوناگون و شکل‌های متفاوت درست می‌شوند. هادی‌های کابل را از دیدگاه‌های مختلف می‌توان تقسیم‌بندی نمود در این جا کابل‌ها را از نظر سطح مقطع‌هادی، تعداد رشته و هم چنین از نظر کاربرد به صورت زیر مورد بررسی قرار می‌دهیم.

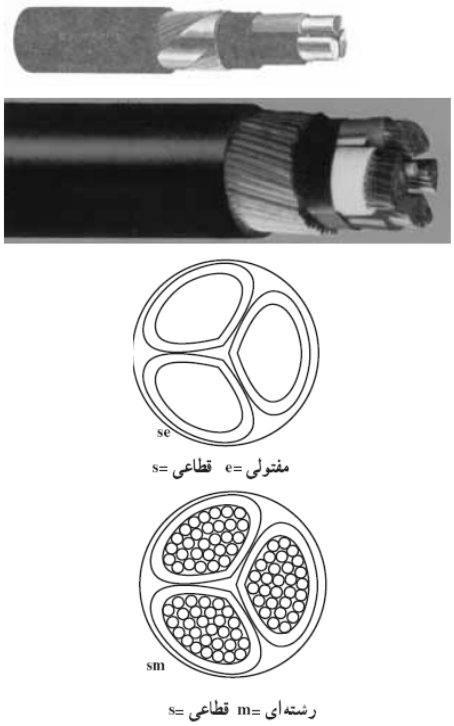
الف) هادی‌ها از نظر تعداد رشته به دوشکل تک رشته(مفتولی) و چند رشته(افشان) مطابق شکل ۳-۲وجود دارند.



شکل ۳-۲: نمایش‌هادی‌ها به دوشکل تک رشته و(مفتولی) چند رشته(افشان)

برای مشخص کردن‌هادی‌های تک رشته از حرف اختصاری(*e*) و کابل‌های چند رشته از حرف اختصاری(*m*) استفاده می‌شود.

ب) هادی‌ها از نظر شکل سطح مقطع نیز به دو شکل گرد و مثلثی(سکتور) مطابق شکل ۳-۳ وجود دارند. برای مشخص کردن هادی‌های گرد از حرف اختصاری(*r*) و کابل‌های مثلثی از حرف اختصاری(*s*) استفاده می‌شود.



شکل ۳-۳: نمایش‌هادی‌ها از نظر شکل سطح مقطع

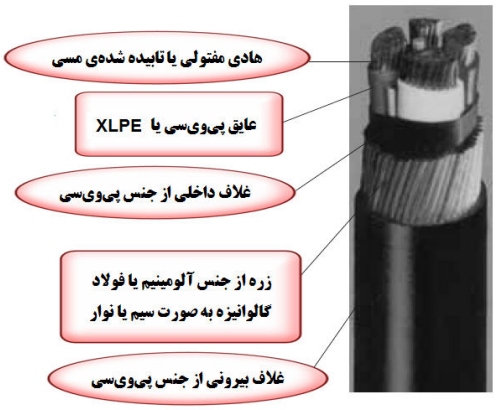
ج) کابل‌ها را از نظر کاربرد به دو دسته‌ی کابل‌های مسلح که برای تحمل ضربه‌ها، فشار، نفوذ رطوبت و سایر عوامل دارای محافظاند و دیگر کابل‌های غیر مسلح که فاقد محافظاند تقسیم می‌کنند.

۳-۲-۲) عایق کابل‌ها

با توجه به این که کابل‌ها در زیر زمین و یا روی تجهیزات فلزی نصب می‌شوند نباید هیچگونه اتصال الکتریکی بین هادی و زمین برقرار گردد به عبارت دیگر، باید ولتاژ روی بدنه‌ی عایق نسبت به زمین صفر باشد. برای عایق کردن کابل‌های الکتریکی، بسته به نوع مصرف ولتاژ روی‌هادی کابل، از مواد مختلفی به عنوان عایق استفاده می‌شود که مهم‌ترین آن‌ها به شرح زیراند:

- کاغذهای آغشته به روغن مخصوص.
- مواد پلاستیکی.
- مواد پی وی سی(*PVC*) که به نام پروتودور معروف است.
- مواد عایق از جنس پلی اتیلن، که به نام *XLPE* معروف است.

شکل ۳-۴، یک نوع کابل با عایق پی وی سی(*PVC*) را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۴: اجزای یک کابل با عایق پی‌وی‌سی

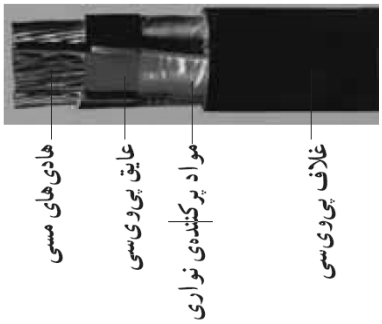
برای جلوگیری از اشتباه و جهت تشخیص سیم‌های کابل از یکدیگر عایق سیم‌های هادی را در رنگ‌های مختلف انتخاب می‌کنند. در جدول ۳-۱رنگ بندی عایق سیم‌ها بر اساس استاندارد*VDE 0271* آلمان و ۶۰۷ موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران(*ISIRI 607*) نشان داده شده‌است.

جدول ۳-۱: رنگ بندی عایق سیم‌ها بر اساس استاندارد *VDE 0271*آلمان و ۶۰۷ موسسه‌استاندارد و تحقیقات صنعتی‌ایران(*ISIRI 607*)

نعداد سیم‌های کابل	رنگ سیم‌های کابل بدون سیم‌محافظ(سیم‌ارت)	رنگ سیم‌های کابل با سیم‌محافظ(سیم‌ارت)
۱سیمه	سیاه	-
۲سیمه	سیاه-آبی	-
۳سیمه	سیاه-آبی-قهوه‌ای	سبزوزرد-آبی-قهوه‌ای
٤سیمه	سیاه-آبی-قهوه‌ای-سیاه	سبزوزرد-آبی-قهوه‌ای-سیاه
٥سیمه	سیاه-آبی-قهوه‌ای-سیاه-سیاه	سبزوزرد-آبی-قهوه‌ای-سیاه-سیاه
٦سیم و بالاتر	تمام سیم‌ها سیاه و روی همه‌ی آن‌ها شماره زده می‌شود	سبز و زرد-بقیه سیم‌ها سیاه و روی همه‌ی آن‌ها شماره زده می‌شود

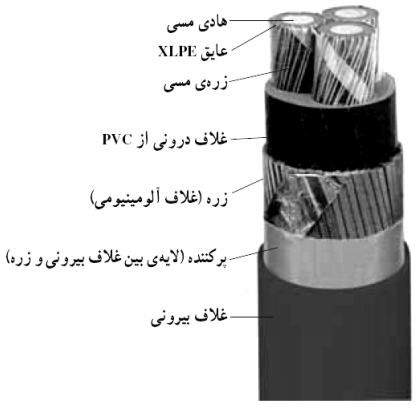
۳-۳) غلاف کابل

در برخی کابل‌ها از لایه‌هایی در 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. اصطلاحاً به این محافظ «غلاف کابل» یا «زره» می‌گویند. ساده‌ترین حالت، مطابق شکل ۳-۵، کابل دارای یک غلاف از مواد پی‌وی‌سی است.



شکل ۳-۵: کابل با غلاف *PVC*

حال اگر کابل در جاهایی مورد استفاده قرار گیرد که نیروهای دیگر، مانند نیروی مکانیکی به آن وارد می‌شود با استفاده از زره فولادی و یا رزه آلومینیومی‌که در تمام طول کابل به صورت مفتول و یا ورق تعبیه می‌گردد، می‌تواند محافظت مکانیکی شود. به عنوان مثال می‌توان از کابل‌کشی برای توزیع انرژی الکتریکی در شهرها که به صورت دفنی در خاک و در زیر معابر و خیابان‌ها اجرا می‌شود نام برد کابل‌های فوق حتماً به غلاف(زره) فولاد گالوانیزه و آلومینیومی‌مجهزند(شکل ۳-۶).



شکل ۳-۶

۳-۴) عوامل موثر در انتخاب نوع کابل‌ها

به طور کلی برای انتخاب یک کابل باید به موارد زیر توجه کرد:

۱) جریان مورد نیاز بار و میزان تحمل کابل در برابر جریان عبوری.

۲) ولتاژ نامی(ولتاژ نامی مورد استفاده با ولتاژ نامی قابل تحمل کابل برابر یا کمتر باشد).

۳) اُفت ولتاژ مجاز.

۴) حفاظت مدار.

۵) بار اتصال کوتاه مجاز.

۶) شرایط محیطی(دمای محیط، میزان فشار و کشش وارد بر کابل، رطوبت محیط و اثرات خوردگی نصب کابل) از بین عوامل فوق جهت تعیین سطح مقطع کابل باید به جریان مورد نیاز مصرف کننده، میزان تحمل کابل در برابر عبور جریان و افت ولتاژ مجاز توجه خاص داشته باشیم.

۳-۴-۱) جریان مجاز

جریان مجاز عبوری از کابل‌ها به گونه‌ای تعیین می‌شود که در هر نقطه از کابل، حرارت تولید شده در هادی‌های آن به خوبی به محیط اطراف منتقل شود به طوری که درجه‌ی حرارت عایق در سطح‌هادی کابل‌های پی‌وی‌سی از ۷۰ درجه سانتی گراد بیشتر نشود. میزان تحمل جریان کابل به شرایط محیطی آن، که در هوای آزاد و یا محیطی بسته باشد، بستگی دارد هر چه میزان جریان عبوری از کابل بیشتر باشد، حرارت ایجاد شده در فضای اطراف آن زیادتر خواهد بود و باید در نحوه‌ی قرار گرفتن کابل‌ها در کنار هم به آن توجه کرد. جدول ۳-۲، میزان تحمل جریان کابل را(با سطح مقطع‌های مختلف در شرایط گوناگون) نشان می‌دهد.

جدول ۳-۲

سطح مقطع	گروه اول: یک یا چند سیم عایق‌دار نوع NYA یا استاندارد ایران ۰۱ (۶۰۷)		گروه دوم: کابل‌های رشته‌ای مانند NYM یا استاندارد ایران ۱۰ (۶۰۷)		گروه سوم: سیم‌های مخصوص نصب در هوای آزاد و مراکز توزیع	
	جریان مجاز (آمپر)	فیوز (آمپر)	جریان مجاز (آمپر)	فیوز (آمپر)	جریان مجاز (آمپر)	فیوز (آمپر)
۱	۱۲	۱۰	۱۶	۱۶	۲۰	۲۰
۱/۵	۱۶	۱۶	۲۰	۲۰	۲۵	۲۵
۲/۵	۲۱	۲۰	۲۷	۲۵	۳۴	۳۵
۴	۲۷	۲۵	۳۶	۳۵	۴۵	۵۰
۶	۳۵	۳۵	۴۷	۵۰	۵۷	۶۳
۱۰	۴۸	۵۰	۶۵	۶۳	۷۸	۸۰
۱۶	۶۵	۶۳	۸۷	۸۰	۱۰۴	۱۰۰
۲۵	۸۸	۸۰	۱۱۵	۱۰۰	۱۳۷	۱۲۵
۳۵	۱۱۰	۱۰۰	۱۴۳	۱۲۵	۱۶۰	۱۶۰
۵۰	۱۴۰	۱۲۵	۱۷۸	۱۶۰	۲۱۰	۲۰۰
۷۰	۱۷۵	۱۶۰	۲۲۰	۲۲۴	۲۶۰	۲۵۰
۹۵	۲۱۰	۲۰۰	۲۶۵	۲۵۰	۳۱۰	۳۰۰
۱۲۰	۲۵۰	۲۵۰	۳۱۰	۳۰۰	۳۶۵	۳۵۵
۱۵۰	–	–	۳۵۵	۳۵۵	۴۱۵	۴۲۵
۱۸۵	–	–	۴۰۵	۳۵۵	۴۷۵	۴۲۵
۲۴۰	–	–	۴۸۰	۴۲۵	۵۶۰	۵۰۰
۳۰۰	–	–	۵۵۵	۵۰۰	۶۴۵	۶۰۰
۴۰۰	–	–	–	–	۷۷۰	۷۱۰
۵۰۰	–	–	–	–	۸۸۰	۸۵۰

جدول ۳-۳، جریان مجاز کابل‌های برق را، با توجه به رشته سیم‌های آن نشان می‌دهد.

جدول ۳-۳

سطح مقطع $(mm)^2$	کابل‌های ۱ سیمه جریان مستقیم		کابل‌های ۲ سیمه (amp)		کابل‌های ۳ و ۴ سیمه (amp)		سه تا کابل یک سیمه سه فاز (amp)			
							طرز قرار گفتن کابل‌ها		طرز قرار گرفتن کابل‌ها	
	در خاک	در هوای آزاد	در خاک	در هوای آزاد	در خاک	در هوای آزاد	در خاک	در هوای آزاد	در خاک	در هوای آزاد
۱/۵	۳۷	۲۶	۳۰	۲۱	۲۷	۱۸	–	–	–	–
۲/۵	۵۰	۳۵	۴۱	۲۹	۳۶	۲۵	–	–	–	–
۴	۶۵	۴۶	۵۳	۳۸	۴۶	۳۴	–	–	–	–
۶	۸۳	۵۸	۶۶	۴۸	۵۸	۴۴	–	–	–	–
۱۰	۱۱۰	۸۰	۸۸	۶۶	۷۷	۶۰	–	–	–	–
۱۶	۱۴۵	۱۰۵	۱۱۵	۹۰	۱۰۰	۸۰	۱۲۰	۱۰۰	۱۱۰	۸۶
۲۵	۱۹۰	۱۴۰	۱۵۰	۱۲۰	۱۳۰	۱۰۵	۱۵۵	۱۳۵	۱۴۰	۱۲۰
۳۵	۲۳۵	۱۷۵	۱۸۰	۱۵۰	۱۵۵	۱۳۰	۱۸۵	۱۷۰	۱۷۰	۱۴۵
۵۰	۲۸۰	۲۱۵	–	–	۱۸۵	۱۶۰	۲۲۰	۲۰۵	۲۲۰	۱۸۰
۷۰	۳۵۰	۲۷۰	–	–	۲۳۰	۲۰۰	۲۷۰	۲۶۰	۲۴۵	۲۲۵
۹۵	۴۲۰	۳۳۵	–	–	۲۷۵	۲۴۵	۳۲۵	۳۲۰	۲۹۵	۲۸۰
۱۲۰	۴۸۰	۳۹۰	–	–	۳۱۵	۲۸۵	۳۷۰	۳۷۵	۳۳۵	۳۳۰
۱۵۰	۵۴۰	۴۴۵	–	–	۳۵۵	۳۲۵	۴۲۰	۴۳۰	۳۸۰	۳۸۰
۱۸۵	۶۲۰	۵۱۰	–	–	۴۰۰	۳۷۰	۴۷۰	۴۵۰	۴۳۰	۴۴۰
۲۴۰	۷۲۰	۶۲۰	–	–	۴۶۵	۴۳۵	۵۴۰	۵۹۰	۴۹۰	۵۳۰
۳۰۰	۸۲۰	۷۱۰	–	–	–	–	۶۲۰	۶۸۰	۵۵۰	۶۱۰
۴۰۰	۹۶۰	۸۵۰	–	–	–	–	۷۱۰	۸۲۰	۶۵۰	۷۴۰
۵۰۰	۱۱۱۰	۱۰۰۰	–	–	–	–	۸۲۰	۹۶۰	۷۴۰	۸۶۰

۳-۴-۲) افت ولتاژ در کابل

در انتخاب کابل، علاوه بر جریان مجاز عبوری، طول کابل که متناسب با افت ولتاژ است نیز عامل تعیین کننده‌ای به شمار می‌آید. در مصرف کننده‌های موتوری سه‌فازه افت ولتاژ نباید از ۳ درصد ولتاژ نامی تجاوز کند یعنی در شبکه‌ی ایران حداکثر افت ولتاژ مجاز برابر خواهد شد با:

$$\Delta = \%\Delta \times U = \%3 \times 380 = 11/47$$

۳-۴-۳) محاسبه‌ی سطح مقطع کابل‌ها

با توجه به تعداد مصرف کننده‌ها و نوع آن‌ها، می‌توانیم از تابلو اصلی چندین انشعاب یا مسیر مجزا در نظر بگیریم و سر راه هر یک، فیوز مناسبی قرار دهیم لذا برای هر مسیر و با توجه به توان مصرفی آن مسیر می‌توانیم سطح مقطع کابل مورد نظر را محاسبه کنیم. گفتنی است در انتخاب سطح مقطع استاندارد همیشه باید مقطعی را انتخاب کنیم که از مقدار محاسبه شده بیش‌تر یا مساوی با آن باشد.

برای مصارف تک‌فازه

$$A=\frac{2\times 1\times I\times \cos q}{\%\Delta V\times U}$$

برای مصرف کننده‌های سه‌فازه

$$A=\frac{\sqrt{3.1}\times I\times \cos q}{\%\Delta V\times U}$$

که در فرمول‌های فوق:

- A = سطح مقطع کابل {بر حسب mm^2}
- I = جریان مصرف کننده {بر حسب آمپر}(جریان خط در مصرف کننده‌های سه‌فاز)
- L = ولتاژ خط {برحسب ولت}
- $V\triangle$ = درصد افت ولتاژ
- K = قابلیت هدایت مخصوص کابل بر حسب $\{\frac{m}{\Omega.mm^2}\}$

مثال ۳-۱:

سطح مقطع کابل مصرف کننده تک‌فازی را که فاصله‌اش از تابلو ۲۰ متر است و جریان ۱۵ آمپر را با ضریب قدرت ۰/۶ پس فاز دریافت می‌کند، در صورتی که K = ۵۶ و $V\%$ =۲ است را محاسبه کنید.

$$A=\frac{2\times L\times L\cos q}{\%\Delta V\times U}=\frac{2\times 20\times 15\times 0/6}{56\times 2\times 20}=\frac{360}{226/2}=1/26\Rightarrow A=1/5mm^2$$

مثال ۳-۲:

می‌خواهیم جهت اتصال یک موتور سه‌فازه با جریان نامی ۲۰ آمپر و ضریب توان ۰/۷۵ که در فاصله‌ی۵۰ متری از تابلو قرار دارد، از یک کابل استفاده کنیم سطح مقطع کابل را محاسبه کنید.

حل: چون در شبکه‌ی برق سه‌فاز کشورمان ولتاژ خط برابر۳۸۰ ولت است بنابراین $V_L=380$ را قرار می‌دهیم.

$$K\Leftarrow 56,\%\Delta V=2$$

$$A=\frac{\sqrt{3}\times L\times I.\cos q}{\%\Delta V.U_L}$$

$$A=\frac{1/73\times 50\times 20\times 0/75}{56\times 0/02\times 380}=\frac{1297/5}{425/6}=3/04$$

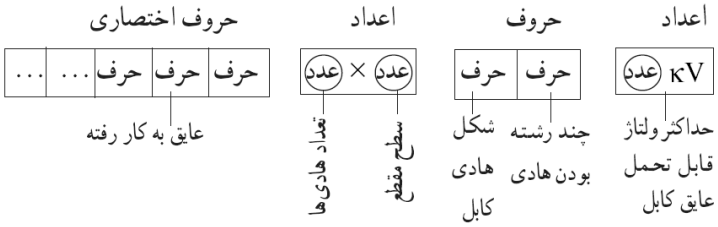
چون سطح مقطع به دست آمده جزو کابل‌های استاندارد نیست بنابراین اولین شماره‌ی کابلی را که مقطع آن بیشتر از مقدار محاسبه شده‌است، انتخاب می‌کنیم. در این مسئله کابل نمره‌ی ۴ خواهد بود بنابراین نوع کابل $NYY4\times 4$ انتخاب می‌شود.

۳-۵) نحوه‌ی استخراج اطلاعات از روی کابل‌ها

بر روی بدنه‌ی کابل‌ها از یک سری حروف که نشان دهنده‌ی نوع عایق به کار رفته در کابل است و همچنین یک سری اعداد که نشان دهنده‌ی تعداد رشته وسطح مقطع هر رشته‌است(به همراه حروف

اختصاری تعداد رشته و سطح مقطع در کنار ولتاژ قابل تحمل عایق کابل) استفاده می‌شود. از این اطلاعات برای تشخیص زمینه‌ی کاربرد کابل‌ها می‌توان استفاده کرد.

با توجه به توضیحات فوق ساختار کلی نوشتن اطلاعات روی کابل‌ها را به صورت زیر می‌توان بیان کرد:



برای بیان جنس‌هادی و عایق به کار رفته در کابل‌ها و هم چنین برای توضیحات بیشتر از حروف اختصاری استفاده می‌شود. در جدول ۳-۴ چند نمونه‌ی آن‌ها اشاره شده‌است.

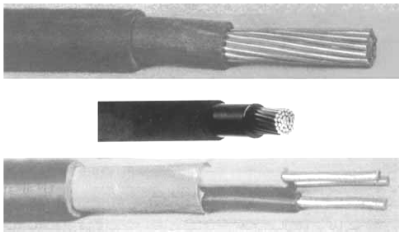
جدول ۳-۴: بیان جنس‌هادی و عایق به کار رفته در کابل‌ها

حروف اختصاری	توضیحات
N	کابل های نُرم شده براساس استاندارد VDE
Y (اولین Y در ردیف حروف)	عایق پروتودور
Y (دومین Y در ردیف حروف)	روپوش پروتودور
A (اولین حرف)	نوع هادی از جنس آلومینیوم
A (دومین حرف)	غلاف خارجی دوبل
B	کابل مسلح با نوار فلزی (بانداژ فولادی)
K	غلاف سربی

مثال ۳-۳:

کابل‌های زمینی(*NYY*)

این نوع کابل‌های برق برای کابل‌کشی در زیر زمین، در آب، در کانال و محل‌هایی که احتمال ضربه‌ی مکانیکی نباشد با ولتاژ اسمی‌کابل ۶۰۰/۱۰۰۰ ولت مورد استفاده قرار می‌گیرند. ساختمان این نوع کابل‌ها از رشته‌های هادی مسی نرم شده که به وسیله‌ی پی. وی. سی عایق و غلاف می‌شوند تشکیل شده‌است. مقطع هادی این نوع کابل‌ها گرد یا سه‌گوش است. سیم‌های عایق شده پس از تابیدن برای گرد شدن مقطع در داخل ماده‌ی پرکننده قرار می‌گیرند. به دور کابل‌های دارای هادی سه‌گوش، نوار پلاستیکی پیچیده می‌شود شکل ۳-۷، سه نوع از این کابل‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۷: کابل *NYY*

مثال ۳-۴: **کابل** $NKBA3\times35sm6/10KV$

برای ولتاژ*6/10KV* با غلاف سربی، پوشش حفاظتی داخلی، نوار حفاظتی فولادی، و غلاف خارجی پروتودور به رنگ مشکی و برای ولتاژهای بالاتر به رنگ قرمز است. در ولتاژ پایین برای نصب داخل ساختمان‌ها و در کانال‌هایی که در برابر آتش‌سوزی و سائیدگی حفاظت لازم دارند، به کار برده می‌شوند. همچنین برای دفن کردن در زمینی، که در آن مواد شیمیایی یا الکترولیتی وجود دارد مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۳-۶) بست کابل

درکابل‌کشی‌های روی دیوار از بست کابل استفاده می‌شود. برای انتخاب بست‌های مختلف لازم است نکات زیر رعایت شود:

- اندازه‌ی قطر خارجی کابل.
- نوع کابل‌کشی با توجه به عوامل مکانیکی، حرارت و شیمیایی اثر گذار روی کابل.
- نوع کابل‌کشی از نظر قابل دید(روی دیوار) و یا غیر قابل دید(زیر سقف کاذب) بودن.
- امکان بستن ساده‌ی کابل.
- قیمت مناسب نصب.

بست‌ها توسط میخ‌های فولادی یا پیچ به روی دیوار محکم و سپس کابل روی آن‌ها بسته می‌شود.

۳-۷) انواع عیوب کابل‌ها

در یک کابل قدرت، خطاها یا عیب‌های مختلفی ممکن است به وجود آید که مهمترین آنها اتصال کوتاه‌ها هستند. این اتصال کوتاه‌ها ممکن است بین دو هادی یا بین یک هادی کابل با زمین صورت گیرد. اتصال با زمین می‌تواند هم به صورت مستقیم و هم از طریق غلاف فلزی کابل روی دهد. معمولا محل اتصال دارای مقاومت بوده که اندازه آن می‌تواند بین چند اهم تا چند مگااهم متغیر باشد.

اتصال غلاف کابل با زمین نیز می‌تواند یکی از عیوب کابل به حساب آید که باعث فرسودگی لایه بیرونی کابل و کاهش عمر مفید آن می‌شود. این اتصال کوتاه‌ها می‌تواند به دو صورت پایدار یا لحظه‌ای روی دهند. در انواع پایدار، خطا دائما بر روی کابل وجود داشته و اندازه مقاومت خطا تغییر چندانی نمی‌کند. در انواع گذرا یا *Intermittent* وجود خطا روی کابل وضعیت پایداری نداشته، مشخصات آن دائما تغییر می‌کند. این نوع خطا می‌تواند در بازه‌های زمانی منظم و یا غیر منظم روی‌دهد. در میان خطاهای اتصال کوتاه که در کابل‌ها به وجود می‌آید، تقریبا *15* درصد مربوط به غلاف کابل، *13* درصد مربوط به اتصال کوتاه‌ها با مقاومت کمتر از *10* اهم، *11* درصد با مقاومت *100* اهم، *10* درصد مقاومت *1* کیلواهم، *13* درصد مقاومت *10* کیلواهم، *13* درصد مقاومت *100* کیلواهم و *15* درصد نیز مربوط به اتصال کوتاه‌ها با مقاومتی در حدود مگااهم هستند. در این میان اتصال کوتاه‌های لحظه‌ای نیز حدود *10* درصد از کل اتصال کوتاه‌های روی کابل‌ها را به خود اختصاص می‌دهند.

از انواع دیگر عیوبی که ممکن است در کابل‌ها به وجود آید مدار بازها هستند که معمولا به دلیل قطع شدن یک یا چند رشته کابل به وجود می‌آیند. این خطاها عمدتا به دلیل کشش‌های مکانیکی و یا تنش‌های حرارتی در کابل به وجود می‌آیند.

۳-۷-۱) مکان‌یابی عیب چیست؟

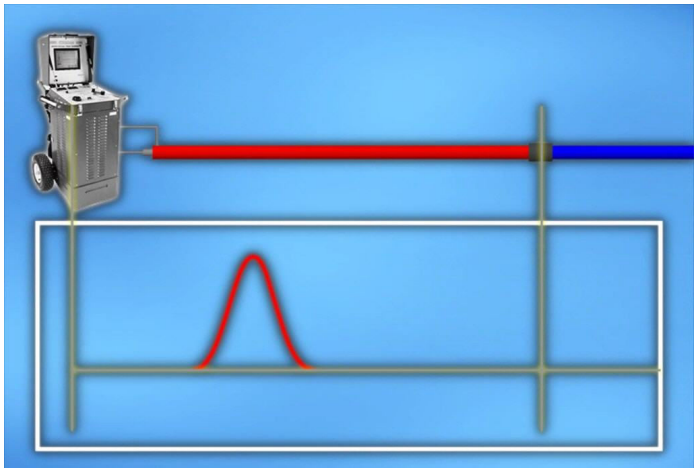
اغلب کابل‌های مورد استفاده در صنایع، از محل‌هایی عبور می‌کنند که معمولا در دسترس نیستند و از این رو در مواقعی که خطا یا ایرادی در نقطه‌ای از کابل به وجود آید، پیدا کردن محل خطا بسیار دشوار خواهد بود. از طرفی دیگر طولانی بودن طول یک کابل و نیز مشخص نبودن پاره‌ای از خطاها از نظر ظاهری می‌تواند بر دشواری‌های این امر بیافزاید. بسیاری از کابل‌های مورد استفاده در صنایع از اهمیت به سزایی برای بخش تولید برخوردار بوده و به همین دلیل زمان، عامل تأثیرگذاری در این رابطه به حساب می‌آید. از این رو باید همواره در شرایط مختلف، روش‌هایی وجود داشته باشد که توسط آن‌ها بتوان در کوتاه ترین زمان ممکن و به صورت دقیق محل وقوع خطا در یک کابل را پیداکرد. روش‌های مختلفی برای این منظور ارائه شده‌اند که به طور کلی می‌توان آنها را به دو دسته تقسیم کرد. دسته اول روش‌هایی هستند که مشخص می‌کنند که خطا در چه فاصله‌ای نسبت به یکی از سرهای کابل قرار دارد این روش‌ها که به روش‌های اولیه یا *Prelocation* معروفند، معمولا در محاسبه فاصله با خطا همراه بوده و در واقع با کمک آنها می‌توان محدوده قرار گرفتن خطا را تقریب زد. در هر صورت برای اصلاح محل خطا، به طور مشخص باید نقطه‌ای بر روی زمین انتخاب شود تا با کندن آن بتوان به محل خطا رسید. از این رو دسته دیگری از روش‌ها به وجود آمدند که به روش‌های *Pinpointing* معروفند. از مهم ترین مشکلات این دسته، وقت گیر بودن آنهاست به گونه‌ای که باید در طول مسیر کابل حرکت کرده و با چک کردن مسیر با استفاده از تجهیزات خاص، محل خطا را پیدا کرد که این فرآیند ممکن است چندین روز به طول انجامد. در عمل معمولا از هر دو دسته روش‌های فوق استفاده می‌شود. بدین صورت که ابتدا با استفاده از روش‌های *Prelocation*، محل تقریبی وقوع خطا یا محدوده قرار گرفتن آن مشخص شده و سپس با استفاده از روش‌های *Pinpointing* و تنها در آن محدوده، محل دقیق وقوع خطا تشخیص داده می‌شود.

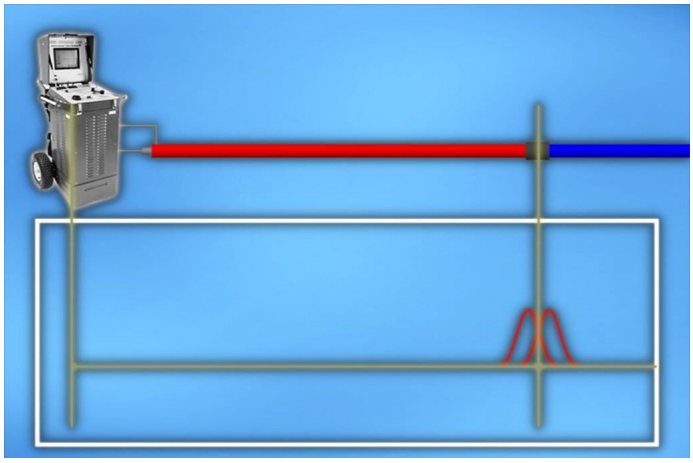
روش‌های مختلفی که برای مکان‌یابی عیب در کابل‌ها به وجود آمده است، معمولا دارای نقاط قوت و ضعف متعددی هستند به گونه‌ای که یک روش مشخص ممکن است برای پاره‌ای از خطاها به خوبی جواب داده و برای برخی دیگر کارایی لازم را نداشته باشد. از این رو تشخیص نوع خطا و انجام پاره‌ای از اندازه‌گیری‌های ابتدایی نظیر اندازه‌گیری میزان مقاومت خطا، می‌تواند کمک بسیار زیادی به انتخاب روش مناسب و کارا داشته باشد.

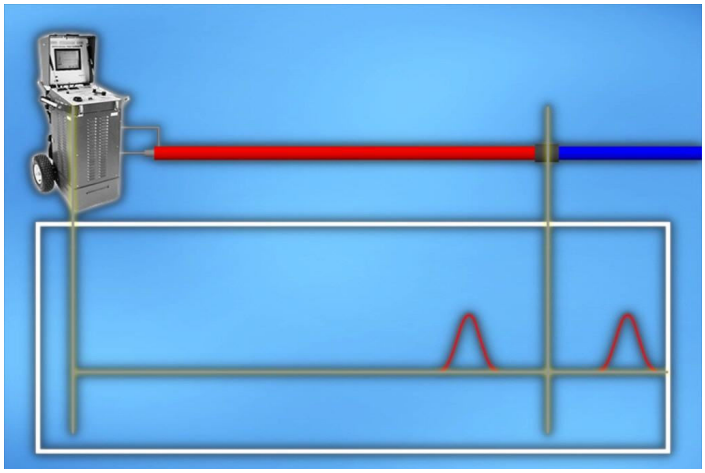
۳-۸) روش‌های مکان‌یابی عیب

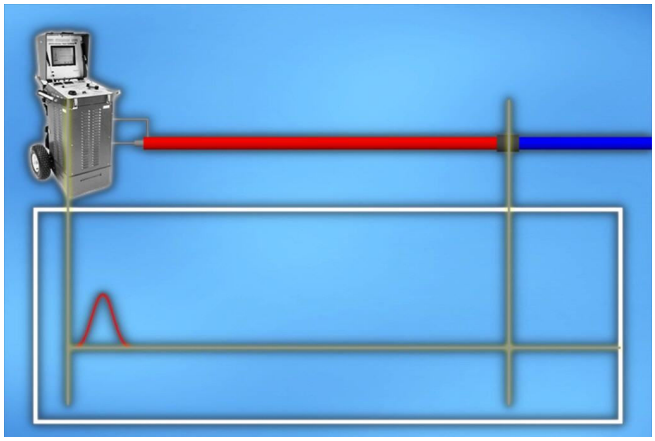
۳-۸-۱) *TDR*

یکی از روش‌های پیدا کردن محل خطا در یک کابل قدرت، کنترل و... استفاده از پالس‌هایی با فرکانس رادیویی است. هنگامی که امپدانس محیطی که یک سیگنال الکتریکی عبور می‌کند، عوض می‌شود، بخشی از سیگنال از محل تغییر امپدانس باز تابیده شده و بخشی دیگر از آن عبور می‌کند. از طرفی دیگر محل‌های وقوع خطا در یک کابل، معمولا دارای امپدانسی متفاوت از خود کابل هستند. از این رو با اندازه‌گیری زمان بین ارسال و بازگشت سیگنال و نیز با دانستن سرعت انتشار سیگنال در کابل، می‌توان فاصله بین محل خطا تا محل ارسال سیگنال را پیدا کرد. در روش TDR یا Time Domain Reflectometer از این اصل و با انتشار پالس‌هایی پشت سرهم با ولتاژ پایین و فرکانس بالا برای این منظور استفاده می‌شود.









روش TDR معمولا قادر است تا محل خطاهای بین هادی و شیلد کابل و نیز خطاهای بین دو هادی کابل که مقاومت اتصال آن‌ها کمتر از 200 اهم است را به خوبی تشخیص دهد. مداربازها در یک کابل، از دیگر انواع خطاهایی است که این روش قادر به تشخیص محل وقوع آن‌هاست.

اکثر خطاهایی که بر روی یک کابل اتفاق می‌افتد، اغلب دارای مقاومتی در محدوده هزار یا میلیون اهم هستند و از این رو یکی از مهم‌ترین محدودیت‌های این روش، عدم تشخیص محل وقوع این نوع خطاهاست. در صورتی که بخواهیم این نوع از خطاها را با روش TDR تشخیص دهیم، باید مقاومت خطا را تا حد قابل تشخیص برای دستگاه پایین آورد که سوزاندن محل خطا از طریق اعمال پالس‌های ولتاژی قوی به آن، یکی از این روش‌هاست.

علاوه بر خطاها، محل‌های دیگری نیز در کابل‌ها وجود دارند که دارای امپدانسی متفاوت از خود کابل هستند. از این نقاط می‌توان به مفصل‌ها، انشعاب‌ها، محل‌های اتصال کابل به تجهیزات و... اشاره کرد. وجود این نقاط در یک کابل، می‌تواند تشخیص خطا توسط این روش را دشوار کند. دستگاه‌هایی که از این روش استفاده می‌کنند، معمولا شکل موج برگشتی را روی صفحه نمایش و بر روی یک محور زمانی یا مکانی نشان می‌دهند. در اغلب موارد از روی این شکل موج، می‌توان عامل انعکاس دهنده موج یعنی خطا، مفصل، انشعاب و .... و نیز فاصله بین محل ارسال سیگنال تا این محل‌ها را تشخیص داد. معمولا مداربازها، اتصال کوتاه‌ها، محل‌های اتصال دو کابل مختلف به یکدیگر، محل‌های اتصال دو کابل مشابه به یکدیگر، انشعاب‌ها و Splitها هر یک دارای شکل موج بازگشتی مشخصی هستند که از روی این شکل‌ها می‌توان محل قرار گرفتن هر کدام را تشخیص داد.

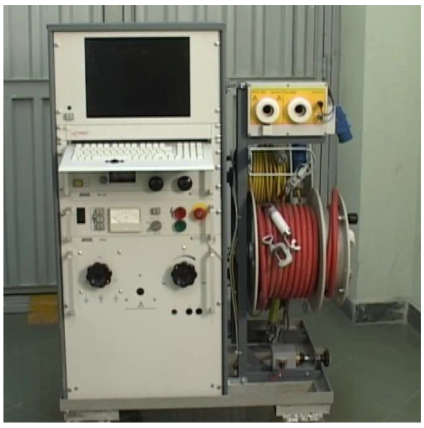
زمان بین ارسال تا بازگشت موج در این روش را معمولا از لحظه شروع ارسال تا لحظه شروع پالس برگشتی محاسبه می‌کنند. یعنی نشانگرهای اندازه‌گیری بر روی صفحه نمایش دستگاه، باید سمت چپ

شکل موج ها قرار گرفته باشند. زمان مورد اشاره زمان رفت و برگشت سیگنال از ابتدای کابل تا محل خطا است و برای محاسبه فاصله، این زمان باید نصف شده و در سرعت انتشار سیگنال در کابل ضرب شود.

$$\text{فاصله} = \text{سرعت انتشار} \times \frac{\text{زمان}}{2}$$

سرعت انتشار سیگنال در کابل به عوامل مختلفی از جمله جنس عایق کابل، خواص لایه نیمه هادی آن، ابعاد کابل، مقاومت هادی‌ها و ... بستگی داشته و نمی‌توان عدد مشخصی را برای این منظور ذکر کرد. برای محاسبه سرعت انتشار، می‌توان فاصله بین ابتدا و انتهای تک‌های از کابل با طول مشخص را با استفاده از دستگاه اندازه گرفته و سرعت را تغییر داد تا فاصله صحیح از روی دستگاه خوانده شود.

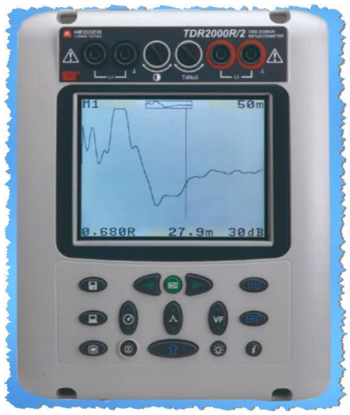
۳-۸-۲) دستگاه عیب یاب کابل



شکل ۳-۸: دستگاه عیب یاب کابل

گسترش و پیشرفت روش‌های مکان‌یابی عیب در کابل‌ها باعث شده تا امروزه دستگاه‌های عیب‌یاب نیز از تکامل و توسعه خاصی برخوردار باشند به گونه‌ای که اغلب دستگاه‌های عیب‌یاب، امروزه توسط کامپیوتر کنترل شده و نتایج آزمون‌ها به راحتی بر روی آن‌ها قابل تحلیل و بررسی است. یک دستگاه عیب‌یاب در اغلب موارد چندین روش عیب‌یابی را پوشش می‌دهد که کاربر می‌تواند بسته به شرایط خطا در کابل، روش مناسب را انتخاب کند. این روش‌ها می‌تواند شامل هر دو دسته عیب‌یابی اولیه و عیب‌یابی دقیق باشد. علاوه بر پیاده سازی آزمون‌های عیب‌یابی، قابلیت‌های جانبی دیگری نیز معمولا در این دستگاه‌ها تعبیه می‌شود که از آن جمله می‌توان دستگاه تست *Hipot*، امکانات مخصوص سوزاندن کابل، دستگاه *UPS* داخلی و... را نام برد. لزوم ایجاد ولتاژهای بالا و نیز تجهیزات جانبی باعث شده تا ابعاد دستگاه‌های عیب‌یاب به خصوص برای عیب‌یابی کابل‌های بزرگ و فشارقوی زیاد باشد.

در موارد فشار ضعیف و با استفاده از روش *TDR* معمولا دستگاه‌های کوچکی نیز وجود دارند که وظیفه مکان‌یابی عیب را به عهده می‌گیرند.



شکل ۳-۹: دستگاه‌های کوچک با استفاده از روش *TDR*

در دستگاه‌های مکان‌یاب عیب، برای حصول دقت در اندازه‌گیری‌ها، قبل از شروع به کار، پاره‌ای از پارامترهایی را که برای عیب‌یابی با استفاده از روش مورد نظر لازم است باید در اختیار دستگاه قرار داده شود. به عنوان مثال در بسیاری از دستگاه‌ها طول کابلی که از دستگاه به کابل اصلی متصل می‌شود باید مشخص شده تا دستگاه هنگام مکان‌یابی این طول کابل را در اندازه گیری‌ها لحاظ نکند. از موارد دیگر می‌توان به سرعت حرکت موج در کابل، پهنای پالس‌های ارسالی، زمان بین ارسال دو پالس متوالی و ... اشاره کرد. دستگاه‌های عیب‌یاب معمولا دارای محدودیت‌هایی نیز هستند که هنگام انتخاب دستگاه باید به آن توجه کرد. به عنوان مثال یک دستگاه تا حداکثر طول مشخصی از کابل را می‌تواند پوشش دهد و در صورت بیشتر بودن طول کابل از این مقدار، دستگاه قادر به تشخیص مکان خطا نخواهد بود. رزولوشن یا دقت مکان‌یابی نیز از دیگر پارامترهایی است که باید هنگام کار با دستگاه مورد توجه قرار گیرد.

۳-۹) کابل‌کشی

۳-۹-۱) نکات مهم در کابل‌کشی

کابل‌ها، تجهیزات بسیار گرا نقیمتی هستند که در نصب و استفاده از آنها باید از اصول و ضوابط خاصی پیروی کرد تا آسیب‌های وارده به آن‌ها، حداقل شود. بسترسازی مناسب برای کابل‌ها قبل از خواباندن آنها در گودال‌ها، باز کردن صحیح کابل از قرقره، شعاع مجاز خم‌ها در کابل، نحوه نصب آن‌ها در محیط‌های مختلف، نحوه قرار گرفتن آ نها در کنارهم، تجهیزات مورد استفاده در نصب آنها و... نمونه‌ای از مسائلی هستند که باید هنگام کابل‌کشی بدان‌ها توجه کرد. در ادامه به پاره‌ای از نکات مفید در نصب کابل‌ها، می‌پردازیم.

۳-۹-۲) آماده سازی کابل برای کابل‌کشی

کابل را باید از بالای قرقره باز کرد. برای این منظور قرقره باید آنچنان جای گیرد که بردار نشانگر روی قرقره راستای مخالف باز کردن را نشان دهد. قرقره را می‌توان به کمک چرخ و طناب یا جرثقیل‌های دستی از محور بلند و باز کرد، تا آنجا که گوه‌ها یا الوارهایی که برای ساکن نگه‌داشتن آن به کار برده شده‌اند نتوانند از چرخش قرقره جلوگیری کنند.

برای آگاهی از آسیب‌هایی که ممکن است در اثر غلتاندن قرقره وارد آید کابل را باید همواره بازرسی نمود. از آنجا که کابل‌کشی بیشتر توسط کارگران بدون مهارت انجام می‌گیرد، همواره باید یادآوری کرد که کابل یک کالای گرانبهاست و در برابر آسیب دیدگی بسیار حساس است و باید به هنگام کابل‌کشی دستی، از آسیب رساندن به لایه‌های حفاظ در برابر خوردگی و لایه عایق پرهیز شود. کابل‌ها نباید بر روی لبه‌ها با نوک‌های تیز کشانده شوند و نباید خم تند داشته باشند، جدول زیر را ببینید.

جدول: کمترین شعاع خمش r در روند کابل‌کشی

	کابلهای کاغذ روغنی		کابلهای خشک
	با غلافی سربی یا غلاف آلومینیومی موجدار	با غلاف آلومینیومی صاف تا قطر 50 میلیمتر	
کابلهای چند رشته‌ای: تا $\frac{U_0}{U}=\frac{0.6}{1}$ کیلو ولت:	15 xd	25 d	12 d
فراتر از $\frac{U_0}{U}=\frac{0.6}{1}$ کیلو ولت:	----	-----	15 d
همه کابلهای تک رشته	25 d	30 d	15 d

- در جدول بالا d برابر قطر کابل می‌باشد.

چرخش قرقره را در هر آن باید بتوان ترمز کرد تا در پی یک رخداد ناگهانی که کابل‌کشی را متوقف می‌سازد از باز شدن بیشتر کابل که منجر به خم‌های تند خواهد شد پرهیز گردد. در هر شرایطی باید با دقت از گره دار شدن کابل جلوگیری کرد. اگر نیاز باشد، از یک الوار ساده می‌توان برای ترمز کردن قرقره سود برد. برای پرهیز از تنش‌های کششی بیش از اندازه که همواره ممکن است هنگام باز کردن کابل‌های بدون زره با قطر کوچک پدیدار شوند، قرقره را باید با دست بچرخانند.

در جاییکه بخواهند کابل را خم کنند، برای نمونه درست پیش از سر کابل‌بندی، به شرط بهره‌گیری از روش‌های درست مانند گرمادهی تا $30°$ و خمکاری به کمک ابزار مناسب، مقادیر r می‌تواند تا $50\ \%$ ارقام جدول کاهش یابد.

۳-۹-۳) خواباندن کابل‌ها در زمین

- مناسبترین مسیر کابل‌کشی در یک منطقه مسکونی پیاده‌روها یا فضاهای بالاتر از زمین در راستای پیاده روهاست.
- گودی شیار بستگی به شمار کابل‌هایی دارد که باید روی یکدیگر یا کنار هم در شیار قرارگیرند.
- افزون بر آن در نواحی شهری و شهرک‌های صنعتی تعیین مسیر همچنین بستگی به عبور لوله‌های گاز و آب موجود و یا در برنامه‌های آتی توسعه دارد.

- گودی بستر کابل‌ها در پیاده روها نباید کمتر از *0.6* متر باشد و در جاده‌ها نباید کمتر از *0.8* متر باشد.
- در جایی که کابل‌ها از گودی‌های بسیار کم عمق عبور می‌کنند باید توسط صفحه‌های بتونی با ضخامت کافی پشتیبانی شوند.
- کابل‌ها معمولاً با یک لایه شن یا خاک سرند شده(بدون ریگ یا سنگپاره) به کلفتی *10* سانتیمتر پوشانده می‌شوند و سپس برای حفاظت در برابر آسیب‌هایی که عملیات خاکبرداری یا ساختمانسازی ممکن است به کابل وارد آورد، با آجر یا صفحات پلاستیکی و یا وسایلی همانند پوشانده می‌شوند.
- اگر از این پوشش‌ها استفاده نشود، از نوارهای هشدار دهنده پلاستیکی برای نشان دادن مسیر کابل استفاده می‌کنند.
- اگر در یک شیار، کابل‌های فشار متوسط (یا فوق توزیع و فشار ضعیف) در کنار هم خوابانده می‌شوند، در عمل کابل فشار متوسط(یا فوق توزیع) باید در پایین ترین موقعیت جای داده شود، سپس باید روی آن را با لایه‌ای از شن پوشاند و با صفحات محافظ پوشش داد، آنگاه در بالای این صفحات با افزایش یک لایه دیگری از شن می‌توان کابل‌های فشار ضعیف را خواباند. در یک چنین آرایشی در اثر گرمایش دو سویه و خشک شدن خاک، گنجایش بار هر دو کابل کاهش خواهد یافت.

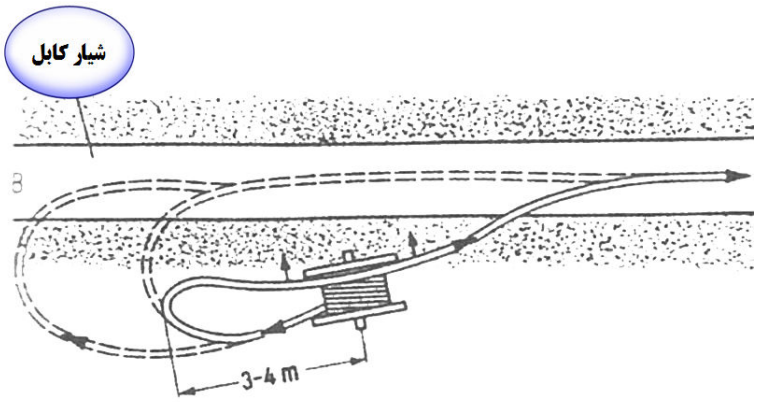
کابل‌کشی همواره با یکی از روش‌های زیرین انجام می‌تواند انجام گیرد:

- کابل‌کشی به کمک یک یدک‌کش کابل بر
- کابل‌کشی با دست
- کابل‌کشی با موتور کششی از روی قرقره‌های گردان(با گذاردن در کف شیار)
- کابل‌کشی با جرثقیل‌های دستی
- کابل‌کشی با ماشین‌های شیارزن و کابل نشان(به طور همزمان)

در ادامه به بیان دو روش کابل‌کشی دستی و کابل‌کشی با دستگاه چرخ و طناب یا جرثقیل دستی پرداخته می‌شود. در کابل‌کشی دستی با بهره گیری از چرخ قرقره‌های کابل‌کشی که در فاصله‌های *3* تا *4* متری درکف شیار قرار داده می‌شوند کابل‌کشی را آسان می‌سازند. این چرخ قرقره‌ها پایه‌دار هستند. در مسیرهای زاویه دار از چرخ قرقره‌های ویژه گوشه یا دستگاه‌های همانند سود می‌برند و در این باره همواره باید کمترین شعاع خمش مجاز را در مسیر کابل‌کشی حفظ نمود.

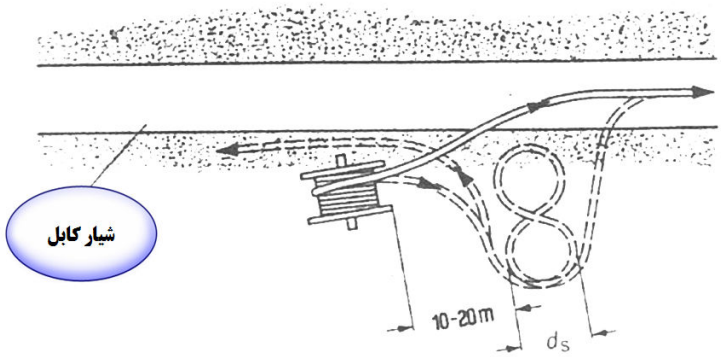
اگر کابل‌کشی با چرخ قرقره انجام نشود آنگاه کابل‌ها را باید با دست در جای خود قرار دهند، در اینحالت افرادی که در کابل‌کشی همکاری می‌کنند باید در فاصله *4* تا *6* متری یکدیگر در سرتاسر کابل جای بگیرند و کابل را جابه جا سازند.

اگر برای خواباندن یکباره یک کابل بلند، کارگر کافی در دسترس نباشد قرقره کابل را می‌توان در وسط نقطه مسیر بر روی جک قرار داد و طول مورد نیاز کابل را از روی آن و از سمت بالا در راستای *A* و مشابه شکل زیر باز کرد.



شکل ۳-۱۰

سپس قرقره را چندین دور بیشتر چرخاند تا یک حلقه عمودی از کابل نزدیک به *3* تا *4* متر درازا در پشت قرقره شکل بگیرد، آنگاه آنرا در سوی مسیر *B* کشاند. پس کابل از کنار قرقره گذرانده شده و در شیار قرار داده می‌شود، در ادامه کابل از زیر قرقره کشیده شده و کار به همین روال دنبال می‌شود، در این شرایط پیچ خوردگی کابل را باید در طولی میان *4* تا *6* متر گستراند. روند بازکردن و کشیدن کابل به صورت حلقه‌ای همچنان ادامه می‌یابد تا سرانجام همه کابل در درون شیار جای داده شود. اگر موانع در شیار امکان ندهد که کابل‌کشی از بخش بالای قرقره ادامه یابد به شکل هشت انگلیسی در کنار مسیر اصلی کابل قرار داده شود. در اینجا باید اشاره کرد که کابلی که به صورت عدد هشت انگلیسی قرار داده شده است تنها می‌تواند دوباره در عمان راستایی کشیده شود که به هنگام باز کردن از قرقره کشیده شده بود. این امر در شکل زیر نشان داده شده است.



شکل ۳-۱۱

کابل‌کشی با دستگاه چرخ وطناب تنها هنگامی امکان دارد که شمار خم‌ها یا مانع‌ها در مسیر کابل‌کشی اندک باشد. پس از آزاد کردن سر کابل از قرقره، از یک جوراب کابل مشابه شکل زیر استفاده می‌شود.

شکل ۳-۱۲: جوراب کابل

جوراب کابل به سر کابل بسته شده و در جای خود محکم می‌شود. برای ایمنی بیشتر یک طناب از سوراخ چشمی این جوراب می‌گذرانند. هرگز نباید کابل‌ها را از سر لحیمکاری شده(درپوش‌های سربی) کشید.

برای خواباندن کابل‌های تک رشته‌ای، بسته به ویژگی‌های محلی از روش‌های تأیید شده زیر سود می‌برند.

- کابل‌کشی و خواباندن هر رشته کابل به ترتیب و در طول‌های جداگانه.
- کابل‌کشی همزمان هر سه رشته کابل از سه قرقره جداگانه.
- کابل‌کشی و خواباندن سه کابل که از پیش به هم بسته و تابیده شده باشند.
- کابل‌کشی با روش شیار زنی همزمان برای سه کابل که از پیش به هم بسته شده.

جدول: نیروی کششی مجاز برای نصب کابل‌های فشار ضعیف و فشار متوسط(مقادیر راهنما)

وسایل کششی	نوع کابل	رابطه	ضریب
کشش از سر کابل، با درگیربودن رساناها	همه انواع کابلها	$P = \sigma . A$	برای رساناهای مسی: $\sigma = 50 \quad N/mm^2$ برای رساناهای آلومینیومی: $\sigma = 30 \quad N/mm^2$
با جوراب کشنده	کابل خشک[1] بدون غلاف فلزی و بدون زره	$P = \sigma . A$	برای رساناهای مسی: $\sigma = 50 \quad N/mm^2$ برای رساناهای آلومینیومی: $\sigma = 30 \quad N/mm^2$
	همه کابلهای با سیم زره دار شده‌اند	$P = K . d^2$	$K = 9 \quad N/mm^2$
	کابل با غلاف فلزی بدون زره مقاوم در برابر کشش: کابل تک غلافه کابل .S.L	$P = K . d^2$ $P = K . d^2$	$K = 3 \quad N/mm^2$ $K = 1 \quad N/mm^2$

هرگاه سه کابل تک رشته را همزمان و با استفاده از جوراب کابل بکشند، بیشترین نیروی کششی جدول را به کار می‌برند. بدین ترتیب نیروی کششی برای *3* کابل تک رشته به هم تابیده شده، سه برابر کابل تک رشته‌ای و برای سه کابل تک رشته‌ای تابیده نشده *2* برابر کابل تک رشته‌ای است.

- d= قطر کابل به mm
- P= نیروی کششی به N/mm^2
- K= ضریب به دست آمده از راه تجربه به N/mm^2
- A= کل مقطع همه رساناها به میلیمتر مربع (ولی نه برای حفاظ یا پوشش فلزی)

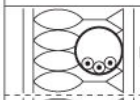
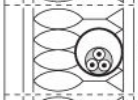
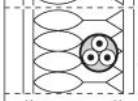
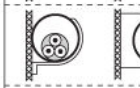
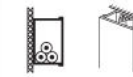
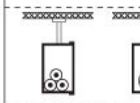
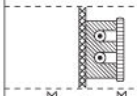
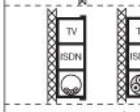
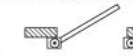
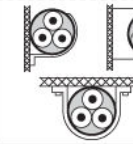
۳-۱۰) انتخاب کابل

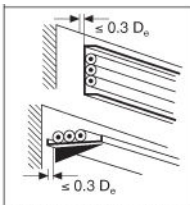
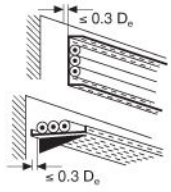
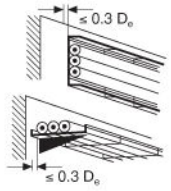
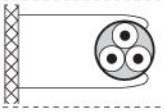
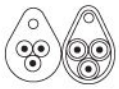
در زمان اجرای یک پروژه صنعتی، انتخاب مناسب نوع و سطح مقطع کابل‌ها، از مهم ترین اقداماتی است که باید صورت گیرد. با توجه به این که کابل‌ها، بخش مهمی از هزینه‌های یک پروژه را به خود اختصاص می‌دهند، انجام مناسب و دقیق محاسبات مربوط به انتخاب آن‌ها می‌تواند نقش به سزایی در پایین آوردن هزینه‌ها داشته باشد. به طور کلی برای تعیین سطح مقطع و نوع کابل‌ها، باید این داده ها موجود باشد:

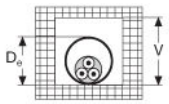
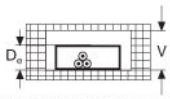
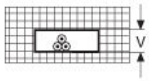
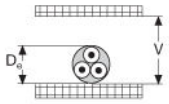
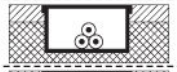
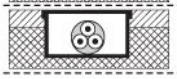
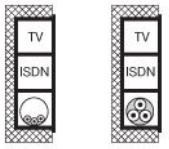
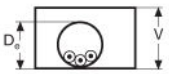
- مشخصات بار شامل توان و ضریب توان، میزان جریان و میزان افت ولتاژ مجاز.

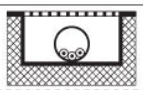
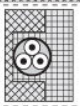
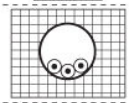
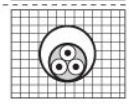
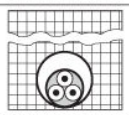
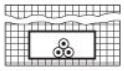
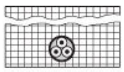
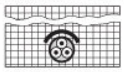
- فاصله بار تا تابلو و یا طول کابل.
- مشخصات مربوط به مسیر عبور کابل مانند درجه حرارت.

کابل‌ها به روش‌های مختلفی ممکن است نصب شده باشند که این نحوه نصب می‌تواند تأثیر به سزایی در میزان جریان قابل تحمل کابل داشته باشد. معمولا روش‌های مختلف نصب را به گروه‌های مختلفی تقسیم می‌کنند که از آن‌ها می‌توان به گروه‌های $A1$، $A2$، $B1$، $B2$، C، D، E، G , F جداولی که در ادامه متن آورده شده‌اند، این گروه‌ها و نحوه نصب کابل در آنها را نشان می‌دهد.

روش نصب	شماره آیتم	توضیحات	روش نصب بر حسب: تعیین جریان – بار – ظرفیت
	1	Insulated conductors or single-core cables in conduit in a thermally insulated wall	A1
	2	Multi-core cables in conduit in a thermally insulated wall	A2
	3	Multi-core cable direct in a thermally insulated wall	A1
	4	Insulated conductors or single-core cables in conduit on a wooden, or masonry wall or spaced less than 0.3 times conduit diameter from it	B1
	5	Multi-core cable in conduit on a wooden, or masonry wall or spaced less than 0.3 times conduit diameter from it	B2
	6 7	Insulated conductors or single-core cables in cable trunking on a wooden wall – run horizontally (6) – run vertically (7)	B1
	8 9	Insulated conductors or single-core cable in suspended cable trunking (8) Multi-core cable in suspended cable trunking (9)	B1 (8) or B2 (9)
	12	Insulated conductors or single-core cable run in mouldings	A1
	13 14	Insulated conductors or single-core cables in skirting trunking (13) Multi-core cable in skirting trunking (14)	B1 (13) or B2 (14)
	15	Insulated conductors in conduit or single-core or multi-core cable in architrave	A1
	16	Insulated conductors in conduit or single-core or multi-core cable in window frames	A1
	20 21	Single-core or multi-core cables: – fixed on, or spaced less than 0.3 times (20) cable diameter from a wooden wall – fixed directly under a wooden ceiling (21)	C

	30	On unperforated tray [1]	C
	31	On perforated tray [1]	E or F
	32	On brackets or on a wire mesh [1]	E or F
	33	Spaced more than 0.3 times cable diameter from a wall	E or F or G
	34	On ladder	E or F
	35	Single-core or multi-core cable suspended from or incorporating a support wire	E or F
	36	Bare or insulated conductors on insulators	G

	40	Single-core or multi-core cable in a building void [2]	$1.5\ D_e \le V < 20\ D_e$ B2 $V \ge 20\ D_e$ B1
	24	Insulated conductors in cable ducting in a building void [2]	$1.5\ D_e \le V < 20\ D_e$ B2 $V \ge 20\ D_e$ B1
	44	Insulated conductors in cable ducting in masonry having a thermal resistivity not greater than 2 Km/W	$1.5\ D_e \le V < 5\ D_e$ B2 $5\ D_e \le V < 50\ D_e$ B1
	46	Single-core or multi-core cable: – in a ceiling void – in a suspended floor [1]	$1.5\ D_e \le V < 5\ D_e$ B2 $5\ D_e \le V < 50 D_e$ B1
	50	Insulated conductors or single-core cable in flush cable trunking in the floor	B1
	51	Multi-core cable in flush cable trunking in the floor	B2
	52 53	Insulated conductors or single-core cables in embedded trunking (52) Multi-core cable in embedded trunking (53)	B1 (52) or B2 (53)
	54	Insulated conductors or single-core cables in conduit in an unventilated cable channel run horizontally or vertically [2]	$1.5\ D_e \le V < 20\ D_e$ B2 $V \ge 20\ D_e$ B1

	55	Insulated conductors in conduit in an open or ventilated cable channel in the floor	B1
	56	Sheathed single-core or multi-core cable in an open or ventilated cable channel run horizontally or vertically	B1
	57	Single-core or multi-core cable direct in masonry having a thermal resistivity not greater than 2 Km/W Without added mechanical protection	C
	58	Single-core or multi-core cable direct in masonry having a thermal resistivity not greater than 2 Km/W With added mechanical protection	C
	59	Insulated conductors or single-core cables in conduit in masonry	B1
	60	Multi-core cables in conduit in masonry	B2
	70	Multi-core cable in conduit or in cable ducting in the ground	D
	71	Single-core cable in conduit or in cable ducting in the ground	D
	72	Sheathed single-core or multi-core cables direct in the ground – without added mechanical protection	D
	73	Sheathed single-core or multi-core cables direct in the ground – with added mechanical protection	D

[1] D_c is the external diameter of a multi-core cable:
– 2.2 x the cable diameter when three single core cables are bound in trefoil, or
– 3 x the cable diameter when three single core cables are laid in flat formation.
[2] D_c is the external diameter of conduit or vertical depth of cable ducting.
V is the smaller dimension or diameter of a masonry duct or void, or the vertical depth of a rectangular duct, floor or ceiling void. The depth of the channel is more important than the width.

بر اساس نحوه نصب کابل و به عبارتی دیگر، گروه نصب، جداولی تهیه می شود که جریان قابل تحمل کابل را بر اساس جنس هادی، جنس عایق و تعداد هادی‌های زیر بار در یک مدار نشان می دهد. این جداول اغلب برای دمای محیطی مرجع تهیه شده‌اند که معمولا این دما برابر *30* درجه سانتیگراد در نظر گرفته می‌شود. نمونه‌ای از این جداول در زیر آورده شده‌است.

1SDC010006F0201

Installation method	A1								A2								B1								B2								C							
Conductor	Cu				Al				Cu				Al				Cu				Al				Cu				Al				Cu				Al			
Insulation	XLPE EPR		PVC		XLPE EPR		PVC		XLPE EPR		PVC		XLPE EPR		PVC		XLPE EPR		PVC		XLPE EPR		PVC		XLPE EPR		PVC		XLPE EPR		PVC		XLPE EPR		PVC		XLPE/EPR		PVC	
Loaded conductors	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
S[mm²]																																								
1.5	19	17	14.5	13.5					18.5	16.5	14	13					23	20	17.5	15.5					22	19.5	16.5	15					24	22	19.5	17.5				
2.5	26	23	19.5	18	20	19	15	14	25	22	18.5	17.5	19.5	18	14.5	13.5	31	28	24	21	25	22	18.5	16.5	30	26	23	20	23	21	17.5	15.5	33	30	27	24	26	24	21	18.5
4	35	31	26	24	27	25	20	18.5	33	30	25	23	26	24	19.5	17.5	42	37	32	28	33	29	25	22.0	40	35	30	27	31	28	24	21	45	40	36	32	35	32	28	25
6	45	40	34	31	35	32	26	24	42	38	32	29	33	31	25	23	54	48	41	36	43	38	32	28	51	44	38	34	40	35	30	27.0	58	52	46	41	45	41	36	32
10	61	54	46	42	48	44	36	32	57	51	43	39	45	41	33	31	75	66	57	50	59	52	44	39	69	60	52	46	54	48	41	36	80	71	63	57	62	57	49	44
16	81	73	61	56	64	58	48	43	76	68	57	52	60	55	44	41	100	88	76	68	79	71	60	53	91	80	69	62	72	64	54	48	107	96	85	76	84	76	66	59
25	106	95	80	73	84	76	63	57	99	89	75	68	78	71	58	53	133	117	101	89	105	93	79	70	119	105	90	80	94	84	71	62	138	119	112	96	101	90	83	73
35	131	117	99	89	103	94	77	70	121	109	92	83	96	87	71	65	164	144	125	110	130	116	97	86	146	128	111	99	115	103	86	77	171	147	138	119	126	112	103	90
50	158	141	119	108	125	113	93	84	145	130	110	99	115	104	86	78	198	175	151	134	157	140	118	104	175	154	133	118	138	124	104	92	209	179	168	144	154	136	125	110
70	200	179	151	136	158	142	118	107	183	164	139	125	145	131	108	98	253	222	192	171	200	179	150	133	221	194	168	149	175	156	131	116	269	229	213	184	198	174	160	140
95	241	216	182	164	191	171	142	129	220	197	167	150	175	157	130	118	306	269	232	207	242	217	181	161	265	233	201	179	210	188	157	139	328	278	258	223	241	211	195	170
120	278	249	210	188	220	197	164	149	253	227	192	172	201	180	150	135	354	312	269	239	281	251	210	186	305	268	232	206	242	216	181	160	382	322	299	259	280	245	226	197
150	318	285	240	216	253	226	189	170	290	259	219	196	230	206	172	155																	441	371	344	299	324	283	261	227
185	362	324	273	245	288	256	215	194	329	295	248	223	262	233	195	176																	506	424	392	341	371	323	298	259
240	424	380	321	286	338	300	252	227	386	346	291	261	307	273	229	207																	599	500	461	403	439	382	352	305
300	486	435	367	328	387	344	289	261	442	396	334	298	352	313	263	237																	693	576	530	464	508	440	406	351
400																																								
500																																								
630																																								

E								F										G									
Cu		Al		Cu		Al		Cu		Al		Cu		Al		Cu		Al		Cu		Al					
XLPE EPR	PVC	XLPE EPR	PVC	XLPE EPR	PVC	XLPE EPR	PVC	XLPE EPR	PVC	XLPE EPR	PVC	XLPE EPR	PVC	XLPE EPR	PVC	XLPE EPR	PVC	XLPE EPR	PVC	XLPE EPR	PVC	XLPE EPR	PVC				
2				3				2				3				3				3H	3V	3H	3V	3H	3V	3H	3V
26	22			23	18.5																						
36	30	28	23	32	25	24	19.5																				
49	40	38	31	42	34	32	26																				
63	51	49	39	54	43	42	33																				
86	70	67	54	75	60	58	46																				
115	94	91	73	100	80	77	61																				
149	119	108	89	127	101	97	78	161	131	121	98	135	110	103	84	141	114	107	87	182	161	146	130	138	122	112	99
185	148	135	111	158	126	120	96	200	162	150	122	169	137	129	105	176	143	135	109	226	201	181	162	172	153	139	124
225	180	164	135	192	153	146	117	242	196	184	149	207	167	159	128	216	174	165	133	275	246	219	197	210	188	169	152
289	232	211	173	246	196	187	150	310	251	237	192	268	216	206	166	279	225	215	173	353	318	281	254	271	244	217	196
352	282	257	210	298	238	227	183	377	304	289	235	328	264	253	203	342	275	264	212	430	389	341	311	332	300	265	241
410	328	300	244	346	276	263	212	437	352	337	273	383	308	296	237	400	321	308	247	500	454	396	362	387	351	308	282
473	379	346	282	399	319	304	245	504	406	389	316	444	356	343	274	464	372	358	287	577	527	456	419	448	408	356	327
542	434	397	322	456	364	347	280	575	463	447	363	510	409	395	315	533	427	413	330	661	605	521	480	515	470	407	376
641	514	470	380	538	430	409	330	679	546	530	430	607	485	471	375	634	507	492	392	781	719	615	569	611	561	482	447
741	593	543	439	621	497	471	381	783	629	613	497	703	561	547	434	736	587	571	455	902	833	709	659	708	652	557	519
								940	754	740	600	823	656	663	526	868	689	694	552	1085	1008	852	795	856	792	671	629
								1083	868	856	694	946	749	770	610	998	789	806	640	1253	1169	982	920	991	921	775	730
								1254	1005	996	808	1088	855	899	711	1151	905	942	746	1454	1362	1138	1070	1154	1077	900	852

برای به دست آوردن میزان جریان واقعی قابل تحمل توسط یک کابل دو فاکتور دیگر نیز باید در نظر گرفته شود که یکی تأثیر دمای محیط و دیگری تأثیر کابل‌های مجاور روی کابل است. معمولا این دو عامل توسط ضرایبی که به ضرایب اصلاح معروفند مدل شده و در مقادیر مندرج در دو جدول فوق ضرب شده تا میزان جریان واقعی قابل تحمل توسط کابل به دست آید. برای در نظر گرفتن تأثیر دمای محیط، برای دماهای غیر از *30* درجه سانتی گراد که دمای مرجع است، ضرایبی لحاظ می شود که در صورتی که کابل در آن دماها به کار گرفته شوند، میزان جریان به دست آمده از دو جدول فوق باید در این ضرایب ضرب شود تا میزان جریان قابل تحمل کابل در آن دما به دست آید. ضرایب اصلاح مربوط به دماهای مختلف بر اساس جنس عایق کابل می‌تواند با توجه به جدول زیر انتخاب گردد.

Ambient temperature [a] °C	Insulation			
			Mineral [a]	
	PVC	XLPE and EPR	PVC covered or bare and exposed to touch 70 °C	Bare not exposed to touch 105 °C
10	1.22	1.15	1.26	1.14
15	1.17	1.12	1.20	1.11
20	1.12	1.08	1.14	1.07
25	1.06	1.04	1.07	1.04
35	0.94	0.96	0.93	0.96
40	0.87	0.91	0.85	0.92
45	0.79	0.87	0.87	0.88
50	0.71	0.82	0.67	0.84
55	0.61	0.76	0.57	0.80
60	0.50	0.71	0.45	0.75
65	–	0.65	–	0.70
70	–	0.58	–	0.65
75	–	0.50	–	0.60
80	–	0.41	–	0.54
85	–	–	–	0.47
90	–	–	–	0.40
95	–	–	–	0.32

[a] For higher ambient temperatures, consult manufacturer.

تأثیر کابل‌های مجاور نیز مشابه تأثیر دما با استفاده از ضرایب اصلاح لحاظ می‌گردد. ضریب اصلاح در موارد زیر برابر یک در نظر گرفته شده و بدین معنا است که کابل‌ها روی هم تأثیری ندارند:

- کابل‌های تک‌رشته که فاصله بین آن‌ها از دو برابر قطر خارجی بزرگترین کابل، بزرگ‌تراست.
- کابل‌های چند رشته که فاصله بین آن‌ها حداقل به اندازه قطر خارجی بزرگترین کابل باشد.

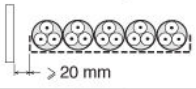
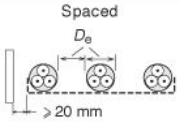
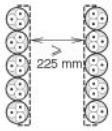
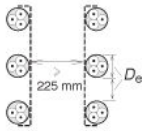
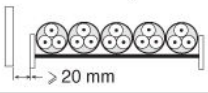
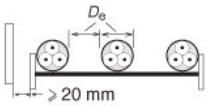
در مواردی غیر از موارد فوق، کابل‌های مجاور روی هم تأثیر داشته که تأثیر آن ها با ضرایب اصلاح که در جداول زیر آمده است، لحاظ می‌گردد.

Reduction factor for grouped cables

Item	Arrangement (cables touching)	Number of circuits or multi-core cables												To be used with current-carrying capacities, reference
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20	
1	Bunched in air, on a surface, embedded or enclosed	1.00	0.80	0.70	0.65	0.60	0.57	0.54	0.52	0.50	0.45	0.41	0.38	Methods A to F
2	Single layer on wall, floor or unperforated tray	1.00	0.85	0.79	0.75	0.73	0.72	0.72	0.71	0.70				
3	Single layer fixed directly under a wooden ceiling	0.95	0.81	0.72	0.68	0.66	0.64	0.63	0.62	0.61	No further reduction factor for more than nine circuits or multicore cables			Method C
4	Single layer on a perforated horizontal or vertical tray	1.00	0.88	0.82	0.77	0.75	0.73	0.73	0.72	0.72				
5	Single layer on ladder support or cleats etc.	1.00	0.87	0.82	0.80	0.80	0.79	0.79	0.78	0.78				Methods E and F

NOTE 1 These factors are applicable to uniform groups of cables, equally loaded.
NOTE 2 Where horizontal clearances between adjacent cables exceeds twice their overall diameter, no reduction factor need be applied.
NOTE 3 The same factors are applied to:
– groups of two or three single-core cables;
– multi-core cables.
NOTE 4 If a system consists of both two- and three-core cables, the total number of cables is taken as the number of circuits, and the corresponding factor is applied to the tables for two loaded conductors for the two-core cables, and to the tables for three loaded conductors for the three-core cables.
NOTE 5 If a group consists of n single-core cables it may either be considered as n/2 circuits of two loaded conductors or n/3 circuits of three loaded conductors.

Reduction factor for multi-core cables with method of installation E

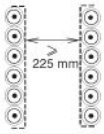
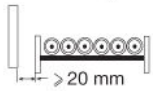
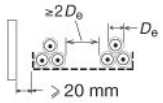
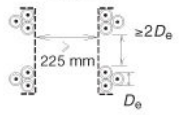
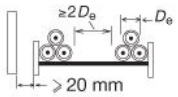
Method of installation in Table 3			Number of trays	Number of cables					
				1	2	3	4	6	9
Perforated trays (note 2)	31	Touching 	1	1.00	0.88	0.82	0.79	0.76	0.73
			2	1.00	0.87	0.80	0.77	0.73	0.68
			3	1.00	0.86	0.79	0.76	0.71	0.66
		Spaced 	1	1.00	1.00	0.98	0.95	0.91	–
			2	1.00	0.99	0.96	0.92	0.87	–
			3	1.00	0.98	0.95	0.91	0.85	–
Vertical perforated trays (note 3)	31	Touching 	1	1.00	0.88	0.82	0.78	0.73	0.72
			2	1.00	0.88	0.81	0.76	0.71	0.70
		Spaced 	1	1.00	0.91	0.89	0.88	0.87	–
			2	1.00	0.91	0.88	0.87	0.85	–
Ladder supports, cleats, etc. (note 2)	32 33 34	Touching 	1	1.00	0.87	0.82	0.80	0.79	0.78
			2	1.00	0.86	0.80	0.78	0.76	0.73
			3	1.00	0.85	0.79	0.76	0.73	0.70
		Spaced 	1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	–
			2	1.00	0.99	0.98	0.97	0.96	–
			3	1.00	0.98	0.97	0.96	0.93	–

NOTE 1 Factors apply to single layer groups of cables as shown above and do not apply when cables are installed in more than one layer touching each other. Values for such installations may be significantly lower and must be determined by an appropriate method.

NOTE 2 Values are given for vertical spacings between trays of 300 mm and at least 20 mm between trays and wall. For closer spacing the factors should be reduced.

NOTE 3 Values are given for horizontal spacing between trays of 225 mm with trays mounted back to back. For closer spacing the factors should be reduced.

Reduction factor for single-core cables with method of installation F

Method of installation in Table 3			Number of trays	Number of three-phase circuits (note 4)			Use as a multiplier to rating for
				1	2	3	
Perforated trays (note 2)	31	Touching ⩾ 20 mm	1 2 3	0.98 0.96 0.95	0.91 0.87 0.85	0.87 0.81 0.78	Three cables in horizontal formation
Vertical perforated trays (note 3)	31	Touching  ⩾ 225 mm	1 2	0.96 0.95	0.86 0.84	– –	Three cables in vertical formation
Ladder supports, cleats, etc. (note 2)	32 33 34	Touching  ⩾ 20 mm	1 2 3	1.00 0.98 0.97	0.97 0.93 0.90	0.96 0.89 0.86	Three cables in horizontal formation
Perforated trays (note 2)	31		1 2 3	1.00 0.97 0.96	0.98 0.93 0.92	0.96 0.89 0.86	
Vertical perforated trays (note 3)	31	Spaced 	1 2	1.00 1.00	0.91 0.90	0.89 0.86	Three cables in trefoil formation
Ladder supports, cleats, etc. (note 2)	32 33 34		1 2 3	1.00 0.97 0.96	1.00 0.95 0.94	1.00 0.93 0.90	

NOTE 1 Factors are given for single layers of cables (or trefoil groups) as shown in the table and do not apply when cables are installed in more than one layer touching each other. Values for such installations may be significantly lower and must be determined by an appropriate method.

NOTE 2 Values are given for vertical spacings between trays of 300 mm. For closer spacing the factors should be reduced.

NOTE 3 Values are given for horizontal spacing between trays of 225 mm with trays mounted back to back and at least 20 mm between the tray and any wall. For closer spacing the factors should be reduced.

NOTE 4 For circuits having more than one cable in parallel per phase, each three phase set of conductors should be considered as a circuit for the purpose of this table.

۳-۱۱) سیم‌ها و اتصالات آن‌ها

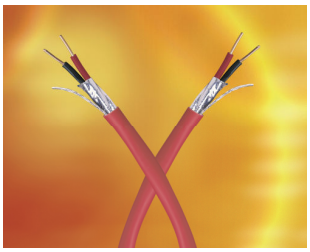
۳-۱۲) سیم‌های برق

عمده‌ترین سیم‌های عایق‌دار مورد استفاده در تاسیسات برقی و کارهای ساختمانی را می‌توان برابر استاندارد(*VDE*) به سه‌دسته‌ی کلی زیر تقسیم نمود:

۳-۱۲-۱) سیم‌های مفتولی

هادی این نوع سیم‌ها از مس استاندارد شده با پوششی از ماده‌ی پی.وی.سی است ولتاژ اسمی سیم، ۴۵۰/۷۵۰ ولت است و برای جریان‌های مختلف، با سطح مقطع‌های ۱/۵ تا $240mm^2$ ساخته می‌شود.

برای مصرف در تابلوها برق و تأسیساتی که به طور ثابت نصب می‌شوند در نقاطی خشک در داخل لوله، روی دیوار، داخل دیوار و خارج از آن با استفاده از مقره به کار می‌رود. استفاده از این سیم در داخل دیوار، به طور مستقیم، مجاز نیست(شکل ۳-۱۳).



شکل ۳-۱۳: سیم‌های مفتولی

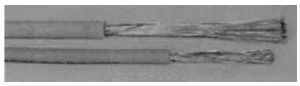
۳-۱۲-۲) سیم‌های نیمه‌افشان

ساختمان این سیم مشابه سیم‌های مفتولی است ولتاژ اسمی این سیم ۴۵۰/۷۵۰ ولت است و زمینه‌های کاربرد روی آن مشابه سیم‌های مفتولی است(شکل ۳-۱۴). فقط در مواردی که نیاز به انعطاف بیشتر نسبت به سیم‌های مفتولی است، از این سیم استفاده می‌شود.

شکل ۳-۱۴: سیم نیمه‌افشان

۳-۱۲-۳) سیم‌های افشان

ساختمان این نوع سیم مانند سیم‌های مفتولی و نیمه‌افشان است ولتاژ اسمی‌آن ۳۰۰/۵۰۰ ولت است. قابلیت انعطاف این سیم نسبت به سیم‌های نیمه‌افشان بیشتر است(شکل ۳-۱۵).



شکل ۳-۱۵: سیم افشان

۳-۱۳) هادی‌های مورد استفاده در سیم کشی

چون در مدارهای الکتریکی از انواع مختلف هادی‌ها استفاده می‌شود لازم است که اشکال و مشخصات الکتریکی متداول‌ترین آن‌ها را بشناسید و فرا گیرد. برای مقایسه‌ی مقدار مقاومت و اندازه‌ی فیزیکی یک هادی با هادی دیگر باید واحد استانداردی در دست باشد. برای اندازه‌گیری قطر یک سیم میلی متر و برای طول آن، متر، واحد مناسبی است. استاندارد سطح مقطع سیم‌ها به میلی متر مربع است و از آن برای شماره گذاری سیم‌های روکش‌دار استفاده می‌شود. مثلاً سیم شماره‌ی یک و نیم به معنی آن است که سطح مقطع سیم ۱/۵ میلی متر مربع است. سطح سیم‌های دایره‌ای بر حسب میلی متر مربع از رابطه‌ی:

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

به دست می‌آید که در فرمول فوق، A سطح مقطع و D قطر هادی آن است. اگر سیمی‌دارای قطری برابر ۱/۳۸۲ میلی متر باشد سطح مقطع آن ۱/۵ میلی متر است.

ساختمان سیم‌ها: سیم‌ها از دو قسمت هادی و عایق تشکیل شده‌اند هادی سیم‌ها عموماً مسی یا آلومینیومی است ولی از مس به دلیل داشتن حجم کم و هدایت بهتر(نسبت به دیگر فلزات) بیشتر استفاده می‌شود. عایق سیم‌ها از موادی پلاستیکی است که آن را به صورت لایه‌ای روی هادی روکش می‌کنند.

۳-۱۴) انواع سیم‌ها

معمولاً جنس هادی و عایق و نوع کاربرد کابل‌ها و سیم‌ها را با حروف مشخصی که روی روکش خارجی آن‌ها نوشته می‌شوند نشان می‌دهند به طوری که هر حرف معنی خاص خود را دارد. در جدول ۳-۵ جهت اطلاع تعدادی از این حروف آمده است.

جدول ۳-۵

موارد مصرف	حروف مشخصه
سیم تک لا با روش پلاستیک برای سیم‌کشی ساختمان	NYA
سیم افشان با روکش پلاستیک برای سیم‌کشی ساختمان	NYAF
سیم مخصوص با روکش پلاستیک برای سیم‌کشی ساختمان	NSYA
سیم مقاوم در مقابل رطوبت	NYM
سیم با روکش پلاستیک مخصوص برای روشنایی و لوازم خانگی	NYZ
سیم برای مصرف لوستر و چراغ‌ها	NYFA
سیم دو رشته‌ای برای مصرف روشنایی (دولا)	NYFAZ
سیم مکالمه و خبری	Y
سیم کواکسیال	T

در جدول ۳-۵ هریک از حروف مفهوم به خصوصی دارند مثلاً N علامت سیم مسی است که طبق استاندارد VDE آلمان ساخته شده باشد. Y به معنی عایق پروتو دور($P.\ V.\ C$) هر رشته است. S و Z علامت سیم‌های مخصوص، F علامت سیم‌های نرم، A برای سیم کشی داخل لوله‌ها و M به مفهوم سیم‌های مقاوم در مقابل رطوبت است. در ادمه چند نوع از سیم‌ها که در سیم کشی مورد استفاده‌ی بیشتری دارند به همراه موارد استفاده و جداول مشخصات آن‌ها، معرفی می‌شوند.

۳-۱۴-۱) سیم(NYA)

- مورد مصرف: نصب بدون حرکت در محل‌های خشک و در داخل لوله‌ی پی‌وی‌سی و فولادی.
- تذکر: استفاده‌ی این نوع سیم در زیر گچ مجاز نیست.
- ساختمان: سیم مسی نرم با روکش پلاستیک به رنگ‌های سبز، زرد، سیاه، آبی و قهوه‌ای است(جدول ۳-۶).

جدول ۳-۶: مشخصات سیم NYA

سطح مقطع (میلی‌متر مربع)	قطر مس هادی (میلی‌متر)	ضخامت عایق (میلی‌متر)	قطر خارجی سیم (میلی‌متر)	جرم خالص (کیلوگرم / کیلومتر)
۰/۷۵	۱×۰/۹۸	۰/۶	۲/۲	۹
۱	۱×۱/۱۳	۰/۶	۲/۳	۱۴
۱/۵	۱×۱/۳۸	۰/۶	۲/۶	۱۹
۲/۵	۱×۱/۷۸	۰/۷	۳/۲	۳۱
۴	۱×۲/۲۵	۰/۸	۳/۹	۴۸
۶	۱×۲/۷۶	۰/۸	۴/۴	۶۸
۱۰	۱×۳/۵۵	۱/۰	۵/۶	۱۱۰

۳-۱۴-۲) سیم($NYAF$)

- مورد مصرف: نصب بدون حرکت در محل‌های خشک داخل لوله‌ی پی‌وی‌سی یا فولاد.
- تذکر: استفاده‌ی این نوع سیم در زیر گچ مجاز نیست.

- ساختمان: رشته‌های نازک سیم مسی به هم تاییده شده یا روکش پلاستیک به رنگ‌های سبز، زرد، سیاه، آبی، سبز و بنفش است(جدول ۳-۷).

جدول ۳-۷: مشخصات سیم *NYAF*

سطح مقطع (میلی‌متر مربع)	قطر مس هادی (میلی‌متر)	ضخامت عایق (میلی‌متر)	قطر خارجی سیم (میلی‌متر)	جرم خالص (کیلوگرم / کیلومتر)
۰/۷۵	۲۴×۰/۲۰	۰/۶	۲/۴	۱۲
۱	۳۲×۰/۲۰	۰/۶	۲/۵	۱۵
۱/۵	۳۰×۰/۲۵	۰/۶	۲/۸	۲۰
۲/۵	۵۰×۰/۲۵	۰/۷	۳/۶	۳۲
۴	۵۶×۰/۳۰	۰/۸	۴/۳	۴۹
۶	۸۴×۰/۵۰	۰/۸	۵/۷	۷۵
۱۰	۸۰×۰/۴۰	۱/۰	۷/۴	۱۲۰

۳-۱۴-۳) سیم(*NYM*)

- مورد مصرف: نصب ثابت در محل‌های خشک یا مرطوب یا زیر گنچ بدون لوله یا روی مقره(مثلاً کولر)
- ساختمان: سیم‌های مسی یک لایه با عایق پی وی سی، که چند نمونه‌ی آن با هم در یک کلاف روکش پی‌وی‌سی شده است. رنگ کلاف سیاه یا خاکستری یا سفید و رنگ روکش سیم‌های داخل سیاه، قهوه‌ای و آبی است(جدول ۳-۸).

جدول ۳-۸

سطح مقطع (میلی متر مربع)	قطر مس هادی (میلی متر)	ضخامت عایق (میلی متر)	قطر خارجی (میلی متر)	جرم خالص (کیلو گرم/کیلو متر)
۱×۱/۵	۱×۱/۳۸	۰/۶	۶/۲	۴۵
۱×۲/۵	۱×۱/۷۸	۰/۷	۶/۸	۶۰
۱×۴	۱×۲/۲۵	۰/۸	۷/۶	۸۰
۱×۶	۱×۲/۷۶	۰/۸	۸/۲	۱۰۰
۲×۱/۵	۱×۱/۳۸	۰/۶	۸/۸	۱۲۴
۲×۲/۵	۱×۱/۷۸	۰/۷	۱۰/۰	۱۶۹
۲×۴	۱×۲/۲۵	۰/۸	۱۲/۵	۲۲۰
۲×۶	۱×۲/۷۶	۰/۸	۱۳/۵	۲۸۰
۲×۱۰	۱×۳/۵۵	۱/۰	۱۷/۰	۴۶۰
۳×۱/۵	۱×۱/۳۸	۰/۶	۲/۹	۱۴۳
۳×۲/۵	۱×۱/۷۸	۰/۷	۱۰/۵	۱۹۹
۳×۴	۱×۲/۲۵	۰/۸	۱۳/۰	۲۶۰
۳×۶	۱×۱/۷۶	۰/۸	۱۵/۰	۳۶۰
۳×۱۰	۱×۳/۵۵	۱/۰	۱۸/۰	۵۷۰
۴×۱/۵	۱×۱/۳۸	۰/۶	۹/۸	۱۷۰
۴×۲/۵	۱×۱/۷۸	۰/۷	۱۱/۳	۲۴۰
۴×۴	۱×۲/۲۵	۰/۸	۱۳/۴	۳۵۰
۴×۶	۱×۲/۷۶	۰/۸	۱۵۰/۰	۴۵۰
۴×۱۰	۱×۳/۵۵	۱/۰	۱۸/۰	۷۰۰

۳-۱۴-۴) سیم(*NYFA*)

- مورد مصرف: نصب ثابت در داخل لوله‌ی پی‌وی‌سی و فولادی(برای اشیای قابل حمل استفاده نمی‌شود).
- ساختمان: سیم‌های نازک مسی به هم تابیده با مواد پی‌وی‌سی عایق شده است و به رنگ‌های سبز و زرد، سیاه، آبی، قهوه ای، زرد، سبز، بنفش و سفید وجود دارد.

جدول ۳-۹: مشخصات سیم *NYFA*

سطح مقطع (میلی متر مربع)	قطر مس هادی (میلی متر)	ضخامت عایق (میلی متر)	قطر خارجی (میلی متر)	جرم خالص (کیلو گرم/کیلو متر)
۱×۰/۷۵	۱×۰/۹۸	۰/۶	۲/۲	۱۱
۱×۰/۷۵	۲۴×۰/۲۰	۰/۶	۲/۴	۱۱

۳-۱۴-۵) سیم(*NYFAZ*)

- مورد مصرف: نصب ثابت برای مصرف روشنایی(برای وسایل قابل حمل مجاز نیست).
- ساختمان: سیم‌های نازک مسی پس از این که به هم تابیده شد، به طور موازی با هم عایق بندی می‌شوند این سیم به رنگ‌های سیاه، سفید و قهوه‌ای است(جدول ۳-۱۰).

جدول ۳-۱۰: مشخصات سیم *NYFAZ*

سطح مقطع (میلی متر مربع)	قطر مس هادی (میلی متر)	ضخامت عایق (میلی متر)	قطر خارجی (میلی متر)	جرم خالص (کیلو گرم/کیلو متر)
۲×۰/۷۵	۲۴×۰/۲۰	۰/۶	۲/۶×۵/۵	۲۵
۳×۰/۷۵	۲۴×۰/۲۰	۰/۶	۲/۶×۷/۵	۳۸

۳-۱۴-۶) سیم(*Y*)

- مورد مصرف: نصب ثابت در داخل لوله‌ی پی‌وی‌سی و فولادی برای مصرف زنگ اخبار، تلفن وسایر دستگاه‌های علامت دهنده.
- ساختمان: سیم‌ها روکش شده با مواد پی‌وی‌سی و دو یا سه و یا چهار رشته‌ی به هم تابیده و تک رشته اغلب تک رشته‌ها در رنگ‌های استاندارد و در کلاف‌های صد متری در بازار موجود است(جدول ۶-۱۱).

جدول ۳-۱۱: مشخصات سیم(Y)

سطح مقطع (میلی متر مربع)	ضخامت عایق (میلی متر)	قطر خارجی (میلی متر)	جرم خالص (کیلو گرم/کیلو متر)
۱×۰/۶	۰/۴	۱/۴	۴/۵
۲×۰/۶	۰/۴	۱/۴	۹/۳
۳×۰/۶	۰/۴	۱/۴	۱۴/۰
۴×۰/۶	۰/۲	۱/۴	۱۸/۵

۳-۱۴-۷) کابل کواکسیال

- مورد مصرف: برای سیم‌های آنتن تلویزیون و رابط دستگاه‌های صوتی و تصویری.
- ساختمان: یک کابل دو سیمه است که از یک رشته سیم داخلی(درمرکز کابل) یا عایق مخصوص(معمولاً پی وی سی) و یک سیم خارجی(بافته شده بر روی عایق سیم مرکزی) درست شده است. بدین ترتیب سیم داخل در مقابل پازاریت‌های خارجی محافظت می‌شود. سیم داخلی به عنوان سیم اصلی و سیم خارجی معمولاً به بدنه‌ی دستگاه مورد نظر وصل می‌شود(شکل ۳-۱۶).

شکل ۳-۱۶: شکل ظاهری چند نمونه ازکابل‌های کواکسیال

۳-۱۵) انتخاب سیم(مسی و آلومینیومی)

برای انتخاب سیم باید مقدار جریان عبوری از سیم را در نظر گرفت و برای تعیین سطح مقطع سیم با توجه به محل عبور سیم و مقدار جریان سیم را انتخاب کرد(جدول ۳-۱۲).

برای حفاظت از سیم‌ها در مقابل جریان‌های بیشتر از حد مجاز، از فیوز استفاده می‌شود جریان مجاز فیوزها نسبت به جریان مجاز سیم‌ها نیز در جدول ۳-۱۲ مشخص شده است.

جدول ۳-۱۲

جریان فیوز		جریان مجاز سیم(A)		سطح مقطع سیم (میلی متر مربع)
آلومینیومی	مسی	آلومینیومی	مسی	
–	۱۰	–	۱۰	۰/۷۵
–	۱۰	–	۱۲	۱
–	۱۶	–	۱۶	۱/۵
۱۵	۲۰	۱۶	۲۱	۲/۵
۲۰	۲۵	۲۱	۲۷	۴
۲۵	۳۵	۲۷	۳۵	۶
۳۵	۵۰	۳۸	۴۸	۱۰

۳-۱۶) اتصالات سیم‌ها

منظور از اتصالات سیم‌ها به هم بستن هادی‌ها می‌باشد صحت اتصالات بسیار حائز اهمیت است زیرا یک مدار الکتریکی وقتی خوب کار می‌کند که اتصالات معیوب نداشته باشد. اتصال باید از نظر مکانیکی محکم و از نظر الکتریکی هادی خوب باشند نمونه‌ای از تقسیم‌بندی این اتصالات به صورت شکل ۳-۱۷ می‌باشد.

شکل ۳-۱۷: تقسیم‌بندی اتصالات سیم‌ها

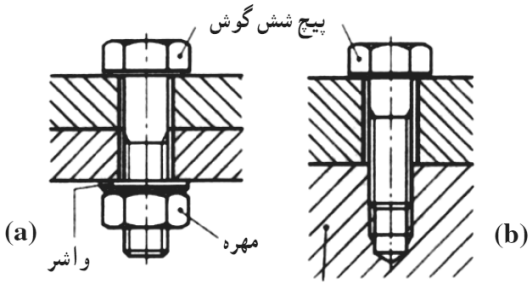
- اتصالات لحیمی: اتصالات لحیمی خود به سه صورت کلی زیر به کار می‌روند.

۳-۱۶-۱) اتصالات پیچ و مهره‌ای

انواع اتصالات پیچی

انواع این نوع اتصالات عبارتند از اتصالات پیچی با پیچ و مهره و اتصالات پیچی با رزوه‌های داخلی در اتصالات پیچی با پیچ و مهره بخش‌هایی مانند ریل‌ها(شین‌ها) با سوراخ سرتاسری به یکدیگر متصل می‌شوند(پیچ عبوری شکل ۳-۱۸-a).

- پیچ و مهره دو بخش را به یکدیگر متصل می‌کند.
- واشرها از آسیب رساندن مهره یا سر پیچ به قطعه، در هنگام کشش جلوگیری می‌کند.



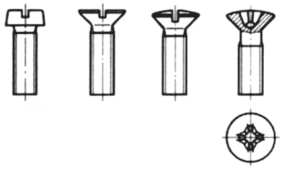
a) ــ پیچ سرتاسری ، b) ــ پیچ کلگی

شکل ۳-۱۸: اتصالات پیچی

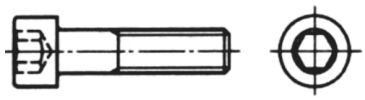
اتصالات پیچی با مهره داخلی(شکل ۳-۱۸-*b*) در کلیدها و پریزها و المان‌های حفاظتی به کار می‌روند. قسمتی دارای سوراخ کاری میانی و قسمت دیگر دارای پیچ است مثلاً اتصال می‌تواند با یک پیچ کلگی برای محکم کردن درپوش ترمینال برقرار گردد.

پیچ‌ها، مهره‌ها ونگهدارنده‌های پیچ

در برق صنعتی اغلب از پیچ دو سو(شکل ۳-۱۹) چهار سو، شش گوش و پیچ‌های سرآلن(شکل ۳-۲۰) استفاده می‌شود.

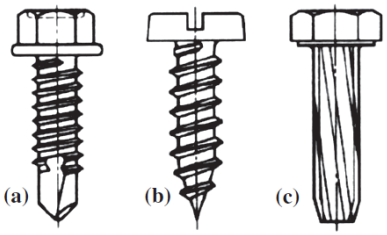


شکل ۳-۱۹: پیچ‌های شیاردار



شکل ۳-۲۰:پیچ سر آلن

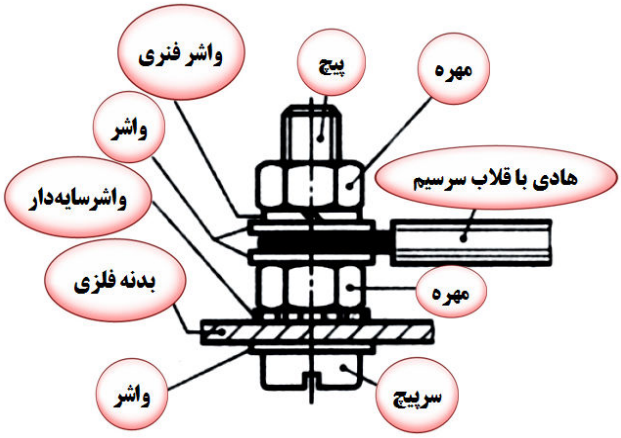
برای محکم کردن بست‌های پیچی و فاصله اندازها بر روی صفحه با قطعات فلزتر ترجیحاً از پیچ برش قلاویز(شکل ۳-۲۱-*a*) پیچ خودرو(شکل ۳-۲۱-*b*) یا پیچ مته‌ای با رزوه‌های پیچ خودرو(شکل ۳-۲۱-*b*) استفاده می‌شود.



a) ــ پیچ برش ـ قلاویز ، b) ــ پیچ خودرو ، c) ــ پیچ مته‌ای یا رزوه‌های پیچ خودرو

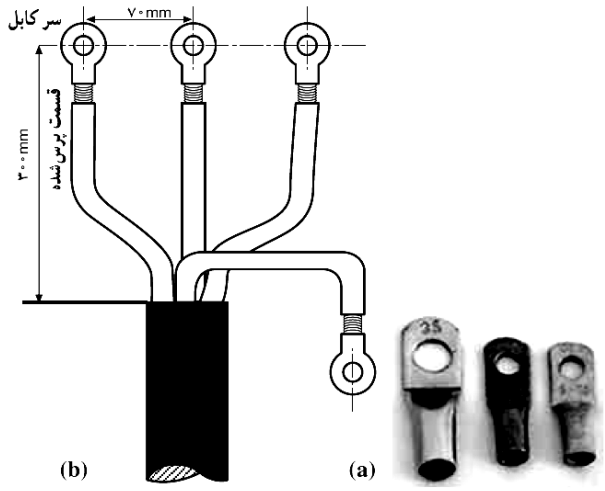
شکل ۳-۲۱: انواع پیچ‌های خودرو

مهره‌ها وظیفه انتقال نیروی کششی ایجاد شده در پیچ به قطعه را دارند. در برق صنعتی اغلب از مهره‌های شش گوش استفاده می‌شود. اتصالات پیچ همواره باید طبق مقررات همراه با واشر و المان‌های ایمنی باشند. در اتصال پیچی هادی محافظ(شکل ۳-۲۲) باید دقت خاصی صورت گیرد.



شکل ۳-۲۲: اتصال هادی محافظ به بدنه

برای اتصال سیم‌های با قطر زیاد(مانند کابل) به شین‌ها از سر کابل(کابلشو) استفاده می‌شود(شکل ۳-۲۳). نحوه عملکرد بدین صورت است که ابتدا باید کابل با سیم با قطر زیاد را لخت کرد و سپس به اندازه مناسب در داخل سر کابل(کابلشو) قرار داد و در نهایت با دستگاه مخصوص انتهای کابلشو را پرس کرد.

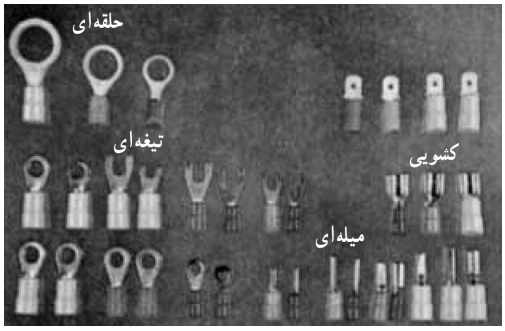


شکل ۳-۲۳: سیم در کابلشو

۳-۱۶-۲) اتصالات فیشی(سر سیمی)

برای قرار دادن سیم‌های رشته‌ای زیر پیچ باید از سر سیم‌های فیشی استفاده کرد. برای اتصالات جداشدنی سیم‌ها، از فیش یا سرسیم‌های مخصوص استفاده می‌کنند. سرسیم‌ها، با توجه به سطح مقطع سیم، در اندازه‌های مختلف ساخته می‌شوند و یا لحیم کاری یا توسط دستگاه پرس مخصوص، به‌هادی محکم می‌شوند. همانطور که در شکل ۳-۲۴ مشاهده می‌شود تعدادی از اتصالات سر سیمی‌نشان داده شده است.

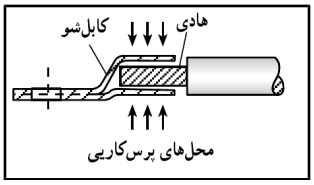
این فیش‌ها(سر سیم‌ها) دارای انواع مختلف حلقه‌ای، تیغه‌ای، کشویی و میله‌ای هستند که هر یک از آن‌ها در زمینه‌های خاصی کاربرد دارند.



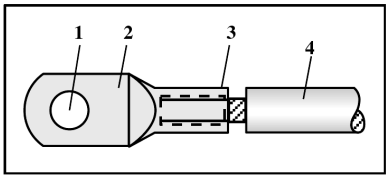
شکل ۳-۲۴: انواع سرسیم

اتصال‌ها و بست‌های انتهایی که در آن‌ها لحیم به کار برده نمی‌شوند ولی با فشار محکم به هادی متصل می‌گردند تماس الکتریکی کافی برقرار کرده، استحکام مکانیکی این اتصالات نیز مناسب و درحد مطلوب است به علاوه اتصال دهنده‌های بدون لحیم از لحاظ نصب ساده‌ترند زیرا درآن‌ها مسایل مربوط به لحیم کاری مانند سرد شدن لحیم، سوختن عایق و غیره در آن مطرح نیست. کابل شوها را در انواع مختلف پرسی، لحیمی، پیچی و منگنه‌ای می‌سازند. برای به دست آوردن اتصال صدرصد و قابل اطمینان اغلب کابل‌شوها را به‌هادی‌های کابل، لحیم یا پرس می‌کنند(شکل ۳-۲۵).

شکل ۳-۲۵: چند نمونه سرسیم



شکل ۳-۲۶: نمای داخلی یک سرسیم



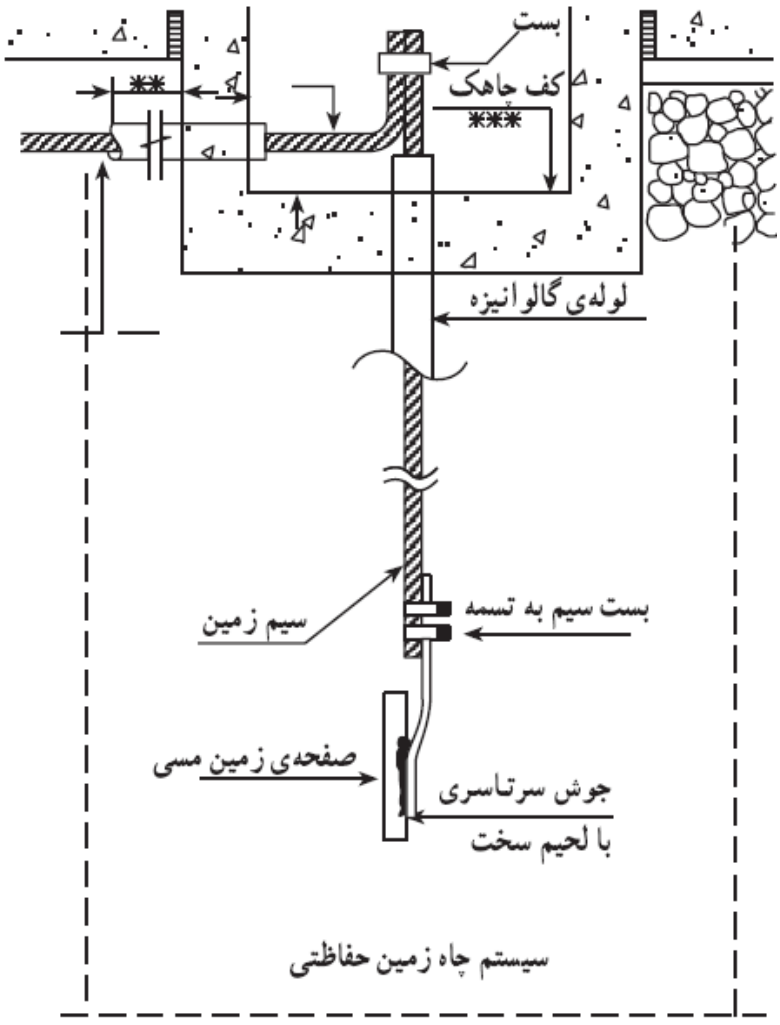
شکل ۳-۲۷: اجزای یک سرسیم

مفهوم اعداد روی شکل ۳-۲۷ عبارت است از:

- ۱- سوراخ کابل شو(محل قرار گرفتن پیچ)
- ۲- قسمت پهن کابل شو
- ۳- سوکت(محل قرار گرفتن سیم)

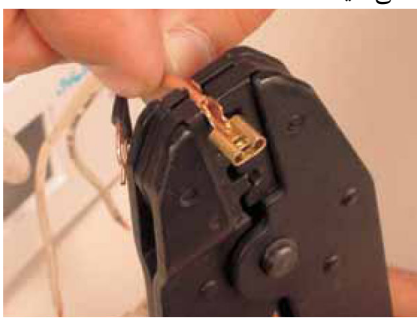
➢ ۴- عایق سیم

توجه شود که برای اتصال کابل‌های افشان(از مقطع یک میلی متر مربع به بالا و کابل‌های مفتولی از ۱۰میلی متر مربع به بالا) باید از کابل شو استفاده شود. کابل‌های مفتولی به مقطع ۶ میلیمتر مربع و کمتر را می‌توان مستقیماً با ایجاد سوکتی به دستگاه مربوطه متصل نمود. در مواردی برای اتصال‌هادی‌ها به یکدیگر از لحیم سخت استفاده می‌شود. لحیم کاری سخت نوعی اتصال جدا نشدنی است این نوع لحیم کاری با لحیم کاری نرم تفاوت دارد، به طوری که به جای قلع از الکترود برنجی، به جای روغن از روان ساز پودری و به عنوان وسیله‌ی حرارتی از سرپیک‌های جوش کاری استفاده می‌شود. گاهی به این نوع لحیم‌ها جوش برنج گفته می‌شود شکل ۳-۲۸ اتصال سیم زمین به صفحه‌ی مسی را که به وسیله‌ی لحیم کاری سخت صورت می‌گیرد نشان می‌دهد.



شکل ۳-۲۸: لحیم کاری سخت

وسیله‌ای که برای پرس کردن سر سیم‌ها استفاده می‌شود یک نوع انبر خاصی است که تصویر یک نمونه از آن را در شکل ۳-۲۹ مشاهده می‌کنید.

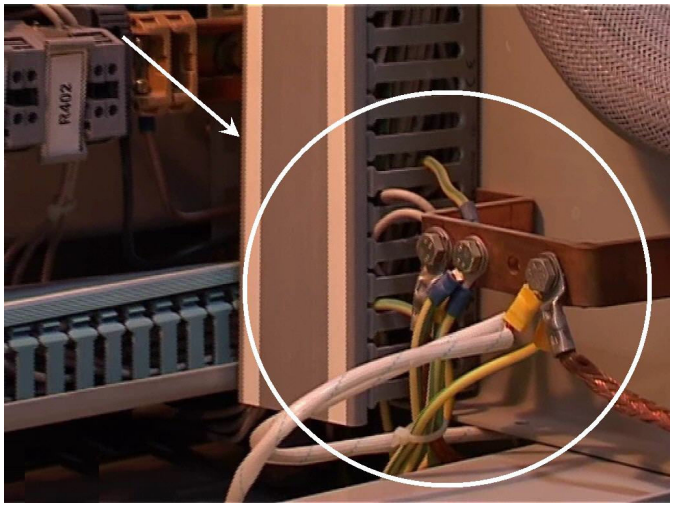


شکل ۳-۲۹: نوعی انبر برای پرس کردن سر سیم‌ها

شکل ۳-۳۰ تصویر چند نمونه سر سیم‌های فیشی که به سیم‌ها متصل شده‌اند را نشان می‌دهد.

شکل ۳-۳۰: چند نمونه سر سیم‌های فیشی

۳-۱۷) آشنایی با روش‌های اندازه‌گیری مقاومت اتصالات و نحوه تشخیص عیب



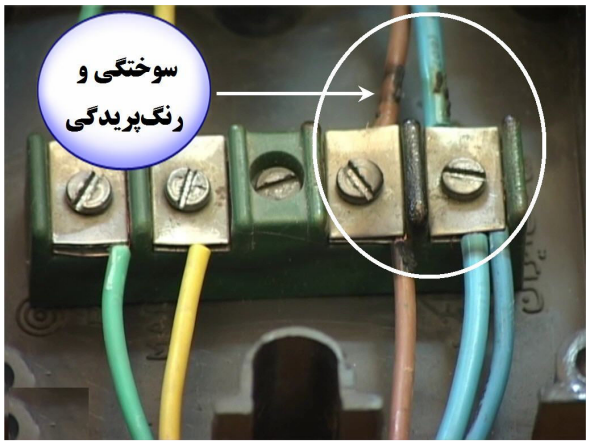
شکل ۳-۳۱: مقاومت اتصالات

محل‌هایی که دو یا چند سیم یا کابل به هم متصل شده‌اند، همواره دارای مقاومتی بیشتر از خود کابل یا سیم هستند و در نتیجه در مواردی که این مقاومت از حد مشخصی بیشتر باشد می‌تواند باعث افزایش تلفات،

گرم شدن محل اتصال و نیز بروز نشانه‌های سوختگی در محل شود. بالا بودن مقاومت اتصالات همچنین می‌تواند باعث افت ولتاژ در محل اتصال شده و در نتیجه ولتاژ اعمالی به مصرف کننده کمتر از میزان مورد نظر باشد. این امر می‌تواند برای بسیاری از مصرف کننده‌ها نامطلوب باشد. همچنین در مواقعی که مصرف کننده از طریق دو یا چند کابل موازی تغذیه می‌شود، بالا بودن مقاومت اتصالات در یک مسیر، باعث کاهش جریان در آن مسیر و درنتیجه افزایش جریان در مسیرهای دیگر شود که این افزایش جریان ممکن است باعث آسیب رسیدن به کابل شود.

شکل ۳-۳۲: تغذیه مصرف کننده از طریق دو یا چند کابل موازی

بروز نشانه‌های سوختگی، رنگ پریدگی و نیز سیاه شدگی یکی از بارزترین دلائل بالا بودن مقاومت اتصالات است و از این رو چک‌های ظاهری از مؤثرترین روش های عیب‌یابی در این موارد هستند. افت ولتاژ مصرف کننده، برابر نبودن جریان کابل‌های موازی و نیز گرم شدن و بالا رفتن دمای کابل‌ها می‌تواند از نشانه‌های دیگر افزایش مقاومت اتصالات باشد.



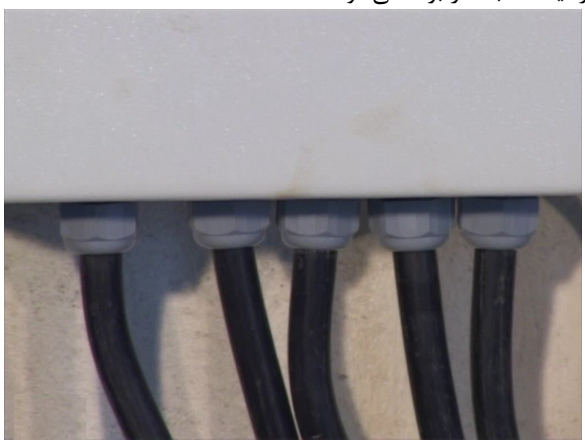
شکل ۳-۳۳: علائم وجود عیب در سیم

برای اندازه‌گیری مقاومت اتصالات، در شرایطی که بتوان کابل‌های متصل شده را از دو طرف دیگر باز کرد، می‌توان با استفاده از اهم متر مقاومت اتصال را اندازه گرفت. در غیر این صورت، با استفاده از ولت‌متر و با اندازه‌گیری میزان افت ولتاژ روی اتصال، می‌توان بالا بودن مقاومت اتصال را تشخیص داد. همچنین با تقسیم میزان این افت ولتاژ بر جریان عبوری از کابل، اندازه مقاومت اتصال به دست می‌آید. از مهم ترین دلایل بالا رفتن مقاومت اتصالات، شل بودن و به اصطلاح *Loose* بودن آن‌هاست. به همین دلیل آچارکشی

منظم و دوره‌ای اتصالات از رایج ترین روش‌های مقابله با این عیب می‌باشد. سطوح تماس ناهموار و نیز زنگ‌زدگی و خوردگی آن‌ها نیز از دیگر دلائل بالا رفتن مقاومت اتصالات است که این عیب را می‌توان با سمباده زدن و یا تعویض سطوح تماس برطرف کرد. همچنین استفاده از جعبه اتصال، استفاده از گلند برای اتصال کابل به جعبه اتصال و نیز پوشیده نگه داشتن اتصالات در محیط‌های مرطوب و شیمیایی می‌تواند تأثیر به سزایی در جلوگیری از افزایش مقاومت آنها داشته باشد.

۳-۱۸) آشنایی با انواع گلندها

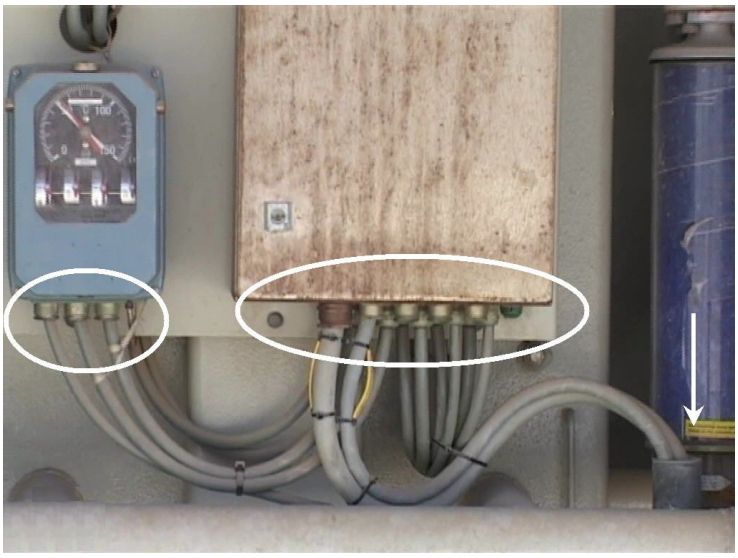
گلندها برای اتصال کابل‌ها به جعبه اتصال‌ها، تابلوها، ترمینال باکس موتورها و ... کاربرد داشته و معمولا وظیفه نگه داشتن کابل، آب‌بندی، جلوگیری از نفوذ گرد و خاک، مواد شیمیایی به داخل کابل و نیز محل اتصال را دارا می‌باشند. این تجهیزات از جنس‌های مختلفی ساخته می‌شوند که معمول‌ترین آن‌ها *PVC*، برنج و *Stainless steel*[1] است. انواع پلاستیکی یا *PVC*، آن برای اتصال کابل‌های کنترل و نیز کابل‌های قدرت کوچک که دارای آرمر نیستند به کار برده می‌شوند.



شکل ۳-۳۴: گلند نوع پلاستیکی یا *PVC*

[1] فولاد مقاوم در برابر خوردگی

انواع فلزی آن، معمولا برای اتصال کابل‌های قدرت بزرگ و به خصوص آن‌هایی که دارای آرمر هستند به کار برده می‌شوند. این گلندها معمولا به گونه‌ای طراحی شده‌اند که می‌توانند آرمر کابل را به خوبی به زمین متصل کنند.



شکل ۳-۳۵: گلند نوع فلزی

انواع برنجی آن دارای قیمت کمتری نسبت به انواع *Steel* آن هستند ولی مقاومت آن‌ها در برابر مواد شیمیایی کمتر بوده و از این رو در محل‌هایی که مواد شیمیایی خورنده وجود دارد باید از انواع استیل گلندها استفاده کرد. گلندها در اندازه‌های مختلفی ساخته می‌شوند که این اندازه متناسب با قطر داخلی گلند بوده و بر روی آن ذکر می‌شود. اندازه یک گلند با اندازه مربوط به کابل‌ها متفاوت بوده و درواقع برای انتخاب یک گلند باید قطر خارجی کابل را در نظر گرفت. معمولا جداولی وجود دارد که از روی آنها می‌توان تشخیص داد که برای یک کابل مشخص چه گلندی مناسب است. نمونه‌ای از این جداول در زیر نشان داده شده است. به عنوان مثال برای کابل نوع NYY با اندازه ۴*۱۰ گلند برنجی با اندازه *21* مناسب است.

کابل NYY	قطر خارجی	اندازه گلند برنجی	کابل NYY	قطر خارجی	اندازه گلند برنجی
2 × 1.5	11	Pg 11 -, 16	4 × 4	16	Pg 21
2 × 2.5	13	Pg 13.5 - 16	4 × 6	17	Pg 21
2 × 4	14	Pg 16 - 21	4 × 10	19	Pg 21
2 × 6	15	Pg 16 - 21	4 × 16	22	Pg 29 - 36
3 × 1.5	12	Pg 13.5 - 16	5 × 1.5	13	Pg 13.5 - 16
3 × 2.5	13	Pg 13.5 - 16	5 × 2.5	14	Pg 16 - 21
3 × 4	15	Pg 16 - 21	5 × 4	16	Pg 21
3 × 6	16	Pg 21	5 × 6	18	Pg 21
3 × 25 + 16	26	Pg 29 - 36	5 × 10	21	Pg 29 - 36
3 × 35 + 16	26	Pg 29 - 36	5 × 16	24	Pg 29 - 36
3 × 50 + 25	30	Pg 36	7 × 1.5	14	Pg 16 - 21
3 × 70 + 35	31	Pg 36	7 × 2.5	15	Pg 16 - 21
3 × 95 + 50	36	Pg 42	10 × 1.5	17	Pg 21
3 × 120 + 70	39	Pg 48	10 × 2.5	19	Pg 21
4 × 1.5	13	Pg 13.5 - 16	19 × 1.5	20	Pg 21 - 36
4 × 2.5	14	Pg 16 - 21	19 × 2.5	23	Pg 29 - 36

گلندها نیز مانند سایر تجهیزات به انواع عادی وضد انفجار تقسیم می‌شوند که خاصیت ضدانفجار آن‌ها بر روی گلند توسط علائم خاصی ذکر می‌شود. در استفاده از گلندها در محیط‌های قابل انفجار باید به این مشخصه گلند توجه کرد. همچنین در بسیاری از موارد پس از نصب گلند، برای آب بندی و *Seal* شدن بهتر از چسب‌های سیلیکون بر روی گلند استفاده می‌شود.

۴) فصل چهارم: حفاظت الکتریکی

۴

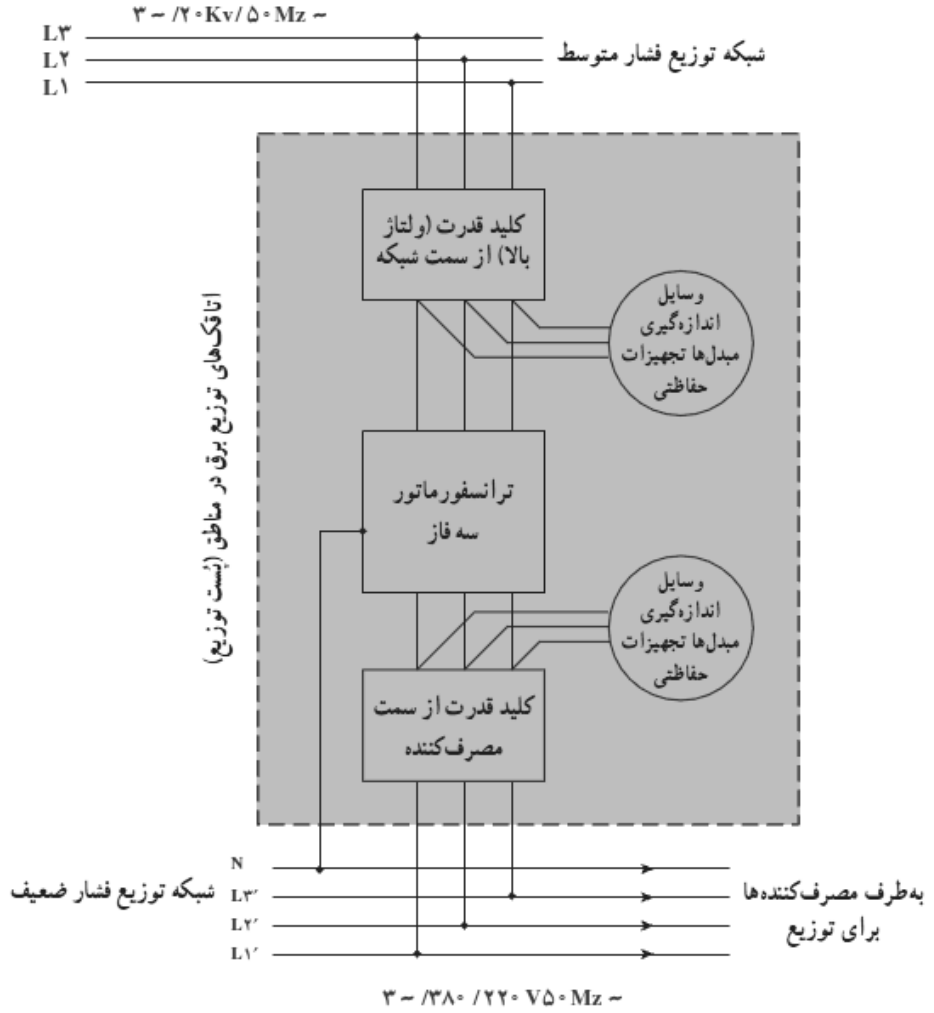
اهداف فصل:

- ☑ **حفاظت الکتریکی**
- ☑ **اتصال زمین الکتریکی**
- ☑ **ولتاژ تماس**
- ☑ **عبور جریان از زمین**
- ☑ **ولتاژ گام**
- ☑ **حفاظت توسط سیم زمین**
- ☑ **اتصال زمین لوله‌ای(میله ای)**
- ☑ **اتصال زمین نواری یا سیمی**
- ☑ **اتصال زمین صفحه‌ای**
- ☑ **سیستم حفاظت نول**

۴-۱) حفاظت الکتریکی

۴-۲) اتصال زمین الکتریکی

ولتاژ ۲۰ کیلو ولت شبکه‌های توزیع سه فاز، توسط ترانسفورماتور به ولتاژ ۲۰۰ ولت بین دو فاز و ۱۳۱ ولت بین فاز و نول کاسته شده و در اختیار مصرف کننده‌ها قرار می‌گیرد(از به هم وصل شدن یک سر سیم پیچ ثانویه ترانسفورماتور نقطه مرکزی N با نول به وجود می‌آید). در این نوع ترانسفورماتورها نقطه‌ی مرکزی(N) به زمین وصل می‌شود. شکل ۴-۱ شبکه‌ی سه فاز توزیع و اتصال نقطه‌ی مرکزی ترانسفورماتور به زمین را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۱: شبکه توزیع و ترانسفورماتور محلی و چگونگی اتصال نقطه‌ی نول

اتصال یک قسمت از شبکه‌ی الکتریکی، مستقیماً یا توسط امپدانس را با زمین «اتصال زمین الکتریکی» می‌نامند.

۴-۳) ولتاژ تماس

در صورت اتصال یک فاز به بدنه‌ی فلزی دستگاه اختلاف پتانسیل بین بدنه و زمین به وجود می‌آید حال اگر شخصی بدنه‌ی دستگاه را لمس کند مدار بسته‌ای شامل سیم فاز، بدن شخص، زمین و اتصال بین زمین و نقطه‌ی مرکزی ترانسفورماتور تشکیل می‌شود. جریان به وجود آمده در این مدار، از بدن شخص عبور می‌کند و چنانچه مقدار این جریان از ۰/۰۵ آمپر بیشتر شود، خطرناک خواهد بود و ممکن است سبب برق گرفتگی و مرگ آن شخص شود.

شکل ۴-۲ مسیر عبور جریان از بدن شخص برق گرفته را نشان می‌دهد.

شکل ۴-۲: مسیر عبور جریان برق از بدن شخص برق گرفته

- هرچه مقدار جریان عبور بدن زیادتر شود خطر مرگ از برق گرفتگی بیشتر می‌شود.
- ولتاژ تماس عبارت است از اختلاف پتانسیلی که در بدن شخص در هنگام برق گرفتگی ایجاد می‌شود و آن را با U_B نشان می‌دهند و مقدار آن از طریق رابطه‌ی زیر قابل محاسبه است:

$$U_B = R_B \times I_B$$

- مقاومت بدن انسان: R_B
- حداقل جریان خطرناک: I_B

از آن جا که حداقل مقاومت بدن ۱۳۰۰ اهم و حداقل جریان خطرناک ۰/۰۵ آمپر است، می‌توان گفت حداقل ولتاژ تماس خطرناک برابر است با:

$$U_B = R_B I_B = 1300 \times 0/05 = 65V$$

ولتاژ بیش از ۶۵ ولت برای انسان خطرناک می‌باشد.

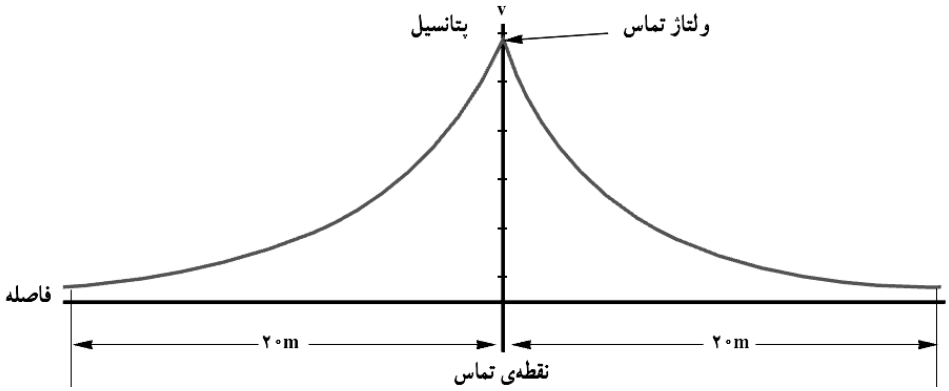
۴-۴) عبور جریان از زمین

کره‌ی زمین متشکل از عناصر و ترکیبات گوناگون به خصوص نمک‌های مختلف و رطوبت است. حجم کره‌ی زمین بسیار زیاد و بار الکتریکی آن خنثی است هرچه از سطح زمین به طرف عمق آن بر روی پوسته‌ی زمین پیش می‌رویم به دلیل افزایش رطوبت، مقاومت زمین کمتر و درنتیجه هادی‌تر می‌شود. چنانچه به هر علت یک فاز با زمین ارتباط بر قرار کند(مستقیماً و یا توسط شخص)، جریان الکتریکی در

زمین برقرار می‌شود. اگر سیم فاز مستقیماً به زمین وصل شود با توجه به کم شدن مقاومت مدار شدت جریان بیشتری در زمین جاری می‌شود.

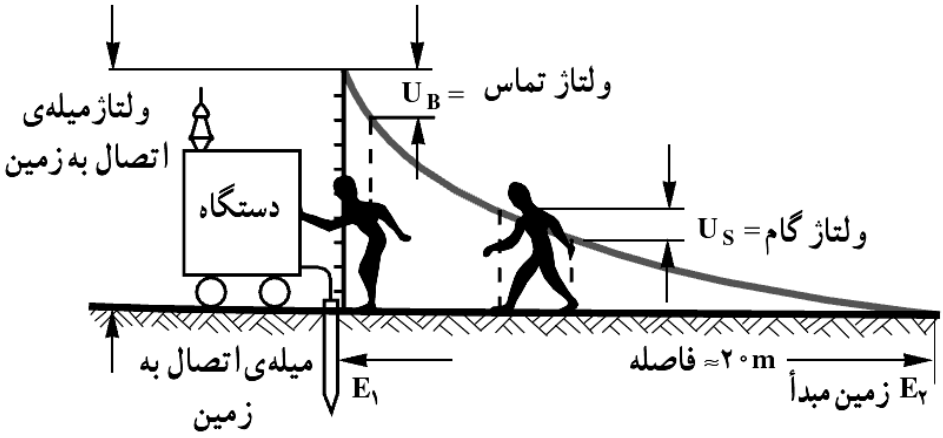
۴-۵) ولتاژ گام

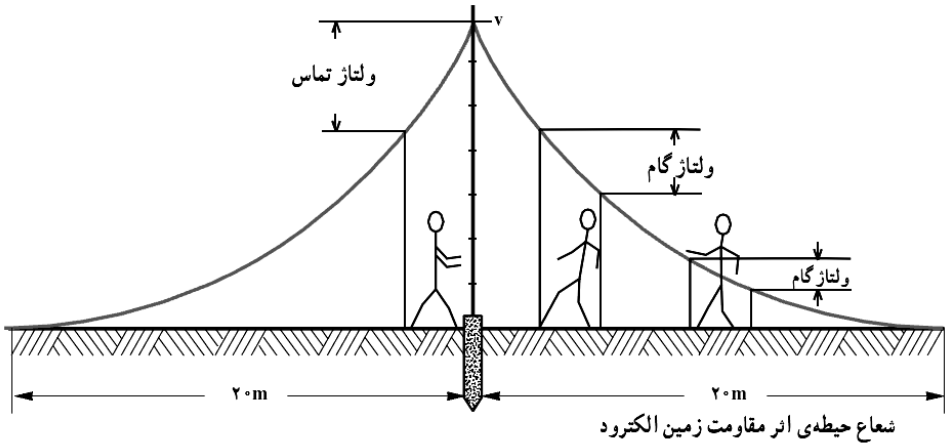
نقطه‌ای که سیم فاز با زمین ارتباط برقرار می‌کند دارای بیش‌ترین پتانسیل الکتریکی است و هر چه از آن نقطه(درجهات مختلف) دور شویم افت پتانسیل بیشتر و در نتیجه پتانسیل الکتریکی کمتر می‌شود(شکل ۴-۳).



شکل ۴-۳: نحوه توزیع پتانسیل الکتریکی در اطراف نقطه‌ی تماس سیم فاز با زمین

با توجه به شکل ۴-۳ هر چه از محل اتصال دور شویم پتانسیل الکتریکی کمتر می‌شود و در فاصله‌ی تقریباً ۲۰ متری به صفر می‌رسد. چنانچه شخصی در داخل دایره‌ی به مرکز نقطه‌ی اتصال سیم فاز به زمین به شعاع تقریباً ۲۰ متری ایستاده باشد، بین دو پای این شخص اختلاف پتانسیل $V = V_1 - V_2$ برقرار می‌شود که جریانی را در داخل بدن مشخص عبور می‌دهد این اختلاف پتانسیل را ولتاژ گام می‌نامند چنانچه ولتاژ گام از ۶۵ ولت تجاوز کند برای شخص خطر برق گرفتگی شدید ایجاد می‌شود شکل ۴-۴ ولتاژ گام و ولتاژ تماس را نشان می‌دهد.





شکل ۴-۴: ولتاژ گام و ولتاژ تماس

برخی مواقع بدون ارتباط شخص با سیم فاز شبکه‌ی الکتریکی، خطر برق گرفتگی ایجاد می‌شود به عنوان مثال، می‌توان از اصابت صاعقه به زمین نام برد. هنگام اصابت صاعقه به زمین مقدار بسیار زیادی بار الکتریکی در جهات مختلف و با سرعت بسیار زیاد در زمین جاری می‌شود و چنان که می‌دانیم حرکت بار همان جریان الکتریکی است در نتیجه محل وقوع صاعقه بیشترین پتانسیل را داراست و نقاط زمین، به تدریج که از محل وقوع صاعقه دور شویم در اثر افت پتانسیل(درزمین) دارای پتانسیل الکتریکی کمتری می‌شوند در این حالت چنانچه شخصی مستقیماً در محل اصابت صاعقه قرار گیرد، مرگ او حتمی‌خواهد بود و چنانچه در دایره‌ی خطر محل اصابت صاعقه قرار گیرد، ولتاژ گام به وی اعمال می‌شود. حال با توجه مطالب ذکر شده به شرح سیستم‌های متداولی که انسان را در مقابل ولتاژهای بیش از ۶۵ ولت حفاظت می‌کند می‌پردازیم. تمامی دستگاه‌های برقی باید دارای سیستم ارت(سیم اتصال به زمین) باشند.

۴-۵-۱) حفاظت توسط سیم زمین

در این سیستم قسمت‌های فلزی وسایل الکتریکی که ارتباطی به شبکه‌ی تغذیه ندارند، توسط سیم به زمین اتصال می‌یابند. چنانچه به بدنه‌ی وسیله‌ی الکتریکی سیم دارای ولتاژ متصل نشده باشد پتانسیل بدنه‌ی این وسیله، با پتانسیل زمین برابر است اگر در اثر پیدا شدن عیب، سیم دارای ولتاژ(فاز) به بدنه وصل شود، جریانی از طریق زمین و سیم متصل به زمین و نقطه‌ی *MP* ترانسفورماتور و سیم فاز جاری می‌شود. مقدار این جریان باید به اندازه‌ای باشد که جریان خطا، کمتر از ۰/۵ ثانیه وسیله‌ی حفاظتی(مثلاً فیوز) را قطع کند این جریان را جریان قطع I_A می‌نامند و مقدار آن بستگی به جریان نامی‌فیوز، که در مسیر دستگاه قرار گرفته، دارد و برابر است با:

$$I_A = K.I_N$$

دراین رابطه I_N جریان نامی‌فیوز و K ضریبی که مقادیر آن در جدول ۴-۱ مشخص شده است.

جدول ۴-۱

نوع	K
کلیدهای محافظ مغناطیسی سریع	۱/۲۵
کلیدهای محافظ خانگی(*HLS*) تا ۲۵ آمپر	۲/۵
محافظت کابل‌ها،سیم‌های هوایی و تابلوهای منازل	
کلیدهای(*LS*) تا *25A*	۳/۵
فیوزهای تند کار و کند کار تا *50A*	
فیوزهای کند کار از *63A* به بالا	۵

مقدار جریان قطع که باید باعث قطع فیوز نمود بستگی به مقاومت سیم زمین و مقاومت محدوده‌ی محل تماس با زمین دارد (R_S). همان طور که ذکر شد، ولتاژ تماس نباید از ۶۵ ولت بیشتر باشد:

$$U_B \prec 65V$$

از طرفی مقدار ولتاژ تماس U_B برابر است با مقاومت مسیر ضرب در جریان اتصالی یعنی: $U_B = R_S.I_A$ پس می‌توان نوشت:

$$R_S.I_A = U_B \le 65 \quad (۱)$$

از رابطه‌ی بالا می‌توان مقدار مجموع مقاومت زمین و مقاومت محل تماس سیم با زمین را به دست آورد.

$$R_S \le \frac{65(V)}{I_A(A)}$$

موارد استفاده‌ی این سیستم حفاظتی برای مصرف کننده‌های کم قدرت است زیرا، در صورت بالا بودن جریان مصرف کننده، باید مقدار مقاومت زمین بسیار کم باشد، که می‌دانیم تامین چنین مقاومتی مشکل است.

مثال ۴-۱:

اگر مصرف کننده‌ای با فیوز کند کار *50A* حفاظت شود مقاومت زمین در نظر گرفته شده برای این مصرف کننده چه مقدار باشد تا جریان خطا باعث قطع سریع فیوز شود؟

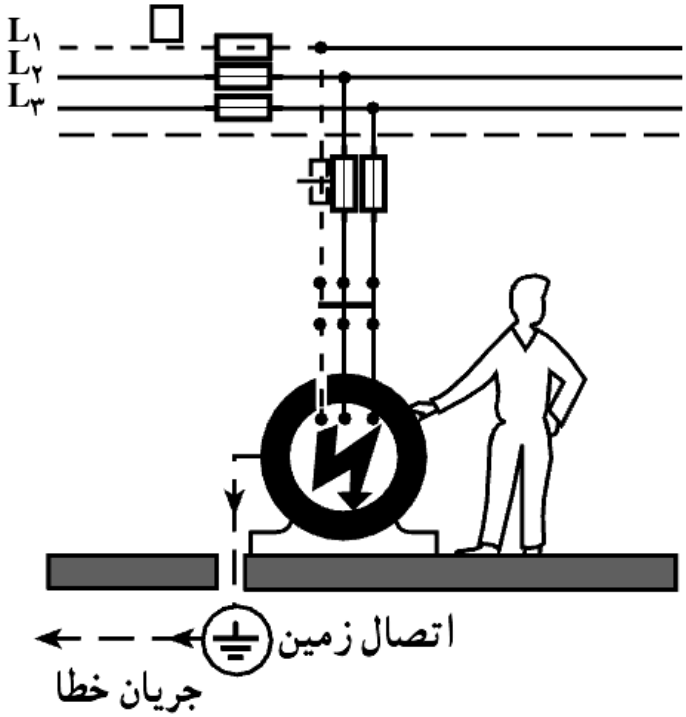
حل چون ضریب K برای فیوز کند کار برابر ۳/۵ می‌باشد داریم:

$$I_A = KI_N = 3/5 \times 50 = 175A$$

ومقاومت زمین برابر است با:

$$R_S \le \frac{65}{I_A} \Rightarrow R_S \le \frac{65}{175} = 0/37\Omega$$

از طرفی چون با گذشت زمان، مقاومت زمین بیشتر می‌شود لذا بهتر است که مقاومت زمین از ۰/۳۷ اهم نیز کمتر انتخاب شود. به دست آوردن مقاومت زمین با این مقدار کم مشکل است و می‌توان با جایگزین کردن سیستم‌های حفاظتی دیگر، از خطرات احتمالی اتصال بدنه‌ی مصرف کننده‌های پرقدرت جلوگیری کرد. شکل ۴-۵ طریقه‌ی استفاده از سیستم حفاظت زمین برای مصرف کننده را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۵: اتصال زمین حفاظتی

اگر شخصی با بدنه‌ی دستگاه تماس داشته باشد و همزمان سیم فاز به طریقی به بدنه‌ی دستگاه وصل شود، جریان اتصالی جاری شده در بدنه‌ی دستگاه دو مسیر برای عبور پیدا می‌کند، یکی عبور از بدن شخص و زمین و دیگری مستقیماً به زمین، چون مقاومت بدن اشخاص به طور متوسط حدود ۱۳۰۰ اهم است، بنابراین جریان از طریق مقاومت کم‌تر، یعنی زمین عبور می‌کند و نهایتاً باعث قطع سریع فیوز می‌شود. اتصال زمین می‌تواند توسط لوله یا میله‌ی فلزی، نوار، سیم فلزی و صفحه‌ی فلزی انجام پذیرد که معمولاً توسط یک رشته سیم با مقطع مناسب(باتوجه به جریان نامی‌مصرف کننده) به اتصال زمین وصل می‌شود.

۴-۵-۲) اتصال زمین لوله‌ای(میله ای)

در اتصال زمین لوله‌ای یا میله‌ای، می‌توان از لوله یا میله‌های فلزی، به قطر یک تا دو اینچ و به طول یک تا ۶ متر، که قلع اندود باشند و به صورت عمودی در زمین کوبیده شوند، استفاده کرد. در صورتی که امکان کوبیدن لوله‌ها نباشد، می‌توان از چند لوله که مجموع طول آنها برابر طول مورد نیاز باشد استفاده کرد در این حالت باید لوله‌ها را با فاصله‌ی بیشتر از طول هر لوله از یکدیگر کوبید و سر آن‌ها را به یکدیگر وصل کرد(اتصال موازی). طول عامل لوله‌ای از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود:

$$L = \frac{./95P}{R_s}$$

- P : مقاومت مخصوص زمین بر حسب $\Omega.M$
- L: طول لوله‌ی مورد نیاز بر حسب متر

۴-۵-۳) اتصال زمین نواری یا سیمی

در اتصال زمین نواری یا سیمی می‌توان از یکی از موارد زیر استفاده کرد:

- تسمه‌ی فولادی قلع اندود با سطح مقطع ۱۰۰ میلی‌متر مربع.
- سیم فولادی به هم تابیده شده‌ی قلع اندود با سطح مقطع کل ۹۵ میلی‌متر مربع.
- تسمه‌ی مسی با سطح مقطع حداقل ۵۰ میلی‌متر مربع.
- سیم مسی با سطح مقطع حداقل ۳۵ میلی‌متر مربع.

این عوامل نواری می‌توانند به شکل شعاعی یا حلقوی و یا شبکه‌ای در عمق حداقل ۰/۵ متری سطح زمین قرار گیرند. طول عامل نواری از زمین رابطه‌ی زیر قابل محاسبه است:

$$L = \frac{2/1P}{R_s}$$

۴-۵-۴) اتصال زمین صفحه‌ای

در اتصال زمین صفحه‌ای، آهنی قلع اندود به ابعاد حداقل ۰/۵ متر و ضخامت ۳ میلی‌متر و یا از صفحه‌ی مسی به ابعاد ۰/۵ متر و ضخامت ۲ میلی‌متر استفاده می‌شود. این صفحه باید به صورت عمودی و طوری نصب شود که لبه‌ی بالایی صفحه حداقل یک متر از زمین فاصله داشته باشد ابعاد عامل صفحه‌ای از رابطه‌ی زیر قالب محاسبه است:

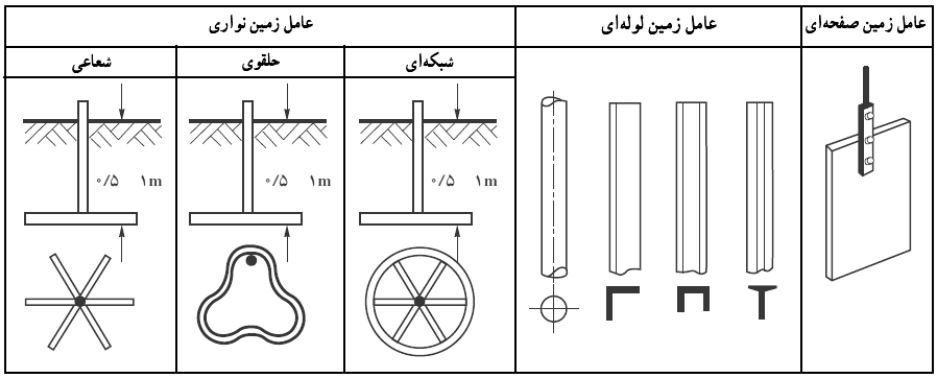
$$L = \frac{0/25P}{R_s}$$

در این حالت نیز می‌توان به جای استفاده از یک صفحه با ابعاد زیاد از چند صفحه با ابعاد کمتر استفاده کرد. به شرط آن که فاصله‌ی صفحه‌ها از یکدیگر حداقل ۳ متر باشد و آن‌ها را بتوان به صورت موازی به یکدیگر متصل کرد. مقاومت مخصوص زمین برای محل‌های مختلف بصورت نشان داده شده در جدول ۴-۲ است.

جدول ۴-۲

نوع زمین	$P(\Omega.m)$
مردابی(علفزار)	۳۰
زراعی	۱۰۰
ماسه‌ای مرطوب	۲۰۰
سنگ ریزه‌ی مرطوب	۵۰۰
ماسه و سنگ ریزه‌ی خشک	۱۰۰۰
سنگلاخ	۳۰۰۰
صخره ای	۱۰۰۰۰

با توجه به روابط ذکر شده برای تعیین ابعاد عامل اتصال زمین ملاحظه می‌شود که طول عامل اتصال زمین ارتباط مستقیمی با جنس زمین دارد، هر چه زمین مرطوبتر باشد طول عامل زمین کمتر می‌شود لذا برای کم کردن مقاومت مخصوص زمین می‌توانیم به طور مصنوعی با اضافه کردن نمک طعام، پودر کربن و براده‌ی فلزاتی که زنگ نمی‌زنند، محل نصب عامل به این منظور دست یافت. شکل ۴-۶ روش‌های مختلف اتصال زمین را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۶: انواع عامل‌های زمین

محل نصب عامل زمین باید هر چند ماه یک بار مورد بازرسی قرار گیرد و مقاومت آن اندازه گیری شود. در صورت زیاد شدن مقاومت زمین می‌توان با اضافه کردن آب با محلول آب نمک، یا تدابیر دیگر، مقاومت آن را کم کرد.

مثال ۴-۲: مطلوب است محاسبه‌ی طول یک تسمه برای ایجاد زمین حفاظتی در صورتی که مقاومت محدودی زمین حداکثر ۳/۵ اهم و زمین زراعی باشد.

حل: طول تسمه‌ی مورد نیاز که باید در زمین قرار گیرد $60m$ است اما اگر امکان گرفتن آن به صورت طولی میسر نباشد، می‌توان آن را به شکل دایره‌ای شعاعی یا شبکه‌ای شکل داده و در زمین مستقر کرد.

$$L = \frac{2/1P}{R_S} = \frac{2/1\times 100}{3/5} = 60m$$

مثال ۴-۳:

مطلوب است طول لوله‌ای که باید در زمین زراعی به کار رود تا مقاومت محدوده‌ی زمین ۱۰اهم شود.

حل:

$$L = \frac{0/95}{R_S} = \frac{0/9\times 100}{10} = 9m$$

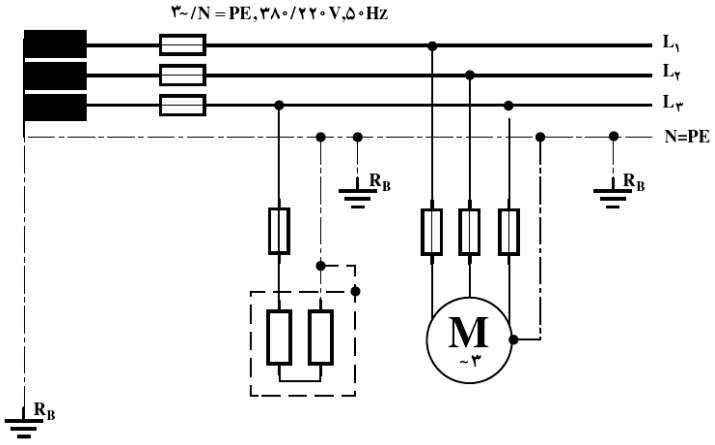
کوبیدن ۹ متر لوله در زمین مشکل است لذا می‌توان از سه لوله‌ی ۳ متری که فاصله‌ی هر کدام از دیگری حداقل ۳متر باشد استفاده کرد سپس هر سه لوله را توسط سیم و بست به یکدیگر متصل کرد. همچنین می‌توان از ۶ لوله‌ی ۱/۵ متری نیز استفاده کرد مشروط به اینکه فاصله‌ی لوله‌ها از یکدیگر حداقل ۱/۵متر باشد.

مثال ۴-۴: مطلوب است ابعاد صفحه‌ای برای ایجاد مقاومت $R_S = 12/5\Omega$ در صورتی که زمین مردابی باشد.

حل:

$$L = \frac{0/25P}{R_S} = \frac{0/25\times 30}{12/5} = 0/6m$$

و مساحت صفحه $0/6\times 0/6 = 0/36$ متر مربع است.

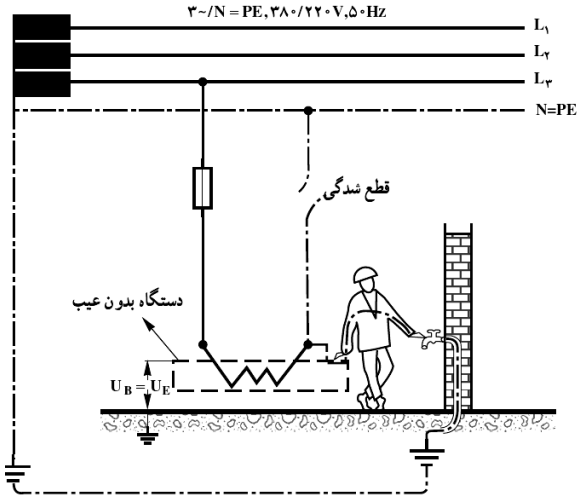


شکل ۴-۷

برای ایجاد اتصال زمین می‌توان از لوله‌های فلزی آب شهری نیز استفاده کرد به شرطی که شبکه‌ی آبرسانی تماماً فلزی باشد در غیر این صورت در موقع اتصال فاز به بدنه‌ی وسایل شبکه‌ی لوله کشی داخل ساختمان از طریق ارتباط با بدنه‌ی وسیله‌ی معیوب، برق دار می‌شود و خطر برق گرفتگی بیشتر می‌گردد.

۴-۵-۵) سیستم حفاظت نول

در سیستم حفاظت نول، به جای سیم زمین از سیم نول(*MP*) شبکه، که به بدنه‌ی دستگاه اتصال دارد، استفاده می‌شود(شکل ۴-۸). در این جا نیز مشابه سیستم حفاظتی زمین برای این که در هنگام اتصال بدنه وسیله‌ی حفاظتی(مثلاً فیوز) به سرعت قطع کند باید جریان قطع $I_A = K.I_N$ از آن عبور کند ضریب K مانند سیستم حفاظت زمین است. در این سیستم اگر سیم صفر به عللی قطع شود حتی اگر مصرف کننده نیز اتصال بدنه نداشته باشد باز اختلاف پتانسیل تماس(ولتاژ تماس)، برابر با اختلاف پتانسیل بین فاز و زمین (U_E)، در دستگاه ایجاد می‌شود(شکل ۴-۸). به طوری که اگر شخص دستگاه را لمس کند و در همان حال نیز با زمین تماس داشته باشد جریان خطرناکی از بدن او عبور می‌کند.



شکل ۴-۸: ایجاد اختلاف پتانسیل بین فاز و زمین

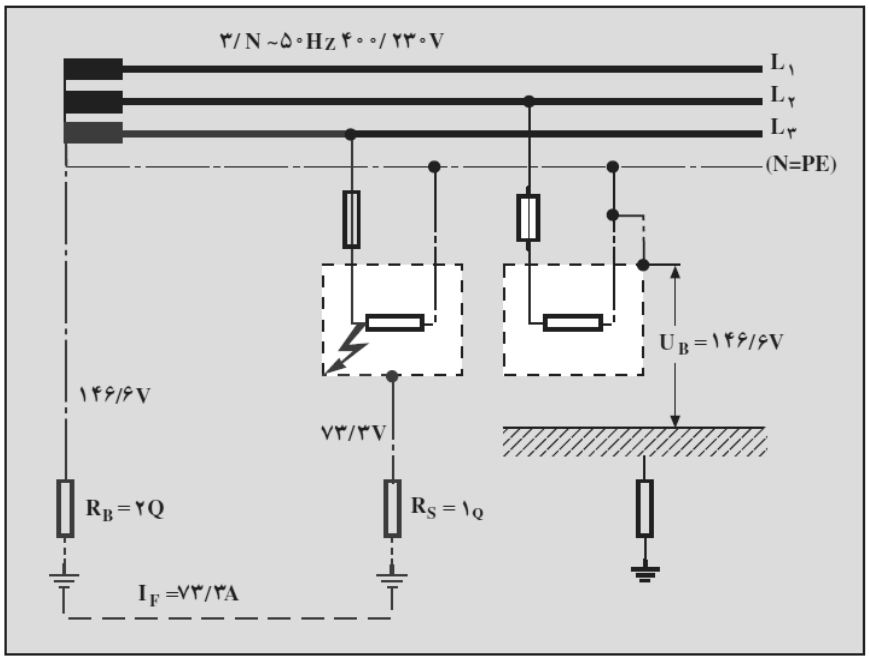
برای حفاظت مطمئن‌تر بهتر است که حفاظت نول توسط یک سیم جداگانه انجام شود یعنی از تابلوی اصلی دو سیم نول یکی برای حفاظت و دیگری به عنوان نول مصرف کننده‌ها کشیده شود. برای کم کردن احتمال قطع شدن سیم حفاظت نول در مواردی که سطح مقطع آن از ۱۰ میلی‌متر مربع کمتر باشد می‌توان از سیم‌های مخصوصی که دارای استقامت مکانیکی بیشتری باشد استفاده کرد. در شبکه‌ای که یک یا چند مصرف کننده با حفاظت توسط سیم زمین و بقیه‌ی مصرف کننده‌ها با حفاظت توسط سیم نول باشند در صورتی که در مصرف کننده‌ای(که توسط سیم زمین حفاظت شده است) اتصال بدنه‌ای پیش آید در همان لحظه در مصرف کننده‌هایی که توسط سیم نول حفاظت می‌شوند اختلاف پتانسیلی بین بدنه و زمین به وجود می‌آید که می‌تواند خطرناک باشد. شکل ۴-۹ نمایانگر این موضوع است برای درک بهتر با توجه به شکل ۴-۹ برای مصرف کننده با حفاظت زمین اتصال بدنه پیش آمده است در این صورت جریانی که از زمین عبور می‌کند (I_P) برابر است با:

$$I_P = \frac{U_E}{R_S + R_B} = \frac{220}{1+2} = 73/3A$$

واختلاف پتانسیل در سر مقاومت R_B برابر خواهد بود با:

$$U_B = I_F.R_B = 73/3 \times 2 = 146/67$$

این ولتاژ (U_B) روی تمام مصرف کننده‌هایی که حفاظت آن‌ها سیم نول انجام می‌گیرد بین بدنه‌های آن‌ها و زمین به وجود می‌آید بنابراین به کار بردن دو نوع حفاظت نول و زمین در یک تاسیسات الکتریکی مجاز نیست.



شکل ۴-۹: استفاده از زمین حفاظتی و نول حفاظتی باهم در یک تاسیسات الکتریکی

۵

۵) فصل پنجم: آشنایی با نقشه‌های الکتریکی و چگونگی رسم آن‌ها

اهداف فصل:

- ☑ **آشنایی با نقشه‌های الکتریکی و چگونگی رسم آن‌ها**
- ☑ **حروف شناسایی**
- ☑ **نقشه‌های مدار**
- ☑ **نکاتی مربوط به ترسیم نقشه‌های مدار فرمان**
- ☑ **نشان دادن نقاط انشعاب در نقشه فرمان(عدد انشعاب)**
- ☑ **رسم مدارات فرمان و قدرت**
- ☑ **مدارات پایه‌ی برق صنعتی**

۵-۱) آشنایی با نقشه‌های الکتریکی و چگونگی رسم آن‌ها

۵-۲) مقدمه

در گرایش‌های فنی برای انتقال‌ایده‌ها از نوعی تصاویر ساده شده خاص به نام نقشه استفاده می‌کنند که یک زبان ترسیمی‌است. درواقع نقشه‌کشی ترکیبی از ترسیمات تک تصویری سه‌بعدی و ترسیمات چندتصویری دوبعدی است. کشورهای صنعتی برای طراحی نقشه‌ها استانداردهای مختلفی را تعریف کرده‌اند به عنوان مثال کشور آلمان مشخص کننده استاندارد *DIN* است. استاندارد دیگری که می‌توان به آن اشاره کرد *IEC*(استاندارد جهانی برق) است که مورد تایید تمام کشورهای جهان می‌باشد. از دیگر استانداردهای نقشه‌کشی در دنیا می‌توان به *ANSI*(آمریکا)، *BSI*(انگلیس)، *UNI*(ایتالیا)، *GOST*(روسیه) و *JISC*(ژاپن) اشاره کرد. اما دو استاندارد *DIN* و *IEC* درایران موارد استفاده بیشتری دارند در ادامه این بخش به توضیح دو استاندارد نامبرده شده خواهیم پرداخت.

۵-۲-۱) استاندارد *DIN*

نخستین مؤسسه ملی استاندارد در سال ۱۹۰۲ در انگلستان و سپس در ۱۹۱۶ در هلند و ۱۹۱۷ در آلمان تاسیس شد. به دنبال آن استاندارد *DIN*(*deutsches institute fure norming*) که استاندارد صنعتی آلمان است گسترش پیدا کرد و در زمینه نقشه‌کشی صنعتی فعالیت وسیعی آغاز شد. در سال ۱۹۲۶ اتحادیه‌ای متشکل از ۲۰ موسسه استاندارد ملی از کشورهای مختلف به نام اتحادیه بین المللی مؤسسات استاندارد ملی استاندارد(*ISA*) تشکیل شد اما با پیشرفت تکنولوژی و نیاز به ارتباط صنعتی بین شرکت‌ها لزوم ایجاد یک سازمان بین المللی استاندارد مورد توجه قرار گرفت و در سال ۱۹۴۷ سازمان(*internationaional organization for standard*) *ISO* تشکیل شده و شروع به کار نمود. کشور ایران در سال ۱۳۳۲ اولین مؤسسه استاندارد خود را تاسیس نموده و در سال ۱۳۶۰ به عضویت *ISO* در آمد. ایران پیش از پذیرش *ISO* بخصوص در زمینه نقشه‌کشی از استاندارد *DIN* استفاده می‌کرد و هم اکنون نیز در دفاتر طراحی و نقشه‌کشی بعضی از کارخانه‌ها از استاندارد *DIN* استفاده می‌شود. پیش از انقلاب در بعضی از واحدهای صنعتی از استاندارد *ANSI* آمریکا استفاده می‌شد. در کشور ما در مواردی که استاندارد *ISO* پیشنهادی نداده باشد از استاندارد *DIN* پیروی می‌شود. هم اکنون مؤسسه استاندارد ایران *ISIRI* در زمینه‌های مختلف فعالیت‌های گسترده‌ای دارد.

۵-۲-۲) استاندارد *IEC*

سازمان *IEC* که در سال ۱۹۰۶ با همت دانشمندان متخصصان و مجامع الکتروتکنیک کشورهای مختلف تاسیس شده است وظیفه تدوین و انتشار استانداردهای بین المللی *IEC* در حوزه گسترده برق و الکترونیک و زمینه‌های مرتبط را بر عهده دارد. مقر این سازمان تا سال ۱۹۴۸ در شهر لندن بود که از آن سال به بعد به شهر ژنو در کشور سوئیس منتقل شد. با توجه به روند جهانی ایجاد هماهنگی در استانداردهای ملی کشورهای مختلف و پذیرش هر چه بیشتر استانداردهای بین المللی، از جمله *IEC* به عنوان پایه استانداردهای ملی و مبنای فعالیتهای ارزیابی انطباق و گواهی محصولات برقی و الکترونیکی به منظور تسهیل تجارت بین المللی، در شرایط حاضر بیشترین تلاش کشورها مصروف مشارکت فعال در مراحل تدوین استانداردهای بین المللی می‌شود. بدین لحاظ اکثر استانداردهای ملی کشورهای مختلف هم اینک به طور فزآینده‌ای بر اساس و معادل با استانداردهای*IEC* می‌باشند.

۵-۳) علائم اختصاری

در نقشه یک سیستم الکترونیکی، وسایل وتجهیزات الکتریکی را با علامت‌های اختصاری خاصی نمایش می‌دهند. علائم اختصاری استفاده شده درکنتاکت‌هایی که در مدارات الکتریکی و فرمان این کتاب به کاررفته، در جدول ۵-۱ تا جدول ۵-۲ نمایش داده شده است.

جدول ۵-۱

● کنتاکت‌ها

نام وسیله یا قطعه	علامت اختصاری
کنتاکت باز کلید غیرلمسی (نوع القایی)	
کنتاکت بسته کلید غیرلمسی (نوع القایی)	
کنتاکت باز کلید تابع فشار	
کنتاکت بسته کلید تابع فشار	
کنتاکت باز کلید شناور (فلوتر)	
کنتاکت بسته کلید شناور (فلوتر)	
کنتاکت باز تایمر با وصل سریع	
کنتاکت باز تایمر با تأخیر در وصل	
کنتاکت بسته تایمر با قطع سریع	
کنتاکت بسته تایمر با تأخیر در قطع	
کنتاکت بسته کلید کشش	
کنتاکت باز کلید کشش	
کنتاکت تبدیل (تعویض کننده)	
کنتاکت تبدیل با حالت خاموش در وسط	

نام وسیله یا قطعه	علامت اختصاری
لامپ خبر	
بیزر	
بوق	
زنگ	
آژیر	
دیود LED	

● کنتاکتور و رله

نام وسیله یا قطعه	علامت اختصاری
بوبین کنتاکتور	
رله‌های عملگر با مشخصه‌ی خاص	
رله با تأخیر در وصل	
رله با تأخیر در قطع	
رله با تأخیر در قطع و وصل	
رله دارای قطب	
رله با تحریک الکترومکانیکی	
رله با تحریک پس‌ماند مغناطیسی	
رله با تحریک حرارتی (بی‌متال)	
رله‌ی اضافه جریان (جریان زیاد)	
رله‌ی قطع‌کننده جریان معکوس	

جدول ۵-۲: علائم اختصاری برای کلیدها، کنتاکت‌ها و محرک‌ها

● **محرک عملگرها (محرک وسایل)**

نام وسیله یا قطعه	علامت اختصاری
محرک دستی	
محرک فشاری (با دست)	
محرک کششی	
محرک تغییر جهت	
محرک با کلید	
فعال‌شونده با بادامک و حسگرها	
محرک فشاری (با پدال)	
قفل مکانیکی	
محرک موتوری	M
محرک کلید اضطراری	
محرک حرارتی قابل تنظیم	
محرک حرارتی غیرقابل تنظیم	
محرک الکترومغناطیسی	
محرک با سطح سیال	

● **کلیدها و کنتاکت‌ها**

نام وسیله یا قطعه	علامت اختصاری
کلید یک‌فاز	
کلید سه‌فاز	
شستی وصل (استارت)	
شستی قطع (استپ)	
شستی وصل و قطع (استپ و استارت دوبل)	
کنتاکت باز لیمیت سوییچ	
کنتاکت بسته لیمیت سوییچ	
کنتاکت باز کنتاکتور	
کنتاکت بسته کنتاکتور	
کنتاکت بسته (مدار فرمان) بی‌متال	
کنتاکت بسته شونده‌ی سریع	
کنتاکت بازشونده‌ی تأخیری	
کنتاکت بسته‌ی کلیدگردان	
کنتاکت باز کلید گردان	

۵-۳-۱) حروف شناسایی

هر دستگاهی که در مدار فرمان مورد استفاده قرار می‌گیرد با یک حرف لاتین شناسایی و به وسیله همین حرف در تمامی نقشه‌ها و لیست وسایل نمایش داده می‌شود. این حروف در جدول زیر نمایش داده شده است. اگر تعداد دستگاه‌های استفاده شده دریک نقشه از یکی بیشتر باشد دراینصورت به دنبال حرف مشخص کننده دستگاه، عدد نیز آورده می‌شود.

جدول ۵-۳: جدول نام گذاری وسایل الکترونیکی

خازن استارت	خازنها	***C***
گیتها	عناصر باینری	***D***
تجهیزات روشنایی و گرمایی	وسایل مختلف	***E***
تجهیزات حفاظتی جریان بالا	تجهیزات حفاظتی	***F***
ژنراتور-باتری	ژنراتور-منبع تغذیه	***G***
زنگ اخبار- آژیر-چراغ خطر	وسایل هشدار دهنده	***H***
کنتاکتورهای توانی و کمکی	رله‌ها-کنتاکتورها	***K***
استارترها-سیم پیچ‌ها	وسایل القایی	***L***
موتورهای جریان مستقیم یا متناوب تکفاز و سه فاز	موتورها	***M***
تقویت کننده‌های‌اندازه گیری	تقویت کننده و تنظیم کننده	***N***
کلید در مدار جریان اصلی	کلید فشار قوی	***Q***
مقاومت استارت	مقاومتها	***R***
کلید دیواری-شستی فشاری	کلید کنترل-سلکتور	***S***
ترانسفورماتور	ترانسفورماتورها	***T***
دیود-ترانزیستور	نیمه‌هادی‌ها	***V***
سیم	مسیر عبور	***W***
پریزهای شوکو-زوار ترمینالها	تجهیزات دو شاخه‌ای	***X***
در بازکن-شیرهای آب-کلاچها	**تجهیزات مکانیکی که به صورت الکتریکی عمل می‌کنند**	***Y***

۵-۴) مشخص کردن قطعات

برای مشخص کردن قطعاتی مانند کلید، کنتاکتور یا موتورهای برقی که در وهله اول ابزار کار می‌باشند و از طرف دیگر زیر مجموعه یک مدار تلقی می‌شوند گروه‌بندی این قطعات در ساخت و طراحی مدارهای وسیع و عیب‌یابی مدارها کمک بسزایی می‌کند. نوع قطعه با حروف الفبا نمایش داده می‌شود به عنوان مثال حرف K، برای رله یا کنتاکتور و حرف M برای الکتروموتور بکار می‌رود.

بعد از حروف، شماره‌ای که نشان می‌دهد قطعه مورد نظر چندمین قطعه از نوع خود در مدار است قرار می‌گیرد به عنوان مثال کنتاکتور $K4$ چهارمین کنتاکتور از نوع خود در مدار می‌باشد. بعد از عدد می‌توان حروف دیگری را بکاربرد که نشان‌دهنده‌ی عملکرد یا محل نصب آن المان می‌باشد به عنوان مثال A به معنی عملکرد کمکی و T نیز عملکرد زمانی آن است. در جدول ۵-۴ به علائم مختلف وسایل الکترونیکی و کاربرد آن‌ها اشاره شده است.

جدول ۴-۵: جدول علائم مختلف وسایل الکترونیکی و کاربرد آنها

حروف شناسایی	عملکرد	حروف شناسایی	عملکرد
A	عملکرد کمکی به‌خصوص قطع	N	اندازه‌گیری
B	جهت حرکت (f ــ جلو، b ــ عقب، r ــ بالا، L ــ پایین، C ــ جهت حرکت عقربه ساعت و خلاف جهت حرکت)	P	نسبی و متناسب
C	شمارش	Q	وضعیت کار (وصل، قطع و محدود)
D	تمایزدهنده و تفکیک‌کننده	R	راه‌اندازی مجدد و لغو حرکت
E	عملکرد وصل (روشن)	S	ذخیره کردن و ضبط کردن
F	حفاظت	T	تأخیر داشتن و اندازه‌گیری زمان
G	آزمایش (تست)	U	–
H	نشان‌دهنده و خبردهنده	V	سرعت و شتاب
J	تلفیق یا ترکیب چند عمل	W	اضافه کردن و جمع کردن
K	عملکرد کلید فشاری	X	ضرب کردن و چند برابر کردن
L	نشانه‌گذاری هادی	Y	آنالوگ (قیاسی)
M	عملگر اصلی	Z	دیجیتال (رقمی)

در به کارگیری و رسم علائم الکترونیکی می‌بایست موارد زیر در نظر گرفته شود:

۱) مدارها در وضعیت بدون جریان و به اصطلاح، خاموش نمایش داده می‌شوند.

۲) کلید جریان اصلی به صورت باز و کنتاکت‌های فعال با یک پیکان دو قلو نمایش داده می‌شوند.

۳) نقشه‌های مختلف برق می‌بایست با یکدیگر قابل ترکیب باشند بنابراین در تمامی‌نقشه‌ها هر قطعه با یک شکل انحصاری ترسیم می‌شود.

۴) ترمینال‌های اتصال کوتاه می‌بایست در نقشه با علائم خاص نمایش داده شوند تا بتوان مسیر سیم‌ها را تعقیب کرد.

۵-۵) نقشه‌های مدار

ساختار و عملکرد تاسیسات الکتریکی و وسایل و ابزار برقی به صورت نقشه‌های گوناگون تشریح و به سه نوع گرافیکی، گزارشی و شماتیکی تقسیم می‌شود که خود این تقسیم بندی نیز شامل چندین زیر شاخه می‌باشد که در بخش بعدی به توضیح آن‌ها پرداخته خواهد شد.

۵-۵-۱) نقشه‌های شماتیکی

نقشه‌های شماتیکی به دو دسته‌کلی تک قطبی و چند قطبی تقسیم می‌شوند و به عنوان مثال در ترسیم تک قطبی نقشه‌های مربوط به نصب تاسیسات کابل، بدون در نظر گرفتن تعداد رشته‌های سیم به صورت یک خط نمایش‌داده می‌شود. تعداد رشته سیم‌های داخل کابل به صورت خطوط مورب کوتاه در مسیر کابل نمایش داده می‌شود. در نقشه‌های چند قطبی به عنوان مثال در نقشه‌های مربوط به مسیر جریان برق هر سیم با یک خط مجزا نمایش داده می‌شود.

در هریک از دو دسته‌کلی تک قطبی و چند قطبی می‌توان مدار فرمان و قدرت را رسم کرد که در فصول قبل معرفی شده‌اند.

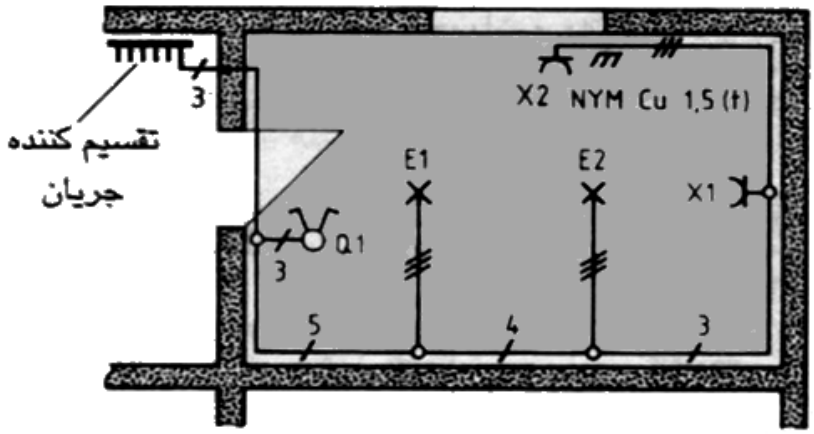
نقشه‌های شماتیکی به صورت زیر تقسیم‌بندی می‌شوند:

- ترسیم یک‌قطبی
  الف) نقشه‌کلی یا نقشه‌فنی
  ب) نقشه تاسیساتی
- ترسیم چندقطبی
- نقشه مسیر جریان
- نقشه سیم کشی(نقشه خارجی)

۵-۵-۱-۱) ترسیم یک‌قطبی

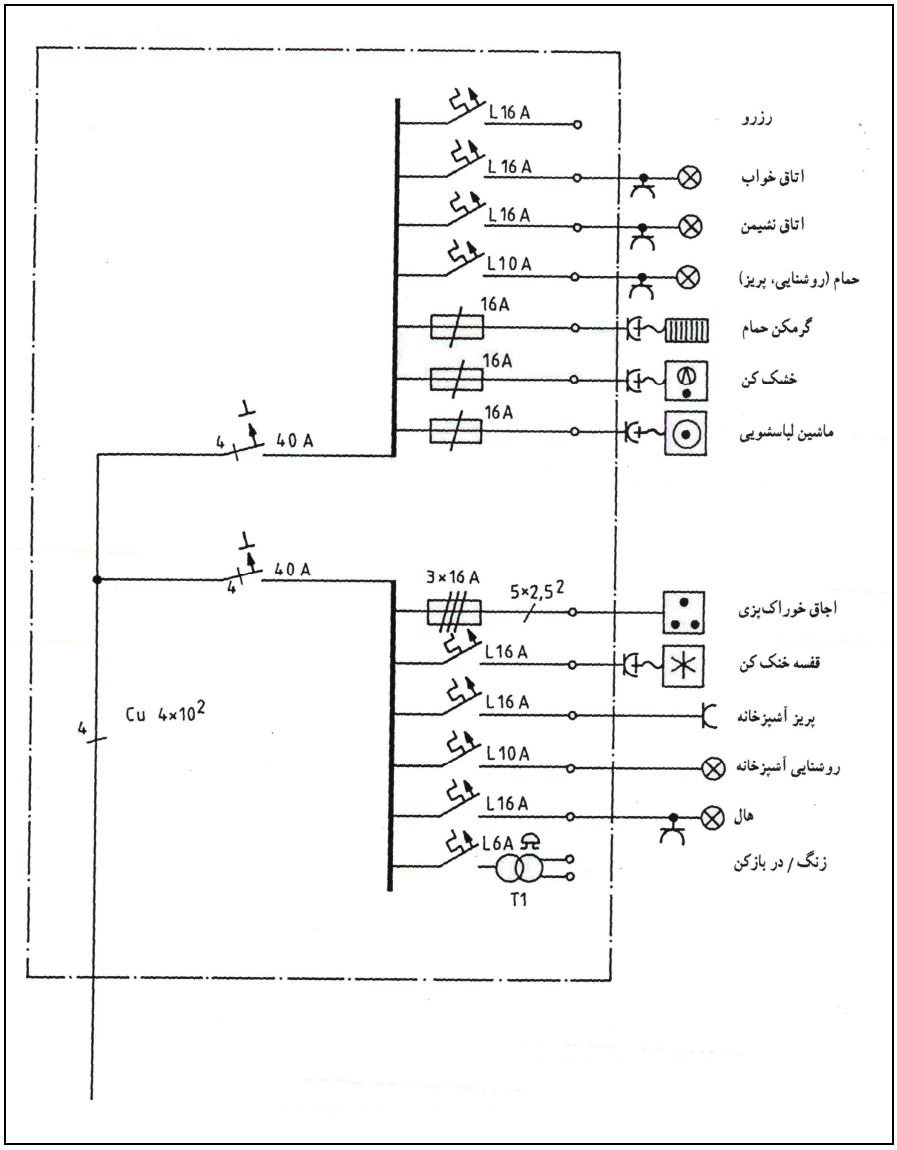
ترسیم یک‌قطبی هیچگونه اطلاعاتی درباره عملکرد مدار نمی‌دهد بلکه تنها برای شناسایی قطعات به کار می‌رود. در ضمن این نوع از نقشه‌ها شامل انواع نقشه تاسیساتی و نقشه‌کلی(یا نقشه‌فنی) می‌باشند که در بخش زیر به توضیح هریک از آن‌ها پرداخته شده‌است.

نقشه تاسیساتی: نقشه تاسیساتی و یا همان نقشه سیم‌کشی تاسیسات دارای نمایش تک‌قطبی است. این طرح با مقیاس‌های معین و صحیح در نقشه وارد و کلیه وسایل و سیم‌ها در آن گنجانده شده‌است. این نقشه اساس کار در نصب قطعات برقی است و از آن می‌توان اطلاعاتی درباره جنس سیم‌های مصرفی، تعداد رشته‌های سیم، قطرهادی، چگونگی نصب و نوع مدارها را بدست‌آورد.



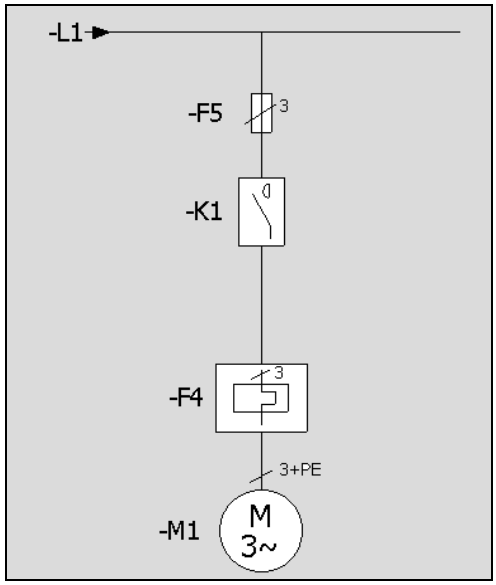
شکل ۵-۱: نقشه تاسیساتی

نقشه‌کلی یا نقشه‌فنی(از نوع تک قطبی): نقشه‌کلی قسمت‌های مهم تجهیزات بکار رفته در مدار الکتریکی را نشان می‌دهد. در این نوع از نقشه‌ها که برای مدارهای سیم‌کشی کاربرد دارند ترتیب قرار گرفتن قطعات و سیم‌ها اغلب به صورتی انتخاب می‌شود که با تاسیسات دیگر هم‌خوانی داشته‌باشد. در نمایش کلی اغلب موقعیت مکانی قطعات مورد توجه نیست(شکل ۵-۲).



شکل ۵-۲: نقشه‌کلی یا نقشه‌فنی

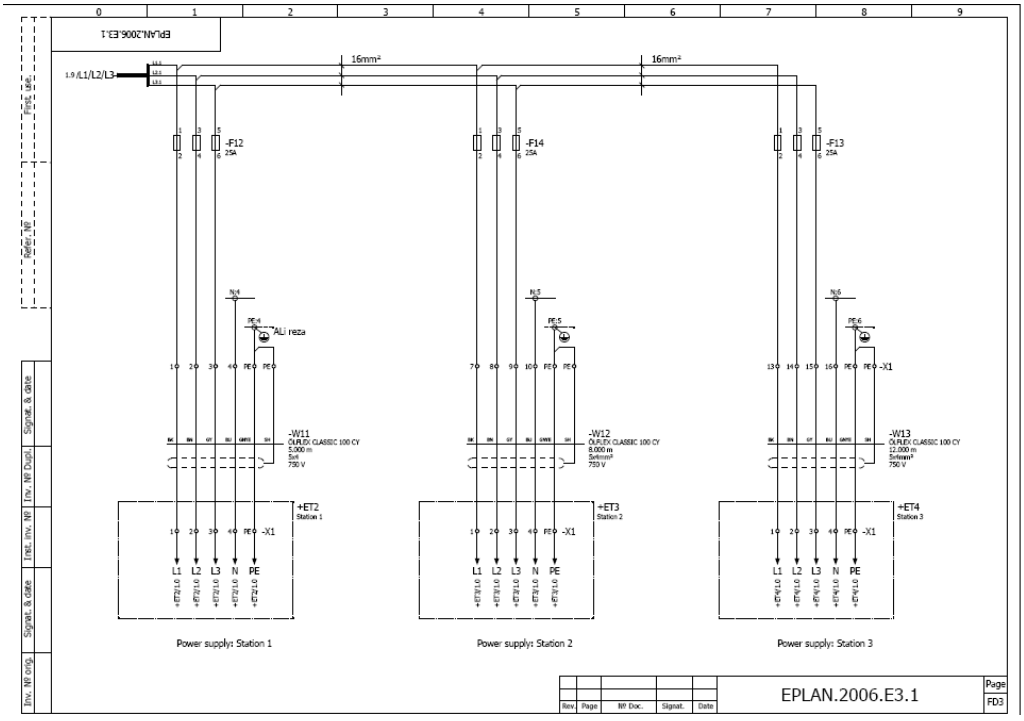
این نقشه با ارائه‌یک دید کلی به بیننده درباره‌ی تاسیسات مورد نظر و با استفاده از علائم اختصاری، رابطه بین منبع تغذیه، مصرف کننده‌ها و اجزاء مدار را نشان می‌دهد اما باید توجه داشت که از روی این نقشه نمی‌توان به نحوه راه‌اندازی الکتروموتورها و یا عملکرد مدار پی‌برد بلکه تنها می‌توان تعداد و نوع مصرف کننده‌ها و دیگر المان‌های بکار رفته در مدار را تشخیص داد. در این نقشه مسیر سیم‌ها به صورت افقی و عمودی و تک خطی رسم شده و تمامی اطلاعات مورد نیاز برای انجام کار بدون ارائه جزئیات مدار و مشخصات تجهیزات، به ساده‌ترین صورت ممکن ارائه می‌شود(شکل ۵-۳).



شکل ۵-۳: تقشه تک‌قطبی راه‌اندازی الکتروموتور سه فاز

۵-۵-۱-۲) ترسیم چندقطبی

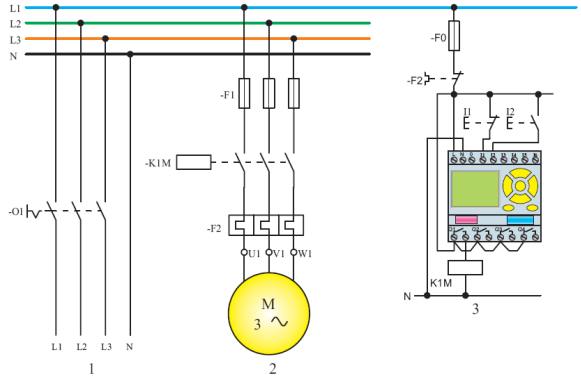
در این دیاگرام تمام وسائل و سیم‌کشی‌ها بدون در نظر گرفتن موقعیت فیزیکی آن‌ها نمایش داده می‌شود. در شکل ۵-۴ نمونه‌ای از این نوع نقشه نمایش داده شده‌است.



شکل ۵-۴: ترسیم چندقطبی

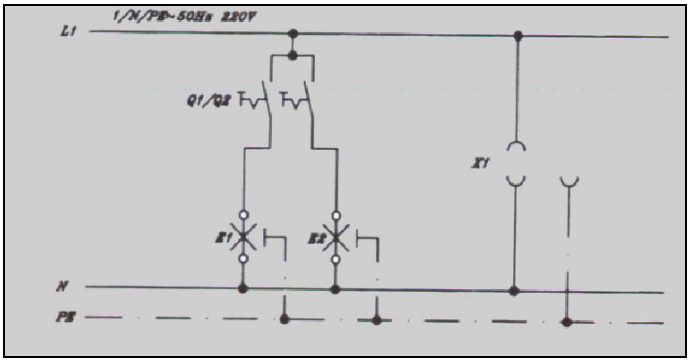
۵-۵-۱-۳) نقشه مسیر جریان

نقشه مسیر جریان، چگونگی عملکرد قطعات یا مدارها را نشان می‌دهد و به دو صورت ترسیم تحلیلی و ترکیبی نمایش داده می‌شود که در زیر به توضیح آن‌ها پرداخته شده‌است.



شکل ۵-۵: ترسیم چندقطبی

ترسیم تحلیلی: این نقشه نشان‌دهنده عملکرد یک قطعه یا مدار الکتریکی است. در این نمایش موقعیت مکانی مورد توجه نبوده بلکه مسیرهای جریان به صورت چندقطبی نمایش داده می‌شوند و می‌بایست در مدارهایی مانند مدار کنترل، کنتاکتور به صورت افقی و یا عمودی و بدون تقاطع نمایش داده شود مانند نقشه مسیر جریانی که در شکل ۵-۶ مشاهده می‌نمایید.



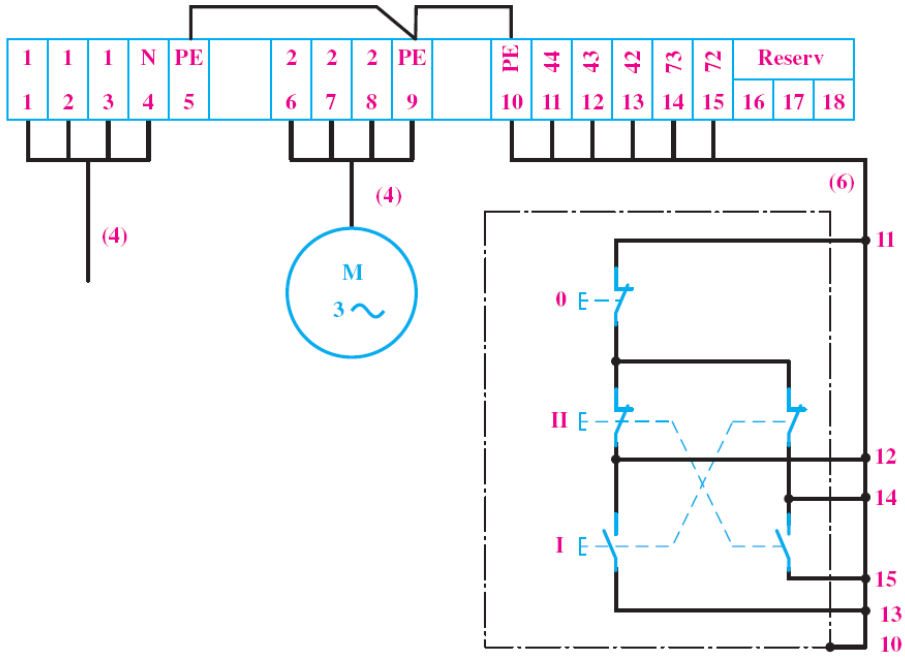
شکل ۵-۶: نقشه مسیر جریان

ترسیم ترکیبی: ترسیم ترکیبی نشان دهنده‌ی اجزای یک مدار و ارتباط آن‌ها با هم است در این نوع از نقشه‌ها قطعات به صورت کامل نمایش داده می‌شوند تا عملکرد آن‌ها قابل تشخیص باشد. این نوع از نقشه‌ها غالبا برای مدارهای سیم‌کشی و مدارهای داخلی و وسایل برقی مورد استفاده قرار می‌گیرد. ترسیم سیم‌ها در این دیاگرام به صورت چندقطبی است و در دو شمای حقیقی(نقشه چند قطبی) و شمای گرافیکی ظاهر می‌شود.

۵-۵-۱-۴) نقشه سیم کشی(نقشه خارجی)

از نقشه سیم کشی(نقشه خارجی) به منظور مشخص‌کردن دستگاه‌های الکتریکی مانند الکتروموتور، میکروسوئیچ، شستی و... که خارج از تابلوی فرمان قرار می‌گیرند و برای نشان دادن اتصال آن‌ها به تابلوی فرمان استفاده می‌شود. در این نقشه اتصالات خارجی تابلو که از ترمینال‌های تابلو توسط سیم به دستگاه‌های

خارج از تابلو می‌روند رسم می‌شود. برای سادگی نقشه تمامی‌سیم‌ها ترسیم نمی‌شوند بلکه آن‌ها را به صورت یک دسته ترسیم می‌کنند و برروی آن تعدادسیم‌ها را در داخل پرانتز به طور عمودی روی دسته‌ی سیم می‌نویسند همچنین در ابتدا و انتهای دسته‌ی سیم شماره‌ی تمامی‌سیم‌ها را مشخص می‌کنند. در شکل ۵-۷ می‌توانید یک نمونه از نقشه سیم‌کشی را ببینید.



شکل ۵-۷: نقشه سیم کشی(نقشه خارجی)

۵-۵-۲) نقشه‌های گرافیکی

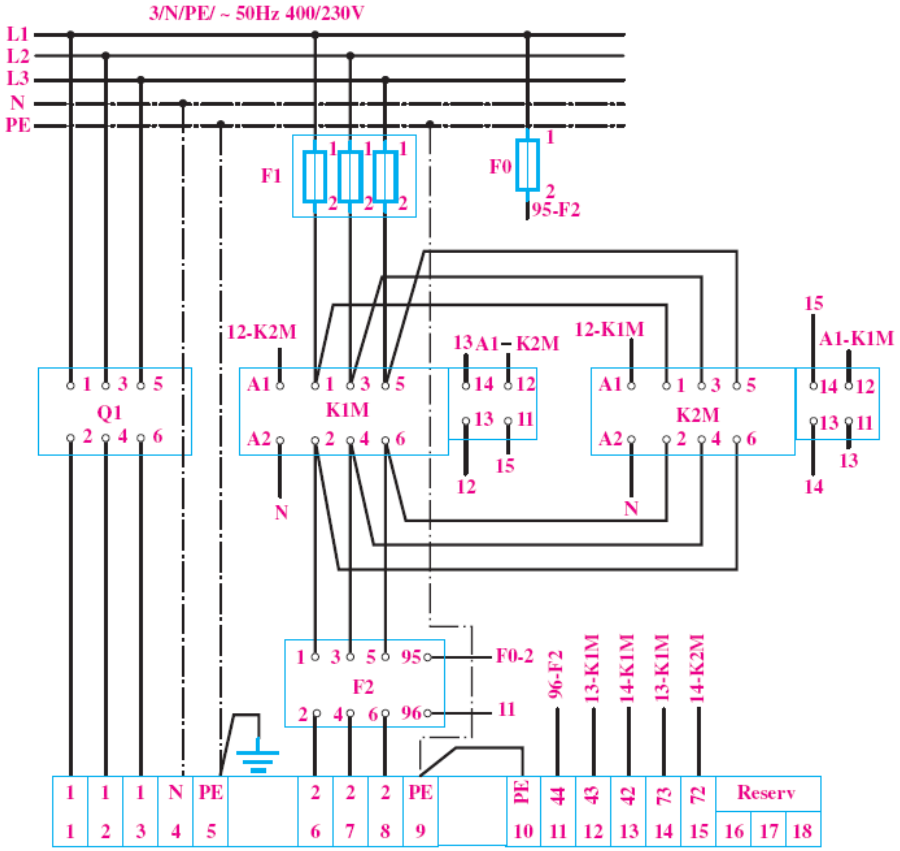
در نقشه‌های گرافیکی می‌توانید مونتاژ تابلو برق، ساختار ظاهری المان‌های بکار رفته در مدار و همچنین نقشه‌های مربوط به *PLC*ها به همراه تمامی کارت‌های مربوطه‌اش را به نمایش درآورید.

نقشه‌های گرافیکی به صورت زیر تقسیم‌بندی می‌شوند:

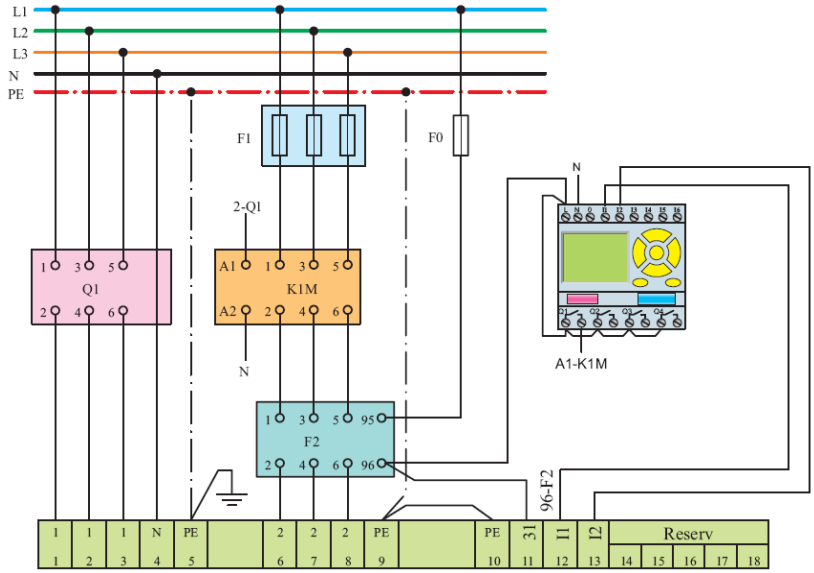
- نقشه مونتاژ
- نقشه ترمینال‌ها
- نقشه عملیاتی
- شمای گرافیکی

۵-۵-۲-۱) نقشه مونتاژ

از نقشه مونتاژ به منظور مونتاژ وسایل الکتریکی در تابلوی فرمان و سیم بندی آن‌ها استفاده می‌شود. در این نقشه، شکل ظاهری هر یک از دستگاه‌ها با در نظر گرفتن موقعیت مکانی آن‌ها در داخل تابلو رسم و اتصالات داخلی بین هر یک از آن‌ها نمایش داده‌می‌شود. جهت نمایش هر یک از دستگاه‌ها از علائم اختصاری آن‌ها نیز می‌توان استفاده کرد اما می‌بایست به طریقی آن‌ها را ترسیم کرد که بتوان هریک از ترمینال‌های دستگاه را همانطور که در داخل تابلو نصب شده‌اند نمایش داد(شکل ۵-۸وشکل ۵-۹).



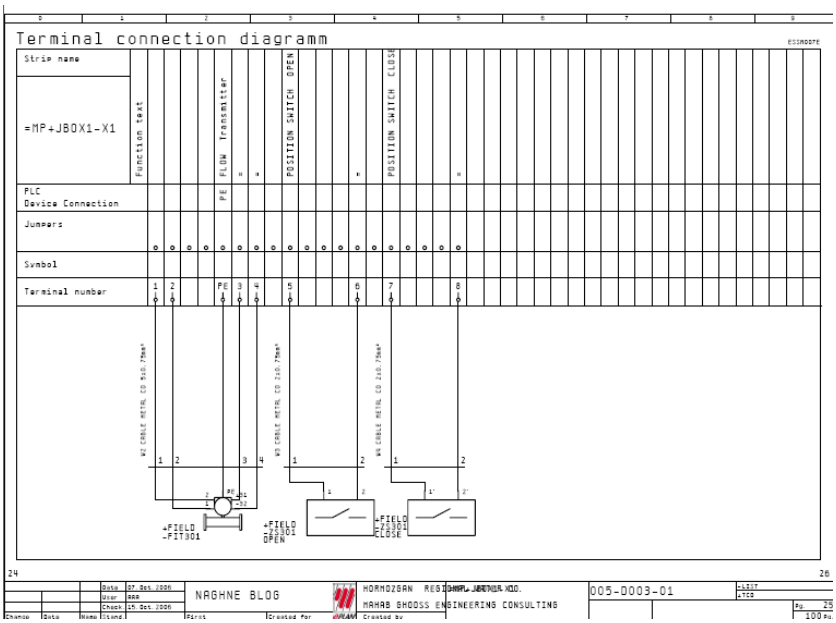
شکل ۵-۸: نقشه مونتاژ



شکل ۵-۹: نمونه‌ای ازیک نقشه مونتاژ

۵-۵-۲-۲) نقشه ترمینال‌ها

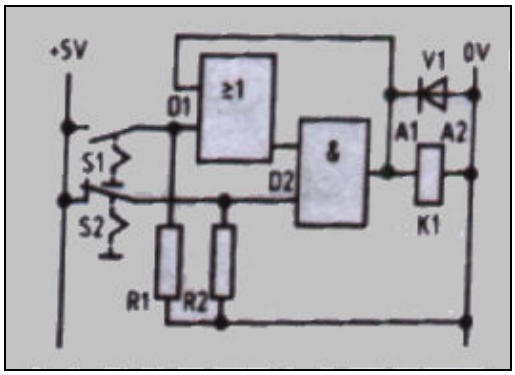
به جای نقشه خارجی و مونتاژ، می‌توان از نقشه‌ی ترمینال استفاده کرد. در این نقشه تنها ترمینال‌های تابلوی فرمان به همراه سیم‌های ورودی و خروجی ترسیم و شماره گذاری می‌شوند که این شماره گذاری همان شماره‌ی سیم‌های نقشه‌ی مسیر جریان است همچنین سطح مقطع هر یک از سیم‌ها و کابل‌ها نیز در این نقشه مشخص می‌شود از نقشه‌ی ترمینال‌ها برای نصب و اتصال سیم‌های مصرف کننده به تابلو استفاده می‌شود(شکل ۵-۱۰).



شکل ۵-۱۰: نقشه ترمینال

۵-۵-۲-۳) نقشه عملیاتی

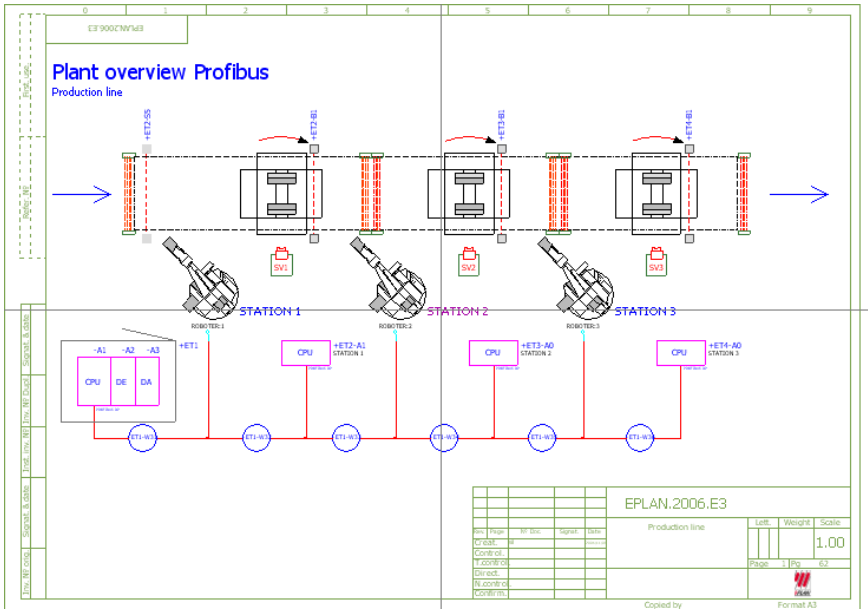
نقشه عملیاتی برای ترسیم کنترل دیجیتالی و نیز برای نمایش برنامه در سیستم کنترل کننده قابل برنامه ریزی(*PLC*) به کار می‌رود. در شکل ۵-۱۱ نمونه‌ای از این دیاگرام نشان داده شده‌است.



شکل ۵-۱۱: نقشه عملیاتی

۵-۵-۲-۴) شمای گرافیکی

در شمای گرافیکی سعی در نمایش فیزیکی المان‌های مصرفی تابلوی برق شده و تنها نحوه‌ی قرار گرفتن آن‌ها نمایش داده می‌شود. در شکل ۵-۱۲ نمونه‌ای از این دیاگرام نشان داده شده‌است.



شکل ۵-۱۲: شمای گرافیکی

۵-۵-۳) نقشه‌های گزارشی

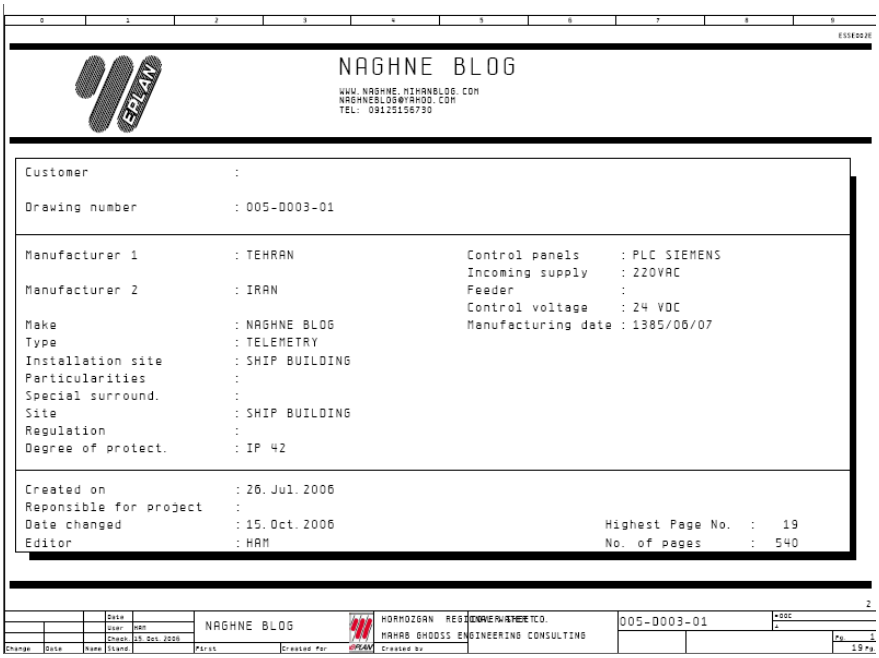
نقشه‌های گزارشی نشان‌دهنده وضعیت پروژه می‌باشند. بدین صورت که گزارشی از نوع پروژه، طراح، فروشنده، خریدار، تعداد صفحات، المان‌های بکاررفته در مدار، نمودارهای زمانی و... در اختیار کاربر قرار می‌دهند. در واقع با استفاده از این نقشه‌ها می‌توان اطلاعات کافی از ماهیت پروژه بدست آورد.

نقشه‌های گزارشی به صورت زیر تقسیم‌بندی می‌شوند:

- صفحه عنوان
- لیست صفحات
- لیست قطعات
- نمایش علائم اختصاری
- نمودارهای زمان
- دیاگرام اتصال

۵-۵-۳-۱) صفحه عنوان(*Title page / cover sheet*)

صفحه عنوان برای نمایش مشخصات پروژه از قبیل مشتری، طراح، تاریخ طراحی، تاریخ اجرا و... بکار برده شده و با نام صفحه عنوان یا صفحه معرفی در ابتدای صفحات یک پروژه قرار می‌گیرد و متخصص را از محتوای پروژه آگاه می‌سازد. درشکل ۵-۱۳ نمونه‌ای از این نقشه نشان داده شده‌است.



NAGHNE BLOG

WWW.NAGHNE.MIHANBLOG.COM
NAGHNEBLOG@YAHOO.COM
TEL: 09125156730

Customer	:		
Drawing number	: 005-D003-01		
Manufacturer 1	: TEHRAN	Control panels	: PLC SIEMENS
		Incoming supply	: 220VAC
Manufacturer 2	: IRAN	Feeder	:
		Control voltage	: 24 VDC
Make	: NAGHNE BLOG	Manufacturing date	: 1385/06/07
Type	: TELEMETRY		
Installation site	: SHIP BUILDING		
Particularities	:		
Special surround.	:		
Site	: SHIP BUILDING		
Regulation	:		
Degree of protect.	: IP 42		
Created on	: 26. Jul. 2006		
Reponsible for project	:		
Date changed	: 15. Oct. 2006	Highest Page No.	: 19
Editor	: HAM	No. of pages	: 540

NAGHNE BLOG | HORMOZGAN REGIONAL WATER CO. | MAHAB GHODSS ENGINEERING CONSULTING | 005-D003-01

شکل ۵-۱۳: صفحه عنوان

۵-۵-۳-۲) لیست صفحات(*Table of contents*)

لیست صفحات شامل فهرستی از تمامی‌صفحات موجود در پروژه می‌باشد تا بدین ترتیب بررسی نقشه برای پروژه‌هایی که دارای صفحات بسیار زیادی می‌باشند ساده‌تر شود(شکل ۵-۱۴).

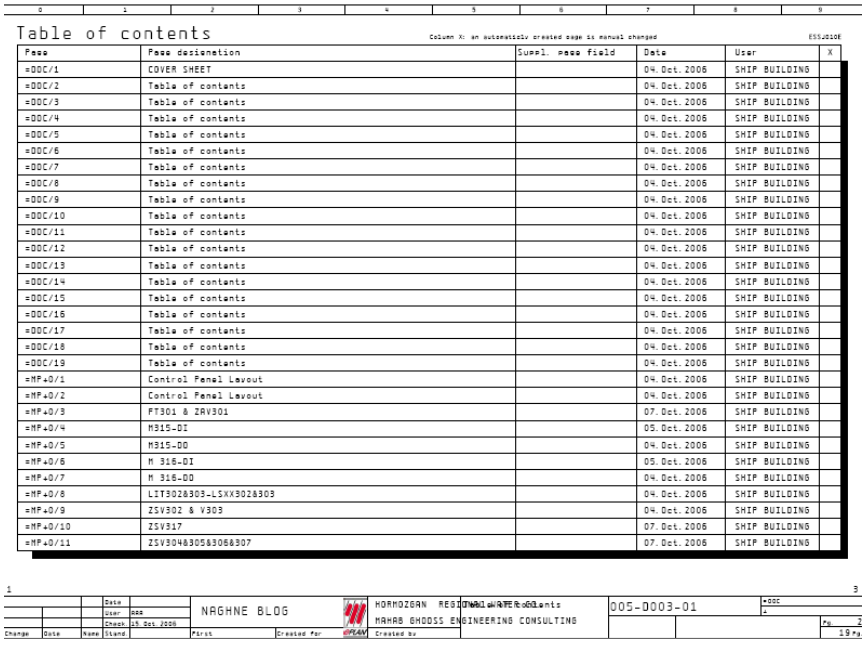


Table of contents

Column X: an automatically created page is manual changed

Page	Page designation	Suppl. page field	Date	User	X
=DOC/1	COVER SHEET		04. Oct. 2006	SHIP BUILDING	
=DOC/2	Table of contants		04. Oct. 2006	SHIP BUILDING	
=DOC/3	Table of contants		04. Oct. 2006	SHIP BUILDING	
=DOC/4	Table of contants		04. Oct. 2006	SHIP BUILDING	
=DOC/5	Table of contants		04. Oct. 2006	SHIP BUILDING	
=DOC/6	Table of contants		04. Oct. 2006	SHIP BUILDING	
=DOC/7	Table of contants		04. Oct. 2006	SHIP BUILDING	
=DOC/8	Table of contants		04. Oct. 2006	SHIP BUILDING	
=DOC/9	Table of contants		04. Oct. 2006	SHIP BUILDING	
=DOC/10	Table of contants		04. Oct. 2006	SHIP BUILDING	
=DOC/11	Table of contants		04. Oct. 2006	SHIP BUILDING	
=DOC/12	Table of contants		04. Oct. 2006	SHIP BUILDING	
=DOC/13	Table of contants		04. Oct. 2006	SHIP BUILDING	
=DOC/14	Table of contants		04. Oct. 2006	SHIP BUILDING	
=DOC/15	Table of contants		04. Oct. 2006	SHIP BUILDING	
=DOC/16	Table of contants		04. Oct. 2006	SHIP BUILDING	
=DOC/17	Table of contants		04. Oct. 2006	SHIP BUILDING	
=DOC/18	Table of contants		04. Oct. 2006	SHIP BUILDING	
=DOC/19	Table of contants		04. Oct. 2006	SHIP BUILDING	
=MP+0/1	Control Panel Layout		04. Oct. 2006	SHIP BUILDING	
=MP+0/2	Control Panel Layout		04. Oct. 2006	SHIP BUILDING	
=MP+0/3	FT301 & ZAV301		07. Oct. 2006	SHIP BUILDING	
=MP+0/4	M315-DI		05. Oct. 2006	SHIP BUILDING	
=MP+0/5	M315-DO		04. Oct. 2006	SHIP BUILDING	
=MP+0/6	M 316-DI		05. Oct. 2006	SHIP BUILDING	
=MP+0/7	M 316-DO		04. Oct. 2006	SHIP BUILDING	
=MP+0/8	LIT302&303-LSXX302&303		04. Oct. 2006	SHIP BUILDING	
=MP+0/9	ZSV302 & V303		04. Oct. 2006	SHIP BUILDING	
=MP+0/10	ZSV317		07. Oct. 2006	SHIP BUILDING	
=MP+0/11	ZSV304&305&306&307		07. Oct. 2006	SHIP BUILDING	

NAGHNE BLOG | HORMOZGAN REGIONAL WATER CO. | MAHAB GHODSS ENGINEERING CONSULTING | 005-D003-01

شکل ۵-۱۴: لیست صفحات(*Table of contents*)

۵-۵-۳-۳) لیست قطعات(*Bill Of Material*)

همانگونه که در شکل ۵-۱۵ مشاهده می‌نمایید در این نوع از نقشه‌ها لیست المان‌های بکار رفته در طراحی به همراه مشخصات مربوط به آن مانند کارخانه سازنده و شماره سریال نشان داده می‌شود.

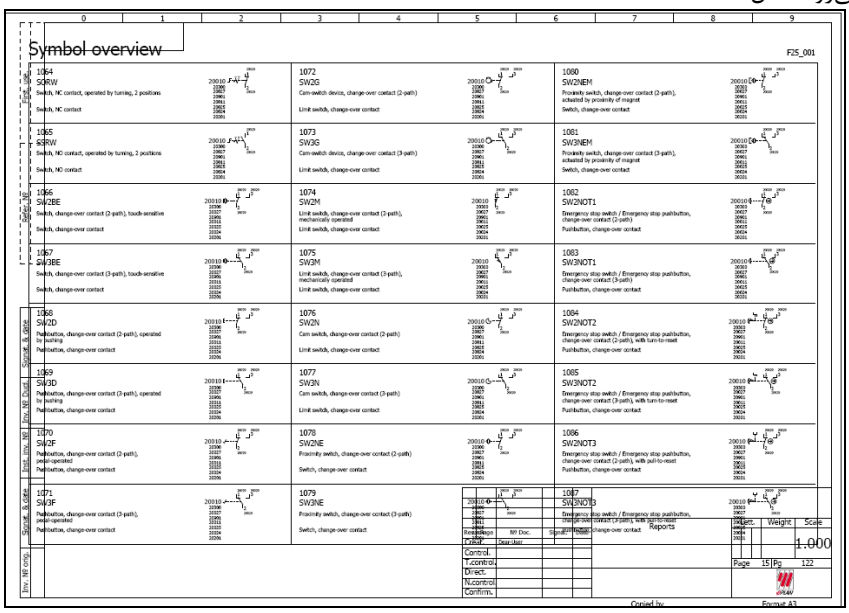
Bill of materials

Component designation	Quantity	Designation	Type number	Supplier	Part number
=AP4T1-A5A	0				
=AP4T1-A5B	0				
=AP4T1-A5K	1				
=AP4T1-F1	1				
=AP4T1-F1	1				
=AP4T1-F1	1				
=AP4T1-F2	1				
=AP4T1-F2	1				
=AP4T1-F2	1				
=AP4T1-F3	1				
=AP4T1-F3	1				
=AP4T1-F3	1				
=AP4T1-F4	1				
=AP4T1-F5	1				
=AP4T1-F6	1				
=AP4T1-F7	1				
=AP4T1-F7	1				
=AP4T1-F7	1				
=AP4T1-F8	1				
=AP4T1-F8	3				
=AP4T1-F8	3				
=AP4T1-G2	1				
=AP4T1-K1	1				
=AP4T1-K2	1				
=AP4T1-K3	1				
=AP4T1-K4	1				
=AP4T1-K5	1				
=AP4T1-K8	1				
=AP4T1-MP1	0				
=AP4T1-PE	0				
=AP4T1-Q1	1				
=AP4T1-Q2	1				
=AP4T1-Q2	1				
=AP4T1-Q3	1				
=AP4T1-S1	1				
=AP4T1-S1	1				
=AP4T1-S1	1				
=AP4T1-U1	1				
=AP4T1-W1	1				
=AP4T1-W2	1				
=AP4T1-W3	1				
=AP4T1-W4	1				

شکل ۵-۱۵: لیست قطعات

۵-۵-۳-۴) نمایش علائم اختصاری(*Symbol overview*)

نمایش علائم اختصاری، به منظور نشان دادن المان‌های موجود در طراحی همراه با سیمبل‌های مربوطه بکار می‌رود(شکل ۵-۱۶).


Symbol overview

F25_001

1064 SQRW Switch, NC contact, operated by turning, 2 positions Switch, NC contact	1072 SW2G Cam-switch device, change-over contact (2-path) Limit switch, change-over contact	1080 SW2NEM Proximity switch, change-over contact (2-path), actuated by proximity of magnet Switch, change-over contact
1065 SQRW Switch, NO contact, operated by turning, 2 positions Switch, NO contact	1073 SW3G Cam-switch device, change-over contact (3-path) Limit switch, change-over contact	1081 SW3NEM Proximity switch, change-over contact (3-path), actuated by proximity of magnet Switch, change-over contact
1066 SW2BE Switch, change-over contact (2-path), touch-sensitive Switch, change-over contact	1074 SW2M Limit switch, change-over contact (2-path), mechanically operated Limit switch, change-over contact	1082 SW2NOT1 Emergency stop switch / Emergency stop pushbutton, change-over contact (2-path) Pushbutton, change-over contact
1067 SW3BE Switch, change-over contact (3-path), touch-sensitive Switch, change-over contact	1075 SW3M Limit switch, change-over contact (3-path), mechanically operated Limit switch, change-over contact	1083 SW3NOT1 Emergency stop switch / Emergency stop pushbutton, change-over contact (3-path) Pushbutton, change-over contact
1068 SW2D Pushbutton, change-over contact (2-path), operated by toothing Pushbutton, change-over contact	1076 SW2N Cam switch, change-over contact (2-path) Limit switch, change-over contact	1084 SW2NOT2 Emergency stop switch / Emergency stop pushbutton, change-over contact (2-path), with turn-to-reset Pushbutton, change-over contact
1069 SW3D Pushbutton, change-over contact (3-path), operated by toothing Pushbutton, change-over contact	1077 SW3N Cam switch, change-over contact (3-path) Limit switch, change-over contact	1085 SW3NOT2 Emergency stop switch / Emergency stop pushbutton, change-over contact (3-path), with turn-to-reset Pushbutton, change-over contact
1070 SW2F Pushbutton, change-over contact (2-path), power-operated Pushbutton, change-over contact	1078 SW2NE Proximity switch, change-over contact (2-path) Switch, change-over contact	1086 SW2NOT3 Emergency stop switch / Emergency stop pushbutton, change-over contact (2-path), with pull-to-reset Pushbutton, change-over contact
1071 SW3F Pushbutton, change-over contact (3-path), power-operated Pushbutton, change-over contact	1079 SW3NE Proximity switch, change-over contact (3-path) Switch, change-over contact	1087 SW3NOT3 Emergency stop switch / Emergency stop pushbutton, change-over contact (3-path), with pull-to-reset Pushbutton, change-over contact

Reports

Objects	Weight	Scale
		1.000

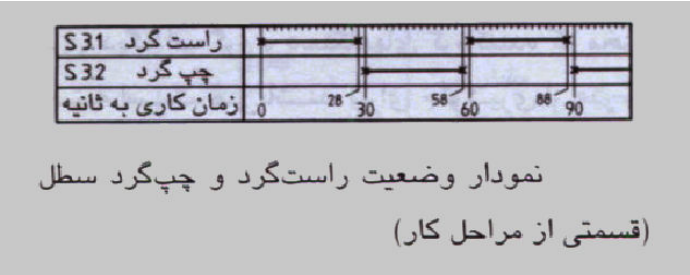
Page 15 Pg 122

Format A3

شکل ۵-۱۶: نمایش علائم اختصاری(*Symbol overview*)

۵-۵-۳-۵) نمودارهای زمان

نمودارهای زمان نشان‌دهنده‌ی عملکرد زمانی در یک دستگاه می‌باشند به عنوان مثال می‌توان کنترل سیستم حرارتی ساختمان‌ها یا خشک کن در ماشین‌لباس‌شویی را نام برد.



شکل ۵-۱۷: نمودارهای زمان

۵-۵-۳-۶) دیاگرام اتصال

دیاگرام اتصال اخیرا به جای نقشه ترمینال‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد و درآن کلیه اتصالات بین اجزاء و سیم‌های رابط بیان می‌شود.

۵-۶) نکاتی مربوط به ترسیم نقشه‌های مدار فرمان

در تمامی‌نقشه‌ها کلیه وسایل با حروف استانداردی مشخص می‌گردد که در سمت چپ علائم اختصاری نوشته می‌شود مسیر جریان هر خط به طور کامل مشخص است. شماره‌گذاری مسیر جریان‌ها از چپ به راست بوده و زیر خط افقی مدار، جدولی ترسیم می‌شود که مشخص می‌نماید کنتاکت‌های این وسیله در کدام خطوط مدار فرمان قرار دارند. خط تیره در این جدول نمایش دهنده عدم استفاده از کنتاکت وسیله مورد نظر است وضعیت باز و بسته بودن و نوع کنتاکت‌ها در بالای جدول مشخص می‌شود. در بخش بعدی به توضیح قسمت‌های مختلف شماره‌گذاری می‌پردازیم.

۵-۶-۱) عدد خط(شماره مسیر جریان)

در نقشه‌ها عدد خط به دو روش سری و ذخیره‌ای اجرا می‌شود که در زیر به توضیح آن‌ها پرداخته شده‌است.

۵-۶-۱-۱) روش سری

در روش سری ابتدا خطوط مدار قدرت و سپس در ادامه خطوط مسیر جریان مدار فرمان شماره‌گذاری می‌شود(به عنوان مثال از شماره ۱ تا ۸ خطوط مدار قدرت و از شماره ۹ تا ۲۳ شماره مسیر جریان‌های مدار فرمان). عیب این روش بسته شدن شماره‌های مدار قدرت است که نمی‌توان وسیله‌ای را به نقشه اضافه کرد(بدین معنی که بلافاصله بعد از شماره‌ی ۸ در مدار قدرت، شماره ۹ در مدار فرمان مورد استفاده قرار می‌گیرد). این روش برای مدارهایی که امکان توسعه برای آن وجود نداشته باشد سودمند خواهد بود.

۵-۶-۱-۲) روش ذخیره‌ای

در روش ذخیره‌ای ابتدا مسیر جریان‌های مدار فرمان را از عدد ۱ تا انتهای مدار شماره‌گذاری کرده به عنوان مثال تا۲۱ ادامه می‌دهیم، سپس با ذخیره اعدادی به عنوان مثال از ۲۱ تا ۴۱(۲۰=۲۱-۴۱) شماره

خطوط مدار قدرت را از شماره ۴۲ شماره‌گذاری می‌کنیم پس جهت توسعه مدار ۲۰ خط فرمان ذخیره شده‌است. این روش در مواقعی استفاده می‌شود که احتمال توسعه مدار وجود داشته باشد(تفاوت دو روش گفته شده در تعداد ارقام مسیر جریان قدرت و فرمان است).

۵-۶-۲) نشان دادن نقاط انشعاب در نقشه فرمان(عدد انشعاب)

عدد انشعاب نیز به دو روش سری و تابع در نقشه فرمان به نمایش گذاشته می‌شود.

۵-۶-۲-۱) روش سری

در روش سری از مسیر جریان شماره ۱ در مدار فرمان شروع شده تا انتهای مسیر جریان‌ها این عدد را ادامه می‌دهیم(...۶-۵-۴-۳-۲-۱). عیب این روش در آن است که اگر سیمی در تابلو برق قطع شود، مشخص نمی‌شود که مربوط به کدام مسیر جریان بوده است.

۵-۶-۲-۲) روش تابع خط

در روش تابع خط عدد انشعاب را با توجه به شماره مسیر جریان خطوط انتخاب می‌کنند برای مثال، عدد ۱۲ به معنی خط اول انشعاب دوم یا عدد ۳۵ بمعنی خط سوم انشعاب پنجم است. هرگاه عددهای خط زیاد شوند و به سه رقم یا چهار رقم برسند برای مشخص کردن شماره خط و شماره انشعاب از نقطه استفاده می‌شود به عنوان مثال ۱۲.۱ بمعنی خط ۱۲ و انشعاب اول و یا ۲۴.۱۲ بمعنی خط ۲۴ و انشعاب ۱۲ می‌باشد.

۵-۶-۳) عدد وسیله

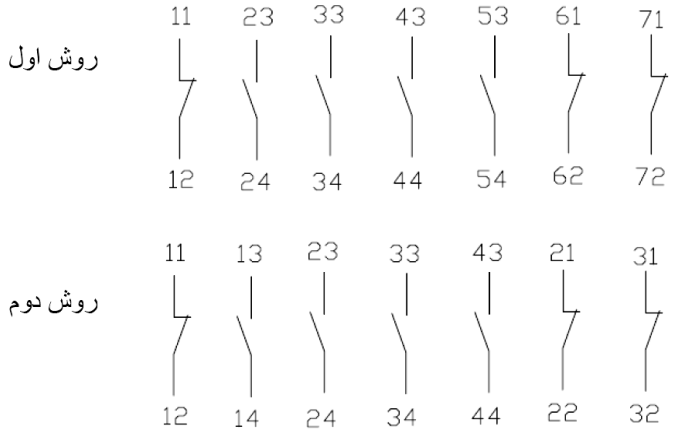
هر وسیله‌ای که در مدار کنترل به کار برده شود به وسیله حروف و اعداد معرفی می‌شود بنابراین روش عددگذاری آن‌ها می‌بایست که مورد توجه قرار گیرد. به طور کلی می‌توان وسایل را به دو دسته وسایل دستی- مکانیکی و وسایل اتوماتیکی تقسیم کرد که در زیر به توضیح هریک از آن‌ها پرداخته شده است.

۵-۶-۳-۱) وسایل دستی - مکانیکی

کلیه وسایلی که با دست فرمان می‌گیرند(مانند استاپ، استارترها) و یا به طور مکانیکی فرمان می‌گیرند(مانند میکروسوئیچ‌ها) با اعداد تک رقمی مشخص می‌شوند. برای کنتاکت‌های بسته این وسایل از اعداد ۱ و ۲ و برای کنتاکت‌های باز آن‌ها از اعداد ۳ و ۴ استفاده می‌شود. هرگاه از یک نوع وسیله به تعداد زیاد استفاده شود، به حروف مشخص کننده وسیله، اندیس عددی می‌دهیم.

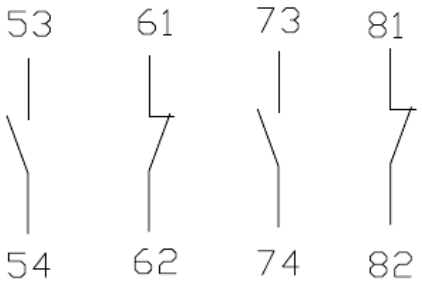
۵-۶-۳-۲) وسایل اتوماتیکی(مانند کنتاکتور، تایمر و بی‌متال‌ها)

برای توضیح وسایل اتوماتیکی مانند کنتاکتورها می‌بایست گفت که آن قسمت از کنتاکتورها که در مدار قدرت به کار می‌روند با اعداد تک رقمی مشخص می‌شوند بدین صورت که ورودی تیغه‌ها با اعداد ۱، ۳، ۵ و خروجی آن‌ها با اعداد ۲، ۴، ۶ نمایش داده می‌شوند. کنتاکت‌های فرمان کنتاکتور به دو روش مشخص شده که در هر دو روش کنتاکت‌های فرمان با اعداد دو رقمی مشخص می‌شوند در روش اول عدد سمت چپ معرف تعداد کنتاکت کنتاکتور است و رقم سمت راست اگر ۲ و ۱ باشد، به معنی بسته بودن و اگر ۴ و ۳ باشد به معنی باز بودن است. اعداد کنتاکت در این روش به دنبال هم و به صورت سری نوشته می‌شوند. در روش دوم تمامی‌کنتاکت‌ها به کنتاکتهای باز و بسته دسته‌بندی و به صورت جداگانه شماره می‌گیرند و همچنین در مدار قدرت، بی‌متال‌ها، کنتاکتورها و... با اعداد تک رقمی مشخص شده و در این شیوه ۱، ۳، ۵ ورودی و ۲، ۴، ۶ خروجی قسمت قدرت را نشان می‌دهد(شکل ۵-۲۳).



شکل ۵-۱۸: نمایش کنتاکت‌های فرمان کنتاکتور

باید توجه داشت همانگونه که در شکل ۵-۱۹ مشاهده می‌شود شماره طبقه دوم کنتاکتورها از عدد ۵ شروع می‌شود.



شکل ۵-۱۹: نمونه‌ای از شماره‌گزاری طبقه دوم کنتاکتورها

۵-۶-۴) شماره ترمینال

در نقشه مسیرجریان روبروی نقاط انشعاب عددی در داخل پرانتز نوشته می‌شود که این عدد مشخص می‌کند نقطه انشعاب مورد نظر به کدام ترمینال خارجی وصل شده‌است(در داخل پرانتز شماره ترمینال‌ها مشخص می‌گردد).

۵-۶-۵) عدد بوبین

روبروی کنتاکت کلیه وسایل مدار فرمان عددی داخل پرانتز نوشته شده که مشخص می‌کند بوبین این کنتاکت در کدام خط از خطوط مسیر جریان قرار دارد. همچنین در زیر خطوط مدار فرمان مسیرجریان با جدول یا علامتهایی ترسیم می‌شود که مشخص کننده‌ی وضعیت، موقعیت و تعداد تیغه‌های کنتاکتور یا تایمر در خطوط مختلف مسیر جریان است. با استفاده از این جداول می‌توان ضمن کسب اطلاع از تماس کنتاکتهای یک کنتاکتور یا تایمر از چگونگی قرار گرفتن تیغه‌ها در مسیر جریان‌های مختلف مطلع شد. این جدول‌ها ممکن است به سه صورت نمایش داده شده در شکل ۵-۲۰، زیر خطوط مسیر جریان ترسیم شوند.

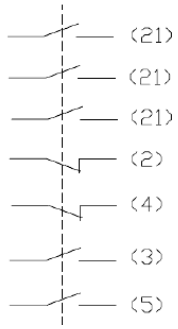
جدید ۱

۲۱	۲	۳
۲۱	۴	۵
۲۱	–	–

قدیم ۲

H	Q	S
۲۱	۲	۳
۲۱	۴	۵
۲۱	–	–

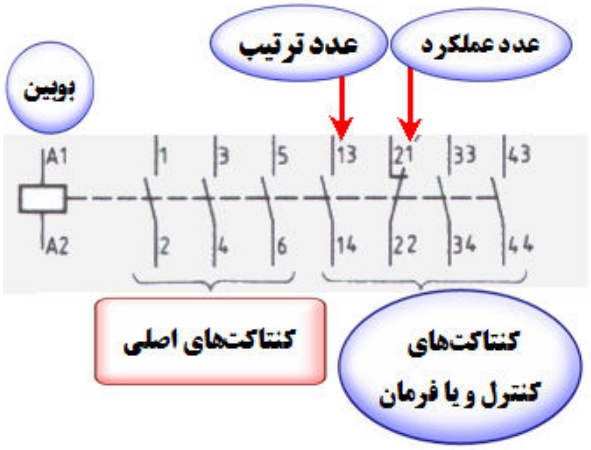
۳



شکل ۵-۲۰: نمایش تعداد تیغه‌های کنتاکتور یا تایمر در خطوط مختلف مسیر جریان

۵-۷) رسم مدارات فرمان و قدرت

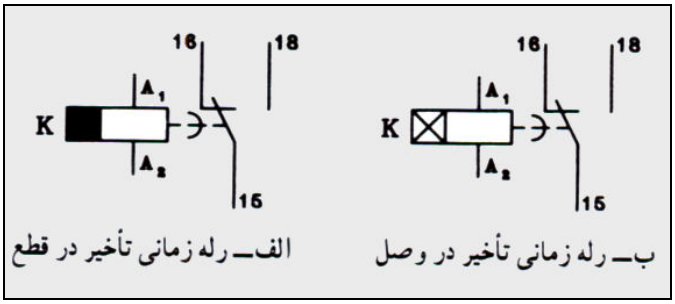
همانگونه که در شکل ۵-۲۱ مشاهده می‌شود بوبین کنتاکتور دارای علامتهای *A1* و *A2* بوده و همچنین علامت‌گذاری کنتاکت‌های اصلی با اعداد تک‌رقمی صورت می‌گیرد. ترمینال‌های فرد(*1,3,5*) برای تامین جریان راه‌اندازی(یا تغذیه) و ترمینال‌های زوج(*2,4,6*) به وسایل مصرف‌کننده(به عنوان مثال یک الکتروموتور) وصل می‌شوند.



شکل ۵-۲۱: شمای فنی کنتاکتور

کنتاکت‌های کنترلی یا فرعی دارای شماره‌گذاری دو رقمی هستند که یک رقم مربوط به ترتیب و یک رقم نشاندهنده‌ی عملکرد است. رقم اول ترتیب است به عنوان مثال می‌توان به رقم *1* در کنتاکت درحالت معمولی بسته(*N.C*)*13* و *14* در شکل ۵-۲۱ اشاره کرد. هنگامی‌که تعداد کنتاکت‌ها بیشتر از یکی است کنتاکت دومی برای تمیز دادن از اولی، رقم *2* را می‌گیرد به عنوان مثال می‌توان کنتاکت درحالت معمولی باز*21* (*N.O*) و *22* درشکل ۵-۲۱ اشاره کرد. جهت ارقام چپ به راست و برای ناظری که به کنتاکتور نگاه می‌کند می‌باشد. در کنتاکتورهایی که کنتاکت‌هایشان دارای طبقات بیشتری است، ترتیب ارقام از طبقه‌ای شروع می‌شود که سطح بست کنتاکتور آن طبقه در طبقه بعدی قرار داشته باشد. ارقام عملکرد بعد از ارقام مربوط به ترتیب می‌آیند. در کنتاکت درحالت معمولی بسته *13* و *14* این رقم‌ها *3* و*4* هستند. برای اتصال در

حالت معمولی باز *1* و *2*، کنتاکت‌های دوکاره با *4 , 2 , 1* (شکل ۵-۲۲) کنتاکت‌های معمولی باز تایمری مثل راه‌پله *5* و*6* و کنتاک‌های معمولی بسته تایمری با ارقام *7 , 8* مشخص می‌شوند.



شکل ۵-۲۲: شمای فنی تایمر

۵-۷-۱) اعداد شناسه

اعداد شناسه نوع و تعداد کنتاک‌های فرعی در سیستم‌های قطع و وصل به عنوان مثال یک کنتاکتور را نشان می‌دهند. این اعداد ۲ رقمی هستند رقم اول تعداد کنتاکت‌های در حالت معمولی بسته و رقم دومی تعداد کنتاکت‌های در حالت معمولی باز را مشخص می‌کند به عنوان مثال یک کنتاکتور با عدد شناسه *53* بدین معنی است که پنج کنتاکت درحالت معمولی بسته و سه کنتاکت درحالت معمولی باز دارد. یک کنتاکتور با عدد شناسه *5*، بدون کنتاکت *NC* و دارای پنج کنتاکت *NO* می‌باشد.

۵-۸) مدارات پایه‌ی برق صنعتی

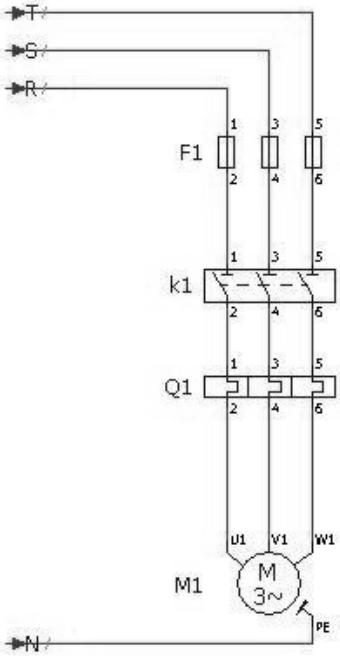
پس از آشنایی با نقشه‌ها، حال در این بخش به توضیح و معرفی مدارات پایه‌ی برق صنعتی می‌پردازیم.

۵-۸-۱) طراحی وتشریح راه‌اندازی یک موتور از یک نقطه به صورت لحظه‌ای

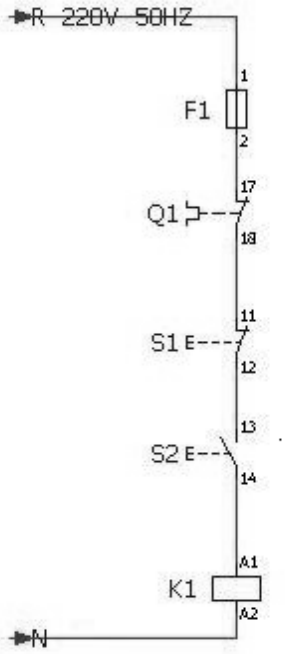
برای طراحی ابتدا تجهیزات مورد نیاز برای مدار قدرت آنرادر نظر می‌گیریم سپس با توجه به قرار گرفتن آن‌ها و نوع کنترل، به طراحی مدار می‌پردازیم.

در طراحی مدار قدرت با توجه به شکل ۵-۲۳ نیاز به فیوز جهت حفاظت در برابر اتصال کوتاه(اضافه جریان) خواهیم داشت. همچنین به منظور حفاظت از الکتروموتور در برابر *fault*هایی از قبیل اضافه بار و یا دو فاز شدن می‌بایست کلید حرارتی مناسبی در مسیر جریان عبوری از سه‌فاز قرارگیرد که ترتیب قرار گرفتن فیوزهای قدرت و تیغه‌های قدرت کنتاکتور و کلید حرارتی در شکل ۵-۲۳ نشان داده شده است. بنابراین با طراحی مدار قدرت حال به منظور کنترل مدار به طراحی مدار فرمان خواهیم پرداخت. در طراحی مدار فرمان یک فیوزمجزا، جهت حفاظت قسمت‌های فرمان نیاز می‌باشد که به صورت سری در مسیر عبور جریان فرمان قرار می‌گیرد و همچنین می‌بایست پس از فیوز از کنتاکت بسته کلید حرارتی که کوپل با تیغه‌های قدرت بی‌متال می‌باشد استفاده کرد و در صورت عملکرد کلید حرارتی ضمن قطع نمودن مدار قدرت، مدار فرمان نیز مسیر جریان عبوری را قطع می‌نماید و به صورت سری بادیگر تجهیزات قرار می‌گیرد. حال ما نیاز به کلیدهای *STOP* به منظور قطع جریان عبوری در مواقع مورد نیاز خواهیم داشت و در مدار طراحی شده زیر برای راه‌اندازی مدار نیاز به شاستی استارت می‌باشد، تا زمانی که دست بر روی شاستی *START* قرار دارد جریان الکتریکی به بوبین کنتاکتور مورد نظر می‌رسد و در صورت برداشتن دست نمی‌بایست به هیچ‌وجه جریانی به بوبین کنتاکتور برسد. اما نکاتی که در طراحی مدار فوق می‌بایست در نظر گرفته شود و پایه و اساس طراحی می‌باشد این است که در صورت تحریک کلید *STOP* و *START* به طور همزمان نباید به بوبین کنتاکتورجریانی برسد و همچنین در صورت عدم تحریک در لحظه ابتدایی نه تنها این مدار بلکه کلیه مدارهایی که به ترتیب به تشریح و توضیح آن‌ها خواهیم پرداخت نباید بوبین کنتاکتور تحریک شود، که

طراحی مدارفرمان در شکل ۵-۲۴ نمایش داده شده است. خوانندگان محترم باید توجه کنند انتخاب فیوزها و کلید حرارتی و کنتاکتور مربوطه می‌بایست مطابق نوع قدرت موتور باشد.



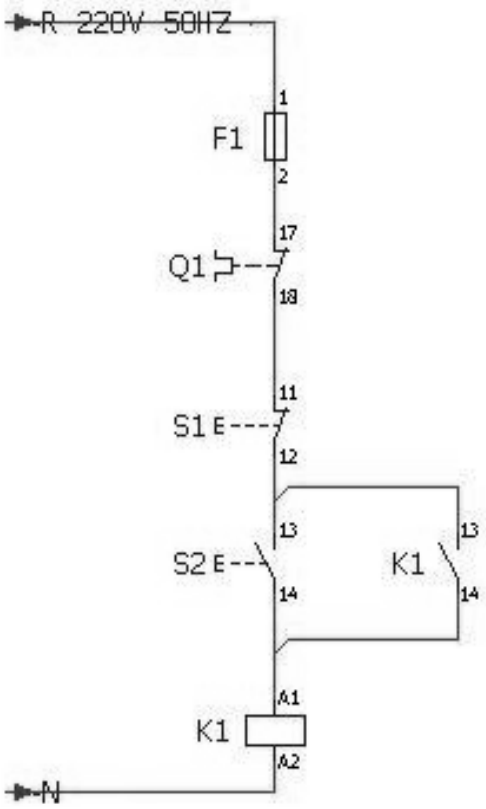
شکل ۵-۲۳: مدار قدرت راه‌اندازی یک موتور از یک نقطه به صورت لحظه‌ای



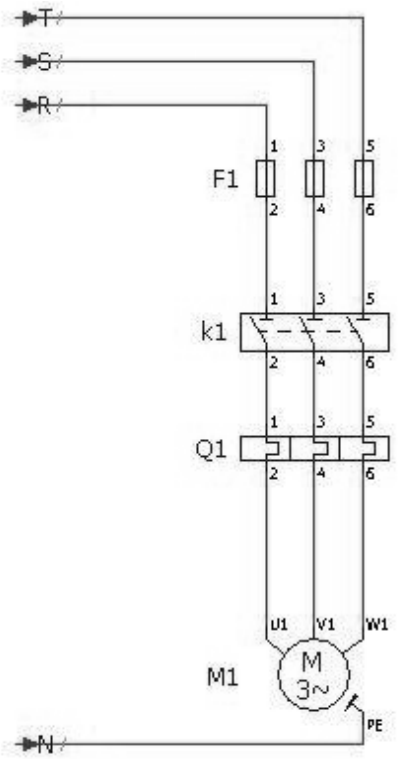
شکل ۵-۲۴: مدار فرمان راه‌اندازی یک موتور از یک نقطه به صورت لحظه‌ای

۵-۸-۲) طراحی و تشریح راه‌اندازی یک موتور از یک نقطه به صورت دائم

مدار قدرت، همانند مدار قدرت شکل ۵-۲۳ خواهد بود و هیچ تغییری در مدار قدرت صورت نمی‌گیرد، بلکه نحوه کنترل تغییرات کوچکی خواهد داشت. چون در نحوه کنترل خواسته شده از ما الکتروموتوری که می‌خواهد با تمام شرایط ایمنی، به صورت دائم با زدن استارت شروع به کار نماید بنابراین مدار فرمان، همانند مدار فرمان مدار شکل ۵-۲۴ می‌باشد با این تفاوت زمانی نیاز به این داریم که با زدن استارت موتور شروع به کارنماید و با برداشتن دست از روی شاستی استارت موتور به کار خود ادامه دهد. بنابراین نیاز به یک نگه‌دارنده(تیغه *No* از کنتاکتور موازی با کلید استارت) خواهیم داشت، یعنی پس از عبور جریان از کلید استارت در مرحله آغازین بوبین کنتاکتور تحریک شده و تیغه‌های قدرت و فرمان عمل می‌نمایند و تیغه باز موازی شده با استارت، بسته شده و با برداشتن دست از روی آن در این لحظه جریان کنتاکتور از طریق تیغه باز کنتاکتور که اکنون بسته شده عبور می‌نماید. تا زمانی که کلید *STOP* و یا دیگر تجهیزات ایمنی تحریک نشوند الکتروموتور در جهت تعیین شده به کارخود ادامه می‌دهد، که مدار فرمان آن در شکل ۵-۲۵ نمایش داده شده است.



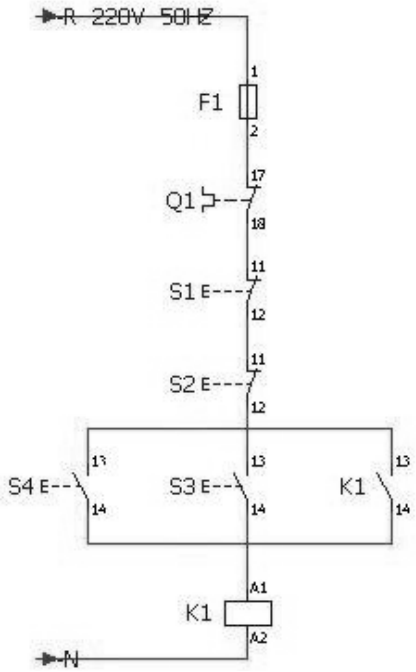
شکل ۵-۲۵: مدار فرمان راه‌اندازی یک موتور از یک نقطه به صورت دائم



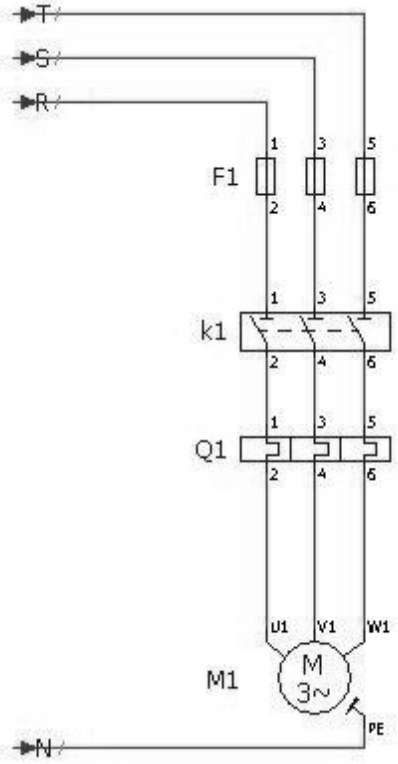
شکل ۵-۲۶: مدار قدرت راه‌اندازی یک موتور از یک نقطه به صورت دائم

۵-۸-۳) طراحی و تشریح راه‌اندازی یک موتور به صورت دائم بیش از یک نقطه

خوانندگان گرامی به این نکته توجه داشته باشند همان‌طور که از عنوان طراحی استنباط می‌گردد بازهم در مدار قدرت هیچ تغییری صورت نخواهد گرفت بلکه در نحوه کنترل و مدار فرمان می‌بایست اندکی تغییر صورت پذیرد. پس مدار قدرت آن به صورت همان مدار قدرت قبلی و در شکل ۵-۲۸ به نمایش در آمده است. مدار فرمان آن نیز همانند مدار فرمان شکل قبل بوده با این تفاوت که می‌بایست یک تعداد شاستی *STOP* و *START* دیگری را در نقاطی از مدار اضافه نمائیم و ساختار کلی ما تغییری نخواهد کرد. برای درک بیشتر مطلب درنظر بگیرید که گاهی در برخی از صنایع این نیاز به وجود می‌آید که یک پروسه از چندین نقطه(در نزدیک پروسه و یا دورتر) کنترل شود، که این کار بسیار ساده می‌باشد. برای این منظور ما می‌دانیم کلیدهای قطع کننده معمولا کنتاکت‌های بسته بوده و به طور سری در مسیر جریان قرار می‌گیرند یعنی اینکه برای قطع یک مدار از چندین نقطه کافسیت شاستی‌های *STOP* به صورت سری و پشت سر هم قرار گیرند. همچنین به این مطلب هم آگاهیم که معمولا وصل کنندها کنتاکت باز بوده و به صورت موازی باهم قرار دارند یعنی برای آنکه بتوان یک مدار را از نقاط مختلفی وصل کنیم می‌بایست شاستی‌های *START* را به صورت موازی با هم قرار داد. پس از مطالب فوق می‌توان این نتیجه را گرفت که کلیدهای وصل کننده کنتاکت باز و به صورت موازی بوده و کلیدهای قطع کننده کنتاکت بسته و معمولا به صورت سری می‌باشند و در همه مدارات این مطلب صادق است. مدار فرمان کنترل یک الکتروموتور از دو نقطه در شکل ۵-۲۷ نمایش داده شده است.



شکل ۵-۲۷: مدار فرمان راه‌اندازی یک موتور به صورت دائم بیش از یک نقطه

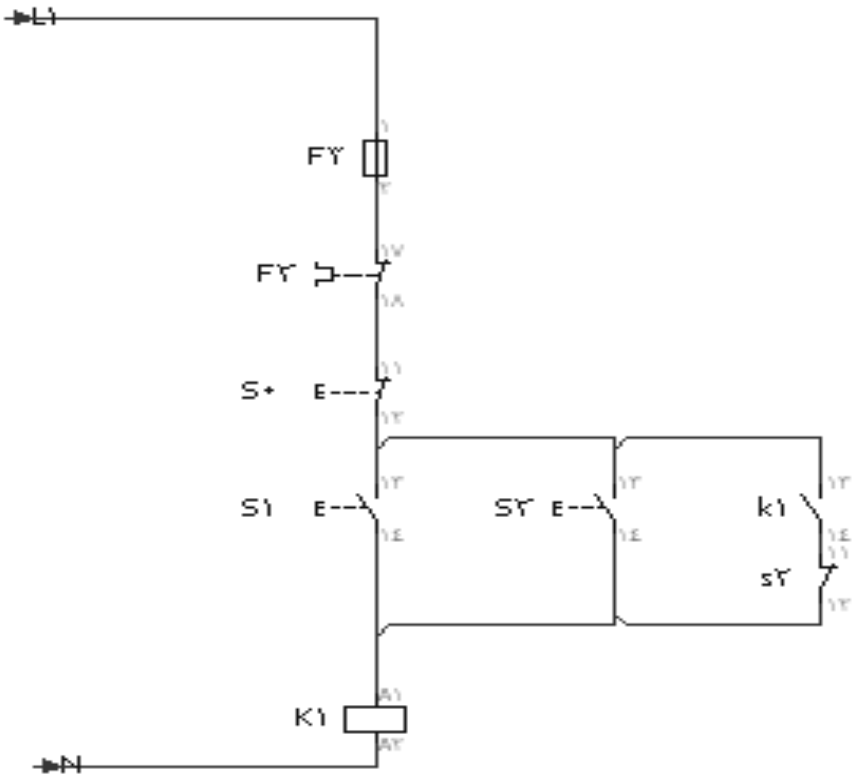


شکل ۵-۲۸: مدار قدرت راه‌اندازی یک موتور به صورت دائم بیش از یک نقطه

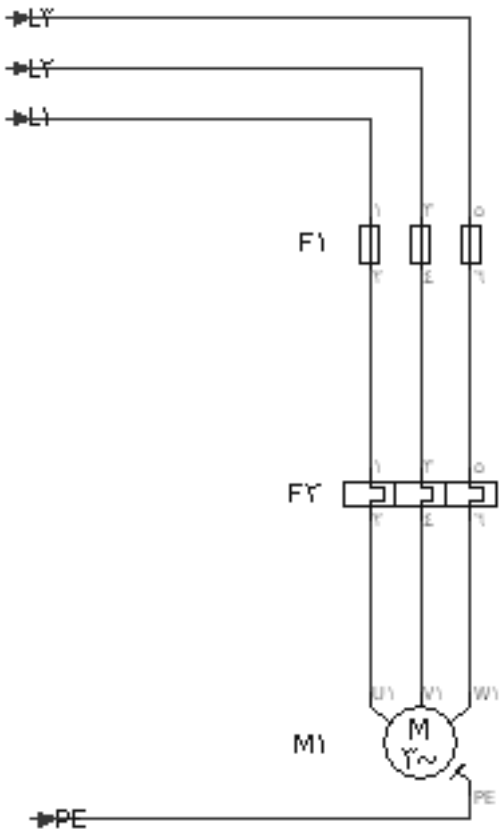
مطالب گفته شده فوق شامل سه مدار بود که اصول کلی و پایه برای کلیه مدارهای فرمان و قدرت صنعتی می‌باشد. با رجوع به این اصول و رعایت تمامی نکته‌های آن می‌توان به راحتی انواع مدارات فرمان و قدرت را طراحی کرد.

۵-۸-۴) طراحی و تشریح راه‌اندازی یک الکتروموتور به صورت لحظه‌ای و دائم

مدار قدرت آن همانند مدارات قبل می‌باشد، اما مدار فرمان ترکیبی از مدار فرمان لحظه‌ای و دائم می‌باشد که در آن ابتدا مدار فرمان دائم را ترسیم می‌نماییم و سپس به جای استارت لحظه‌ای از یک شاستی استپ و استارت دوبل که در مدار فرمان زیر با *S2* نمایش داده شده است مدار را تکمیل می‌نمائیم. زمانی که نیاز به راه‌اندازی دائم باشد، می‌توان با شاستی *S1* مسیر عبور جریان برق کنتاکتور را، برقدار ساخت و برای قطع آن کافیست شاستی *STOP* را تحریک نمائیم. اما اگر نیاز به راه‌اندازی لحظه‌ای باشد شاستی *START2* مسیر عبور جریان برق کنتاکتور را فراهم ساخته و کنتاکت بسته *S2* که به طور سری با تیغه خودنگه‌دارنده کنتاکتور قراردارد آنرا از مدارخارج می‌نماید و بابرداشتن دست ازروی شاستی*S2* مسیر عبور جریان قطع می‌گرددکه مدار فرمان و قدرت در شکل ۵-۲۹ و شکل ۵-۳۰ به نمایش در آمده است.



شکل ۵-۲۹: مدار فرمان راه‌اندازی یک الکتروموتور به صورت لحظه‌ای و دائم



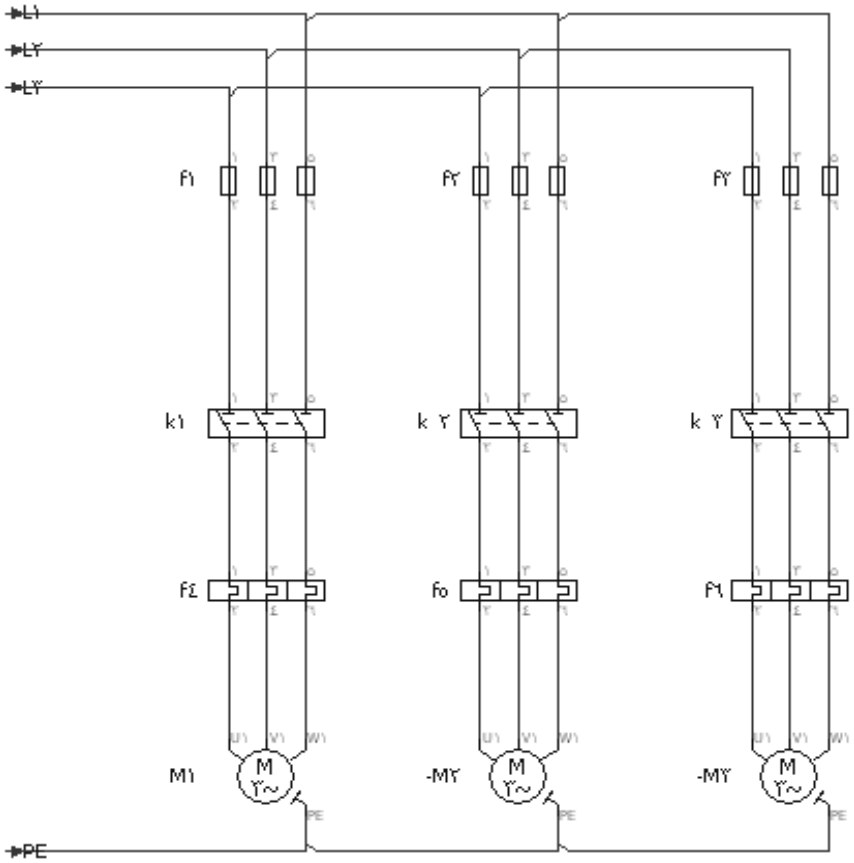
شکل ۵-۳۰: مدار قدرت راه‌اندازی یک الکتروموتور به صورت لحظه‌ای و دائم

در طراحی این مدار این نکته حائز اهمیت است که شاستی دوبل به چه صورت عمل می‌نماید. درصنعت گاهی نیاز به یک شاستی داریم که فقط تمامی کنتاکت‌های آن بسته یا باز باشند در واقع به تعدادی زیادی کنتاکت در طراحی مدار خود نیازخواهیم داشت که با تحریک آن شاستی، به قسمت‌های مختلفی فرمان دهد که می‌توان در صورت زیاد بودن این کنتاکت‌ها و زمانی که امکان تهیه شاستی که بیش از دو کنتاکت برروی آن سوار می‌شود وجود ندارد، از کنتاکتور استفاده نمود. بدین ترتیب مثلاً فرض کنید در مدار نیاز به سه کنتاکت باز شاستی استارت خواهیم داشت(استارتی با سه کنتاکت) که هرکدام از جایی تغذیه می‌شوند و می‌خواهیم باتحریک یک شاستی *START* همه آن‌ها تحریک شوند. بدین منظور کافیست هر یک از تغذیه‌ها را به ورودی باز کنتاکتور وصل نمائیم و خروجی آنرا به مداری که قبلا خروجی استارت برای آن تعبیه شده بود، قرار دهیم. دراین صورت با تحریک بوبین کنتاکتور که توسط شاستی استارت می‌باشد باعث تحریک سه کنتاکت باز خواهد شد که همین قضیه در مورد تیغه‌های بسته *STOP* نیز صادق است یعنی اگر نیاز به تعداد زیادی شاستی *STOP* باشد که در یک تحریک بخواهیم عمل کنند می‌توان از تیغه‌های بسته کنتاکتور استفاده نمود.

۵-۸-۵) طراحی و تشریح راه‌اندازی سه الکتروموتور سه‌فاز به صورت لحظه‌ای

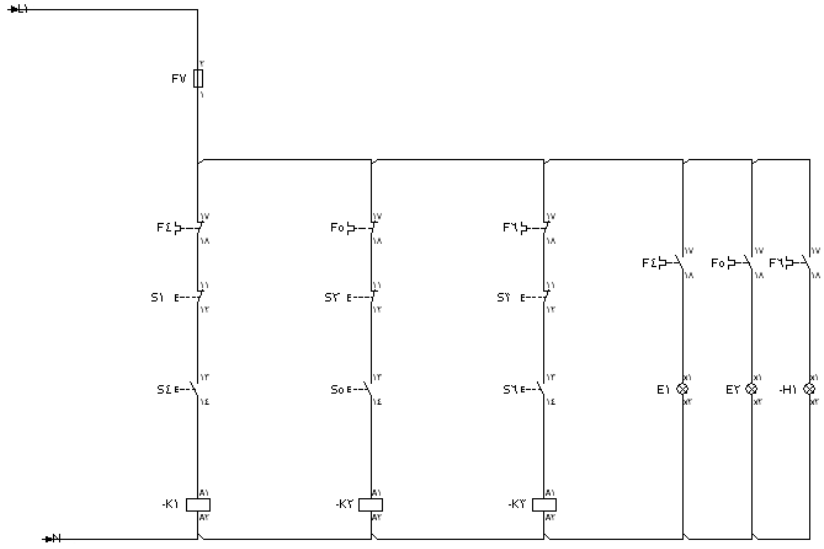
طراحی باید به گونه‌ای باشد که هرکدام از موتورها دو فاز شد(بی‌متال عملکرده) موتور مربوطه را خاموش کند و لامپ سیگنال‌هایی عملکرد بی‌متال را نشان دهد. همان‌طور که از عنوان طراحی دریافت

می‌شود مدار قدرت همانند مدارهای قبل بوده ولی با این تفاوت که سه الکتروموتور می‌بایست راه‌اندازی شوند. بنابراین سه مجموعه کاملا مجزا در کنار هم قرار می‌گیرند که در شکل ۵-۳۱ مدار قدرت آن به نمایش در آمده است.



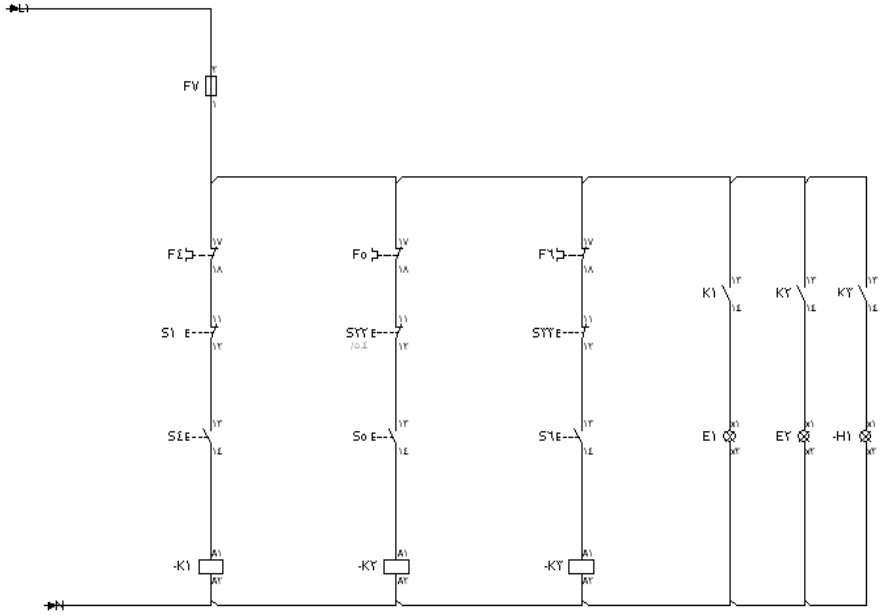
شکل ۵-۳۱: مدار قدرت راه‌اندازی سه الکتروموتور سه‌فاز به صورت لحظه‌ای

در طراحی مدارفرمان باتوجه به عنوان طراحی، می‌توان گفت اگر سه مجموعه راه‌اندازی الکتروموتورسه‌فاز به صورت لحظه‌ای راه‌اندازی شوند و کنتاکت‌های باز بی‌متال را که معمولا به عنوان هشدار دهنده می‌باشند بتوان در مدار به نحوی قرار داد که در صورت عمل کلید حرارتی(بی‌متال) علاوه بر قطع مدار قدرت و مسیر عبور جریان هر کنتاکتور، به شما این امکان را بدهد که بدون بررسی و عیب‌یابی به این نکته پی‌ببرید که افزایش بار در مدار قدرت وجود دارد. پس با رفع عیب مدار می‌توان مجموعه مورد نظر را راه‌اندازی نمود. ضمناً از آنجا که بی‌متال‌ها، برروی مسیر عبور جریان کنتاکتور مربوط به خود قرار دارند، تنها کنتاکتور مربوط به خود را قطع می‌نمایند و به کنتاکتور دیگر تاثیر نمی‌گذارند. پس از تیغه‌های *NC* کلید حرارتی به منظور قطع مدار و از کلید *No* کلید حرارتی برای هشدار و روشن نمودن آلارم زنگ، در صورت وقوع عیب استفاده می‌شود که مدار فرمان آن در شکل ۵-۳۲ به نمایش در آمده است.



شکل ۵-۳۲: مدار فرمان راه‌اندازی سه الکتروموتور سه‌فاز به صورت لحظه‌ای

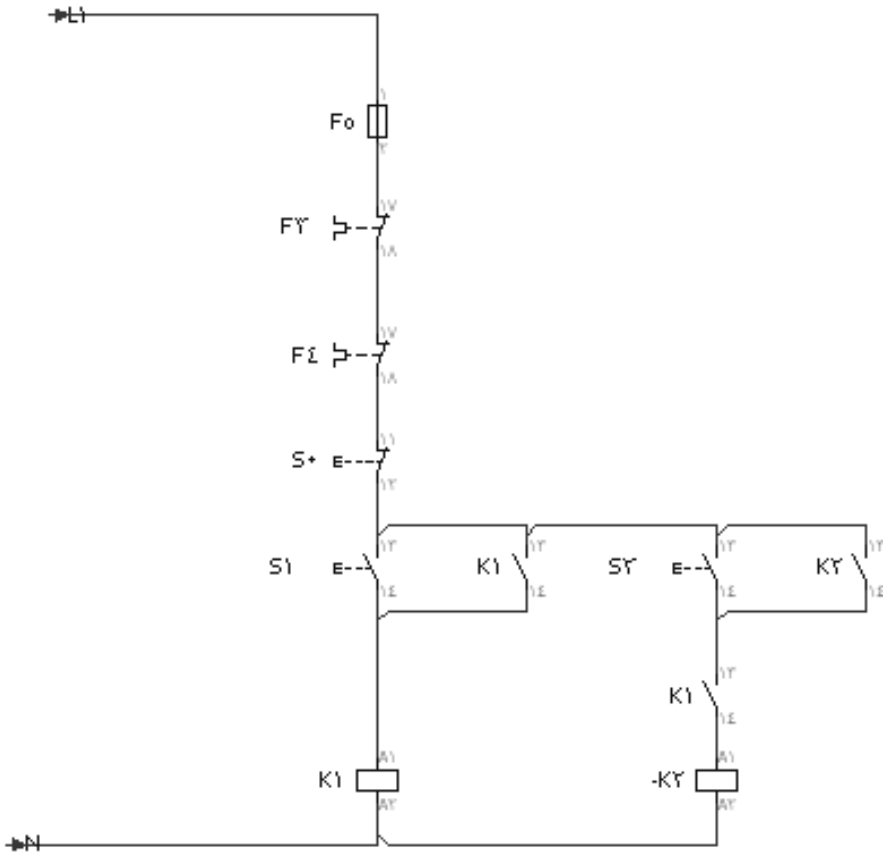
اگر چنانچه در عنوان طراحی این گونه مطرح شده باشد که می‌خواهیم زمانی که الکتروموتورها شروع به کار نمودند همراه با برق‌دار شدن الکتروموتورها لامپ سیگنال‌هایی برق‌دار بودن هریک از آن‌ها را به اطلاع اپراتور و یا دیگر مجموعه برساند کافیست از کنتاکت‌های باز هریک از کنتاکتورها در مسیر لامپ سیگنال استفاده شود که در این صورت تا زمانی که از مسیرعبور جریان هر یک از کنتاکتورها جریانی عبور می‌کند و بوبین آن جذب می‌نماید تیغه باز آن بسته شده و لامپ مربوطه را روشن می‌کند که مدار فرمان تکمیل شده در شکل ۵-۳۳ به نمایش در آمده است.



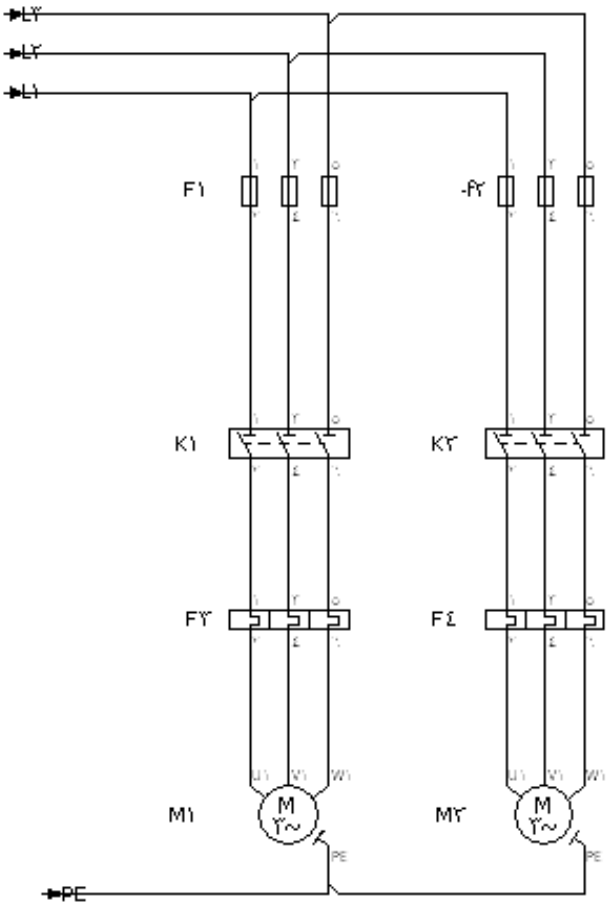
شکل ۵-۳۳: مدار فرمان راه‌اندازی سه الکتروموتور سه‌فاز به صورت لحظه‌ای(اصلاح شده)

۵-۸-۶) طراحی و تشریح راه‌اندازی دوالکتروموتوربه صورت یکی پس از دیگری

مدار قدرت این مدار مانند شکل ۵-۳۵ می‌باشد. در تحلیل مدار فرمان مانند کلیه مداراتی که در قبل ارائه گردید تجهیزات ایمنی از قبیل فیوز فرمان و تیغه بی‌متال‌ها و *STOP* به صورت سری در پشت سرهم قرار می‌گیرند. حال اگر بوبین کنتاکتور اول تحریک گردد نگه دارنده آن(تیغه باز کنتاکتور) وصل می‌شود و با تحریک استارت موتور دوم، موتور دوم نیز وارد مدار می‌شود اما نکته‌ای که در مدارات یکی پس از دیگری حائز اهمیت می‌باشد این است که تا زمانی که بوبین کنتاکتور اول تحریک نشود نباید موتور دوم وارد مدار گردد یعنی ابتدا موتور اول با زدن استارت روشن می‌گردد و بعد از روشن شدن آن موتور دوم با زدن استارت دوم روشن خواهد شد. به عبارت دیگر کنتاکت باز کنتاکتور اول مهیا کننده شرایط برق‌دار شدن کنتاکتور دوم خواهد بود که مدار فرمان آن در زیر به نمایش در آمده است. می‌توان برای تعداد زیادی از الکتروموتور این شرایط را برقرار ساخت.



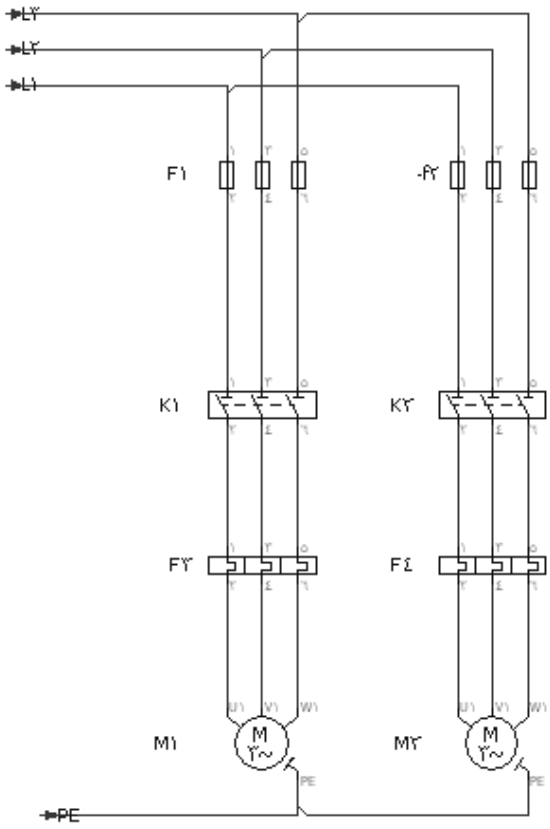
شکل ۵-۳۴: مدار فرمان راه‌اندازی دوالکتروموتوربه صورت یکی پس از دیگری



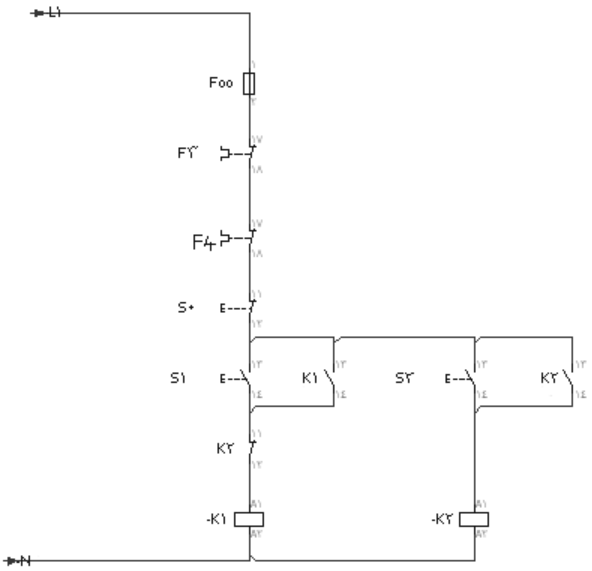
شکل ۵-۳۵: مدار قدرت راه‌اندازی دوالکتروموتوربه صورت یکی پس از دیگری

۵-۸-۷) طراحی وتشریح راه‌اندازی دو الکتروموتور به صورت یکی بجای دیگری

مدار فدرت آن مانند شکل ۵-۳۶ خواهد بود. گاهی در مدارات و پروسه‌های صنعتی نیاز به این می‌باشد که با زدن استارت موتور اول شروع به کار نماید و با زدن شاستی *START* دوم موتور اول خاموش شده و موتور دوم شروع به کار نماید. یعنی اگر موتور دوم شروع به کار کرد موتور اول دیگر روشن نشود، مگر آنکه مدار فرمان توسط *STOP* قطع گردد. درواقع کنتاکت بسته کنتاکتور دوم را در مسیر کنتاکتور اول قرار می‌دهیم تا درشرایطی که موتور دوم روشن می‌شود موتور اول را قطع نماید که این سیکل را می‌توان برای تعداد زیادی از مدارات به کاربرد. درواقع این مدار به این موضوع اشاره می‌نماید که تیغه‌های بسته معمولا به عنوان قطع کننده و به صورت سری و تیغه‌های باز که در مدار طراحی دو الکتروموتور یکی پس از دیگری اشاره شد، به عنوان وصل کننده می‌باشند. مدار فرمان دوالکتروموتور یکی بجای دیگری در شکل ۵-۳۷ به نمایش در آمده است.



شکل ۵-۳۶: مدا ر قدرت راه‌اندازی دو الکتروموتور به صورت یکی بجای دیگری

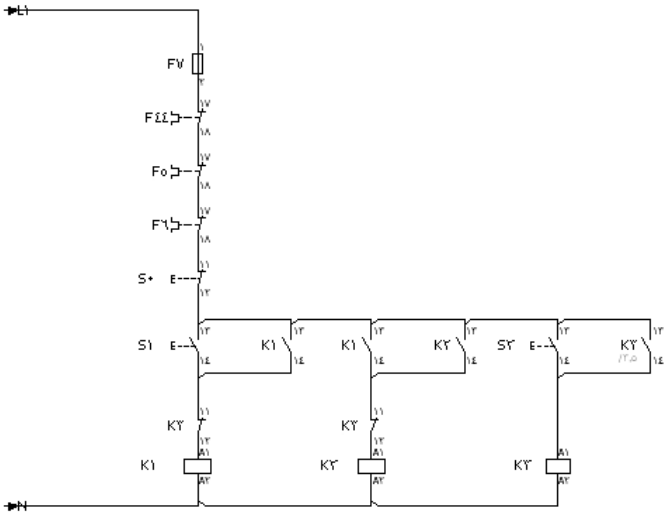


شکل ۵-۳۷: مدار فرمان راه‌اندازی دو الکتروموتور به صورت یکی بجای دیگری

برای درک بهتر روند طراحی مدارات برق‌صنعتی به مثال‌هایی که در ادامه ارائه شده‌است توجه کنید.

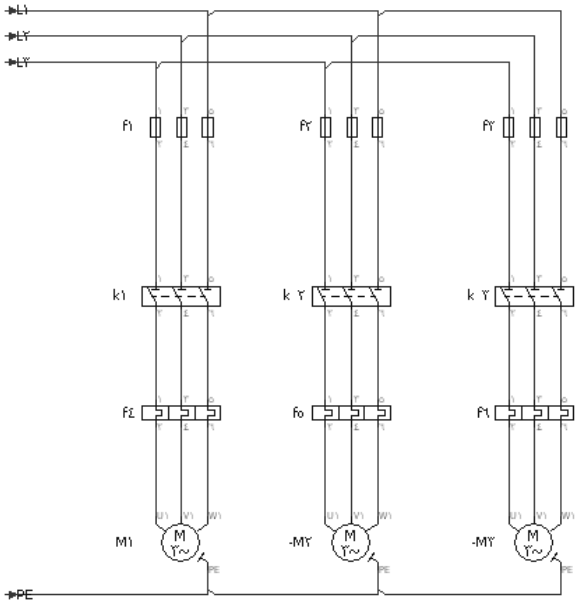
مثال ۵-۱: تحلیل مدار راه‌اندازی سه الکتروموتور به طوریکه با زدن شاستی *START* اول، دوالکتروموتور آن به صورت همزمان روشن می‌شوند و با زدن *START* دوم، موتور سوم روشن شده و موتور اول و دوم خاموش می‌گردند.

مدار فرمان



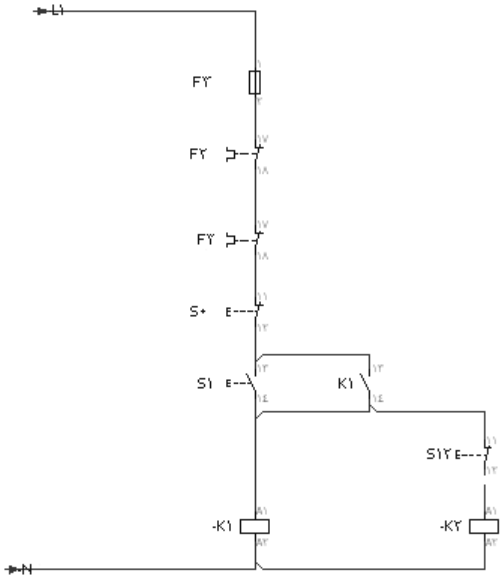
شکل ۵-۳۸: مدار فرمان مثال ۶-۱

مدار قدرت

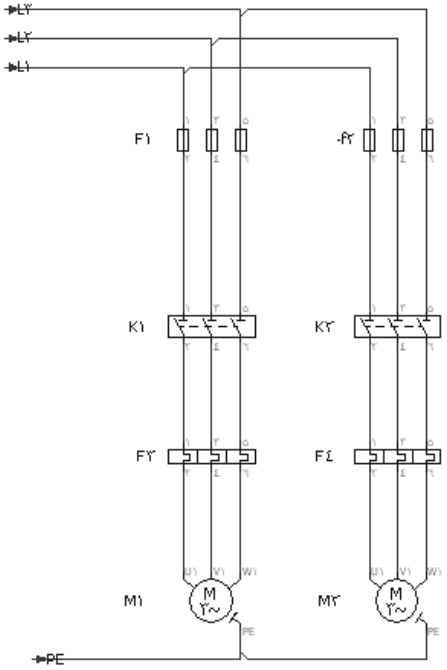


شکل ۵-۳۹: مدار قدرت مثال ۶-۱

مثال ۵-۲: راه‌اندازی دوالکتروموتور به طوریکه با نگه داشتن *START*، موتور اول روشن و با رها کردن *START* موتور دوم هم روشن می‌شود.

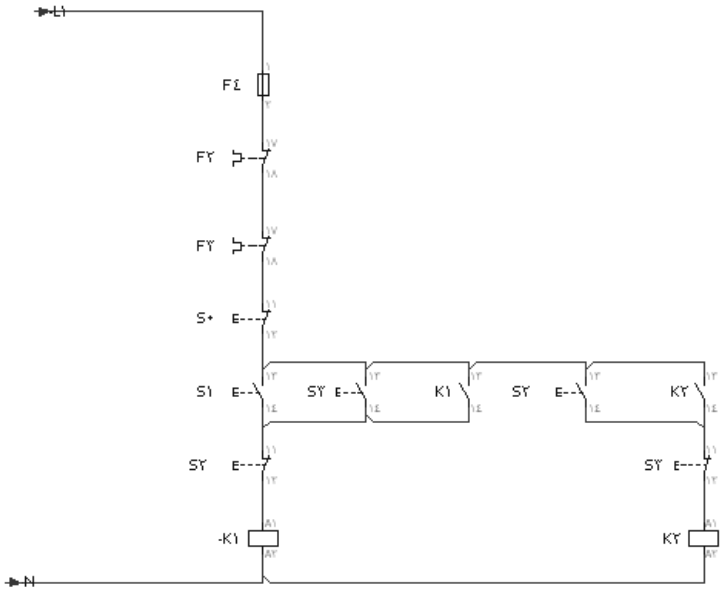


شکل ۵-۴۰: مدار فرمان مثال ۶-۲

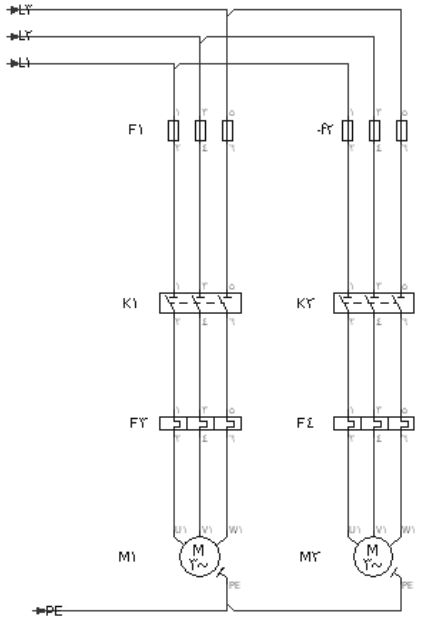


شکل ۵-۴۱: مدار قدرت مثال ۶-۲

مثال ۵-۳: راه‌اندازی دوالکتروموتور به طوریکه با زدن *START* اول، موتور اول روشن و با زدن *START* دوم، موتور اول خاموش و موتور دوم روشن شود و با زدن *START* سوم موتور دوم خاموش و موتور اول روشن شود.

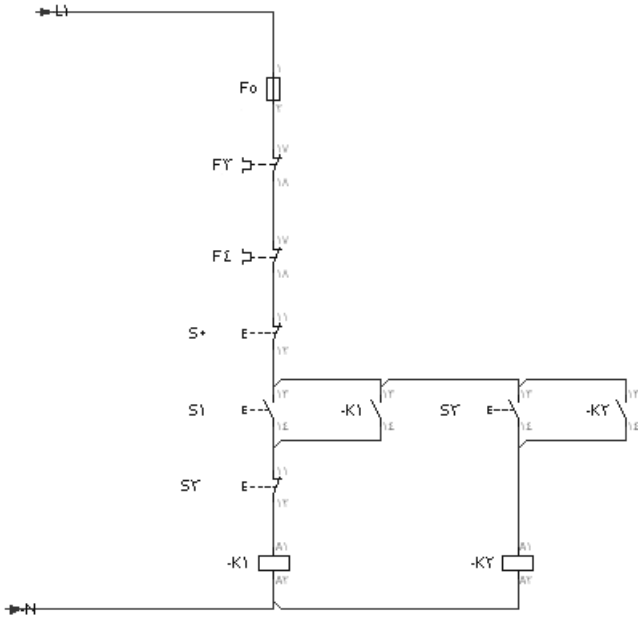


شکل ۵-۴۲: مدار فرمان مثال ۶-۳

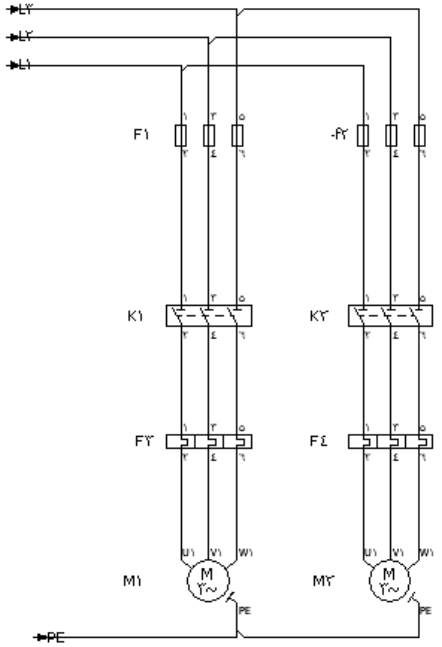


شکل ۵-۴۳: مدار قدرت مثال ۶-۳

مثال ۵-۴: راه‌اندازی دوالکتروموتور به طوریکه با زدن *START* اول موتور اول روشن و با زدن *START* دوم موتور اول خاموش موتور دوم روشن شود.



شکل ۵-۴۴: مدار فرمان مثال ۶-۴



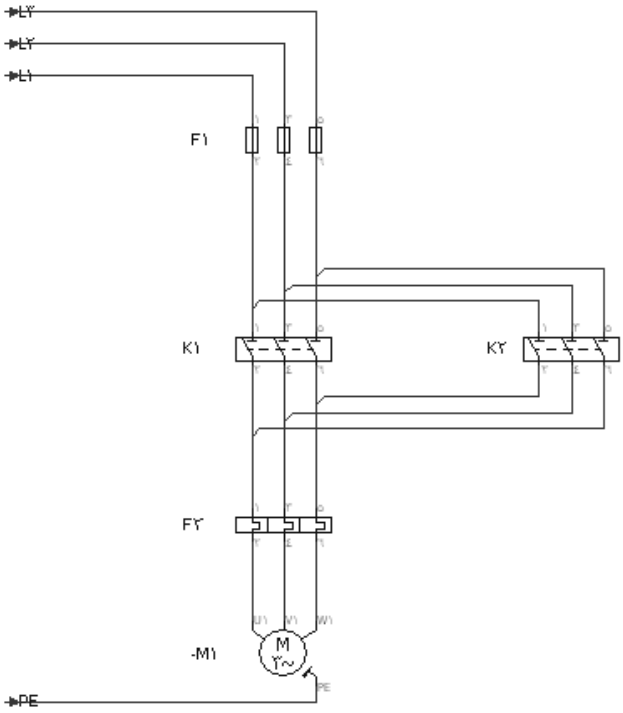
شکل ۵-۴۵: مدار قدرت مثال ۶-۴

این امید از کلیه خوانندگان می‌رود که با تحلیل این چهار مثال علاوه‌بر این که کلیه مطالب طراحی برق صنعتی یکبار دیگر تکرار شده باشد در ضمن نحوه بکارگیری تیغه‌های بسته و باز کنتاکتور و شاستی *STOP* و *START* دوبل و دیگر موضوعات بطور کامل قابل درک شده‌باشد.

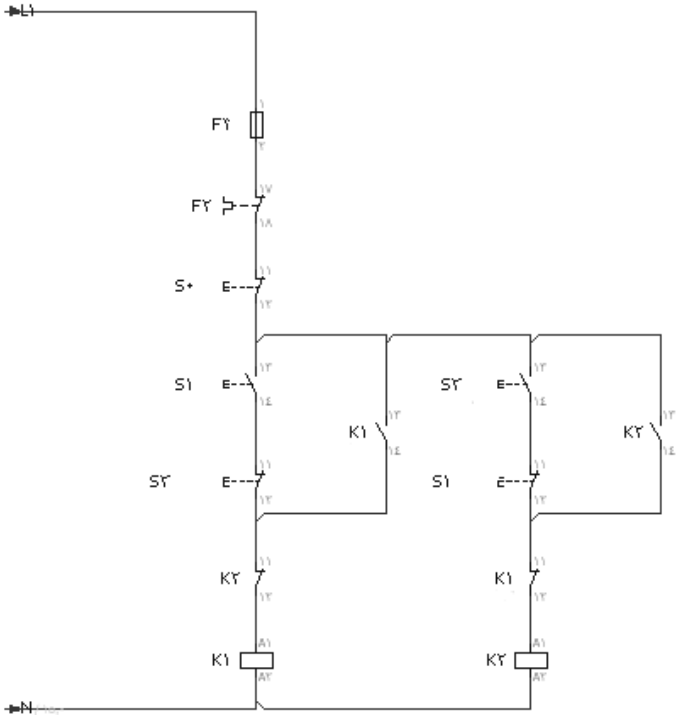
۵-۸-۸) طراحی و تشریح راه‌اندازی یک الکتروموتور سه‌فاز به صورت چپگرد و راستگرد با حفاظت کامل و عملکرد کند

همانطوری که در مدارات گذشته بیان شد برای طراحی هر مداری کافیست مدار قدرت آن را طراحی کنیم. بدین منظور می‌بایست تجهیزات مورد نیاز مدار و نحوه کار آن را بدانیم تا بتوان مدار را به راحتی راه‌اندازی کرد برای آنکه جهت راه‌اندازی یک موتور عوض شود کافیست در مدار قدرت توسط کنتاکتورها جای دو فاز عوض شود. همچنین باید به این نکته توجه نماییدکه قرار گرفتن دو بی‌متال ضرورتی ندارد از آنجا که می‌توان همانند طراحی مدار قدرتی که در ادامه ارائه شده‌است از یک کلید حرارتی(بی‌متال) استفاده نمود. بنابراین در مدار قدرت آن نیاز به دو کنتاکتور شبیه به هم و یک کلید حرارتی و یک فیوز سه‌فاز خواهیم داشت(شکل ۵-۴۶).

در طراحی مدار فرمان آن باید به این موضوع توجه داشت که هیچ یک از دو کنتاکتور با هم حتی برای یک لحظه وارد مدار نشوند که بدین منظور کنتاکت بسته کنتاکتورها در سر راه یکدیگر قرار می‌گیرند. یعنی کنتاکت بسته *K1* را در مسیر بوبین کنتاکتور *K2* و کنتاکت بسته *K2* را در مسیر بوبین کنتاکتور*K1* قرار می‌دهیم. به منظور وصل هر یک از کنتاکتورهای(چپگرد و یا راستگرد) از شاستی دوبل *STOP* و *START* استفاده می‌شود که کنتاکت باز(*START*) به منظور راه‌اندازی کنتاکتور مربوطه و کنتاکت بسته آن به منظور قطع کنتاکتور دیگر می‌باشد. باید به این نکته توجه داشته باشید که با فشار دادن هر دو شاستی دوبل چپگرد و راستگرد نباید برقی به بوبین هیچ یک از کنتاکتورها برسد و در صورت برق‌دار شدن دو کنتاکتور به طور همزمان از آنجایی که دو فاز غیر همنام با یکدیگر برخورد می‌نمایند موجب آسیب رسیدن به تجهیزات الکتریکی می‌شود. بنابراین با دانستن مطالب فوق می‌توانیم بگوئیم نیاز به شاستی *STOP* به منظور قطع کامل مدار و دو شاستی *STOP* و *START* دوبل خواهیم داشت. شاستی *STOP* و *START* دوبل اول وصل کننده مسیر عبور جریان برای کنتاکتور اول و قطع مسیر عبور جریان برای کنتاکتور دوم و شاستی*STOP* و *START* دوبل دوم وصل کننده مسیر عبور جریان برای کنتاکتور دوم و قطع مسیر عبور جریان برای کنتاکتور اول را بر عهده دارند که مدار فرمان آن مطابق شکل ۵-۴۷ خواهد بود. بنابراین در مدار فرمان عملکرد الکتروموتور سه‌فاز به صورت چپگرد و راستگرد با عملکرد کند حتما برای تغییر جهت گردش می‌بایست شاستی *STOP* زده شود. این مدار برای موتورهای کیلووات بالا و تک‌فاز مناسب است درشرایطی که موتور بزرگ می‌باشد تغییر دور بلافاصله به موتور و شفت فشار زیادی از لحاظ مکانیکی وارد می‌کند. بنابراین زمانی که موتور می‌چرخد ابتدا باید استپ شود سپس در جهت دیگری شروع به کارنماید.



شکل ۵-۴۶: مدار قدرت راه‌اندازی الکتروموتور سه‌فاز به صورت چپگرد و راستگرد با عملکرد کند

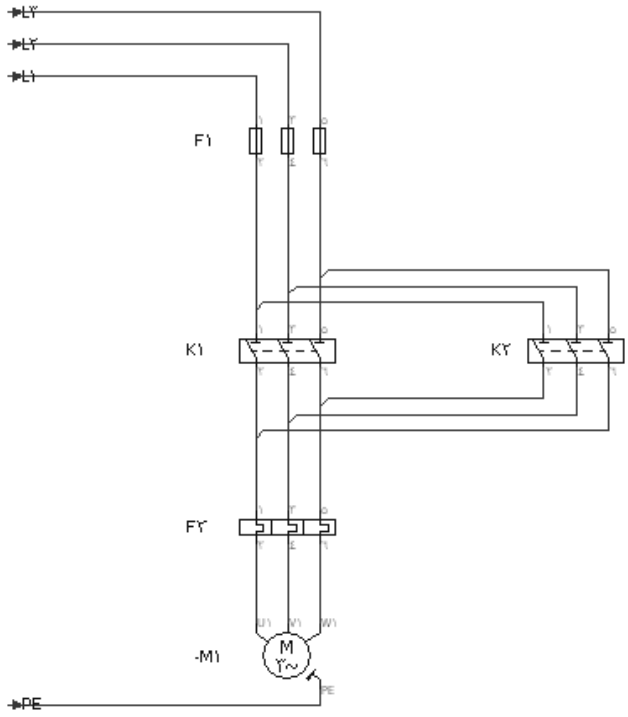


شکل ۵-۴۷۴۸: مدار فرمان راه‌اندازی الکتروموتور سه‌فاز به صورت چپگرد و راستگرد با عملکرد کند

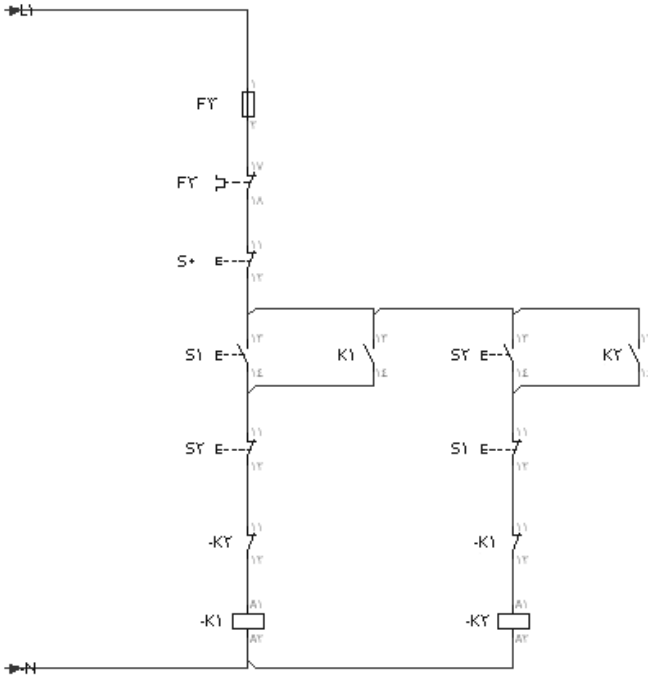
۵-۸-۹) راه‌اندازی یک الکتروموتور سه‌فاز به صورت چپگرد و راستگرد قطع سریع

مدار قدرت این مدار همانند شکل ۵-۴۹ و مانند مدار قبلی خواهد بود و کافیست همانند مدار قبل جای دو فاز از روی کنتاکتور دوم عوض نمائیم. در مدار فرمان از لحاظ قطعات و تجهیزات همانند مدار فرمان چپگرد و راستگرد کُند می‌باشد با این تفاوت که چیدمان آن‌ها اندکی فرق می‌کند و مطابق شکل زیر می‌باشد. تنها تفاوت آن این است که برای موتورهای کوچک مورد استفاده قرارمی‌گیرد چرا که دیگر برای تغییر دور نیاز به زدن شاستی *STOP* نیست بلکه هر یک از شاستی‌های *STOP* و *START* دوبل، خودکار عمل قطع مدار را انجام می‌دهند. شاستی دوبل *S1* وصل کننده کنتاکتور *K1* و قطع کننده کنتاکتور *K2* و شاستی دوبل *S2* وصل کننده کنتاکتور *K2* و قطع کننده کنتاکتور *K1* خواهد بود. مدار فرمان این مثال مطابق شکل ۵-۵۰ خواهد بود.

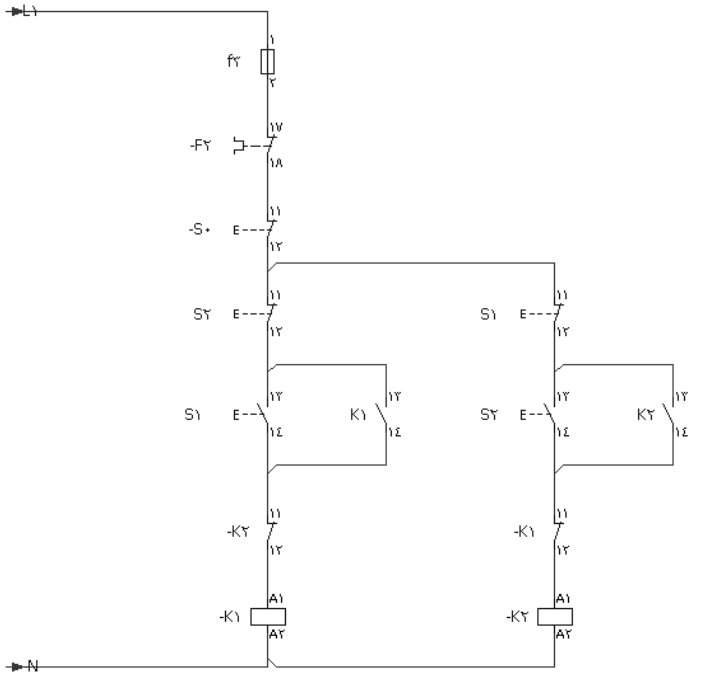
اما نکته‌ای که دراینجا ممکن است به چشم بخورد و گاهی طراح را دچار تردید می‌نماید این است که در برخی از کتاب‌ها جای کنتاکت‌ها با نمونه‌های ارائه شده در دیگر کتاب‌ها فرق می‌کند که این اصلا مهم نیست چرا که می‌توانیم جای مجموعه‌های سری و یا موازی را با هم عوض کنیم. مثلا در مدار زیر اگر جای کنتاکت بسته *S2* و *K2* و یا مجموعه موازی شده *S1* و *K1* را باهم عوض نمائیم هیچ اتفاقی در عملکرد مدار رخ نمی‌دهد بلکه تحلیل هردو مدار ما را به یک نتیجه یکسان می‌رساند. در شکل‌هایی که در ادامه ارائه شده‌است تمامی حالت‌های ممکن که در بالا بدان اشاره شد به نمایش گذاشته شده‌است. کاربرد مدارات چپگرد و راستگرد در صنعت به وفور به چشم می‌خورد به طوری که در تمامی پروسه‌های صنعتی که حرکت رفت و برگشت افقی و یا عمودی مورد نیاز است(مانند جرثقیل‌ها و بالابرها) از این مدار استفاده می‌شود. از آنجایی که در جرثقیل معمولا به صورت اتوماتیک کار می‌کند بنابراین از میکروسوئیچ به عنوان شاستی *STOP* و *START* دوبل استفاده می‌نمایند که دقیقا مانند *STOP* و *START* دوبل تحریک دستی است اما اعمال تحریک آن‌ها یک فشار مکانیکی است. در شکل ۵-۵۲ مدار چپگرد و راستگرد قطع سریع با میکروسوئیچ نمایش داده شده است. پس در صنعت هر جایی که نیاز باشد پروسه به صورت اتوماتیک صورت پذیرد می‌توان از میکروسوئیچ استفاده کرد یعنی زمانی که جرثقیل به طرف بالا حرکت می‌نماید با برخورد به میکروسوئیچ کنتاکتور مربوطه قطع شده و درخلاف جهت حرکت قبلی به حرکت در می‌آید.



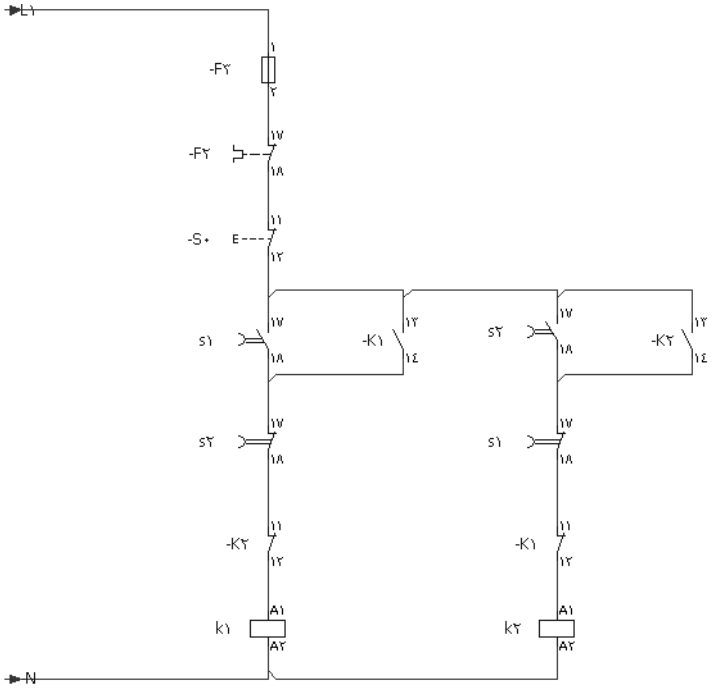
شکل ۵-۴۹: مدار قدرت راه‌اندازی یک الکتروموتور سه‌فاز به صورت چپگرد و راستگرد قطع سریع



شکل ۵-۵۰: : مدار فرمان راه‌اندازی یک الکتروموتور سه‌فاز به صورت چپگرد و راستگرد قطع سریع



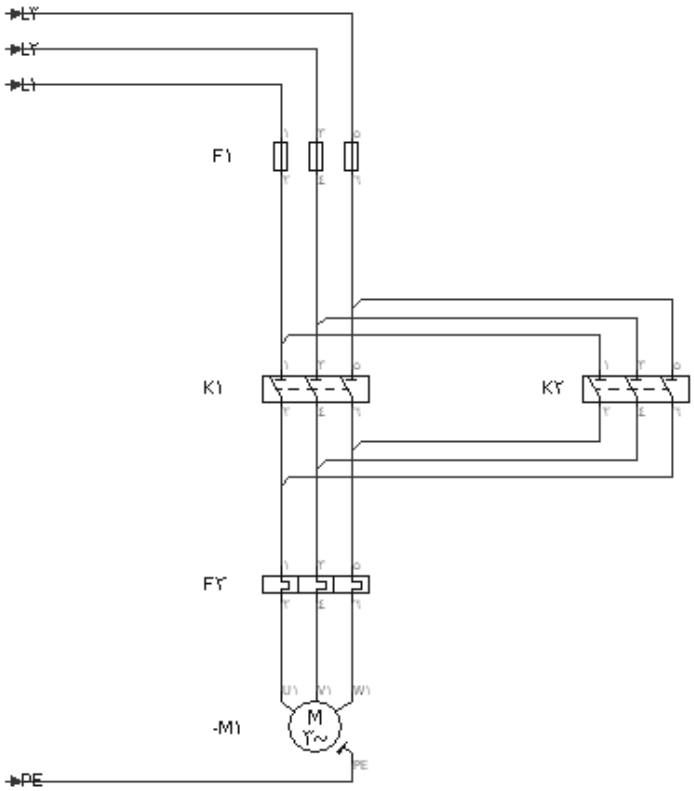
شکل ۵-۵۱



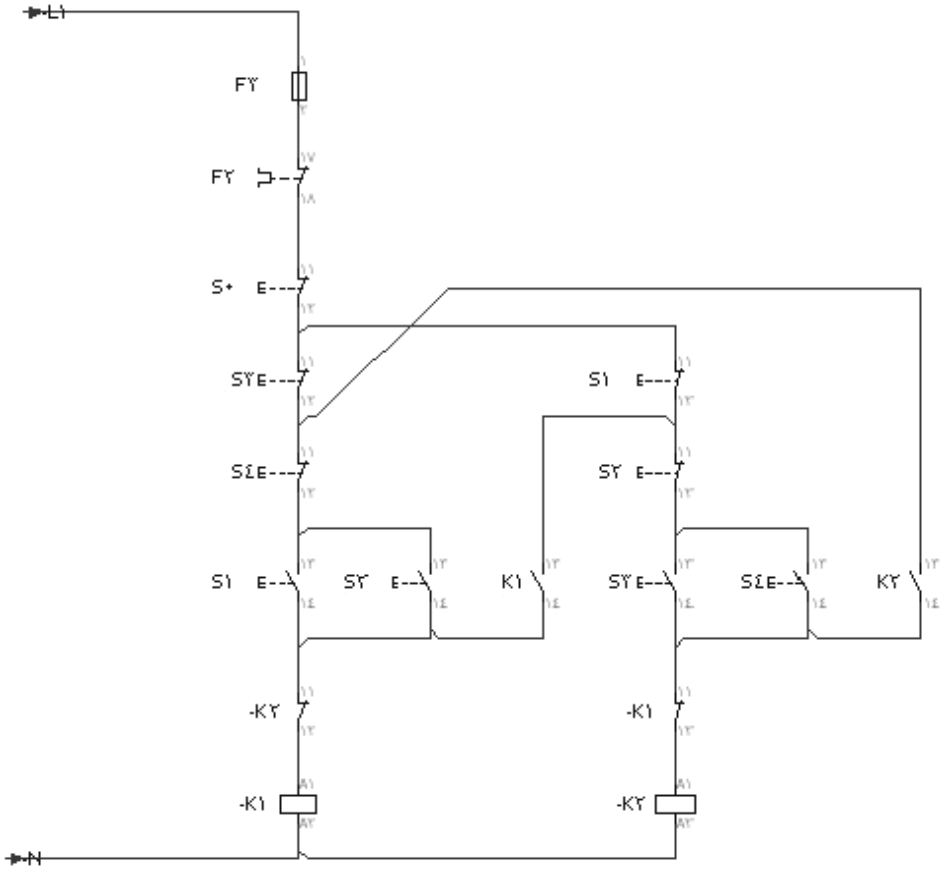
شکل ۵-۵۲

۵-۸-۱۰) مدار راه‌اندازی یک الکتروموتور سه‌فاز به صورت چپگرد و راستگرد عملکرد سریع به صورت لحظه‌ای ودائم

مدار قدرت مانند مدار قبل بوده و به صورت نشان داده شده در شکل ۵-۵۳ است. در طراحی مدار فرمان شاستی دوبل *S2* وصل کننده مسیر عبور جریان کنتاکتور *K1*، به صورت دائم و شاستی دوبل *S2*، وصل کننده مسیر عبور جریان کنتاکتور *K3* به صورت دائم خواهد بود. تا این مرحله با مدار جریان چپگرد و راستگرد هیچ تفاوتی ندارد برای اعمال کنتاکت‌های لحظه‌ای کافیست در مسیر عبور جریان از یک شاستی *STOP* و *START* دوبل استفاده نمائیم که کنتاکت باز آن موازی با کنتاکت‌های باز *START* دائم و کنتاکت بسته آن سری با خودنگه‌دارنده باشد. مجموعه موازی با استارت‌های دائم و لحظه‌ای خواهند بود که این مجموعه می‌تواند موتور را به صورت لحظه‌ای وارد مدار نماید. شاستی دوبل *S1* مسیر عبور جریان لحظه‌ای را(تازمانی که دست برروی شاستی باشد) برقرار می‌کند و موتور را در یک جهت می‌چرخاند و شاستی دوبل *S4* مسیر عبور جریان لحظه‌ای، موتور را در جهت دیگر می‌چرخاند که مدار فرمان آن مطابق شکل ۵-۵۴ خواهد بود. البته با کمی تامل خواهیم دید که مدار لحظه‌ای و دائم موتور سه‌فاز چپگرد و راستگرد تحلیلی همانند مدار لحظه‌ای و دائم موتور سه‌فاز که قبلا اشاره شد بوده و این مطلب در شکل ۵-۵۵ به نمایش در آمده است.



شکل ۵-۵۳: مدار قدرت الکتروموتور سه‌فاز به صورت چپگرد-راستگرد عملکرد سریع(لحظه‌ای ودائم)

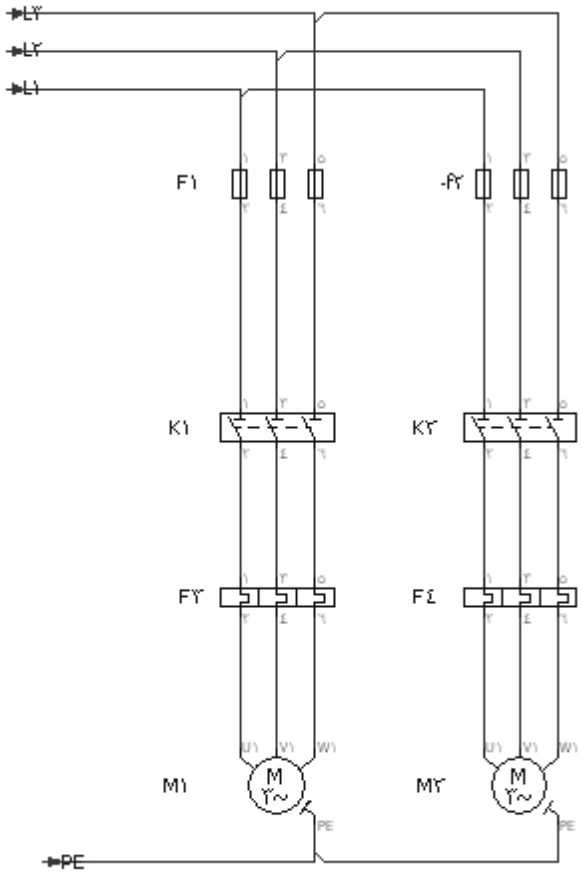


شکل ۵-۵۴: : مدار فرمان الکتروموتور سه‌فاز به صورت چپگرد-راستگرد عملکرد سریع(لحظه‌ای ودائم)

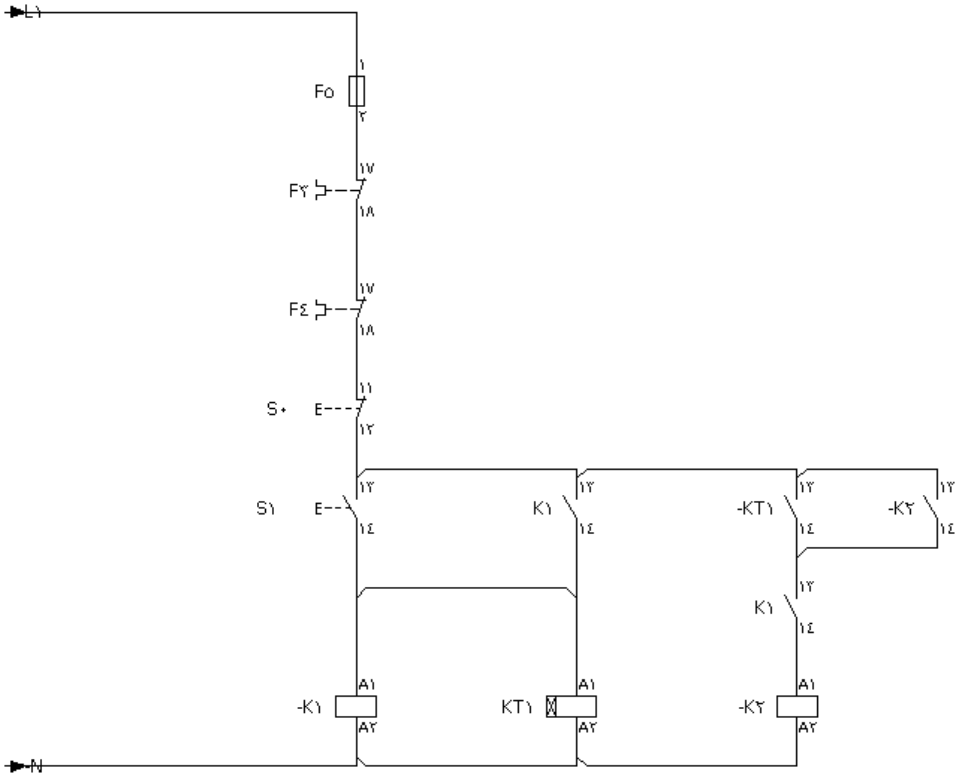
تایمر: یکی دیگر از تجهیزاتی که در مدارات فرمان بسیار به چشم می‌خورد تایمرها می‌باشند. گاهی اوقات انتظار می‌رود که یک پروسه مدت زمانی پس از استارت شروع به کار نماید یا این که بعد از مدت زمانی از کار بیافتد که به این منظور، در مدارات برق‌صنعتی از تایمرها استفاده می‌شود. معمولا تایمرهایی که در صنعت مورد استفاده می‌باشند از نوع تاخیری(*On Delay*) می‌باشند یعنی زمانی که بوبین آن‌ها تحریک شود، زمان تنظیم شده شروع شده و پس از پایان رسیدن زمان تنظیمی عمل می‌نمایند که در این حالت نیز کاملا مانند کنتاکتور هستند ولی با تاخیر. پس در تایمرها نیز کنتاکت‌های بسته و باز به منظور استفاده در مدار فرمان وجود دارد که پس از رسیدن برق به بوبین تایمر و سپری شدن زمان، کنتاکت‌های باز بسته و کنتاکت بسته آن باز می‌شوند و تا زمانی که بوبین تایمر درحالت تحریک باشد به همان حال باقی می‌مانند و با قطع تحریک به حالت اولیه برمی‌گردند. البته تایمرها در انواع مختلف از لحاظ تحریک(مغناطیسی و الکترونیکی و...) و نحوه آرایش تیغه‌ها وجود دارند.

۵-۸-۱۱) طراحی وتشریح راه‌اندازی دوالکتروموتور سه‌فاز به صورت یکی پس دیگری و به طور اتوماتیک باتایمر

مدار قدرت آن همانند راه‌اندازی دوالکتروموتور به صورت مستقل که قبلا صحبت شده می‌باشد و در شکل ۵-۵۵ به نمایش گذاشته شده‌است. مدار فرمان نیز مانند دو الکتروموتور سه‌فاز به صورت یکی پس از دیگری دستی می‌باشد اما همانطوری که در شکل ۵-۵۶ مشاهده می‌شود بعد از قرار گرفتن تجهیزات حفاظتی، کنتاکتور *K1*، با شاستی استارت *S1* وارد شده و نگه دارندهٔ آن با برق‌دار شدن بوبین کنتاکتور *K1* مسیر جریان را برای لحظاتی که دست را از روی شاستی *S1* بر می‌داریم تأمین می‌کند. همزمان با برق‌دار شدن بوبین کنتاکتور *K1* بوبین تایمر(*KT1*) برق‌دار می‌شود یعنی به محض استارت مدار، کنتاکتور *K1* و تایمر(*KT1*) وارد مدار می‌شوند و از آنجا که تایمر از نوع تأخیری می‌باشد پس از زمان تنظیمی تیغه باز خود راکه در مسیر *K2* قرار گرفته برق‌دار می‌نماید و بدین ترتیب *K2* وارد مدار شده و از طریق نگه دارنده خود برق را تازمانی که *STOP* تحریک نشده است نگه‌می‌دارد. *K1* و *K2* در مدار می‌باشند و از آنجا که بوبین تایمر نباید دیگر در مدار باشد توسط بسته *K2* از مدار خارج می‌شود و بدین ترتیب با استفاده از تایمر بطور اتوماتیک شاستی *START* دومی راکه در مدار دو الکتروموتور یکی پس از دیگری دستی وجود داشت حذف می‌کنند. به چنین مداری اصطلاحا اتوماتیک گویند.



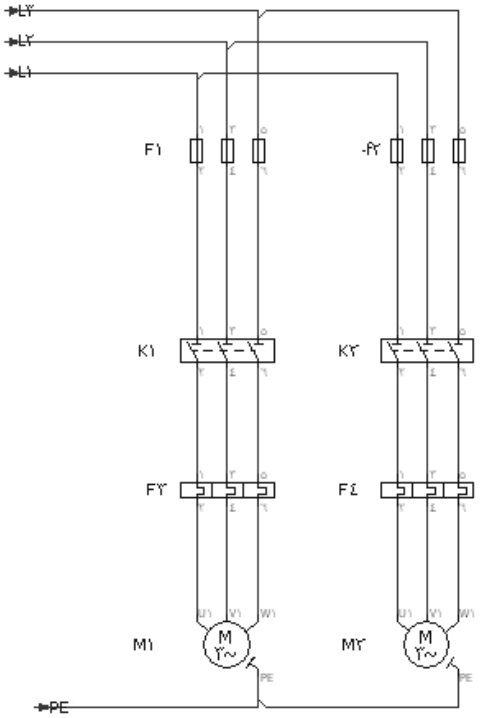
شکل ۵-۵۵: مدار قدرت راه‌اندازی دوالکتروموتور سه‌فاز به صورت یکی پس دیگری(اتوماتیک)



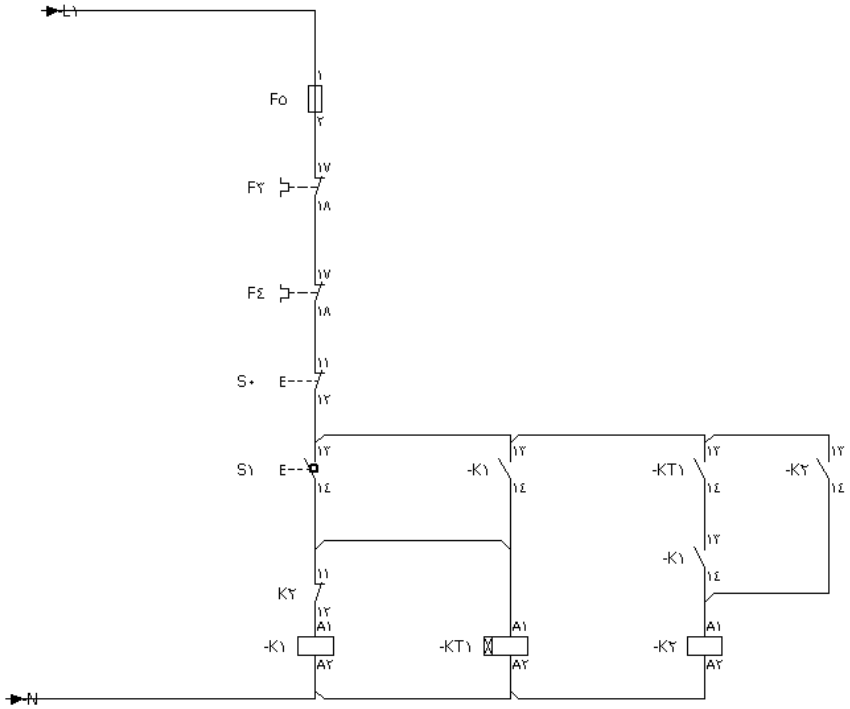
شکل ۵-۵۶: مدار فرمان راه‌اندازی دوالکتروموتور سه‌فاز به صورت یکی پس دیگری(اتوماتیک)

۵-۸-۱۲) طراحی و تشریح راه‌اندازی دو الکتروموتورسه‌فاز به صورت یکی به جای دیگری و به طور اتوماتیک

مدار قدرت آن در شکل ۵-۵۷ به نمایش در آمده است و می‌توانید مدار فرمان آن را نیز در شکل ۵-۵۸ ملاحظه کنید. با برق‌دار شدن کنتاکتور *K1* همزمان بوبین تایمر(*KT1*) برق‌دار می‌شود که پس از برق‌دار شدن(*KT1*) و سپری شدن زمان تنظیمی برروی تایمر، تیغه باز تایمر مسیر عبور جریان کنتاکتور *K2* را برق‌دار می‌نماید و با برق‌دار شدن کنتاکتور *K2*، تیغه باز آن به عنوان نگه دارند و تیغه بسته آن به عنوان خارج کننده‌ی کنتاکتور *K1* و تایمر(*KT1*) خواهد بود. همان‌طور که ملاحظه می‌کنید مدار اتوماتیک همانند دستی بوده با این تفاوت که به جای شاستی استارت از مجموعه تایمر استفاده شده است.



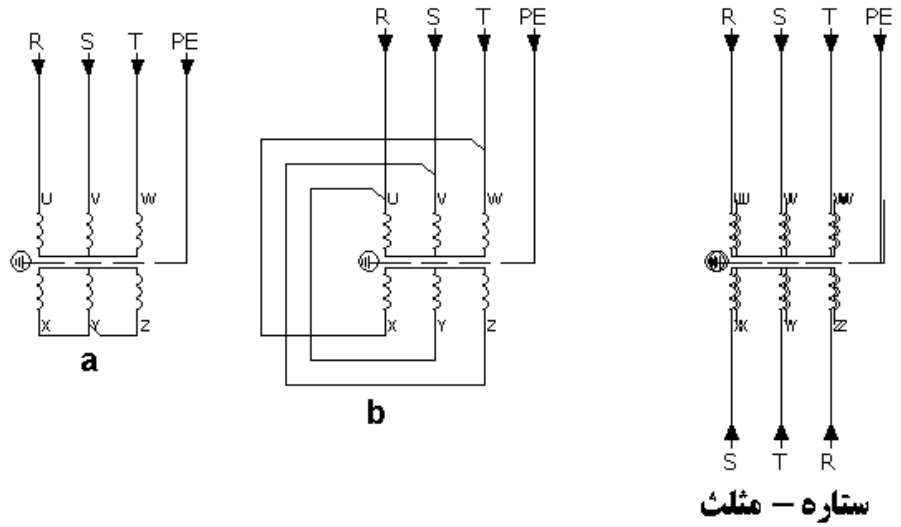
شکل ۵-۵۷: مدار قدرت راه‌اندازی دو الکتروموتورسه‌فاز به صورت یکی به جای دیگری(اتوماتیک)



شکل ۵-۵۸: مدار فرمان راه‌اندازی دو الکتروموتورسه‌فاز به صورت یکی به جای دیگری(اتوماتیک)

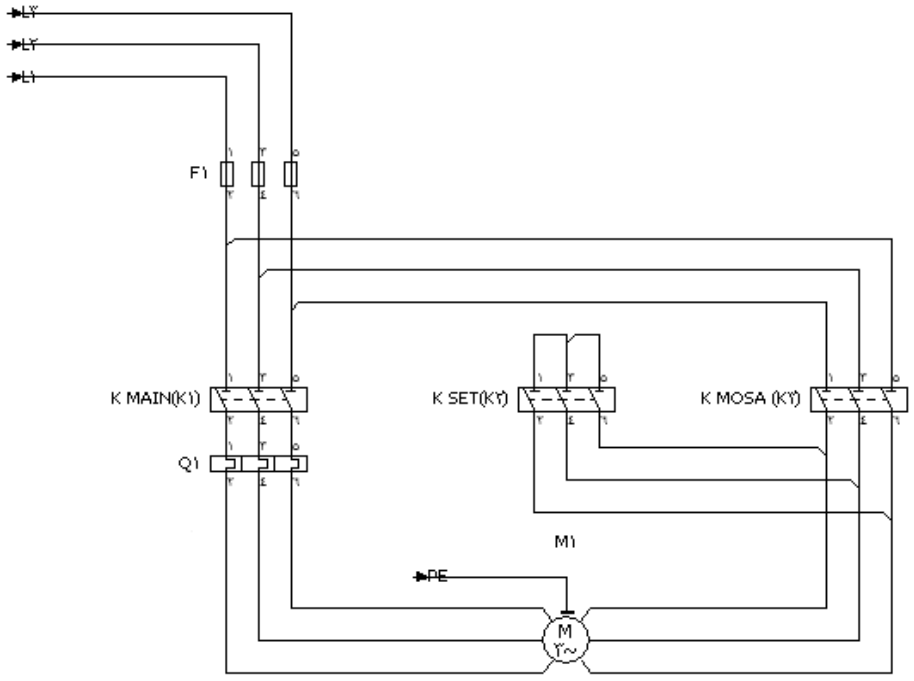
۵-۸-۱۳) طراحی و تشریح راه‌اندازی یک الکتروموتوسه‌فاز به صورت ستاره مثلث دستی

در مدار قدرت ابتدا تجهیزات مورد نیاز را برای راه‌اندازی موتور در نظربگیرید توجه داشته باشید زمانی که در بحث‌های گذشته یک موتور سه‌فاز را راه‌اندازی می‌شد با توجه به پلاک موتور به صورت ستاره و یا مثلث سربندی می‌نمودیم. شما عزیزان ابتدا در راه‌اندازی موتورهای ستاره مثلث می‌بایست به پلاک موتور توجه نمائید معمولا برروی پلاک، دو ولتاژ به صورت ۲۲۰/۳۸۰ و یا ۳۸۰/۶۶۰ و... درج گردیده است ابتدا ما باید بدانیم که موتور در چه شرایطی می‌تواند کار نماید. معمولا دوعدد درج شده بدین صورت تفسیر می‌گردد که عدد کوچک بیان کننده حالت مثلث و عدد بزرگتر بیان کننده حالت ستاره می‌باشد با توجه به ۲۲۰/۳۸۰ و ولتاژ درج شده بر روی پلاک و دانستن این موضوع که برق سه‌فاز شبکه ایران ۳۸۰ ولت می‌باشد بنابراین موتور در نظر گرفته شده فوق در حالت مثلث نیاز به ۲۲۰ ولت دارد. اگر به برق ۳۸۰ ولت وصل شود حتما خواهد سوخت. اما در حالت ستاره می‌تواند۳۸۰ ولت شبکه را تحمل نماید. بنابراین در مثال فوق موتور تنها به صورت ستاره در شبکه ایران راه‌اندازی می‌گردد. حال در مورد پلاک موتور زمانی که به صورت ۳۸۰/۶۶۰ درج شده باشد، به راحتی می‌توان دریافت کرد که ولتاژ۳۸۰ ولت در حالت مثلث و ۶۶۰ ولت در حالت ستاره می‌باشد و با توجه به در نظر گرفتن ولتاژ شبکه ایران موتور فوق می‌تواند هم به صورت ستاره و هم به صورت مثلث راه‌اندازی می‌شود. همانطوری که می‌دانید در حالت ستاره توان ۱/۳ حالت مثلث و جریان *1/3* حالت مثلث می‌باشد. یعنی موتور در حالت ستاره جریان کمتری می‌کشد و در حالت مثلث جریان نامی از آن عبور می‌نماید. همچنین با توجه به اینکه در موتورهای قبلی بیان شده بود نحوه ستاره یا مثلث بودن با تغییر در اتصالات در تخته کلم صورت می‌گرفت یعنی اگر چنانچه در تخته کلم اتصالات را به صورت شکل ۵-۵۸-*a* باشد حالت ستاره و اگر اتصالات به صورت ۵-۵۸-*b* باشد حالت مثلث است. در حالی که در حالت ستاره مثلث از موتور شش سیم خارج می‌شود و دیگر ما اتصالاتی در تخته کلم موتور انجام نمی‌دهیم بلکه کنتاکتورها باید بگونه‌ای تعبیه گردند که بتواند نقش اتصالات تخته کلم را انجام دهد. بدین منظور ما یک کنتاکتور برای حالت ستاره و یک کنتاکتور برای مثلث نمودن و کنتاکتور دیگری به عنوان اصلی در نظر می‌گیریم. پس در یک موتور ستاره مثلث سه کنتاکتور لازم می‌باشد و یک فیوز سه‌فاز در مسیر برق ورودی به کنتاکتور و بی‌متالی متناسب با الکتروموتور در نظر گرفته می‌شود که در مسیر خروجی کنتاکتور اصلی قرار گیرد که معمولا حدود ۰/۵۸ جریان نامی‌تنظیم می‌گردد. پس در هر یک از حالت‌ها کنتاکتور اصلی به همراه کنتاکتور همان حالت وارد مدار می‌گردند. مثلا در حالت ستاره کنتاکتور اصلی و کنتاکتور حالت ستاره وارد مدار می‌شوند و در حالت مثلث کنتاکتور اصلی و کنتاکتور حالت مثلث وارد مدار می‌گردند. دیگر مواردی که در مدار قدرت می‌بایست توجه شود نحوه سربندی موتور می‌باشد و باید توجه نمائیم که در دو سر هر کلاف فازهای غیرهمنام را سربندی نمائیم یعنی اگر فازها غیرهمنام باشند شرایط کاری برای موتور را فراهم می‌آورند و اگر فازها به صورت همنام باشند میدان الکتریکی لازم را برای به حرکت در آوردن موتور فراهم نمی‌شود. پس می‌بایست به ترتیب زیر موتور ستاره مثلث را سربندی نمود.



شکل ۵-۵۹: نحوه سربندی موتور برای مدار ستاره – مثلث

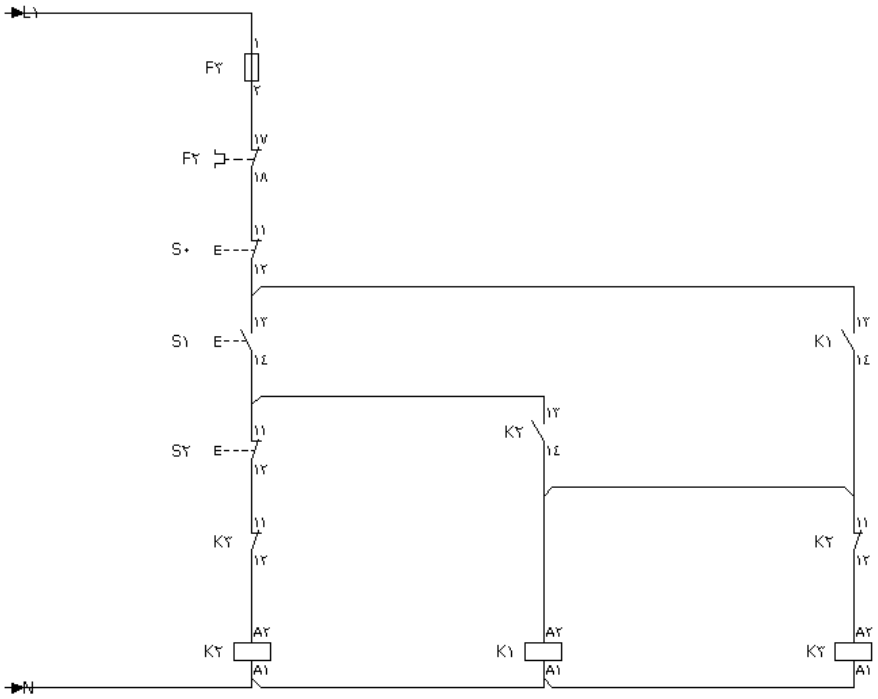
کلیه مطالب بیان شده فوق را می‌توان در مدار قدرت شکل ۵-۶۰ مشاهده نمود که کنتاکتور *K1* به عنوان کنتاکتور اصلی(*line*) و کنتاکتور *K2* به عنوان کنتاکتور حالت ستاره و کنتاکتور *K3* به عنوان حالت مثلث در نظر گرفته شده‌است.



شکل ۵-۶۰: مدار قدرت راه‌اندازی یک الکتروموتوسه‌فاز به صورت ستاره مثلث دستی

در طراحی مدار فرمان الکتروموتور سه‌فاز می‌بایست به نکاتی توجه نمود در ابتدای امر می‌بایست موتور به صورت ستاره با دو کنتاکتور *K1* و *K2* راه‌اندازی شود. ابتدا کنتاکتور *K2*(ستاره) برق‌دار شود یعنی انتهای سیم پیچ‌ها را اتصال بدهد و بلافاصله کنتاکتور اصلی *(K1)* مسیر عبور جریان را برقرار نماید تا جلوی جرقه احتمالی گرفته شود. نکته دومی‌که باید در نظر بگیریم این است که اگر مدار را استارت نمودیم به هیچ وجه نباید کنتاکتورهای *K2* و *K3* باهم وارد مدار شوند یعنی بسته هر یک را در مسیر عبور جریان دیگری قرار دهیم تا وقتی که بوبین کنتاکتور *K2* برق‌دار شد بسته خود را که در سر راه *K3* قرار دارد باز نمایید تا به هیچ‌وجه کنتاکتور *K3* وارد مدار نشود و تنها با قطع بوبین *K2*، *K3* وارد مدار شده و موتور را تغذیه نماید. نکته سومی را که باید در نظر بگیریم این است که اگر مدار در حالتی باشد که با تحریک شاستی *S1* که به منظور راه‌اندازی مدار و *S2* که به منظور قطع حالت ستاره و رفتن به حالت مثلث است با تحریک مجدد نباید تغییر موضع بدهد. یعنی اگر در حالت ستاره کار می‌کند با زدن شاستی *S1* همان حالت ستاره بماند و اگر درحالت مثلث است با زدن شاستی *S1* و *S2* در همان حالت مثلث بماند و تنها با زدن *S0* مدار کاملا قطع گردد.

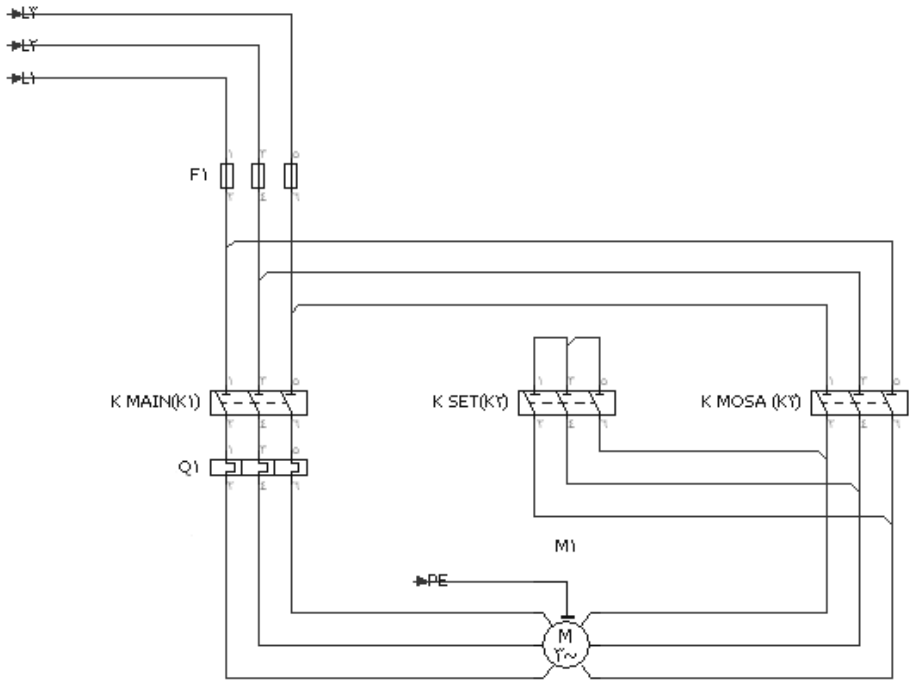
نکات بیان شده فوق در مدار فرمان شکل ۵-۶۱ به نمایش در آمده است. با تحریک شاستی *S1* به عنوان *START* مسیر جریان بوبین *K2* برق‌دار می‌شود و با بستن تیغه باز خود مسیر جریان بوبین *K1* نیز برق‌دار می‌گردد که پس از برداشتن دست جریان عبوری از طریق تیغه‌های باز *K1* و باز *K2* برقرار می‌باشد و مدار مدت زمان‌اندکی در حالت ستاره بوده و با تحریک شاستی *S2* مسیر عبور جریان *K2* را قطع می‌نماید که بلافاصله مسیر عبور جریان کنتاکتور *K3* وصل می‌گردد و موتور به حالت مثلث می‌رود. پس می‌توان گفت تیغه‌های بسته برای آن است که کنتاکتورهای حالت ستاره و مثلث همزمان وارد مدار نشوند.



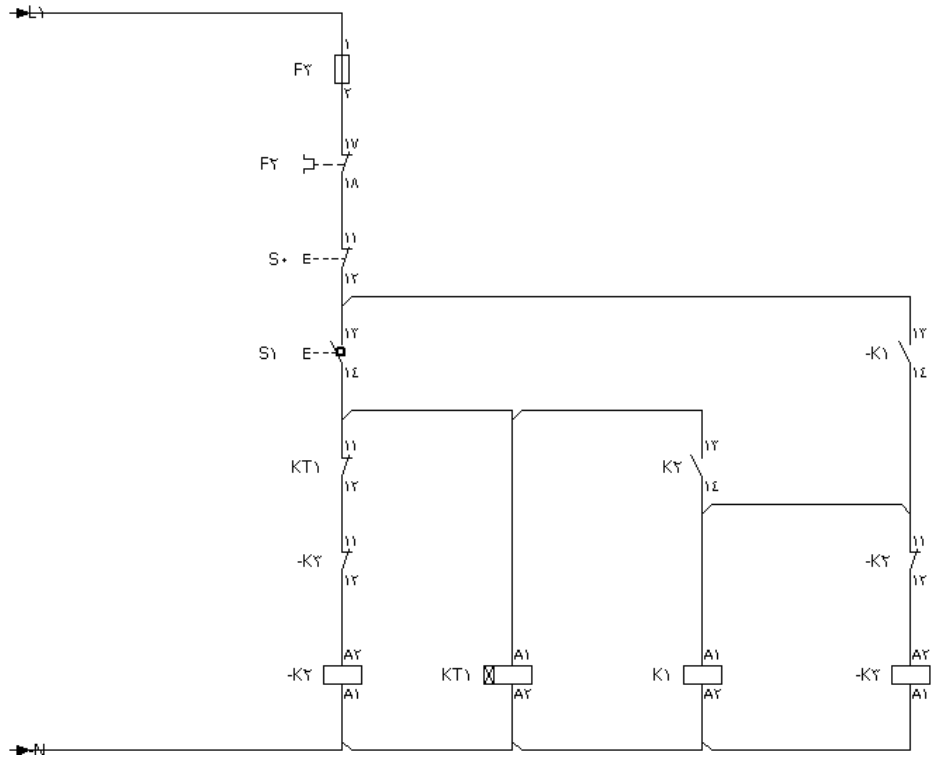
شکل ۵-۶۱: مدار فرمان راه‌اندازی یک الکتروموتوسه‌فاز به صورت ستاره مثلث دستی

۵-۸-۱۴) طراحی و تشریح موتور سه‌فاز به صورت ستاره مثلث اتوماتیک(همراه با تایمر)

مدار قدرت آن مانند مدار قبل بوده که در شکل ۵-۶۲ نشان داده شده است اما در مدار فرمان همان‌طور که شکل ۵-۶۳ ملاحظه می‌نمائید دیگر شاستی *S2* جهت قطع کنتاکتور حالت ستاره نیست بلکه تیغه بسته تایمر *KT1* این عمل را انجام می‌دهد. یعنی با استارت توسط شاستی *S1* ابتدا علاوه بر کنتاکتور حالت ستاره کنتاکتور اصلی و بوبین تایمر هم برق‌دار می‌شوند. پس از زمان تنظیمی‌بر روی تایمر، تایمرعمل نموده و باعث قطع مسیر عبور جریان برای کنتاتور *K2* می‌شود که با قطع بوبین *K2* تیغه باز *K2* نیز باز شده و به حالت عادی برمی‌گردد در نتیجه هیچ جریانی به کنتاکتور *K2* و تایمر نمی‌رسد و تنها کنتاکتور *K1* و *K3* برق‌دار می‌باشد و موتور به حالت مثلث رفته، از آنجا که تیغه بسته آن در مسیر کنتاکتور *K2* بوده و مسیر عبور جریان کنتاکتور *K2* باز می‌باشد با تحریک *S1* هیچ موتوری به حالت ستاره نمی‌رود و این خواسته ماست و قطع کامل مدار توسط *S0* صورت می‌گیرد. با *START* مجدد توسط *S1* لحظه کوچکی(تنظیم شده به روی تایمر) به حالت ستاره رفته و سپس به طور اتوماتیک حالت ستاره قطع و به مثلث رفته و به همان حال باقی می‌ماند.



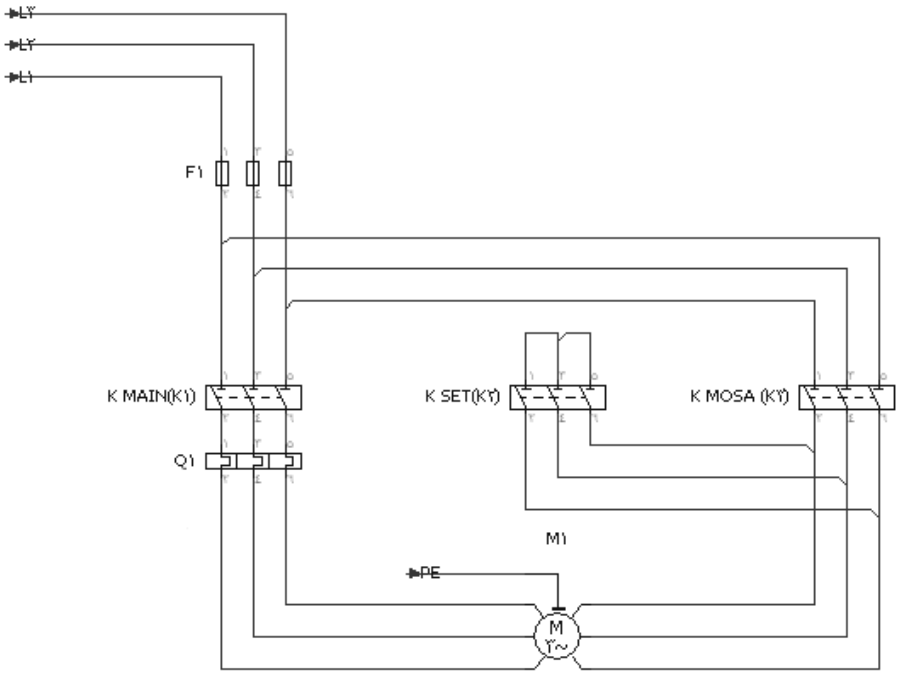
شکل ۵-۶۲: مدار قدرت راه‌اندازی موتور سه‌فاز به صورت ستاره مثلث(اتوماتیک)



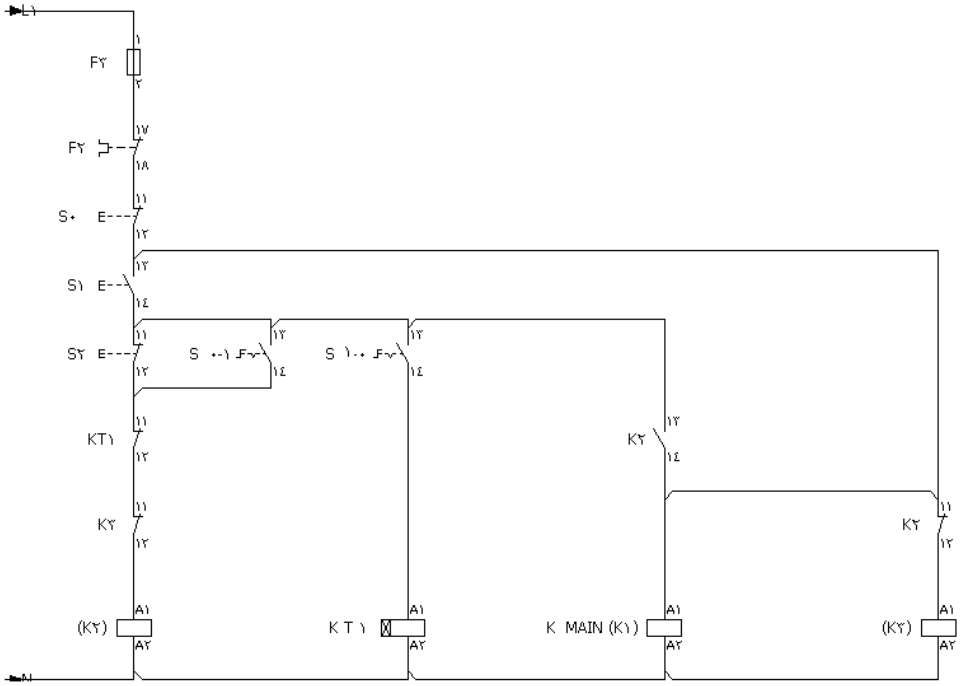
شکل ۵-۶۳: مدار فرمان راه‌اندازی موتور سه‌فاز به صورت ستاره مثلث(اتوماتیک)

۵-۸-۱۵) راه‌اندازی یک الکتروموتور سه‌فاز به صورت ستاره مثلث دستی و اتوماتیک

مدار قدرت در شکل ۵-۶۴ به نمایش گذاشته‌شده است. در مدار فرمان مطابق شکل ۵-۶۵ یک *STOP* به منظور قطع کل مدار و یک استارت برای راه‌اندازی حالت ستاره می‌باشد. همچنین همانطوری که ملاحظه می‌کنید شاستی *S2* برای حالت دستی می‌باشد و به منظور اتوماتیک می‌بایست تایمر در مدارقرار داشته باشد پس می‌توان گفت کلید ۰-۱ در حالت اتوماتیک زمانی که در حالت یک قرار گرفته باشد در واقع مدار به صورت اتوماتیک است چرا که اولا تایمر را در مدار قرار می‌دهد ثانیا دو سر شاستی *S2* را که در حالت دستی مورد استفاده است با اتصال کوتاه نمودن دو سرآن از مدار خارج می‌نماید و مدار همانند مدار حالت ستاره مثلث اتوماتیک تحلیل می‌شود. حال اگر کلید ۱- ۰ در حالت صفر باشد تایمر از مدار خارج می‌شود. بدین ترتیب زمانی که کلید ۰ -۱ از مدار خارج است و مدار همانند ستاره مثلث دستی عمل خواهد نمود که در شکل تحلیل شده‌است.



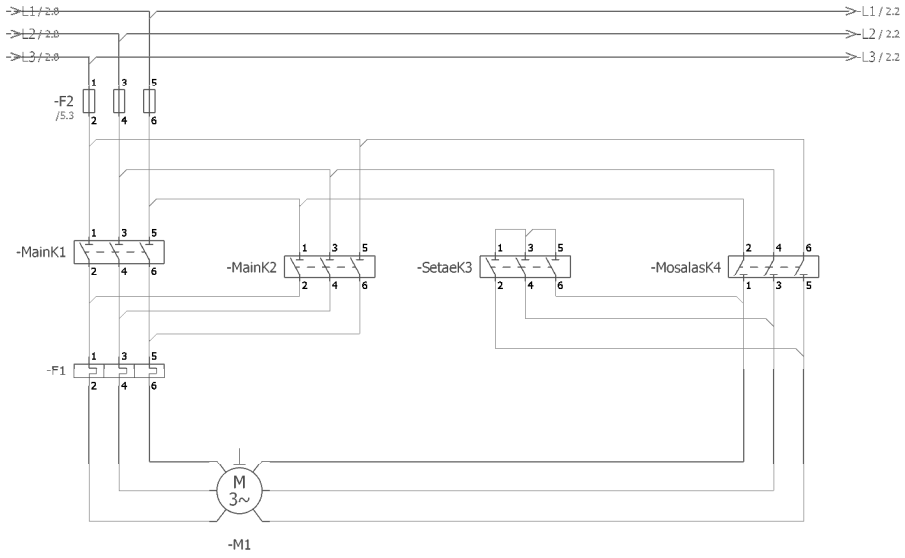
شکل ۵-۶۴: مدار قدرت راه‌اندازی یک الکتروموتور سه‌فاز به صورت ستاره مثلث دستی و اتوماتیک



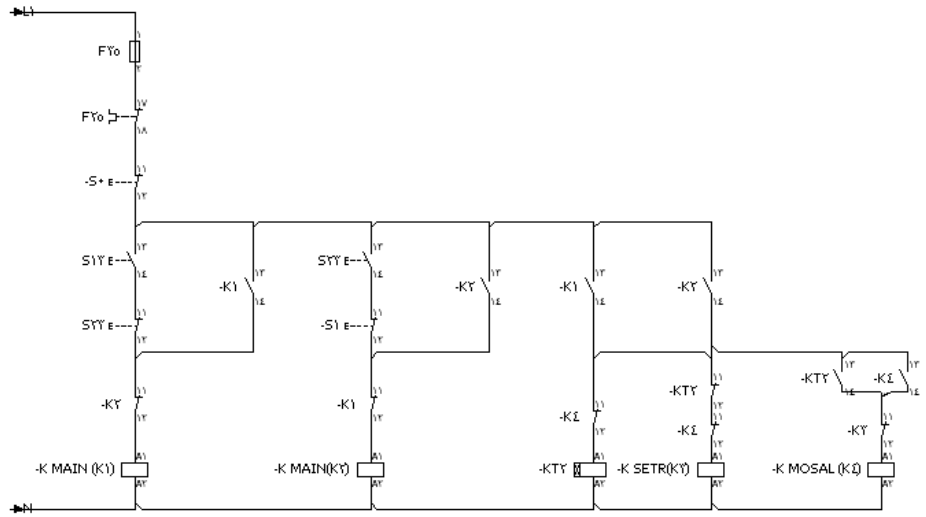
شکل ۵-۶۵: مدار قدرت راه‌اندازی یک الکتروموتور سه‌فاز به صورت ستاره مثلث دستی و اتوماتیک

۵-۸-۱۶) تحلیل مدار تشریح مدار الکتروموتور سه‌فاز به صورت چپگرد و راستگرد ستاره مثلث اتوماتیک

در تحلیل مدار قدرت همان‌طور که در شکل ۵-۶۶ مشاهده می‌شود نیاز به حداقل چهار کنتاکتور می‌باشد چرا که سه کنتاکتور برای حالت ستاره و مثلث و دوکنتاکتور برای چپگرد و راستگرد نیاز است که مجموعا پنج کنتاکتور نیاز خواهد بود. حال اگر با دیدی که قبلا به دست آورده‌ایم بتوانیم برای خود تحلیل نمائیم که کنتاکتور اصلی همیشه در مدار می‌باشد و کنتاکتور ستاره فقط در حالت ستاره و مثلث فقط در حالت مثلث و هر یک از کنتاکتورهای چپگرد و راستگرد زمانی شاستی مربوط به آن دو تحریک شود، در مدار قرار می‌گیرند می‌توان این گونه استدلال کرد که کنتاکتور چپگرد و راستگرد به عنوان کنتاکتور اصلی می‌باشند. یعنی زمانی که راستگرد مد نظر است فقط کنتاکتورها *K1* که اکنون به عنوان راستگرد و *K3* حالت ستاره و *K4* حالت مثلث در مدارهستند و زمانی که چپگرد مد نظر باشد تنها کنتاکتورهای *K2* که اکنون به عنوان کنتاکتور اصلی و *K3* حالت ستاره و *K4* حالت مثلث در مدارمی‌باشند. یعنی اینکه مدار قدرت قسمت ستاره مثلث همانند مدار ستاره مثلث است و همان طریق که درمورد مدار ستاره مثلث توضیح داده شد بسته می‌شود تنها می‌بایست در ورودی کنتاکتورهای *K1* و *K2* به این نکته توجه داشته باشیم که جای دو فاز در کنتاکتورها مطابق مدار قدرت در شکل ۵-۶۶ عوض نمائید. یعنی به طور خلاصه *K1* و *K2* همان چپگرد و راستگرد بحث شده در مدارات قبلی و *K3* و *K4* به همراه یکی از کنتاکتورهای *K1* و *K2* همان ستاره مثلث بحث شده در مدار قبلی می‌باشند. کلیه نکات بیان شده در مورد آن‌ها در این مدار هم صادق می‌باشد. در تحلیل مدار فرمان کافی است ابتداد مجموعه چپگرد و راستگردی که قبلا فراگرفته بودیم را طراحی نمائید سپس دو کنتاکت باز آن که باهم موازی شده‌اند را همان‌طور که در شکل ۵-۶۷ مشاهده می‌نمائید در مسیر کنتاکتورهای *K3* و *K4* قرار دهید که فشردن هر یک از شاستی‌های دوبل علاوه بر این که کنتاکتور مربوطه را وارد مدار می‌کند مسیر ستاره مثلث را نیز برای شروع کار مهیا می‌نماید. بدین ترتیب ابتدا کنتاکتور *K3* و تایمر(*KT1*) به طور همزمان وارد مدار می‌شوند و پس از زمان تنظیمی، تایمر کنتاکتور حالت ستاره را قطع می‌نماید و کنتاکتور حالت مثلث را وصل می‌نماید و زمانی که مدار به حالت مثلث رفت تایمر از مدار توسط تیغه بسته *K4* خارج می‌شود. همچنین توجه نمائید به منظور اینکه کنتاکتورهای ستاره و مثلث به طور همزمان وارد مدار نشود، بسته هر یک را در مسیر یکدیگر قرار می‌دهند. کلیه نکات ذکر شده در مدار فرمان ستاره مثلث و چپگرد و راستگرد که قبلا در مدارات مربوطه توضیح داده شده در مورد این مدار هم صادق می‌باشد.



شکل ۵-۶۶: مدار قدرت راه‌اندازی موتور سه‌فاز به صورت چپگرد راستگرد - ستاره مثلث(اتوماتیک)



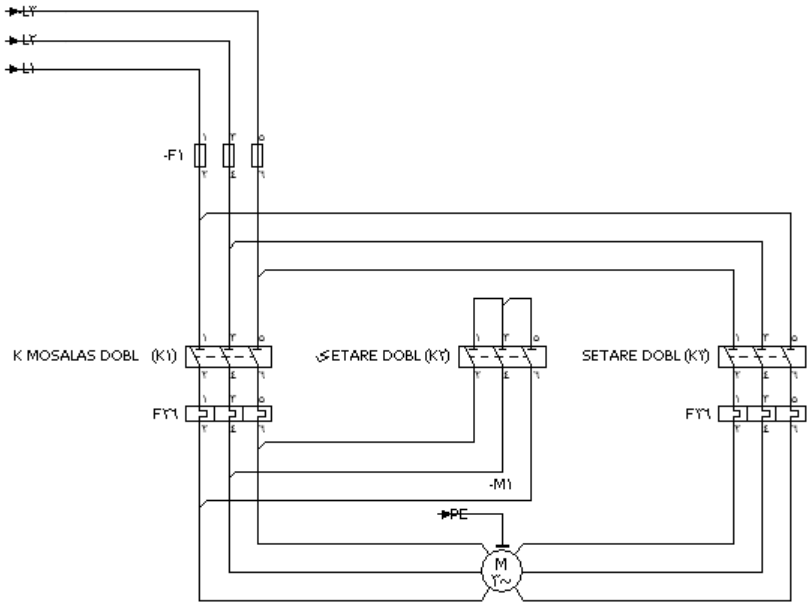
شکل ۵-۶۷: مدار فرمان راه‌اندازی موتور سه‌فاز به صورت چپگرد راستگرد - ستاره مثلث(اتوماتیک)

۵-۸-۱۷) طراحی و تشریح مدار الکتروموتور سه‌فاز دالاندر(موتورهای دو سرعته)

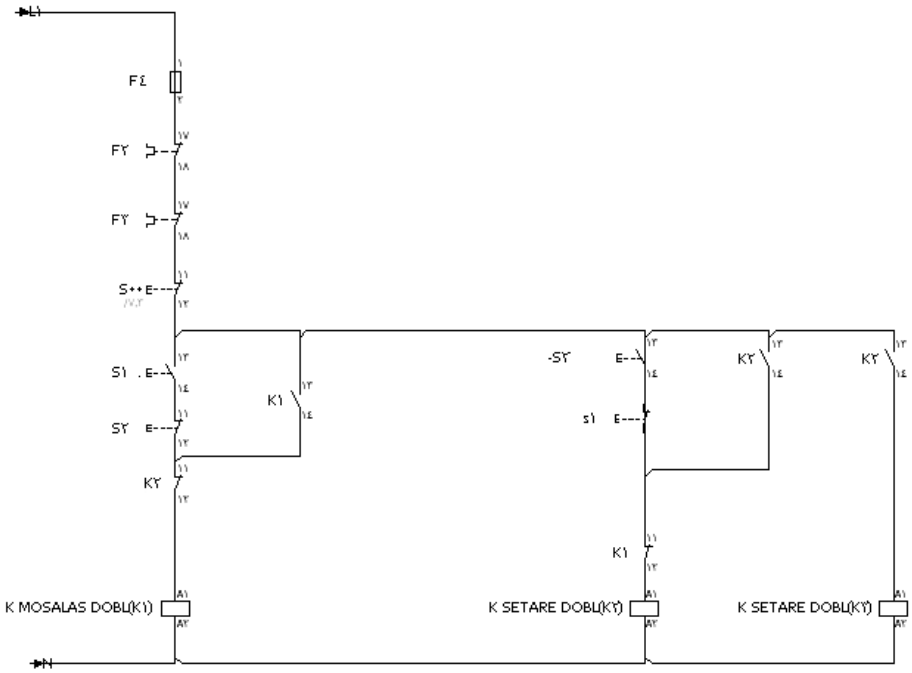
عنوان موتورهای دوسرعته به موتورهای اطلاق می‌گردد که دارای دو سرعت می‌باشند که معمولا دو برابر یکدیگرند یعنی اگر سرعت دور کند $۱۵۰۰rpm$ باشد سرعت دور تند $۳۰۰۰rpm$ می‌باشد. یکی از راه‌های شناخت این موتور توجه به سرعت و همچنین تعداد قطب‌هایی است که روی پلاک نوشته شده است که باز هم نسبت فوق در آن صادق است فقط قطب‌ها با سرعت نسبت عکس دارند. یعنی تعداد قطب‌های کم مربوط به سرعت بالا و تعداد قطب‌ها زیاد مربوط به سرعت کم می‌باشد. همچنین در برخی موارد بر روی پلاک موتور حالت Δ/λ نشان داده شده که بیان کننده این است که موتور دالاندر می‌باشد. بنابراین موتورهای

دالاندر به موتورهایی اطلاق می‌شود که بتوان با تغییر در اتصالات سیم پیچی آن از دو دور استفاده نمود که دور تند را اصطلاحا ستاره دوبل می‌نامند و دور کند به مثلث شناخته شده می‌باشد. این فقط نحوه چیدمان اتصالات در سیم پیچی‌هاست. با توجه به شکل حالت ستاره دوبل($\lambda\lambda$) خواهید دید سیم پیچی‌ها از دو نقطه وسط به هم وصل می‌شوند. چرا که ما شش گروه سیم پیچ خواهیم داشت بنابراین از آنجا که سیم‌پیچ‌ها به هم متصل می‌باشند بنابراین ما شش سر کلاف خواهیم داشت که در حالت ستاره دوبل سه سر کلاف با کنتاکتور با هم اتصال کوتاه می‌شوند و سه سر کلاف دیگر توسط کنتاکتور دیگری به برق وصل می‌شوند.

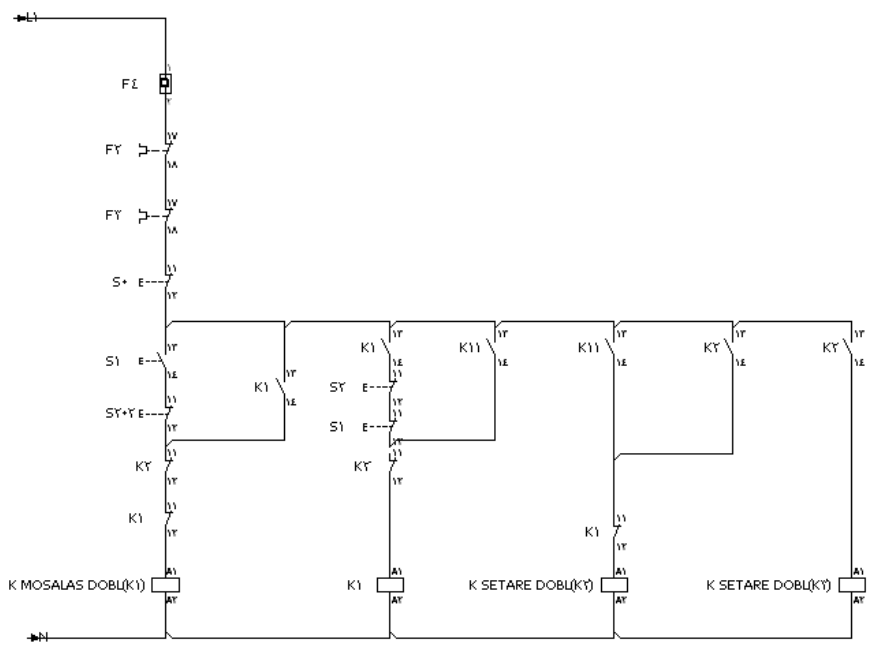
در حالت مثلث کافیست تنها یکی از از سه سر کلاف‌ها را به برق وصل نمائید و سه سر دیگر به جایی وصل نشوند. پس می‌توان حدس زد که در مدار قدرت یک موتور دالاندر سه کنتاکتور مورد استفاده می‌باشند پس سه کنتاکتور برای یک مدار دالاندر لازم است. همچین یک فیوز در سرراه فاز ورودی مجموعه و دوعدد بی‌متال، چرا که در حالت ستاره دوبل دو کنتاکتور در مدار خواهند بود و در مسیر خروجی کنتاکتور *K1* یک بی‌متال قرار می‌دهیم. هچنین یک بی‌متال دیگر در مسیر خروجی کنتاکتور *K3* قرار خواهیم داد که در شکل ۵-۶۸ مدار قدرت به نمایش درآمده است. در مدار فرمان اگر چنانچه انتخاب آزاد باشد یعنی اجبار نباشد اول دور کند وارد مدار شود و بعدا دور تند و یا بالعکس و حتما نباید اول دور کند راه‌اندازی شود و بعد تند وارد مدار شود. می‌توان همانند شکل ۵-۶۹ مدار را طوری طراحی نمود که کنتاکتور *K1* به منظور دور کند(مثلث) که با شاستی *S1* وارد می‌شود و کنتاکتورهای *K2* و *K3* به منظور دور تند(ستاره دوبل) که با شاستی *S2* وارد می‌شود. به طراحی فوق راه‌اندازی موتور دالاندر به صورت انتخاب آزاد می‌گویند و نکته‌ای که نباید در این مدار فراموش کنیم این است که کنتاکتورهای حالت ستاره دوبل و مثلث به هیچ‌وجه باهم وارد مدار نشوند به همین دلیل بسته هر یک را در سر راه یکدیگر قرار می‌دهیم. اما در تحلیل مدار راه‌اندازی موتور دالاندر به صورت ترتیبی(ابتدا دور کند سپس دور تند) باید این نکته مد نظرباشد که حتما اول دور کند وارد مدار شود و سپس دور تند. همانطور که در مسیر عبور جریان کنتاکتور *K1*(مثلث) مشاهده می‌نمائید با زدن شاستی دوبل *S1* موتور با دور کند شروع به حرکت می‌نماید و توسط نگه دارنده‌ای که موازی با مجموعهٔ شاستی دوبل *S1* قرار دارد به کار خود ادامه می‌دهد. همچنین مسیر کنتاکتور کمکی *K11* نیز مهیا می‌نماید تا با استارت شاستی دوبل *S2* مسیر عبور جریان کنتاکتور کمکی *K11* برق‌دار شود. پس از قطع، کنتاکتور *K1* به طور همزمان مسیر عبور جریان کنتاکتور *K2* و *K3* را برای حالت دور تند آماده می‌کند. موتور شروع به حرکت می‌نماید برای قطع مسیر حتما می‌بایست شاستی *S0* زده شود که مدار راه‌اندازی موتور دالاندر به صورت ترتیبی در شکل ۵-۷۰ به نمایش در آمده است.



شکل ۵-۶۸: مدار قدرت راه‌اندازی موتور دالاندر



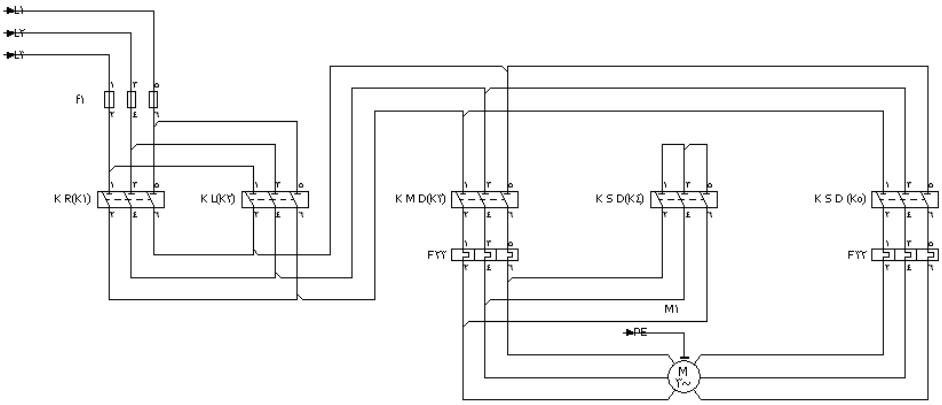
شکل ۵-۶۹: : مدار فرمان راه‌اندازی موتور دالاندر



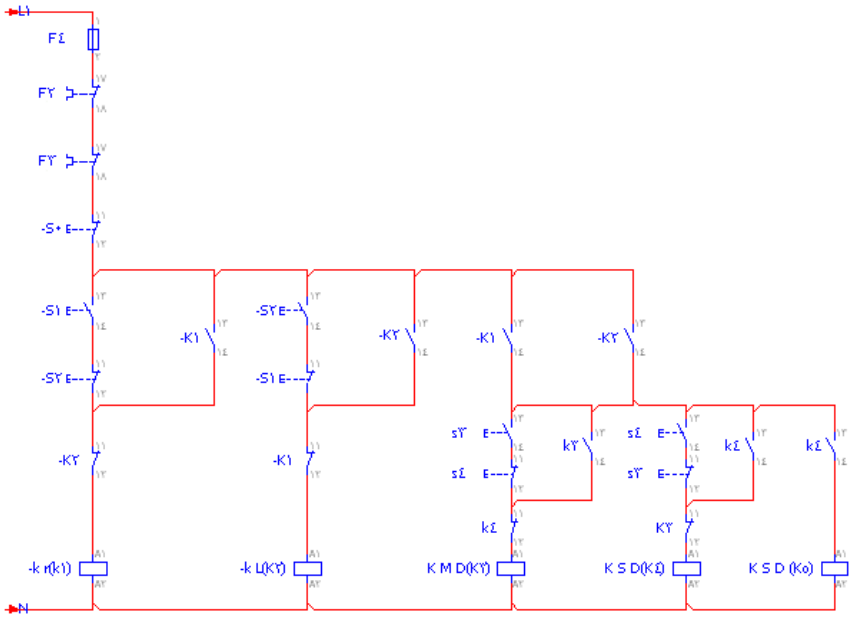
شکل ۵-۷۰

۵-۸-۱۸) طراحی و تشریح راه‌اندازی یک موتور دالاندر به صورت چپگرد و راستگرد

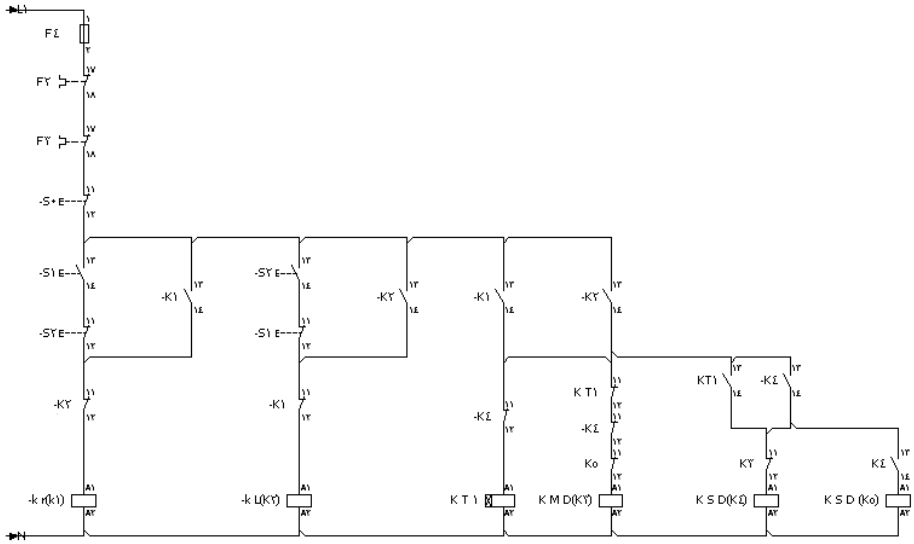
به سادگی می‌توانید حدس بزنید که در مدار قدرت این مدار چه تجهزاتی نیاز خواهد بود. با توجه به چپگرد و راستگرد، دو کنتاکتور برای چپگرد و راستگرد لازم است و برای اینکه موتور به صورت دالاندر عمل نماید نیاز به سه کنتاکتور برای دالاندر و دو سری کلید حرارتی در مسیر کنتاکتورهای ستاره دوبل و مثلث و یک سری فیوز در مسیر فاز اصلی ورودی می‌باشد. همانطوری که در شکل ۵-۷۱ مشاهده می‌نمائید کنتاکتور *K1* و *K2* برای حالت چپگرد و راستگرد مورد استفاده قرار می‌گیرند. در واقع جای دو فاز در خروجی آن‌ها تغییر یافته است و به عنوان ورودی دیگر کنتاکتورها می‌باشند. کنتاکتور *K3* برای حالت مثلث و کنتاکتورهای *K4* و *K5* برای حالت ستاره دوبل مورد استفاده قرار می‌گیرند. نحوهٔ طراحی و سیم‌بندی آن‌ها در شکل ۵-۷۲ به نمایش در آمده است. در طراحی مدار فرمان کافیست ابتدا مجموعهٔ چپگرد و راستگرد که قبلا طراحی نموده بودیم را طراحی نمائید و مجموعه کنتاکت‌های باز *K1* و *K2* را که به صورت موازی باهم می‌باشند را در مسیر مدار فرمان موتور دالاندر قرار دهید. کلیه نکات در قسمت قبلی بطور کامل توضیح داده شده است. در شکل ۵-۷۲ مدار فرمان موتور دالاندر چپگرد و راستگرد دستی را نمایش می‌دهد و مدار شکل ۵-۷۳ مدار فرمان موتور دالاندر چپگرد و راستگرد اتوماتیک را نمایش می‌دهد. همانطور که در هر دو مدار فرمان ملاحظه می‌نمائید شما ابتدا می‌بایست از طریق شاستی دوبل *S1* و *S2* جهت حرکت را انتخاب نمائید سپس با استفاده از شاستی *S3* و *S4* دورکند و یا تند را مشخص نمائید.



شکل ۵-۷۱: مدار قدرت راه‌اندازی موتور دالاندر به صورت چپگرد و راستگرد



شکل ۵-۷۲: مدار فرمان راه‌اندازی موتور دالاندر به صورت چپگرد و راستگرد



شکل ۵-۷۳: مدار فرمان راه‌اندازی موتور دالاندر به صورت چپگرد و راستگرد

۶

۶) فصل ششم: مقدمه‌ای دربارهٔ تابلو و اجزای آن

اهداف فصل:

- ☑ **تعریف تابلو**
- ☑ **انواع تابلوها**
- ☑ **اجزا اصلی تابلو**
- ☑ **تجهیزات تابلو**
- ☑ **اندازه‌گیرها**
- ☑ **اینترلاک**
- ☑ **درجه حفاظت تابلو**
- ☑ **تابلوی خازنی**
- ☑ **محاسبه تجهیزات تابلو**

در این فصل به طور اجمالی به معرفی تجهیزات به کار رفته در تابلو های صنعتی پرداخته و ضمن بیان نکات مهم درباره تجهیزات تابلو و نحوه محاسبه و روابط سریع محاسبات آن قصد داریم تا زمینه‌ای برای شما فراهم آوریم تا بتوانید نسبت تجهیزات تابلو آگاهی لازمه را داشته باشید.

۶-۱) تعریف تابلو

تابلوها تجهیزاتی هستند که برای کنترل و توزیع انرژی الکتریکی مورد استفاده قرارمی‌گیرند.

۶-۱-۱) هدف از کاربرد تابلو در صنعت برق

الف: جمع کردن تجهیزات در یک محل به منظور:

- فراهم شدن امکان کنترل و حفاظت مطمئن‌تر و دقیق‌ترو
- قابلیت استفاده از سیستم‌های الکتریکی به صورت به هم پیوسته و با هزینه‌ی کمترو
- تعمیر و نگهداری آسان‌تر و سریع‌ترو

ب: تامین ایمنی سیستم و موجودات زنده.

۶-۱-۲) انواع تابلوها

۶-۱-۲-۱) الف) از لحاظ ساختمان

- ۱) **تابلوهای بیرونی:** تابلوهای بیرونی در فضای باز نصب شده و علاوه بر وظایف تابلوهای درونی، بایستی از تجهیزات در مقابل عوامل جوی محافظت کنند و لذا دارای ساختمان خاصی می‌باشند.

شکل ۶-۱: نمایی از یک تابلو بیرونی

- **۲) تابلوهای درونی:** تابلوهای درونی تابلوهایی هستند که در محل‌های سر پوشیده مورد استفاده قرار می‌گیرند. این تابلوها وظیفه‌ی نگهداری تجهیزات در محل نصب شده و حفاظت از آنها در برابر برخوردهای ناخواسته را بر عهده دارند.

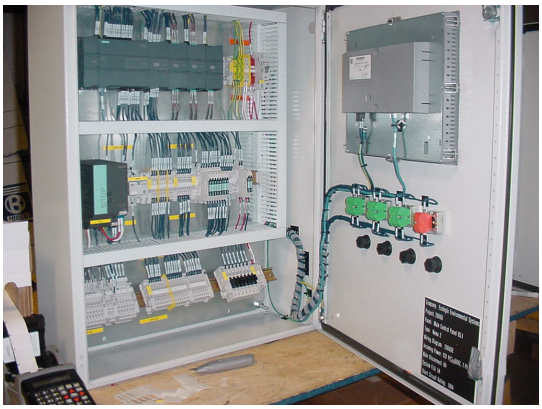
شکل ۶-۲: نمایی از یک تابلو درونی

۶-۱-۲-۲) ب) از لحاظ کاربرد

- **۱) تابلوهای توزیع:** تابلوهای توزیع به منظور جمع‌آوری و توزیع انرژی الکتریکی به کار برده می‌شوند.

شکل ۶-۳: نمایی از یک تابلو توزیع

- **۲) تابلوهای کنترل:** تابلوهای کنترل با بهره گیری از تجهیزات مختلف وضعیت سیستم را سنجیده و نمایش می‌دهند و در صورت لزوم تنظیمات اعمال شده توسط بهره بردار را به سیستم منتقل می‌کنند.



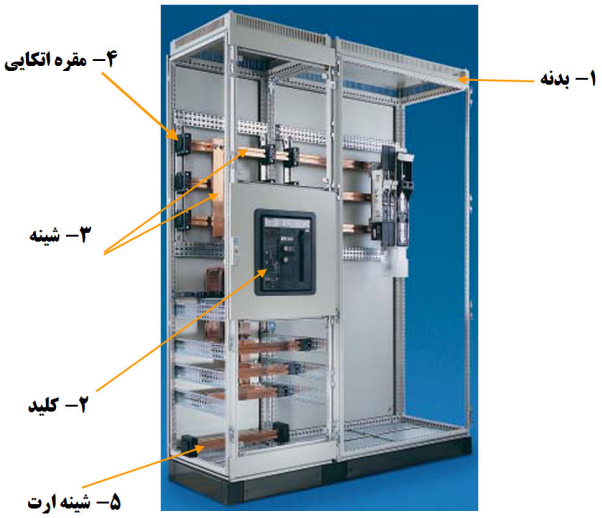
شکل ۶-۴: نمایی از یک تابلو کنترل

- تابلوها از لحاظ ساختمان به صورت‌ایستاده، دیواری، روی سکو، روکار و... و از لحاظ روش دسترسی به تجهیزات درون تابلو، اسکلت پیچ و مهره‌ای و ثابت دسته بندی می‌شوند.
- تابلوها در سطوح ولتاژ فشار ضعیف و فشار متوسط مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۶-۲) اجزا اصلی تابلو

مهمترین اجزا تابلو عبارتند از:

- بدنه
- کلید
- شینه (هادی‌ها)
- مقره
- دستگاه‌های اندازه‌گیری
- دستگاه‌های حفاظتی
- سیم ارت
- سیستم‌اینترلاک



در ادامه این فصل تمامی اجزاء تابلو به صورت کامل مورد بررسی قرارخواهد گرفت.

۶-۲-۱) بدنه تابلو

شکل ۶-۵: بدنه تابلو

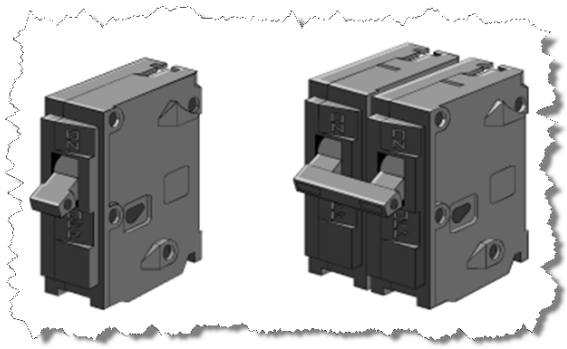
بدنه تابلو وظیفه‌ی نگهداری تجهیزات در محل نصب شده و همچنین حفاظت از آنها در برابر برخوردهای ناخواسته را بر عهده دارد. بدنه از مواد کامپوزیت، پلاستیک یا آهن که به روش پوسته‌ای سرد، نورد شده، ساخته می‌شود. ضخامت ورق تابلوهای آهنی بر اساس دستورالعمل‌های موجود و با در نظر گرفتن:

- محل استقرار تابلو
- محل ورود و خروج هادی‌ها
- شکل بدنه(ایستاده، دیواری، بیرونی، درونی و.....)
- فرم ساخت تابلو(یک پارچه، مجزا از هم)
- قابلیت دسترسی به اجزای تابلو
- نحوه‌ی آرایش تجهیزات، محیط نصب تابلو

و ابعاد آن تعیین می‌گردد. در صورت نیاز، بدنه‌ی تابلو بوسیله‌ی پروفیل و ناودانی تقویت می‌شود تا بتواند استحکام مکانیکی لازم جهت تحمل ضربات ناشی از عملکرد تجهیزات و یا وزن آنها را داشته باشد. بدنه می‌تواند به صورت یکپارچه طراحی شده و پس از تکمیل تابلو به محل نصب ارسال گردد. در بعضی موارد بدنه را به صورت قطعات مجزا از هم ساخته و پس از اتمام کلیه عملیات خمکاری، جوشکاری و رنگ آمیزی آنها را بسته بندی کرده و در محل نصب مونتاژ می‌کنند. مزیت این نوع تابلوها هزینه‌ی کمتر در زمان حمل و نقل و نیز قابلیت توسعه از طرفین و سهولت تعمیرات آن می‌باشد. بدنه باید طوری طراحی شود که ضمن سهولت دسترسی به تجهیزات درون تابلو حداکثر ایمنی ممکن را برای افرادی که با تابلو کار می‌کنند، تامین نماید. در تابلوهای قدرت برای محدود کردن تابلو و همچنین جلوگیری از سرایت آتش سوزی و یا انفجار احتمالی تجهیزات به سایر قسمت‌ها، در فواصل معینی دیوار قائمی را در داخل تابلو نصب کرده و تابلو را به قطعاتی که سلول نامیده می‌شود تقسیم‌بندی می‌کنند. تابلوهای کشویی و مدولار از این لحاظ برتری دارند. تابلو در انواع مختلفی از نحوه‌ی دسترسی می‌تواند طراحی شود(بدون درب مانند تابلوهای توزیع فشار ضعیف، درب دسترسی از جلو، از پشت، دو درب، درب شیشه‌ای و....). درب تابلو اهمیت زیادی در حفاظت از تجهیزات و همچنین تامین ایمنی کارکنان را بر عهده دارد. در تابلوهای فشار متوسط دریچه‌ای در بالای تابلو (سقف تابلو) جهت تخلیه‌ی ضربه حاصل از انفجار تابلو تعبیه می‌گردد. درجه حفاظت بدنه‌ی تابلو بر اساس نیاز و جداول موجود تعیین می‌شود. ابعاد استاندارد انواع تابلو و نحوه‌ی آزمون‌ها و سایر شرایط ضروری در "استاندارد تابلوهای مورد استفاده در شبکه‌ی توزیع" از انتشارات مرکز تحقیقات نیرو به طور کامل آورده شده است.

۶-۲-۲) تجهیزات تابلو

۶-۲-۳) کلید



شکل ۶-۶: کلید

کلیدها تجهیزاتی هستند که برای قطع و وصل انرژی الکتریکی مورد استفاده قرار گرفته و بایستی تمام جریان‌های عبوری را تحت شرایط پیش بینی شده کنترل نمایند بدون اینکه اثرات حرارتی یا دینامیکی این جریان‌ها به کلید لطمه جدی وارد کند. کلید زمانی که باز است(قطع کلید) باید اختلاف سطح الکتریکی موجود بین کنتاکت‌ها را به طور مطمئن تحمل کند. تمام اجزای کلید بایستی قدرت عایقی لازم برای تحمل ولتاژ اعمال شده را تحت شرایط پیش بینی شده دارا باشند. انتخاب نوع کلید بستگی به نیاز مدار داشته و بایستی از استانداردهای رایج تبعیت نماید.

انواع کلیدهای مورد استفاده در تابلو عبارتند از:

الف) کلید غیر قابل قطع و وصل زیر بار: این نوع کلیدها فقط برای قطع و وصل ولتاژ مدار یا در مواردی که خطوط بدون بار و یا ترانسفورماتور بدون بار باشد به کار برده می‌شوند. مزیت آنها نسبت به سایر

کلیدها قابل رویت بودن کنتاکت‌های آن در جهت تامین ایمنی کارکنان می‌باشد مانند کلیدهای چاقوئی و سکسیونر.

ب: کلیدهای قابل قطع و وصل زیر بار:

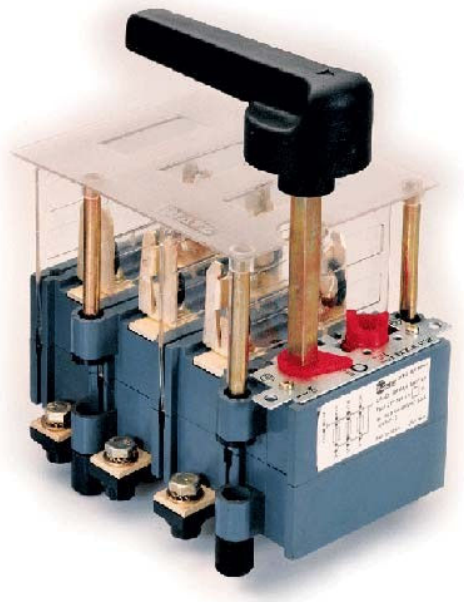
۱. **کلید بار**: این کلیدها فقط برای قطع و وصل مدار تحت ولتاژ اسمی و جریان اسمی مورد استفاده قرار گرفته و بایست قابلیت عبور دادن جریان‌های خطا در مدت زمان معینی را دارا باشند.

۲. **انواع کلید بار**

۱-۱ کلید فیوز تیغه‌ای

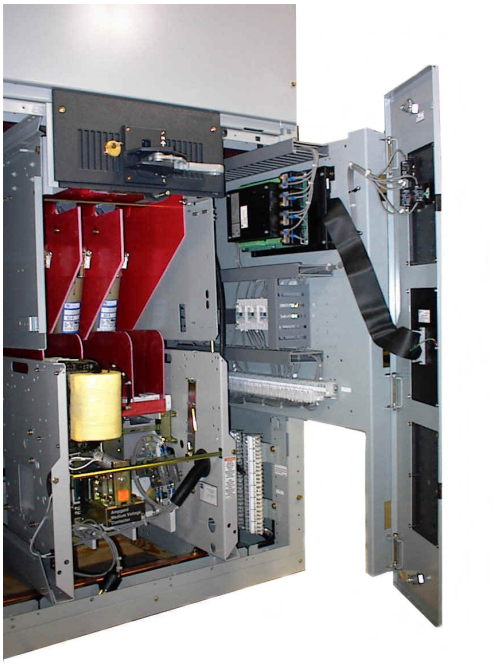
شکل ۶-۷: فیوزکاردی(کتابی)

۱-۲ کلید گردان(سلکتور سوییچ)



شکل ۶-۸: نوعی کلید گردان(کلید زبانه‌ای)

۱-۳ سکسیونر تیغه‌ای و سکسیونر کشویی(در فشار متوسط)



شکل ۶-۹: کلید قدرت

هر یک از این کلیدها بر حسب نیاز در قسمت‌های مختلف تابلو نصب شده و انرژی مورد نیاز مصرف کننده را از خود عبور داده و همچنین در صورت نیاز به کمک رله‌ها حفاظت از سیستم را بر عهده دارند. در نصب کلید در تابلو بایستی:

- ارتفاع نصب
- عمق نصب کلید
- فاصله از تجهیزات جانبی
- محل ورود و خروج‌هادی‌ها
- سرویس و نگهداری

و سایر شرایط ذکر شده در بروشور کلید را در نظر گرفت. کلید قابل قطع زیر بار سرعت لازم در قطع و وصل و محفظه مناسب برای خاموش کردن جرقه را داشته و به صورت همزمان هر سه فاز با هم قطع و وصل شوند. کلید فیوز به لحاظ ارزانی قیمت و شرایط کاری، بیشتر از کلید اتوماتیک در تابلوهای توزیع فشار ضعیف مورد استفاده قرار می‌گیرد. کلید گردان برای قطع و وصل بارهای کم اهمیت و نیز سلکتور فازی برای تغذیه ولت‌متر تابلو به کار می‌رود. در تابلوهای کنترل کلید سلکتور به علت دارا بودن قابلیت افزایش تعداد پل کاربرد زیادی دارد. سکسیونر تیغه‌ای در تابلوهای فشار متوسط برای قطع و وصل خطوط ورودی و خروجی مورد بهره برداری قرار می‌گیرد و سکسیونر تیغه‌ای فیوز دار معمولا برای حفاظت از ترانسفورماتور به کار می‌رود. توصیه می‌شود برای حفاظت دقیقتر از ترانسفورماتور از کلید دیژنکتور مجهز به رله استفاده شود. کلید سکسیونر کشویی در تابلوهای کم عمق به کار می‌روند. مشخصات سکسیونر بستگی به مشخصات فنی و الکتریکی شبکه Vn،In، Is(جریان اتصال کوتاه،ضربه‌ای، مجاز) بستگی دارد.

شکل ۶-۱۰: سکسیونر

۲- کلید قدرت

شکل ۶-۱۱: کلید قدرت(دیژنکتور)

این نوع کلیدها برای عملکرد تحت شرایط پیش بینی شده برای مدار، طراحی کلید ولتاژ و جریان اسمی یا خطا مورد استفاده قرار می‌گیرند. این کلید در تابلوها بنام کلید اصلی، کلید کل، کلید اتوماتیک و... نامیده می‌شود. کلید اتوماتیک با تنظیم رله‌ها می‌تواند حفاظت موضعی مناسبی از مدار به عمل آورده و پس از عملکرد بلافاصله قابل بهره برداری است. برخی از انواع کلید قدرت مجهز به بی‌متال(حفاظت در برابر اضافه بار) و بوبین مغناطیسی(حفاظت در برابر جریان اتصال کوتاه) گردیده‌اند و می‌توانند حفاظت موضعی مدار را بر عهده گیرند. کاربرد این کلید در تاسیسات روشنایی و برق صنعتی حفاظت خطوط و ماشین آلات و در ثانویه ترانسفورماتورهای قدرت برای حفاظت از ترانسفورماتور زیاد می‌باشد. کلید فیوزهای مینیاتوری نصب

شده در تابلو باید از نوع حرارتی-مغناطیسی بوده و بدنه آنها استقامت حرارتی و مکانیکی مداوم برای تحمل جریان نامی‌خود را دارا باشند.

- درجه حفاظت کلید باید با درجه حفاظت تابلو همخوانی داشته و از درجه حفاظت تابلو نکاهد.
- از کلید فیوزهای مینیاتوری نباید به عنوان کلید معمولی برای قطع و وصل عادی مدار استفاده گردد چون قدرت قطع اتصال کوتاه این نوع کلید کم است.
- کلیدهای قدرت فشار متوسط بر اساس استاندارد *IEC56* یا سایر استانداردهای معتبر انتخاب می‌گردند.
- دسترسی به کلید فشار متوسط در تابلو در هنگام بهره برداری، سرویس، و تعمیرات به آسانی مقدور می‌باشد.
- حداقل ایمنی لازم با استفاده از اینترلاک مناسب بین کلیدها برای حفاظت کارکنان و تاسیسات تامین می‌گردد.
- هنگام کلید زنی یا وارد کردن کلید به محفظه در تابلوهای کشویی و یا خارج کردن آن خطری متوجه اپراتور نشود.
- محفظه کلید فشار متوسط طوری طراحی شود که اثرات ناشی از دمای محیط و دمای کار و اتصال کوتاه در تداوم کار تابلو اختلالی ایجاد نکند.

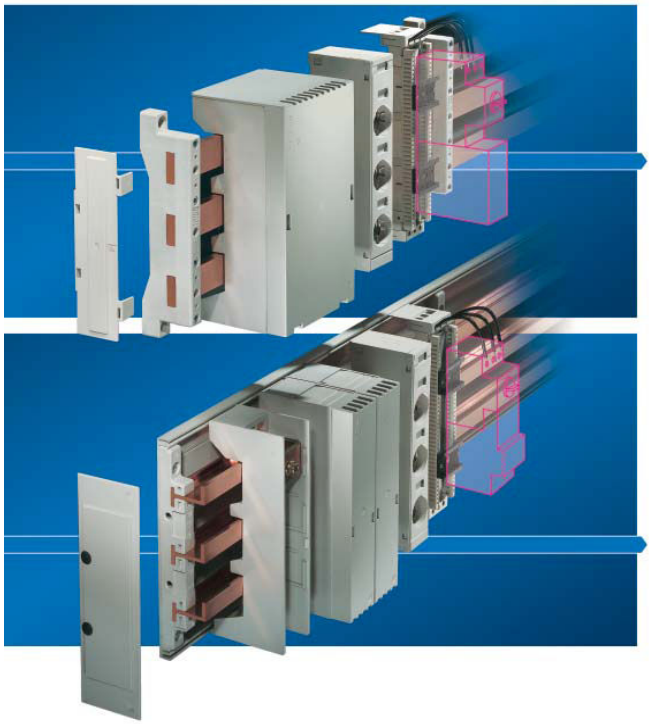
۶-۳) هادی‌های مورد استفاده در تابلو

شکل ۶-۱۲: نمایشی از شینه‌های بکار رفته در تابلوهای توزیع

اکثر هادی‌های به کار رفته در تابلوها از جنس مس می‌باشند ولی در شرایط خاصی که استفاده از مس مشکلاتی را در بر داشته باشد(مانند محیط‌های دارای بخار گوگرد) می‌توان از آلومینیوم بهره گرفت. هادی‌ها در دو نوع سیم و شینه به کار برده می‌شوند. سیم‌ها اکثرا به صورت سیم افشان جهت برقراری ارتباط الکتریکی بین تجهیزات درون تابلو با همدیگر و همچنین اتصال شبکه و مصرف کننده به تابلو مورد استفاده قرار می‌گیرند. شینه‌ها به عنوان هادی اصلی در تابلو برای جمع آوری و توزیع انرژی الکتریکی مورد بهره برداری قرار می‌گیرند. شینه‌بندی در تابلوها به روش شین ساده می‌باشد و تمام تجهیزات تابلوها به این شینه‌ها متصل می‌باشند.

در فشار ضعیف فاصله‌ی بین شینه‌ها بستگی به سطح جریان اتصال کوتاه شبکه(جریان ضربه‌ای) داشته و در این تابلوهای این فاصله نباید از ۱۰ سانتی متر کمتر شود. ظرفیت جریان‌دهی شینه به شکل سطح مقطع و اندازه آن بستگی دارد. سطح مقطع شینه را به صورت ابعاد آن بیان می‌کنند. برای اتصال دو شینه به هم یا انشعاب گیری از شینه‌ی اصلی بهتر است که ارتباط مستقیم و بدون رابط باشد. برای انشعاب گیری ابتدا هرگونه آلودگی و چربی را از محل انشعاب زدوده و به وسیله‌ی سمباده نرم تمیز کرده و با لایه‌ی نازکی از روغن مخصوص اندود نموده آنگاه دو قطعه را به هم محکم نمایید. دقت شود که اتصال دو شینه به هم به فشار آن دو سطح بر همدیگر بستگی دارد. حداکثر قطر سوراخ‌های ایجاد شده در روی شینه نباید از یک سوم عرض آن بیشتر باشد مثلا در شینه‌ای به عرض ۳۰ میلی‌متر حداکثر قطر سوراخ ایجاد شده ۱۰ میلی‌متر خواهد بود. خمکاری شینه با توجه به عرض آن باید به صورتی باشد که از حداکثر تنش خمشی مجاز شینه بیشتر نشود. اتصال شینه به کلید باید در امتداد کنتاکت‌های کلید باشد تا از ایجاد نیروی الکترودینامیکی جلوگیری شود. این نیرو می‌تواند باعث لرزش و یا حتی باز شدن کنتاکت شود. از هر گونه برش و سوهانکاری شینه که موجب کاهش ابعاد در محل وصل شدن به کلیدها باید خود داری شود. در انتخاب شینه موارد زیر باید مورد توجه قرار بگیرد:

- استقامت استاتیکی آلومینیوم(به علت بزرگتر بودن سطح مقطع به ازای جریان مساوی) بیشتر از مس است.
- تحمل دینامیکی آلومینیوم(به علت بزرگتر بودن سطع مقطع به ازای جریان مساوی) برابر با مس است.
- ازدیاد درجه حرارت در اثر جریان‌های عبوری به علت جریان مخصوص پایین‌تر و تبادل حرارتی بهتر در آلومینیوم کمتر است.
- آلومینیوم در اثر جرقه و سوختن ایجاد خاکستر زیادی نمی‌کند. این خاکستر هادی نیست و به عایق‌ها صدمه نمی‌زند. مس در برابر بخار گوگرد بسیار حساس بوده و ایجاد اکسید مس می‌کند که قابلیت هدایت کمی‌دارد.
- آلومینیوم در مقابل اسید کلریدریک، سولفوریک و آمونیاک با ثبات است ولی در مقابل بخار کلر جیوه حساس است. آلومینیوم اکسیداسیون سطحی دارد که لایه‌ی عایقی نازکی بر روی فلز به وجود می‌آورد. در اثر فشار فرورفتگی پیدا کرده و خورندگی آن در اثر الکترولیت شدید است. امروزه معمولا در تابلوهای جدید و کابل‌کشی‌های نوین بجای شینه و کابل‌کشی از باس‌بار استفاده می‌شود.



شکل ۶-۱۳: نمایی از باس‌بار

جدول مشخصات مس و آلومینیم:

جدول ۶-۱: مقایسه شینه‌های مسی و آلومینیومی

مشخصات	مس	آلومینیوم
وزن مخصوص *kg/dm3*	۸.۹	۷.۲
قابلیت هدایت	۵۶	۳۵
دمای ذوب *c*	۱۰۸۵	۶۵۸

شینه‌های فازها و نول و خنثی در تمام طول تابلو کشیده شده و در محل‌های مناسب با استفاده از مقره اتکایی ثابت می‌شوند. بهتر است شینه ارت بدون استفاده از مقره به بدنه بسته شود و در صورت استفاده از شینه مشترک برای نول و ارت *PEN*، باید آنرا بر روی مقره نصب کرد. سطح مقطع شینه نول نباید از نصف سطح مقطع شینه فاز کمتر باشد. برای افزایش ظرفیت جریان‌دهی شینه‌ها آنها را با استفاده از رنگ‌های حرارتی رنگ می‌کنند.

- رنگ قرمز فاز اول
- رنگ زرد فاز دوم
- رنگ آبی فاز سوم
- شینه نول معمولا مشکی
- شینه ارت زرد و سبز

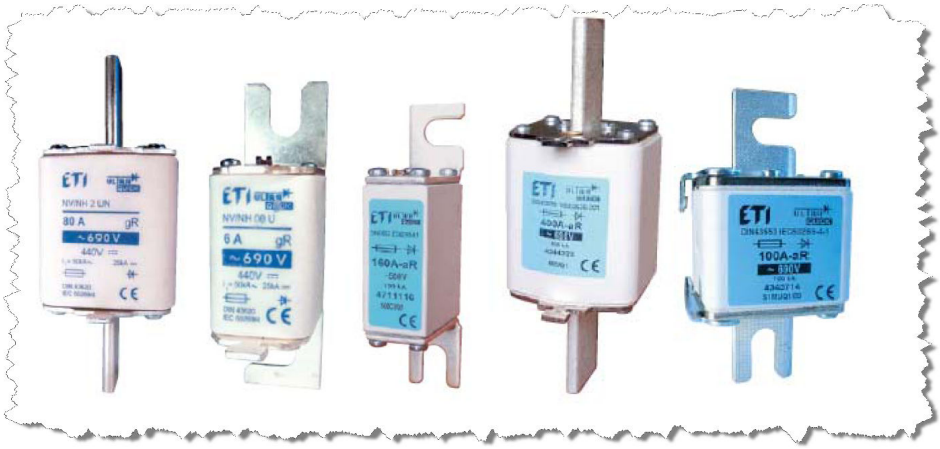
استفاده از رنگ کردن شینه برای سهولت در سرویس و تعمیرات و رفع عیب نیز موثر خواهد بود.

کدگذاری: کلیه وسایل، تجهیزات، هادیها و ترمینال‌ها در درون تابلو باید به وسیله‌ی شماره گذاری و علائم مشخصه استاندارد علامت‌گذاری شوند. کدگذاری موجب آسانتر شدن و اجرای سریع‌تر کار، افزایش دقت و سرعت عمل در زمان عیب‌یابی و تعمیرات خواهد شد که مجموع این عوامل کاهش هزینه‌های کلی را به دنبال دارد.

۶-۴) فیوز

نوعی رله است که برای حفاظت از سیستم در برابر جریان‌های خطای اضافه بار و اتصال کوتاه به کار برده می‌شود. فیوز به صورت مستقیم و غیر مستقیم در مسیر جریان مصرف کننده قرار داده می‌شود. در روش مستقیم تمام جریان از داخل فیوز عبور می‌کند و در روش غیر مستقیم با استفاده از نمونه برداری از جریان مصرف کننده به کمک وسائلی مانند ترانسفورماتور جریان به وظیفه خود عمل می‌کند. فیوزهای معمولی نمی‌توانند عمل حفاظت موضعی را در مدارات الکتریکی به طور کامل و بدون خطا انجام دهند.

۶-۴-۱) مشخصات فنی فیوزها



شکل ۶-۱۴: نمایی از چند فیوز

ولتاژ نامی، جریان نامی‌فیوز، جریان اسمی‌پایه فیوز، جریان اتصال کوتاه، فرکانس نامی، سطح عایقی، مشخصه زمان جریان(تند کار، کند کار...) نوع فیوز(فشنگی، چاقویی)، قابلیت یا عدم قابلیت محدود کنندگی جریان اتصال کوتاه، ضرایب ارتفاع و حرارت محیط در انتخاب فیوز دخیل هستند.

- فیوز باید به آسانی قابل نصب و تعویض در داخل تابلو و یا کلید فیوز باشد.
- دمای فیوز در شرایط کاری پیش بینی شده از مقادیر تعیین شده فراتر نرفته و در مشخصه زمان جریان آن تغییر چندانی حاصل نشود.
- فیوز بایستی پایداری دینامیکی و حرارتی لازم در طول مدت اتصال کوتاه و نیز در طول مدت زمان عبور جریان اسمی‌کوتاه مدت تعیین شده را دارا باشد.
- فیوز NH^1(به لحاظ ساختمان داخلی) جریان اتصال کوتاه را قبل از رسیدن به ماکزیموم شدت جریان قطع می‌کند.

۶-۴-۲) انواع فیوز

۶-۴-۲-۱) الف)فیوزهای حرارتی

شکل ۶-۱۵: نمایی از یک فیوز حرارتی

فیوز حرارتی با سیم ذوب شونده: برای عملکرد در مقابل اضافه بار و اتصال کوتاه مانند فیوز شیشه‌ای، فشنگی، چاقویی HRC^2 لینگ(این فیوزها یکبار مصرف هستند) مورد استفاده قرار می‌گیرند.

فیوز حرارتی با بی‌متال: جهت محافظت از سیستم در مقابل اضافه بار با دقت بیشتری نسبت به فیوز حرارتی با سیم ذوب شونده به کار برده می‌شوند و پس از عملکرد قابل استفاده مجدد در صورت رفع عیب می‌باشند. این نوع فیوز برای حفاظت از سیستم در برابر اتصال کوتاه مناسب نمی‌باشد.

۶-۴-۲-۲) ب)فیوزهای الکترونیکی

این فیوزها محافظت از مدار را در مقابل اضافه بار و اتصال کوتاه با دقت و سرعت عمل بالایی انجام می‌دهند. فیوز حرارتی با سیم ذوب شونده یکبار مصرف بوده و پس از عملکرد بایستی تعویض شوند. در قسمت بالای فشنگی فیوز، پولکی تعبیه گردیده که در صورت عملکرد فیوز از محل خود خارج شده و سوختن فیوز را مشخص می‌کند. رنگ پولک‌ها نمایانگر آمپراژ اسمی فیوز می‌باشد. فیوزهای اتوماتیک(فیوز آلفا،کلید فیوز و موارد شبیه) با استفاده از بی‌متال برای حفاظت در برابر اضافه بار همراه با قطع کننده مغناطیسی(بوبین قطع اتصال کوتاه) جهت حفاظت اتصال کوتاه، برای حفاظت از شبکه‌های خانگی و عمومی مورد استفاده قرار می‌گیرند. این فیوزها پس از عملکرد و قطع سیستم آماده وصل مجدد می‌باشند. کلید فیوزهای مینیاتوری برای قطع و وصل بار به عنوان یک کلید نمی‌توانند مورد استفاده قرار گیرند. در صورت استفاده از چند فیوز برای حفافظت یک مسیر، فیوزها باید طوری انتخاب شوند که منحنی جریان ولتاژ آنها با هم تداخل نداشته باشند. رنگ پولک و ته فیوز بر اساس جریان اسمی‌فیوز به شرح زیر است:

جدول ۶-۲: نمایش رنگ پولک‌ها برروی فیوزهای ذوب‌شونده

رنگ پولک	جریان اسمی(آمپر)	رنگ پولک	جریان اسمی(آمپر)	رنگ پولک	جریان اسمی(A)	رنگ پولک	جریان اسمی(A)
صورتی	۲	سرخ	۱۰	زرد	۲۵	مسی	۶۳
قهوه‌ای	۴	خاکستری	۱۶	سیاه	۳۵	نقره	۸۰
سبز	۶	آبی	۲۰	سفید	۵۰	سرخ‌تیره	۱۰۰

پودر داخل فیوزهای حرارتی با سیم ذوب شونده معمولا اکسید سیلسیوم Sio_2(کوارتز پودر شده) با درجه خلوص بالا می‌باشد.

۶-۵) مقره

شکل ۶-۱۶: نمایی از یک مقره تابلویی

مقره‌های مورد استفاده در تابلوها عموما از جنس چینی یا پلاستیک می‌باشند که با توجه به محل نصب و کاربرد تابلو و شرایط کار انتخاب می‌شوند. با توجه به ابعاد شینه و نحوه قرارگرفتن آن بر روی مقره و با استفاده از پایه مناسب، شکل ظاهری مقره تعیین می‌شود. هنگام نصب مقره و یا در بازرسی دوره‌ای دقت شود که ترک خوردگی و یا آسیب ناشی از عبور جریان از بدنه مقره(تخلیه ولتاژ اضافی) بر روی بدنه وجود نداشته باشد. در صورت عدم اطمینان مقره تست شود. نیروی وارد بر مقره اتکائی نباید از ۵۰٪ نیروی قابل تحمل آن بیشتر شود. حداکثر نیروی دینامیکی ناشی از اتصال پلاستیکی بدلیل ارزان قیمت بودن، به فراوانی در تابلوهای برق دارند.

۶-۶) اندازه‌گیرها

شکل ۶-۱۷: آمپرمتر و ولت‌متر تابلویی

اندازه‌گیرها دستگاه‌هایی هستند که کمیت‌های مختلف شبکه مورد نظر را سنجیده و ثبت کرده یا بر روی صفحه‌ای نمایش می‌دهند. به دلیل اینکه آگاهی از وضعیت سیستم اهمیت زیادی دارد دستگاه‌های

اندازه‌گیری نیز از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشند. دستگاه‌های اندازه‌گیری به دو صورت مستقیم و یا غیر مستقیم در شبکه مورد استفاده قرار می‌گیرند. در روش مستقیم دستگاه بدون واسطه به شبکه وصل می‌شود. مانند ولت‌متر فشار ضعیف، آمپرمتر تا سطح جریان ۶۰ آمپر. در روش غیرمستقیم دستگاه‌های اندازه‌گیری با استفاده از تجهیزاتی مانند ترانسفورماتور ولتاژ یا ترانسفورماتور جریان از شبکه نمونه‌برداری می‌کنند. دستگاه‌های اندازه‌گیر می‌بایست هم سطح تابلو و بدون لقی نصب شوند درضمن مقاوم در برابر نفوذ رطوبت و گرد و خاک بوده و کلیه‌ی اتصالات از پشت به دستگاه وصل شود. صفحه نمایش‌دهنده دستگاه‌های اندازه‌گیری آنالوگ باید دارای صفحه سفید رنگ و درجه‌بندی و عقربه نشان‌دهنده سیاهرنگ بوده و پیچ تنظیم صفر داشته باشند. نصب تابلو به صورت تراز اهمیت ویژه‌ای برای دستگاه‌های اندازه‌گیر مکانیکی و آنالوگ دارد عدم رعایت این امر موجب بروز خطا می‌گردد.

برای اتصال دستگاه اندازه‌گیری ولتاژ از سیم افشان با حداقل سطح مقطع ۲/۵(میلی‌متر مربع) استفاده شده و پس از اخذ انشعاب از خط اصلی سیم وارد فیوز گردیده و سپس به کلید سلکتور فازنمای هفت‌حالته(با کنتاک نگهدارنده و بدون فنر برگشت) داده شده و خروجی کلید به ولت‌متر وصل می‌شود.

برای اندازه‌گیری جریان، سیم افشان متناسب با شدت جریان عبوری از مدار انتخاب می‌شود. سطح مقطع این‌هادی نباید از۲/۵(میلی‌متر مربع) کمتر باشد برای اندازه‌گیری شدت جریان‌های بیش از ۶۰ آمپر از ترانسفورماتور جریان متناسب با جریان مدار استفاده شده و ارتباط بین $C.T$ و آمپر متر توسطهادی سیم افشان با سطح مقطع ۴(میلی‌متر مربع) و بدون استفاده از فیوز برقرار می‌گردد. ظرفیت آمپر متر انتخابی نباید از حدود ۲۵ درصد حداکثر بار بیشتر در نظر گرفته شود. درصورت استفاده از $C.T$ یا $P.T$ در مدار آمپرمتر یا ولت‌متر مربوط به آن باید درجه‌بندی متناسب با طرف اولیه ترانسفورماتور را داشته باشد.

انواع دستگاه‌های اندازه‌گیری که بیشتر در تابلوها مورد استفاده قرار می‌گیرند عبارتند از:

- ۱)ولت‌متر(آنالوگ ودیجیتال): به صورت موازی با مصرف کننده به مدار وصل می‌شود.
- ۲)آمپرمتر(آنالوگ ودیجیتال): به صورت سری در مسیر جریان مصرف کننده قرار داده می‌شود.
- ۳)فرکانس متر(آنالوگ و دیجیتال): به مدار به صورت موازی متصل می‌گردد.
- ۴)کسینوس فی متر(آنالوگ و دیجیتال): نحوه اتصال آن به مدار بصورت سری موازی می‌باشد.

علامت فنی کسینوس فی‌متر

شکل ۶-۱۸: نمایی از یک کسینوس‌فی‌متر به همراه نماد آن

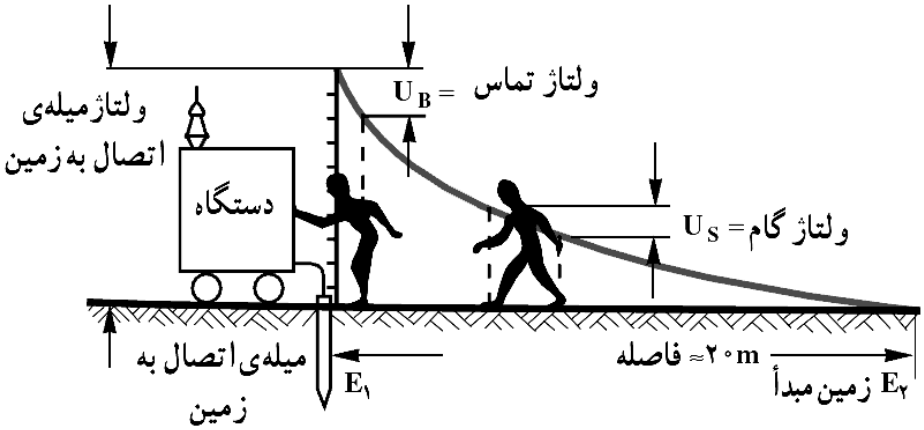
- ۵) انواع کنتورهای تکفاز و سه فاز(آنالوگ و دیجیتال).

- سیم کشی‌های فشار ضعیف و کنترل باید حداقل با سیم نمره ۲/۵ میلی‌متر مربع که دارای تحمل ولتاژ ۱۰۰۰ ولت باشد انجام گیرد.
- اگر از لامپ‌های فاز نما برای نشان دادن وجود فاز استفاده شود این لامپ‌ها باید مصرف کمی‌داشته و از نوع قابل نصب بر روی تابلو بوده و کلاهک رنگی روی لامپ در اثر حرارت لامپ تغییر شکل و رنگ ندهد.
- اتصال الکتریکی وسائلی که بر روی درب تابلو و سایرقسمت‌های متحرک تابلو نصب شده‌اند با درون تابلو بایستی با استفاده از کابل یا سیم قابل انعطاف و در درون لوله خرطومی فلزی انجام گیرد. حداکثر حجم اشغال شده در درون لوله توسط هادی‌ها نباید بیش از ۴۰٪حجم داخلی لوله باشد.

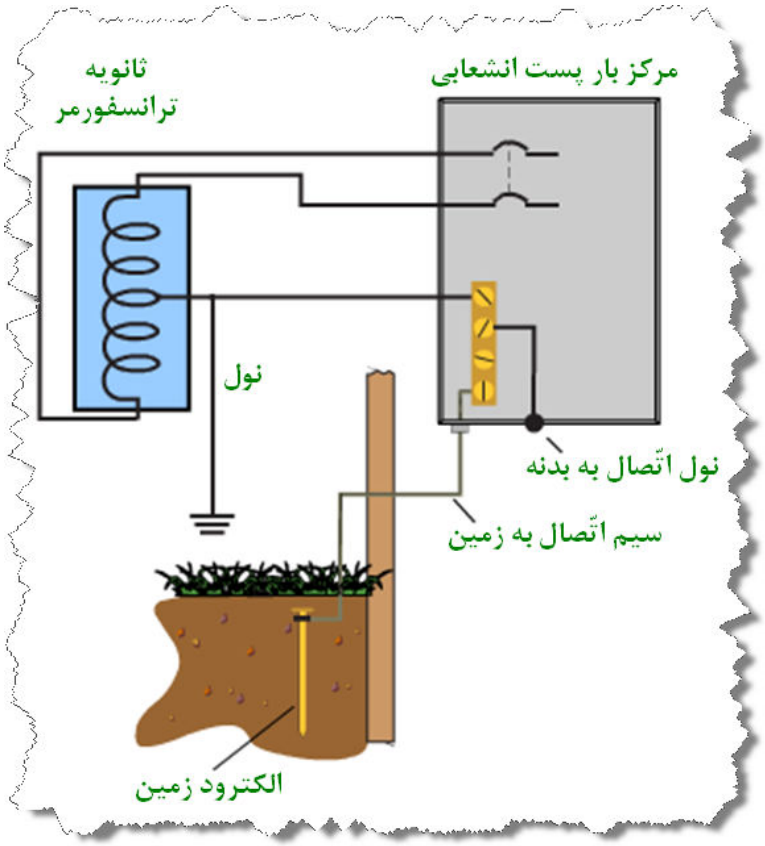
۶-۷) اینترلاک

سیستم اینترلاک جهت تامین ایمنی افراد و حفاظت از تاسیسات در محل‌هایی که احتمال بروز حادثه در اثر عملکرد اشتباه وجود داشته باشد، مورد استفاده قرار می‌گیرد. اینترلاک به دو صورت مکانیکی و الکتریکی می‌باشد. سیستم اینترلاک باید طوری طراحی شود که از عملکرد خطر ساز یا خارج برنامه سیستم جلوگیری کند. اینترلاک در تابلوها بر روی درب تابلو قرارگرفته و در هنگام جاگذاری یا خارج کردن تجهیزات، عملکرد متوالی سیستم و... کاربرد دارد. برخی از تجهیزاتی که عملکرد نابجای آنها ممکن است موجب خسارت و آسیب شود علاوه بر اینترلاک باید به قفل نیز مجهز باشند. اگر امکان دسترسی به تابلو توسط افراد غیر مرتبط وجود داشته باشد باید اینترلاک مکانیکی و الکتریکی مناسبی بین درب تابلو و کلید اصلی برقرار شود. برای سلول‌های خازنی در تابلو اینترلاک باید بین کلید زمین و درب تابلو تعبیه گردد. اینترلاک نشان داده شده در شکل از نوع مکانیکی بوده یعنی اینکه برای بازکردن درب تابلو برق سه فاز قطع شده و مصرف‌کننده‌ها به زمین متصل می‌باشند.

۶-۸) اتصال زمین



شکل ۶-۱۹: نمونه‌ای از زمین کردن مصرف‌کننده



شکل ۶-۲۰: زمین‌کردن مرکز بار

- اتصال زمین برای حفاظت از جان موجودات زنده و تاسیسات الکتریکی در صورت برقدار شدن اتفاقی قسمت‌های فلزی غیربرقی سیستم مورد استفاده قرار می‌گیرد.
- اتصال زمین به دو صورت الکتریکی و حفاظتی می‌باشد
- چگالی جریان درهادی اتصال زمین نباید از ۲۰۰ آمپر برمیلی‌متر مربع تجاوز کند. هر واحد از محفظه تابلو(سلول) باید بصورت مستقل به‌هادی اتصال زمین وصل شود. کلیه قسمت‌های فلزی تابلو که به مدارات اصلی و کمکی ارتباطی ندارند باید به هادی زمین وصل شوند، مانند درب تابلوها و بدنه قطعات متحرک که با استفاده ازهادی‌های مناسب هر قسمت، این ارتباط دایر می‌شود.
- با توجه به تنش‌های حرارتی و مکانیکی ناشی از جریان‌هایی که این هادی‌ها حمل می‌کنند باید از صحت اتصالات و پیوستگی مدارات اطمینان حاصل نمود. از رنگ کردن شینه ارت و پیچ‌ها و سایر اتصالات، در محل اتصال پرهیز شود. شینه زمین باید دارای محل اتصال مناسبی جهت اتصال به سیستم زمین تاسیسات باشد. کلیه قسمت‌های متحرک تابلو(ماند درب‌ها) باید با استفاده از هادی مناسب به نقاط ثابت وصل شده و از کامل بودن ارتباط اطمینان حاصل نمود. تابلوهایی که در سیستم اتوماسیون مورد استفاده قرار می‌گیرند بعلت حساسیت زیاد تجهیزات ورودی و خروجی به تداخل و نویزهای موجود در شبکه، بایستی بصورت مستقل محفظه‌بندی و با استفاده از سیستم اتصال زمین جداگانه‌ای ارت گردند. در صورتی که این تابلو جزیی از تابلوی سیستم می‌باشد، سلول مربوطه بصورت عایق از بدنه‌های اطراف(با استفاده از مقره‌های اتکایی فشار ضعیف این فاصله فراهم می‌شود) ساخته شده و زمین می‌گردد.

۶-۹) درجه حفاظت تابلو IP^1

درجه حفاظت تابلو نمایانگر موارد زیر می‌باشد:

۱) درجه حفاظت اشخاص در مقابل تماس با قسمت‌های برقدار و متحرک تابلو و تجهیزات درون تابلو در برابر نفوذ اجسام خارجی.

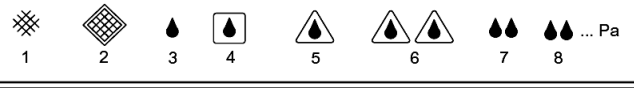
۲) حفاظت از تجهیزات درون تابلو در مقابل نفوذ مایعات به درون تابلو.

۳) حفاظت از تجهیزات درون تابلو در مقابل ضربات مکانیکی(تحت شرایطی).

- درجه حفاظت تابلو بصورت *IPXX* بیان می‌شود که دور قم بعد از حروف *IP* نشانگر نوع آن می‌باشد.
- رقم اول نشانگر درجه حفاظت اشخاص در مقابل تماس با قسمت‌های برقدار و حفاظت تجهیزات در برابر نفوذ اجسام صلب خارجی، رقم دوم نشانگر درجه حفاظت در مقابل نفوذ مایعات به دورن تابلو می‌باشد. درجات حفاظتی که بطور معمول مورد استفاده قرار می‌گیرند در جدول زیر نشان داده شده است:

نشانه	توضیح	نوع ایمنی
ایمنی تماس و ایمنی جسم خارجی		
	بدون ایمنی تماس، بدون ایمنی جسم خارجی	IP0X
	ایمنی در مقابل جسم خارجی بزرگتر است Ø50mm	IP1X
	ایمنی در مقابل جسم خارجی بزرگتر ازØ12mm	IP2X
	ایمنی در مقابل جسم خارجی بزرگتر ازØ 2. 5mm	IP3X
	ایمنی در مقابل جسم خارجی بزرگتر ازØ1mm	IP4X
	ایمنی در مقابل رسوب گرد وغبار مضر به داخل	IP5X
	ایمنی در مقابل نفوذ گردوغبار	IP6X
ایمنی آب		
	بدون ایمنی آب	IPX0
	ایمنی در مقابل ریزش عمودی قطرات آب	IPX1
	ایمنی در مقابل ریزش نایل قطرات آب (150^0نسبت به عمود)	PX2
	ایمنی در مقابل بخش آب	IPX3
	ایمنی در مقابل پاشیدن آب	IPX4
	ایمنی در مقابل فوران آب، به عنوان مثال از ناظر	IPX5
	ایمنی در مقابل جریان آب	IPX6
	ایمنی در مقابل غوطه ور شدن	IPX7
	ایمنی در مقابل غوطه وری کامل	IPX8

نشانه‌ی انواع ایمنی (مفهوم را در جدول بالا ببینید)



۶-۱۰) تابلوی خازنی

بدنه تابول خازنی از ورق با ضخامت حداقل ۱/۵(میلی‌متر) و ابعاد مناسب با تجهیزات ساخته می‌شود. نوع تابلو(ایستاده –دیواری) با توجه به ظرفیت خازن‌ها ی منصوبه تعیین می‌شود. تابلوهای خازنی با ظرفیت کم به صورت دیواری و با ظرفیت زیاد بصورت ایستاده طراحی می‌شوند. این تابلوها با درب دسترسی از جلو می‌باشند. تابلوخازنی از دو سلول جداگانه که به هم مرتبط هستند ساخته می‌شود. یک سلول برای تعبیه خازن‌ها، کابل‌ها یا شینه‌های قدرت، کلید یا کنتاکتورهای قطع و وصل مدار، مقاومت تخلیه خازن و در سلول دیگر کلید اصلی، رگولاتور، فیوز، چراغ‌های سیگنال و اندازه‌گیرها نصب می‌شوند. باتوجه به میانگین دمای خازن در طول یک ساعت نباید ۵ درجه بیش از دمای محیط باشد، خازن‌ها در داخل تابلو باید طوری نصب شوند که حرارت به صورت جابجایی و تابلو با محیط اطراف مبادله شده و خود تابلو دارای دریچه تهویه و درصورت لزوم سیستم تهویه مناسب باشد. در صورتی که فراهم کردن امکانات مقدور نباشد بایستی از خازن با دمای کار بالاتر استفاده گردد. دمای خنک کننده در گرمترین نقطه از یک بانک خازنی اندازه‌گیری می‌شود. این نقطه در وسط دو واحد خازنی قرار دارد. اگر خازن تک واحدی باشد این دما در نقطه‌ای به

فاصله حدودا ۳۰سانتی‌متر از محفظه خازن و در ارتفاعی برابر ۲/۳ قد خازن بالاتر از کف آن خواهد بود. مجموعه بانک خازنی(تابلوی اتصال کابل تغذیه، رگولاتور و تابلوی خازن) به وسیله سازنده تابلو بر روی یک شاسی سوار شده و به صورت مجموعه‌ای واحد به محل استفاده حمل می‌شود. تابلوهای با ظرفیت بالا برای نصب بر روی فونداسیون آماده می‌شوند ولی تابلوهای با ظرفیت کم را می‌توان به صورت تابلوی دیواری نیز ساخت. اتصال بدنه تابلو و کلیه اجزای تابلوی خازنی باید مطمئن باشد. درتابلوهای خازنی با ظرفیت بالا حتی الامکان سیستم اینترلاک مناسبی بین درب تابلو و کلید اصلی نصب شود تا بدون قطع کلید اصلی امکان دسترسی به درون سلول خازنی مقدور نباشد.

استاندارد خازن‌ها ی صنعتی فشار ضعیف:

IEC70,VDE0560-Din4800-ISIR2781

۶-۱۰-۱) مشخصات خازن

- ولتاژ اسمی، جریان اسمی، توان اسمی(ظرفیت *VAR*)، تلفات اکتیو، دمای محیط، دمای خنک کننده، حداکثر و حداقل دمای کار خازن، نوع اتصال به شبکه.
- رده بندی دمای حداکثر و حداقل دمای کار خازن به شرح زیر است:

  ۴۰/+۴۰- و ۴۰/+۲۰- و ۴۰/+۱۰- و ۴۵/+۱۰-
- خازن سه فاز می‌تواند به یکی از صورت‌های زیر به مدار متصل شود:

  ***Y*(ستاره)، Δ (مثلث)، *Y*(ستاره با نقطه صفر)، III (سه بخش بدون اتصالات داخلی)**
- توان واحد خازنی سه فاز باید به صورت مجموع توان سه فاز ذکر شود.
- ظرفیت کلید فیوز منصوبه در مسیر تغذیه خازن باید ۱/۵ برابر جریان خازن باشد.
- در صورت استفاده از کنتاکتور، ظرفیت آن(پس از اعمال ضرایب حرارتی) ۱/۲۵ برابر حداکثر جریان حاصله می‌باشد.
- برای حفاظت مطمئن‌تر خازن در برابر اتصال کوتاه از فیوزهای *HRC* با ضریب ۱/۵ برابر جریان نامی‌خازن استفاده می‌شود.
- در ولتاژ فشار ضعیف و بارهای خیلی کوچک، تنظیم توان با کنترل دستی امکان پذیر است.
- برای کنترل و تنظیم توان اکتیو به صورت خودکار می‌توان از رله‌های اندازه‌گیر توان اکتیو، حساس به جریان و یا تایمر استفاده کرد.
- در مصرف کننده‌های صنعتی کوچک و نیز جبران کننده‌های گروهی استفاده از رله جریان بهتر است.
- در بار یکنواخت و قابل پیش‌بینی می‌توان از رله زمانی بهره گرفت. بهترین روش کنترل رله حساس به توان راکتیو است. مراحل پله خازن از ۳ الی ۱۹ مرحله می‌تواند برنامه ریزی شود. مقدار هر پله و تعداد پله‌ها به شرایط بار بستگی دارد.
- قدرت خازن‌ها ی رایج برحسب *KVAR* به شرح زیر است:

  ۵-۱۰-۱۲/۵-۱۵-۲۰-۲۵-۳۰-۴۰-۵۰-۶۰-۱۰۰

۶-۱۰-۲) ضریب $\frac{c}{k}$

این ضریب برای تنظیم فاصله وارد کردن خازن تا خارج کردن آن از مدار به رگولاتور داده می‌شود. بعنوان مثال اگر ضریب قدرت از ۸۹٪کمتر شد پله‌ای از خازن را وارد مدار کرده و در صورتی که کسینوس

فی از ۹۳۵/ بیشتر شد پله‌ای را از مدار خارج نماید. C ظرفیت اولین پله خازن نصب شده در مدار و K ضریب نسبت تبدیل‌ترانسفورماتور جریان است.

- قدرت خازن اگر کمتر از ۵۰۰ وار باشد مقدار آن برحسب ظرفیت خازن(C) بیان می‌شود.
- قدرت خازن اگر بیش از ۵۰۰ وار باشد مقدار آن برحسب $KVAR$ بیان می‌شود.
- باید دقت شود که $Q_C < Q_L$ باشد تا از افزایش ولتاژ شبکه جلوگیری شود.

۶-۱۱) محاسبه توان خازن $\frac{C}{K}$

جدول ۳۰۶: محاسبه توان خازن در ضریب قدرت‌های مختلف و با توجه به نوع CT

نوع C/K											
	5	10	12. 5	15	20	25	30	40	50	60	100
30/5	0. 83										
50/5	0. 50	1. 00									
75/5	0. 33	0. 67	0. 83	1. 00							
100/5	0. 25	0. 50	0. 63	0. 75	1. 00						
150/5	0. 17	0. 33	0. 42	0. 50	0. 67	0. 83	1. 00				
200/5	0. 13	0. 25	0. 31	0. 38	0. 50	0. 67	0. 83	1. 00			
300/5	0. 08	0. 17	0. 21	0. 25	0. 33	0. 42	0. 50	0. 67	0. 83	1. 00	
400/5	0. 06	0. 13	0. 16	0. 19	0. 25	0. 31	0. 38	0. 50	0. 63	0. 75	
500/5	0. 05	0. 10	0. 13	0. 15	0. 20	0. 25	0. 30	0. 40	0. 50	0. 60	1. 00
600/5		0. 08	0. 10	0. 13	0. 17	0. 21	0. 25	0. 33	0. 42	0. 50	0. 83
800/5		0. 06	0. 08	0. 09	0. 13	0. 16	0. 19	0. 25	0. 31	0. 38	0. 63
1000/5		0. 05	0. 06	0. 08	0. 10	0. 13	0. 15	0. 20	0. 25	0. 30	0. 50
1500/5				0. 05	0. 06	0. 08	0. 10	0. 13	0. 17	0. 20	0. 33
2000/5					0. 05	0. 06	0. 08	0. 10	0. 13	0. 15	0. 25
3000/5							0. 05	0. 07	0. 08	0. 10	0. 17
4000/5								0. 05	0. 06	0. 08	0. 13

می‌دانیم:

$$Cos(\varphi) = P/S \quad \text{و} \quad Sin(\varphi) = Q/S \quad \text{و} \quad tan(\varphi) = Q/P$$

الف) با دردست داشتن ضریب قدرت‌های موجود و مورد نظر و توان اکتیو داریم:

$$Q_C = P\,(tan\varphi_1 - tan\varphi_2)$$

- Q_C = قدرت خازن بر حسب کیلو وار
- P= قدرت اکتیو تجهیزات برحسب کیلو وات
- $tan\varphi$ = ضریب زاویه توان موجود
- $tan\varphi$ = ضریب زاویه توان مطلوب

ظرفیت خازن عبارت است از:

$$C = Qc/(U^2 \times W \times 10^{-3})$$

- U= ولتاژ برحسب کیلو ولت.
- C= ظرفیت خازن برحسب فاراد.

ب) از طریق قبض برق مصرفی واحد:

اطلاعات موجود در روی قبض عبارتند از: توان اکتیو مصرفی و مقدار توان راکتیو مصرفی

$$Tan(\varphi_1) = Q/P \longrightarrow \varphi_1 = Arctan(Q/P)$$

بجای فرمول فوق می‌توان از فرمول زیر نیز استفاده کرد:

$$cos\varphi_1 = 1/[\sqrt{(1 + tan^2\varphi_1)}]$$

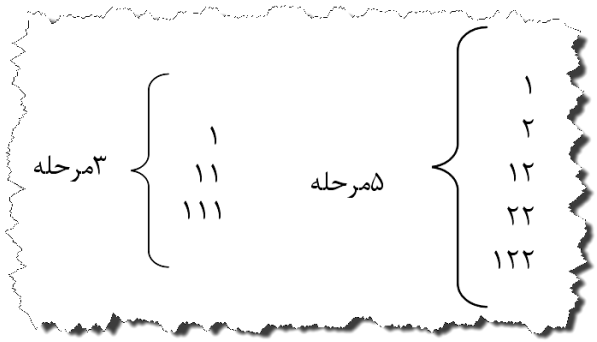
راه دیگر این است که با بدست آوردن $Cos\varphi_1$ و مراجعه به جدول شماره ۴(ضریب F) و در دست داشتن مقدار $Cos\varphi_2$ مقدار ضریب F را از جدول بدست آورده و در فرمول جاگذاری نمایید:

قدرت خازن $Q_C = P \times F$ **:Kvar**

منطق عملکرد خازن: ترتیب وارد کردن به مدار یا خارج کردن خازن‌ها از مدار توسط رگولاتور منطق عملکرد نامیده می‌شود.

مثال: منطق ۱۲۲ برای خازن ۵ پله

مثال: منطق ۱۱۱ برای خازن سه پله



شکل ۶-۲۱

۶-۱۲) محاسبه تجهیزات تابلو

کلید: کلیدهای روشنایی بر اساس ولتاژ مدار، جریان اسمی و نوع آن(AC یا DC) و در صورت لزوم رعایت شرایط محیط کار انتخاب می‌شوند. کلید روشنایی مدارات تک‌فاز بایستی قابلیت کار با حداقل ۲۵۰ولت و جریان ۱۰ آمپررا دارا باشد. جریان اسمی کلید با توجه به نوع بار تغذیه شده از کلید می‌بایست برابر یا بزرگتر از مقادیر زیر باشد مگر اینکه در استاندارد ساخت کلید شرایط دیگری مشخص شده باشد.

- بارهای اهمی‌مانند لامپ رشته‌ای، بخاری برقی: برابر با حداکثر جریان مصرف
- بارهای سلفی(موتوری) و مانند آنها: ۱/۲۵ برابر حداکثر جریان مصرف
- بارهای خازنی و مصرف کننده‌هایی که خازن جبران کننده دارند: ۲ برابر حداکثر جریان مصرف
- در صورتی که کلید برای قطع بار کامل سلفی طراحی نشده باشد باید آمپراژ آن دو برابر بار ثابت مورد نظر انتخاب شود.

مشخصات کلی کلید

مشخصات زیر بایستی بر وروی کلید درج شده باشد:

- استاندارد مورد استفاده Vn و In و جریان‌های قطع مرتبط با ولتاژهای اعمال شده، تعداد فازها(تعداد پل‌های کلید)، فرکانس کاری، درجه حفاظت نام یا علامت تجاری سازنده، نام کشور سازنده.

- هر تابلو باید به یک کلید اصلی قطع و وصل زیر بار مجهز شود، جریان نامی این کلید حداقل برابر با جریان مصرف کل تابلو و قدرت تحمل اتصال کوتاه آن نباید کمتر از جریان اتصال کوتاه احتمالی باشد و در صورتی که این کلید دارای وسایل حفاظتی باشد جریان نامی وسیله حفاظتی نباید از جریان نامی تابلو بیشتر باشد. از کلیدهای خودکار مجهز به وسایل حفاظتی می‌توان برای هر دو منظور حفاظت و قطع و وصل مدار استفاده کرد. در تابلوی اصلی اگر از کلید و فیوز جداگانه در ورودی تابلو استفاده شود بایستی کلید قبل از فیوز در مدار قرار بگیرد.
- تنظیم قطع کننده حرارتی جریان زیاد(بی‌متال) کلید، باید براساس جریان کار کلید باشد نه جریان اسمی کلید(برای تامین حفاظت دقیق‌تر). حد بالای تنظیم این رله بهتر است از جریان اسمی‌کلید بیشتر نباشد.

مثال: کلید با جریان اسمی۲۵۰ آمپر برای کار در جریان کاری ۲۳۰ آمپر انتخاب می‌شود و بنابراین بی‌متال باید برروی ۲۳۰ آمپرتنظیم شود.

مشخصات کنتاکتورها

مشخصات کلی کنتاکتورها بصورت زیر است:

- ولتاژ اسمی، جریان اسمی(یا کد مشخص کننده جریان)، فرکانس اسمی، تعداد پل‌ها، توان اسمی، ولتاژ آزمون عایقی، ولتاژ آزمون ایستادگی فرکانس صنعتی یک دقیقه‌ای، کنتاکت‌های کمکی NC و NO.
- نوع بار تغذیه شونده از کنتاکتور(روشنایی، موتوری، خازنی) و شرایط محیط کار کنتاکتور مد نظر باشد. با استفاده از رله‌های حرارتی و الکترومغناطیسی همراه با کنتاکتورها و تنظیم دقیق آنها بر اساس نیاز مدار و منحنی مشخصه عملکرد آنها می‌توان سیستم حفاظتی صحیحی را در شبکه فراهم نمود.
- کنتاکتور AC_2: مناسب برای بارهای سلفی و خازنی با تعداد دفعات قطع و وصل کم.
- کنتاکتور AC_3: مناسب برای بارهای سلفی وخازنی با تعداد دفعات قطع و وصل زیاد.

مشخصات شینه‌ها

ظرفیت الکتریکی شینه فازها ۱۵۰٪(۱/۵برابر بیشتر) ظرفیت جریان‌دهی کلیداصلی انتخاب شده و قابلیت تحمل نیروهای ناشی از اتصال کوتاه احتمالی را داشته باشند. ابعاد شینه بر اساس حداکثر جریان مدار از جدول مربوطه یا محاسبه[1] بدست می‌آید و در صورت لزوم ضرائب رنگی یا بی رنگ بودن شینه، درجه حرارت محیط و درجه حرارت مجاز، ارتفاع از سطح دریا اعمال می‌شود.

نیروی الکترودینامیکی مابین دو شین موازی حین عبور جریان اتصال کوتاه برحسب نیوتن:

$$F = \frac{2L_S^2 10^{-8} L}{A}$$

در این رابطه:

- A= فاصله دوشین از هم
- I_s= جریان اتصال کوتاه برحسب آمپر $I_s = 1.08 \times \sqrt{2} I_k$
- I_k=جریان اتصال کوتاه متناوب در طرف ثانویه ترانسفورماتور:

[1] کتابهای محاسبات اتصال کوتاه و تجهیزات نیروگاه تالیف آقای مهندس مسعود سلطانی

$$\mathrm{I_K}\ \frac{i_{n\times 100}}{u_k}$$

- U_k= درصد امپدانس ترانسفورماتور

فیوز

انتخاب فیوز براساس نوع حفاظت از مدار(اضافه بار، اتصال کوتاه) و در نظر گرفتن نوع بار(فیوز سریع یا تندکار، فیوز تاخیری یا کندکار) و با مراجعه به منحنی‌های مشخصه عملکرد فیوز(منحنی جریان زمان) انجام می‌گیرد. در صورتی که از چند فیوز پشت سر هم استفاده گردد برای تامین حفاظت موضعی بهتر است فیوز بالادست با ضریب ۱/۶ برابر فیوز پایین دست انتخاب شود تا از عملکرد نابهنگام فیوز حتی الامکان جلوگیری شود. وسایل حفاظتی مدار با توجه به جریان مجاز تعدیل شده(پس از اعمال ضرائب مختلف به جریان موردنیاز، مثال ضریب همزمانی) انتخاب می‌شوند.

جدول ۶-۴: علائم درج شده برروی فیوزها

g= فیوز تندکار	R= حفاظت نیمه‌رسانا	gB= حفاظت کامل معدن و تاسیسات
I= حفاظت کابل و خط	***B*= حفاظت معدن و تاسیسات**	***aM*= حفاظت جزئی کلید**
a= فیوز تندکار	***gl*= حفاظت کامل کابل و خط**	***aR*= حفاظت جزئی نیمه‌رسانا**
M= حفاظت کلید	***gR*=** حفاظت کامل نیمه‌رسانا	

- فیوزهای G جریان‌های کمتر از جریان ذوب را تا به حد جریان نامی‌قطع را، وصل نگه می‌دارند.
- فیوزهای A جریان‌های بیش از چند برابر جریان نامی‌معین خود را تا به حد جریان نامی‌قطع، وصل نگه می‌دارند.

مشخصات مقره

انتخاب مقره بر اساس ولتاژ کاری تابلو(فشار ضعیف یا فشار متوسط) و وزن شینه‌ها می‌باشد. در انتخاب مقره دقت شود که حداکثر نیروی الکترودینامیکی وارد به مقره از ۷۵٪ قابلیت تحمل مقره بیشتر نشود.

- نحوه استقرار مقره در روی بدنه و بسته شدن شینه به مقره باید پیش‌بینی شود.
- ارتفاع عایقی مقره براساس حداکثر ولتاژهای عبوری احتمالی(کلید زنی و...) بدست می‌آید.
- شرایط کار تابلو(رطوبت، ارتفاع، گرد و غبار، تغییرات دما، و شدت تغییرات) به دقت مورد مطالعه قرارگرفته و مقره مناسب با این محیط تهیه گردد.

تجهیزات اندازه‌گیری

در شبکه فشار ضعیف ولت‌متر نصب شده بر روی تابلو دارای درجه‌بندی از صفر الی ۵۰۰ ولت می‌باشد. در تابلوهای کنترل شبکه با ولتاژ بالا درجه‌بندی ولت‌متر بر اساس ولتاژ شبکه می‌باشد. در این نوع ولت‌مترها میزان نسبت تبدیل $P.T$ یا $C.T$ لحاظ شده و ولتاژ اولیه و ثانویه روی ولت متر درج می‌گردد. آمپرمتر مطابق با شدت جریان عبوری از مدار با حدودا ۲۰٪ اضافه جریان انتخاب می‌شود. تا شدت جریان ۶۰ آمپر در شبکه فشار ضعیف آمپرمتر مستقیما در مسیر جریان مصرف قرار گرفته و جریان بیش از این مقدار از طریق $C.T$ سنجیده شده و به آمپرمتر داده می‌شود. درجه‌بندی این نوع آمپرمترها باید براساس شدت جریان اولیه مدار انجام شده و نسبت تبدیل‌ترانسفورماتور جریان در مشخصات آمپرمتر درج شده باشد. دستگاه‌های اندازه‌گیری تابلویی معمولا با کلاس دقت ۱/۵ ساخته می‌شوند.

کلیات انتخاب دستگاه‌های اندازه‌گیری:

۱) کلاس دقت دستگاه: ۱/۵ و در صورت لزوم ۱

۲) ولتاژ تست دستگاه: (مثال برای کار در ولتاژ ۴۰ الی ۶۰۰ ولت، ولتاژ تست ۲۰۰۰ ولت)

۳) کمیت مورد سنجش

۴) وضعیت نصب دستگاه

۵) ابعاد دستگاه(۷۲×۷۲، ۹۶×۹۶، ۱۴۴×۱۴۴) میلی‌متر در میلی‌متر

۶) نصب مستقیم به مدار یا با استفاده از $C.T$ و $P.T$

مشخصات کنتور

ولتاژ نامی، جریان نامی، فرکانس نامی، تعداد دور بر حسب کیلو وات ساعت، نوع توان مورد سنجش(اکتیو و راکتیو).

- در صورت استفاده از ترانسفورماتور ولتاژ یا جریان برای تغذیه دستگاه‌های اندازه‌گیری دقت شود که VA دستگاه‌های تغذیه شونده از VA ترانسفورماتور مورد نظر بیشتر نشود.
- در مسیر تغذیه‌ترانسفورماتور جریان $C.T$ هرگز از فیوز استفاده نشود.
- برای محاسبه تجهیزات تابلو هر کدام از خطوط تغذیه شونده از تابلو باید بصورت مستقل مورد بررسی قرار گیرند.
- اطلاعات اولیه مورد نیاز برای محاسبات عبارتند از: قدرت مصرف کننده، ولتاژ اسمی، جریان اسمی، فرکانس اسمی، ضریب قدرت، راندمان، نوع اتصال به شبکه(تکفاز، سه فاز، مثلث، ستاره...)، فاصله از تابلو، درجه حرارت محیط(ضریب حرارتی) هم‌جواری هادی‌ها، همزمانی مصرف کننده‌ها.
- تابلوهای فرعی نسبت به تابلوی اصلی به عنوان مصرف کننده بوده و در محاسبه سطح مقطع کابل اصلی تغذیه کننده تابلوی فرعی باید محاسبات لازم صورت گیرد.
- تجهیزات حفاظتی خطوط و دستگاه‌های تغذیه شونده از تابلو و همچنین نحوه بهره برداری از دستگاه‌ها در انتخاب وسایل درون تابلو و تعداد و نوع آنها دخیل می‌باشند.
- توان مورد نیاز برای محاسبه تجهیزات توان اکتیو می‌باشد و فقط در محاسبه تابلوی خازنی توان اکتیو مورد نظر قرار می‌گیرد.
- پس از بدست آوردن مشخصات تمام خطوط خروجی از هر سلول با رسم مدار تک خطی تجهیزات مورد نظر هر مصرف کننده را تعیین و مشخصات هر یک را در روی آن می‌نویسیم و در نهایت مجموع قدرت کشیده شده از شینه تابلو و کلید اصلی بدست می‌اید.

محاسبه سطح مقطعهادی‌ها

محاسبه سطح مقطع سیم تک‌فاز: $A=\frac{200\times I\times L\times Cos(\varphi)}{X\times \%\Delta U\times U}=\frac{200\times L\times P}{X\times \%\Delta U\times U^2}$

محاسبه سطح مقطع سیم سه‌فاز: $A=\frac{100\sqrt{3}\times I\times L\times Cos(\varphi)}{X\times \%\Delta U\times U}=\frac{100\times L\times P}{X\times \%\Delta U\times U^2}$

شکل ۶-۲۲

- $A=$ سطح مقطع برحسب میلی‌متر مربع
- $L=$ فاصله مصرف کننده از تابلو برحسب متر

- X= ضریب هدایت‌هادی(در مس ۵۶ و در آلومنیوم۳۵)
- $\%\Delta U$= افت ولتاژ مجاز در طول‌هادی
- U= ولتاژ خط
- P= توان حقیقی مورد نیاز مصف کننده

لازم به ذکر است که اگر مصرف کننده الکتروموتور باشد مقدار توان حک شده بر روی پلاک توان خروجی را نشان می‌دهد و برای محاسبه توان ورودی از رابطه:

$$P_i=\frac{P_0}{\eta}$$

و یا $P_i= \sqrt{3} \times V \times I \times Cos(\varphi)$

استفاده می‌شود. در مرحله بعد با استفاده از شدت جریان مورد نظر مصرف کننده درج شده بر روی پاکت مشخصات یا محاسبه آن از رابطه:

$$I=\frac{P_{elec}}{\sqrt{3v}\ cos\varphi}$$

به جدول جریان مجاز کابل‌ها یا هادی‌ها مراجعه نموده و سطح مقطع مربوطه را بدست می‌آوریم. هر دو سطح مقطع بدست آمده(از طریق محاسبه A و از طریق جدول) را باهم مقایسه نموده و سطح مقطع بزرگتر را انتخاب می‌نماییم.

در صورتی که درجه حرارت محیط بیش از ۳۰ درجه سانتی گراد باشد و یا مسیر انتقال‌هادی‌ها به صورتی باشد که فاصله بین هادی‌ها از دو برابر قطر هادی بزرگتر، کمتر شود نیاز به اعمال ضریب حرارتی و ضریب همجواری خواهد بود که در این صورت ابتدا بهتر است جریان مورد نیاز را محاسبه کرده و پس از اعمال ضرائب حرارتی و همجواری نسبت به دست آوردن سطح مقطع‌هادی‌ها(از هر دو طریق) اقدام نمائیم تا سطح مقطع زیاد بزرگتر نشود. سطح مقطع به دست آمده برای تعیین قطر گلند ورودی به تابلو(در صورت نیاز) شماره ترمینال کابل‌شو و سرسیم مورد نیاز است. به عنوان مثال در کابل ۴x۱۶ میلی‌متر مربع گلند برای قطر کابل ۲۳/۵ میلی‌متر وترمینال نمره ۱۶ لازم است.

سطح مقطع هادی‌های درون تابلو بر اساس حداکثر شدت جریان مورد نیاز و از جدول جریان مجاز سیم‌ها بدست می‌آید. پس از تعیین فیوز، کلید، هادی‌ها و سایر وسایل مورد نیاز هر خط، بر روی مسیر تک‌خطی جریان مقدار دقیق هر یک از آنها را نوشته و در نهایت قدرت مورد نیاز تابلو را با جمع کردن توان یا جریان یک یک مصرف کننده‌ها به دست می‌آوریم. با در دست داشتن جریان کشیده شده از شینه و مراجعه به جدول جریان مجاز شینه‌ها ابعاد شینه مورد نیاز را به دست آورده و قدرت کلید اصلی و فیوز کل را نیز بر روی نقشه مشخص می‌کنیم. در صورتی که در محاسبه توان کشیده از تابلو ضریب هم زمانی مصرف کننده‌ها مطرح باشد با تشخیص مهندس طراح و استفاده از مراجع موجود ضرایب همزمانی مصرف کننده‌های مختلف در توان کل اعمال می‌شود.

مسائل مطرح در طراحی تابلو

۱-شرایط محیط: دما، رطوبت، ارتفاع از سطح دریا، پاشیدن آب، برخورد اجسام صلب خارجی، وجود مو، آلاینده و خورنده، تنش‌های مکانیکی، مجاورت با فضای سبز و گیاهان آپارتمانی، حیوانات کوچک نورخورشید، باد، اثرات الکترومغناطیسی و الکترواستاتیکی تجهیزات، احتمال یونیزاسیون و...

۲- محل نصب تابلو: فضای آزاد و فضای بسته

۳- نوع تابلو: توزیع(نیرو رسانی) و یا کنترل.

۴- شرایط دسترسی به تابلو وتجهیزات آن: تابلوی ایستاده، تابلوی دیواری، محل ورود وخروج کابل‌ها، درب دسترسی به تجهیزات درون تابلو، نحوه بهره برداری کنترل وسرویس وتعمیرات تابلو.

۵- امکانات موجود: برای ساخت،حمل و نقل و نصب تابلو.

۶- شرایط مصرف کننده: تعداد مصرف کننده‌ها، میزان و نوع توان مصرفی، تعداد فازها، نحوه اتصال به شبکه(ستاره – مثلث و...)، تجهیزات حفاظتی مورد نیاز(فیوز، بی‌متال کنترل فاز و...) نحوه بهره برداری از دستگاه‌ها(بصورت مستقل یا به هم پیوسته)، فاصله مصرف کننده از تابلو، درجه حرارت محیط و درون تابلو، ضرایب هم زمانی بارها، ضرایب هم جواری کابل‌ها و...

۷- بررسی اقتصادی طرح پیشنهادی: کلیه وسایل و تجهیزات بایستی مطابق با استانداردهای معتبر مانند *IEC* انتخاب شوند. در انتخاب وسایل بایستی سهولت نصب، سرویس، تعمیر و نگه‌داری آنها مورد توجه قرار گیرد.

- اتصال هادی‌ها به‌ترمینال‌ها وسایر تجهیزات، به وسیله پیچ یا بست و وسایلی مانند آنها امکان پذیر بوده و فشار مناسب در محل اتصال وجود داشته باشد.
- اتصال کابل‌ها با تجهیزات درون تابلو پس از عبور از گلند، به وسیله کابلشو و سیم‌ها از طریق ترمینال هم اندازه با هادی خواهد بود(ذکر این نکته ضروری است که با در نظر گرفتن فاصله مصرف کننده از تابلو سطح مقطع کابل رابط ممکن است از سطح مقطع‌هادی درون تابلو بیشتر شود و لذا ترمینال خروجی تابلو باید مناسب با سطح مقطع کابل خروجی انتخاب گردد).
- از هرترمینال فقط برای اتصال یک هادی استفاده کرده و از محکم شدن هادی در داخل ترمینال اطمینان حاصل گردد.
- نمای تک خطی هر سلول بر روی همان سلول رسم گردد.
- روشنایی داخل هر سلول با استفاده از یک حباب محافظ دار(مانند چراغ تونلی) با لامپ ۱۰۰ وات و کلید آن به صورت میکروسوئیچ به درب تابلو متصل است تامین می‌شود. در تابلوهای فشار متوسط اگر فواصل ایمنی رعایت شود این حباب در درون سلول تعبیه می‌گردد و در غیر این صورت از طریق روشنایی محل نصب تابلو تامین خواهد شد(لامپ بایستی طوری نصب شود که نور آن کاملا درون سلول را روشن کند).
- پلاک مشخصات تابلو از جنس مقاومی‌ساخته شده و در محل ثابتی نصب می‌گردد اطلاعات زیر بایستی در آن درج شود:

۱- نام سازنده یا مشخصات آن
۲- شماره سریال
۳- ولتاژ اسمی
۴- جریان اسمی
۵- فرکانس اسمی
۶- سال ساخت.

تابلوهای بیرونی: ضخامت ورق بدنه حداقل ۲ میلی‌متر می‌باشد – ابعاد پوشش سقف حداقل ۵ سانتی متر از هر طرف بزرگتر از بدنه تابلو باشد – فقط با درب دسترسی از جلو ساخته شده و درزها با پلاستیک مخصوص، به طور کامل آب‌بندی گردند – درب مجهز به قفل مناسب شود.

- تابلو بر روی سکوئی به ارتفاع ۲۰ الی ۲۵ سانتی متر از کف تمام شده و با استفاده از بولت‌هائی که درون فونداسیون کار گذاشته شده نصب می‌گردد. طرفین سکو از هر دو طرف ۱۰ سانتی متر بزرگتر از لبه تابلو و ابعاد داخلی حداقل ۵ سانتی متر کوچک‌تر از ابعاد تابلو خواهد بود.
- رنگ آمیزی بدنه تابلو با استفاده از رنگ مقاوم در برابر نور افتاب(*Zing Rich*) انجام می‌گیرد.

ابعاد تابلوی بیرونی: حداکثر ارتفاع ۱۲۰ سانتی متر – عرض بر حسب نیاز – عمق ۴۰ سانتی متر.

تابلوهای درونی

ایستاده: ضخامت ورق بدنه حداقل ۲ میلی‌متر باشد – اسکلت نگهدارنده از پروفیل و یا نبشی آهنی ساخته می‌شود – تابلو بر روی اطاقک کابل، کانال و یا فونداسیون با استفاده از پیچ و مهره انجام گیرد.

ابعاد تابلوی درونی با درب دسترسی از جلو:

- ارتفاع ۲۲۰ سانتی متری – عرض ۹۰ سانتی متر – عمق ۶۰ سانتی متر.

ابعاد تابلوی درونی با درب دسترسی از دو طرف:

- ارتفاع ۲۲۰ سانتی متری – عرض ۹۰ سانتی متر – عمق ۸۰ سانتی متر.

دیواری: اگر ارتفاع تابلو تا یک متر باشد ضخامت ورق بدنه ۱/۲۵ میلی‌متر بوده و برای ارتفاع بلندتر از ورق ۱/۵ میلی‌متر ساخته می‌شود.

- محل ورود و خروج کابل‌ها با استفاده از گلند مناسب مسدود می‌شوند.
- برای سهولت کار، تجهیزات برروی ورقی به ضخامت ۱/۵ میلی‌متر نصب شده از این ورق با استفاده از پیچ ومهره به بدنه تابلو بسته می‌شود.
- حداکثر ارتفاع نصب کلیه تابلوهای دیواری ۲۱۰ سانتی متر از کف تمام شده تا بالای تابلو می‌باشد.

ارائه طرح به تابلو ساز: برای ساخت تابلو موارد زیر بایستی به صورت کتبی به تابلو ساز ارائه شده و در صورت نیاز توضیحات کافی داده شود:

۱-تعیین نوع تابلو، محل نصب آن و نحوه استقرار آن.

۲- تعیین ضخامت ورقه بدنه، نحوه اسکلت بندی، سیستم تحویه، دریچه انفجار و سایر مطالب مربوط به بدنه و شرایط اختصاصی(در صورت وجود).

۳- تعیین رنگ تابلو و نوع آن(پودری – پاششی).

۴- تعیین محل ورود و خروج کابل‌ها.

۵- مشخص نمودن نحوه دسترسی به تجهیزات درون تابلو(درب تابلو).

۶- رسم نمای روبروی تابلو و تعیین محل نصب تجهیزات.

۷- رسم نمای پرسپکتیو و تعیین ابعاد تابلو(معمولا برحسب سانتی‌متر).

۸- رسم مدارهای کنترل فرمان و قدرت مدارهای تغذیه شونده از تابلو.

۹- رسم نمای مسیر جریان و تعیین ذکر مشخصات هر یک از تجهیزات بر روی نقشه.

۱۰- برآورد کردن و لیست نمودن تجهیزات مورد نیاز

با بررسی مشخصات فنی تجهیزات و تعیین ابعاد آنها و رعایت حداقل فواصل مجاز بین تجهیزات ابعاد تابلو به دست می‌آید(ابعاد بایستی با استاندارد همخوانی داشته باشند).

برای رفع هرگونه ابهام و جلوگیری از اشتباهات در مرحله ساخت بایستی توضیحات لازم و کافی نیز به ضمیمه موارد بالا به تابلو ساز ارائه شود.

جابجایی، حمل ونقل ونصب تابلو

تابلوها از لحاظ وزن جزو بارهای نیمه سنگین محسوب گردیده و می‌توان آنها را با استفاده از نیروی انسانی و به کمک اهرم‌ها جابه جا کرد. تابلوها تا زمانی که در محل استقرار خود محکم نشده باشند بی‌تعادل هستند(به علت ارتفاع زیاد وعمق کم مرکز ثقل آنها در فاصله بالاتری از سطح زمین قرار دارد) و لذا هنگام حمل و نقل بایستی دقت زیادی به عمل آورد. در زمان جابجایی بارگیری حمل و تخلیه تابلو بایستی از تکان‌های شدید و وارد شدن ضربه به بدنه تابلو جلوگیری شود. تابلوها از لحاظ حمل و نقل به دلیل داشتن تجهیزات حساس جزو بارهای‌ترافیکی محسوب می‌گردند. معمولا یک قوطی کوچک محتوی رنگ بدنه تابلو به همراه تابلو ارسال می‌گردد تا در صورت آسیب دیدن رنگ بدنه بلافاصله مورد استفاده قرار بگیرد. پس از تخلیه تابلو به کمک جرثقیل آنها را تا آنجایی که ممکن است به نزدیکی محل نصب هدایت می‌کنند. برای نصب تابلو بهتر است از پیچ و مهره استفاده کرده و حتی الامکان از جوشکاری شاسی تابلو به فونداسیون اجتناب شود. تابلو زمانی نصب شده تلقی خواهد شد که به صورت تراز بر روی فونداسیون محکم شده باشد. نصب تابلو بایستی از دورترین تابلو نسبت به درب ورودی محل نصب شروع شود.

انتخاب تجهیزات در تابلوهای الکتریکی برای موتورهای تک‌فاز

قدرت اسمی الکترو موتور(KW)	شدت جریان نامی(A) براساس دور بردقیقه			نوع راه‌اندازی	حفاظت الکتروموتور					جریان نامی کلید(A)	تعداد رشته‌ها و سطح مقطع هادی
	۱۰۰۰	۱۵۰۰	۳۰۰۰		رله محافظ حرارتی		فیوز پشتیبان				
					گستره(آمپر)	تنظیم(آمپر)	نوع	پایه‌فیوز(آمپر)	فشنگ(آمپر)		
۰.۰۴۷		۰.۷		اتصال مستقیم	۰.۶–۱	۰.۷۵	تاخیرزمانی	۲۵	۴	۱۶	۲×۲.۵
۰.۰۶		۰.۹		۱–م	۰.۸–۱.۲	۰.۹۵	ت–ز	۲۵	۴	۱۶	۲×۲.۵
۰.۰۹		۱.۲		۱–م	۱.۱–۱.۶	۱.۲۵	ت–ز	۲۵	۶	۱۶	۲×۲.۵
۰.۱۲		۱.۷		۱–م	۱.۴–۲	۱.۷۵	ت–ز	۲۵	۶	۱۶	۲×۲.۵
۰.۱۸		۲.۳		۱–م	۱.۷–۲.۵	۲.۳۵	ت–ز	۲۵	۶	۱۶	۲×۲.۵
۰.۲۵		۳.۳		۱–م	۳–۴.۵	۳.۳۵	ت–ز	۲۵	۶	۱۶	۲×۲.۵
۰.۳۷		۴.۱		۱–م	۴–۶	۴.۱۵	ت–ز	۲۵	۱۰	۱۶	۲×۲.۵
۰.۵۵		۶.۱		۱–م	۵.۵–۸	۶.۲	ت–ز	۲۵	۱۶	۱۶	۲×۲.۵
۰.۷۵		۷.۵		۱–م	۷–۱۲	۷.۶	ت–ز	۲۵	۱۶	۱۶	۲×۲.۵
۱.۱		۹.۵		۱–م	۸–۱۲	۹.۶	ت–ز	۲۵	۲۵	۲۵	۲×۴
۱.۵		۱۴		۱–م	۱۱–۱۶	۱۴.۲۰	ت–ز	۶۳	۳۵	۴۰	۲×۶
۲.۲		۲۱		۱–م	۱۷–۲۵	۲۱.۵	ت–ز	۶۳	۵۰	۶۳	۲×۱۰
۳.۶		۳۵		۱–م	۳۰–۴۵	۳۵.۵	ت–ز	۱۰۰	۸۰	۱۰۰	۲×۱۶
۵.۵		۵۰		۱–م	۴۰–۶۳	۵۱	ت–ز	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۲×۲۵

انتخاب تجهیزات در تابلوهای الکتریکی برای موتورهای سه‌فاز

قدرت اسمی الکترو موتور(KW)	شدت جریان نامی(A) براساس دور بردقیقه			نوع راه‌اندازی	حفاظت الکتروموتور					جریان نامی کلید(A)	تعداد رشته‌ها و سطح مقطع هادی
	۱۰۰۰	۱۵۰۰	۳۰۰۰		رله محافظ حرارتی		فیوز پشتیبان				
					گستره(آمپر)	تنظیم(آمپر)	نوع	پایه‌فیوز(آمپر)	فشنگ(آمپر)		
۰.۰۶	۰.۲۴	۰.۲۳	۰.۲	اتصال مستقیم	۰.۱۸–۰.۲۵	۰.۲۵	تاخیرزمانی	۲۵	۲	۱۶	۳×۲.۵
۰.۰۹	۰.۳۶	۰.۳۴	۰.۳	۱–م	۰.۲۵–۰.۴	۰.۳۵	ت–ز	۲۵	۲	۱۶	۳×۲.۵
۰.۱۲	۰.۵	۰.۴۴	۰.۳۷	۱–م	۰.۴–۰.۶	۰.۴۵	ت–ز	۲۵	۲	۱۶	۳×۲.۵
۰.۱۸	۰.۶۸	۰.۶۱	۰.۵۳	۱–م	۰.۶–۱	۰.۶۵	ت–ز	۲۵	۴	۱۶	۳×۲.۵
۰.۲۵	۰.۸۸	۰.۷۸	۰.۷۱	۱–م	۰.۶–۱	۰.۸	ت–ز	۲۵	۴	۱۶	۳×۲.۵
۰.۳۷	۱.۱۵	۱.۱۲	۱.۱	۱–م	۰.۸–۱.۲	۱.۱۵	ت–ز	۲۵	۴	۱۶	۳×۲.۵
۰.۵۵	۱.۶۳	۱.۴۷	۱.۴۵	۱–م	۱.۱–۱.۶	۱.۵	ت–ز	۲۵	۶	۱۶	۳×۲.۵
۰.۷۵	۲.۱۵	۱.۹۵	۱.۸۳	۱–م	۱.۷–۲.۵	۲	ت–ز	۲۵	۶	۱۶	۳×۲.۵
۱.۱	۳	۲.۸	۲.۵۵	۱–م	۲.۲–۳.۲	۲.۸۵	ت–ز	۲۵	۶	۱۶	۳×۲.۵
۱.۲	۳.۴	۳.۱۴	۲.۸	۱–م	۳–۴.۵	۳.۱۵	ت–ز	۲۵	۶	۱۶	۳×۲.۵
۱.۵	۴	۳.۷	۳.۴	۱–م	۳–۴.۵	۳.۷۵	ت–ز	۲۵	۱۰	۱۶	۳×۲.۵
۲	۵.۳	۴.۹۵	۴.۴	۱–م	۴–۶	۵	ت–ز	۲۵	۱۶	۲۵	۳×۲.۵
۲.۲	۵.۸	۵.۲	۴.۸	۱–م	۴–۶	۵.۲۵	ت–ز	۲۵	۱۶	۲۵	۳×۲.۵
۳	۷.۶	۷	۶.۴	۱–م	۵.۵–۸	۷.۰۵	ت–ز	۲۵	۱۶	۲۵	۳×۲.۵

انتخاب تجهیزات در تابلوهای الکتریکی برای موتورهای سه‌فاز

قدرت اسمی الکترو موتور(KW)	شدت جریان نامی(A) براساس دور بردقیقه			نوع راه‌اندازی	حفاظت الکتروموتور					جریان نامی کلید(A)	تعداد رشته‌ها و سطح مقطع هادی
	۱۰۰۰	۱۵۰۰	۳۰۰۰		رله محافظ حرارتی		فیوز پشتیبان				
					گستره(آمپر)	تنظیم(آمپر)	نوع	پایه‌فیوز(آمپر)	فشنگ(آمپر)		
۴	۹.۵	۸.۸	۸.۱	اتصال مستقیم	۰.۱۸–۰.۲۵	۸.۹	تاخیرزمانی	۲۵	۲۵	۲۵	۳×۴
۵	۱۱.۹	۱۰.۸	۱۰.۱	ا–م	۶.۵–۹.۵	۱۰.۹	ت–ز	۲۵	۲۵	۲۵	۳×۴
۵.۵	۱۳.۱	۱۱.۷	۱۱.۲	ا–م	۸–۱۲	۱۱.۸	ت–ز	۶۳	۳۵	۴۰	۳×۶
۷.۵	۱۸.۱	۱۵.۶	۱۴.۹	ا–م	۱۱–۱۶	۱۵.۷	ت–ز	۶۳	۳۵	۴۰	۳×۶
۱۰	۲۲.۶	۲۰	۲۰.۴	ا–م	۱۴–۲۰	۲۰.۵	ت–ز	۶۳	۵۰	۶۳	۳×۱۰
۱۱	۲۴.۳	۲۲	۲۲.۵	ا–م	۱۷–۲۵	۲۲.۵	ت–ز	۶۳	۵۰	۶۳	۳×۱۰
۱۵	۳۱.۵	۲۹	۳۰	ا–م	۱۷–۲۵	۲۹.۵	ت–ز	۶۳	۶۳	۶۳	۳×۱۰
۱۸.۵	۳۷.۵	۳۸	۳۶	ا–م	۲۲–۳۲	۳۸.۵	ت–ز	۱۰۰	۸۰	۱۰۰	۳×۱۶
۲۰	۴۰.۱	۳۹.۸	۳۷.۹	ا–م	۳۰–۴۵	۴۰	ت–ز	۱۰۰	۸۰	۱۰۰	۳×۱۶
۲۲	۴۴.۵	۴۳.۵	۴۲.۵	ا–م	۴۰–۶۳	۴۴	ت–ز	۱۰۰	۸۰	۱۰۰	۳×۲۵
۲۵	۵۰	۴۹	۴۸	ا–م	۴۰–۶۳	۵۰	ت–ز	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۳×۲۵
۳۰	۵۹	۵۸	۵۷	ا–م	۴۰–۶۳	۵۹	ت–ز	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۳×۲۵
۳۵	۶۸	۶۷	۶۵.۵	ا–م	۵۵–۸۰	۶۸	ت–ز	۲۰۰	۱۲۵	۲۰۰	۳×۳۵
۳۷	۷۲	۷۱	۶۹	ا–م	۵۵–۸۰	۷۲	ت–ز	۲۰۰	۱۲۵	۲۰۰	۳×۳۵

انتخاب تجهیزات برای تابلوهای الکتریکی برای موتورهای سه فاز

قدرت اسمی الکترو موتور(KW)	شدت جریان نامی(A) براساس دور بردقیقه			نوع راه‌اندازی	حفاظت الکتروموتور					جریان نامی کلید(A)	تعداد رشته‌ها و سطح مقطع هادی
	۱۰۰۰	۱۵۰۰	۳۰۰۰		رله محافظ حرارتی		فیوز پشتیبان				
					گستره(آمپر)	تنظیم(آمپر)	نوع	پایه‌فیوز(آمپر)	فشنگ(آمپر)		
۴۰	۷۷.۲	۷۵.۶	۷۴.۲	اتصال مستقیم	۷۰–۱۰۰	۷۸	تاخیرزمانی	۲۰۰	۱۲۵	۲۰۰	۳×۳۵
۴۵	۸۷	۸۷	۸۳	ا–م	۷۰–۱۰۰	۸۸	ت–ز	۲۰۰	۱۶۰	۲۰۰	۳×۵۰
۵۰	۹۶	۹۴.۵	۹۳	ا–م	۹۰–۱۱۰	۹۶	ت–ز	۲۰۰	۱۶۰	۲۰۰	۳×۵۰
۵۵	۱۰۶	۱۰۴	۱۰۲	ا–م	۸۸–۱۲۵	۱۰۶	ت–ز	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰	۳×۵۰
۷۵	۱۴۴	۱۴۲	۱۴۰	ا–م	۱۲۰–۱۷۰	۱۴۴	HRC	۴۰۰	۲۲۴	۴۰۰	۳×۷۰
۹۰	۱۷۲	۱۶۸	۱۶۶	ا–م	۱۴۰–۲۰۰	۱۷۲	HRC	۴۰۰	۲۵۰	۴۰۰	۳×۹۵
۱۱۰	۲۱۰	۲۰۵	۲۰۰	ا–م	۱۷۵–۲۵۰	۲۱۰	HRC	۴۰۰	۳۰۰	۴۰۰	۳×۱۲۰
۱۳۲	۲۵۵	۲۴۵	۲۴۰	ا–م	۲۲۵–۳۲۰	۲۵۵	HRC	۴۰۰	۳۱۵	۴۰۰	۳×۱۵۰
۱۶۰	۲۹۵	۲۹۵	۲۹۰	ا–م	۲۸۰–۴۰۰	۲۹۵	HRC	۶۳۰	۴۰۰	۶۳۰	۳×۱۸۵
۲۰۰	۳۷۰	۳۶۰	۳۶۰	ا–م	۳۵۰–۵۰۰	۳۷۰	HRC	۶۳۰	۵۰۰	۶۳۰	۳×۳۰۰
۲۵۰	۴۶۰	۴۵۰	۴۴	ا–م	۴۴۰–۶۳۰	۴۶۰	HRC	۶۳۰	۶۳۰	۶۳۰	۳×۳۰۰
۳۱۵	۵۸۰	۵۷۰	۵۶۰	ا–م	۴۴۰–۶۳۰	۵۸۰	HRC	۶۳۰	۶۳۰	۶۳۰	۳×۴۰۰
۳۸۰	۷۰۰	۶۸۰	۶۶۰	ا–م	۶۵۰–۱۰۰۰	۷۰۰	HRC	۱۰۰۰	۸۰۰	۱۰۰۰	۲(۳×۲۴۰)
۴۰۰	۷۲۰	۷۱۵	۷۱۰	ا–م	۶۵۰–۱۰۰۰	۷۲۰	HRC	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۲(۳×۲۴۰)
۵۰۰	۹۱۰	۸۹۵	۸۷۵	ا–م	۷۵۰–۱۲۰۰	۹۱۰	HRC	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۲(۳×۲۴۰)

انتخاب تجهیزات برای تابلوهای الکتریکی برای موتورهای سه فاز

قدرت اسمی الکترو موتور(KW)	شدت جریان نامی(A) براساس دور بر دقیقه			نوع راه‌اندازی	حفاظت الکتروموتور					جریان نامی کلید(A)	تعداد رشته‌ها و سطح مقطع هادی
	۱۰۰۰	۱۵۰۰	۳۰۰۰		رله محافظ حرارتی		فیوز پشتیبان				
					گستره(آمپر)	تنظیم(آمپر)	نوع	پایه‌فیوز(آمپر)	فشنگ(آمپر)		
۱۱	۲۴.۳	۲۲	۲۲.۵	ستاره–مثلث	۱۱–۱۶	۱۳	تاخیرزمانی	۲۵	۲۵	۴۰	۲(۳×۶)
۱۵	۳۱.۵	۲۹	۳۰	س–م	۱۴–۲۰	۱۸	ت–ز	۶۳	۵۰	۶۳	۲(۳×۱۰)
۱۸.۵	۳۷.۵	۳۸	۳۶	س–م	۱۷–۲۵	۲۲	ت–ز	۶۳	۶۳	۱۰۰	۲(۳×۱۰)
۲۰	۴۰.۱	۳۹.۸	۳۷.۹	س–م	۲۲–۳۲	۲۴	ت–ز	۶۳	۶۳	۱۰۰	۲(۳×۱۶)
۲۲	۴۴.۵	۴۳.۵	۴۲.۵	س–م	۲۲–۳۲	۲۶	ت–ز	۶۳	۶۳	۱۰۰	۲(۳×۱۶)
۲۵	۵۰	۴۹	۴۸	س–م	۲۲–۳۲	۲۹	ت–ز	۶۳	۶۳	۱۰۰	۲(۳×۱۶)
۳۰	۵۹	۵۸	۵۷	س–م	۳۰–۴۵	۳۵	HRC	۱۲۵	۸۰	۱۲۵	۲(۳×۱۶)
۳۵	۶۸	۶۷	۶۵.۵	س–م	۳۰–۴۵	۴۰	HRC	۱۲۵	۱۰۰	۱۲۵	۲(۳×۲۵)
۳۷	۷۲	۷۱	۶۹	س–م	۴۰–۶۳	۴۲	HRC	۱۶۰	۱۲۵	۱۶۰	۲(۳×۲۵)
۴۰	۷۷.۲	۷۵.۶	۷۴.۲	س–م	۴۰–۶۳	۴۵	HRC	۱۶۰	۱۲۵	۱۶۰	۲(۳×۲۵)
۴۵	۸۷	۸۷	۸۳	س–م	۴۰–۶۳	۵۱	HRC	۱۶۰	۱۲۵	۱۶۰	۲(۳×۳۵)
۵۰	۹۶	۹۴.۵	۹۳	س–م	۴۰–۶۳	۵۶	HRC	۱۶۰	۱۲۵	۱۶۰	۲(۳×۳۵)
۵۵	۱۰۶	۱۰۴	۱۰۴	س–م	۵۵–۸۰	۶۲	HRC	۲۵۰	۱۶۰	۲۵۰	۲(۳×۵۰)
۷۵	۱۴۴	۱۴۲	۱۴۰	س–م	۷۰–۱۰۰	۸۲	HRC	۲۵۰	۲۰۰	۲۵۰	۲(۳×۷۰)

انتخاب تجهیزات برای تابلوهای الکتریکی برای موتورهای سه فاز

قدرت اسمی الکترو موتور(KW)	شدت جریان نامی(A) براساس دور بردقیقه			نوع راه‌اندازی	حفاظت الکتروموتور					جریان نامی کلید(A)	تعداد رشته‌ها و سطح مقطع هادی
	۱۰۰۰	۱۵۰۰	۳۰۰۰		رله محافظ حرارتی		فیوز پشتیبان				
					گستره(آمپر)	تنظیم(آمپر)	نوع	پایه‌فیوز(آمپر)	فشنگ(آمپر)		
۹۰	۱۷۲	۱۶۸	۱۶۶	ستاره–مثلث	۸۸–۱۲۵	۹۸	HRC	۴۰۰	۲۵۰	۴۰۰	۲(۳×۶)
۱۱۰	۲۱۰	۲۰۵	۲۰۰	س–م	۸۸–۱۲۵	۱۲۰	HRC	۴۰۰	۲۵۰	۴۰۰	۲(۳×۱۰)
۱۳۲	۲۵۵	۲۴۵	۲۴۰	س–م	۱۲۰–۱۷۰	۱۴۵	HRC	۴۰۰	۳۱۵	۴۰۰	۲(۳×۱۰)
۱۶۰	۲۹۵	۲۹۹	۲۹۰	س–م	۱۷۵–۲۵۰	۱۷۵	HRC	۶۳۰	۴۰۰	۶۳۰	۲(۳×۱۶)
۲۰۰	۳۷۰	۳۶۰	۳۶۰	س–م	۱۷۵–۲۵۰	۲۱۰	HRC	۶۳۰	۴۰۰	۶۳۰	۲(۳×۱۶)
۲۵۰	۴۶۰	۴۵۰	۴۴۰	س–م	۲۲۵–۳۲۰	۲۶۱	HRC	۶۳۰	۵۰۰	۶۳۰	۲(۳×۱۶)
۳۱۵	۵۸۰	۵۷۰	۵۶۰	س–م	۲۸۰–۴۰۰	۳۳۱	HRC	۲×۶۳۰	۲×۵۰۰	۱۰۰۰	۲(۳×۱۶)
۳۸۰	۷۰۰	۶۸۰	۶۶۰	س–م	۲۸۰–۴۰۰	۳۹۵	HRC	۲×۶۳۰	۲×۵۰۰	۱۰۰۰	۲(۳×۲۵)
۴۰۰	۷۲۰	۷۱۵	۷۱۰	س–م	۳۵۰–۶۳۰	۴۱۵	HRC	۲×۶۳۰	۲×۵۰۰	۱۰۰۰	۲(۳×۲۵)
۴۷۵	۸۷۰	۸۵۰	۸۳۰	س–م	۳۵۰–۶۳۰	۴۹۳	HRC	۲×۶۳۰	۲×۵۰۰	۱۰۰۰	۲(۳×۲۵)
۵۰۰	۹۱۰	۸۹۵	۸۷۵	س–م	۳۵۰–۶۳۰	۵۲۰	HRC	۲×۶۳۰	۲×۵۰۰	۱۰۰۰	۲(۳×۳۵)

ظرفیت بار ثابت شینه های مسی در دمای ۳۰درجه سانتیگراد

ابعاد (میلی‌متر)	سطح مقطع (میلی‌متر ربع)	وزن(کیلوگرم بر متر)	نوع جریان برق	ظرفیت بار شمش برحسب تعداد به ازای هر فاز							
				رنگ‌شده				بی‌رنگ			
				۱	۲	۳	۴	۱	۲	۳	۴
۱۵×۳	۴۵	۰.۴	متناوب	۱۸۵	۳۳۰			۱۷۰	۳۰۰		
			مستقیم	۱۹۵	۳۳۵			۱۷۵	۳۰۵		
۲۰×۳	۶۰	۰.۵۳	متناوب	۲۴۵	۴۲۵			۲۲۰	۳۸۰		
			مستقیم	۲۵۰	۴۳۵			۲۲۵	۳۹۵		
۲۵×۳	۷۵	۰.۶۷	متناوب	۳۰۰	۵۱۰			۲۷۰	۴۶۰		
			مستقیم	۳۱۰	۵۳۰			۲۷۵	۴۸۵		
۳۰×۵	۱۵۰	۱.۳۴	متناوب	۴۵۰	۷۸۰			۴۰۰	۷۰۰		
			مستقیم	۴۷۵	۸۰۰			۴۲۵	۷۲۵		
۴۰×۵	۲۰۰	۱.۷۸	متناوب	۶۰۰	۱۰۰۰			۵۲۰	۹۰۰		
			مستقیم	۶۰۰	۱۰۳۰			۵۵۰	۹۳۵		
۵۰×۵	۲۵۰	۲.۲۳	متناوب	۷۰۰	۱۲۰۰	۱۷۵۰	۲۳۰۰	۶۳۰	۱۱۰۰	۱۵۵۰	۲۱۰۰
			مستقیم	۷۴۰	۱۲۷۰	۱۸۷۰		۶۵۰	۱۱۵۰	۱۷۰۰	
۶۰×۵	۳۰۰	۲.۶۷	متناوب	۸۲۵	۱۴۰۰	۱۹۸۰	۲۶۵۰	۷۵۰	۱۳۰۰	۱۸۰۰	۲۴۰۰
			مستقیم	۸۷۰	۱۵۰۰	۲۲۰۰	۲۷۰۰	۷۸۰	۱۴۰۰	۱۹۰۰	۲۵۰۰
۶۰×۱۰	۶۰۰	۵.۳۴	متناوب	۱۲۰۰	۲۱۰۰	۲۸۰۰	۳۸۰۰	۱۱۰۰	۱۸۶۰	۲۵۰۰	۳۴۰۰
			مستقیم	۱۲۵۰	۲۲۰۰	۳۱۰۰	۳۹۰۰	۱۱۰۰	۲۰۰۰	۲۸۰۰	۳۵۰۰
۸۰×۵	۴۰۰	۳.۵۶	متناوب	۱۰۶۰	۱۸۰۰	۲۴۵۰	۳۳۰۰	۹۵۰	۱۶۵۰	۲۲۰۰	۲۹۰۰
			مستقیم	۱۱۵۰	۲۰۰۰	۲۸۰۰	۳۵۰۰	۱۰۰۰	۱۸۰۰	۲۵۰۰	۳۲۰۰
۸۰×۱۰	۸۰۰	۷.۱۲	متناوب	۱۵۴۰	۲۶۰۰	۳۴۵۰	۴۶۰۰	۱۴۰۰	۲۳۰۰	۳۱۰۰	۴۲۰۰
			مستقیم	۱۶۵۰	۲۸۰۰	۴۰۰۰	۵۱۰۰	۱۴۵۰	۲۶۰۰	۳۶۰۰	۴۵۰۰
۱۰۰×۱۰	۱۰۰۰	۸.۹	متناوب	۱۸۸۰	۳۱۰۰	۴۰۰۰	۵۴۰۰	۱۷۰۰	۲۷۰۰	۳۶۰۰	۴۸۰۰
			مستقیم	۲۰۰۰	۳۶۰۰	۴۹۰۰	۶۲۰۰	۱۷۰۰	۳۲۰۰	۴۴۰۰	۵۶۰۰
۱۲۰×۱۰	۱۲۰۰	۱۰.۶۸	متناوب	۲۲۰۰	۳۵۰۰	۴۶۰۰	۶۱۰۰	۲۰۰۰	۳۲۰۰	۴۲۰۰	۵۵۰۰
			مستقیم	۲۳۰۰	۴۲۰۰	۵۷۰۰	۷۴۰۰	۲۱۰۰	۳۷۰۰	۵۲۰۰	۶۶۰۰

۷

۷) فصل هفتم: معرفی مینی پی‌ال‌سی *LOGO!*

اهداف فصل:

- ☑ **جایگاه مینی پی‌ال‌سی**
- ☑ **مینی پی‌ال‌سی *LOGO***
- ☑ **معرفی سخت افزار *LOGO***
- ☑ **نصب و سیم بندی**
- ☑ **برنامه نویسی *LOGO***
- ☑ **دستورات پایه برنامه‌نویسی**
- ☑ **نحوه شروع به کار و استفاده از نرم افزار**
- ☑ **تست و شبیه سازی برنامه در محیط نرم افزار**
- ☑ **اصول برنامه نویسی در کنار سیم کشی**
- ☑ **دستورات پیشرفته برنامه‌نویسی**
- ☑ **برنامه نویسی بر روی *LOGO***

مقدمه

در صنعت، مینی پی‌ال‌سی‌های مختلف با اسامی گوناگون وجود دارد که از مقایسه آنها می‌توان دریافت که تقریبا نحوه اتصال و سیم کشی انواع آن‌ها با یکدیگر یکسان است و تنها از نظر شکل نرم افزار و نحوه برنامه ریزی تفاوت‌هایی دارند.

۷-۱) جایگاه مینی پی‌ال‌سی

مینی پی‌ال‌سی کوچکترین محصول کارخانه‌های سازنده *PLC* است. شرکت‌های سازنده‌ی این وسیله تقریبا یک دهه است که آن را به بازار عرضه کرده‌اند. در ابتدا به علت گران بودن قیمت این مینی پی‌ال‌سی‌ها زمینه‌های استفاده و کاربرد کمی‌داشتند. اما امروزه با وجود پایین آمدن قیمت بعضی از *PLC*ها زمینه کاربردی مینی پی‌ال‌سی افزایش یافته و با تنوع بیشتری تولید می‌شود. یکی از دلایل اصلی ساخت این مینی پی‌ال‌سی‌ها داشتن امکان برنامه‌ریزی با دست توسط کلیدهای روی *PLC* است که آن را تبدیل به قطعه‌ای منحصر به فرد کرده است هر چند استفاده از مینی پی‌ال‌سی در سیستم‌های کنترل واقعی و بزرگ، با توجه به تعداد ورودی و خروجی‌های کم جایی ندارد اما در تاسیسات الکتریکی کوچک مثل کنترل موتورخانه ساختمان‌ها، یعنی سیستم‌های(*HVAC*)، دستگاه‌های دارای دویا چند موتور، کارگاههای کوچک صنعتی و روشنایی اتوماتیک ساختمان‌ها و... به کار می‌رود. در ابتدای تولید مینی‌پی‌ال‌سی، بسیاری آنها را جانشین *PLC*ها می‌خواندند و در مدارات فرمان(کنترل) که تعداد موتورها بیش از چند عدد نیست استفاده از مینی پی‌ال‌سی را بجای *PLC* مناسب و صحیح می‌دانستند اما در سال‌های اخیر جایگاه آنها مشخص و متمایز شده است. *PLC*ها می‌بایست که خود را با استاندارد برنامه نویسی خاصی هماهنگ کنند اما در مینی پی‌ال‌سی چنین توصیه‌ای وجود ندارد. نام تجاری مینی پی‌ال‌سی چند شرکت سازنده‌ی مطرح جهان در جدول ارائه داده شده در صفحه بعد لیست شده‌است.

جدول ۷-۱: برخی سازندگان مینی پی‌ال‌سی

شرکت سازنده	مینی پی‌ال‌سی
OMRON	*ZEN*
SIEMENS	*LOGO*
MOELLER	*EASY*
Schneider(Telemecanique)	*ZELIO*
THEBEN	*PHARAO*
ARRAY	*SPR*
Hager	*TEBIS*
Mitsubishi	*ALPHA*
Crouzet	*Millenium II*

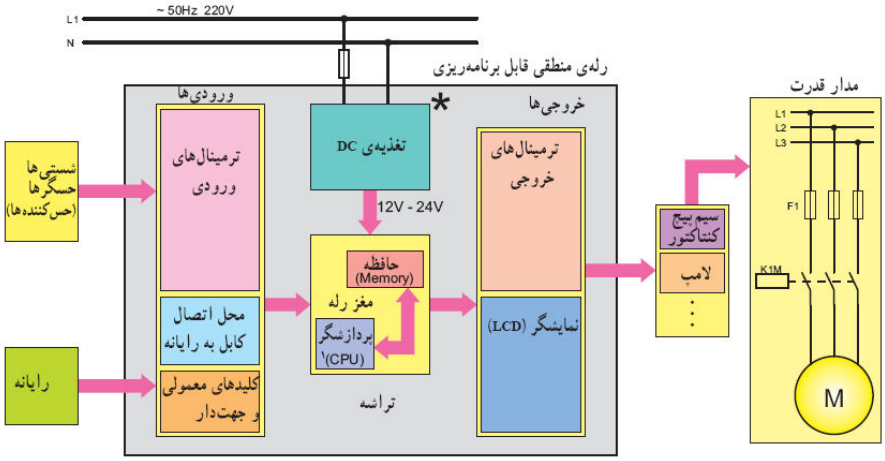
شکل ۷-۱: چند نمونه مینی پی‌ال‌سی

۷-۲) مینی پی‌ال‌سی *LOGO*

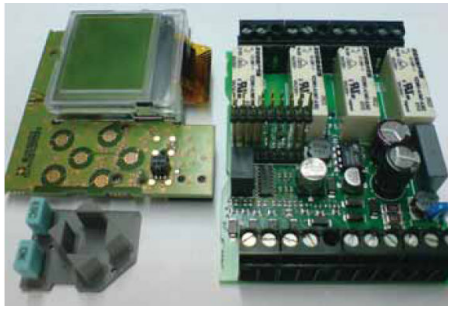
LOGO مینی پی‌ال‌سی‌ای است که با روش برنامه ریزی خاص بر پایه مدارهای منطقی عمل می‌کند و از آن جهت کنترل برخی فرآیندها در تاسیسات برقی بکار می‌رود.

۷-۳) ساختمان *LOGO*

در شکل ۷-۲ ساختمان داخلی *LOGO* نمایش داده شده است.



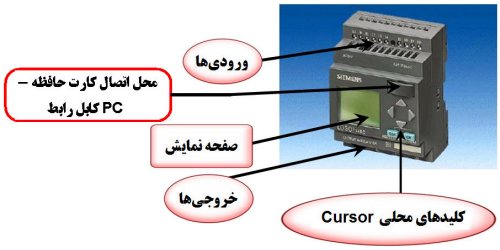
شکل ۷-۲: شمای داخلی *LOGO*



شکل ۷-۳: اجزای تشکیل دهنده *LOGO*

۷-۳-۱) معرفی سخت افزار *LOGO*

سخت افزار *LOGO* شامل ماژول اصلی، کارت‌های افزایشی *(Expantion Card)*، ماژول تغذیه و قطعات جانبی آنها می‌باشد. ساختار مربوط به سخت افزار لوگو را می‌توانید در شکل زیر مشاهده نمایید.



شکل ۷-۴: قسمت‌های مختلف *LOGO*

۷-۴) ماژول اصلی

ماژول اصلی وظیفه پردازش مرکزی سیگنال‌ها و کنترل خروجی‌های متصل به قطعات دیگر را به عهده دارد. این بخش شامل تعدادی ورودی، خروجی و در بعضی مدل‌ها دارای صفحه نمایش و کلیدهای محلی نیز می‌باشد که با ولتاژهای مختلف کارمی‌کند.

- *Class1*: ولتاژ کمتر از V ۲۴ شامل *12V DC, 24V DC, 24V AC*.
- *Class2*: ولتاژ بیشتر از V ۲۴ شامل *115…240VAC/DC*.

در *LOGO* یکسری ورودی و خروجی بصورت *ONBOARD* مشاهده می‌شود. این ورودی‌ها می‌توانند به صورت دیجیتالی و یا آنالوگ باشندکه واحد پایه(واحد اصلی *LOGO* بدون درنظر گرفتن واحدهای افزایشی) حداکثر۱۲ ورودی و خروجی را پشتیبانی می‌کند. ورودی‌ها شامل سنسور، کلید، میکروسوئیچ... هستند.
خروجی‌ها نیز دارای انواع رله‌ای و ترانزیستوری می‌باشند و شامل چراغ سیگنال، موتور، شیرهای برقی، جک‌ها و... می‌شوند. ماکزیمم جریان کلید زنی در خروجی‌ها $۱۰A$ می‌باشد.

لوگو به دودسته کلی دارای صفحه نمایش و فاقد آن تبدیل می‌شود.

لوگوهایی که دارای صفحه نمایش هستند(*Modular basic variants*) شامل توانمندی‌های زیر می‌باشند.

- قابلیت نمایش وضعیت ورودی، خروجی‌ها و تست برنامه
- برنامه ریزی لوگو با استفاده از کلیدهای موجود
- استفاده از کلیدها به عنوان ورودی

شکل ۷-۵: نمونه‌ای از یک *LOGO* دارای صفحه نمایش

لوگوهای بدون صفحه نمایش نیز شامل مزایای زیر می‌باشند:

- سادگی
- صرفه‌جویی اقتصادی
- اشغال فضای کمتر

بعلاوه این نوع از لوگوها با مدل پایه*(Basic)* سازگاری دارند در این نوع لوگو اطلاعات فقط از روی *PC* یا کارت‌های حافظه خوانده می‌شود تا کنون شش نسل از این نوع کنترلرها وارد بازار جهانی شده‌اندکه نسل جدید آن، با توانائیهای بیشتر و بهترارائه شده است.

بطور کلی سه نوع لوگو وجود دارد:

- *STANDARD*
- *LONG*
- *BUS*

در ادامه به معرفی هرسه نسل می‌پردازیم.

۷-۴-۱-۱) مدل *STANDARD*

مدل *STANDARD* دارای نسل‌های مختلفی می‌باشد در نسل‌های *OBA0 ,OBA1* تعداد ۴ ورودی دیجیتال و ۴ خروجی دیجیتال دیده می‌شود(این مدل‌ها فاقد قابلیت افزایش ورودی و خروجی هستند). در نسلهای*OBA3,OBA4,OBA5* فقط مدل استاندارد مشاهده می‌شود.

- نسل *OBA3* ماکزیمم شامل ۲۴ ورودی دیجیتالی ،۱۶ خروجی دیجیتال و ۸ ورودی آنالوگی می‌باشد.
- در نسل *OBA5* و *OBA4* ماکزیمم می‌توان ۲۴ ورودی و ۱۶ خروجی دیجیتال، ۸ ورودی و ۲ خروجی آنالوگ در نظر گرفت.

۷-۴-۱-۲) مدل *LONG*

تعداد ورودی و خروجی‌های این نسل دو برابر مدل استاندارد می‌باشد و فاقد قابلیت افزایش ورودی و خروجی بوده و در نسلهای *OBA0,OBA1,OBA2* دیده می‌شود. این مدل با مشخصه *L* نمایش داده شده و دارای مدل‌های *230RCL , 24RLC, 24L,12/24RCL* می‌باشد.

۷-۴-۱-۳) مدل *BUS*

جهت اتصال به شبکه *AS-INTERFACE* می‌توان از این مدل استفاده نمود. لوگو در شبکه *AS-INTERFACE* بعنوان *SLAVE* قرار گرفته و می‌بایست که توسط *BUS MASTER* شناسایی و آدرس‌دهی شود. هنگام اتصال لوگو عمل شناسایی بطور اتوماتیک انجام می‌شود(لازم بذکر است که می‌توان چندین لوگو را روی *BUS* سوار کرد). این نسل دارای مدل‌های *230 RCLB11*، *24 RCLB11* می‌باشد(با مشخصه *LB11* نمایش داده می‌شوند).

بسته به نوع خروجی(رله‌ای / ترانزیستوری)، دارا بودن صفحه نمایش یا ساعت داخلی، انواع *LOGO*ها دارای تقسیمات ریزتری نیز می‌باشند که با حروف ذیل نمایش داده می‌شوند.

- *R*: نوع خروجی رله‌ای(بدون *R*: خروجی ترانزیستوری)
- *C*: دارای زمان‌سنج هفتگی
- *O*: فاقد صفحه نمایش
- *L*: در مدل‌هایی که در نامگذاری آن‌ها حرف *L* وجود دارد تعداد ورودی و خروجی آن‌ها دوبرابر حالت استاندارد می‌باشد.
- *B11*: قابلیت اتصال به شبکه
- ۱۲: دارای قابلیت کار با ولتاژ ۱۲ ولت مستقیم
- ۲۴: دارای قابلیت کار با ولتاژ ۲۴ ولت مستقیم
- ۲۳۰: دارای قابلیت کار با ولتاژهای ۱۱۵/۲۳۰ متناوب

جدولی که در ادامه ارائه می‌شود نمونه‌هایی از *LOGO*های موجود را نمایش می‌دهد.

نشانه	نام	منبع تغذیه	ورودی ها	خروجی ها	مشخصات
	Logo!12/24RC	12/24V DC	8* Digital	4 Relays 230V×10A	
	Logo! 24	24V DC	8* Digital	4Transistor 24V×0.3A	بدون ساعت
	Logo!24RC	24V AC	8 Digital	4 Relays 230V×10A	
	Logo!230RC#	115/240 AC/DC	8 Digital	4 Relays 230V×10A	
	Logo!12/24RCO	12/24 V DC	8* Digital	4 Relays 230V×10A	بدون نمایشگر و صفحه کلید
	Logo! 24RCO	24 V AC	8 Digital	4 Relays 230V×10A	بدون نمایشگر و صفحه کلید
	Logo!230RCO	115/240 AC/DC	8 Digital	4 Relays 230V×10A	بدون نمایشگر و صفحه کلید

* در این نوع از نمونه‌ها می‌توان از دو ورودی آنالوگ(*V 10-0*) و دو ورودی سریع استفاده کرد.

ورودی‌ها به دو گروه ۴تایی تقسیم می‌شوند که ورودی‌های هر گروه را باید به فاز یکسان متصل نمود ولی می‌توان درگروه‌های مختلف از فازهای متفاوتی استفاده کرد.

۷-۵) ادوات جانبی

۷-۵-۱) کارت‌های افزایشی

این کارت‌ها در صورت نیاز به ورودی/خروجی‌های بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرند.

هر *LOGO* تنها با ماژول‌های هم ولتاژ خود قابلیت *Expand* شدن را داراست.

جدولی که در ادامه ارائه می‌شود نمونه‌های مختلف این ماژول‌ها را نشان می‌دهد.

نشانه	نام	منبع تغذیه	ورودی ها	خروجی ها
	Logo!DM 8 12/24 R	12/24V DC	4 Digital	4 Relays
	Logo! DM 8 24	24V DC	4 Digital	4Transistor
	Logo!DM 8 230R	115/240 AC/DC	4 Digital	4 Relays
	Logo!AM 2	12/24 V DC	2Analog 0-10V or 0-20mA	ندارد

کارت‌های افزایشی شامل دو مدل زیر می‌باشند که در ادامه به توضیح عملکرد آن‌ها می‌پردازیم.

- کارت‌های ورودی / خروجی
- کارت‌های شبکه

کارت‌های ورودی/ خروجی

الف) کارت‌های دیجیتال

کارت‌های دیجیتال دارای دو مدل زیر می‌باشند.

- مدل *DM8*(کارت‌های دیجیتال دارای چهار ورودی و چهار خروجی)
- مدل *DM16*(کارت‌های دیجتال دارای هشت ورودی و هشت خروجی)

شکل ۷-۶: کارت‌های دیجتال دارای هشت ورودی و هشت خروجی

ب) کارت‌های آنالوگی

کارت‌های آنالوگ به سه دسته *AM2PT100, AM2, AM2AQ* تقسیم می‌شوند. تغذیه کارت *AM2PT100* از نوع *12/24V DC* و کارت *AM2AQ*، *24V DC* می‌باشد. درضمن هر سه مدل دارای ۲ کانال(ورودی یا خروجی) با دقت *10 Bit* می‌باشند.

AM2PT100

سنسورهای *PT100* به منظور اندازه‌گیری حرارتی مورد استفاده قرار می‌گیرند محدوده اندازه‌گیری این سنسورها بین $200^0 C$ ... *-50* و یا $-58^0 F ... +392^0 F$ می‌باشد که اتصال ترموکوپل به دو سر آن توسط دو یا سه سیم صورت می‌گیرد.

	LOGO! AM2 PT100
Power supply	
Input voltage	12/24 VDC
Permitted range	10.8 ... 15.6 V DC 20.4 ... 28.8 V
Current consumption	25 ... 50 mA
Voltage loss buffering	typically 5 ms
Power loss at • 12 V • 24 V	 0.3 ... 0.6 W 0.6 ... 1.2 W
Electrical isolation	no
Reverse polarity protection	yes
PE terminal	Ground connection and measurement line shielding
Sensor inputs	
Number	2
Type	Thermocouple Pt100
Sensor connection • 2-wire technique • 2-wire technique	 yes yes
Measurement range	–50 °C ... +200 °C –58 °F ... +392 °F

AM2

این ماژول با تغذیه *12/24 DC* کارکرده و دارای دو ورودی می‌باشد. سنسورهای با خروجی *0 –10V* و یا *0 – 20mA* را می‌توان به ورودی *LOGO*! نصب کرد. در صورتی که ورودی از نوع جریان باشد از پایه‌های *M1*(منفی) و *L1*(مثبت) و یا *L2,M2* استفاده می‌شود و در صورتی که ورودی از نوع ولتاژ باشد از پایه‌های *M1*(منفی) و *U1*(مثبت) یا *U2,M2* استفاده می‌شود.

AM2AQ

AM2AQ دارای دو خروجی با ولتاژ *0 – 10V* می‌باشد همچنین از پایه‌های *M1*(منفی) و *U1*(مثبت) برای اتصال آن استفاده می‌شود.

۷-۶) ماژول‌های ارتباطی

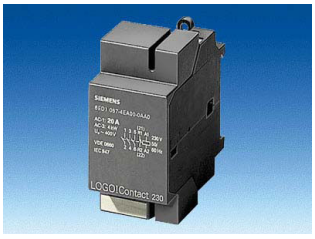
ماژول *EIB / KNX*(*INSTABIS European Industrial BUS*)

برای اتصال *LOGO*! به شبکه *EIB* می‌توان از ماژول ارتباطی *EIB / KNX* استفاده نمود. این کارت به راحتی به ماژول اصلی *LOGO*! متصل می‌شود. ولتاژ تغذیه ماژول ارتباطی *24DC* است این ماژول با تغییر فرمت اطلاعات *EIB* امکان ارتباط *LOGO*! را برای سیستم به عنوان یک نود(*Nod*) امکان پذیر می‌سازد درضمن این ماژول با ولتاژ *24 VDC* کار می‌کند.

ماژول *AS- INTERFACE*

این ماژول دارای ۴ ورودی و ۴ خروجی دیجیتال می‌باشد و برای اتصال *LOGO*! به شبکه *AS-INTERFACE* مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این حالت *LOGO*! بعنوان یک *SLAVE* هوشمند در شبکه *AS–I* قرار می‌گیرد این شبکه در سطح قطعات فیلد(شیرها و سنسورها) بکار می‌رود.

LOGO CONTACT



ماژول کلیدزنی(*LOGO CONTACT*) برای اتصال مستقیم به بارهای مقاومتی تا *20A* و موتورهایی تا *4KW* مورد استفاده قرار می‌گیرد. و از ویژگی‌های آن می‌توان به عدم وجود نویز ناخواسته و نصب و سیم‌بندی ساده اشاره کرد. درضمن ولتاژ تغذیه این ماژول *24DC* و یا *230VAC* می‌باشد.

۷-۷) ماژول تغذیه

دارای دو مدل با توان مختلف می‌باشد که در شکل زیر به خصوصیات آن‌ها اشاره شده است.

لازم به ذکر است این ماژول علاوه بر *Expand* شدن به *LOGO* در موارد دیگر نیز به عنوان منبع تغذیه مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۷-۸) قطعات جانبی

کارت‌های حافظه

- کارت حافظه زرد رنگ: این کارت قابلیت خواندن و نوشتن و حفظ برنامه در هنگام قطع برق را دارا می‌باشد.
- کارت حافظه قرمز رنگ: این کارت حافظه تنها قابلیت خواندن برنامه را داشته و قابلیت حفظ برنامه در هنگام قطع برق را نیز دارا می‌باشد.

کابل *PC*

برای اتصال *LOGO* به(پورت*COM*) و جهت انتقال برنامه از !*LOGO* به *PC* و یا بر عکس مورد استفاده قرار می‌گیرد.

شکل ۷-۷: کابل *PC*

۷-۹) نصب و سیم بندی

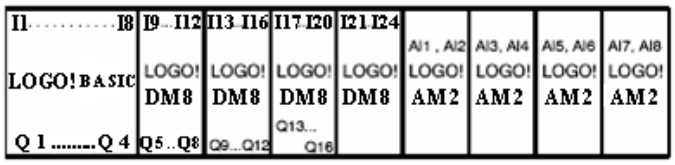
۷-۹-۱) نصب

ابعاد نصب *LOGO* با استاندارد *DIN 43880* سازگار می‌باشد. نصب *LOGO* به دو صورت امکان پذیر است.

- نصب دیواری
- نصب روی ریل

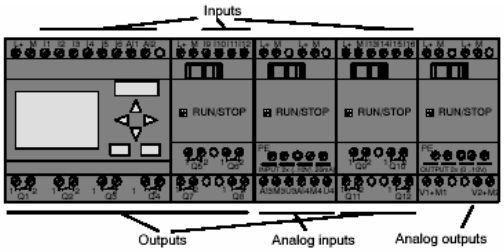
در نصب *LOGO* باید دقت شود که ماژول‌های *Expand* شده به ماژول اصلی، دارای ولتاژ یکسان باشند. تنها استثنائی که وجود دارد در مورد ماژول‌هائیست که در سمت چپ ماژول‌های اصلی قرار می‌گیرند که از نظر پتانسیل جدا می‌باشند به این معنا که این ماژول‌ها می‌توانند به ماژول‌هائی با ولتاژهای متفاوت متصل شوند. برای نصب با ولتاژهای متفاوت و به منظور برقراری ارتباط بهینه بین *LOGO* و دیگر ماژول‌ها پیشنهاد می‌شود که ابتدا ماژول‌های دیجیتال و سپس ماژول‌های آنالوگ نصب گردند.

برای نصب می‌بایست مانند شکل زیر عمل کرد.



شکل ۷-۸: نحوه نصب ماژول‌های *LOGO*

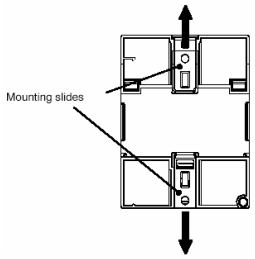
برای ولتاژهای متفاوت فرمت زیر پیشنهاد می‌شود.



شکل ۷-۹: نحوه نصب ماژول‌های *LOGO* برای ماژول‌های متفاوت

۷-۹-۱-۱) نصب دیواری

قبل از نصب می‌بایست *SLID*(گیره) که در قسمت عقبی *LOGO* وجود دارد خارج شود و با استفاده از پیچ‌های *4MM* با گشتاور $0.8-12N/M^2$، آن را به دیوار نصب کرد.

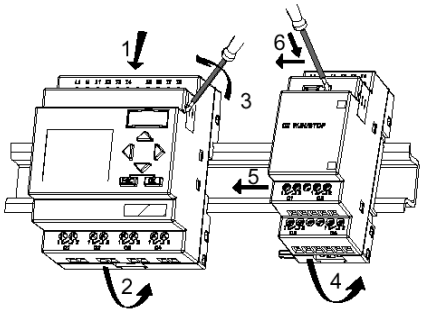


شکل ۷-۱۰: نحوه نصب دیواری

۷-۹-۱-۲) نصب روی *DIN RAIL*

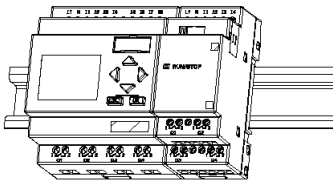
برای نصب روی *DIN RAIL 35mm* می‌بایست مراحل زیر طی شود:

- ۱ و ۲) مانند آنچه در شکل مشاهده می‌شود *LOGO*را روی ریل قرار داده و با کشیدن قسمت متحرک و حرکت دادن *LOGO* آنرا برروی ریل محکم نمایید.
- ۳) جهت نصب ماژول دیجیتال پوشش رابط مخصوص ماژول‌های اضافی را بردارید.
- ۴ و ۵) پس از قراردادن ماژول دیجیتال برروی ریل آنرا به سمت *LOGO* حرکت دهید.
- ۶) با استفاده از یک پیچ‌گوشتی، قسمت متحرک لغزان را بسمت چپ و پایین فشار داده و ماژول دیجیتال را به *LOGO* اتصال دهید.



شکل ۷-۱۱: نصب روی*DIN RAIL*

- وضعیت *LOGO* و ماژول‌های آن پس از نصب مانند شکل زیر می‌باشد.



شکل ۷-۱۲: وضعیت *LOGO* و ماژول‌های آن پس از نصب

جداسازی *LOGO* از روی ریل

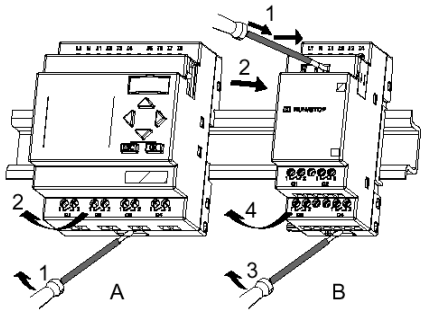
جهت جداسازی *LOGO* از روی ریل مراحل زیر را طی نمایید.

- قسمت *A*

  - ۱ و ۲) با قرار دادن یک پیچ‌گوشتی در محل نمایش داده شده و با فشار اهرم به سمت پایین، می‌توان با کمی حرکت *LOGO* را از روی ریل خارج نمود.

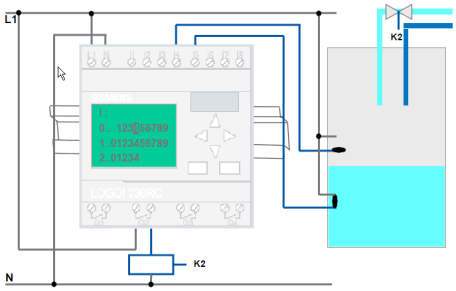
- قسمت*B*

  - ۱) با استفاده از یک پیچ‌گوشتی، قسمت لغزان ماژول را به پایین فشار داده و سپس آنرا به سمت راست بکشید.
  - ۲) در این حالت ماژول اضافی را بسمت خارج کشیده تا از *LOGO* خارج گردد.
  - ۳) موارد ۱ و ۲ در قسمت *A* را جهت جداسازی ماژول از روی ریل تکرار نمایید.



شکل ۷-۱۳: جداسازی *LOGO* از روی ریل

توجهات لازم هنگام سیم بندی



شکل ۷-۱۴: نمونه‌ای از نحوه سیم‌کشی *LOGO*

در هنگام سیم بندی *LOGO* می‌بایست استانداردها و موارد زیر رعایت شوند:

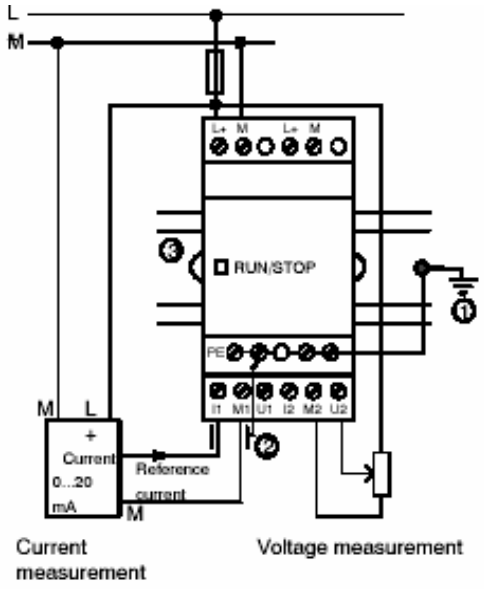
- قطر سیم مصرفی می‌بایست $1.5mm^2$ و یا $2.5mm^2$ باشد.

- کوتاهترین مسیر را جهت سیم بندی در نظر گرفته و در صورت نیاز به سیم بلندتر لازم است از سیم روکش دار استفاده شود.
- مدارهای *High Voltage AC* با سیکلهای کلید زنی سریع، و سیم‌های سینگال *Low Voltage* از هم ایزوله شوند.
- در صورت استفاده از برق سه فاز هر گروه از ورودی‌ها به یک فاز خاص متصل شوند. برای یک گروه نمی‌توان از دو فاز استفاده کرد.

برای ورودی‌های آنالوگ از کابل‌های تابیده شده و حتی المقدور کوتاه استفاده شود.

از اتصال فلزهای مختلف به ورودی‌های *LOGO* پرهیز شود.

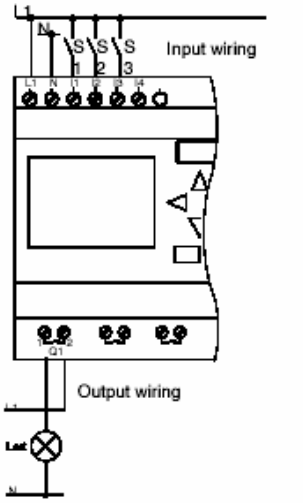
- مدل‌های *12/24* را به دلیل نداشتن ایزولاسیون بایستی به زمین متصل نمود(همانند شکل).



شکل ۷-۱۵: زیمن کردن مدل‌های *12/24* به دلیل نداشتن ایزولاسیون

- در*LOGO12/24* و *LOGO 24* دو ورودی آنالوگ بصورت *On Board* روی سیستم قرار دارند که ورودی‌های *I7* و *I8* می‌باشند. از این ورودی‌ها هم می‌توان به عنوان ورودی آنالوگ و هم دیجیتال استفاده نمود.
- برای کارت‌های آنالوگ می‌بایست که اتصال زمین درنظر گرفته شود.
- برای اتصال منبع تغذیه می‌بایست به کاتالوگ لوگو توجه شود و از اتصال موازی منبع تغذیه و خروجی *DC* به علت وجود جریان معکوس پرهیز شود.
- در مدل *230* تغذیه مناسب برای ولتاژ نامی *115VAC/DC* و *240 VAC/DC* می‌باشد و مدل‌های *24V* و *12V* آن مناسب با ولتاژهای تغذیه *24 VAC/DC* و *12VDC* می‌باشند.
- در تغذیه *DC* استفاده از فیوز برای حفاظت لازم می‌باشد.
- به منظور حفاظت، از وریستور با حداقل ۲۰ درصد بالاتر از ولتاژ نامی در تغذیه *AC* که پیک ولتاژ دارد، استفاده شود.

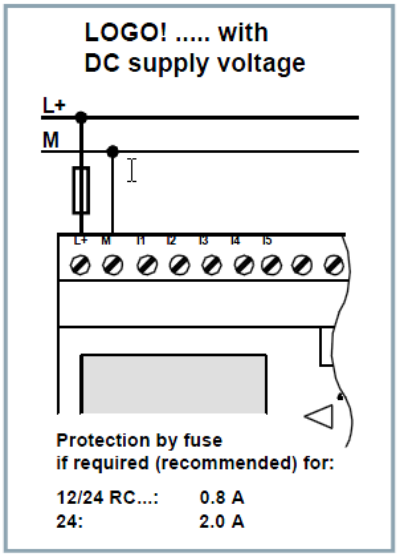
شکل زیر نمونه‌ای از سیم بندی ورودی، خروجی و منبع تغذیه را نمایش می‌دهد.



شکل ۷-۱۶: مونه‌ای از سیم بندی ورودی، خروجی و منبع تغذیه *LOGO*

نحوه اتصال لوگو با منبع تغذیه *DC* به صورت زیر می‌باشد:

- می‌توان فاز و یا ولتاژ مثبت را از طریق فیوز به ورودی مورد نظر متصل کرد.

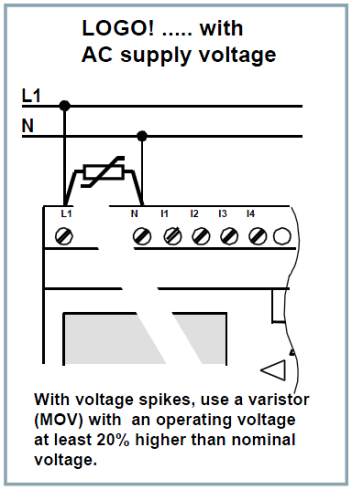


شکل ۷-۱۷: نحوه اتصال لوگو با منبع تغذیه *DC*

فیوزهای مورد نیاز که جهت محافظت لوگو در نمونه‌های مختلف ۱۲/۲۴ مورد استفاده قرار می‌گیرند عبارت‌اند از:

- مدل‌های *12/24 RC*: ۰.۸ آمپر
- مدل‌های *24*: ۲ آمپر
- مدل‌های *24 L*: ۳ آمپر

نحوه اتصال لوگو با منبع تغذیه *AC* نیز مانند شکل زیر است.



شکل ۷-۱۸: نحوه اتصال لوگو با منبع تغذیه *AC*

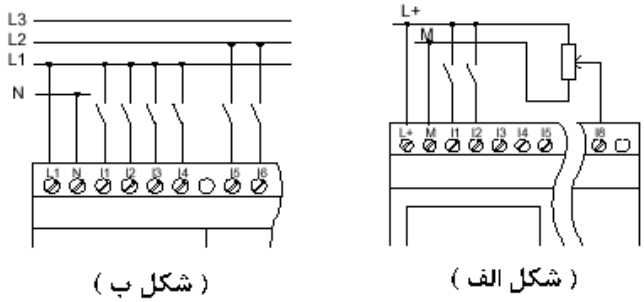
۷-۹-۲) اتصال ورودی‌ها

ورودی‌های *LOGO* که شامل اطلاعات دریافتی از کلید، شستی و انواع مختلف سنسورها می‌باشند می‌بایست دارای مقادیر ولتاژ و جریان خاصی بوده تا بتوان آن‌ها را در دو سطح دیجیتال بالا(۱) و پایین(۰) منظور نمود. لذا می‌توانید در جدولی که در ادامه ارائه شده است این مقادیر را مشاهده کنید. در این جدول مقادیر حداکثر و حداقل ولتاژ و جریانی که باعث می‌گردند یک ورودی توسط *PLC* در سطح بالا و پایین درنظر گرفته شود لیست شده‌اند.

	LOGO!12/24 RC/Rco LOGO! DM8 12/24 R I1…I6	I7,I8	LOGO! 24 LOGO! DM8 24 I1…I6	I7,I8
وضعیت مداری صفر جریان ورودی	< 5V DC <1.0 mA	< 5V DC < 0.05mA	< 5V DC <1.0 mA	< 5V DC < 0.05mA
وضعیت مداری یک جریان ورودی	> 8V DC >1.5 mA	> 8V DC >0.1 mA	> 8V DC >1.5 mA	> 8V DC >0.1 mA

	LOGO! 24 RC/Rco (AC)	LOGO! 230 RC/Rco (AC) LOGO!DM8 230R(AC)	LOGO! 230 RC/Rco (DC) LOGO!DM8 230R(DC)
وضعیت مداری صفر جریان ورودی	< 5V AC <1.0 mA	< 40V AC <0.03 mA	< 30V DC <0.03 mA
وضعیت مداری یک جریان ورودی	> 12V AC >2.5 mA	> 79V AC >0.08 mA	> 79V DC >0.08 mA

در شکلی که در ادامه ارائه می‌شود می‌توانید نمونه‌ای از اتصال ورودی‌های *LOGO* را مشاهده نمایید.



شکل ۷-۱۹: نمونه‌ای از اتصال ورودی‌های *LOGO*

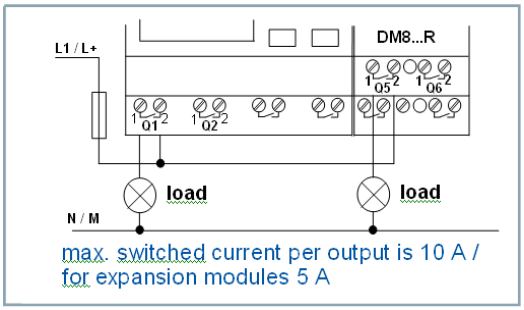
از آنجایی که پایه‌های ورودی در مدل‌های *12/24...* ایزوله نمی‌باشند بنابراین این نمونه‌ها نیاز به پتانسیل مرجع(زمین) دارند، لذا ورودی‌های آنالوگ را می‌توان مابین تغذیه و زمین قرار داد(شکل الف) در ضمن در شکل ب می‌توانید نمونه‌ای اتصال ورودی درمدل‌های *230* را مشاهده نمایید.

۷-۹-۳) اتصال خروجی‌ها

لوگو با خروجی رله‌ای

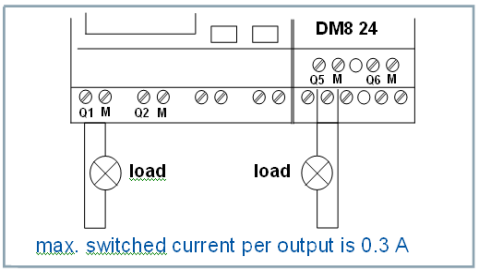
در برخی از نمونه‌های *LOGO* که در شماره مدل آن‌ها حرف *R* وجود دارد، بیت‌های خروجی به بوبین رله متصل گشته‌اند. در این نمونه‌ها کنتاکت‌های رله از منبع تغذیه و ورودی‌های مدار مجزا می‌باشند لذا می‌توان خروجی‌ها را با سطح ولتاژ مورد نظر تغذیه نمود. این خروجی‌ها می‌توانند به بارهای مختلفی مانند لامپ، موتور، کنتاکتورها و... متصل گردند. اما باری که به خروجی مدل‌های *LOGO!...R...* متصل می‌شود می‌بایست دارای خصوصیات زیر باشد:

- ماکزیمم جریان کلیدزنی به نوع بار مصرفی و تعداد سیکل کلیدزنی بستگی دارد.
- در نمونه‌های استاندارد سطح ولتاژ بالا در خروجی، در بارهای اهمی تا حداکثر ۱۰ آمپر و در بارهای القایی ماکزیمم تا ۳ آمپر جریان‌دهی دارد(۲ آمپر در نمونه‌های *12/24* ولت مستقیم و متناوب).
- در این نوع، خروجی تغذیه به یک پایه خروجی و بار(مصرف کننده) بر پایه دیگر همان خروجی متصل می‌شود. در این خروجی که در صورت فعال بودن مانند یک کلید عمل می‌کند، به کاربر این امکان داده می‌شود که بارهای متفاوت با توان‌های مصرفی مختلف را با خروجی فعال نماید.



شکل ۷-۲۰: اتصال خروجی‌های *LOGO*

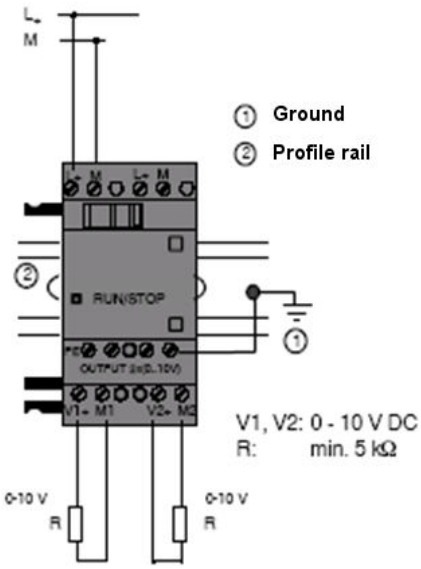
لوگو با خروجی ترانزیستوری



مدل‌های *LOGO* با خروجی ترانزیستوری را می‌توان از عدم وجود حرف *R* در شماره مدل آن‌ها تشخیص داد. در این مدل، خروجی‌ها در برابر اتصال و اضافه بار مقاوم می‌باشند در ضمن حداکثر جریان سوئیچ در این مدل ۰.۳ آمپر در هر خروجی است. این نوع از خروجی‌ها در صورت فعال شدن، مقدار ولتاژ و جریان مشخصی را بین دو پایه خود برقرار می‌سازند. در حقیقت تنها بارهایی را می‌توان به این نوع از خروجی‌ها متصل کرد که از لحاظ ولتاژ و آمپر مصرفی با آن‌ها منطبق باشند. شکلی که در ادامه ارائه شده است نحوه اتصال بار به خروجی این مدل از *LOGO*ها را نمایش می‌دهد.

لوگو با خروجی آنالوگ

می‌توان وسایل مختلفی مانند کانورتر، اینورتر و دیگر وسایل‌های امپدانس(ورودی آنالوگ) را به خروجی آنالوگ مانند آنچه در شکل صفحه بعد نشان داده شده است متصل کرد.



شکل ۷-۲۱: نحوه اتصال بار به لوگو با خروجی ترانزیستوری

توجه شود که ماکزیمم بار در خروجی‌های آنالوگ *mA* ۰.۲ می‌باشد.

۷-۱۰) برنامه نویسی *LOGO*

ماژول *LOGO* بر اساس قوانین مدارات منطقی کار می‌کند و شرایط برنامه‌ریزی آن به ورودی‌های یک برنامه مدار بر می‌گردد و برنامه‌ریزی آن از دو طریق امکان پذیر است.

- *LOCAL*

استفاده این روش از طریق صفحه کلیدهای روی دستگاه(در *LOGO*هایی که دارای صفحه کلید هستند) امکان پذیر است.

- از طریق نرم افزار

بعد از نوشتن برنامه در محیط نرم افزار لازم است برنامه از طریق کابل *LOGO – PC* به ماژول اصلی انتقال داده شود.

در زبان برنامه نویسی لوگو توابع به سه دسته *special function* , *Basic function* , *Constants* تقسیم بندی شده است:

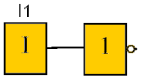
- ***Constants***: این توابع شامل تمامی اتصالات(دیجیتال و آنالوگ) مانند ورودی، خروجی، *FLAG*(حافظه)، کلید، مکان نما(*Cursorkey*)، سطوح ثابت ولتاژ(*Low* , *High*) و *Shift Register* *Bit* و... می‌باشند.
- ***Basic function***: *Basic function*ها توابع منطقی هستند که اطلاعات ورودی را به اطلاعات خروجی تبدیل می‌کنند(*AND* , *NAND* , *OR NOR,NOT,XOR*).
- ***Special Function***: توابع خاصی هستند که می‌توان با استفاده از آنها خروجی مورد نظر را بر اساس اطلاعات ورودی کنترل کرد(*TLMER*, *COUNTER* , *PULSERELAY* , *MESSAGE* *TEXT*,...).

در لوگو به دو زبان *LADDER* و *FBD* می‌توان برنامه‌نویسی کرد که در بخش بعدی زبان *FBD* را معرفی کرده آنگاه به بیان دستورات پایه برنامه‌نویسی می‌پردازیم و پس از آن در ادامه، بخش نحوه کارکرد با نرم‌افزار را خواهید آموخت.

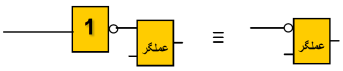
۷-۱۱) معرفی برنامه نویسی به روش بلوکی(*FBD*)

در این روش، رسم مدار از سمت ورودی به سمت خروجی است(معمولا از سمت چپ شروع و به سمت راست ختم می‌شود).

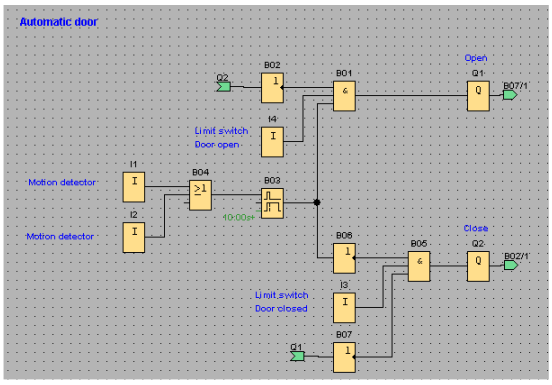
- در روش بلوکی ورودی‌ها را با علامت(I)و خروجی‌ها را با علامت(Q)نمایش می‌دهند.
- ورودی‌ها با حرف *I* و خروجی‌ها با حرف *Q* مشخص می‌شوند و در بالای بلوک این حروف شماره آنها درج می‌شود.
- یک خروجی بوبین می‌تواند به ورودی چندین بلوک وصل شود و به این ترتیب کنتاکت آن خروجی را خواهید ساخت.
- در این روش برنامه نویسی برای ایجاد اتصال بین بلوک‌ها می‌توان از عملگرهای منطقی استفاده کرد برای این منظور باید اطلاعات کافی بر نحوه عملکرد عملگرهای منطقی داشته باشیم برای مثال در این روش سری کردن را *AND* کردن و موازی کردن را می‌توان *OR* کردن نامید.
- برای ساخت کنتاکت بسته مطابق شکل روبرو از عملگر منطقی *NOT* می‌توان استفاده کرد:



- در مواردی که خروجی عملگر *NOT* به ورودی هر عملگری وصل شود می‌توان بجای عملگر *NOT* از یک حباب استفاده نمود.



➢ شکل زیر یک نمونه مدارنوشته شده به روش بلوکی را نمایش می‌دهد.



شکل ۷-۲۲: یک نمونه مدارنوشته شده به روش بلوکی

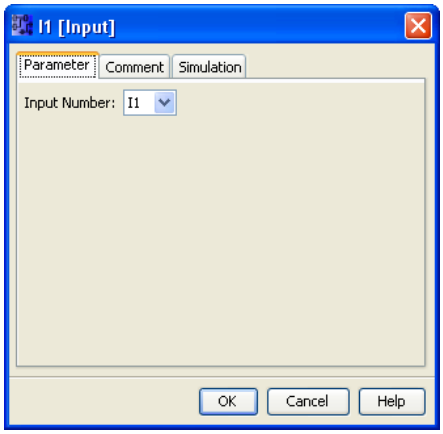
۷-۱۱-۱) معرفی دستورات پایه برنامه‌نویسی(*Basic Function)*

دستورات پایه برنامه‌نویسی، دستورات اولیه و پرکاربرد موجود در *LOGO* می‌باشند که در تمامی برنامه‌ها به وفور مورد استفاده قرار می‌گیرند این دستورات بیشتر توابعی می‌باشند که با استفاده از منطق بولی، مانند *AND* و *OR*، ورودی/ خروجی‌ها را به هم ارتباط می‌دهند. پایه‌های بکار گرفته شده در این دستورات شامل ورودی(*I,C,S,H,L*) و خروجی‌ها(*Q,M,X*) می‌باشد. اکنون به بررسی دقیق دستورات پایه می‌پردازیم.

۷-۱۱-۲) ورودی دیجیتال(*DIGITAL INPUT*)

شکل ۷-۲۳: نماد دستور

با انتخاب یک ورودی و قراردادن آن در وضعیت کار این ورودی نمایانگر ورودی هم نام خود برروی سخت‌افزار خواهد بود با دوبار کلیک چپ برروی این بلوک و یا با انتخاب بلوک مورد نظر و کلیک راست برروی آن و نهایتا انتخاب گزینه *Block Properties* صفحه‌ای مطابق شکل ۷-۲۴ باز می‌گردد که صفحه مشخصات این قطعه می‌باشد در این صفحه سه برگه وجود دارد که عبارت‌اند از *Parameter*، *Comment* و *Simulation*.



شکل ۷-۲۴: پنجره مشخصات دستور

برگ *Parameter*: در این برگه شماره بلوک ورودی انتخاب می‌گردد. قابل ذکر است که به هنگام قراردادن بلوک ورودی در صفحه کار، نرم‌افزار به صورت خودکار شماره‌ای به آن نسبت می‌دهد که از طریق تعویض اطلاعات برگه پارامتر می‌توان آنرا تغییر داد.

برگه *Comment*: توضیحات مورد نیاز جهت ورودی مورد نظر را می‌توان در این برگه یادداشت کرد تا برروی صفحه اصلی نمایش داده شود.

برگه *Simulation*

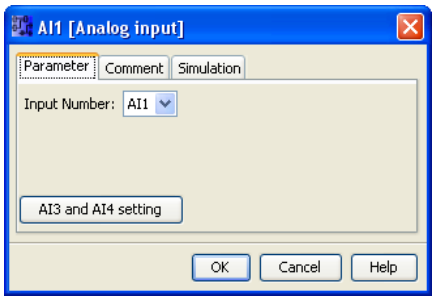
در این برگه می‌توان نوع ورودی را باتوجه به نیاز در مدار تعریف نمود سه گزینه موجود عبارت‌اند از:

- *Switch*: کلید قطع و وصل
- *Momentary*: کلید لحظه‌ای(شستی فشاری)
- *Frequency*: کلید فرکانسی با قابلیت تنظیم حد بالا و پایین(ورودی سرعت بالا)

۷-۱۱-۳) ورودی آنالوگ(*AI*)

شکل ۷-۲۵: نماد دستور

این ورودی در انواع خاصی از مدل‌های *LOGO* وجود دارد که جهت دریافت مستقیم اطلاعات آنالوگ از سنسور و یا هر وسیله دیگر استفاده می‌گردد. این ورودی‌ها به عملکردهای ویژه آنالوگ که در قسمت عملگرهای ویژه معرفی خواهند شد متصل می‌گردد اطلاعات ورودی می‌تواند ولتاژ صفر تا ۱۰ ولت و یا جریان صفر تا ۲۰ میلی آمپر باشند. در برگه مشخصات این ورودی‌ها که مشابه شکل زیر می‌باشد در قسمت *Simulation* بجای اطلاعات نمایش داده شده در ورودی معمولی، حدود بالا و پایین قابل تنظیم جهت این ورودی‌ها وجود دارد.



شکل ۷-۲۶: پنجره مشخصات دستور

۷-۱۱-۴) خروجی(*Q*)

شکل ۷-۲۷: نماد دستور

این بلوک نمایانگر خروجی‌های مدار می‌باشد. در پنجره مشخصات خروجی تنها دو برگه *Parameter*، *Comment* موجود است که این برگه‌ها همانند برگه‌های همنام در بلوک‌های ورودی می‌باشد.

۷-۱۱-۵) مارکر(*M*)

شکل ۷-۲۸: نماد دستور

مارکر یا بیت‌های حافظه که پرکاربردترین بلوک‌های موجود می‌باشند جهت برقراری ارتباط مابین بلوک‌هایی که ورودی‌های آن‌ها به طریقی از خروجی خود آن‌ها تغذیه می‌گردد استفاده می‌شوند تا ارتباط لازم برقرار گردد. در صورت عدم استفاده از این بیت‌ها در مسیرهای ارتباطی فوق‌الذکر تلاش جهت برقراری ارتباط بی‌حاصل خواهد بود. از آنجا که تغییرات در خروجی این بیت‌ها درانتهای سیکل زمانی انجام می‌گیرد لذا با ایجاد تاخیر در روند تحلیل مدار باعث می‌شود که ابتدا سیگنالی که از خروجی یک بلوک گرفته شده تغییرات خود را انجام داده و سپس به ورودی آن اعمال گردد. حداکثر هشت عدد بیت حافظه در اختیار است که می‌توان آن‌ها را در برنامه به کار برد.

۷-۱۱-۶) *High*

شکل ۷-۲۹: نماد دستور

این بلوک نمایانگر سطح ولتاژ بالا در منطق دیجیتال می‌باشد. بعبارت دیگر با استفاده از این بلوک می‌توان بطور سخت‌افزاری یک ارتباط مابین تغذیه *LOGO* و نقاط مورد نظر مدار ایجاد نمود. صفحه مشخصات این بلوک تنها شامل برگه توضیحات می‌باشد.

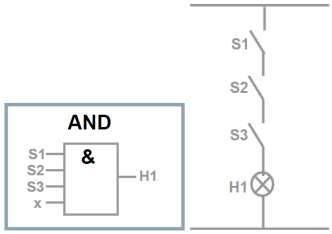
۷-۱۱-۷) *Low*

شکل ۷-۳۰: نماد دستور

برخلاف بلوک *High* این بلوک بیانگر سطح پایین ولتاژ در مدار می‌باشد.

۷-۱۱-۸) *AND*

مشابه با اتصال سری در یک حلقه است که خروجی آن زمانی ۱ است که تمام ورودی‌ها ۱ باشند.

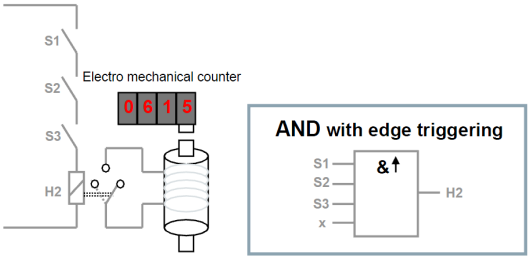


شکل ۷-۳۱: نماد دستور به همرا ه معادل مدار فرمان آن

ورودی*X*(ورودی بی اهمیت و یا متصل نشده) در این بلاک ۱ در نظر گرفته می‌شود. جدول منطقی *AND* به شکل زیر است.

Input 1	Input 2	Input 3	Output
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

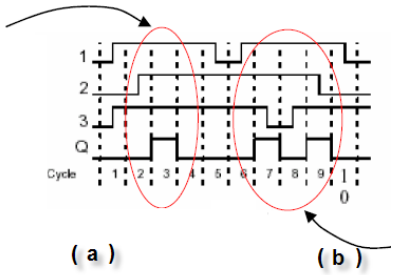
۷-۱۱-۹) *AND* تحریک شده با لبه بالا رونده



شکل ۷-۳۲: نماد دستور به همرا ه معادل مدار فرمان آن

- خروجی فقط هنگامی ۱ است که همه ورودی‌ها ۱ بوده و حداقل یکی از ورودی‌ها در سیکل قبل صفر باشد و یا تغییر لبه‌ای(بالارونده) را شاهد باشیم.
- ورودی *X*(ورودی بی اهمیت و یا متصل نشده) در این بلاک ۱ در نظر گرفته می‌شود.

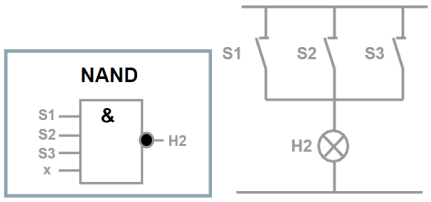
نمایش سیکلهای زمانی به صورت شکل ۷-۳۳ می‌باشد.



شکل ۷-۳۳: نمودار عملکرد دستور

باید در نظر داشت که در *LOGO* مقدار اولیه هر پارامتر در هر سیکل برابر مقدار انتهایی آن پارامتر در انتهای سیکل قبل است(در طول سیکل مقدار پارامتر در همین مقدار ثابت خواهد ماند تا انتهای سیکل که مقدار نهایی را اختیار می‌کند). به همین جهت *Q* در سیکلهای ۷ و ۹ یک است و در سیکل ۸ صفر می‌شود.

۷-۱۱-۱۰) *NAND*



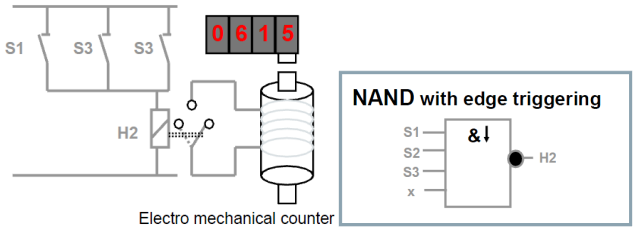
شکل ۷-۳۴: نماد دستور به همرا ه معادل مدار فرمان آن

- خروجی فقط زمانی صفر است که همه ورودی‌ها ۱ باشند.
- ورودی *X*(ورودی بی اهمیت و یا متصل نشده) در این بلاک ۱ در نظر گرفته می‌شود.

جدول منطقی *NAND* به شکل زیر است.

Input 1	Input 2	Input 3	Output
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

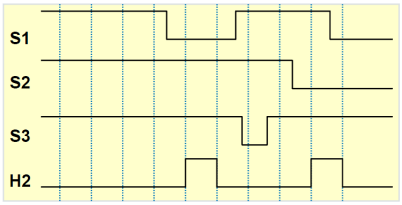
۷-۱۱-۱۱) *NAND* تحریک شده با لبه پایین رونده



شکل ۷-۳۵: نماد دستور به همرا ه معادل مدار فرمان آن

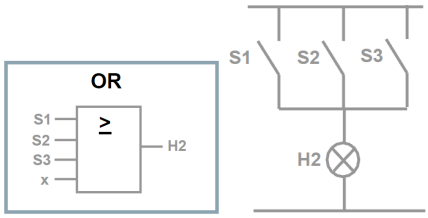
- خروجی فقط هنگامی ۱ است که حداقل یکی از ورودی‌ها صفر بوده و همه ورودی‌ها در سیکل قبل ۱ باشند.
- ورودی X(ورودی بی اهمیت و یا متصل نشده) در این بلاک ۱ در نظر گرفته می‌شود.

نمایش سیکلهای زمانی این دستور به صورت زیر می‌باشد.



شکل ۷-۳۶:

۷-۱۱-۱۲) *OR*



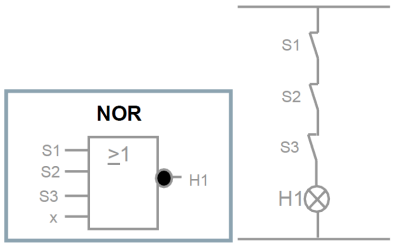
شکل ۷-۳۷: نماد دستور به همرا ه معادل مدار فرمان آن

- مشابه با اتصال موازی در یک حلقه است که خروجی آن وقتی صفر است که تمام ورودی‌ها صفر باشند و خروجی آن زمانی ۱ است که حداقل یکی از ورودی‌ها ۱ باشد.
- ورودی X(ورودی بی اهمیت و یا متصل نشده) در این بلاک صفر در نظر گرفته می‌شود.

جدول منطقی *OR* نیز به شکل زیر است.

Input 1	Input 2	Input 3	Output
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

۷-۱۱-۱۳ *NOR*



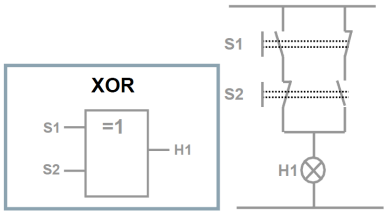
شکل ۷-۳۸: نماد دستور به همرا ه معادل مدار فرمان آن

- خروجی تنها زمانی ۱ است که همه ورودی‌ها صفر باشند.
- ورودی X(ورودی بی اهمیت و یا متصل نشده) در این بلاک صفر در نظر گرفته می‌شود. در ضمن در تغییر صفر به ۱ در یکی از ورودیها، خروجی صفر می‌شود.

جدول منطقی *NOR* به شکل زیر است.

Input 1	Input 2	Input 3	Output
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	0

۷-۱۱-۱۴ *XOR*



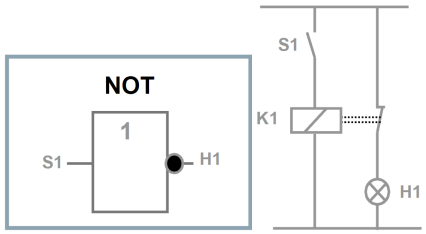
شکل ۷-۳۹: نماد دستور به همرا ه معادل مدار فرمان آن

- خروجی تنها زمانی ۱ است که ورودی‌ها غیر یکسان باشند.

جدول منطقی *XOR* به شکل زیر است.

Input 1	Input 2	Output
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

۷-۱۱-۱۵) *NOT*



شکل ۷-۴۰: نماد دستور به همراه معادل مدار فرمان آن

- این تابع معکوس کننده ورودی است، بدین معنی که صفر را به ۱ و ۱ را به صفر تغییر می‌دهد. جدول منطقی آن نیز به شکل زیر است.

Input 1	Output
0	1
1	0

پس از آشنایی با دستورات پایه اکنون می‌توان به مبحث نرم‌افزار پرداخته و نحوه برنامه‌نویسی، خطایابی و دانلود برنامه به *PLC* را با ارائه یک مثال جامع بررسی نماییم.

۷-۱۲) نرم افزار

نرم‌افزار لوگو، *LOGO Soft Comfort V6.0* نام دارد. که نرم‌افزاری ساده و در عین حال بسیار کاربردی می‌باشد بطوریکه بدون کوچکترین مشکلی کاربر قادر خواهد بود که برنامه را در محیط این نرم‌افزار نوشته و شبیه‌سازی نماید.

۷-۱۲-۱) نحوه شروع واستفاده از نرم افزار *LOGO Soft Comfort V6.0LOGO*

شرایط لازم برای نصب

توجه شود که قبل از نصب این نرم افزار همخوانی آن، با سخت افزار و نرم افزار کامپیوتر خود را مورد بررسی قرار دهید. بدین منظور سیستم شما باید شرایطی که در جدول ۷-۶ ذکر شده است را دارا باشد تا بتوانید نرم افزار را بر روی آن نصب کنید. اولین مورد نوع پردازنده است که در زیر انواع قابل نصب آن معرفی شده‌اند.

جدول ۷-۶ شرایط نصب نرم‌افزار

Item	Conditions
Operating system	Windows 95, 98, ME, 2000, XP, or NT4.0 Service Pack 3
CPU	Pentium 133 MHz or better Pentium 200 MHz or better recommended.
Memory	64 Mbytes or more
HDD	40 Mbytes or more of available disk capacity
CD-ROM drive	Required.
Communications	1 serial port (COM port)
Keyboard and mouse	Required.
Monitor	800 x 600 dots (SVGA) min., 256 colors min.

لازم به ذکر است که اکثر سیستم عامل‌ها مانند *WINDOWS XP SP2*، *WINDOWS 98* و *WINDOWS NT* وغیره توانایی پشتیبانی از این نرم افزار را دارند ولی توصیه می‌کنیم که برای راحتی کار سیستم عامل *WINDOWS XP SP2 or SP3* را روی کامپیوتر خود نصب نمایید.

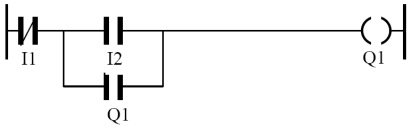
در این قسمت قصد داریم تا در قالب یک مثال نحوه تعریف پروژه را بیان نماییم.

مثال ۷-۱: مدار نشان داده شده در شکل ۷-۴۱ را به زبان *FBD* نوشته و آن را شبیه سازی نمایید.

شرایط کاری مدار به شرح زیر است:

۱- بازدن شستی *I2* کنتاکتور *K1M* دائم کار کند.

۲- با زدن شستی قطع *I1* در هر شرایطی مدار خاموش شود.

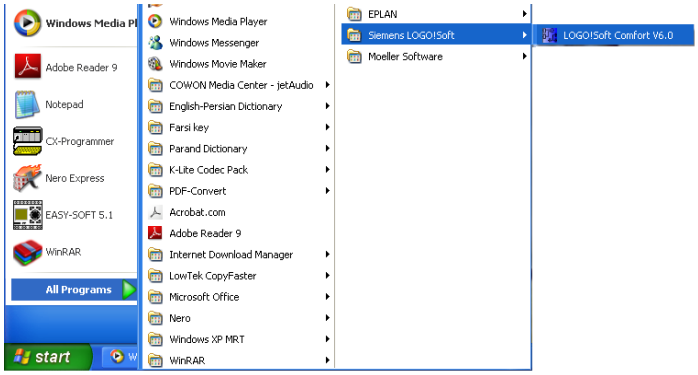


شکل ۷-۴۱: مدار خودنگهدار

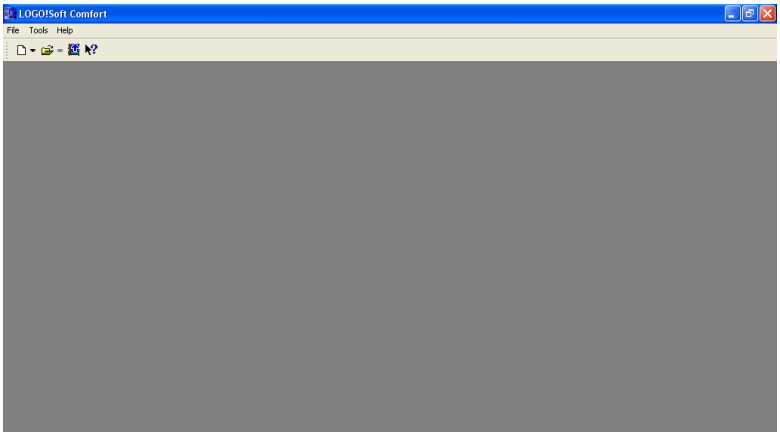
پاسخ:

برای تعریف پروژه می‌بایست که مراحل زیر را طی نمایید:

- به آدرس نشان داده شده در شکل ۷-۴۲ رفته و برنامه را اجرا کنید.

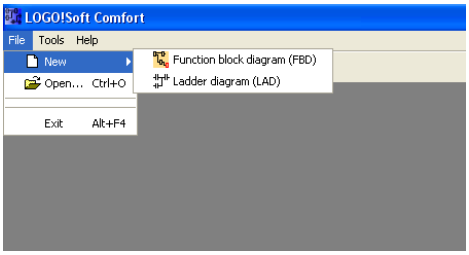


شکل ۷-۴۲: مسیر نصب نرم‌افزار



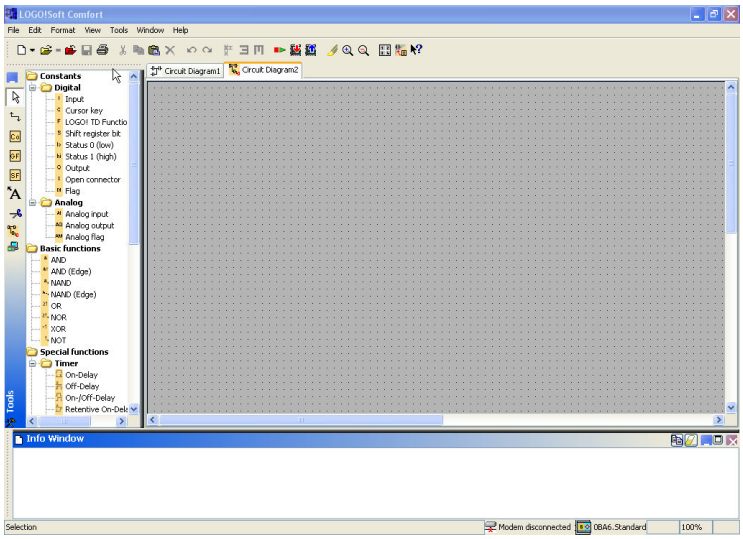
شکل ۷-۴۳: صفحه آغازین هنگام اجرای نرم‌افزار

- پس از اجرای نرم‌افزار به منظور تعریف پروژه مطابق شکل ۷-۴۴ به مسیر *File>>New* رفته و برروی یکی از دو گزینه *FBD* و *LAD* که به معنی انتخاب زبان برنامه‌نویسی است کلیک نمایید.



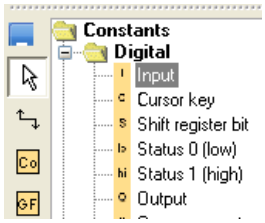
شکل ۷-۴۴: مسیر ایجاد پروژه

- پس از کلیک کردن یک کادر محاوره‌ای باز شده و ازشما اطلاعات مربوطه مانند مشتری، مجری پروژه و... را می‌خواهد. با کلیک کردن برروی *OK* آن را تایید کرده تا صفحه آغازین مربوط به برنامه‌نویسی نرم‌افزار باز شود(شکل ۷-۴۵).



شکل ۷-۴۵: صفحه آغازین مربوط به برنامه‌نویسی نرم‌افزار

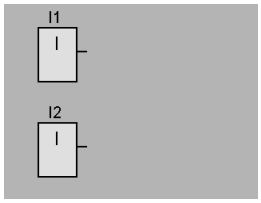
- حال به منظور وارد نمودن ورودی مطابق شکل ۷-۴۶ از منوی ابزار استفاده کرده و بر روی ورودی(*Input*) کلید کنید تا آیکن ورودی بر روی موس آویزان شود حال با دوبار کلیک بر روی مکان نشان داده شده در شکل ۷-۴۷، ورودی را جاگزاری نمایید.



شکل ۷-۴۶: وارد نمودن ورودی

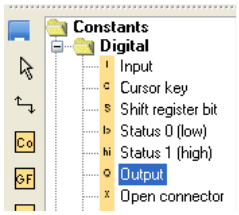
شکل ۷-۴۷: آویزان شدن آیکن ورودی بر روی موس

- حال مطابق شکل ۷-۴۸ جهت وارد کردن دومین کنتاکت ورودی، در مکان نشان داده شده دو بار کلیک نمایید.



شکل ۷-۴۸: وا رد کردن ورودی دوم

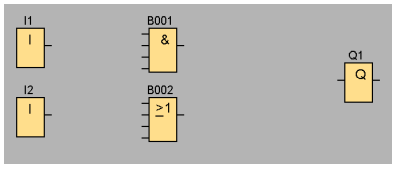
- اکنون جهت وارد نمودن خروجی از منوی ابزار، خروجی را انتخاب کرده آنگاه مطابق شکل، موس را به موقعیت نشان داده شده برده و دوبار کلیک نمایید تا خروجی جاگزاری شود.



شکل ۷-۴۹: انتخاب خروجی از منوی ابزار

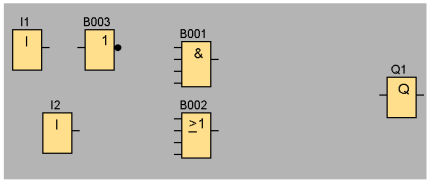
شکل ۷-۵۰: جاگذاری خروجی در نقطه مورد نظر از صفحه طراحی

- به منظور تکمیل مدار به یک *AND* به منظور سری کردن ورودی‌ها با خروجی و یک *OR* برای موازی کردن کنتاکت باز خروجی با ورودی *I2* نیاز داریم پس مطابق شکل یک تابع *AND* و یک تابع *OR* جاگزاری نمایید.



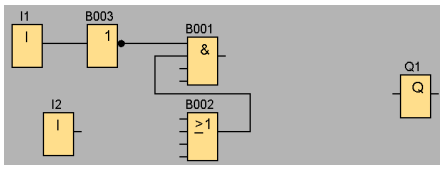
شکل ۷-۵۱: جاگذاری یک تابع *AND* و یک تابع *OR*

- با توجه به اینکه ورودی *I1* از نوع درحالت عادی بسته می‌باشد پس یک *NOT* در مسیر آن به تابع *AND* قرار می‌دهیم.



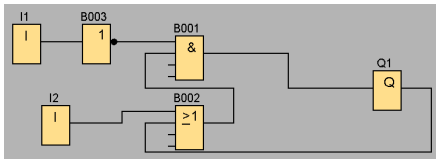
شکل ۷-۵۲: جاگذاری یک تابع *NOT*

- برای تکمیل مدار نیاز است تا ارتباط منطقی بین ورودی و خروجی‌ها را برقرار کنیم پس از ورودی *I1* به *NOT* و از خروجی آن نیز به تابع *AND* رفته و از ورودی دیگر تابع *AND* به خروجی تابع *OR* می‌رویم(شکل ۷-۵۳).

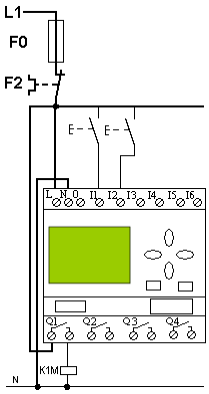


شکل ۷-۵۳: شروع سیم‌کشی

- حال از خروجی تابع *AND* به کویل *Q1* رفته سپس از خروجی کویل نیز به تابع *OR* می‌رویم آنگاه برای اتمام مدار از ورودی *I2* به تابع *OR* می‌رویم(شکل ۷-۵۴).



شکل ۷-۵۴: تکمیل مدار

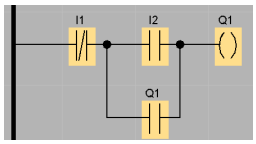


شکل ۷-۵۵: نحوه سیم کشی مدار

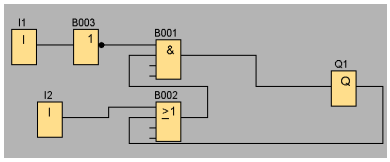
- بدین ترتیب طراحی مدار به پایان رسید حال برای اطمینان از درستی مدارد نیاز به عیب‌یابی و شبیه سازی برنامه داریم. اما قبل از آن بد نیست با روش تبدیل برنامه نوشته شده از *FBD* به *LAD* و بالعکس آشنا شوید.

۷-۱۳) تعیین نحوه نمایش برنامه نوشته شده در *LOGO Software*

نرم‌افزار *LOGO* این امکان را در اختیار کاربر قرار می‌دهد که برنامه نوشته شده را به دو صورت *LADDER* و*FBD* نمایش دهد(شکل ۷-۵۶ و شکل ۷-۵۷).



شکل ۷-۵۶: نمایش برنامه به صورت *LADDER*



شکل ۷-۵۷: نمایش برنامه به صورت *FBD*

برای سوئیچ کردن بین این دو نمایش می‌توانید از مسیر نشان داده در شکل ۷-۵۸ استفاده کنید.

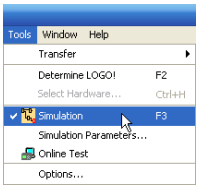
شکل ۷-۵۸: تعیین نحوه نمایش برنامه

۷-۱۴) تست و شبیه سازی برنامه در محیط نرم افزار

در نرم‌افزار *LOGO* علاوه بر رسم و ویرایش برنامه، وضعیتی به نام شبیه سازی وجود دارد که با استفاده از آن می‌توانید برنامه نوشته شده را شبیه‌سازی کرده و از صحت عملکرد آن مطمئن شوید.

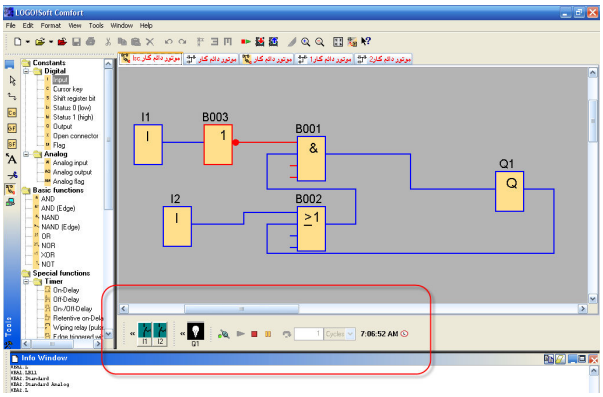
به منظور شبیه سازی می‌بایست ابتدا ورودی‌ها را انتخاب کرده آنگاه براساس این انتخاب و توسط شبیه سازی، خروجی را مشاهده کنید. انتخاب نوع ورودی در برنامه با انتخاب نوع شستی ورودی در سیم کشی *LOGO* باید متناسب باشد.

- به منظور عیب‌یابی از برنامه نوشته شده به مسیر *Tools* >> *Simulation* بروید(شکل ۷-۵۹).



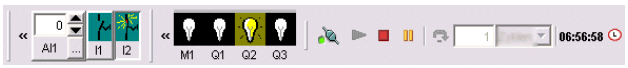
شکل ۷-۵۹: مسیر فراخوانی شبیه ساز و تست برنامه

- مطابق شکل ۷-۶۰ نوار ابزار مربوط به شبیه‌سازی در برنامه نمایش داده خواهد شد.

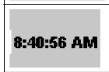


شکل ۷-۶۰

- به منظور تست و شبیه سازی می‌بایست از آیکن‌های موجود در منو ابزار استفاده کرد.



جدول ۷-۲: شرح آیکن‌های مربوط به شبیه‌سازی

	شروع شبیه‌سازی
	توقف شبیه‌سازی
	ثابت نگه داشتن شبیه‌سازی
	شروع شبیه‌سازی براي زمان‌ها و يا سيكل‌هاي مشخص
	تعيين دوره و مبناي زماني براي ايجادمحدوديت در شبيه‌سازي و يا انتخاب شماره خاص براي سيكل مورد نظر
	نمايش زمان جاري در نرم‌افزار
	به منظور ويرايش زمان جاري موجود در نرم‌افزار بكار مي‌رود

نمایش ورودی‌ها

همانگونه که در شکل زیر می‌بینید ورودی‌ها به صورت شستی نمایش داده می‌شوند.

- : نمایش وضعیت شستی در حالتی که باز(غیر فعال)است.
- : نمایش وضعیت شستی در حالتی که بسته(فعال)است.

با کلیک کردن برروی شستی می‌توان وضعیت آن را بین دو حالت باز و بسته سوئیچ کرد.

کنترل منبع تغذیه

این قسمت برای قطع و وصل تغذیه ورودی‌های مدار به کار می‌رود.

- : منبع تغذیه در حالت وصل
- : منبع تغذیه در حالت قطع

نمایش خروجی‌ها

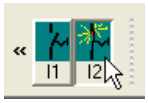
- : نمایش خروجی در حالتی که خاموش(غیر فعال) است.
- : نمایش خروجی در حالتی که روشن(فعال) است.

پس از آشنایی با عناصر شبیه‌ساز نرم‌افزار حال به توضیح روند شبیه‌سازی می‌پردازیم.

- پس از ورود به محیط شبیه‌سازی، قبل از اعمال هرگونه شبیه‌سازی برروی آیکن اجرا(*Run*) از منوی ابزار کلیک نمایید(در صورتی که فعال نباشد).

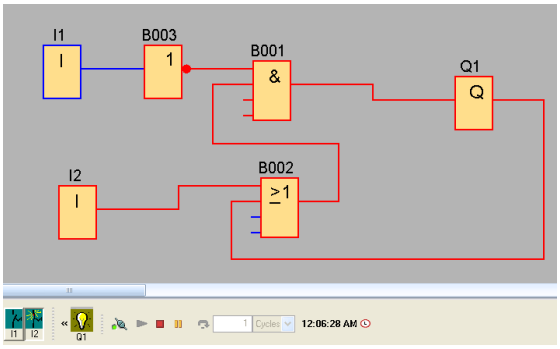
شایان ذکر است که به صورت پیش فرض با ورود به محیط شبیه‌سازی، *RUN* در حالت فعال قرار می‌گیرد و مدار آماده آنالیز می‌باشد.

- اکنون بر روی شستی *I2* کلید نمایید(شکل ۷-۶۱).



شکل ۷-۶۱

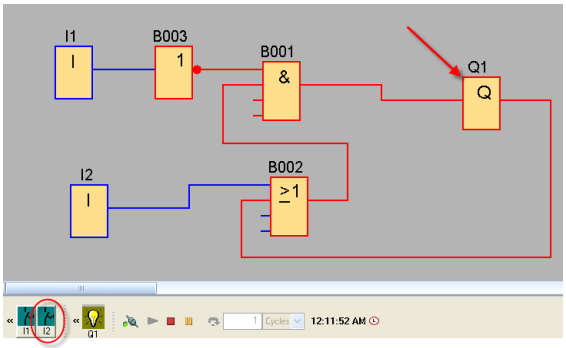
- بدین ترتیب همانگونه که در شکل ۷-۶۲ مشاهده می‌شود لامپ مربوط به خروجی *Q1* روشن می‌شود(در شکل مدار نیز خروجی به رنگ قرمز مشاهده می‌شود).



شکل ۷-۶۲: فعال شدن خروجی

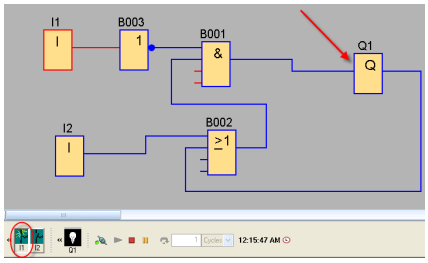
تذکر: در محیط شبیه سازی نرم افزار هنگامی که جریان از یک خط می‌گذرد آن خط به رنگ قرمز تغییر رنگ می‌دهد به همین منوال زمانی که یک ورودی و یا یک خروجی فعال می‌شود به رنگ قرمز درمی‌آید.

- حال شستی *I2* را غیر فعال کنید.
- همانگونه که در شکل ۷-۶۳ مشاهده می‌شود به علت استفاده از کنتاکت مربوط به کویل(به صورت موازی با *I2*)، خروجی کماکان فعال باقی می‌ماند.



شکل ۷-۶۳

- حال اگر شستی *I1* را فشار دهید خروجی خاموش می‌شود(شکل ۷-۶۴)

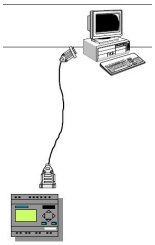


شکل ۷-۶۴

- بدین ترتیب شبیه‌سازی به پایان رسیده و صحت برنامه نوشته شده مشخص شد.

۷-۱۴-۱) انتقال، بازبینی ونحوه ارتباط برنامه در *LOGO*

برای انتقال برنامه نوشته شده به *LOGO* که اصطلاحا پروگرام و یا دانلود کردن برنامه نامیده می‌شود ابتدا می‌بایست کابل پروگرامر را بین *LOGO* و کامپیوتر برقرار کرد(شکل ۷-۶۵).



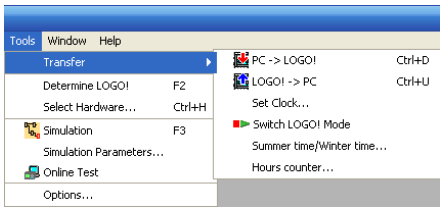
شکل ۷-۶۵: نحوه اتصال *PLC* به کامپیوتر از طریق کابل

لازم به ذکر است که کابل‌های رابط *LOGO* به *PC* در دو نوع *PC cable*(ارتباط با پورت *COM* کامپیوتر) و *USB PC cable*(ارتباط با پورت *USB* کامپیوتر) در دسترس می‌باشند(شکل ۷-۶۶).

شکل ۷-۶۶

۷-۱۵) منتقل کردن برنامه به *LOGO*

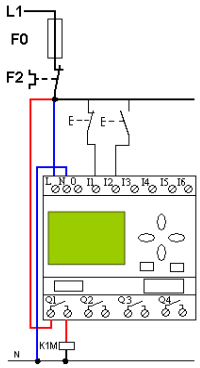
به منظور انتقال دادن برنامه نوشته شده در نرم افزار، از *PC* به *LOGO*(*Transter to LOGO*) به مسیر(*Tools* -> *Transfer: PC* -> *LOGO*) بروید و همچنین به منظور بازبینی برنامه از *LOGO*(*Tranter from LOGO*) توسط نرم افزار، می‌بایست که به آدرس(*Tools* -> *Transfer: LOGO* -> *PC*) رفته و گزینه مورد نظر را انتخاب نمایید(شکل ۷-۶۷).



شکل ۷-۶۷: مسیر مربوط به دانلود و آپلود نمودن برنامه

۷-۱۶) اصول سیم کشی

همانطور که می‌دانید برای راه اندازی مدارهای برق صنعتی با مینی پی‌ال‌سی، به تجهیزاتی از قبیل شستی و بوبین کنتاکتور نیاز است. در شکل ۷-۶۸ یک نمونه نحوه سیم کشی مدار راه اندازی یک موتور سه فاز نشان داده شده است. برای سیم کشی مدارات برق صنعتی با مینی پی‌ال‌سی باید اصولی را رعایت کرد که در زیر به شرح آن می‌پردازیم.

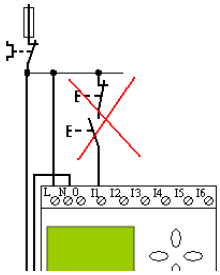


شکل ۷-۶۸: سیم کشی مدار راه اندازی یک موتور سه فاز

- همیشه در سیم کشی مدارهای مینی پی‌ال‌سی باید مطابق شکل ۷-۶۹ سیم فاز(سیم قرمزرنگ) را به یک سر کنتاکت *Q1* دستگاه متصل کنیم تا اینکه به محض وصل شدن *Q1*، بوبین کنتاکتور برق دار شود. در صورتی که خروجی‌های دیگری نیز داشته باشیم برای هر کدام این عمل تکرار می‌شود.

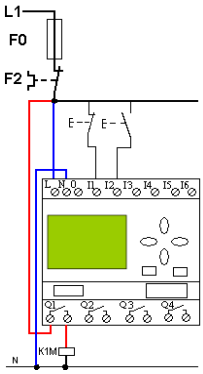
شکل ۷-۶۹: اتصال سیم فاز به یک سر کنتاکت *Q1* دستگاه

- در سیم کشی مدارات با مینی پی‌ال‌سی نباید همانند مدار فرمان شستی استارت و استوپ با هم سری شوند(شکل ۷-۷۰)



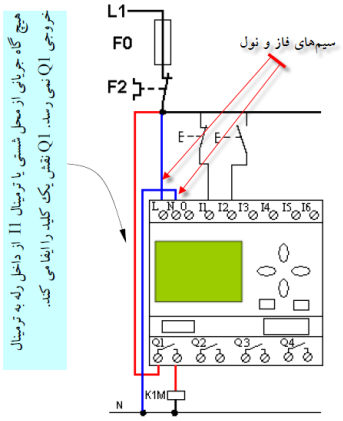
شکل ۷-۷۰: عدم اتصال سری شستی استارت و استوپ در مدارات فرمان

- با توجه به توضیحات فوق اگر بخواهیم مدار مورد نظر را به *LOGO* اتصال دهیم، باید مطابق شکل ۷-۷۱ عمل نمود. در واقع در تمام کارهای عملی، ورودی برق تمامی شستی‌ها مستقل دیده می‌شود و مستقیما به فاز وصل می‌شوند البته در اینجا نوع شستی سیم کشی در قطع بودن یا وصل بودن به برنامه بستگی دارد.



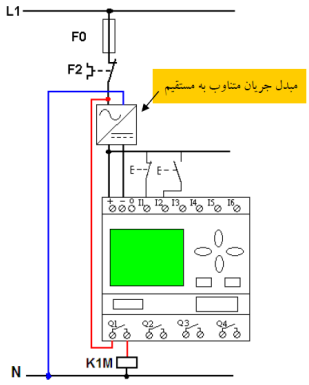
شکل ۷-۷۱: ورودی برق همه شستی‌ها مستقل دیده شده و مستقیما به فاز وصل می‌شوند

- اتصال سیم‌های فاز و نول(*L1* و *N*) یا + و -(ولتاژ *DC*) به ترمینال‌های تغذیه ضروری است. در شکل ۷-۷۲ این سیم‌ها به رنگ آبی نشان داده شده‌اند. در اتصال *LOGO* ها باید به نوع ومقدار ولتاژ تغذیه که معمولا روی بدنه آن نوشته می‌شود دقت خاص کرد.



شکل ۷-۷۲: اتصال سیم‌های فاز و نول(*L1* و *N*) یا + و -(ولتاژ *DC*) به ترمینال‌های تغذیه

- شکل ۷-۷۳ یک *LOGO* با تغذیه *DC* که جهت راه اندازی یک موتور الکتریکی بکار گرفته شده است را نشان میدهد.



شکل ۷-۷۳: *LOGO*با تغذیه *DC* به منظور راه اندازی یک موتور الکتریکی

- اگر مینی پی‌ال‌سی تغذیه نداشته باشد برنامه را از طریق رایانه و حتی کابل مربوط نیز نمی‌توان در آن بارگذاری و یا از آن فراخوانی نمود.
- در صورتی که از *LOGO* برای مدارهای مصرف کننده‌های غیرموتوری استفاده شود استفاده از تیغه بی‌متال در سیم کشی‌ها ضرورتی ندارد.
- برای راه اندازی مدارهای کنتاکتوری با مینی پی‌ال‌سی، باید پس از برنامه نویسی و پیاده سازی نقشه در نرم افزار، *LOGO* را در وضعیت *Start* یا *RUN* قرار داد. این کار هم توسط کلیدهای روی *LOGO* و هم توسط برنامه رایانه‌ای امکان پذیر است. اگر *LOGO* در این وضعیت قرار نگیرد با وجود برنامه و سیم کشی و تغذیه، مدار کار نخواهد کرد.

۷-۱۶-۱) اصول برنامه نویسی در کنار سیم کشی

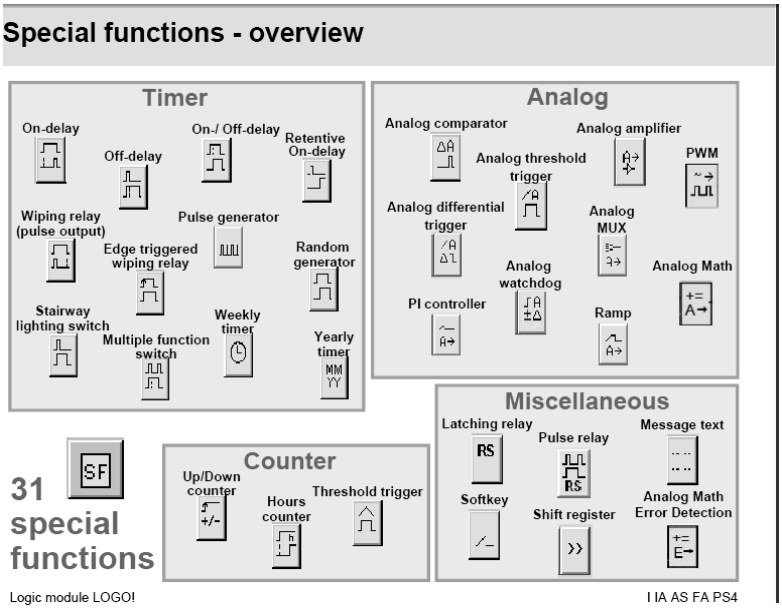
برای برنامه ریزی درست در *LOGO* همواره به موارد زیر باید توجه داشت:

- در *LOGO* می‌توان مدار را حتی با شستی قطع، روشن و یا با شستی وصل، خاموش کرد تعجب نکنید این به خاطر هماهنگی برنامه با شستی‌ها درسیم کشی *LOGO* است که می‌تواند خواسته شما را برآورده کند. در واقع هنگام شبیه سازی برنامه هر چند طریقه سیم کشی نشان داده نمی‌شود اما امکان تعریف شستی‌ها را امکان پذیر می‌کند. پس باید توجه کرد در هر ترمینال ورودی دستگاه چه شستی‌ای برای چه خواسته‌ای قرار گرفته و با توجه به آن برنامه مدار را رسم کرد.
- در مینی پی‌ال‌سی باید در انتخاب آدرس ورودی و خروجی دقت کرد چرا که تفاوت آدرس دهی ورودی و خروجی در بخش برنامه با بخش سیم کشی اتصالات *LOGO* باعث خواهد شد که مدار کار نکند. مثلا اگر در برنامه، شستی را برای ورودی *I2* در نظر گرفتید، می‌بایست در سیم کشی اتصالات نیز شستی را به ورودی *LOGO I2* وصل کنید. و یا اگر در برنامه، بوبین کنتاکتور را به عنوان خروجی *Q1* معرفی کرده‌اید در سیم کشی اتصالات نیز باید بوبین کنتاکتور را به خروجی *Q1* وصل نمایید.

تذکر: هر چند به نظر می‌رسد بی‌متال و فیوز در منطق برنامه تاثیری ندارند و می‌توان از رسم آن‌ها خودداری کرد اما اگر بخواهیم حفاظت را در برنامه داشته باشیم می‌توان یک ورودی را برای بی‌متال در سیم کشی در نظر گرفت و چون این ورودی باید فعال باشد به ازای تیغه بسته(۹۵-۹۶) آن می‌توان در برنامه یک ورودی باز در نظرگرفت.

۷-۱۷) دستورات پیشرفته برنامه‌نویسی(*Special function*)

همانطور که پیش از این گفته شد هنگام برنامه‌ریزی *LOGO*، علاوه بر دستورات برنامه‌نویسی پایه از توابع ویژه نیز می‌توان استفاده نمود. ابتدا پارامترهایی که به ورودی‌های این دستورات متصل می‌شوند را تعریف کرده و سپس لیست این دستورات بیان شده و آنگاه به دنبال آن مشروح هریک از دستورات بصورت کامل بیان می‌شود.



شکل ۷-۷۴: لیسن دستورات پیشرفته برنامه‌نویسی

- (*set*) *S*: می‌تواند برای یک کردن خروجی استفاده شود.
- (*reset*) *R*: این ورودی نسبت به سایر ورودی‌ها تقدم و ارجعیت داشته و برای صفر کردن خروجی استفاده می‌شود.
- *TRG*(*trigger*): این ورودی برای تحریک و آغاز به کار سیکل تابع مورد استفاده قرار می‌گیرد.
- *CNT* (*Count*): از این ورودی به منظور شمارش پالس‌ها استفاده می‌شود.
- *DIR* (*direction*): این ورودی برای تعیین جهت شمارش(صعودی یا نزولی بودن) مورد استفاده قرار می‌گیرد.
- *EN* (*enable*): این ورودی بلاک را فعال کرده و زمانیکه صفر باشد بلوک، تمام سیگنال‌های دیگر را نادیده می‌گیرد.
- *INV* (*unvert*): با فعال شدن این ورودی، خروجی بلوک معکوس می‌گردد.
- *RAL* (*reset all*): با فعال شدن این ورودی تمام مقادیر داخلی *Reset* می‌شود.
- *PAR* (*parameter*): از این ورودی برای تنظیم پارامترها استفاده می‌شود.
- *T* (*time*): این ورودی به منظور تنظیم زمان مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۷-۱۷-۱) تابع *RS(LATCHING RELAY)*

شکل ۷-۷۵:

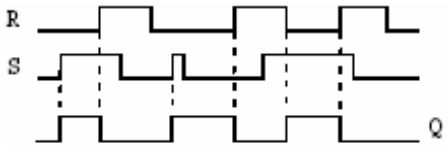
این تابع مانند خود نگهدار در مدارات کنتاکتوری است. در واقع این دستور خصوصیتی به خروجی(بوبین) می‌دهد تا در حالت پایدار باقی بماند. در روش بلوکی تابع *RS* را بصورت کادری با سه ورودی و یک خروجی نمایش می‌دهند.

تشریح پایه‌ها

- ورودی S به منظور فعال‌کردن خروجی(روشن شدن، ست شدن، ۱ شدن) و ووردی R جهت غیر فعال‌کردن خروجی(خاموش شدن، ریست شدن، صفر شدن) بکار می‌رود.
- پارامتر PAR برای حافظه دار کردن و یا عدم حافظه دار بودن بلوک است(در صورت رفتن برق و برگشت مجدد آن سیگنال خروجی تغییر نکند).

تشریح عملکرد

- نمودار عملکرد این بلوک به صورت شکل ۷-۷۶ است:



شکل ۷-۷۶: نمودار عملکرد دستور

- همانطور که ملاحظه می‌شود با فعال شدن S خروجی ۱ شده و با فعال شدن شدن R خروجی صفر(غیر فعال) می‌شود. همچنین با توجه به شکل نمایش داده شده، R نسبت به S ارجعیت دارد یعنی اگر بطور همزمان هر دو فعال باشند R غالب بوده و خروجی صفر خواهد بود. ولی اگر R صفر شده و S یک باشد آنگاه خروجی نیز یک می‌شود(حساس به لبه نبوده بلکه وضعیت خروجی، به وضعیت ورودی و خروجی در سیکل قبل بستگی دارد). خروجی تا هنگامی که S فعال است ۱ مانده و با صفر شدن S، خروجی صفر نخواهد شد بلکه صفر شدن خروجی فقط با فعال شدن R رخ داده و فارغ از صفر شدن S و طول بازه زمانی ۱ بودن آن است.

S_n	R_n	Q	Comment
0	0	x	The status is retentive
0	1	0	Reset
1	0	1	Set
1	1	0	Reset (has priority over Set)

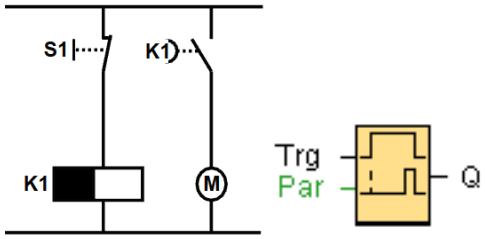
۷-۱۸) توابع تایمر

در $LOGO$ تایمرهای متعددی وجود دارد که در این کتاب به شرح بعضی از آنها می‌پردازیم این تایمرها عبارتند از:

- تایمر تاخیر در وصل
- تایمر تاخیر در قطع
- تایمرپالسی
- تایمر پالسی گسترده
- تایمر تاخیر در وصل ماندگار

در نمودار زمانی تایمرهای $LOGO$ مفهومی به نام $Reset$ دیده می‌شود $Reset$ کردن یعنی صفر کردن زمان سنجی تایمر البته در زمانی که $Reset$ فعال نگهداشته شده باشد، با رها کردن آن در صورتی که عاملی مانع زمان سنجی نباشد زمان سنجی شروع می‌شود.

۷-۱۸-۱) تایمر تاخیر در وصل(*ON DELAY*)



شکل ۷-۷۷: نماد دستور به همرا ه معادل مدار فرمان آن

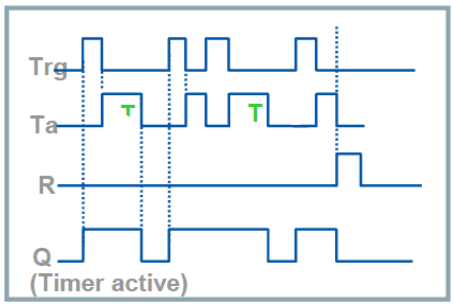
بااستفاده از این بلوک، خروجی پس از سپری شدن زمان تعیین شده‌ای فعال می‌شود.

تشریح پایه‌ها

- از *Trg* به منظور فعال کردن بلوک و آغاز زمان تاخیر مورد استفاده قرار می‌گیرد.
- *T* زمان تاخیری است که پس از آن خروجی یک(۱) می‌شود.
- *Q* خروجی است که پس از سپری شدن زمان *T* با شرط اینکه *TRG* هنوز ۱ مانده باشد فعال می‌شود.

تشریح عملکرد

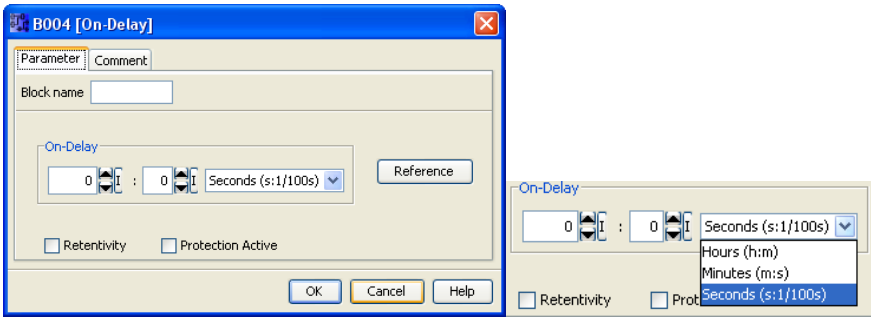
نمودار عملکرد این بلوک به صورت شکل ۷-۷۸ است:



شکل ۷-۷۸: نمودار عملکرد دستور

درلبه بالا رونده *TRG* تاخیر زمانی آغاز و در انتهای مدت زمان*T*(که توسط کاربر در برگه *Parameter* از صفحه مشخصات این تایمر تعریف می‌گردد)، در صورتی که *TRG* همچنان ۱ باشد فعال شده(۱ می‌شود) و تا زمانیکه *TRG*، ۱ باشد *Q* هم فعال خواهد ماند. و در صورتی که *TRG* در زمان کوچکتر از *T* صفر شود،*Q* نیز غیرفعال می‌گردد.

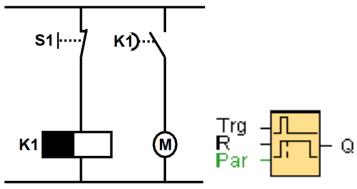
در صفحه مشخصه این بلوک همانگونه که در شکل زیر مشاهده می‌شود دو برگه *Parameter* و *Comment* وجود دارد در برگه *Comment* توضیحات مورد نیاز جهت نمایش در صفحه کار تایپ می‌گردد. برگه پارامتر نیز جهت تنظیم مدت زمان *T* استفاده می‌گردد. در این برگه اطلاعات زمانی را می‌توان در سه محدوده زمانی تعیین نمود با انتخاب گزینه *Seconds* اولین عبارت بیانگر ثانیه و عبارت دوم بیانگر صدم ثانیه می‌باشد. با انتخاب گزینه *Minutes* اولین عبارت بیانگر دقیقه و عبارت دوم بیانگر ثانیه می‌باشد. با انتخاب گزینه *Hours* نیز اولین عبارت بیانگر ساعت و عبارت دوم بیانگر دقیقه خواهد بود.



شکل ۷-۷۹: پنجره مشخصات دستور

با فعال سازی *Protection Active* این امکان بوجود می‌آید که پس از انتقال برنامه به *LOGO* امکان نمایش و ایجاد تغییرات برروی پارامتر *T* در حالت تنظیمات پارامتر وجود نداشته باشد. در این حالت تغییرات تنها در حالت برنامه‌نویسی ممکن خواهد بود.

۷-۱۸-۲) تایمر تاخیر در قطع(*OFF DELAY*)



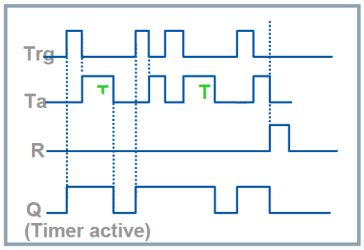
شکل ۷-۸۰: نماد دستور به همرا ه معادل مدار فرمان آن

بااستفاده از این بلوک، خروجی پس از سپری شدن زمان تعیین شده‌ای غیر فعال می‌شود.

تشریح پایه‌ها

- از *Trg* به منظور فعال کردن بلوک و آغاز زمان تاخیر مورد استفاده قرار می‌گیرد.
- *T* زمان تاخیری است که پس از آن خروجی صفر می‌شود(پس از اینکه ورودی صفر شد و سپری شدن زمان *T*، خروجی صفر می‌شود).

تشریح **عملکرد:** نمودار عملکرد این بلوک به صورت شکل ۷-۸۱ است:

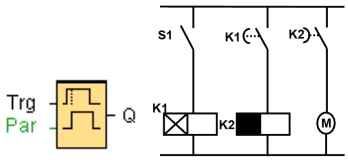


شکل ۷-۸۱: نمودار عملکرد دستور

- با فعال شدن *Trg*(ورودی)، خروجی(*Q*) نیز فعال می‌شود و با غیر فعال شدن(صفر شدن) ورودی در لبه پایین‌رونده *Trg* تاخیر زمانی آغاز و پس از طی شدن مدت زمان *T*، خروجی نیز صفر می‌گردد. در صورتی که پس از صفر شدن ورودی و پیش از طی شدن زمان *T* ورودی مجدداً فعال شود. زمان تاخیر *T*، از لبه پایین پالس ثانویه آغاز می‌شود بدین معنی که زمان *T* بمدت زمانی که تا آن لحظه محاسبه شده است اضافه می‌گردد.

در این تایمر هرگاه ورودی R فعال گردد خروجی در صورت یک بودن، به سطح صفر باز می‌گردد.

۷-۱۸-۳ *ON/OFF DELAY*



شکل ۷-۸۲: نماد دستور به همراه معادل مدار فرمان آن

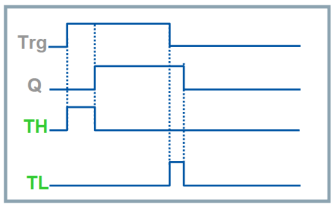
با استفاده از این بلوک، خروجی پس از سپری شدن زمان‌های تعیین شده‌ای خاموش و روشن می‌شود.

تشریح پایه‌ها

- تاخیر زمانی ابتدایی(T_H)، از لبه مثبت ورودی آغاز شده و پس از طی شدن T_H ورودی ۱(*set*) می‌شود(در صورتی که پس از T_H، هنوز ورودی ۱ مانده باشد).
- تاخیر زمانی انتهایی(T_L)، از لبه منفی(ایجاد لبه پایین رونده) ورودی آغاز شده و پس از طی شدن T_L ورودی غیرفعال(*reset*) می‌شود.

تشریح عملکرد

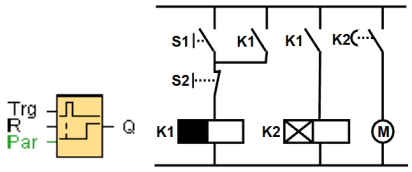
نمودار عملکرد بلوک به صورت شکل ۷-۸۳ است.



شکل ۷-۸۳: نمودار عملکرد دستور

- پس از فعال شدن ورودی و در لبه مثبت آن، تاخیر زمانی *TH* آغاز و پس از طی شدن زمان تعیین شده فوق و در صورتی که ورودی همچنان فعال مانده باشد خروجی نیز فعال می‌شود. همچنین با صفر شدن ورودی و در لبه منفی آن تاخیر زمانی *TL* آغاز و پس از طی شدن زمان تعیین شده فوق و در صورتی که ورودی مجدداً فعال نشود خروجی نیز غیرفعال می‌شود.

تایمر تاخیر در وصل ماندگار(*Retentive On Delay*)



شکل ۷-۸۴: نماد دستور به همراه معادل مدار فرمان آن

عملکرد این بلوک مشابه با تابع *On Delay* بوده با این تفاوت که قابل *Reset* شدن می‌باشد.

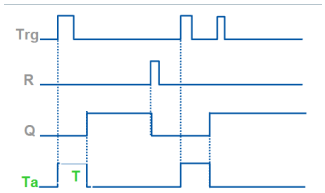
تشریح پایه‌ها

- تاخیر زمانی از لبه مثبت ورودی(*TRG*) آغاز شده و پس از سپری شدن زمان تعیین شده خروجی فعال می‌شود.
- ورودی R برای صفر کردن خروجی مورد استفاده استفاده قرار می‌گیرد.

- T زمان تاخیری است که پس از آن خروجی فعال می‌شود.

تشریح عملکرد

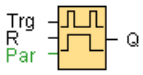
نمودار عملکرد این بلوک به صورت شکل ۷-۸۵ است.



شکل ۷-۸۵: نمودار عملکرد دستور

- همانطور که ملاحظه می‌شود در این بلوک حساسیت نسبت به اولین لبه بالا رونده می‌باشد که پس از آن شمارش زمان تاخیر آغاز و پس از طی شدن مدت زمان تعیین شده(T) خروجی ۱ می‌شود و تا زمانی که پایه R فعال نشود خروجی ۱ باقی می‌ماند. همانطور که ملاحظه می‌شود فعال شدن ورودی و یا کلید زنی مجدد در بازه زمانی T تاثیری بر روی زمان تاخیر ندارد.

۷-۱۸-۴ *PULSE RELAY*



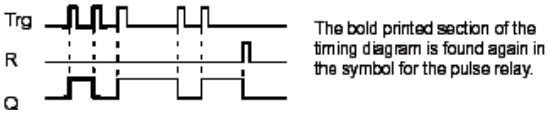
شکل ۷-۸۶: نماد دستور

به ازای هر پالس ورودی، خروجی بین صفر و یک تغییر وضعیت می‌دهد.

تشریح پایه‌ها

- *TRG*: ورودی مورد نظر جهت تغییر وضعیت در خروجی است.
- *R*: جهت *Reset* کردن خروجی از این پایه استفاده می‌شود.
- *PAR*: پایه *PAR* به منظور حافظه دار کردن و یا عدم حافظه دار بودن بلوک است(در صورت قطع برق و برگشت مجدد آن سیگنال خروجی تغییری نداشته باشد).

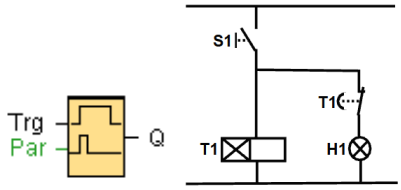
تشریح عملکرد: نمودار عملکرد این بلوک به صورت شکل ۷-۸۷ است:



شکل ۷-۸۷: نمودار عملکرد دستور

این رله به نام رله ضربه شهرت داشته و با هربار تریگر کردن مدار وضعیت خروجی مکمل می‌گردد یعنی اگر خروجی در وضعیت یک قرار داشته باشد با اعمال پالس تریگر خروجی صفر خواهد شد و بالعکس.

۷-۱۸-۵ *WIPING RELAY – PULSE OUTPUT*



شکل ۷-۸۸: نماد دستور به همرا ه معادل مدار فرمان آن

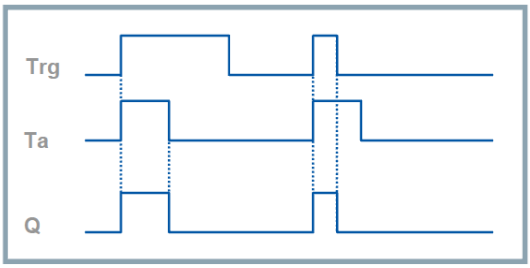
سیگنال ورودی در خروجی، سیگنالی با طول معین(پالس) تولید می‌کند.

تشریح پایه‌ها

- ورودی *TRG* برای شمارش زمان *T* بکار می‌رود.
- *T* مدت زمانی است که پس از آن سیگنال خروجی صفر می‌شود(پهنای پالس خروجی).

تشریح عملکرد

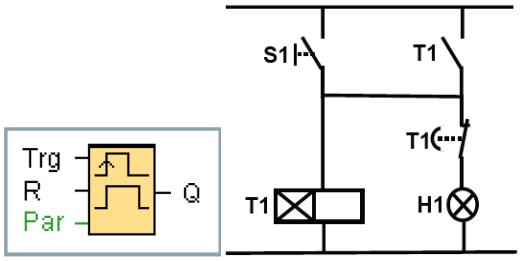
نمودار عملکرد این بلوک به صورت شکل ۷-۸۹ است:



شکل ۷-۸۹: نمودار عملکرد دستور

با ۱ شدن *TRG* شمارش زمانی *Ta* آغاز و خروجی نیز ۱ می‌شود و پس از آنکه *Ta* به مقدار تعیین شده *T* می‌رسد علیرغم اینکه ورودی هنوز ۱ است، خروجی صفر می‌شود در نتیجه در خروجی پالس‌هایی با پهنای ثابت *T* خواهیم داشت. ولی چنانچه پیش از رسیدن به زمان تعیین شده *T* ورودی صفر شود خروجی نیز به تبعیت از ورودی صفر خواهد شد و در نتیجه پهنای پالس خروجی کوچکتر از *T* خواهد بود بدین لحاظ به این بلوک رله پاک کننده گفته می‌شود.

۷-۱۸-۶) *EDGE TRIGGERED WIPING RELAY*



شکل ۷-۹۰: نماد دستور به همرا ه معادل مدار فرمان آن

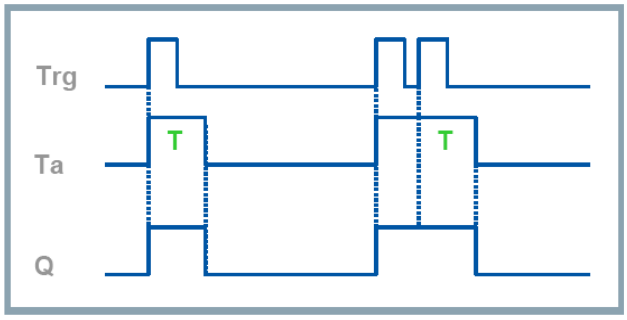
سیگنال ورودی، در خروجی سیگنالی با طول معین تولید می‌کند.

تشریح پایه‌ها

- ورودی *TRG* برای شمارش زمان *T* بکار می‌رود.
- *T* مدت زمانی است که پس از آن سیگنال خروجی صفر می‌شود(پهنای پالس خروجی)

تشریح عملکرد

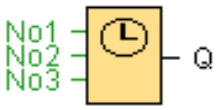
نمودار عملکرد این بلوک به صورت شکل ۷-۹۱ است:



شکل ۷-۹۱: نمودار عملکرد دستور

با *set* شدن(۱ شدن) ورودی(*TRG*)، خروجی نیز ۱ شده و شمارش زمان(*Ta*) نیز آغاز می‌شود. پس از رسیدن *Ta* به مقدار تعیین شده *T* و فارغ از طول سیگنال ورودی، خروجی *Q* صفر می‌شود. چنانچه پیش از رسیدن به زمان تعیین شده *T*، خروجی مجددا تحریک شده و ۱ شود، شمارش زمان دوباره آغاز شده و خروجی همچنان ۱ باقی خواهد ماند در نتیجه پهنای پالس خروجی بزرگتر از *T* خواهد بود(بنابراین حساس به لبه است).

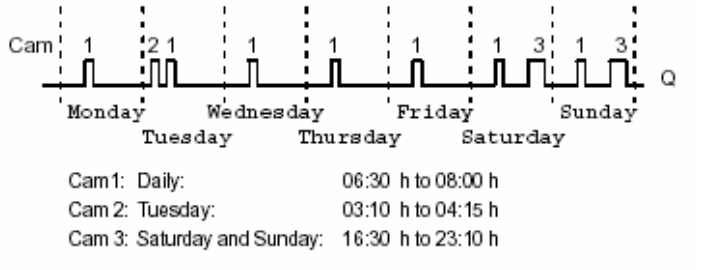
۷-۱۸-۷ *WEEKLY TIMER SWITCH*



شکل ۷-۹۲: نماد دستور

- خروجی توسط تاریخ معینی کنترل می‌شود(کنترل براساس دقیقه ـ ساعت ـ روز).

تشریح عملکرد: نمودار عملکرد این بلوک برای یک زمان مشخص به صورت شکل ۷-۹۳ است:

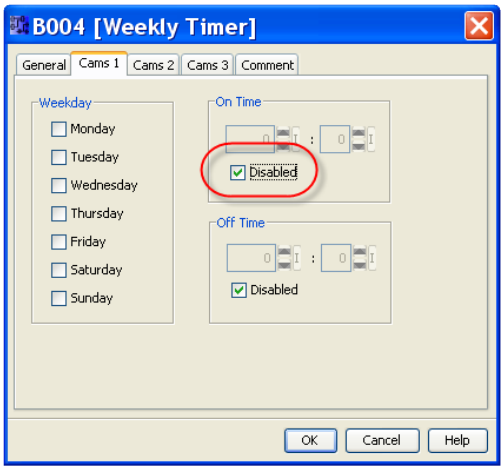


شکل ۷-۹۳: نمودار عملکرد دستور

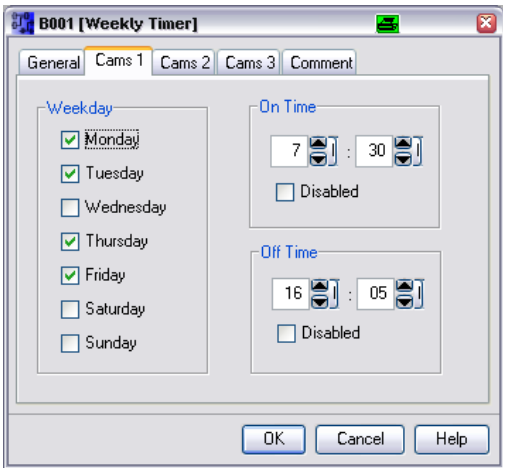
- به منظور فعال کردن بلوک و در نتیجه ۱ شدن خروجی هر شمارنده *Weekly* دارای سه بازه زمانی مجزا(*Cam1* , *Cam2* , *Cam3*) است. برای هر بازه در روز و ساعت مربوطه خروجی ۱ شده و در انتهای ساعت تعریف شده *Reset* می‌شود(صفر می‌شود). در صورت تداخل زمان‌های *On,Off* دربازه‌های متفاوت، *Cam3* نسبت به *Cam2* و *Cam2* نسبت به *Cam1* ارجعیت دارد لذا اگر زمان روشن شدن در یک برگه با زمان خاموش شدن در برگه دیگر برابر باشد، لوگو با توجه به اولویت برگه‌ها نسبت آن تصمیم‌گیری می‌نماید. در صورتی که هیچیک از روزهای هفته انتخاب نشود، پروسه بصورت روزانه انجام می‌گیرد. همچنین می‌توان در یک برگه چندین روز را همزمان

انتخاب کرد، در این حالت در یک ساعت معین و در روزهای مشخص شده عمل مورد نظر انجام می‌گیرد.

- در ضمن به منظور فعال کردن این بلوک می‌توان با برداشتن علامت گزینه *disabled* در پنجره تنظیمات دستور، زمان روشن و خاموش را تعیین نمود.



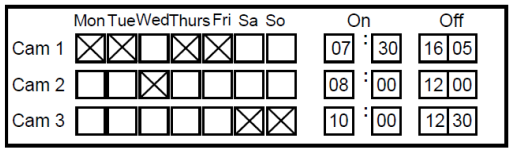
شکل ۷-۹۴: پنجره مشخصات دستور

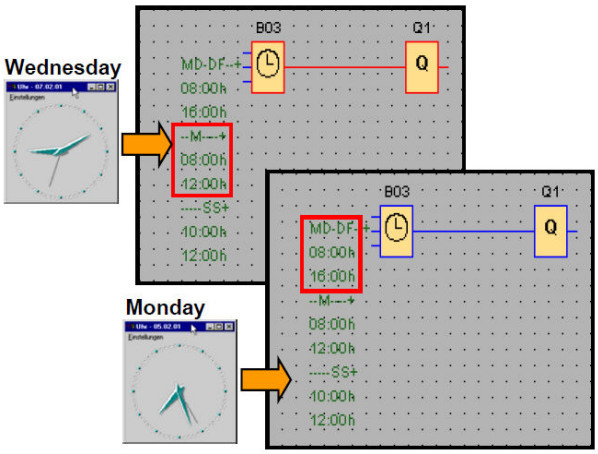


شکل ۷-۹۵: پنجره مشخصات دستور

به منظور تشریح بیشتر بلوک به مثال زیر توجه نمایید.

در این مثال در تنظیمات دستور، دو زمان چهارشنبه و دوشنبه تعیین شده است.





شکل ۷-۹۶: مثالی از نحوه تنظیمات برای دستور *WEEKLY TIMER SWITCH*

۷-۱۸-۸) *YEARLY TIMER SWITCH*

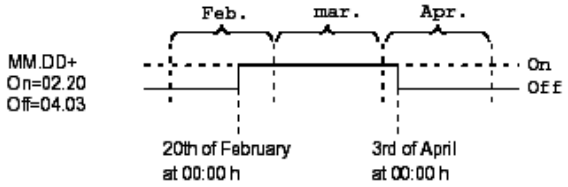
در این دستورخروجی توسط تاریخ معین کنترل می‌شود(کنترل بر اساس روز- ماه- سال).

جدول ۷-۳: توضیحات مربوط به عملکرد دستور

Symbol in LOGO!	Wiring	Description
No — MM DD — Q	input Cam	In the Cam parameters, you configure the on–/off–times for the cams of the yearly timer switch.
	Output Q	Q is switched on when the configured cam is switched on.

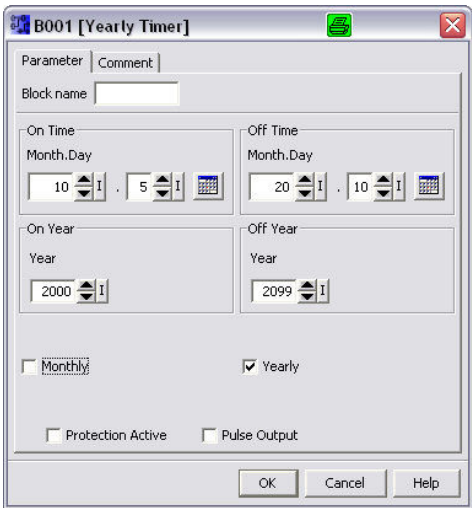
تشریح عملکرد

- نمودار عملکرد این بلوک برای یک زمان مشخص به صورت شکل ۷-۹۷ است:



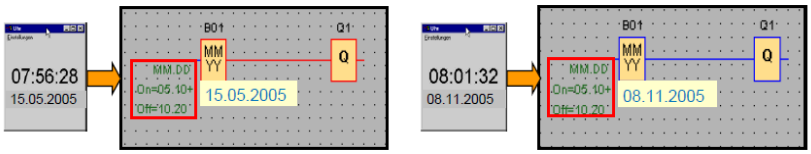
شکل ۷-۹۷: نمودار عملکرد دستور

- برای هر بلوک در تاریخ معین شده خروجی ۱ شده و درانتهای آن تاریخ *reset*(صفر) می‌شود.
- درواقع با استفاده از این تایمر می‌توان در یک روز مشخص در سال تایمر را روشن کرده(خروجی را *SET* نموده) و در روز دیگری از سال آن را خاموش نمود. شکل ۷-۹۸ مشخصات تایمر را نشان می‌دهد. در برگه پارامتر این بلوک دو زمان روشن و خاموش شدن قابل دسترس است. در هریک از این قسمت‌ها گزینه سمت چپ بیانگر شماره ماه و زمان سمت راست بیانگر شماره روز در ماه مذکور می‌باشد. پنجره مشخصات این بلوک در شکل ۷-۹۸ ارائه شده است.



شکل ۷-۹۸: پنجره مشخصات دستور

به عنوان بررسی دقیقتر می‌توانید به مثال زیر توجه نمایید.



شکل ۷-۹۹

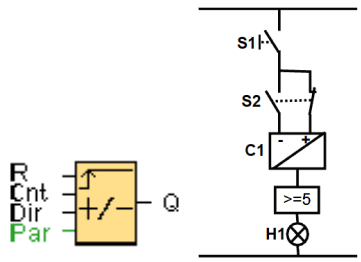
- تعداد دسترسی از این نمونه بلوک به نوع *LOGO* مورد استفاده بستگی دارد.

پس از بررسی کلیه‌ی تایمرها به منظور یک دوره کلی از مطالب عنوان شده و با توجه به اهمیت توابع بررسی شده می‌توانید به جدولی که در ادامه ارائه شده است مراجعه نمایید.

نوع تایمر	زمان سنجی	عملکرد	قطع	دیاگرام زمانی تایمر ها
تاخیر در وصل	لبه بالا	پایان زمان	لبه پایین	
تاخیر در قطع	لبه پایین	لبه بالا	پایان زمان	
تایمر پالسی	لبه بالا	لبه بالا	لبه پایین	
پالسی گسترده(تک ضرب)	لبه بالا	لبه بالا	پایان زمان	
تاخیر در وصل ماندگار	لبه بالا	پایان زمان	-----	
تاخیرقطع/وصل On/off delay	لبه بالا و لبه پایین	بعد از زمان لبه بالا	بعد از زمان لبه پایین	
بعد از پالس(After pulse	لبه پایین	لبه پایین	پایان زمان	
لبه پالسی(Edge wiping	لبه بالا	بعد زمان لبه پایین	بعد اززمان لبه بالا	
نگهدارنده(Hold)	لبه های بالا	پایان جمع زمانها	-----	

توجه: در تایمر Edge wiping اگر زمان لبه پایین صفر باشد تایمر پالسی گسترده (تک ضرب) که در بعضی رله نیز Single pulse نامیده می شود ساخته خواهد شد

۷-۱۸-۹) *UP /DOWN COUNTER*



شکل ۷-۱۰۰: نماد دستور به همرا ه معادل مدار فرمان آن

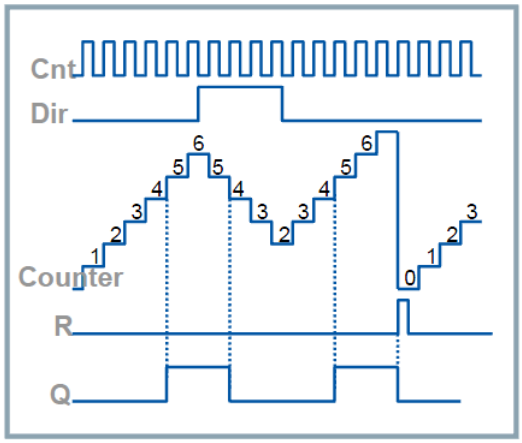
درصورت نیاز به شمارش تعداد رخداد می‌توان از این بلوک استفاده کرد. در این شمارنده که یک شمارنده صعودی/نزولی می‌باشد، با اعمال پالس به لبه *Cnt* و با تعیین جهت شمارش از طریق پایه *Dir* مقدار شمارش شده داخلی افزایش و یا کاهش می‌یابد.

تشریح پایه‌ها

- ورودی *R* برای *reset* کردن(صفر کردن) مقدار شمارنده داخلی و خروجی بکار می‌رود.
- *Cnt*: این ورودی جهت شمارش داخلی است که با هر لبه بالا رونده به شمارنده یک واحد اضافه می‌شود و لبه‌های پایین رونده در شمارش به حساب نمی‌آیند. حداکثر فرکانس شمارش این ورودی ۵ هرتز است.
- *dir*: به کمک این ورودی، جهت شمارش تعیین می‌شود. اگر *dir=0* شمارش صعودی و درصورتیکه *dir=1* باشد شمارش نزولی است.
- پارامتر *Par*: حدی است که هرگاه مقدار شمارنده داخلی به آن برسد خروجی تغییر وضعیت داده و *reset* می‌شود.

تشریح عملکرد

نمودار عملکرد این بلوک برای نمونه به صورت شکل ۷-۱۰۱ است.

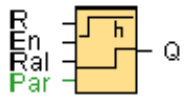


شکل ۷-۱۰۱: نمودار عملکرد دستور

با هر لبه بالا رونده در ورودی *Cnt*، به شمارنده داخلی یک شماره اضافه و یا از شمارنده داخلی یک شماره کم می‌شود(بسته به اینکه نزولی و یا صعودی باشد). خروجی تا هنگامی که این مقدار(شمارنده داخلی) به

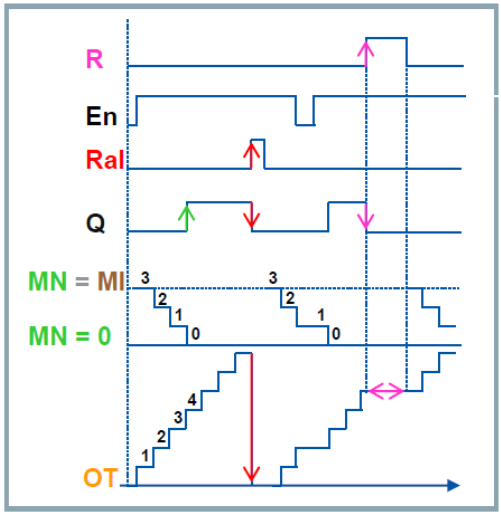
حد تعیین شده در *Par* برسد بدون تغییر خواهد بود و هنگامی که به این مقدار می‌رسد خروجی یک خواهد شد. با فعال کردن ورودی *R*، شمارنده داخلی و به تبع آن خروجی صفر شده و تا هنگامی که *R* فعال باشد در همین مقدار خواهد ماند و با اولین لبه بالا رونده بعدی مجددا شمارش آغاز خواهد شد.

۱۲. OPERATING HOURS COUNTER (۱۰-۱۸-۷)



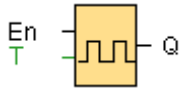
شکل ۷-۱۰۲: نماد دستور

این بلوک یک شمارنده ساعت بوده که نمودار عملکرد آن در شکل ۷-۱۰۳ ارائه شده است. در این بلوک پس از طی ساعاتی که در برگه پارامتر توسط کاربر تعیین می‌گردد خروجی یک خواهد شد. با توجه به نمودار عملکرد این بلوک می‌توان گفت تا مادامی که ورودی‌های *R* و *Ral* تحریک نگردیده‌اند با فعال شدن پایه تحریک ورودی *R* تنها خروجی مقدار صفر شده ولی زمان شمارش شده تا آن لحظه حفظ خواهد شد. در این حال به محض غیر فعال شدن پایه *R*، زمان باقی مانده تا رسیدن به مدت زمان تعریف شده شمارش می‌گردد. ولیکن با تحریک پایه *Ral* نه تنها خروجی صفر می‌گردد بلکه مقدار شمارش شده داخلی نیز صفر می‌شود. در این حال با غیر فعال شدن پایه *Ral*، شمارش از ابتدا آغاز می‌گردد. نکته قابل توجه آن است که با غیر فعال شدن پایه *En* شمارش در آخرین مقدار تا آن لحظه متوقف می‌گردد.



شکل ۷-۱۰۳: نمودار عملکرد دستور

۱۱. SYMMETRIC CLOCK GENERATOR (۱۱-۱۸-۷)



شکل ۷-۱۰۴: نماد دستور

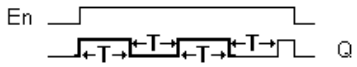
این بلوک بیانگر یک مولد پالس مربعی با دوره تناوب *2T* می‌باشد که زمان *T* در آن از طریق تنظیم مشخصات برگه پارامتر قابل تغییر می‌باشد.

تشریح پایه‌ها

- ورودی *En*: این ورودی برای روشن و یا خاموش کردن مولد ساعت بکار می‌رود.
- پارامتر *T*: *T* بازه زمانی مورد نظر برای سطوح ۱ و ۰ کردن خروجی می‌باشد.

تشریح عملکرد

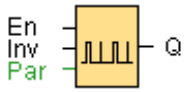
نمودار عملکرد این بلوک برای نمونه به صورت شکل ۷-۱۰۵ است:



شکل ۷-۱۰۵: نمودار عملکرد دستور

- با فعال شدن *En* فعالیت این بلوک(تولید پالس‌های همزمان) نیز آغاز شده و تا هنگامی که *En* صفرنشود ادامه پیدا می‌کند. در این حین در خروجی پالس‌هایی با طول سطوح صفر و یک را شاهد خواهید بود.

۷-۱۸-۱۲) *ASYNCHRONOUS PULSE GENERATOR*



شکل ۷-۱۰۶: نماد دستور

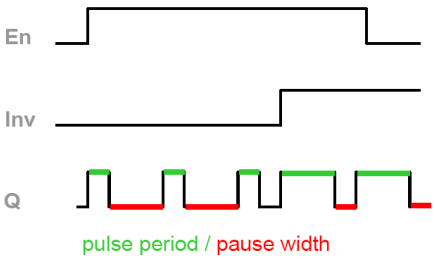
با استفاده از این تابع می‌توان شکل موج خروجی را کنترل نمود.

تشریح پایه‌ها

- ورودی *En*: این ورودی برای روشن و یا خاموش کردن مولدساعت بکار می‌رود.
- ورودی *INV*: از این ورودی برای معکوس کردن خروجی استفاده می‌شود.
- خروجی *Q*: خروجی *Q* برحسب *TL,TH* بصورت متناوب روشن وخاموش می‌شود.

تشریح عملکرد

این مولد پالس عملکردی همانند تابع پالس ژنراتور دارد با این تفاوت که در این بلوک زمان‌های۱ بودن و صفر ماندن خروجی به صورت متفاوتی تعیین می‌گردند. شکل ۷-۱۰۷ نمودار عملکرد این بلوک را نمایش می‌دهد. در این بلوک با فعال ماندن ورودی *En*، خروجی بطور متناوب با فرکانس مشخص و با *Duty Cycle* قابل تنظیم پالس می‌دهد. با فعال ساختن ورودی *Inv*، خروجی عملکردی عکس حالت معمول خواهد داشت. به عبارت دیگر اگر در حالت معمول زمان *TH*، زمان ۱ بودن خروجی را بیان می‌نماید، با فعال ساختن ورودی *Inv* این زمان، مدت صفر ماندن خروجی را تعیین می‌نماید. در برگه پارامتر این صفحه می‌توان زمان‌های *TH* و *TL* را به دلخواه تنظیم کرد.



شکل ۷-۱۰۷: نمودار عملکرد دستور

۷-۱۸-۱۳ *FREQUENCY TRESHOLD TRIGGER*

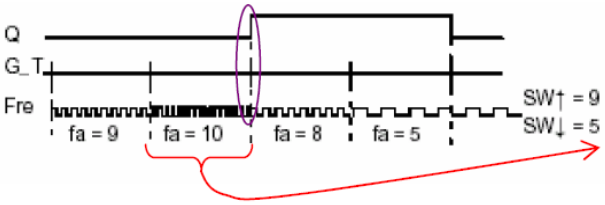
در این بلوک با اعمال یک سیگنال به ورودی *Fre* و با تعیین دو سطح فرکانسی در صفحه مشخصات می‌توان با توجه به فرکانس سیگنال ورودی و دو فرکانس مرجع، خروجی را یک و یا صفر کرد.

تشریح پایه‌ها

- *FRE*: سیگنال مورد نظر جهت اندازه‌گیری و آغاز فعالیت بلوک را به این ورودی وصل کرده تا براساس فرکانس نمونه‌های برداشته شده دربازه زمانی تعیین شده(*G-T*)، خروجی فعال یا غیر فعال شود.
- در هنگام کار با سخت افزار، برای شمارش سریعتر(حداکثر *1KHZ*) به ورودی‌های *I5*|*I6* وصل کنید و برای فرکانسهای پایین‌تر به سایر ورودی‌ها.
- *PAR*(*SW* ,*G-T,SW*): برای تعیین بازه زمانی نمونه برداری(*SAMPLING*)، و یا *G-T* و مرزفرکانسی برای فعال شدن و غیر فعال شدن خروجی(*SW*) می‌باشد.

تشریح عملکرد

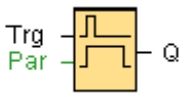
نمودار عملکرد این بلوک به صورت زیر است.



بازه ای که در آن نمونه برداری و اندازه گیری انجام شده و چون فرکانس بیشتر از مرز **on** شدن است در انتهای این بازه خروجی فعال میشود .

- سیگنال ورودی در *FRE* اندازه‌گیری و نمونه برداری می‌شود. اگر فرکانس نمونه برداری شده در بازه زمانی تعیین شده توسط *G-T* بیشتر از مرز فرکانسی برای *ON* و *OFF* شدن(*SW* , *SW*) باشد خروجی فعال شده(در انتهای بازه *G-T* و ابتدای بازه بعدی) و درصورتی که کمتر و یا برابر با فرکانس *OFF* شدن(*SW*) باشد خروجی صفر می‌شود(درانتهای بازه *G-T* و ابتدای بازه بعدی). مثلاً برای شکل فوق چون دربازه دوم مشخص شده، فرکانس بدست آمده(*FA*) بزرگتر از مرکز *ON* شدن است(*SA*>*SW*) در انتهای این بازه، *Q* فعال می‌شود.

۷-۱۸-۱۴ *Stairway lighting*



شکل ۷-۱۰۸: نماد دستور

تشریح پایه‌ها

- ورودی *TRG* به منظور آغاز شمارش زمان *T* بکار می‌رود.
- *T* مدت زمانی است که پس از آن سیگنال خروجی صفر می‌شود(بطور خودکار و بر حسب دقیقه است ولی قابل تغییر می‌باشد).

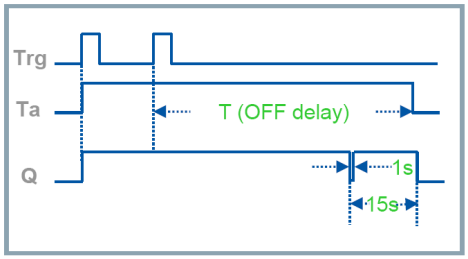
تشریح عملکرد

در این بلوک که با عنوان کلید روشنایی راه‌پله مورد استفاده قرار می‌گیرد با اعمال یک لبه بالارونده در ورودی تریگر، خروجی به مدت زمان T که در برگه پارامتر آن تعریف می‌گردد به سطح بالا رفته و سپس به سطح پایین برمی‌گردد. تکرار تریگر مدار باعث اندازه‌گیری مجدد زمان T می‌گردد.

از مشخصات منحصر بفرد این بلوک وجود یک زمان اعلام خطر می‌باشد که در فاصله زمانی‌ای بمدت زمان خطر از اتمام زمان T، خروجی به مدت مشخصی به سطح پایین رفته و مجددا تا انتهای زمان T در سطح بالا قرار می‌گیرد. بعبارت دیگر در زمان مشخصی از اتمام زمان T یک اعلام خطر با صفر شدن خروجی اعلام می‌گردد.

با اعمال پالس ورودی(حساسیت به لبه) شمارش زمان از پیش تعیین شده آغاز می‌شود و با به پایان رسیدن این زمان خروجی نیز صفر می‌شود. ضمنا ۱۵ ثانیه پیش از اتمام زمان فوق اعلام خبری را شاهد هستیم(خروجی به مدت ۱ ثانیه غیر فعال(صفر) می‌شود).

نمودار عملکرد این بلوک به صورت شکل ۷-۱۰۹ است:

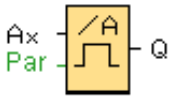


شکل ۷-۱۰۹: نمودار عملکرد دستور

- با اعمال ورودی به *TRG*، درلبه مثبت ورودی شمارش زمان *TA* آغاز شده و همزمان خروجی فعال می‌شود و تا هنگامی که زمان *TA* به پایان نرسد خروجی فعال خواهد ماند و تنها یکبار، ۱۵ ثانیه پیش از اتمام *TA* غیر فعال و مجددا فعال می‌شود(به مدت ۱ ثانیه). چنانچه پیش از اتمام زمان *TA* ورودی یکبار غیر فعال و مجددا فعال شود(پالس ثانویه‌ای اعمال شود) شمارش زمان *TA*مجدد آغاز خواهد شد.
- جدول ارائه شده در زیر زمان اعلام خطر را برای بازه‌های زمانی مورد نظر بیان می‌کند به عنوان مثال با انتخاب بازه زمانی دقیقه، زمان اعلام خطر ۱۵ ثانیه قبل از اتمام زمان T می‌باشد که در این حال خروجی بمدت یک ثانیه به سطح پایین می‌رود.

Timebase T	Pre-warning time	Pre-warning duration
Seconds*	750 ms	50 ms
minutes	15 s	1 s
hours	15 min	1 min

***ANALOG TRESHOLD SWITVH* (۱۵-۱۸-۷**

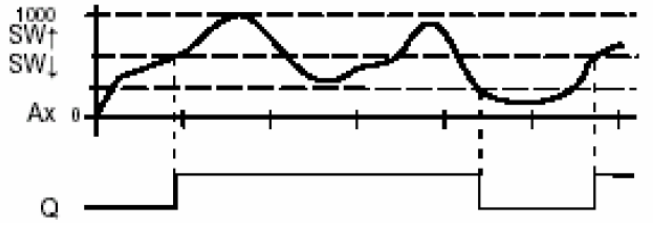


شکل ۷-۱۱۰: نماد دستور

تشریح عملکرد

- خروجی زمانی فعال می‌شود که سیگنال آنالوگ ورودی از مرز تعیین شده برای فعال شدن(*ON THERSHOLD*) بالاتر رود و وقتی غیر فعال می‌شود که سیگنال آنالوگ ورودی از مرز تعیین شده برای غیر فعال شدن(*OFF THRESHOLD*) پایین‌تر برود.
- ورودی *Ax*: سیگنال آنالوگ مورد ارزیابی را به این ورودی وصل می‌کنیم و برای این کار همیشه از ورودی‌های *I7*|*I8* استفاده می‌شود.
- پارامتر *Par*: در این پارامتر ضریب *Gain*(برحسب درصد) و حد انحراف *Offset* و مرزهای فعال و غیر فعال شدن را تعریف می‌کنیم.

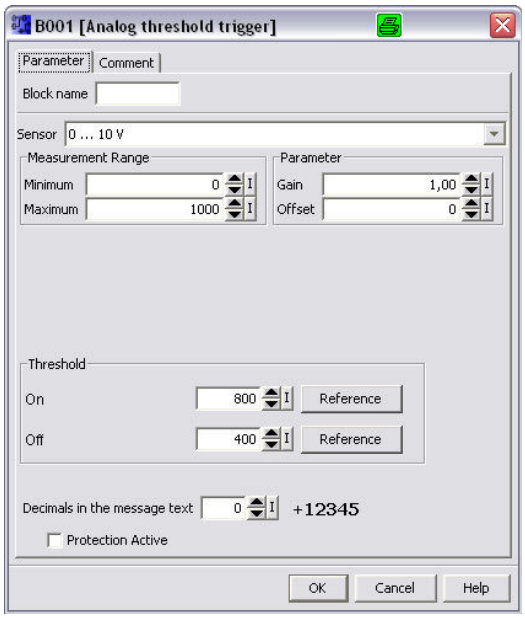
نمودار عملکرد این بلوک برای به صورت شکل ۷-۱۱۱ است:



شکل ۷-۱۱۱: نمودار عملکرد دستور

- این بلوک سیگنال‌های آنالوگی را که به ورودی‌های*I8*(*all*) و(*a12*) *I8* اعمال می‌شود ارزیابی می‌کند. برای این منظور اندازه سیگنال آنالوگ با مقدار *Offset* جمع شده و در نتیجه در ضریب *Gain* ضرب می‌شود. حال اگر از مقدار تعیین شده در *SW* بیشتر باشد خروجی ۱ شده و اگر مقدار تعیین شده در *SW* کمتر شود خروجی صفر می‌شود.

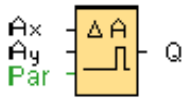
صفحه مشخصات این بلوک در شکل ۷-۱۱۲ ارائه شده است.



شکل ۷-۱۱۲: پنجره مشخصات دستور

یادآوری: مقادیر آنالوگ مقادیری است که پیوستگی مقدار در آن حفظ شود. مانند بالا یا پایین رفتن دما، فشار و سطح مایع یک مخزن. در صورتی که در یک کلید یا شستی عادی فقط دو حالت باز یا بسته یعنی صفر و یک را داریم. در *LOGO* برخی از ترمینال‌های ورودی، خاصیت آنالوگ نیز دارند مقدار آنالوگ ممکن است بین دو ورودی، و یا یک ورودی و مقداری ثابت مقایسه شود. مقدار ولتاژ یا جریانی که از یک حسگر به *LOGO*می‌رسد معمولا ۰ تا ۱۰ ولت و یا ۰تا ۲۰*mA* می‌باشد و باید این مقادیر را متناسب با اعداد واقعی دما، فشار و ...مشخص نمود.

۷-۱۸-۱۶) *Analog comparator*



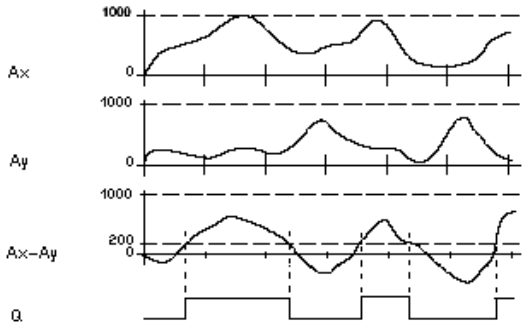
شکل ۷-۱۱۳: نماد دستور

تشریح پایه‌ها

- خروجی زمانی ۱ می‌شود که اختلاف *AX-AY* ازآستانه(*Threshold*) تنظیم شده بیشتر شود.
- *AX* و*AY*: به این ورودی‌ها سیگنال‌های آنالوگ تحت بررسی را اعمال می‌کنیم.
- *PAR*: در این پارامتر ضریب *GAIN*(برحسب درصد) و انحراف *OFFSET* و مرز فعال شدن و غیر فعال شدن(Δیا *THRESHOLD*) را تعریف می‌کنیم.

تشریح عملکرد

نمودار عملکرد این بلوک برای نمونه به صورت شکل ۷-۱۱۴ است:



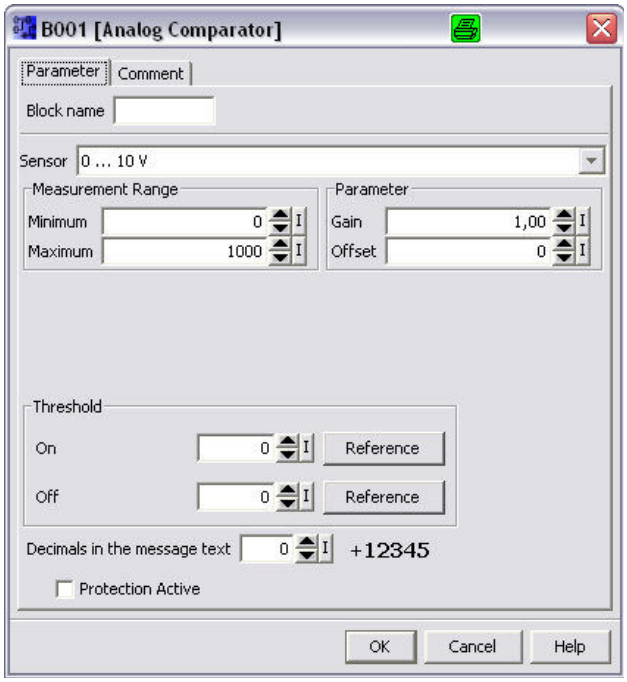
شکل ۷-۱۱۴: نمودار عملکرد دستور

این بلوک مراحل زیر را برای محاسبه طی می‌کند:

- اندازه گیری *OFFSET* به اندازه *Ax* و*Ay* اضافه می‌شود.
- نتیجه بدست آمده از بند ۱ در ضریب *Gain* ضرب می‌شود.
- حاصل *Ax* و *Ay* نهایی را از یکدیگر تفریق می‌کنیم(*Ax-Ay*).
- اگر مقدار تفریق شده از مقدارآستانه(Δ) بیشتر باشد خروجی *Q* فعال شده و در غیر اینصورت صفر می‌شود. پس روند کلی را می‌توان به شکل زیر نوشت:

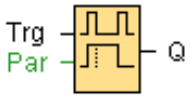
$$[(AX + Offset)\times gain]-[(ay + offset)\times gain] > \Delta \Rightarrow Q = 1$$
$$[(ax + offset)\times Gain]-[(Ay + offset)\times Gain] < \Delta \Rightarrow Q = 0$$

صفحه مشخصات این بلوک در شکل ۷-۱۱۵ ارائه شده است.



شکل ۷-۱۱۵: پنجره مشخصات دستور

۷-۱۸-۱۷) *MULTIFUNCTIONAL SWITCH*



شکل ۷-۱۱۶: نماد دستور

این دستور دارای دو کاربرد زیر می‌باشد:

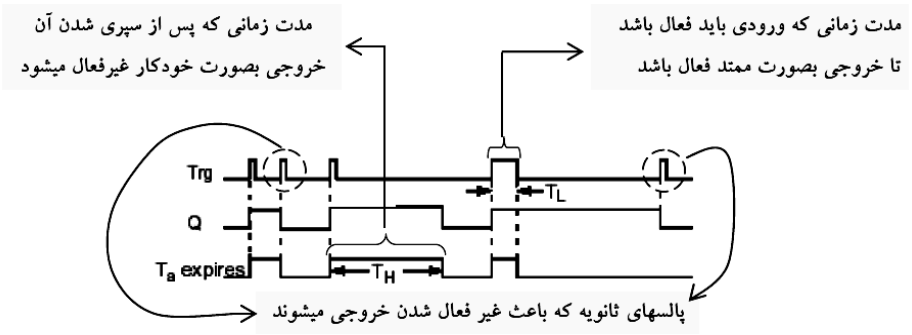
- کلید پالسی با تاخیر زمانی در قطع(*OFF DELAY*)
- کلید با فعالیت ممتد(*Continuos Lighting*)

تشریح پایه‌ها

- *TRG*: ورودی مورد نظر جهت فعال یا غیر فعال کردن خروجی است.
- *PAR*: برای تعریف پارامترهای *TH* و *TL* بکار می‌رود. *TH* مدت زمانی که پس از فعال‌شدن خروجی، و یا اتمام آن، خروجی بصورت خودکار غیر فعال می‌شود و *TL* مدت زمانی است که باید ورودی فعال(۱) باشد تا خروجی بصورت ممتد فعال شود.

تشریح عملکرد

نمودار عملکرد این بلوک به صورت شکل ۷-۱۱۷ است:

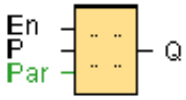


شکل ۷-۱۱۷: نمودار عملکرد دستور

همانطور که مشاهده می‌شود با اعمال پالس ورودی، خروجی فعال می‌شود و بسته به پهنای پالس ورودی(مدت زمان فعال بودن ورودی *Trg*) دو وضعیت زیر را خواهیم داشت:

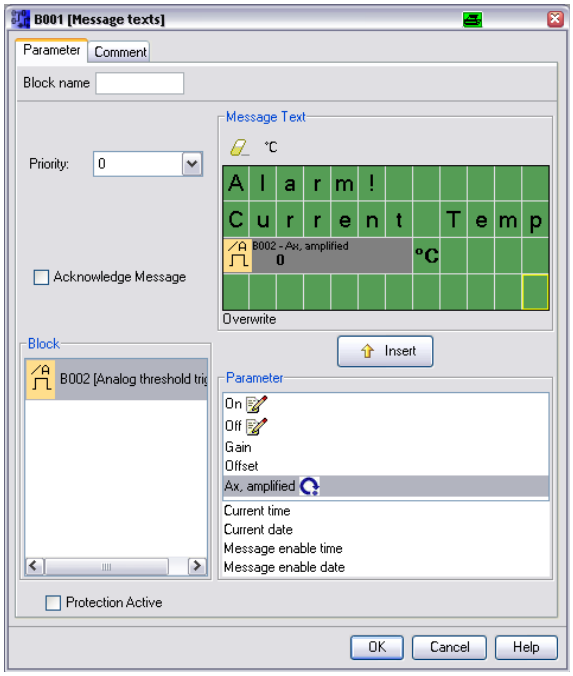
- اگر پهنای پالس ورودی بزرگتر از *TL* باشد، با اعمال پالس ورودی خروجی فعال شده و تا هنگامیکه پالس بعدی به ورودی اعمال نشود فعال خواهد ماند.
- اگر پهنای پالس ورودی کوچکتر از *TL* باشد، با اعمال پالس ورودی، خروجی فعال شده و با اعمال پالس بعدی به ورودی و یا پس از سپری شدن زمان *TH* بطور خودکار غیر فعال خواهد شد.

۷-۱۸-۱۸ *MESSAGE TEXT*



شکل ۷-۱۱۸: نماد دستور

از این بلوک جهت تعیین پیام‌های مورد نیاز جهت نمایش برروی صفحه نمایشگر *LOGO* مورد استفاده قرار می‌گیرد. حداکثر ۵ عملکرد نمایش متن در دسترس می‌باشد. ایجاد یک تغییر وضعیت از صفر به یک در ورودی *En* باعث نمایش متن پیام برروی صفحه نمایشگر خواهد شد. صفحه مشخصات این بلوک در شکل ۷-۱۱۹ ارائه شده است.



شکل ۷-۱۱۹: پنجره مشخصات دستور

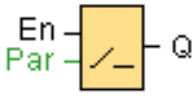
تشریح عملکرد

در صفحه مشخصات گزینه‌ای به نام *Acknowledge Message* وجود دارد که در صورت فعال بودن آن، با صفر شدن ورودی صفحه نمایش، پیام تا زمانی که از طرف کاربر تصدیق نگردد پاک نخواهد شد. کاربر با انتخاب کلید *Ok* می‌تواند متن را رسید نماید. نکته قابل توجه آنکه در صورت یک بودن ورودی نمی‌توان متن را رسید نمود.

می‌توان ۹ صفحه نمایش، با اولویت‌های یک تا نه را برای نمایش اطلاعات تعریف نمود. با فعال شدن ورودی صفحه متن با اولویت بالاتر نمایش داده می‌شود که کاربر می‌تواند با استفاده از کلیدهای جهتی سایر برگه‌ها را نیز مشاهده نماید.

- با فعال شدن ورودی *EN* درلبه مثبت آن پیام مشاهده خواهد شد.
- پارامتر *P* ارجعیت پیام را هنگامی که چندین پیام داشته باشیم مشخص می‌کند.
- پارامتر *Par* متن پیام را بیان می‌کند.
- خروجی *Q* تا هنگامیکه پیام نشان داده می‌شود فعال است.
- باید در نظر داشت که حداکثر ۵ متن پیام ممکن است بالبه مثبت ورودی *En* نشان داده شده و بالبه منفی پیام مخفی خواهد شد.

۷-۱۸-(۱۹) *SOFT KEY*

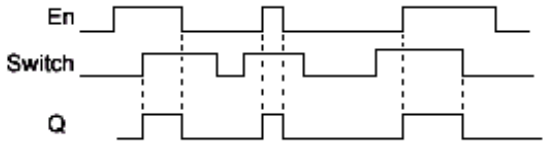


شکل ۷-۱۲۰: نماد دستور

تشریح عملکرد

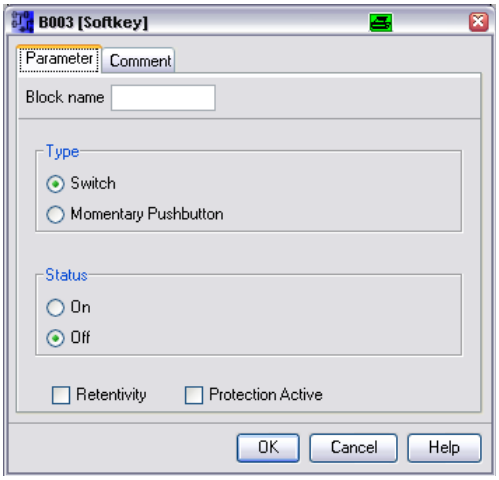
این بلوک به مانند یک کلید عمل می‌نماید. درصورت وقوع یک انتقال سطح سیگنال از صفر به یک در ورودی *En*، در صورت فعال نمودن حالت *On* در صفحه مشخصات، خروجی یک خواهد شد. در صورت عدم انتخاب گزینه *On* درصفحه مشخصات و یا غیر فعال کردن آن، خروجی به سطح صفر باز خواهد گشت.

شکل ۷-۱۲۱ نمودار عملکرد این بلوک را نمایش می‌دهد.



شکل ۷-۱۲۱: نمودار عملکرد دستور

صفحه مشخصات این بلوک در شکل ۷-۱۲۲ ارائه شده است.



شکل ۷-۱۲۲: پنجره مشخصات دستور

نکته۱: این یک کلید دستی است که از روی خود دستگاه *LOGO* قابل تغییر است ولی تنظیم آن در *PC* است.

نکته۲: در مواقعی که*En* و *Switch* هردو، همزمان فعال هستند. خروجی نیز فعال است(اشتراک *En* و *Swich*).

۷-۱۹) پروژه‌های کاربردی

پس از اتمام بررسی توابع موجود در *LOGO* اکنون توسط یکسری از پروژه‌های کاربردی پیاده‌سازی شده در صنایع مختلف به بیان کاربرد *LOGO* می‌پردازیم.

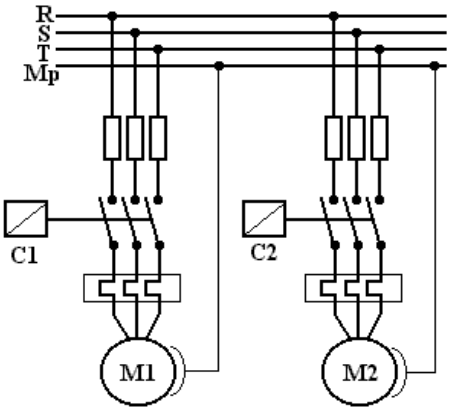
اولین پروژه از این بخش را به صورت کاملا عملی و با پیمودن پله به پله مراحل طراحی بیان نموده اما سایر پروژه‌ها را با توجه به مطالب کامل عنوان شده در پروژه۱ تنها به صورت اجمالی بررسی می‌نماییم.

۷-۱۹-۱) برنامه راه اندازی دو موتور سه فاز به صورت یکی پس از دیگری

برنامه راه اندازی دو موتور سه فاز به صورت یکی پس از دیگری را با شرایط زیر طراحی نمایید.

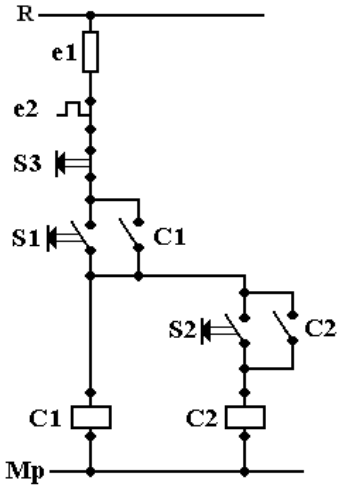
- ۱) بازدن شستی *S*، موتور *M1* روشن شود.
- ۲) با بازدن شستی *S2* موتور*M2* به شرط روشن بودن موتور *M1* روشن گردد.
- ۳) در غیر اینصورت موتورها خاموش باشند.

مدار قدرت مربوط به این پروژه در شکل ۷-۱۲۳ ارائه شده است. در این مدار سه‌فاز *R*، *S* و *T* با عبور از عناصر حفاظتی مورد نیاز و از طریق کنتاکت‌های قدرت مورد نظر به موتور وارد می‌گردند.



شکل ۷-۱۲۳: مدار قدرت راه اندازی دو موتور سه فاز به صورت یکی پس از دیگری

پاسخ: با توجه به مدار فرمانی که در شکل ۷-۱۲۴ نشان داده شده است می‌توان گفت، با زدن شستی *S1* کنتاکتور *C1* جذب کرده و درنتیجه موتور *M1* روشن می‌گردد. در این حال کنتاکت نگهدارنده *C1* نیز بسته می‌شود. حال با زدن شستی *S2* کنتاکتور *C2* نیز جذب شده و درنتیجه موتور *M2* را روشن می‌نماید. در این مدار موتور *M2* تنها زمانی اجازه روشن شدن دارد که موتور *M1* روشن بوده و کنتاکت *C1* بسته باشد.



شکل ۷-۱۲۴: مدار فرمان راه اندازی دو موتور سه فاز به صورت یکی پس از دیگری

- از آنجا که این مدار یک مدار دیجیتال ترکیبی است، لذا جهت طراحی این مدار فرمان با استفاده از قطعات دیجیتال ابتدا جدول عملکرد آنرا بدست آورده و سپس با بکارگیری آن مدار را طراحی می‌نماییم.
- جدول عملکرد مدار به صورت زیر است:

S1	S2	C1	C2
0	0	0	0
0	1	0	0
1	0	1	0
1	1	1	1

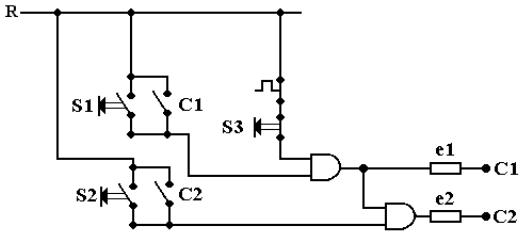
- به علت اینکه دو کلید *S1* و *S2* به عنوان ورودی‌های مدار و *C1* و *C2* نیز خروجی‌های مدار می‌باشند لذا جدول دارای دو ورودی و دو خروجی می‌باشد. دو ورودی مذکور دارای چهار حالت مختلف نسبت به هم می‌باشند که این حالات را در جدول عملکرد در نظر گرفته‌ایم:
  - اگر شستی *S1* فشرده نشده باشد(*S1=0*): *C1=C2=0*
  - در حالتی که *S1* فشرده(*S1=1*) و *S2* فشرده نشده باشد(*S2= 0*) تنها *C1* جذب می‌کند: *C1=1* و *C2=0*.
  - در وضعیتی که هردو شستی فشرده شده باشند(*S1=S2= 1*) هر دو کنتاکتور تحریک می‌شوند: *C1=C2=1*.
- با توجه به جدول عملکرد بدست آمده می‌توان عبارت منطقی معادل هریک از خروجی‌ها را به ازای ورودی‌های مدار بدست آورد.

$$C1 = S1\,S2' + S1\,S2 \longrightarrow C1 = S1\,(S2 + S2') = S1\,(1) = S1$$

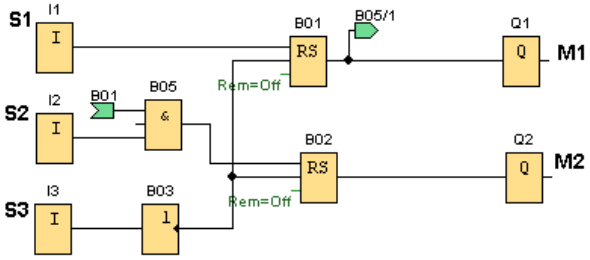
- توجه شود که حاصل عمل *OR* منطقی یک متغیر و مکمل آن برابر یک منطقی است زیرا در هرحال یکی از ورودی‌های گیت *OR* برابر یک است.

$$C2 = S1S2$$

- از آنجا که بی‌متال و شستی استپ(*S3*) بصورت سری باهم بوده و بصورت بسته می‌باشند، لذا درحالت عادی می‌بایست جریان را عبور داده و در حالت فعال شدن جریان را قطع نمایند لذا آنها را باهم سری کرده و به یک پایه گیت *AND* متصل می‌نماییم. پایه دیگر گیت *AND* ورودی *S1* را شامل می‌گردد. حال اگر به هردلیل یکی از ورودی‌های سری فعال گردند در ورودی گیت *AND* سطح صفر منطقی بوجود می‌آید لذا ورودی *S1* نمی‌تواند عمل کند(زیرا در این صورت خروجی گیت *AND* همواره صفر می‌باشد) و در نتیجه چون اثر *S1* برابر سطح منطقی صفر می‌گردد. در این حالت مدار عملکردی مشابه زمان *S1=0* دارد و هر دو کنتاکتور قطع می‌باشند. بدین ترتیب توانستیم اثر قطعات حفاظتی و همچنین شستی *Stop* را در مدار اعمال نماییم. شکل زیر مدار دیجیتال معادل را نمایش می‌دهد.

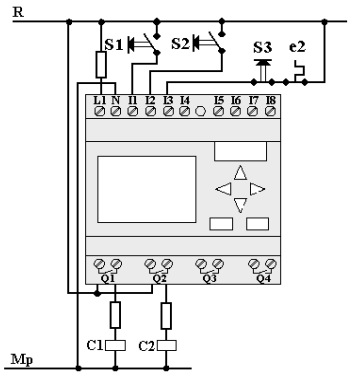


حال زمان آن رسیده است که مدار مورد نظر را با استفاده از زبان برنامه‌نویسی *LOGO* نوشت. مدار در شکلی که در ادامه می‌آید ارائه شده است. در این مدار سه ورودی *I1* تا *I3* به منزله شستی‌های *S1* و *S2* و همچنین مدار سری بی‌متال و شستی استپ در نظر گرفته‌شده‌اند. چون *S1* و *S2* به صورت شستی می‌باشند، لذا ورودی‌های *I1* و *I2* بصورت *Momentary* تعریف می‌کنیم. از آنجا که در مدار مورد نظر می‌بایست با تحریک لحظه‌ای شستی‌ها مدار فعال گردد، لذا از فلیپ‌فلاپ *RS* جهت فعال نگه‌داشتن خروجی‌ها در زمان قطع شستی استفاده می‌گردد. به عبارت دیگر فلیپ‌فلاپ *RS* بجای کنتاکت نگهدارنده در مدار استفاده می‌گردد. از آنجا که در فلیپ‌فلاپ *RS* ورودی *R* نسبت به *S* تقدم دارد، و همچنین به علت اینکه ورودی *I3* در حالت عادی فعال است(زمانی که شستی استپ فشرده نشده و بی‌متال عمل نکرده است) لذا این ورودی را از طریق یک گیت *NOT* به پایه‌های *Reset* فلیپ‌فلاپ‌ها اعمال می‌نماییم تا در حالت عادی ورودی *R* غیرفعال بوده و در زمان عمل نمودن هریک از عناصر سری ورودی *R* فعال گردد. در این مدار با فشرده شدن شستی *S1* پایه *Set* فلیپ‌فلاپ *B01* تحریک شده که در صورت غیرفعال بودن پایه *Reset*(غیرفعال بودن عناصر سری بی‌متال و شستی استپ)، خروجی *Q1* تحریک می‌گردد. با فعال بودن *Q1* پایه اول گیت *AND*(بلوک *B05*) یک بوده، که در این صورت اگر *S2* فشرده شود *Q2* نیز روشن می‌گردد.



شکل ۷-۱۲۵: برنامه راه اندازی دو موتور سه فاز به صورت یکی پس از دیگری

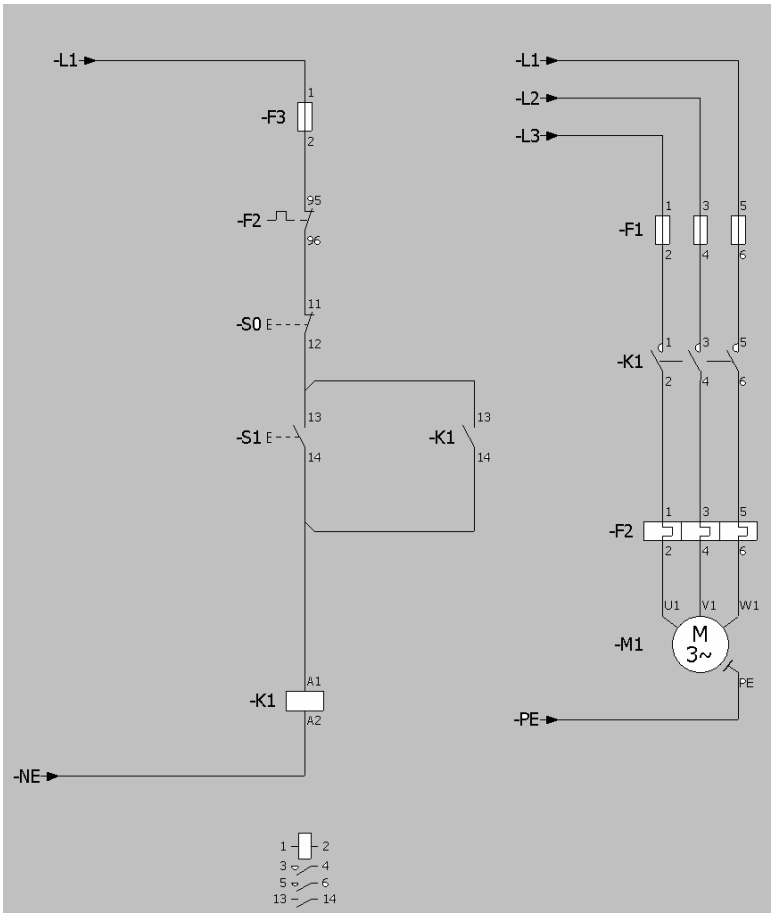
در ضمن نحوه سیم کشی مدار راه اندازی یک الکتروموتور سه فاز بصورت صورت یکی پس از دیگری در شکل زیر نشان‌داده شده است.



شکل ۷-۱۲۶: نحوه سیم‌کشی برنامه راه اندازی دو موتور سه فاز به صورت یکی پس از دیگری

۷-۱۹-۲) برنامه راه اندازی یک موتور سه فاز بصورت دائم کار

برنامه راه اندازی یک موتور سه فاز بصورت دائم کار را شبیه‌سازی نمایید به طوری که بازدن شستی *I* کنتاکتور *KM1* دایم کار کرده و با زدن شستی قطع در هر شرایطی مدار خاموش شود(شکل ۷-۱۲۷).

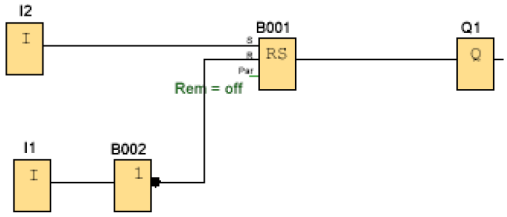


شکل ۷-۱۲۷: نقشه فرمان و قدرت الکتروموتور سه فاز به صورت دائم

پاسخ:

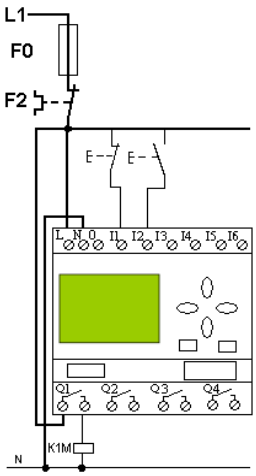
طراحی مدار به روش نردبانی:

- با توجه به شرایط کاری اگر بخواهیم خروجی *Q1* دائم کار باشد باید از تابع *Set* و *Reset* استفاده شود. ورودی *I2* جهت وصل آن در مسیر *Set* قرار می‌گیرد.
- برای قطع مدار، ورودی *I1* باید در مسیر *Reset* قرار گیرد با توجه به اینکه *I1* شستی قطع به عنوان ورودی در نظر گرفته شده است و باید یک ورودی در حالت عادی غیر فعال باشد پس در برنامه این ورودی باید از نوع کنتاکت بسته در نظر گرفته شود.



شکل ۷-۱۲۸: برنامه الکتروموتور سه فاز به صورت دائم

در ضمن نحوه سیم کشی مدار راه اندازی یک الکتروموتور سه فاز بصورت دایم کار در شکل ۷-۱۲۹ نشان‌داده شده است.

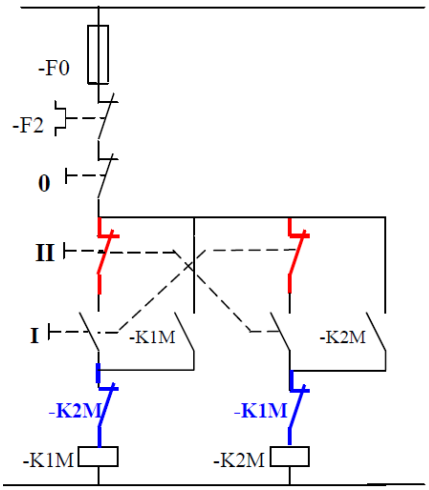


شکل ۷-۱۲۹: نحوه سیم کشی مدار راه اندازی یک موتور سه فاز بصورت دایم کار

۷-۱۹-۳) برنامه مدار چپگرد راستگرد با حفاظت کامل

برنامه مدار چپگرد راستگرد با حفاظت کامل(شکل ۷-۱۳۰)(تغییر جهت موتور با قطع کامل برق) را با شرایط زیر طراحی نمایید.

- ۱) بازدن شستی *I* کنتاکتور *K1M* دائم کار کند.
- ۲) با بازدن شستی *I2* کنتاکتور *K2M* دائم کار کرده بطوریکه امکان اینکه دو کنتاکتور همزمان با هم عمل کنند، وجود نداشته باشد.
- ۳) با فشار همزمان دو شستی هیچ یک از کنتاکتورها کار نکنند.
- ۴) همچنین تغییر حالت کاری دو کنتاکتور بدون زدن شستی *0* امکان پذیر نباشد.
- ۵) با زدن شستی *0* مدار قطع شود.



شکل ۷-۱۳۰: مدار چپگرد راستگرد با حفاظت کامل(تغییر جهت موتور با قطع کامل برق)

پاسخ:

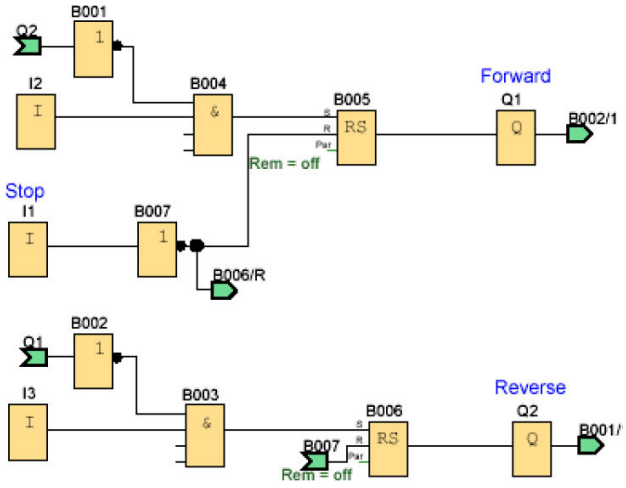
جدول تخصیص ورودی و خروجی			
وصل کنتاکتور *K1M*:	*Q1*	*I2*	شستی وصل *I* :
وصل کنتاکتور *K2M*:	*Q2*	*I3*	شستی وصل *II* :
		I1	شستی قطع *0* :

با توجه به شرایط کاری تعریف شده برای مدار چپگرد راستگرد و همچنین ورودی و خروجی‌های اختصاص داده شده مراحل طراحی مدار بصورت زیر است.

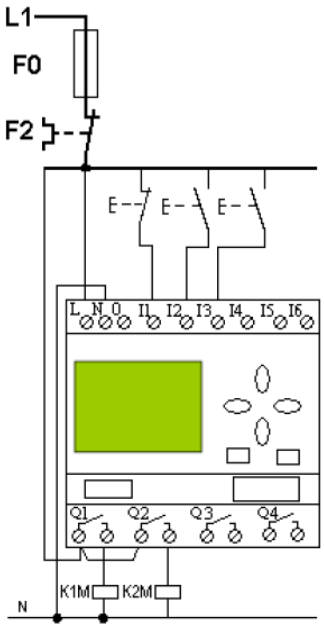
- با توجه به شرط ۱ که خروجی *Q1* دائم کار تعریف شده باید از تابع *RS* استفاده کرد. به همین دلیل ورودی *I2* را به جهت وصل مدار در مسیر *Set* قرار می‌دهیم. با توجه به اینکه لازم است دو کنتاکتور همزمانی نداشته باشند، باید بسته بوبین *Q2* را در مسیر بوبین *Q1* قرارداد. با توجه به شرط ۲ که خروجی *Q2* دائم کار تعریف شده، باید از تابع *RS* استفاده کرد به همین دلیل ورودی *I3* را به جهت وصل مدار در مسیر *Set* قرار می‌دهیم.
- برای تامین شرط ۴ در مدار فرمان از شستی دوبل استفاده کردیم به طوری که بسته شستی دوبل این کار را انجام دهد. در برنامه باید در مسیر *Set* خروجی‌ها معادل این قسمت بسته را قرار دهیم.

توجه: اگر بخواهیم یک شستی دوبل را در برنامه‌های نوشته شده با تابع *RS* معادل سازی کنیم باید قسمت وصل آن را در مسیر *Set* و قسمت قطع آن را در مسیر *Reset* تابع *RS* قراردهیم.

- برای تامین شرط ۵ باید ورودی *I1* که معادل شستی قطع کل مدار است در مسیر *Reset* کلیه خروجی‌های(*Q1,Q2*) قرار گیرد.
- این مدار به زبان *FBD* به صورت نشان داده شده در شکل ۷-۱۳۱ برنامه نویسی می‌شود.
- معمول است که در ورودی‌های *LOGO* از شستی دوبل استفاده نمی‌شود و منطق کاری آن را در برنامه اعمال می‌کنند. در این مدار از قسمت قطع شستی دوبل به عنوان محافظ استفاده شده است و آنها را برای حفاظت بیشتر دربرنامه در مسیرهای *Set* قرار دادیم اما معمولا قسمت قطع شستی دوبل بخشی از مدار را از حالت فعال خارج می‌کند. در این صورت آن را باید در مسیر *Reset* خروجی مربوط قرار داد.



شکل ۷-۱۳۱: برنامه مدار چپگرد راستگرد با حفاظت کامل

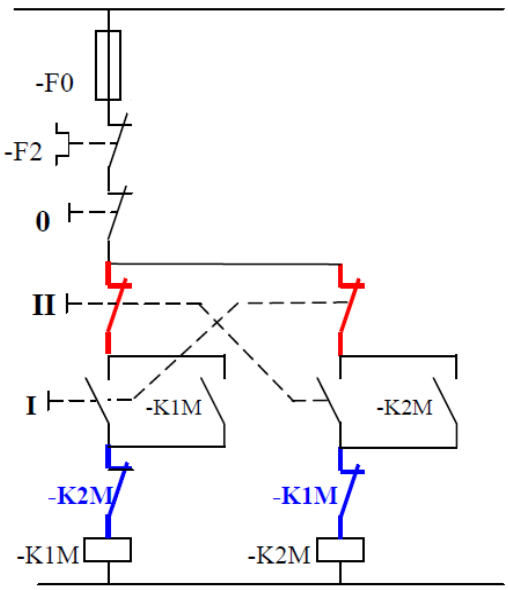


شکل ۷-۱۳۲: نحوه سیم کشی مدار چپگرد راستگرد با حفاظت کامل

۷-۱۹-۴) مدارچپگرد راستگرد سریع

مدارچپگرد راستگرد سریع(تغییر جهت بدون زدن شستی قطع) را شبیه سازی نمایید.

جهت یادآوری مدار فرمان چپگرد راستگرد سریع در شکل ۷-۱۳۳ نشان داده شده است. در این مدار شرایط کاری تقریبا همانند مدار چپگرد راستگرد با حفاظت کامل بوده و تنها شرط ۵ آن متفاوت می‌باشد.

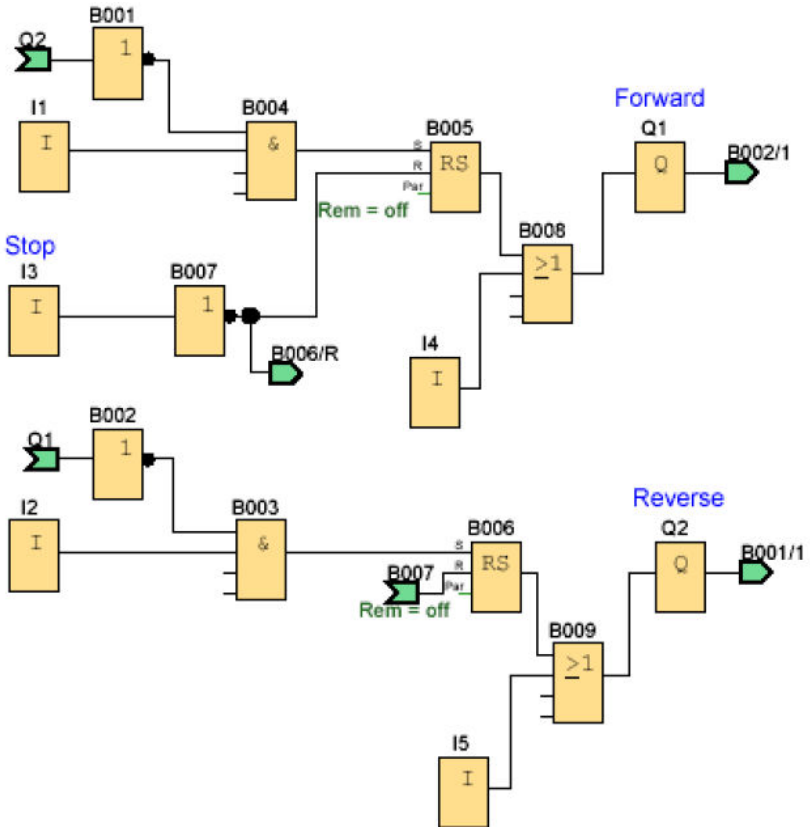


شکل ۷-۱۳۳: مدار چپگرد راستگرد سریع(تغییر جهت بدون زدن شستی قطع)

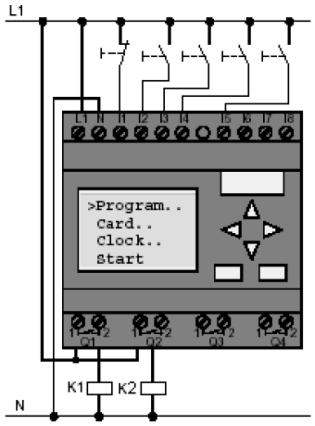
پاسخ:

جدول تخصیص ورودی و خروجی	
I2: شستی وصل *I*	کنتاکتور *K1M: Q1*
I3: شستی وصل *II*	کنتاکتور *Q2: K2M*
I1: شستی قطع *0*	

مراحل طراحی این مدار به روش نردبانی تقریبا مشابه مدار چپگرد راستگرد با حفاظت کامل است با این تفاوت که ورودی *I2* در مسیر *Reset* بوبین *Q2* و ورودی *I3*، در مسیر *Reset* بوبین *Q1* قرار می‌گیرد.



شکل ۷-۱۳۴: برنامه مدار چپگرد راستگرد سریع



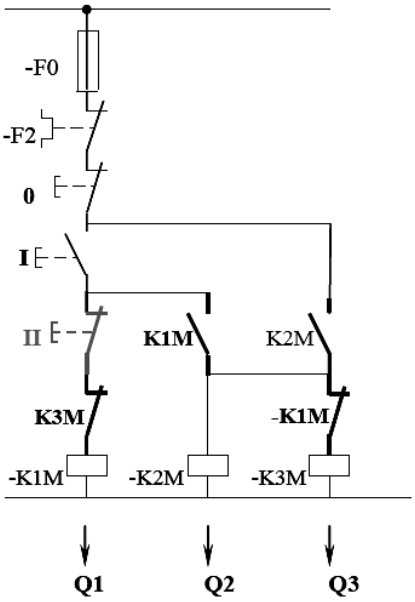
شکل ۷-۱۳۵: نحوه سیم کشی مدار چپگرد راستگرد سریع

۷-۱۹-۵) مدار راه اندازی موتور سه فاز بصورت ستاره مثلث

مدار راه اندازی موتور سه فاز بصورت ستاره مثلث را با شرایط کاری زیر طراحی نمایید.

- ۱) ابتدا کنتاکتور ستاره، سپس کنتاکتور اصلی وارد مدار شود.
- ۲) با قطع کنتاکتور ستاره کنتاکتور مثلث وارد مدار شود.
- ۳) در طی زمان جابجایی کنتاکتور ستاره و مثلث کنتاکتور اصلی قطع نشود.
- ۴) در ابتدا اجازه راه اندازی موتور به صورت مثلث وجود نداشته باشد.
- ۵) مدار در حالت مثلث برگشت‌پذیر به حالت ستاره نباشد.
- ۶) هیچ گاه همزمان دوکنتاکتورستاره و مثلث نتوانند کار کنند.

در شکل ۷-۱۳۶ مدار فرمان ستاره مثلث جهت یادآوری آورده شده است.

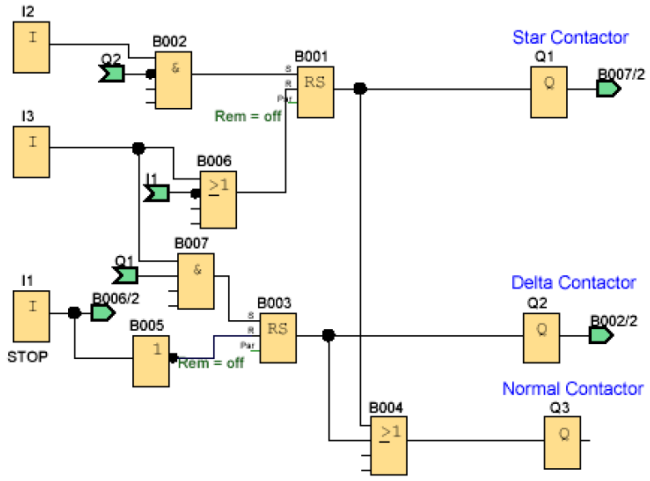


شکل ۷-۱۳۶: مدار فرمان راه اندازی موتور سه فاز بصورت ستاره مثلث

پاسخ:

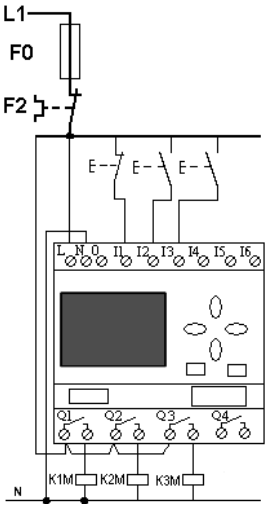
جدول تخصیص ورودی و خروجی			
کنتاکتور ستاره	Q_1	I_2	شستی وصل
کنتاکتور خط	Q_2	I_3	شستی وصل
کنتاکتور مثلث	Q_3	I_1	شستی قطع

- می‌توانید درشکل ۷-۱۳۷ برنامه نویسی مدار ستاره مثلث را به روش بلوکی مشاهده کنید.



شکل ۷-۱۳۷: مدار راه اندازی موتور سه فاز بصورت ستاره مثلث

- شکل ۷-۱۳۸ نقشه سیم کشی مدار ستاره مثلث را با *LOGO* نشان می‌دهد.



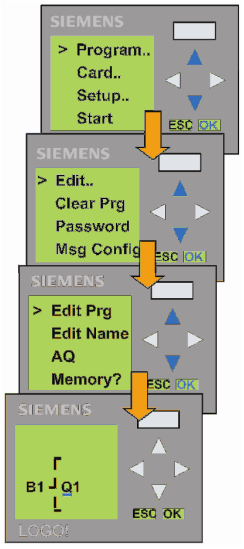
شکل ۷-۱۳۸: سیم کشی مدار ستاره مثلث

۷-۲۰) برنامه نویسی بر روی *LOGO*

- پس از وصل کردن منبع تغذیه *LOGO*، شکل زیر نمایش داده خواهد شد.

نکته: درصورتی که بعد از اتصال تغذیه صفحه اصلی نمایش داده نشد(این مورد در *LOGO*های ورژن قدیمی بیشتر دیده می‌شود) درحالیکه کلید چپ و راست را همزمان نگه‌داشته‌اید برروی کلید *OK* کلیک نمایید تا صفحه نمایش روشن شده و منوی اصلی نمایش داده شود. در ضمن از این کلیدهای ترکیبی به منظور خروج از مد اجرا(*RUN*) نیز می‌توان بهره برد(در *LOGO*های ورژن بالاتر این عمل با کلیک کردن برروی *ESC* انجام می‌شود).

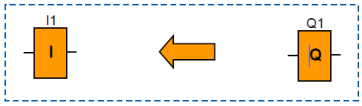
- برروی *ESC* کلیک نمایید تا به منوی اصلی *LOGO* بروید.



- از طریق کاراکتر "<" که در ابتدای خط قرار دارد و با استفاده از کلیدهای جهت‌دار بالا و پایین(▲▼) برروی منوی *Program* رفته و با دکمه *OK* آن را تایید کنید تا به منو داخلی بروید. آنگاه باردیگر از طریق کلیدهای جهتدار، *Edit* را انتخاب و با *OK* تایید نمایید. در صفحه باز شده گزینه *Edit Prg* را انتخاب کرده و با *OK* تایید نمایید حال منوی مربوط به برنامه‌نویسی باز شده و می‌توان برنامه مورد نظر را وارد کرد.
- اکنون با استفاده از کلیدهای جهت‌دار بالا و پایین(▲▼) ورودی و خروجی‌ها را انتخاب و به طریقی که در ادامه به آن اشاره می‌شود برنامه‌نویسی را آغاز نمایید.

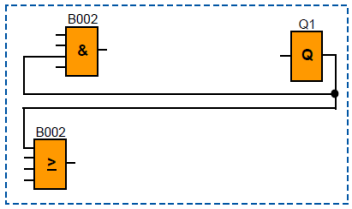
۷-۲۱) قوانین مهم برای برنامه نویسی

- همیشه طراحی برنامه یک مدار از طرف خروجی به طرف ورودی می‌باشد.



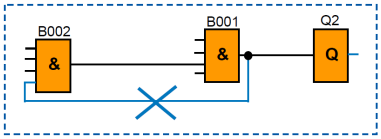
شکل ۷-۱۳۹: طراحی برنامه یک مدار از طرف خروجی به طرف ورودی می‌باشد

- شما می‌توانید یک خروجی را به چندین ورودی وصل کنید، اما نمی‌توانید یک ورودی را به چندین خروجی گسترش دهید.



شکل ۷-۱۴۰: می‌توان یک خروجی را به چندین ورودی وصل کنید

- اجازه وصل کردن خروجی یک بلوک به ورودی آن وجود ندارد. برای این کار در صورت نیاز باید خروجی یک ورودی را به یک پرچم *M* یا یک خروجی وصل کرده سپس از طریق آن به ورودی بروید.



شکل ۷-۱۴۱: اجازه وصل کردن خروجی یک بلوک به ورودی آن وجود ندارد

- برای تایید انتخاب ترمینال یا یک بلوک *OK* را فشار دهید و برای خارج شدن از حالت برنامه نویسی مدار *ESC* را فشار دهید.
- قبل از اینکه مدار خود را وارد *LOGO*کنید، نقشه آن را بر روی کاغذ پیاده کنید.
- *LOGO* تنها برنامه‌های کامل را ذخیره می‌کند، اگر برنامه ناقص است در آن صورت *LOGO* نمی‌تواند از حالت برنامه‌نویسی خارج شود.

۷-۲۲) نحوه برنامه‌نویسی

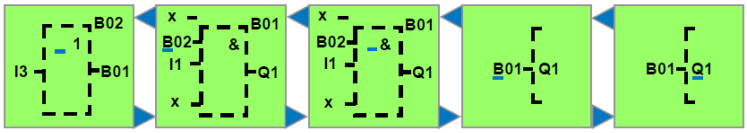
- ابتدا عناصر مربوط به برنامه نویسی را معرفی می‌کنیم.

به طور کلی هر برنامه شامل دو قسمت بلوکها(*BLOKS*) و اتصال دهنده‌ها(*Conectors*) می‌باشد که هریک شامل مجموعه‌ای از ورودی(*I*)، خروجی(*Q*) و فلگها(*M*) هستند. در ورژن جدید به منظور برنامه‌نویسی ورودیهای *I1* تا *I24*، *AI1*، *AI8* و فلگهای *M1* تا *M24* در دسترس می‌باشند. وضعیت‌های ورودی و خروجی می‌تواند یکی از حالت‌های صفر و یا یک باشد. به طور پیش فرض وضعیت‌های ثابتی برای *Hi* به صورت یک و برای *Lo* بصورت صفر در نظر گرفته شده است.

شروع برنامه‌نویسی

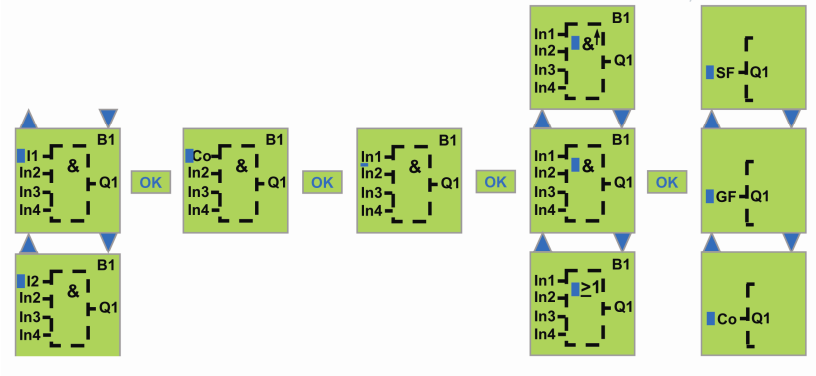
می‌توان با استفاده از دکمه‌های جهت‌دار چپ و راست(◀▶) نشانگر را برروی توابع و قسمت‌های قابل تغییر حرکت داد. در این هنگام یک علامت *Underline*(_) ظاهر خواهد شد زمانیکه این علامت تبدیل به یک مستطیل توپر شود(▮)می‌توان با استفاده از دکمه‌های جهت‌دار بالا و پایین تابع مورد نظر را انتخاب کرد. در این حالت سه انتخاب وجود دارد:

- *Co*: ورودی بلوکها- با انتخاب این گزینه و با استفاده از کلیدهای بالا و پایین لوگو می‌توان نوع پایه(ورودی، خروجی، حافظه و یا عدم استفاده(*X*))، حالت همیشه روشن(*hi*) و همیشه خاموش(*lo*) را برگزید.
- *GF*: توابع پایه(*Basic Function*) – با انتخاب این گزینه می‌توان توابع پایه مانند *AND*، *OR*، *NOT* و... را فراخوانی کرد.
- *SF*: توابع ویژه(*Special Function*) – با انتخاب این گزینه می‌توان توابع ویژه تایمرها، توابع *RS* و *SR* و..... را فراخوانی نمود.



شکل ۷-۱۴۲: انتخاب تابع

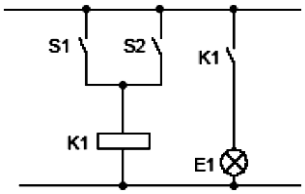
برای انتخاب هریک از حالت‌های گفته شده بعد از تعیین نوع تابع بر روی *OK* کلیک نمایید تا انتخاب تایید شود و در غیر اینصورت به منظور صرف نظر کردن و برگشتن به یک مرحله قبل بر روی دکمه *Esc* کلیک کنید. کلیه مراحل مربوط به تعریف یک دستور در شکل زیر نشان داده شده است.



شکل ۷-۱۴۳: کلیه مراحل مربوط به تعریف یک دستور

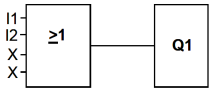
همانطور که درشکل مشاهده می‌شود به عنوان مثال برای یک تابع *AND* چهار ورودی تعیین شده‌است برای انتخاب این چهار ورودی می‌بایست که با بردن نشانگر برروی هریک از ورودی‌ها و با استفاده از گزینه *Co*، ورودی با شماره‌ی مورد نظر را انتخاب کرد یعنی با استفاده از دکمه‌های جهت نمای بالا و پایین ورودی‌های *I1* تا *I4* را انتخاب کرد.

مثال ۷-۲: بار *E1* به وسیله کلیدهای *S1,S2* در وضعیت *ON* , *OFF* قرار می‌گیرد. رله *K1* زمانی که کلیدهای *S1* یا *S2* بسته شوند عمل می‌کند.



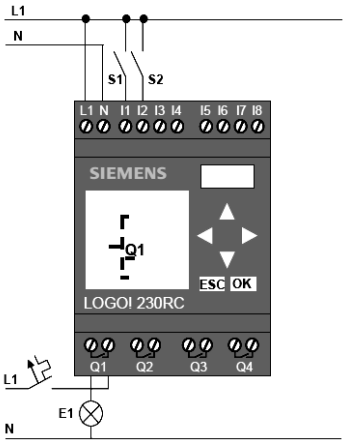
شکل ۷-۱۴۴: مدار مربوط به مثال ۷-۲

- با توجه به اینکه مدار حاصل موازی شدن *(OR)* دو سوئیچ برای روشن شدن خروجی می‌باشد پس می‌توان برنامه آن را به صورت شکل زیر در نظر گرفت:



شکل ۷-۱۴۵

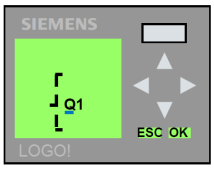
- سیم بندی مدار نیز به صورت زیر انجام می‌شود.



شکل ۷-۱۴۶

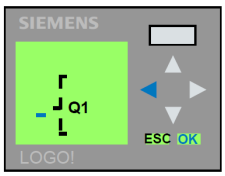
حال می‌بایست مدار نشان داده شده را پله پله پیاده‌سازی کرد از اینرو داریم:

- برای وارد کردن برنامه به این صورت عمل می‌شود که بعد از انتخاب گزینه *Prg Edit* ما اجازه ویرایش برنامه را در مسیر خروجی به سمت ورودی خواهیم داشت. اولین مرحله تعیین خروجی و اتصال آن به عناصر دیگر است، که به صورت زیر عمل می‌کنیم.



شکل ۷-۱۴۷

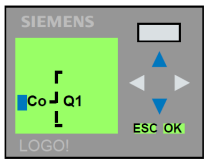
- با استفاده از کلید جهت نما چپ ◄ مکان نمائی را که در زیر *Q* قرار دارد به طرف چپ حرکت دهید.



شکل ۷-۱۴۸

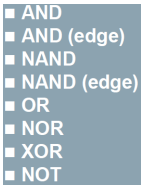
- در این مرحله می‌بایست یک بلوک *OR* انتخاب شود. برای این کار کلید *OK* را فشار دهید. سپس علامت *CO* که نشان دهنده اتصال دهنده‌ها است مشابه شکل زیر ظاهر خواهد شد. در این حالت

با استفاده از کلیدهای جهت‌دار بالا و پایین(▲ یا ▼) علامت مربوط به توابع بیسیک *GF* را انتخاب کنید.



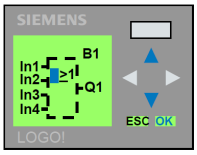
شکل ۷-۱۴۹

- در این حالت لیستی از توابع پایه موجود در *LOGO* به نمایش در می‌آید.



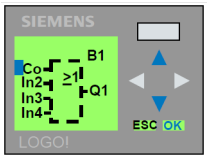
شکل ۷-۱۵۰

- با استفاده از کلیدهای جهت‌دار بالا و پایین(▲ یا ▼) بلوک *OR* را انتخاب، سپس *OK* را فشار دهید.



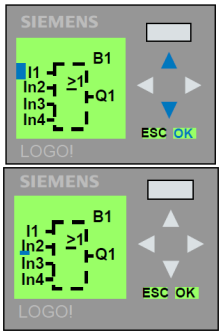
شکل ۷-۱۵۱

- بدین ترتیب شما اولین تابع را وارد کردید هر بلوک جدیدی به صورت اتوماتیک شماره‌گذاری می‌شود این بلوک نیز به عنوان شماره یک شناسایی می‌شود(*B1*).
- برروی *OK* کلیک نمایید تا نشانگر به صورت یک مستطیل توپر به نمایش درآید(■) حال شما سه انتخاب در پیش رو دارید:
  - *Co*: ورودی بلوکها
  - *GF*: توابع پایه(*Basic Function*)
  - *SF*: توابع ویژه(*Special Function*)
- *Co* را انتخاب کرده و برروی *OK* کلیک نمایید.



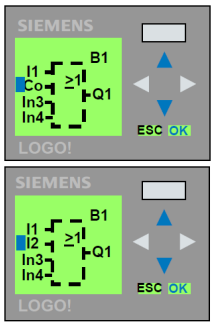
شکل ۷-۱۵۲

- اولین المان از لیست *Co* ورودی *I1* می‌باشد آن را با استفاده از *OK* تایید نمایید بدین ترتیب نمایشگر به صورت خودکار به خط دوم پرش می‌نماید.



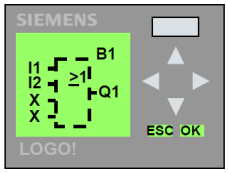
شکل ۷-۱۵۳

با استفاده از دکمه‌های جهت‌دار بالا و پایین(▲ ▼) از لیست *Co*، *I2* را انتخاب و با *OK* تایید نمایید.



شکل ۷-۱۵۴

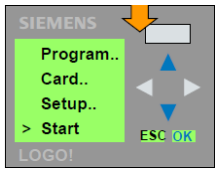
- برای ورودی سوم و چهارم از آنجا که بدون استفاده هستند از *Co*، *X* را انتخاب کنید. سپس *OK* را فشار دهید. تا آن چه در شکل زیر مشاهده می‌کنید در صفحه نمایشگر ظاهر شود.



شکل ۷-۱۵۵

حال مدار کامل شده و ورودی و خروجی‌های آن اختصاص داده شده است به منظور خارج شدن از منوی برنامه‌نویسی بر روی *Esc* کلیک نمایید بدین ترتیب برنامه به صورت خودکار در حافظه خارجی(*E2PROM*) ذخیره می‌گردد.

- برای اجرای برنامه دوباره دکمه *ESC* را فشار دهید تا به منوی اصلی بروید. سپس در منوی اصلی گزینه *START* را انتخاب و برای تایید *OK* را فشار دهید.

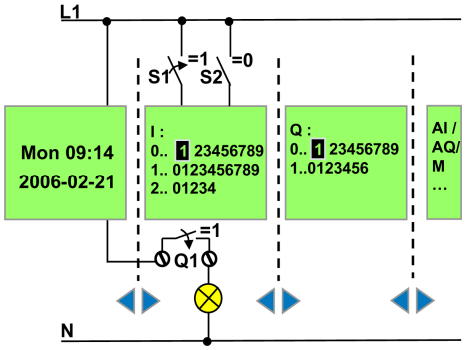


شکل ۷-۱۵۶

- هرگاه ورودی و خروجی در وضعیت فعال قرار گیرند به وسیله علامت ■ مشخص می‌شوند.

وضعیت نمایش

- زمانیکه کلید *S1* بسته می‌شود، ولتاژ روی *I1* قرار گرفته در نتیجه ورودی در وضعیت فعال قرار می‌گیرد. *LOGO* برنامه را پردازش کرده و وضعیت خروجی را مشخص می‌کند. اگر خروجی *Q1* در وضعیت فعال قرار داشته باشد. *LOGO* رله *Q1* را فعال کرده و ولتاژ باری که بر روی *Q1* است تامین می‌شود.

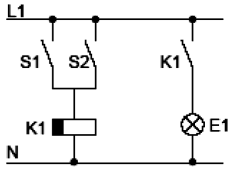


شکل ۷-۱۵۷: وضعیت شبیه‌سازی مدار در صفحه نمایش *LOGO*

- در پنجره سمت چپ زمان و تاریخ اجرا نمایش داده می‌شود.
- در پنجره‌های میانی ورودی‌ها نمایش داده می‌شوند.
- در پنجره سمت راست نیز خروجی‌ها نمایش داده می‌شوند.

۷-۲۲-۱) اصلاح مدار

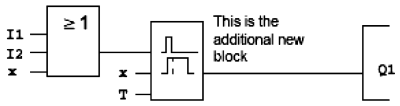
برای اصلاح مدار، مثال قبل را با کمی تغییر به صورت مدار شکل زیر درنظر بگیرید.



شکل ۷-۱۵۸: مدار اصلاح شده

همان طور که مشاهده می‌شود هرگاه یکی از کلیدهای *S1* و یا *S2* بسته شود در آن صورت رله *K1* عمل کرده و کنتاکت باز آن بسته می‌شود و با این عمل بار *E1* دارای ولتاژ خواهد شد. سپس بعد از سپری شدن ۱۲ دقیقه تنظیم شده، کنتا کت *K1* باز شده و ولتاژ خروجی قطع خواهد شد.

- طراحی این مدار برای *LOGO* مطابق شکل زیر خواهد بود.



شکل ۷-۱۵۹

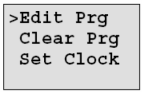
- تایمر در مجموعه توابع ویژه *SF* قرار دارد.

ویرایش برنامه

- برای ویرایش برنامه به صورت زیر عمل کنید.

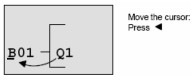
LOGO را به حالت برنامه نویسی سوئیچ کنید. اگر *LOGO* در حالت *RUN* قرار دارد کلید *ESC* را فشار دهید. در این حالت منوی پارامتر گشوده می‌شود. حالت *STOP* را انتخاب و به وسیله *OK* تایید کنید سپس گزینه *YES* را انتخاب و به وسیله *OK* تایید نمایید.

- در منوی اصلی گزینه *Program* را انتخاب کنید.
- در منوی برنامه‌نویسی *Edit Prg* را انتخاب کنید. در این حالت قادر خواهید بود که برنامه قبلی را اصلاح کنید.



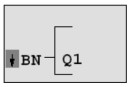
شکل ۷-۱۶۰

- برای درج بلوک جدید به این صورت عمل می‌شود که در برنامه قبلی علامت مکان نما را که در زیر *Q* قرار دارد به وسیله کلید ◄ حرکت داده تا زیر حرف *B* از *B01* که شماره بلوک *OR* است قرار گیرد.



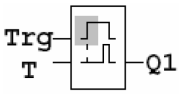
شکل ۷-۱۶۱

- حال می‌توان در این مکان یک بلوک جدید درج کرد برای این کار *OK* را فشار دهید.



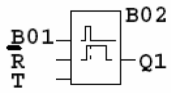
شکل ۷-۱۶۲

- به وسیله ▼ لیست *SF* را که شامل تایمرها است انتخاب کنید. *OK* را فشار داده تا اولین تابع ویژه نمایش داده شود.



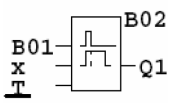
شکل ۷-۱۶۳

- با استفاده از کلیدهای ▲ یا▼ بلوک مورد نظر را انتخاب و انتخاب خود را با فشار دادن *OK* تایید کنید. در این قسمت بلوک تابع *OFF Delay* را برگزینید.



شکل ۷-۱۶۴

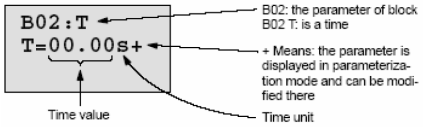
- شماره بلوک درج شده *B02* می‌باشد. بلوک شماره یک *B01* به طور خودکار به ورودی بالایی بلوک شماره ۲ وصل شده است و این بلوک نیز به خروجی *Q1* متصل می‌شود.
- بلوک *OFF Delay* دارای سه ورودی است که ورودی بالائی، ورودی راه انداز *Trg* می‌باشد. در این مثال تابع *OFF Delay* به وسیله بلوک *OR* که همان بلوک شماره یک است راه‌اندازی می‌شود. در این مثال چون از ورودی *R* استفاده نشده لذا آن را به وسیله *X* محدود کرده‌ایم.
- با انتخاب گزینه *T* می‌توانید زمان خاموش شدن خروجی تابع *OFF Delay* را تعیین کنید.



شکل ۷-۱۶۵

روش تعیین پارامترهای بلوک

- با استفاده ار کلیدهای ◄ ► می‌توانید به صورت طولی حرکت کرده و با استفاده از کلیدهای ▲ یا ▼ مقدار زمان را تغییر دهید و در نهایت با فشردن کلید *OK* عملیات را تایید کنید.



شکل ۷-۱۶۶:

تنظیمات زمان

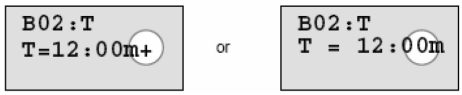
- زمان *T* را به روش زیر برابر *12:00* دقیقه قرار دهید.

1. Move the cursor to the first position:
   ◄ or ►
2. Select '1':
   ▲ or ▼
3. Move the cursor to the second position:
   ◄ or ►
4. Select '2':
   ▲ or ▼
5. Move the cursor to the unit:
   ◄ or ►
6. Select the unit m for minutes:
   ▲ or ▼

طریقه انتخاب حفاظت

7. Move the cursor to the protection mode::
   ◄ or ►
8. Select protection mode '–':
   ▲ or ▼

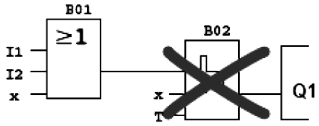
- نوع حفاظت +: با انتخاب این پارامتر می‌توان زمان *T* را در حالت جایگزینی پارامتر تغییر داد. تنظیمات پیش فرض نیز بر روی + است.
- نوع حفاظت –: با انتخاب این پارامتر نمی‌توان زمان *T* را در حالت جایگزینی پارامتر تغییر داد.



شکل ۷-۱۶۷

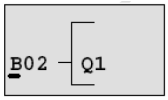
حذف کردن یک بلوک

فرض کنید قصد دارید بلوک شماره *B02* را حذف و بلوک *B01* را به جای آن به خروجی *Q1* اتصال دهید. برای این کار به روش زیر عمل می‌کنیم:



شکل ۷-۱۶۸

- *LOGO* را به حالت برنامه نویسی سوئیچ کنید.
- گزینه *Edit Prg* را به وسیله کلیدهای جهتی انتخاب نمایید.
- با فشار دادن کلید *Ok* انتخاب خود را تایید کنید.
- مکان نما را بر روی *Q1* که همان بلوک *B02* است قرار دهید.



شکل ۷-۱۶۹

- *OK* را فشار دهید.
- حال بلوک *B02* را با استفاده از *BO1* مستقیماً بر روی ورودی *Q1* با طی مراحل زیر جابجا می‌کنیم.
  - لیست *BN* را به وسیله کلیدهای جهتی انتخاب کرده و سپس *OK* را فشار دهید.
  - بلوک *B01* را به وسیله کلیدهای جهتی انتخاب و سپس *OK* را بفشارید.
- با طی مراحل بالا بلوک *B02* حذف می‌شود زیرا این بلوک دیگر در داخل مدار استفاده نشده است و بلوک *B01* مستقیماً به جای *B02* به خروجی متصل شده است.

۸

۸) فصل هشتم: مبانی اندازه‌گیری الکتریکی

اهداف فصل:

- ☑ **مفهوم اندازه‌گیری**
- ☑ **خطا در دستگاه‌های اندازه‌گیری**
- ☑ **نحوه قرائت مقدار اندازه‌گیری شده**
- ☑ **نحوه قرارگرفتن تجهیزات اندازه‌گیری در مدار**
- ☑ **معرفی تجهیزات مختلف اندازه‌گیری**
- ☑ **اتصال موتورهای الکتریکی سه‌فاز به شبکه‌ی برق با کلید قطع و وصل**

۸-۱) مفهوم اندازه‌گیری

منظور از اندازه‌گیری به دست آوردن پارامترهای دقیق از وضعیت مصرف‌کننده می‌باشد. بدین معنی که مصرف‌کننده در چه ولتاژی و با چه جریانی، چه توانی را از شبکه دریافت می‌کند. بدین منظور بایستی نسبت به وسیله اندازه‌گیری شناخت کاملی داشته باشیم که این وسیله اندازه‌گیری دارای چه پارامترهایی می‌باشد و با چه دقتی کار می‌کند و بایستی چگونه در مدار قرار بگیرد تا بتواند کمیت مورد نظر را اندازه بگیرد. متداول‌ترین وسایل اندازه‌گیری آمپرمتر، ولت‌متر، کسینوس‌فی‌متر، وات‌متر و کنتور می‌باشد که به وفور در فرآیندهای اندازه‌گیری از این وسایل استفاده می‌شود.

۸-۲) انواع سنجش، خطا، حساسیت و مشخصات دستگاه‌های اندازه‌گیری

انواع سنجش: سنجش به مفهوم مقایسه‌ی یک کمیت مجهول با مقداری معلوم از همان کمیت است که توسط استاندارد مشخص شده‌است. اندازه‌گیری، با دستگاه‌ها و روش‌های مختلف انجام می‌گیرد. روش‌ها و دستگاه‌های اندازه‌گیری را معمولا به روش‌های مختلف طبقه‌بندی می‌کنند. مانند دستگاه‌های انحرافی، مقایسه‌ای، الکترونیکی و دیجیتالی.

- دستگاه‌های انحرافی یا عقربه‌ای که دستگاه‌های آنالوگ نامیده می‌شوند و به آن‌ها اندازه‌گیرهای پیوسته نیز گفته می‌شود کمیت مورد سنجش را با انحراف عقربه نشان می‌دهند.
- دستگاه‌های مقایسه‌ای کمیت مورد سنجش را در مقایسه با کمیت معلوم مشخص می‌کنند. در این دستگاه‌ها معمولا در هنگام مشخص شدن کمیت مجهول، عقربه مقدار صفر را نشان می‌دهد. مانند پل‌های اندازه‌گیری.
- دستگاه‌های الکترونیکی از عناصر الکترونیکی درست شده‌اند و می‌توانند اندازه‌گیری را به صورت پیوسته انجام دهند برای نمونه می‌توان از اسلوسکوپ نام برد.
- دستگاه‌های دیجیتالی مقادیر مورد سنجش را با اعداد و به صورت رقمی نشان می‌دهند. در این دستگاه‌ها کمیت مورد اندازه‌گیری، ابتدا به ولتاژ تبدیل می‌شود و سپس سنجیده و به مقدار و واحد کمیت اصلی نمایش داده می‌شود.

۸-۲-۱) خطا در دستگاه‌های اندازه‌گیری

بنابر تعریف، خطا عبارت است از مقدار سنجیده شده منهای مقدار واقعی، یا به عبارت دیگر خطا برابر است با مقدار سنجیده شده منهای مقداری که باید سنجیده شود.

$$\Delta A = Am - A$$

- A: مقدار واقعی
- Am: مقدار سنجیده شده
- ΔA: مقدار خطا که به آن خطای مطلق نیز گفته می‌شود

خطای نسبی: از تقسیم مقدار خطا بر مقدار واقعی خطای نسبی به دست می‌آید که تقریبا برابر نسبت مقدار خطا به مقدار اندازه‌گیری شده‌است.

$$Y_A = \Delta A/A = \Delta A/Am$$

درصد خطای نسبی: از حاصل‌ضرب خطای نسبی در عدد صد، درصد خطای نسبی حاصل می‌شود.

$$Y_A\% = Y_A \times 100$$

کلاس دستگاه‌های اندازه‌گیری: درصد خطای نسبی در انحراف ماکزیمم دستگاه را کلاس می‌نامند. کلاس دستگاه به صورت یک عدد روی صفحه دستگاه درج می‌شود ولی همواره مقدار آن منفی و مثبت است. هرچه عدد کلاس یک دستگاه کوچکتر باشد دقت اندازه‌گیری آن بیشتر است.

$$\text{کلاس} = \frac{\text{خطای مجاز}}{\text{حدود اندازه‌گیری}} \times ۱۰۰$$

خطای مجاز دستگاه: به مقدار خطایی که یک دستگاه می‌تواند در هر اندازه‌گیری داشته باشد خطای مجاز دستگاه گفته می‌شود. خطای مجاز دستگاه به کمک کلاس آن قابل محاسبه است.

حدود اندازه‌گیری ماکزیمم: حدود اندازه‌گیری ماکزیمم مقداری است که دستگاه می‌تواند اندازه‌گیری کند. به حدود اندازه‌گیری، رنج نیز گفته می‌شود.

حساسیت دستگاه‌های اندازه‌گیری: به میزان انحراف عقربه‌ی یک دستگاه به ازای یک واحد از کمیت مورد اندازه‌گیری، حساسیت می‌گویند. بدیهی است هرچه میزان انحراف دستگاه به ازای یک اندازه‌گیری یک کمیت معین، بیشتر باشد آن دستگاه حساس‌تر است.

$$\text{حساسیت} = \frac{\text{میزان انحراف عقربه}}{\text{میزان مسبب}} = \frac{\text{طول یا زاویه صفحه مدرج}}{\text{حدود اندازه‌گیری}} \left[\frac{\text{میلی‌متر یا درجه}}{\text{واحد کمیت مورد اندازه‌گیری}}\right]$$

در این فصل قصد آن داریم که:

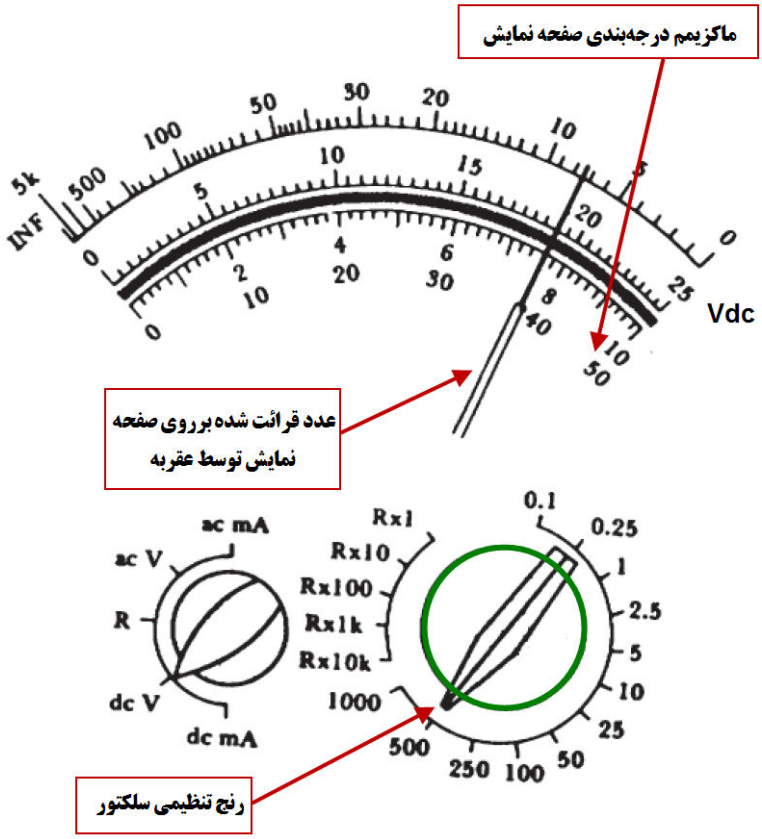
- علائم درج شده در وسایل اندازه‌گیری
- نحوه قرائت مقدار اندازه‌گیری شده
- نحوه در مدار قرارگرفتن وسایل اندازه‌گیری

را به طور صنعتی و کاملا کاربردی بررسی نماییم.

۸-۲-۲) نحوه قرائت مقدار اندازه‌گیری شده

در اهم‌مترهای دیجیتال معمولا عدد قرائت شده به صورت مستقیم نمایش داده می‌شود اما در اهم‌مترهای آنالوگ در اکثر اوقات بایستی ضرایبی را برای بدست آوردن عدد واقعی بکار برد که برای تمام اهم‌مترها از فرمول زیر استفاده می‌شود.

$$\text{مقدار اندازه‌گیری شده واقعی} = \frac{\text{رنج تنظیمی سلکتور} \times \text{عدد قرائت شده برروی صفحه نمایش توسط عقربه}}{\text{ماکزیمم درجه‌بندی صفحه نمایش}}$$



شکل ۸-۱: نحوه قرائت مقدار اندازه‌گیری شده

مثال: با توجه به شکل بالا میزان ولتاژ *DC* نمایش داده شده توسط مولتی‌متر آنالوگ را بدست آورید.

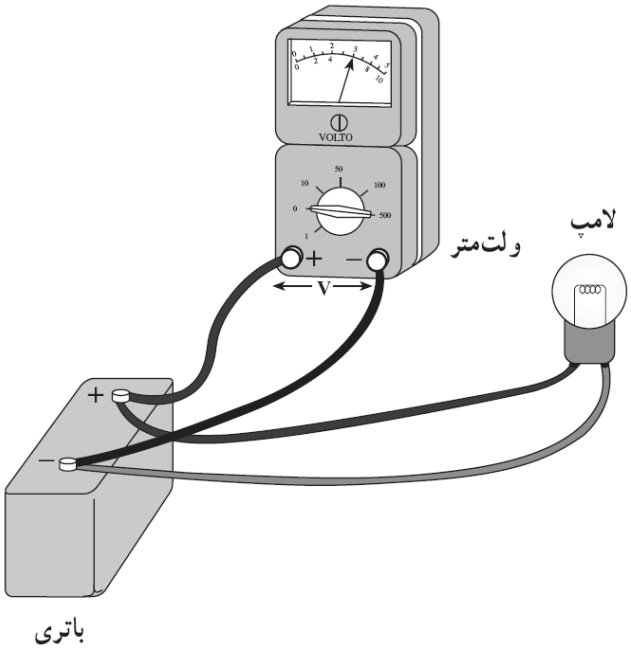
$$\text{مقدار اندازه‌گیری شده واقعی} = \frac{\text{رنج تنظیمی سلکتور} \times \text{عدد قرائت شده برروی صفحه نمایش توسط عقربه}}{\text{ماکزیمم درجه‌بندی صفحه نمایش}}$$

$$\text{مقدار اندازه‌گیری شده واقعی} = \frac{۱۸ \times ۵۰۰}{۲۵} = ۳۶۰$$

۸-۳) نحوه قرارگرفتن تجهیزات اندازه‌گیری در مدار

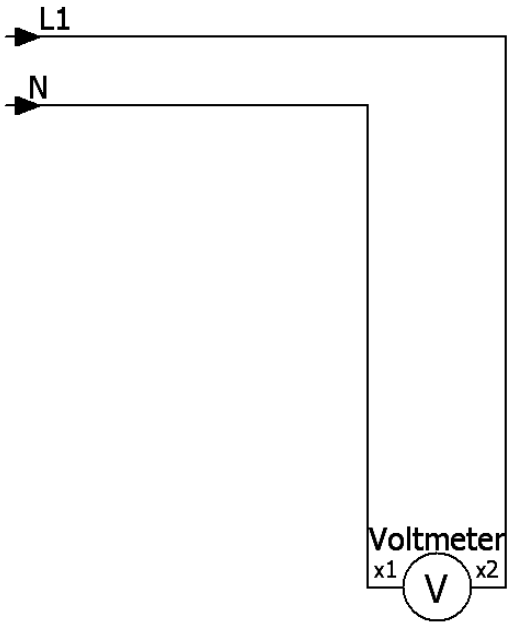
۸-۳-۱) ولت‌متر تک‌فاز

دستگاهی که ولتاژ را اندازه می‌گیرد، ولتمتر نام دارد. از آنجایی که ولتمتر، برای سنجش میزان اختلاف پتانسیل بین دو نقطه از مدار استفاده می‌شود، باید هنگام قرار گرفتن در مدار، با آن دو نقطه به طور موازی قرار گیرد و بنابراین باید دارای مقاومت زیادی باشد تا نصب آنها، تأثیری روی مشخصات مدار و در نتیجه جریان آن نداشته باشد. در صورتی که ولت متر به صورت سری در مدار قرار گیرد، به دلیل مقاومت بالای آن، جریان الکتریکی از آن بخش از مدار نمی‌گذرد و در نتیجه آن بخش از مدار عملا قطع خواهد بود.



شکل ۸-۲: نحوه قرارگرفتن ولت‌متر تک‌فاز در مدار

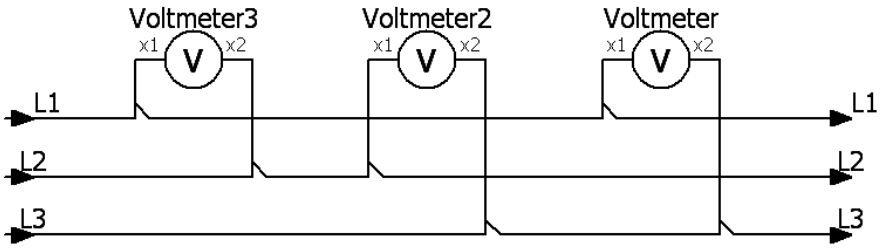
همانطور که در شکل ۸-۳ مشاهده می‌شود ولت‌متر به صورت موازی در مدار قرار می‌گیرد. بایستی به این نکته توجه داشت که می‌بایست مقاومت داخلی ولت‌متر زیاد باشد چراکه در غیراینصورت باعث اتصالی بین فاز و نول خواهد شد. بنابراین در تمام دستگاه‌های اندازه‌گیری مقاومت داخلی ولت‌متر را عدد بزرگی قرار می‌دهند.



شکل ۸-۳: نحوه قرارگیری ولت‌متر تک‌فاز در مدار

۸-۳-۲) ولت‌متر سه‌فاز(خطی)

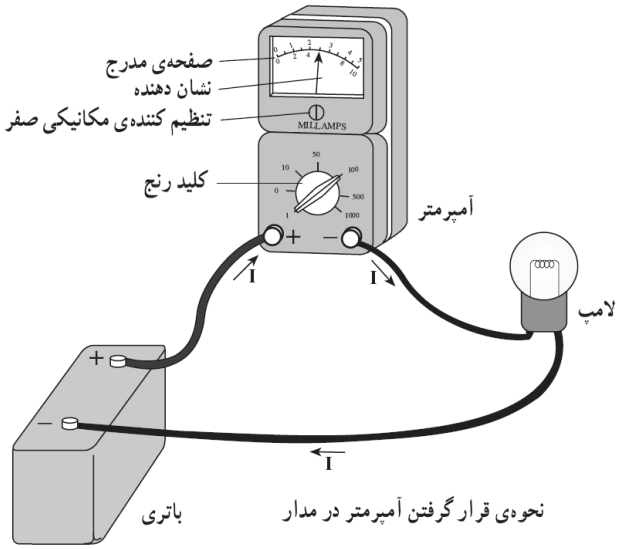
این نکته حائز اهمیت است که درصورتی می‌توانیم ولت‌مترهای خود را با دو خط موازی نماییم که هریک از ولت‌مترها بتوانند ولتاژی را که برروی آن‌ها می‌افتد تحمل نمایند. به عنوان مثال ولت‌متری را می‌توانید در شبکه ایران به صورت زیر سربندی نمایید که در آن عدد ۳۸۰ درج شده باشد درصورتی که عدد درج شده ۲۲۰ باشد، ولت‌متر خواهد سوخت. درصورت وجود ولت‌متر ۲۲۰ در شبکه سه‌فاز بایستی آن‌ها را به صورت موازی با نول(N) سربندی نماییم. در ولت‌مترهای DC معمولا ترمینال های ورودی وسیله با علامت‌های مثبت و منفی نشان داده می‌شوند. در برخی مولتی‌مترها نیز، برای اندازه‌گیری ولتاژ DC ورودی مثبت آن را معمولا با رنگ قرمز و ورودی منفی آن را با رنگ سیاه مشخص می کنند.



شکل ۸-۴: نحوه قرارگیری ولت‌متر سه‌فاز(خطی)در مدار

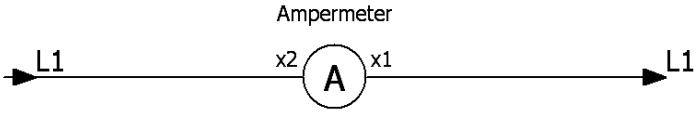
۸-۳-۳) آمپرمتر تک‌فاز

دستگاه اندازه‌گیری جریان الکتریکی آمپرمتر نام دارد. آمپرمترها را باید به طور سری در مدار قرار داد و از این رو دارای مقاومت ناچیزی هستند. در صورتی که آمپرمتر به صورت موازی در مدار قرار گیرد، به دلیل مقاومت کم آن، جریان بسیار زیادی از آن عبور کرده که ممکن است باعث آسیب رساندن به آمپرمتر شود. آمپرمترها معمولا به شکل‌های آزمایشگاهی، تابلویی و یا در مولتیمتر ساخته و در دو نوع تک‌فاز و سه‌فاز می‌باشند. آمپرمترهایی که در تابلوها نصب شدهاند، به شکل سری در مدار مربوطه قرار گرفته و معمولا جریان خط را اندازه می‌گیرند.



شکل ۸-۵: نحوه قرارگرفتن آمپرمتر تک‌فاز در مدار

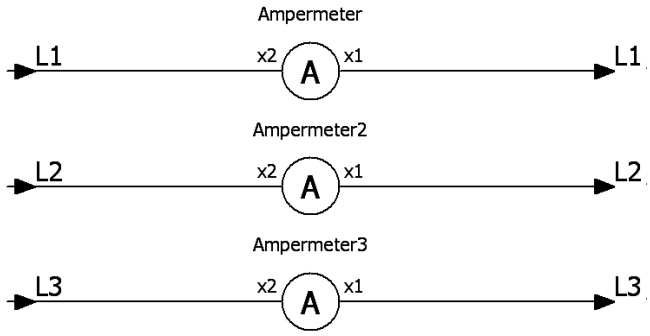
مطابق آنچه در شکل ۸-۶ مشاهده می‌شود آمپرمتر به صورت سری در مدار قرارگرفته و مقاومت داخلی آن کوچک می‌باشد.



شکل ۸-۶: نحوه قرارگیری آمپرمتر تک‌فاز در مدار

۸-۳-۴) آمپرمتر سه‌فاز

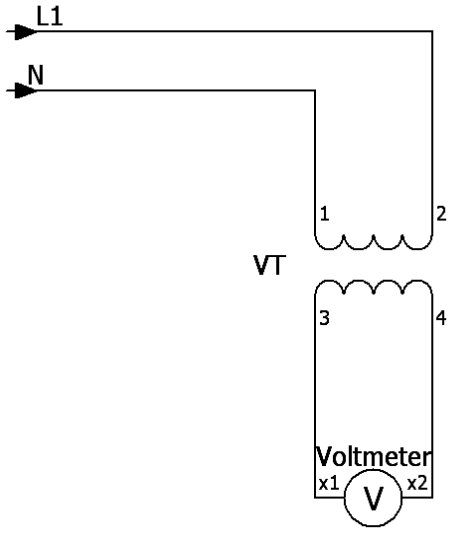
همانطور که در شکل ۸-۷ مشاهده می‌شود هریک از آمپرمترها به صورت سری در مدار قرارگرفته‌اند.



شکل ۸-۷: نحوه قرارگیری آمپرمتر سه‌فاز در مدار

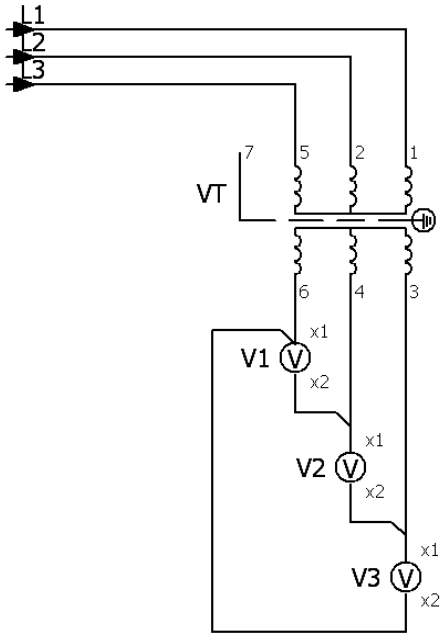
۸-۳-۵) قرار گرفتن ترانس ولتاژ *VT* در شبکه تک‌فاز

همانطور که در شکل ۸-۸ مشاهده می‌شود دوسر سیم‌پیچ اولیه موازی با شبکه بوده و سرهای ثانویه به دستگاه اندازه‌گیری(ولت‌متر) می‌شود.



شکل ۸-۸: نحوه قرارگیری *VT* در شبکه تک‌فاز

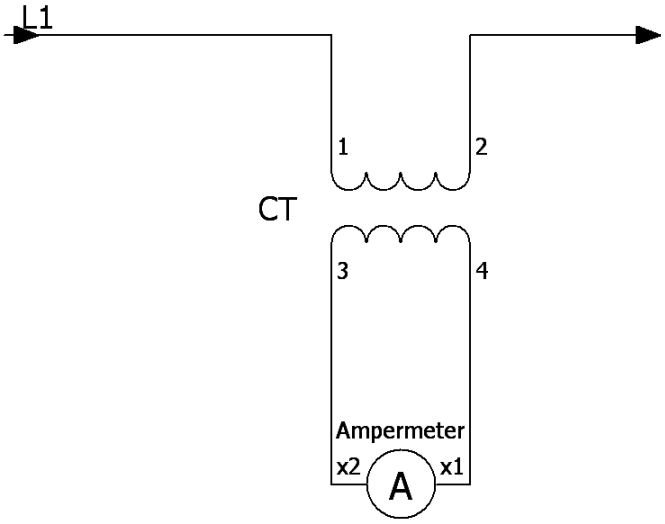
اگر بخواهیم در شبکه‌ی سه‌فاز از ترانس ولتاژ استفاده نماییم معمولا ترانس‌های ولتاژ را با هم به صورت ستاره در هردوسمت سیم‌بندی می‌نمایند که در شکل ۸-۹ به نمایش درآمده است.



شکل ۸-۹: استفاده از ترانس ولتاژ در شبکه‌ی سه‌فاز

۸-۳-۶) قرارگرفتن ترانس جریان *CT* در شبکه تک‌فاز

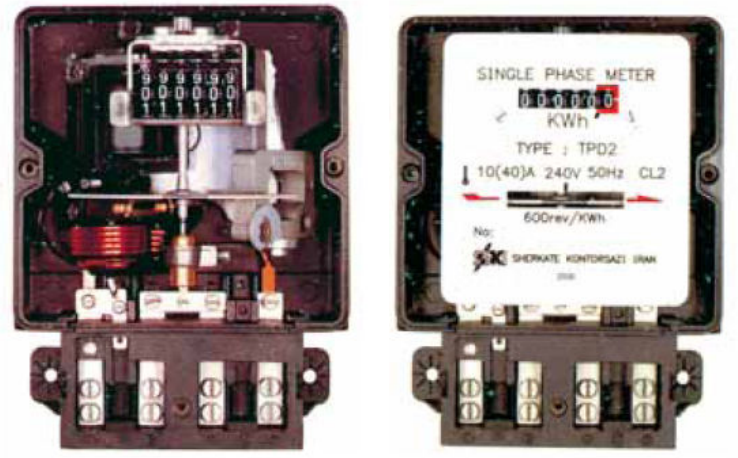
CT به صورت سری با یکی از خطها قرار می‌گیرد و دوسر ثانویه آن به دستگاه اندازه‌گیری(آمپرمتر) وصل می‌شود(شکل ۸-۱۰).



شکل ۸-۱۰: نحوه قرارگیری *CT* در شبکه تک‌فاز

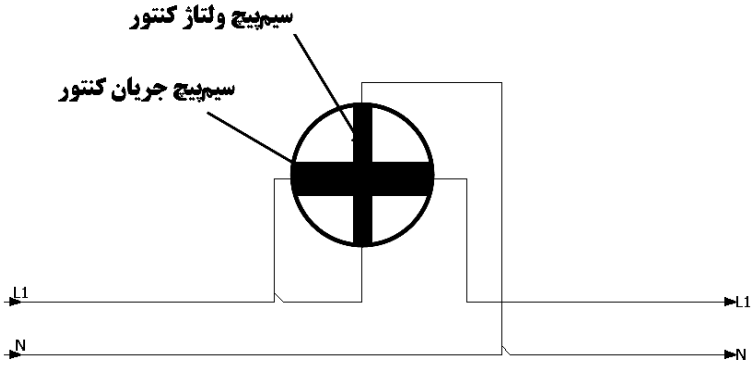
اگرچنانچه بخواهیم در شبکه‌ی سه‌فازی از *CT* استفاده نماییم کافیست *CT*ها را همانند شکل ۸-۱۰ در مسیر تک‌تک فازها قرار دهیم.

۸-۳-۷) کنتور تک‌فاز[1]



شکل ۸-۱۱: کنتور تک‌فاز

کنتور وسیله‌ای است برای اندازه‌گیری انرژی مصرفی بنابراین کنتور انرژی مصرفی را از حاصل ضرب ولتاژ در جریان در زمان مصرف انرژی محاسبه می‌نماید. از آنجا که هردو پارامتر ولتاژ و جریان در کنتور تاثیرگذارند بنابراین کنتور بایستی هردو پارامتر را مورد سنجش قراردهد. از این رو کنتور به صورت سری – موازی در مدار قرار می‌گیرد.



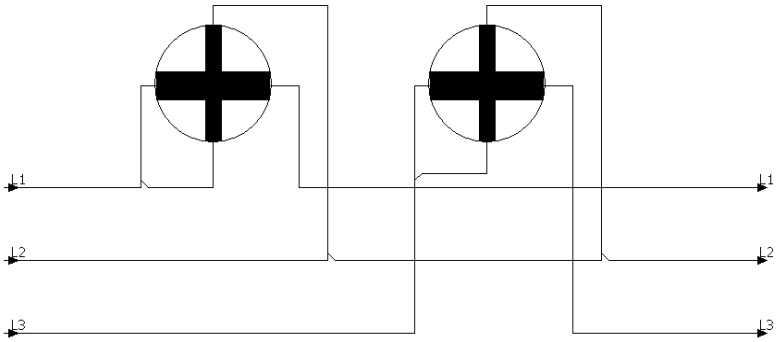
شکل ۸-۱۲: نحوه قرارگیری کنتور تک‌فاز در مدار

۸-۳-۸) کنتور سه‌فاز سه‌سیمه

این کنتورها برای سیستم‌های سه‌فاز متعادل مورد استفاده قرار می‌گیرند که در این سیستم نیازی به سیم نول نیست(شکل ۸-۱۳).

---

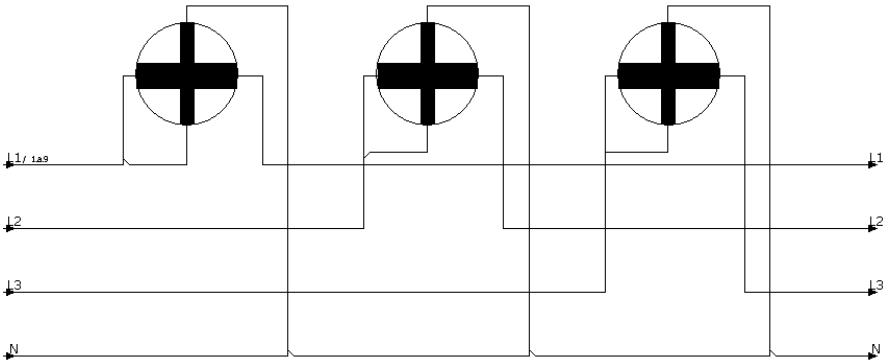
[1] سیم‌پیچ جریان در شماتیک نشان داده شده دارای تعداد دور کم‌تر و سطح مقطع بیشتر و سیم‌پیچ ولتاژ دارای تعداد دور بیشتر و سطح مقطع کمتر می‌باشد که برای تمایز این دو سیم‌پیچ یکی به صورت زخیم‌تر از دیگری ترسیم شده است.



شکل ۸-۱۳: نحوه قرارگیری کنتور سه‌فاز سه‌سیمه در مدار

۸-۳-۹) کنتور سه‌فاز چهارسیمه

این کنتور برای سیستم‌های سه‌فاز نامتعادل و متعادل مطلوب می‌باشد(شکل ۸-۱۴).

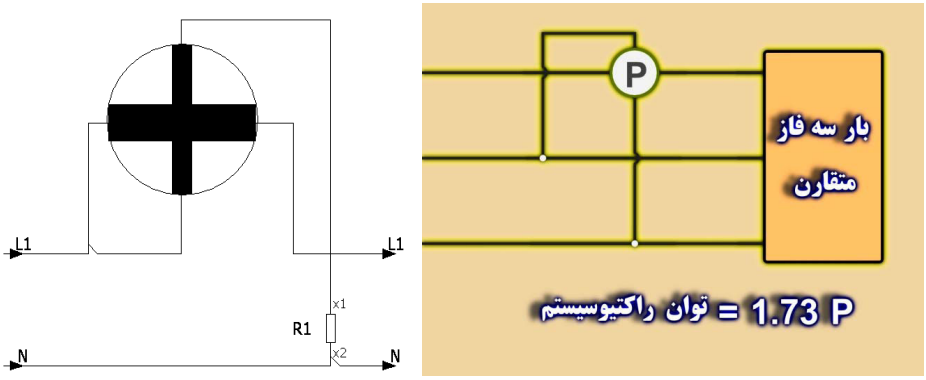


شکل ۸-۱۴: نحوه قرارگیری کنتور سه‌فاز چهارسیمه در مدار

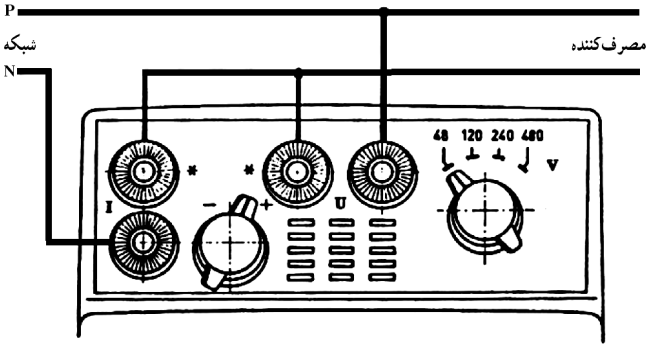
۸-۳-۱۰) وات‌متر تک‌فاز

شکل ۸-۱۵: وات‌متر تک‌فاز

واتمتر وسیله‌ای است که توان مصرفی را اندازه‌گیری می‌نماید از آنجا که توان یک کمیت وابسته به ولتاژ و جریان می‌باشد بنابراین در ساختار واتمتر دوسیم‌پیچ ولتاژ و جریان وجود دارد از اینرو واتمتر به صورت سری – موازی در مدار قرار می‌گیرد(شکل ۸-۱۶).



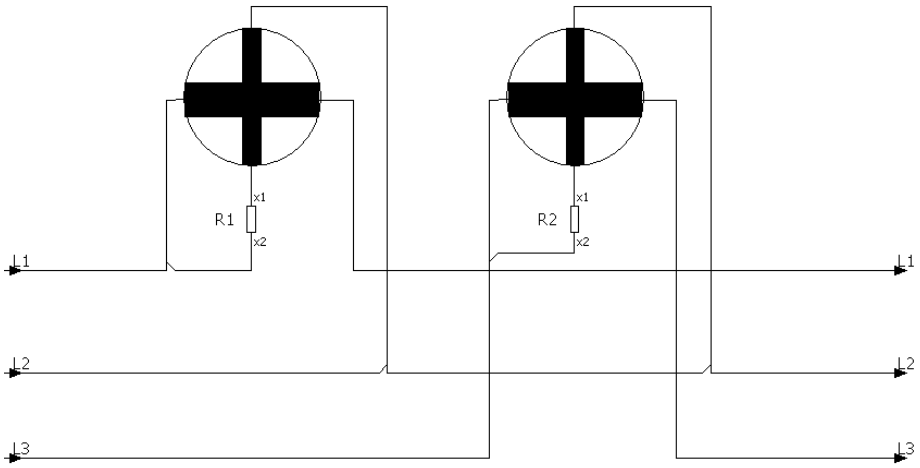
شکل ۸-۱۶



شکل ۸-۱۷: نحوه اتصال یک واتمتر به شبکه‌ی برق شهر و مصرف‌کننده

۸-۳-۱۱) واتمتر سه‌فاز(دوواته)

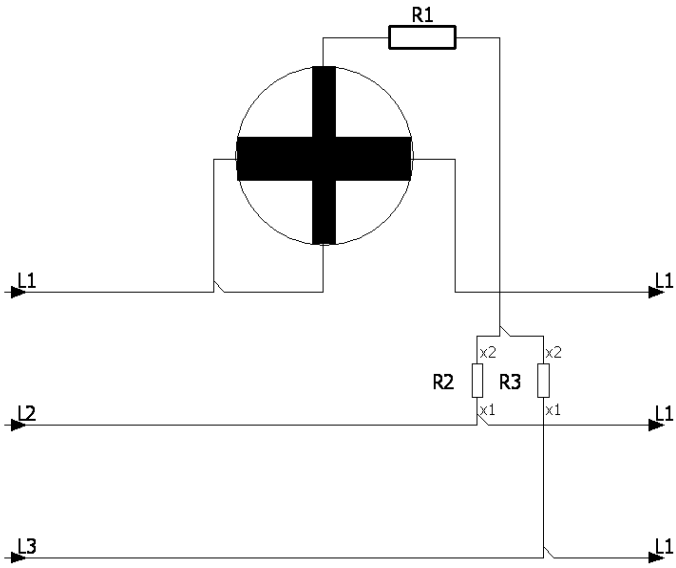
از این واتمتر برای اندازه‌گیری توان شبکه سه‌فاز متعادل استفاده می‌شود.

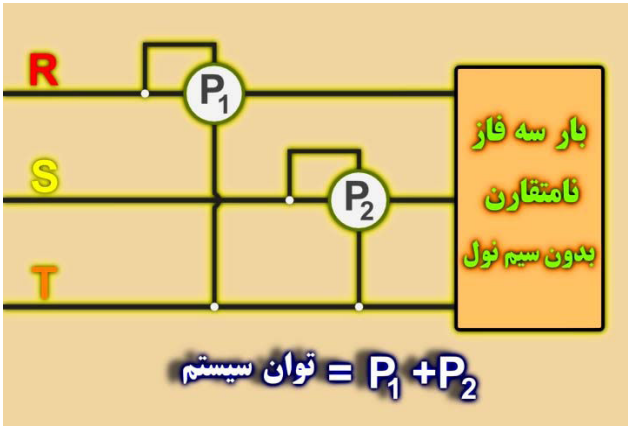


شکل ۸-۱۸: نحوه قرارگیری واتمتر سه‌فاز در مدار

۸-۳-۱۲) واتمتر سه‌فازه(تک‌واته)

از این واتمتر برای اندازه‌گیری توان شبکه‌های سه‌فاز متعادل و نامتعادل استفاده می‌شود(شکل ۸-۱۹).



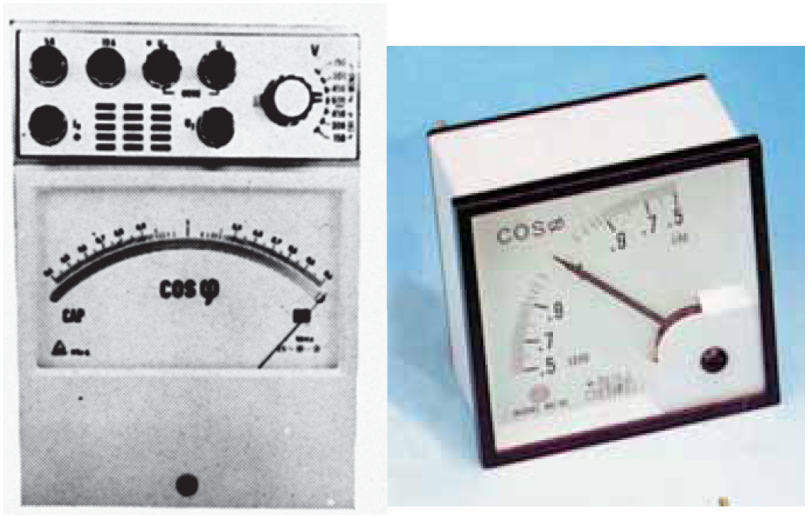


شکل ۸-۱۹

واتمترها معمولا دارای محدوده‌های متفاوتی برای اندازه‌گیری توان هستند. این محدوده‌ها ممکن است بر حسب توان، مشخص نشده باشند، بلکه دستگاه دارای دو سلکتور، یکی برای تعیین محدوده ولتاژ ورودی و دیگری برای تعیین محدوده جریان ورودی باشد. در بعضی از واتمترها فقط یک سلکتور برای تعیین محدوده ولتاژ وجود دارد. در این صورت، به طور معمول میزان جریان نامی واتمتر برابر با ۵ آمپر می‌باشد. باید توجه داشت که جریان و ولتاژ ورودی واتمتر نباید از حد مجاز بیشتر شوند. ممکن است نتوان از روی توان اندازه‌گیری شده توسط واتمتر، افزایش جریان یا ولتاژ را از محدوده مجاز تشخیص داد. به عنوان مثال، ممکن است جریان ورودی به دستگاه بیشتر از حد مجاز باشد، ولی چون مقدار ولتاژ یا ضریب توان کم است، واتمتر رقم کوچکی را نشان دهد. اگر از یک واتمتر با محدوده پایین ولتاژ و جریان استفاده می‌شود، می‌توان ولتاژ و جریان شبکه را به ترتیب با استفاده از ترانسفورماتور ولتاژ(*PT*) و ترانسفورماتور جریان(*CT*) به محدوده مجاز

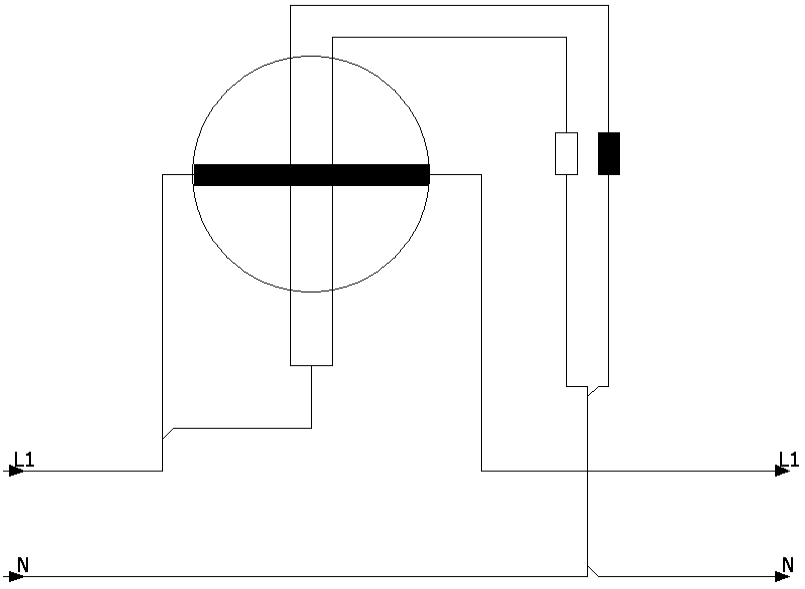
وات‌متر کاهش داد و پس از اندازه‌گیری، رقم قرائت‌شده را در نسبت‌های تبدیل این دو ترانسفورماتور ضرب کرد. در اتصالات باید دقت کرد که PT به صورت موازی و CT به صورت سری در مدار قرار گیرند. در غیر این صورت ممکن است به وات‌متر و این دستگاه‌ها آسیب جدی وارد شود.

۸-۳-۱۳) کسینوس فی‌متر تک‌فاز

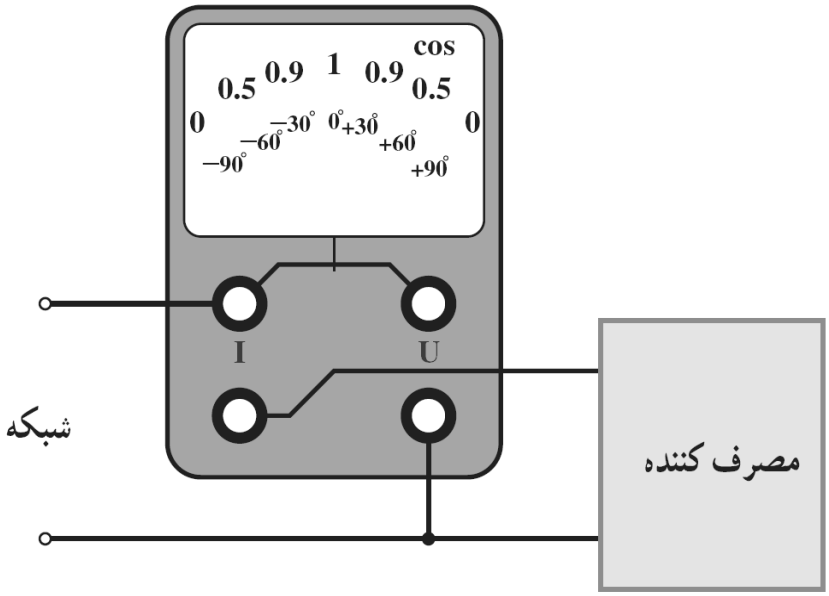


شکل ۸-۲۰: کسینوس فی‌متر تک‌فاز

از این وسیله اندازه‌گیری به منظور سنجش کسینوس زاویه بین ولتاژ و جریان استفاده می‌شود. در اندازه‌گیری‌ها و سیستم‌های ضریب اصلاح توان(بانک خازنی) بایستی توسط وسیله اندازه‌گیری زاویه بین ولتاژ و جریان سنجیده تا بتوان فرمان قطع و وصل خازن‌ها داده شود. کسینوس‌فی‌متر از آنجا که مرتبط با ولتاژ و جریان می‌باشد به صورت سری – موازی در مدار قرار می‌گیرد(شکل ۸-۲۱).

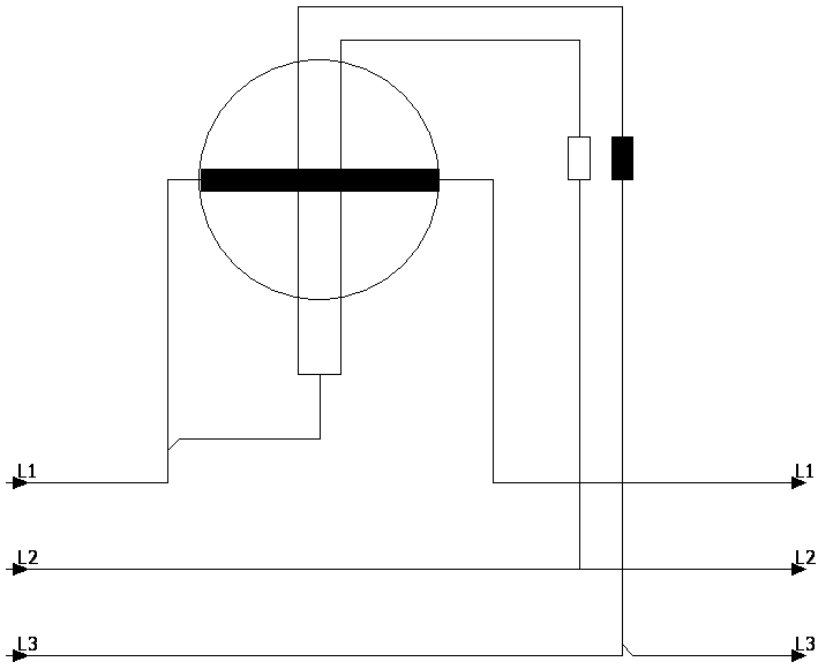


شکل ۸-۲۱: نحوه قرارگیری کسینوس فی‌متر تک‌فاز در مدار



شکل ۸-۲۲: نحوه اتصال کسینوس‌فی‌متر به شبکه‌ی برق شهر و مصرف کننده

۸-۳-۱۴) کسینوس فی‌متر سه‌فاز



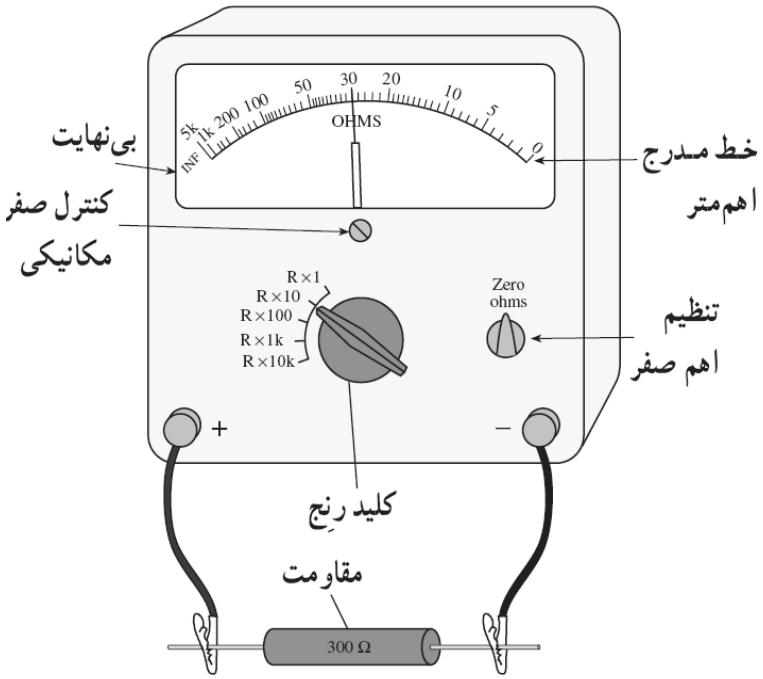
شکل ۸-۲۳

۸-۳-۱۵) اهم‌متر

اهم‌مِتر دستگاهی است که برای اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی بکار می‌رود و در دو نوع آنالوگ(عقربه‌ای) و دیجیتال موجود می‌باشد. روش کار با اهم متر عقربه‌ای به این صورت است که دو سر سیم را به مدار مورد نظرتان اتصال دهید عقربه شروع به حرکت می‌نماید. به خط مدرج اهم متر نگاه کنید:

- اگر سلکتور روی عدد $1X$ بود هر عددی را که عقربه نشان می‌دهد بخوانید.
- اگر سلکتور روی $100X$ باشد هر عددی که عقربه نشان داد را در ۱۰۰ ضرب نمائید.
- اگر سلکتور روی $k1X$ قرار داشت(۱ کیلو اهم مساوی ۱۰۰۰ اهم است) عدد عقربه را در ۱۰۰۰ ضرب نمائید.

- این اعداد همان مقاومت مدار مورد نظر است. در مورد اهم متر دیجیتالی نیز به همین صورت است با این تفاوت که عدد بر روی صفحه نماشگر نمایش داده می‌شود.
- برای اندازه گیری مقدار مقاومت مدار بایستی حدود آن را در نظر گرفته تا متناسب با آن سلکتور را تنظییم نمود، اگر عقربه به سمت راست یا چپ چسبید(در نوع دیجیتال هیچ عددی نمایش داده نمی‌شود) نشان‌دهنده آن است که سلکتور روی عدد درست تنظیم نشده‌است.
- تنها مطلبی که در اهم‌مترهای دیجیتال بایستی توجه کرد آن است که هرچه رنج را کوچک‌تر انتخاب نماییم دقت اهم‌متر بیشتر می‌شود.

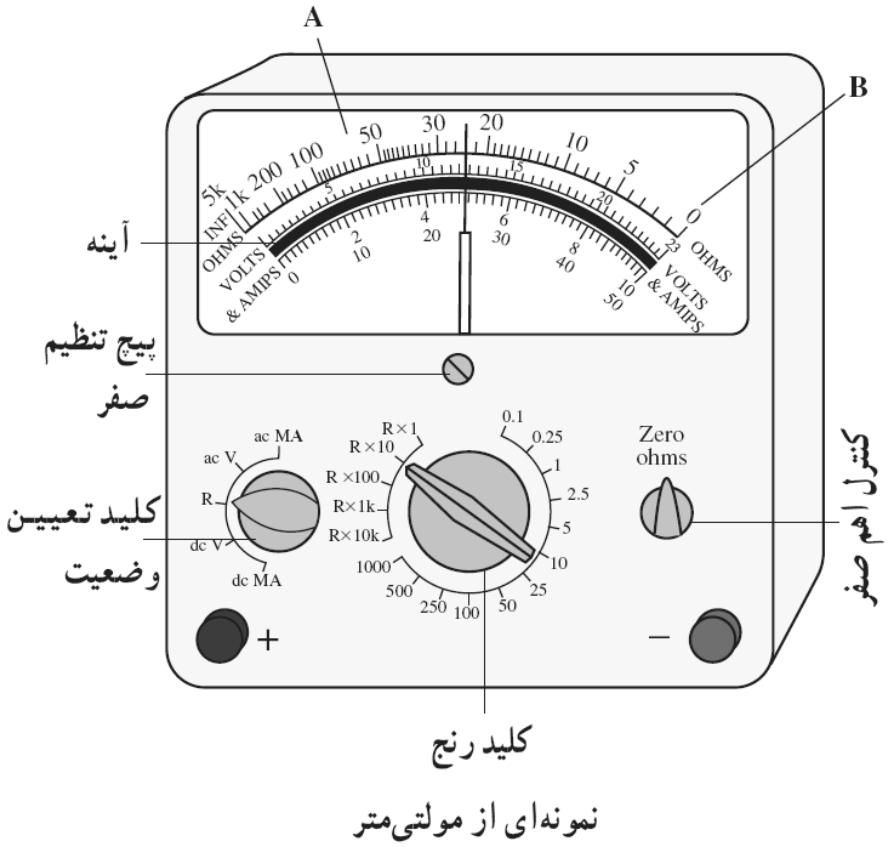


شکل ۸-۲۴: اهم‌متر درحال اندازه‌گیری یک مقاومت ۳۰۰ اهم

۸-۳-۱۶) مولتی‌متر

مولتی‌متر دستگاهی است که می‌تواند چندین کمیت الکتریکی را اندازه‌گیری نماید. معمولا مولتی‌مترهای موجود در بازار می‌توانند ولتاژ و جریان AC و DC و همچنین مقاومت در رنج‌های مختلف را

اندازه‌گیری نمایند. نکته‌ای که می‌بایست به آن توجه شود آن است که هنگام استفاده از مولتی‌متر با توجه به نوع کمیت الکتریکی سلکتور و پروب‌ها بایستی به درستی انتخاب شوند.



نمونه‌ای از مولتی‌متر

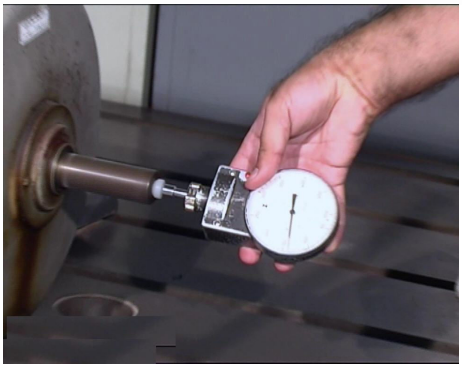
شکل ۸-۲۵

در استفاده از مولتی‌متر، به غیر از مواقع اندازه‌گیری جریان، در سایر موارد بهتر است دستگاه را روی محدوده اندازه‌گیری جریان رها نکرد. چون در این حالت مقاومت بین ترمینال‌های دستگاه کم بوده و خطر آسیب دیدن دستگاه زیاد است. همچنین موقع تغییر محدوده دستگاه توسط سلکتور، مناسبتر است که پروب‌های دستگاه از محل اندازه‌گیری جدا شده باشند.

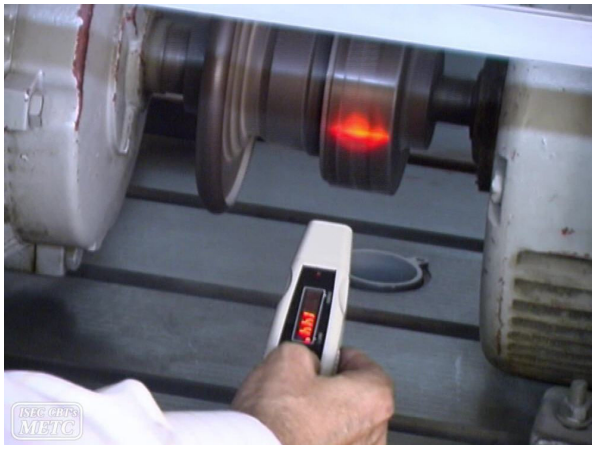
از آنجا که در ساختمان مولتی‌مترها نیز از باتری استفاده می‌شود، تضعیف باتری، به خصوص در انواع دیجیتال می‌تواند باعث اشتباه در عدد محاسبه شده توسط دستگاه شود. از این رو چک کردن وضعیت باتری دستگاه از مواردی است که به طور مرتب باید انجام شود. در بسیاری از مولتی‌مترها، وضعیت باتری دستگاه بر روی صفحه نمایش آن نشان داده می شود.

۸-۴) اندازه‌گیری کمیت‌های سرعت و لرزش موتور

برای اندازه‌گیری سرعت الکتروموتورها، از دستگاه سرعت‌سنج یا تاکومتر استفاده می‌شود. این دستگاه به دو شکل تماسی و غیرتماسی وجود دارد. در نوع تماسی، سرعت‌سنج با استفاده از یک پین به انتهای روتور متصل می‌شود. حرکت مکانیکی روتور با این پین به داخل دستگاه اندازه-گیری منتقل شده و این حرکت دورانی با یک مبدل به سیگنال الکتریکی تبدیل می‌شود که در سرعت‌سنج‌های آنالوگ با انحراف عقربه همراه خواهد بود. معمولا محدوده اندازه‌گیری با استفاده از دکمه روی دستگاه یا چرخش پین، قابل تنظیم است. در سرعت‌سنج‌های غیرتماسی معمولا از نور مادون قرمز به عنوان سنسور سرعت استفاده می‌شود. با تابش نور بر روی یک علامت یا برچسب روی دستگاه، میزان سرعت روتور حس می‌شود. این نوع تاکومترها بیشتر به صورت دیجیتالی ساخته شده و دارای دقت بیشتری نسبت به نوع تماسی می‌باشند. در برخی از سرعت‌سنج‌ها از هر دو نوع تکنولوژی تماسی و غیرتماسی برای اندازه‌گیری سرعت استفاده می‌شود. واحد اندازه‌گیری سرعت موتور معمولا دور بر دقیقه با علامت اختصاری RPM است که بیانگر تعداد چرخش روتور در مدت زمان یک دقیقه است. در بعضی مواقع از واحد دور بر ثانیه یا RPS نیز به منظور سنجش دور موتور استفاده می‌شود.



شکل ۸-۲۶: اتصال تاکومتر با استفاده از پین به انتهای روتور



شکل ۸-۲۷: نمایی از نحوه استفاده از تاکومتر غیرتماسی

برای اندازه‌گیری لرزش یا ارتعاش یک دستگاه متحرک همانند الکتروموتورها، نسبت به نقطه تعادل مکانیکی آنها از دستگاهی به نام ارتعاش‌سنج یا ویبرومتر استفاده می‌شود. واضح است که دستگاه‌های مکانیکی دوار معمولا نسبت به نقطه تعادل یا شرایط نرمال خود دارای نوسانات مکانیکی با فرکانس و دامنه خاصی هستند. دامنه این نوسانات از کمیت‌های مهم در مطالعه ارتعاشات بوده و با واحد اندازه‌گیری جابجایی یعنی متر سنجیده می‌شود. البته در ارتعاشات بسیار کم از واحدهای کوچکتر، مثل میکرومتر یا میکرون استفاده می‌گردد که یک میلیونیم متر است. دستگاه ویبرومتر با ایجاد تماس مکانیکی با روتور، قادر به حس کردن این نوسانات و اندازه‌گیری آن می‌باشد. معمولا کمیت مورد اندازه‌گیری در این دستگاه، مجموع دامنه ارتعاشات وسیله در دو طرف نقطه تعادل یا اصطلاحا نوسان Peak to Peak است که در صورت برابر بودن دامنه نوسانات در دو طرف، این مقدار همان دو برابر دامنه نوسانات است.

شکل ۸-۲۸: ارتعاش‌سنج

۸-۴-۱) اتصال موتورهای الکتریکی سه‌فاز به شبکه‌ی برق با کلید قطع و وصل(*0-1*)

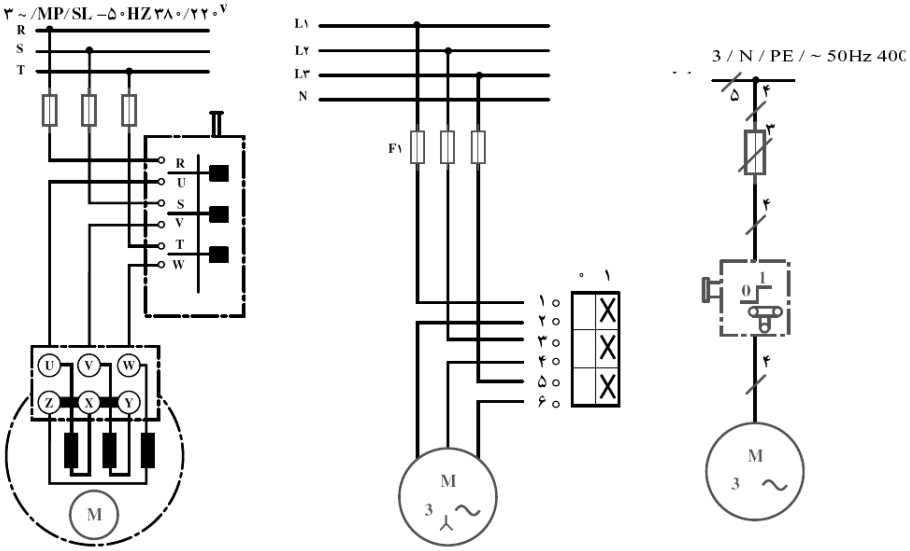
کلید زبانه‌ای قطع و وصل(*0-1*) دو حالت قطع و وصل دارد. برای راه‌اندازی موتور سه‌فاز یک بار باید سه‌فاز *L1*، *L2* و *L3* را به سرهای *U1*، *V1* و *W1* در موتور اتصال دهد و در حالت دوم باید این اتصال را قطع کند. حالت کاری این کلید به صورت زیر است.

L۱⟶ U۱

L۲⟶ V۱

L۳⟶ W۱

در زمانی از این کلید استفاده می‌شود که هدف قطع و وصل یک موتور باشد.



ج ــ شمای حقیقی (استاندارد VDE) ب ــ شمای حقیقی (استاندارد IEC) الف ــ شمای فنی (استاندارد IEC)

شکل ۸-۲۹

۸-۴-۲) تغییر جهت گردش موتورهای سه‌فاز توسط کلیدهای صنعتی دستی

در خیلی از موارد دستگاه‌های الکتریکی نظیر ماشین‌تراش، بالابرها، نقاله‌ها و.... نیازمند تغییر جهت گردش از راست‌گرد به چپ‌گرد و یا بالعکس می‌باشند. بدین منظور می‌توان از کلیدهای زبانه‌ای چپ‌گرد و راست‌گرد استفاده کرد. این نوع از کلیدها در دونوع موقت و دائم کار ساخته می‌شوند. نوع موقت برای راه‌اندازی جرثقیل‌ها و کارخانجات مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این نوع کلید تا زمانی که دست برروی آن قرار دارد کار می‌کند. شکل زیر نمای حقیقی کلید چپ‌گرد راست‌گرد زبانه‌ای را نمایش می‌دهد.

اصول کارکرد کلید: کلید دارای سه حالت قطع(*0*)، چپ‌گرد(*1*) و راست‌گرد(*2*) است.

در حالت راست‌گرد:

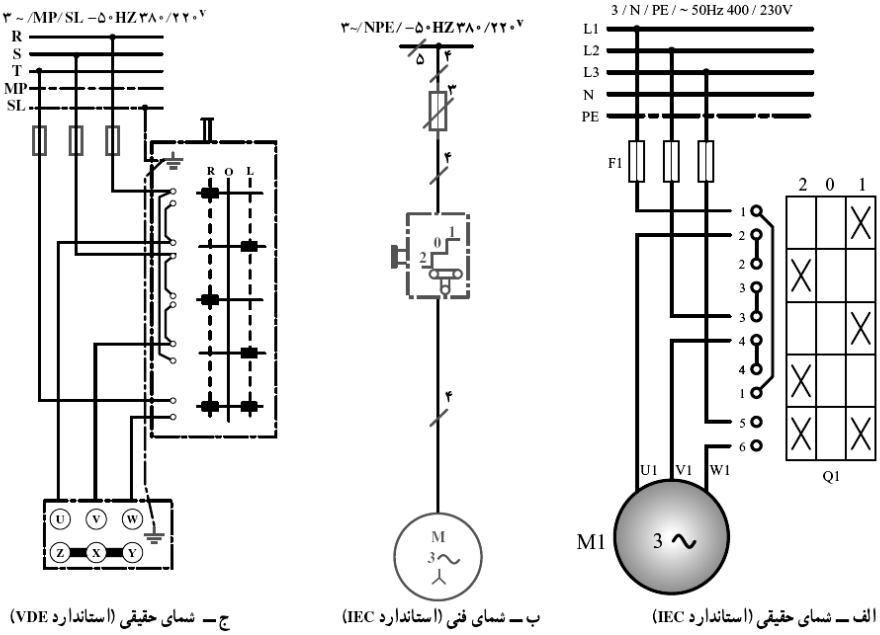
L۱⟶ U۱

L۲⟶ V۱

L۳⟶ W۱

در حالت چپ‌گرد

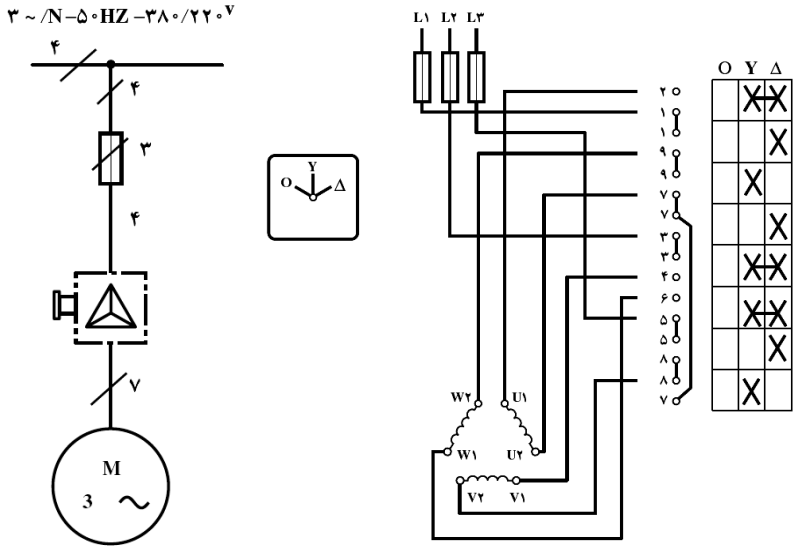
L۱ ⟶ V۱
L۲ ⟶ U۱
L۳ ⟶ W۱



شکل ۸-۳۰: تغییر جهت گردش موتورهای سه‌فاز توسط کلیدهای صنعتی دستی

۸-۴-۳) کنترل مدار موتور سه‌فاز با استفاده از کلید صنعتی دستی ستاره مثلث

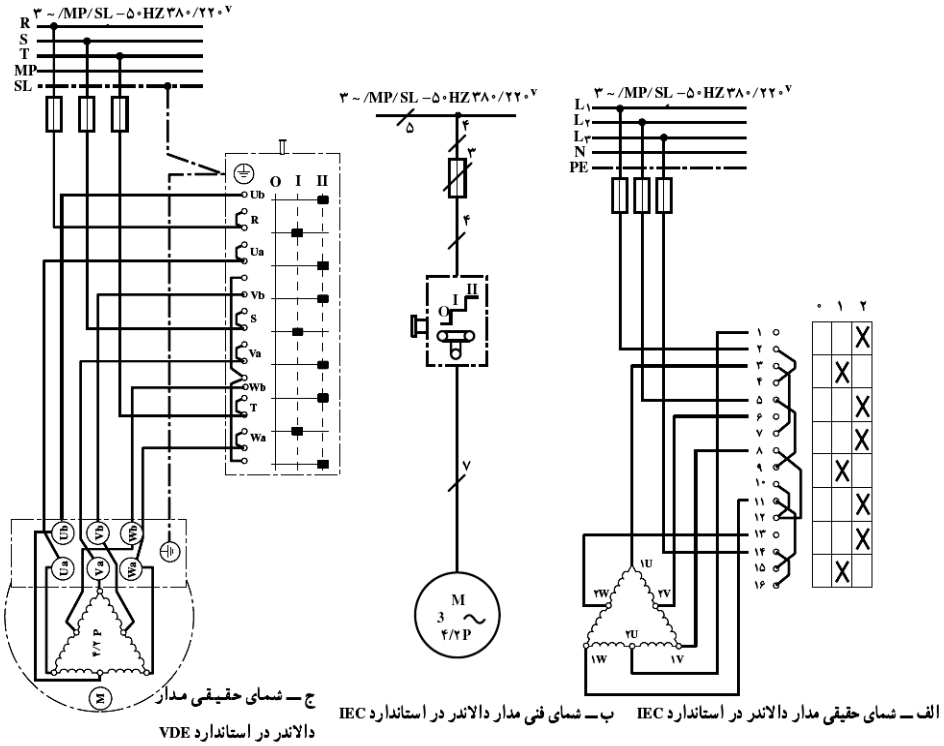
نقشه زیر راه‌اندازی الکتروموتور سه‌فاز به صورت دستی را توسط کلید اهرمی نمایش می‌دهد.



شکل ۸-۳۱: راه‌اندازی الکتروموتور سه‌فاز به صورت دستی را توسط کلید اهرمی

۸-۴-۴) کنترل مدار موتور سه‌فاز دوسرعته(دالاندر) توسط کلید صنعتی دستی

نقشه زیر نحوه کنترل یک موتور دوسرعته(دالاندر) را توسط کلید(*0-I-II*) به صورت زبانه‌ای و غلطکی را نمایش می‌دهد.



الف ــ شمای حقیقی مدار دالاندر در استاندارد IEC ب ــ شمای فنی مدار دالاندر در استاندارد IEC

ج ــ شمای حقیقی مدار دالاندر در استاندارد VDE

شکل ۸-۳۲: نحوه کنترل یک موتور دالاندر توسط کلید(*0-I-II*) و به صورت زبانه‌ای و غلطکی

جدول ۸-۱: علائم درج‌شده در وسایل اندازه‌گیری ۱

شرح	علامت
دستگاه الکترودینامیکی بدون هسته	
دستگاه الکترودینامیکی با هسته‌ی آهنی	
دستگاه الکترودینامیکی با قاب صلیبی بدون هسته	
دستگاه الکترودینامیکی با قاب صلیبی با هسته‌ی آهنی بسته	
دستگاه اندوکسیونی	
دستگاه اندوکسیونی نسبت‌سنج	
دستگاه اندازه‌گیری با سیم حرارتی	
دستگاه اندازه‌گیری بی‌مثال	
دستگاه الکترواستاتیکی	
دستگاه ویبراسیونی (نوسانی)	
دستگاه مبدل حرارتی (ترموکوپل)متصل به سیم حرارتی	
دستگاه مبدل حرارتی (ترموکوپل) عایق	
یکسوکننده	
اتصال سیم حفاظتی (اتصال زمین)	
علامت جهت میزان‌کردن صفر دستگاه	
در موقع اندازه‌گیری با این دستگاه دقت شود	
دستگاه با ولتاژ امتحان شده میزان نیست	

جدول ۸-۲: علائم درج‌شده در وسایل اندازه‌گیری ۲

شرح	علامت
جریان مستقیم	
جریان متناوب	
جریان مستقیم و متناوب	
با ۵۰۰ ولت آزمایش‌شده	
با ۲۰۰۰ ولت آزمایش‌شده	
با هیچ ولتاژی آزمایش نشده	
قرارگیری دستگاه به‌طور عمودی	
قرارگیری دستگاه به‌طور افقی	
قرارگیری دستگاه با زاویه ۶۰ درجه	
دقت کلاس برابر است با خطای مطلق دستگاه نسبت به حداکثر مقداری که دستگاه می‌سنجد مثلاً ۱/۵٪	1.5
دستگاه با آهنربای دائم و قاب‌گردان	
دستگاه با آهنربای دائم و قاب‌گردان صلیبی	
دستگاه باآهنربای گردان	
دستگاه با آهنربای گردان و حوزه صلیبی	
دستگاه با آهن نرم گردان	

جدول ۸-۳: علائم درج‌شده در وسایل اندازه‌گیری ۳

شرح		علامت
کمیت مورد اندازه‌گیری	دستگاه‌اندازه‌گیری	
جریان	آمپرمتر	A
ولتاژ	ولت‌متر	V
توان	وات‌متر	W
انرژی	کیلووات ساعت متر (کنتور)	KWh
مقدار الکتریسیته	آمپر ساعت متر	Ah
اختلاف فاز	ضریب قدرت‌سنج (فازسنج)	φ
فرکانس	فرکانس‌متر	Hz
مقاومت	اهم‌متر	Ω
ضریب خودالقایی	اندوکتانس متر (ضریب سلفی‌سنج) (هانری متر)	H
ظرفیت خازن	کاپاسیتانس‌متر (ظرفیت خازن‌سنج) (فارادمتر)	F

جدول ۸-۴: علائم درج‌شده در وسایل اندازه‌گیری ۴

شرح	علامت
محافظ خارجی در مقابل میدان‌های مغناطیسی (اولین طبقه حفاظت)	
محافظ خارجی در مقابل میدان‌های الکتریکی (اولین طبقه حفاظت)	
دستگاه اندازه‌گیری آهنربای دایم و قاب‌گردان که با اولین طبقه حفاظت میدان مغناطیسی تهیه شده است.	
دستگاه اندازه‌گیری الکترواستاتیکی که با اولین طبقه حفاظت میدان الکتریکی تهیه شده است.	

جدول ۸-۵: علائم درج‌شده در وسایل اندازه‌گیری ۵

شرح	علامت
جریان مستقیم	—
جریان متناوب	~
جریان سه فاز	≋
مستقیم و متناوب با هم	≂

جدول ۸-۶: علائم درج‌شده در وسایل اندازه‌گیری ۶

شرح دستگاه		علامت	
مکانیزم اصلی	جزئیات	برای دستگاه‌های نسبت‌سنج (بدون گشتاور مکانیکی برگشت به حالت اول)	برای دستگاه‌های با گشتاور مکانیکی برگشت به حالت اول
آهنربای دایم	باقاب‌گردان		
	با آهنربای گردان		
آهن‌نرم گردان	—		
	همراه با آهنربای دایم		
الکترودینامیکی	—		
	باهسته مغناطیسی بسته (فرودینامیک)		
اندوکسیونی	—		
	اندوکسیونی ــ مغناطیسی		
حرارتی	سیم حرارتی		
	بی‌متالی		
ترموکوپلی	حرارتی عایق شده		
	حرارتی عایق نشده		
یکسو کننده	نیمه هادی		
	لامپی		
ترکیبی	ترموکوپلی و آهنربای دایم با قاب‌گردان		
	یکسوکننده همراه با آهنربای دائم گردان		
الکترواستاتیک	—		
ارتعاشی	—		

فهرست منابع

منابع فارسی:

۱. حیدری، محمد و دیگران، کتاب ماشین‌های الکتریکی *AC*، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۸۵.
۲. اعتضادی، محمود، و ناصر ساعتچی و عباس یوسفی، کتاب تکنولوژی و کارگاه برق‌صنعتی، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران، ۱۳۸۵.
۳. نشریه شماره ۱-۱۱۰ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور(مشخصات فنی و عمومی و اجرایی تاسیسات برق – جلد اول).
۴. جدول‌های وسترمان برق، ترجمه محمد ربیع‌زاده، انتشارات گئورگ وسترمان.
۵. خدادادی، شهرام، کتاب راه‌اندازی موتورهای سه‌فاز و تک‌فاز، سه جلد، شرکت صنایع آموزشی وابسته به وزارت آموزش و پرورش، ۱۳۸۴.
۶. فدوی مزینانی، محمد، کتاب آموزش عملی *PLC* با تکیه بر مدل پرکاربرد *LOGO*، انتشارات امید مهر، ۱۳۸۳.
۷. راثی‌فرد، عبدالرضا، کتاب کنترل کاربردی در ماشین‌سازی و مکاترونیک، انتشارات طراح، ۱۳۸۵.
۸. کشاورز باحقیقت، علیرضا، کشاورز باحقیقت، مهدی، کتاب ۴۵ پروژه با *PLC*، انتشارات دانش‌پرور، ۱۳۸۸.