فهرست مطالب

عنوان | صفحه

حفاظت و ایمنی ۱
سیستمهای اندازه‌گیری و ابزارهای مربوطه ۲
فلزکاری مقدماتی ۸
لحیم‌کاری روی سیم‌ها ۱۸
سیمها و اتصالات ۲۲
اصول الکتریسیته (جریان مستقیم، جریان متناوب سه فاز و تک فاز) ۲۷
وسایل نقشه‌کشی ۱۰۰
اصول نقشه‌کشی برق ۱۰۳
آشنایی با وسایل و ابزار سیم‌کشی ساختمان و نقشه‌کشی مدارات روشنایی ۱۰۴
کاربرد لوله‌ها در صنعت برق ۱۲۲
کابل و کابل‌کشی ۱۲۶
مبانی ماشینهای الکتریکی جریان متناوب (AC) ۱۳۷
راه‌اندازی الکتروموتورها بوسیله کلید دستی ۱۶۱
اصول اندازه‌گیری الکتریکی ۱۷۸
وسایل حفاظتی ماشینهای الکتریکی ۱۹۷
کنتاکتور و مدارهای راه‌اندازی الکتروموتورها بوسیله کنتاکتورها ۲۰۴
حفاظت الکتریکی ۲۳۲
طراحی تابلوهای فشار ضعیف (فرمان الکتریکی، توزیع انرژی الکتریکی) ۲۴۹

مقررات و نکات ایمنی کارگاههای برق

برای جلوگیری از خطر برق گرفتگی موارد ایمنی زیر را بخاطر بسپارید.

۱- هیچگاه با دستان خیس یا مرطوب به وسایل برقی، کلیدها و پریزها دست نزنید.

۲- به قسمت فلزی لامپها دست نزنید. در هنگام نصب سرپیچ سعی کنید سیم فاز را به ته سرپیچ وصل کنید.

۳- سیمهای حامل جریان که به وسایل برقی مانند سماور،اتو،پنکه،هویه و ... وصل هستند هر چند وقت یکبار بازرسی نموده و دقت کنید که این سیمها لخت نشده باشند.

٤- در موقع کار کردن و تعمیرات وسایل برقی جریان برق را قطع کنید.

٥- اگر می‌خواهید برای نجات فرد برق گرفته‌ای اقدام کنید هیچ گاه به قسمتهای لخت بدن او دست نزنید زیرا در این صورت شما نیز دچار برق گرفتگی خواهید شد.

٦- سیمهای معمولی برق را نباید بدون عبور دادن از لوله های مخصوص در داخل دیوار قرار داد زیرا بزودی این سیمها پوسیده شده و خطر اتصالی و برق گرفتگی بوجود خواهد آمد.

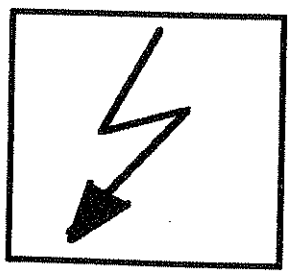
۷- در موقع وصل وسایل الکتریکی کهنه و زنگ زده به برق و تعمیر آنها نهایت دقت را کرده و حتی الامکان از آنها استفاده نکنید.

۸- در موقع استحمام از دست زدن به وسایل برقی و سیمهای برق خودداری کنید و تا جائی که امکان دارد در حمامها از نصب پریز و استفاده از وسایل برقی خودداری کنید.

۹- وقتی جریان کارگاهی را قطع می کنید برای وصل مجدد برق اطمینان حاصل کنید که کسی در حال کار یا تعمیر دستگاههای مربوطه به جریان آن قسمت نیست. همچنین دراین موارد که برای انجام تعمیرات،برق منزل یا کارگاهی را قطع کرده اید بوسیله یک یادداشت با مضمون (کارگران مشغول کارند) روی کنتور چسبانده و دیگران را از دلیل قطع برق مطلع سازید.

۱۰- به تصور اینکه برق فشار ضعیف یعنی 220 ولت خطرناک نیست نباید در قسمتهایی که با این برق کار میکنید بدون قطع جریان کار کرد.

۱۱- در موقع بازدید ازکارخانجات و پستهای فشار قوی برق برای اطمینان بیشتر دستهای خود را در جیب قرار داده زیرا با نزدیکی دست به کابلهای فشار قوی جریان برق از طریق یونیزاسیون هوا وارد بدن شما شده و دچار برق گرفتگی شدید خواهید شد. همچنین بر روی تابلوها و وسایلی که این علامت را مشاهده کردید از باز کردن درب تابلو و دست زدن به قسمتهای داخلی آن خودداری کنید.



مقاومت بدن انسان در مقابل جریان برق :

بدن انسان مانند اجسام هادی جریان برق را ازخود عبور می‌دهد و با توجه به اینکه در چه وضعی قرار گرفته باشد جریانی کم یا زیاد از بدن عبور می کند. مقاومت بدن از دو قسمت تشکیل می شود:

۱- **مقاومت داخلی** : منظور مقاومت اعضای زیر پوست می‌باشد این مقاومت در حدود 1300تا 3000 اهم بسته به افراد مختلف تغییر میکند.

۲- **مقاومت خارجی** : همان مقاومت پوست بدن می‌باشد که تا چه حد پوست بدن با سیم حامل جریان برق در تماس باشد این مقاومت تغییر می کند. همچنین مقاومت خارجی بدن در محلهائی که پوست دارای ضخامت بیشتری است مانند کف پاها بیشتر ودر جاهائی که پوست نازک است مانند لاله گوش مقاومت حداقل میباشد. خشک بودن ویا مرطوب بودن پوست نیز در مقاومت خارجی بسیار مؤثر است چنانکه گفتیم هر چه سطح تماس پوست با سیم برق بیشتر باشد شدت برق گرفتگی نیز بیشتر است مثلاً" اگر شخصی نک انگشت او سیم حامل جریان را لمس نماید کمتر از شخصی که سیم حامل جریان با کف دستش تماس پیدا کرده آسیب می بیند و دچار شک الکتریکی ضعیفتری می‌شود. همچنین سعی کنید همیشه با دست راست با برق کار کنید زیرا دست چپ به قلب نزدیکتر است احتمال خطر برق گرفتگی و صدمه دیدن قلب در لمس برق با دست چپ بیشتر است.

اگر می‌خواهید برای نجات فرد برق گرفته‌ای اقدام نمائید موارد زیر را به خاطر بسپارید :

۱- هنگام برق گرفتگی قبل از هر اقدامی جریان برق را قطع کنید وشخص برق گرفته را به وسیله چوب یا میلهٔ عایق از محل اتصال برق جدا سازید.

۲- چنانکه تنفس فرد برق گرفته قطع شده باشد به او تنفس مصنوعی بدهید و ضمن ادامه تنفس مصنوعی مصدوم را به پزشک برسانید.

۳- ممکن است براثر عبور جریان برق از بدن شخص مصدوم فرد دچار سوختگی شده باشد در این گونه موارد وقت را برای التیام ودرمان سوختگی تلف نکنید.

انواع اندازه گیری (سیستم های متریک واینچی)

الف : اندازه گیری در سیستم متریک :

تعریف متر : واحد مقرر قانونی اندازه گیری طول متر می‌باشد و در اغلب کشورها از آن استفاده می‌شود یک متر تقریباً $\frac{1}{40000000}$ محیط کره زمین می‌باشد. امروزه متر را بر حسب طول موج اشعهٔ نارنجی متمایل به قرمز که از کریپتون ساطع می گردد سنجیده می‌شود که معادل طول موجی برابر 1650736.73 می‌باشد. متر به بخشهای زیر تقسیم می شود:

۱- دسی متر d m : برابر با 0/1 متر است یعنی اگر یک متر را به 10 بخش مساوی تقسیم کنیم هر قسمت آن برابر با یک دسی متر است.

۲- سانتی متر c m : برابر 0.01 متر است یعنی اگر یک متررا به صد قسمت مساوی تقسیم کنیم هر قسمت آن برابر یک سانتی متر خواهد بود.

۳- میلی متر mm : برابر با 0.001 متر است یعنی اگر یک متر را به 1000 بخش مساوی تقسیم کنیم هر قسمت آن برابر یک میلی متر خواهد بود.

٤-میکرون m : برابر با 0.000001 متر است یعنی اگر یک متر را به یک میلیون بخش مساوی تقسیم کنیم هر قسمت آن برابر یک میکرون خواهد بود.

واحدهای بزرگتر از متر

۱- کیلومتر k m: برابر هزار متر می باشد توجه داشته باشیم که پیشوند کیلو به معنای هزار می‌باشد.

۲- مگامتر M m : برابر یک میلیون متر می‌باشد یعنی اگر پیشوند مگا قبل از واحدی نوشته شود به معنای یک میلیون برابر آن واحد می‌باشد.

اندازه گیری در سیستم اینچی

در برخی از کشورها واحد اندازه گیری طول یارد می‌باشد البته امروزه از این واحد بیشتر برای اندازه‌گیری طول پارچه و بعضی از مواد دیگر مانند نخ وغیره استفاده می‌شود. یارد خود به اجزای کوچکتری به نامهای فوت و اینچ تقسیم می‌شود.

۱- فوت (f) : اگر یارد را به سه قسمت مساوی تقسیم کنیم هر قسمت آن برابر یک فوت میباشد به عبارت دیگر یک فوت $\frac{1}{3}$ یارد می‌باشد .

۲- اینچ (e'') : اگر یک یارد را به 36 قسمت مساوی تقسیم کنیم هر قسمت آن برابر یک اینچ می‌باشد بنابراین یک یارد سه فوت یا 36 اینچ می‌باشد نتیجه می‌گیریم که یک فوت برابر 12 اینچ می‌باشد.

$$\text{یارد } \frac{1}{36} = \text{فوت } \frac{1}{12} = \text{یک اینچ}$$

تبدیل واحد های متری واینچی به یکدیگر

در مقایسه واحدهای اینچی و میلی متری معلوم می‌شود که هر اینچ برابر 25.4 میلی متر است بنابراین ی تبدیل اینچ به میلی متر باید اندازه‌ای را که بر حسب اینچ نوشته شده است در عدد 25.4 ضرب نموده و ای تبدیل میلی متر به اینچ باید اندازهای را که بر حسب میلی متر نوشته شده است بر عدد 25.4 تقسیم نمائیم.

مثال ۱ : یک یارد چند فوت،چند اینچ و چند میلی متر می‌باشد؟

یک یارد = 3 فوت

یک فوت = 12 اینچ یک یارد = $3 \times 12 = 36$ اینچ

پس چون → یک اینچ = 25.4mm → $36 \times 25.4 = 914.4mm$

مثال ۲ : پنج فوت چند اینچ،میلی متر،سانتی متر و متر است؟

یک فوت = 12 اینچ → $5 = 5 \times 12 = 60$ اینچ

یک اینچ = 25.4mm → 5 فوت = 60 اینچ $= 60 \times 25.4 = 1524mm$

یک میلی متر $= \frac{1}{10}$ سانتی متر → 5 فوت $= 1524mm = 1524 \div 10 = 152.4cm$

یک سانتی متر $= \frac{1}{100}$ متر → 5 فوت $= 152.4cm = 152.4 \div 100 = 1.524m$

مثال ۳ : $\frac{7}{16}$ اینچ برابر چند میلی متر است؟

$$\frac{7}{16} \times 25.4 = \frac{177.8}{16} = 11.1mm$$

نتیجه : پس آچار $\frac{7}{16}$ اینچی برابر آچار 11 میلی متری است.

واحد های اندازه گیری سطح در سیستم متریک

واحد اندازه‌گیری سطح در سیستم متریک،متر مربع m^2 است. یک متر مربع به بخشهای زیر به نام اجزای متر مربع تقسیم می‌شود:

۱- دسی متر مربع dm^2: $\frac{1}{100}$ متر مربع

۲- سانتی متر مربع cm^2: $\frac{1}{10000}$ متر مربع

۳- میلی متر مربع mm^2: $\frac{1}{1000000}$ متر مربع

واحد های اندازه‌گیری سطح در سیستم اینچی

در سیستم اینچی برای اندازه‌گیری سطح از واحدهای یاردمربع،فوت مربع و اینچ مربع استفاده می‌شود.

وسایل وابزار لازم در اندازه‌گذاری و اندازه‌گیری اجسام مختلف

۱- خط کش : از خط‌کش برای رسم خطوط راست و خط‌کشی روی اجسام استفاده می‌شود.
خط‌کشها در سه نوع : ۱- خط‌کش سه پهلو ۲- خط کش موجی ۳-خط‌کش تخت در دسترس می‌باشد.

۲- متر : برای اندازه‌گیری طول از متر استفاده می‌شود. دارای انواع فلزی،تاشو، پارچه‌ای،نواری و پایه‌دار می‌باشد.

۳- چکش : ابزاری است که برای ضربه زدن از آن استفاده می‌شود. چکشها بطور کلی از دو قسمت سر و دسته تشکیل شده اند. دسته چکشها از چوب یا پلاستیک فشرده می‌باشد سرچکشها در دو نوع فلزی و پلاستیکی ساخته می‌شود. جنس چکشهای فلزی از فولاد ابزار کم کربن آبدیده می‌باشد. چکشهای فلزی در وزنهای ۲۵۰ گرم تا یک کیلو گرم ساخته میشود. کاربرد آنها در صنایع فلزکاری و جوشکاری می‌باشد.

چکش نرم یا چکش پلاستیکی:

جنس این چکشها از کائوچو یا پلاستیک فشرده می‌باشد و بنام چکشهای نرم معروف هستند به دلیل اینکه این چکشها ضربه را روی اجسام پخش نموده و از ترک خوردگی آنها در اثر ضربه وارده به وسیلهٔ چکش جلوگیری می‌کنند.غالباً برای میزان کردن کار در ماشینهای تراش،بازو بسته کردن الکترو موتورها و ضربه زدن به قطعات چدنی از این چکشها استفاده می‌شود. وزن این چکشها بین ۲۵۰ گرم تا ۳/۵ کیلوگرم متغییراست.

٤- سوزن خط کشی : مفتول فولادی نازک و درازی است که برای خط‌کشی روی فلزات بکار می‌رود. تک سوزنهای خط‌کشی باید همیشه تیز باشد تا در هنگام خط‌کشی روی فلز،خط‌کشی در نهایت دقت انجام شود.

۵- سنبه نشان : سنبه نشان را از فولا د ابزار می‌سازند وآنرا آبدیده می‌کنند. تک سنبه نشانها را با دستگاه سنگ سنباده تیز می‌کنند. از سنبه نشان برای نشانه گذاری خطوطی که به وسیله سوزن خط‌کشی ایجاد شده است استفاده می‌کنند انواع دیگر سنبه عبارتند از:

الف- سنبه مرکز نشان : برای نشانه گذاری مرکز دوایر روی فلزات بکار می‌رود.

ب- سنبه انگشتی : برای خارج کردن پین یا پیم که دو نقطه را به هم اتصال داده استفاده می‌شود.

ج- سنبه جفت کردن : برای جفت نمودن دو قطعه فلز کنار هم استفاده می‌شود.

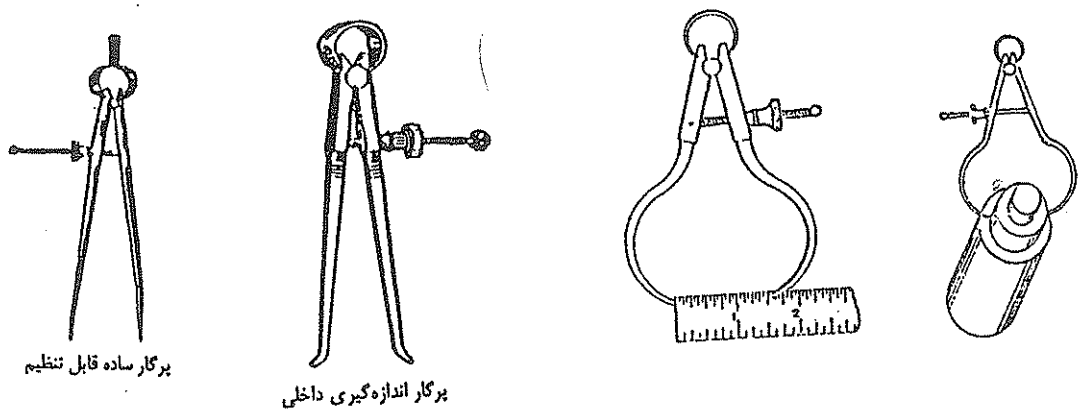
د- سنبه خودکار : از سنبهٔ خودکار برای نشانه‌گذاری سریع روی فلز مثل پیچ گوشتیهای خود کار مارپیچ دار عمل کرده و ضربه می‌زنند.

در هنگام کار با سنبه در حین میزان کردن سنبه روی سطح کار زاویهٔ آن با سطح کار 60^0 و در هنگام ضربه زدن به سنبه زاویهٔ آن با سطح کار 90^0 می‌باشد.

٦- گونیا : وسیله‌ای است برای کنترل زاویه‌ها و همچنین تعین مرکز دایره‌ها.

انواع گونیا عبارتند از : گونیای تخت- گونیای لبه دار- گونیای مرکز یاب.

٧- پرگارها : دارای دو بازو و یک پیچ تنظیم هستند. در فلزکاری از پرگار برای کشیدن دایره روی فلزات وانتقال اندازه استفاده می‌شود. پرگارها را بر حسب شکل نوک آنها تقسیم بندی می کنند که عبارتنداز:١- پرگار خط‌کشی ٢- پرگار اندازه‌گیر داخلی ٣- پرگار اندازه‌گیر خارجی.



پرگار ساده قابل تنظیم

پرگار اندازه‌گیری داخلی

٨- کولیس : یکی از وسایل اندازه‌گیری دقیق است که در اغلب کارگاهها از آن استفاده می‌شود با استفاده از کولیس می‌توانیم اعشار میلی متر را اندازه‌گیری نمائیم. از کولیس برای اندازه گیری طولها،ضخامتها و قطر سوراخها و شکافها استفاده می‌شود کولیس بردو نوع است:

الف : کولیس ساده: فقط برای یک اندازه مثل طول یا قطر خارجی بکار می‌رود.

ب : کولیس مرکب: برای تعیین چند اندازه بکار می‌رود.

کولیس از قسمتهای زیر تشکیل می شود:

١- خط‌کش مدرج: که بر روی آن تقسیمات میلی متری و اینچی حک شده است.

٢- کشو : که با فشار دست روی خط کش حرکت می کند.

٣- فک ثابت : قسمتی از خط‌کش است که در موقع اندازه‌گیری آن را به یک طرف کار تکیه می‌دهند.

٤- شاخکهای ثابت و متحرک : که برای اندازه‌گیری قطر سوراخها و پهنای شکافها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

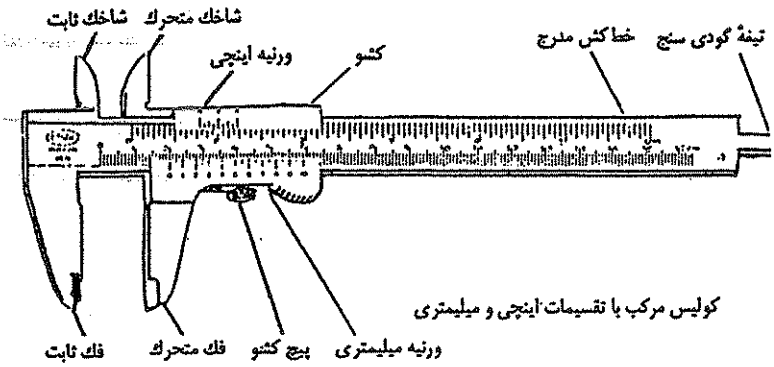
٥- تیغهٔ عمق سنج : برای اندازه‌گیری گودیها بکار می‌رود و به کشو مربوط است.

٦- ورنیهٔ میلی متری : برای اندازه‌گیری اعشار میلی متری نصب شده است.

٧- ورنیهٔ اینچی : برای اندازه‌گیری اعشار اینچی نصب شده است.

٨- پیچ کشو : که بوسیلهٔ آن کشو را روی خط کش محکم می‌کنند تا بعد از دور کردن کولیس از سطح کار اندازه گرفته شده تغییر نکند.

٩- فک متحرک : که با حرکت کشو حرکت میکند.



تعریف ورنیه : تقسیماتی است که روی کشو حک شده است. ورنیه های میلی متری دقت کولیسها را مشخص می‌کنند بطور کلی کولیسها از نظر دقت به سه دسته زیر تقسیم می‌شوند:

١- کولیس با دقت 0.1 ٢ - کولیس با دقت $\frac{1}{20}$ یا 0.05 ٣- کولیس با دقت $\frac{1}{50}$

١- کولیس با دقت 0.1:

در این کولیس 9 میلی متر از طول کشو را به10 قسمت مساوی تقسیم می کنند در این حالت هر کدام از تقسیمات روی کشو 0.1 میلی متر از تقسیمات میلی متری روی خط کش کوچکتر است. دقت آن 0.1 میلی متر می‌باشد.

$$1.00 - 0.9 = 0.1$$

٢- کولیس با دقت $\frac{1}{20}$ یا 0.05 :

در این کولیس 19 میلی متر از طول کشو را به 20 قسمت مساوی تقسیم می‌کنند در این حالت هر کدام از تقسیمات روی کشو به اندازهٔ میلی متر از تقسیمات میلی متری روی خط کش کوچکتر است پس دقت اندازه‌گیری این کولیس $\frac{1}{20}$ یا 0.05 میلی متر است.

$$1.00 - 0.95 = 0.05$$

٣- کولیس با دقت $\frac{1}{50}$ یا 0.02:

در این کولیس 49 میلی متر از طول کشو را به 50 قسمت مساوی تقسیم نموده در این حالت هر کدام از تقسیمات روی کشو به اندازهٔ $\frac{1}{50}$ یا 0.02 میلی متر کوچکتر از تقسیمات روی خط کش می‌باشد.

$$1.00 - 0.98 = 0.02$$

کمان‌اره واره کاری

تعریف اره کاری : عبارت است از گرفتن براده های کوچک و متعدد بوسیلهٔ دندانه هـای برنـدهٔ قلم مانندی که دنبال یکدیگر بر روی لبهٔ باریک تیـغ اره قـرار گرفتـه‌اند در ضمـن کـار همیشـه تعـدادی از دندانه‌های برنده با هم کار می‌کنند.

ارهٔ آهن بر : ابزاری است که برای بریدن فلزات مورد استفاده قرار می‌گـیرد و از قسـمتهای زیـر تشـکیل شده است :

۱- کمان اره : ممکن است ثابت یا قابل تنظیم باشد به کمان ارهٔ ثابت فقط تیغ اره‌هائی به طـول معیـن و استاندارد را می‌توان بست. کمان اره قابل تنظیم برای استفاده از تیغ اره‌هائی به طولهای مختلف مناسب است کمان اره معمولاً دارای یک لقمه (خروسک) است که یک طرف تیغ اره به آن متصل می‌شود و بـا چرخـاندن لقمه می‌توان تیغ اره را به طور افقی و یا عمودی به کمان اره بست.

۲- تیغ اره : از فولاد سخت آبدیده و شکننده ساخته شده است.

نکتهٔ بسیارمهم : تیغ اره ها با فاصلهٔ بین دو سوراخ آنها و تعداد دندانه‌های آنها در هر اینچ مشخص می‌شـوند. دندانه‌های تیغ اره را چپ و راست درست می‌کنند تا ضخامت شیار بریده شده بیشتر از ضخامت تیغ اره شود و بتواند به راحتی در شیار بریده شده حرکت کند. توجه داشته باشیم که جهت دندانـه‌های تیـغ اره بـاید بـه سمت جلو باشد.

فرم دندانه های تیغ اره: طول و تعداد دندانه‌های تیغ اره هـا متفـاوت اسـت و در چهـار نـوع تهیـه می‌شوند:

۱- تیغ اره هائی که در هر اینچ 14 دندانه دارند: مخصوص بریدن کارهای ضخیم و نرم مانند میله های توپر و تیر آهن.

۲- تیغ اره هائی که در هر اینچ 18 دندانه دارند : مخصوص بریدن فولاد هـای سـخت مثـل میـل گردهـای آج‌دار.

۳- تیغ اره هائی که در هر اینچ 24 دندانه دارند : برای بریدن مس،برنز و لوله های معمولی بکار می‌رود.

٤- تیغ اره هائی که در هر اینچ 32 دندانه دارند : برای بریدن کارهای ظریف مانند لوله های نـازک مسـی و ورقهای فلزی بکار می‌رود.

اصول اره کاری روی فلزات

قبل از شروع بکار باید قطعه کار را خط‌کشی کرده برای انجام این عمل ابتدا بوسیلهٔ ابـزار اندازه‌گـیری مانند خط‌کش مدرج یا متر اندازهٔ لازم را مشخص کنید سپس با توجه به‌نوع کار با استفاده از سوزن خط‌کـش و سنبه نشان محل برش را کاملاًمشخص نمائید. قطعه کار را محکم بـه گـیره ببندیـد سـعی کنیـد محـل بـرش حتی‌الامکان نزدیک به فک گیره باشد. در هنگام برش توجه داشته باشید که زاویهٔ کمان اره با سطح کـار 30^0

باشد. برشکاری با اره فقط با فشار دست و حرکت آن انجام می‌گیرد. هنگام بستن تیغ اره توجه داشته باشیم که دندانه های آن رو به جلو باشد زیرا اره فقط در موقع حرکت به سمت جلو براده برداری را انجام می دهد. در حرکت به سمت عقب تا جائی که امکان دارد به اره فشار وارد نکنیم زیرا موجب شکسته شدن دندانه های تیغ اره می‌گردد در حین برش با اره بهتر است محل برش را روغنکاری نمائیم در این حالت روغن باعث می‌شود اصطکاک بین تیغ اره و محل برش کمتر شده و در نتیجه باعث طول عمر تیغ اره و همچنین تسریع کار می‌شود.

سوهان و سوهان کاری

تعریف سوهان کاری : عملی است که در آن با استفاده از دندانه‌های ریز قلم مانند که در کنار یکدیگر روی یک سطح صاف یا گرد قرار گرفته‌اند از روی فلزات براده برداری می کنیم. عمل سوهان‌کاری بوسیلهٔ سوهان انجام می‌شود.

تعریف سوهان : ابزاری است که با استفاده از آن از روی فلزات براده برداری می کنند و آنها را به شکل دلخواه در می‌آورند. سوهان از فولاد آبدیده ساخته شده است و شکننده می‌باشد.

سوهان از قسمتهای زیر تشکیل می‌شود :

۱- پاشنه ۲- پهلو ۳- سطح ٤- طول ٥- نوک ٦- دسته

جنس دستهٔ سوهان از چوب یا پلاستیک و یا کائوچو بوده و دم سوهان داخل دسته سوهان می‌باشد. معمولاً سوهانهای کوچک نیاز به دسته ندارند.

تعریف پاشنهٔ سوهان : قسمت بدون آج سوهان را پاشنهٔ سوهان گویند.

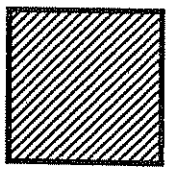
تعریف طول سوهان : از ابتدای پاشنه تا نوک سوهان را طول سوهان گویند.

انواع سوهان از نظر آج : سوهانها از نظرآج به سه دسته تقسیم می‌شوند :

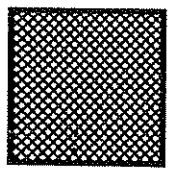
۱- **سوهان یک آجه :** برای سائیدن مواد نرم مثل آلو مینیوم،چدن،کائوچو و پلاستیک سخت.

۲- **سوهان دو آجه :** برای سائیدن فلزات سخت بکار می‌رود.

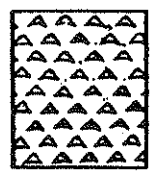
۳- **سوهان آج درشت:** برای سائیدن چوب و پلاستیک نرم بکار می‌رود و اصطلاحاً به آن سوهان چوب‌سای نیز می گویند.



سوهان یک آجه



سوهان دوآجه



سوهان آج درشت

شناسائی وانتخاب سوهان

فاصلهٔ بین نوک سوهان تا پاشنهٔ آن را طول سوهان گویند. سوهانها معمولاً به طولهای 4، 6، 8، 10، 12، 14 اینچ ساخته می‌شوند. ریزی و درشتی آج سوهانها بسته به طول سوهان و متناسب با آن فرق می‌کند. سوهانها را از لحاظ شکل نیز طبقه بندی می‌کنند که به صورت زیر می‌باشد.

۱- **سوهان تخت** : بیشتر از انواع دیگر کاربرد دارد و برای کارهای عمومی فلز کاری از آن استفاده می‌شود.

۲- **سوهان تخت بغل صاف** : مانند سوهان تخت است اما پهلوهای آن را آج نمی‌زنند تا بغل کار را نساید.

۳- **سوهان نیم گرد** : برای سائیدن و ایجاد سطوح منحنی بکار می‌رود.

٤-**سوهان گرد** : برای سوهان کاری سوراخها و ایجاد قوس در قطعهٔ کار بکار می‌رود.

٥- **سوهان چهار گوش** : برای چهارگوش کردن سوراخها از آن استفاده می‌شود.

٦- **سوهان سه گوش** : برای ایجاد سوراخ سه گوش یا مثلثی و همچنین درست کردن زاویهٔ 60° از آن استفاده می‌شود.

در سوهان کاری گاهی از سوهانهای ذوزنقه ای- خنجری- زبانه ای و گرده ماهی نیز استفاده می‌شود.

اصول سوهان کاری

در سوهان کاری دستهٔ سوهان را طوری با دست راست بگیرید که انگشتان شما زیر دستهٔ سوهان و انگشت شصت بالای آن قرار گیرد. بوسیلهٔ انتهای انگشت شصت دست چپ نوک سوهان را گرفته در موقع سوهان کشی سعی کنید که تمام سطح سوهان با کار تماس داشته باشد.

سوهان را با فشار دست به جلو بکشید زیرا فقط در حرکت به سمت جلو عمل برداری انجام می‌گیرد. در هنگام عقب کشیدن سوهان به آن فشار وارد نکنید زیرا موجب شکسته شدن آجهای سوهان می‌گردد.

نکاتی که باید در موقع سوهان کاری رعایت شود

۱- از بکار بردن سوهان بی دسته خودداری کنید.۲- روی سطوحی که سوهان می‌کشید دست نکشید.۳- کار را در گیره محکم ببندید و سعی کنید سطحی را که می‌خواهید سوهان کاری کنید تا جائی که امکان دارد به فک گیره نزدیک باشد.٤- برای جلو گیری از خستگی وکوفتگی در هنگام سوهان کاری بدن خود را در وضعیت صحیح قرار دهید.٥- از سوهانهای بزرگ و دنده درشت برای سوهان کاری سطوح باریک استفاده نکنیم٦- هیچگاه سوهان را از جهت عرضی روی سطح کار نکشید زیرا موجب از بین رفتن آجها و زبری بیش از حدسطح کار می‌شود.۷- در سوهان کاری سطوح دقیق انگشت سبابه و شصت خود را روی قسمتی از سطح سوهان که با کار در تماس است قرار دهید و مسیر حرکت را کوتاهتر کنید.۸- سوهان را

گاهی به چپ و گاهی به راست بکشید تا از روی اثر آن بتوانید صاف بودن کار را کنترل کنید. اگر عمل سوهان کاری به دقت انجام شود در صورت تغییر جهت کشیدن سوهان،اثر سوهان کاری فوراً در تمام سطح کار مشخص می‌شود.۹- در هنگام سوهان کاری با سوهانهای نازک مثل سوهانهای کلید سازی و زرگری با انگشت شست به وسط سوهان فشار وارد کنید وبا نوک انگشت سبابه سر سوهان را بالا نگه دارید تا به طرف پائین خم نشود در غیر این صورت سطح سوهان کاری شده انحنا پیدا خواهد کرد.

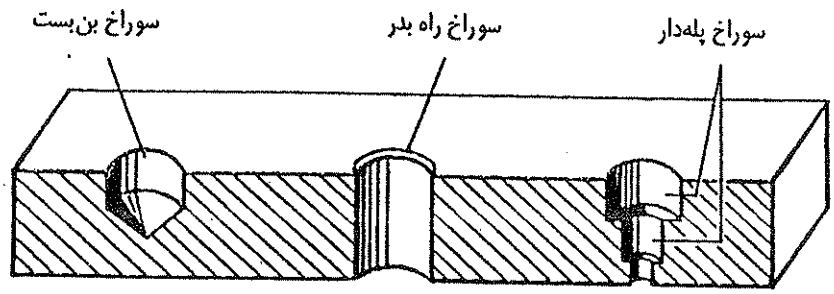
تمیز کردن سوهان :

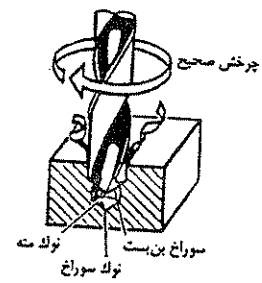
در هنگام سوهان کاری اغلب براده ها در آجهای سوهان گیر می‌کند و سطح صاف قطعهٔ کار را خراش می‌دهد در نتیجه عمل براده برداری به خوبی انجام نمی‌شود. برای پاک کردن سوهانها معمولاً از برس سیمی استفاده می‌کنیم.

سوراخکاری با ماشین مته

تعریف سوراخکاری :

برای تولید مصنوعات فلزی اکثراً سوراخکاری ضرورت پیدا می‌کند این عمل ممکن است به طرق مختلف انجام شود اما معمولی‌ترین و ساده ترین روش،سوراخکاری با ماشین مته است. با استفاده از مته فقط سوراخهای گرد را می‌توان ایجاد کرد. سوراخهای ایجاد شده ممکن است در انواع: راه‌بدر،پله دار و بن بست باشد.شکل زیر انواع این سوراخها را نشان می‌دهد.





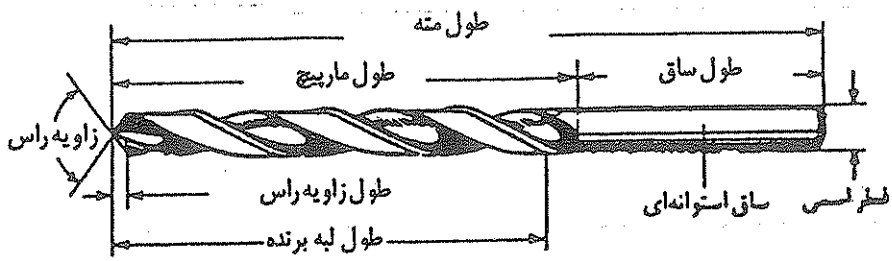
تعریف مته :

ابزاری است که به وسیلهٔ آن در قطعات،سوراخهای گرد ایجاد می‌کنند. مته ها را معمولاً از فولاد تندبر می‌سازند. قطر آنها ممکن است بر حسب اینچ یا میلی متر باشد. مته از قسمتهای زیر تشکیل می‌شود.

الف - نوک مته : که عمل برش را انجام می‌دهد.

ب - بدنهٔ مته : که دارای دو لبهٔ برنده و دو شیار که عمل هدایت براده را به بیرون از شیار انجام می‌دهند.

ج- ساق مته : که در گلوئی ماشین ویا سه نظام محکم می‌شود.



انواع مته از نظر کاربرد:

۱) متهٔ الماسه:

از این مته برای سوراخکاری دیوارهای سیمانی و بتونی استفاده می‌شود و دارای رنگ استیلی می‌باشد.

۲) متهٔ معمولی:

جنس آن از فولاد تندبر می‌باشد و برای سوراخکاری روی آهن نرم،آلومینیم،مس،چوب و غیره به‌کار می‌رود.

۳) متهٔ خشکه‌بر:

برای سوراخکاری فلزات سخت و شکننده مانند چدن و فولاد ابزار به کار می‌رود.

انواع مته از نظرشکل ساق

۱- متهٔ ساق استوانه ای : معمولاً مته‌ها تا قطر 16mm را ساق استوانه‌ای می‌سازند. این نوع مته ها با سه نظام بسته می‌شوند.

۲- متهٔ ساق مخروطی : این نوع مته‌ها را با کلاهک یا بدون کلاهک (بستگی به قطر قسمت مخروطی مته وگلوئی ماشین دارد) در گلوئی ماشین مته جا می‌زنند. در موقع جازدن باید دقت کرد که ساق مته و گلوئی ماشین و سطح داخلی و خارجی کلاهک کاملاً تمیز باشند.

۳- متهٔ ساق چهارکوش :برای بزرگ کردن و توسعهٔ سوراخها در قطعات بزرگ و سنگین ازاین مته‌ها استفاده می‌شود.

ماشین مته :

معمولاً نیروی محرکهٔ ماشینهای مته انرژی الکتریکی می‌باشد. به همین دلیل به آنها ماشین مته برقی گفته می‌شود. ماشین مته‌های برقی،درل نیز نامیده می‌شوند و به دو دستهٔ زیر تقسیم می‌شوند:

۱- ماشین متهٔ برقی دستی :

از این درل بیشتر برای سوراخکاری قطعات بزرگ که سوراخ کردن آن با ماشین مته پایه دار امکان پذیر نباشد و همچنین در سوراخهائی که دارای قطر کم هستند و دقت زیادی لازم ندارند استفاده میشود. نیروی چرخشی این درل بوسیلهٔ الکتروموتور و نیروی پیشروی آن با دست کارگر ایجاد می‌شود. این درلها معمولاً با برق تک فاز کار می‌کنند.

نکاتی که هنگام کار باید رعایت شوند

الف) سعی کنیم مته تا پایان کار عمود بر سطح کار قرار گیرد.
ب) فشار بیش از حد به مته وارد نشود.
ج) مته در تمام طول کار مرتباً خنک شود.
د) پس از هر مرحله سوراخکاری نوک مته کنترل شود.
ه)مرکز سوراخ حتماً بوسیلهٔ سنبه نشان مشخص شود زیرا احتمال لغزش مته در ابتدای کار بسیار زیاد است.
و) سیم درل را به دقت کنترل کنید که در جائی لخت نشده باشد و یا با چیزی برخورد نکند.

۲- ماشین متهٔ عمودی یا ماشین متهٔ رادیال:

امروزه استفاده از این ماشین مته در اغلب کارهای صنعتی و کارگاهها متداول می‌باشد. برای بستن مته به این ماشینها می‌توانیم هم از سه نظام و از مته‌های ساق مخروطی استفاده کنیم.

این مته ها دارای پایه و یک میز کار در زیر آن می‌باشد و دارای گیرهٔ مخصوصی است که روی میز کارآن نصب شده است. قطعهٔ کاری را که باید سوراخ شود به گیره بسته شده،معمولاً نیروی گردشی این مته‌ها بوسیلهٔ یک الکتروموتور سه فاز تأمین می‌شود و دارای یک جعبه دنده می‌باشد که بوسیلهٔ آن می‌توان دور ماشین مته را زیاد کنید یا کم کنید. نیروی پیش رونده در این مته‌ها بوسیلهٔ یک اهرم که روی ماشین نصب شده است ایجاد می‌شود. این ماشین مته ها نسبت به نوع دستی دارای دقت کاری بسیار بالاتری بوده و می‌توانیم تا حد ممکن آن را تنظیم نمائیم.

نکات ایمنی که باید در سوراخکاری رعایت شود:

۱- قبل از شروع سوراخکاری دقت کنیدکه قطعهٔ کارکاملاً درجای خود محکم شده باشد.
۲- مراقبت کنیدکه مایع خنک کننده یا روغن دقیقاً به محل سوراخ ریخته شود.
۳- دقت کنید در هنگام کار آستین‌های لباس کار،گشاد و یا پاره نباشد وحتماً دکمه های لباسها را ببندید.

٤- براده‌های ایجاد شده بوسیلهٔ مته را هیچ گاه با دست جابجا نکنید.
٥- دقت کنید که عمق سوراخ بیشتر از طول مارپیچ مته نباشد.
٦- قبل از خاموش کردن ماشین مراقب باشید که مته داخل کار نباشد.
٧- برای مته زدن سوراخهای بزرگ قبلاً با متهٔ شمارهٔ کوچکتر آنرا سوراخ کنید.
٨- در شروع مته زدن دقت نمائید که نوک مته درست درروی علامت سنبه نشان قرار گیرد.
٩- درانتهای سوراخکاری فشار وارده به مته را کم کنید.
١٠- قبل از سوراخ کردن با ماشین مته دقت نمائید که روی میز از ابزار یا قطعات اضافی خالی باشد.
١١- هرگز محور متحرک ماشین مته را با دست نگه ندارید.

قلاویز و قلاویز کاری

تعریف قلاویز: ابزاری است که بوسیلهٔ آن می‌توان داخل سوراخها رزوه (دنده) ایجاد نمود. قلاویز دارای سه تا چهار شیار موازی با محور آن است که باعث ایجاد دنده‌های برنده و همزمان با آن هدایت براده ها به خارج می‌گردد. شیارها اغلب دارای سطح مقطع نیم دایره شکل هستند ولی شیار قلاویزهائی که از آنها برای قطعات نرم (فلزات سبک) استفاده می‌شود طوری ساخته شده اند که ایجاد زاویهٔ برش بزرگتری می‌گردد. معمولاً قلاویزها به صورت تکی عمل رزوه کاری را انجام نمی‌دهند و همیشه به صورت دست یا سری کامل مورد استفاده قرار می‌گیرند. ترتیب یک دست قلاویز به صورت زیر است:

١- قلاویز شماره یک یا پیشرو : دارای یک سر مخروطی بلند می‌باشند که کار براده برداری اصلی تقریباً در حدود 55% کار را انجام می‌دهد.

٢- قلاویز میان رو : که 25% دیگر کار را انجام می‌دهد.

٣- قلاویز پس رو یا تکمیلی : این قلاویز 20 %باقیماندهٔ کار را انجام می‌دهد و در واقع عمل پرداختکاری را روی سطوح رزوه ها انجام می‌دهد.

در هنگام کار با قلاویز حتماً به این نکتهٔ مهم توجه داشته باشیم که ترتیب را رعایت کنیم (پیشرو،میانرو،پس رو)

انواع قلاویزها از نظر سیستم های اندازه‌گیری

١- قلاویز میلی متری: قطر خارجی و گام دنده (فاصلهٔ یک دنده تا دندهٔ مجاور) این قلاویزها بر حسب میلی متر مشخص و روی ساق آنها حک می‌شود. مثلاً اگر روی ساق قلاویزی اعداد $10 \times 1.5mm$ حک شده باشد به معنای میلی متری بودن قلاویز وعدد 10قطر خارجی قلاویز و عدد 1.5 مشخص کنندهٔ گام دندهٔ قلاویز می‌باشد.

۲- **قلاویز اینچی :** روی ساق این قلاویزها قطر خارجی قلاویز بر حسب اینچ و همچنین تعداد دندانه‌ها در هر اینچ مشخص می‌شود. به عنوان مثال اگر روی ساق قلاویزی نوشته شده باشد $14\times\frac{7}{16}$ یعنی قطر خارجی قلاویز $\frac{7}{16}$ اینچ و این قلاویز در هر اینچ 14 دندانه دارد.

دستهٔ قلاویز یا قلاویز گردان : برای قلاویز کردن از دستهٔ قلاویز یا قلاویز گردان استفاده می‌شود. دستهٔ قلاویز وسیله‌ای است که انتهای چهارگوش قلاویز داخل آن محکم شده و قلاویز را با کمک آن می‌گردانیم. قلاویزگردان در دو نوع با سوراخ ثابت و قابل تنظیم ساخته می‌شود که معمولاً نوع قابل تنظیم دارای کاربرد بیشتری است زیرا قلاویزگردان ثابت فقط برای یک شماره قلاویز بکار می‌رود.

انتخاب مته برای قلاویزکاری :

برای انتخاب مته‌ای که قبل از قلاویزکاری فلز را با آن سوراخ می‌کنیم و آن را آمادهٔ قلاویزکاری می‌نمائیم می‌توانیم همیشه شمارهٔ مته را به اندزهٔ یک تا 1.5 میلی متر از قطر قلاویز کوچکتر در نظر بگیریم. به عنوان مثال برای ساختن یک مهرهٔ نمرهٔ10mm می توانیم بوسیلهٔ متهٔ 8.5 یا 9 میلی مترفلز را سوراخ کرده سپس بوسیلهٔ قلاویز 10mm آن را قلاویز نمائیم.

اصول قلاویزکاری :

ابتدا قطعهٔ کار را محکم به گیره بسته و قلاویز پیشرو را داخل سوراخ ایجاد شده بوسیلهٔ مته قرارمی‌دهیم. سپس بوسیلهٔ گونیا آنرا کاملاً بر سطح کار عمود می‌کنیم سپس قلاویزگردان را روی آن بسته وعمل قلاویزکاری را شروع می‌نمائیم به این ترتیب که به ازای هر $\frac{1}{8}$ دور حرکت در جهت راست گرد ، نیم دورتا یک دور به عقب برمی‌گردیم تا براده‌های ایجاد شده از مسیر خارج گردند. به همین روش کار را ادامه می‌دهیم تا تمام سطح داخلی سوراخ رزوه کاری شود.

توجه داشته باشیم در حین کار مرتباً سطح کار را روغنکاری نمائیم پس از اتمام کار قلاویز پیشرو برای قلاویز میان رو و پس رو به همین ترتیب عمل کرده و به این ترتیب قلاویزکاری داخل سوراخ انجام می‌شود.

قلاویز چپ :

از این قلاویز فقط برای خارج کردن پیچ های شکسته استفاده می‌شود. این قلاویز به صورت تکی بوده و همیشه برخلاف قلاویزهای معمولی در جهت چپ گرد براده برداری را انجام می‌دهد.

اگر به عللی قسمت آچارخور پیچی در حین کار شکسته شود برای خارج کردن این پیچ ابتدا بوسیلهٔ مته‌ای کوچکتر از قطر پیچ (دو یا سه شماره کوچکتر) سوراخی در وسط پیچ شکسته ایجاد نموده آنگاه قلاویز چپ را در داخل سوراخ مته چرخانده تا جائی که قلاویز به انتهای سوراخ برسد دراین حالت با فشار دستهٔ قلاویز پیچ باز شده و به همراه قلاویز خارج می‌گردد.

توجه داشته باشیم که از قلاویز چپ برای هیچ کار دیگری نمی‌توان استفاده کرد.

حدیده وحدیده کاری

تعریف حدیده : ابزاری است که بوسیلهٔ آن روی میله‌ها و لوله‌ها رزوه (دنده) ایجاد می‌کنند.

ساختمان حدیده : از یک دسته و مهره‌ای که جنس آن از فولاد ابزار است تشکیل می‌شود.

انواع حدیده

۱- حدیده با مهرهٔ یکپارچه :

آنرا از فولادی که کربن آن زیاد است می‌سازند و آبدیده می‌کنند. ابتدای سوراخ این حدیده‌ها کمی مخروطی و دارای سه تا شش شیار موازی با محور آن است که کار هدایت براده ها را به خارج حدیده انجام می‌دهد. این شیارها همچنین باعث ایجاد لبهٔ برنده می‌شوند. مهرهٔحدیده بوسیلهٔ پیچهائی که در پیرامون آن قرار دارد در داخل دسته محکم می‌شود و در هنگام کار حتماً باید از محکم بودن آنها مطمئن باشیم.

۲- حدیدهٔ دو پارچه :

از مهرهٔ چهارگوشی که از وسط نصف شده است تشکیل می‌شود این مهره ها در شیار جناغی شکل دستهٔ حدیده قرار می‌گیرند. تنظیم این نوع حدیده بوسیلهٔ پیچی که در امتداد محور شیار جناغی شکل قرار دارد انجام می‌گیرد.

۳- حدیده با مهرهٔ یکپارچهٔ شش گوش :

کاربرد این حدیده برای اصلاح رزوه پیچ های معیوب می‌باشد. به این ترتیب که مانند مهره آنرا روی پیچ معیوب قرار داده و بوسیلهٔ آچار روی آن می‌پیچانند. در هنگام حرکت روی پیچ،دنده های معیوب را اصلاح می‌کند.

اصول حدیده کاری

در هنگام حدیده کاری توجه داشته باشیم که قطر میله‌ای که باید حدیده شود در حدود 0.2 تا 0.3 میلی متر کوچکتر از قطر حدیده باشد.

آنگاه لبهٔ میله را پخ زده تا حدیده خوب هدایت شود. سپس میله‌ای را که باید حدیده کنید کاملاً بصورت عمودی به گیره ببندید وآنرا با گونیای 90^0 کنترل نمائید. سپس حدیده را روی میله یا لوله قرار داده و با استفاده از گونیا سعی کنید که حدیده کاملاً روی میله عمود شود. آنگاه در جهت راست گرد یا موافق حرکت عقربه های ساعت حدیده کاری را شروع کنید. مانند قلاویزکاری به ازای هر $\frac{1}{8}$ دور حرکت به سمت جلو یا راست نیم دور تا یک دور،حدیده را در جهت مخالف برگردانید تا براده های ایجاد شده از محل کار خارج شود. در تمام طول کار مرتباً سطح کار را روغنکاری نمائید. با رعایت موارد گفته شده می‌توانید به اندازهٔ مورد نیاز روی میله رزوه ایجاد نمائید.

HSS: این حروف که بر روی ساق مته‌ها ، حدیده ها ، قلاویزها حک می‌شوند معرف این است که ابزار مورد نظر مخصوص کار بر روی فلزات نرم می‌باشند. و از بکار بردن آن روی فلزات سخت مانند روی فولاد آبدیده خودداری کنید.

لحیم کاری

تعریف لحیم کاری : در لحیم کاری دو قطعه فلز را بدون ذوب کردن به یکدیگر متصل می‌نمایند. برای این منظور محل اتصال را قبلاً به خوبی تمیز کرده و بعد درزهای محل اتصال دو فلز را بوسیلهٔ لحیم پر می‌نمایند تا دو فلز به یکدیگر وصل شوند.

از تعریف لحیم کاری معلوم می‌شود که لحیم باید زودتر از فلزاتی که باید به هم لحیم شوند ذوب شود بنابر این نوع لحیم هائی که برای اتصال فلزات مختلف بکار می‌رود بسیار محدود است.

لحیم خوب باید دارای استحکام کافی باشد در مقابل حرارت کمتر از درجهٔ ذوب خود مقاومت کند و عمل لحیم کاری بوسیلهٔ آن به سرعت انجام گیرد. به طور کلی لحیم ها را به دو نوع زیر می‌توان تقسیم کرد:

۱- **لحیم نرم :** نقطهٔ ذوب آن از نقطهٔ ذوب سرب ($325^0 C$) کمتر است.

۲- **لحیم سخت:** نقطهٔ ذوب آن بیشتر از 500 درجهٔ سانتیگراد است.

اغلب لحیم های متداول ترکیبی از سرب وقلع است که درصد آلیاژ آنها بسته به نوع مصرف فرق می‌کند لحیم ها را با علامت اختصاری که عددی برابر با درصد مقدار قلع آنها است مشخص می‌کنند مثلاً لحیم 40 یعنی لحیمی که 40 درصد آن قلع و 60 درصد بقیهٔ آن سرب باشد.جدول زیر انواع لحیم های متداول در صنعت و کاربرد آنها را نشان میدهد.

جدول علائم اختصاری و ترکیب لحیمهای متدول آن در صنعت			
علائم اختصاری	مقدار قلع به درصد	مقدار سرب به درصد	موارد استفاده
25	25	75	برای لحیم کاری با شعله گاز
30	30	70	کارهای ساختمانی و ورقکاری
33	33	67	لحیم کاری ورقهای روی یا ورقهای روی اندود
40	40	60	لحیم کاری برنج و ورق سفید
50	50	50	لحیم کاری برنج و ورق سفید درکنتورهای برق وگاز
60	60	40	لحیم کاری فلزات زود ذوب و لحیم کاری قطعات ظریف
90	90	10	لحیم کاری وسایل بهداشتی

واسطهٔ لحیم کاری :

برای آنکه عمل لحیم کاری بهتر و زودتر انجام گیرد و قطعات کاربـه یکدیگـر محکـم شـوند بـاید از روانساز یا واسطهٔ لحیم کاری استفاده کنیم. یکی از روانسازها تنه کار است. تنه کار گرد سفیدی اسـت کـه بـه زحمت در آب حل می‌شود و در هنگام لحیم کاری کمی نمک به آن می‌افزایند. در هنگام گـرم شـدن ایـن ماده کف تولید می‌کند. اسید بوریک روانساز دیگری است که در لحیم کـاری مـورد اسـتفاده قرارمی‌گـیرد. اسیدبوریک از تنهٔ کار بهتر است ولی قیمت آن گرانتر می‌باشد. روغن لحیم واسطهٔ دیگـری اسـت کـه مـورد استفاده قرار می‌گیرد روغن لحیم به شکل خمیری در جعبـه هـای مخصـوص و بـه انـدازه هـای مختلـف در دسترس می‌باشد. بیشترین کاربرد روغن لحیم در لحیمهای زود ذوب یا نـرم می‌باشـد و قیمـت آن نسـبت بـه واسطه‌های دیگر لحیم کاری مناسب‌تر است.

ابزارهای لحیم کاری

هوّیه

تعریف هوّیه:

یکی از ابزارهای اصلی لحیم کاری است که آن را از مس می‌سازند. زیرا مس فلزی اسـت کـه لحیـم روی آن اثر ندارد به علاوه حرارت را تا مدتی در خود ذخیره می‌کند و به سرعت آن را به قطعاتی کـه بـاید لحیم شوند هدایت می‌کند.

انواع هوّیه : هوّیه بر دو نوع است :

الف - هوّیه‌هائی که با گرمای خارجی گرم می‌شوند:

این هوّیه‌ها بوسیلهٔ حرارت چراغ پریموس یا شعلهٔ گاز گرم می‌شوند. در انواع چکشـی،چهـار گـوش و سرتخت در دسترس می‌باشند کاربرد این هوّیه ها بیشتر در صنعت فلزکاری،ورقکاری و چراغ سازی می‌باشد.

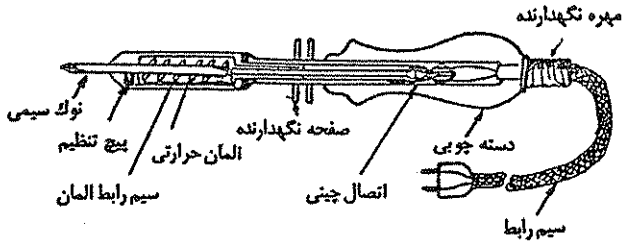
ب- هوّیه‌هائی که با انرژی الکتریکی گرم می‌شوند:

این هوّیه‌ها خود به دو دستهٔ هوّیه‌های المنتی و هوّیه‌های هفت تیری که با جریـان اتصـال کوتـاه کـار می‌کنند تقسیم می‌شوند.

۱- هوّیه‌های المنتی : نمونهٔ در دسترس این هوّیه‌ها،انواع هوّیه های قلمی می‌باشد که درقدرتهای 20w – 40w – 60w – 80w – 100w – 200w – 500w – 750w – 1000w ساخته می‌شوند.

ساختمان هوّیه‌های المنتی :

این هوّیه‌ها تشکیل شده‌اند از یک المنت حرارتی که با اتصال به جریان برق،المنت داغ شده و گرمای حاصله را به نوک مسی هوّیه که در مرکز المنت قرار گرفته انتقال می‌دهد. می‌توانیم با استفاده از گرمای نوک مسی هوّیه عمل لحیم کاری را انجام دهیم. معمولاً دستهٔ این هوّیه‌ها از جنس چوب یا پلاستیک می‌باشد تا از اتصال برق به بدن فرد استفاده کننده جلوگیری شود. شکل زیر ساختمان داخلی یک هوّیه المنتی را نشان می‌دهد.



مزایای این هوّیه‌ها ارزان بودن آنها نسبت به هوّیه‌های دیگر و همچنین اگر مدت طولانی به برق وصل باشد صدمه نمی بیند. عیب اصلی این هوّیه‌ها در این است که مدت زمانی طول می‌کشد تا گرم شوند و برای سرد شدن نیز نیاز به زمان دارند.

۲- هوّیه‌های هفت تیری که با جریان اتصال کوتاه کار می‌کنند :

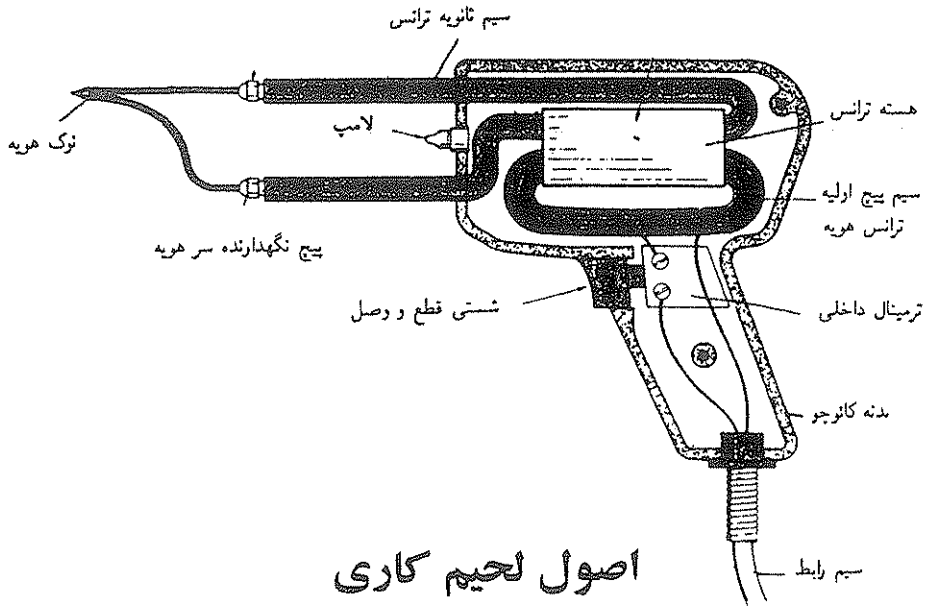
این هوّیه‌ها با فشار یک شستی که روی دستهٔ آن نصب شده است سریعاً داغ شده و آمادهٔ کار می‌شوند و به محض اینکه شستی را قطع کنیم در زمان کوتاهی سرد می‌شوند. هوّیه‌های هفت تیری در قدرتهای 60w – 100w – 250w – 500w ساخته می‌شوند.

ساختمان داخلی هوّیه‌های هفت تیری و اساس کار آنها

اساس کار هوّیه‌های هفت تیری بر مبنای جریان اتصال کوتاه می‌باشد. زیرا هوّیه‌های هفت تیری تشکیل شده‌اند از یک ترانسفورماتور کاهندهٔ ولتاژ و افزایندهٔ جریان که تعداد دور سیم پیچهای اولیهٔ آن زیاد با قطر بسیار کم و تعداد دور سیم پیچهای ثانویّهٔ کم و بسیار قطورتر است. دو سر ثانویّهٔ ترانسفورماتور به خارج از هوّیه هدایت شده که بوسیلهٔ دو عدد پیچ نوک مسی هوّیه به آن وصل می‌شود. نوک هوّیه موجب اتصال کوتاه شدن ثانویّهٔ ترانسفورماتور گشته در نتیجه گرمای زیادی در نوک هوّیه ایجاد شده و بوسیلهٔ آن می‌توانیم عمل لحیم کاری را انجام دهیم.

در هنگام اتصال نوک هوّیه به پیچهای رابط همیشه دقت کنیم که پیچها کاملاً محکم شوند زیرا در غیر این صورت هوّیه گرم نشده وظاهراً معیوب به نظر می‌رسد. نکتهٔ مهم اینکه هوّیه‌های هفت تیری نباید مدت

طولانی به برق وصل باشند چون شرایط کار آنها به این گونه است که هیچگاه نباید بیشتر از یک دقیقه روشن بوده و به ازای هر یک دقیقه کار باید سه دقیقه در حالت خاموش باشند تا هوّیه سرد شده و دوباره آمادهٔ کار شود. شکل زیر ساختمان داخلی هوّیهٔ هفت تیری را نشان می‌دهد.



اصول لحیم کاری

رعایت نکات زیر جهت انجام لحیم کاری صحیح مورد نیاز است:

۱- هوّیهٔ مناسب کار انتخاب کنید برای اجسام و قطعات کوچک با وات کم و برای اجسام و قطعات بزرگ با وات زیاد.

۲- محل لحیم کاری را کاملاً تمیز نمائید نباید چربی یا اکسید روی آن وجود داشته باشد.

۳- اگر از لحیم شمش استفاده می‌کنید حتماً روی سطح کار را با روغن لحیم آغشته کنید.

٤- هنگام لحیم کاری ابتدا روی سطح کار را گرم کنید سپس لحیم را به آن تماس دهید.هرگز لحیم را ذوب نکنید و روی سطح کار نریزید زیرا در این حالت لحیم به سطح کار نمی چسبد و اصطلاحاً لحیم سرد تشکیل می‌شود.

٥- هنگام سردشدن لحیم نباید سطح کار را حرکت داد در صورت حرکت سطح لحیم کاری کدر شده و شکافهائی در آن ظاهر می‌گردد. سطح لحیم کاری باید براق و درخشان باشد.

٦- اجزای الکترونیکی مانند ترانزیستور،آی سی،دیود،خازن و غیره در مقابل حرارت حساس بوده و حرارت زیاد موجب خراب شدن آنها می‌گردد. در هنگام لحیم کاری این قطعات باید به نحوی حرارت حاصله را دور کرد یا پس از لحیم کاری بلافاصله آن را خنک نمود این عمل معمولاً بوسیلهٔ پنس یا دم باریک و یا پارچهٔ نم‌دار انجام می‌شود.

ابزارهای مورد نیاز در برقکاری

۱- انبر دست :

وسیله‌ای است برای فرم کاری سیم ها که معمولاً به وسیلهٔ آن می‌توان سیم های مفتولی را به فرم دلخواه درآورده و در هنگام کار سیم ها را با آن نگه داشت.

۲- دم باریک :

وسیله‌ای است شبیه انبردست که برای کار در جاهای کوچک و تنگ که امکان استفاده از انبردست وجود ندارد مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۳- دم پهن :

از این وسیله صرفاً برای عمل فرم کاری روی سیم های مفتولی استفاده می‌شود.

٤- سیم چین :

ابزاری است برای قطع کردن و بریدن سیم های افشان و مفتولی توجه داشته باشیم که برای بریدن میخ و فلزات سخت از آن استفاده نکنیم.

٥- سیم لخت کن :

ابزاری است برای برداشتن روپوش عایقی سیم ها که در دو نوع دستی و اتوماتیک در دسترس می‌باشد. توجه داشته باشیم که دستهٔ این ابزارها کاملاً از جنس عایق مرغوب باشد و هیچ گاه از این ابزارها که فاقد دستهٔ عایق هستند استفاده نکنیم.

٦- پیچ گوشتی تخت :

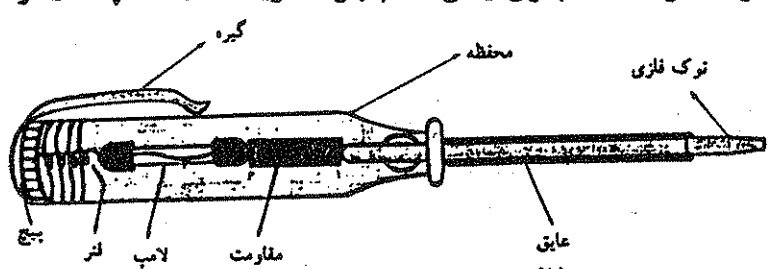
از این پیچ گوشتی برای باز کردن انواع پیچ های تخت با سر یک شیار استفاده می‌شود و در اندازه‌ها وطولهای مختلف در دسترس می‌باشد.

۷- پیچ گوشتی چهارسو :

برای باز کردن و بستن پیچهای با کلهٔ چهارگوش یا چهارسو بکار می‌رود و دارای انواع مختلف است.

۸- فازمتر :

ابزای است شبیه پیچ گوشتی تخت که برای تشخیص سیم فاز از نول بکار می‌رود و در داخل دستهٔ فازمتر یک لامپ کوچک به همراه یک مقاومت $80\ k\Omega$ وجود دارد که با نوک پیچ گوشتی شکل و پیچ دستهٔ فازمتر ارتباط دارد. زمانی که نوک فازمتر به سیم فاز متصل می‌شود جریان از داخل مقاومت عبور کرده و وارد لامپ می‌شود حال اگر شخصی بوسیلهٔ انگشت ته فازمتر را لمس نماید جریان ضعیفی از طرف بدن شخص وارد زمین شده و باعث روشن شدن لامپ فازمتر می‌گردد. نکتهٔ مهم اینکه این جریان هیچ گونه آسیبی به شخص وارد نمی‌سازد اما اگر فازمتر را به سیم نول وصل کنیم چون جریان از لامپ فازمتر عبور نمی‌کند روشن نمی‌شود.



سیم‌ها و اتصالات آنها

تعریف سیم :

یک هادی الکتریسته است که برای انتقال جریان الکتریکی از محلی به محل دیگر و ارتباط بین دستگاه‌های الکتریکی و همچنین وصل این دستگاه‌ها به شبکهٔ برق از آن استفاده می‌شود و به دو دستهٔ زیر تقسیم می‌گردد.

۱- سیم مفتولی یا سیم تک لا :

این سیم به صورت یک مفتول مسی یک رشته می‌باشد و به آن سیم خشک نیز می‌گویند. معمولاً برای فرم کاری داخل تابلوهای برق از آن استفاده می‌شود.

۲- سیم افشان :

سیم‌هائی هستند که از تعداد زیادی رشته‌های نازک مسی تشکیل شده اند که به صورت به هم تابیده شده داخل روپوش عایقی قرار گرفته‌اند و به سیم نرم نیز معروف هستند، کاربرد این سیم ها بسیار بیشتر از سیم‌های مفتولی است و در اغلب سیم‌کشی‌های برق از آن استفاده می‌شود.

واحد اندازه‌گیری سیم های افشان و مفتولی

سیم های روپوش دار افشان و مفتولی را بر اساس سطح مقطع آنها نامگذاری می‌نمایند. اندازهٔ آنها برحسب میلی متر مربع mm^2 می‌باشد. اندازه‌های استاندارد سیم های مفتولی و افشان به شرح زیر است :

$0.75mm^2$,$1mm^2$,$1.5mm^2$,$2.5mm^2$,$4mm^2$,$6mm^2$,$10mm^2$

ساختمان سیم‌ها

سیم ها از دو قسمت هادی و عایق تشکیل شده‌اند که جنس هادی از مس یا آلومینیم می‌باشد که به علت حجم کم مس و هدایت بهتر آن بیشتر از هادی مسی استفاده می‌شود. جنس روپوش یا عایق سیم از نوع پلاستیک نرم (p.v.c) می‌باشد که غیر قابل اشتعال بوده، رطوبت را جذب نکرده و از خود عبور نمی‌دهد.

حداکثر جریان مجاز سیم‌ها

در انتخاب و بکارگیری سیم‌ها نکتهٔ مهمّی که باید به آن توجه نمود جریان مجاز سیم است در صورتیکه جریان مجاز از سیم عبور کند سیم گرم نشده و به روپوش آن صدمه وارد نمی‌شود در نتیجه دارای طول عمر بیشتری خواهد بود.

جدول زیر جریان مجاز سیم های استاندارد را در حالتهای مختلف نشان می‌دهد.

سطح مقطع سیم بر حسب میلی مربع mm^2	شدت جریان مجاز سیم های مسی بر حسب آمپر		
	سیم های با عایق تا حداکثر سه سیم داخل لوله	کابلهای روکار و سیم های زیر گچی	سیم های هوائی
0.75	- آمپر	13 آمپر	16 آمپر
1	12 آمپر	16 آمپر	20 آمپر
1.5	16 آمپر	20 آمپر	25 آمپر
2.5	21 آمپر	27 آمپر	34 آمپر
4	27 آمپر	36 آمپر	45 آمپر
6	35 آمپر	47 آمپر	57 آمپر
10	48 آمپر	65 آمپر	78 آمپر

اتصالات سیم ها

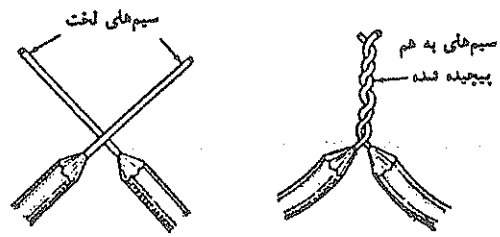
اتصالات بین سیم‌ها و دستگاه‌ها باید بوسیلهٔ بستن هادیها به هم یا بوسیلهٔ ترمینال انجام گیرد. اتصالات هادیها و سیم ها از مسائل اساسی و مهم در مدارهای الکتریکی می‌باشد درست بودن یک اتصال بسیار مهم است زیرا یک مدار الکتریکی خوب و قابل اطمینان مداری است که اتصالات آن ضعیف نباشد و تمامی اتصالات از نظر مکانیکی و الکتر یکی محکم باشند در اتصالات قبل از هر چیز بایدبه طریقهٔ لخت کردن سیم توجه کنیم زیرا در صورتیکه سیم به طرز نادرست عایق برداری شود موجب زخمی شدن هادی و در نتیجه از بین رفتن استحکام اتصال می‌گردد. برای برداشتن عایق روی سیم می‌توانیم از یک چاقوی تیز و یا از سیم‌لخت کن استفاده کنیم. در هنگام روپوش برداری توجه کافی داشته باشیم که سیم زخمی نشود چون در صورت زخمی شدن باعث شکسته شدن اتصال و خرابی آن می‌گردد.

انواع اتصالات

۱- اتصال پهلو به پهلو :

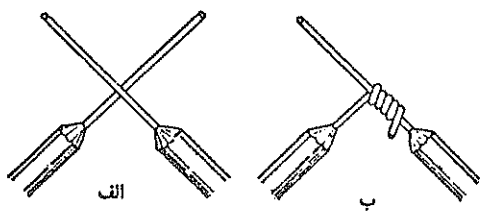
در این اتصال ،هر چند رشته سیم که در اختیار باشد سرهای آنها پهلو به پهلو قرار گرفته و به هم پیچیده می‌شوند این اتصال به نام دم خوکی نیز معروف است. روش کار به این صورت است که ابتدا دو سیم را به اندازهٔ مساوی لخت کرده (در حدود 2cm) سپس آنها را مطابق شکل روی هم قرار داده و با انگشت

شست محل تقاطع دو هادی را محکم نگه می‌داریم در حالی که با یک دست محل تقاطع را گرفته‌ایم توسط دست دیگر با کمک انبردست اقدام به پیچاندن هادیها به هم می کنیم در حدود شش پیچ این کار را انجام می‌دهیم برای اطمینان از اتصال،محل اتصال را لحیم کاری می کنیم کاربرد این اتصال در جعبه تقسیم‌ها می‌باشد.



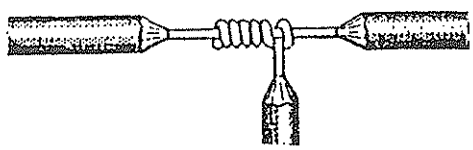
۲- اتصال سر به سر :

این اتصال زمانی استفاده می‌شود که امکان وارد آمدن نیروی کششی به هادی وجود داشته باشد هر یک از دو هادی را به اندازهٔ هفت سانتی متر لخت کرده و آنها را از وسط روی هم قرار می‌دهیم و سر آزاد هر هادی را روی یکدیگر می‌پیچانیم عمل پیچش هادی‌ها را روی هم آنقدر ادامه می‌دهیم تا شش پیچ ایجاد شود . در هنگام پیچیدن باید دقت کرد که پیچش دو طرف بطور همزمان انجام شود اضافی سیم های دو هادی را بصورت عمودی بر روی هر هادی می‌پیچانیم. اگر این سیم اضافی از سه دور بیشتر باشد می‌توانیم آنرا قطع کنیم.



۳- گرفتن انشعاب از سیم با اتصال انشعابی :

برای اینکه از یک سیم انشعاب بگیریم بهتر است که سیم قطع نشود بلکه فقط کافی است روکش هادی در نقطهٔ مورد نظر برداشته شود و اتصال دلخواه ایجاد گردد اتصال سیم منشعب از هادی توسط چهار دور پیچش آن برروی هادی اصلی ایجاد می‌شود محل اتصال تا عایق از هر طرف باید حداقل 0.5 سانتی متر فاصله داشته باشد شکل زیر این اتصال را نشان می‌دهد.



٤- اتصال سیم افشان و مفتولی به هم :

این نوع اتصال در سیم کشی لوازم خانگی کاربرد زیادی دارد روش کار به این صورت است که روکش سیم‌ها را به اندازهٔ مناسب برداشته ،هادی افشان را به دور هادی مفتولی پیچید. هادی مفتولی را روی هادی افشان پیچیده شده خم می کنند و آن را با انبردست تحت فشار قرار می‌دهند تا به یکدیگر محکم شوند برای اطمینان بیشتر محل اتصال را لحیم کاری نمائید.

روش عایق بندی کردن محل اتصال

به منظور حفاظت افراد و تجهیزات الکتریکی در نقاطی از هادی‌ها که به هم متصل شده اند،عمل عایق بندی انجام می‌شود. این کار معمولاً بوسیلهٔ نوار عایقی چسب دار انجام می‌شود. معمولاً عایق بندی را از ابتدای اتصال شروع کرده نوار را چند دور روی روکش سیم بسته سپس بوسیلهٔآن روی محل اتصال را می‌پوشانیم و در انتها چند دور روی روکش سیم دیگر نوار عایق را می‌پیچیم. بهتر آن است که نوار عایق بصورت چند بار رفت و برگشت روی هادی لخت انجام شود. به صورتیکه قطر این قسمت در حدود دو برابر قطر هادی با روکش شود. در مورد اتصال پهلو به پهلو نکتهٔ مورد توجه این است که حتماً نوک اتصال به خوبی عایق کاری شود. برای اطمینان بیشتر می‌توان در اتصال پهلو به پهلو یا اتصال سیم افشان به مفتولی از کلاهک‌های عایقی استفاده نمود این کلاهک‌ها روی اتصال قرار گرفته و با فشار انبردست روی آن پرس می‌شوند.

فرم کاری سیم‌ها

این عمل به منظور شکل مرتب دادن به سیم کشی و ساده بودن پیدا کردن مسیر عبور جریان و عیب‌یابی آسان صورت می‌گیرد چگونگی مسیر سیم‌ها در نقشه داده می‌شود و شخص اجرا کنندهٔ نقشه،اقدام به سیم‌کشی با فرم کاری می‌نماید. برای فرم کاری باید سیم‌ها را صاف و در محلهائی که نیاز باشد سیم‌ها را خم کرد و در نقاطی که به دستگاه یا ترمینال وصل می‌شود آنها را زیر پیچها قرار داد. عمل فرم کاری معمولاً بوسیلهٔ سیم‌های مفتولی انجام می‌شود برای این منظور سیم‌هائی را که باید در کنار هم قرار گیرند از روی نقشه پیدا کرده و سیم‌ها با تقریب اضافی اندازه می‌گیریم برای صاف کردن سیم،تک تک سیم‌ها را به گیره بسته و از طرف دیگر با انبردست یا دم باریک،تحت کشش قرارمی‌دهیم به این ترتیب سیم‌ها کاملاً صاف شده و پیچ و خمهای موجود در آن از بین می‌رود. در فرم کاری ابتدا باید از سیم‌هائی که در زیر قرار می‌گیرند کار را شروع کنیم سپس به ترتیب سیم‌های ردیف بالاتر را در فرم کاری قرار دهیم. در جاهائی که سیم خم می‌شود حتماً باید زاویهٔ خم 90^{0} باشد. سیم‌های دسته بندی شده بوسیلهٔ بست های غیر فلزی کنار هم قرار می‌گیرند توجه داشته باشیم که در فرم کاری فاصلهٔ بست‌ها با یکدیگر باید کاملاً متناسب باشد.

نکتهٔ مهم دیگر اینکه در فرم کاری سیم‌هائی که خم می‌شوند باید حداقل یک سانتی‌متر با بدنهٔ دستگاه یا کلید فاصله داشته باشند همچنین جهت سیم‌ها روبه طرف شخص ناظر باشد به گونه‌ای که با یک نگاه تمام رشته سیم‌ها در زاویهٔ دید او قرار گیرند در فرم کاری تابلوهای برق صنعتی توجه داشته باشیم که سیم‌ها از روی پلاک کنتاکتور و کلیدها عبور نکنند و مانع دیدن آنها نشوند و در فرم کاری هیچگاه از سیم‌های مفتولی بدون روپوش بعنوان بست استفاده نکنیم.

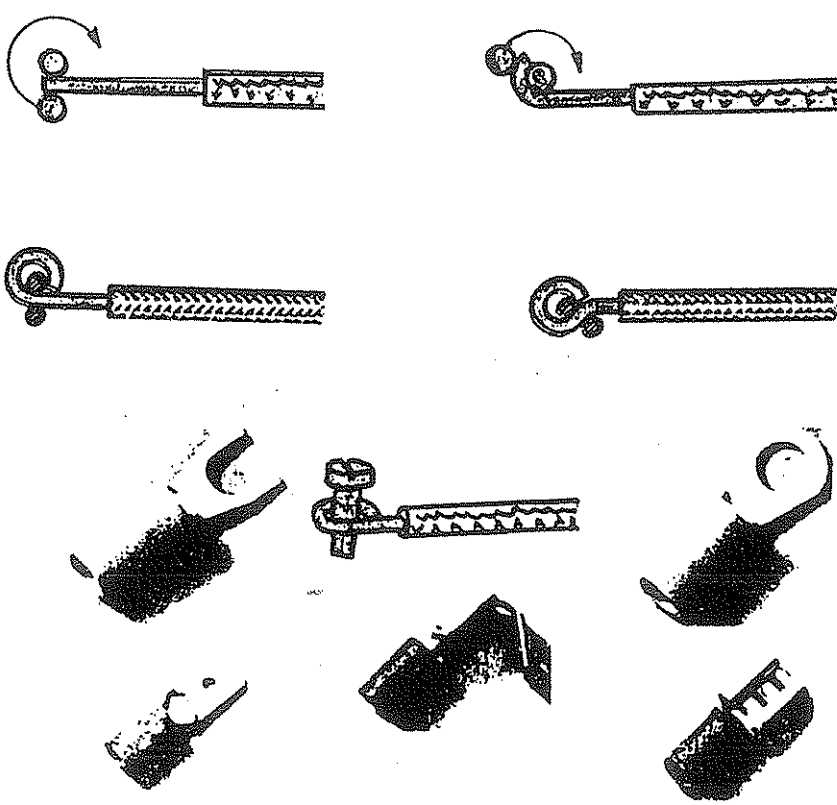
بستن سیم‌های مفتولی وافشان زیر پیچ

یکی از مسائلی که هنگام بستن سیم زیر پیچ با آن مواجه می‌شویم کشیده شدن سیم دراثر سفت کردن سیم است. به همین منظور لازم است شیوه‌هائی اتّخاذ گردد تا انجام کار با سهولت همراه باشد.

روش سئوالی کردن :

دراین روش روکش سیم متناسب با اندازهٔ پیچ برداشته می‌شود. هادی بدون روکش از مجاورت عایق تحت زاویهٔ 90^0 خم می‌گردد که این کار بوسیلهٔ دم باریک یـا انبردسـت صـورت می‌گـیرد،انـدازهٔ قسـمت خم‌شده باید به گونه‌ای باشد که در صورت سئوالی شدن زیر پیچ مخفی شود سپس بوسیلهٔ دم باریک در جهت سفت شدن پیچ اقدام به گرد کردن هادی لخت شده می‌نمائیم. حال سر سیم علامت سئوالی شده را زیر پیـچ قرار داده بوسیلهٔ پیچ گوشتی پیچ را سفت می‌کنیم چون جهت علا مت سئوال و پیچ یکی هستند در نتیجه سیم کاملاً زیر پیچ قرار گرفته و به همراه آن سفت می‌شود دراین حالت یک اتصال محکم و مطمئن بوجود می‌آید در مورد پیچها و ترمینال‌هائی که دارای واشر روئی هستند نیازی به علامت سئوالی نیست فقط سیم را به اندازهٔ طول واشر لخت کرده به صورت مستقیم زیر آن قرار داده وپیچ آنرا سفت می‌نمائیم این قوائد بیشتر در مـورد سیم های مفتولی صدق می‌کند در ارتباط با سیم‌های افشان چون سیم‌ها بصورت رشته‌ای هستند،صحیح تریـن روش استفاده از سر سیم می‌باشد که بوسیلهٔ دستگاه روی قسمت لخت شـده سـر سـیم هـا پـرس می‌شـود. در مواردی که سر سیم در دسترس نباشد می‌توانیم سیم‌های افشان را در قسمت‌هائی که باید زیر پیچ قـرار گـیرد لحیم کاری نموده سپس مانند سیم‌های مفتولی آنها را به شکل علامت سئوال درآورده و زیر پیچ قـرار دهیـم. بطور کلی در هنگام قرار دادن سیم‌های افشان و مفتولی زیر پیچ به این نکتهٔ مهم توجه کنیم که قسمت لخـت هادی از زیر پیچ بیرون نزده باشد و بین روپوش وپیچ حداکثر 2mm سیم لخت وجود داشته باشند.

مورد دیگر اینکه در اتصال سیم‌ها زیر پیچ ها،حتماً پیچ کاملاً سفت شود زیرا درصورت شل بودن پیچ در زیرآن جرقه ایجاد شده و موجب به بار آمدن صدمات جبران ناپذیری بـه شـخص و کارگـاه یـا محیـط کـار خواهدشد.

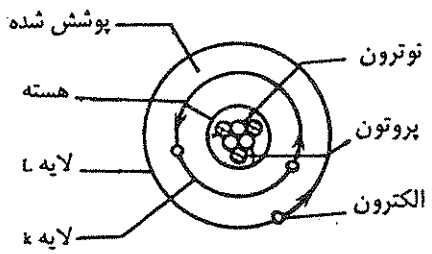


اصول الکتریسیته

الکتریسیته :

چنانکه یک سیم مسی لخت را با ذره بین ملاحظه کنیم مشاهده می‌شود که سطح سیم کاملاً هموار نمی‌باشد و دارای برجستگیهائی است که با چشم غیر مسلح به هیچ وجه تشخیص داده نمی‌شود این ناصافی‌ها در اثر کشیدن سیم در موقع تولید بوجود می‌آید.حال اگر همین سیم را در زیر میکروسکوپ قرار بدهیم کریستال مس مشخص خواهد شد که این کریستالها همان مولکول‌های تشکیل دهندهٔ مس هستند. اگر یکی از این کریستالها را به ذرات ریزتری تقسیم نمائیم بالاخره به ذره‌ای می‌رسیم که دیگر با وسایل مکانیکی قابل تجزیه نمی‌باشد. ذرات غیر قابل تجزیه را به نام اتم نامگذاری کرده‌اند. با مطالعات تئوری و تحقیقات عملی ثابت شده است که حتی اتم ها نیز از ذرات ریزتری تشکیل شده‌اند به این ترتیب که هر اتم دارای یک هسته و چند لایه که بدور هسته قرار گرفته‌اند می‌باشد، مانند خورشید و سیّارات اطراف آن.

هستهٔ اتم از دو ذره به نامهای پروتون با بار مثبت و نوترون با بار خنثی می‌باشد. بعبارت دیگر هستهٔ اتم دارای بار الکتریکی مثبت می‌باشد در لایه‌های اطراف هسته الکترونها با بار منفی قرار دارند که بدور هسته در حال گردش می‌باشند و در حالت عادی اتم خنثی می‌باشد زیرا تعداد الکترونها و پروتونها در اتم با یکدیگر برابر هستند. شکل زیر ساختمان یک اتم را نشان می‌دهد.



الکترونهای آزاد یا متحرک وچگونگی ایجاد جریان الکریسیته

چنانکه می‌دانیم عدد اتمی در مواد مختلف بیانگر تعداد الکترون اتم آن ماده می‌باشد در فلزات بطور کلی عدد اتمی نسبت به مواد دیگر بالاتر است در نتیجه لایه‌های بیشتری در اطراف هستهٔ اتم وجود دارد به همین دلیل الکترونهای مدار خارجی فلزات به دلیل فاصلهٔ زیاد از هسته نسبت به آن دارای جاذبهٔ کمی بوده و به راحتی از مدار خود خارج می‌شوند بعضی از الکترونهای لایهٔ آخر یامدار خارجی در اتمهای فلزات زمانی که بصورت الکترون آزاد در می‌آیند حامل جریان الکتریکی هستند این الکترونهای آزاد هستند که باعث هدایت جریان الکتریکی و ایجاد آن می‌شوند. بطور کلی مواد به سه دسته تقسیم می‌شوند :

۱- هادیها

اجسامی هستند که جریان الکتریکی را به راحتی از خود عبور می‌دهند. تقریباً تمام هادیها از جنس فلز می‌باشند،مانند طلا،نقره،مس،آلومینیم،فولاد و غیره.

۲- عایقها

اجسامی هستند که انرژی الکتریکی را براحتی از خود عبور نمی‌دهند زیرا این اجسام دارای عدد اتمی کمی بوده و در نتیجه به راحتی الکترونهای آنها بصورت آزاد در نمی‌آیند، مانند کائوچو،شیشه،سرامیک،چینی،پلاستیک و چوب.

۳- نیمه هادیها

اجسامی هستند که در حالت طبیعی مانند عایقها عمل کرده و جریان الکتریسیته را از خود عبور نمی‌دهند اما اگر این مواد تحت تأثیر حرارت قرار گیرند تبدیل به هادی شده و جریان الکتریسیته را از خود عبور می‌دهند،مانند سیلیسیم وژرمانیم که در ساخت دیودها،ترانزیستورها و آی سی‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند.

کمیّتهای الکتریکی

۱- جریان (Cuurent):

اگر یک انرژی خارجی به یک جسم هادی وارد شود الکترونهای آزاد در آن هادی به حرکت در می‌آیند حرکت الکترونها را در داخل هادی جریان الکتریکی گویند.که گاهی به آن شدت جریان نیز گفته می‌شود جریان را با واحدی به نام آمپر اندازه‌گیری می‌کنند. علامت اختصاری واحد جریان آمپر(I) می‌باشد. جریان را بوسیلهٔ دستگاهی به نام آمپرمتر اندازه‌گیری می‌نمایند که بطور سری در مدار قرار می‌گیرد و علامت اختصاری آن چنین است:

در فرمولهای برق جریان را با علامت (I) نشان می‌دهند.

تعریف دیگر جریان :

برابر است با مقدار بار الکتریکی عبوری از یک هادی در زمان یک ثانیه.

تعریف واحد جریان یا آمپر :

چنانکه گفتیم آمپر واحد اندازه‌گیری جریان می‌باشد که به نام فیزیکدان آلمانی،آمپر نامگذاری شده است و چنین تعریف شده که یک آمپر برابر است با عبور 6.242×10^{18} عدد الکترون در عرض یک ثانیه از یک هادی به سطح مقطع میلی متر مربع.

غلظت یا تکاثف یا دانسیته (چگالی) جریان :

نسبت جریان به سطح مقطع را تکاثف یا غلظت جریان گویند.اگر جریان بر حسب آمپروسطح مقطع هادی برحسب میلی‌مترمربع باشد واحد تکاثف جریان برابر است با $\frac{\text{آمپر}}{\text{میلی مترمربع}}$ و فرمول آن چنین است :

$$\text{غلظت جریان} = \frac{\text{جریان}}{\text{سطح مقطع هادی}}$$

جریان عبوری از هادی بر حسب آمپر $I=(A)$

سطح مقطع هادی برحسب میلی مترمربع $S=(mm^2)$

$$J=\frac{I}{S}$$

چگالی یا دانسیته یا تکاثف جریان برحسب آمپر بر میلی مترمربع $J=\frac{A}{mm^2}$

$$J(\frac{A}{mm^2})=\frac{I(A)}{S(mm^2)}$$

مثال ۱) ازسیمی به سطح مقطع 1.5 میلی مترمربع جریان 4 آمپر عبور می‌کند تکاثف جریان را در این سیم بدست آورید؟

$S=1.5mm^2$

$L=4A$

$J=?$

$$J=\frac{1}{s}=\frac{4}{1.5}=2.6\frac{A}{mm^2}$$

$$J=2.6\frac{A}{mm^2}$$

مثال ۲) غلظت جریان در یک سیم 10 آمپر بر میلی مترمربع می‌باشد در صورتیکه جریان عبوری از این سیم 4 آمپر باشد سطح مقطع سیم را پیدا کنید؟

$J=10\frac{A}{mm^2}$

$I=4A$

$S=?$

$$\frac{J}{1}=\frac{I}{S}\Rightarrow S=\frac{I}{J}=\frac{4}{10}=0.4mm^2$$

$S=0.4mm^2$

مثال ۳) غلظت جریان در یک سیم $6\frac{A}{mm^2}$ می‌باشد در صورتیکه سطح مقطع سیم 4 میلی مترمربع باشدحساب کنید جریان عبوری ازسیم را؟

$J=6\frac{A}{mm^2}$

$S=4mm^2$

$I=?$

$$J=\frac{I}{S}\Rightarrow I=J\times S=6\times 4=24^{A}$$

$I=24^{A}$

۲- ولتاژ :

نیروئی است که موجب حرکت الکترونها در داخل هادی و ایجاد جریان الکتریکی می‌شود به این نیرو ولتاژ یا اختلاف پتانسیل (نیروی محرکهٔ الکتریکی) گفته می‌شود. ولتاژ را با حرف U یا E نشان می‌دهند. ولتاژ را به وسیلهٔ دستگاهی به نام ولت متر اندازه‌گیری می‌نمایند که به صورت موازی در مدار قرار می‌گیرد و علامت آن چنین است :

تعریف ولت (V) :

مقدار نیروئی است که از سیمی به سطح مقطع 1 میلی مترمربع و مقاومت 1 اهم،جریان 1 آمپر را عبور می‌دهد. ولتاژ در مدارهای الکتریکی دو اثر دارد :

۱- الکترونها را به حرکت در می‌آورد ۲- نیروئی بین هادیهای جریان ایجاد می‌نماید.

۳- مقاومت (Resistor) :

حرکت الکترونها در داخل هادی در اثر برخورد اتمها با یکدیگر کندتر می‌شود بنابراین می‌توانیم بگوئیم مقاومت عبارتست ازمخالفت هادی در مقابل حرکت الکترونها در داخل هادی. مقاومت معمولاً در مدار بصورت حرارت و گرما ظاهر می‌شود. مقاومت را با حرف(R) نشان می‌دهند. واحد اندازه‌گیری مقاومت اهم می‌باشد که آن را باعلامت (Ω) نشان می‌دهند. مقاومت را بوسیلهٔ دستگاهی بنام اهم متر اندازه‌گیری می‌کنند. توجه داشته باشیم اگر بخواهیم بوسیلهٔ اهم متر مقاومت یک هادی یا جسمی را اندازه بگیریم ابتدا باید برق را قطع کرده سپس اهم متر را به مدار وصل نمائیم زیرا در صورتیکه اهم متر به برق وصل شود صدمه خواهد دید. علامت مشخصهٔ آن چنین است :

تعریف اهم :

1 اهم مقاومت ستونی از جیوه است که سطح مقطع آن 1 میلی متر مربع و طول آن 1063 میلی متر در دمای محیط صفر درجهٔ سانتیگراد ($0\ ^{0}c$)

عواملی که در مقاومت یک هادی مؤثر می‌باشد

الف- مقاومت یک هادی با افزایش طول هادی نسبت مستقیم دارد. یعنی هر چه طول هادی بیشتر شود مقاومت هادی نیز بیشتر می‌شود.

ب- مقاومت یک هادی با سطح مقطع هادی نسبت معکوس دارد. یعنی هر چه سطح مقطع هادی بزرگتر باشد مقاومت هادی کمتر خواد بود.

ج- ضریب مقاومت مخصوص هادی که برای هر فلز یک عدد ثابت می‌باشد نسبت مستقیم با مقاومت دارد.

پس بطور کلی نتیجه می‌گیریم که عوامل مؤثر در مقاومت یک هادی عبارتند از : طول هادی، جنس هادی و سطح مقطع هادی. با توجه به موارد فوق می‌توانیم بنویسیم:

طول هادی بر حسب متر $L = (m)$ مقاومت هادی بر حسب اهم $R = (\Omega)$

$$\text{مقاومت یک هادی} = \frac{\text{طول هادی} \times \text{جنس هادی (ضریب مقاومت)}}{\text{سطح مقطع هادی}}$$

مقاومت مخصوص (ضریب مقاومت) برحسب $\rho = (\frac{\Omega.mm^2}{m})$

سطح مقطع هادی بر حسب $S = (mm^2)$ $R = \frac{\rho.L}{S}$

تعریف مقاومت مخصوص یا ضریب مقاومت :

بستگی به جنس هادی دارد و برای هر هادی عدد ثابتی می‌باشد و آن را با حرف (ρ) شان می‌دهند. واحد آن اهم در میلی مترمربع برمتر می‌باشد به عنوان مثال مقاومت مخصوص مس برابر است با :

$$\rho cu = 0.01785.\frac{\Omega.mm^2}{m}$$

اثبات واحد مقاومت مخصوص : $R = \frac{\rho.L}{S} \Rightarrow R \times S = \rho.L \Rightarrow \rho = \frac{R.S}{L}$

مثال ۱) سیم مسی به طول 100 متر و سطح مقطع $4mm^2$ دارای چه مقاومتی است در صورتیکه مقاومت مخصوص مس $\rho cu = 0.01785.\frac{\Omega.mm^2}{m}$ باشد؟

$L = 100m$

$S = 4mm^2$

$R = ?$

$R = \frac{\rho.L}{S} = \frac{0.01785 \times 100}{4} = 0.44\Omega$

$R = 0.44\Omega$

مثال ۲) سیم مسی به طول 100 و سطح مقطع $1mm^2$ دارای چه مقاومتی است در صورتیکه مقاومت مخصوص مس $\rho cu = 0.1785 \frac{\Omega.mm^2}{m}$ باشد؟

$L = 100m$

$S = 1mm^2$

$R = ?$

$$R = \frac{\rho.L}{S} = \frac{0.01785 \times 100}{1} = 1.78\Omega$$

$R = 1.78\Omega$

نتیجه : از مقایسهٔ دو مثال ذکر شده در می‌یابیم هر چه سطح مقطع سیم کمتر شود مقاومت سیم افزایش می‌یابد. یعنی مقاومت و سطح مقطع با هم نسبت معکوس دارند.

مثال ۳) سیم مسی به طول 400m و سطح مقطع $4mm^2$ دارای چه مقاومتی است در صورتیکه ضریب مقاومت مخصوص مس $\rho cu = 0.01785. \frac{\Omega.mm^2}{m}$ باشد؟

$L = 400m$

$S = 4mm^2$

$R = ?$

$$R = \frac{\rho.L}{S} = \frac{0.01785 \times 400}{4} = 1.78$$

$R = 1.78\Omega$

مثال ٤) سیم آلومینیمی به طول 100 متر و سطح مقطع $1mm^2$ دارای چه مقاومتی است در صورتیکه ضریب مقاومت مخصوص آلومینیم $\rho AL = 0.0285. \frac{\Omega.mm^2}{m}$ باشد؟

$L = 100m$

$S = 1mm^2$

$R = ?$

$$R = \frac{\rho.L}{S} = \frac{0.0285 \times 100}{1} = 2.85$$

$R = 2.85\Omega$

هدایت الکتریکی

عکس مقاومت را هدایت گویند وآن را با حرف G نشان می‌دهند واحدآن موهو (Mho) یا زیمنس (S) می‌باشد.

$$G = \frac{1}{R}$$

$$\text{مقاومت الکتریکی} = \frac{۱}{\text{مقاومت الکتریکی}}$$

هدایت مخصوص یا ضریب هدایت

عکس مقاومت مخصوص یعنی (ρ) را هدایت مخصوص گویند.آن را با حرف X (کاپا) نشان می‌دهند
هدایت مخصوص برای هر فلز یک عدد ثابت می‌باشد و از رابطهٔ زیر بدست می‌آید:

$$X = \frac{1}{\rho}$$

واحد هدایت مخصوص:

واحد هدایت مخصوص $\frac{\text{متر}}{\text{اهم.میلی مترمربع}}$ می‌باشد.

$$\rho \rightarrow \frac{\Omega.mm^2}{m} \quad \text{اگر} \quad \Rightarrow X = \frac{1}{\rho} \Rightarrow \frac{1}{\frac{\Omega.mm^2}{m}} \Rightarrow \frac{m}{\Omega.mm^2}$$

فرمول مقاومت یک هادی زمانی که طول ،سطح مقطع و هدایت مخصوص هادی را داشته باشیم:

R = S =
L = X =

$$R = \frac{\rho.L}{S}$$

مقاومت ← R = L / (X·S) ← طول، هدایت مخصوص، سطح مقطع

$$\rho = \frac{1}{X}$$

$$R = \frac{1}{X} \times \frac{L}{S} = \frac{L}{X.S}$$

مثال ۱) سیم مسی به طول 100m و سطح مقطع 1 میلی متر مربع دارای چه مقاومتی است در صورتیکه ضریب هدایت مخصوص مس $Xcu56\frac{m}{\Omega.mm^2}$ باشد؟

$Xcu = 56\frac{m}{\Omega.mm^2}$
$L = 100m$
$S = 1mm^2$
$R = ?$

$$R = \frac{L}{X \times S} = \frac{100}{56 \times 1} = \frac{100}{56} = 1.78\ \Omega$$

مثال۲) سیم مسی به سطح مقطع $2.5mm^2$ و مقاومت 3 اهم دارای چه طولی است. در صورتیکه هدایت مخصوص مس $Xcu56\frac{m}{\Omega.mm^2}$ باشد. همچنین هدایت الکتریکی این سیم را بدست آورید؟

$S = 2.5\ mm^2$

$R = 3\Omega$ $\qquad \frac{R}{l} = \frac{L}{X.S} \Rightarrow L = R.X.S$

$CU = 56\ \frac{m}{\Omega.mm^2}$

$L = ?$ $\qquad L = R.X.S = 3 \times 56 \times 2.5 = 420\ m$

$G = ?$ $\qquad G = \frac{1}{R} = \frac{1}{3} = 0.33\ U$ هدایت الکتریکی سیم

مثال۳) سیم آلومینیومی به طول 300m و سطح مقطع $1mm^2$ دارای چه مقاومتی است در صورتی که هدایت مخصوص آلومینیوم $XAL = 35\frac{m}{\Omega.mm^2}$ باشد. همچنین هدایت الکتریکی این سیم را بدست آورید؟

$L = 300m$

$S = 1mm^2$ $\qquad R = \frac{L}{X.S} = \frac{300}{35 \times 1} = 8.57\Omega$ مقاومت الکتریکی سیم

$XAL = 35\frac{m}{\Omega.mm^2}$

$R = ?$

$G = ?$ $\qquad G = \frac{1}{R} = \frac{1}{8.57} = 0.11U$ هدایت الکتریکی سیم یا S

انواع مقاومتها

الف- مقاومت سیمی:

این مقاومتها از جنس کروم نیکل می‌باشند ولتاژ و جریانهای بالا را تحمل کرده زمانی که جریان الکتریکی از آنها عبور می‌کند حرارت تولید می‌کنند. کاربرد این مقاومتها بسیار وسیع بوده و در ساخت لوازم خانگی مانند: اتو، بخاری برقی، اجاق برقی، سماور برقی، سشوار و سایر لوازم خانگی برقی گرمازا.

- درصنعت به عنوان ذوب کنندهٔ مواد اصلی کارخانجات ملامین سازی و پلاستیک سازی.
- در راه‌اندازی ماشینهای الکتریکی به عنوان کنترل کنندهٔ جریان و ولتاژ از آنها استفاده می‌شود.

ب- مقاومتهای لایه‌ای:

ساختمان این مقاومتها به این ترتیب است که روی لوله‌ای از جنس چینی یا سرامیک یک لایه زغال به صورت یکنواخت مالیده‌اند و از دو سر زغال دو سیم خروجی بیرون آمده است که همان دو سر مقاومت می‌باشد معمولاً این مقاومتها را به همین صورت مصرف نمی‌کنند. بلکه روی زغال یک لایه لاک یا لعاب چینی مالیده و آنرا نسبت به محیط اطراف عایق می‌کنند در مواردی که بخواهند مقاومتهای لایه‌ای با مقدار اهمی متغییر درست کنند لایهٔ زغال را به صورت مارپیچ روی میلهٔ عایق مالیده و مقاومتهای مختلفی را می‌توان درست کرد بر روی بعضی از این مقاومتها مقدار اهمی به صورت عددی نوشته می‌شود اما در اغلب موارد برای خواندن این مقاومتها و تعیین مقدار اهمی از نوارهای رنگی که روی بدنهٔ مقاومت زده می‌شوند استفاده می‌کنند و با استفاده از جدول کد رنگی مقاومتها می‌توانیم مقدار اهمی مقاومت را بدست آوریم معمولاً چهار نوار رنگی روی این مقاومتها وجود دارد که به ترتیب از سمت چپ نوار اول و دوم مشخص کنندهٔ عدد صحیح نوار سوم مشخص کنندهٔ تعداد صفر و نوار چهارم مشخص کنندهٔ درصد خطای مجاز(تلرانس) می‌باشد.

تعریف تلرانس:

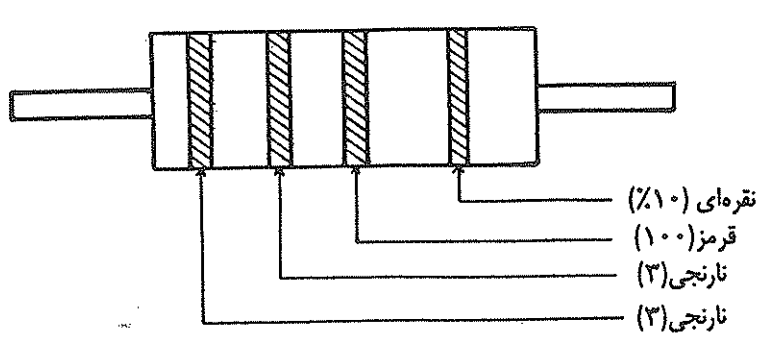
عبارتست از تفاوت بین مقدار خوانده شده و مقدار واقعی که به آن درصد خطای مجاز نیز گفته می‌شود تلرانس ممکن است مثبت یا منفی باشد.

جدول کد رنگی مقاومتها

مشخصات نوارهای رنگین در ارتباط با مقدار مقاومت

رنگ مشخص	اعداد	رنگ مشخص تعداد صفرها	رنگ مشخص تلرانس	
سیاه	۰	سیاه ۱× اهم	سفید	٪۲۰
قهوه‌ای	۱	قهوه‌ای ۱۰× اهم	نقره‌ای	٪۱۰
قرمز	۲	قرمز ۱۰۰× اهم	طلائی	٪۵
نارنجی	۳	نارنجی ۱× کیلواهم	قرمز	٪۲
زرد	۴	زرد ۱۰× کیلواهم	قهوه‌ای	٪۱
سبز	۵	سبز ۱۰۰× کیلواهم		
آبی	۶	آبی ۱× مگااهم		
بنفش	۷	بنفش ۱۰× مگااهم		
خاکستری	۸	خاکستری ۱۰۰× مگااهم		
سفید	۹	سفید ۱۰۰× مگااهم		
		طلائی ۰/۱× اهم		
		نقره‌ای ۰/۰۱× اهم		

مثال) مقدار اهمی وتلرانس مقاومت زیر را بدست آورید:



$R = ۳۳۰۰\Omega = ۳/۳k\,\Omega$

۳) مقاومتهای متغییر

الف- مقاومت حرارتی مثبت P.T.C :

این مقاومتها طوری ساخته شده‌اند که در حالت سرد مانند یک هادی عمل کرده و جریان را به راحتی از خود عبور می‌دهند با گذشت زمان که عبور جریان باعث داغ شدن مقاومت میشود، مقدار اهمی آن افزایش یافته تا جایی که به بالاترین مقدار رسیده و از عبور جریان جلوگیری می‌کند، در نتیجه موجب قطع مدار می‌گردد این مقاومتها به عنوان محافظ وسایل الکتریکی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

ب- مقاومت حرارتی منفی N.T.C :

این مقاومت بر خلاف نوع مثبت در حالت سرد دارای حداکثر مقاومت بوده و جریان ضعیفی را از خود عبور می‌دهد به مرور در اثر عبور جریان مقاومت گرم شده و مقدار اهمی مقاومت کاهش یافته تا جایی که مانند یک هادی به راحتی جریان را از خود عبور می‌دهد مانند مقاومتهایی که در تلویزیونهای لامپی قدیمی مورد استفاده قرار می‌گرفت.

ج- مقاومت نوری مثبت (LD R) :

این مقاومت به گونه‌ای ساخته شده است که با افزایش نور، مقاومت آن افزایش یافته تا جایی که تقریباً مانند یک عایق عمل می‌کند زمانی که نور کم باشد و یا نور کاهش یابد، میزان مقاومت آن نیز کاهش یافته تا جایی که مانند یک هادی، در تاریکی جریان را هدایت می‌کند از این مقاومتها برای ساخت فتوسل (دستگاهی که به وسیلهٔ آن لامپهای روشنایی معابر را خاموش و روشن می‌کنند) استفاده می‌شود.

د- مقاومت نوری منفی :

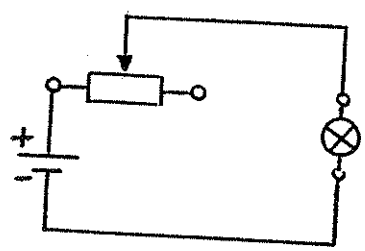
این مقاومت بر خلاف مقاومت قبلی با افزایش نور، مقاومت آن کاهش یافته و با کاهش نور، مقاومت آن افزایش می‌یابد. کاربرد آن به عنوان وسیلهٔ خبردهنده در باطریهای خورشیدی و بعضی از کارخانجات صنعتی می‌باشد.

ه- مقاومتهای متغییر که با دست قابل تنظیم هستند :

این مقاومتها به گونه‌ای ساخته شده‌اند که با چرخاندن یا حرکت یک دستهٔ متحرک مقدار اهمی آنها از صفر تا حداکثر قابل تنظیم می‌باشد معمولاً به دو صورت مورد استفاده قرار می‌گیرند :

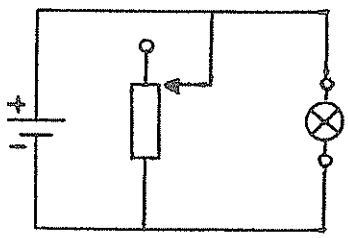
۱- پتانسیومتر (مقاومت متغییر) :

اگر مقاومت متغییر مطابق شکل زیر بصورت سری در مدار قرار گیرد به آن پتانسیومتر گفته می‌شود و ولتاژ را کنترل می‌کند مانند دیمر که برای کنترل روشنایی لامپها از آنها استفاده می‌کنیم. شکل زیر مدار پتانسیومتر را نشان می‌دهد.

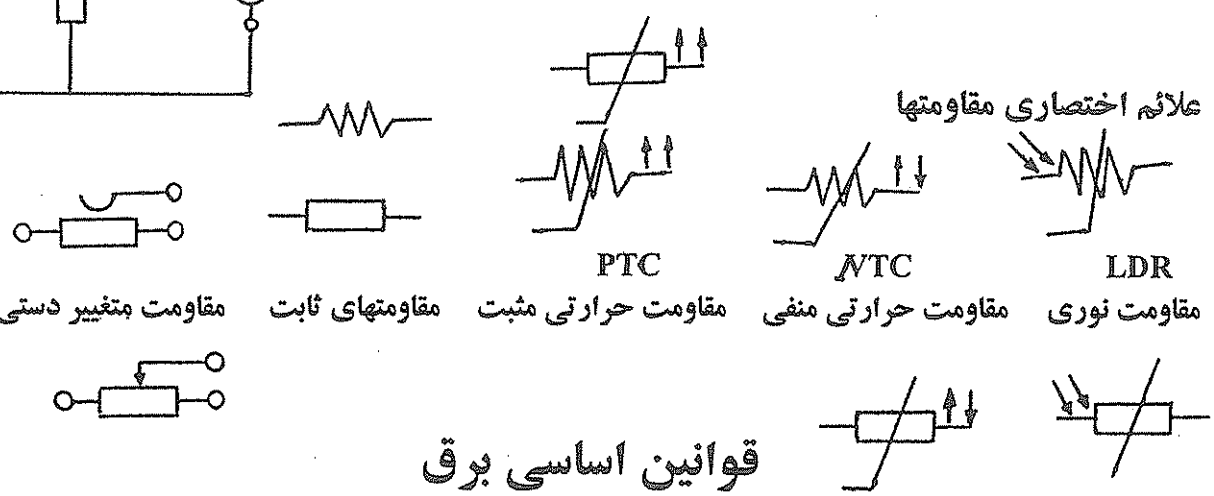


۲-رئوستا :

اگر مقاومت متغییر بصورت موازی در مدار قرار گیرد به آن رئوستا گفته می‌شود که معمولاً برای کنترل جریان از آن استفاده می کنیم شکل زیر مدار رئوستا را نشان می‌دهد.



علائم اختصاری مقاومتها



قوانین اساسی برق

۱-قانون اهم :

قانون اهم بیانگر روابطی است که بین جریان، ولتاژ و مقاومت در یک مدار الکتریکی برقرار است و به سه حالت زیر مطرح می‌شود :

الف - در یک مدار الکتریکی در صورتیکه ولتاژ مدار مجهول و مقدار مقاومت و جریان آن مدار معلوم باشد می‌توانیم از حاصلضرب جریان در مقاومت ولتاژ مدار را محاسبه نمائیم.

مقاومت × جریان = ولتاژ

$U = I \times R$

ولتاژ مدار بر حسب ولت U=(V)

جریان مدار بر حسب آمپر I=(A)

مقاومت مدار بر حسب اهم $R = \Omega$

مثال ۱) مقاومت المنت یک اتوی برقی و جریان عبوری از آن 2.5 آمپر می‌باشد حساب کنید ولتاژ اعمال شده به اتو را؟

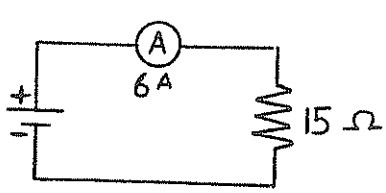
$R = 80\Omega$

$U = ?$

$U = I \cdot R = 2.5 \times 80 = 200v$

$U = 200v$

مثال ۲) در مدار شکل زیر ولتاژ را بدست آورید؟



$U = I \cdot R = 6 \times 15 = 90v$

$U = 90v$

ب- در یک مدار الکتریکی در صورتیکه جریان مجهول باشد می‌توانیم از تقسیم ولتاژ بر مقاومت آن مدار، مقدار جریان را بدست آوریم.

$$\text{جریان} = \frac{\text{ولتاژ}}{\text{مقاومت}}$$

$$U = R \cdot I \Rightarrow I = \frac{U}{R}$$

مثال ۱) یک سماور برقی که با ولتاژ 220 ولت کار می‌کند دارای مقاومت 100Ω می‌باشد حساب کنید جریان عبوری از سماور را؟

U=220v

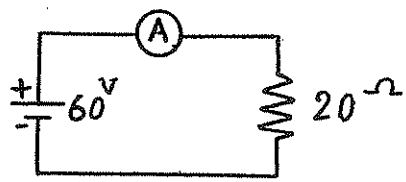
R = 100Ω

I = ?

$$I = \frac{U}{R} = \frac{220}{110} = 2.2A$$

I = 2.2A

مثال ۲) در مدار شکل زیر جریان را بدست آورید؟



جریان مدار I = 3A

$$I = \frac{U}{R} = \frac{60}{20} = 30$$

ج- در یک مدار الکتریکی در صورتیکه مقاومت مدار مجهول باشد می‌توانیم از تقسیم ولتاژ بر جریان آن مدار، مقدار مقاومت را بدست آوریم.

$$U = R \cdot I \Rightarrow R = \frac{U}{I}$$

$$\text{مقاومت} = \frac{\text{ولتاژ}}{\text{جریان}}$$

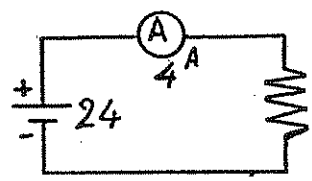
مثال ۱) یک اجاق برقی که با ولتاژ 220v و جریان 4A آمپر کار می‌کند دارای چه مقاومتی است؟

I = 4A

R = ?

مقاومت المنت اجاق برقی $R = \frac{U}{I} = \frac{220}{4} = 55\Omega$

مثال ۲) مقاومت مدار شکل زیر را بدست آورید؟

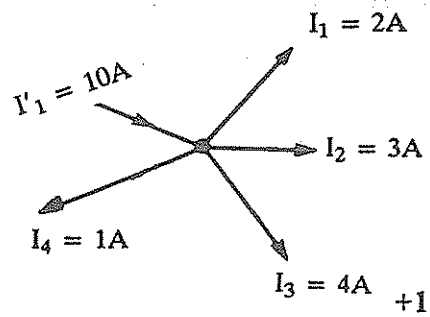


مقاومت مدار بر حسب اهم $R = \frac{U}{I} = \frac{24}{4} = 6\Omega$

از سه حالت فوق نتیجه می‌گیریم که می‌توان با استفاده از مدل دایره‌ای زیر، قانون اهم را توجیه نموده و فرمولهای آن را به خاطر سپرد. همچنین در یک مدار الکتریکی ولتاژ با مقاومت و جریان نسبت مستقیم داشته و جریان و مقاومت با یکدیگر نسبت عکس دارند.

قانون اول کریشهوف (قانون جریان) :

در هر نقطه (گره) از یک مدار الکتریکی مجموع جریانهای وارده بر آن نقطه با مجموع جریانهای خارج شده از آن نقطه برابر است اگر جریانهای ورودی را با علامت مثبت و جریانهای خروجی را با علامت منفی مشخص نمائیم می‌توان نتیجه گرفت که مجموع جبری جریانهای ورودی و خروجی به هر نقطه از مدار الکتریکی برابر صفر است یا به عبارت دیگر در یک مدار الکتریکی هیچ الکترونی از بین نمی‌رود.

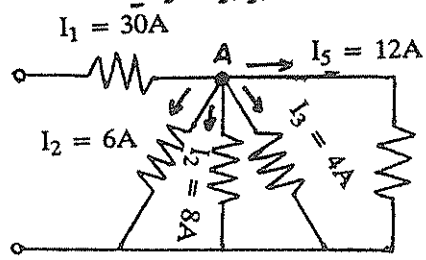


$+10=(-1)+(-4)+(-3)+(-2)$

$\vec{+10} = \vec{-10}$

$+10+(-1)+(-4)+(-3)+(-2)=+10-10=0$ $\qquad \sum I = 0$

مثال ۱) در مدار شکل زیر طبق قانون جریان کریشهوف ثابت کنید که در نقطهٔ A برابر صفر است؟



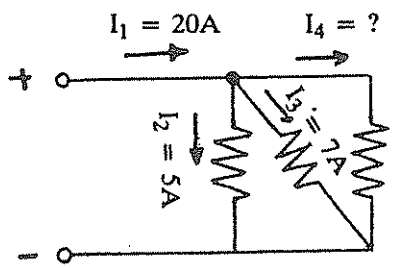
$\vec{I_1}+\vec{I_2}+\vec{I_3}+\vec{I_4}+\vec{I_5}=0$ طبق قانون جریان

به صورت قرار دادی جریانهای ورودی با علامت (+) و جریانهای خروجی با علامت (-) مشخص می‌شوند.

$+30+(-6)+(-8)+(-4)+(-12)=0$ $\qquad$ جریان نقطهٔ A $=+30-30=0$

$I_1=I_2+I_3+I_4+I_5$ $\qquad 30=6+8+4+12 \Rightarrow 30=30$ جریان ورودی و خروجی به نقطهٔ A با یکدیگر برابرند

مثال ۲) در مدار شکل زیر جریان I_4 را بدست آورید؟



$I_1 = I_2 + I_3 + I_4$

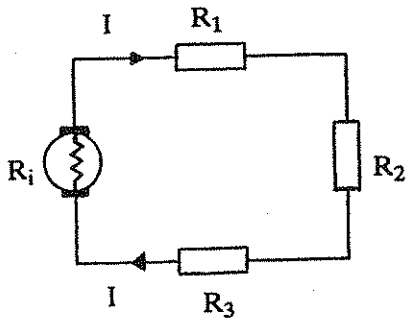
$20 = 5 + 7 + I_4$

$20 = 12 + I_4 \Rightarrow I_4 = 20 - 12 = 8A$

طبق قانون جریان کریشهوف $I_4 = 8A$

قانون دوم کریشهوف (قانون ولتاژ) :

در یک مدار بستهٔ الکتریکی مجموع قوهٔ الکتروموتوری (EMK) برابر است با مجموع افت فشار یا ولتاژ بر روی تک تک مقاومتها. قابل ذکر است که بر روی هر جزء از مدار قانون اهم صادق است، ضمناً در این نوع مدارها مقاومت داخلی مولد باید مورد توجه قرار گیرد اگر نیروی محرکهٔ مولد را مثبت و افت فشارهای الکتریکی بر روی هر مصرف کننده را منفی فرض کنیم می‌توان گفت در این نوع مدار جمع جبری ولتاژها برابر صفر است.



$$E - IiRi - I_1R_1 - I.R_2 - I.R_3 = 0$$

$$E - \sum IR = 0$$

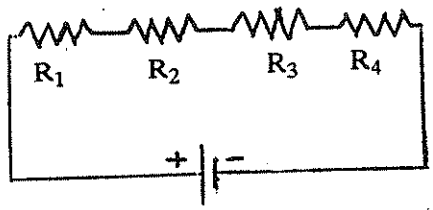
تعریف جریان مستقیم :

جریانی است که در آن الکترونها در یک مسیر مستقیم و بدون تغییر جهت حرکت می‌کنند. در جریان مستقیم بصورت حقیقی حرکت از قطب منفی به مثبت می‌باشد اما بصورت قراردادی حرکت از قطب مثبت به طرف قطب منفی است منبع تولید جریان مستقیم دارای قطب مثبت و منفی است و جای این قطبها هیچگاه عوض نمی‌شود از منابع تولید جریان مستقیم می‌توان پیل خشک، باطریهای اسیدی و ژنراتورهای جریان مستقیم را نام برد.

مدارات جریان مستقیم

۱- مدار سری یا اتصال سری مقاومتها :

در این مدار مطابق شکل زیر مقاومتها بصورت پشت سر هم یا ته به سر به یکدیگر وصل می‌شوند و سر اولین مقاومت به قطب مثبت باطری و ته آخرین مقاومت به قطب منفی وصل می‌شود.



خصوصیات مدار سری

۱- در این مدار ولتاژ به نسبت مقاومتها تقسیم شده و ولتاژ کل برابر است با مجموع ولتاژ تک تک مقاومتها.

$$UK = UR_1 + UR_2 + UR_3 + \ldots + UR_n$$

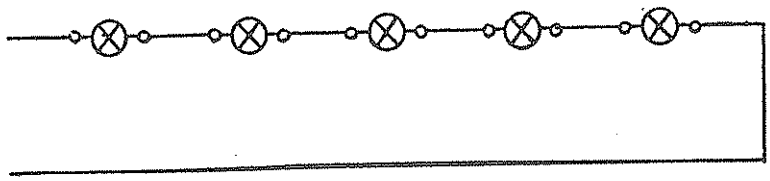
۲- در این مدار جریان ثابت بوده و جریان کل برابر است با جریان هر کدام از مقاومتها.

$$IK = I_1 = I_2 = I_3 = \ldots = I_n$$

۳- در مدار سری مقاومت کل برابر است با مجموع مقاومتهای موجود در مدار به عبارت دیگر در مدار سری مقاومت کل از بزرگترین مقاومت موجود در مدار بزرگتر است.

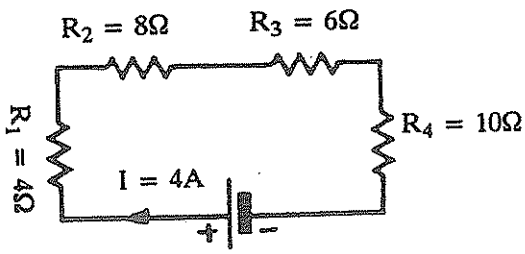
$$RK = R_1 + R_2 + R_3 + \ldots + R_n$$

۴- اگر مطابق شکل زیر چند لامپ با یکدیگر سری شوند چون ولتاژ بین لامپها تقسیم می‌شود در نتیجه نور آنها ضعیفتر خواهد شد. اگر قدرت لامپها با یکدیگر برابر باشد مثلاً 5 لامپ 100 وات با یکدیگر سری شوند نور آنها به یک اندازه ضعیف خواهد شد. اما اگر قدرت لامپها با یکدیگر برابر نباشد نور لامپی که دارای قدرت کمتری است از همه قوی‌تر و نور لامپی که دارای قدرت بیشتری است از همه ضعیفتر خواهد بود. همچنین در مدار سری در صورتیکه به دلایلی یکی از لامپها یا مقاومتها بسوزد یا قطع شود تمام مدار قطع خواهد شد و معمولاً عیب یابی این مدار را مشکل می‌سازد که این مورد یکی از معایب کلی مدار سری می‌باشد.



حل مسائل و تمرینات مربوط به مدار سری

مثال ۱) در مدار شکل زیر بدست آورید : الف- مقاومت کل مدار ب- ولتاژ تک تک مقاومتها ج- ولتاژ کل مدار؟



الف- $RK = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 = 4 + 8 + 6 + 10 = 28$

ب- چون مدار سری است $IK = I_1 = I_2 = I_3 = I_4 = 4A$

ولتاژ مقاومت R_1 $UR_1 = R_1 . I_1 = 4 \times 4 = 16v$

ولتاژ مقاومت R_2 $UR_2 = R_2 . I_2 = 8 \times 8 = 64v$

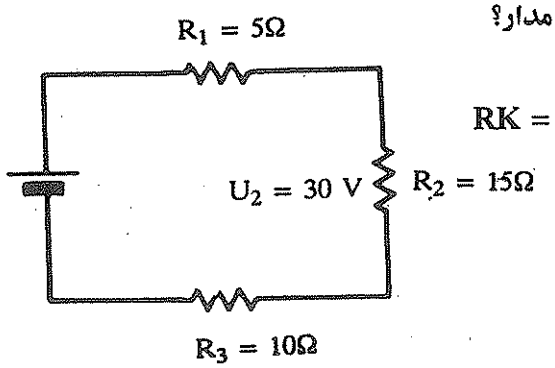
ولتاژ مقاومت R_3 $UR_3 = R_3 . I_3 = 6 \times 6 = 36v$

ولتاژ مقاومت R_4 $UR_4 = R_4 . I_4 = 10 \times 10 = 100v$

ج- ولتاژ کل مدار $112v$ (۱) $UK = UR_1 + UR_2 + UR_3 + UR_4 = 16 + 32 + 24 + 40 = 112v$

ولتاژ کل مدار $112v$ (۲) $UK = IK . RK = 4 \times 28 = 112v$

مثال ۲) سه مقاومت $R_1 = 5\Omega$ و $R_2 = 15\Omega$ و $R_3 = 10\Omega$ با یکدیگر بصورت سری وصل شده‌اند این مقاومتها به وسیلهٔ یک باطری تغذیه می‌شوند در صورتیکه ولتاژ مقاومت R2 برابر 30 ولت باشد بدست آورید : الف-مقاومت کل مدار ب- ولتاژ مقاومتهای R3,R1 ج- ولتاژ کل مدار؟



الف-مقاومت کل مدار $RK = R_1 + R_2 + R_3 = 5 + 15 + 10 = 30\Omega$

ب- جریان مقاومت R2 $I_2 = \frac{UR_2}{R_2} = \frac{30}{15} = 2A$

چون مدار سری است $I_2 = I_1 = I_3 = IK = 2A$

ولتاژ مقاومت R1 $UR_1 = R_1.I_1 = 5 \times 2 = 10v$

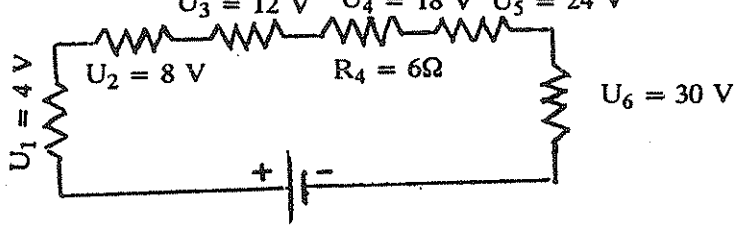
ولتاژ مقاومت R3 $UR_3 = R_3.I_3 = 10 \times 2 = 20v$

ج- ولتاژ کل مدار (۱) $UK = UR_1 + UR_2 + UR_3 = 10 + 30 + 20 = 60v$

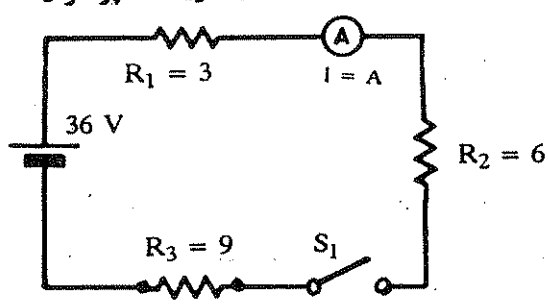
ولتاژ کل مدار (۲) $UK = IK.RK = 2 \times 30 = 60v$

تمرین ۱) ٤ مقاومت اهمی بصورت سری به دو سر یک باطری وصل شده‌اند در صورتیکه $R_1 = 10\Omega$ و $R_2 = 15\Omega$ و $R_3 = 25\Omega$ و مقاومت R4 مجهول و در این مدار مقاومت کل برابر 60Ω اهم و ولتاژ مقاومت R4 برابر 20 ولت باشد با رسم شکل بدست آورید : الف- مقاومت R4 ب- جریان کل و جریان تک تک مقاومتها ج- ولتاژ مقاومتهای R_1, R_2, R_3, RK د- توضیح دهید در صورتیکه یکی از مقاومتها بسوزد و یا قطع شود جریان ولتاژ بقیهٔ مقاومتها چقدر خواهد بود؟

تمرین ۲) در مدار شکل زیر بدست آورید : الف- مقاومتهای R_1, R_2, R_3, R_5, R_6 ب- ولتاژ کل و جریان کل مدار را؟

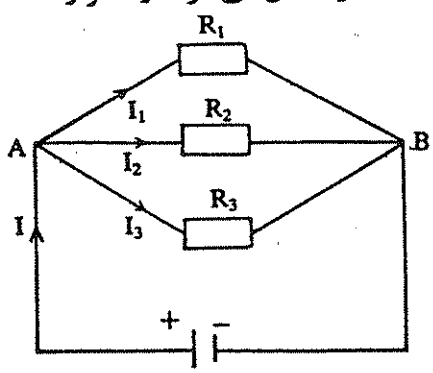


تمرین ۳) در مدار شکل زیر در صورتیکه کلید S1 بسته باشد بدست آورید : الف- مقاومت کل مدار ب- ولتاژ تک تک مقاومتها ج- جریان آمپرمتر را د- در صورتیکه S1 باز باشد ولتاژ تک تک مقاومتها و جریان آمپرمتر را بدست آورید؟



۲-مدار موازی یا اتصال موازی مقاومتها :

در این مدار مطابق شکل زیر، مقاومتها بصورت سر به سر و ته به ته، به یکدیگر متصل می‌شوند و سر و ته تمام آنها مستقیماً به دو سر منبع تغذیه متصل می‌گردد.



خصوصیات مدار موازی :

۱- در این مدار جریان به نسبت مقاومتها تقسیم می‌شود یعنی هر چه مقاومت بزرگتر باشد جریان عبوری از آن کمتر و هر چه مقاومت کوچکتر باشد جریان عبوری از آن بیشتر خواهد بود. در این مدار جریان کل برابر است با مجموع جریانهای تک تک مقاومتها بنابراین می‌توان نوشت :

$$IK = I_1 + I_2 + I_3 + \ \dots\ + I_n$$

۲- در مدار موازی با توجه به اینکه دو سر هر مقاومت یا مصرف کننده مستقیماً به دو سر منبع ولتاژ وصل می‌شود ولتاژ کل به دو سر هر کدام از مقاومتها یا مصرف کننده‌ها رسیده یا می‌توان گفت ولتاژ دو سر هر کدام از مقاومتها برابر است با ولتارژ کل.

$$UK = U_1 = U_2 = U_3 = \ \dots\ . = U_n$$

۳- در مدار موازی جریان هر مقاومت از تقسیم ولتاژ کل بر آن مقاومت بدست می‌آید.

$$I_1 = \frac{UK = U_1}{R_1}, I_2 = \frac{UK = U_2}{R_2}, I_3 = \frac{UK = U_3}{R_3}, \dots\dots, I_n = \frac{UK = U_n}{R_n}$$

٤- در مدار موازی مقاومت معادل یا کل از کوچکترین مقاومت موجود در مدار کوچکتر است برای بدست آوردن مقاومت معادل در مدار موازی چند حالت زیر وجود دارد :

الف- اگر دو مقاومت به یکدیگر موازی شوند مقاومت معادل آنها از تقسیم حاصلضرب دو مقاومت بر مجموع دو مقاومت بدست می‌آید یا به عبارت دیگر مقاومت معادل جمع معکوس دو مقاومت می‌باشد.

فرمول در زیر به اثبات می رسد $R_{eq} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{R_2 + R_1}{R_1 \times R_2} = \frac{1}{R_{eq}} = \frac{R_2 + R_1}{R_2 \times R_1} \Rightarrow R_{eq} = \frac{R_2 \times R_1}{R_2 + R_1}$$

ب- اگر سه مقاومت و یا بیشتر با یکدیگر موازی شوند و از نظر مقدار اهمی با یکدیگر متفاوت باشند با استفاده از جمع معکوس مقاومتها می‌توانیم مقاومت معادل آنها را بدست آوریم.

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \ \dots\ + \frac{1}{R_n}$$

ج- (حالت خاص) هر گاه دو یا چند مقاومت با یکدیگر موازی شوند و از نظر مقدار اهمی با یکدیگر برابر باشند می‌توانیم با استفاده از تقسیم مقدار اهمی یکی از مقاومتها بر تعداد مقاومتها مقاومت معادل را بدست آوریم.

$$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = \dots = R_n$$

$$R_{eq} = \frac{R}{n}$$

عدد اهمی یکی از مقاومتها= R

تعداد مقاومتها= n

۵- در مدار موازی اگر چند لامپ با یکدیگر بصورت موازی وصل شوند نور لامپها بـه انـدازهٔ واقعـی و نرمـال خواهد بود زیرا بر خلاف مدار سری در این مدار، ولتاژ ثابت بوده و ولتاژ منبع تغذیه بطور کامل به دو سر هـر کدام از لامپها می‌رسد. همچنین اگر به دلایلی یک یا چند لامپ از مدار خـارج شـود تـأثیری در نـور و کـار لامپهای دیگر نخواهد داشت. در اتصال موازی لامپها در صورتیکه چند لامپ با قدرتهـای مختلـف بـا یکدیگـر موازی شوند، نور هر کدام از لامپها به اندازهٔ نرمال خواهد بود.

٦- در اتصال موازی مقاومت ها معمولاً به هر مسیر که یک مقاومت در آن قـرار گرفتـه و بـا مقاومتهـای دیگـر موازی شده است شاخه نیز می‌گویند همچنین در مدار موازی اصطلاحات زیر نیز به کار می‌رود :

اصطلاحات

جریان کل $= I_{TOTAL} = I_T$

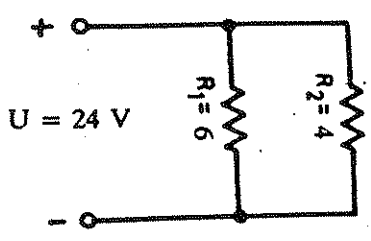
مقاومت کل $= R_{eqalant} = R_{eq}$

حل مسائل و تمرینات موازی

مثال ۱) در مدار شکل زیر مقاومت معادل جریان هر شاخه و جریان کل مدار را بدست آورید؟

مقاومت معادل $R_{eq} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} = \frac{6 \times 4}{6+4} = \frac{24}{10} = 2.4\Omega \Rightarrow R_q = 2.4\Omega$

چون مدار موازی است $UK = U_1 = U_2 = 24v$



جریان شاخهٔ اول $I_1 = \frac{U_1}{R_1} = \frac{24}{6} 4A$

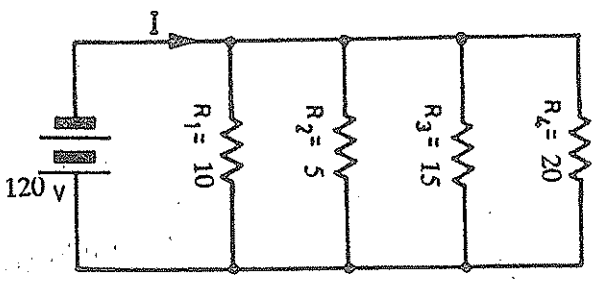
جریان شاخهٔ دوم $I_2 = \frac{U_2}{R_2} = \frac{24}{4} 6A$

جریان کل مدار $I_T = \frac{UK}{R_{eq}} = \frac{24}{2.4} 10A$

$I_T = I_1 + I_2 = 4 + 6 = 10A$

مثال ۲) در مدار شکل زیر مقاومت معادل جریان شاخه‌ها و جریان کل را بدست آورید؟

$$\frac{1}{R_{eq}}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}+\frac{1}{R_4}=\frac{1}{10}+\frac{1}{5}+\frac{1}{15}+\frac{1}{20}=\frac{6+12+4+3}{60}=\frac{25}{60}$$



$$\frac{1}{R_{eq}}=\frac{25}{60}\Rightarrow R_{eq}=\frac{60}{25}=2.4\Omega$$ مقاومت معادل مدار

$$I_1=\frac{U_1}{R_1}=\frac{120}{10}=12A$$ جریان شاخهٔ اول

$$I_2=\frac{U_2}{R_2}=\frac{120}{5}=24A$$ جریان شاخهٔ دوم

$$I_3=\frac{U_3}{R_3}=\frac{120}{15}=8A$$ جریان شاخهٔ سوم $$I_4=\frac{U_4}{R_4}=\frac{120}{20}=6A$$ جریان شاخهٔ چهارم

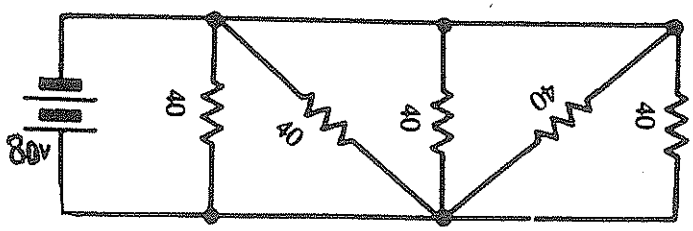
$$I_T=50A$$ جریان کل مدار

(۱) $$I_T=I_1+I_2+I_3+I_4=12+24+8+6=50A$$

(۲) $$I_T=\frac{UK}{R_{eq}}=\frac{120}{2.4}=50A$$ جریان کل مدار

مثال ۳) در مدار شکل زیر مقاومت معادل جریان هر شاخه و جریان کل مدار را بدست آورید؟

روش اول:



$$R_1=R_2=R_3=R_4=R_5=40\Omega$$

$$R_{eq}=\frac{R}{n}=\frac{40}{5}=8\Omega$$ مقاومت معادل مدار

روش دوم:

$$\frac{1}{R_{eq}}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}+\frac{1}{R_4}+\frac{1}{R_5}=\frac{1}{40}+\frac{1}{40}+\frac{1}{40}+\frac{1}{40}+\frac{1}{40}=\frac{1+1+1+1+1}{40}$$

$$\Rightarrow\frac{1}{R_{eq}}=\frac{5}{40}\Rightarrow R_{eq}=\frac{40}{5}=8\Omega$$ مقاومت معادل مدار

$$UK=U_1=U_2=U_3=U_4=U_5=80v$$ چون مدار موازی است

$$I_1=\frac{U_1}{R_1}=\frac{80}{40}=2A$$ جریان شاخهٔ اول $$I_2=\frac{U_2}{R_2}=\frac{80}{40}=2A$$ جریان شاخهٔ دوم

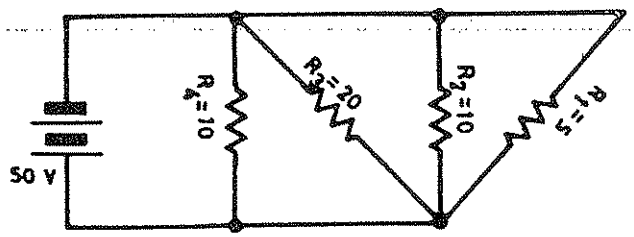
$$I_3=\frac{U_3}{R_3}=\frac{80}{40}=2A$$ جریان شاخهٔ سوم $$I_4=\frac{U_4}{R_4}=\frac{80}{40}=2A$$ جریان شاخهٔ چهارم

$$I_5=\frac{U_5}{R_5}=\frac{80}{40}=2A$$ جریان شاخهٔ پنجم

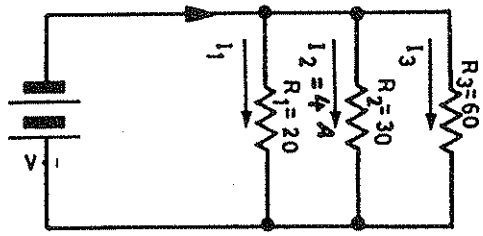
(۱) $$I_T=I_1+I_2+I_3+I_4+I_5=2+2+2+2+2=10A$$ جریان کل مدار

(۲) $$I_T=\frac{UK}{R_{eq}}=\frac{80}{8}=10A$$ جریان کل مدار

تمرین ۱) در مدار شکل زیر مقاومت معادل، جریان هر شاخه و جریان کل مدار را بدست آورید؟



تمرین ۲) در مدار شکل زیر بدست آورید : الف- مقاومت معادل ب- جریان شاخه‌های ۱و۳ ج- ولتاژ کل مدار؟



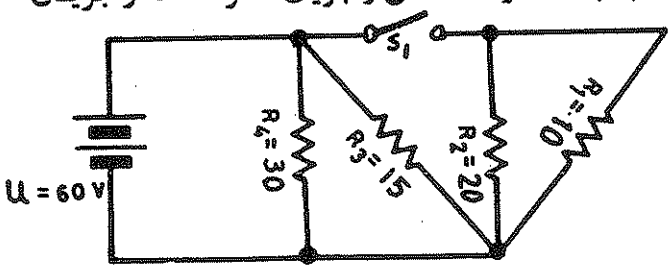
$U = 4 \times 30 = 120\,V$

$I_1 = \frac{U}{R_1} = \frac{120}{20} = 6A$

$I_3 = \frac{U}{R_3} = \frac{120}{60} = 2A$

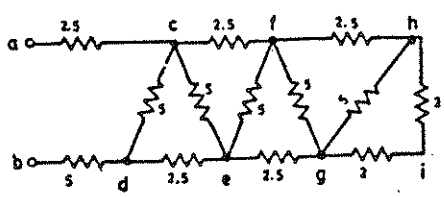
$R_{eq} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{20} + \frac{1}{30} + \frac{1}{60} = \frac{6}{60} = \frac{6}{6} = 10\,\Omega$

تمرین ۳) در مدار شکل زیر بدست آورید : الف- مقاومت معادل مدار، جریان هر شاخه و جریان کل در صورتیکه کلید S1 بسته باشد ب- در حالتی که کلید S1 باز باشد مقاومت معادل و جریان هر شاخه و جریان کل را بدست آورید؟



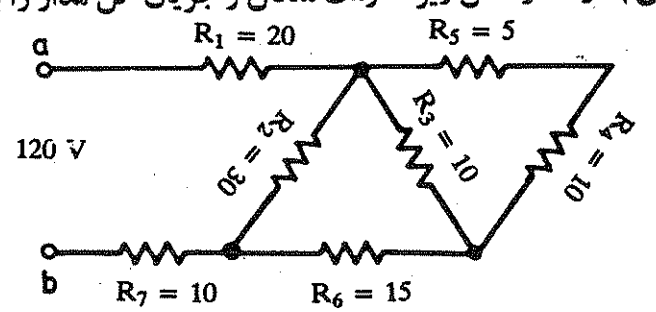
اتصال سری موازی یا مختلط

۱- مدارهایی هستند که تشکیل شده‌اند از چند مقاومت بصورت سری و چند مقاومت بصورت موازی که مشترکاً به یک منبع تغذیه وصل می‌شوند، برای تحلیل چنین مدارهایی قسمت سری را از روابط اتصال سری و قسمت موازی را از روابط اتصال موازی حل می‌کنیم در این گونه مدارها برای محاسبهٔ مقاومت معادل از آخرین مقاومت یا انتهائی ترین نقطهٔ مدار شروع کرده و به مقاومتهایی که به منبع تغذیه وصل هستند خاتمه می‌دهیم شکل زیر یک اتصال سری موازی را نشان می‌دهد.



مثال) در مدار شکل زیر مقاومت معادل و جریان کل مدار را بدست آورید؟

$R_{eq1} = R_5 + R_4 = 5 + 10 = 15$



$$R_{eq2} = \frac{R_{eq1} \times R_3}{R_{eq1} + R_3} = \frac{15 \times 10}{15 + 10} = \frac{150}{25} = 6\Omega$$

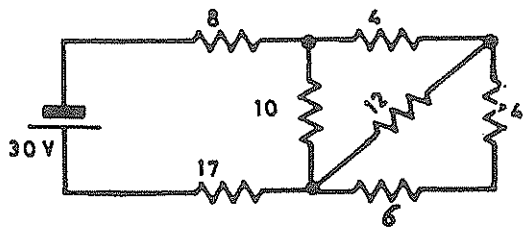
$$R_{eq3} = R_{eq2} + R_6 = 6 + 15 = 21\Omega$$

$$R_{eq4} = \frac{R_2 \times R_{eq3}}{R_2 + R_{eq3}} = \frac{30 \times 21}{30 + 21} = \frac{630}{51} = 12.35\Omega$$

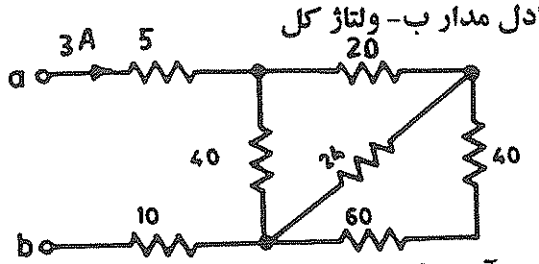
$$R_{eqk} = R_1 + R_{eq4} + R_7 = 20 + 12.35 + 10 = 42.35\Omega$$

$$I_T = \frac{UK}{R_{eqk}} = \frac{120}{42.35} = 2.83A$$

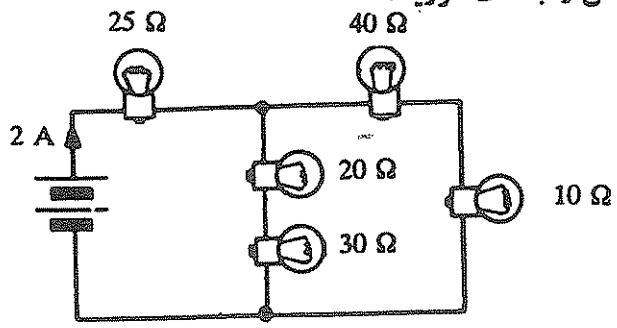
تمرین ۱) در مدار شکل زیر بدست آورید : الف- مقاومت معادل مدار ب- جریان هر مقاومت ج- جریان کل مدار



تمرین ۲) در مدار شکل زیر بدست آورید : الف- مقاومت معادل مدار ب- ولتاژ کل

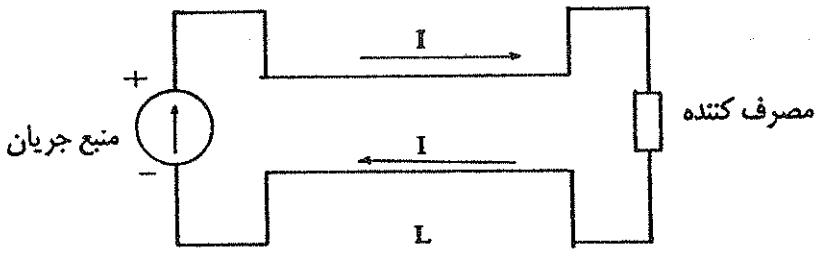


تمرین ۳) در مدار شکل زیر مقاومت معادل و ولتاژ کل را بدست آورید؟



افت ولتاژ در هادیها

هر اندازه از منبع انرژی الکتریکی دورتر شویم مقدار ولتاژ کمتر خواهد شد زیرا هر یک از قسمتهای مدار دارای مقاومتی است که در اثر عبور جریان طبق قانون اهم ولتاژ در آنها افت پیدا خواهد کرد مداری مطابق شکل زیر را در نظر می‌گیریم که در ابتدای خط منبع تغذیه با ولتاژ U1 و در انتهای خط به طول L مصرف کننده‌ای وجود دارد پس از کسر افت ولتاژ خط از ولتاژ U1 مقدار ولتاژ U2 به مصرف کننده می‌رسد.



در مدار شکل فوق افت ولتاژ برابر است با $\Delta U = U_1 - U_2$ اما معمولاً لازم است قبل از اینکه فاصلهٔ مصرف کننده از منبع را انتخاب کرده و آن را نصب نمائیم افت ولتاژ را بدست آوریم در این حالت افت ولتاژ از رابطهٔ زیر بدست می‌آید :

$$\Delta U = \frac{2 \times L \times I}{X \times S}$$

ΔU = افت ولتاژ بر حسب ولت　　L= طول مسیر مصرف کننده تا منقع تغذیه بر حسب متر

$X = \frac{m}{\Omega . mm^2}$ ضریب هدایت هادی　　S= سطح مقطع هادی بر حسب میلی‌متر مربع

I= جریان مصرف کننده بر حسب آمپر

معمولاً افت ولتاژ را بر حسب درصد ولتاژ بیان می‌کنند و برای اینکه افت ولتاژ خط بیش از اندازه نباشد درصد مجاز برای آن تعیین شده است که عبارتند از :

۱- برای مصرف کنندگان خانگی و روشنایی حداکثر تا 15%

۲- برای کارخانه‌ها یعنی الکتروموتورها حداکثر تا 3%

۳- برای سیمهای اصلی تا ورودی کنتور برق $\frac{1}{2}$% یا 0.5%

با معلوم بودن افت ولتاژ، سطح مقطع سیمهای مورد نیاز را می‌توانیم از رابطهٔ زیر بدست آوریم :

$$S = \frac{2 \times L \times I}{X \times \Delta U}$$

مثال ۱) یک آبگرمکن برقی که با ولتاژ 220 ولت و جریان 10 آمپر کار می‌کند به وسیلهٔ یک سیم مسی بطول 15 متر به یک پریز برق متصل شده است مقدار افت ولتاژ مجاز برای این مکان 1.5% باید باشد اگر ولتاژ پریز 220 ولت باشد سطح سیم را بدست آورید در صورتیکه :

U=220v　　I=10v　　L=15m　　$X_{cu} = 56.\frac{m}{\Omega . mm^2}$　　$\%\Delta U = \%1.5$　　S=?

$$S=\frac{2\times L\times I}{X\times \Delta U} \qquad \Delta U=\frac{1.5}{100}\times 220=3.3v$$

$$S=\frac{2\times 15\times 10}{56\times 3.3}=\frac{300}{184.8}=1.62mm^2 \Rightarrow S=1.62\cong 1.5mm^2$$

پس سطح مقطع 1.5 میلی‌متر مربع را انتخاب می‌کنیم

مثال ۲) 20 عدد لامپ 200 وات به شبکهٔ 220 ولتی وصل شده‌اند طول خط اصلی تا ورودی لامپها 35 متر سیم مسی و افت ولتاژ 1.5% است در صورتیکه جریان هر لامپ 0.5 آمپر باشد سطح مقطع سیم را بدست آورید ؟

$X_{cu}=56.\frac{m}{\Omega.mm^2}$ $\%\Delta U=\%1.5$ $S=?$ $U=220v$ $n=20$ $I=0.5A$ $L=35m$

$$S=\frac{2\times I\times L}{X\times \Delta U} \qquad I_T=n\times I\Rightarrow I_T=20\times 0.5=10A$$ در این فرمول I جریان یک لامپ و n تعداد لامپ می‌باشد

$$\Delta U=\%\Delta U\times U=\%1.5\times 220=2.3v$$

$$S=\frac{2\times I\times L}{X_{cu}\times \Delta U}=\frac{2\times 35\times 10}{56\times 3.3}=\frac{700}{184.8}=3.78mm^2$$

چون نزدیکترین سیم به عدد 3.75 سیم نمرهٔ 4 می‌باشد پس سیم 4 میلی‌متر مربع را انتخاب می‌کنیم یعنی :

$S=4mm^2$

مثال ۳) یک مصرف کنندهٔ الکتریکی که با ولتاژ 220 ولت و جریان 15A کار می‌کند در فاصلهٔ 20 متری از کنتور برق قرار گرفته است جریان به وسیلهٔ یک سیم مسی به سطح مقطع 1.5 میلی‌مترمربع به این وسیله می‌رسد، حساب کنید افت ولتاژ هادی و ولتاژ دو سر مصرف کننده را؟

$U_1=220v$ $I=15A$ $L=20m$ $S=1.5mm^2$ $\Delta U=?$ $U_2=?$ $X_{cu}=56.\frac{m}{\Omega.mm^2}$

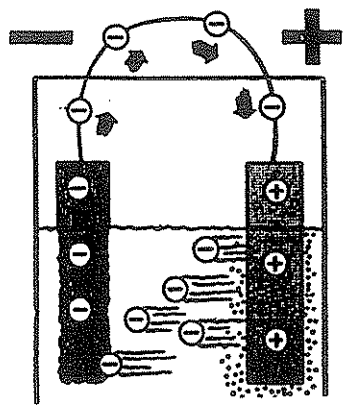
$\Delta U=\frac{2\times I\times L}{X\times S}=\frac{2\times 20\times 15}{56\times 1.5}=\frac{600}{84}=7.14v$ افت ولتاژ در هادی بر حسب ولت

$U_2=U_1-\Delta U=220-7.14=212.86v$ ولتاژ دو سر مصرف کننده

پیلها (باطریها)

تعریف پیل یا باطری :

هر گاه حداقل دو هادی الکترونیکی در داخل یک محلول هادی الکترولیتی (یونی) قرار گیرند سیستم حاصله را پیل الکتروشیمیایی گویند اگر بر اثر واکنشهای شیمیایی انرژی الکتریکی تولید شود سیستم حاصله را پیل گالوانیک گویند. پیلهای گالوانیک به دو دستهٔ شارژ پذیر و شارژ ناپذیر تقسیم می‌شوند.



۱- پیلهای شارژ ناپذیر اولیه :

در این نوع پیلها که انرژی شیمیایی در اثر یکسری واکنش، تبدیل به انرژی الکتریکی می‌شود برگشت ناپذیر بوده و نمی‌توان با صرف انرژی الکتریکی مجدداً انرژی شیمیایی را احیاء کرد مانند باطریهای کوچک 1.5 ولتی و 9 ولت که در اسباب بازیها، جراغ قوه‌ها، دستگاههای اندازه‌گیری و غیره از آنها استفاده می‌شود و اصطلاحاً به آنها پیل خشک نیز می‌گویند.

۲- باطریهای شارژ پذیر ثانویه :

این باطریها به سرب اسیدی نیز معروف هستند که شامل قطب مثبت دی‌اکسید سرب و قطب منفی سرب می‌باشند که توسط لایه‌های عایق در کنار هم داخل یک ظرف محتوی اسید سولفوریک قرار داده می‌شوند. قطبهای مثبت و منفی را به دو روش زیر تهیه می‌کنند :

الف- هر دو قطب را از سرب ساخته سپس باطری را شارژ می‌نمایند به این ترتیب قطب مثبت به دی‌اکسید سرب تبدیل شده و قطب منفی سرب باقی می‌ماند.

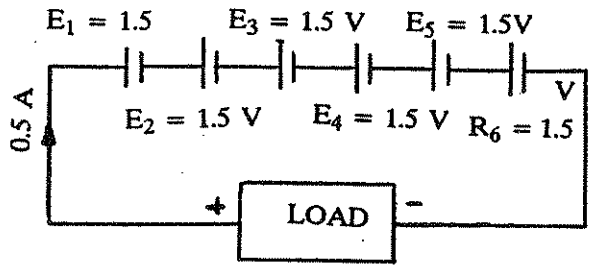
ب- قطبهای مثبت و منفی را در کارخانه به روشهای شیمیایی آماده کرده سپس آنها را مونتاژ نموده و بصورت باطریهای شارژ شده و آماده به بازار عرضه می‌کنند.

اتصال باطریها

با توجه به نیاز، مانند مقاومتها باطریها را به دو صورت سری و موازی به یکدیگر اتصال می‌دهند :

۱- اتصال سری باطریها :

در صورتیکه بخواهیم ولتاژ باطریها را با یکدیگر جمع کنیم از اتصال سری باطریها استفاده می‌کنیم و مطابق شکل زیر باطریها را به صورت ته به سر به یکدیگر متصل می‌نمائیم در این حالت ولتاژ دو سر مصرف کننده برابر مجموع ولتاژ باطریها است و چون اتصال، سری است جریان مصرف کننده برابر جریان یکی از باطریها است.



$$I_{E1} = I_{E2} = I_{E3} = I_{E4} = I_{E5} = I_{E6} = I\ LOAD = 0.5A$$

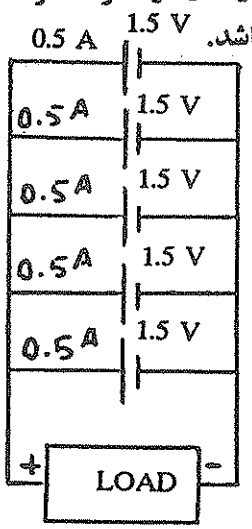
$$U\ LOAD = U_{E1} + U_{E2} + U_{E3} + U_{E4} + U_{E5} + U_{E6}$$

$$U\ LOAD = 1.5 + 1.5 + 1.5 + 1.5 + 1.5 + 1.5 = 9v$$

ولتاژ کل باطریها یعنی دو سر مصرف کننده برابر

۲- اتصال موازی باطریها :

در صورتیکه بخواهیم جریان باطریها را با یکدیگر جمع کنیم، از اتصال موازی استفاده می کنیم توجه داشته باشیم که در این حالت ولتاژ ثابت بوده و هر چند باطری را که با یکدیگر موازی کنیم ولتاژ دو سر مصرف کننده برابر ولتاژ یک باطری بوده اما جریان دو سر مصرف کننده برابر مجموع جریان باطریهای موازی شده خواهد بود مطابق شکل زیر 5 باطری 1.5 ولت با یکدیگر موازی شده‌اند ولتاژ دو سر مصرف کننده همان 1.5 ولت می‌باشد اما جریان مصرف کننده برابر مجموع جریان باطریها می‌باشد.



$$U_{E1} = U_{E2} = U_{E3} = U_{E4} = U_{E5} = U\ LOAD = 1.5v$$

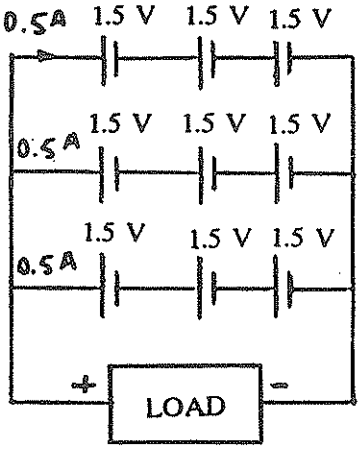
$$I\ LOAD = I_{E1} + I_{E2} + I_{E3} + I_{E4} + I_{E5}$$

$$= 0.5 + 0.5 + 0.5 + 0.5 + 0.5 = 2.5A$$

جریان مصرف کننده $I\ LOAD=2.5A$

۳- اتصال سری موازی باطریها :

در صورتیکه بخواهیم همزمان ولتاژ و جریان باطریها را با یکدیگر جمع کنیم از اتصال سری موازی باطریها استفاده می کنیم مثلاً برای تولید ولتاژ 4.5 ولت با جریان 1.5 آمپر چگونه می‌توانیم از باطریهای 1.5 ولتی با جریان 0.5 آمپر استفاده کنیم :



$U\ LOAD=1.5+1.5+1.5=4.5v$

ولتاژ برابر ولتاژ یک مسیر سری

$$I\ LOAD = I_1 + I_2 + I_3 = 0.5 + 0.5 + 0.5 = 1.5A$$

کار و توان الکتریکی

تعریف کار :

هر گاه نیرویی باعث جابجایی جسمی شود اصطلاحاً می‌گویند کار انجام شده است.

تعریف کار الکتریکی :

هر گاه ولتاژی در یک زمان مشخص باعث عبور جریان از مدار شود اصطلاحاً می‌گویند کـار الکـتریکی انجام گرفته است یا به عبارت دیگر حاصلضرب ولتاژ در شدت جریان در زمان را کار الکتریکی گویند. بنابراین می‌توان نوشت : زمان × جریان × ولتاژ = کار الکتریکی

کار الکتریکی بر حسب ولت-آمپر-ثانیه W=(V.A.S)

ولتاژ مدار بر حسب ولت (V) =U

جریان مدار بر حسب آمپر (A) =I

زمان بر حسب ثانیه (S) =t

از رابطهٔ فوق مشخص می‌شود واحد کار الکتریکی، ولت - آمپر - ثانیه می‌باشد. اگر در رابطهٔ فوق حـاصلضرب جریان در ولتاژ را توان بنامیم می‌توانیم بنویسیم توان در واحد زمان برابر است با کـارالکتریکی و اگـر واحـد توان وات باشد می‌توانیم بگوییم که واحد دیگر کار الکتریکی «وات . ثانیه» می‌باشد.

زمان × توان = کار الکتریکی توان الکتریکی بر حسب وات (W) = P

$P = U.I \Rightarrow W = P.t$ زمان برحسب ثانیه (S) = t

کار الکتریکی برحسب "وات . ثانیه" (W.S) = W

مثال ۱) یک لامپ 100w به مدت 20 دقیقه روشن بوده است حساب کنید کار الکتریکی انجام شده بـه وسـیلهٔ لامپ را؟

$P = 100w \qquad t = 20 \qquad W = ?$

$t = 20 \times 60 = 1200s$ تبدیل دقیقه به ثانیه

$W = P.t = 100 \times 1200 = 120000ws$ کار الکتریکی انجام شده به وسیلهٔ لامپ

واحدهای دیگر کار الکتریکی

در عمل "وات . ثانیه" واحد بسیار کوچکی بوده و بـرای محاسبهٔ کـار الکـتریکی از واحدهـای بزرگـتر استفاده می‌شود که عبارتند از :

۱- وات ساعت (W.h) :

برابر 3600 وات . ثانیه می‌باشد Iwh =3600 w.s

۲- کیلو وات ساعت (Kwh) :

یک کیلو وات ساعت برابر 1000 وات ساعت و 36000000 هزار وات . ثانیه می‌باشد.

$1Kwh = 1000\ wh = 3600000ws$

دستگاهی که کار الکتریکی را بر حسب کیلـو وات سـاعت اندازه‌گـیری می‌کنـد کنتـور نـام دارد و بصـورت سری - موازی در مدار قرار می‌گیرد، علامت مشخصهٔ آن چنین است :

مثال ۲) یک اجاق برقی که با ولتاژ 220 ولت و جریان 5 آمپر کار می‌کند بمدت 2 ساعت روشن بوده است حساب کنید کار الکتریکی انجام شده به وسیلهٔ اجاق را برحسب کیلو وات ساعت و وات ساعت؟

$U = 220v \qquad I = 5A \qquad t = 2h \qquad W = ?$

$P = U.I = 220 \times 5 = 1100w$

$W = P.t = 1100 \times 2 = 2200wh$

$W = 220 \div 1000 = 2.2Kwh$

توان الکتریکی

تعریف توان الکتریکی :

کار الکتریکی بخش بر واحد زمان را توان الکتریکی گویند به عبارت ساده‌تر حاصلضرب ولتاژ در شدت جریان را توان الکتریکی گویند.

توان را با حرف P نشان می‌دهند واحد توان وات (W) می‌باشد و بوسیلهٔ دستگاهی بنام واتمتر اندازه‌گیری می‌شود که بصورت سری - موازی در مدار نصب می‌گردد.

علامت اختصاری واتمتر چنین است : (W)

جریان × ولتاژ = توان

$P = \frac{W}{t}$

$W = U.I.t$

$P = \frac{U.I.t}{t} \Rightarrow P = U.I$

$U =$ ولتاژ بر حسب ولت (V)

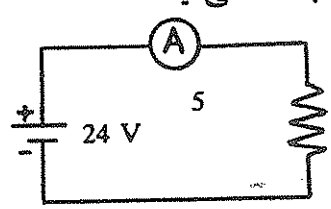
$I =$ جریان برحسب آمپر (A)

$P =$ توان برحسب وات (W)

فرمولهای توان و جریان مستقیم

الف- اگر ولتاژ و جریان مدار معلوم باشد، توان از رابطهٔ $P = U \cdot I$ بدست می‌آید.

مثال) در مدار شکل زیر توان را بدست آورید؟

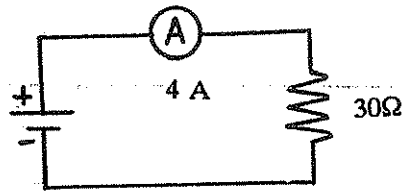


توان مدار $P = U.I = 24 \times 5 = 120w$

ب- اگر در مداری ولتاژ مجهول باشد و جریان و مقاومت معلوم، توان از رابطهٔ زیر بدست می‌آید :

$P = U.I \qquad U = R.I \qquad P = .I.I = R.I^2$

مثال) در مدار شکل زیر توان را بدست آورید؟



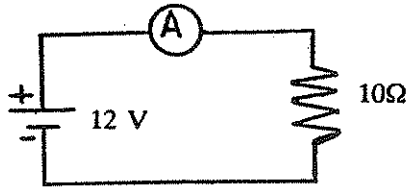
$$P = R.I^2 = 30 \times (4)^2 = 30 \times 16 = 480w$$

ج- اگر در مداری جریان مجهول باشد و ولتاژ و مقاومت معلوم، توان از رابطهٔ زیر بدست می‌آید :

$$P = U.I \qquad I = \frac{U}{R}$$

$$P = U \times \frac{U}{R} = \frac{U^2}{R}$$

مثال) در مدار شکل زیر توان را بدست آورید؟



$$P = \frac{U^2}{R} = \frac{(12)^2}{10} = \frac{144}{10} = 14.4w$$

تعریف واحد توان (وات) :

هر گاه ولتاژ یک ولت بتواند جریان یک آمپر را در مداری جاری سازد، یک وات توان مصرف شده است. چنانکه می‌دانیم وات واحد توان الکتریکی است واحدهای کوچکتر و بزرگتر از وات عبارتند از :

۱- میلی وات (mw) :

برابر 0.001 وات می‌باشد معمولاً برای مدارهای الکتریکی و بیان قدرت وسایل ظریف این مدارها از این واحد استفاده می‌شود.

۲- کیلو وات (Kw) :

برابر 1000 وات می‌باشد معمولاً قدرت موتورهای الکتریکی برحسب کیلووات استفاده می‌شود.

۳- مگا وات (Mw) :

برابر 1000000 وات می‌باشد معمولاً قدرت نیروگاهها برحسب مگا وات بیان می‌شود.

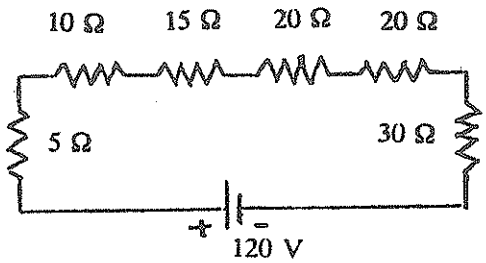
٤- اسب بخار (Hp) :

هر اسب بخار معادل 746 وات می‌باشد از این واحد معمولاً برای بیان قدرت الکتروموتورها، ژنراتورها و ترانسفورماتورها استفاده می‌شود، در بعضی از کشورها یک اسب بخار را معادل 736 وات حساب می‌کنند.

آمریکایی $1\ HP = 746w$ انگلیسی $1\ HP = 736w$

توان در مدارات سری و موازی

در مدارهای سری و موازی با استفاده از فرمولهای توان، توان تک‌تک مقاومتها یا شاخه‌ها را بدست می‌آوریم و سپس از جمع توان تک‌تک مقاومتها یا شاخه‌ها توان کل مدار محاسبه می‌شود.



مثال) در مدار شکل زیر توان هر کدام از مقاومتها و توان کل را حساب کنید؟

قدرت کل مدار $RK = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6 = 5 + 10 + 15 + 20 + 20 + 30 = 100\Omega$

$$IK = \frac{UK}{RK} = \frac{120}{100} = 1.2A$$

چون مدار سری است $I_1 = I_2 = I_3 = I_4 = I_5 = I_6 = IK = 1.2A$

توان مقاومت R1 $P_{R1} = R_1 \times I_1^2 = 5 \times (1.2)^2 = 5 \times 1.44 = 7.2w$

توان مقاومت R2 $P_{R2} = R_2 \times I_2^2 = 10 \times (1.2)^2 = 10 \times 1.44 = 14.4w$

توان مقاومت R3 $P_{R3} = R_3 \times I_3^2 = 15 \times (1.2)^2 = 15 \times 1.44 = 21.6w$

توان مقاومت R4 $P_{R4} = R_4 \times I_4^2 = 20 \times (1.2)^2 = 20 \times 1.44 = 28.8w$

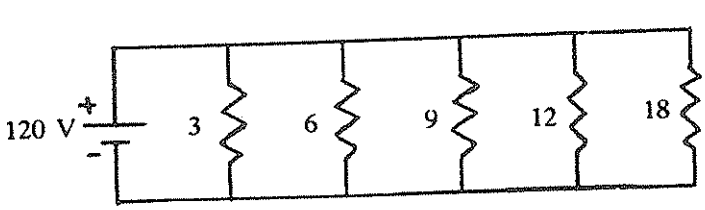
توان مقاومت R5 $P_{R5} = R_5 \times I_5^2 = 20 \times (1.2)^2 = 20 \times 1.44 = 28.8w$

توان مقاومت R6 $P_{R6} = R_6 \times I_6^2 = 30 \times (1.2)^2 = 30 \times 1.44 = 43.2w$

$P_T = P_{R1} + P_{R2} + P_{R3} + P_{R4} + P_{R5} + P_{R6} = 7.2 + 14.4 + 21.6 + 28.8 + 28.8 + 43.2 = 144w$

توان کل مدار $P_T = UK.IK = 120 \times 1.2 = 144w$

تمرین) در مدار شکل زیر توان تک‌تک مقاومتها و توان کل را بدست آورید؟



$I_1 = \frac{V_1}{R_1} = \frac{۱۲۰}{3} = ۴۰A$

$I_2 = \frac{V_2}{R_2} = \frac{۱۲۰}{۶} = ۲۰A$

$P_1 = R_1 I_1^2 \Rightarrow P_1 = 3 \times ۴۰^2 = ۳ \times ۱۶۰۰ = ۴۸۰۰w = ۴.۸kw$

$P_2 = R_2 \times I_2^2 \Rightarrow ۶ \times ۲۰^2 = ۶ \times ۴۰۰ = ۲۴۰۰ \Rightarrow ۲.۴kw$

ضریب بهره یا راندمان

ضریب بهره یا راندمان عبارت است از نسبت توان خروجی بدست آمده از یک دستگاه به توان ورودی داده شده به دستگاه به عبارت ساده‌تر نسبت قدرت خروجی به قدرت ورودی را ضریب بهره یا راندمان گویند. ضریب بهره را با حرف (η اتا) نشان می‌دهند.

ضریب بهره یا راندمان معمولاً برحسب درصد بیان می‌شود چون ضریب بهره، یک نسبت است بنابراین دارای واحد نیست. رابطهٔ ضریب بهره چنین است :

$$\text{ضریب بهره یا راندمان} = \frac{\text{قدرت خروجی دستگاه}}{\text{قدرت ورودی دستگاه}} \times 100$$

قدرت ورودی دستگاه برحسب وات (W) = P1

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \times 100$$

P_2 = قدرت خروجی دستگاه برحسب وات(W)

η = راندمان یا ضریب بهره به درصد ٪

مثال) توانی که از چرخ تسمهٔ محور یک الکتروموتور جریان مستقیم بدست می‌آید 1500 وات می‌باشد در صورتیکه توان ورودی این الکتروموتور 1800 وات باشد حساب کنید ضریب بهرهٔ الکتروموتور را؟

$\eta = ?$ $P_2 = 1500w$ $P_1 = 1800w$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \times 100 = \frac{1500}{1800} \times 100 = 0.83 \times 100 = \%83$$ راندمان الکتروموتور

تمرین ۱) یک الکتروموتور جریان مستقیم که با ولتاژ 250 ولت و جریان 8 آمپر کار می‌کند دارای توان خروجی 1.7 کیلو وات می‌باشد، حساب کنید ضریب بهرهٔ این الکتروموتور را؟

تمرین ۲) یک الکتروموتور جریان مستقیم با قدرت ورودی 3 کیلووات و ضریب بهرهٔ 80% دارای چند کیلووات و چند وات قدرت خروجی است؟

تمرین ۳) توان خروجی یک الکتروموتور 8 کیلووات و ضریب بهرهٔ آن 55% می‌باشد حساب کنید توان ورودی الکتروموتور را؟

مغناطیس و الکترومغناطیس

تعریف مغناطیس :

اجسامی هستند که بصورت طبیعی دارای خاصیت مغناطیسی می‌باشند، عمدهٔ این اجسام، سنگ مغناطیس است که دارای خاصیت آهنربایی می‌باشد و میتواند بعضی از فلزات را جذب نماید این اجسام دارای خاصیت آهنربایی می‌باشند و می‌توانند بعضی از فلزات را جذب نمایند. این اجسام دارای خاصیت دیگری هستند که اگر به وسیلهٔ نخی آویزان شوند شروع به چرخش کرده تا جایی که در جهت قطب شمال و جنوب کرهٔ زمین قرار می‌گیرند و به همین دلیل در گذشته به سنگ آهنربای طبیعی سنگ راهنما نیز می‌گفتند.

اجسام مغناطیسی :

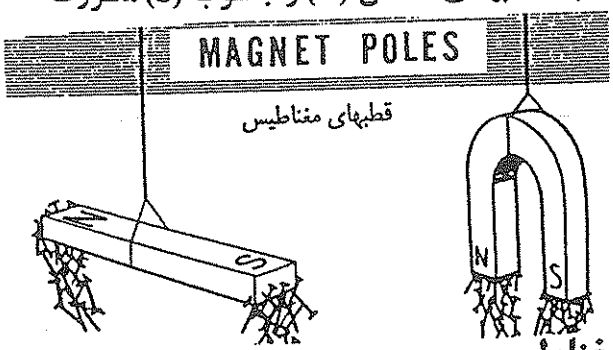
اجسامی هستند که جذب آهنربای طبیعی می‌شوند اگر برای مدتی تحت تأثیر میدان مغناطیس یک آهنربا واقع شوند خود نیز تبدیل به آهنربا می‌شوند مانند : فولاد، آهن و آلیاژهای فولاد و آهن.

اجسام غیر مغناطیسی :

اجسامی هستند که جذب آهنربای طبیعی نشده، خاصیت آهنربایی را در خود ذخیره نکرده اما میدان مغناطیسی آهنربا را به راحتی از خود عبور می‌دهند. مانند : طلا، مس، نقره، آلومینیم، چوب، پلاستیک، شیشه، چینی و سایر اجسام عایق.

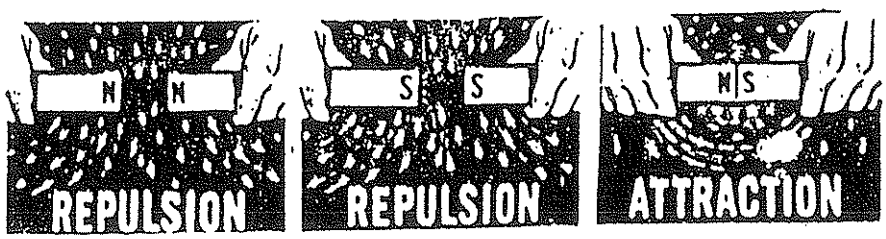
قطبهای آهنربا

اگر مقداری برادهٔ آهن روی یک آهنربا بپاشیم، مشاهده می‌کنیم که براده‌ها در دو نقطهٔ آهنربا دارای تجمع بیشتری هستند این دو نقطه قطبهای آهنربا می‌باشند که نسبت به سایر قسمتهای آهنربا دارای خاصیت مغناطیسی بیشتری هستند. هر آهنربا، دارای دو قطب است که به قطبهای شمال (N) و جنوب (S) معروف هستند. شکل زیر یک آهنربا و قطبهای آن را نشان می‌دهد.



جذب و دفع مغناطیس

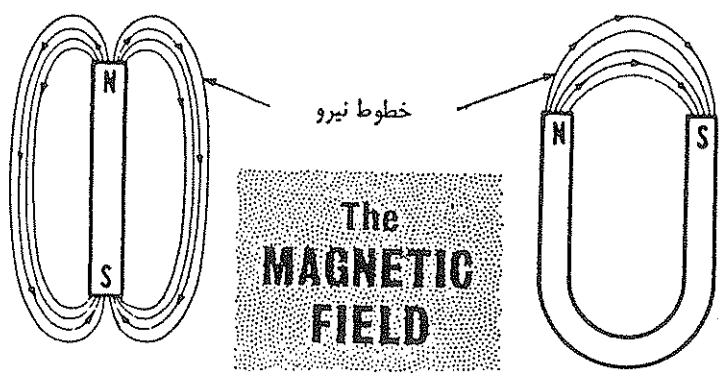
اگر دو آهنربا را در کنار همدیگر قرار بدهیم، قطبهای همنام یکدیگر را دفع و قطبهای غیر همنام یکدیگر را جذب می‌کنند.



خصوط نیروی مغناطیسی یا فلوی مغناطیسی (شار مغناطیسی)

خطوطی هستند که از یک طرف آهنربا خارج شده و از یک طرف دیگر آن وارد می‌شوند به این خطوط، خطوط نیروی مغناطیسی یا فوران مغناطیسی یا فلوی مغناطیسی می‌گویند و آن را با حرف Φ (فی) نشان می‌دهند. واحد خطوط نیرو، وبر (wb) می‌باشد.

در آهنرباها، محلی را که خطوط نیرو از آن خارج می‌شود، قطب شمال و محلی را که خطوط قوا، به آن وارد می‌شود را قطب جنوب می‌نامند. پس می‌توان گفت حرکت خطوط قوای مغناطیسی همیشه از قطب شمال به قطب جنوب می‌باشد.



میدان مغناطیسی :

مقدار فضایی را که خطوط نیروی مغناطیسی اشغال می‌کند را میدان مغناطیسی گویند.

اندوکسیون یا چگالی میدان مغناطیسی :

تعداد خطوط قوای مغناطیسی در واحد سطح را اندوکسیون یا چگالی میدان مغناطیسی گویند و از تقسیم خطوط قوای مغناطیسی بر واحد سطح بدست می‌آید.

$$\frac{\text{خطوط قوای مغناطیسی}}{\text{سطح میدان مغناطیسی}} = \text{اندوکسیون مغناطیسی}$$

$\Phi = (wb)$ خطوط قوای مغناطیسی برحسب وبر

$S = (m)^2$ سطح میدان مغناطیسی برحسب مترمربع

$$B = \frac{\Phi}{S}$$

$$B = \frac{wb}{(m)^2}$$ اندوکسیون مغناطیسی برحسب وبر بر مترمربع

از رابطهٔ فوق نتیجه می‌گیریم که واحد اندوکسیون مغناطیسی، وبر بر مترمربع می‌باشد. واحد دیگر اندوکسیون مغناطیسی، گوس (GUSS) می‌باشد.

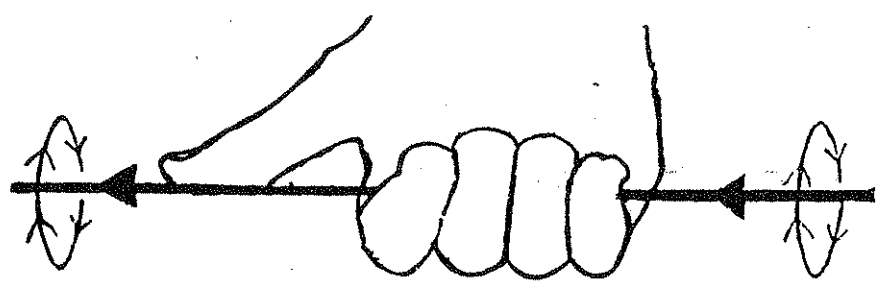
الکترومغناطیس

هر گاه جریان الکتریسیته از یک هادی عبور نماید در اطراف آن هادی یک میدان مغناطیسی تولید می‌شود. بنابراین نتیجه می‌گیریم که بوسیلهٔ جریان الکتریسیته می‌توانیم میدان مغناطیسی تولید نمائیم بطور کلی، تولید مغناطیس بوسیلهٔ الکتریسیته را الکترومغناطیس گویند.

میدان الکترومغناطیسی، یک میدان مغناطیسی است که به وسیلهٔ جریان عبوری از سیم در اطراف آن به وجود آمده است جهت میدان مغناطیسی در اطراف سیم بستگی به جهت جریانی دارد که از سیم عبور می‌کند که این جهت توسط قانون دست راست بیان می‌گردد.

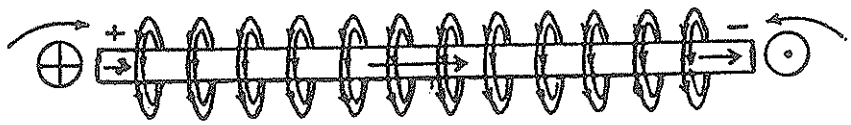
قانون دست راست برای یک هادی حامل جریان :

طبق این قانون، اگر مطابق شکل زیر انگشتان دست راست را به دور یک هادی حامل جریان قرار دهیم که انگشت شست در جهت جریان عبوری از سیم باشد، چهار انگشت تا شده به دور سیم جهت میدان مغناطیسی اطراف هادی را نشان می‌دهد.



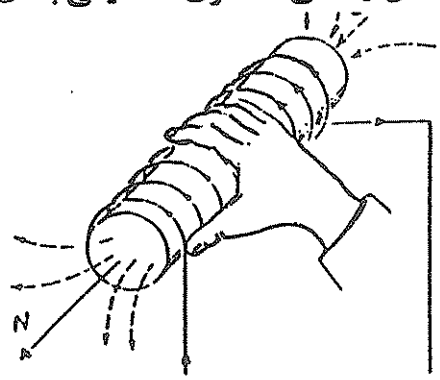
تعیین علامت ورود و خروج جریان در یک هادی :

اگر به مقطع سیمی که جریان از آن عبور می‌کند نگاه کنیم جریانی که به طرف چشم ما می‌آید یا از هادی خارج می‌شود با علامت ⊙ و زمانی که جریان وارد هادی می‌شود و از چشم ما دور می‌شود با علامت ⊗ مشخص می‌گردد.



میدان مغناطیسی در اطراف یک سیم حلقه شده یا سیم‌پیچ یا بوبین و قانون دست راست برای آن :

اگر مقداری سیم هادی روپوش‌دار روی یک هستهٔ آهنی پیچیده شود، اصطلاحاً یک سیم‌پیچ یا یک بوبین تشکیل می‌شود در این حالت اگر مطابق شکل زیر چهار انگشت خم‌شدهٔ دست راست در مسیر جهت جریان عبوری از سیم‌پیچ باشد، انگشت شست جهت فلوی مغناطیسی خارج شده از سیم‌پیچ را نشان می‌دهد محلی که فلوی مغناطیسی از آن خارج می‌شود قطب شمال و محلی که فلوی مغناطیسی به آن وارد می‌شود، قطب جنوب سیم‌پیچ نامیده می‌شود.

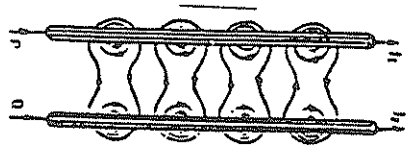


عوامل مؤثر در افزایش میدان مغناطیسی یک سیم‌پیچ

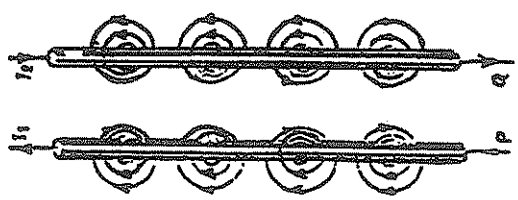
۱- با افزایش جریان عبوری از سیم‌پیچ می‌توانیم شدت میدان مغناطیسی را افزایش دهیم.
۲- با افزایش تعداد حلقه‌های سیم‌پیچ میدان مغناطیسی، سیم‌پیچ نیز افزایش می‌یابد.
۳- با وارد کردن هستهٔ آهنی در داخل سیم‌پیچ قدرت میدان مغناطیسی سیم‌پیچ بیشتر می‌شود.

نیروهای وارد بر دو هادی حامل جریان موازی

۱- اگر جهت جریان در دو هادی موازی، موافق یکدیگر باشد میدان مغناطیسی تولید شده به وسیلهٔ آنها با یکدیگر جمع شده و یکدیگر را تقویت خواهند کرد.



۲- هر گاه دو هادی که جهت جریان عبوری از آنها مخالف یکدیگر باشند در کنار هم قرار گیرند میدان مغناطیسی تولید شده به وسیلهٔ دو هادی یکدیگر را تضعیف خواهند کرد.



نیروی محرکهٔ مغناطیسی یا ولتاژ مغناطیسی

نیرویی است که باعث حرکت خطوط قوای مغناطیسی از قطب شمال به قطب جنوب می‌شود و میزان آن بستگی به جریان عبوری از سیم‌پیچ و تعداد حلقه‌های سیم‌پیچ دارد. بنابراین رابطهٔ نیروی محرکهٔ مغناطیسی چنین است :

جریان عبوری از سیم‌پیچ برحسب آمپر (A) = I

تعداد دور سیم‌پیچ × جریان = ولتاژ یا نیروی محرکهٔ مغناطیسی

تعداد دور سیم‌پیچ برحسب دور (T) = N

ولتاژ مغناطیسی یا نیروی محرکهٔ مغناطیسی برحسب آمپر دور(A . T) = Fm یا Vm Fm یا Um = I N

مثال) تعداد حلقه‌های یک سیم‌پیچ 440 دور و جریان عبوری از آن 1.5 آمپر می‌باشد. حساب کنید نیروی محرکهٔ مغناطیسی تولید شده به وسیلهٔ سیم‌پیچ را؟

N = 440T I = 1.5A Fm = ?

Fm یا Um = I . N = 1.5 × 440 = 660 A . T

شدت میدان مغناطیسی

مقدار نیرویی است که به یک واحد قطب N در میدان مغناطیسی وارد می‌شود و از تقسیم نیروی محرکهٔ مغناطیسی بر طول مسیر مغناطیسی به دست می‌آید بنابراین می‌توانیم بنویسیم :

نیروی محرکهٔ مغناطیسی یا ولتاژ مغناطیسی برحسب آمپردور (A . T) = Fm یا Um

طول مسیر مغناطیسی برحسب متر (m) = L

شدت میدان مغناطیسی برحسب آمپردور بر متر $H = (\frac{AT}{m})$

$$\text{شدت میدان مغناطیسی} = \frac{\text{نیروی محرکهٔ مغناطیسی}}{\text{طول مسیر مغناطیسی}} \qquad H = \frac{\text{Um یا Fm}}{L}$$

مقاومت مغناطیسی

نیرویی است که در مقابل حرکت خطوط قوای مغناطیسی ایستادگی می‌کند و موجب کاهش خطوط قوای مغناطیسی و ایجاد پراکندگی خطوط قوا می‌شود. مقاومت مغناطیسی از تقسیم نیروی محرکهٔ مغناطیسی بر تعداد خطوط قوای مغناطیسی بدست می‌آید. بنابراین می‌توان نوشت :

نیروی محرکهٔ مغناطیسی یا ولتاژ مغناطیسی برحسب آمپر- دور (A . T) = Fm یا Um

فلو یا شار مغناطیسی برحسب وبر $\varphi = (wb)$

مقاومت مغناطیسی برحسب آمپردور بر وبر $Rm = (\frac{AT}{wb})$

$$\text{مقاومت مغناطیسی} = \frac{\text{ولتاژ یا نیروی محرکهٔ مغناطیسی}}{\text{فلو یا شار مغناطیسی}}$$

$$Rm = \frac{Urn \text{ یا } Fm}{\varphi}$$

ضریب نفوذ مغناطیسی

نشان می‌دهد که میدان مغناطیسی تا چه اندازه در یک فلز نفوذ می‌کند و از تقسیم اندوکسیون مغناطیسی بر شدت میدان مغناطیسی بدست می‌آید.

$$\text{ضریب نفوذ مغناطیسی} = \frac{\text{اندوکسیون مغناطیسی}}{\text{شدت میدان مغناطیسی}}$$

اندوکسیون مغناطیسی برحسب وبر بر مترمربع $B = \frac{wb}{(m)^2}$

شدت میدان مغناطیسی برحسب آمپردور بر متر $H = \frac{A \cdot T}{m}$

ضریب نفوذ مغناطیسی برحسب هانری بر متر $\mu = (\frac{H}{m})$ $\quad \mu = \frac{B}{H}$

پسماند مغناطیسی

خاصیت ذخیرهٔ نیروی مغناطیسی در فلزات را پسماند مغناطیسی گویند. می‌توان گفت بعضی از فلزات از جمله فولاد، آهن، سیلیسیم و آلیاژهای مختلف آنها اگر تحت تأثیر یک حوزهٔ مغناطیسی قرار گیرند پس از خارج شدن از حوزهٔ مغناطیسی خود نیز تبدیل به آهنربا می‌شوند و اصطلاحاً می‌گویند این گونه اجسام دارای پسماند مغناطیسی هستند.

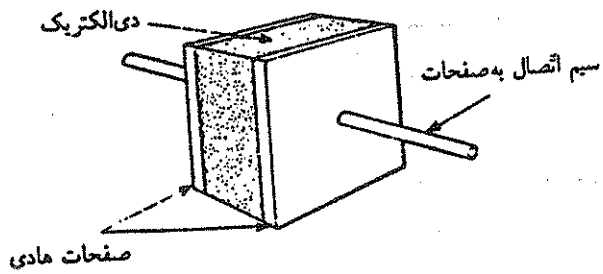
پسماند مغناطیسی در فلزات را می‌توان با استفاده از ضربه یا حرارت و قرار دادن در یک میدان مغناطیسی متغییر از بین برد.

خازن (کاپاسیتور) Capasitor

تعریف خازن :

اگر مطابق شکل زیر دو صفحهٔ هادی که ما بین آنها عایق قرار گرفته شده است مقابل یکدیگر قرار بدهیم و آنها را به یک ولتاژ الکتریکی وصل کنیم بین دو صفحهٔ یک میدان الکتریکی به وجود می‌آید یا به عبارت دیگر یکی از صفحات دارای بار منفی و دیگری دارای بار مثبت می‌شود. شدت این میدان الکتریکی یا مقدار

بار الکتریکی ذخیره شده در صفحات خازن بستگی به مقدار ولتاژ و فاصلهٔ صفحه‌ها از یکدیگر دارد. به این مجموعه خازن می‌گویند.



ساختمان خازن

خازن از دو صفحهٔ فلزی که مابین آنها عایق گذاشته شده است تشکیل شده است. صفحه‌های فلزی را اصطلاحاً جوشن و عایق بین دو صفحه را دی الکتریک گویند. خازن قادر است انرژی الکتریکی را در خود ذخیره نماید و به همین منظور نیز در مدارهای الکتریکی به کار می‌رود.

ظرفیت خازن

خاصیت ذخیرهٔ الکتریسیته را در خازن، ظرفیت خازن گویند و آن را با حرف (C) نشان می‌دهند. اگر اختلاف پتانسیل یا ولتاژ به دو سر خازن وصل شود بار الکتریکی در آن ذخیره می‌شود. بنابراین ظرفیت خازن از رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود :

$$C = \frac{Q}{U}$$

$U = (V)$ ولتاژ دو سر خازن برحسب ولت

$Q = Coln$ بار الکتریکی خازن برحسب کولن

$C = (F)$ ظرفیت خازن برحسب فاراد

واحد ظرفیت خازن

واحد ظرفیت خازن ، فاراد می باشد و آن را با حرف (F) نشان می‌دهند. فاراد مقدار ظرفیتی است که اگر خازنی به ظرفیت یک فاراد به ولتاژ یک ولت وصل شود یک کولن بار الکتریکی در آن ذخیره می‌شود. فاراد در عمل واحد بزرگی است و بیشتر از واحدهای کوچکتر از فاراد استفاده می‌شود. این واحدها عبارتند از :

۱- میکروفاراد μF :

برابر یک میلیونیم فاراد می‌باشد $1\mu F = 10^{-6} F = 0.000001\ F$

۲- نانو فاراد nF :

برابر یک میلیاردیم فاراد می‌باشد $1nF = 10^{-9} F = 0.000000001\ F$

۳- پیکو فاراد PF :

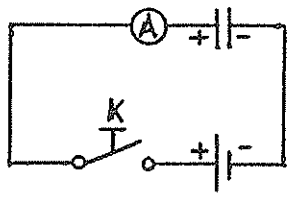
برابر یک بیلیونیم فاراد می‌باشد $1PF = 10^{-12} F = 0.000000000001\ F$

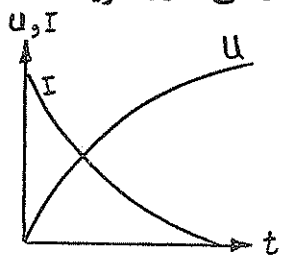
معمولاً خازنهایی که برای الکتروموتورها و شبکه‌های برق مورد استفاده قرار می‌گیرند ظرفیت آنها برحسب میکروفاراد می‌باشد واحدهای نانوفاراد و پیکوفاراد بیشتر برای خازنهای مورد مصرف در مدارهای الکتریکی می‌باشد.

شارژ و دشارژ خازن در جریان مستقیم

۱- شارژ خازن :

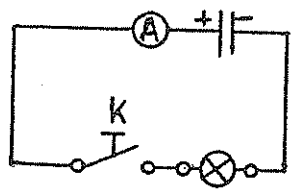
مطابق شکل زیر یک خازن را به دو سر یک باطری متصل می‌نمائیم و یک آمپرمتر و یک کلید در مدار قرار می‌دهیم با وصل کلید مشاهده می‌کنیم که عقربهٔ آمپرمتر حداکثر مقدار را نشان داده و مشخص می‌شود که جریان از طرف باطری به طرف خازن جاری است. بعد از مدت زمانی مشاهده می‌کنیم که عقربهٔ آمپرمتر کم‌کم به سمت صفر برمی‌گردد زمانی که عقربه روی صفر قرار می‌گیرد نشان دهندهٔ آن است که خازن شارژ شده است از اینجا نتیجه می‌گیریم که زمان شارژ خازن جریان خازن برابر صفر می‌باشد مدت زمانی را که طول می‌کشد تا خازن کاملاً شارژ شود ثابت زمانی خازن گویند.





۲- دشارژ خازن :

کلمهٔ دشارژ به معنی خالی شدن خازن می‌باشد اگر مطابق شکل زیر یک لامپ را به دو سر یک خازن شارژ شده وصل کنیم در مدار یک آمپرمتر و یک کلید قرار دهیم با وصل کلید، بار الکتریکی خازن وارد لامپ شده و باعث روشن شده آن می‌گردد در لحظهٔ اول جریان آمپرمتر حداکثر می‌باشد کم‌کم مشاهده می‌کنیم که نور لامپ ضعیف‌تر شده و عقربهٔ آمپرمتر به طرف صفر برمی‌گردد لحظاتی بعد لامپ خاموش شده و عقربهٔ آمپرمتر روی صفر قرار می‌گیرد در این حالت خازن دشارژ شده است.



در لحظهٔ اولیهٔ دشارژ $I_A = MAX$

دشارژ کامل $I_A = 0A$

عوامل مؤثر در ظرفیت خازن :

۱- سطح صفحات خازن :

هر چه سطح صفحات خازن بزرگتر باشد ظرفیت خازن بیشتر می‌شود پس می‌توان گفت سطح صفحات خازن (A) با ظرفیت خازن نسبت مستقیم دارد.

۲- جنس عایق یا دی‌الکتریک :

هر اندازه خاصیت عایقی دی‌الکتریک بین دو جوشن بهتر باشد امکان نشتی بین دو صفحه کمتر شده و ظرفیت خازن بیشتر خواهد بود. بنابراین ضریب عایقی (K) با ظرفیت خازن نسبت مستقیم دارد هر عایق دارای ضریب مخصوصی است.

۳- فاصلهٔ بین دو صفحه یا دو جوشن :

هر اندازه فاصلهٔ بین دو صفحهٔ خازن بیشتر باشد، ظرفیت خازن کمتر و هر اندازه فاصلهٔ بین دو صفحه کمتر باشد، ظرفیت خازن بیشتر می‌شود پس ظرفیت خازن با فاصلهٔ دو صفحه نسبت معکوس دارد.

$$\text{ظرفیت خازن} = \frac{\text{سطح صفحات} \times \text{ضریب عایقی}}{\text{فاصلهٔ دو صفحه}}$$

$$C = \frac{K \cdot A}{d}$$

A = سطح صفحات خازن

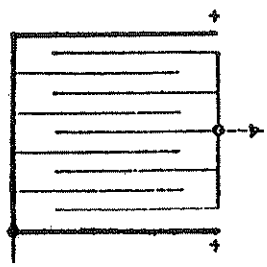
K = ضریب عایقی

d = فاصلهٔ دو صفحه

انواع خازن

۱- خازن مطبق :

قدیمی‌ترین نوع خازن است که هنوز هم در دستگاههای اندازه‌گیری الکتریکی و مدارات رادیویی کاربرد دارد. این خازن از دو سری صفحهٔ فلزی که یک ردیف از صفحات ثابت و ردیف دیگر با حرکت دستهٔ گردان حرکت می‌کند تشکیل شده است. این صفحات جوشنهای خازن هستند بر روی هر کدام از صفحات یک لایه طلق نسوز قرار گرفته است که به منزلهٔ دی‌الکتریک می‌باشد. ظرفیت این خازنها با چرخاندن دستهٔ گردان تغییر می‌کند.

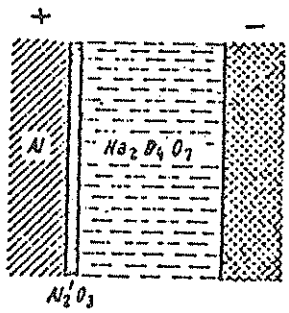


۲- خازن پیچیده :

این نوع خازن بصورت جعبه‌ای یا استوانه‌ای می‌باشد و متداولترین نوع خازن بوده و در اکثر مدارها و دستگاههای الکتریکی وجود دارد. طرز ساختن این نوع خازن به این صورت است که بین دو نوار فلزی نازک از جنس آلومینیم، به عنوان جوشن یک لایه نوار کاغذی آغشته به پارافین به عنوان دی‌الکتریک وجود دارد مجموعه را بصورت کپسول پیچیده و از دو جوشن دو سیم به عنوان دو سر خروجی خازن، خارج می‌کنند شکل زیر نمای سادهٔ این خازن را نشان می‌دهد.

۳- خازن الکترولیتی :

با توجه به ساختمان خازنهای مطبق و پیچیده می‌توان دریافت برای تولید خازنی با ظرفیت بالا و ولتاژ کار بالا به این دو روش، نیاز به حجم زیادی است. برای ساختن خازنی با ظرفیت و ولتاژ کار بالا و حجم کوچک از روش دیگری استفاده می‌شود در این روش جوشن مثبت خازن را یک صفحهٔ آلومینیمی و جوشن منفی را محلول اکسیژن‌دار سدیم و بوراکس که یک محلول هادی است تشکیل داده است در حالت طبیعی مابین دو جوشن عملاً عایقی وجود ندارد، ولی به محض اینکه قطب مثبت باطری را به صفحهٔ آلومینیمی و قطب منفی را به محلول شیمیایی متصل نمودیم، در اثر فعل و انفعالات شیمیایی یک لایهٔ بسیار نازک اکسیدآلومینیم روی ورقهٔ آلومینیمی تشکیل می‌شود برای جلوگیری از نفوذ هوا و نشت محلول به خارج مجموعه را داخل یک کاغذ عایق یا پلاستیک پیچیده و در خاتمه آن را داخل یک قوطی استوانه‌ای فلزی قرار می‌دهیم. معمولاً برای جلوگیری از نشت خازن درب قوطی را با قیر کاملاً می‌پوشانند در این حالت یک خازن الکترولیتی تشکیل می‌شود کاربرد این خازن بیشتر به عنوان خازن موقت در راه‌اندازی الکتروموتورهای تکفاز می‌باشد مشخصهٔ این خازنها ظرفیت بالا و ولتاژ کار پایین می‌باشد.

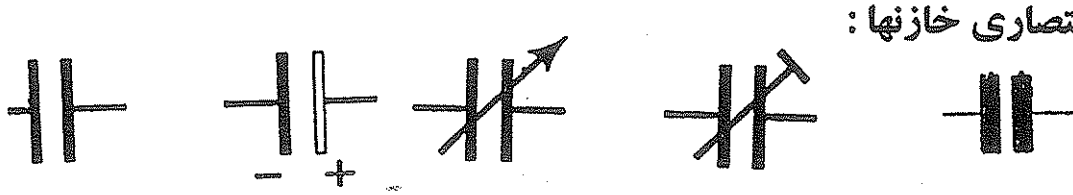


٤- خازن روغنی :

نوع دیگری از خازنهای شیمیایی است که طریقهٔ ساخت آن تقریباً مانند خازن الکترولیتی می‌باشد. در این خازنها نکتهٔ مهم تحمل ولتاژ بالا می‌باشد، به همین دلیل مقداری روغن به این خازنها می‌افزایند در این حالت خازنی با ظرفیتی در حدود 1 تا 100 میکروفاراد و ولتاژ کاری در حدود 150 تا 1000 ولت ایجاد می‌شود. پس مشخصهٔ این خازنها ظرفیت پایین و ولتاژ کار بالا می‌باشد از خازنهای روغنی به عنوان خازن دائم در الکتروموتورهای تکفاز و همچنین تبدیل الکتروموتورهای سه‌فاز به تک‌فاز و تصحیح ضریب قدرت شبکه استفاده می‌شود.

نکتهٔ مهم اینکه خازنهای الکترولیتی و روغنی که برای الکتروموتورها به کار می‌روند به خازنهای بدون پلاریته معروف هستند و معمولاً در مدارات جریان متناوب به کار می‌روند.

علائم اختصاری خازنها :



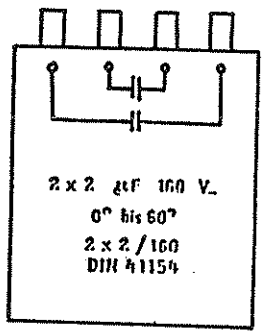
خازنهای بدون پلاریته مانند روغنی و الکترولیتی — خازن متغییر(مطبق) — خازن پیچیده - عدسی

بطور کلی خازن ثابت جریان مستقیم

مشخصاتی که روی خازنها ثبت می‌شود :

۱- ظرفیت خازن و تعداد خازنهای موجود در یک محفظه.

۲- ولتاژ کار خازن (ولتاژی است که اگر بیشتر از آن به دو سر خازن وصل شود موجب صدمه دیدن یا منفجر شدن خازن می‌شود).



۳- درجه حرارت مجاز در هنگام کار.

٤- ولتاژی که خازن با آن آزمایش شده است.

٥- شمارهٔ دفتر استاندارد.

آزمایش خازن :

۱- ابتدا به وسیلهٔ یک قطعه سیم دو سر خازن را اتصال کوتاه می‌دهیم.

۲- اتصال کوتاه را باز کرده دو سر خازن را به دو سر یک اهم‌متر وصل می‌کنیم حالتهای زیر ممکن است وجود داشته باشد :

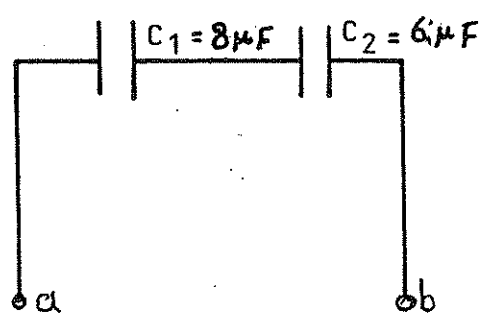
الف- اگر عقربهٔ اهم‌متر به آرامی حرکت کرده و سپس به جای اول بازگشت خازن سالم است.
ب- عقربهٔ اهم‌متر هیچ گونه حرکتی نمی‌کند روی تمام رنجهای اهم‌متر آزمایش می‌کنیم اگر حرکت وجود نداشته باشد خازن قطع شده است.
ج- عقربهٔ اهم‌متر حرکت کرده و به جای اول باز نمی‌گردد خازن اتصال کوتاه شده است.

اتصالات خازنها

۱- اتصال سری خازنها :

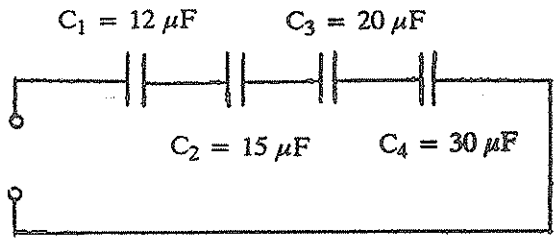
دقیقاً برعکس اتصال سری مقاومتها بوده و مانند اتصال موازی مقاومتها می‌باشد یعنی اگر چند خازن با یکدیگر سری شوند ظرفیت معادل از جمع معکوس خازنها بدست می‌آید و ظرفیت معادل مدار از کوچکترین خازن موجود در مدار کوچکتر است.

مثال ۱) ظرفیت مدار شکل زیر را بدست آورید؟



$$C_{eq} = \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2} = \frac{8 \times 6}{8 + 6} = \frac{48}{14} = 3.42\ \mu F$$

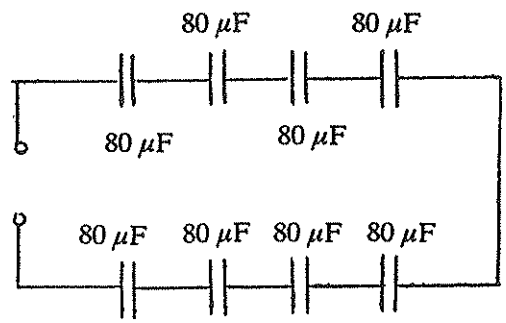
مثال ۲) در مدار شکل زیر ظرفیت معادل را بدست آورید؟



$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_4} = \frac{1}{12} + \frac{1}{15} + \frac{1}{20} + \frac{1}{30} = \frac{5+4+3+2}{60} = \frac{14}{60}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{C_{eq}} = \frac{14}{60} \Rightarrow C_{eq} = \frac{60}{14} = 4.28\ \mu F$$

مثال ۳) در مدار شکل زیر ظرفیت معادل را بدست آورید؟

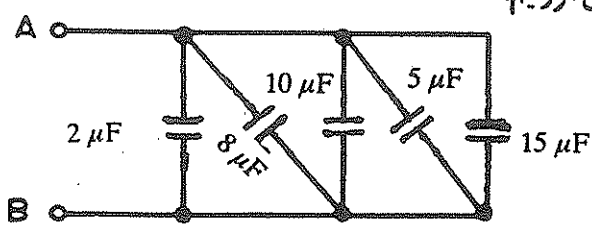


$$C_{eq} = \frac{C}{n} = \frac{80}{8} = 10\ \mu F$$

۲- اتصالات موازی خازنها :

در این اتصال برعکس مقاومتهای موازی برای بدست آوردن ظرفیت معادل، ظرفیت خازنهای موجود در مدار را با یکدیگر جمع کرده و ظرفیت کل را بدست می‌آوریم.

مثال) در مدار شکل زیر ظرفیت معادل را بدست آورید؟

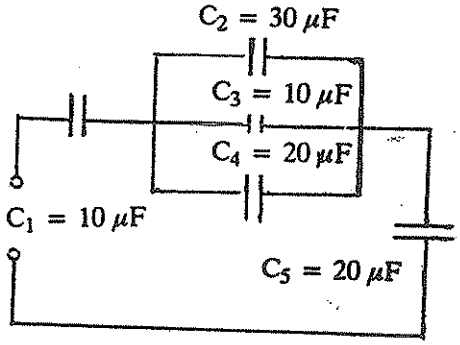


$$C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 = 2 + 8 + 10 + 5 + 15 = 40\ \mu F$$

۳- اتصال سری موازی خازنها :

در این اتصال ابتدا از فرمول خازنهای موازی، ظرفیت معادل قسمت موازی مدار را بدست آورده و از فرمول خازنهای سری ظرفیت کل مدار را بدست می‌آوریم.

مثال) ظرفیت معادل مدار شکل زیر را حساب کنید؟



$$C_{eqAB} = C_2 + C_3 + C_4 = 30 + 10 + 20 = 60\ \mu F$$

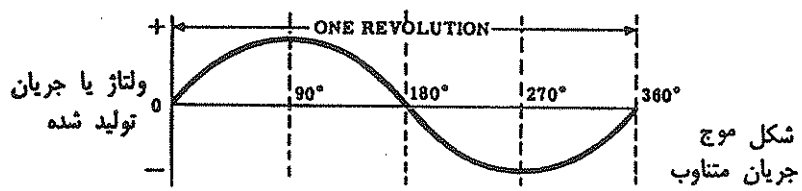
$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_{AB}} + \frac{1}{C_5} = \frac{1}{10} + \frac{1}{60} + \frac{1}{20} = \frac{6+1+3}{60} = \frac{10}{60}$$

$$\Rightarrow C_{eq} = \frac{60}{10} = 6\ \mu F$$

جریان متناوب (AC)

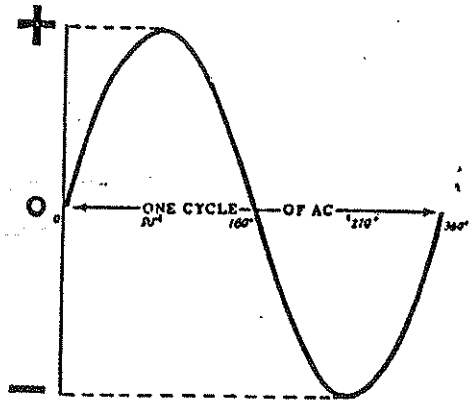
تعریف جریان متناوب :

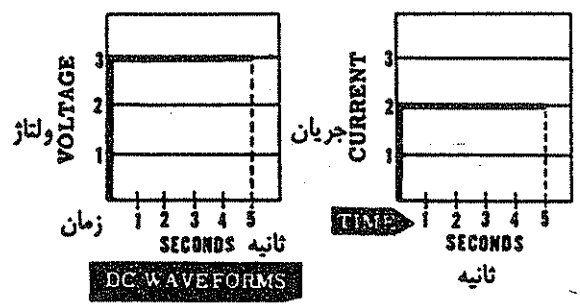
جریانی است که در آن الکترونها، ابتدا در یک مسیر شروع به حرکت کرده سپس تغییر جهت داده و در جهت عکس حرکت می‌نمایند و به همین ترتیب بصورت تناوبی به حرکت خود ادامه می‌دهند. بنابراین در جریان متناوب، جهت جریان مرتباً عوض می‌شود پس باید جای قطبهای مثبت و منفی را مرتباً با یکدیگر عوض نمود این عمل به وسیلهٔ مولدهای جریان متناوب انجام می‌شود اگر به وسیلهٔ دستگاهی مسیر حرکت الکترونها را در جریان متناوب تعقیب کنیم، مشاهده می‌شود که الکترونها یک مسیر موجی سینوسی شکل را طی می‌کنند به همین دلیل به جریان متناوب، جریان متناوب سینوسی نیز گفته می‌شود شکل زیر یک موج جریان متناوب را نشان می‌دهد.



مقایسه جریان متناوب و مستقیم

از آنجایی که جریان الکتریکی، عبور الکترونها در عرض یک ثانیه از مدار است، بنابراین در جریان مستقیم، الکترونها در این مدت زمان بصورت مستقیم در یک جهت حرکت می‌کنند اما در جریان متناوب، الکترونها در نصف ثانیه در یک مسیر و در نصف دیگر در جهت مخالف حرکت می‌کنند. شکلهای زیر تفاوت دو موج مستقیم و متناوب را نشان می‌دهند چنانکه مشاهده می‌کنیم در جریان مستقیم، جریان و ولتاژ همیشه مقدار ثابتی بوده و تغییر می‌کند، اما در جریان متناوب، مقدار ولتاژ و جریان در زمانهای مساوی بصورت مشخصی کم و زیاد می‌شود.





تولید جریان الکتریسیته به وسیلهٔ مغناطیس

حالت اول :

هرگاه یک آهنربا و یک سیم هادی داشته باشیم، دو سر هادی را به یک گالوانومتر متصل کرده و آهنربا را بصورت ثابت قرار می‌دهیم اکنون سیم هادی را در اطراف آن به حرکت در می‌آوریم در این حالت مشاهده می‌شود که عقربهٔ گالوانومتر به حرکت در آمده این نشانهٔ تولید جریان الکتریسیته است.

حالت دوم :

سیم هادی ثابت آهنربا را در اطراف آن به حرکت در می‌آوریم مشاهده می‌کنیم که عقربهٔ گالوانومتر به حرکت در می‌آید که نشانهٔ تولید جریان الکتریسیته می‌باشد.

حالت سوم :

آهنربا و سیم هادی را در پیرامون یکدیگر و در جهت مخالف حرکت می‌دهیم، باز هم عقربهٔ گالوانومتر به حرکت در می‌آید که نشانهٔ تولید جریان الکتریسیته می‌باشد.

از این سه حالت نتیجه می‌گیریم که هرگاه میدان مغناطیسی تولید شده به وسیلهٔ یک آهنربا به وسیلهٔ یک هادی قطع شود در آن هادی جریان متناوب تولید خواهد شد که میزان این جریان بستگی به عوامل زیر دارد :

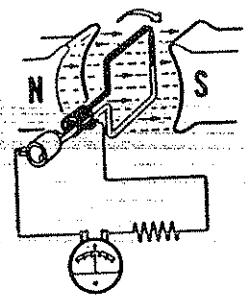
۱- حرکت هادی در داخل میدان مغناطیسی موجب تولید نیروی محرکهٔ الکتریکی و در نتیجه جریان تولید جریان الکتریکی می‌شود.

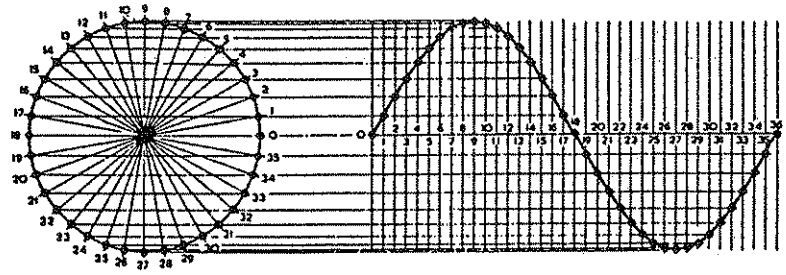
۲- قطع سریع میدان مغناطیسی توسط هادی، اضافه کردن تعداد دور سیم هادی و بیشتر شدن شدت میدان مغناطیسی، باعث تولید ولتاژ و جریان قوی‌تر می‌شود.

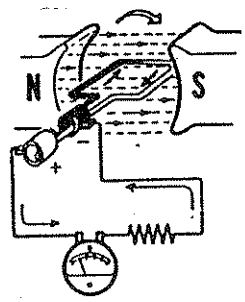
اساس کار آلترناتور جریان متناوب تکفاز

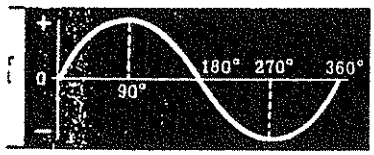
اگر مطابق شکل زیر یک سیم هادی را بصورت حلقه در آورده و به وسیلهٔ دو عدد رینگ و دو عدد جاروبک دو سر حلقه سیم را به یک گالوانومتر وصل کنیم، سپس سیم هادی را در داخل میدان مغناطیسی یک آهنربای نعلی اسبی شکل قراردهیم، در لحظهٔ اول هادی به گونه‌ای قرار می‌گیرد که با میدان مغناطیسی و خطوس قوای مغناطیسی زاویهٔ صفر درجه تشکیل می‌دهد چون خطوط قوا بوسیلهٔ هادی قطع نمی‌شود بنابراین ولتاژ صفر می‌باشد با چرخش حلقهٔ هادی به اندازهٔ 45 درجه، عقربهٔ گالوانومتر در جهت مثبت حرکت کرده و تولید نیروی محرکهٔ الکتریکی با ولتاژ را نشان می‌دهد. حال 45 درجهٔ دیگر حلقه را می‌چرخانیم مشاهده می‌کنیم که عقربه از حداکثر به سمت صفر باز می‌گردد با چرخش 45 درجهٔ دیگر مجدداً مانند نقطهٔ شروع موج سینوسی جریان متناوب تولید شده است حلقه را 180 درجهٔ دیگر می‌چرخانیم در این حالت جای

قطبها، عوض شده (قطب مثبت و منفی) و نیم موج منحنی نیز تشکیل می‌شود اگر به همین ترتیب حلقه را بچرخانیم تولید این موج نیز ادامه پیدا می‌کند این آزمایش اساس کار یک آلترناتور یا مولد جریان متناوب را نشان می‌دهد.



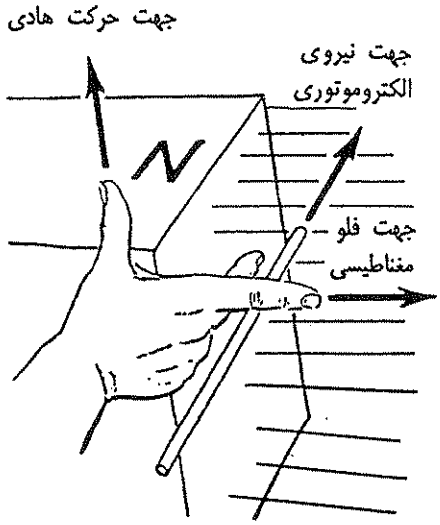






قانون دست راست جهت تعیین نیروی الکتروموتوری در مولدها (قانون دست راست فلمینگ) :

طبق این قانون اگر انگشت سبابهٔ دست راست جهت فلوی مغناطیسی از N به S را نشان دهد انگشت شست دست راست عمود بر انگشت سبابه جهت حرکت هادی در داخل میدان مغناطیسی را نشان می‌دهد و انگشت وسط خم شده و عمود بر انگشت سبابه جهت نیروی الکتروموتوری را نشان می‌دهد.

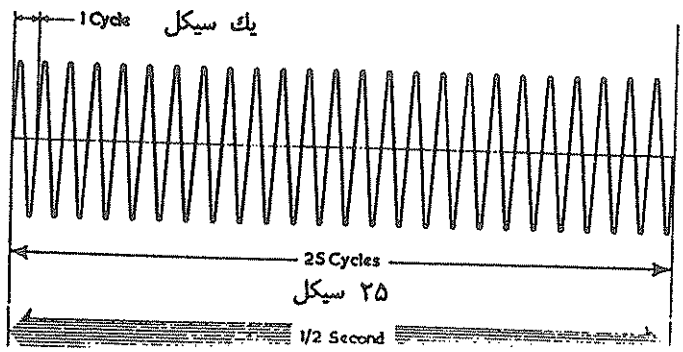


مشخصات جریان متناوب

۱- فرکانس : در جریان متناوب تغییرات موج سینوسی جریان و ولتاژ از صفر به ماکزیمم و از ماکزیمم به صفر و ازصفر به مینیمم و از مینیمم به صفر را سیکل کامل گویند تعداد سیکلها را در مدت زمان یک ثانیه،

فرکانس می‌نامند پس هر اندازه تعداد سیکلها در ثانیه بیشتر باشد فرکانس نیز بیشتر است. فرکانس را با حرف (F) نشان می‌دهند و آنرا با دستگاهی به نام فرکانس‌متر اندازه‌گیری می‌نمایند که بصورت موازی در مدار قرار می‌گیرد و علامت مشخصهٔ آن چنین است :

واحد فرکانس سیکل بر ثانیه (C.P.S) یا هرتز (HZ) می‌باشد.



۲- پریود (زمان تناوب) :

زمانی است که موج متناوب جریان یا ولتاژ، یک سیکل کامل را طی می‌کند اگر فرکانس 50 سیکل بر ثانیه باشد مدت زمان یک سیکل، برابر $\frac{1}{50}$ ثانیه خواهد بود. بنابراین زمان تناوب $\frac{1}{50}$ می‌باشد نتیجه می‌گیریم که فرکانس و زمان تناوب عکس یکدیگر هستند بنابراین می‌توانیم بنویسیم :

$$F = \frac{1}{T} \qquad (\text{پریود})\ T = \frac{1}{F}$$

مثال) در صورتیکه فرکانس برق جریان متناوب ایران 50 هرتز باشد زمان تناوب آنرا بدست آورید؟

$F = 50$ HZ یا CPS

$T = ?$

زمان انجام یک سیکل $T = \frac{1}{F} = \frac{1}{50} = 0.02s$

۳- طول موج :

مسافتی است که جریان در مدتی که یک سیکل کامل تشکیل می‌شود می‌پیماید و از تقسیم سرعت جریان بر فرکانس بدست می‌آید سرعت جریان 300000 کیلومتر در ثانیه می‌باشد طول موج از رابطهٔ زیر بدست می‌آید :

سرعت جریان در ثانیه برابر $V = 300000$ Km/S

فرکانس برحسب HZ یا سیکل برثانیه $= F$

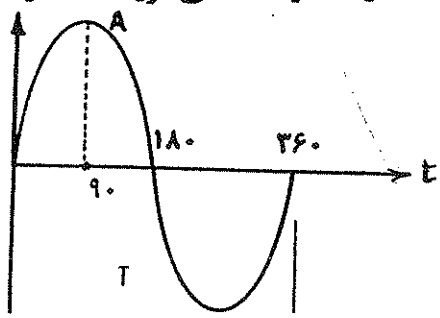
طول موج جریان برحسب m $= \lambda$

$$\text{طول موج} = \frac{\text{سرعت جریان}}{\text{فرکانس}}$$

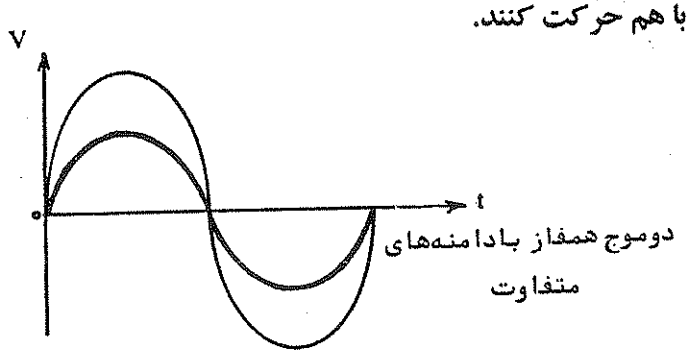
$$\lambda = \frac{V}{F}$$

٤- فاز :

قسمتی از زمان تناوب موج جریان و یا ولتاژ از نقطهٔ صفر تا نقطهٔ مورد نظر را فاز می‌گویند مثلاً در شکل زیر فاز موج جریان در نقطهٔ A برابر 90 درجه می‌باشد.

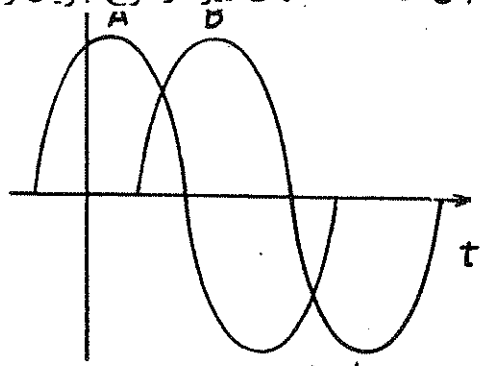


معمولاً فاز برای مقایسهٔ رابطهٔ زمانی بین دو موج به کار می‌رود اگر دو موج متناوب با هم شروع شده در یک لحظه به ماکزیمم و صفر و مینیمم و مجدداً به صفر برسند این دو موج را هم فاز گویند نکتهٔ مهم اینکه امکان دارد دو موج هم‌فاز از نظر مقدار با یکدیگر مساوی نباشند اما در یک لحظه به 90 درجه یا ماکزیمم و در یک لحظه به نقطهٔ 270 درجه یا مینیمم برسند و با هم حرکت کنند.



٥- اختلاف فاز :

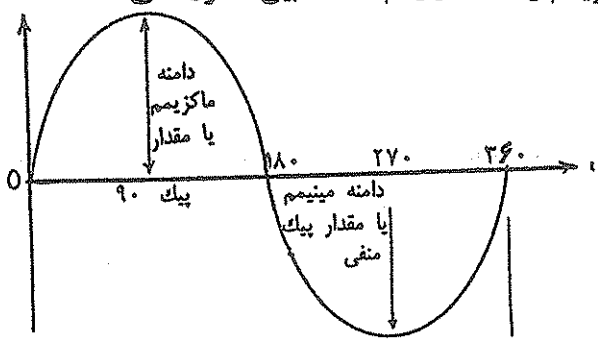
اگر دو موج جریان متناوب مثلاً ولتاژ و جریان در لحظهٔ شروع با یکدیگر اختلاف داشته باشند مثلاً موج ولتاژ 90 درجه بعد از موج جریان شروع به حرکت نماید اصطلاحاً می‌گویند که این دو موج اختلاف فاز دارند موجی که زودتر شروع به حرکت نموده است دارای تقدم فاز یا پیش فاز است و موجی که دیرتر و بعد از موج اولی شروع به حرکت نموده است دارای تأخیرفاز یا پس‌فاز است شکلهای زیر دو موج جریان و ولتاژ را که با یکدیگر اختلاف فاز دارند نشان می‌دهد.



در شکلهای B و A موج ولتاژ 90 درجه یا $\frac{T}{4}$ ثانیه نسبت به موج جریان پس‌فاز است پس موج جریان 90 درجه نسبت به ولتاژ پیش‌فاز است.

٦- دامنه :

دامنهٔ یک موج ولتاژ یا جریان متناوب مقداری است که موج جریان یا ولتاژ در هر لحظه به آن می‌رسد دامنهٔ ماکزیمم، فاصلهٔ بین محور افقی تا نقطهٔ ماکزیمم و دامنهٔ مینیمم، فاصلهٔ بین محور افقی تا نقطهٔ بین مینیمم موج می‌باشد.



۷- سرعت زاویه‌ای :

عبارت است از زاویه‌ای که موج جریان متناوب نسبت به محور افقی در مدت یک ثانیه طی می‌کند از آنجایی که محیط دایره برابر $2\pi R$ می‌باشد، اگر موج متناوب در هر ثانیه به اندازهٔ فرکانس دور بزند خواهیم داشت :

فرکانس × عدد پی × 2 = سرعت زاویه‌ای موج متناوب

$\pi = 3.14$ عدد ثابت برابر

$F = HZ$ فرکانس موج متناوب برحسب C.P.S یا

ω (امگا) = Rad/S سرعت زاویه‌ای موج متناوب برحسب

مثال) فرکانس خروجی یک آلترناتور جریان متناوب 50 هرتز می‌باشد حساب کنید سرعت زاویه‌ای موج متناوب آلترناتور را؟

سرعت زاویه‌ای موج $\omega = 2\pi F = 2 \times 3.14 \times 50 = 314 Rad/S$ $\omega = ?$

۸- مقادیر مؤثر و ماکزیمم جریان و ولتاژ متناوب :

الف- مقدار ماکزیمم :

حداکثر مقدار موج جریان یا ولتاژ متناوب را مقدار ماکزیمم آن موج گویند، این مقدار معمولاً بصورت لحظه‌ای بوده و در کار دستگاههای برقی زیاد تأثیر نمی‌کند ولتاژ و جریان ماکزیمم را بصورت زیر نشان می‌دهند :

U_{max} = ولتاژ ماکزیمم

I_{max} = جریان ماکزیمم

ب- ولتاژ مؤثر :

مقدار ولتاژی است که در یک زمان معین در یک مقاومت معین همان حرارتی را تولید می‌کند که ولتاژ جریان مستقیم معادل آن در همان زمان و در همان مقاومت تولید می‌کند جریانی را که به وسیلهٔ نیروی این ولتاژ از مدار عبور می‌کند جریان مؤثر می‌نامند، به عبارت دیگر ولتاژ مؤثر از تقسیم ولتاژ ماکزیمم بر عدد

$\sqrt{2}$ بدست می‌آید. نکتهٔ مهم اینکه اغلب دستگاههای اندازه‌گیری مؤثر سنج می‌باشند روابط بین ولتاژ ماکزیمم و مؤثر و جریان ماکزیمم و مؤثر به شرح زیر می‌باشد :

U max = ولتاژ ماکزیمم

I max = جریان ماکزیمم

Ue = ولتاژ مؤثر

Ie = جریان مؤثر

$$Ue = \frac{U\,max}{\sqrt{2}} \quad , \quad Umax = Ue \times \sqrt{2}$$

$$Ie = \frac{Im\,ax}{\sqrt{2}} \quad , \quad Imax = Ie \times \sqrt{2}$$

مثال ۱) یک سماور برقی که با ولتاژ متناوب 220 ولت کار می‌کند 6 آمپر جریان از شبکه می‌کشد حساب کنید مقادیر ماکزیمم ولتاژ و جریان آنرا؟

Ie= 6A

U max = ?

ولتاژ ماکزیمم $U\,max = Ue \times \sqrt{2} = 220 \times 1.41 = 310.2v$

جریان ماکزیمم $Im\,ax = Ie \times \sqrt{2} = 6 \times 1.41 = .46A$

مثال ۲) مقدار ماکزیمم یک موج ولتاژ 280 ولت و مقدار ماکزیمم جریان 15 آمپر می‌باشد حساب کنید مقدار مؤثر ولتاژ و جریان را؟

I max =15A

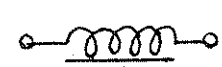
Ue = ?

ولتاژ مؤثر $Ue = \frac{U\,max}{\sqrt{2}} = \frac{280}{1.41} = 198.58v$

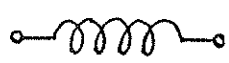
جریان مؤثر $Ie = \frac{Im\,ax}{\sqrt{2}} = \frac{15}{1.41} = 10.63A$

سلف یا بوبین (خود إلقاء)

هر گاه مقداری سیم روپوش‌دار به شکل فنری پیچیده شود یا آنرا دور یک قرقرهٔ پلاستیکی بپیچانیم تشکیل یک سلف یا بوبین را می‌دهد بوبین یا سلف می‌تواند دارای هستهٔ فلزی نیز باشد سلف را با واحدی بنام هانری اندازه‌گیری می‌کنند نمونهٔ معمول سلف چک مهتابی می‌باشد علامت مشخصهٔ سلفها چنین است :



سلف با هستهٔ آهنی



سلف بدون هستهٔ آهنی

سلف یا بوبین در جریان مستقیم

سلفها در جریان مستقیم مانند یک هادی، جریان را از خود عبور داده و تولید یک آهنربا با قطب N و S ثابت را می‌کنند به عبارت دیگر سلف در جریان مستقیم بصورت اتصال کوتاه عمل می‌کند.

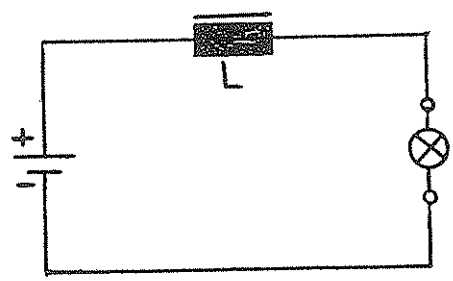
سلف یا بوبین در جریان متناوب

در جریان متناوب سلفها دارای خاصیت خود إلقائی می‌شوند به این معنی که زمانی که دو سر یک بوبین را به جریان متناوب متصل کنیم در داخل بوبین یک میدان مغناطیسی تولید می‌شود که جهت حرکت فلوی مغناطیسی در آن، با تغییر جهت حرکت جریان، تغییر می‌کند یعنی جای قطب N و S مرتباً عوض می‌شود. چنانچه می‌دانیم در جریان متناوب جای قطبهای مثبت و منفی مرتباً عوض می‌شود پس جهت میدان مغناطیسی سیم‌پیچ نیز مرتباً عوض می‌شود در اینجا طبق قوانین تولید جریان متناوب به وسیلهٔ مغناطیس هادی ثابت و یک آهنربای متحرک وجود دارد بنابراین در داخل سیم‌پیچ ولتاژی تولید می‌شود که به ولتاژ إلقائی معروف است و جهت جریان تولید شده به وسیلهٔ این ولتاژ همیشه مخالف جهت جریان اصلی می‌باشد به همین دلیل سلف به خود إلقاء نیز معروف می‌باشد و چنانکه گفتیم خودإلقائی را در سلفها با واحدی به نام هانری اندازه می‌گیرند از همین خاصیت سلفها در جریان متناوب استفاده‌های زیادی می‌شود اغلب ماشینهای الکتریکی بر این اساس کار می‌کنند.

آزمایش سلف در جریان متناوب و مستقیم

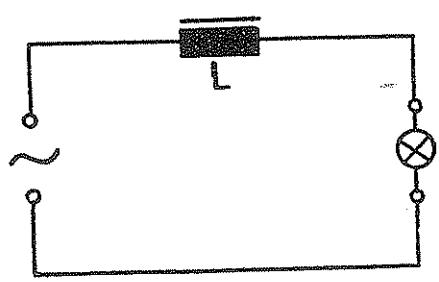
آزمایش اول :

مطابق شکل زیر یک لامپ 100 وات را با یک چک مهتابی سری کرده و آنرا به منبع 220 ولت جریان مستقیم متصل می‌نمائیم در این حالت مشاهده می‌شود که نور لامپ کمی ضعیف‌تر از حالت معمول شده است دلیل آن مقاومت اهمی کم سلف می‌باشد.



آزمایش دوم :

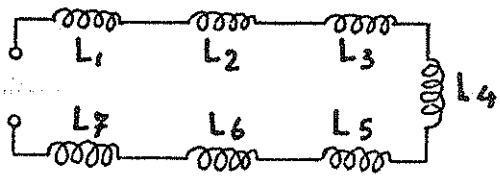
مطابق شکل زیر یک لامپ 100 وات را با یک چک مهتابی سری کرده و به منبع 220 ولت جریان متناوب متصل می‌کنیم مشاهده می‌شود که نور لامپ کمتر از حالتی است که با جریان مستقیم کار می‌کرد دلیل این امر ولتاژ إلقائی یک سلف در جریان متناوب است که مانند یک مقاومت در برابر عبور جریان ایستادگی می‌کند.



اتصالات سلفها

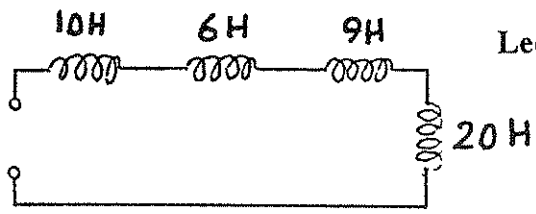
۱- اتصال سری :

این اتصال دقیقاً مانند اتصال سری مقاومتها می‌باشد و بـرای بدسـت آوردن ضریـب خودإلقـائی، کـل سلفهای موجود در مدار را با یکدیگر جمع می کنیم :



$$Leq = L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5 + L_6 + L_7$$

مثال) در مدار شکل زیر ضریب خودإلقائی کل سلف را بدست آورید؟

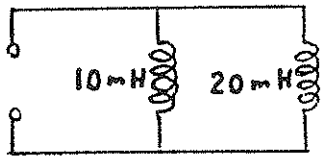


$$Leq = L_1 + L_2 + L_3 + L_4 = 10 + 6 + 9 + 20 = 46H$$

۲- اتصال موازی :

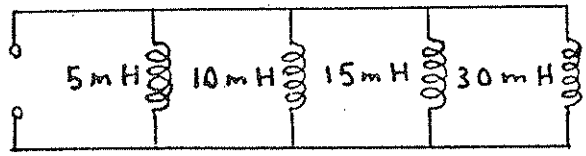
مانند اتصال موازی مقاومتها بوده و شامل سه حالت زیر است :

الف- اگر دو سلف با یکدیگر موازی شوند می‌توانیم از رابطهٔ زیر سلف معادل را بدست آوریم :



ضریب خودإلقائی مدار $Leq = \frac{L_1 \times L_2}{L_1 + L_2} = \frac{10 \times 20}{10 + 20} = \frac{200}{30} 6.67mH$

ب- اگر سه سلف یا بیشتر با یکدیگر موازی شوند می‌توانیم از رابطهٔ زیر سلف معادل را بدست آوریم :

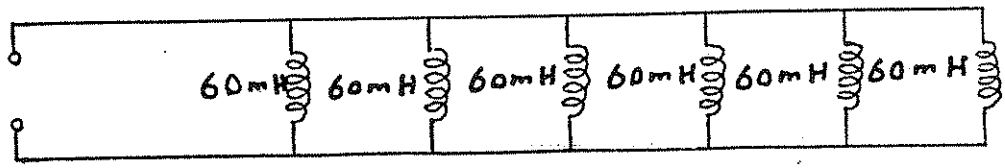


$$\frac{1}{Leq} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \frac{1}{L_4} = \frac{1}{5} + \frac{1}{10} + \frac{1}{15} + \frac{1}{30} = \frac{6+3+2+1}{30} = \frac{12}{30} \Rightarrow \frac{12}{30} = \frac{1}{Leq}$$

$$\Rightarrow Leq = \frac{30}{12} = 2.5mH$$

ج- هر گاه چند سلف با یکدیگر موازی شوند و از نظر مقدار با هم برابر باشند می‌توانیـم یکـی از سـلفها را بـر تعداد آنها تقسیم کرده و سلف معادل را بدست آوریم.

$$Leq = \frac{1}{n} = \frac{60}{6} = 10mH$$



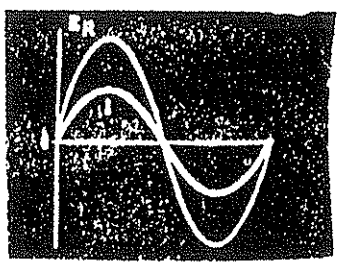
$$\frac{1}{Leq}=\frac{1}{L_1}+\frac{1}{L_2}+\frac{1}{L_3}+\frac{1}{L_4}+\frac{1}{L_5}+\frac{1}{L_6}=\frac{1}{60}+\frac{1}{60}+\frac{1}{60}+\frac{1}{60}+\frac{1}{60}+\frac{1}{60}$$
$$=\frac{1+1+1+1+1+1}{60}=\frac{6}{60}\Rightarrow Leq=\frac{60}{6}=10mH$$

مدارت جریان متناوب

انواع مقاومت یک سیم‌پیچ یا بوبین در جریان متناوب

۱- مقاومت اهمی یا مقاومت واقعی :

مقاومتی است که به صورت حرارت در بوبین یا سیم‌پیچ ظاهر می‌شود و به همین جهت بـه آن مقـاومت اهمی یا واقعی می‌گویند. همچنین اگر دو سر سیم‌پیچ را به یک اهم‌مـتر وصـل کنیـم می‌توانیـم مقـدار ایـن مقاومت اهمی را اندازه‌گیری نمائیم در مقاومت اهمی جریان و ولتاژ متناوب، با یکدیگر هم‌فاز می‌باشند شـکل موج زیر جریان و ولتاژ را در یک مقاومت اهمی نشان می‌دهد.



۲- مقاومت سلفی یا مقاومت إلقائی :

مقاومت دیگری است که یک بوبین یا سلف دارا می‌باشد زمانی که ولتاژ متناوب از سیم‌پیچ عبور می‌کند طبق قانون لنز یک ولتاژ خود إلقاء در سیم‌پیچ تولید می‌شود که جهت این ولتاژ إلقائی و جریان تولید شده بـه وسیلهٔ آن، مخالف جریان و ولتاژ اصلی سیم‌پیچ می‌باشد در نتیجه موجب کاهش ولتـاژ و جریـان اصلـی مـدار می‌شود و چون مانند مقاومت در مقابل جریان مخالفت می‌کند و در اثر خاصیت سلفی به وجود آمده است بـه آن مقاومت سلفی یا مقاومت إلقائی می‌گویند به دلیل اینکه این مقـاومت قـابل اندازه‌گـیری بـه وسـیلهٔ هیـچ دستگاهی نمی‌باشد به آن مقاومت کور نیز گفته می‌شود.

واحد مقاومت سلفی اهم می‌باشد مقاومت سـلفی بـا سـرعت زاویـه‌ای مـوج جریـان متنـاوب و ضریـب خود إلقائی نسبت مستقیم دارد پس می‌توانیم بنویسیم که مقاومت سلفی بـا فرکـانس نسـبت مسـتقیم دارد و بـه همین دلیل است که چون فرکانس جریان مستقیم صفر است، پس مقاومت سلفی در جریان مسـتقیم نـیز برابـر صفر می‌باشد و سلف در جریان مستقیم بصورت اتصال کوتاه عمل می کند. با توجـه بـه مطـالب فـوق نتیجـه می‌گیریم که مقاومت سلفی از رابطهٔ زیر بدست می‌آید :

ضریب خود إلقائی × فرکانس × عدد پی × 2 = مقاومت سلفی

$XL = 2\pi.F.L$

$\omega = 2\pi F$

$XL = \omega.L$

$\pi = 3.14$ عدد ثابت

$F = HZ$ فرکانس برحسب

L = ضریب خود إلقائی برحسب هانری

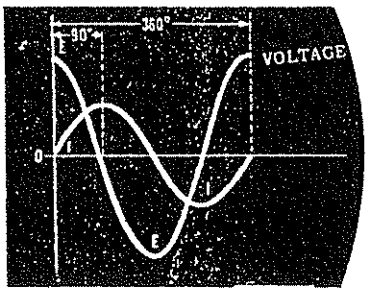
XL = مقاومت سلفی برحسب اهم

مثال) یک سلف به ضریب خود إلقائی 20mH میلی هانری مطابق شکل زیر به یک منبع جریان متناوب متصل شده است حساب کنید مقاومت سلفی آنرا؟

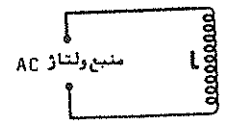
$$XL = 2\pi.F.L = 2 \times 3.14 \times 50 \times 20 \times 10^{-3}$$
$$= 2 \times 3.14 \times 50 \times 0.02 = 314 \times 0.02 = 6.28\Omega$$

جریان و ولتاژ در مقاومت سلفی :

ولتاژ و جریان در مقاومت سلفی به این صورت هستند که مطابق شکل موج زیر همیشه جریان نسبت به ولتاژ به اندازهٔ 30 درجه پس‌فاز می‌باشد به عبارت دیگر ولتاژ دو سر سلف نسبت به جریان آن 90 درجه پیش‌فاز می‌باشد.



در مدار اندوکتیو (سلفی) ولتاژ و جریان ۹۰ درجه اختلاف فاز دارند.



۳- مقاومت ظاهری یا آمپدانس :

می‌دانیم که هر سیم‌پیچ دارای دو مقاومت اهمی و سلفی می‌باشد حاصل جمع برداری این دو مقاومت که بصورت کلی در مدار ظاهر می‌شود و از تقسیم ولتاژ کل بر جریان کل بدست می‌آید را مقاومت ظاهری یا آمپدانس گویند. چنانکه می‌دانیم در مقاومت اهمی جریان و ولتاژ هم‌فاز هستند و در مقاومت سلفی جریان 90 درجه نسبت به ولتاژ پس‌فاز است و در نتیجه می‌توانیم بگوییم که مقاومت سلفی و اهمی از نظر برداری 90 درجه با یکدیگر اختلاف فاز دارند. با توجه به مطالب فوق می‌توانیم بنویسیم :

فرمول آمپدانس یا مقاومت ظاهری طبق قضیهٔ فیثاغورث $\boxed{Z^2 = R^2 + XL^2 \Rightarrow Z = \sqrt{R^2 + XL^2}}$

Z = آمپدانس برحسب اهم

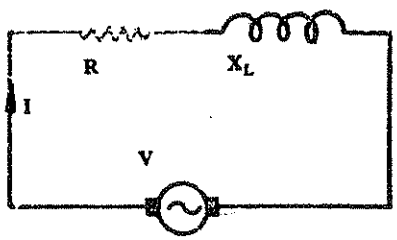
R = مقاومت اهمی برحسب اهم

XL = مقاومت سلفی برحسب اهم

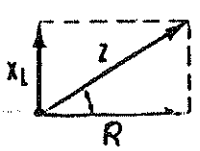
مدار سلفی اهمی سری (R - L) :

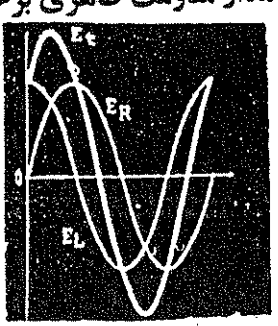
اگر مطابق شکل زیر یک مقاومت سلفی و یک مقاومت اهمی با یکدیگر سری شوند و به یک منبع تغذیهٔ جریان متناوب متصل گردند تشکیل یک مدار R - L سری را داده‌اند این مدار دارای خصوصیات زیر است :

۱- در این مدار مقاومت ظاهری برحسب اهم از رابطهٔ زیر بدست می‌آید :



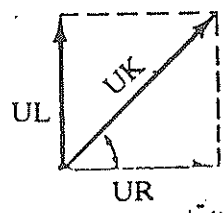
$$Z = \sqrt{R^2 + XL^2}$$





۲- در این مدار جریان ثابت و جریان کل برابر جریان مقاومتهای سلفی و اهمی می‌باشد.

۳- در این مدار ولتاژ کل بین مقاومتهای سلفی و اهمی تقسیم می‌شود و چون ولتاژ سلفی 90 درجه نسبت به ولتاژ اهمی و جریان پیش‌فاز می‌باشد بنابراین ولتاژ کل برابر است با جمع برداری ولتاژهای سلفی و اهمی.



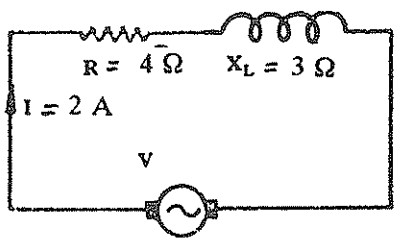
$$UK = \sqrt{UR^2 + UL^2}$$

$$UL = XL.IL \qquad UR = R.IR$$

٤- در این مدار روابط زیر بین مقاومتهای ظاهری ولتاژ کل و جریان کل برقرار است.

$$Z = \frac{UK}{IK} \Rightarrow IK = \frac{UK}{Z} \Rightarrow UK = Z \times IK$$

مثال) در مدار شکل زیر بدست آورید : الف- آمپدانس کل مدار ب- ولتاژهای سلفی و اهمی و کل؟



الف- $Z = \sqrt{R^2 + XL^2} = \sqrt{4^2 + 3^2} = \sqrt{16 + 9} = \sqrt{25} = 5\Omega$

ب- چون مدار سری است $IK = IL = IR = 2A$

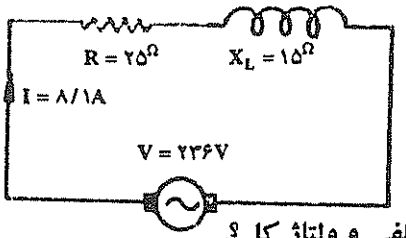
ولتاژسلفی $UL = XL.IL = 3 \times 2 = 6v$

ولتاژ اهمی $UR = R.IR = 4 \times 2 = 8v$

(۱) ولتاژ کل $UK = \sqrt{UR^2 + UL^2} = \sqrt{8^2 + 6^2} = \sqrt{64 + 36} = \sqrt{100} = 10v$

(۲) ولتاژ کل $UK = IK.Z = 2 \times 5 = 10v$

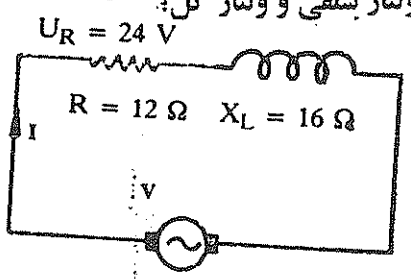
تمرین ۱) در مدار شکل زیر بدست آورید : الف- آمپدانس کل مدار ب- ولتاژهای سلفی و اهمی ج- ولتاژ کل مدار؟



$Z = \sqrt{۲۵^۲ + ۱۵^۲} = Z = \sqrt{۲۵ + ۱۵^۲} = \sqrt{۸۵۰} = ۲۹/۱۵$

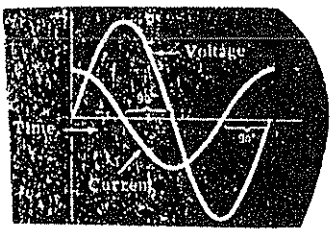
$UR = ۲۵ \times ۸/۱ = ۰۲/۵$ $UK = I \times Z = ۸/۱ \times ۲۹/۱۵ = ۲۳۶/۱$

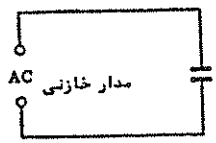
تمرین ۲) در مدار شکل زیر بدست آورید : الف- آمپدانس کل مدار ب- ولتاژ سلفی و ولتاژ کل؟



مقاومت خازنی

وقتی که جریان متناوب به خازن وصل شود در لحظه‌ای که ولتاژ از صفر شروع به زیاد شدن می کند شدت جریان ماکزیممی از مدار می‌گذرد، زیرا الکترونهای آزاد از قطب منفی منبع تغذیه به صفحهٔ منفی و از صفحهٔ مثبت خازن به قطب منبع تغذیه جریان می‌یابد اما زمانی که ولتاژ به ماکزیمم برسد خازن کاملاً شارژ شده است و جریان مدار به صفر می‌رسد بنابراین جریان در مدار خازنی نسبت به ولتاژ، 90 درجه پیش‌فاز می‌باشد یا به عبارت دیگر ولتاژ دو سر خازن نسبت به جریان خازن، 90 درجه پس‌فاز است.





اگر خازن به جریان متناوبی وصل شود یک مقاومت خازنی ایجاد می کند که مقاومت خازنی با فرکانس جریان متناوب و ظرفیت خازن نسبت عکس دارد یعنی هر اندازه ظرفیت خازن و فرکانس مدار بالاتر باشد مقاومت خازنی کمتر و هر چه فرکانس و ظرفیت خازن کمتر باشد مقاومت خازنی نیز بیشتر می‌شود. چنانکه می دانیم فرکانس جریان مستقیم برابر صفر F DC = 0HZ می‌باشد بنابراین در جریان مستقیم مقاومت خازنی بی‌نهایت می‌باشد و خازن در جریان مستقیم پس از شارژ شدن مانند یک کلید باز یا عایق عمل می کند. با توجه به مطالب فوق می‌توانیم رابطهٔ زیر را برای مقاومت خازنی بنویسیم :

$\pi = 3.14$ عدد پی عدد ثابت و برابر

$$\text{مقاومت خازنی} = \frac{1}{\text{ظرفیت خازن} \times \text{فرکانس} \times \text{عدد پی} \times 2}$$

$F = C.P.S$ یا HZ فرکانس مدار برحسب

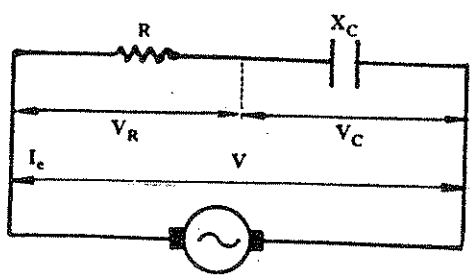
$C =$ ظرفیت خازن برحسب فاراد

$$XC = \frac{1}{2\pi f.C}$$ مقاومت خازنی برحسب اهم $= XC$

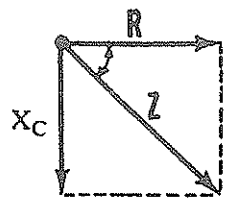
$$\omega = 2\pi f \qquad \Rightarrow XC = \frac{1}{\omega.C}$$

مدار اهمی خازنی سری

هر گاه مطابق شکل زیر یک خازن و یک مقاومت اهمی با یکدیگر سری شوند تشکیل مدار RC سری می‌دهند چون خازن باعث ایجاد مقاومت خازنی می‌شود پس مدار شامل یک مقاومت خازنی و یک مقاومت اهمی می باشد.



خصوصیات این مدار به شرح زیر است :



۱- در این مدار مقاومت ظاهری یا آمپدانس از رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود :

$$Z = \sqrt{R^2 + XC^2}$$

۲- چون مدار سری است بنابراین جریان ثابت و جریان کل برابر جریان خازنی و اهمی می‌باشد.

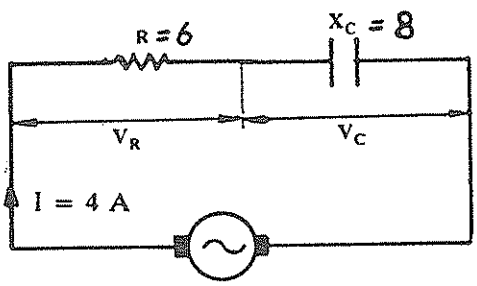
۳- در این مدار ولتاژ کل بین مقاومتهای خازنی و اهمی تقسیم شده یا به عبارت دیگر ولتاژ کل برابر است با جمع برداری ولتاژهای اهمی و خازنی زیرا ولتاژهای اهمی و خازنی با یکدیگر 90 درجه اختلاف فاز دارند بنابراین می‌توانیم بنویسیم :

$$UC = XC \cdot IC$$
$$UR = R \cdot IR$$
$$UK = \sqrt{UR^2 + UC^2}$$

٤- در این مدار روابط زیر بین آمپدانس یا مقاومت ظاهری و ولتاژ کل و جریان کل وجود دارد.

$$IK = \frac{UK}{Z} \qquad Z = \frac{UK}{IK} \qquad UK = IK \cdot Z$$

مثال) در مدار شکل زیر محاسبه کنید : الف- آمپدانس کل ب- ولتاژهای اهمی و خازنی؟



الف- $Z = \sqrt{R^2 + XC^2} = \sqrt{6^2 + 8^2} = \sqrt{36 + 64} = \sqrt{100} = 10\Omega$

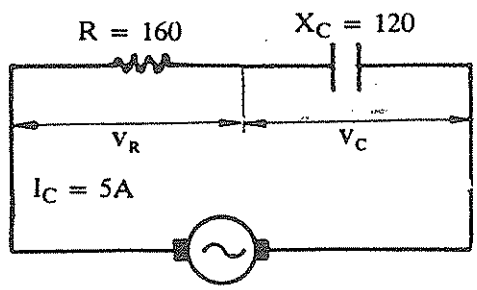
ب- چون مدار سری است $IK = IC = IR = 4A$

$$UC = XC \times IC = 8 \times 4 = 32v$$
$$UR = R \times IR = 6 \times 4 = 24v$$

(۱) $UK = \sqrt{UR^2 + UC^2} = \sqrt{24^2 + 32^2} = \sqrt{576 + 1024} = \sqrt{1600} = 40v$

(۲) $UK = IK \times Z = 4 \times 10 = 40v$

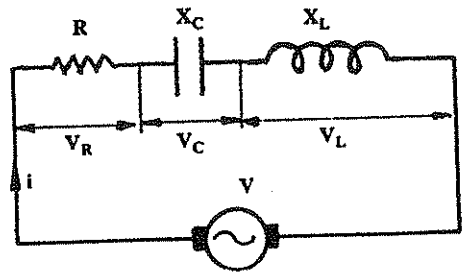
تمرین) در مدار شکل زیر آمپدانس کل، ولتاژ مقاومتهای اهمی و خازنی و ولتاژ کل را بدست آورید؟



$Z = \sqrt{R^2 + XC^2} = \sqrt{16^2 + 12^2} = \sqrt{256 + 144} = \sqrt{400} = 20\Omega$

مدار اهمی خازنی - سلفی سری (L - R - C)

هر گاه یک مقاومت اهمی، یک مقاومت سلفی و یک مقاومت خازنی با یکدیگر سری شوند تشکیل مدار R . L . C سری می‌دهند مطابق شکل زیر :



خصوصیات این مدار به شرح زیر است :

۱- در این مدار آمپدانس یا مقاومت ظاهری با توجه به وضعیت مدار از روابط زیر محاسبه می‌شود :

$$XL \rangle XC \Rightarrow Z = \sqrt{R^2 + (XL - XC)^2}$$

$$XC \rangle XL \Rightarrow Z = \sqrt{R^2 + (XC - XL)^2}$$

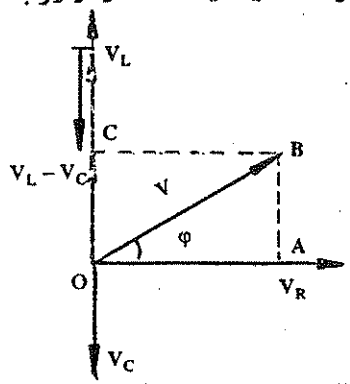
$$XC = XL \Rightarrow Z = R$$

$$R = 0 \ , \ XL \rangle XC \Rightarrow Z = XL - XC$$

$$R = 0 \ , \ XC \rangle XL \Rightarrow Z = XC - XL$$

۲- در این مدار جریان ثابت و جریان کل برابر است با جریان مقاومتهای خازنی - سلفی و اهمی.

۳- در این مدار ولتاژ کل به سه بردار اهمی - سلفی و خازنی تقسیم شده و با توجه به وضعیت مدار از روابط زیر محاسبه می‌شود :



$$UL \rangle UC \Rightarrow UK = \sqrt{UR^2 + (UL - UC)^2}$$

$$UC \rangle UL \Rightarrow UK = \sqrt{UR^2 + (UC - UL)^2}$$

$$UC = UL \Rightarrow UK = UR$$

$$UR = 0 \ , \ UL \rangle UC \Rightarrow UK = UL - UC$$

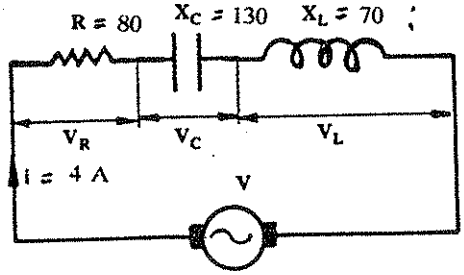
$$UR = 0 \ , \ UC \rangle UL \Rightarrow UK = UC - UL$$

$$UR = R \times IR \qquad UC = XC \times IC \qquad UL = XL \times IL$$

٤- در این مدار روابط زیر بین آمپدانس جریان کل و ولتاژ کل برقرار است :

$$UK = IK \times Z \qquad \Rightarrow Z = \frac{UK}{IK} \qquad \Rightarrow IK = \frac{UK}{Z}$$

مثال) در مدار شکل زیر بدست آورید : الف- آمپدانس کل مدار ب- ولتاژهای اهمی - سلفی - خازنی ج- ولتاژ مدار؟



الف- $XC \rangle XL \Rightarrow Z = \sqrt{R^2 + (XC - XL)^2} = \sqrt{80^2 + (130 - 70)^2} = \sqrt{80^2 + 60^2}$

$Z = \sqrt{6400 + 3600} \Rightarrow Z = \sqrt{10000} = 100\Omega$

ب- $IK = IC = IR = IL = 4A$

$UR = R \times IR = 80 \times 4 = 320v$

$UC = XC \times IC = 130 \times 4 = 520v$

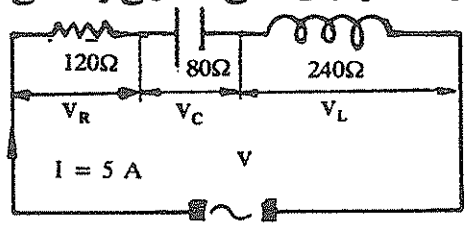
$UL = XL \times IL = 70 \times 4 = 280v$

ج- (۱) $UC \rangle UL \Rightarrow UK = \sqrt{UR^2 + (UC - UL)^2} = \sqrt{320^2 + (520 - 280)^2} = \sqrt{320^2 + 240^2}$

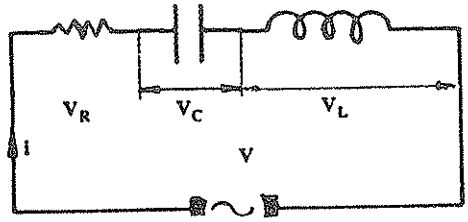
$UK = \sqrt{102400 + 57600} = \sqrt{160000} = 400v$

(۲) $UK = IK \times Z = 4 \times 100 = 400v$

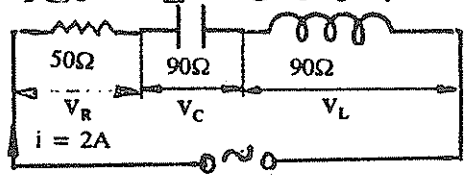
تمرین ۱) در مدار شکل زیر بدست آورید : الف- آمپدانس مدار ب- ولتاژ مقاومتهای سلفی - خازنی و اهمی ج- ولتاژ کل مدار؟



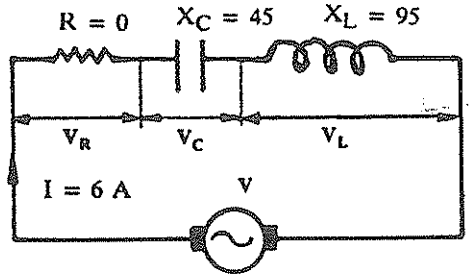
تمرین ۲) در مدار شکل زیر در صورتیکه $R = 10\Omega$ و $L = 0.1\ H$ و $C = 150\mu F$ باشد و ولتاژ منبع تغذیه 200 ولت 50 HZ باشد حساب کنید : آمپدانس کل مدار، جریان کل و جریانهای سلفی، خازنی و اهمی؟



تمرین ۳) در مدار شکل زیر محاسبه کنید : الف- آمپدانس کل مدار ب- ولتاژهای سلفی - خازنی و اهمی ج- ولتاژ کل مدار؟



تمرین ٤) در مدار شکل زیر بدست آورید : الف- آمپدانس مدار ب- ولتاژهای سلفی، اهمی و خازنی ج - ولتاژ کل مدار؟



ضریب قدرت در مدارات جریان متناوب

وقتی که جریان و ولتاژ هم‌فاز باشند در جریان متناوب نیز مانند جریان مستقیم توان از حاصلضرب ولتاژ در شدت جریان بدست می‌آید و واحد آن وات می‌باشد. اما در مدارات جریان متناوب که اغلب ترکیبی از مقاومتهای سلفی و اهمی یا خازنی و اهمی و یا خازنی - سلفی - اهمی می‌باشد سه نوع توان تعریف می‌شود که عبارتند از :

۱- توان ظاهری :

حاصلضرب ولتاژ در جریان می‌باشد و واحد آن ولت - آمپر است.

$S = V \times I$ توان ظاهری برحسب ولت آمپر = ولتاژ × جریان

۲- توان مفید یا أکتیو یا فعال :

توانی است که صرف انجام کار الکتریکی مفید در مدار می‌شود و از حاصلضرب ولتاژ در شدت جریان در کسینوس زاویهٔ بین موج ولتاژ و جریان بدست می‌آید و واحد آن وات می‌باشد.

۳- توان غیر مفید یا رأکتیو یا غیر فعال :

توانی است که در مقاومتهای سلفی یا خازنی مصرف می‌شود و از حاصلضرب ولتاژ کل در جریان در سینوس زاویهٔ بین ولتاژ و جریان بدست می‌آید واحد آن ولت آمپر - رأکتیو می‌باشد.

ضریب قدرت مفید :

کسینوس زاویهٔ بین دو بردار اهمی و منتجه دو بردار سلفی و اهمی یا خازنی و اهمی را ضریب قدرت مفید می‌نامند.

ضریب قدرت غیر مفید :

سینوس زاویهٔ بین بردار اهمی و منتجه دو بردار سلفی و اهمی یا خازنی و اهمی را ضریب قدرت غیرمفید گویند این زاویه را با حرف (φ) نامگذاری می‌کنند بنابراین ضریب قدرت مفید و غیر مفید را با علامتهای زیر نشان می‌دهند :

$\text{Cos}\varphi =$ ضریب قدرت مفید

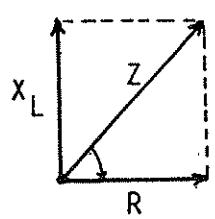
$\text{Sin}\varphi =$ ضریب قدرت غیر مفید

حال به چگونگی بدست آوردن ضریب قدرت مفید و غیر مفید در مدارهای جریان متناوب می‌پردازیم :

الف- ضریب قدرت در مدار R . L سری :

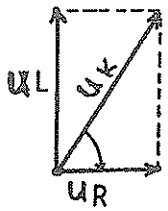
با توجه به نمودارهای برداری زیر ضریب قدرت مفید و غیر مفید در این مدار از روابط زیر محاسبه می‌شود :

$$-1 \le \text{Cos}\varphi, \text{Sin}\varphi \le 1$$



ضریب قدرت مفید $\text{Cos}\varphi = \dfrac{\text{ضلع مجاور به زاویهٔ } \varphi}{\text{وتر}} \Rightarrow \text{Cos}\varphi = \dfrac{R}{Z}$

ضریب قدرت غیر مفید $\text{Sin}\varphi = \frac{\text{ضلع مقابل به زاویه } \varphi}{\text{وتر}} \Rightarrow \text{Sin}\varphi = \frac{XL}{Z}$

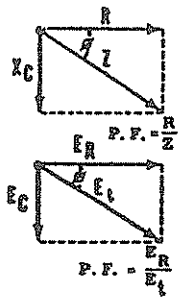


ضریب قدرت مفید $\text{Cos}\varphi = \frac{UR}{UK}$

ضریب قدرت غیر مفید $\text{Sin}\varphi = \frac{UL}{UK}$

ب- ضریب قدرت در مدار اهمی - خازنی سری R - C :

در این مدار ضریب قدرت مفید و غیر مفید از روابط زیر بدست می‌آید :



$\text{Cos}\varphi = \frac{R}{Z}$ $\qquad$ $\text{Sin}\varphi = \frac{XC}{Z}$

$\text{Cos}\varphi = \frac{UR}{UK}$ $\qquad$ $\text{Sin}\varphi = \frac{UC}{UK}$

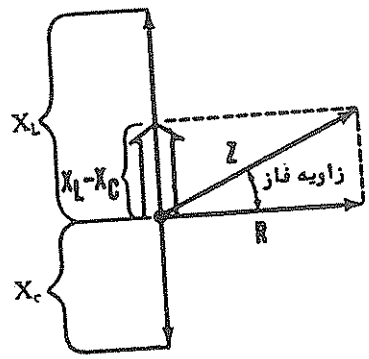
ج- ضریب قدرت در مدار سلفی - خازنی - اهمی (R . L . C) :

در این مدار با توجه به بردارهای ولتاژهای کل و آمپدانس، ضریب قدرت مفید و غیر مفید از روابط زیر بدست می‌آید :

$\text{Cos}\varphi = \frac{R}{Z}$

$XL > XC \Rightarrow \text{Sin}\varphi = \frac{XL - XC}{Z}$

$XC > XL \Rightarrow \text{Sin}\varphi = \frac{XC - XL}{Z}$

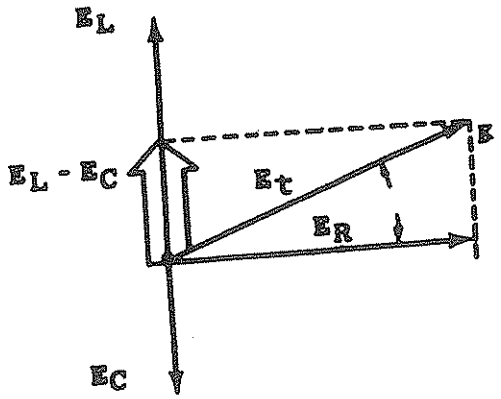


$\text{Cos}\varphi = \frac{UR}{UK}$

$UL > UC \Rightarrow \text{Sin}\varphi = \frac{UL - UC}{UK}$

$\text{Cos}\varphi = \frac{UR}{UK}$

$UC > UL \Rightarrow \text{Sin}\varphi = \frac{UC - UL}{UK}$

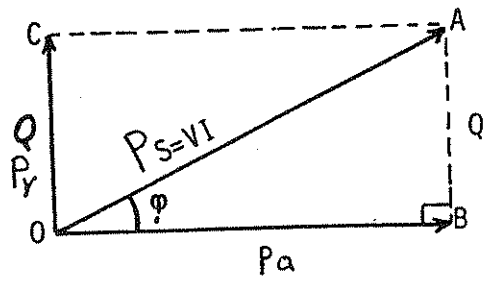


۱- اگر $XC = XL$ باشد در نتیجه $Z = R$ پس $\cos\varphi = 1$ و $\sin\varphi = 0$ و همچنین اگر $UL = UC$ باشد $\cos\varphi = 1$ و $\sin\varphi = 0$ است.

۲- اگر $R = 0$ و $UR = 0$ باشند پس مدار فاقد خاصیت اهمی بوده و $\cos\varphi = 0$ و $\sin\varphi = 1$ می‌باشد.

انواع فرمولهای توان در جریان متناوب تکفاز

اگر مطابق نمودار زیر مثلث توانها را در جریان متناوب تکفاز که شامل سه توان ظاهری، اکتیو و راکتیو می‌باشد رسم کنیم، می‌توانیم با استفاده از آن فرمول هر سه توان را در جریان متناوب تکفاز بدست آوریم.



$$\cos\varphi = \frac{Pa}{Ps} \Rightarrow Pa = Ps \times \cos\varphi$$

$$Ps = U \times I \qquad Pa = U \times I \times \cos\varphi$$

$$\sin\varphi = \frac{Pr}{Ps} \Rightarrow Pr = Ps \times \sin\varphi$$

$$Pr = U \times I \times \sin\varphi \qquad Ps = \sqrt{Pa^2 + Pr^2}$$

با توجه به مطالب فوق به طور کلی فرمولهای توان در جریان متناوب تکفاز عبارتند از :

$Ps = U \cdot I$ یا (ولت - آمپر) جریان × ولتاژ = توان ظاهری

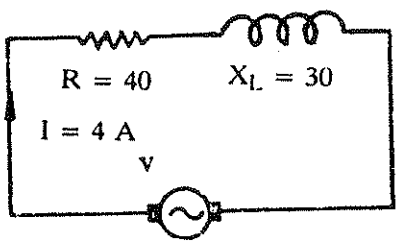
(وات) ضریب قدرت مفید × جریان × ولتاژ = توان مفید یا اکتیو یا واتـه

$P_w = U \times I \times \cos\varphi$ یا Pa یا P

(ولت - آمپر - راکتیو) ضریب قدرت غیر مفید × جریان × ولتاژ = توان غیر مفید یا راکتیو یا دواتـه

$Pd = U \times I \times \sin\varphi$ یا Pr یا Q *

مثال) در مدار شکل زیر بدست آورید : الف- ضریب قدرت مفید و غیر مفید ب- ولتاژهای اهمـی و سـلفی و کل ج- توان ظاهری اکتیو و راکتیو؟



الف- $Z = \sqrt{R^2 + XL^2} = \sqrt{40^2 + 30^2} = \sqrt{1600 + 900} = \sqrt{2500} = 50\Omega$

$$\cos\varphi = \frac{R}{Z} = \frac{40}{50} = 0.8$$

$$\sin\varphi = \frac{XL}{Z} = \frac{30}{50} = 0.6$$

ب-

توضیح اینکه در بعضی کتب توانهای ظاهری - اکتیو - راکتیو با علامتهای زیر مشخص می‌شوند.

توان غیر مفید راکتیو = Q توان اکتیو = P توان ظاهری = S

$$UR = R \times IR = 40 \times 4 = 160v$$

$$UL = XL \times IL = 30 \times 4 = 120v$$

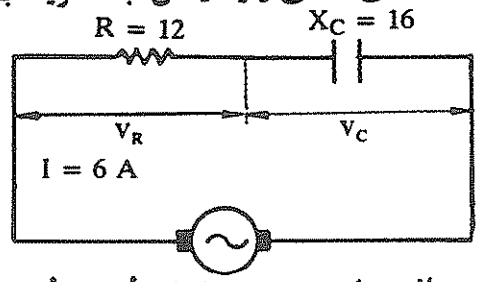
$$UK = \sqrt{UR^2 + UL^2} = \sqrt{160^2 + 120^2} = \sqrt{25600 + 14400} = 200v$$

$$Cos\varphi = \frac{UR}{UK} = \frac{160}{200} = 0.8$$

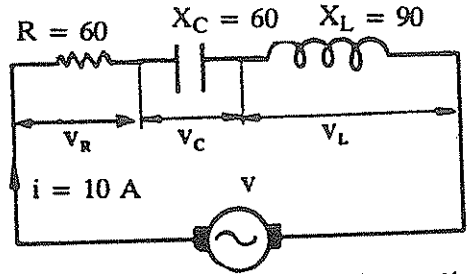
$$Sin\varphi = \frac{UL}{UK} = \frac{120}{200} = 0.6$$

$$Ps = U \times I = 200 \times 4 = 800\ V.A$$
$$Pa = U \times I \times Cos\varphi = 200 \times 4 \times 0.8 = 800 \times 0.8 = 640\omega$$
$$Pr = U \times I \times Sin\varphi = 200 \times 4 \times 0.6 = 800 \times 0.6 = 480\ V.A.r$$

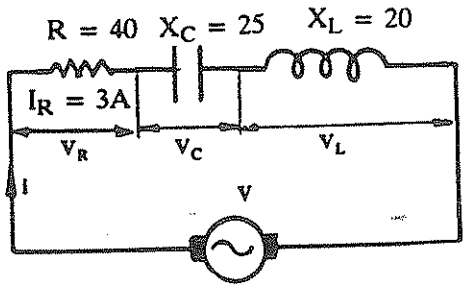
تمرین ۱) در مدار شکل زیر بدست آورید : الف- آمپدانس و ولتاژهای خازنی اهمی و ولتاژ کل ب- ضریب قدرت مفید و غیر مفید ج- توانهای ظاهری مفید و غیر مفید؟



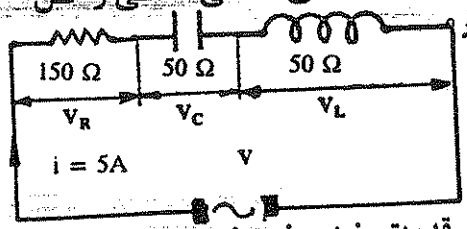
تمرین ۲) در مدار شکل زیر بدست آورید : الف- ولتاژهای خازنی - سلفی و اهمی ب- توانهای أکتیو رأکتیو و ظاهری؟



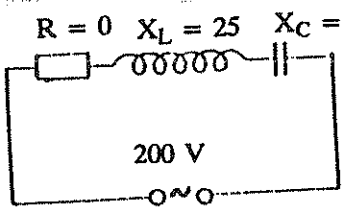
تمرین ۳) در مدار شکل زیر بدست آورید : الف- ولتاژهای اهمی - سلفی و خازنی و ولتاژ کل ب- ضریب قدرت مفید و غیر مفید ج- توانهای ظاهری مفید و غیر مفید؟



تمرین ٤) در مدار شکل زیر حساب کنید : الف- آمپدانس مدار و ولتاژهای خازنی، سلفی اهمی و کل ب- ضریب قدرت مفید و غیر مفید ج- توانهای ظاهری مفید و غیر مفید



تمرین ٥) در مدار شکل زیر بدست آورید : الف- آمپدانس کل - ضریب قدرت مفید و غیر مفید ب- توانهای ظاهری مفید و غیر مفید؟



تمرین ٦) یک الکتروموتور تکفاز که با ولتاژ 220v ولت، 50 HZ کار می‌کند جریان 5 آمپر از شبکه می‌کشد. در صورتیکه ضریب قدرت مفید این الکتروموتور $\frac{95}{100}$ باشد توانهای أکتیو و رأکتیو و ظاهری الکتروموتور را حساب کنید؟

تمرین ٧) یک الکتروموتور تکفاز که با ولتاژ 220 ولت، 50 HZ کار می‌کند شدت جریان 15 آمپر از شبکه می‌کشد در صورتیکه توان مفید این الکتروموتور 3Kw باشد حساب کنید: ضریب قدرت مفید الکتروموتور را، همچنین اگر مقاومت اهمی سیم‌پیچ این الکتروموتور 8Ω باشد حساب کنید مقاومت إلقائی (سلفی) الکتروموتور را؟

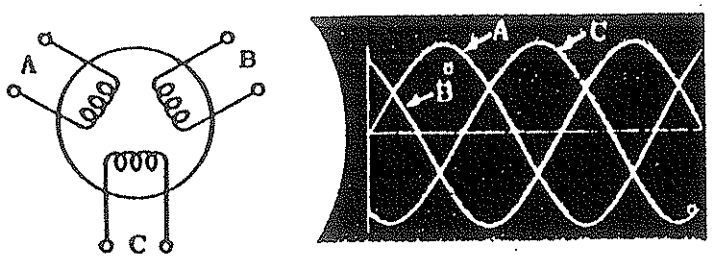
تمرین ٨) یک الکتروموتور تکفاز که با ولتاژ 220 ولت و جریان A 4 آمپر کار می‌کند دارای توان مفید $\frac{2}{3}$ اسب بخار می‌باشد حساب کنید ضریب قدرت مفید الکتروموتور را، همچنین توان غیر مفید الکتروموتور را بدست آورید؟

تمرین ٩) یک الکتروموتور تکفاز که با ولتاژ 220 ولت، 50 HZ هرتز کار می‌کند دارای ضریب قدرت مفید 0.82 و توان مفید 1750 می‌باشد حساب کنید جریان الکتروموتور، توان ظاهری و توان غیر مفید آنرا؟

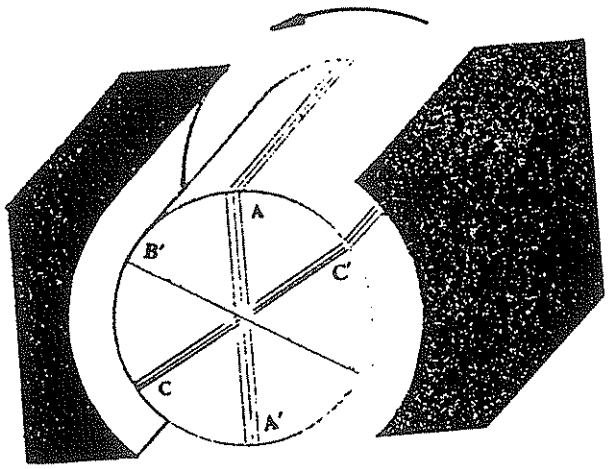
جریان متناوب سه‌فاز

اساس کار آلترناتور سه‌فاز :

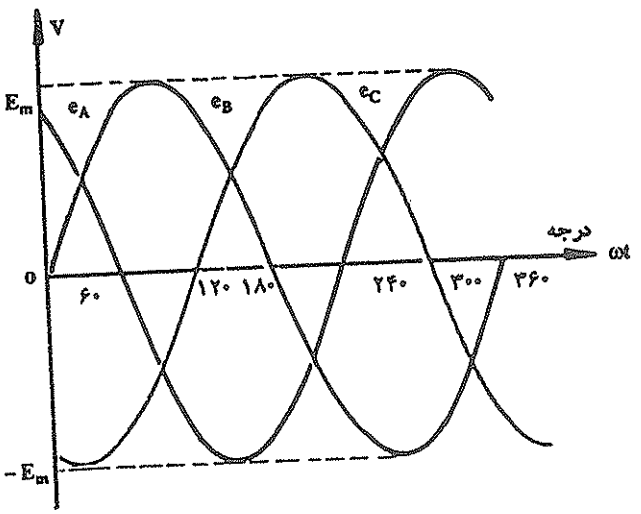
هر آلترناتور سه‌فاز دارای سه دسته سیم‌پیچ در داخل استاتور است که نسبت به هم 120 درجه از نظر مکانیکی و مکانی اختلاف دارند، به عبارت دیگر این سه سیم‌پیچ نسبت به یکدیگر 120 درجه اختلاف فاز دارند در اثر گردش یک آهنربای دائم که با استفاده از سیم‌پیچهای آرمیچر (قسمت گردنده) و جریان مستقیم ایجاد شده است میدان مغناطیسی آهنربای دائم به وسیلهٔ این سه دسته سیم‌پیچ قطع شده و تولید جریان متناوب سه‌فاز را می‌کند. شکلهای زیر چگونگی تولید متناوب سه‌فاز و شکل موج آن را نشان می‌دهد.



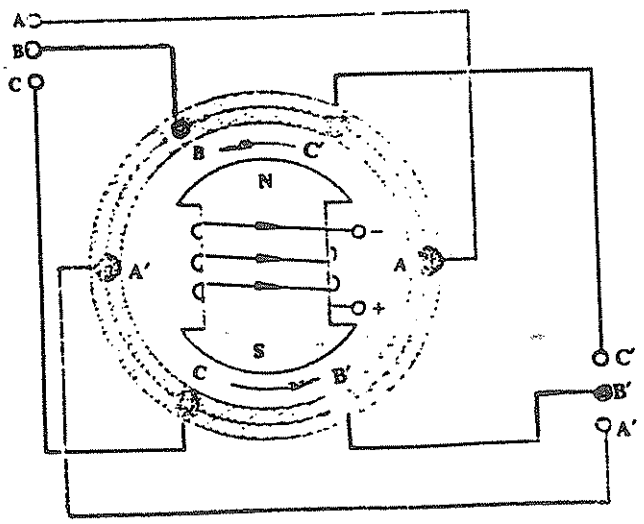
آلتر ناتور سه‌فاز



الف : مولد سه فاز القا کننده رتور



- منحنی تغییرات نیروهای محرکهٔ القایی در سیم پیچها



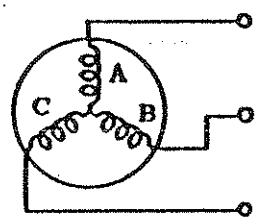
ب : مولد سه فاز القا کننده استاتور

اتصالات آلترناتورهای سه‌فاز

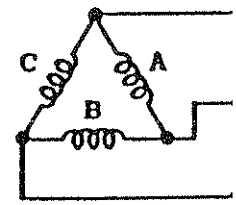
سیم‌پیچی استاتور آلترناتورهای سه‌فاز به دو صورت اتصال داده می‌شود :

۱- اتصال ستاره ۲- اتصال مثلث

شکلهای زیر این دو اتصال را نشان می‌دهند :



سه‌فاز با اتصال ستاره



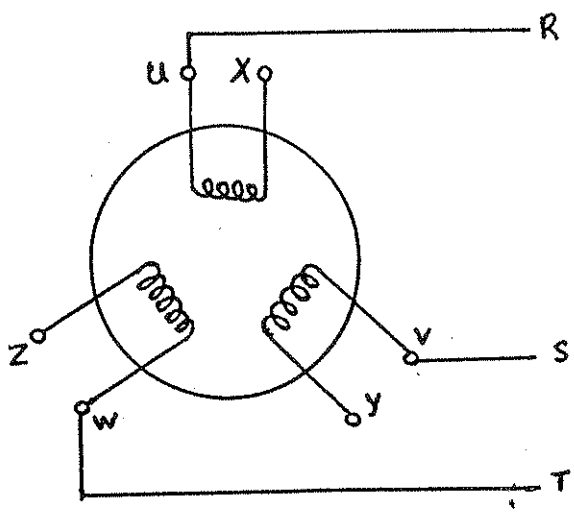
اتصال مثلث

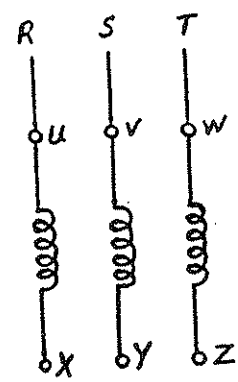
روشهای نامگذاری سروته سیم‌پیچها و فازها در آلترناتورها و موتورهای سه‌فاز

سروته سیم‌پیچها و فازها را به دو روش زیر نامگذاری می‌کنند :

الف- روش قدیم :

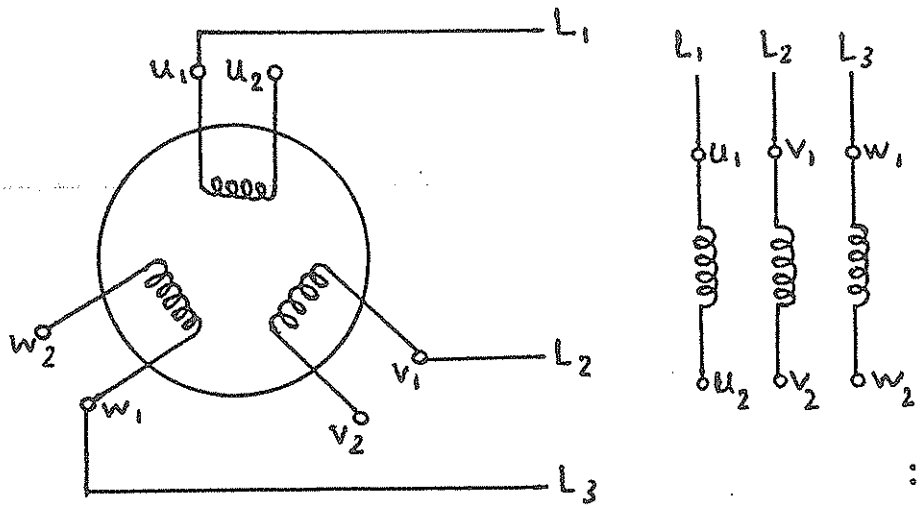
در این روش برای نامگذاری از نه حرف آخر حروف الفبای انگلیسی استفاده می‌کنیم به این ترتیب که سه‌فاز با به ترتیب با حروف R و S و T، سر سیم‌پیچها را با حروف U و V و W و ته سیم‌پیچها را با حروف X و Y و Z نامگذاری می‌کنیم که در شکل زیر نشان داده شده است.





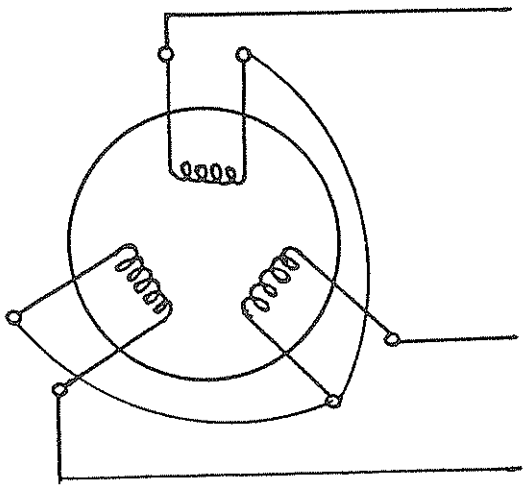
ب- روش جدید :

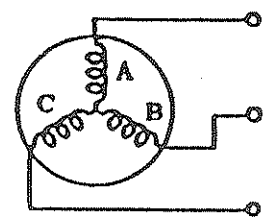
در این روش سه‌فاز را به ترتیب با حروف L1 و L2 و L3 و سر سیم‌پیچها را با حروف U1 و V1 و W1 و ته سیم‌پیچها را با حروف U2 و V2 و W2 نامگذاری می‌کنند. این روش نیز در شکل زیر نشان داده شده است.



۱- اتصال ستاره :

در این اتصال ته سه سیم‌پیچ به یکدیگر وصل شده و سر سیم‌پیچها به عنوان سه‌فاز خروجی در نظر گرفته می‌شود در این اتصال از محل اتصال ته سیم‌پیچها یک سیم به عنوان سیم نول یا سیم خنثی خارج می‌شود.

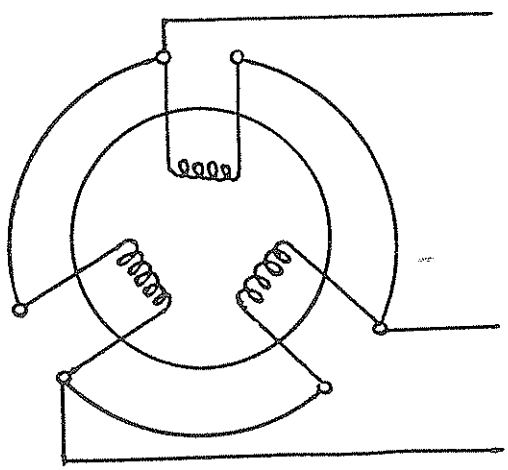


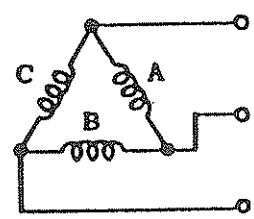


سه‌فاز با اتصال ستاره

اتصال مثلث Δ :

در این اتصال مطابق شکل زیر ته سیم‌پیچ اول به سر سیم‌پیچ دوم و ته سیم‌پیچ دوم به سر سیم‌پیچ سوم و ته سیم‌پیچ سوم به سر سیم‌پیچ اول وصل می‌شود در این اتصال نقطهٔ نول وجود ندارد.





سه‌فاز با اتصال مثلث

فرکانس خروجی آلترناتورها

فرکانس خروجی در آلترناتورها بستگی به تعداد قطبهای مغناطیسی و تعداد دور آهنربای گردان دارد. هر اندازه تعداد دور و تعداد قطبهای آلترناتور بیشتر باشد، فرکانس خروجی آلترناتور بیشتر خواهد بود مثلاً وقتی که آهنربای دائم در داخل استاتور یک آلترناتور دوقطبی یک دور کامل گردش کند در خروجی آلترناتور، یک موج سینوسی خواهد داشت ولی اگر در داخل استاتور یک آلترناتور هشت قطب یک دور کامل بچرخد در خروجی آلترناتور، چهار موج سینوسی در همان زمان تولید خواهد شد. بنابراین فرکانس خروجی یک آلترناتور با تعداد قطب و تعداد دور آهنربای گردان نسبت مستقیم دارد یعنی هر چه آهنربا با سرعت بیشتری در داخل سیم‌پیچها بچرخد خطوط قوای مغناطیسی سریعتر به وسیلهٔ سیم‌پیچها قطع شده، در نتیجه موجهای سینوسی بیشتری تولید خواهد شد. نتیجه می‌گیریم فرکانس خروجی یک آلترناتور از رابطهٔ زیر بدست می‌آید :

$$\text{فرکانس خروجی} = \frac{\text{تعداد دور} \times \text{جفت قطب}}{60}$$

$$F = \frac{P \times n}{60}$$

F = HZ یا C.P.S فرکانس خروجی آلترناتور برحسب

n = r.p.m تعداد دور آلترناتور برحسب دور در دقیقه

P = جفت قطب (N و S) آلترناتور

60 = عدد ثابت تبدیل دقیقه به ثانیه

2P = تعداد قطب N و S آلترناتور

مثال ۱) یک آلترناتور سه‌فاز چهار قطب با یک توربین که با سرعت 1500 دور در دقیقه می‌چرخد کوپل (هم محور) شده است فرکانس خروجی آنرا حساب کنید؟

$n = 1500$ r.p.m

$$2P = 4 \Rightarrow P = \frac{4}{2} = 2$$

$$\text{فرکانس خروجی آلترناتور } 50 \text{ HZ} = F = \frac{n \times p}{60} = \frac{1500 \times 2}{60} = \frac{3000}{60}$$

مثال ۲) یک آلترناتور سه‌فاز هشت قطب به یک توربین که با سرعت 750 دور در دقیقه می‌چرخد کوپل شده است. حساب کنید، فرکانس خروجی آلترناتور را ؟ اگر به طور ناگهانی دور توربین سه برابر شود چه تغییری در فرکانس خواهد داشت؟

$n_1 = 750$ r.p.m

$$2P = 8 \Rightarrow P = \frac{8}{2} = 4$$

$F_1 = ?$ فرکانس خروجی آلترناتور $F = \frac{n \times P}{60} = \frac{750 \times 4}{60} = \frac{3000}{60} = 50\ HZ$

$n_2 = 3n_1$ $n_2 = 3n_1 \Rightarrow n_2 = 3 \times 750 = 2250\ r.p.m$

$F_2 = ?$ فرکانس خروجی در صورت تغییر دور $F_2 = \frac{n_2 \times p}{60} = \frac{2250 \times 4}{60} = \frac{9000}{60} = 150\ HZ$

از این مثالها نتیجه می‌گیریم که برای ثابت نگه داشتن فرکانس در نیروگاهها اگر دور محرک بالا رود، تعداد قطبهای آلترناتور را کم می‌کند و اگر تعداد قطب آلترناتور بالا باشد دور محرک را کم می‌کند. به عنوان مثال در نیروگاههای ایران برای ثابت نگه داشتن فرکانس 50 هرتز مطابق جدول زیر تعداد دور و تعداد قطب آلترناتورها را تنظیم می‌کنند :

$$F = \frac{n.p}{60}$$

2P	2	4	6	8	10	12
P	1	2	3	4	5	6
n(r.p.m)	3000	1500	1000	750	600	500
F(HZ)	50	50	50	50	50	50

جریان و ولتاژ خروجی آلترناتورهای سه‌فاز

در آلترناتورهای سه‌فاز دو جریان تعریف می‌شود که عبارتند از :

۱- جریان خطی (I_L) :

جریانی است که در فازهای خروجی P_1 , S , T یا L_1 , L_2 , L_3 جاری می‌شود.

۲- جریان فازی (I_{PH}) :

جریان داخل سیم‌پیچهای هر فاز را جریان فازی گویند.

در آلترناتورهای سه‌فاز دو نوع ولتاژ تعریف می‌شود که عبارتند از :

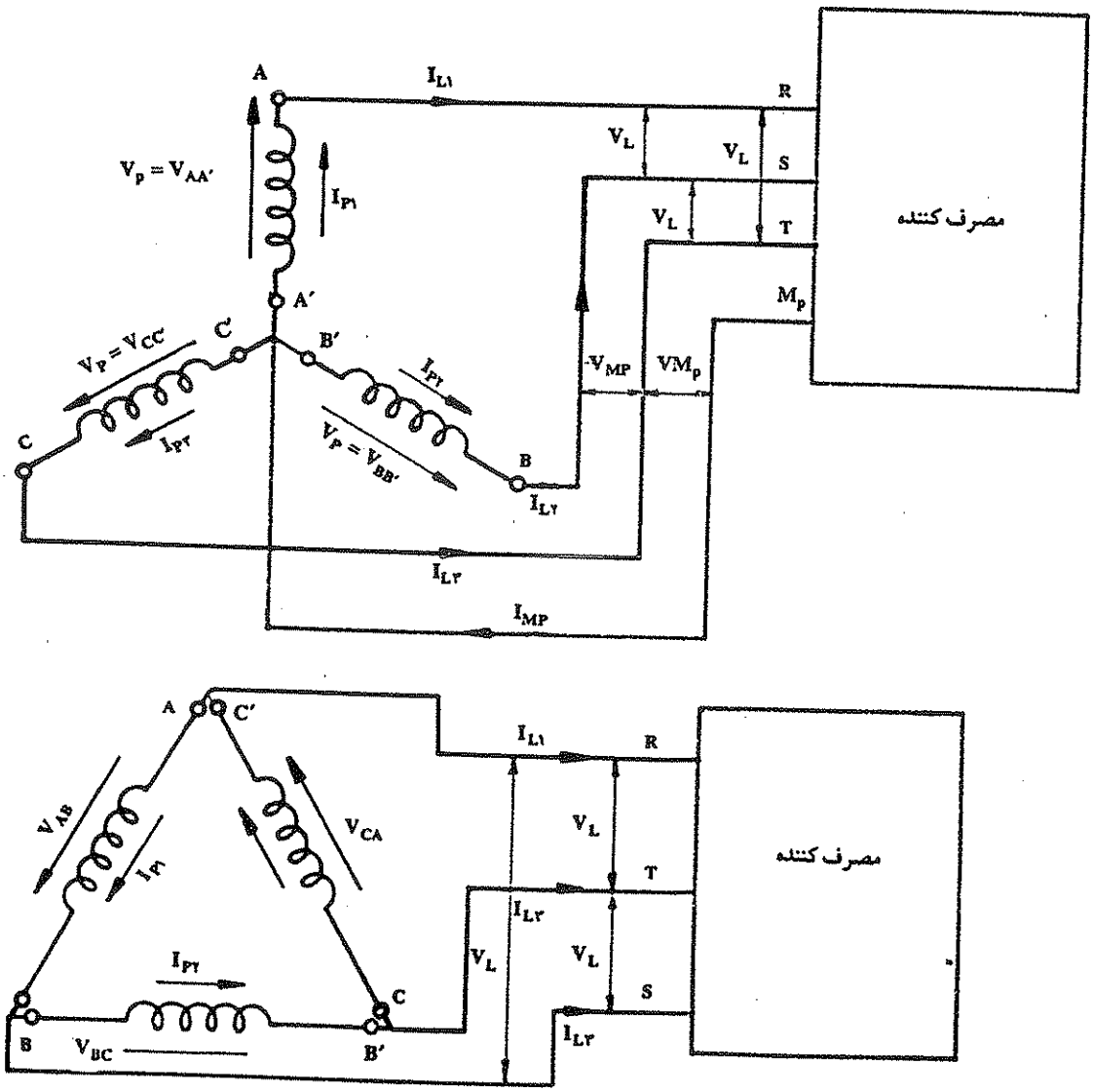
۱- ولتاژ خطی (UL) :

ولتاژ بین دو فاز متوالی یعنی ولتاژ بین خطوط (R , S) یا (L_1 , L_2) یا (R , T) یا (L_3 , L_1) را ولتاژ خطی گویند یا می‌توان گفت ولتاژ بین دو فلز غیر همنام را ولتاژ خطی گویند. در شبکهٔ فشار ضعیف ایران ولتاژ خطی برابر 380 ولت می‌باشد.

۲- ولتاژ فازی (U_{PH}) :

ولتاژ بین هر کدام از فازها و سیم نول را که عبارتند از، (MP , R) یا (L_1 , N) یا (S , MP) یا (L_2 , N) یا (T , MP) یا (L_3 , N)، ولتاژ فازی گویند در شبکهٔ فشار ضعیف ایران ولتاژ فازی برابر 220 ولت می‌باشد.

شکلهای زیر ولتاژ فازی و خطی و جریان فازی و خطی در اتصال ستاره و مثلث را نشان می‌دهد.



جریان و ولتاژ در اتصال ستارهٔ متعادل

بطور کلی اتصال سه‌فاز متعادل به اتصالی گفته می‌شود که در آن آمپدانس هر سه‌فاز با یکدیگر برابر بوده و روابط زیر در آن برقرار باشد :

$Z_1 = Z_2 = Z_3$

$R_1 = R_2 = R_3$ $\qquad XL_1=XL_2=XL_3$ $\qquad XC_1=XC_2=XC_3$

در اتصال ستارهٔ متعادل مطابق شکل زیر، ته سه سیم‌پیچ به یکدیگر متصل شده و سه‌فاز به سه سیم‌پیچها متصل می‌شود و از محل اتصال ته سیم‌پیچها یک سیم به عنوان سیم نول یا خنثی خارج می‌شود این مدار دارای خصوصیات زیر است :

۱- محل اتصال ته سیم‌پیچها دارای جریان صفر نسبت به زمین می‌باشد و به عنوان سیم نول مورد استفاده قرار می‌گیرد.

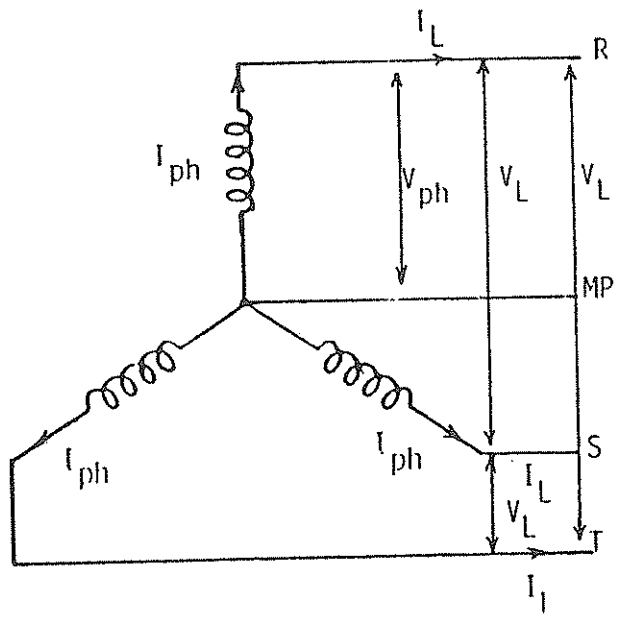
۲- در اتصال ستارهٔ متعادل بین ولتاژ خطی و فازی نسبت $\sqrt{3}$ برقرار است یعنی ولتاژ خطی $\sqrt{3}$ برابر بزرگتر از ولتاژ فازی می‌باشد پس می‌توانیم بنویسیم :

$$\frac{UL_X}{UPH\lambda} = \sqrt{3} \Rightarrow UPH\lambda = \frac{UL\lambda}{\sqrt{3}} \text{ و } UL\lambda = \sqrt{3} \times UPH\lambda$$

۳- در اتصال ستارهٔ متعادل جریان خطی و جریان فازی با یکدیگر برابر هستند.

$$IL\lambda = IPH\lambda$$

٤- در اتصال ستاره به دو سر هر کدام از سیم‌پیچها ولتاژ فازی وصل می‌شود.



$Uu,x = UPH_1$ $\qquad Ur,y = UPH_2$ $\qquad Uw,z = UPH_3$

جریان و ولتاژ در اتصال مثلث متعادل

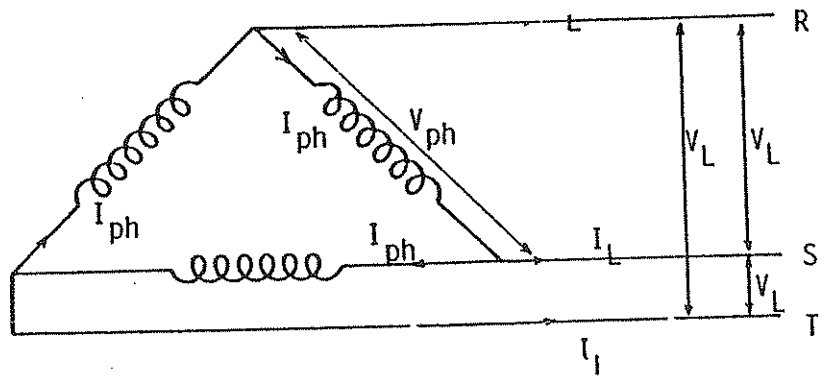
در این اتصال برخلاف اتصال ستاره سیم نول وجود ندارد برای این مدار قواعد زیر برقرار است :

۱- با توجه به اینکه هر کدام از سیم‌پیچها مستقیماً بین دو فاز قرار می‌گیرند، بنابراین ولتاژ خطی به هر سیم‌پیچ وصل شده و نتیجه می‌گیریم که در اتصال مثلث ولتاژ فازی برابر ولتاژ خطی می‌باشد.

$$ULΔ = UPHΔ$$

۲- در این اتصال نسبت $\sqrt{3}$ بین جریانهای خطی و فازی وجود دارد یعنی جریان خطی $\sqrt{3}$ برابر بزرگتر از جریان فازی می‌باشد بنابراین می‌توانیم بنویسیم :

$$\frac{ILΔ}{IPHΔ} = \frac{\sqrt{3}}{1} \Rightarrow ILΔ = \sqrt{3} \times IPHΔ \qquad IPHΔ = \frac{ILΔ}{\sqrt{3}}$$



$$Z_1 = Z_2 = Z_3$$

$$\frac{ILΔ}{IPHΔ} = \frac{\sqrt{3}}{1} \Rightarrow ILΔ = \sqrt{3} \times IPHΔ$$

$$IPHΔ = \frac{ILΔ}{\sqrt{3}}$$

$$ULΔ = UPHΔ$$

انواع توان در جریان متناوب سه‌فاز

در جریان متناوب سه‌فاز سه نوع توان وجود دارد که عبارتند از :

توان ظاهری، توان مفید و توان غیر مفید که در دو حالت زیر محاسبه می‌شود :

۱- وقتی که ولتاژ و جریان خطی باشند.

(ولت - آمپر) جریان خطی × ولتاژ خطی × $\sqrt{3}$ = توان ظاهری

$$Ps = \sqrt{3} \times UL \times IL$$

(وات) ضریب قدرت مفید × جریان خطی × ولتاژ خطی × $\sqrt{3}$ = توان مفید یا اکتیو یا واته

$$Pa \text{ یا } P\omega = \sqrt{3} \times UL \times IL \times Cos\varphi$$

(وات - آمپر - أکتیو) ضریب قدرت غیر مفید × جریان خطی × ولتاژ خطی × $\sqrt{3}$ = دواته یا توان غیر مفید یا رأکتیو

$$Pr \text{ یا } Pd = \sqrt{3} \times UL \times IL \times Sin\varphi$$

۲- وقتی که ولتاژ و جریان فازی باشند.

(ولت - آمپر) جریان فازی × ولتاژ فازی × 3 = توان ظاهری

$$Ps = 3 \times UPH \times IPH$$

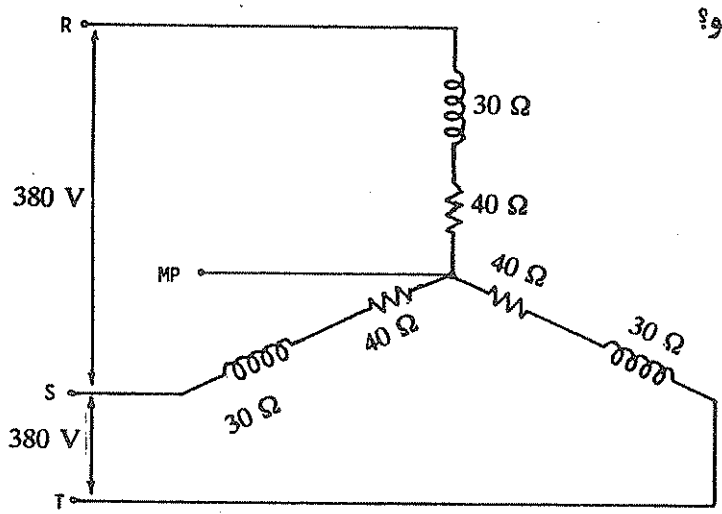
(وات) ضریب قدرت مفید × جریان فازی × ولتاژ فازی × 3 = توان أکتیو یا واته یا مفید

$$Pa \text{ یا } P_W = 3 \times UPH \times IPH \times Cos\varphi$$

(ولت-آمپر- رأکتیو) ضریب قدرت غیر مفید × جریان فازی × ولتاژ فازی × 3 = توان غیرمفید یا رأکتیو یا دواته

$$Pr \text{ یا } Pd = 3 \times UPH \times IPH \times Sin\varphi$$

مثال) در مدار شکل زیر بدست آورید : الف- ولتاژ فازی ب- جریان فازی و خطی ج- ضریب قدرت مفید و غیر مفید د- توانهای ظاهری أکتیو و رأکتیو؟



الف- $UPH = \frac{UL}{\sqrt{3}} = \frac{380}{1.73} = 220v$ ولتاژ فازی

ب- $Z = \sqrt{R^2 + XL^2} = \sqrt{40^2 + 30^2} = \sqrt{1600 + 900} = \sqrt{2500} = 50\Omega$

$IPH = \frac{UPH}{Z} = \frac{220}{50} = 4.4A$ جریان فازی

$IL = IPH = 4.4\ A$ جریان خطی و فازی برابرند چون اتصال ستاره است

ج- $Cos\varphi = \frac{R}{Z} = \frac{40}{50} = 0.8$

$Sin\varphi = \frac{XL}{Z} = \frac{30}{50} = 0.6$

د - حالت اول UL , IL

$Ps = \sqrt{3} \times UL \times IL = 1.73 \times 380 \times 4.4 = 2892.56$ V.A توان ظاهری

$Pa = \sqrt{3} \times UL \times IL \times Cos\varphi = 1.73 \times 380 \times 4.4 \times 0.8 = 2314.04$ w توان مفید

$Pr = \sqrt{3} \times UL \times IL \times Sin\varphi = 1.73 \times 380 \times 4.4 \times 0.6 = 1735.53$ V.A.r توان غیر مفید

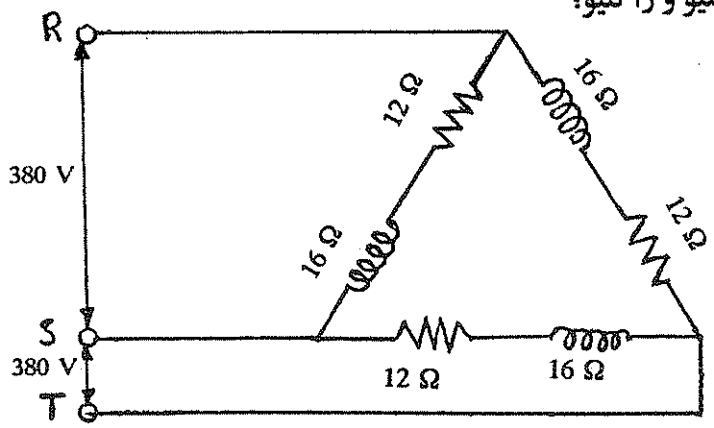
حالت دوم UPH , IPH

$Ps = 3 \times UPH \times IPH = 3 \times 220 \times 4.4 = 2904$ V.A توان ظاهری

$Pa = 3 \times UPH \times IPH \times Cos\varphi = 3 \times 220 \times 4.4 \times 0.8 = 2323.2$ w توان مفید

$Pr = 3 \times UPH \times IPH \times Sin\varphi = 3 \times 220 \times 4.4 \times 0.6 = 1742.4$ V.A.r توان غیر مفید

تمرین۱) در مدار شکل زیر بدست آورید : الف- ولتاژهای فازی ب- جریان خطی و فازی ج- ضریب قدرت مفید و غیر مفید د- توان ظاهری - أکتیو و رأکتیو؟



تمرین۲) یک الکتروموتور سه‌فاز که با ولتاژ 380v ولت 50 HZ و اتصال ستاره کار می‌کند جریان سه آمپر از شبکه می‌کشد در صورتیکه ضریب قدرت مفید این موتور 0.85 باشد حساب کنید توان ظاهری، توان مفید و توان غیر مفید الکتروموتور را؟

تمرین۳) یک الکتروموتور سه‌فاز که با ولتاژ 380v و جریان 3 A آمپر در اتصال مثلث کار می‌کند دارای توان مفید ω 1600 و توان غیر مفید 1200 V.A.r می‌باشد حساب کنید : الف- جریان فازی ب- توان ظاهری ج- ضریب قدرت مفید و غیر مفید الکتروموتور را؟

تمرین٤) یک الکتروموتور سه‌فاز که با اتصال ستاره و ولتاژ 380 v کار می‌کند، دارای توان مفید 3 اسب بخار و ضریب قدرت 0.87 می‌باشد حساب کنید، جریان خطی و فازی و توان ظاهری موتور را؟

رسم عمومی

وسایل نقشه‌کشی

۱- تخته رسم:

از این وسایل برای چسباندن کاغذ و ترسیم نقشه استفاده می‌کنند.

۲- خط کش T :

این خط‌کش به شکل حرف T بزرگ انگلیسی است و از آن جهت ترسیم خطوط افقی استفاده می‌کنند.

۳- گونیا :

با تکیه دادن گونیا بر روی لبه‌های بالا یا پایین خط کش T می‌توان خطوطی عمودی ترسیم نمود.

٤- خط کش مدرّج:

از این وسیله برای انتقال و تعیین اندازه‌های روی کاغذ نقشه‌کشی استفاده می‌کنند.

مدادها

مدادهائی که در نقشه‌کشی بکار می‌روند بسته به درجهٔ سختی آنها از پر رنگ به کم رنگ دسته بندی می‌شوند معمولاً مدادهای پررنگ را با حرف B ،مدادهای کم رنگ را با حرف H و متوسط را با حرف Fمعرفی می‌نمایند.

پرگار

وسیله‌ای است که با استفاده از آن می‌توان دوایری در اندازه‌های مختلف رسم کرد با استفاده از پرگار می‌توان نیم دایره و کمان را نیز رسم نمود.

پاک کن

برای پاک کردن خطوطی که با مداد ترسیم شده‌اند از پاک‌کن نرم و برای خطوطی که با مرکب ترسیم شده‌اند از پاک‌کن سفت استفاده می‌شود.

کاغذ

کاغذ نقشه‌کشی باید دارای خاصیتی باشد که بعد از استفاده از پاک کن اثر مداد روی آن باقی نماند،همچنین از کاغذهائی که سطح آنها نور را منعکس کرده و موجب خستگی چشم می‌شوند نباید استفاده نمود .اساس فرم بندی کاغذها بر سه اصل زیر استوار است:

۱- نسبتی که بین طول و عرض هر کاغذ نقشه کشی موجود است برای همهٔ کاغذها صادق باشد.

۲- با نصف کردن هر کاغذ،کاغذ مورد نظر بعدی حاصل شود.

۳- سطح کاغذ مبنی یک متر مربع باشد.

دوشرط اول ایجاب می‌کند که نسبت $\sqrt{2} = 1.414$ بین ابعاد تمامی کاغذهای نقشه کشی برقرار باشد.

توضیح: منظور اینست که اگر عرض هر کاغذرا در عدد1.414 ضرب کنید طول همان کاغذ بدست خواهد آمد.

جدول مشخصات

هر نقشه الزاماً باید دارای جدولی باشد که مشخصات زیر در آن نوشته شود.

۱- نام ترسیم کننده ۲- نام بازبین کننده ۳- کلاس،رشته،نوبت ٤- شمارهٔ نقشه ٥- نام قطعه یـا دسـتگاه(مـدار)
٦ - نام مؤسسه(هنرستان فنی،...) ۷- مقیاس ۸- تاریخ ۹- روش تصویر برداری
جدول مشخصات در قسمت پایین کاغذ سمت راست و با فاصلهٔ ٥ میلی متر از کادر رسم می‌شود.

ترسیم کننده:	نام مدار:	مقیاس:
بازبین کننده:		تاریخ:
کلاس: رشته: نوبت:	نام مؤسسه	
شمارهٔ نقشه:		

شمارهٔ کاغذ	اندازهٔ کاغذ به میلی متر	
	طول	عرض
A0	1188	840
A1	840	594
A2	594	420
A3	420	297
A4	297	210
A5	210	148.5
A6	148.5	105

انواع خطوط

۱- خطّ اصلی:

خطی است ضخیم و پر که از آن برای معرفی دورهٔ ظاهری جسم ، همچنین کلیهٔ خطوط قابل دید در نقشه ها استفاده می کنند .ضخامت این خط متناسب با بزرگی نقشه انتخاب می‌شود و مبنائی جهت انتخـاب سایر خطوط می‌باشد.

۲- خط چین :

معرف خطوط و دوره‌های غیر قابل دید جسم می‌باشد. لذا گاه،خط ندیـد گفتـه می‌شـود ضخـامت آن نصف ضخامت خط اصلی می‌باشد.

۳- خط محور یا خط نقطه :

کاربرد این خط زیاد بوده ولی به طور خلاصه از آن بعنوان محور تقارن و نشان دهندهٔ صفحات بـرش استفاده می کنند ضخامت آن $\frac{1}{3}$ خط اصلی است.

٤- خط نازک :

کاربرد این خط زیاد بوده ولی به طور خلاصه بعنوان خط اندازه ،خط هاشور،خطـوط کمکـی وغـیره استفاده می کنند ضخامت این خط $\frac{1}{4}$ خط اصلی است.

انواع مدارهای الکتریکی:

مدارهای الکتریکی را بصورتهای مختلف می‌توان رسم کرد که عبارتند از:

۱- شمای فنّی نقشهٔ تک خطی مدار ۲- شمای حقیقی جریان مدار ۳- شمای مسیر جریان

۱- شمای فنّی نقشهٔ تک خطی مدار:

یک شمای سادهٔ یک خطی است که طرز اتصال قسمتهای اصلی مدار بدون سیم هـای کمکـی را نشـان می‌دهد. تعداد سیم‌های موازی بوسیلهٔ رسم خطوط کوتاه مایل روی قسمتهای مختلف مشخص می‌شـود. اگـر تعداد سیمهای موازی 3 یا بیشتر باشد می‌توان تعداد سیم ها را با عدد نشان داد. می تـوان گفـت شـمای فنـی لوله‌های سیم کشی رابط بین اجزای مدار را نشان می دهد و تعداد سیم هائی که از داخل لوله مـی گـذرد را مشخص می کند.

۲- شمای حقیقی جریان:

نقشه ای عملی است برای نشان دادن طریقهٔ اتصال کلید سیم های رابط به کلیدهـا و تـا حـدودی محـل واقعی قرار گرفتن اجزای مدار بکار می رود.

۳- شمای مسیر جریان:

این شما مسیر عبور جریان را از مدار بطور ساده نشان می دهد.

علائم الکتریکی

برای اینکه نقشه ها در تمام نقاط بصورت یکنواخت برداشت و یک مفهوم را به بیننده برسانند باید علائم الکتریکی که مورد قبول تمام کشورهاست درست شود که تمام برقکاران با آن علائم آشنا شوند تا چنانچه نقشه های را ملاحظه کردند بتوانند مفهومی که نقشه کش در نظر داشته را استنباط کرده و بکار ببرند.

طریقهٔ رسم سیم کشی ساختمان

با در نظر گرفتن مدارهای الکتریکی که قبلاً در بارهٔ آنها گفتگو شد می توان طرح سیم کشی یک ساختمان مسکونی ،کارگاه،کلاس درس،کلاس نقشه کشی و غیره را تهیه کنید. نقشه کشی روی پلان ساختمان رسم میشود ولی بیش از اینکه نقشهٔ سیم کشی ساختمان طرح ریزی شود باید از نقاط مختلف ساختمان بازدید بعمل آید و شرایط گوناگون قسمتهای مختلف مانند خشک و نمناک بودن و غیره را روی نقشهٔ ساختمان مشخص کرد زیرا در جاهای نمناک باید از سیم‌های ویژه‌ای استفاده شود. برای پیاده کردن یک طرح مناسب سیم کشی باید به نکات زیر توجه شود:

۱- در طرح سیم کشی باید آینده را در نظر گرفت چون روز به روز استفاده از وسایل الکتریکی افزونتر می‌شود بنابراین ظرفیت سیم کشی باید چنان باشد که کاربرد وسایل جدید را امکان پذیر سازد.

۲- سیم هائی که در سیم کشی بکار می رود باید متناسب با باری که بر روی آن وارد می آید انتخاب شوند. هرگاه سیم متناسب با بار نباشد مثلاً سیم نازکی را برای بار زیادی بکار برند سیم دراثر عبور جریان بیش از حد گرم شده و سبب بروز آتش سوزی خواهد شد بنابراین باید مقطع سیم ها را کمی بیش از حد معمول انتخاب کرد تا بتواند جریان را بخوبی و بدون آنکه گرم شود از خود عبور دهد.

۳- دز طرح سیم کشی باید نوع کلید و پریزها مشخص شود چون کلید و پریزهائی که در جاهای مرطوب و نمناک و یا خشک یا در محلهائی که احتمال آتش سوزی وجود دارد بکار می روند هر یک خصوصیات ویژه‌ای دارند.

٤- در سیم کشی ساختمان نباید یک خط در نظر گرفت و تمام مصرف کننده ها را به آن متصل کرد چون مصرف کننده هایی که امروز بکار می روند از قبیل ماشین لباسشوئی،آبگرمکن،بخاری برقی و غیره دارای مصرف انرژی زیادی بوده در نتیجه آمپر نسبتاً زیادی نیاز دارند و یک خط نمی تواند این آمپر را تحمل کند در ضمن اگر یکی از مصرف کننده ها اتصالی پیدا کند فیوز سر خط می سوزد و بقیهٔ مصرف کننده ها از کار خواهند افتاد پس راه صحیح از این قرار است که برای هر یک از مصرف کننده ها مانند: ماشین لباسشوئی،آبگرمکن،اجاق برقی و بطور کلی وسایل پرقدرت خط جداگانه‌ای از تابلوی برق تا محل مصرف کننده کشید و فیوزی نیز برای آن پیش بینی کرد. البته می توان دو یا چند مصرف کنندهٔ پرقدرت مثل آبگرمکن و لباسشوئی را به خطی که مقطع سیم آن متناسب با مجموع آمپرهای این دو وسیله باشد وصل کرد برای تمام پریزهای منزل که به آنها وسایل کم آمپر ازقبیل رادیو،ریش تراش وغیره متصل می شود یک خط جداگانه و یک فیوز در نظر گرفت و برای روشنائی ساختمان هم خط دیگری پیش بینی نمود.

۵- کلیدها باید در نقاطی از ساختمان قرار گیرد که به هنگام لزوم به راحتی در دسترس قرار گیرد.مثلاً وقتی شخصی وارد اتاق می شود باید بتواند پس از باز کردن درب به سهولت کلید چراغ را یافته و آنرا روشن نماید بنابراین کلید باید نزدیک درب مانند.آنچه در شکل دیده می شود نصب گردد. باید توجه داشت که کلید بصورتی قرار نگرفته باشد که پس از باز شدن درب پشت آن واقع شود.

۶- روش قرار دادن چراغ یا چراغهای اتاق باید چنان باشد که در قسمتی از آن سایه پدید نیاید پس روشنائی چراغها باید کافی باشد تا نور در سرتاسر اتاق بخوبی پخش شود برای اینکه نور کافی در سرتاسر اتاق پخش شود بهتر است که لامپهای سقفی از کف اتاق در حدود 2 تا2.20 متر فاصله داشته باشند.

۷- در موقع اجرای نقشه باید متوجه باشید که ارتفاع کلیدها از کف اتاق 110 سانتی متر و پریزها 50 تا35 سانتی متر باشد. در آشپزخانه ها باید پریزها را در بالای جا ظرفیها قرار داد فاصلهٔ محل جعبه تقسیم تا زیر سقف 30 الی50 سانتی متر در نظر گرفته شود.

۸- پریز تلفن باید جدا از پریز برق باشد و حتماً از داخل لوله‌ای جدا عبور نماید. در اتاق نشیمن،پذیرایی،هال و جاهای دیگر در صورت تمایل ساکنان خانه می توان پریز آنتن تلویزیون نیز نصب نمود. اما سیم آنتن تلویزیون مانند سیم تلفن باید از داخل لولهٔ جداگانه عبور کند و این لوله نباید پیچ و خم زیاد داشته باشد یا حتی الامکان سعی شود بدون پیچ و خم باشد بدین صورت که لولهٔ ویژه ای از پریز تلویزیون تا پشت بام بطور مستقیم کار گذاشته شود.

وسایل مورد استفاده در مدارهای روشنایی

در این فصل با وسایل مورد استفاده در مدارات روشنایی وطرز کار آنها آشنا خواهیم شد و در فصل نقشه کشی و کار عملی مدارات روشنایی طرز قرار گرفتن این وسایل در مدار تشریح خواهد شد.

در سیم کشی ساختمان وسایل مختلفی بکار برده می‌شود که شناسایی هریک توانایی انتخاب و کاربرد آنها را افزایش می‌دهد. قبل از آشنایی با وسایل مورد استفاده در مدارات می باید انواع سیم کشی بیان شود. اصولاً سیم کشی به دو صورت انجام می شود:الف- سیم کشی روکار ب- سیم کشی توکار

الف- سیم کشی روکار :

معمولاً در سیم کشی روکار سیم ها را از روی گچ بصورت آزاد یا در داخل لوله عبور می دهند و با بست‌های مخصوص مهار می‌کنند. در این روش کلیهٔ سیم ها (یا لوله های حامل سیم)در معرض دید هستند. به همین دلیل عیب‌یابی آن آسان است،زیرا می‌توان به سهولت مسیر سیمها را تعقیب کرد. در این سیم‌کشی دو عیب اساسی وجود دارد:۱- چون سیم ها در دسترس هستند اگر به عللی قسمتی از سیم لخت شود برق زدگی را در پی خواهد داشت ۲- سیم کشی روکار از زیبایی کار می‌کاهد زیرا کشیدن سیم یا لوله از روی گچ به زیبایی ساختمان تا حد زیادی لطمه میزند به همین علت سیم‌کشی روکار اغلب به وسیلهٔ کابل و لوله‌های فولادی انجام می‌شود و در کارگاهها و کارخانه‌ها به کار می‌رود زیرا در این اماکن مسئلهٔ زیبایی در درجهٔ دوم اهمیت قرار دارد.

ب- سیم کشی توکار:

در این نوع سیم کشی باید سیم را از زیر گچ یا به عبارت دیگر از زیر کار عبور داد . این عمل به دوطریق انجام می‌شود:۱- با استفاده از سیم های مخصوص که دارای چند لایه عایق هستند،سیم را مستقیماً از زیر گچ عبور می‌دهند. این نوع سیم‌ها را سیم زیرگچی می‌نامند و معمولاً برای دیوارهای نازک و تیغه‌ای که امکان کار گذاشتن لوله وجود ندارد بکار می‌روند.۲- کار گذاشتن لوله‌های مخصوص در زیر گچ، در این مورد بوسیلهٔ فنرهایی که برای این منظور ساخته شده است سیم را از داخل لوله می‌گذرانند. عیب یابی در سیم کشی توکار به مراتب مشکلتر از سیم‌کشی روکار است ولی بعلت عبور سیم‌ها از زیر گچ هیچ‌گونه آسیبی به زیبایی ساختمان وارد نمی شود.از این نوع سیم کشی اغلب برای ساختمانهای مسکونی ،اداری،هتلها و بیمارستانها استفاده می‌شود.

اجزا وقطعات مدار بسیار متنوع‌اند.ازقبیل کلیدها،پریزها،جعبه تقسیم،سرپیچ وغیره.در این قسمت اجزاء ضروری مدار برای کارهای اولیه تشریح می‌شود.

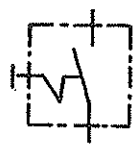
کلیدها

متناسب با نوع کاری که کلید در مدار انجام می‌دهد انواع بسیاری دارد.به طور کلی کار کلید در مدار قطع و وصل جریان الکتریکی است.برای متوقف کردن جریان باید حداقل یکی از سیم‌های حامل جریان الکتریکی قطع شود.پس از قطع شدن سیم،دیگر الکترون از مدار عبور نمی‌کند و دستگاه از کار می‌افتد.برای بکار انداختن مجدد دستگاه باید مسیر قطع شده به حالت اول بر گردد،یعنی مدار بسته شود.در بعضی مواقع ضرورت ایجاب می‌کند که هر دوسیم حامل جریان قطع شود.وسیله‌ای که عمل قطع ووصل را در مدار انجام می‌دهد کلید نام دارد.باتوجه به توضیح مختصرفوق اکنون به شرح نمونه‌هایی از کلیدهایی که در مدار اولیه بکار می‌رود می‌پردازیم.

۱- **کلید یک پل** :این کلید در دو نوع توکارو روکار ساخته می‌شود. همان طور که از نام آن پیداست این کلید دارای یک پل یا به عبارت دیگریک دگمه برای قطع و وصل و یک مسیر برای عبور جریان است.دگمهٔ قطع ووصل ممکن است به صورت فشاری،بالا و پایین یا دوار باشد.به وسیلهٔ این کلید فقط می‌توان یک مسیر جریان را قطع کرد.علائم اختصاری که برای این کلید بکار می‌رود در شکل زیر رسم شده است.محفظه و سایر قسمتهای عایق این کلید از جنس پلاستیک یا کائوچوی مخصوص است که می‌تواند ولتاژ معینی را تحمل کند.

اگر یک کلید یک پل را باز کنیم در داخل آن یک تیغهٔ اتصال متحرک فلزی (معمولاً ازآلیاژ برنج) ویک تیغهٔ اتصال ثابت،یک فنر و یک میله مشاهده می‌شود.تیغه‌های ثابت و متحرک به دو پیچ خروجی ارتباط دارند.دو انتهای تیغه‌های ثابت و متحرک شبیه پلاتین اتومبیل ساخته شده که درمقابل حرارت و جرقه مقاوم است.تیغه‌های ثابت و متحرک را در اصطلاح عمومی کنتاکت می‌نامند.لذا از این پس در متن درس هر دو لغت اتصال و کنتاکت مورد استفاده قرار خواهند گرفت.تیغهٔ اتصال متحرک،فنر،میله و دگمهٔ مربوط طوری روی هم سوار شده اند که اگر دگمه در پایین باشد مدار قطع می‌شود و ارتباط دو تیغهٔ اتصال از بین می‌رود.چنانچه دگمه را بالا بزنیم دو پیچ خروجی بوسیلهٔ تیغهٔ اتصال متحرک به هم متصل می‌شوند.بدین ترتیب می‌توان یک مدار را وصل یا قطع کرد.

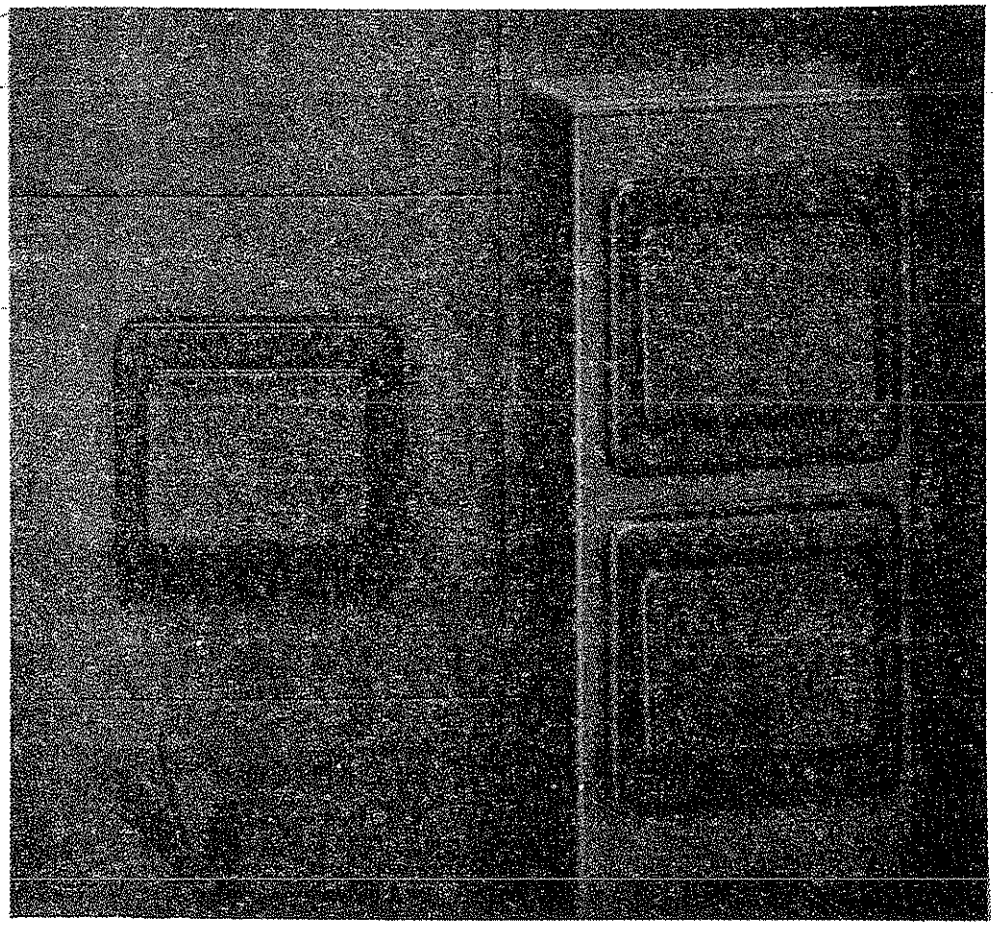
محفظه و سایر قسمتهای عایق این کلید از جنس پلاستیک یا کائوچوی مخصوص است که می‌تواند ولتاژ معینی را تحمل کند.اگر یک کلید یک پل را باز کنیم در داخل آن یک تیغهٔ اتصال متحرک فلزی(معمولاً از آلیاژ برنج) و یک تیغهٔ اتصال ثابت،یک فنر و یک میله مشاهده می‌شود.تیغه‌های ثابت و متحرک به دوپیچ خروجی ارتباط دارند.دو انتهای تیغه‌های ثابت و متحرک شبیه پلاتین اتومبیل ساخته شده که در مقابل حرارت و جرقه مقاوم است.تیغه‌های ثابت و متحرک را در اصطلاح عمومی کنتاکت می‌نامند.لذا از این پس،در متن درس،هر دو لغت اتصال و کنتاکت مورد استفاده قرار خواهد گرفت.تیغهٔ اتصال متحرک،فنر،میله و دگمهٔ مربوط طوری روی هم سوار شده‌اند که اگر دگمه در پایین باشد مدار قطع می‌شود و ارتباط دوتیغهٔ اتصال از بین می‌رود.چنانچه دگمه را بالا بزنیم دو پیچ خروجی به وسیلهٔ تیغهٔ اتصال متحرک به هم متصل می‌شوند.بدین ترتیب می‌توان یک مدار را وصل یا قطع کرد.شکل زیرشمای ظاهری این کلیدوعلائم اختصاری که برای کلیدیک پل بکار می‌رود را نشان می‌دهد.



شمای حقیقی

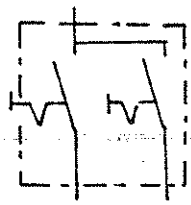
شمای فنی

تذکر : در محلهایی که امکان ریزش باران و پاشیدن آب روی کلیدها وجود دارد باید از کلیدهای ضدآب استفاده کرد که چند نمونهٔ آن در شکل زیر نمایش داده شده است.

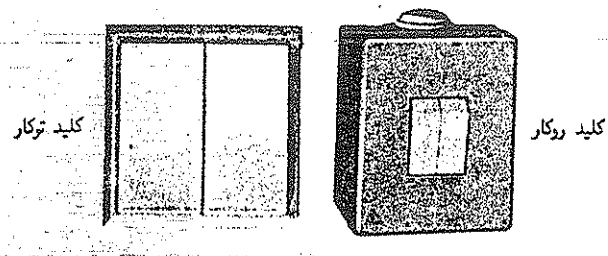


۲- کلید دوپل : کلیددوپل از دو کلید یک پل که در مجاور هم قرار گرفته ودر یک محفظهٔ کائوچویی گذاشته شده است تشکیل شده و به جای داشتن چهار پیچ که محل قرار گرفتن سیم ها در زیر آنهاست از سه پیچ که یکی از آنها مشترک است استفاده میشود.به وسیلهٔ کلید دو پل می‌توان دو دسته لامپ یا دو وسیله را به دلخواه روشن وخاموش کرد.شکل زیر شمای ظاهری وعلائم اختصاری کلید دوپل را نشان می دهد.

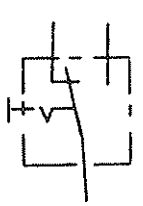
ب: شمای فنی



ج: شمای حقیقی

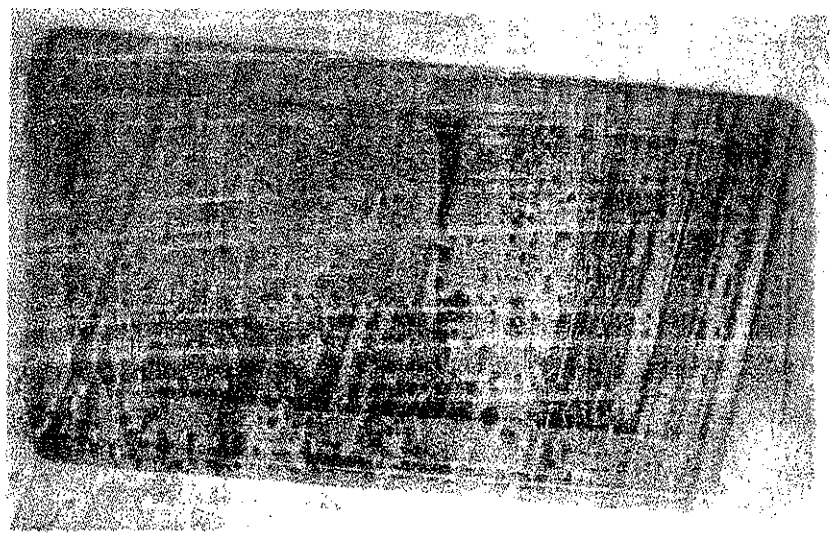


۳- کلید تبدیل(تعویض) :این کلید نیز در یک محفظهٔ کائوچویی و سه پیچ که محل اتصال سیم ها به آنجاست و دکمه‌ای اهرمی و یک پلاتین که پیچ مشترک را به دلخواه به پیچهای دیگر اتصال می‌دهد تشکیل شده است.معمولاً از دو تبدیل در راهروها و سالنها استفاده می‌شود تا از دونقطه بتوان روشنایی را کنترل کرد.کلیدهای تبدیل دوپل نیز به بازار آمده است که هر دو تبدیل در یک محفظه است ولی ربطی به هم ندارند و فقط از نظر اقتصادی مقرون به صرفه‌اند.این تبدیل‌های دو پل ما بین دوتبدیل دیگر قرار می‌گیرد تا از چندین نقطه روشنایی را کنترل کنند.شکل زیر شمای ظاهری یک مجموعهٔ دوکلیدی تبدیل را نشان می‌دهد.در نقشه ها کلید تبدیل را مطابق شکل نشان می دهند.

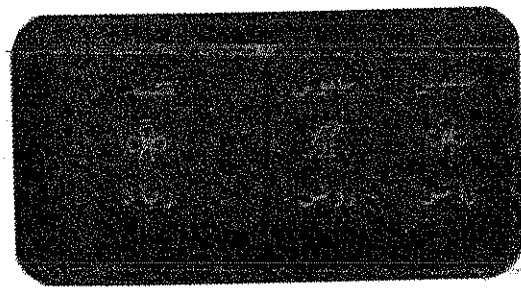


الف: شمای حقیقی

ب: شمای فنی



۴- کلید کولر: این کلید از یک محفظهٔ پلاستیکی یا کائوچویی که بر روی آن سه کلید نصب شده تشکیل گردیده است. این سه کلید عبارتند از: یک کلید یک پل برای روشن کردن پمپ ویک کلید تبدیل برای تعویض دور بندی و یک کلید یک پل برای روشن کردن کولر.شکل صفحهٔ بعد شمای ظاهری یک کلید کولر را نشان می دهد.



پریزها

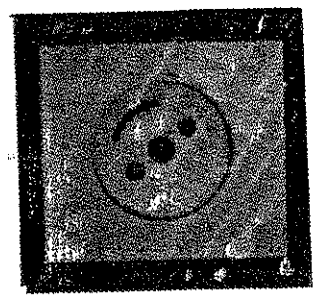
هر گاه بخواهیم انرژی الکتریکی را مستقیماً مورد استفاده قرار دهیم،نیاز به وسیله‌ای داریم که بتوانیم انرژی الکتریکی موجود درخانه،مغازه،کارگاه یا کارخانه را به دستگاه مورد نظر(مانند سماور،بخاری،موتور ماشین تراش و...)برسانیم.این اتصال توسط جزئی از مدار به نام پریز انجام می‌شود.پریزها به دو دستهٔ توکار و روکار تقسیم می‌شوند.هر یک از دودستهٔ ذکر شده نیز متناسب با نوع کار به دو صورت ساخته می‌شوند:

الف- پریز ساده

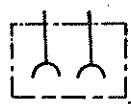
ب- پریز با اتصال زمین(پریز شوکو،پریز ارت دار،پریز باکنتاکت محافظ).همچنین انواع پریزهای مذکور به دوصورت سه فازویک فاز وجود دارد.

پریز یک فاز ساده :

پریزهای یک فاز ساده به دوصورت روکاروتوکار ساخته می‌شوند.اسکلت و محفظهٔ خارجی این پریزها از پلاستیک یا کائوچوی غیر قابل اشتعال است.در داخل این پریزها دو استوانه یا گیرهٔفلزی کوچک وجوددارد که می‌توان دو شاخه را از طریق سوراخهای موجود روی محفظه در داخل سوراخها یا گیره‌ها قرار داد.در پایین یا بالای استوانه ها دوپیچ وجود دارد که توسط زائده ای به استوانه ها مربوط می‌شود به این پیچ ها سیم فاز و نول وصل می‌شود.در شکل زیر شمای ظاهری انواع پریزهای یک فاز ساده آمده است.بعضی از پریزها دارای درپوش هستند،به طوری که وقتی دوشاخه به آن اتصال ندارد جلوی سوراخها مسدود می‌شودو کودکان نمی‌توانند میخ یا میلهٔ فلزی را داخل پریزکنند.برای حفاظت پریزهای ساده از درپوشهای پلاستیکی استفاده می‌شود.

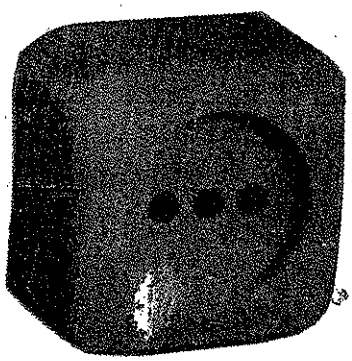


حفاظ‌دار توکار

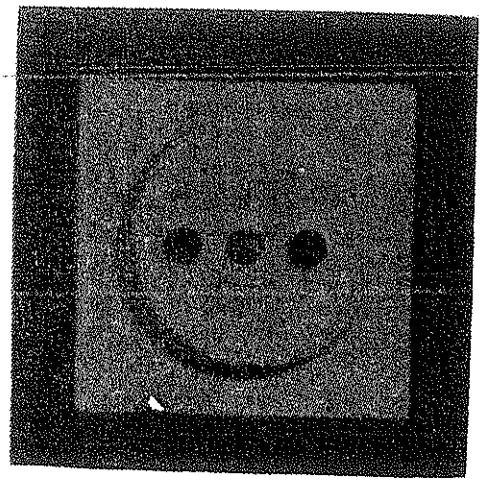


نمای حقیقی

نمای فنی



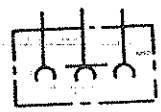
روکار



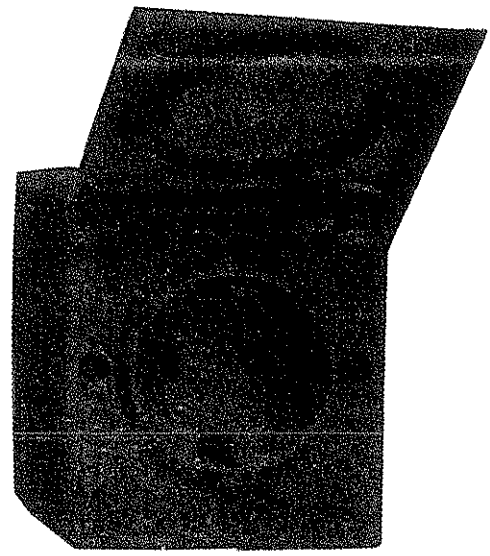
پریز با اتصال زمین :

برای حفاظت اشخاص وکاهش خطرات برق گرفتگی از سیستم حفاظت توسط سیم زمین استفاده می‌شود.با چگونگی زمین کردن وشرایط اتصال زمین در سالهای آینده آشنا خواهید شد.در اینجا کافی است بدانید که در سیستم حفاظت توسط سیم زمین،بدنه‌دستگاهها بوسیلهٔ سیمی به زمین وصل می‌شود.در این صورت اگر سیم فاز به بدنه وصل شود فیوز می‌سوزد و خطر برق گرفتگی در اثر تماس با بدنهٔ دستگاه را از بین می‌بردبرای اینکه بتوانند سیم زمین را توسط پریز به بدنهٔ دستگاه ارتباط دهند از پریزهاییکه دارای پیچ اتصال زمین هستند استفاده می‌کنند.شکلهای زیر چند نمونه از پریزهای یک فاز با اتصال زمین وهمچنین علائم اختصاری این پریزها را نشان می‌دهند.

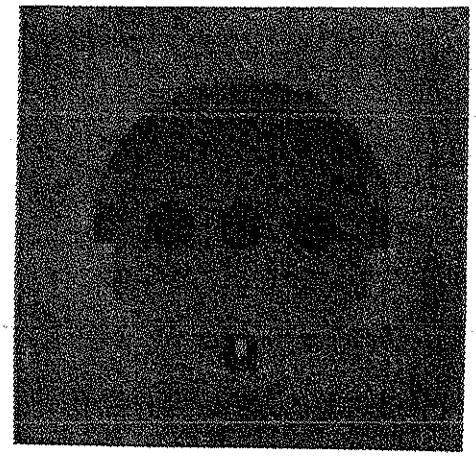
الف: شمای فنی



ب: شمای حقیقی

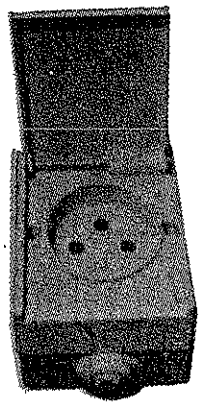


روکار



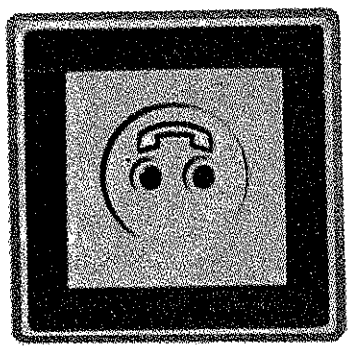
توکار

تذکر: در محلهایی که امکان ریزش باران یا پاشیدن آب روی پریز باشد از پریزهای مخصوص که برای این منظورساخته شده است استفاده می‌شود(واتر پروف).شکل زیر نمونه‌ای از پریزهای ضدآب را نشان می‌دهد.

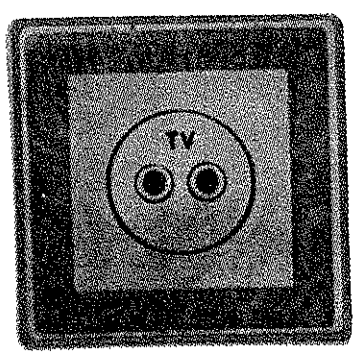


پریز تلفن،تلویزیون و رادیو :

برای تلفن وتلویزیون ورادیو نیز پریزهای مخصوصی ساخته شده است که علائم مربوط به دستگاه روی پریز ترسیم شده یا نوشته شده است.مثلاً علامت گوشی تلفن روی پریزتلفن وعلامتTVروی پریز آنتن تلویزیون و علامتRADIO روی پریز آنتن رادیو نوشته می‌شود.در شکل زیر انواع پریزهای ذکرشده وعلائم اختصاری آنها را مشاهده می کنید.این پریزها غالباً به صورت توکار ساخته می‌شوند.این پریزها نسبت به پریزهای معمولی شدت جریان کمتری را می‌توانند تحمل کنند.



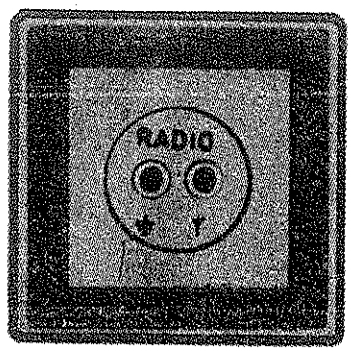
تلفن



تلفن

تلویزیون

آنتن

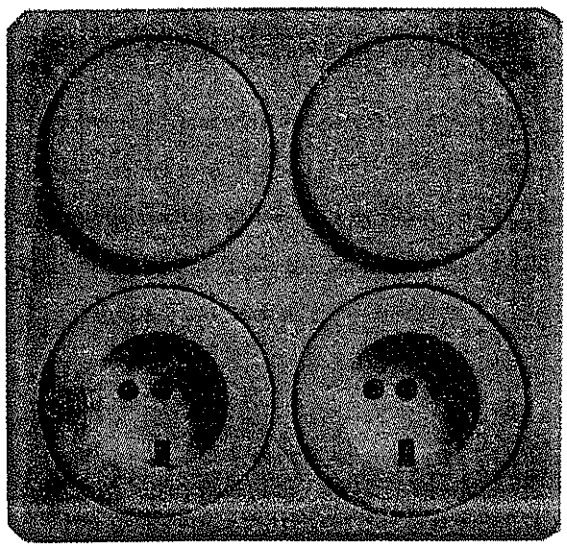


رادیو

کلید پریزهای مرکب

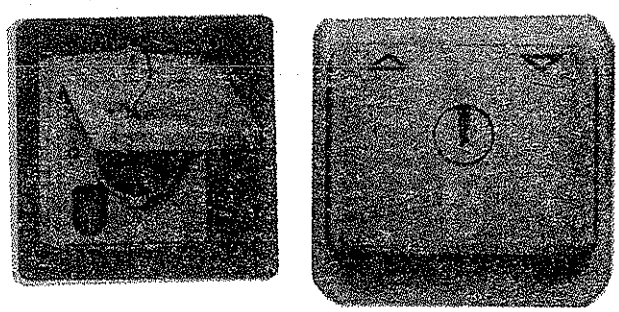
کلیدوپریز در یک محفظه:

گاهی اوقات برای سادگی عمل و زیبایی از چند کلیدوپریز که در یک محفظه جای گرفته‌اند استفاده می‌شود که انواع مختلف دارند.شکل زیر یک نمونه از کلید و پریزهای توأم را نشان می‌دهد.



پریزهای قفل‌دار (قفل شونده) :

این پریزها دارای کلیدی هستند که می‌توان بوسیلهٔ آن پریز را جهت ایمنی بیشتر قفل کرد. شکل زیریک نوع پریز قفل‌دار را نشان می‌دهد.



جعبه تقسیم

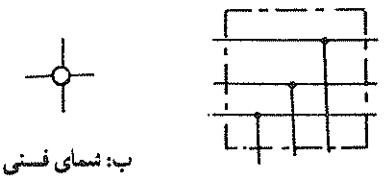
در سیم‌کشی اغلب لازم است از سیم‌ها انشعاب گرفته شود.بهمین دلیل در مسیر سیم‌ها جعبه‌ای بنام جعبه تقسیم قرار داده می‌شود.جعبه تقسیم دونوع است:الف- جعبه تقسیم روکار ب- جعبه تقسیم توکار

الف-جعبه تقسیم روکار:

جعبه تقسیم روکار از جنس کائوچو یا چینی است که در داخل آن چهار استوانهٔ شیاردار قرار دارد.سیم‌ها داخل شیار قرار می‌گیرند و بوسیلهٔ پیچی که روی آنها قرار گرفته محکم می‌شوند.پس از اتصال وانجام کار در جعبه تقسیم را می‌بندند.جعبه تقسیم روی سطح کار (دیوار-تخته)نصب می‌شوند.

ب-جعبه تقسیم توکار:

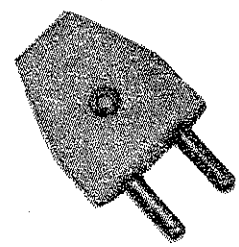
جعبه تقسیم توکار از جنس فلزی یا پلاستیکی ساخته می‌شود که داخل قوطی فلزی را به وسیلهٔ مقوا عایق بندی می‌کنند و در داخل کار قرار می‌گیرند(سیم کشی توکار). جعبه تقسیم در نقشه‌های الکتریکی مطابق شکل زیر نشان داده می شود.



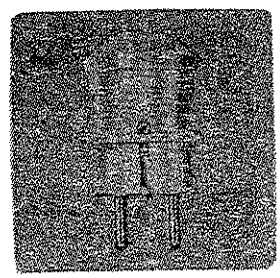
الف: شمای حقیقی ب: شمای فنی

انواع دوشاخه

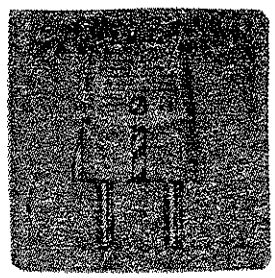
برای اتصال مصرف کننده‌های الکتریکی به پریز از وسیله‌ای به نام دوشاخه استفاده می‌کنند.دوشاخه دارای دومیلهٔ فلزی توپر یا توخالی است که روی پایه‌ای پلاستیکی یا کائوچویی نصب شده و دوسر سیم را به آن وصل می‌کنند.قطر میله‌های فلزی به اندازهٔ قطر سوراخهای پریز است و به آسانی در داخل آن جای می‌گیرد.برای پریزهای با اتصال زمینی،دوشاخه‌های مخصوص که دارای زائدهٔ فلزی اضافی است ساخته شده است که سیم دستگاه را به زمین مرتبط می‌کند.در شکل زیر چند نمونه دوشاخه را ملاحظه می‌کنید.داخل پایهٔدوشاخه دوپیچ وجود دارد که به میله‌های فلزی وصل شده است.بهترین دوشاخه از نظر هدایت جریان الکتریکی دوشاخه‌ای است که میله‌های آن دارای شکاف باشد.



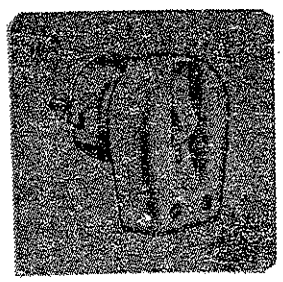
ساده



پلاستیکی با سیم زمین



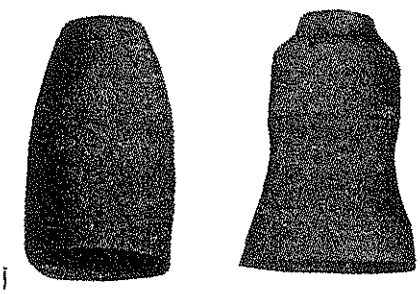
مجهز به ترمینال اتصال زمین



کلیددار برای قطع و وصل مدار

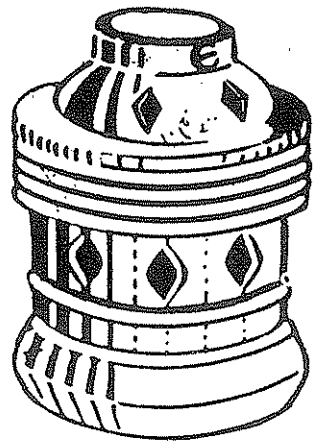
انواع سرپیچها

سر پیچ وسیله‌ای است که لامپ را به آن می‌پیچند.سرپیچها دردو نوع آویز و دیواری ساخته می‌شوند.سرپیچ دیواری را روی سطح کار نصب می‌کنند.سرپیچ آویزرا به سطح کار می‌آویزند.در شکل زیر چند نمونه سرپیچ آویزو دیواری را مشاهده می‌کنید.برای اتصال سیم به سرپیچ،ابتدا پیچی را که در داخل سرپیچ قرار دارد با پیچ گوشتی باز می‌کنند،قسمت انتهایی سرپیچ از آن جدا میشود.در زیر این قسمت دوپیچ وجود دارد که به زائده‌های داخل سرپیچ مربوط است.سیمها را به این پیچها می‌بندند.جنس سرپیچ از پلاستیک،کائوچو،چینی یا برنجی است.بعضی از سرپیچها مانند پیچ و مهره ساخته شده‌اند که به هم اتصال پیدا می‌کنند.در موقع بستن لامپ به سرپیچ باید دقت کرد که دو کنتاکت سرپیچ به هم اتصال نداشته باشد.



آویز چینی

آویز چینی



آویز برنجی

دیواری کائوچویی

لامپها

لامپ وسیله‌ای است که انرژی الکتریکی را به انرژی نورانی تبدیل می‌کندوبرای روشنائی استفاده می‌شودودر انواع مختلفی وجود دارد.ازقبیل لامپهای رشته‌ای،لامپ فلورسنت ولامپ جیوه‌ای یا سدیمی(سدیمی فشار قوی،سدیمی فشار ضعیف).در این قسمت به شرح ساختمان و طرز کار بعضی از لامپهای پر مصرف می پردازیم.

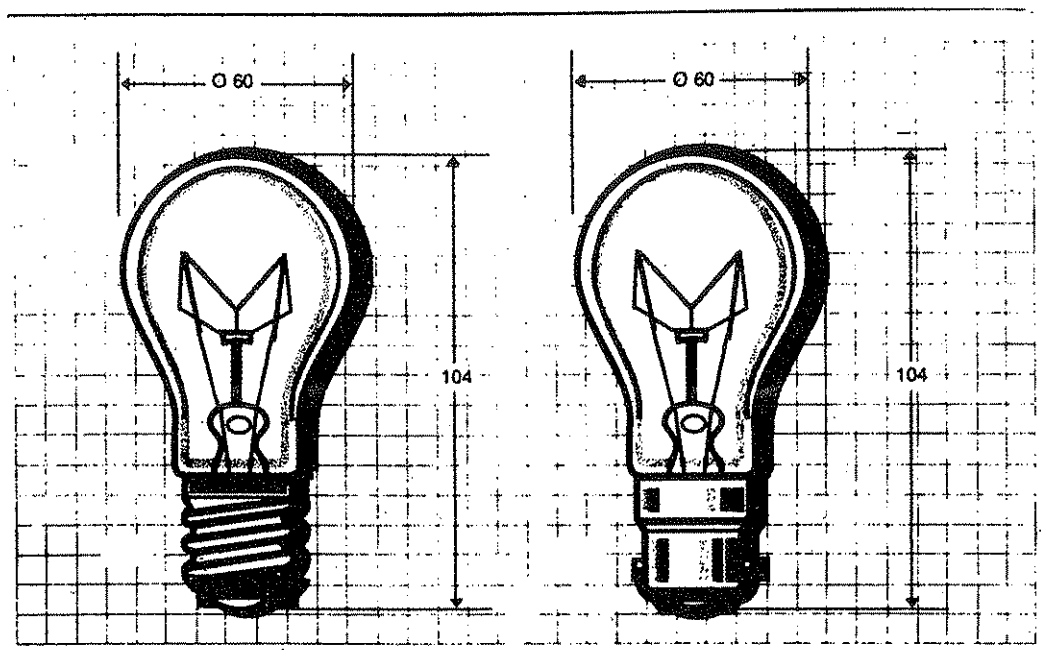
لامپ رشته‌ای :

اگر از مقاومتی،جریان برق عبورکند در آن حرارت ایجاد شده و مطابق قانون ژول،انرژی الکتریکی به انرژی حرارتی تبدیل می‌شود.اگر دزجه حرارت فلز بالا رود فلز سرخ وسپس نارنجی و پس ازآن به حالت

درخشان درمی‌آید و از خود نور سفید و خیره کننده‌ای پخش می‌کند.هر اندازه درجه حرارت فلز به نقطهٔ ذوب آن نزدیکتر باشد مقدار نور بیشتری منتشر می‌کند.بنابراین باید فلزی را برای ایجادنور انتخاب کنیم که نقطهٔذوب آن بالا بوده و بتوانیم بدون از هم پاشیدن آن،درجه حرارتش را به حداکثر ونزدیک به نقطهٔذوب برسانیم.

فلزات در درجه حرارت زیاد میل ترکیبی بیشتری با اکسیژن پیدا می‌کنند،بنابراین اطراف رشتهٔفلزی لامپ را باید از اکسیژن(هوا) خالی کردوگازهایی را به کار برد که با فلز گداخته میل ترکیبی نداشته باشد.همچنین باید در نظر داشته باشیم که از انتشار حرارت فلز به خارج جلوگیری کنیم،بنابراین فاصلهٔبین حباب و رشتهٔفلزی علاوه بر خنثی بودن(ازنظر ترکیب شیمیایی)باید از لحاظ حرارتی نیز عایق باشد،رشتهٔفلزی را فیلامان می گویند.

داخل حباب شیشه‌ای این لامپها از گازهای خنثی مانند:ازت،آرگن،کریپتون،هلیوم،نئون و ... پر شده است.زیرا اگر بخواهیم نور بیشتری به دست بیاوریم باید درجه حرارت رشتهٔفلزی را بالا ببریم،در این حالت فلز داخل لامپ در خلأ تبخیر شده و از میان می‌رود.فشار گاز داخل لامپ معادل نصف فشار جو یعنی 0.5 اتمسفر است.در این حالت می‌توان درجه حرارت رشتهٔفلزی را تا 2700 درجهٔ سانتی‌گراد بالا برد.رشتهٔفلزی به شکل فنر پیچیده شده و در داخل لامپ قرار دارد.تبدیل انرژی الکتریکی به انرژی نورانی در این نوع لامپها دارای بهرهٔ نور بیشتری است و با قدرتهای 25 تا1500 وات ساخته می‌شود.در شکل زیر تصویر دو لامپ رشته‌ای را مشاهده می‌کنید،که یکی دارای سرپیچ میخی و دیگری پیچی است.



لامپهای فلورسنت معمولی :

لامپهای معمولی فلورسنت که با اختلاف سطح 220 یا 110 ولت روشن می‌شوند،از لوله‌های شیشه‌ای به قطر 25 تا 38 میلی متر و طول 20 تا 160 سانتی متر ساخته می‌شوند.در دوسر این لوله‌ها دو رشتهٔفلزی

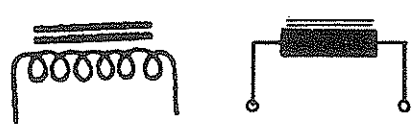
تنگستن اندوده به باریت (ماده‌ای که دارای تشعشع الکترونی خوبی است) کار گذاشته‌اند.فضای داخل لوله از بخار جیوه با فشار کم پرشده و جدار داخلی لوله به مواد فلورسانس اندوده شده است.وسایل اصلی مورد نیاز برای روشن کردن لامپ فلورسنت به شرح زیر است:

۱- چک (ترانس مهتابی) ۲- استارتر (راه انداز خودکار)

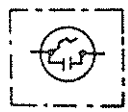
۱- چک :

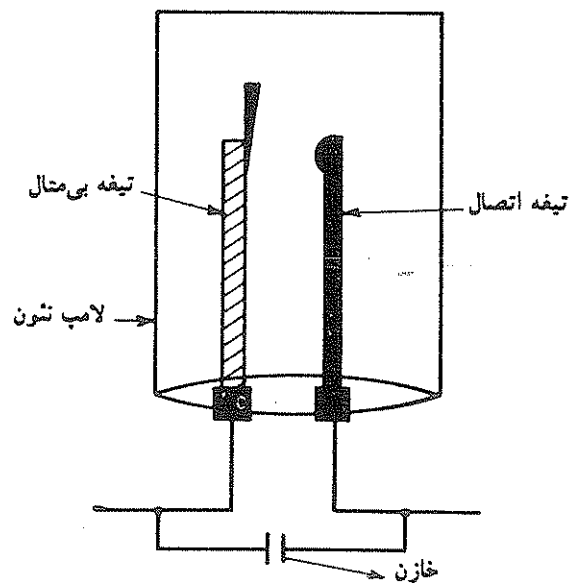
برای ایجاد تخلیهٔ الکتریکی در لامپهای گازی ابتدا اختلاف سطح بیشتر مورد احتیاج است و پس ایجاد جریان جریان در لامپ باید اختلاف سطح را کم کرد.سلف در موقع قطع جریان در استارتر این اضافه فشار را تأمین می‌کند.یعنی چک به کمک استارتر در لحظهٔاول ولتاژ را زیاد وپس از آنکه لامپ روشن شد ولتاژ را پایین می‌آورد و همچنین چک محدود کردن جریان را عهده دار است.لازم به تذکر است که ولتاژ زیاد مورد نیاز،به صورت لحظه‌ای تولید شده و به وسیلهٔدستگاههای اندازه‌گیری معمولی قابل رؤیت نیست.پس از آنکه لامپ روشن شد گاز داخل آن در اثر یونیزاسیون مقاومت کمی پیدا می‌کند در نتیجه جریان لامپ بالا می‌رود.بنابراین چک از بالا رفتن جریان جلوگیری می‌کند،همچنین باعث میشود که ضریب قدرت مدار پایین بیاید که با قرار دادن خازن می‌توان ضریب قدرت مدار را اصلاح کرد.

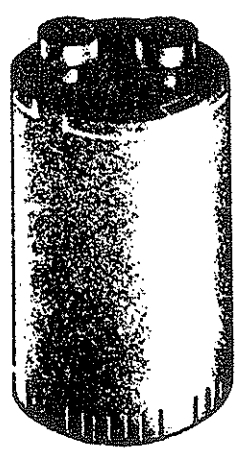
در کشورهای صنعتی مقرر شده است که استفاده از لامپهای فلورسنت باید همراه با خازنی برای جلوگیری از جرقهٔاستارتر و خازنی برای اصلاح ضریب قدرت تا میزان 0.9 باشد.علامت اختصاری چک در شکل زیر نشان داده شده است.



۲- استارتر :

تشکیل شده از یک لامپ نئون کوچک که یکی از الکترودهای آن را با یک تیغهٔ بی متال و الکترود دیگر آن را یک تیغهٔ فلزی تشکیل می‌دهد.اختلاف سطح روشن شدن استارتر در حدود 140 تا 160 (ولتاژ مورد نیاز برای یونیزاسیون گاز نئون داخل استارتر) ولت و اختلاف سطح خاموش شدن آن در حدود 120 تا 130 ولت است برای جلوگیری از پیدایش جرقه و پارازیت،یک خازن با استارتر به صورت موازی بسته می‌شود.علامت اختصاری استارتر به صورت  است و شکل زیر ساختمان داخلی و شکل ظاهری استارتر را نشان می‌دهد.





شکل ظاهری استارتر

رنگ نور لامپ فلورسنت

رنگ نور لامپ فلورسنت متناسب با مادهٔ فلورسانس داخل لامپ تغییر می کند.علاوه بر مادهٔ فلورسانس،معمولاً یک مادهٔ کمکی برای تکمیل فعل و انفعالات شیمیایی به آن اضافه می کنند.در جدول زیر نوع ماده،فرمول شیمیایی،نوع مادهٔ کمکی ورنگ نور تولید شده بوسیلهٔلامپ آمده شده است.

نوع ماده	فرمول شیمیایی	مادهٔرنگی		رنگ نور تولید شده
سیلیکات روی	$Zn\ Si\ O_4$	منگنز	Mn	سبز
سیلیکات کلسیم	$Ca\ Si\ O_4$	سرب،منگنز	Pb,Mn	صورتی
هالو فسفات کلسیم	$Ca_5(PO_4)_3(f,Cl)$	منگنز	Mn	آبی مایل به صورتی
بوریت کادمیم	$Cd_2B_2O_5$	منگنز	Mn	قرمز
فسفات استرونسیم،منیزیم	$(SrMg)_3(PO_4)_2$	قلع	Sn	سفید مایل به صورتی
فلوئور ژرمانات منیزیم	$Mg_4ge_6Mgf_2$	منگنز	Mn	قرمز سیر
فلوئور سنات منیزیم	$Mg_6As_2O_{11}Mgf_2$	منگنز	Mn	قرمز سیر
سیلیکات باریم	$BaSi_2O_5$	سرب	Pb	بنفش توأم با ماوراء بنفش
گالیات منیزیم	$MgGa_2O_4$	منگنز	Mn	آبی مایل به سبز
وانادات باتریم	YVO_4		–	قرمز
تنگستات منیزیم	$MgWO_4$		–	آبی کم رنگ
تنگستات کلسیم	$CaWO_4$		–	آبی سیر
فسفات باریم تیتانیوم	$Ba_4Ti(PO_4)_4$		–	آبی مایل به سفید

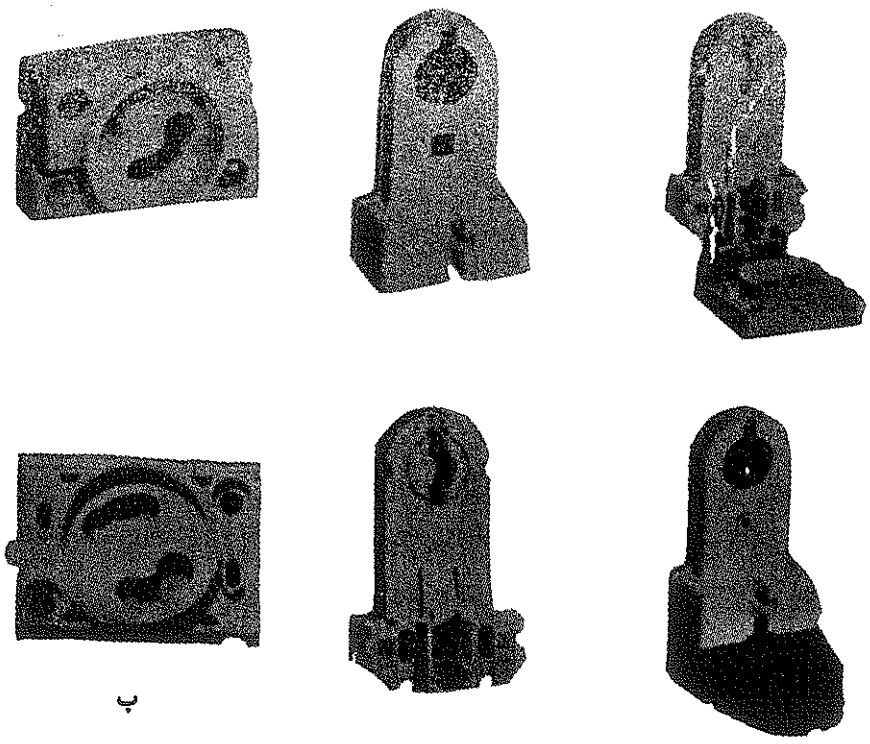
این جدول جنبهٔ آشنایی دارد و نیازی به حفظ مطالب آن نیست

اجزای مورد نیاز برای اتصال لامپ فلور سنت:

علاوه بر وسائل ذکر شده در قسمتهای قبل،وسائل کمکی دیگری از قبیل پایه لامپ(سوکت لامپ)،پایه استارتر و ... نیز مورد نیاز است.

پایهٔ لامپ فلورسنت:

پایهٔ لامپ فلورسنت از جنس چینی یا کائوچو یا پلاستیک مخصوص ساخته می‌شود. دردو سرلامپ زائده‌های فلزی وجوددارد که این زائده‌ها به فیلامان لامپ وصل است و در داخل سوکتهای لامپ فلورسنت جای می‌گیرد.برای استارتر نیز پایهٔجداگانه‌ای در نظر گرفته شده یا روی یکی از پایه های لامپ فلورسنت محل مخصوصی برای آن تعبیه شده است.در شکلهای زیر پایهٔاصلی توأم با پایهٔاستارتر و پایهٔسادهٔلامپ وپایهٔ استارتر مشاهده می‌شود.



الف ب پ

موارد استفادهٔلامپ فلورسنت:

به دلیل راندمان نوری بسیار بالا و تنوع رنگ لامپهای فلورسنت مصرف زیادی در روشنایی مراکز صنعتی،تونلها،مراکز تجاری و منازل مسکونی دارند.

رله

هر گاه از یک سیم پیچی که دارای هستهٔآهنی است جریان الکتریکی عبور کند هستهٔسیم پیچ آهنربا میشود.از این خاصیت برای قطع و وصل مدارها استفاده میشود.جزئی که این عمل را انجام می‌دهد رله نامیده میشود،به طورکلی به دو دسته تقسیم می‌شوند: ۱- رله های ساده ۲- رله های زمانی.

۱-رله‌های ساده:

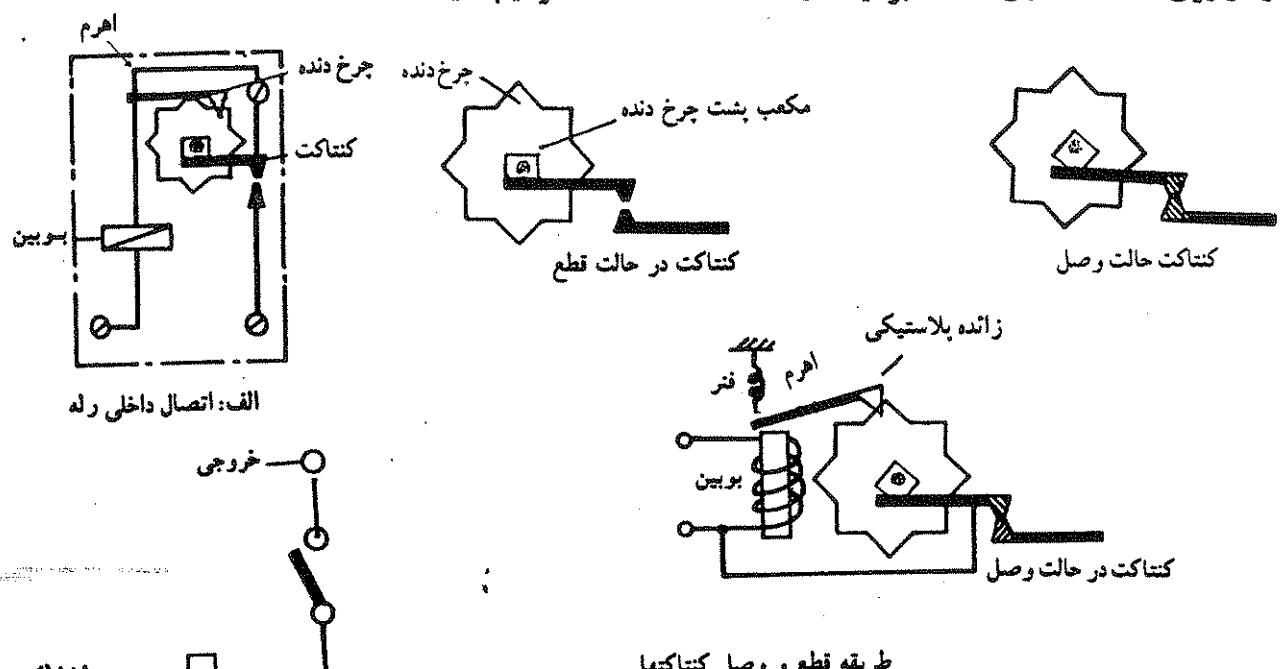
رله‌های ساده دارای انواع بسیاری است که به صورت تکفاز و سه‌فاز ساخته می شود.یکی از انواع رله‌های ساده رلهٔضربه‌ای است که از آن درمدارات روشنایی استفاده می‌شود.

۲-رله‌های زمانی:

رله‌های زمانی طوری ساخته شده‌اند که با تحریک آنها توسط جریان الکتریکی پس از مدت زمان معینی،مداررا قطع یا وصل می کنند.مدت زمان قطع و وصل این رله‌ها متفاوت است.یکی از انواع رله‌های زمانی رلهٔ راه‌پله می‌باشد.

رلهٔ ضربه ای :

رلهٔ ضربه‌ای از یک بوبین با هستهٔ آهنی که یک اهرم در بالای آن قرار دارد تشکیل شده است.وقتی جریان برق به بوبین وصل می‌شود،اهرم به طرف هسته کشیده می‌شود. در انتهای اهرم یک زائدهٔ‌پلاستیکی وجود دارد.در مقابل این زائده یک چرخ دنده قرار دارد که دراثر جلو آمدن زائدهٔ‌پلاستیکی این چرخ دنده به اندازهٔ $\frac{1}{8}$ دور دوران می کند.در زیر این چرخ دنده کنتاکتی وجود دارد که با چرخش چرخ دنده،قطع ووصل می‌شود.طریقهٔ‌قطع ووصل به این ترتیب است که روی محور چرخ دنده یک مکعب وجود دارد که هنگام دوران،در یک مرحله سطح صاف مکعب ودر مرحلهٔ بعدی رأس مشترک بین دوسطح جانبی مکعب روی کنتاکت قرار می‌گیرد و به این ترتیب مدار را قطع ووصل می کند.در شکل زیر یک رلهٔ ضربه‌ای و طرز کار آن را مشاهده می کنید.طرز اتصال یک رلهٔ ضربه‌ای به مدار بسیار ساده است.معمولاً این رله‌ها با ولتاژ 220 ولت کار می کنند.غالباً در داخل رله یک طرف بوبین به یک طرف کنتاکت اتصال داده شده است که در این حالت تعداد ترمینالهای خروجی رله سه عدد است.برای اتصال رلهٔ‌ضربه‌ای به مدار از شستی استارت استفاده می کنند.در شکل زیر نحوهٔ‌اتصال داخلی رله و علامت اختصاری آن را مشاهده می کنید.مقدار جریان مجاز کنتاکتهای داخلی رله بوسیلهٔ‌کارخانهٔ سازنده روی آن نوشته می‌شود.همچنین نقشهٔ اختصاری اتصال رله نیز روی آن ترسیم می‌شود.اگر شما به علائم اختصاری نقشه آشنائی داشته باشید،به آسانی می توانید نقشهٔ حقیقی رله را از روی نقشهٔ اختصاری آن که بوسیلهٔ‌کارخا نه داده شده است ترسیم کنید.



الف: اتصال داخلی رله

طریقه قطع و وصل کنتاکتها

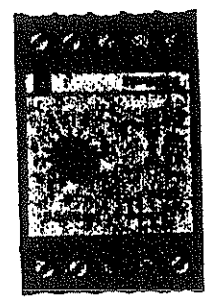
ب: مدار رله با علائم اختصاری

رلهٔ زمانی :

رله‌های زمانی در انواع مختلف و با ساختمانهای گوناگونی ساخته می‌شوند.از آنجا که هدف ما فقط آشنائی با کاربرد و عملکرد رله‌های زمانی است از بحث پیرامون ساختمان داخلی آن خودداری می کنیم.در گذشته برای اینکه تعدادی لامپ را از چند نقطه روشن وخاموش کنند از کلید تبدیل به همراه کلید صلیبی استفاده می کردند.(مثلاًدر راهروهای طویل ودارای خروجی‌های متعدد و یا در راه پله‌های ساختمانهای چندین طبقه) اما امروزه کلید صلیبی کمتر ساخته می‌شود و در بازار موجود نیست و به جای آن در چنین مواردی از نوعی رلهٔ زمانی استفاده می‌شود که به آن رلهٔ راه پله می گویند.در مدار روشنائی راه پله با رلهٔزمانی، با فشار به یک شستی که به جای کلید بکار گرفته شده است،رله شروع بکار کرده و لامپهای راه پله روشن می‌شوند و پس از گذشت زمان معینی خاموش می‌شوند.بر روی رله‌های راه پله معمولاً دکمه‌ای وجود دارد که سه حالت خاموش،روشن دائم و روشن زمانی توسط آن انتخاب می‌شود.حالت خاموش برای روز است.حالت روشن دائم برای مواقعی از شب که رفت و آمد زیاد است استفاده می‌شود و حالت روشن زمانی برای اوقاتی از شب که رفت و آمد کم است در نظر گرفته شده است.در حالت روشن زمانی رله پس از تحریک لامپها را روشن کرده و به مدت زمان معینی که روی آن تنظیم شده است آنها را روشن نگه می‌دارد.معمولاً زمان تنظیمی به گونه‌ای است که فرد پس از ورود به راه پله بتواند در روشنی لامپها به در منزل برسد.

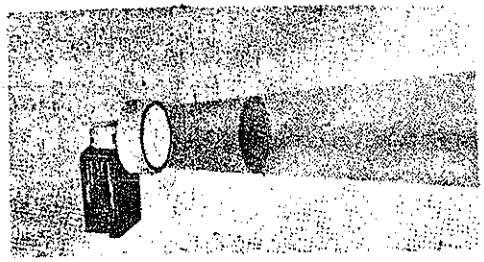
رله‌های زمانی در دو نوع ساده و تأخیری وجود دارند.معمولاً هر رله دارای کنتاکتهائی است که در شرایط عادی(تحریک نشده)باز یا بسته هستند.زمانی که رله عمل می کند کنتاکتهای باز آن بسته و کنتاکتهای بستهٔ آن باز می‌شود.به این ترتیب می‌توان با استفاده از این کنتاکتها مداری را قطع و یا وصل کرد.هنگامی که یک رلهٔزمانی ساده را تحریک می کنیم این رله پس از گذشت زمان تنظیم شده روی آن،تغییر حالت داده و عمل قطع یا وصل را انجام می‌دهد وزمانی که تحریک رله را قطع نکنیم در این حالت باقی می‌ماند.باقطع تحریک،رله به حالت اول خود برمی گردد.

رلهٔ تأخیری به این صورت عمل می کند که وقتی آنرا تحریک می کنیم بلا فاصله کنتاکتهای رله تغییر حالت داده و مدار را وصل می کنند.سپس با گذشت زمان تنظیم شده مجدداً رله به حالت اول خود برمی گردد.به این ترتیب معلوم می‌شود که رله‌های راه پله از نوع رله‌های تأخیری هستند.شکل زیر شمای ظاهری یک رلهٔزمانی را نشان می‌دهد.



فتوسل

فتوسل وسیله‌ای است که نسبت به نور حساس بوده و با برخورد شعاعهای نوری با صفحهٔ آن از خود ولتاژی تولید می‌کند و از تولید این ولتاژ می‌توان رله‌ای را بکار انداخت که مداری را قطع یا وصل کند.از فتوسل معمولاً برای خاموش و روشن کردن اتوماتیک لامپهای معابر استفاده می‌شود.شکل زیر شمای ظاهری وعلامت اختصاری فتوسل را نشان می‌دهد.



الف: شمای ظاهری

ب: علامت اختصاری

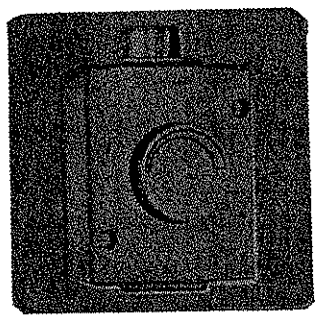
طرز کار آن بدین صورت است که وقتی روز است فتوسل ولتاژی را تولید می‌کند که این ولتاژ تولیدی به رله‌ای فرمان می‌دهد که مدار روشنائی معابر را قطع کند.و باتاریک شدن هوا چون نوری وجود ندارد فتوسل دیگر ولتاژی تولید نمی‌کند و جریانی به رله نمی‌رسد که دستور قطع لامپهای معابر را بدهد در نتیجه لامپهای معابر روشن می‌ماند.

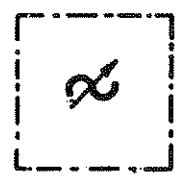
لازم به تذکر است که فتوسل را در مراکز برق نصب می‌کنند و همراه آن یک تقویت کننده وجود دارد که تغییرات جریان در اثر نور را تقویت می‌کند و رله را بکار می‌اندازد.

دیمر

دیمر وسیله‌ای است که توسط آن می‌توان شدت نور لامپ را کم یا زیاد کرد.در این وسیله از یک جزءالکترونیکی بنام تریاک استفاده شده است.در واقع تریاک مانع عبور قسمتی از موج متناوب ولتاژ ورودی می شود.معمولاً دیمر به صورت سری با مصرف کننده قرار می‌گیرد و ولتاژ ورودی را کنترل می‌کند.

میزان جریان مجاز دیمر نیز معین است. در شکل زیر ظاهر یک دیمر نشان داده شده است و ولتاژ ورودی به لامپ و در نتیجه نور آن به وسیلهٔ یک تنظیم کننده که به صورت دورانی یا کشوئی حرکت می‌کند کنترل می‌شود.دیمر از نظر ظاهری شبیه به یک کلید معمولی است که دارای دو ترمینال خروجی است.





شمای ظاهری و فنی دیمر

کاربرد انواع لوله در صنعت برق

در صنعت برق برای سیم کشی پریزها،روشنائی، ارتباط مصرف کننده‌هاو تابلوها از سیم استفاده می‌شود.چنانکه می‌دانیم اگر سیم‌ها به صورت عادی و بدون محافظ از روی دیوارها وکف کارگاه‌ها عبور داده شوند در اثر تغییرات جوی و بسیاری عوامل دیگر بزودی پوسیده شده و موجب ضرروزیان زیادی به دستگاهها و شبکهٔ برق می گردند.همچنین در منازل،سیم کشی به صورت روکار ظرافت و زیبائی منزل را از بین برده و ازنظر ایمنی کاری خطرناک می‌باشد.با توجه به موارد فوق اهمیت لوله‌هادر صنعت برق به عنوان محافظ سیمها و کابلها مشخص می‌شود.انواع لوله‌های مورد مصرف در صنعت برق عبارتند از:

۱- لوله‌های خرطومی پلاستیکی

۲- لوله های خرطومی فلزی

۳- لوله‌های پولیکا (P.V.C)

٤-لوله‌های پلاستیکی (P.E.T)

٥- لوله‌های فولادی

۱- لوله‌های خرطومی پلاستیکی :

این لوله‌ها کاملاً عایق هستند و از جنس (P.V.C) می‌باشد ودر بسته‌های 50 یاردی 45 متری و در اندازه‌های مشخص 16,13.5,11 ساخته می‌شوند.

از این لوله‌ها در مناطق خشک ودر داخل منازل به صورت توکار استفاده می‌شود.قابلیت انعطاف زیاد و ارزان بودن از محاسن این لوله‌هاست و پایین بودن استحکام مکانیکی از معایب این لوله‌ها به شمار می‌آید.در هنگام نصب این لوله‌ها به صورت توکار توجه داشته باشیم که روی دیوار به اندازهٔ 1 تا1.5 برابر قطر لوله کنده سپس لوله را داخل آن گذاشته و روی آنرا با گچ می‌پوشانیم.

۲- لوله های پلاستیکی سخت(P.V.C,P.E.T) :

این لوله‌ها کاملاً عایق بوده و در مقابل مواد شیمیایی و عوامل محیطی استحکام خوبی دارند.همچنین این لوله‌ها سبک بوده و نصب آنها از این نظر آسان می‌باشد.اما معایب این لوله‌ها این است که ضربه‌پذیر بوده و در مقابل حرارت و آتش سوزی تغییر شکل می‌دهند.از این لوله‌ها به صورت روکار و توکار استفاده می‌شود.

لوله‌های پلاستیکی سخت به صورت شاخه‌های 6 متری و در اندازه های $\frac{5}{8}$,$\frac{3}{4}$,1, $1\frac{1}{4}$ و یا 16 ،20 ،25 ،32 میلی متری ساخته می شوند.توجه داشته باشیم که لوله های (P.E.T) نسبت به لوله های(P.V.C) از نظر قیمت و استحکام و انعطاف پذیری بهتر بوده و امروزه کم کم جایگزین لوله های (P.V.C)شده اند.

الف- خم کاری لوله های پلاستیکی سخت : برای خم‌کاری لوله‌های پلاستیکی به دو روش زیر عمل می کنیم :

۱- با استفاده از فنر سیم کشی : فنر سیم کشی را از داخل لوله عبور داده سپس به وسیلهٔ شعلهٔ چراغ،محل خم‌کاری را کمی حرارت داده سپس دو سرفنر سیم کشی به همراه آن لوله نیز خم می‌شود.

۲- خم کاری با استفاده از ماسهٔ نرم : در این روش داخل لوله را از ماسهٔنرم پر نموده سپس بوسیلهٔچراغ کار یا پریموس محل خم را گرم نموده سپس به آرامی لوله را خم می کنیم.دلیل پر کردن لوله از ماسه این است که درمحل خم،لوله بسته نشده وشکل طبیعی خود را از دست ندهد.

۳- لوله های خرطومی فولادی : این نوع لولهٔ فلزی قابل انعطاف بوده و کاربرد این لوله‌ها بیشتر برای ارتباط لولهٔ فولادی به تابلو وهمچنین ارتباط تخته کلم الکتروموتورها به تابلوهای برق می‌باشد.

٤- لوله های فولادی : این لوله‌ها در دو نوع سیاه و گالوانیزه و با طولهای 3 تا5 متر ساخته می‌شوند.لوله‌های سیاه در جاهای خشک و لوله‌های گالوانیزه در جاهای مرطوب به صورت روکار و توکار مورد استفاده قرار می گیرند.کاربرد این لوله‌ها معمولاً درکارخانجات، کارگاه‌ها،بیمارستانها،پمپ بنزین‌ها و اغلب مراکز صنعتی می‌باشد.

لوله‌های فولادی سیاه و گالوانیزه در اندازه‌های زیر ساخته می‌شوند.همچنین لوله‌های فولادی را با حروف (Pg)و دراندازه‌های مشخص می‌سازند:

Pg9 ، Pg11 ، Pg13.5 ، Pg16 ، Pg21 ، Pg29 ، Pg36 ، Pg42 ، Pg48

کانالهای پلاستیکی و فلزی

این کانالها دارای شکل و ابعاد مختلف بوده و از زیبایی و ظرافت خاصی برخوردار هستند.از این کانالها برای انتقال سیم‌های جریان استفاده می‌شود.همچنین در صنعت تابلو سازی برق به جای فرم کاری از این کانالها و سیم افشان استفاده می‌شود.

گنجایش سیم‌ها در لوله‌های فولادی

جدول زیر گنجایش تعداد سیم‌ها با سطح مقطع‌های مختلف را در لوله‌های مختلف نشان می‌دهد:

سطح مقطع سیم به mm^2 / تعداد رشته سیم	گنجایش سیم‌ها در یک لولهٔ فولادی				
	2	3	4	5	6
1.5	Pg 11	Pg 11	Pg 11	Pg 11	Pg 11
2.5	Pg 11	Pg 11	Pg 11	Pg 11	Pg 11
4	Pg 11	Pg 11	Pg 11	Pg 13.5	Pg 16
6	Pg 11	Pg 11	Pg 13.5	Pg 16	Pg 21
10	Pg 13.5	Pg 16	Pg 21	Pg 21	Pg 29
16	Pg 21	Pg 21	Pg 21	Pg 29	Pg 29
25	Pg 21	Pg 29	Pg 29	Pg 36	Pg 36
50	Pg 29	Pg 36	Pg 36	Pg 42	Pg 42

اتصالات،برش،خم کاری و حدیده کاری لوله‌های فولادی

در اتصالات لوله‌ها و نصب آنها بر روی دیوارها از وسایل زیر استفاده می‌شود:

۱- رول پلاک :

یک زائدهٔ پلاستیکی یا چوبی است که پس از سوراخ کردن دیوار با متـه الماسـه آن را درون سـوراخ قرار داده و سپس بوسیلهٔ پیچ خودکار بستها را روی آن می‌بندند.به این ترتیب که پیچ کاملاً محکم شـده و بـه آسانی از دیوار خارج نشود.

۲- بستها :

از دو نیم دایرهٔفلزی تشکیل شده است و در اندازهٔلوله‌های فولادی قرار دارد،سپس لوله را درداخـل نیم دایرهٔ روی دیوار قرار داده و نیم دایرهٔ بعدی را بوسیلهٔ دو عدد پیچ روی آن محکم می کنند.

انواع اتصالات

برای اتصال لوله‌ها به یکدیگر برای دو لوله از اتصالی به نام بوش استفاده می‌شود.بوشها قطعات کوچـک لوله هستند که داخل آنها از وسط در دو جهت مخالف قلاویز شده است.زمانی که طـول لولـه کوتـاه باشـد و بخواهیم یک لولهٔ دیگر را به آن اتصال دهیم از این وسیله استفاده می کنیم.

اتصال سه راهی

در جاهایی که بخواهند سه عدد لولهٔ فولادی را به شکل سه راه به یکدیگر وصل کنند و یا از یـک مسـیر مستقیم انشعاب بگیرند ازاتصال سه راهی استفاده می کنند.معمولاً روی سه راهی‌ها سوراخ بـوده و دارای یـک در پوش است که اتصالات سیم‌ها مانند جعبه تقسیم داخل آن انجام می‌شود.

اتصال چهارراه

تقریباً مانند اتصال سه راهی بوده وزمانی که بخواهند چهار عدد لولهٔ فـولادی مطـابق شـکل زیـر را بـه یکدیگر وصل کنند از آن استفاده می کنند.

زانوها

یک اتصال دیگر است مطابق شکل زیر که برای اتصال 90^0 درجه دو لولـهٔ فـولادی بـه یکدیگـر از آن استفاده می‌شود.

جعبه تقسیم‌ها

در مواردی که بخواهند بیشتر از 3 تا 4 لولهٔ فولادی را در یک نقطه به یکدیگر ربط بدهند از جعبه تقسیم‌های چهارگوش استفاده می‌کنند.جنس آنها از پلاستیک فشرده بوده ومعمولاًدارای 8 تا 12 سوراخ ودر بعضی موارد سوراخ بیشتری برای ورود لوله‌ها می باشند.معمولاً این جعبه تقسیم‌ها دارای یک درپوش هستند که بوسیلهٔ چند عدد پیچ روی جعبه تقسیم محکم می‌شوند.

برش لوله های فولادی

ابتدا محل مورد نظر را به وسیلهٔ مداد یا کمان اره علامت گذاری نموده وسپس لوله را به وسیلهٔ گیره محکم می‌کنند.بوسیلهٔ لوله بر یا کمان اره لوله را می‌برند.حال اگر از لوله‌بر استفاده شده است محل بریده شده به طرف بیرون و داخل لبه‌هایی پیدا می‌کند که اگر از بین نرود در هنگام عبور سیم از داخل لوله موجب زخمی شدن روپوش سیم می‌شود.بنابراین لبهٔ داخلی را بوسیلهٔ سوهان گرد و لبهٔبیرونی را بوسیلهٔسوهان تخت صاف می‌کنند تا این عیب برطرف گردد.در هنگام برش با ارهٔ آهن بر باید دقت کرد که اره در حین کار،برسطح برش،عمود قرار گیرد و پس از برش با چرخاندن نوک انبردست درون لوله،پولیسه‌های حاصل از عمل برش از بین برود.

حدیده کاری لوله‌های فولادی

برای وصل دو عدد لولهٔ فولادی به یکدیگر از بوش استفاده می‌شود.چنانکه می‌دانیم داخل بوشها رزوه شده است و باید سر دو لوله‌ای که وارد بوش می‌شوند، رزوه کاری شود.برای رزوه کاری لوله‌ها از حدیدهٔ مخصوص لولهٔ فولادی استفاده می‌شود.این حدیده در اندازه‌های استاندارد لوله‌های فولادی ساخته می‌شوند یعنی برای هر لوله یک حدیدهٔ مخصوص وجود دارد.اندازه‌های استاندارد حدیده‌ها عبارتند از:

Pg11 , Pg13.5 , Pg16 , Pg21 , Pg29 , Pg36 , Pg42 , Pg48

برای حدیده کاری لوله‌های فولادی لوله را طوری به گیره ببندید که سر لوله حدود 10 تا 15 سانتی‌متر از گیره فاصله داشته باشد. کمتر از 10 سانتی متر باعث عدم انجام کار و بیشتر از 15 سانتی متر باعث شکستن دندانه‌های حدیده و لوله می‌شود.توجه داشته باشیم که سر لوله کاملاً تمیز و فاقد پلیسه باشد.در غیر این صورت باید پلیسه‌ها را از بین برد،آنگاه دستگاه حدیده را روی لوله سوار کرده و با فشار و چرخش دستهٔ حدیده در جهت عقربه‌های ساعت شروع به حدیده کاری می‌کنیم.درحین کار باید مرتباً بوسیلهٔروغندان بر روی محل حدیده‌کاری روغن ریخته و پس از اینکه دستگاه حدیده را یک یا دو دور چرخاندیم نیم دور در جهت عکس می‌چرخانیم تا براده‌های حاصله جدا و خارج شود.عمل حدیده‌کاری را ادامه می‌دهیم تا زمانیکه 3 تا 4 دندانه از حدیده بیرون آید پس از اتمام حدیده‌کاری آن را در جهت عکس چرخانیده واز لوله خارج می‌کنیم.سپس بوسیلهٔ دستهٔ حدیده ضربه‌ای به لوله می‌زنیم تا براده‌های حاصله خارج شود.

خم کاری لوله‌های فولادی

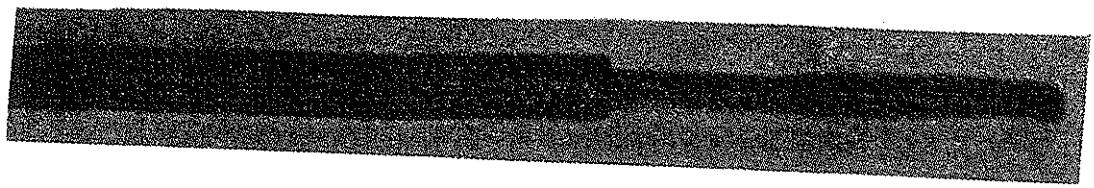
برای خم‌کاری لوله‌های فولادی از وسیله‌ای بنام خم کن استفاده می‌شود.دستگاه خم‌کن در دو نوع دستی وهیرولیکی در دسترس می‌باشد که معمولاً برای خم کردن لوله‌هایی با قطر بیش از یک اینچ و لوله‌های فولادی نمرهٔ29 به بالا از نوع هیدرولیکی و برای نمره‌های پایین تر از نوع دستی استفاده می‌شود.

هر خم‌کن دستی دارای چند نیم قوس یا نیم استوانه، متناسب با اندازهٔ لوله‌های فولادی می‌باشد.برای خم کردن لوله،ابتدا نیم قوس مناسب را انتخاب کرده و در جای مخصوص آن نصب می‌نماییم و تکیه‌گاه لولهٔ مناسب با اندازهٔ لوله تنظیم می‌شود سپس لوله را در تکیه‌گاه و بین قوس ودستهٔ لوله خم‌کن قرار داده با فشار یک پایهٔ دستگاه همزمان دستهٔ خم‌کن را به طرف پایین کشیده و با فشار یکنواخت لوله را با زاویهٔ مورد نظر خم می‌کنیم پس از خم شدن لوله اهرم را بالا برده ولوله را خارج می‌نماییم.در هنگام کار با دستگاه خم‌کن توجه داشته باشید که حتماً نیم قوس و تکیه‌گاه مناسب با اندازهٔ لوله انتخاب شود.

کابل و کابل کشی

تعریف کابل :

هر هادی الکتریسیته که عایق روی آنها نسبت به زمین دارای اختلاف پتانسیل صفر و هادی آن نسبت به زمین دارای اختلاف پتانسیل فازی یا اصطلاحاً ولتاژ فازی باشد،کابل نامیده می‌شود.



کابلها در طراحی شبکه‌های برق و تنظیم پروژه‌های پخش انرژی الکتریکی در کارخانجات،مراکز صنعتی،تجارتی و منازل بکار می‌رود.از این رو شناخت کابل و کاربرد آن ضرورت و اهمیت خاصی دارد.هر کابل با سطح مقطع معین قادر به انتقال جریان به میزان مشخصی می‌باشد و اگر جریان از این حد تجاوز کند باعث استهلاک زودهنگام و یا سوختن کابل می‌شود.در طراحی شبکه و کابل‌کشی سه اصل زیر را باید در نظر گرفت :

۱- جریان برق از حد مجاز جریان کابل بیشترنشود.

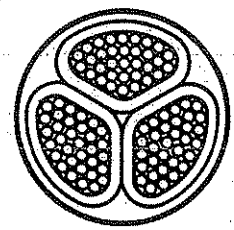
۲- افت ولتاژ بیش از حد مجاز نباشد.

۳- محاسبات اقتصادی در مورد سطح مقطع انتخابی از نظر تلفات توان انجام گیرد.

ساختمان کابل

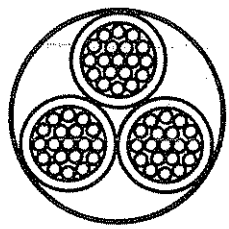
۱- هادی کابل :

هادی کابلهای برق از مس الکترولیت با خلوص بالا ساخته شده است.هادی کابلها را به شکلهای مثلثی و گرد می‌سازند که علائم اختصاری آنها چنین است.



sm

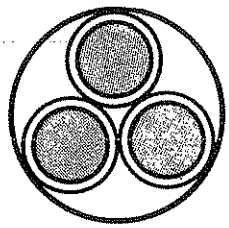
S = مثلثی یا سه‌گوش
m =چند رشته



rm

S =مثلثی یا سه‌گوش
e =تک رشته

r =گرد یا دایره‌ای
m =چند رشته



re

r =گرد یا دایره‌ای
e =تک رشته

۲- عایق کابلها :

عایق کابلها معمولاً از مادهٔ P.V.C یا P.E.T می‌باشد.معمولاً مقداری پودر P.V.C نیز در زیر روپوش اصلی کابل و بین هادیهای روپوش‌دار داخل کابل قرار می‌دهند.خاصیت این پودر اینست که در مواقع عادی موجب خنک شدن کابل و در هنگام آتش‌سوزی و یا گرم شدن بیش از حد در اثر عبور جریان از شعله‌ور شدن کابل جلوگیری می‌کند.اصطلاحاً به کابلهایی که دارای روپوش P.V.C یا پودرP.V.C هستند کابلهای (پروتودور) می‌گویند.

۳- غلاف کابل :

جنس غلاف کابلها معمولاً از سرب می‌باشد وبرای جلوگیری از نفوذ رطوبت و بالا بردن استحکام کابل به دور روپوش بیرونی کابل قرار می‌گیردومعمولاً در کابلهایی با سطح مقطع بالا که بیشتر برای کابل‌کشی زیر زمینی از آنها استفاده می‌شودیک لایه قیروگونی نیز به دور غلاف کابل قرار می‌گیرد تا کابل در مقابل رطوبت کاملاً محافظت شود.

دربعضی از کابلها برای خنک کردن از روغن استفاده می‌شود،این کابلها را اصطلاحا کابل روغنی می‌گویند و معمولاً در مرکز محلی برای ریختن روغن در داخل کابل وجود دارد.

٤- حفاظ کابل :

در بعضی از کابلها برای تأمین حفاظت در برابر برق گرفتگی ناشی از ضربه خوردن کابل در آن حفاظی از مس وجود دارد،این حفاظ از تعدادی مفتول مسی که برروی محیط کابل قرار گرفته ونواری مسی

که بصورت مارپیچ به دور آن پیچیده می‌شود،تشکیل شده است.معمولاً از این حفاظ به عنوان سیم زمین یا سیم ارت نیز استفاده می‌شود.

جدول رنگ بندی کابلها

تعداد سیم	با هادی حفاظتی	بدون هادی حفاظتی
2	سبز-زرد/مشکی	مشکی/آبی روشن
3	سبز-زرد/مشکی/آبی روشن	مشکی/آبی روشن/قهوه ای
4	سبز-زرد/مشکی/آبی روشن/قهوه ای	مشکی/آبی روشن/قهوه ای/مشکی
5	سبز-زرد/مشکی/آبی روشن/قهوه ای/مشکی	مشکی/آبی روشن/قهوه ای/مشکی/مشکی
6 وبیشتر	سبز-زرد/سیم‌هایی به رنگ مشکی با شماره های سفید رنگ که ترتیب آن ازداخل به خارج است	کلیهٔ سیم‌ها به رنگ مشکی با شماره‌های سفیدرنگ که ترتیب آن از داخل به خارج است

فرم استاندارد کابلها یا (سطح مقطع های استاندارد کابلها)

کابلها به صورت استاندارد در سطح مقطع‌های زیر در دسترس می‌باشد:

1.5 - 2.5 - 4 - 6 -10 - 16 - 25 - 35 - 50 - 70 - 95 - 120 - 150 - 185 - 240 - 300 - 400 - 500 - 625 - 800 - 1000

در جدول رنگ بندی سیم‌ها کابل رنگ سبز- زرد برای مشخص کردن سیم اتصال زمین (SL) است و مصرف غیر از آن مجاز نیست.از سیم آبی به عنوان سیم نول استفاده می‌شود،ولی در صورت وجود نداشتن نول در کابل از این سیم می‌توان به عنوان هر سیمی به غیر از سیم ارت استفاده کرد.

طرز شناختن کابلها

برروی کابلهای پروتودور حرف و علائم زیر بر حسب مورد ثبت می‌شود،این حروف بر اساس استاندارد (V.D.E) (فا- دی- ای) آلمان می‌باشد.

N - علامت کابل با سیم مسی

NA - علامت کابل با سیم آلومینیمی

Y - علامت عایق پروتودور می باشد.(اولین Y در ردیف است)

H - علامت ورقهٔ متالیزه می‌باشد.

R - حفاظت فولادی سیم نواری شکل

T - سیم تحمل کننده در کابلهای هوایی

C - در کابلهای فشار ضعیف علامت سیم صفر به صورت لوله دور عایق سه سیم دیگر پیچیده شده است و در کابلهای فشار قوی علامت سیم حفاظت وسیم نول است.

B - حفاظت فولادی نواری شکل

Y - روپوش پروتودور (دومین Y در ردیف حروف)

چگونگی خواندن حروف نوشته شده روی کابلها

مثال ۱) برروی کابلی نوشته شده است NYY4 × 2.5rm0.6 / 1KV مفهوم این حروف چیست؟

جنس هادی کابل از مس بوده - روپوش هرکدام از رشته‌ها و روپوش خارجی کابل پروتودور می‌باشد.این کابل دارای 4 رشته سیم به سطح مقطع 2.5 میلی‌متر مربع است- هرکدام از رشته‌ها افشان بوده- شکل هادی گرد می‌باشد- به طور کلی کابل گرد چند رشته است.این کابل ولتاژ فازی تا 0.6 کیلووات یا 600 ولت را تحمل و ولتاژ خطی تا یک کیلوولت تا 1000 ولت را تحمل می کند.

مثال ۲) بر روی کابلی نوشته شده است NAYY3 × 6 + 4Sm0.22KV / 0.5KV مفهوم این حروف چیست؟

معنی عبارت فوق اینست که هادی کابل از جنس آلومینیم می‌باشد- دارای روپوش خارجی و داخلی پروتودور است- حاوی سه رشته سیم به سطح مقطع 6 میلی‌متر مربع برای سه‌فاز و یک رشته سیم به سطح مقطع 4 میلی‌متر مربع می‌باشد- نوع هادی‌های کابل از نظر شکل،مثلثی و چند رشته می‌باشد.ولتاژ فازی 220V ولت و ولتاژ خطی 500V را تحمل می کند.

اتصالات کابلها

۱- اتصال کابل به کابل‌شو :

برای اتصال کابل به مدار از کابل شو یا کفشک کابل استفاده می‌شود. کابل‌شوها ممکن است پرسی یا قابل لحیم‌کاری باشند.از نظر شکل ظاهری شبیه سرسیم هستند،معمولاً برای بدست آوردن یک اتصال صددرصد قابل اطمینان کلیهٔ کابل‌شوها را با کابل لحیم می کنند.

۲- بریدن،روپوش برداری ونصب کابل‌شوی کابل :

کابلها را معمولاً به وسیلهٔ انبر کابل‌بری می‌برند.انبر کابل‌بری مانند سیم چین عمل می کند.برای روپوش برداری کابل این عمل به وسیلهٔ چاقوی مخصوص روپوش برداری انجام می‌شود،به این صورت که قسمتی را که باید روپوش برداری شود،خط‌کشی نموده سپس به وسیلهٔ چاقو دورتادور محیط کابل را به دقت می‌برید.عمق چاقو در روپوش باید به اندازه‌ای باشد که موجب زخمی شدن روپوش هادی داخلی نگردد.سپس به وسیلهٔنوک چاقو از محل بریده شده تا انتهای قسمت خط‌کشی روپوش کابل را از طول بریده و آن را از روی کابل باز می کنیم.در هنگام کار با چاقوی کابل‌بری توجه داشته باشیم که هیچ گاه نوک چاقورا به سمت بدن خود روی کابل نکشیم،سپس روکش داخلی هادی‌های کابل را به اندازه‌ای که در جای مخصوص سیم کابل‌شو قرارگیرد بااستفاده از سیم لخت‌کن یا چاقوئی،کابل را لخت کرده سپس کابل شوها را به آن وصل کنید.سپس به وسیلهٔ لحیم‌کاری،هادی و کابل‌شو را به طور کامل به یکدیگر اتصال دهید.

بستن کابل شو به وسیلهٔ پیچ و مهره

پس از اینکه کابل شو را به کابل اتصال دادیم لازم است که کابل و کابل‌شو به تابلو متصل شود کابل شوها را بااستفاده از پیچ و مهرهٔ ورودی شین‌های مسی انتقال جریان داخل تابلو وصل می‌کنند.در هنگام بستن کابل‌شو به وسیلهٔ پیچ و مهره به تابلوها دقت داشته باشیم مهره‌ها کاملاً سفت باشد زیرا اتصال شل موجب پیدایش جرقه وسوختن کابل در محل اتصال به شین می‌شود.

عواملی که در تعیین سطح مقطع کابل مؤثر است :

۱- جریان مجاز :

جریان مجاز جریان عبوری از سیم‌ها و کابل‌ها است به طوری که درجه حرارت عایق در سطح هادی سیم‌ها و کابلهای P.V.C از 40^0 c بالاتر نرود.جریان‌های مجاز عبور داده شده برای کابلها،زمانی که درداخل خاک قرار می‌گیرند با این مبنا تعیین می‌شود که کابل بر روی بستری از ماسهٔنرم قرار می‌گیرد و پس از خاک ریزی روی کانال آجرفرش شود به علاوه کابل در مسیر خودش می‌تواند از داخل تعداد محدودی لولهٔ فولادی به صورت پیوسته عبور کند.جریان مجاز کابلهایی که در هوای آزاد قرار دارند بر اساس ضریب باریک ودر هوای با حرارت 30^0 c است.جریان مجاز کابل در داخل خاک باشد این مسائل تعیین کنندهٔعبوری از کابل هستند.جدول جریان مجاز کابلهای روپوش دار پروتودار در این جدول طریقهٔقرار گرفتن و محل نصب سیم‌ها وکابلها به سه گروه زیر تقسیم شده است :

گروه ۱ : سیم‌های تک رشته و کابلهای چند رشته که از داخل لوله عبور داده می‌شود.

گروه ۲ : کابلهای تک رشته و چند رشته که خارج از لولهٔ مورد استفاده قرار می‌گیرند.

گروه ۳ : کابلهای تک رشته که درفضای آزاد وبا حداقل فاصله از یکدیگر به اندازهٔ قطرکابل نصب می‌شوند.

جدول جریان مجاز کابلهای روپوش‌دار پروتودار

سطح مقطع هادی با کابل به mm^2	گروه 1 جریان مجاز به A	گروه 2 جریان مجاز به A	گروه 3 جریان مجاز به A
0.75	10	13	16
1	12	16	20
1.5	16	20	25
2.5	21	27	34
4	27	36	45
6	35	47	57
10	48	65	78
16	65	87	124
25	88	115	137
35	–	143	168
50	110	178	210
70	140	220	260
95	-	265	310
120	-	310	365
150	-	355	415
185	-	405	475
240	-	480	560
300	-	555	645
400	-	-	770
500	-	-	880

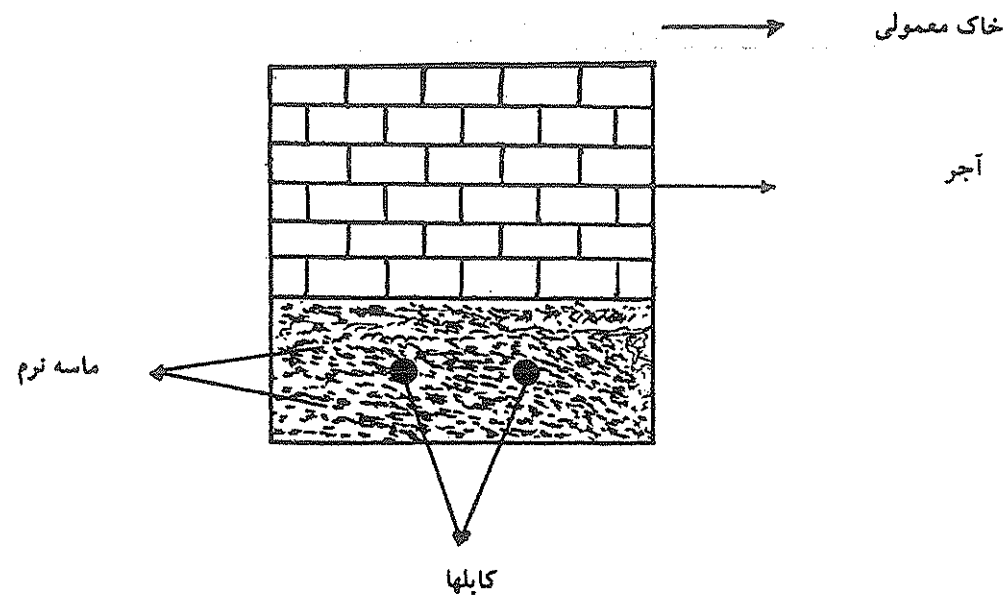
۲- افت ولتاژدر کابل :

در شبکه‌های پخش انرژی الکتریکی اندازهٔ سطح مقطع کابلها تنها براساس جریان مجـاز عبـوری از آن انتخاب نمی‌شود بلکه طول کابل که متناسب با افت ولتاژ است عامل تعیین کننده‌ای می‌باشد.

۳- شرایط نصب و قرار دادن کابلهای برق :

کابلهای با عایق و روپوش پلاستیکی را هیچگاه نباید در درجه حرارت زیـر $50^{0}c$ نصـب و کابل‌کشـی نمود.در صورت اجبار،قرقرهٔ کابل چند روز قبل از نصـب در محیـط گرمـی حـدود $20^{0}c$ قـرار داده وبـرای استفاده سریعاً قبل از اینکه دمای آن به دمای غیر مجاز برسد،بکار می‌برند.در هنگام کابل‌کشی در جاهایی کـه به وسیلهٔ جک،کابل کشیده می‌شود باید مواظب باشیم که نیروی کشش وارده به کـابل از مقـدار مجـاز بیشـتر نشود.اگر کابل در خاک دفن شود،باید کانال را به عمق 70cm وعرض 30 تا 50 سانتی متر حفر نمـاییم سـپس به ارتفاع 10cm کف کانال را با ماسهٔنرم می‌پوشانیم،کابل را روی ماسه‌ها قرار داده و مجدداًبه ارتفـاع 10cm دیگر روی آن ماسهٔنرم می‌ریزیم.سپس روی ماسه‌ها را آجرفرش نموده وآنگـاه روی آجرهـا خـاک معمولـی می‌ریزیم.این عمل سبب می‌شود که فشار طبقات خاک روی کابل کمـتر شـده و همچنیـن در موقـع کنـدن

مجدد، کابل به وسیلهٔ ضربات بیل و کلنگ زخمی نشود. شکل زیر یک کانال که کابل داخل آن قرار گرفته را نشان می‌دهد.



کابل کشی

روشهای مختلف جهت کابل کشی در تأسیسات الکتریکی وجود دارد ، که در تمام آنها اساس کار، رعایت اصول فنی و استانداردهای لازم در انجام کار است. منظور از کابل کشی صنعتی، برق رسانی به مراکزی مانند : کارخانجات، کارگاهها و ساختمانهای بزرگ و بیمارستانها می‌باشد.

۱- کابل کشی در ساختمانهای بلند و بزرگ :

در این گونه مراکز به علت وضعیت کار، هریک از طبقات را یک واحد مستقل در نظر می‌گیرند و در صورتی که طبقات خود به چند قسمت تقسیم شوند، هر قسمت را یک واحد مستقل در نظر گرفته و سیم کشی داخل آن را طراحی می‌کنند، سپس نحوهٔ انتقال انرژی از تابلوهای اصلی و چگونگی توضیع آن طراحی می‌شود. باتوجه به مصرف هر واحد، محاسبات لازم را انجام داده و به وسیلهٔ کابل، انرژی الکتریکی را به تابلوی فرعی یا جعبه تقسیم هر طبقه یا واحد می‌رسانند. باید سعی شود مسیر کابلها برای تمام طبقات در یک راستا باشد تا در هنگام عیب‌یابی مشکلی پیش نیاید. همچنین در این گونه ساختمانها به علت وجود تیرهای آهنی افقی و عمودی محدودیتهایی در مورد عبور مسیر کابلها و لوله‌های فولادی یا P.V.C وجوددارد، باید سعی شود محل مناسبی برای عبور لوله‌ها و کابلها در نظر گرفته شود.

مسیر لوله‌ها بر روی دیوارها معمولاً به صورت عمودی است و برای برق رسانی در مسیر افقی به علت برخورد با ستونهای بتونی یا فلزی معمولاً از کف ساختمانها استفاده می‌شود و انشعابهای روشنایی روی سقفها

انجام می‌گیرد.برای کشیدن لوله و جاگذاری آن در سقفهای طبقات در ساختمانهای بتونی وتیرچه بلوک قبل از بتون ریزی باید اقدام کرد.دیوارها در این گونه ساختمانها معمولاً دیوارهای جداکننده و دارای ضخامت کم هستند.این دیوارها پس از ساختن سقف ساخته می‌شوند،لذا جهت عبور لوله‌ها و کابلها و کانالهای مربوط بر روی چنین دیوارهایی باید قبلاً محل کاررا به صورت مناسب انتخاب کرد.

عبور کابل از داخل لوله یا کانال از کف محلهایی مانند آشپزخانه،حمام،دستشویی و محلهای شستشو و به طور کلی مکانهایی که آبریزی دارد،ممنوع است.عبور کابل برق از کنار سیم‌های تلفن یا مخابرات،آنتن وکامپیوتر مجاز نیست.

۲- کابل کشی مراکز تجاری مانند بانکها،بیمارستانها و غیره :

در این مراکز برای انجام کابل کشی از روشهای مختلفی استفاده می‌شود،که عبارتند از :

الف - نصب کابل برروی دیوارها :

در این روش کابل توسط بست‌های فلزی یاپلاستیک به وسیلهٔ رول‌پلاک و پیچ برروی دیوار نصب می‌شود.در کابل کشی برروی دیوار شعاع خمش کابل در زاویه‌ها و سرپیچ‌ها برای کابلهای P.V.C حدود 15 برابر قطر آن می‌باشد،همچنین در صورتی که چند کابل کنار هم قرار گیرندباید حداکثر به اندازهٔقطر کابل و حداقل به اندازهٔ نصف قطر کابل از یکدیگر فاصله داشته باشند.فاصلهٔ بستها در مسیرهایی که کابلها به صورت افقی روی دیوار قرار می‌گیرند باید 50 تا 80 سانتی متر و در مواردی که کابلها به صورت عمودی قرار می‌گیرند در حدود 80 تا 120 سانتی متر باشد.

ب - نصب کابلها با استفاده از لوله‌های فولادی :

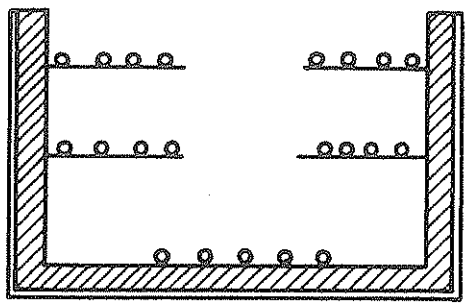
در مکانهایی که امکان برخورد وسایل برّنده با کابل وجود دارد و یا رفت وآمد زیاد است،کابلها را از لوله‌های فولادی عبور می‌دهند و نصب لوله‌های فولادی روی دیوار و چگونگی اتصالات و برش آنها و همچنین خم‌کاری در فصل کاربرد لوله‌ها در صنعت برق توضیح داده شده است.

ج - نصب کابلها در کانالهای سیمانی :

این طریقهٔ کابل‌کشی در کارخانجات و تأسیسات بزرگ کاربرددارد.برای این کار کانالهایی به عمق 30 تا 70 سانتی متر و عرض 30 تا 40 سانتی متر که اطراف و کف آن کاملاً سیمان‌کاری شده است که درکف کارگاه و نزدیک دیوارها ساخته می‌شود.

کابلهای برق را مطابق شکل زیر در داخل آن قرار می‌دهند.چنانچه تعداد کابلها زیاد باشند به وسیلهٔ نبشی و صفحات مشبک کانال را طبقه بندی می‌کنند و کابلها برروی این صفحات قرار می‌گیرند.این صفحات باید به صورتی باشند که هنگام تعمیر و بازرسی طبقات زیر مشکلی پیش نیاید.دراین کانالها معمولاً کابلهای قدرت در طبقات زیر و کابلهای فرمان روی طبقات بالایی کانال قرار می‌گیرندو درب این کانالها را معمولاً با صفحات آجدار آهنی می‌پوشانند که با رنگ قرمز یا زرد مشخص می‌شوند.کف کانالها باید دارای شیب مناسب

باشد تادر صورتی که آب به داخل آن نفوذ نمود به راحتی خارج شده و به فاضلاب منتهی شود.معمولاً در فواصل معینی صفحات آجداررا به صورت مشبک می‌سازند تا هوا به راحتی داخل کانال جریان پیدا کند.



د - نصب کابل با استفاده از سینی‌های فلزی :

در این روش از سینی‌های فلزی با لعاب گالوانیزه شبیه کفهٔ قفسهای فلزی استفاده می‌شود،به این صورت که سینی‌ها را به وسیلهٔ پیچ و مهره روی ستونهای سقف و کارگاه نصب می‌کنند،و کابلها راروی آنها قرار می‌دهند،سپس به تناسب هر دستگاه یک کابل از روی سینی به طرف پایین می‌کشند.کاربرد این روش معمولاً در کارخانجات و مراکز صنعتی می‌باشد.

اتصالات کابلها (مفصل بندی)

منظور از اتصالات کابلها،اتصال انتهایی،اتصال سربه سر،اتصال سه راهی و اتصال چهارراه می‌باشدودر مواردی که کابل به دلایلی صدمه ببیند و بخواهند آن را ترمیم کنند و یا جهت اتصال کابلها در مسیرهای طولانی و همچنین در انشعابات و انتهای خطوط و جهت اتصال کابلها از وسایلی استفاده می‌شود که می‌توانند محل اتصال را در برابر رطوبت،فشارهای مکانیکی و اتصال کوتاه هادیهای کابل به یکدیگر و همچنین اتصال زمین آن حفاظت نماید،این وسایل مفصل و سرکابل نامیده می‌شوند.مفصل‌ها و سرکابلها از چدن،فولادو یا مواد عایقی مانند P.V.C و غیره در اندازه‌های مختلف ساخته می‌شوند.دو نوع مفصل بیشتر از انواع دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرند که عبارتند از :

۱- مفصلهای VS :

یکی از متداولترین نوع مفصل می‌باشد که برای مفصل‌بندی کابلهای زیر زمینی از آنها استفاده می‌شود جنس این مفصلها از چدن می‌باشد.

۲- مفصلهای PV :

برای انشعابات واتصال کابلهای پروتودور در مواردی که احتیاج به مفصل چدنی ویا فولادی نباشد،مورد استفاده قرار می‌گیرند،لذا بیشتر در انشعابات کوچک کاربرد دارند.

طریقهٔ بستن مفصل و سرکابل

عملیات لخت کردن و بستن سر کابل و مفصل یکی از کارهای دقیق است که باید با نهایت دقت و حوصله و آگاهی انجام گیرد.کوچکترین خطا و بی دقتی موجب اتصال سیم‌ها به یکدیگرو یایک سیم به زمین شده و در نتیجه کابل سوخته و از بین می‌رود.

۱- طریقهٔبستن سر کابل :

در تابلوهای کارخانجات صنعتی کابلها به وسیلهٔسر کابل به شینهای مسی داخل تابلو وصل می‌شوند،برای وصل سر کابل به کابل باید با نهایت دقت روپوش کابل را به اندازه‌ای که به راحتی داخل محل اتصال کابل به سر کابل قرار گیرد برداشته،سپس به وسیلهٔپرس سر کابل آنرا پرس کرده و در مواردی که سطح مقطع کابل زیاد باشد کابل را به وسیلهٔلحیم کاری با استفاده ازچراغ ویا مشعل گازی لحیم کاری می کنیم.در روش لحیم کاری توجه داشته باشیم که روپوش کابل را به وسیلهٔ پارچهٔ نسوز باندپیچی نموده ودر زمان لحیم کاری مرتب آن را خیس نموده تااز سوختن روپوش کابل جلوگیری شود.پس از بستن سر کابل به کابل به وسیلهٔمته،شینها را سوراخ کرده آنگاه توسط پیچ و مهره سر کابلها را به شینها متصل می‌نماییم.توجه داشته باشیم که اتصال بین کابل و سر کابل و شین کاملاً محکم باشد،زیرا در غیر اینصورت در محل اتصال جرقه تولید شده و به مرور موجب سوختن کابل می‌شود.

۲- طریقهٔبستن مفصل :

مفصلها را در انواع اتصال سر به سر،سه راهی و چهارراهی می‌بندند که ازنظر اصول کار هر سه نوع مانند یکدیگر می‌باشند،که در زیر به شرح چگونگی اجرای عملیات اتصال مفصل سر به سر می‌پردازیم.

۱- در محل قرار گرفتن مفصل باید کانال عریض‌تر شده و کابلها مطابق شکل زیر در داخل کانال قرار گیرند.این عمل باعث خواهد شد که اولاً کشش‌های وارده به کابل به محل اتصال منتقل نشده،ثانیاً چنانچه تعمیرات بعدی مورد نیاز باشد به اضافه کردن قطعهٔ دیگری به آن نیاز نباشد.

۲- سر کابلها از وسط محلی که روی هم قرار گرفته‌اند طوری بریده شوند که این سرها در مقابل هم قرار گیرند،وحدود 2mm با یکدیگر فاصله داشته باشند.سپس سر کابلها را به اندازهٔ نصف طول مفق (بوش برنجی) لخت کرده تادر هنگام اتصال روپوش کابل از دو طرف کاملاً به مفق بچسبد.

۳- روکش روی کابل درست به اندازهٔنصف طول فضای داخل مفصل لخت شود.

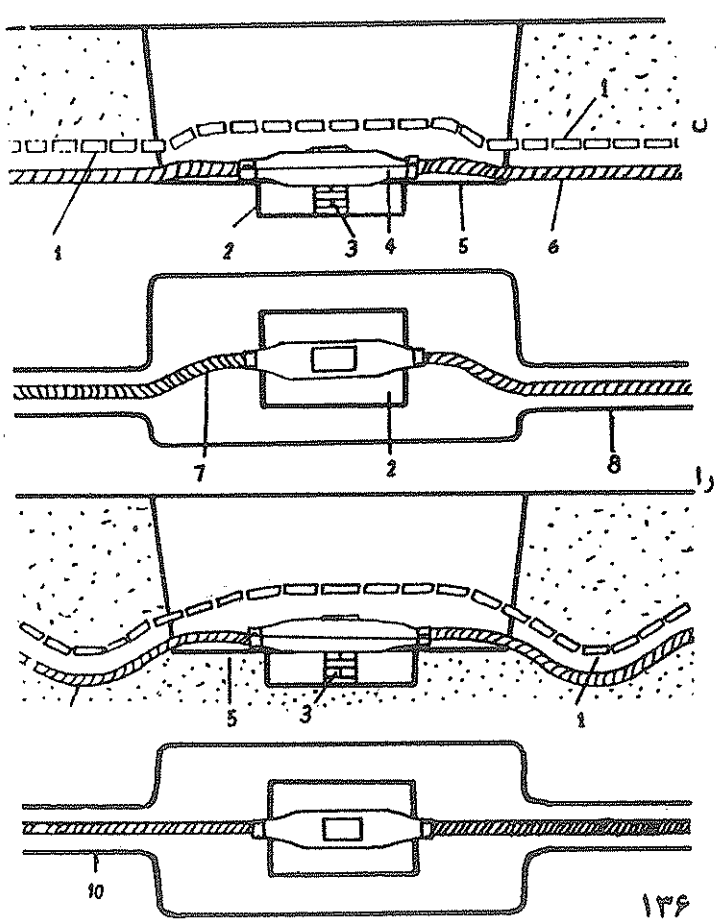
٤- لایهٔروی غلاف سربی را به وسیلهٔحرارت چراغ کوره‌ای برداشته و به وسیلهٔ نفت آن را تمیز کرده بعد از برداشتن غلاف سربی محل اتصال،چند دور سیم مفتولی دور غلاف سربی پیچیده و آن را لحیم می کنیم تا غلاف سربی باز نشود.

٥- دو سر لخت شدهٔهر دوکابل که به یکدیگر وصل می‌شوند را داخل مفق کرده و به وسیلهٔ کمان‌اره یک سوراخ در وسط مفق ایجاد می کنیم،سپس روی روپوش عایق هادی‌ها را با استفاده از نوار نسوز کاملاً باندپیچی نموده،آنگاه سرهای لخت شده را وارد مفق کرده و با استفاده از حرارت چراغ کوره‌ای یا مشعل گاز مفق را حرارت داده وسپس به وسیلهٔلحیم شمش از سوراخ وسط مفق داخل آن را پر از لحیم ذوب شده می کنیم تا اتصال کاملی بین دو کابل ایجاد شود.

۶- در صورتی که کابل چند رشته باشد،مثلاً اتصال سه‌فاز وسیم نول داخل یک مفصل انجام می‌شود.باید برای هرکدام از هادیها این عمل را تکرار کنیم اما توجه داشته باشیم که دو سر هادیهای هر فاز را به گونه‌ای لخت کنیم که در دخل مفصل کاملاً روی هم قرار نگیرند.شکل زیر طریقه قرار گرفتن چندهادی مختلف را در داخل یک مفصل نشان می‌دهد.

۷- نوار نسوز را ازروی روپوش کابلها باز نموده سپس به وسیلهٔ نوارچسب برق روی مفقها و احیاناً قسمت لخت شدهٔ کابلها را کاملاً عایق بندی می‌نمائیم،آنگاه درپوش روی مفصل را بسته و دریچهٔ بالای مفصل که مخصوص ریختن قیر می‌باشد را باز نموده و مقداری قیر را گرم می‌کنیم،داخل مفصل را از قیر پر می‌نمائیم و صبر می‌کنیم تا کاملاً سرد شود.سپس دریچهٔ قیر را می‌بندیم بهتر است قبل از قرار دادن مفصل زیر خاک آن را با استفاده از ضد زنگ بپوشانیم تا مفصل پوسیده نشده و به مرور از بین نرود.

۸- پس از این مرحله مفصل را به روش پشت داخل خاک قرار داده و روی آنرا می‌پوشانیم به این ترتیب که مفصل را با ماسه‌نرم یا شن کاملاً پوشانده سپس مفصل را روی شنها قرار داده مجدداً به وسیلهٔ شن یا ماسه‌نرم روی آنرا می‌پوشانیم.برای حفاظت بیشترروی کانال مفصل را به دقت آجرچینی کرده آنگاه روی آجرها را با خاک می‌پوشانیم،توجه داشته باشیم که به وسیلهٔ غلطک خاک روی کانال مفصلها را کاملاًبکوبیم.



۱-آجر جهت حفاظت.
۲- چاله (تو رفتگی داخل زمین).
۳- سترن نگهدارنده ازآجر.
۴- مفصل.
۵- بعد از قرار دادن مفصل در این منطقه خاك را محکم بکوبید.
۶-کانال.
۷- طول اضافی (انحناء کابل)
۸- کانال کابل.
۹- انحناء در جهت پایین.
۱۰- کانال کابل.

مبانی ماشینهای الکتریکی

تعریف ماشینهای الکتریکی :

بطور کلی به ماشینهایی گفته می‌شود که قادرند انرژی الکتریکی را تبدیل به انرژی مکانیکی کرده و یا برعکس انرژی مکانیکی را به انرژی الکتریکی تبدیل نمایند،یا موجب تغییرات انرژی الکتریکی از صورتی به صورت دیگر شوند،مانند: الکتروموتورها،ژنراتورها،مولدها و ترانسفورماتورها.

طبقه‌بندی ماشینهای الکتریکی

به طور کلی ماشینهای الکتریکی به دو گروه زیر تقسیم می‌شوند :

۱- ماشینهای الکتریکی ساکن:

ماشینهایی هستند که دارای هیچ گونه حرکت مکانیکی نبوده به همین دلیل به آنها ماشین ساکن گفته می‌شود،مانند :ترانسفورماتورهای جوشکاری،ترانسفورماتورهای کاهنده وافزایندهٔسه فاز و تکفاز.

۲- ماشینهای الکتریکی گردان:

ماشینهایی هستند که دارای حرکت دورانی بوده مانند :مولدها و موتورهای جریان مستقیم و مولدها و موتورهای جریان متناوب سه‌فاز و تکفاز.

ماشینهای الکتریکی گردان به گروههای زیر تقسیم می شوند :

الف - ژنراتورها یا مولدها (دینامو‌ها یا الترناتورها):

آن دسته از ماشینهای الکتریکی که انرژی مکانیکی را دریافت نموده و تبدیل به انرژی الکتریکی می‌کنند را دینام یا مولد یا ژنراتور گویند،انواع مولدها عبارتند از :

۱- ژنراتور تحریک مستقل جریان مستقیم .

۲- ژنراتور تحریک سرخود جریان مستقیم (موازی).

۳- ژنراتور سری جریان مستقیم.

٤- ژنراتور سری-موازی(کمپوند)جریان مستقیم.

٥- مولد یا آلترناتور جریان متناوب تکفاز.

٦- مولد یا آلترناتور جریان متناوب سه‌فاز.

علائم اختصاری مولدها بصورت زیر است :

ژنراتورهای جریان مستقیم

مولد جریان متناوب تکفاز

مولد جریان متناوب سه فاز

ب- الکتروموتورها:

آن دسته از ماشینهای الکتریکی گردان که انرژی الکتریکی را دریافت نموده و تبدیل به انرژی مکانیکی می‌نمایند،الکتروموتور نامیده می‌شوند.امروزه محور اصلی تمام صنایع الکتروموتورها می‌باشند،الکتروموتورها دارای انواع زیر می‌باشند :

۱- الکتروموتورهای جریان مستقیم که عبارتند از :

موتور تحریک مستقل جریان مستقیم،موتور تحریک سرخود جریان مستقیم (موازی)،موتور سری جریان مستقیم،موتور سری- موازی(کمپوند)جریان مستقیم.

۲- الکتروموتورهای جریان متناوب تکفاز.

۳- الکتروموتورهای جریان متناوب سه فاز.

علائم اختصاری الکتروموتورها به شرح زیر است :

موتورهای جریان مستقیم

موتورهای جریان متناوب تکفاز

موتورهای جریان متناوب سه فاز

الکتروموتورهای جریان متناوب و ساختمان آنها

با گسترش شبکه‌های جریان متناوب و استفاده از آن خصوصاً برق سه‌فاز به عنوان برق صنعتی امروز قسمتهای زیادی از صنعت روی محورالکتروموتورهای جریان متناوب و خصوصاً موتورهای سه‌فاز کار می‌کند،و اصولاً الکتروموتورهای جریان متناوب نسبت به موتورهای جریان مستقیم دارای ساختمان ساده‌تر،عمر مفید بیشتر و تعمیر و نگهداری راحت‌تری هستند. به همین دلایل در اغلب کارخانجات و کارگاهها بجز در موارد خاصی از موتورهای جریان متناوب استفاده می‌شود.چنانچه گفتیم موتورهای جریان متناوب به دو دستهٔ سهفاز و تکفاز تقسیم می‌شوند که ابتدا به شرح ساختمان و طرز کار موتورهای سه‌فاز می‌پردازیم.

موتورهای سه‌فاز جریان متناوب

این موتورها خود به دو دسته‌سنکرون و آسنکرون تقسیم می‌شوند.

۱- موتورهای سه فاز سنکرون :

در این موتورها تعداد دور روتور(گردنده)برابر تعداد دور حوزهٔ مغناطیسی سیم پیچهای استاتور (قسمت ساکن)میباشد به همین دلیل به آنها موتورهای سنکرون یا برابر میگویند.این موتورها به دلیل ساختمان پیچیده،راه‌اندازی مشکل،تعمیر و نگهداری با هزینهٔ زیاد به جزدر موارد خاص مورد استفاده قرار نمی‌گیرند و

معمولاً از آنها به عنوان مولدهای جریان متناوب استفاده می‌شود.تعداد دور روتور یاقسمت گردندهٔ این موتورها از رابطهٔ زیر بدست می‌آید:

فرکانس بر حسب (HZ)= F

جفت قطب مغناطیسی=P

تعداد دور روتور بر حسب دوردردقیقه N=R.P.m $n = \frac{F.60}{P}$

۲- موتورهای سه فاز آسنکرون:

این موتورها بر خلاف موتور سنکرون همیشه تعداد دور روتور آنها کمتر از تعداد دور حوزهٔ مغناطیسی دوار استاتور می‌باشد.به همین دلیل به آنها موتورهای آسنکرون یا نابرابر گفته می‌شود.

مزایای موتورهای سه‌فاز آسنکرون:

۱-دارای ساختمان بسیار ساده و فوق العاده محکم هستند.

۲-قیمت نسبتاً ارزانی نسبت به موتورهای مشابه دارند وقابل اعتماد هستند.

۳-دارای بازدهٔ بالا می‌باشند یا به عبارت دیگر راندمان آنها بالا می‌باشد.

٤-دارای ضریب قدرت ($\cos \varphi$) نسبتاً خوبی می‌باشند.

٥-در شرایط کار نرمال به حداقل تعمیر نیاز دارند.

٦-احتیاج به موتور راه‌انداز ندارند،در حالی که موتورهای سنکرون نیاز به یک موتور محرک دارند و راه‌اندازی موتورهای آسنکرون بسیار ساده می‌باشد.

۷-نسبت به موتورهای مشابه در حجم کمتر وبا قدرت بیشتر ساخته می‌شوند.

معایب موتورهای سه‌فاز آسنکرون:

۱- بدون ازدست دادن قسمتی از ضریب بهره ، سرعت آنها قابل تغییر نمی‌باشد.

۲- با افزایش بار سرعت آنها کم می‌شود.

۳-کنترل دور آنها بسیار مشکل بوده و با تغییرات جزئی فرکانس دور آنها کم و زیاد می‌شود.

ساختمان موتورهای سه فازآسنکرون

این موتورها از قسمتهای زیر تشکیل شده‌اند:

۱- پوسته یا بدنه:

جنس آن از چدن می‌باشد و روی آن شیارهایی جهت تبادل حرارت تعبیه شده است همچنین بر روی بدنهٔ تخته کلم (جعبهٔاتصال) و پلاک مشخصات موتور قرار می‌گیرد.وظیفهٔ بدنه نگهداری و حفاظت از سایر قسمتهای الکتروموتور می‌باشد.

۲-استاتور:

قسمت القاءکنندهٔ الکتروموتور است که درداخل بدنه یا پوسته قرار می‌گیرد.استاتوراز ورقهای دیناموبلش (فولاد سیلیسیم دار) به ضخامت 0.3 تا 0.5 میلی‌متر تشکیل شده است.این ورقها نسبت به یکدیگر عایق می‌باشند و وظیفهٔ آنها متمرکز نمودن میدان مغناطیسی ایجاد شده به وسیلهٔ سیم‌پیچهای استاتور می‌باشد،همچنین ورقه ورقه بودن استاتور باعث می‌شود تا تلفات آهنی الکتروموتور به حداقل برسد.روی ورقه‌های استاتور شیارهائی جهت قرار گرفتن سیم‌پیچها داخل آنها ایجاد شده است که کلافهای سیم در داخل این شیارها قرار می‌گیرند و استاتور یا القاءکننده را تکمیل می‌نمایند.

استاتورها با توجه به نوع موتورها به صورت 6، 12، 18، 24، 30، 36 و48 شیار و در موارد خاص با شیارهای بالاتر نیز ساخته می‌شوند.

۳-روتور :

قسمت گردنده ویا به عبارت دیگر إلقاءشوندهٔ الکتروموتور است که روی محور (شافت)قرار گرفته است و شامل میله‌های آلومینیمی و ورقه‌های آهنی مغناطیسی می‌باشد.روتور در موتورهای إلقائی بر دو نوع است :

الف- روتور قفسه‌ای (قفس سنجابی) که از قسمتهای زیر تشکیل می‌شود:

۱- محور۲- بادبزن جهت خنک کردن الکتروموتور۳- ورقه‌های مغناطیسی به هم فشرده جهت متمرکز نمودن میدان مغناطیسی روتور ٤- قفس سنجابی که معمولاً از جنس آلومینیم می‌باشد واز دو طرف به وسیلهٔ دو حلقهٔ انصال، کوتاه می‌شوند.میله‌های روتوررا به صورت مورب قرار می‌دهند تا از گیر کردن موتوردر هنگام کار و ایجاد سروصدا و ارتعاش جلوگیری نماید.روتور از دو طرف روی دوعدد بوش یا بلبرینگ قرار گرفته ودرداخل سوراخ وسط استاتور قرار می‌گیرد.فاصلهٔ روتور و استاتورازیکدیگردرحدود0.3 تا0.5 میلی‌متر می‌باشد.

ب- روتور سیم پیچی شده :

این روتور نیز دارای همان قسمتهای روتور قفسه‌ای میباشد اما به جای استفاده از میله‌های آلومینیمی از بوبینهای سیم پیچی شده استفاده می‌شود که درداخل شیارهای ایجاد شده روی هستهٔ روتورقرار می‌گیرد و دوسر این سیم پیچها اتصال کوتاه می‌شوند.کاربردروتورهای سیم پیچی شده درموتورهای سه فاز با قدرت بالا میباشد توجه داشته باشیم که هم روتور سیم پیچی شده وهم روتور قفسی از نظر الکتریکی هیچ گونه ارتباطی با استاتور نداشته وفقط از طریق القاء مغناطیسی کار می‌کنند.

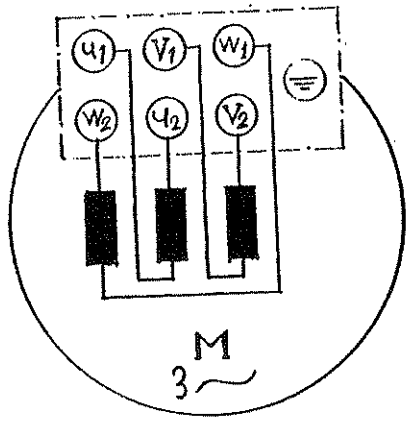
نکته : چنانکه می‌دانیم اندازهٔ سیم‌های افشان ومفتولی با روپوش پلاستیکی بر حسب سطح مقطع به میلی‌مترمربع می‌باشد.اما اندازهٔ سیم های لاکی که در سیم پیچی استاتور وروتورهای سیم پیچی شده به کار می‌رودبرحسب میلی‌متر می‌باشد.

٤- درپوشها یا قالپاقها :

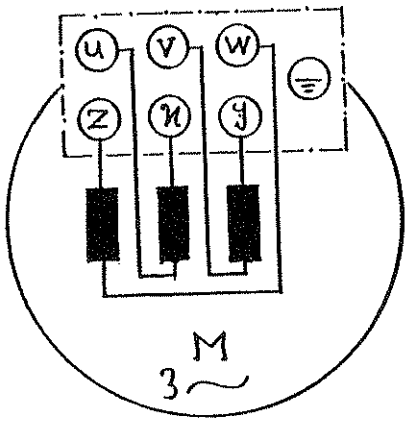
بوسیلهٔ پیچ ومهره به بدنه وصل می‌شوند جنس آنها از چدن می‌باشد ووظیفهٔ اصلی آنها محکم کردن روتورو نگهداری آن درداخل استاتور می‌باشد.روی یک طرف قالپاق پروانهٔ خنک کننده روی محورروتور سوار می‌شود وازطرف دیگر قالپاق شافت خروجی روتور خارج می‌گردد که این شافت نیروی موتوررابه خارج هدایت می‌کند وگیربکس یا تسمه پروانه یا فولی‌ها روی آن قرار می‌گیرد.

۵- جعبهٔ اتصال یا تختهٔ کلم :

برروی بدنه یا پوسته قرار گرفته است وسروته سیم پیچهای استاتور داخل آن قرار می گیرد.درداخل جعبه کلم یک یا دو سوراخ ایجاد شده است که ارتباط آنرا با استاتور بر قرار می کند و یک یا دو سوراخ در اطراف آن وجود دارد که برای اتصال موتور به برق از آن استفاده می‌شود.شکل زیر تخته کلم یک الکتروموتور سه‌فاز را نشان می‌دهد.



نامگذاری جدید



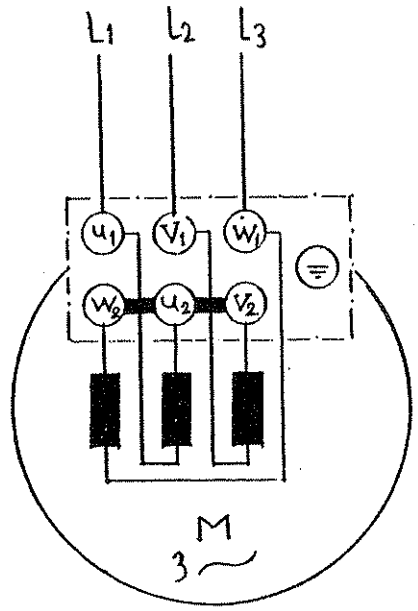
نامگذاری قدیم

روی تخته کلم موتورهای سه فاز دو نوع اتصال وجود دارد که عبارت است از :

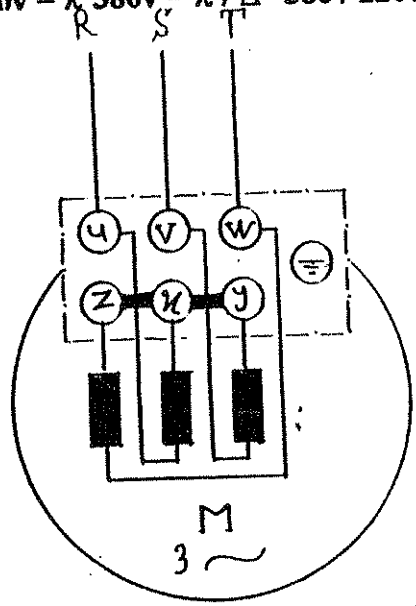
الف- اتصال ستاره :

در این اتصال مطابق شکل زیر ته سیم‌پیچها به همدیگر وصل شده و سه‌فاز به سر سیم‌پیچها متصل می‌شود در اتصال ستاره به هر کدام از سیم‌پیچها ولتاژ فازی وصل می‌شود بنابراین در شبکهٔ سه‌فاز 380V ولت ایران موتورهایی به صورت ستاره وصل می‌شوند که برروی پلاک آنها نوشته شده است :

Δ 220v – λ 380v – λ / Δ 380 / 220v



اتصال ستاره درنامگذاری جدید



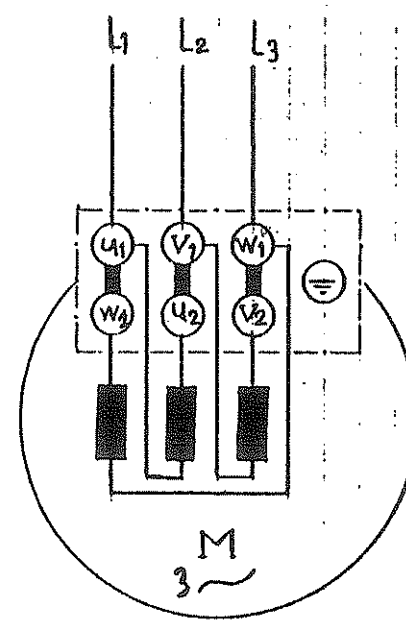
اتصال ستاره درنامگذاری قدیم

ب- اتصال مثلث :

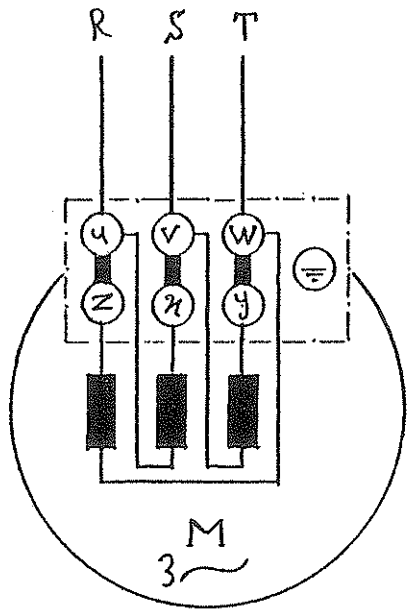
دراین اتصال مطابق شکل زیر به دو سرهر کدام از سیم پیچها ولتاژخطی وصل می‌شود پس موتورهـایی درشبکهٔ ایران می‌توانند بصورت مثلث وصل شوند که برروی پلاک آنها نوشته شده باشد:

Δ 380v – λ / Δ 660v / 380v

ولتاژ نوشته شده روی پلاک الکتروموتورها دراتصال مثلث ولتـاژ مجـاز سـیم پیچهـا می‌باشـد کـه بـاید درهنگام اتصال موتور به برق حتماً به آن توجه شود.به عنوان مثال اگرروی پلاک موتوری نوشته شـده باشـد λ / Δ 380 / 220v یعنی ولتاژ مجاز هر سیم پیچ 220 ولت می‌باشد واگر بیشتر از این مقدار ولتاژ به سـیم‌پیچ برسد موجب صدمه دیدن و سوختن آن می‌شود.معمولاً موتورهـای سه‌فاز از قـدرت 3kwیـا4HP رابـه بـالا بصورت مثلث درمدار قرار می‌دهند.



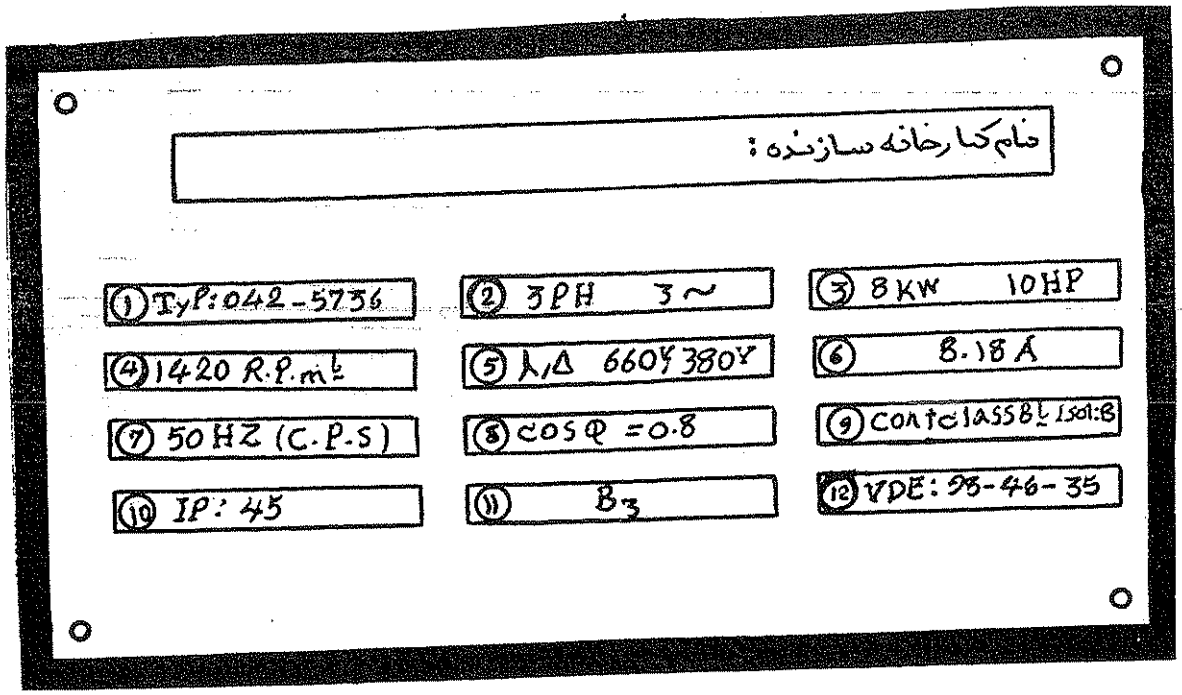
اتصال مثلث درنامگذاری جدید



اتصال مثلث درنامگذاری قدیم

٦- پلاک مشخصات الکتروموتورها :

پلاک مشخصات برروی بدنهٔ الکتروموتور نصب می‌شود وبه منزلهٔ شناسنامهٔالکتروموتور می‌باشددر واقـع ازروی پلاک مشخصات می‌توانیم تشـخیص دهیـم کـه موتورتـک فـاز اسـت یـا سـه‌فاز،دارای چـه قدرتـی است،همچنین تعداد دور روتور،جریان و ولتاژ نامی،فرکانس ،نوع اتصال(ستاره یا مثلث)،ضریب قدرت،درجـه حرارت عایقی،نوع حفاظت وسایرشرایط کار موتور روی پلاک قید می‌شود زیرا آشـنایی بـاپلاک مشـخصات موتورها یکی از مهمترین نکاتی است که باید قبل از هر چیز مورد توجه تعمیرکار قرار گیرد.شکل صفحـهٔ بعـد پلاک مشخصات یک الکتروموتوررا نشان می‌دهد.



اگر کلمهٔ TROP روی پلاک موتوری قید شود یعنی موتور ویژهٔ کار در مناطق گرم می‌باشد.

توضیح پلاک:

نام کارخانه یا شرکت سازنده

۱- شمارهٔ سریال کارخانهٔ سازنده

۲- سه‌فاز یا تک‌فاز بودن موتور

۳- قدرت موتور برحسب کیلووات یا اسب بخار

٤- تعداد دور روتور برحسب دور در دقیقه

٥- نوع اتصال ستاره یا مثلث

٦- جریان موتور دراتصال ستاره ومثلث

۷- فرکانس موتور

۸- ضریب قدرت موتور

۹- کلاس عایقی موتور

۱۰- حفاظت عمومی موتور درمقابل عوامل طبیعی

۱۱- طریقهٔ نسب موتور

۱۲- شمارهٔ دفتر استاندارد جهانی

کلاس حرارتی

افزایش بیش از حد دما می‌تواند برروی خواص مکانیکی وعایقی مواد تأثیر بگذارد.ازاین رو در ماشینهای الکتریکی باید حداکثر دمای مجاز ماشین تعیین شود.کلاس حرارتی یا کلاس عایقی ماشین برای این هدف تعیین می‌شود،کلاس حرارتی ماشین توسط یک علامت خاص معرفی می‌شود:ISOLیاCONTCLASS

جدول زیر علامت کلاسهای حرارتی مختلف و حداکثر دمای مجاز را برای هر حالت نشات می‌دهد.دراینجا لازم است یادآوری شود که دمای ذکر شده در جدول،حداکثر دمای مجاز می‌باشد و منظور،حرارت ایجاد شده در اثر کارکرد موتور نیست بلکه دمای 40^0c محیطی نیز درآن تأثیر دارد.مثلاً یک موتور با کلاس A که حد اکثر 105^0c را تحمل می‌کند اگر درمحلی کار کند که دمای آن محیط 40^0c باشد دراثر کارکرد موتور دمای آن باید 65^0c افزایش یابد زیرا:

$$40 + 65 = 105^0c$$

جدول کلاسهای حرارتی مختلف و حداکثر دمای مجاز برای هر حالت

کلاس حرارتی یا عایقی	حداکثر دما c^0
x یا (y)	90^0
A	105^0
E	120^0
B	130^0
F	155^0
H	180^0
C	210^0

حفاظت در مقابل اشیاءخارجی وآب (حفاظت عمومی)

معمولاًماشینها در مقابل اشیاءخارجی وآب تا اندازه‌ای حفاظت می‌شوند.بدیهی است هرچه این حفاظت کاملتر باشد قیمت ماشین نیز گرانتر خواهد بود لذا در بسیاری ازموارد حفاظت بالا از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نیست از این رو فقط در مواردی که لازم باشد حفاظت بالا انجام می‌گیرد.کارخانهٔ سازنده جهت اطلاع مصرف کننده درجهٔ حفاظت ماشین راروی پلاک آن درج می‌کند. برای نشان دادن حفاظت درمقابل آب واشیاءجامد ازحروف (IP)استفاده می‌شود که دورقم عددپشت آن قرارمی‌گیرد مثلاً IP:53 دراین نمایش عدد

اول پشت P (5) درجهٔحفاظت درمقابل اجسام جامد خارجی عدد دوم (3)درجهٔ حفاظت درمقـابل نفـوذ آب را نشان می‌دهد.جدولهای زیر درجات مختلف را بیان می کنند.

جدول مربوط به اولین عدد پشت IP

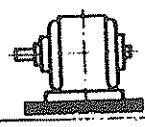
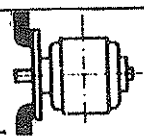
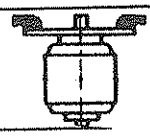
اولین عدد	مفهوم	شرح و علامت مشخصه
0	بدون حفاظت	بدون حفاظت دربرابر تماس اشخاص و اشیاءخارجی
1	حفاظت در برابر اشیاءخارجی بزرگ	حفاظت درمقابل تماس اتفاقی اشخاص واشیاءبا قطر بزرگتر از ۵۰میلیمتر
2	حفاظت درمقابل اشیاءخارجی متوسط	حفاظت درمقابل تماس انگشت با قسمتهای تحت ولتاژومتحرک ونفوذ اشیاءباقطر بزرکتر از۱۲میلیمتر
3	حفاظت دربرابر اشیاءخارجی کوچک	حفاظت درمقابل اشیاءباقطر بزرگتراز۲/۵میلیمتر
4	حفاظت دربرابر اشیاءخارجی ریز	حفاظت درمقابل اشیاءبا قطر بزرگتراز یک میلیمتر
5	حفاظت دربرابر نفوذگردوغبار	حفاظت درمقابل نفوذ گرد و خاک به قسمتهای آسیب پذیر
6	حفاظت دربرابر نفوذ گردوغبار	حفاظت کامل دربرابر نفوذ گردوغبار

جدول مربوط به دومین عدد پشت IP

دومین عدد	مفهوم	شرح وعلامت مشخصه
0	بدون حفاظت	
1	حفاظت درمقابل نفوذ قطرات آب عمودی	علامت مشخصه
2	حفاظت درمقابل نفوذ قطرات آب مایل	با زاویهٔ ۱۵درجه نسبت به خط عمود
3	حفاظت درمقابل پریدن آب	با زاویهٔ ۶۰درجه به خط عمود
4	حفاظت درمقابل پاشیدن آب	درتمام جهات
5	حفاظت درمقابل پاشیدن شعاعی آب	درتمام جهات
6	حفاظت دربرابر بالا آمدن آب	بدون فشار
7	حفاظت دربرابر فروبردن درآب	تحت فشاروزمان محدود
8	حفاظت دربرابر غوطه ور بودن درآب	تحت فشاروزمان محدود

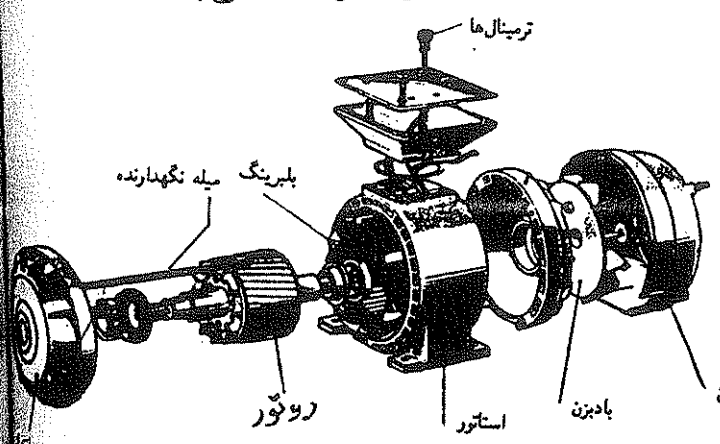
طریقهٔ نصب ماشینها

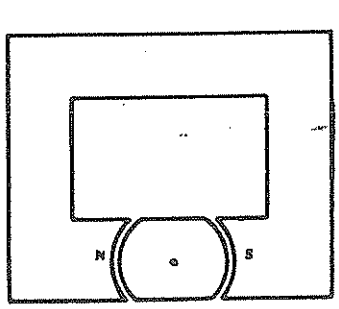
طبق استاندارد IEC(کمیتهٔبین المللی برق کاران)ماشینها ازنظر طریقهٔنصب،دسته بندی شده‌اند.مهمترین طریقهٔنصب درجدول زیر مشخص شده است،همان طوری که در جدول ملاحضه می شود طریقه‌های مختلف نصب با حروفی مشخص شده‌اند مثلاً از حروف b برای نصب افقی و از حروف Vبرای نصب عمودی استفاده می‌شود از طرفی چون درهرطریق سیستمهای متفاوتی وجود دارد لذا درکنار حرف مشخصه یک شماره نیز بصورت اندیس آمده است مثلاًB3 یاB5

شرح	شکل قرار گرفتن	علامت مشخصه
باد و یاطاقان		B_3
فلانش های محکم کننده		B_5
باد و یاطاقان هدایت کننده		V_3

اساس کار موتورهای إلقائی آسنکرون روتورقفسی سه‌فاز

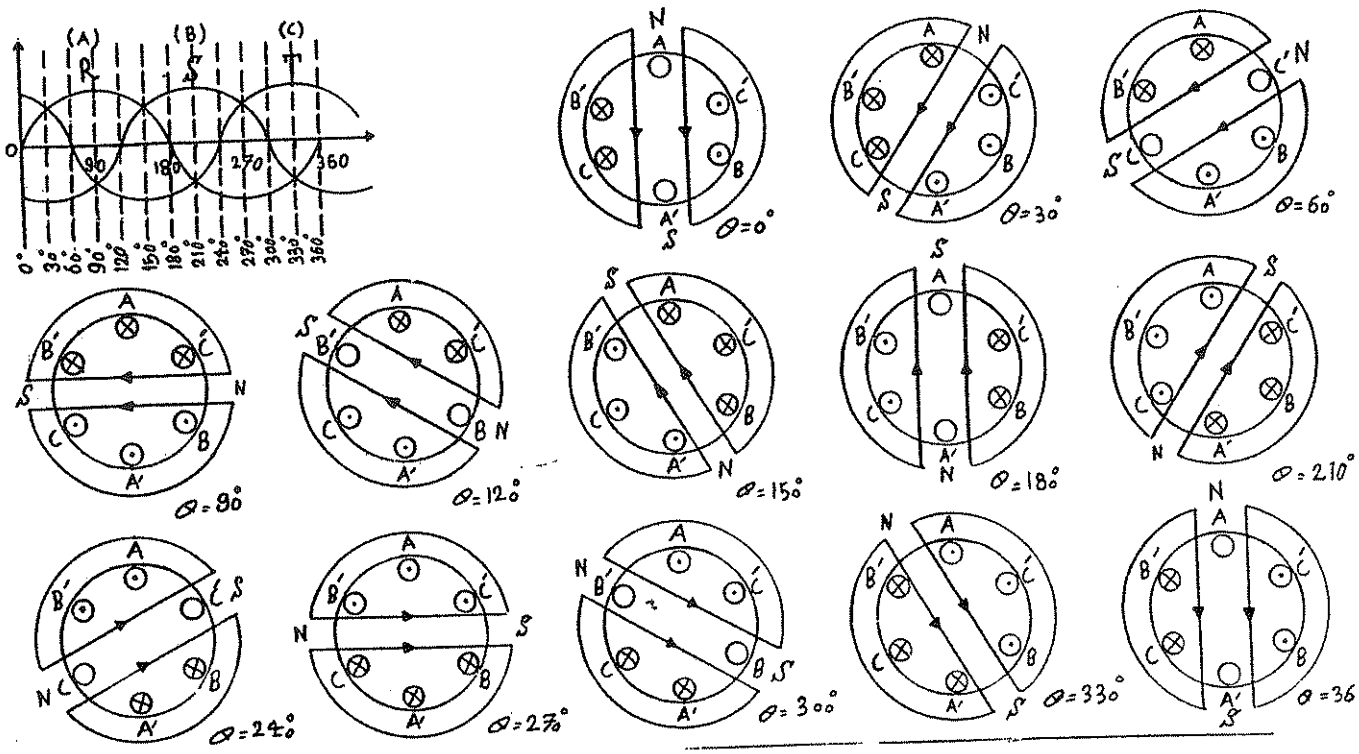
مطابق شکل زیر یک آهنربای نعلی اسبی شکل و یک میلهٔ آلومینیمی که دو سر میله روی دو محور سوارشده است آماده می کنیم چنانچه آهنربا را حول محور مشترک با میلهٔ آلومینیمی با سرعت کافی به حرکت درآوریم میلهٔ آلومینیمی شروع به چرخیدن در جهت حرکت آهنربا خواهدکرد زیرا با قطع خطوط میدان مغناطیسی آهنربا به وسیلهٔ میلهٔ آلومینیمی درمیله جریان إلقاء شده واین جریان به نوبهٔ خود در داخل میله یک میدان مغناطیسی به وجود می‌آورد که از تأثیر متقابل آن با میدان آهنربای نعلی شکل یک گشتاور چرخشی ایجاد شده و میلهٔ آلومینیمی شروع به حرکت خواهد کرد،سرعت گردش میله همیشه کمتر از سرعت آهنربا خواهد بود درنتیجه امکان قطع خطوط میدان مغناطیسی آهنربا به وسیلهٔ میلهٔ آلومینیمی وجود خواهد داشت این مجموعهٔ ساده نشان دهندهٔ اساس کار موتورهای إلقائی آسنکرون روتورقفسی می‌باشد.





در موتورهای إلقائی به جای آهنربای دائم که با نیروی مکانیکی به دور میلهٔ آلومینیمی گردش می کند از جریان متناوب و میدان مغناطیسی متغییر تولید شده به وسیلهٔ آن استفاده می‌شود. به طور کلی در موتورهای إلقائی میدان مغناطیسی با حوزهٔ دوار مغناطیسی با عبور جریان متناوب از سیم پیچهای استاتور تولید می‌شود،به همین دلیل به استاتور، إلقاءکننده می گویند وبه جای میلهٔ آلومینیمی روتور یا إلقاء شونده قرار دارد پس در موتورهای إلقائی بدون استفاده از آهنربای متحرک می‌توانیم میدان مغناطیسی گردان (حوزهٔ دوار) را تولید کنیم.پس حوزهٔ دوار در موتورهای آسنکرون إلقائی در استاتور تشکیل می‌شود.

چگونگی ایجاد حوزهٔ دوار دوقطبی به وسیلهٔ جریان متناوب سه‌فازدرموتورهای إلقائی سه‌فاز:



سرعت حوزهٔ دوار استاتور در موتورهای إلقائی آسنکرون همواره تابع فرکانس شبکه وتعداد قطبهای مغناطیسی سیم پیچ استاتور می‌باشد چون قطبهای مغناطیسی همواره دوتایی بوده بنابراین سرعت حوزهٔ دوار بر مبنای تعداد جفت قطب محاسبه می‌شود.رابطهٔ زیر فرمول به دست آمدن سرعت حوزهٔ دواربر حسب دور در ثانیه می‌باشد.

$$\frac{\text{فرکانس}}{\text{جفت قطب}} = \text{سرعت حوزهٔ دوار}$$

F= فرکانس شبکه برحسب(HZ)

P= جفت قطب مغناطیسی

$$n_s = \frac{F}{\rho}$$

n_3 = R.P.S سرعت حوزهٔ دوار برحسب دور در ثانیه

از آنجایی که معمولاًسرعت در الکتروموتورها بر حسب دوردر دقیقه مورد نظر است بنابراین می‌توانیم تعداد دور حوزهٔ دوار را در استاتور بصورت زیر بنویسیم.

$$\frac{60 \times \text{فرکانس}}{\text{جفت قطب}} = \text{سرعت حوزهٔ دوار}$$

F=(HZ)فرکانس شبکه برحسب

P= جفت قطب مغناطیسی

n_s =سرعت حوزهٔ دوار بر حسب دور در دقیقه

$$n_s = \frac{F \times 60}{\rho}$$

60= عدد ثابت تبدیل ثانیه به دقیقه

مثال)تعداد دور حوزهٔ دوار را برای جفت قطبهای زیر بدست آورید؟

2ρ	2	4	6	8	10	12
ρ	1	2	3	4	5	6
F_{HZ}	50	50	50	50	50	50
$ns_{r.p.m}$	3000	1500	1000	750	600	500

$$1)\ n_s = \frac{F \times 60}{\rho} = \frac{50 \times 60}{1} = \frac{3000}{1} = 3000\,r.p.m$$

$$2)\ n_s = \frac{F \times 60}{\rho} = \frac{50 \times 60}{2} = \frac{3000}{2} = 1500\,r.p.m$$

$$3)\ n_s = \frac{F \times 60}{\rho} = \frac{50 \times 60}{3} = \frac{3000}{3} = 1000\,r.p.m$$

$$4)\ n_s = \frac{F \times 60}{\rho} = \frac{50 \times 60}{4} = \frac{3000}{4} = 750\,r.p.m$$

$$5)\ n_s = \frac{F \times 60}{\rho} = \frac{50 \times 60}{5} = \frac{3000}{5} = 600\,r.p.m$$

$$6)\ n_s = \frac{F \times 60}{\rho} = \frac{50 \times 60}{6} = \frac{3000}{6} = 500\,r.p.m$$

از این مثال نتیجه می‌گیریم که در یک فرکانس ثابت با افزایش تعداد قطب،دورنوتور کمتر می‌شود پس دور موتور با تعداد قطب و جفت قطب نسبت عکس دارد.

$n_S^{\uparrow} \rightarrow P_{\downarrow}$

$n_{S\downarrow} \rightarrow P\uparrow$

جهت گردش حوزهٔ دوار

اگرجهت گردش حوزهٔ مغناطیسی دوار استاتور موافق عقربه‌های ساعت باشد،آنرا راستگردو خلاف گردش عقربه‌های ساعت را چپگرد می‌گویند با عوض کردن جای دوفاز از سه فاز ورودی به سیم پیچهای الکتروموتورهای سه‌فاز می‌توانیم جهت گردش حوزهٔ دوار و درنتیجه جهت گردش روتور را عوض کنیم.

سرعت لغزش یا بازماندگی در موتورهای إلقائی آسنکرون

در ماشینهای إلقائی سرعت حرکت روتور با سرعت حوزهٔ دوار اختلاف دارد.همیشه دور روتور از دور حوزهٔ دوار کمتر است همین اختلاف موجب إلقاءجریان در مدار روتور می‌شود مقدار این اختلاف سرعت را سرعت لغزش یا بازماندگی گویند.سرعت لغزش با توجه به تعداد قطب موتور و وضعیت باروری موتور بین یک تا 200 دور متغیر است.سرعت لغزش از رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود:

سرعت حوزهٔ دوار مغناطیسی استاتور ns= r.p.m

سرعت گردش روتور بر حسب دور در دقیقه بوسیلهٔ دور سنج اندازه‌گیری می شود =nr

تغییرات سرعت یا سرعت لغزش بر حسب دوردر دقیقه =Δn

تعداد دور روتور (گردنده)- تعداد دور حوزهٔ دوار استاتور = سرعت لغزش

$\Delta n = ns - nr$

معمولاًبه جای سرعت لغزش نسبت آنرا به دست آورده وآنرا لغزش می‌نامند،اگر لغزش را در عدد 100 ضرب کنیم برحسب درصد بیان می‌شود چون لغزش یک نسبت است،بنابراین دارای واحد نمی باشد واز رابطهٔزیر بدست می‌آید:

سرعت حوزهٔدوار مغناطیسی استاتور ns=r.p.m

سرعت گردش روتور بر حسب دور در رقیقه بوسیلهٔ دورسنج اندازه‌گیری می‌شود=nr

تغییرات سرعت یا سرعت لغزش بر حسب دور دردقیقه =Δn

لغزش که یک نسبت است=S

لغزش بر حسب درصد =%S

$$\text{لغزش} = \frac{\text{تعداد دورروتور-تعداد دور حوزهٔدوار استاتور}}{\text{تعداددورحوزهٔدوار استاتور}}$$

$$S = \frac{n_s - n_r}{n_s}$$

$\Delta = ns - nr$

فرمول لغزش به درصد $\%S = \frac{\Delta n}{ns} \times 100$

فرمول لغزش $S = \frac{\Delta n}{ns}$

مثال ۱) یک موتور سه فاز إلقائی آسنکرون روتور قفسی با دو جفت قطب به شبکهٔ سه فاز 380v متناوب 50HZ متصل شده است.روتورآن باسرعت1440دوردرردقیقه گردش می کند.حساب کنیدسرعت میدان دوار،سرعت لغزش،لغزش ولغزش برحسب در صد آنرا؟

سرعت میدان دوار استاتور $ns = \frac{F \times 60}{P} = \frac{50 \times 60}{2} = \frac{3000}{2} = 1500 r.p.m$

$P = 2 \Rightarrow 2P = 4$

$UL = 380$

$F = 50HZ$

$nr = 1440 r.p.m$

$ns = ?$

$\Delta n = ?$

$S = ?$

$\%S = ?$

$\Delta n = ns - nr = 1500 - 1440 = 60 r.p.m$

لغزش $S = \frac{\Delta n}{ns} = \frac{60}{1500} = 0.04$

لغزش به درصد $\%S = \frac{\Delta n}{ns} \times 100 = \frac{60}{1500} \times 100 = \%4$

مثال ۲)یک موتور إلقائی سه فاز آسنکرون 6 قطب به شبکهٔمتناوب با فرکانس 60 هرتز متصل است. تعداد دور روتور آن 1130 دور در دقیقه است.حساب کنید،تعداد دور حوزهٔ دوار آن،سرعت لغزش،لغزش و لغزش به درصد را؟

$2P = 6 \Rightarrow P = 3$

$F = 60HZ$

$nr = 1130 r.p.m$

$ns = ?$

$\Delta n = ?$

$S = ?$

$\%S = ?$

سرعت میدان دوار استاتور $ns = \frac{F \times 60}{P} = \frac{60 \times 60}{3} = \frac{3600}{3} = 1200 r.p.m$

$\Delta n = ns - nr = 1200 - 1130 = 70 r.p.m$

لغزش $S = \frac{\Delta n}{ns} = \frac{70}{1200} = 0.058$

لغزش به درصد $\%S = \frac{\Delta n}{ns} \times 100 = \frac{70}{1200} \times 100 = \%5.8$

مثال ۳) یک موتور إلقائی سه فاز آسنکرون 4 جفت قطب دربار نامی دارای لغزش 4% است در صورتیکه فرکانس شبکه 50HZ باشد حساب کنید. سرعت حوزهٔدوار،تعداد دور روتور وسرعت لغزش را؟

$P = 4 \Rightarrow 2P = 8$

$\%S = \%4$

$F = 50HZ$

$ns = ?$

$nr = ?$

$\Delta n = ?$

$ns = \frac{F \times 60}{P} = \frac{50 \times 60}{4} = \frac{300}{4} = 750 r.p.m$

$\%S = \frac{\Delta n}{ns} \times 100$

$\frac{S}{1} \times \frac{\Delta n}{ns} \Rightarrow \Delta n = S \times ns$

سرعت لغزش برحسب دوردردقیقه $\Delta n = 0.04 \times 750 = 30 r.p.m$

تعداد دور روتور $nr = ns - \Delta n = 750 - 30 = 720 r.p.m$

الکتروموتورهای تک فاز

ساختمان واساس کار الکتروموتورهای تک فاز جریان متناوب:

اگردو سریک موتور سه فاز 220 / 380 Δ / λ به ولتاژ متناوب220 ولت وصل کنیم موتـور صـدا داده وروتور آن به حالت لرزش در می‌آید ولی نمی‌چرخد.دراین حالت اگر به وسیله‌ای مثلاً با دست روتـور را در جهتی بچرخانیم، به حرکت درآمده وروتور در همان سمت می‌چرخد،جریان متناوب تکفاز میدان مغناطیسـی تولید می‌کند که متغیر است ولی دوار نیست.اگر درحالتی که سیم پیچ استاتور به شبکه وصـل اسـت روتـور را بگردانیم از عکس العمل میدان ناشی از جریان إلقائی درروتور،میدان مغناطیسی استاتور تبدیل به یـک میـدان گردان می‌شود که دامنهٔ آن ثابت نیست اما می‌توان گشتاور لازم در جهت گردش روتور ایجاد کند.این نتیجه ایده‌ای است برای ساختن موتورهای تکفاز.

بررسیهای به عمل آمده نشان می‌دهد که علاوه بر جریان متناوب سـه‌فاز بـا جریـان متنـاوب دوفـاز نـیز می‌توان حوزهٔ دوار ایجاد نمود. دراین صورت اگر در شیارهای استاتور یک موتور آسنکرون دودسته سیم‌پیچ قرار دهیم که شروع دستهٔ دوم نسبت به دستهٔ اول 90^0 درجه اختلاف مکان داشته باشد چنانچـه ایـن دوسـیم پیچ به جریان دوفاز (جریان دوفاز دارای اختلاف فاز 90 درجه بین دو فاز است)متصل شود در داخل اسـتاتور میدان دوار ایجاد می‌شود از این موضوع می‌توان برای ساختن موتورهای تکفاز استفاده کرد.موتورهای تکفاز از نظر شکل ظاهری شباهت بسیاری به موتورهای سه فاز روتور قفسه‌ای دارد یعنی قسمتهای مختلف موتـور از قبیل استاتور،روتور،یاتاقان،تخته کلم وغیره به همان شکل هستند،تنها تفاوت آنهـا درتعـداد سیمهای اسـتاتور است.به همین دلیل است که اتصالات داخل تخته‌کلم نیز با موتور سه فاز متفاوت است.اساس کـار موتورهـای إلقائی تک‌فاز مانند موتورهای سه فاز آسنکرون است. یک میدان مغناطیسـی دوار در اسـتاتور ایجـاد شـده بـا إلقاءجریـان در موتـور،سـبب ایجـاد گشـتاور چرخشـی روتـور می‌گـردد. رابطـهٔ تعـداد قطـب وتعـداد دور حوزهٔدوارتعداد دورروتور،لغزش،سرعت لغزش رابطهٔ فرکانس با دور روتور از روابط موتورهای سه فاز إلقـائی پیروی می‌کند.

سیم پیچهای موتور تکفاز

۱-سیم پیچ اصلی RUNING :

این سیم پیچ به صورت دائم در مدار قرار می‌گیرد و حوزهٔ دوار اصلی را تولید می‌کند قطر سیم پیـچ اصلی از سیم پیچ دیگر بیشتر است اما تعداد دورآن کمتر است.سروته سیم پیـچ اصلـی را بـا حـروف (U)، (V) مشخص می‌کنند.

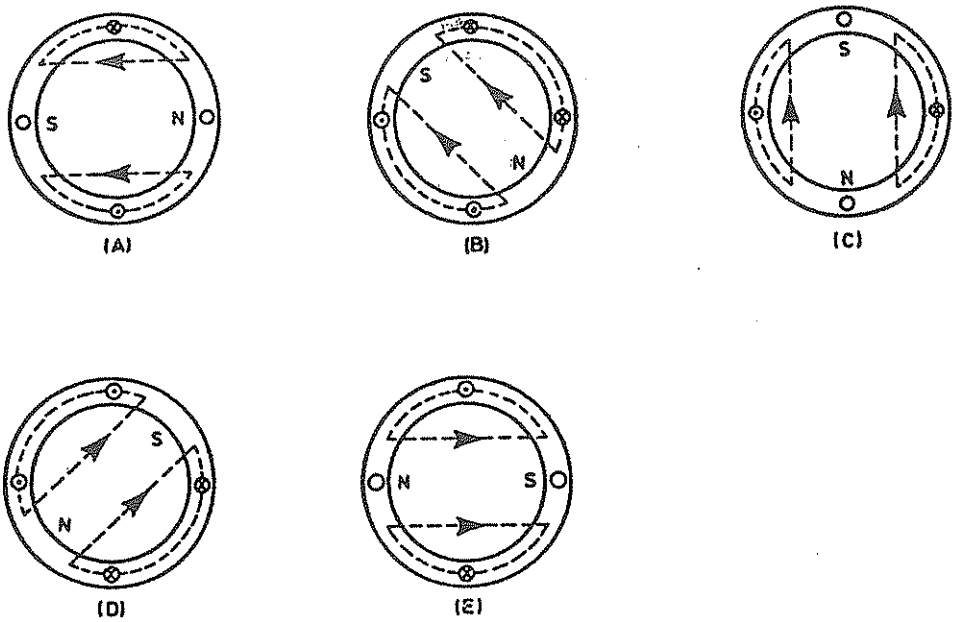
۲-سیم پیچ راه انداز یا کمکی یا استارت START :

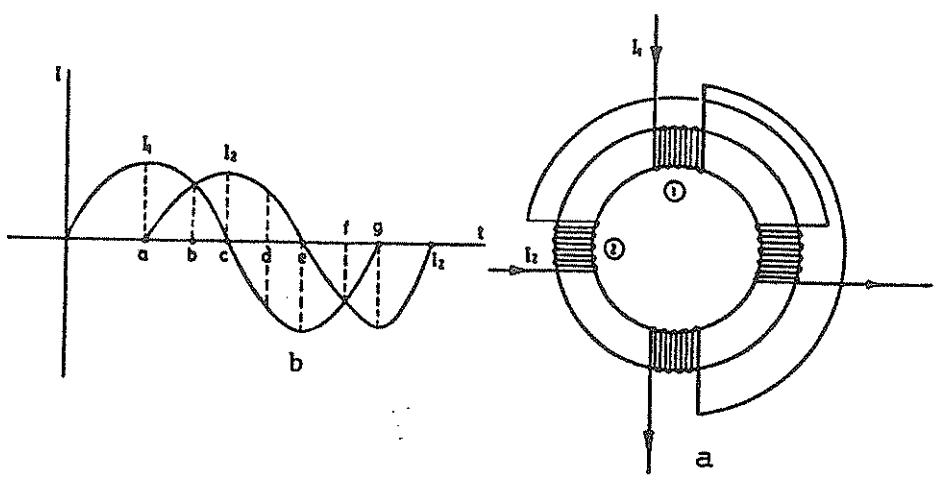
این سیم پیچ باعث ایجاد گشتاور اولیّه یا راه‌اندازی در موتور می‌شـود. سـیم پیـچ راه‌انـداز معمولاًبـا اختلاف90 درجه نسبت به سیم پیچ اصلی در داخل استاتور قرار می‌گیرد. مشخصهٔ آن اینست که قطر سیم سیم پیچ راه انداز کم و تعداد دور آن بیشتر است سیم پیچ راه انداز را با حروف (W)و(Z) مشخص می‌کند.

چگونگی ایجاد حوزهٔ دوار دو قطبی در موتورهای تکفاز

چنانچه گفتیم تعداد دور حوزهٔ دوار در موتورهای تکفاز مانند سه‌فاز تابع فرکانس و تعداد قطب می‌باشد.بنابراین تعداددور حوزهٔ دوار این موتور برابر $3000\ r.p.m = \frac{50 \times 60}{1} = \frac{F \times 60}{p}$ بنابراین

اگر تعداد دور حوزهٔ دوار 3000 دور در دقیقه باشد میتوان گفت در هر ثانیه 50 دور و در سیکل حوزه‌دوار یک دور گردش می کند.



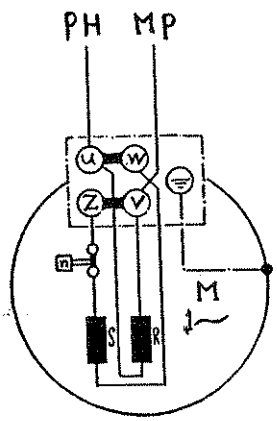


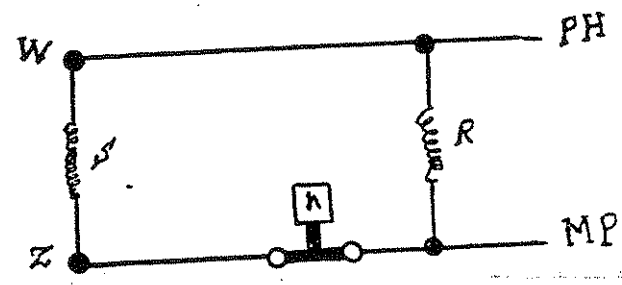
کاربرد موتورهای تکفاز

بیشتر برای کارهایی با قدرت کم حداکثر تا 4 اسب بخار یا 3 کیلووات مانند پمپ آب،ماشینهای تراش،دریلهای کوچک،هواکشها،پمپهای کوچک آب وماشینهای الکتریکی بسیار مانند دریل و سنگ دستی استفاده می‌شود. همچنین وسایلی که برای استفاده در محلهایی که فاقد برق سه‌فاز هستند مانند لوازم خانگی به وسیلهٔ موتورهای تکفاز کار می‌کنند نکتهٔ مهم اینکه در مورد پلاک مشخصات موتورهای تکفاز تمام علائم و مشخصاتی که برروی پلاک مشخصات موتورهای سه‌فاز قید شده است برروی پلاک این موتورها وجود دارد در صورتیکه موتور تکفاز دارای خازن باشد،ظرفیت خازن و ولتاژ کار خازن روی پلاک قید می‌شود با توجه به کاربردهای متعدد موتورهای تکفاز این موتورها دارای انواع مختلفی می‌باشد که به شرح زیراست :

۱-الکتروموتورهای تکفاز إلقائی آسنکرون با کار إلقائی و راه‌انداز إلقائی:

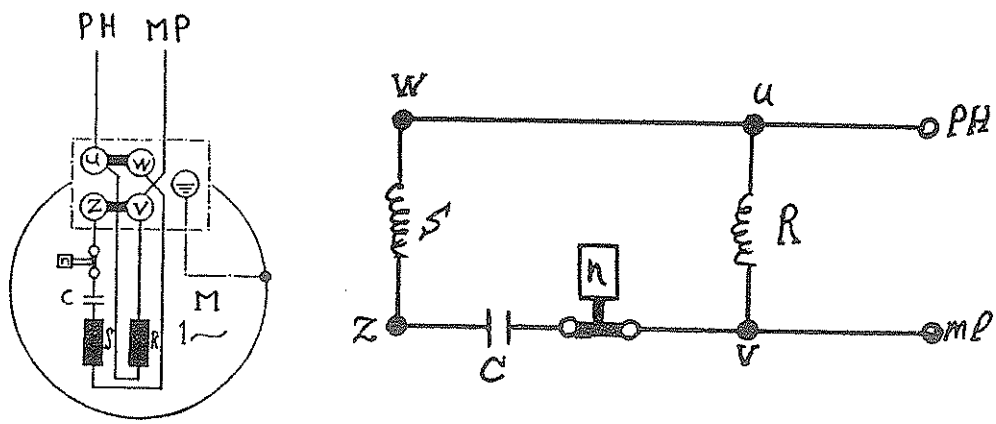
دراین الکتروموتورها برای ایجاد اختلاف فاز بین ولتاژ و جریان از یک سیم پیچ استفاده می‌شود به این صورت که سیم پیچ راه‌انداز این الکتروموتورها از تعداد سیم زیاد با دور زیاد وقطر نازک در این حالت خاصیت سلفی سیم پیچ راه‌اندازی زیاد شده و موجب می‌شود جریان به اندازهٔ 90 درجه نسبت به ولتاژ پس‌فاز شود و در و نتیجه اختلاف فاز 90 درجه بین ولتاژ وجریان به وجود آید.کاربرد این موتورها بیشتر در موتور یخچال با قدرت پایین وکولرها می‌باشد.شکل زیر نمای تخته‌کلم این موتورها را نشان می‌دهد. چنانچه در شکل زیر مشاهده می‌شود،یک کلید در مسیر سیم پیچ راه‌انداز قرار دارد این کلید به کلید گریز از مرکز یا تابع دور حروف است.قسمت متحرک آن برروی محور روتور نصب می‌شود زمانی که موتور به برق وصل می‌شود وروتور شروع به گردش می‌کند کلید نیز به همراه آن شروع به گردش می‌کند واین کلید زمانی که دور روتور آن به 70% دور نامی آن رسید دراثر نیروی گریز از مرکز باز شده وسیم پیچ راه‌انداز آن از مدار خارج می‌شود در یخچالها به جای کلید گریز از مرکز از رلهٔ جریان زیاد استفاده می‌شود.





۲-الکتروموتورهای إلقائی آسنکرون با راه‌انداز خازنی و کارإلقائی:

در این نوع الکتروموتورها یک خازن به همراه یک کلید گریز از مرکز با سیم پیچ راه‌انداز سری می‌شود پس می‌توان گفت که خازن بصورت موقت در مدار قرار می‌گیرد در نتیجه از انواع الکترولیتی بوده که دارای ظرفیت بالا و ولتاژ کار پایین می باشد.این خازن باعث می‌شود که در لحظهٔ راه‌اندازی اختلاف 90 درجه بین ولتاژ و جریان ایجاد شود و حوزهٔ دوار دو فاز را تشکیل دهد.زمانی که موتور به 70% دور نامی رسید کلید گریز از مرکز خازن و سیم پیچ راه‌انداز را خارج می‌کند و موتور فقط با سیم پیچ اصلی کار می‌کند این موتورها دارای گشتاور راه‌اندازی بسیار خوبی بوده اما چون در هنگام کار خازن در مدار باقی نمی‌ماند گشتاور حین کار کم می‌باشد . همین مسئله باعث می‌شود اغلب این موتورها در صورت افزایش بار، روتورشان قفل شده وزیر بار توقف کند،در نتیجه موتور معیوب می‌شود. کاربرد این موتورها در پمپهای کوچک آب ، پمپهای خنک کننده در ماشینهای تراش و کارهای سبک می‌باشد شکل زیر نمای تخته‌کلم این موتورها رانشان می‌دهد.

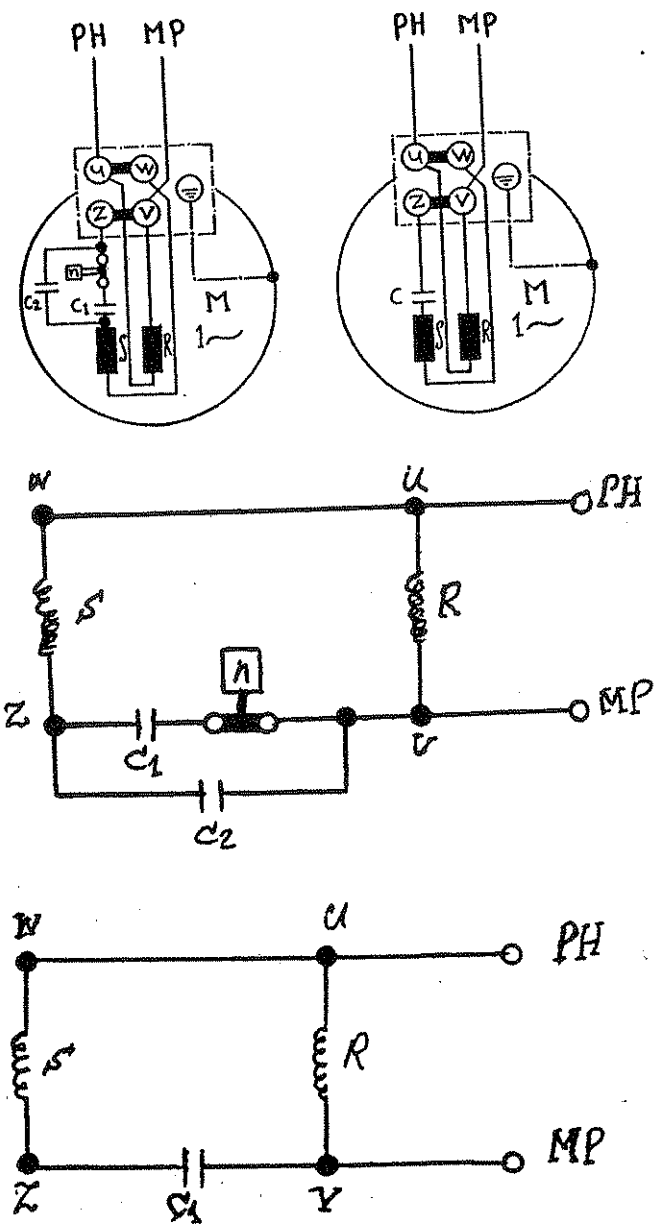


۳-الکتروموتورهای إلقایی آسنکرون تکفاز با راه‌انداز خازنی و کار خازنی :

این الکتروموتورها از نظر ساختمان کاملاً شبیه نوع قبلی بوده با این تفاوت که یک خازن دائم (روغنی) بصورت سری به سر سیم پیچ راه‌انداز وصل می‌شود این خازن در لحظهٔ راه‌اندازی با خازن موقت الکترولیتی موازی شده وباعث می‌شود که گشتاور راه‌اندازی بسیار بالایی داشته باشد پس از اینکه موتور راه‌اندازی شد،کلید گریز از مرکز خازن موقت را از مدار خارج نموده اما خازن دائم و سیم پیچ راه‌انداز به عنوان سیم پیچ کمکی در مدار باقی می‌ماند در نتیجه مشکل قفل شدن روتور زیر بار از بین می‌رود وگشتاور حین کار موتور نیز به دلیل وجود خازن دائم بالا می‌باشد این موتور جزو بهترین موتورهای تکفاز می‌باشد.

نوع دیگر از موتورهای تکفاز با کار خازنی وراه‌اندازفازی وجود دارد که فقط از یک خازن روغنی که با سیم پیچ راه‌انداز سری شده استفاده شده است.این موتورها نیز کارکرد و گشتاوری تقریباًشبیه موتور قبلی

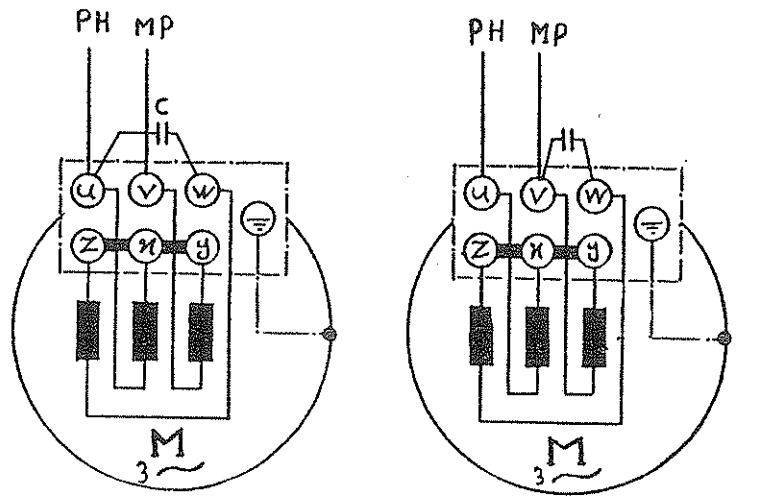
دارندوکاربرد این موتورها و نوع قبلی در دریلهای برقی نجاری،ماشینهای متـه،چـرخ کوشـتهای صنعتی،دستگاه‌های هم‌زن وغیره می باشد.



راه اندازی موتورهای سه‌فاز درشبکهٔ جریان متناوب تکفاز

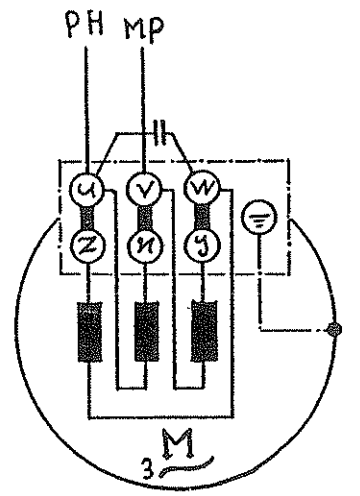
چنانکه می‌دانیم اگر یک موتور سه‌فاز که ولتاژ مجاز سیم پیچهای آن 220 ولت است را بـه شـبکهٔ تکفـاز 220v متصل نمائیم و به وسیلهٔ دست روتور آن رابچرخانیم به حرکت درهمان جهت که با دست چرخـانده‌ایم ادامه می‌دهد.با اضافه کردن یک خازن روغنی به مدار با اتصال موتور به شبکهٔ تکفاز به همـراه خـازن موتـور بدون نیاز چرخاندن با دست راه‌اندازی شده و به حرکت در می‌آید قدرت موتور در این حالت در حـدود70 تا80% قدرت آن در اتصال سه‌فاز است که در تبدیل موتورهای سه‌فاز بـه تکفـاز بـاید بـه ایـن نکتـه توجـه شود.همچنین دقت داشته باشیم که موتورهای سه‌فاز تا قدرت 2.5 الی3 کیلووات را می‌توان به وسـیلهٔ خـازن در شبکهٔ تکفاز راه‌اندازی نمود خازن به کار رفته در این تبدیل خازن روغنی می‌باشد زیـرا بصـورت دائـم در مدار قرار می‌گیرد نحوهٔ انتخاب خازن به اینصورت است که به ازای هر کیلـووات قـدرت موتـور خـازنی بـه ظرفیت 22 میکروفاراد مورد نیاز است.

به عنوان مثال یک موتور سه‌فاز 1.5KW برای تبدیل به تکفاز نیاز به خازنی بـه ظرفیـت 33 میکروفـاراد دارد دقت داشته باشیم که ولتاژ کار خازن باید بـالا بـوده و حتمـاً از 250v کمـتر نباشـد موتوهـای سـه‌فاز را می‌توان با اتصال ستاره و مثلث مطابق شکلهای زیر به تکفاز تبدیل نمود به روش تبدیل موتورهـای سـه‌فاز بـه تکفاز اتصال ایشتین متس (eshtin mets) نیز گفته می‌شود.

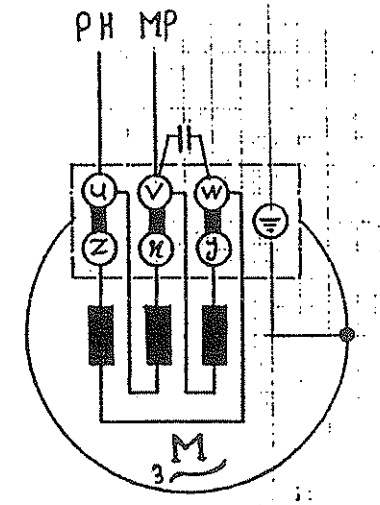


اتصال ستاره راست‌گرد

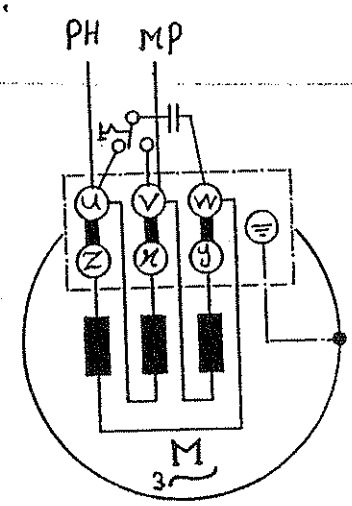
اتصال ستاره چپ‌گرد



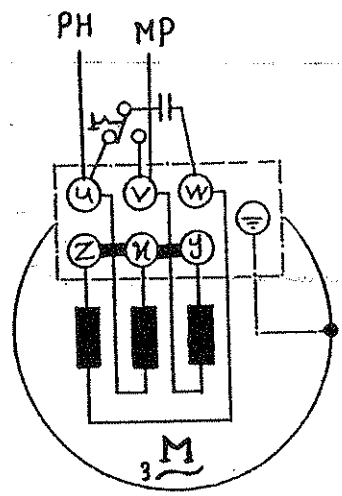
اتصال مثلث راست‌گرد



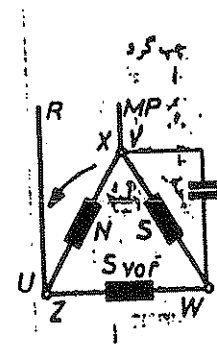
اتصال مثلث چپ‌گرد

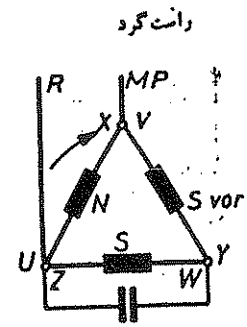


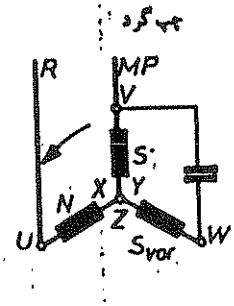
اتصال مثلث چپ‌گرد و راست‌گرد بوسیله کلید تبدیل

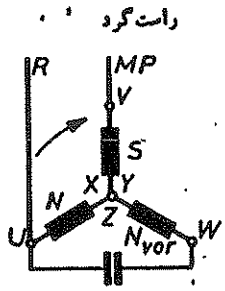


اتصال ستاره چپ‌گرد و راست‌گرد بوسیله کلید تبدیل









مقادیر نامی الکتروموتورهای القائی آسنکرون سه فاز و تکفاز

۱-جریان نامی Ie:

جریانی است که الکترو موتور در زیر بار و در شرایط کار نرمال از شبکه می‌کشد.این جریان بر روی پلاک الکترو موتور نوشته می‌شود.

۲-جریان راه اندازی Ii:

جریانی است که الکتروموتور در لحظهٔ راه‌اندازی و شروع به کار از شبکه می‌کشد.این جریان معمولاً 3 تا 7 برابرجریان نامی موتور می‌باشد. جریان راه‌اندازی حداکثر به مدت 5 ثانیه باید از سیم پیچهای موتور عبور کند و اگر زمان عبور آن از این زمان بیشتر شود موجب صدمه دیدن سیم پیچهای موتور و وسایل حفاظتی می‌گردد.

۳-جریان بی باری:

جریانی است که در حالت بی باری از سیم پیچهای موتور عبور می کند این جریان معمولاً $\frac{1}{2}$ تا $\frac{2}{3}$ جریان نامی موتور می‌باشد.

٤-ولتاژنامی Ue:

ولتاژی است که با آن موتور می‌تواند جریان نامی را از شبکه بکشد که اصطلاحاً به آن ولتاژ مجاز نیز گفته می‌شود این ولتاژ معمولاً بر روی پلاک الکتروموتور قید می گردد که در هنگام نصب و راه‌اندازی الکتروموتورها باید به آن توجه نمود.

٥-دورنامی Nr:

منظور تعداد دور محور روتور برحسب دور در دقیقه می‌باشد که باید الکتروموتور در ولتاژ و جریان نامی دارای این تعداد دور باشد. تعداد دور نامی بر حسب دور روتور در حالتی که موتور بدون بار است همیشه بیشتر از دور نامی می‌باشد.

٦-بار نامی:

بر حسب کیلو وات یا اسب بخار توان خروجی الکتروموتوربر روی پلاک آن قید می‌شود. منظور از بارنامی آنست که با استفاده از تسمه یا گیربکس یا کوپلینگ بار مکانیکی را بوسیلهٔ الکترو موتور به گردش در آوریم که مقدار این بار مکانیکی باید برابر توان خروجی الکتروموتور باشد. اگر بار مکانیکی دارای توان مورد نیاز بیشتر از توان خروجی الکتروموتور باشد اصطلاحاً می گویند موتور دارای بار اضافه است.اضافه بار موجب وارد شدن فشار به الکترو موتورو کاهش دور روتور می‌شود و در نتیجه امکان قفل شدن روتور و سوختن سیم پیچها وجود دارد.از علائم اضافه بار،بالا رفتن جریان فازها بیشتر از جریان نامی و داغ شدن موتور می‌باشد.

روشهای راه‌اندازی الکتروموتورهای سه‌فاز إلقائی آسنکرون روتورقفسی

۱-راه‌اندازی بطور مستقیم.

۲-راه اندازی به روش ستاره مثلث.

۳-راه اندازی به وسیلهٔ اتوترانسفورماتور متغییر یا روش کمپانساتور.

٤-روش راه‌اندازی با اضافه کردن مقاومت در مدار روتور موتورهای روتور سیم پیچی شده.

٥-راه‌اندازی به روش اضافه کردن مقاومت در مدار استاتور.

۱-راه‌اندازی به روش مستقیم:

در این روش الکتروموتور را بصورت مستقیم به شبکه وصل می کنند،یعنی با استفاده از یک کلید سه‌فاز را مستقیماً و بصورت کامل به سیم پیچهای الکترو موتور متصل می‌نمایند در این حالت اگر اتصال روی تخته‌کلم موتور ستاره باشد به هر کدام از سیم پیچها ولتاژ فازی و اگر اتصال روی تخته‌کلم مثلث باشد به هر کدام از سیم پیچها ولتاژ خطی وصل می‌شود معمولاً الکتروموتورهای کم قدرت حداکثر تا 3 کیلو وات را می‌توان به روش مستقیم راه‌اندازی نمود.

۲-راه‌اندازی به روش ستاره-مثلث:

این روش برای الکتروموتورهای سه فاز 3kw به بالا مورد استفاده قرار می‌گیرد در این روش ابتدا سیم‌پیچهای موتور ولتاژ فازی رسیده که به اندازهٔ $\sqrt{3}$ از ولتاژ خطی کمتر است.پس از اینکه موتور به دورنامی رسید با استفاده از کلید ستاره-مثلث اتصال سیم پیچها را عوض کرده و موتور بصورت مثلث کار دائم را شروع می‌کند.در این حالت به هر کدام از سیم پیچها ولتاژ خطی وصل می‌شود پس می‌توان گفت روش ستاره-مثلث یک روش راه‌اندازی به طریقهٔ کاهش ولتاژ است.

توجه داشته باشید که اگر موتور بصورت ستاره-مثلث راه‌اندازی شود در حالت ستاره جریان هر کدام از فازها سه برابر جریان موتور از حالت مثلث کمتر خواهد بود. پس جریان راه‌اندازی نیز به همان نسبت کم شده و در نتیجه به موتور فشار وارد نمی‌آید.چنانچه گفتیم جریان حالت ستاره $\frac{1}{3}$ حالت مثلث و به عبارت دیگر جریان اتصال مثلث 3 برابرحالت ستاره می‌باشد.بنابراین موتور در حالت ستاره با توانی 3 برابر کمتر از حالت مثلث کار می‌کند.توجه داشته باشیم موتوری که ستاره-مثلث راه‌اندازی می‌شود هیچگاه در حالت ستاره زیر بار قرار نگیرد. رعایت نکات زیر در مورد اتصال ستاره-مثلث ضروری است :

الف-هر موتور آسنکرون سه‌فاز نمی‌تواند با اتصال ستاره-مثلث راه‌اندازی شود.

ب-قبل از راه‌اندازی باید به پلاک الکتروموتور توجه نمود که سیم پیچهای آن برای ولتاژ خطی طراحی شده باشند یا به عبارت دیگر ولتاژ حالت مثلث باید برابر ولتاژ خطی شبکه باشد.مثلاً در شبکهٔ ایران فقط موتوهایی با پلاک λ / Δ 660 / 380 v , Δ 380 می‌توانند بصورت ستاره-مثلث راه‌اندازی شوند.

ج-موتوری که ستاره-مثلث راه اندازی می‌شود هیگاه نباید در اتصال ستاره زیر بار قرار گیرد.

د-نکتهٔ مهم اینکه دور موتور در اتصال ستاره-مثلث برابر است.

۳-راه‌اندازی به وسیلهٔ اتوترانسفورماتور متغییر(کمپانساتور) :

دراین روش با استفاده از یک اتوترانسفورماتور کاهنده که مابین شبکه و موتور قرار می‌گیرد ولتاژ وارد سیم پیچهای اتوترانسفورماتور شده و ولتاژ را از صفر کم کم اضافه کرده تا موتور با ولتاژ پایین شروع به کار نموده و جریان راه‌اندازی کاهش یابد.سپس ولتاژ را تا جایی اضافه می‌کنیم که برابر ولتاژ نامی موتور و تمام ولتاژ شبکه مستقیماً به سیم پیچهای موتور برسد.در این نوع راه‌اندازی جریان راه‌اندازی به خوبی کنترل می‌شود و بهترین روش راه‌اندازی می‌باشد اما به دلیل هزینهٔ بالا فقط در مورتوهای با قدرت زیاد مورد استفاده قرار گیرد.

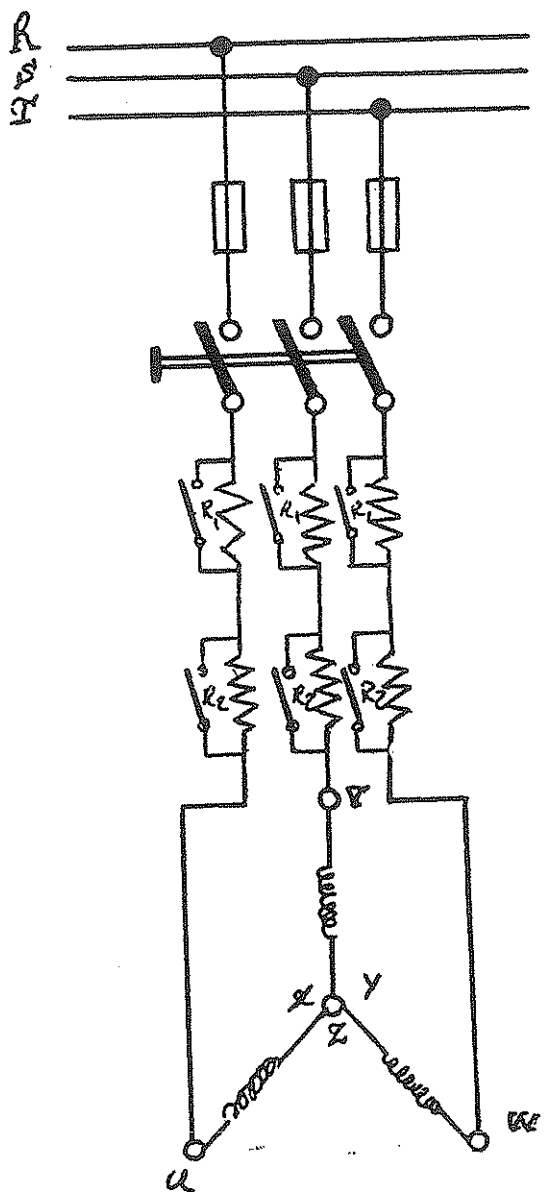
٤-راه‌اندازی به روش اضافه کردن مقاومتها در مدار روتور در موتورهای روتور سیم پیچی شده:

در این روش مقاومتهای سیمی به صورت سری در مدار سیم پیچی روتور قرار گرفته درلحظهٔ راه‌اندازی باعث کاهش جریان عبوری از سیم پیچ روتور شده در نتیجه جریان راه‌اندازی موتور کاهش می‌یابد پس از

اینکه موتوربه دور نامی رسید به وسیلهٔ کلید،مقاومتها را از مدار خارج نموده و سیم پیچهای روتور اتصال کوتاه می‌شود.

۵-راه‌اندازی به روش اضافه کردن مقاومت در مدار استاتور:

در این روش در مسیر هر کدام از سیم پیچها مقاومتهای سیمی به صورت سری قرار می‌گیرد در لحظهٔ راه‌اندازی،ولتاژ شبکه پس از عبور از مقاومتها وارد سیم پیچ استاتور شده در نتیجه موجب کاهش ولتاژ ورودی الکتروموتور می‌شود و جریان راه‌اندازی نیز کاهش می‌یابد پس از اینکه موتور به دور نامی رسید،بصورت مرحله‌ای به و سیلهٔ کلید مقاومتها را از مدار خارج می‌نمائیم تا ولتاژ مستقیماً به سیم پیچهای موتور متصل شود.



راه‌اندازی الکتروموتورهای سه‌فاز و تکفاز آسنکرون بوسیلهٔ کلیدهای دستی

کلیدها :

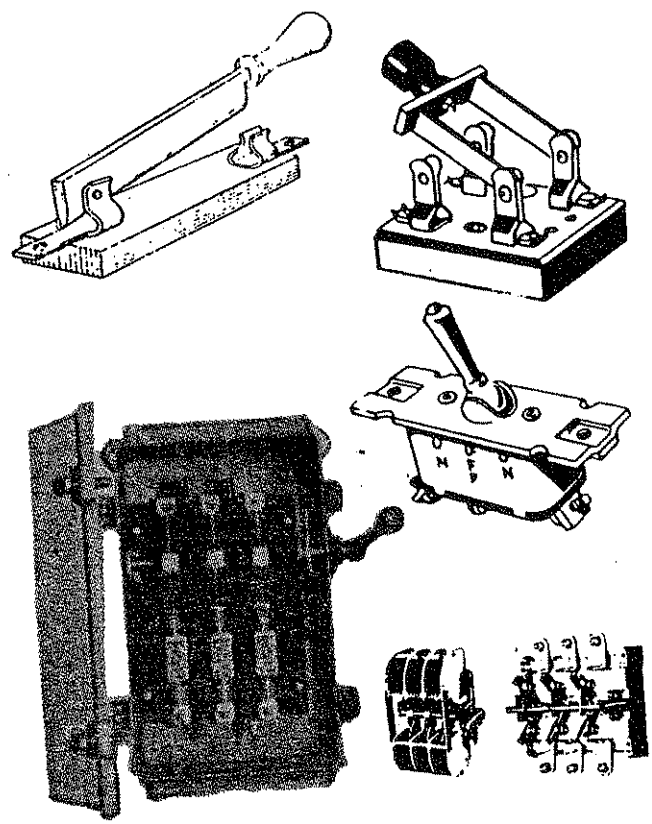
از جمله ابزاری که برای کنترل و تغییر اتصال وسایل و مصرف کننده‌های الکتریکی و الکتروموتورها بکار میرود کلیدها هستند. کلیدها را می‌توان بطور کلی به دو دسته تقسیم نمود: ۱- کلیدهای ساده (دستی) ۲- کلیدهای اتوماتیک. در اینجا با توجه به سرفصل موضوع به بررسی ساختمان و طرز کار کلیدهای دستی تکفاز و سه‌فاز می‌پردازیم.

این کلیدها نیروی دست و یا نیروی مکانیکی را مستقیماً دریافت می‌کنند و با اعمال مکانیکی داخل خود قطع و وصل مدار یا تغییر اتصال و تغییر حالت الکتریکی را به وجود می‌آورند. کلیدهای ساده از نظر ساختاری به سه دسته تقسیم می‌شوند :

۱- کلیدهای اهرمی (تیغه‌ای یا کاردی) ۲- کلیدهای غلطکی ۳- کلیدهای زبانه‌ای

۱- کلیدهای اهرمی (تیغه‌ای):

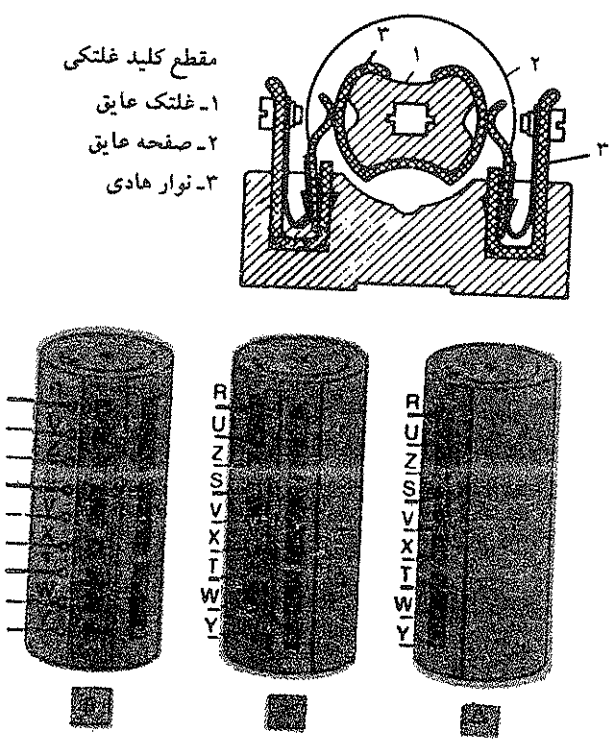
کلیدهای اهرمی ازنوع کلیدهای ساده و ابتدایی هستند که به صورت کشویی و گردان ساخته می‌شوند. ساختمان این کلیدها بسیار ساده است به طوری که همزمان یک یا چند تیغهٔ چاقویی به کنتاکتهای ثابت کلید وصل شده وعمل اتصال مدار را انجام می‌دهد. با توجه به بدون حفاظ بودن کنتاکتهای این کلید، برای قطع و وصل مدارهای بدون جریان بیشتر استفاده می‌شود. همچنین می‌توان از این نوع کلید برای تغییر مدار مصرف کننده از یک شین به شین دیگر استفاده کرد. برای قطع و وصل خطوط اصلی نیز بیشتر از این کلید استفاده می‌شود. توجه داشته باشیم قطع و وصل مدارهای زیر بار با این کلید صحیح نیست زیرا جرقه‌های شدیدی هنگام قطع و وصل در کنتاکتهای آن بوجود می‌آید.



۲-کلیدهای غلطکی :

ساختمان این کلیدها از یک استوانهٔ عایق تشکیل شده است که توسط دسته کلید حول یک محور به حرکت در می‌آید. برروی استوانهٔ عایق نوارهای هادی در محلهای مناسب به کار برده شده است.

با گردش استوانهٔ عایق حول محور اصلی نوارهای هادی کنتاکتهای ثابت کلید به یکدیگر متصل و عمل قطع و وصل کنتاکتهای ثابت کلید به یکدیگر انجام می‌شود.با تغییرحالت دادن به کنتاکتهای ثابت و هادیها می‌توان اتصالات کلید را تغییر داد.وکاربردهای مختلفی را بدست آورد،مانند:کلید O-I ،کلید چپگرد،راستگرد غلطکی I-O-I ،کلیدستاره،مثلث غلطکی $O-\lambda-\Delta$ کلیدهای غلطکی تعداد کل ترمینال‌های ورودی و خروجی کلید با تعداد خطوط برق به علاوه تعداد برمینالهای تخته‌کلم موتور برابر است.کلیدهای غلطکی به علت سایدگی دائمی که بین نوارها و کنتاکتهای ثابت به وجود می‌آید و همچنین به علت اینکه با معیوب شدن کلید به علت سایش گاهی عمل اتصال به طور کامل انجام نمی‌شود کاربرد محدودی در صنعت دارند.

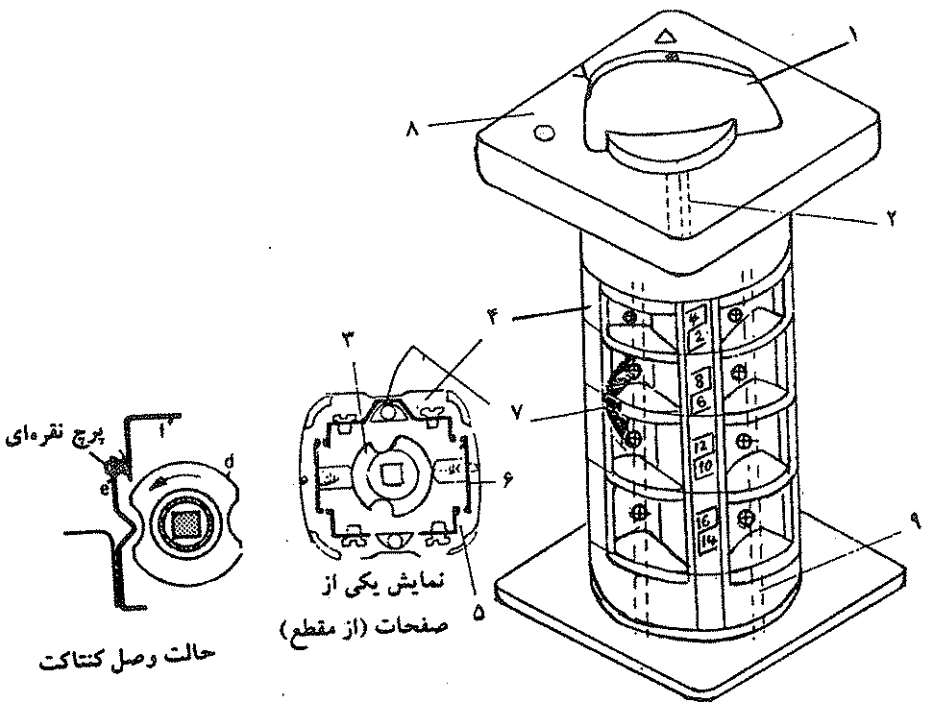


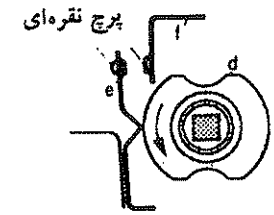
۳-کلیدهای زبانه‌ای :

این کلیدها در بازار به سلکتور سوئیچ معروف هستند و از نوع کلیدهای دستی ساده هستند که کاربرد زیادی در زمینه‌های مختلف صنعت برق دارند.و نسبت به انواع دیگر اهرمی و غلطکی بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرند،این کلید از اجزای زیر تشکیل شده است:

۱-اهرم ۲-صفحهٔ زبانه‌دار ۳-کنتاکتهای متحرک ٤-کنتاکتهای ثابت ٥-فنر ٦-بدنه

مطابق شکل با گرداندن اهرم،صفحهٔ زبانه‌دار تغییر وضعیت می‌دهد. اگر شیار آن در مقابل تکیه‌گاه کنتاکتهای متحرک قرار گیرد،با فشار فنر،پشت تکیه‌گاه کنتاکتهای متحرک کنتاکتهای ثابت را به هم وصل می‌کنند و در نتیجه مدار الکتریکی بسته می‌شود.و چنانچه زبانه در مقابل تکیه‌گاه کنتاکتهای متحرک قرار گیرد فنر فشرده شده و کنتاکتهای ثابت را از یکدیگر جدا نموده و مدار را قطع می‌کند.همانطور که طرز کار کلید نشان می‌دهد قطع و وصل کنتاکتهای این کلید بدون اصطکاک مکانیکی انجام گرفته و پلاتین‌ها سائیدگی نخواهند داشت همین مزیّت باعث طول عمر و مرغوبیّت این نوع کلیدها می‌شود.این کلیدها درانواع سه‌فاز و تکفاز O-I ، چپگرد به راستگرد I-O-I ، یا R-O-L ، ستاره-مثلث Δ - λ - O طراحی و ساخته و به بازار عرضه می‌شوند.





۱- دستهٔ کلید.
۲- محور اصلی کلید.
۳- تعداد صفحات داخلی که با محور اصلی به چرخش درمی‌آید.
۴- تعداد صفحات ثابت که صفحات گردان و پلاتینها، در داخل آن قرار می‌گیرند.
۵- تعداد پلاتینهای ثابت که از خارج به بیرون کلید و به پیچها متصل می‌شوند.
۶- پلاتینهای متحرک.
۷- برنهای اتصال.
۸- صفحه مشخص‌کننده طرز کار کلید.
۹- پیچهای اتصال صفحات و ملحقات کلید به یکدیگر.

استفادهٔ عملی از کلیدهای سه فاز و تکفاز دستی

در این فصل با،استفادهٔ عملی از کلیدهای دستی آشنا می‌شویم.مدارهایی که در این فصل با چگونگی طرز کار و طریقهٔ نصب آنها آشنا می شویم عبارتند از :

۱-راه‌اندازی الکتروموتورهای سه‌فاز بوسیلهٔ کلیدهای O-I اهرمی-غلطکی-زبانه‌ای،راه‌اندازی الکتروموتورهای سه‌فاز بصورت چپگرد،راستگرد با کلیدهای R-O-LیاI-O-I اهرمی-غلطکی-زبانه‌ای.

۲-راه‌اندازی الکترو موتورهای سه‌فاز بصورت ستاره-مثلث توسط کلیدهای Δ - λ - O غلطکی و زبانه‌ای ۳-راه‌اندازی الکتروموتوهای تکفاز بوسیلهٔ کلید O-I اهرمی-غلطکی و زبانه ای تکفاز

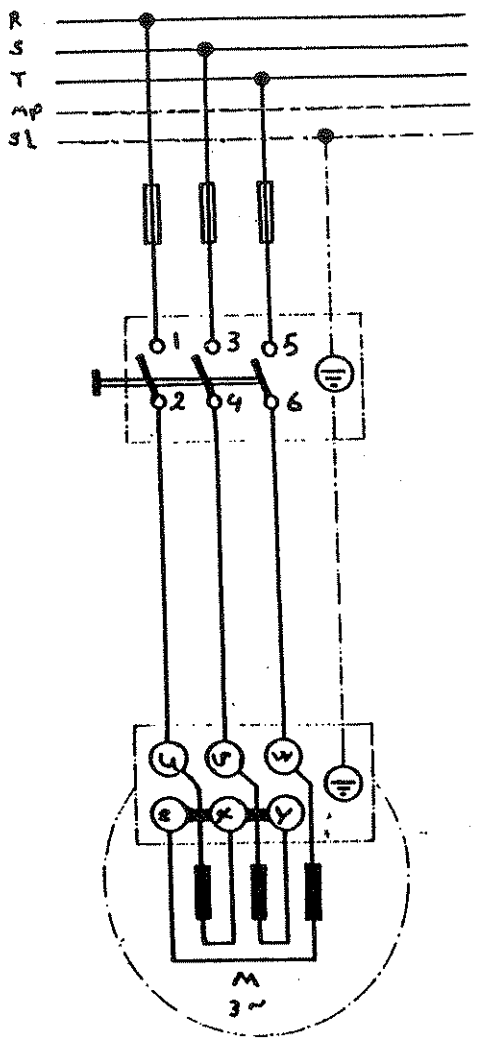
٤-راه‌اندازی الکتروموتورهای تکفاز بصورت چپگرد-راستگرد.

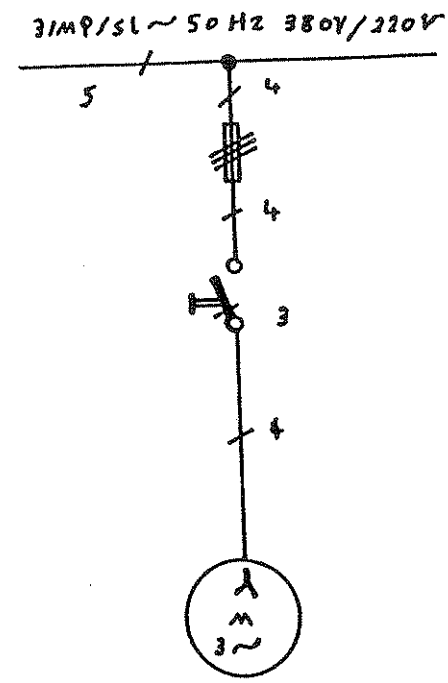
کار شماره ۱

راه‌اندازی یک الکتروموتور سه‌فاز إلقایی آسنکرون روتورقفسی با استفاده از کلید اهرمی سه‌فاز:

وسایل مورد نیاز :۱-کلید اهرمی سه فاز،یک عدد ۲-الکتروموتور سه‌فاز آسنکرون ۳-فیوز فشنگی ،۲عدد.

شرح مدار: مطابق مدار زیر ابتدا سه‌فاز را از فیوزها عبور داده و به سه پیچ ورودی 1,3,5 کلید وصل می‌کنیم و از سه پیچ شماره 2,4,6 مطابق نقشه سه‌فاز خروجی کلید را به تخته‌کلم موتور وصل می‌کنیم.در اینحالت مدار آمادهٔ آزمایش است.یکبار دیگر مطابق نقشه مدار را بررسی می‌کنیم و پس از حصول اطمینان از صحت مدار آنرا به شبکه وصل کرده و با حرکت دادن اهرم کلید سه فاز را به تخته‌کلم موتور مصل می‌کنیم.در اینحالت موتور راه‌اندازی شده و شروع بکار می‌نماید برای قطع موتور می‌توانیم کلید را به حالت اول برگردانیم تا موتور خاموش شود. با توجه به ساختمان کلیدهای اهرمی که قبلاً توضیح داده شد،چون این کلید در هنگام قطع و وصل جرقه‌های شدیدی درکنتاکتهایشان ایجاد می‌شود،لذا کمتر برای راه‌اندازی الکتروموتورها از آنها استفاده می‌شود. تنها حسن این کلید ارزانی و ساده بودن ساختمان داخلی و طریقهٔ نصب سادهٔ آنها می‌باشد.

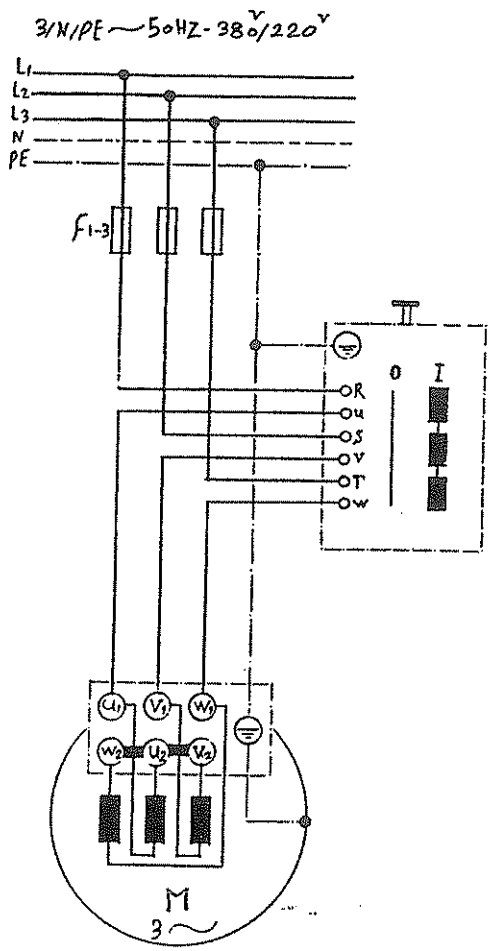




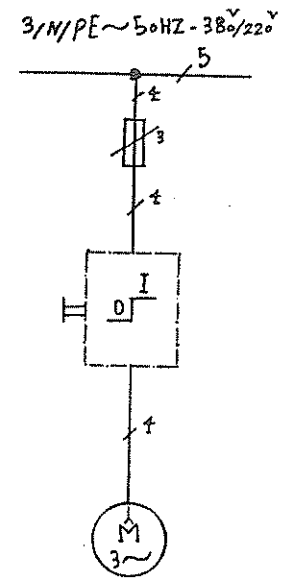
کار شماره۲

مدار راه‌اندازی یک الکتروموتور سه‌فاز إلقایی آسنکرون روتورقفسی با استفاده از کلید غلطکی سه‌فاز O-I:
وسایل مورد نیاز:۱-کلید غلطکی سه‌فاز O-I ،یک عدد ۲-فیوز فشنگی،سه عدد ۳-الکتروموتور سه‌فاز آسنکرون،یک عدد.

شرح کار: مطابق مدار زیر سه‌فاز را بعد از عبور از فیوزهای فشنگی به ترتیب R شبکه به R کلید و S شبکه به S کلید و T شبکه به T کلید وصل نموده و سپس U کلید به U تخته‌کلم موتور و V کلید را به V تخته‌کلم موتور و W کلید را به W موتور وصل نموده مدار آمادهٔ آزمایش است.سه فاز شبکه را وصل می‌کنیم و کلید را از حالت O به حالت I تغییر حالت می‌دهیم در اینحالت فاز R به U و S به V و T به W کلید و از آنجا به موتور وصل شده و الکتروموتور راه‌اندازی می‌شود. برای قطع موتور از شبکه کلید را از حالت I به حالت O بر می‌گردانیم تا از مدار خارج شود.از معایب این کلید سایش زیاد در تسمه‌های هادی داخل کلید می‌باشد.که در هنگام قطع و وصل کلید این عمل اتفاق می‌افتد بهتر است الکتروموتورهایی با این کلید راه‌اندازی شوند که در روز یک یا دو بار قطع و وصل می‌شوند.



نمای حقیقی



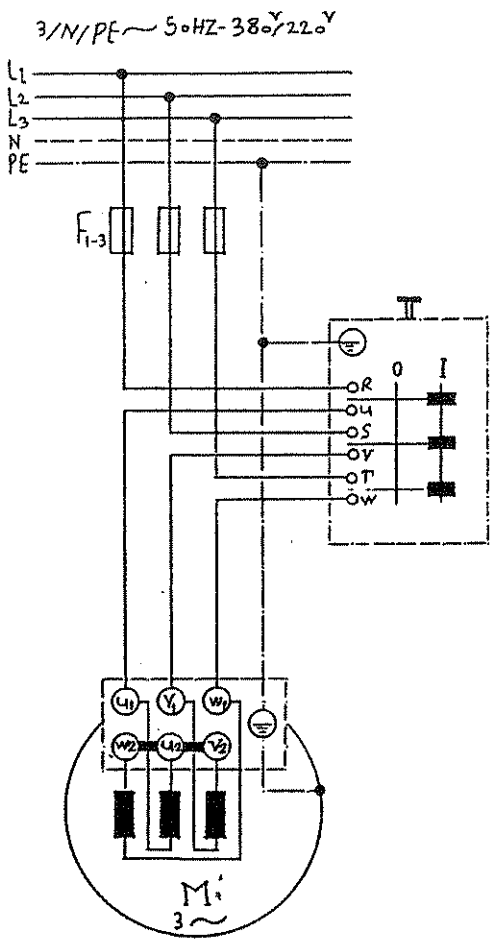
نمای فنی

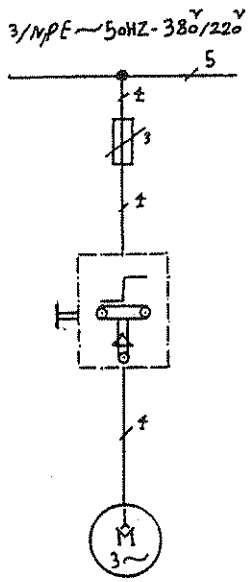
کارشماره۳

راه‌اندازی یک الکتروموتور سه‌فاز إلقایی آسنکرون با استفاده از کلید زبانه‌ای سه‌فاز O-I :

وسایل مورد نیاز:۱-کلید زبانه‌ای سه‌فاز O-I ۲-فیوز فشنگی سه عدد ۳-الکتروموتور سه‌فاز آسنکرون

شرح مدار:مطابق شکل زیر،سه فاز اصلی را ابتدا از فیوزها عبور داده سپس فاز R شبکه را به R کلید و S شبکه را به S کلید و T شبکه را به T کلید وصل نموده و سپس از آن UوVو W کلید را به ترتیب به UوVوW موتور وصل می‌نماییم مدار آمادهٔ آزمایش می‌باشد.حال جهت آزمایش مدار و راه‌اندازی الکتروموتور سه‌فاز شبکه را وصل کرده و کلید زبانه‌ای را از حالت O به حالت I تغییر حالت داده فاز R از طریق UوS از طریق VوT از طریق W به تخته‌کلم الکتروموتور رسیده و راه‌اندازی می‌شود.الکتروموتور راه‌اندازی می‌شود و شروع به کار می‌نماید.برای قطع موتور از شبکه می‌توانیم کلید را از حالت I به O تغییر حالت داده تا جریان ورودی الکترو موتور از طریق کلید قطع گردد.جهت راه‌اندازی الکتروموتورها با استفاده از کلیدهای سه فاز O-Iدستی،این کلید از دو نوع غلطکی و اهرمی دارای کاربرد بیشتری بوده زیرا زمان قطع ووصل زبانه‌های کلید بسیار کوتاه بوده وجرقهٔ بسیار کمی ایجاد می‌کند در نتیجه طول عمر این کلید بسیار بیشتر است.





نمای فنی

«« نمای حقیقی »»

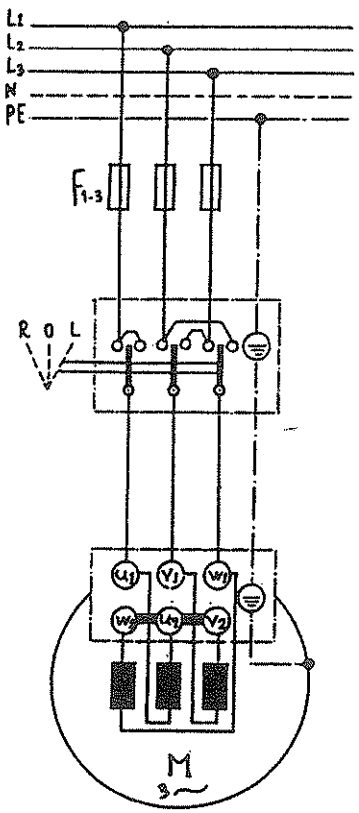
کار شماره ٤

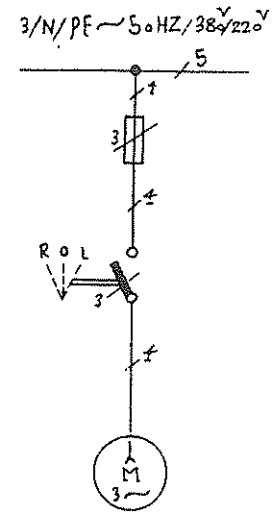
مدار راه‌اندازی یک الکتروموتور سه‌فاز إلقایی آسنکرون روتور قفسی بصورت چپگرد-راستگرد با استفاده از کلید چپگرد-راستگرد اهرمی.

وسایل مورد نیاز:۱-کلید چپگرد-راستگرد اهرمی،یک عدد ۲-فیوز فشنگی،سه عدد ۳-الکتروموتور سه فاز،سه عدد.

شرح کار:در مدار زیر با استفاده از کلید می‌توانیم جهت گردش الکتروموتور را عوض کنیم بدین صورت که این کلید دارای سه حالت راستگرد-قطع-چپگردR-O-L می‌باشد.در حالت راستگرد فاز R به پایهٔ U تخته کلم فازS به پایهٔ V تخته‌کلم و فاز T به پایهٔ W تخته‌کلم وصل می‌شود. درحالت O یا قطع،ارتباط سه‌فاز با موتور قطع می‌شود.و در حالت چپگرد،فازR به پایهٔU تخته‌کلم و فاز S به پایهٔ W تخته‌کلم وفازT به پایهٔ V تخته‌کلم موتور وصل می‌شود.نتیجه می‌گیریم که در حالت چپگرد جای دو فاز از فازهای ورودی به موتور با یکدیگر عوض شده است(جای S وT) و فاز R ثابت.درالکتروموتورهای سه فاز چنانچه جای دو فاز از سه فاز ورودی به الکتروموتور با یکدیگر عوض شود جهت حوزهٔ دوار در استاتور موتور عوض شود.و در نتیجه جهت چرخش روتور نیز عوض می‌گردد.وموتور به حالت چپگرد شروع به چرخش می‌کند و در این مدار با عملکرد کلید به این هدف می‌رسیم.پس بطور کلی می‌توان نتیجه گرفت چنانچه بخواهیم جهت گردش یک الکتروموتور سه‌فاز را عوض کنیم می‌توانیم جای دو فاز از سه فاز ورودی به الکتروموتور را عوض کنیم.این کار را می‌توان در ورودی فیوزها،یا در کلید ویا روی خود تخته‌کلم موتور انجام داد.ولی ساده‌ترین روش تغییر جای فازها بوسیلهٔ کلیدها می‌باشد.

تغییر جهت گردش الکتروموتورهای سه‌فاز در بسیاری از موارد در صنعت مورد نیاز است ازجمله در بالابرها،جراثقالها،آسانسورها،ماشینهای تراش و ... به همین جهت این عمل دارای اهمیّت ویژه‌ای در راه‌اندازی الکتروموتورها می‌باشد.در کلیدهای چپگرد-راستگرد همیشه حالت قطع در وسط نباشد در هنگام تغییر حالت از راستگرد به چپگرد و بلعکس دو فازی که جای آنها با یکدیگر عوض شده است اتصال کوتاه می‌کنند.در نتیجه باید حتماًحالت قطع موتور در بین دو حالت دیگر قرار گیرد.





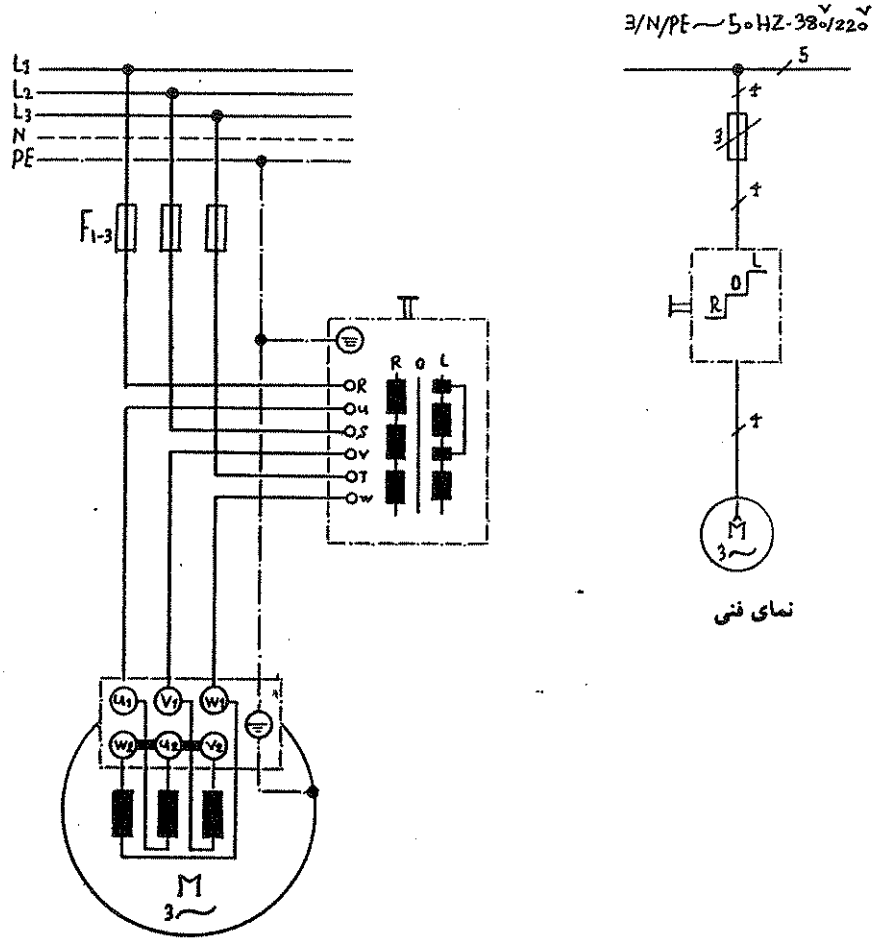
نمای فنی

کارشماره۵

راه‌اندازی یک الکتروموتور سه‌فاز إلقایی آسنکرون روتور قفسی بصورت چپگرد-راستگرد بوسیلهٔ کلید چپگرد-راستگرد غلطکی R-O-L .

وسایل مورد نیاز:۱-کلید چپگرد-راستگرد غلطکی،یک عدد ۲-فیور فشنگی،سه عدد ۳-الکتروموتور سه‌فاز آسنکرون روتور قفسی،یک عدد

شرح مدار:در مدار شکل زیربا استفاده از تغییر حالت کلید می‌توانیم جای دو فاز از فازهای ورودی الکتروموتور را عوض کرده ودر نتیجه جهت گردش الکتروموتور را عوض کنیم.طرز کار کلید بدین صورت است که زمانی کلید در حالت O (OPEN) قرار گرفته جریان به الکتروموتور نمی‌رسد.با تغییر حالت کلید روی راستگرد فازR به پایهٔ U تخته‌کلم فاز S به پایهٔ V و فاز T به پایهٔ W تخته‌کلم موتور وصل شده در نتیجه موتور به حالت راستگرد شروع به گردش می‌کند.برای تغییر جهت گردش موتور کلید را ابتدا روی حالت Oوسپس روی حالت L چپگرد قرار می‌دهیم در اینحالت نیز فاز R به پایهٔ U تخته کلم فاز S به پایهٔ W و فاز Tبه پایهٔ V تخته‌کلم الکتروموتور وصل می‌شود.مشاهده می‌کنیم که در حالت چپگرد جای دو فاز TوS روی تخته‌کلم موتور با یکدیگر عوض شده در نتیجه جهت حوزهٔ دوار إلقایی در استاتور عوض می‌شود. و همراه جهت چرخش روتور نیز عوض می‌شود. و موتور به حالت چپگرد تغییر حالت می‌دهد.نتیجه می‌گیریم با استفاده از کلید غلطکی R-O-L توانستیم جهت چرخش الکتروموتور را عوض کنیم،ولی بدلیل سایش در صفحات مسی روی غلطکهای کلید نمی‌توانیم تعداد دفعات زیادی بوسیلهٔ این کلید جهت چرخش الکتروموتور را عوض کنیم. کاربرد این کلید بیشتر برای مواردی است که تعداد دفعات تعویض جهت گردش الکتروموتور در طول روز کم باشد.



نمای فنی

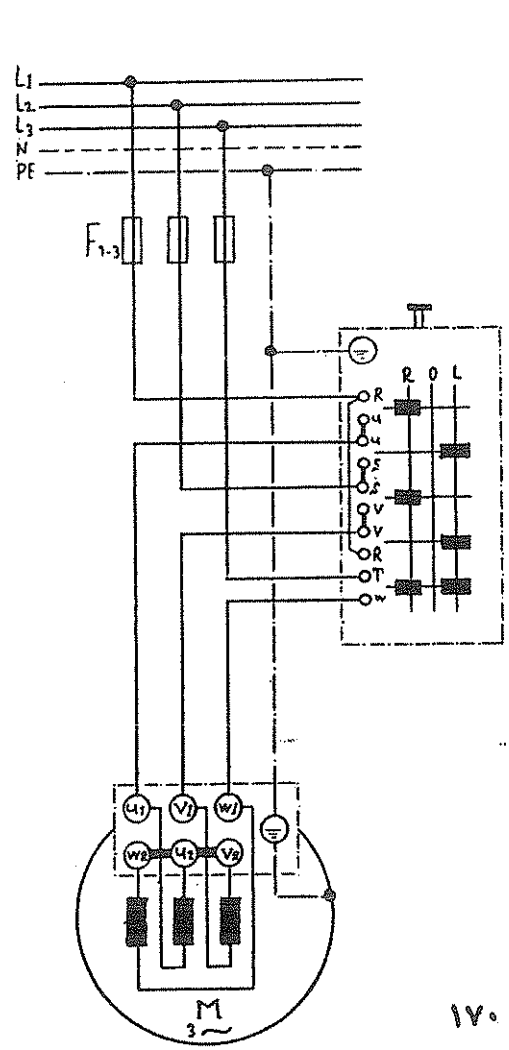
کار شماره۶

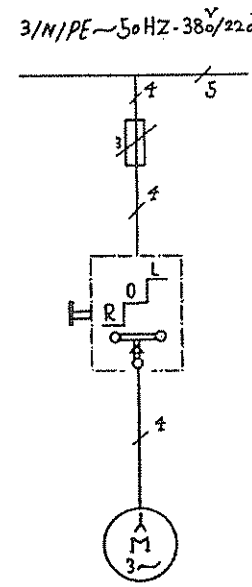
راه‌اندزی یک الکتروموتور سه‌فاز إلقایی آسنکرون روتور قفسی بصورت چپگرد-راستگرد بـا اسـتفاده از کلیـد چپگرد-راستگرد زبانه‌ای سه‌فازR-O-L .

وسایل مورد نیاز:۱-کلید سه‌فاز چپگرد-راستگردزبانه‌ای،سه عدد ۲-فیوز فشنگی،سه عدد ۳-الکتروموتور سه‌فاز آسنکرون،یک عدد.

شرح مدار : مطابق مدار شکل زیر سه‌فاز P وS وT شبکه را به پایه‌های R وS وT کلید وصل می کنیـم و سـه پایهٔ U و V و W تخته‌کلم الکتروموتور وصل می کنیم تا مدار کامل شود.طرز کار کلید بدین صورت است کـه دارای سه حالت راستگرد-قطع-چپگرد می‌باشد.زمانی که کلید روی حالت R راستگرد قرار می‌گیرد فازهـای R وS وT به ترتیب به پایه های U وV وW تخته‌کلم الکتروموتور وصل می‌شوند.پس موتور در جهت راسـتگرد شروع به کار می کند.کلید را از حالت راستگرد خارج نموده روی حالت قطع قرار می‌گیرد پس کلیـد را روی حالت چپگرد قرار می‌دهیم در اینحالت فاز R به پایهٔ V تخته کلم و فاز S به پایهٔ U تخته‌کلم و فـاز T بـه پایـهٔ W الکتروموتور وصل می‌شود.مشاهده می‌شود در حالت چپگرد جای دو فـاز R وS بـا یکدیگـر عـوض شـده است. در نتیجه جهت حوزهٔ دوار در استاتور موتور عوض شده و جهت چرخش روتـور نـیز عـوض می‌شـود و موتور به حالت چپگرد شروع به کار می کند.

باتوجه به ساختمان کلیدهای زبانه‌ای می‌توان بوسیلهٔ این کلیـد تعـداد دفعـات زیـادی الکـتروموتور را بصورت چپگرد و راستگرد تغییر حالت داد.بدون اینکه صدمه‌ای به کنتاکتهای کلید وارد شود.و این از مزایـای کلیدهای زبانه‌ای نسبت به کلیدهای غلطکی و اهرمی می‌باشد.





«دستهای نمی»

کار شماره ۷

راه‌اندازی یک الکتروموتور سه‌فاز إلقایی آسنکرون روتور قفسی بصورت ستاره-مثلث با استفاده از کلید ستاره-مثلث غلطکی $O - \lambda - \Delta$.

وسایل مورد نیاز : ۱-کلید ستاره-مثلث غلطکی،یک عدد ۲- فیوز فشنگی،سه عدد ۳-الکتروموتور سه فاز آسنکرون با پلاک $\Delta 380v$ یا $\lambda / \Delta 660 / 380v$،یک عدد.

- به چه دلیل الکتروموتورها را به صورت ستاره-مثلث راه‌اندازی می‌کنند؟

برای اینکه یک الکتروموتور با قدرت بالا (از 3.5kw به بالا) را مستقیماً به شبکه وصل کنیم جریان راه‌اندازی در حدود 4تا7برابر جریان نامی از شبکه دریافت می‌کند در نتیجه احتمال صدمه دیدن سیمهای رابط و وسایل حفاظتی به وجود می‌آید لذا اینگونه موتورها را به گونه‌ای راه‌اندازی می‌کنند که کنترلی روی جریان راه‌اندازی باشد.یکی از این روشهای کنترل راه‌اندازی الکتروموتور به صورت ستاره-مثلث است و این عمل بوسیلهٔ کلیدهای ستاره-مثلث امکان پذیر است. باید توجه داشته باشیم که این کلید برای موتورهایی بکار میرود که ولتاژ مجاز هر سیم پیچ آن 380v باشد. یعنی روی پلاک موتور قید شده باشد $\Delta 380v$ یا $\lambda / \Delta 660 / 380v$.

این کلید ابتدا سیم پیچهای موتور را به صورت ستاره اتصال داده و به شبکهٔ سه‌فاز وصل می‌کند و پس از اینکه موتور به دور نامی رسید با تغییر حالت کلید از ستاره به مثلث سیم پیچهای آن را بصورت مثلث به شبکه وصل می‌کند.با توجه به مطالب گفته شده در صورتیکه موتور را بوسیلهٔ کلید ستاره-مثلث به شبکه وصل کنیم در ابتدا در حالت ستاره ولتاژ دوسر هر سیم پیچ نسبت به حالت مثلث $\sqrt{3}$ برابر کمتر می‌شود.

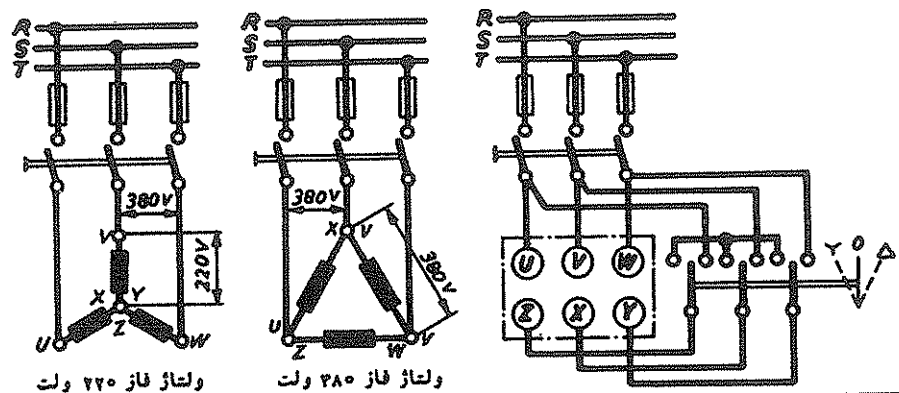
$\frac{380}{\sqrt{3}} = 220v$ یعنی به هر سیم پیچ 220v ولت می‌رسد. بنابراین از هر سیم پیچ جریانی به اندازهٔ $\sqrt{3}$ برابر کمتر از حالت مثلث می‌گردد. در نتیجه چون جریان خط مثلث $\sqrt{3}$ برابر جریان سیم پیچ همان حالت می‌باشد.بنابراین جریان خط ستاره $\sqrt{3} \times \sqrt{3} = 3$ برابر کمتر از جریان حالت مثلث خواهد شد. در این صورت در هنگام راه‌اندازی حتی اگر جریان لحظهٔ اول موتور چند برابر جریان حالت ستاره نیز باشد،باز نسبت به جریان نامی حالت مثلث زیاد بالا نخواهد رفت و از صدمات احتمالی جلوگیری بعمل خواهد آمد.

طرز کار کلید: بدین صورت است که در ابتدا در حالت ستاره فازهای R وS وT به پایه‌های U وV وW تخته‌کلم وصل می‌شوند.ودر همین حالت بوسیلهٔ کلید سه پایهٔ Z وX وY تخته‌کلم موتور به یکدیگر اتصال کوتاه می‌شوند و موتور به حالت ستاره راه‌اندازی می‌شود.با تغییر حالت کلید روی Δ مثلث بوسیلهٔ کلید فاز R به پایهٔ U وZ فاز S به پایهٔ V و X و فاز T به پایهٔ W و Y تخته‌کلم موتور وصل می‌شود. و اتصال سیم پیچها تبدیل به مثلث می‌شود و موتور با دور و قدرت نامی شروع به کار می‌کند.

توجه داشته باشیم حداکثرمدت زمانی که کلید باید روی حالت ستاره باشد.بین ده ثانیه تا یک دقیقه است همچنین دقت کنیم قبل از اتصال کلید به تخته‌کلم موتور تیغه‌های اتصال ستاره یا مثلث را از روی تخته‌کلم برداریم.گاهی اشتباهاً تصور می‌شود که دور موتور در حالت مثلث بیشتر از حالت ستاره است در

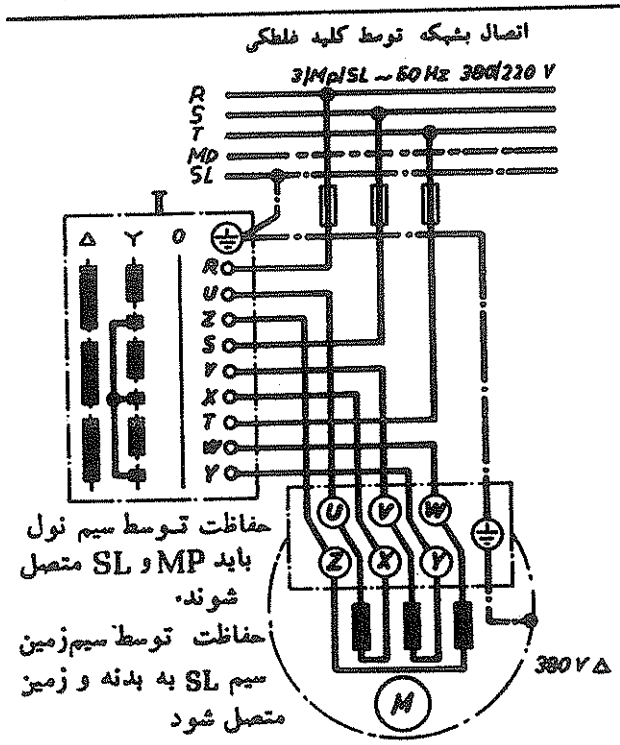
صورتیکه دور موتور در هر دوحالت یکسان است و فقط قدرت موتور در حالت مثلث با توجه به فرمول $Pa = \sqrt{3}UL.IL.\cos\phi$ بیشتر می‌شود.

دراتصال ستاره‌دوکلاف‌موتور بطور سری به ولتاژ خط ۳۸۰ ولت وصل میشوند
ولی دراتصال مثلث یك کلاف موتور به ولتاژ خط ۳۸۰ ولت وصل خواهد شد



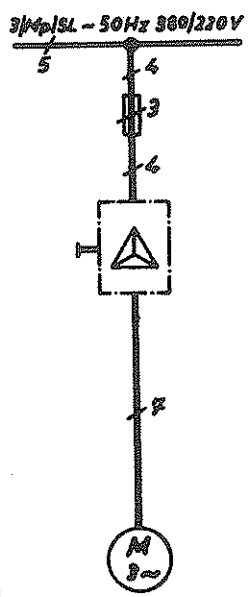
ولتاژ فاز ۲۲۰ ولت ولتاژ فاز ۳۸۰ ولت

اتصال بشبکه توسط کلید فلطکی



حفاظت توسط سیم نول باید MP و SL متصل شوند.
حفاظت توسط سیم‌زمین سیم SL به بدنه و زمین متصل شود

شمای لنی



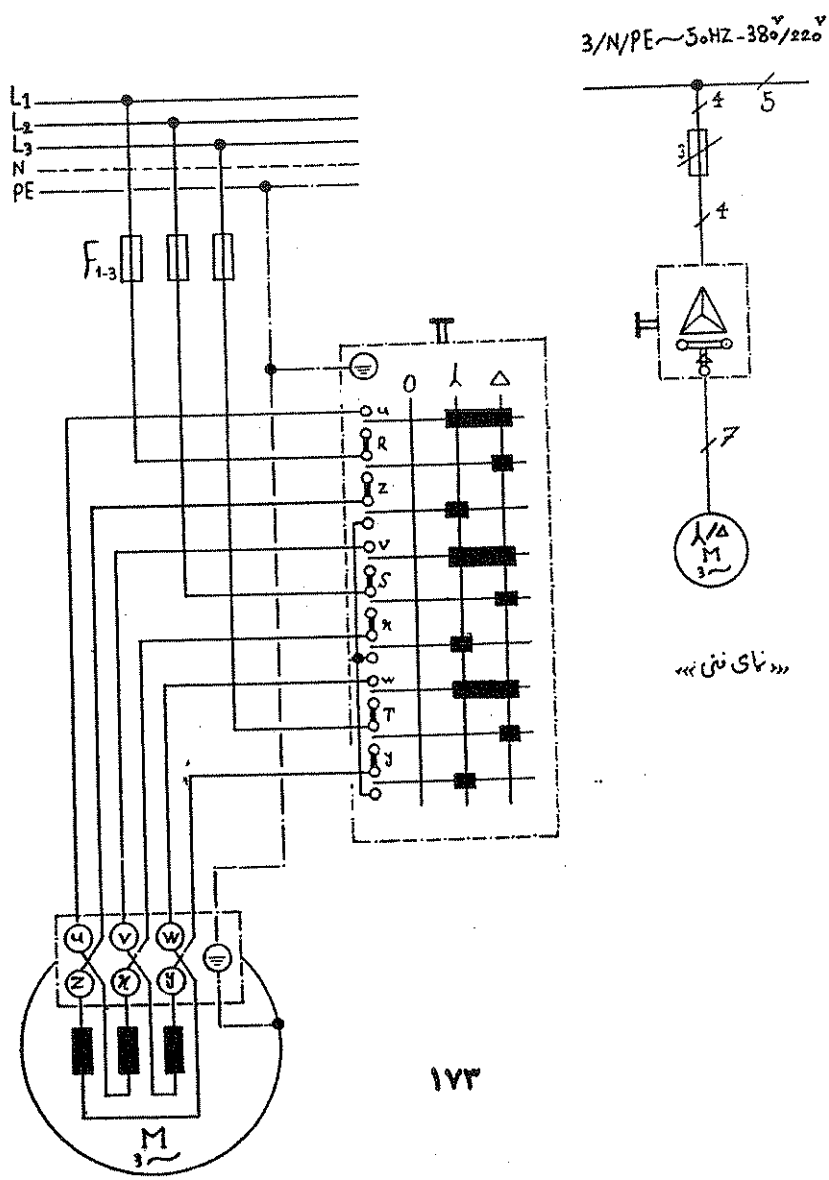
کار شماره۸

راه‌اندازی یک الکتروموتور سه‌فاز إلقایی آسنکرون روتور قفسی بصورت ستاره مثلث با استفاده از کلید ستاره-مثلث زبانه‌ای $O - \lambda - \Delta$.

وسایل مورد نیاز :۱-کلید ستاره مثلث زبانه‌ای،سه عدد ۲-فیوز فشنگی،سه عدد ۳-الکتروموتور سه‌فاز آسنکرون با پلاک $\Delta 380$ یا $\lambda / \Delta 660v / 380v$.

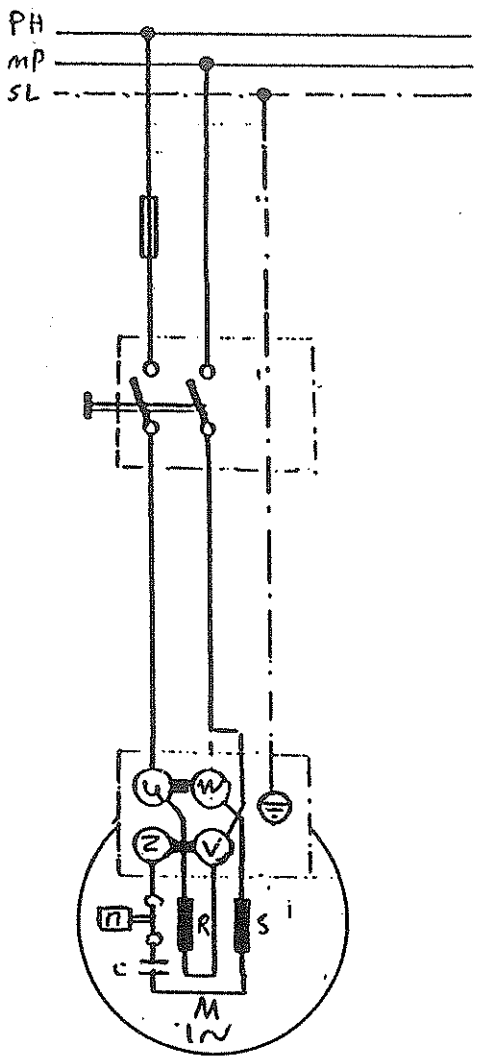
طرز کار کلید :برای وصل،کلید را روی حالت ستاره قرار می‌دهیم در اینحالت بوسیلهٔ زبانه‌های کلید مطابق نقشهٔ زیر فاز R به پایهٔ U تخته‌کلم موتور فاز S به پایهٔ V و فاز T به پایهٔ W تخته‌کلم موتور وصل می‌شود. و بوسیلهٔ زبانه‌های اتصال کوتاه و کلید پایه های Z وY وX تخته‌کلم موتور را به یکدیگر اتصال کوتاه می‌کند و موتور به صورت ستاره راه‌اندازی می‌شود. با تغییر حالت کلید روی مثلث زبانه‌های کلید فاز R را به پایهٔ U و Z تخته‌کلم موتور و فاز S را به پایه های V وX و فاز T را به پایه های W وY تخته‌کلم اتصال می‌دهد و موتور به حالت مثلث شروع به کار می‌کند.

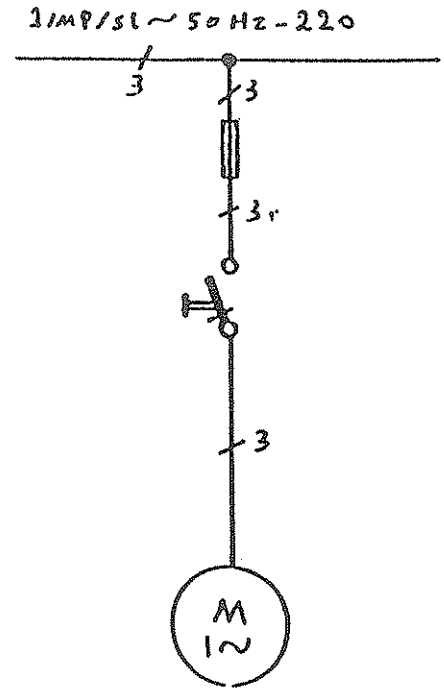
توجه داشته باشیم در صورتیکه کلید روی حالت مثلث باشد و برق به طور ناگهانی قطع شود،حتماً قبل از وصل مجدد برق،کلید را روی حالت خاموش برگردانید و برای راه‌اندازی مجدد موتور حتماً مراحل ستاره-مثلث را رعایت کنید و هیچگاه روی حالت مثلث موتور را راه‌اندازی ننمائید زیرا چنانکه گفته شد،جریان شدید راه‌اندازی موجب صدمه دیدن مدار خواهد شد.



کار شماره ۹

راه‌اندازی یک الکتروموتور تکفاز إلقایی آسنگرون روتور قفسی بوسیلهٔ کلید کاردی (اهرمی)تکفاز مطابق شکل زیر با وصل کلید،فاز و نول به دو سر سیم پیچ اصلی و راه‌انداز متصل شده و موتور شروع بکار خواهد کرد و با قطع کلید،برق موتور نیز قطع خواهد شد. مزیت این کلید نسبت به کلید یک پل معمولی اینست که بوسیلهٔ کلید یک پل فقط فاز یا نول موتور قطع خواهد شد امّا بوسیلهٔ کلید کاردی می‌توان همزمان فاز و نول ورودی به موتور را قطع و وصل نمود واز خطرات احتمالی جلوگیری بعمل آورد.

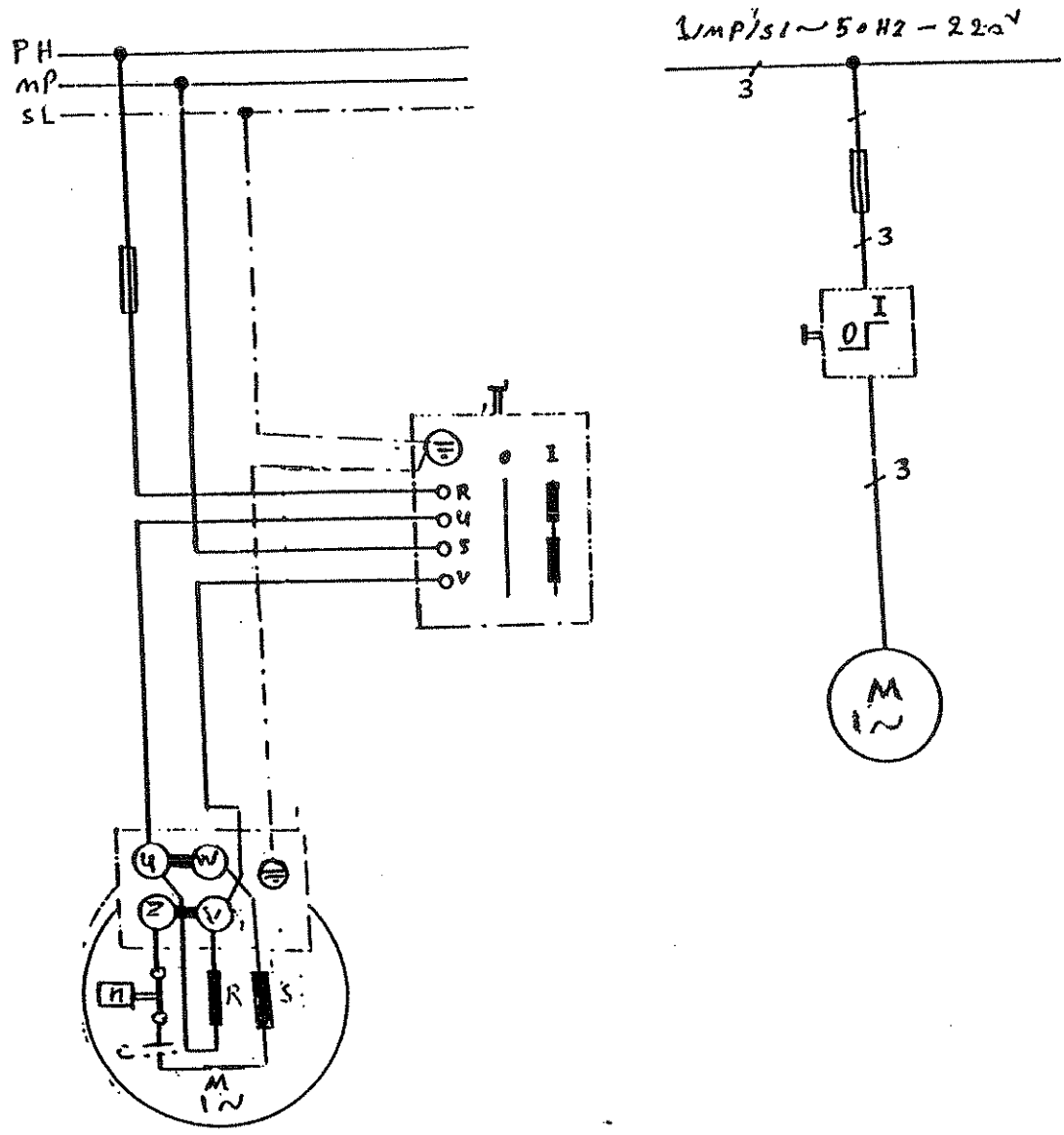




کار شماره ۱۰

راه‌اندازی یک الکتروموتور تکفاز بوسیلهٔ کلید غلطکی O-I تکفاز:

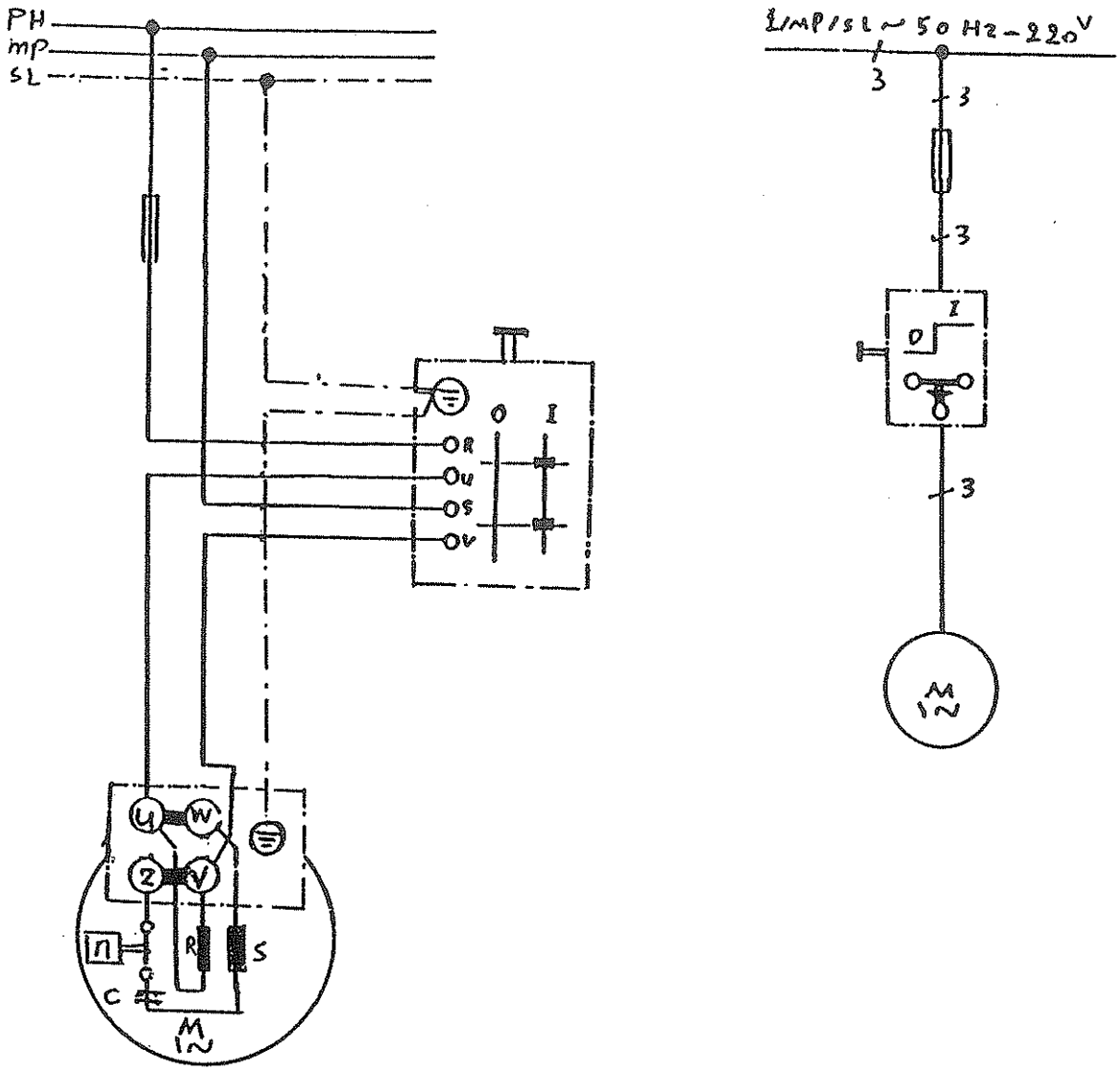
در مدار زیرنیز در حالتیکه کلیددر حالت O می‌باشد موتور از شبکه جـدا بـوده و فـاز و نـول آن قطـع می‌باشد. با تغییر حالت کلید به I موتور به شبکه وصل شده و شروع به کار خواهد کرد.پس می‌توان گفت این کلید کار کلیدکاردی را انجام می‌دهد،با این تفاوت که دارای کیفیت بهتری نسبت به آن می‌باشد.



کار شماره ۱۱

مدار راه‌اندازی یک الکتروموتور تکفاز إلقایی آسنکرون روتور قفسی بوسیلهٔ کلید زبانه‌ای O-I تکفاز.

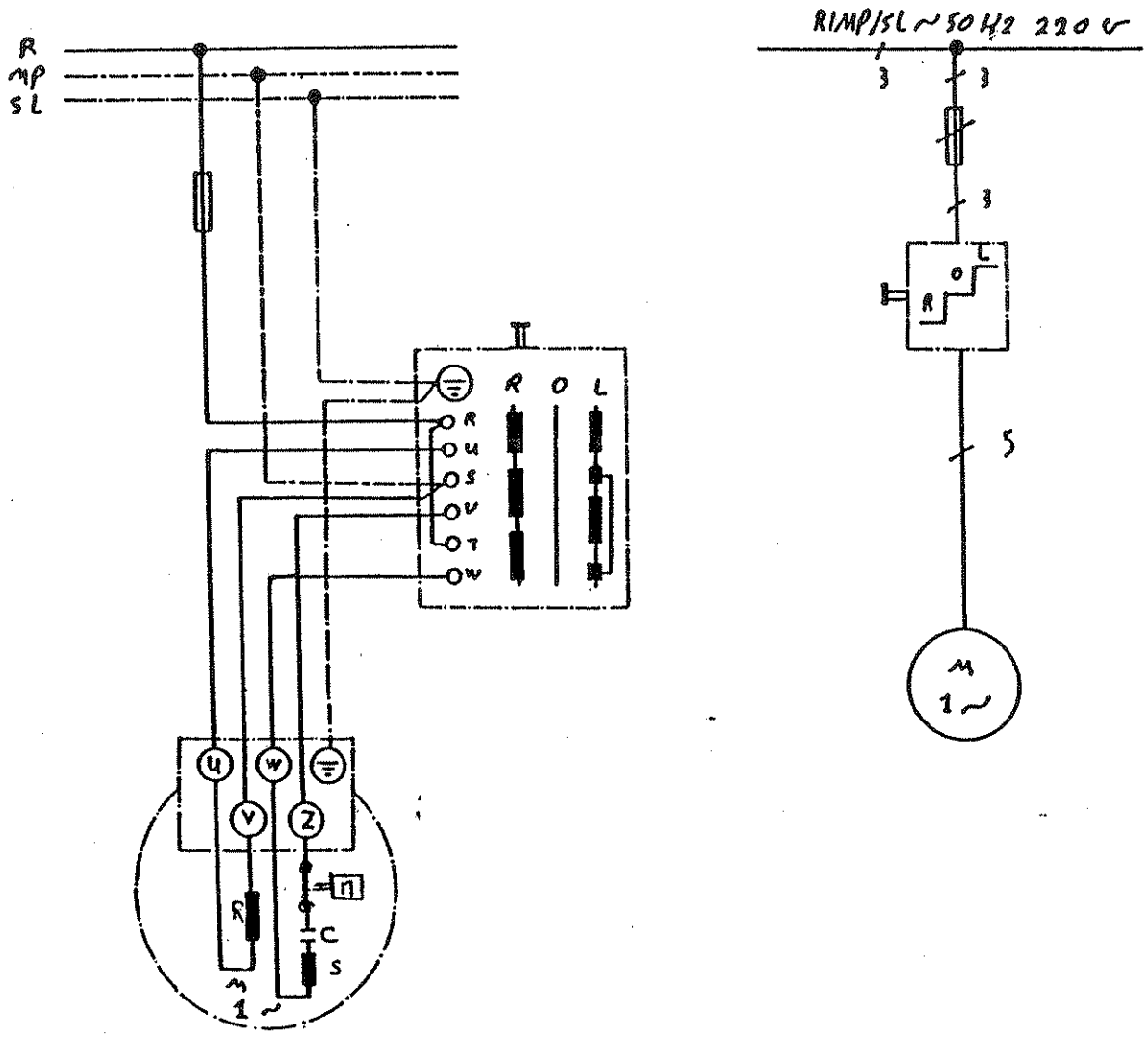
در مدار زیر در حالتیکه کلید در حالت O می‌باشد بین زبانه های U و R و V و S ارتباطی وجود نـدارد و موتور جدا از شبکه می‌باشد.با تغییر حالت به I بین زبانه‌های U و R و V و S ارتباط برقرار شده و موتور به شـبکه متصل شده و راه‌اندازی می‌شود. کاربرد این کلید از دو نوع قبل بیشتر است زیرا این کلید بهترین نـوع کلیـد دستی است و دارای طول عمر بیشتر و ضریب اطمینان بیشتری می‌باشد.



کار شماره ۱۲

راه‌اندازی یک الکترو موتور تکفاز إلقایی آسنکرون موتور قفسی بصورت چپگرد-راستگرد بوسیلهٔ کلید چپگرد-راستگرد سه‌فاز.

در الکتروموتورهای سه‌فاز با عوض کردن جای دو فاز از سه فاز ورودی الکتروموتور جهت حوزهٔ دوار استاتور عوض شده و موتور تغییر جهت گردش می‌دهد.امّا در موتورهای تکفاز با عوض کردن جای فاز و نول این کار امکان پذیر نبوده و برای تغییر جهت گردش باید فقط جهت جریان یا جای فاز و نول در سیم‌پیچ راه‌انداز (استارت) عوض کنیم و جای فاز و نول در سیم پیچ اصلی ثابت بماند.در مدار زیر اینکار امکان پذیر شده ، در حالت راستگرد فاز به سر سیم پیچ اصلی (U) و سر سیم پیچ راه‌انداز (W) متصل شده و سیم نول به ته اصلی و راه انداز متصل شده است.با تغییر حالت کلید به چپگرد مجدداًفاز به سر سیم پیچ اصلی و نول به ته آن متصل می‌شود امّا در حالت چپگرد سیم فاز به ته سیم پیچ راه‌انداز و سیم نول به سر سیم پیچ راه‌انداز متصل می‌شود. به عبارت دیگر جهت گردش اولیّهٔ موتور عوض شده و در نتیجه موتور از حالت راستگرد به چپگرد تغییر وضعیت می‌دهد.نتیجهٔ کلی اینکه در موتورهای تکفاز برای تغییر جهت گردش باید جای فاز و نول در سیم پیچ اصلی ثابت و در دو سر راه‌انداز عوض شود.شکلهای a و b این دو حالت(RgL) را بصورت مداری نشان می‌دهد.



اصول اندازه‌گیری الکتریکی

تعریف اندازه‌گیری :

عبارتست از مقایسهٔ یک کمیّت الکتریکی نامعلوم با یک کمیّت معلوم همجنس با آن که به عنوان واحد انتخاب شده است واحدها طبق استانداردهای بین المللی تعیین می‌شوند و عددی که از اندازه‌گیری به دست می‌آید نشان می‌دهد که مقدار اندازه‌گیری شده چند برابر واحد است.

تعریف دستگاه اندازه‌گیری :

یک وسیلهٔ اندازه‌گیری با تمام متعلقات آن را دستگاه اندازه‌گیری گویند.این دستگاه کمیّتها را بر اساس پدیده های شیمیایی،حرارتی،مغناطیسی و الکتریکی اندازه‌گیری می کنند مانند ولتمتر،آمپرمتر،واتمتر،اهم متر وغیره.

حدود اندازه‌گیری یا رنج :

ماکزیمم مقداری را که یک دستگاه می‌تواند اندازه‌گیری نماید حدود اندازه‌گیری یا رنج دستگاه نامیده می‌شود.

روشهای اندازه‌گیری :

اندازه‌گیری الکتریکی به چهار روش زیر انجام می‌شود :۱-روش انحرافی ۲-روش مقایسه‌ای ۳-روش الکترونیکی و دیجیتالی.

۱-روش انحرافی :

در این روش کمیّت مورد سنجش تبدیل به انحراف عقربه شده و با توجه به میزان حرکت عقربه روی صفحهٔ درجه‌بندی شده اندازه‌گیری انجام می‌شود. در این روش از قوانین تبدیل انرژی الکتریکی به انرژی مکانیکی استفاده می‌شود. کمیّتهای الکتریکی که با این دستگاهها و روش قابل اندازه‌گیری هستند عبارتند از: جریان،ولتاژ،توان،مقاومت و ضریب قدرت.دستگاهی که به روش انحرافی یا عقربه‌ای کار می کند به دستگاه آنالوگ معروف است.

۲-روش مقایسه‌ای :

در این روش کمیّت مورد سنجش با یک مقدار معلوم از همان کمیّت سنجیده می‌شود.کاربرد این روش برای اندازه‌گیری دقیق مقاومت سلف و خازن می‌باشد مانند پلهای اندازه‌گیری (تاروتستون).

۳-روش الکترونیکی :

در این روش ترکیبی از دو روش انحرافی و مقایسه‌ای است و در اندازه‌گیری های بسیار دقیق و نمایش شکل موجها به کار می‌رود مانند اندازه‌گیری ولتاژ جریان و توان به وسیلهٔ اسیلوسکوپ.

٤-روش دیجیتالی :

در این روش کمیّت مورد اندازه‌گیری تبدیل به ولتاژ شده و توسط مدارهای مختلف اندازه‌گیری می‌شود و بصورت عددی روی صفحهٔ نمایشگر نشان داده می‌شود.روش دیجیتالی ساده‌ترین روش نسبت به سایر روشها می‌باشد.

انواع خطاهای اندازه‌گیری

هنگام اندازه‌گیری و استفاده از دستگاههای مختلف همیشه این احتمال وجود دارد که کمیّت اندازه‌گیری شده نسبت به کمیّت واقعی درصدی کمتر و یا بیشتر باشد.این حالت را خطای اندازه‌گیری گویند.خطاهای اندازه‌گیری عبارتنداز :

الف-خطای شخص :

خطا به اشتباهاتی که شخص در هنگام اندازه‌گیری مرتکب می‌شود مربوط است و به طور ناخودآگاه جلوگیری از این عوامل تقریبا ناممکن است.

ب-خطای دستگاه :

عواملی که باعث این نوع خطا می‌شود نسبت به خطای شخص بیشتر از این عوامل تقریباً ناممکن است. مانند کمیّت دستگاه،فرکانس جریان فوکو،حرارت محیط و حوزه های مغناطیسی تولید شده بوسیلهٔ دستگاههای جنبی که از بین بردن این عوامل بسیار مشکل است،بنابراین باید رابطه‌ای بین انواع خطاهای دستگاه پیدا نمود واز طریق روابط ریاضی نسبت به محاسبهٔ آنها اقدام کرد.

انواع خطاها

۱-خطای مطلق :

عبارتست از اختلاف بین مقدار اندازه‌گیری شده و مقدار واقعی،یعنی اگر مقدار واقعی را از مقدار اندازه‌گیری شده کم کنیم خطای مطلق بدست می‌آید.

$\Delta A =$ خطای مطلق

$Am=$ مقدار اندازه‌گیری شده

$A=$ مقدار واقعی

مقدار واقعی-مقداراندازه‌گیری شده =خطای مطلق

$$\Delta A = Am - A$$

۲-خطای نسبی :

مقدار خطایی را که به طور متوسط برای اندازه‌گیری هر واحد کمیّت در نظر گرفته می‌شود،خطای نسبی گویند و مقدار آن از رابطهٔ زیر بدست می‌آید.معمولاً مقدار خطای نسبی را بر حسب درصد بیان می‌کنند:

$$\Delta A = Am - A$$

$$\text{خطای نسبی} = \frac{\text{مقدار واقعی} - \text{مقدار اندازه‌گیری شده}}{\text{مقدار واقعی}}$$

$$\text{درصدخطای نسبی} = \frac{\Delta A}{A} \times 100$$

$$\text{خطای نسبی} = \frac{\Delta A}{A}$$

$$\text{خطای نسبی} = \frac{Am - A}{A}$$

مثال ۱) اگر جریان مداری 4 آمپر باشد و آمپر متر 3.9A آمپررا نشان دهد حساب کنید خطای مطلق و درصد خطای نسبی آمپرمتر را؟

$A=4A$

$Am=3.9A$

$\Delta A = ?$

خطای مطلق $\Delta A = am - A = 3.9 - 4 = 0.1$;

درصد خطای نسبی $= \frac{\Delta A}{A} \times 100 = \frac{0.1}{4} \times 100 = 0.025 \times 100 = \% 2.5 -$

درصد خطای نسبی 0.0-2.5

?=درصد خطای نسبی

مثال۲) اگر ولتاژ مداری 380v ولت باشد و ولت متر 385v ولت را نشان دهد حساب کنید خطای مطلق و درصد خطای نسبی آنرا؟ $A = 380v$ $Am = 385$ $\Delta A = ?$ خطای مطلق

$$\text{درصد خطای نسبی} = \Delta A = Am - A = 385 - 380 = 5v$$

$$\text{درصد خطای نسبی} = \frac{\Delta A}{A} \times 100 = \frac{5}{380} \times 100 = 0.013 \times 100 = \%1.31$$

کلاس یا (طبقه بندی)

کلاس یک دستگاه اندازه‌گیری بیانگر دقت آن دستگاه می‌باشد و توسط درصد خطای نسبی حاصل از انحراف کامل عقربه تعیین می‌شود.

$$\text{کلاس} = \frac{\Delta A}{\text{رنج}} \times 100$$

$$\text{کلاس دستگاه} = \frac{\text{خطای مطلق}}{\text{رنج یا حدود اندازه‌گیری}} \times 100$$

معمولاً کلاس هر دستگاه روی صفحهٔ مدرج آن نوشته می‌شود.براساس آن می‌توان مقدار خطای دستگاه را بدست آورد و در واقع کلاس یک دستگاه کیفیت و خطای آن را تعیین می‌کند. به طوری که با کاهش مقدار عددی کلاس،خطای دستگاه کاهش می‌یابد و کلاس بالاتر بیانگر خطای بیشتر است کلاسهای استاندارد برای دستگاههای اندازه‌گیری به صورت زیرمی‌باشد :

$\pm\%0.1$, $\pm\%0.2$, $\pm\%0.5$, $\pm\%2.5$, $\%5$

حساسیت دستگاه :

مقدار انحراف عقربه به ازای یک واحد از کمیت مورد اندازه‌گیری را حساسیت دستگاه گویند که یکی از خصوصیات مهم دستگاههای اندازه‌گیری است می‌توان گفت دستگاهی دارای حساسیت بیشتری است که حرکت عقربه به ازای یک واحد انحراف بیشتری داشته باشد.

ضریب خواندن عقربه روی صفحهٔ مدرج یا چگونگی خواندن دستگاههای اندازه‌گیری عقربه‌ای :

ممکن است یک دستگاه اندازه‌گیری دارای چند رنج مختلف باشد ولی صفحهٔ مدرج آن دارای یک یا دو نوع درجه بندی باشد.برای بدست آوردن مقدار اندازه‌گیری شده عددی را که عقربه نشان می‌دهد در ضریب ثابت صفحهٔ مدرج ضرب می‌کنیم تا مقدار واقعی کمیت مورد نظر بدست آید برای بدست آوردن

ضریب ثابت صفحهٔ مدرج،اندازه‌گیری یا رنج دستگاه را به ماکزیمم عدد روی صفحه تقسیم می‌کنیم بنابراین می‌توان نوشت:

$$\text{عدد ثابت صفحه (ضریب خواندن)} = \frac{\text{رنج}}{\text{ماکزیمم عدد روی صفحه}}$$

عددی که عقربه نشان می‌دهد × C=Am

$$C = \frac{\text{رنج}}{\text{ماکزیمم عدد روی صفحهٔ مدرج}}$$

مثال ۱) یک ولت‌متر روی رنج 300v قرار گرفته اگر ماکزیمم عدد روی صفحهٔ مدرج 30v باشد و عقربه روی عدد 22 ایستاده باشد حساب کنید مقدار ولتاژ اندازه‌گیری شده توسط ولت متر را؟ 300v=رنج

$$C = \frac{\text{رنج}}{\text{ماکزیمم عددی که روی صفحه می‌باشد}} = \frac{300}{30} = 10$$

30v=ماکزیمم عدد روی صفحه

22=عددی که عقربه نشان می‌دهد

Am = C × عددی که عقربه نشان می‌دهد = 10 × 22 = 220v

Am=?

مثال۲)ماکزیمم عدد روی صفحهٔ مدرج یک آمپرمتر 12 و رنج روی عدد 6 قرار گرفته است اگر عقربه روی عدد 8 قرار گرفته باشد حساب کنید مقدار جریانی که آمپرمتر نشان می‌دهد؟ 6=رنج

$$C = \frac{\text{رنج}}{\text{ماکزیمم عدد روی صفحهٔ مدرج}} = \frac{6}{12} = 0.5$$

12=ماکزیمم عدد روی صفحه

8=عددی که عقربه نشان می‌دهد

Am = C × عددی که عقربه نشان می‌دهد = 0.5 × 8 = 4A

Am=?

4A=مقدار اندازه‌گرفته شده

نکات ایمنی که باید درهنگام استفاده از دستگاههای اندازه‌گیری به آن توجه شود:

برای اینکه اندازه‌گیری تا حد امکان دقیق باشد باید در انتخاب و کاربرد دستگاهها و روشهای اندازه‌گیری دقت‌های لازم را به عمل آورده و در هنگام کاربه نکات زیرتوجه داشته باشیم:

۱) دقیقاً مشخص کنید که چه کمیتی را می‌خواهید اندازه‌گیری نمائید.

۲) با توجه به نوع کمیت و دقت مورد نیاز بهترین روش اندازه‌گیری و مناسب ترین دستگاه را انتخاب نمائید.

۳) با توجه به اینکه درصد خطاها (هم خطای شخص و هم خطای دستگاه)با انحراف بیشتر عقربه کاهش می‌یابد رنج مناسب را انتخاب نمائید.

٤) با توجه به علائم روی دستگاه دقت کنید که طریقهٔ استفاده از آن مطابق دستورات باشد.

٥) قبل از استفاده از دستگاه یا مطالعه از نحوهٔ کاربرد آن آگاه شوید.

٦) ابتدا صفر دستگاه را تنظیم نمائید در مورد اهم متر،هم صفر و هم بی نهایت باید تنظیم شود.

۷) قبل از اتصال مدار به شبکهٔ برق دستگاههای اندازه‌گیری را روی بالاترین رنج قرار دهید.
۸) درمورد اندازه‌گیری جریان موتورهای الکتریکی چون معمولاً جریان راه‌اندازی آنها زیاد است،بهتر است در هنگام اتصال مدار به شبکه به وسیلهٔ یک تکه سیم دوسر آمپرمتر اتصال کوتاه شود.
۹) سعی کنید قبل از بستن مدار نقشهٔ مناسب برای آن طراحی نمایند تا بستن مدار آسانتر شود و قبل از وصل مدار به برق یکبار دیگر تمام قسمتها را کنترل کنید.
۱۰) در هنگام سوختن فیوز دستگاه اندازه‌گیری حتماً فیوز مشابه جایگزین آن نمائید و از ضربه زدن به دستگاه خودداری نمائید.
۱۱) توجه به درجهٔ حرارت مجاز برای دستگاه در محیط کار الزامی است.
۱۲) در هنگام اندازه‌گیری جریان یا ولتاژ زمانی که مدار به برق وصل است فیش سیم‌های رابط را از دستگاه بیرون نکشید و دقت داشته باشید از فیشهای مخصوص هر دستگاه فقط برای همان دستگاه استفاده کنید.

مشخصات کلی دستگاههای اندازه‌گیری :

الف)مکانیزم :

عبارتست از قسمتهایی از دستگاه که مستقیماً در تولید حرکت عقربه و انحراف آن دخالت دارند دستگاههای مختلف دارای مکانیزم‌های مختلف هستند ولی به طور کلی آنها بر اساس میدان مغناطیسی حاصل از آهنربای طبیعی یا الکتریکی کار می‌کند و در مواردی نیز اثر میدانهای الکتریکی بر یکدیگر و یا حرارت ناشی از عبور جریان موجب انحراف عقربه می‌شود بطور کلی با توجه به کمیتهای مورد اندازه‌گیری مکانیزم دستگاههای اندازه‌گیری بصورت زیر تقسیم می‌شوند :

۱)مکانیزم آهنربای دائم با قاب گردان (دی-آرسونال) :

از یک آهنربای دائم و یک قاب سیم پیچی شده تشکیل شده است و بیشتر برای ساخت گالوانومتر و میکروآمپر از آن استفاده می‌شود علامت اختصاری آن چنین است :

۲) مکانیزم آهن نرم گردان :

از یک قطعه آهن متحرک که تحت تأثیر میدان مغناطیسی یک یا چند بوبین حرکت می‌کند تشکیل شده است از این مکانیزم در ساختن ولت‌مترها و آمپرمترهای جریان متناوب و مستقیم و اُهم متر استفاده می‌شود،علامت اختصاری آن چنین است :

۳) مکانیزم الکترودینامیکی :

مشابه دستگاه با قاب گردان است با این تفاوت که به جای آهنربای دائم از یک الکترو مغناطیس استفاده شده است که هم در جریان مستقیم و هم در جریان متناوب قابل استفاده است و برای ساختن ولت‌متر،آمپرمتر،وات مترجریان متناوب و جریان مستقیم و همچنین ساختن کسینوس فی‌متر،وارمتر و کنتور مورد استفاده قرار می‌گیرد،علامت اختصاری آن چنین است :

٤)مکانیزم الکترواستاتیکی :

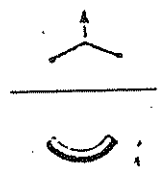
از دویا چند صفحهٔ ثابت و متحرک که نیروی حاصل از باردار شدن این صفحات موجب حرکت عقربه می‌شود تشکیل شده است این مکانیزم برای اندازه‌گیری ولتاژهای زیاد بطور مستقیم و ساختن فرکانس متر استفاده می‌شود وعلامت اختصاری آن چنین است :

٥) مکانیزم اندوکسیونی :

مانند موتورهای الکتریکی از دو قسمت ساکن و متحرک تشکیل شده‌اند قسمت ساکن دارای 4 قطب مغناطیسی است و قسمت متحرک تحت تأثیر میدان این قطبها به حرکت در می‌آید.از این مکانیزم بیشتر در ساخت کنتورها استفاده می‌شود و علامت اختصاری آن چنین است :

٦) مکانیزم حرارتی :

این مکانیزم از یک سیم حرارتی یا نوار بی متال که در مسیر عبور جریان قرار می‌گیرد تشکیل شده است حرارت ناشی از عبور جریان سبب ایجاد انبساط طولی در سیم یا تغییر شکل نوار بی متال می‌گردد با انتقال این تغییر حالت به قسمت متحرک،عقربه منحرف شده و مقدار اندازه‌گیری شده را نشان می‌دهد از این مکانیزم در ساختن آمپرمتر جریان متناوب و مستقیم ، گرماسنج آبگرمکن و دیگهای بخار استفاده می‌شود،علامت اختصاری آن چنین است :



ب) اجزاء تشکیل دهندهٔ دستگاههای اندازه‌گیری :

۱- بوبین ۲- عقربه ۳- صفحهٔ مدرج ٤- محور ٥- پاتاقان ٦- خفه کن یا دمپر ۷- پیچ تنظیم عقربه ۸- وزنهٔ تعادل.

جدول زیر علامت مشخصه ، نوع کمیت ، دستگاه اندازه‌گیری و طریقهٔ نصب دستگاهها را نشان می‌دهد.

نوع کمیّت	دستگاه اندازه‌گیری	علامت مشخصه	طریقهٔ نصب
جریان	آمپرمتر	(A)	سری
ولتاژ	ولت‌متر	(V)	موازی
توان	واتمتر	(W)	سری - موازی
انرژی الکتریکی	کنتور	KWh	سری - موازی
فرکانس	فرکانس متر	(Hz)	موازی
مقاومت	اهم متر	(Ω)	موازی با قطع برق
ظرفیت خازن	خازن سنج(پل تار)	(F)	موازی با قطع برق
ضریب خود إلقائی	هانری متر(پل تار)	(H)	موازی با قطع برق
ضریب قدرت	کسینوس فی متر	(φ)	سری - موازی
قدرت غیر مفید	وارمتر	(VAR)	سری - موازی

ردیف	شرح علامت	علامت مشخصه
۱	دستگاه جریان مستقیم DC را اندازه‌گیری می‌کند.	—
۲	دستگاه جریان متناوب ACرا اندازه‌گیری می‌کند.	~
۳	دستگاه هم جریان متناوب و هم جریان مستقیم را اندازه‌گیری می‌کند.	≂
٤	دستگاه در جریان متناوب سه فاز کار می‌کند.	≋
٥	کلاس یا طبقه‌بندی دستگاه اندازه‌گیری.	5 - 2.5 - 0.5 - 0.2 - 0.1
٦	نصب دستگاه بصورت خوابیده یا افقی.	⌐
۷	نصب دستگاه به صورت ایستاده یا عمودی.	⊥
۸	نصب دستگاه به صورت مایل با زاویه α $10^0 - 85$	∠
۹	دستگاه از نظر عایقی با ولتاژ 2000vآزمایش شده است.	☆2
۱۰	دستگاه از نظر عایقی با ولتاژ 500vآزمایش شده است.	☆
۱۱	دستگاه از نظر عایقی آزمایش نشده است.	☆
۱۲	گاهی به جای ستاره از کلمهTESTاستفاده می‌شودمثلاً با ولتاژ 1000v امتحان شده است.	TEST 1000v
۱۳	دستگاه دارای حفاظ در برابر میدانهای مغناطیسی اطراف می‌باشد.	□
۱٤	دستگاه دارای یکسوساز داخلی است.	⊣▶⊢

۷

مثال) علائم زیر بر روی صفحهٔ مدرج یک دستگاه اندازه‌گیری قید شده است مفهوم آنها را بنویسید؟

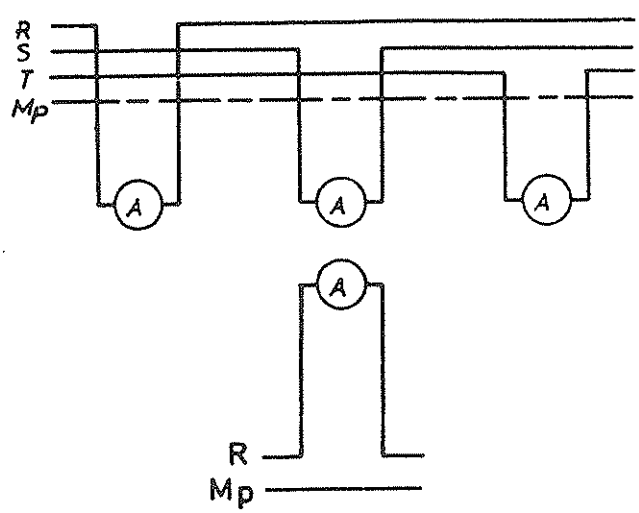
Ⓥ ⎍ 2.5 ☆2 ⊥ ≂ ⊣▶⊢

طبق علائم فوق دستگاه ولت‌متر با مکانیزم آهن نرم و دارای کلاس 2.5 از نظر عایقی با ولتاژ 2000v ولت آزمایش شده است.نصب دستگاه بصورت عمودی در جریان متناوب و مستقیم اندازه‌گیری را انجام می‌دهد و دارای سیستم یکسوساز(دیود)داخلی می‌باشد.

انواع دستگاههای اندازه‌گیری از نظر کاربرد :

۱)آمپرمتر :

دستگاهی است برای اندازه‌گیری جریان که بصورت سری در مدار قرار می‌گیرید.آمپرمترها دارای مقاومت داخلی بسیار کمی هستند تا بتوانند تمام جریان مدار را از خود عبور دهند به عبارت دیگر مانند یک هادی عمل می‌کنند و همچنین چون در مدار بصورت سری قرار می‌گیرند موجب افت ولتاژ در مدار نشوند به دلیل اینکه آمپرمتر مقاومت داخلی بسیار کمی دارد، در صورتیکه بصورت موازی در مدار نصب شود باعث اتصال کوتاه مدار و سوختن مکانیزم داخلی آن می‌شود در نتیجه دقت داشته باشید که هیچ‌گاه آمپرمتر را بصورت موازی در مدار قرار ندهید.برای اینکه بتوانید حدود اندازه‌گیری یک آمپرمتر را افزایش دهید میتوانید با دوسر بوبین آن مقاومت موازی کنید در این حالت مقاومت داخلی آمپرمتر کمتر شده و می‌تواند جریان بیشتری را از خود عبور دهد.شکلهای زیر طریقهٔ نصب آمپرمتر در جریان مستقیم و جریان متناوب تکفاز و سه‌فاز را نشان می‌دهد :

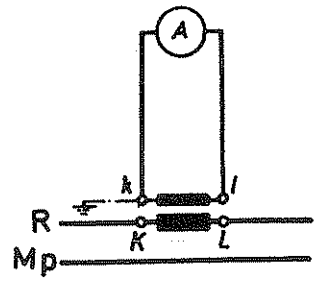


اندازه‌گیری جریان توسط آمپرمتر

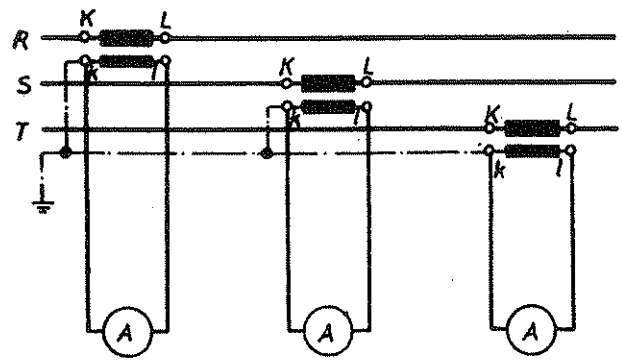
۲)ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری جریان (C-T) :

در مواردی که لازم است جریانهای زیادی اندازه‌گیری شود در صورتیکه بخواهیم آمپرمتر را بصورت مستقیم در مدار قرار دهیم باید از آمپرمترهای بسیار بزرگ استفاده کنیم، که از نظر زیبایی واقتصادی به صرفه نمی‌باشد لذا در این گونه موارد با استفاده از ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری جریان،جریان زیاد را کاهش داده سپس بوسیلهٔ آمپرمترهای معمولی این جریانها را اندازه‌گیری می‌کنیم ترانسفورماتورهای اندازه‌گیری

دارای ضریب تبدیل بوده و با توجه به نوع استفاده و مقدار جریان ضریب تبدیل فرق می‌کندضریب تبدیلهای معمول عبارتند از : $\frac{50}{5}, \frac{100}{5}, \frac{200}{5}, \frac{300}{5}, \frac{400}{5}, \frac{500}{5}$ به عنوان مثال یک ترانسفورماتور جریان با ضریب تبدیل $\frac{500}{5}$ را در نظر بگیرید در صورتیکه از مدار اولیه یا سیم پیچ اولیه 500 آمپر عبور کند در سیم پیچ ثانویهٔ آن 5 آمپر جریان إلقاء می‌شود و از آمپرمتر عبور می‌کند. روی صفحهٔ مدرج این آمپرمترها جریان واقعی و در پایین صفحه ضریب تبدیل را قید می‌کند.تا اشتباهاً آمپرمتر مستقیماً به جریان زیاد وصل نشود.معمولاً سیم پیچ اولیهٔ این ترانسفورماتورها همان سیم پیچ اصلی انتقال جریان می‌باشد.که از سوراخ وسط هستهٔ ترانسفورماتور عبور می‌کند سیم پیچ ثانویهٔ این ترانسفورماتورها از سیم نازک با دور زیاد تشکیل شده است که دو سر سیم پیچ اولیه را با حروف KL و دو سر سیم پیچ ثانویه را با حروف kl کوچک مشخص می‌کنند در اصطلاح بازاری به ترانسفورماتورهای جریان ترانس کوران نیز گفته می‌شود.شکلهای زیر اتصال آمپرمتر به وسیلهٔ ترانس جریان را درمدار سه‌فاز و تکفاز نشان می‌دهد :



اندازه‌گیری جریان زیاد در مدار یک فاز

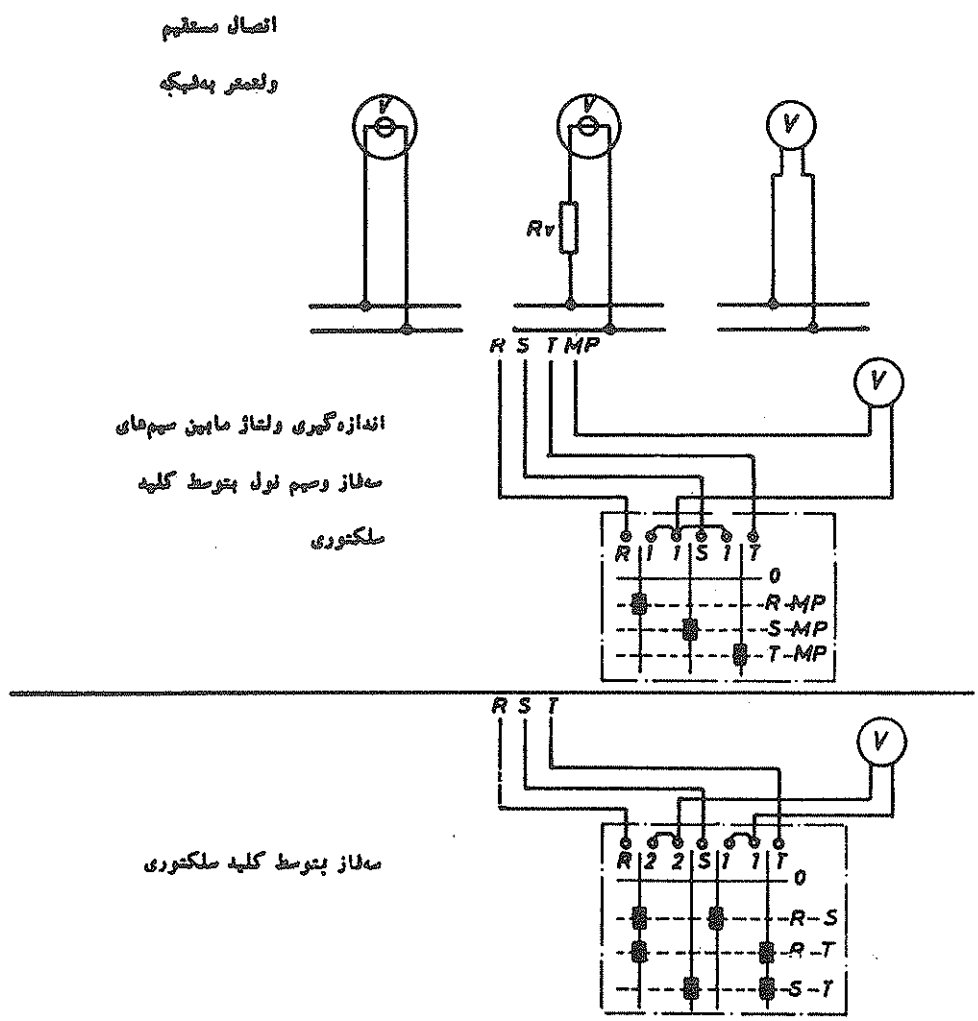


: اندازه‌گیری جریان زیاد در مدارهای سه فاز

۳) ولت‌متر:

دستگاهی است برای اندازه‌گیری ولتاژ که بصورت موازی در مدار نصب می‌شود.ولتمتر دارای مقاومت داخلی بسیار بالایی می‌باشد وبه همین دلیل جریان ضعیفی را از خود عبور می‌دهد ودر نتیجه مصرف داخلی آن بسیار ناچیز است.درصورتیکه به طور سری در مدار نصب گردد موجب افت شدید ولتاژ می‌شود

پس باید حتماًولت‌متر در مدار بصورت موازی نصب شود ولت‌مترها می توانند ولتاژهای از یک ولت کمتر تا چندین کیلوولت را اندازه‌گیری نماید ولت‌مترها در جریان متناوب تکفاز مطابق شکل زیر قرار می‌گیرند در جریان متناوب سه‌فاز به منظور صرفه جویی و ظرافت تابلوهای برق به جای چندین ولت‌متر به منظور نشان دادن ولتاژهای خطی و فازی از کلید ولت و یک عدد ولت‌متر استفاده می‌شود که طریقهٔ نصب آن مطابق شکلهای زیر است :



٤) اُهم متر :

دستگاهی است برای اندازه‌گیری مقاومت اُهمی،تشخیص قطع شدگی و اتصال کوتاه در مدارات الکتریکی. مقاومت داخلی اهم متر بسیار کم است بنابراین توجه داشته باشیم که در هنگام کار با اهم متر حتماً برق مدار قطع باشد زیرا عبور جریان از داخل آن موجب سوختن بوبین اهم متر می‌گردد.

طریقهٔ خواندن اُهم متر :

اهم متر دارای یک صفحهٔ مدرج و یک کلید سلکتوری می‌باشد که از این کلید برای تعویض رنج استفاده می‌شود. هنگام اندازه‌گیری مقاومت اهمی دو سر اهم متر را به دو سر مقاومت وصل نمائید.در این حالت عقربهٔ اهم متر حرکت می‌کند عددی را که عقربه نشان می‌دهد در رنج ضرب نموده و مقدار مقاومت اهمی اندازه‌گیری شده را بدست آورید.

اگر اهم متر را به دو سر یک مدار با یک مقاومت وصل کنید و عقربهٔ آن حرکت نکند نشانهٔ قطع شدگی در مدار می‌باشد در صورتیکه عقربهٔ آن روی صفر قرار گیرد و با تغییر رنج حرکت نکند نشانهٔ اتصال کوتاه درمدار می‌باشد. بعضی از اهم مترها دارای آژیر می‌باشند که در حالت اتصال کوتاه آژیر به صدا در می‌آید.

٥) مولتی متر(آوامتر) :

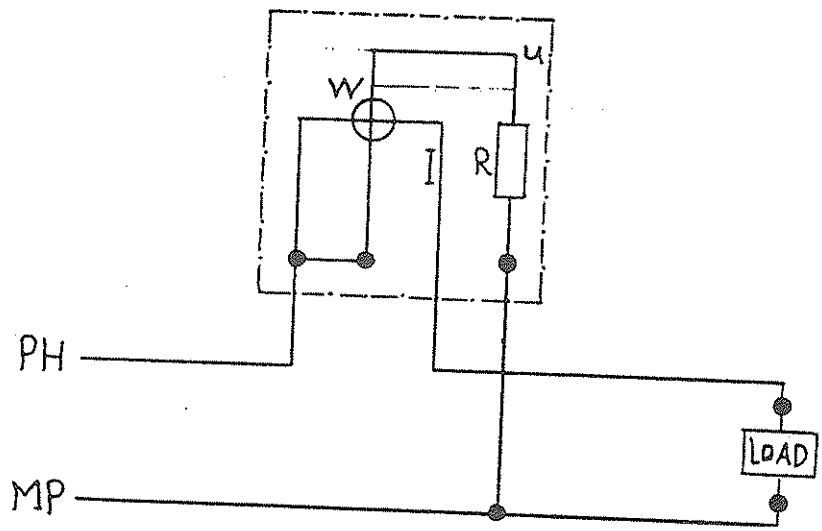
دستگاهی است که از یک اهم متر ، آمپرمتر و ولت‌متر که با تغییر رنج و فیشهای ورودی می‌توان به وسیلهٔ این دستگاه جریان،مقاومت و ولتاژ را اندازه‌گیری نمود.درهنگام اندازه‌گیری با مولتی متر حتماًتوجه داشته باشید که نوع جریان (AC-DC) کمیّت مورد سنجش و رنج مربوط و همچنین وضعیت قرار گرفتن فیشهای ورودی صحیح باشند. زیرا یک سهل انگاری موجب سوختن ومعیوب شده آن می‌شود.

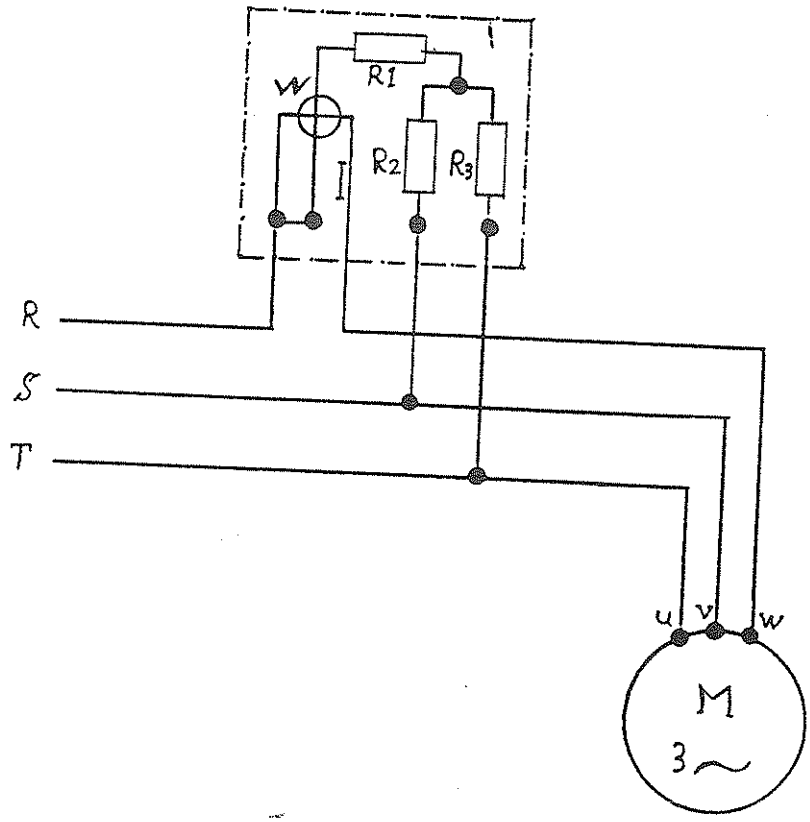
وضعیت مولتی‌مترها معمولاً قابل حمل (پُرتابل) هستند و در انواع دیجیتالی و عقربه‌ای ساخته می‌شوند. نوع دیگری از مولتی مترها که بیشتر در سیم پیچی موتور و برق صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرند مولتی متر انبری می‌باشند که قسمت آمپرمتر بصورت انبری بوده و با استفاده از آن می‌توانید بدون قطع مدار و فیشهای رابط جریان مدار را اندازه‌گیری کنید. اما قسمت اهم و ولت آن مشابه مولتی مترهای معمولی می‌باشد.

٦) واتمتر :

دستگاهی است برای اندازه‌گیری توان مصرفی در مدارهای الکتریکی که بصورت سری موازی نصب می‌گردد.واتمتر از دو سیم پیچ جریان و ولتاژ تشکیل شده است که مقاومت سیم پیچ جریان بسیار کم می‌باشد و به همین دلیل بصورت سری در مدار قرار می‌گیرد سیم پیچ ولتاژ دارای مقاومت داخلی زیادی است و معمولاً برای بالا بردن مقاومت داخلی آن یک مقاومت اُهمی با آن سری می‌شود سیم پیچ ولتاژ به صورت

موازی در مدار نصب می‌گردد به همین دلیل است که اتصال واتمتر سری موازی است واتمترها در انواع جریان مستقیم و جریان متناوب تکفاز و سه‌فاز ساخته می‌شوند.شکلهای زیر طریقهٔ نصب واتمتر را نشان می‌دهد:



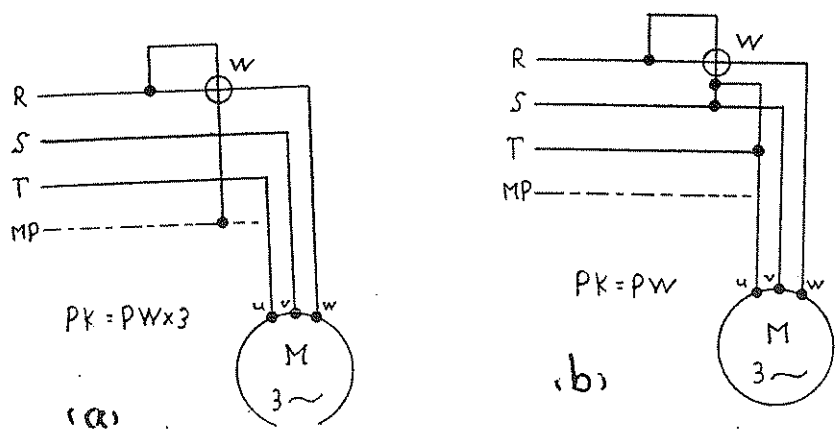


روشهای اندازه‌گیری توان در جریان متناوب سه فاز

با توجه به متعادل بودن یا نامتعادل بودن بار در جریان متناوب سه فاز، اندازه‌گیری توان به سه روش ذیل انجام می‌گیرد :

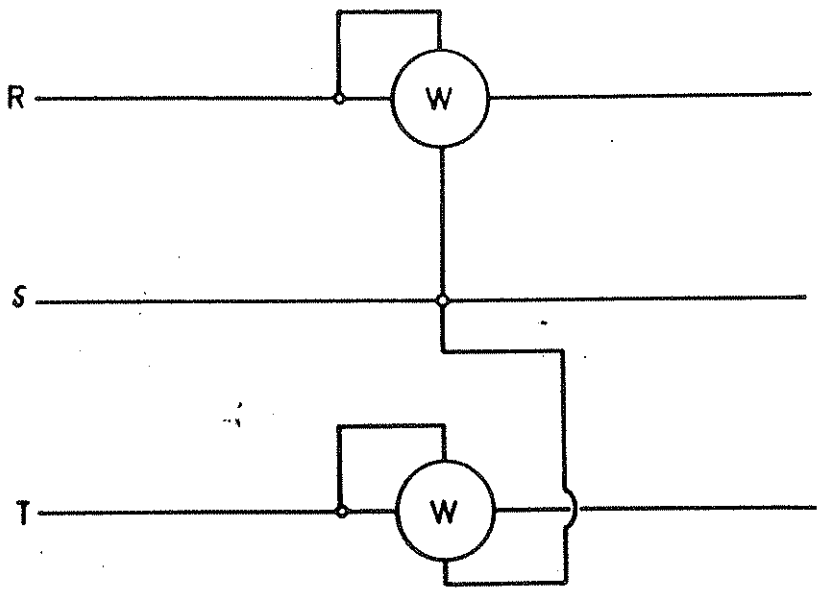
1) روش یک واتمتری :

در این روش یک واتمتر تکفاز در مسیر یکی از فازها و سیم نول قرار می‌گیری مقدار توان اندازه‌گیری شده به وسیلهٔ این واتمتر در عدد سه ضرب شده و توان سه فاز بدست می‌آید یا می‌توانیم از یک واتمتر سه‌فاز استفاده کنیم و همزمان توان هر سه‌فاز را از روی صفحه مدرج واتمتر بخوانیم کاربرد این روش برای اندازه‌گیری توان در بار متعادل سه‌فاز می‌باشد. (مطابق شکلهای a,b)



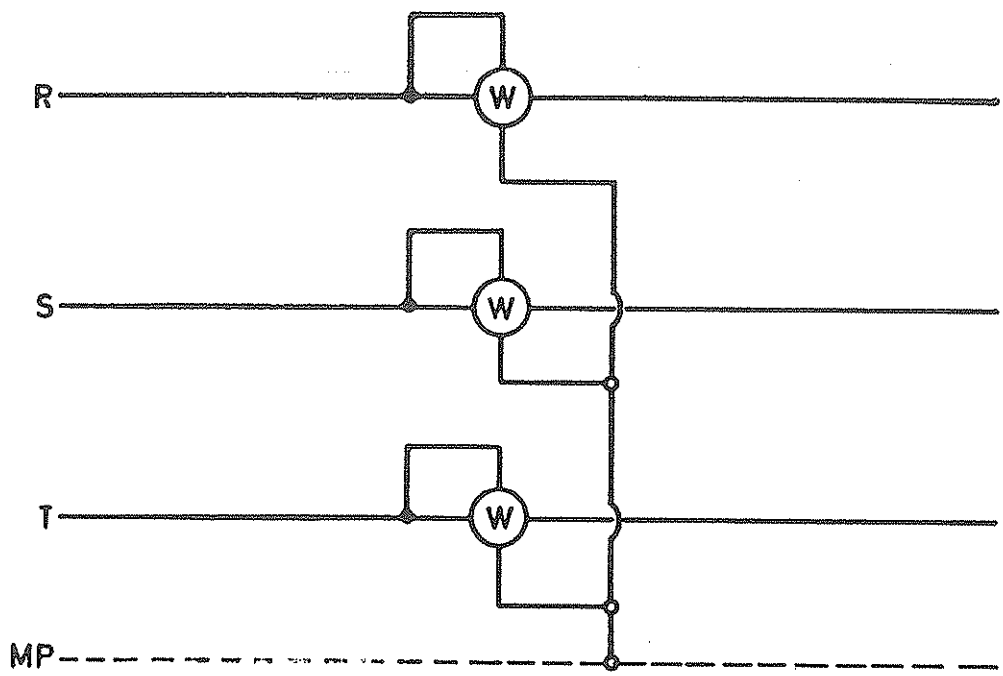
۲) روش دو واتمتری (روش ارون) :

در این روش مطابق شکل زیر از دو واتمتر استفاده می‌شود با استفاده از روش ارون می‌توانیم توان را با بار متعادل سه‌فاز اندازه‌گیری نمائیم.



۳) روش سه واتمتری :

در این روش در مسیر هر کدام از فازها مطابق شکل صفحهٔ بعد یک واتمتر تکفاز قرار می‌گیرد و در این روش می‌توانیم هم توان بار متعادل و هم بار نامتعادل را اندازه‌گیری نمائیم و توان کل برابر است با مجموع توان اندازه‌گیری شده به وسیلهٔ سه واتمتر و این روش به روش چهار سیمه نیز معروف می‌باشد :



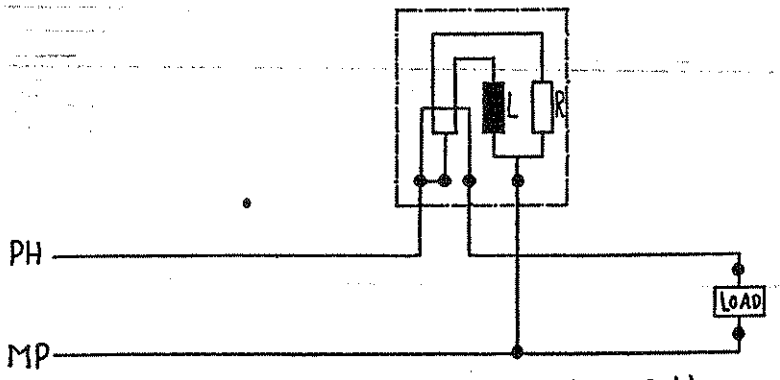
٤) وارمتر :

دستگاهی است برای اندازه‌گیری توان غیر مفید در جریان متناوب، ساختمان داخلی آن شبیه واتمتر می‌باشد و به صورت سری- موازی در مدار قرار می‌گیرد.وارمترها در انواع سه‌فاز و تکفاز جریان متناوب ساخته می‌شوند علامت اختصاری آن چنین است :

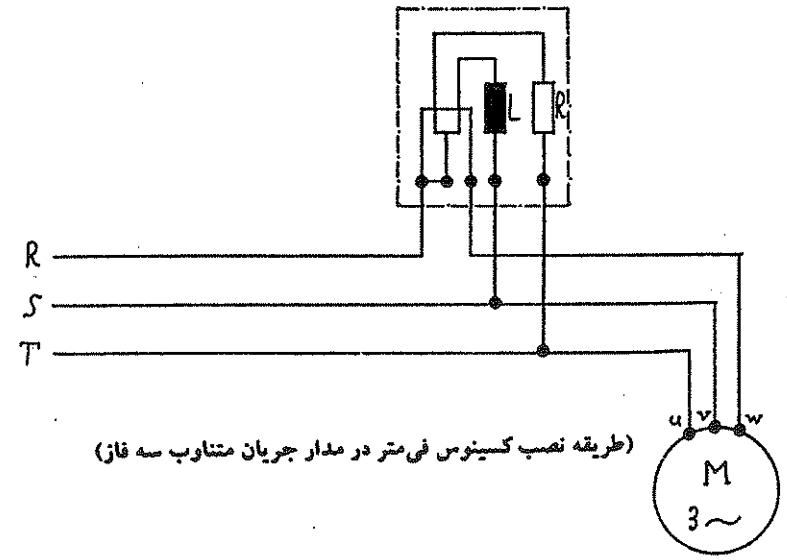
٥) کسینوس فی متر :

دستگاهی است برای اندازه‌گیری ضریب قدرت مفید درجریان متناوب سه‌فاز وتکفاز که به صورت سری- موازی در مدار قرار می‌گیرد توجه داشته باشید که روی صفحهٔ مدرج کسینوس فی مترها قسمت منفی و مثبت وجود دارد وعدد یک بین آن دو قسمت قرار گرفته است در صورتیکه بار سلفی باشد عقربهٔ دستگاه روی قسمت منفی و در صورتیکه بار خازنی باشد عقربه روی قسمت مثبت قرار می‌گیرد و اگر بار اهمی خالص باشد عقربه روی عدد یک قرار می‌گیرد.

شکلهای زیر ساختمان داخلی و طریقهٔ نصب کسینوس فی متر در جریان متناوب سه‌فاز و تکفاز را نشان می‌دهد.



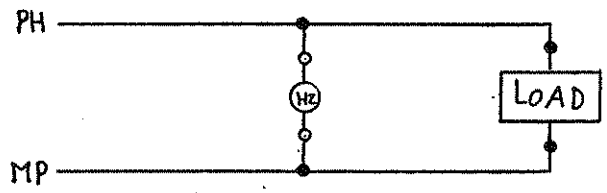
(طریقه نصب کسینوس فی‌متر در جریان متناوب تکفاز)



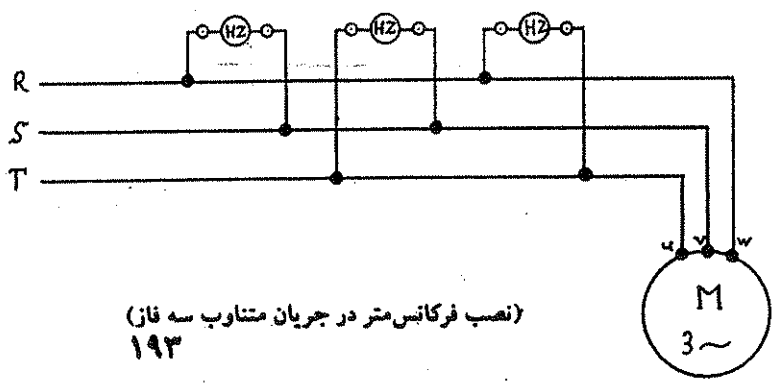
(طریقه نصب کسینوس فی‌متر در مدار جریان متناوب سه فاز)

٦) فرکانس متر :

دستگاهی است برای اندازه‌گیری فرکانس که مانند ولتمتر بصورت موازی در مدار قرار می‌گیرد فرکانس مترها در سه نوع ارتعاشی،عقربه‌ای و دیجیتالی ساخته می‌شوند که استفاده از نوع ارتعاشی آن معمول‌تر است.شکلهای زیر طریقهٔ نصب فرکانس متر در جریان متناوب سه‌فاز و تکفاز را نشان می‌دهد.فرکانس‌متری که در مدار سه‌فاز قرار می‌گیرند با ولتاژ 380v ولت کار می‌کند و فرکانس‌متر تکفاز با ولتاژ 220v ولت کار می‌کنند.



(نصب فرکانس‌متر در جریان متناوب تکفاز)



(نصب فرکانس‌متر در جریان متناوب سه فاز)

۷) کنتورها :

تعریف کنتور : دستگاهی است برای اندازه‌گیری انرژی الکتریکی مصرفی در کارخانجات و منازل که انرژی الکتریکی را بر حسب کیلووات ساعت اندازه‌گیری می‌نماید و در دو نوع سه‌فاز و تکفاز ساخته می‌شوند.

الف) کنتور تکفاز اکتیو :

دستگاهی است برای اندازه‌گیری انرژی الکتریکی مصرفی در شبکه‌های تکفاز کنتورهای تکفاز معمولاً بصورت 15 آمپرو25 آمپر ساخته می‌شوند و از اجزاء زیر تشکیل شده‌اند.

۱) سیم پیچ جریان (بوبین جریان) :

از چند دور سیم مسی کلفت تشکیل شده است که به صورت سری در مدار قرار می‌گیرد.

۲) سیم پیچ ولتاژ :

از تعداد زیادی دور سیم با قطر نازک تشکیل شده است و بصورت موازی در مدار قرار می‌گیرد.

۳) دیسک :

از جنس آلومینیوم می‌باشد و تحت تأثیر میدان مغناطیسی حاصل از بوبینهای جریان و ولتاژ حول محور خود به گردش در می‌آید.

٤) نمراتور (شماره انداز) :

وسیله‌ای است که توسط چرخ دنده به محوردیسک متصل شده و گردش دیسک موجب می‌شود تا شماره‌انداز انرژی الکتریکی را بر حسب کیلووات ساعت ثبت نماید توجه داشته باشیم که در کنتور تکفاز به ازای هر 375 دور گردش دیسک نمراتور 1Kw ساعت انرژی الکتریکی مصرفی را ثبت می‌نماید.

٥) اسکلت :

از آلومینیوم تشکیل شده است و سایرقسمتهای کنتور روی آن نصب می‌گردد.

٦) ترمز فوکو :

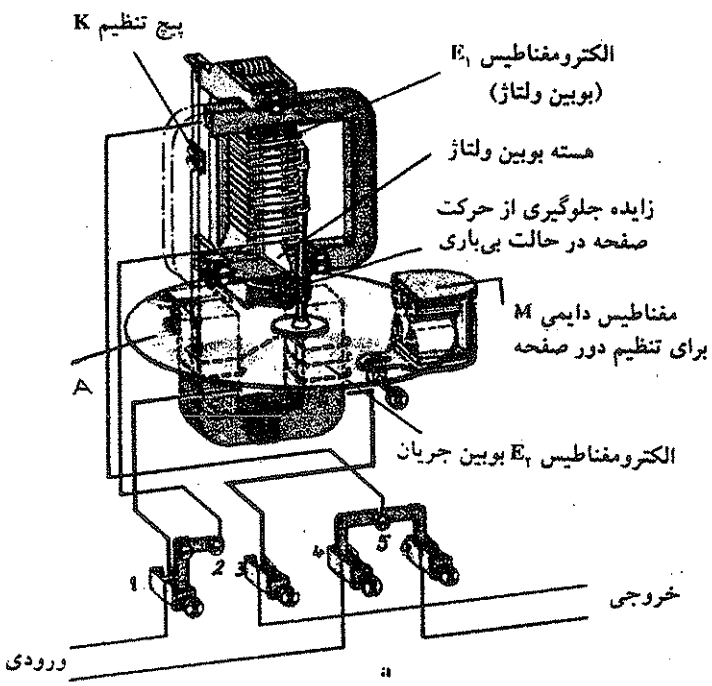
روی دیسک قرار می‌گیرد و زمانیکه مصرف کننده در مدار نباشد از حرکت اضافی دیسک جلوگیری می‌کند.

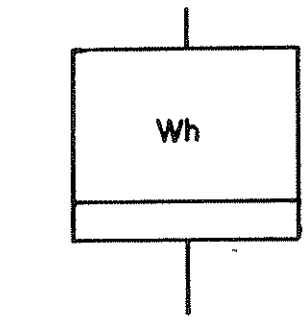
۷) بدنه :

از جنس پلاستیک فشرده بوده وسایر قسمتهای کنتور همراه اسکلت روی آن نصب می‌شود.

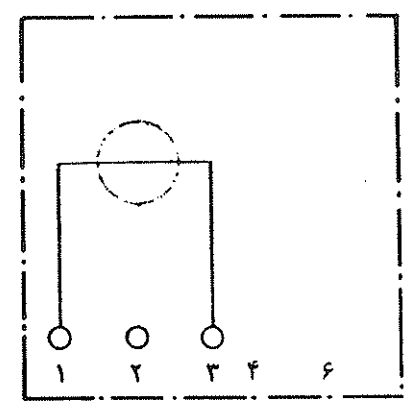
۸) پایه کنتور یا جعبهٔ اتصال :

در این قسمت پایه‌های ورودی و خروجی کنتور قرار گرفته وتمام قسمتهای کنتور روی آن قرار می‌گیرد. کنتورهای تکفاز مطابق شکل زیر در مدار نصب می‌شوند :





شمای فنی کنتور



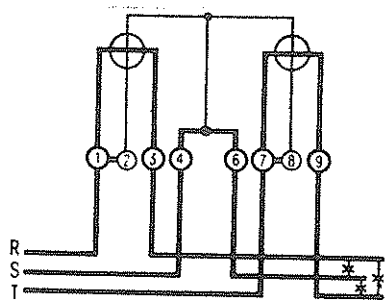
شمای حقیقی کنتور

شمای ظاهری و فنی کنتورهای تک‌فاز و سه‌فاز

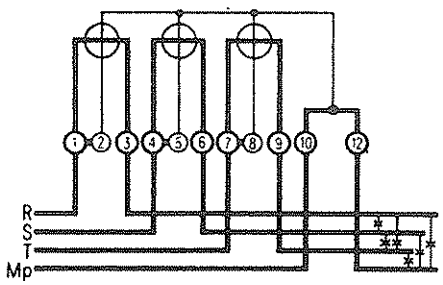
ب) کنتور سه‌فاز اکتیو :

دستگاهی است برای اندازه‌گیری انرژی الکتریکی مصرفی در جریان متناوب سه‌فاز این کنتور از نظر ساختمان داخلی شبیه کنتور تکفاز بوده با این تفاوت که به جای سیم‌پیچ ولتاژ و جریان دارای سه سیم پیچ جریان و سه سیم پیچ ولتاژ برای اندازه‌گیری انرژی مصرفی سه‌فاز R و S و T می‌باشند. کنتورهای سه‌فاز در دو نوع سه‌فاز سه سیمه و چهار سیمه وجود دارند که از کنتور سه‌فاز سه سیمه برای اندازه‌گیری انرژی الکتریکی مصرفی در بار متعادل سه‌فاز واز کنتور سه‌فاز چهار سیمه برای اندازه‌گیری انرژی الکتریکی مصرفی

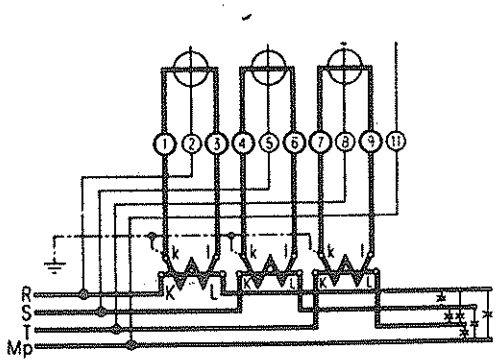
در بار متعادل ونامتعادل سه‌فاز استفاده می‌شود در کنتورهای سه‌فاز به ازای هر 150 دور دیسک شماره‌انداز یک کیلووات ساعت انرژی الکتریکی مصرف شده را ثبت می‌کند.شکلهای زیر و صفحهٔ بعد طریقهٔ اتصال کنتور سه سیمه و چهار سیمه را نشان می‌دهند:



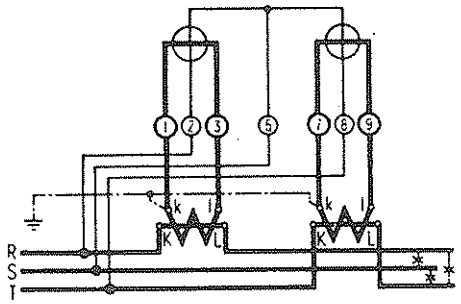
شکل ۱۷-۴: کنتور سه‌فاز سه سیمه



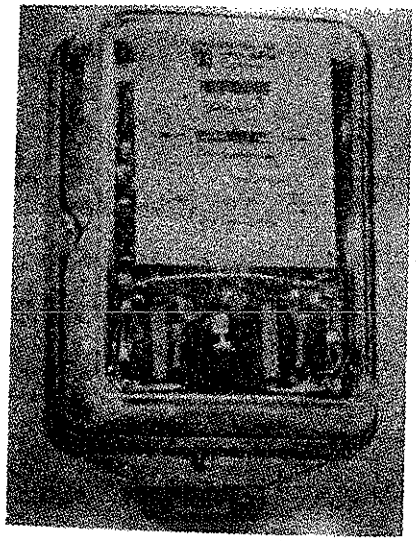
کنتور سه‌فاز چهارسیمه



کنتور سه‌فاز چهارسیمه با مبدل جریان



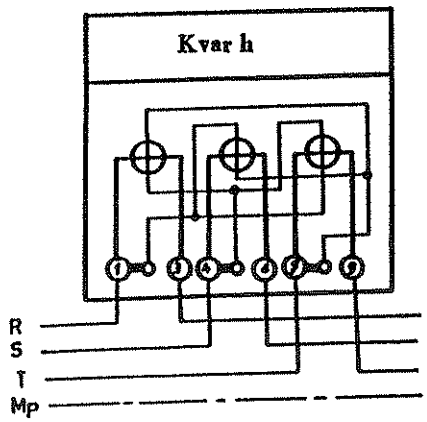
شکل ۱۸-۴: کنتور سه‌فاز سه سیمه با مبدل جریان



کنتور سه‌فاز

ج) کنتورهای راکتیو :

این کنتور برای اندازه‌گیری توان غیر مفید یا توان راکتیو در کارخانجات و مراکز صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرد.از نظر ساختمان داخلی شبیه کنتورهای اکتیو می‌باشد با این تفاوت که برای ایجاد اختلاف فاز یک سلف با سیم پیچ ولتاژ آن سری شده است و سیم‌پیچ ولتاژ با یکدیگر 90^0 درجه اختلاف فاز دارند. این کنتورها در دو نوع سه‌فاز و تکفاز ساخته می‌شوند که کاربرد نوع سه‌فاز آن بیشتر است.امروزه اغلب کارخانجات به جای استفاده از کنتور راکتیو،خازنهای اصلاح ضریب قدرت شبکه قرار می‌دهند در نتیجه توان راکتیو تولید شده به وسیلهٔ الکتروموتورها به وسیلهٔ این خازنها خنثی می‌شود ودیگر نیازی به کنتور راکتیو نیست شکل زیر نمای فنی این کنتور را نشان می‌دهد :



وسایل حفاظت کنندهٔ ماشینهای الکتریکی و مصرف کننده‌های الکتریکی :

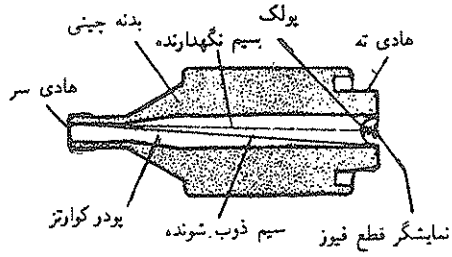
۱) فیوز :

وسیله‌ای است که در تمام تأسیسات برقی به منظور جلوگیری از صدمه دیدن و یا معیوب شدن یا سوختن دستگاهها و مصرف کننده‌های الکتریکی و سیم‌های رابط و کابلها مورد استفاده قرار می‌گیرد.فیوزها را به صورت سری در مسیر فاز قرار می‌دهند فیوزها مدارت را در مقابل اتصال کوتاه وجریان اضافی حفاظت می‌کنند و دارای انواع مختلفی می‌باشند که عبارتند از :

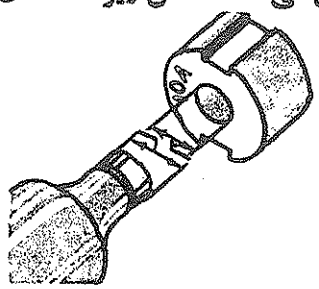
الف) فیوز فشنگی :

این فیوزها از یک سیم حرارتی تشکیل شده‌اند،زمانی که جریان از حد مجاز بیشتر شود ذوب شده و موجب قطع کامل مدار می‌گردند.معمولاً از فیوزهای فشنگی برای حفاظت مدار در مقابل اتصال کوتاه استفاده می‌شود.فیوزهای فشنگی از دو قسمت اصلی بنام پایه و کلاهک تشکیل شده‌اند.جنس قسمت عایق آنها از چینی یا سرامیک می‌باشد پایهٔ فیوز دارای دو پیچ ورودی و خروجی جریان است وکلاهک و فشنگ روی آن بسته می‌شود.کلاهک یا نگهدارندهٔ فشنگ فیوز به وسیلهٔ پیچ به پایه وصل می‌شود.جنس فشنگ فیوز از چینی یا سرامیک بوده وسیم حرارتی از سوراخ وسط آن عبور داده می‌شود.معمولاً اطراف سیم حرارتی را از خاک کوارتز یا ماسهٔ ریز پر می‌کنند.خاصیت این پودر این است که در هنگام قطع فیوز ذوب شدن سیم حرارتی باعث خاموش شدن جرقهٔ تولید شده در داخل فشنگ می‌شود واز ترکیده شدن فشنگ در اثر جرقه جلوگیری می‌نماید.جنس کلاهک نیز عایق است و قسمتهای هادی که روی آن نصب می‌شود از فلز برنج می‌باشد معمولاً روی فشنگ پولک رنگی نصب می‌شود که این پولک نشان دهندهٔ آمپر فیوز می‌باشد.همچنین

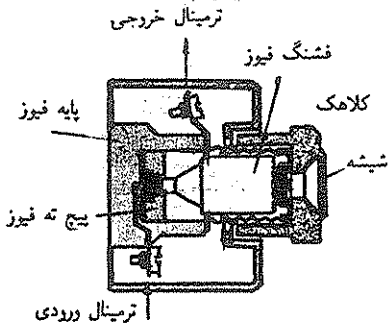
در هنگام سوختن فیوز پولک از محل خود خارج شده و می‌توانیم تشخیص دهیم که فیوز سوخته است. رنگ پولکها را بر اساس جدول صفحهٔ بعد تعیین می‌کنند. شکل زیر ساختمان فیوز فشنگی را نشان می‌دهد.



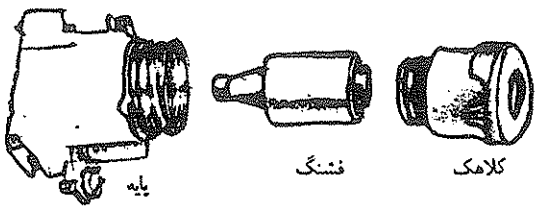
(الف) فشنگ یکبار مصرف فیوز



(ب) مبدل فشنگ ۱۶ آمپری به ۱۰ آمپری



(ج) برش یک فیوز کامل ذوب‌شونده



فیوزهای فشنگی‌را فیوزهای حلزونی نیز می‌گویند ومعمولاً این علامت روی فیوز نیز قید می‌شود.

فیوزهای فشنگی‌را فیوز تنبل یا کند کار نیز می‌نامند.

کاربرد فیوزهای فشنگی :

چون فیوزهای فشنگی در زمان جریان غیرمجازمقداری با تأخیر عمل می‌کنند در نتیجه از این فیوزها برای حفاظت موتورهای سه‌فاز و تکفاز آسنکرون در مقابل اتصال کوتاه استفاده می‌شود چنانکه می‌دانیم جریان راه‌اندازی این موتورها در حدود ۳ تا ۷ برابر جریان نامی موتور می‌باشد به همین دلیل چون این فیوزها دارای زمان قطع طولانی هستند در نتیجه تحمل جریان راه‌اندازی را داشته و زود نمی‌سوزد. نحوهٔ انتخاب فیوزهای فشنگی برای موتورهای إلقائی به اینصورت است که جریان فیوز را دو برابرجریان نامی موتور انتخاب می‌کنیم مثلاً اگر یک موتور سه‌فاز برروی پلاک آن جریان 12A آمپر نوشته شده باشد برای هر فاز آن از یک فیوز فشنگی 25A آمپر استفاده می‌کنیم.

ردیف	رنگ پولک	جریان مجازبرحسب آمپر A
۱	صورتی	۲
۲	قهوه‌ای روشن	٤
۳	سبز	٦
٤	قرمز روشن	۱۰
٥	خاکستری	۱٦
٦	آبی روشن	۲۰
۷	زرد روشن	۲٥
۸	سیاه	۳٥
۹	سفید	٥۰
۱۰	مسی روشن	٦۳
۱۱	نقره‌ای	۸۰
۱۲	قرمز تیره	۱۰۰
۱۳	زرد تیره	۱۲٥
۱٤	مسی تیره	۱٦۰
۱٥	آبی تیره	۲۰۰

جدول رنگ پولک فیوزهای فشنگی

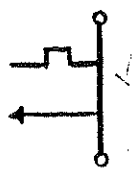
نکتهٔ مهم اینکه هیچ گاه برای حفاظت سیستم برق منازل از فیوز فشنگی استفادن نکنیم زیرا اولاً یکبار مصرف بوده ثانیاً در صورت بروز اضافه بار و برق گرفتگی سریع عمل نمی‌کند و موجب صدمات جبران ناپذیری می‌گردد.توجه داشته باشیم که هیچ گاه فیوزهای سوختهٔ فشنگی را با گذاشتن تکه سیم در داخل فشنگ مورد استفاده قرار ندهیم زیرا ممکن است جریان سیم جایگزین شده ، بالاتر از جریان فیوز باشد و موجب صدمه زدن و سوختن دستگاهها و مدارات مربوطه شود پس به طور کلی نتیجه می‌گیریم که بیشترین کاربرد فیوزهای فشنگی برای حفاظت موتورهای إلقائی آسنکرون در مقابل اتصال کوتاه می‌باشد.

ب) فیوز اتوماتیک یا آلفا :

نوع دیگری از فیوز اتوماتیک است که عبور جریان بیش از حد مجاز از آن موجب قطع مدار می‌شود می‌توان دوباره شستی روی فیوز را به داخل فیوز فشار داد تا ارتباط برقرار شود.اغلب فیوزهای اتوماتیک در دوحالت اتصال کوتاه و اضافه بار مدار را کنترل می‌کنند پس از قطع شدن این فیوزها باید زمان کوتاهی صبر کرد تا فیوز سرد شود و دوباره شستی آن را فشار داد تا مدار را وصل کند به طور کلی در فیوزهای اتوماتیک از دو عنصر حرارتی و مغناطیسی استفاده شده است که قسمت مغناطیسی را مقابل اتصال کوتاه و قسمت حرارتی مدار را درمقابل اضافه بار (افزایش تدریجی جریان) حفاظت می‌کند کاربرد این فیوزها بیشتر در حفاظت سیستم برق منازل مسکونی می‌باشد.

ج) فیوزهای مینیاتوری :

نوع دیگری از فیوزها فیوز اتوماتیک است که به عنوان کلید نیز از آن استفاده می‌شود به همین دلیل به آن کلید فیوز مینیاتوری نیز گفته می‌شود ساختمان داخل آن شبیه فیوز اتوماتیک است و از سه قسمت رلهٔ حرارتی و رلهٔ مغناطیسی تشکیل شده است چون روی فیوز مینیاتوری یک کلید قرار گرفته است که با استفاده از آن می‌توان مانند یک کلید مدار را قطع و وصل نمود و در اصل این کلید شبیه شستی روی فیوز اتوماتیک یا آلفا عمل می‌کند این فیوز نیز مدار را در برابر اتصال کوتاه و اضافه بار حفاظت می‌نماید با توجه به مرغوبیت سرعت عمل بهتر حجم کمتر و ارزانتر بودن قیمت و همچنین خاصیت کلید داشتن امروزه جایگزین فیوزهای آلفا شده‌اند و در اغلب منازل و مکانها از این فیوزها استفاده می‌شود.فیوزهای مینیاتوری در دو نوع سه‌فاز و تکفاز ساخته می‌شوند،علامت اختصاری آن چنین است :



د) فیوزهای فشارقوی :

این فیوزها برای جریان بالاتر از 200A آمپر مورد استفاده قرار می‌گیرند و در شبکه‌هایی با توان زیاد از آنها استفاده می‌شود این فیوزها دارای دسته‌ای می‌باشند که توسط آن فیوزها را در جای خود قرار می‌دهند و یا خارج می‌کنند و به آن فیوزکش می‌گویند چنین فیوزهایی در تابلوها با جریان و توان بالا مانند پستهای برق کارخانجات مورد استفاده قرار می‌گیرند و به آنها فیوز کاردی نیز می‌گویند.

فیوزهای فشار قوی با توان و جریان بالا را با حروف NH نشان می‌دهند.

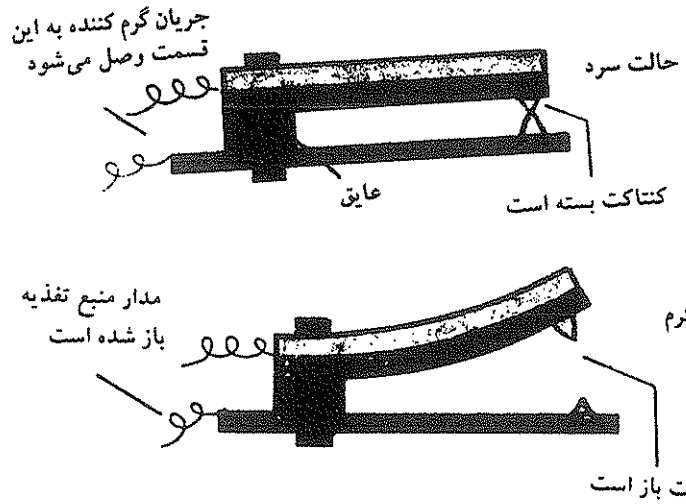
فیوزهای فشارقوی با توان - جریان و ولتاژ بالا را با حروف HH نشان می‌دهند.

۲) رله‌ها :

دستگاههایی هستند که مانند فیوز برای حفاظت ماشینها و مدارات الکتریکی در مقابل اضافه بار و اتصال کوتاه به کار می‌روند رله‌ها دارای انواع مختلفی هستند که عبارتند از :

الف) رله‌های حرارتی (بی متال) :

وسیله‌ای است جهت حفاظت الکتروموتورهای سه‌فاز و تکفاز در برابر اضافه بار ساختمان،رله‌های حرارتی بسیار ساده بوده این رله از دو تیغهٔ فلزی غیر همجنس که دارای ضریب انبساط طولی متفاوتی بوده وبه وسیلهٔ نورد گرم روی یکدیگر پرس می‌شوند تشکیل شده است این دو فلز دارای ضریب انبساط حرارتی یکسان نبوده و در نتیجه تغییر درجه حرارت باعث خم شدن آنها به سمت فلزی که ضریب انبساط کمتری دارد می گردد این خمش می‌تواند موجب قطع یک کلید شود و فاز مربوط را قطع نماید در رله‌های حرارتی عبور جریان از داخل بی متال موجب گرم شدن آن و در نتیجه قطع مدار می‌شود.شکلهای زیر حالت قطع و وصل این رله‌ها را نشان می‌دهند :



مدت زمانی که طول می‌کشد تا در اثر اضافه بار رلهٔ حرارتی مدار را قطع کند بستگی به مقدار اضافه بار و شرایط راه‌اندازی دارد بنابراین یک رلهٔ حرارتی مناسب طبق استاندارد باید دارای شرایط زیر باشد :

۱) دربار نامی و نرمال مدار را قطع نکند.

۲) اگر جریان عبوری به اندازهٔ 5% بیشتر از مقدار تنظیم شده روی رلهٔ حرارتی باشد باید در مدت زمان بیشتر از دو ساعت مدار را قطع کند.

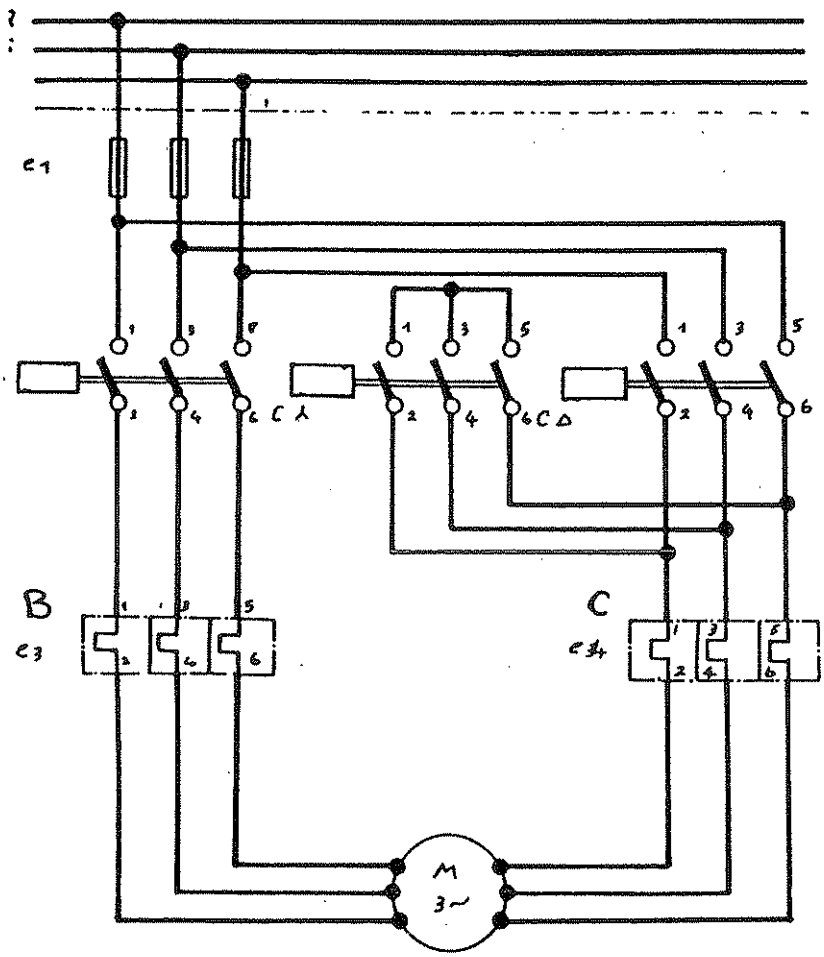
۳) اگر جریان عبوری از رله به اندازهٔ 20% بیشتر از جریان تنظیم شده باشد در مدت زمان کمتر از دو ساعت مدار را قطع نماید.

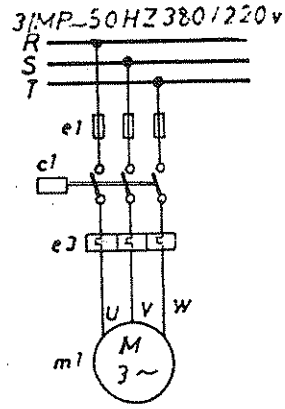
٤) اگر جریان عبوری از رله 50% بیشتر از جریان تنظیم شده باشد باید در زمان کمتر از دو دقیقه مدار را قطع کند.

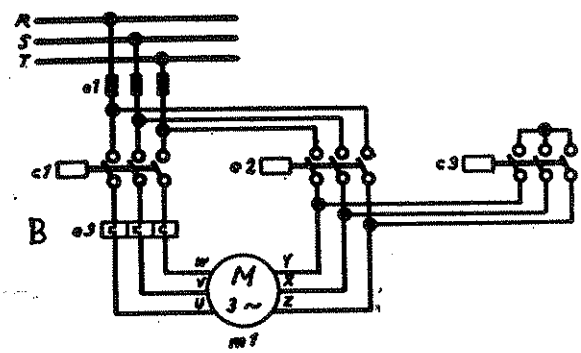
٥) اگر جریان عبوری از رلهٔ حرارتی 6 برابر جریان تنظیم شده باشد (مثلاً در هنگام راه‌اندازی موتورهای آسنکرون) در حالتی که رله سرد است در راه‌اندازی معمولی در زمان بیشتر از دو ثانیه و در راه‌اندازی سخت در زمان بیشتر از پنج ثانیه مدار را قطع نماید.

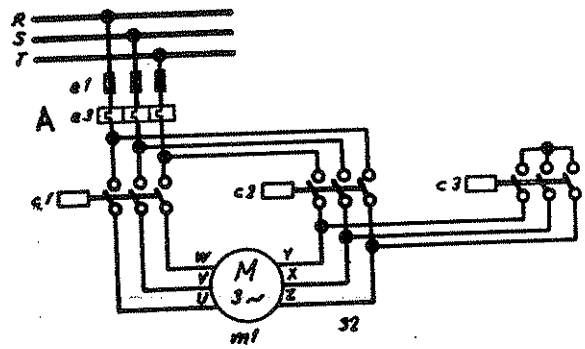
چگونگی تنظیم رله‌های حرارتی :

رله‌های حرارتی برای جریانهای مختلف ساخته شده‌اند و دارای یک پیچ تنظیم می‌باشند که بوسیلهٔ پیچ تنظیم جریان آنرا با توجه به جریان نامی الکتروموتورها تنظیم می کنند.به منظور حفاظت موتور در برابر اضافه بار در موتورهایی که بصورت مستقیم به شبکه وصل می‌شوند جریان رلهٔ حرارتی باید برابر جریان نامی موتور باشد.به عنوان مثال اگر جریان نامی موتوری 9 آمپر باشد باید رلهٔ حرارتی 6تا10 آمپر را انتخاب نمود و آنرا روی 9 آمپر تنظیم کرد.در راه‌اندازی ستاره- مثلث می‌توانیم رلهٔ حرارتی را با حالتهای زیر در مدارقرار دهیم.









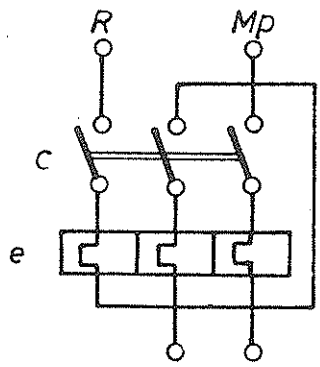
۱) اگر رلهٔ حرارتی فقط در نقطهٔ A قرار گیرد جریان آن برابر نامی موتور در اتصال مثلث تنظیم می‌شود.

۲) اگر رلهٔ حرارتی فقط در نقطهٔ B قرار گیرد جریان آن به نسبت $\frac{1}{\sqrt{3}}$ یا 0.58 جریان نامی موتور در اتصال مثلث تنظیم می‌شود.

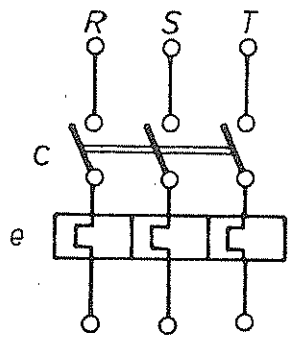
۳) اگر رلهٔحرارتی به صورت دو رله در نقاط B وC قرار گیرد جریان رله‌ها برابر جریان نامی موتور در اتصال مثلث تنظیم می‌شود.

شناسایی کنتاکتهای رلهٔ حرارتی :

هر رلهٔ حرارتی دارای سه کنتاکت قدرت می‌باشد این کنتاکتها معمولاً به خروجی کنتاکتهای قدرت کنتاکتور وصل می‌شود و جریان ورودی به سیم پیچهای الکتروموتوراز داخل آنها عبور می‌نماید شکل زیر کنتاکتهای قدرت یک رلهٔ حرارتی در مدار تکفاز و سه‌فاز را نشان می‌دهد.



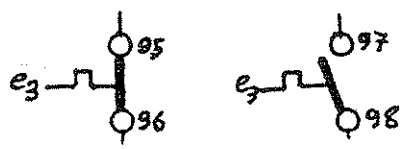
a ـ اتصال بی‌متال در جریان تکفاز



b ـ اتصال بی‌متال در جریان سه‌فاز

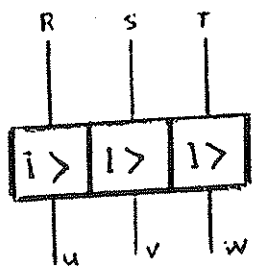
همچنین هر رلهٔ حرارتی دارای دو کنتاکت باز و بستهٔ فرمان می‌باشدکنتاکت بستهٔ آن در حالت عادی وصل بوده و جریان را از خود عبور می‌دهد این کنتاکت در مدار فرمان کنتاکتور و در زیر فیوز فرمان قرار می‌گیرد و کنتاکت بلز که در حالت عادی قطع می‌باشد در مسیر یک لامپ خبر دهنده یا یک آژیر قرار می‌گیرد.نحوهٔ کار این دو کنتاکت به این صورت است که هرگاه در اثرعبور جریان اضافی هر کدام از سه کنتاکت قدرت قطع شود به همراه خود کنتاکت بسته را قطع کرده و کنتاکت باز را بسته یا وصل می‌کند،در نتیجه کنتاکت بسته موجب قطع کامل برق به موتور می‌گردد واز صدمه دیدن آن جلوگیری می‌کند و

کنتاکت باز آژیر را به صدا در آورده و وجود اشکال و اضافه بار را در مدار خبر می‌دهد . برای اینکه کنتاکتهای رله به حالت اولیه برگردند شستی روی رله را فشار داده تا کنتاکت بسته مجدداً به حالت اولیهٔ خود برگشته و آژیر نیز قطع شود.از این شستی برای آزمایش سالم بودن رله نیز استفاده می‌شود.شکلهای زیر کنتاکتهای باز و بستهٔ رلهٔ حرارتی همراه با شماره‌های مشخصهٔ آنها را نشان می‌دهد و شستی قرمز رنگی که بر روی رله‌ها نصب شده کلید RESET (ریست) نام دارد.



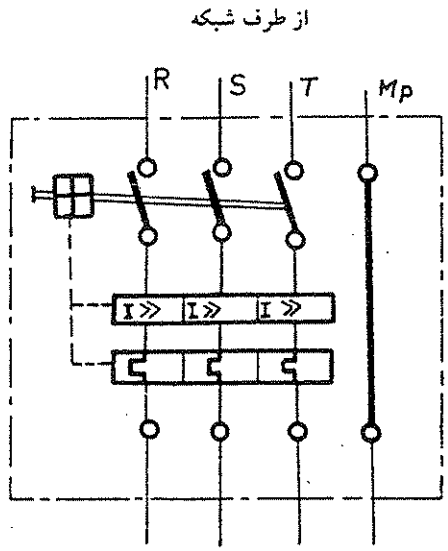
ب) رلهٔ مغناطیسی :

از این رله برای حفاظت ماشینهای الکتریکی در مقابل اتصال کوتاه استفاده می‌شود ساختمان داخلی این رله‌ها از یک سیم پیچ تشکیل شده است که به ازای یک جریان مشخص بوبین یا سیم‌پیچ خاصیت مغناطیسی پیدا کرده و موجب قطع برق می‌گردد.رله‌های مغناطیسی در دو نوع سه فاز و تکفاز در دسترس می‌باشند و نمای مداری آن طبق شکل روبرو می‌باشد.



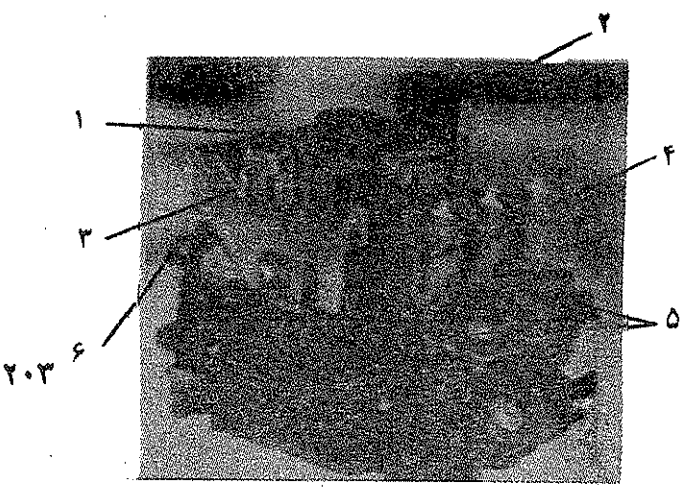
ج) رلهٔ حرارتی- مغناطیسی :

این رله‌ها ترکیبی از دو رلهٔ حرارتی و مغناطیسی می‌باشند و مدار را هم در مقابل اضافه بار و هم در مقابل اتصال کوتاه حفاظت می‌کنند.نمونهٔ این رله‌ها کلید فیوز مینیاتوری می‌باشند که در انواع سه‌فاز و تک‌فاز وجود دارند.به طور کلی تمام وسایل حفاظتی اعم از فیوزها و رله‌ها به صورت سری در مدار نصب می‌شوند و در مدارات الکتریکی آنها را با حرف (C) نشان می‌دهند.شکلهای روبرو نمای فنی کلید یا رلهٔ مغناطیسی را نشان می‌هد و شکل روبروشکل رلهٔ مغناطیسی را نشان می‌دهد.



(شمای فنی کلید حفاظت موتور)

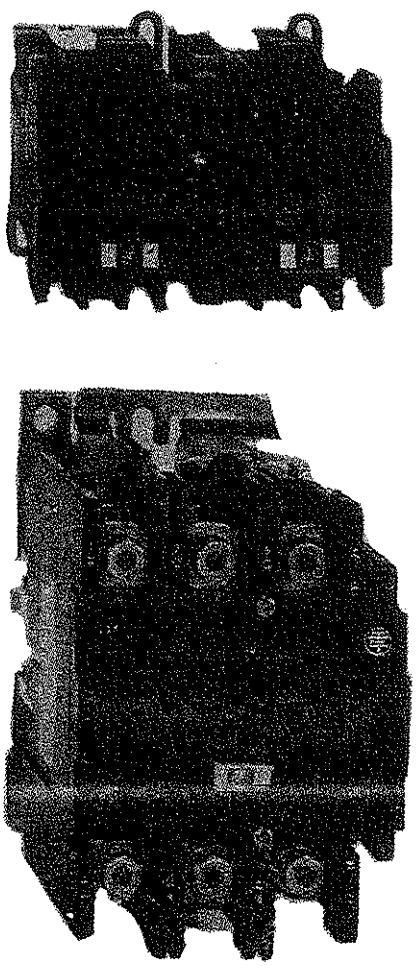
۱ـ دگمهٔ قطع ۲ـ دگمهٔ وصل
۳ـ قطع‌کننده حرارتی ۴ـ قطع‌کننده مغناطیسی
۵ـ کنتاکتهای ورودی ۶ـ کنتاکتهای خروجی



راه‌اندازی الکتروموتورهای سه‌فاز و تکفاز بوسیلهٔ کنتاکتورها :

تعریف کنتاکتور : یک کلید الکترومغناطیسی است که با فرمان جریان کم مدارهای قدرت با جریانهای بالا را راه‌اندازی می‌کند مزایائی که باعث می‌شود در راه‌اندازی ماشینهای الکتریکی به جای کلیدهای دستی(اهرمی،غلطکی و زبانه‌ای) از کنتاکتورها استفاده کنیم به شرح زیر است :

۱) کنترل و فرمان از راه دور ماشین به وسیلهٔ کنتاکتور امکان پذیر است.
۲) از خطرات ناشی از راه افتادن مجدد ماشینهایی که در اثر قطع ناگهانی برق از کار می‌افتند جلوگیری می‌شود.
۳) به وسیلهٔ کنتاکتور امکان قطع و وصل ماشینهای الکتریکی از چندین نقطه امکان پذیر می‌باشد.
٤) عمر مکانیکی کنتاکتور نسبت به سایر کلیدها خیلی بیشتر است.
٥) امکان مدار فرمان اتوماتیک به وسیلهٔ کنتاکتور امکان‌پذیر است.
٦) حفاظت دستگاهها و ماشینهای الکتریکی به وسیلهٔ کنتاکتور مطمئن‌تر و ایمن‌تر است.



شکل ۵ـ۱ـ۲:نمای چند نوع کنتاکتور

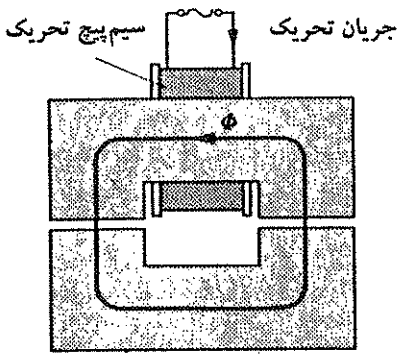
ساختمان و طرز کار کنتاکتور :

کنتاکتور تشکیل شده است از یک آهنربای الکتریکی که یک قسمت از هستهٔ آن متحرک بوده و به وسیلهٔ فنری از قسمت ثابت جدا نگه داشته می‌شود و یک سری کنتاکت عایق شده از یکدیگر به آن متصل می‌باشد که به همراه قسمت متحرک حرکت می‌کنند.در قسمت ثابت یک سری کنتاکت دیگر قرار گرفته‌اند.هنگامیکه از سیم‌پیچ بوبین کنتاکتور جریانی عبور می‌کند توسط نیروی مغناطیسی کنتاکتهای ثابت و متحرک روی یکدیگر فشرده می‌شوند.درهمان حالت فنر بین دو قسمت هسته فشرده می‌شود اما زمانیکه ولتاژ بوبین قطع شود و یا از حد معمول کمتر گردد نیروی فنر موجب باز شدن کنتاکتها بصورت اتوماتیک از یکدیگر می‌شود. عکس این حالت نیز صادق است

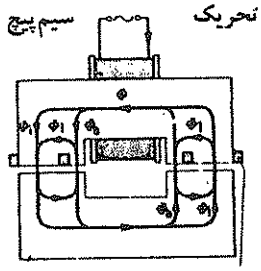
یعنی در حالت بدون جریان بودن بوبین کنتاکتور یک سری از کنتاکتهای ثابت و متحرک به یکدیگر وصل هستند و زمانیکه جریان به بوبین کنتاکتور وصل می‌شود ارتباط بین کنتاکتها قطع می‌شود پس نتیجه می گیریم که کنتاکتهایی را که با وصل بوبین و فشرده شده فنر بین دو قسمت هستند به یکدیگر وصل می‌شوند کنتاکتهای باز و کنتاکتهایی که با وصل بوبین به برق از یکدیگر جدا می‌شوند را کنتاکتهای بسته می گویند.

حلقه‌های اتصال کوتاه روی هستهٔ بوبین کنتاکتور (حلقهٔ فراژه) :

روی قسمت ثابت هستهٔ بوبین کنتاکتورها دو عدد حلقهٔ بسته (اتصال کوتاه) قرار گرفته است کار این دوحلقه این است که یک میدان مغناطیسی خودإلقایی ایجاد کرده و در واقع مانند ثانویهٔ ترانسفورماتور عمل می کنند.میدان مغناطیسی تولید شده بوسیلهٔ این دو حلقه سبب می‌شود تا از نوسانات و لرزش هستهٔ متحرک جلوگیری به عمل آید و کنتاکتور هنگام کار ایجاد سرو صدا نکند.شکلهای روبرو (الف و ب) چگونگی مسیر فوران حاصل در هستهٔ مغناطیسی کنتاکتور را نشان می‌دهند.



هستهٔ متحرک مغناطیس

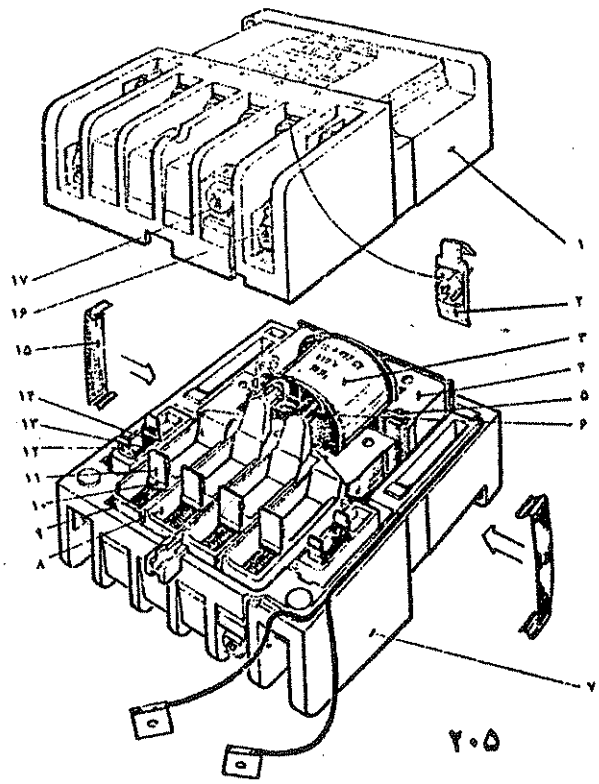


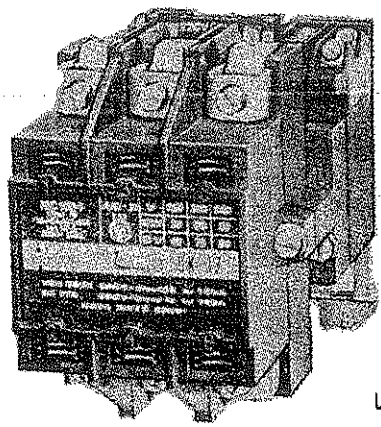
حلقه اتصال کوتاه هسته متحرک مغناطیس

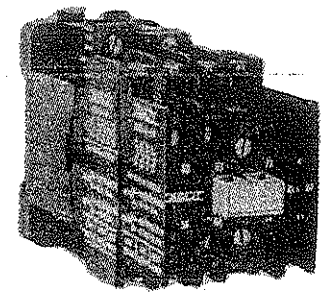
در صورتی که مدار تغذیهٔبوبین کنتاکتور قطع شود در اثر نیروی فنری که داخل کلید قرار دارد اتصالات برقرار می‌شود و دوباره به حالت اول بازمی گردد.

قسمتهای کنتاکتور :

اجزای تشکیل دهندهٔ کنتاکتور در شکل زیر و صفحهٔ بعد نشان داده شده است.







نمونه‌هایی از کنتاکتورها

این اجزا عبارتند از :

۱) قاب نگهدارندهٔ کنتاکتهای قسمت فوقانی.

۲) قاب نگهدارندهٔ پیچ کنتاکت برروی قاب.

۳) بوبین کنتاکتور: از تعداد دور زیادی سیم با قطر نازک که به دور یک قرقرهٔ پلاستیکی پیچیده شده است.

٤) هسته: مانند هستهٔ ترانسفورماتور ورقه ورقه می‌باشد.

٥) حلقهٔ اتصال کوتاه برای جلوگیری از لرزش.

٦) فنر برگشت کنتاکتها به وضعیت عادی.

۷) قاب نگهدارندهٔ کنتاکتهای متحرک.

۸) کانال یا معبر کنتاکتهای متحرک.

۹) فنر پشت قاب متحرک.

۱۰) نگهدارندهٔ فنر.

۱۱) کنتاکتهای متحرک مربوط به مدار قدرت.

۱۲) کنتاکتهای متحرک مربوط به مدار فرمان.

۱۳) فنر پشت کنتاکت فرمان.

۱٤) نگهدارندهٔ فنر کنتاکت فرمان.

۱٥) بست متصل کنندهٔ قاب تحتانی به فوقانی.

۱٦) کانال و پیچ مربوط به کنتاکت مدار فرمان.

۱۷) ترمینال اتصال سیم بوبین.

مقادیر نامی کنتاکتورها :

برای تغذیهٔ الکتروموتورها و سایر مصرف کننده‌ها اغلب از شبکهٔ فشار ضعیف 380v ولت استفاده می‌شود برای اتصال مصرف کننده‌ها به این شبکه باید از کلید یا کنتاکتوری استفاده نمود که دارای مشخصات مناسبی

بوده و کنتاکتهای آن تحمل جریان راه‌اندازی و دائمی را داشته باشد همچنین در صورت اتصال کوتاه زمانی طول بکشد تا کنتاکتهای آن صدمه دیده و معیوب شود.به همین منظور برای اینکه بتوانیم یک کنتاکتور مناسب را انتخاب نمائیم باید مقادیر نامی کنتاکتورها را بشناسیم معمولاً مهمترین این مقادیر بر روی پلاک بدنهٔ کنتاکتور نوشته می‌شود.نکتهٔ مهم دیگر اینکه به طور کلی درانتخاب کلید بری مصرف کننده‌ها و الکتروموتورها باید جریان کلید تقریباً دو برابر جریان نامی مصرف کننده‌ها و الکتروموتورها باشد.

مقادیر نامی که بر روی کنتاکتور قید می‌شوند عبارتنداز :

ا) جریان نامی :

چون کنتاکتهای متحرک با فشار برروی کنتاکتهای ثابت اتصال پیدا می‌کند و سطح کنتاکتها نیز کاملاً صاف نیست لذا سطح تماس آنها یک نقطهٔ کوچک خواهد بود.بنابراین در محل تماس دو کنتاکت به علت کم بودن سطح تماس مقاومت الکتریکی وجود داشته و عبور جریان موجب گرم شدن کنتاکتها می‌گردد.

واضح است که هر چه زمان عبور جریان بیشتر باشد کنتاکتها بیشتر گرم می‌شوند با توجه به زمان لازم برای وصل بودن کنتاکتور جریانهای زیر تعریف می‌شود :

الف) جریان دائمی (Ith2) :

جریانی است که می‌تواند در شرایط کار نرمال و در زمان نامحدود بدون قطع شدن از کنتاکتهای کنتاکتور عبور کرده وبه آن هیچ صدمه‌ای نزند و حرارت ایجاد شده در کنتاکتها از حد مجاز تجاوز ننموده وهیچ گونه تعمیر و سرویس مانند تمیز کردن کنتاکتها و عوض کردن آنها مورد نیاز نباشد.

ب) جریان هفتگی (Ith1) :

جریانی است که اگر در شرایط کار نرمال به مدت یک هفته از کنتاکتهای کنتاکتور عبور نماید هیچ گونه صدمه‌ای به آنها نزده و نیاز به تعویض و سرویس نباشد.

ج) جریان هشت ساعتی (Ith) :

جریانی است که با اتصال یکبار در هر هشت ساعت یا یک شیفت کاری در شرایط کار نرمال می‌تواند از کنتاکتهای کنتاکتور عبور نماید بدون آنکه صدمه‌ای به آن وارد سازد و تغییری در خصوصیات کار کنتاکتور به وجود آورد. $Ith_2 \langle Ith_1 \langle Ith$

د) جریان کار نامی (Ie) :

شرط استفاده از کنتاکتور را بیان می‌کند یعنی اگر از کنتاکتور بصورت دائمی استفاده شود $Ie = Ith_2$ و اگر به صورت هفتگی از آن استفاده شود. $Ie=Ith$

ن) جریان اتصال کوتاه ضربه‌ای (Isc) :

در مدار فرمان و قدرت کنتاکتورها باید از وسایل حفاظتی استفاده کنیم تا در صورت بروز اتصال کوتاه مدار سریعاً قطع شده و صدمه‌ای به دستگاهها و مدار وارد نشود.اما در لحظهٔ اتصال کوتاه بصورت لحظه‌ای جریان شدیدی از کنتاکتهای کنتاکتور عبور می‌نماید که باید کنتاکتها تحمل این جریان را داشته باشند به این جریان،جریان اتصال کوتاه ضربه‌ای می‌گویند.

۲) ولتاژهای نامی:

منظور از ولتاژهای عبوری از کنتاکتهای قدرت،ولتاژ بوبین کنتاکتور و ولتاژ عایقی بدنهٔ کنتاکتور می‌باشد.

الف) ولتاژ کار نامی (Ue) :

ولتاژ عبوری از کنتاکتهای کنتاکتور در شرایط کار نامی و در جریان نامی می‌باشد.از روی آن می‌توان محل استفاده از کنتاکتور را بدست آورد.

ب) ولتاژ عایقی نامی (Ui) :

این ولتاژ استحکام عایقی بین کنتاکتها را مشخص می‌کند و بیانگر این است که اگر ولتاژ عبوری از کنتاکتهای کنتاکتور را از آن میزان بیشتر شود قدرت عایقی بین کنتاکتها از بین رفته و موجب اتصال کوتاه بین فازها می‌گردد.

ج) ولتاژ تغذیهٔ نامی (UC) :

مقدار ولتاژی است که باید به بوبین کنتاکتور اتصال یابد تا بوبین عمل جذب را انجام دهد این ولتاژ هیچ گونه ارتباطی با ولتاژ کار نامی کنتاکتور نداشته و مقدار آن روی یک پلاک کوچک که بر روی بوبین نصب شده است مشخص می‌شود.

۳) قدرت قطع :

یکی از مهمترین مشخصاتی که بر روی پلاک کنتاکتورها نوشته می‌شود قدرت قطع کنتاکتور می‌باشد زیرا درهنگام قطع کنتاکتها به مرور فشار کنتاکتها روی یکدیگر کاهش می یابد به طوری که در لحظهٔ جدا شدن یک نقطهٔ تماس کوچک بین آنها وجود دارد. وبه این ترتیب ،مقاومت آن نقطه زیاد شده در این وضعیت عبور جریان نامی باعث تولید جرقه و ذوب شدن عده‌ای از کنتاکتها می‌شود که ادامهٔ این کار به مرور باعث جدایی کنتاکتها می‌گردد.هرچه قدرت قطع کنتاکتور بیشتر باشد امکان ذوب کنتاکتها کمتر است.

٤) طول عمر کنتاکتور :

چون هر کلید دارای یک قسمت متحرک می‌باشد به همین دلیل ساییدگی مکانیکی بین قسمتهای ثابت و متحرک وجود دارد طول عمر مکانیکی یک کلید بستگی به تعداد دفعات قطع و وصل آن دارد طول عمر کنتاکتورها تقریباً از اکثر کلیدها بیشتر است و تا حدود 10^8 بار می‌رسد. طول عمر مکانیکی کلیدها را با حروف A تا F مشخص می‌کنند و اصطلاحاً کلاس کلید گویند.

$A = 10^3 \quad B = 10^4 \quad C = 10^5 \quad D = 10^6 \quad E = 10^7 \quad F = 10^8$

بعد از حروف کلاس عددهایی نیز به عنوان ضریب نوشته می‌شود مثلاً کلاس F_3 یعنی 3×10^8 بار قطع و وصل یا کلاس D_5 یعنی 5×10^6 بار قطع و وصل.بدین منظور و برای این که بتوانیم پس از طراحی

مدار، کنتاکتور مناسب را برای اتصال مصرف کننده‌ها به شبکه انتخاب کنیم، باید به مقادیر نامی مربوط به کنتاکتور آشنا شویم. این مقادیر برای کلیدهای غیر مغناطیسی، مانند کلید اهرمی و غلتکی نیز وجود دارد.

در زیر با این مقادیر که معمولاً مهمترین آنها بر روی بدنهٔ کلید نوشته شده است آشنا می‌شویم. در جدول شمارهٔ (۱) انواع کنتاکتورها و کاربرد آنها مشخص شده است. در این جدول انواع کنتاکتورها و کاربرد آنها مشخص شده است:

نوع جریان	استاندارد و طبقه‌بندی کنتاکتور	مورد استفاده
AC	AC1	بار اهمی ـ بار غیر اندکتیو یا با اندکتیویته ضعیف ـ گرم کن برقی با ضریب توان حدود $\cos\varphi = ۰/۹۵$
AC	AC2	برای راه‌اندازی موتورهای آسنکرون روتور سیم‌پیچی، بدون ترمز جریان مخالف، جریان راه‌اندازی بستگی به مقاومت مدار روتور دارد.
AC	AC2′	برای راه‌اندازی موتور آسنکرون روتور سیم‌پیچی با ترمز جریان مخالف
AC	AC3	برای راه‌اندازی موتور آسنکرون روتور قفسه‌ای ـ هنگام قطع جریان نامی از تیغه‌های کنتاکتور عبور می‌کند ـ تحمل جریان راه‌اندازی ۵ تا ۷ برابر جریان نامی
AC	AC4	برای راه‌اندازی موتور آسنکرون روتور قفسه‌ای ـ به کاربردن ترمز جریان مخالف تغییر جهت گردش الکتروموتور روتور قفسه‌ای ـ تعداد دفعات قطع و وصل در فواصل زمانی اندک
AC	AC11	کنتاکتور کمکی ـ کنتاکتور فرمان بدون داشتن کنتاکت قدرت کوپل مغناطیسی ـ استفاده فقط در مدار فرمان
DC	DC1	بار اهمی ـ بار غیر اندکتیو یا با اندکتیویته ضعیف ـ گرم‌کن برقی
DC	DC2	راه‌اندازی موتور شنت ـ قطع کردن موتور هنگام کار
DC	DC3	برای راه‌اندازی موتور شنت با تعداد دفعات قطع و وصل زیاد در فواصل زمانی اندک ـ مدار ترنر
DC	DC4	راه‌اندازی موتور سری ـ قطع موتور هنگام کار
DC	DC5	راه اندازی موتور سری با تعداد دفعات قطع و وصل زیاد، در فواصل زمانی اندک ـ تغییر جهت گردش موتور ـ مدار ترنر
DC	DC11	کنتاکتور کمکی ـ کنتاکتور فرمان ـ کوپل مغناطیسی

جدول ۱ـ۲: انواع کنتاکتورها و کاربرد آنها

برای انتخاب کنتاکتورها در قدرتهای مختلف می‌توان از جداول ۲ و ۳ استفاده کرد.

شرح جدول شماره ۲ :

این جدول از ۹ ستون تشکیل شده است. ستونهای اول و دوم قدرت موتورها را برحسب کیلووات و اسب بخار برای ولتاژ ۲۲۰ تا ۲۴۰ ولت نشان می‌دهند. ستون سوم و چهارم قدرت موتورها را برای ولتاژ خطی ۳۸۰ ولت مشخص می‌کنند و ستون پنجم و ششم قدرت موتورها را برای ولتاژ خطی ۴۱۵ تا ۴۴۰ ولت مشخص

می کنند، ستون هفتم جریان کنتاکتور را برای قدرتهای مورد نظر نشان می‌دهدو ستون هشتم جریان بی‌متال لازم را برای موتور موردنظر،مشخص می کندو بالاخره ستون نهم فیوز مورد نیاز را مشخص می کند این جدول برای موتورهایی مورد استفاده قرار می گیرد که به صورت مستقیم به شبکهٔ برق متصل شوند.برای مثال موتور 22KW یا 30HP مورد نظر است،برای انتخاب وسایل مورد نیاز در ستونی که بالای آن ولتاژ ۳۸۰ ولت مشخص شده عدد 22kw و 30HP را پیدا می کنیم.سپس رو به‌روی آن عدد ۶۳ را برای جریان کنتاکتور و عدد ۵۰-۳۸ را برای جریان بی‌متال و ۶۳-۵۰ را برای جریان فیوز پیدا می کنیم.

ولتاژ ۲۲۰_۲۴۰V		ولتاژ ۳۸۰V		ولتاژ ۴۱۵_۴۴۰V		جریان کنتاکتور	جریان بی‌متال	جریان فیوز
KW	HP	KW	HP	KW	HP	A	A	A
		۰/۳۷	۰/۵			۹	۱ - ۱/۶	۲
۰/۳۷	۰/۵	۰/۵۵	۰/۷۵			۹	۱/۶ - ۲/۵	۲ - ۴
		۰/۷۵	۱	۰/۷۵	۱	۹	۱/۶ - ۲/۵	۲ - ۴
۰/۵۵	۰/۷۵	۱/۱	۱/۵	۱/۱	۱/۵	۹	۲/۵ - ۴	۴ - ۶
۰/۷۵	۱	۱/۵	۲	۱/۵	۲	۹	۲/۵ - ۴	۴ - ۶
۱/۱	۱/۵	۲/۲	۳	۲/۲	۳	۹	۴ - ۶	۶ - ۸
۱/۵	۲	۳	۴	۳	۴	۹	۴ - ۶	۸ - ۱۲
				۳/۷	۵	۹	۵/۵ - ۸	۸ - ۱۲
۲/۲	۳	۴	۵/۵			۱۶	۷ - ۱۰	۱۰ - ۱۲
۳	۴	۵/۵	۷/۵	۵/۵	۷/۵	۱۶	۱۰ - ۱۳	۱۲ - ۱۶
۴	۵/۵	۷/۵	۱۰	۷/۵	۱۰	۱۶	۱۳ - ۱۵	۱۶ - ۲۰
				۹	۱۲/۵	۱۶	۱۳ - ۱۸	۱۶ - ۲۰
۵/۵	۷/۵	۱۰	۱۳/۵			۲۵	۱۸ - ۲۵	۲۰ - ۲۵
		۱۱	۱۵	۱۱	۱۵	۲۵	۱۸ - ۲۵	۲۵
۷/۵	۱۰	۱۵	۲۰	۱۵	۲۰	۴۰	۲۳ - ۳۲	۳۲ - ۴۰
۱۰	۱۳/۵	۱۸/۵	۲۵	۱۸/۵	۲۵	۴۰	۳۰ - ۴۰	۴۰
۱۱	۱۵			۲۲	۳۰	۴۰	۳۰ - ۴۰	۴۰
		۲۲	۳۰	۲۵	۳۵	۶۳	۳۸ - ۵۰	۵۰ - ۶۳
۱۵	۲۰			۳۰	۴۰	۶۳	۴۸ - ۵۷	۶۳
۱۸/۵	۲۵	۳۰	۴۰	۳۳	۴۵	۶۳	۴۸ - ۵۷	۶۳
				۳۷	۵۰	۶۳	۵۷ - ۶۶	۶۳
۲۲	۳۰	۳۷	۵۰	۴۵	۶۰	۸۰	۶۶ - ۸۰	۸۰
		۴۵	۶۰	۵۰	۷۰	۱۲۵	۷۵ - ۱۰۵	۱۰۰
۳۰	۴۰	۵۵	۷۵	۵۹	۸۰	۱۲۵	۹۵ - ۱۲۵	۱۲۵
				۶۵	۹۰	۱۲۵	۹۵ - ۱۲۵	۱۲۵
۳۷	۵۰	۷۵	۱۰۰	۷۵	۱۰۰	۲۰۰	۱۲۰ - ۱۶۰	۱۶۰
۴۵	۶۰					۲۰۰	۱۲۰ - ۱۶۰	۱۶۰
۵۵	۷۵	۹۰	۱۲۵	۹۰	۱۲۵	۲۰۰	۱۵۰ - ۲۰۰	۲۰۰
		۱۱۰	۱۵۰	۱۱۰	۱۵۰	۲۶۰	۱۶۰ - ۲۵۰	۲۵۰
				۱۳۲	۱۷۵	۲۶۰	۱۶۰ - ۲۵۰	۲۵۰
۷۵	۱۰۰	۱۳۲	۱۷۵	۱۵۰	۲۰۰	۲۶۰	۲۰۰ - ۳۱۵	۲۵۰
۹۰	۱۲۵	۱۶۰	۲۲۰	۱۶۵	۲۲۵	۴۵۰	۲۵۰ - ۴۰۰	۳۱۵
۱۱۰	۱۵۰			۱۸۵	۲۵۰	۴۵۰	۲۵۰ - ۴۰۰	۴۰۰
		۲۰۰	۲۷۰	۲۲۰	۳۰۰	۴۵۰	۳۱۵ - ۵۰۰	۴۰۰
۱۳۲	۱۷۵	۲۲۰	۳۰۰	۲۵۰	۳۵۰	۴۵۰	۳۱۵ - ۵۰۰	۵۰۰
۱۶۰	۲۲۰	۲۵۰	۳۵۰	۲۹۰	۴۰۰	۶۳۰	۴۰۰ - ۶۳۰	۶۳۰
		۳۱۵	۴۳۰			۶۳۰	۵۰۰ - ۸۰۰	۶۳۰

شرح جدول شماره ۳:

این جدول مثل جدول شماره ۲ داری ۹ ستون و مشخصات هر ستون مثل ستونهای جدول شمارهٔ ۲ است.با این تفاوت که این جدول برای موتورهای آسنکرون موتور قفسه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد که راه‌اندازی آن به صورت ستاره مثلث باشد.

مثال قبل یعنی 22KW یا 30HP را در نظر می‌گیریم.طبق روش قبلی ، کنتاکتور مورد نیاز ٤٠ آمپر و بی متال آن ۳۲-۲۳ آمپر و فیوز مورد نیاز ٦۳-٥٠ آمپر خواهد بود.علت این که آمپر کنتاکتور و بی متال کاهش یافته این است که در اتصال مثلث که اتصال دائم کار موتور است جریان مصرفی موتور از دو کنتاکتور به صورت موازی عبور می‌کند.

ولتاژ ۲۲۰ - ۲۴۰V		ولتاژ ۳۸۰V		ولتاژ ۴۱۵ - ۴۴۰V		جریان کنتاکتور	جریان 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 - ۲۵	۴۰
				۲۲	۳۰	۲۵	۱۸ - ۲۵	۵۰
		۲۲	۳۰			۴۰	۲۳ - ۳۲	۵۰ - ۶۳
۱۵	۲۰			۲۵	۳۵	۴۰	۲۳ - ۳۲	۶۳
۱۸/۵	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	۷۵ - ۱۰۵	۱۶۰
				۹۰	۱۲۵	۱۲۵	۷۵ - ۱۰۵	۲۰۰
۵۵	۷۵	۹۰	۱۲۵			۱۲۵	۹۵ - ۱۲۵	۲۰۰

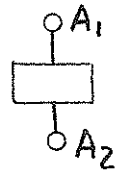
جدول انتخاب کنتاکتور، بی‌متال و فیوز

برای استفاده موتورهایی که به صورت ستاره مثلث راه‌اندازی می‌شوند.

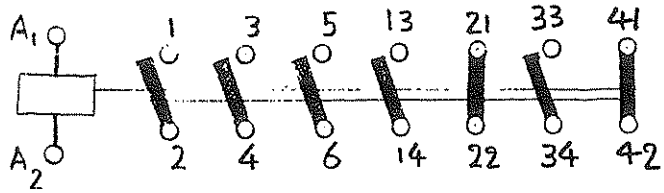
شناسایی کنتاکتهای کنتاکتور:

هر کنتاکتور به طور متوسط دارای سه کنتاکت قدرت برای تغذیهٔ مصرف کننده با شماره‌های (۱و۲) و(۳و٤) و(٥و٦) می‌باشد این کنتاکها از نظر شکل ظاهری با کنتاکتهای دیگر فرق دارند و از آنها بزرگتر می‌باشند به عبارت دیگر می‌توانیم بگوئیم در هر کنتاکتور پیچهای شمارهٔ (۱و۳و٥) ورودی مدار قدرت و (۲و٤و٦) خروجی مدار قدرت می‌باشند همچنین هر کنتاکتور دارای تعدادی کنتاکت باز و بستهٔ فرمان می‌باشد که کنتاکتهای فرمان جریان ضعیفی را از خود عبور می‌دهند و در طراحی مدار فرمان مورد استفاده قرار می‌گیرند.هر کنتاکت بسته در مدار فرمان با شمارهٔ (۱و۲) و کنتاکت باز با شمارهٔ (۳و٤) مشخص می‌شود ولی عملاً بر روی کنتاکتورها شماره‌های کنتاکتهای فرمان دورقمی می‌باشند مثلاً (۱۳و۱٤) در این حالت رقم اول از سمت چپ شمارهٔ ردیف کنتاکت فرمان و رقم دوم از سمت چپ باز یا بسته بوده کنتاکت را مشخص می‌کند به عنوان مثال این کنتاکت رقم یک یعنی اولین کنتاکت مدار فرمان و اعداد (۳و٤) مشخصهٔ باز بودن کنتاکت می‌باشد.

معمولاً برروی پلاک کنتاکتورها تعداد کنتاکتهای باز و بستهٔ فرمان معلوم می‌شود که کنتاکتهای باز را با علامت (NO) و کنتاکتهای بسته را با علامت (NC) مشخص می‌کنند.مثلاً اگر بر روی پلاک کنتاکتوری نوشته شده باشد(2NO+2NC) یعنی این کنتاکتور دارای دو کنتاکت باز فرمان و دوکنتاکت بستهٔ فرمان می‌باشد.دو سر بوبین کنتاکتور را با حروف A_1, A_2 یا (a,b) مشخص می‌کنند.شکل زیر نشان دهندهٔ بوبین کنتاکتورو محل وصل سیم به پیچها را نشان می‌دهد:



شکل زیر کنتاکتهای قدرت و فرمان و دو سر بوبین کنتاکتور را نشان می‌دهد:



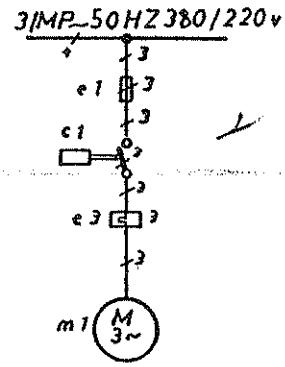
در نقشه‌های مدارهای کنتاکتوری معمولاً جدولی در زیر بوبین هر کنتاکتور رسم می‌شود که این جدول تعداد کنتاکتهای قدرت و کنتاکتهای بسته و باز فرمان مورد استفاده قرار گرفته را مشخص می‌کند دراین جدول حرف (H) معرف کنتاکتهای قدرت (S) معرف کنتاکتهای باز فرمان و حرف (Ö) معرف کنتاکتهای بستهٔ فرمان می‌باشد و نشان می‌دهند که این کنتاکتها در کدام مسیر از نقشه به کار رفته‌اند.

H	S	Ö
قدرت	باز فرمان	بسته فرمان

انواع نقشه‌ها در مدارات کنتاکتوری:

۱)نقشهٔ فنی یا تک خطی :

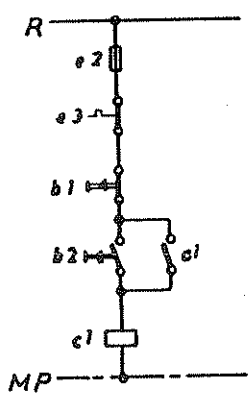
یک دید کلی در بارهٔ مدار مورد نظر را به بیننده می‌دهد این نقشه جزئیات مربوط به مدار را به طور ساده با استفاده از علائم اختصاصی نشان می‌دهد.مثلاً نمای فنی راه‌اندازی یک الکتروموتور سه‌فاز آسنکرون إلقائی روتور قفسی با استفاده از کنتاکتور و رلهٔ حرارتی بصورت شکل روبرو می‌باشد:



۲-۲۵-۱

۲) نقشهٔ مسیر جریان :

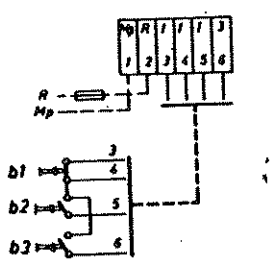
یکی از مهمترین نقشه‌هایی که در مدارهای با کنتاکتور به کار می‌رود نقشهٔ مسیر جریان است.این نقشه مشخص کنندهٔ تمام اتصالات الکتریکی بین دستگاههای موجود در طرح بوده و با استفاده از آن می‌توان به راحتی اصول کار و ترتیب مدار فرمان را درک کرده و عملاً اتصالات را از روی آن انجام داد.



شمای مدار فرمان جدا از شمای مدار سه‌فاز رسم شده

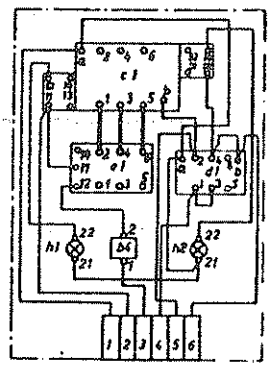
۳) نقشه‌سیمها یا نقشهٔ خارجی :

از نقشه‌سیمها یا نقشه خارجی برای مشخص کردن دستگاههای الکتریکی مانند موتور،میکروسویچ،شستی و غیره که خارج از تابلو فرمان قرار می‌گیرد و اتصال آنها به تابلو فرمان استفاده می‌شود.این نقشه مهمترین نقشهٔ ضمیمه برای مونتاژ تأسیسات الکتریکی است ودر آن ، وسایلی که باید به ترمینالهای تابلو فرمان اتصال یابند و در خارج از تابلو فرمان هستند نیز ترسیم می‌شود.معمولاً در این نقشه برای سادگی تک تک سیمهای اتصال را ترسیم نکرده و بلکه آنها را به صورت یک دسته (یک خط) ترسیم می‌کنند ودر روی آن ، تعداد سیمها را در داخل یک پرانتز می‌نویسند و همچنین در ابتدا و انتهای آن نیز تک تک سیمها را با شماره مشخص می‌کنند.هنگام مونتاژ نیز سیمهای اتصال در دسته‌های جدا از هم و یا توسط کابل کشیده می‌شود. و در قسمت بالای آنها نیز شمارهٔ سیمها از روی نقشهٔ مسیر جریان ورودی ترمینال مربوط نوشته می‌شود.



٤) نقشهٔ مونتاژ:

برای اجرا و سیم کشی مدار قدرت و مدار فرمان،اغلب از نقشهٔ مسیر جریان که شرح آن قبلاً داده شده استفاده می‌شود.در تأسیسات و مدارهای الکتریکی گسترده،علاوه بر نقشهٔ مسیر جریان،از نقشهٔ مونتاژ نیز استفاده می‌شود،برای ترسیم نقشهٔ مونتاژ شکل ظاهری هر یک از دستگاهها را با در نظر گرفتن موقعیت مکانی آنها در داخل تابلو،رسم کرده و اتصالات داخلی بین هر یک از آنها رسم می‌شود.برای نمایش هر یک از دستگاهها از علائم اختصاری آنها نیز می‌توان استفاده کرد.لیکن باید به طریقی آنها را ترسیم کرد که بتوان هر یک از ترمینالهای دستگاه را همان طور که در روی تابلو نصب شده‌اند،نشان داد.

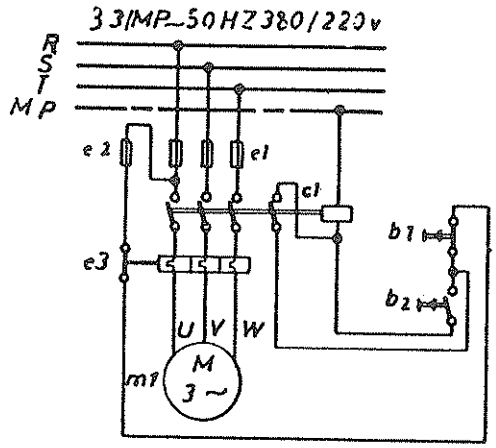


٥) نقشهٔ ترمینالها :

این نقشه مشخص می‌کند که چه عناصری از داخل تابلو به ترمینالهای واسطهٔ تابلو و خارج تابلو وصل می‌شود در این نقشه شمارهٔ ترمینالها و دستگاههایی که به ترمینال وصل می‌شوند نشان داده می‌شود.

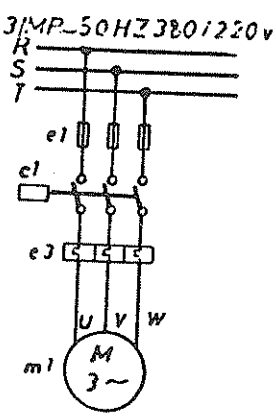
٦) نقشهٔ اتصال حقیقی :

درک و طرز کار مدار از روی نقشهٔ حقیقی بسیار مشکل می‌باشد این نقشه ترکیبی از نقشه‌های دیگر است و صورتی کلی از مدار و دستگاههای موجود در آن را نشان می‌دهد:



٧) نقشهٔ مدار قدرت :

آن قسمت از مدار حقیقی را که انرژی الکتریکی را از شبکه دریافت و به مصرف کننده منتقل می‌کند و جریان جذب شده موتور را از خود عبور می‌دهد مدار قدرت می‌نامند.در نقشه‌های صنعتی مدار قدرت با لوازم و وسایل الکتریکی جهت اندازه‌گیری و کنترل مدار همراه هستند.



چگونگی انتخاب فیوز در مدارهایی که با کنتاکتور همراه می‌باشند:

در مدارهای با کنتاکتور در قسمت مدار قدرت به منظور حفاظت مدار در برابر اتصال کوتاه از فیوز فشنگی استفاده می‌کنیم و برای هر فاز یک فیوز جداگانه قرار داده می‌شود.طریقهٔ انتخاب این فیوز به این صورت است که جریان فیوز را دو برابر جریان نامی موتور انتخاب می‌کنیم.به عنوان مثال برای یک موتور سه‌فاز که روی پلاک آن 10 آمپر نوشته شده است از سه عدد فیوز20 آمپری استفاده می‌کنیم.در مدار فرمان برای حفاظت در مقابل اتصال کوتاه از یک فیوز مینیاتوری 6 آمپر یا 10 آمپر استفاده می‌شود.

نکته: انتخاب فیوز فرمان هیچ ارتباطی با فیوز مدار قدرت نداشته و همیشه در مدار فرمان فیوز 6A یا10A کافی می‌باشد.

جدول حروف و علائم اختصاری مورد استفاده در مدارهای کنتاکتوری

اجزای مدار	حروف مشخصه	مثال
کلیداصلی	a	جداکننده-کلید بار -کلید مغناطیسی موتور -کلید قدرت
شستی(کلید کمکی)	b	شستی -کلید فرمان -کلید انتخاب‌کننده -کلید فشاری
کلید مغناطیسی(کنتاکتور)	c	کلید مغناطیسی
کلید مغناطیسی کمکی	d	کنتاکتور کمکی -زلهٔ زمانی -رلهٔ کمکی از راه دور
حفاظت بطورکلی	e	فیوز -بی‌متال -رلهٔ محافظ
مبدل اندازه‌گیری	f	مبدل اندازه‌گیری -مقاومت پیشوند و موازی
وسایل اندازه‌گیری	g	ولت‌متر -آمپرمتر -وات‌متر -کسینوس فی‌متر
خبرکننده	h	صوتی -روشنایی -زنگ اخبار -بوق -لامپ خبر -عقربهٔ خبر
خازن و بوبین	k	همه نوع خازن و بوبین در مدار
ماشینهای الکتریکی	m	ژنراتور -موتور -ترانسفورماتور
یک‌سو کننده و باطری	n	همه نوع یک‌سوکننده و باتری (اکولاموتور)
لامپهای تقویت‌کننده	p	لامپ خلأ -لامپ گازی -لامپهای تقویتی
مقاومت و تنظیم‌کننده سریع	r	مقاومت سری -مقاومتهای محافظ -مقاومت ترمز-بار- تحریک
وسایل مکانیکی متفرقه	s	مغناطیسی - موتوری -شیر مغناطیسی (الکتریکی)
چند عضو با هم	N	مخلوط کردن عضوهای مدار از a تا s
در صورتی که چند بار از یک عضو مشابه مدار تکرار شود شماره‌گذاری میکنند مثلاً $\{a_1 \quad a_2 \quad a_3\}$ $\{m_1 \quad m_2 \quad m_3\}$		
اتصال کلیدهای مغناطیسی (کنتاکتورها) حرف مشخصه اجزاء مدار بر طبق استاندارد دین ۴۰۷۱۹ آلمانی		

به علت اینکه کنتاکتورها را بیشتر برای راه‌اندازی الکتروموتورها به کار می‌برند آشنایی با پلاک نصب شده روی موتورها لازم است.شکل روبرو پلاک یک موتور آسنکرون را نشان می‌دهد.

1) MACHINE SAZI TABRIZ	
2) 3~MOT	TYPE 100/28-2
3) Δ / Y FRAM B_3 NO-20/6982	
4) 3KW 220/380V 50HZ	
5) 10.9/6.22A 2850 R.P.M	
6) COSφ 0.87 1 SOLE 3.4KG	
7) P_{33}	

۱) مشخص کنندهٔ کارخانهٔ سازندهٔ آن است.
۲) موتور سه‌فاز شماره‌ای که کارخانهٔ سازنده،نوع و مشخصات فنی الکتروموتور را در کاتالوگهای خود اعلام می‌کند و برای خرید و انتخاب الکتروموتور مورد استفاده قرار می‌گیرد.
۳) این موتور می‌تواند به صورت مثلث یا ستاره کار کند.طریقهٔ نصب موتور افقی بوده و مطابق استاندارد شماره ۲۰/۶۷۸۲به کار می‌رود.
٤) قدرت موتور سه کیلو وات بوده و برای اتصال مثلث (Δ) با ولتاژ خطی ۲۲۰ ولت و اتصال ستاره با ولتاژ ۳۸۰ ولت و فرکانس ۵۰ هرتز کار می‌کند.
٥) در اتصال مثلث با ولتاژ کار ۲۲۰ ولت جریان جذب شدهٔ موتور ٦/۲۲ آمپر است.تعداد دور موتور ۲۸۵۰ دور در دقیقه است.
٦) ضریب قدرت نامی موتور (COSφ = 0.87) و درجهٔ استاندارد عایقی موتور E و وزن آن 3.4 کیلوگرم است.
۷) حرف P_{33} مشخص کنندهٔ درجه حفاظت بدنه نسبت به نفوذ آب است.

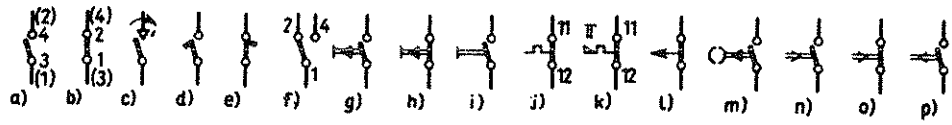
علائم :

کشورهای صنعتی دارای استانداردهای مختلف هستند برای مثال ترمهای آلمانی با کلمات VDE - DIN ترمهای فرانسوی با UTE - NF ترمهای انگلیسی با B.S و ترمهای کانادایی با G.S.A نمایش داده می‌شود.کلیهٔ وسایل با حروف و علامتهایی مشخص می‌شوند که طبق استاندارد VDE آلمان در این فصل مورد بررسی قرار می‌گیرند.
۱) شمای مدار فرمان معمولاً از طرف چپ به طرف راست شماره‌گذاری می‌شود.
۲) ماشینهای الکتریکی (موتور- ترنسفورماتور - کنتاکتورها) باید از نظر واحد و یا حروف مشخص شوند مانند VA-W-VA-V و غیره ....
۳) نوع کابل یا سیم - نوع جریان عبوری - فرکانس - ولتاژ شبکه 3~50HZ 10KV و حرف مشخصهٔ سه‌فاز RST و جریان مستقیم PوN مثبت و منفی.

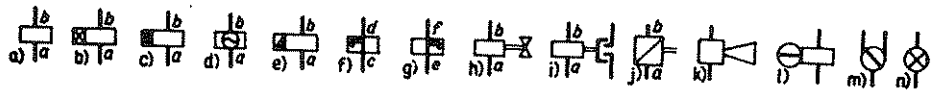
علائم اختصاری:

مهمترین کنتاکتهایی که در مدارهای الکتریکی و مخصوصاً در مدارهای فرمان،به کار می‌روند در شکل (A) نشان داده شده است.درشکل (b) علائم اختصاری برای دستگاههایی که در مدارهای فرمان مورد استفاده قرار گرفته و با اتصال ولتاژ در دو سر آنها،باعث قطع و یا وصل کنتاکتها،به کار انداختن دستگاهها،دادن خبر و

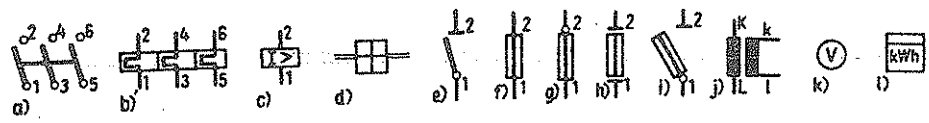
غیره... می‌شوند نشان داده شده است.درشکل (K) علائم اختصاری برای دستگاههایی که در قسمت قدرت یک مدار قرار می‌گیرند،نشان داده شده است.قسمت قدرت یک مدار،آن قسمتی از مدار است که باعث اتصال مصرف کننده به شبکه می‌گردد و جریان مصرف کننده از آن عبور می‌کند.درشکل (F) مجدداً علائم اختصاری تعدادی از وسایلی که در قسمت فرمان یا قسمت قدرت یک مدار قرار می‌گیرند نشان داده شده است.



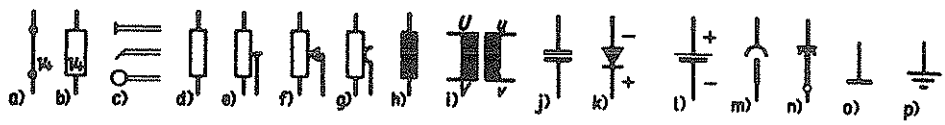
a) کنتاکت باز (بسته‌شونده)
b) کنتاکت بسته (بازشونده)
c) کنتاکت پالس‌دهنده
d) کنتاکت باز با تأخیر در قطع
e) کنتاکت بسته با تأخیر در قطع
f) تبدیل
g) شستی فشاری وصل
h) شستی فشاری قطع
i) کلید وصل
j) کنتاکت بسته (بازشونده) قطع‌کننده حرارتی (بی‌متال)
k) مانند j با نگهدارنده
l) کنتاکت بسته (بازشونده) مغناطیسی
m) شستی سویچی (سویچ اصلی)
n) کنتاکت باز (بسته‌شونده) تایمر (با تأخیر زمانی بسته می‌شود)
o) کنتاکت بسته (بازشونده) تایمر (با تأخیر زمانی باز می‌شود)
p) کنتاکت باز (بسته‌شونده) تایمر (با تأخیر زمانی باز می‌شود)



a) بوبین کنتاکتور
b) رله با تأخیر در وصل
c) رله با تأخیر در قطع
d) تایمر با موتور جریان متناوب
e) تایمر حرارتی
f) قطع‌کننده جریان کار (قطع‌کننده شنت)
g) قطع‌کننده جریان بی‌بار
h) شیر مغناطیسی
i) کوپلینگ مغناطیسی
j) درگیرکننده مغناطیسی
k) بوق
l) رله خبری با زبانه
m) نشان‌دهنده وضعیت مغناطیسی
n) لامپ خبر



a) کلید سه‌قطبی (سه‌پل)
b) قطع‌کننده حرارتی سه‌قطبی (سه‌پل)
c) قطع‌کننده مغناطیسی یک‌قطبی (یک‌پل)
d) قفل مکانیکی
e) کلید قدرت
f) فیوز
g) مانند f با جهت ورود جریان
h) فیوز قدرت
i) فیوز کت اوت
j) مبدل جریان
k) ولت‌متر
l) کنتور



a) اتصال دایمی و ترمینال (مثلاً ترمینال ۱۴)
b) ردیف ترمینال (مثلاً ترمینال ۱۴)
c) عضو تحریک دستی، پایی، زبانه‌ای
d) مقاومت ثابت اهمی
e) مقاومت اهمی قابل تنظیم
f) مقاومت اهمی ثابت
g) مقاومت اهمی پله‌ای
h) سیم‌پیچ سلف
i) ترانسفورماتور ـ مبدل ولتاژ
j) خازن
k) یکسوکننده
l) باتری
m) اتصالی جداشدنی (در داخل هم)
n) اتصالی لغزنده
o) بدنه ـ محفظه
p) زمین ـ اتصال زمین

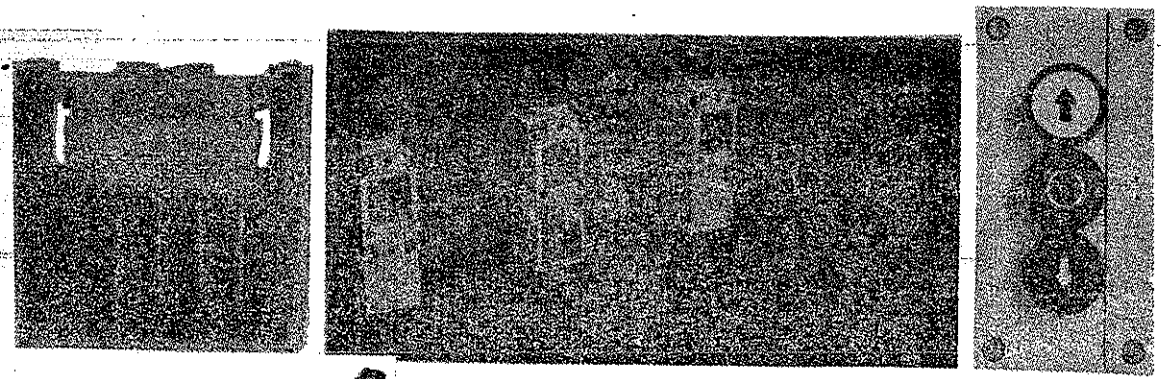
شستی‌ها:

در مدارهای با کنتاکتور اغلب برای دادن فرمان لحظه‌ای از شستی‌ها استفاده می‌شود که انواع شستی‌ها عبارتند از:

۱) شستی استارت START:

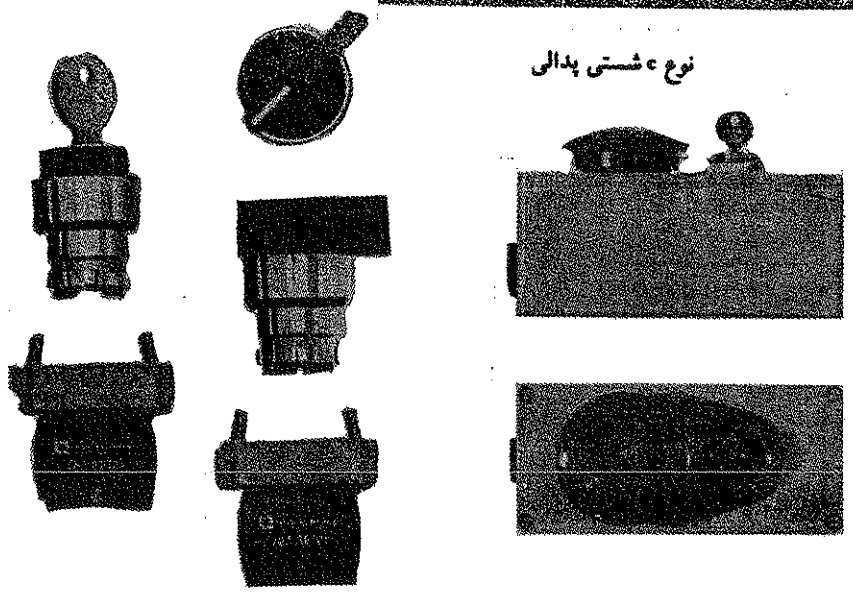
شستی که پس از تحریک یا فشار دادن دو کنتاکت قطع را وصل می‌کند شستی استارت نامیده می‌شود. به عبارت دیگر شستی استارت در حالت عادی باز بوده با فشار دادن به صورت لحظه‌ای بسته می‌شود.

شکل زیرنمای چند نوع شستی سلکتوری و شستی قفل شونده را نشان می‌دهد.



b ـ چپگرد راستگرد

نوع c شستی پدالی



همانطور که در شکل نشان داده شده اشت شستی‌ها بر چند نوعند که عبارتند از:

نوع (a)= مخصوص بالابرها و جرثقیلهای سقفی.

نوع (b)= شستی چپگرد راستگرد.

نوع (c)= شستی پدالی.

در شستی‌های استارت با برداشتن فشاراز روی آن مجدداً باز می‌شود در داخل دستهٔ شستی استارت یک فنر قرار گرفته است که موجب عمل آن می‌گردد.شستی استارت با شمارهٔ (۳و٤) مشخص می‌شود و شکل فنی آن در مدار مانند شکل مقابل می‌باشد:

۲) شستی استوپ (STOP):

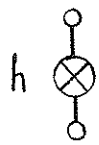
شستی که پس از تحریک دو کنتاکت وصل را قطع می‌کند شستی استوپ نامیده می‌شود یا به عبارت دیگر شستی استوپ در حالت عادی بسته است و با فشار دادن به صورت لحظه‌ای باز می‌شود.و با برداشتن فشار دست روی آن مجدداً بسته می‌شود.دوسر شستی استوپ را با شماره‌های (۱و۲) مشخص می‌کنند.

۳) شستی استارت- استوپ یا دوبل (DOBLL - START - STOP):

با شستی دوبل به طور همزمان با فشار یک دکمه می‌توان عمل استارت و استوپ را انجام داد به عبارت دیگر استارت استوپ دوبل تشکیل شده است از یک شستی استارت و یک شستی استوپ که با همدیگر هم محور شده‌اند.معمولاً رنگ شستی‌های استارت سبز یا مشکی و رنگ شستی‌های استوپ قرمز می‌باشد.

لامپهای سیگنال یا خبر دهنده:

برای نشان دادن حالت قطع یا وصل یک مدار از لامپهای سیگنال استفاده می‌شود.معمولاً این لامپها با ولتاژ ۲۲۰ ولت کار می‌کنند و دارای قدرت 2W وات تا 4W وات می‌باشند رنگ این لامپها معمولاً زرد و قرمز و سبز می‌باشد و علامت آن بدین صورت می‌باشد.



کنتاکتورهای کمکی:

این کنتاکتور مانند کنتاکتهای قدرت بوده ودارای چندین کنتاکت باز و بسته فرمان می‌باشد.کنتاکتورهای کمکی در مدار به عنوان کنتاکتورهای واسطه در قسمت فرمان مورد استفاده قرار می‌گیرند و به هیچ وجه در مدار قدرت از آنها استفاده نمی‌شود زیرا کنتاکتهای آن تحمل جریانهای بالا را ندارند در صورتی که در مدار قدرت از آنها استفاده شود در زمان کوتاهی کنتاکتهای آن ذوب شده و از بین می‌رود این کنتاکتورها از نظر اصول کار و ساختمان داخلی شبیه کنتاکتورهای قدرت یا اصلی بوده و تنها تفاوت آن در ساختمان کنتاکتهای آنها می‌باشد کنتاکتورهای کمکی را در نقشه‌ها با حرف (d) نشان می‌دهندو بر روی پلاک آنها حروف (AC_{11}) قید می‌شود شکل زیر کنتاکتهای یک کنتاکتور کمکی را نشان می‌دهد.

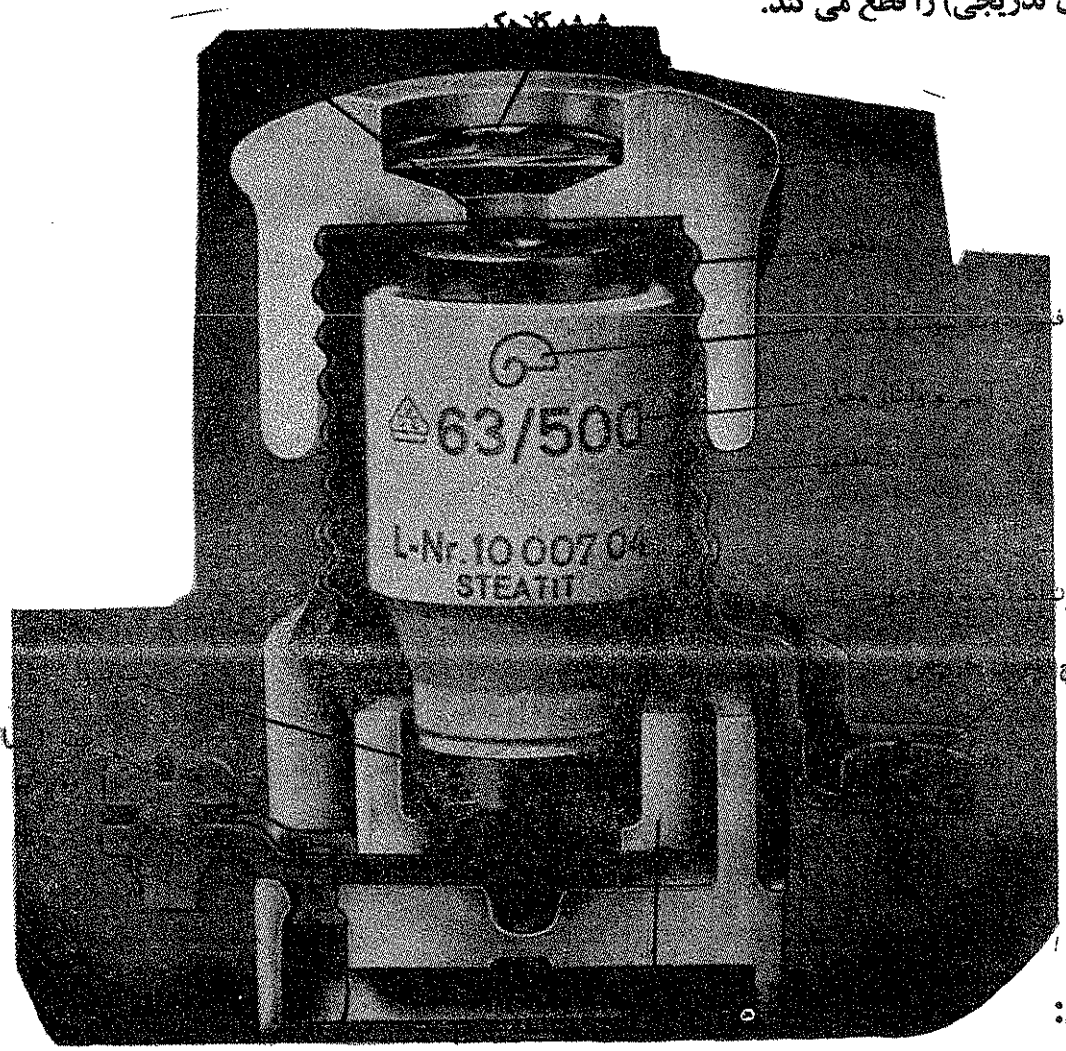
فیوزها

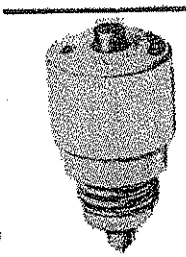
در کلیهٔ تأسیسات الکتریکی برای جلوگیری از صدمه دیدن و معیوب شدن وسایل و یا قطع کردن دستگاههای معیوب از شبکه که بر اثر عوامل مختلف از قبیل نقصان عایق بندی،ضعف استقامت الکتریکی یا مکانیکی و یا ازدیاد بیش از حد جریان مجاز(اتصال کوتاه)وسایل حفاظتی مختلف به کار می‌رود.

این وسایل باید طوری انتخاب شوند که در اثر اضافه بار و یا اتصال کوتاه در کوتاهترین زمان ممکن و قبل از این که صدمه‌ای به سیمها و تجهیزات الکتریکی شبکه برسد مدار قسمت معیوب را قطع کنند. یکی از این وسایل حفاظتی فیوز است(شکل الف) فیوزها از نظر زمان قطع بر حسب منحنی ذوب سیم حرارتی داخل آنها به دو نوع کندکار و تندکار تقسیم می‌شوند. فیوزهای تندکار دارای زمان قطع کمتر از فیوزهای کندکار بوده و به همین دلیل در مصارف روشنایی به کار می‌روند. فیوزهای کندکار دارای زمان قطع طولانی‌تری بوده درنتیجه برای راه‌اندازی موتورهای الکتریکی به کار می‌روند. تحمل جریان راه‌اندازی موتور در حدود ۳تا۷ برابر جریان نامی است که بر روی کلیهٔ فیوزها جریان نامی آنها نوشته می‌شود که این جریان کمتر از جریان ماکزیمم تحمل فیوز است.

فیوزها در انواع فشنگی،اتوماتیک(آلفا)،مینیاتوری،بکس،کاردی(تیغه‌ای)،شیشه‌ای یا کارتریج و فیوزهای فشارقوی ساخته می‌شوند. در شکل (ب) چند نمونه از این فیوزها نشان داده شدن است. معمولاً 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 به عهده دارند بنابراین در مدارهایی که مثلاً فیوز ۲۵ آمپری به کار می‌رود ممکن است در مدار فرمان آنها از سیم یک یا یک و نیم استفاده شود. بنابراین لازم است مدار فرمان با فیوز جداگانه‌ای حفاظت شود.

فیوزهای اتوماتیک یا آلفا نوعی فیوز خودکار است که عبور جریان بیش از حد مجاز از آن باعث قطع مدار می‌شود و می‌توان دوباره شستی آن را به داخل فشرد تا ارتباط برقرار گردد. بعضی از فیوزهای خودکار دو عمل جریان زیاد و بار زیاد را در مدارها کنترل میکنند وپس ار قطع شدن باید مدت کمی صبر کرد تا دوباره شستی مربوط به آن را فشار داد تا مدار را وصل کند. 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.



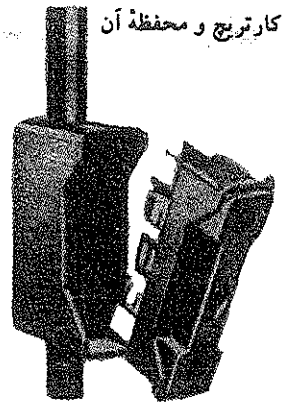

فیوز آلفا (اتوماتیک)

کلید مینیاتوری:

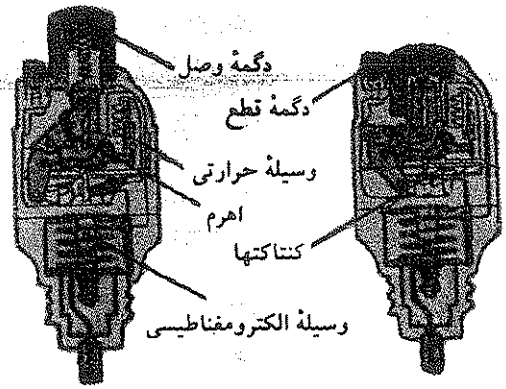
نوعی فیوز اتوماتیک است که از نظر ساختمان داخلی شبیه فیوز آلفا است و از سه قسمت رلهٔ مغناطیسی(رلهٔجریان زیاد زمان سریع)،رلهٔ حرارتی یا رلهٔ بی‌متال(رلهٔجریان زیاد تأخیری)و کلید تشکیل شده است. این مجموعه را کلید موتور نیز می‌نامند.

این کلیدها در دو نوع GوL ساخته شده است،نوع L در مصارف روشنایی به کار می‌رود و تندکار است (Light) و نوعG برای راه‌اندازی وسایل موتوری به کار می‌رود و کندکار است.این کلیدهـا در انـواع تـک فاز- دوفاز- و سه فاز ساخته می‌شوند.

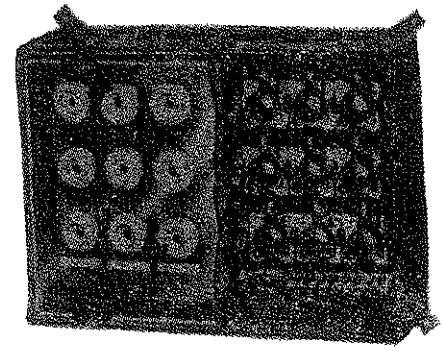
کلیدهای مینیاتوری یک‌فاز



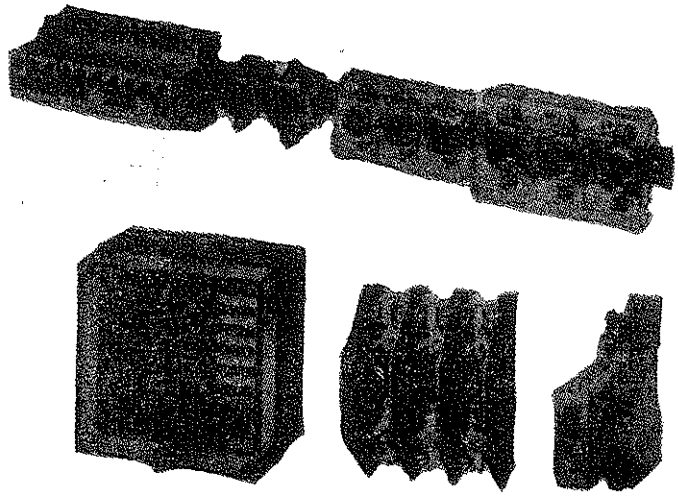
الف- فیوز کارتریج و محفظهٔ آن



ب- فیوز اتوماتیک آلفا که دارای قطع کننده مغناطیسی و بی‌متال است.



پ- جعبه فیوز انشعابی



ت- طرز قرار دادن فیوز و پایهٔ فیوز روی ریل

در جدول بعد دوستون اول سطح مقطع سیمهای مسی و آلومینیومی بر حسب میلی‌متر مربع داده شده است.
گروه اول: سیمهای تک رشته‌ای تا سه سیم در یک لوله- سیمهای رشته‌ای کابل مانند در لوله.
گروه دوم: سیمهای رشته‌ای کابل مانند خارج از لوله- سیمهای متحرک.
گروه سوم: سیمهای یک لا در فضای آزاد (حداقل فاصلهٔ سیمها به اندازهٔ قطر سیم).
باید توجه داشت که جدول انتخاب فیوز برای محیط با درجه حـرارت ۳۵ درجـهٔ سـانتیگراد تهیـه شـده و در صورت بالا بودن حرارت محیط بایستی از فیوزهایی با نمرهٔ کوچکتر استفاده شود،زیرا در درجه حرارت بـالاتر جریان مجاز سیمها کم می‌شود و درنتیجه بایستی با توجه به جریان مجاز جدید فیوز انتخاب کرد. اعدادی کـه در داخل پرانتز نوشته شده‌اند حداکثرجریان نامی فیوز را نشان می‌دهند.

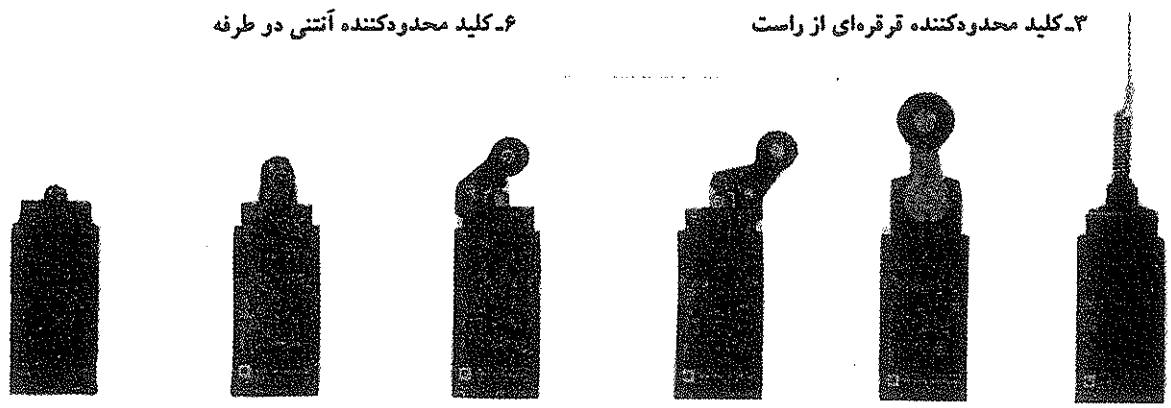
جریان نامی فیوز حفاظت‌کننده سیم			سطح مقطع سیم	
گروه۳	گروه۲	گروه۱	آلومینیومی	مسی
[A]	[A]	[A]	mm^2	mm^2
۱۰(۱۵)	۱۰(۱۰)	—	—	۰/۷۵
۱۵(۲۰)	۱۰(۱۵)	۶(۱۰)	—	۱
۲۰(۲۵)	۱۵(۲۰)	۱۰(۱۵)	۲/۵	۱/۵
۲۵(۳۵)	۲۰(۲۵)	۱۵(۲۰)	۴	۲/۵
۳۵(۵۰)	۲۵(۳۵)	۲۰(۲۵)	۶	۴
۵۰(۶۰)	۳۵(۵۰)	۲۵(۳۵)	۱۰	۶
۶۰(۸۰)	۵۰(۶۰)	۳۵(۵۰)	۱۶	۱۰
۸۰(۱۰۰)	۶۰(۸۰)	۵۰(۶۰)	۲۵	۱۶
۱۰۰(۱۲۵)	۸۰(۱۰۰)	۶۰(۸۰)	۳۵	۲۵
۱۲۵(۱۶۰)	۱۰۰(۱۲۵)	۸۰(۱۰۰)	۵۰	۳۵
۱۶۰(۲۰۰)	۱۲۵(۱۶۰)	۱۰۰(۱۲۵)	—	۵۰
۱۶۰(۲۰۰)	۱۲۵(۱۶۰)	۱۰۰( )	۷۰	—
۲۰۰(۲۶۰)	۱۶۰(۲۲۵)	—	—	۷۰
۲۰۰(۲۲۵)	۱۶۰(۲۰۰)	—	۹۵	—
۲۲۵(۳۰۰)	۲۰۰(۲۶۰)	—	—	۹۵
۲۲۵(۲۶۰)	۲۲۵(۳۰۰)	—	۱۲۰	—
۲۶۰(۳۵۰)	۲۲۵(۳۰۰)	—	—	۱۲۰
۲۶۰(۳۰۰)	۲۲۵(۲۰۰)	—	۱۵۰	—
۳۰۰(۴۳۰)	۲۶۰(۳۵۰)	—	—	۱۵۰
۳۰۰(۳۵۰)	۲۶۰(۳۰۰)	—	۱۸۵	—
۳۵۰(۴۳۰)	۳۰۰(۳۵۰)	—	۲۴۰	۱۰۵
۴۳۰(۵۰۰)	۳۵۰(۴۳۰)	—	—	۲۴۰
۴۳۰(—)	۳۵۰(—)	—	۳۰۰	—
۵۰۰(—)	۴۳۰(—)	—	۴۰۰	۳۰۰
۶۰۰(—)	—	—	۵۰۰	۴۰۰
۷۰۰(—)	—	—	—	۵۰۰

: مقدار جریان فیوز برای حفاظت در مقابل جریان اضافی، با ۲۵ درجه سانتیگراد حرارت محیط

میکروسوئیچها یا لیمیت سوئیچها (کلیدهای محدود کننده):

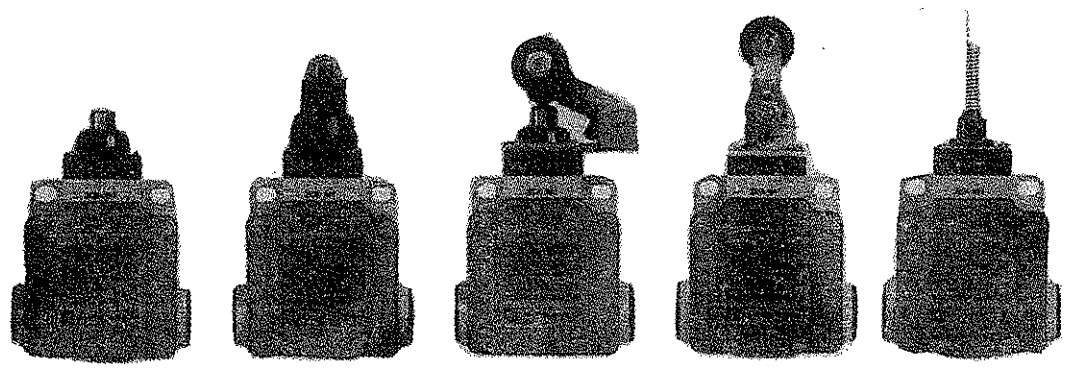
از این کلید در مدارهای فرمان برای کنترل و محدود کردن حرکت قسمتهای مکانیکی، تغییر جهت حرکت ودر تایمرها و شناورها به عنوان کلید قطع یا وصل استفاده می‌شود ودر انواع فشاری و قرقره‌ای در دسترس می‌باشد. ساختمان داخلی میکروسوئیچها مانند استارت استوپهای عاری می‌باشد، تنها تفاوت آن با استارت استوپ در قسمت دستهٔ آنست که استارت استوپ نیاز به فشار دست دارد اما میکروسوئیچها در اثر برخورد قسمتهای مکانیکی دستگاهها با آنها کار می‌کنند. میکروسوئیچها در انواع استارت استوپ به صورت تکی و دوبل ساخته می‌شوند، نمای مداری آنها چنین است:

۱ـ کلید محدودکننده فشاری انتهایی
۲ـ کلید محدودکننده قرقره‌ای
۳ـ کلید محدودکننده قرقره‌ای از راست
۴ـ کلید محدودکننده قرقره‌ای یک طرفه از چپ
۵ـ کلید محدودکننده قرقره‌ای دو طرفه
۶ـ کلید محدودکننده آنتنی دو طرفه



شماره ۱ شماره ۲ شماره ۳ شماره ۴ شماره ۵ شماره ۶

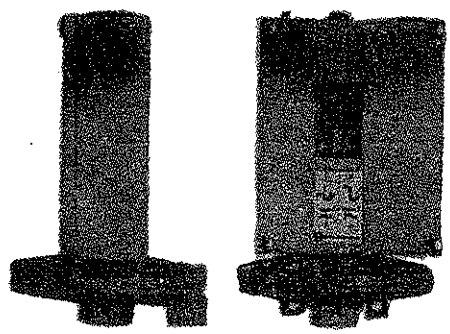
شکل ۵ ـ ۱۲ـ۲: انواع لیمیت سویچ ساده



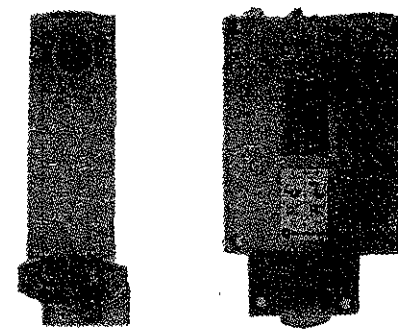
شماره ۱ شماره ۲ شماره ۳ شماره ۴ شماره ۵

کلیدهای تابع فشار(کلیدهای گازی):

این کلیدها برای کنترل فشار گاز داخل مخازن و کپسولها و کمپروسورها و همچنین برای تنظیم فشار آب داخل لوله‌ها و روشن و خاموش کردن اتوماتیک الکتروموتورهای محرک این دستگاهها مورد استفاده قرار می‌گیرند. عامل فرمان این کلید فشار گاز یا مایع داخل مخزن است که بر صفحهٔ داخلی کلید اثر کرده و نیرویی به آن وارد می‌آورد این نیرو موجب تحریک کلید شده وکنتاکت بازی را بسته و یا کنتاکت بسته‌ای را باز نموده و یا به صورت دوبل هر دو عمل را همزمان انجام می‌دهد نیروی برگشت این کلیدها مانند استارت استوپ یک فنر می‌باشد. نمونهٔ سادهٔ این کلیدها کلید اتوماتیک پمپ آب و کمپروسورهای باد می‌باشد،شکلهای زیر چند نمونه از آنها ونمای کلید تابع فشار را نشان می‌دهند:



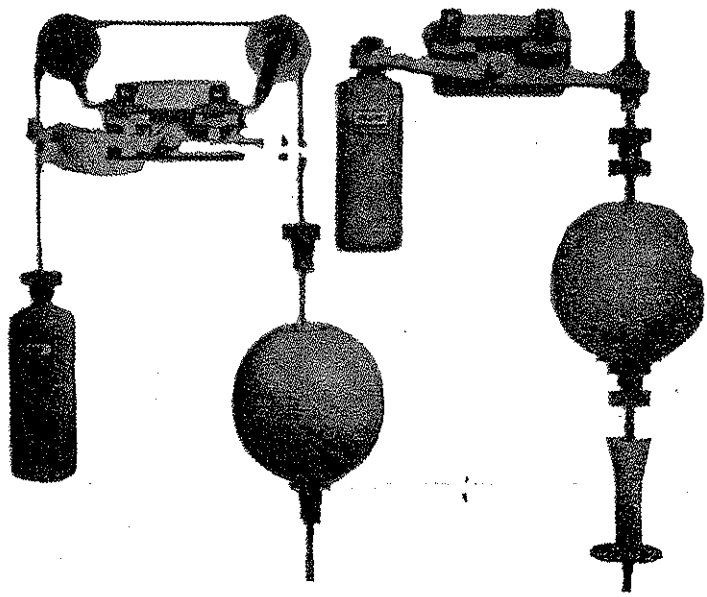
XMG-B003



XMG-B014

کلیدهای شناور:

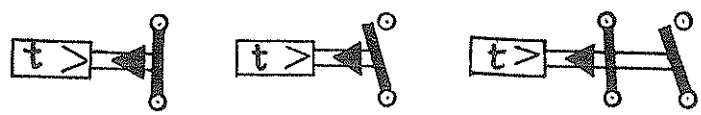
برای کنترل سطح آب و یا مایعات داخل مخازن و استخرها مورد استفاده قرار می‌گیرد.ساختمان این کلید از یک وزنهٔ تعادل و یک گوی شناور تشکیل شده است هنگامی که قسمت شناور با تغییر سطح مایع داخل مخزن تغییر حالت یا تغییر مکان می‌دهد میکروسوئیچ داخل کلید عمل کرده و موجب قطع و وصل مدار می‌شود.



دونمونه کلیدشناور

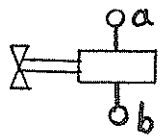
کلیدهای تابع درجه حرارت:

نوعی رلهٔ حرارتی است که در برابر درجه حرارت محیط حساس می‌باشد وعمل می‌کند این وسیله در دستگاههای مختلف صنعتی کاربرد فراوان دارد و وظیفهٔ تعادل حرارتی دستگاهها را بر عهده دارد در صورتی که درجه حرارت تنظیم شده بیشتر از میزان معلوم شود کلید عمل کرده و باعث باز یا بسته شدن یک کلید می‌شود. کلیدهای تابع درجهٔ حرارت بیشتر در وسایل حرارتی و برودتی مانند شوفاژ ، یخچال و چیلر و همچنین انبارهای دارویی و غذایی می‌باشد. شکل زیر نمای کلیدهای تابع درجه حرارت را نشان می‌دهد:

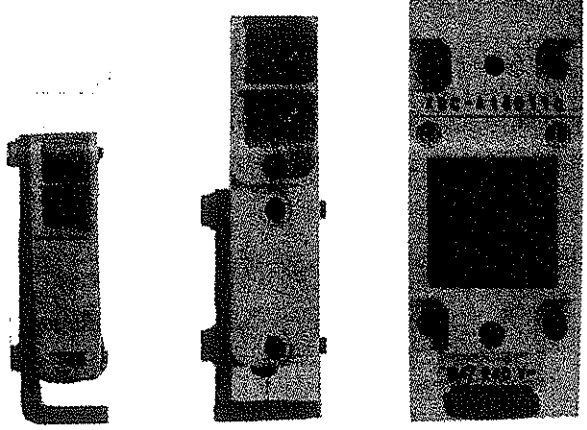


شیرهای مغناطیسی:

از این وسیله به عنوان شیر اتوماتیک برای کنترل خروج مایعات از مخزنها و لوله‌ها استفاده می‌شود. ساختمان داخلی آن به این صورت است که دارای یک سیم پیچ است که زمانی که سیم پیچ با وصل جریان به آن تحریک می‌شود . اهرمی را که باعث بسته شدن شیر شده است جذب داخل بوبین شده و باعث می‌شود که شیر باز شده و مایع از داخل آن عبور کند با قطع برق از بوبین به وسیلهٔ فنر اهرم آزاد شده در نتیجه شیر بسته شده و به حالت اولیه برمی‌گردد، شکل زیر نمای شیر مغناطیسی را نشان می‌دهد.



چشمهای الکتریکی (سنسورها):



نوعی کلید فرمان دهندهٔ الکترونیکی است که بدون برخورد فیزیکی با دست یا هر وسیلهٔ دیگر توسط سیستم چشم الکتریکی از فاصلهٔ حداقل یک میلی‌متر و حداکثر ۸ متر عکس‌العمل نشان داده و فرمان صادر می‌کند و توسط رله‌ای که در داخل آن به کار رفته است کنتاکتهایی باز یا بسته می‌کند و در نتیجهٔ مدار مورد نظر را راه‌اندازی می‌نماید از این کلید بیشتر در کارخانجات صنعتی و خطوط تولید مانند آبلیموسازی،نوشابه‌سازی و شیر پاستوریزه و غیره استفاده می‌شود.

رلهٔ‌زمانی (تایمر) و انواع آن:

یکی از وسایل فرمان دهنده درمدارهای کنترل اتوماتیک رلهٔ زمانی می‌باشد که وظیفهٔ کنترل مدار را برای مدت زمان معینی به عهده دارد. به عبارت دیگر رله‌های زمانی در زمانهای تنظیم شده برروی آنها

کنتاکتهایی را به طور اتوماتیک باز یا بسته می کنند و می‌توانند به طور اتوماتیک قسمتهایی از مدار را خاموش و قسمتهای دیگر را روشن نمایند. رله‌های زمانی در انواع مختلف ساخته می‌شوند که عبارتند از :

الف) رلهٔ زمانی موتوری یا الکترومکانیکی.

ب) رلهٔ زمانی الکترونیکی.

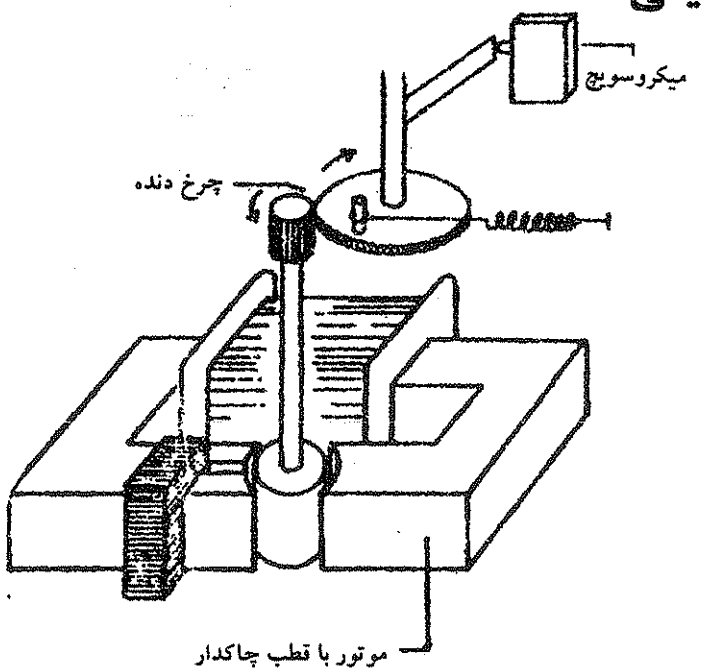
ج) رله‌های زمانی نیوماتیکی (با فشار هوا).

د) رله‌های زمانی بی‌متال یا حرارتی.

ه)رله‌های زمانی هیدرولیکی.

الف) رلهٔ زمانی موتوری یا الکترومکانیکی:

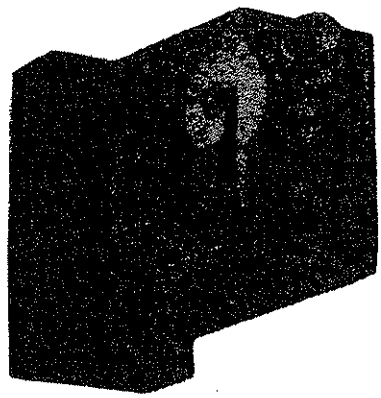
این نوع رله از یک موتور کوچک تشکیل شده است که از طریق چرخ دنده،یک دیسک را تا مقابل میکروسوئیچ می‌چرخاند و می‌تواند موجب قطع یا وصل مدار شود معمولاً از رله‌های موتوری برای تنظیم زمانهای از یک دقیقه تا ۲۴ ساعت استفاده می‌شود.

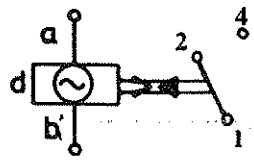


شکل a ـ۱۶ـ۲

ساختمان داخلی تایمر موتوری:

محل دیسک در لحظهٔ شروع به کار قابل تنظیم است و پس از تنظیم زمان آن (توسط زائدهٔ خارجی) و تغذیهٔ تایمر، موتور با دور ثابت به گردش در می‌آید وبا گردش موتور،زمان تایمر شروع می‌شود. پس از گردش،بابرخورد با زائدهٔ دیسک متوقف می‌شود و به میکروسوئیچ داخلی فرمان می‌دهد و کنتاکتهای تایمر عمل می‌کنند و به طور اتوماتیک قطع می‌شوند و موتور از کار می‌افتد زمان وصل این رله‌ها از دهم ثانیه به طور دائم قابل تنظیم است. شکل مقابل ساختمان داخلی و ظاهری و نمای فنی رلهٔ موتوری (الکترومکانیکی) را نشان می‌دهد.

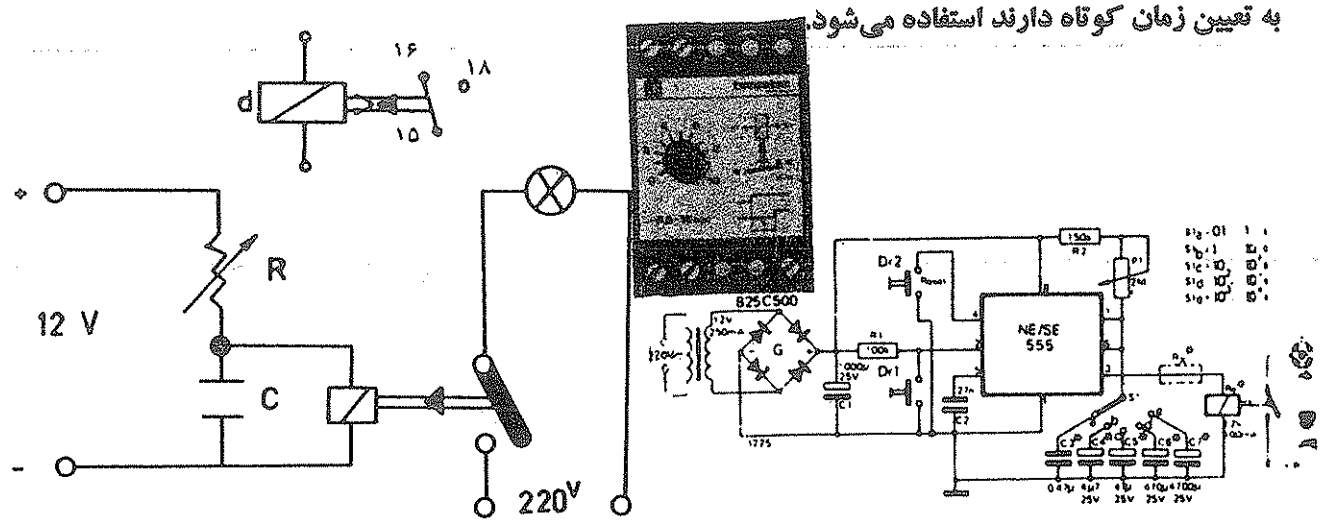




ب) رلهٔ زمانی الکترونیکی:

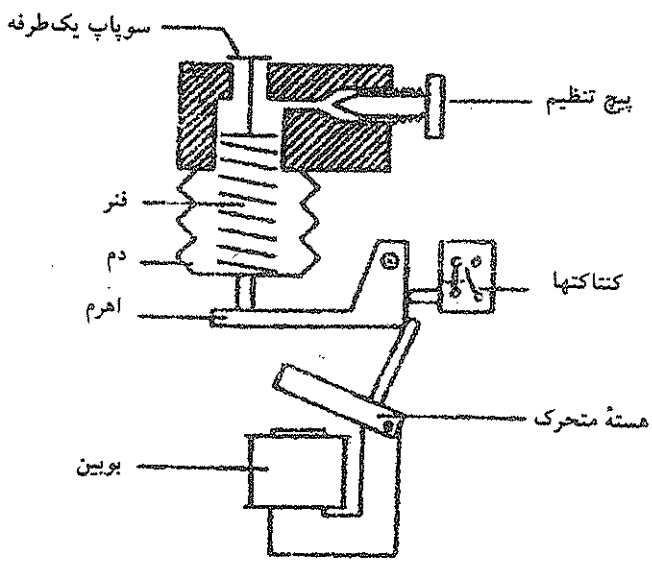
از تایمرهای الکترونیکی برای تنظیم زمانهای کمتر از یک ثانیه تا چندین ثانیه استفاده می‌شود در ساختمان این تایمرها از مدارات و اجزاء الکترونیکی استفاده شده است معمولاً از تایمرهای الکترونیکی بیشتر

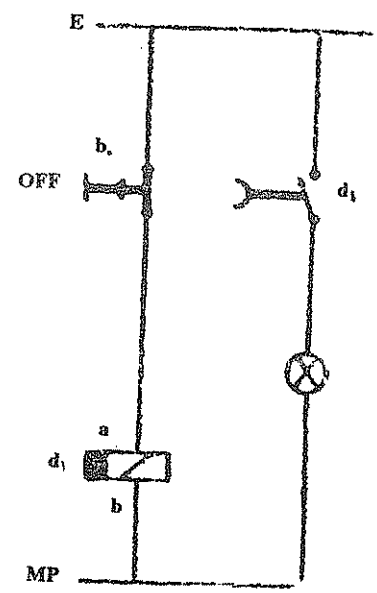
برای مدارات ستاره-مثلث اتوماتیک و چراغهای راهنما و چشمک زنها و به طور کلی مدارهای فرمان که نیـاز به تعیین زمان کوتاه دارند استفاده می‌شود.



ج)رله‌های زمانی نیوماتیکی (با فشار هوا):

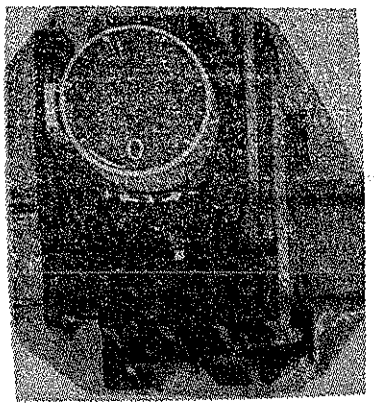
در این تایمر از خاصیت ذخیره‌سازی و فشردگی هوا استفاده می‌شود به این ترتیب که رله در موقع رها شدن خیلی راحت رها می‌شود. وقتی که بوبین تحریک قسمت متحرک را جذب می کند اهرم قطعه‌ای را که به شکل دم آهنگری است فشار خواهد داد.

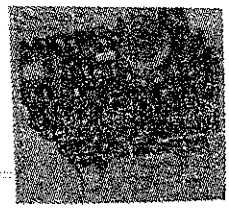




هوای داخلی دم از طریق سوپاپ یک طرفه خارج می‌شود، وقتی که بوبین از تحریک خـارج می‌شـود فنر دم را منبسط می کند. دم از طریق سوپاپ تنظیم از هوا پر می‌شود. سـرعت انبسـاط دم در رابطـه بـا پیـچ تنظیم فرق می کند. وقتی که دم به حالت عادی برگشت کنتاکتها عمل می کنند. بنابراین به وسیلهٔ میزان کردن پیچ تنظیم عمل کردن کنتاکتها را می‌توان تغییر داد. این زمان سنج شبیه تایمر موتوری است،با این تفاوت که

زمان سنج موتوری پس از تنظیم و وصل بوبین آن به ولتاژ شروع به کار می‌کند ولی زمان سنج نیوماتیکی پس از قطع بوبین آن از ولتاژ شروع به کار می‌کند،شکل زیر نمای ظاهری تایمر نیوماتیکی را نشان می‌دهد.





د) رلهٔ زمانی حرارتی (تایمر حرارتی) :

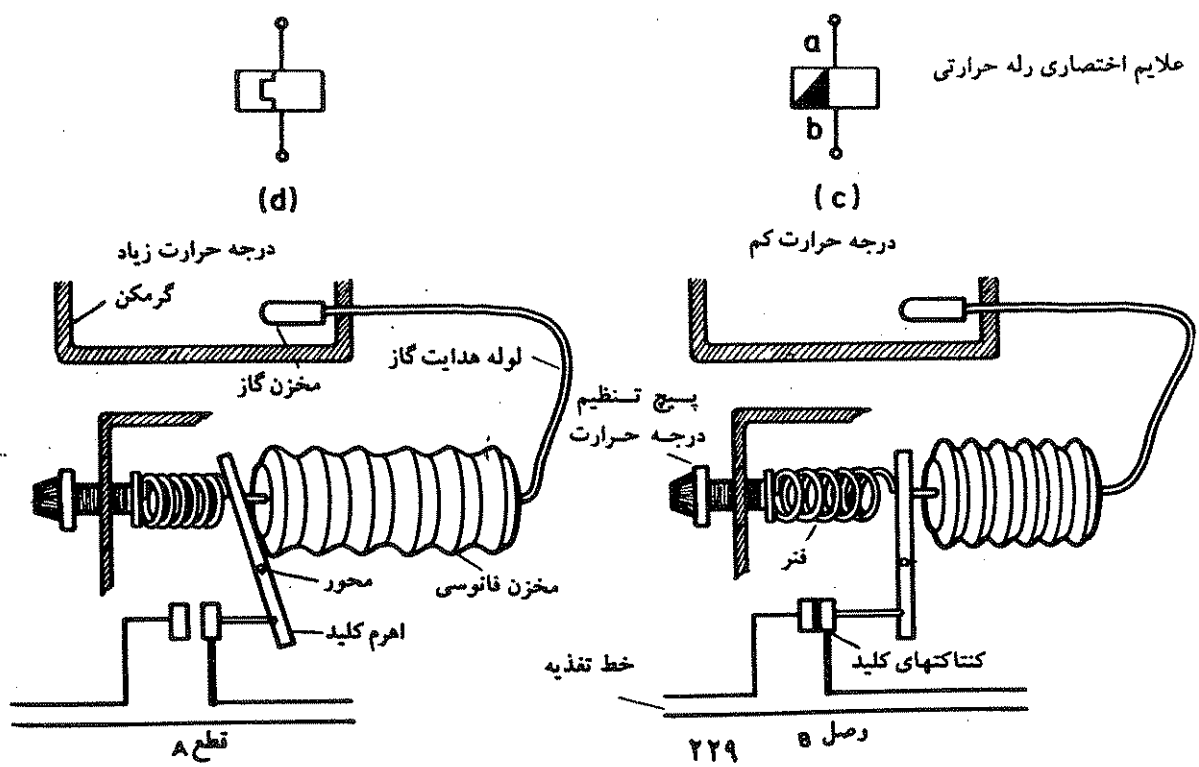
این نوع تایمر با استفاده از خاصیت بی‌متال کار می‌کند و درانواع: الف- رلهٔ حرارتی ذوب شونده ب- رلهٔ حرارتی بی‌متال ج- رلهٔ حرارتی منعکس کنندهٔ میله‌ای ساخته می‌شوند. زمانی که جریان از بی‌متال عبور می‌کند،گرم شده و پس از مدتی در اثر تغییر شکل عمل کرده و مدار را قطع یا وصل می‌کند. دقت این نوع تایمر زیاد نبوده و آب و هوای محیط بر روی آن اثر می‌گذارد. بنابراین به طور کلی رله‌های زمانی را می‌توان به دو دسته تقسیم کرد:

۱) رلهٔ تأخیر در وصل (ON- DELAY):

به رله‌ای گفته می‌شود که باید به رله انرژی داده شود،سپس رله عمل کرده و کنتاکتی را باز یا بسته می‌کند مثل رلهٔ زمانی موتوری.

۲) رله‌های تأخیر در قطع (OFF- DELAY):

به رله‌ای گفته می‌شود که بعد از قطع شدن انرژی عمل کرده و کنتاکتی را باز یا بسته می‌کند،مثل رلهٔ زمانی نیومانیکی.

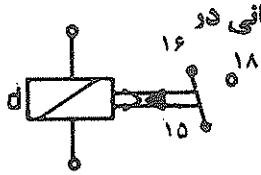


ه) رله‌های زمانی هیدرولیکی:

در این رله‌ها از سیستم هیدرولیکی جهت تأخیر در مدار استفاده شده است. طرز کار آن طوری است که وقتی که جریان برق به رله وصل می‌شود، مقداری روغن در داخل رله جابه‌جا می‌شود، برای بازگشت روغن به محل اولیه زمانی لازم است که این زمان را به عنوان زمان تایمر مورد استفاده قرار می‌دهند،این رله‌ها را در مدارهای مختلف به کار می‌برند.

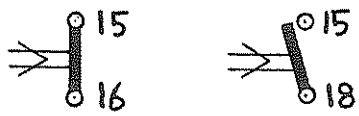
شناسایی کنتاکتهای رلهٔ زمانی:

رله‌های زمانی دارای چندین کنتاکت باز و بستهٔ فرمان هستند که با تحریک شدن بوبین رله، این کنتاکتها عمل کرده و مانند استارت و استوپ باعث قطع و وصل مدارها و در نتیجه فرمان اتوماتیک می‌شوند علامت بوبین رله‌های زمانی در مدارهای فرمان مانند شکل روبرو می‌باشد:



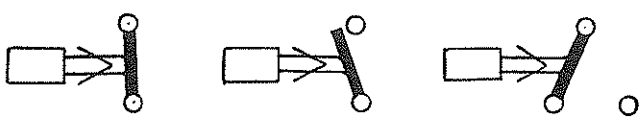
نکتهٔ مهم:

توجه داشته باشیم که مدارهای فرمان که درآنها از رلهٔ زمانی استفاده شده است باید به‌گونه‌ای طراحی شوند که بعد از عمل رله سریعاً بوبین آن از مدار خارج شود زیرا در صورتی که بوبین رله‌های زمانی برای مدت طولانی به ولتاژ وصل باشد صدمه دیده و از بین می‌رود شکل روبرو نمای مداری یک رلهٔ زمانی و کنتاکتهای آن را نشان می‌دهد:



ترموستات:

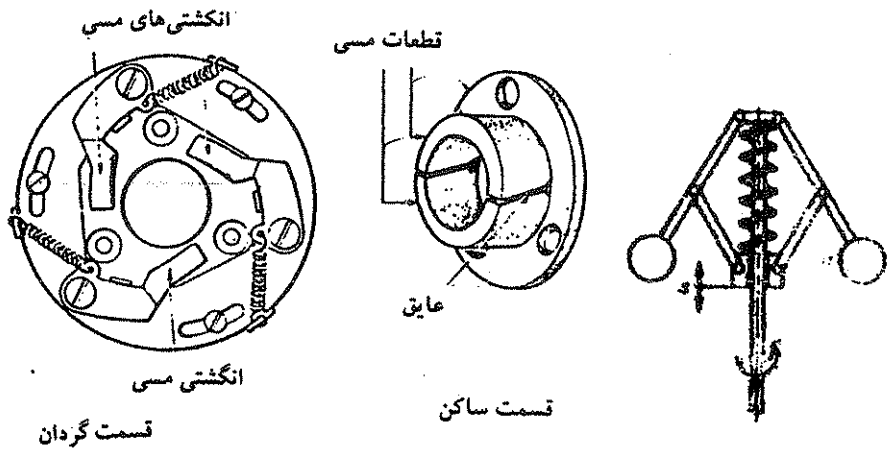
ترموستات نوعی رلهٔ حرارتی است که در مقابل درجه حرارت محیط حساس بوده و عمل می‌کند. این وسیله در دستگاههای مختلف صنعتی کاربرد فراوان دارد و وظیفهٔ تعادل حرارتی دستگاه را به عهده دارد. در صورتی که درجه حرارت از حد تنظیمی فراتر رود،کلید عمل کرده یک کنتاکت باز را می‌بندد و یا کنتات کنتاکت بسته‌ای را باز می‌کند. از ترموستات بیشتر در وسایل حرارتی و برودتی مانند شوفاژ،یخچال،چیلر استفاده می‌شود. کنتاکتهای بسته و باز رلهٔ زمانی در مدار فرمان به صورت شکلهای روبرو نشان داده می‌شوند:



کلیدهای تابع دور(کلید گریز از مرکز):

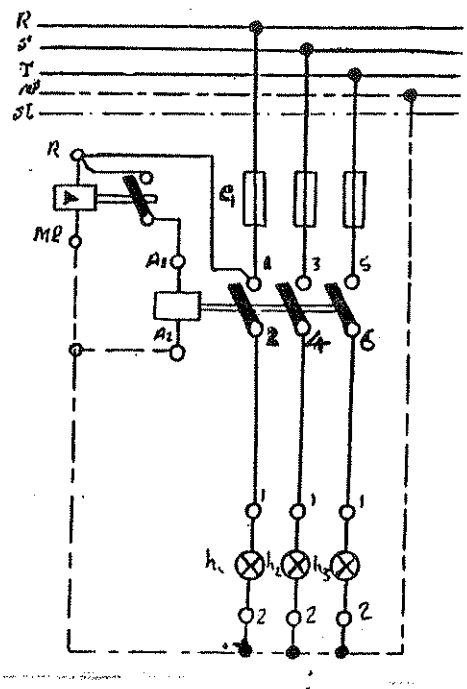
کلیدهای تابع دور در الکتروموتور جهت خارج کردن سیم‌پیچ کمکی از مدار استفاده می‌شود. ساختمان آنها از یک محور و دو وزنه که توسط یک طوق و یک فنر حول محور حرکت می‌کند، با کم و زیاد شدن

سرعت محور موتور یا وسیلهٔ چرخنده،وزنه‌های دوطرف به محور نزدیک می‌شود. و به این ترتیب طـوق روی محور حرکت می‌کند و باعث قطع و وصل کلید می‌شود،شکلهای زیر (a,b,c).



فتوسل:

وسیله‌ای است که نسبت به نور حساس بوده و با برخورد شعاعهای نـوری بـه صفحـهٔ آن بـاعث افزایـش مقاومت اهمی یک مقاومت نوری می‌شود در این حالت مدار را قطع می‌کند. با کـاهش نـور مقـاومت اهمـی مقاومت نوری کم شده و مانند یک هادی عمل می‌کند. در این حالت ولتاژی را به رلهٔ داخل آن رسانده و موجب وصل شدن رله می‌گردد در داخل رله یک کلید باز وجود دارد که با تحریک رله جریـان را از خود عبور داده،درواقع کنتاکت باز بسته می‌شود.از این عملکرد فتوسل می‌توانیم برای روشن خـاموش کردن لامپهای معابر و محوطهٔ مراکز بـزرگ مـانند کارخانجات،مـدارس،بیمارسـتانها و غـیره اسـتفاده کنیـم. امـروزه معمـولاً فتوسـلها را درمسـیر بوبیـن کنتاکتورها قرار داده و ولتاژ تغذیهٔ لامپها را از مدار قدرت کنتاکتور می‌گیرند شکل روبروطریقـهٔ قـرار دادن فتوسل را در مسیر بوبین یک کنتاکتور نشـان می‌دهد.



نکتهٔ مهم:

فتوسلها باید در نقـاطی نصـب شـوند کـه نـور روز مستقیماً به آنها بتابد وتا جایی که امکـان دارد سـایهٔ هیچ وسیله‌ای روی آن نیفتد.

حفاظت از سیستم‌های الکتریکی و اشخاص

تعریف حفاظت الکتریکی:

عبارت است از اقداماتی که باید در تأسیسات الکتریکی به عمل آورد تا اینکه خطرات ناشد از جریان برق باعث صدمه زدن به اشخاص،حیوانات،دستگاهها،موندها و مصرف کننده‌ها و سیم‌های حامل جریان نگردد.

انواع خطاهای ناشی از جریان برق

خطاهای ناشی از جریان برق به سه دستهٔ زیر تقسیم می‌شود که عبارتند از:

۱- اتصال بدنه:

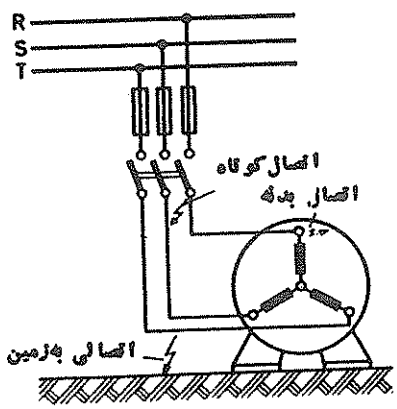
عبارت است ازاتصال یکی از سیم‌های حامل جریان به بدنهٔ فلزی دستگاهها.

۲- اتصال کوتاه:

عبارت است از اتصال دو سیم لخت به یکدیگر که نسبت به هم دارای اختلاف پتانسیل باشند مانند اتصال فاز و نول یا اتصال دو فاز غیر همنام به یکدیگر.

۳- اتصال زمین:

عبارت است از اتصال یکی از سیم‌های حامل جریان به زمین. شکل زیر این سه نوع اتصال را نشان می‌دهد.



۱) حفاظت سیم‌ها و کابلها:

در تأسیسات الکتریکی کلیهٔ سیم‌ها و کابلها باید در مقابل اضافه بار و اتصال کوتاه محافظت شوند. برای حفاظت سیم در برابر اضافه بار می‌توان از کلیدهای حرارتی (بی متال) و یا فیوزهای ذوب شونده(فشنگی) استفاده نمود، همچنین برای حفاظت سیم‌ها درمقابل اتصال کوتاه از فیوزهای مغناطیسی می‌توانیم استفاده کنیم.

به طور کلی برای حفاظت سیم‌ها و کابلها در مقابل اتصال کوتاه و اضافه بار می‌توانیم از کلید فیوزهای مینیاتوری استفاده نمائیم زیرا فیوزهای مینیاتوری چون دارای دو عنصر حرارتی و مغناطیسی هستند می‌توانند مدار را هم در مقابل اتصال کوتاه و هم درمقابل اضافه بار حفاظت نمایند البته توجه داشته باشیم در انتخاب، فیوز باید متناسب با سطح مقطع و جریان مجاز سیم‌ها یا کابل باشد با استفاده از جدول جریان نامی فیوزها با

توجه به سطح مقطع هادیها می‌توانیم با دقت فیوز مناسب را برای هادی انتخاب نمائیم. برای انتخاب صحیح فیوز و یا کلید حرارتی با توجه به جریان مدار سطح مقطع سیم را با استفاده از جدول (الف) پیدا نموده و سپس با مراجعه به جدول(ب) جریان نامی کلیدها و یا فیوزها مشخص می‌شود.

سطح مقطع	گروه ۱		گروه ۲		گروه ۳	
	مس	آلومینیوم	مس	آلومینیوم	مس	آلومینیوم
mm^2	[A]	[A]	[A]	[A]	[A]	[A]
۰/۷۵	—	—	۱۳	—	۱۶	—
۱	۱۲	—	۱۶	—	۲۰	—
۱/۵	—	—	۲۰	—	۲۵	—
۲/۵	۲۱	۱۶	۲۷	۲۱	۳۴	۲۷
۴	۲۷	۲۱	۳۶	۲۹	۴۵	۳۵
۶	۳۵	۲۷	۴۷	۳۷	۵۷	۴۵
۱۰	۴۸	۳۸	۶۵	۵۱	۷۸	۶۱
۱۶	۶۵	۵۱	۸۷	۶۸	۱۰۴	۸۲
۲۵	۸۸	۶۹	۱۱۵	۹۰	۱۳۷	۱۰۷
۳۵	۱۱۰	۸۶	۱۴۳	۱۱۲	۱۶۸	۱۳۲
۵۰	۱۴۰	۱۱۰	۱۷۸	۱۴۰	۲۱۰	۱۶۵
۷۰	—	—	۲۲۰	۱۷۳	۲۶۰	۲۰۵
۹۵	—	—	۲۶۵	۲۱۰	۳۱۰	۲۴۵
۱۲۰	—	—	۳۱۰	۲۴۵	۳۶۵	۲۸۵
۱۵۰	—	—	۳۵۵	۲۸۰	۴۱۵	۳۳۰
۱۸۵	—	—	۴۰۵	۳۲۰	۴۷۵	۳۷۵
۲۴۰	—	—	۴۸۰	۳۸۰	۵۶۰	۴۴۰
۳۰۰	—	—	۵۵۵	۴۳۵	۶۴۵	۵۱۰
۴۰۰	—	—	—	—	۷۷۰	۶۰۵
۵۰۰	—	—	—	—	۸۸۰	۶۹۰

درجدولهای الف و ب طبق قوانینVDE گروههای ۱و۲و۳ در زیر مشخص شده است:

گروه۱: سیم‌های تک رشته تا سه‌سیم در یک لوله سیم‌های رشته‌ای کابل مانند در لوله.

گروه۲: سیم‌های رشته‌ای کابل مانند خارج از لوله،سیم‌های متحرک.

گروه۳: سیم‌های تک‌لا در فضای آزاد(حداقل فاصلهٔ سیم‌ها به اندازهٔ قطر سیم).

مقدار جریان فیوز برای حفاظت در مقابل جریان اضافی در صورتیکه درجهٔ حرارت محیط ۲۵ درجهٔ سانتی گراد باشد.

سطح مقطع سیم		جریان نائمی فیوز حفاظت کننده سیم		
مسی	آلومینیومی	گروه۱	گروه ۲	گروه ۳
mm^2	mm^2	[A]	[A]	[A]
۰/۷۵	——	——	۱۰ (۱۰)	۱۰ (۱۵)
۱	——	۶ (۱۰)	۱۰ (۱۵)	۱۵ (۲۰)
۱/۵	۲/۵	۱۰ (۱۵)	۱۵ (۲۰)	۲۰ (۲۵)
۲/۵	۴	۱۵ (۲۰)	۲۰ (۲۵)	۲۵ (۳۵)
۴	۶	۲۰ (۲۵)	۲۵ (۳۵)	۳۵ (۵۰)
۶	۱۰	۲۵ (۳۵)	۳۵ (۵۰)	۵۰ (۶۰)
۱۰	۱۶	۳۵ (۵۰)	۵۰ (۶۰)	۶۰ (۸۰)
۱۶	۲۵	۵۰ (۶۰)	۶۰ (۸۰)	۸۰ (۱۰۰)
۲۵	۳۵	۶۰ (۸۰)	۸۰ (۱۰۰)	۱۰۰ (۱۲۵)
۳۵	۵۰	۸۰ (۱۰۰)	۱۰۰ (۱۲۵)	۱۲۵ (۱۶۰)
۵۰	——	۱۰۰(۱۲۵)	۱۲۵ (۱۶۰)	۱۶۰ (۲۰۰)
——	۷۰	۱۰۰( )	۱۲۵ (۱۶۰)	۱۶۰ (۲۰۰)
۷۰	——	——	۱۶۰ (۲۲۵)	۲۰۰ (۲۶۰)
——	۹۵	——	۱۶۰ (۲۰۰)	۲۰۰ (۲۲۵)
۹۵	——	——	۲۰۰ (۲۶۰)	۲۲۵ (۳۰۰)
——	۱۲۰	——	۲۲۵ (۳۰۰)	۲۲۵ (۲۶۰)
۱۲۰	——	——	۲۲۵ (۳۰۰)	۲۶۰ (۳۵۰)
——	۱۵۰	——	۲۲۵ (۲۰۰)	۲۶۰ (۳۰۰)
۱۵۰	——	——	۲۶۰ (۳۵۰)	۳۰۰ (۴۳۰)
——	۱۸۵	——	۲۶۰ (۳۰۰)	۳۰۰ (۳۵۰)
۱۰۵	۲۴۰	——	۳۰۰ (۳۵۰)	۳۵۰ (۴۳۰)
۲۴۰	——	——	۳۵۰ (۴۳۰)	۴۳۰ (۵۰۰)
——	۳۰۰	——	۳۵۰ (—)	۴۳۰ (—)
۳۰۰	۴۰۰	——	۴۳۰ (—)	۵۰۰ (—)
۴۰۰	۵۰۰	——	——	۶۰۰ (—)
۵۰۰	——	——	——	۷۰۰ (—)

در مواردی که بایستی از کابل استفاده نمود نیز می‌توان از جداول (a,b) جریان نامی وسیلهٔ حفاظت بار اضافی را بدست آورد. باید توجه نمود که جداول انتخاب فیوز برای محیط با درجه حرارت۲۵ درجهٔسانتیگراد تهیه شده و در صورت بالا بودن درجه حرارت محیط بایستی از فیوزهائی با نمرهٔ کوچکتر استفاده نمود. زیرا در درجه حرارتهای بالاتر جریان مجاز سیم‌ها کم می‌شود در نتیجه بایستی با توجه به جریان

مجاز جدید فیوز انتخاب نمود. جدول(C) درصد مجاز جریان سیم‌های جدول (الف) را در درجه حرارتهای مختلف نشان می‌دهد.

سطح مقطع	۴×۱/۵	۴×۲/۵	۴×۴	۴×۶	۴×۱۰	۴×۱۶	mm^2
NYY NYKY	۲۵	۳۵	۳۵	۶۳	۸۰	۱۰۰	A

(جدول a - ۷ - ۱)

جریان نامی حفاظت‌کننده اضافه‌باریک‌کابل درهوای‌آزاد°۲۰سانتیگراد

سطح مقطع	۴×۱/۵	۴×۲/۵	۴×۴	۴×۶	۴×۱۰	۴×۱۶	mm^2
NYY NYKY	۲۰	۲۵	۳۵	۳۵	۶۳	۸۰	A

(جدول b - ۷ - ۱)

درجه حرارت محیط به سانتی‌گراد	۳۰°	۳۵°	۴۰°	۴۵°	۵۰°	۵۵°
مقدار درصد مجاز جریان سیم‌های جدول (۵ - ۱)	٪۹۲	٪۸۵	٪۷۵	٪۶۵	٪۵۳	٪۳۸

(جدول c - ۷ - ۱)

برای کابل‌های NKBA وNYY می‌توان از جدول (d-۷-۱) استفاده نمود.

درجه حرارت	۵°	۱۰°	۱۵°	۲۰°	۲۵°	۳۰°	۳۵°
٪درصد ضریب جریان مجاز	۱۱۵	۱۱۰	۱۰۵	۱۰۰	۹۴	۸۸	۸۲

معمولاً در محلهای مسکونی مانند منازل برای حفاظت سیم‌های روشنایی از فیوزها ی10 آمپری و برای حفاظت سیم پریزهای تکفاز از فیوز16 آمپری استفاده می‌شود. در سیم‌کشی داخل کانالها که سیم‌ها و کابلها به صورت گروهی کنار یکدیگر قرار می‌گیرند جریان مجاز نسبت به حالت عادی کاهش پیدا می‌کند. مطابق استاندارد اگر سه کابل داخل یک کانال باشند،جریان مجاز آنها 0.8 و اگر شش کابل به صورت گروهی داخل یک کانال باشند،جریان مجاز آنها 0.75 آمپر جریان مجاز اولیه خواهد بود. به عنوان مثال اگر شش رشته سیم نمره 2.5 با جریان مجاز 27 آمپر در داخل یک کانال قرار گیرد جریان مجاز آنها به مقدار زیر کاهش می‌یابد:

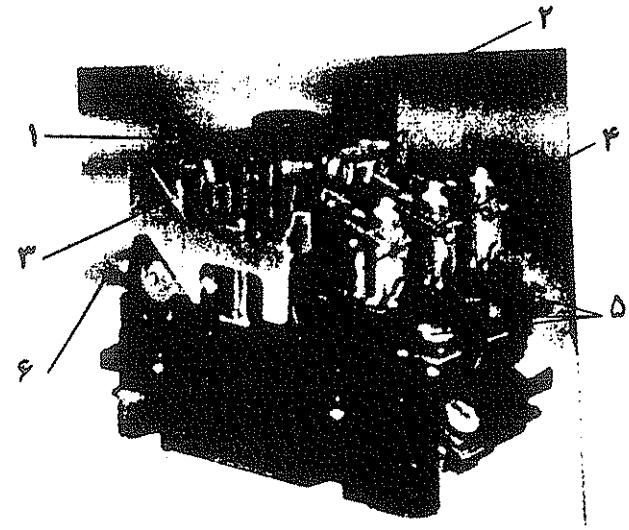
Ie2.5=27A تک رشته

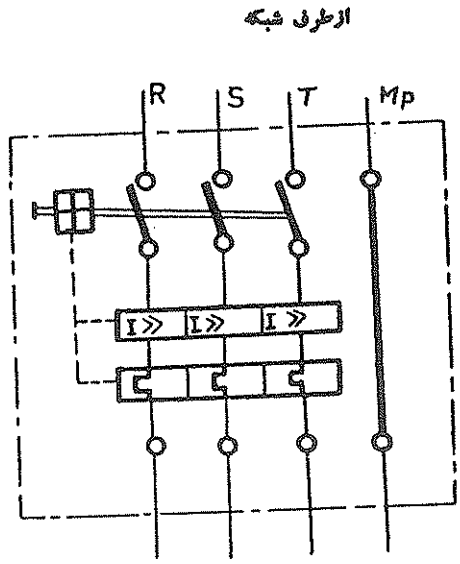
$Ie = 27 \times 0.75 = 20A$ جدید یا شش رشته

۲) حفاظت مصرف کننده‌ها و دستگاههای الکتریکی:

مصرف کننده‌ها و دستگاههای الکتریکی باید در مقابل خطاهای احتمالی از قبیل اتصال کوتاه و اضافه بار حفاظت شوند. در اینجا نیز برای حفاظت دستگاهها و مصرف کننده‌ها در مقابل اضافه بار از رله‌های حرارتی و برای حفاظت در مقابل اتصال کوتاه از فیوزهای ذوب شونده یا مغناطیسی استفاده می‌شود برای مصرف کننده‌ها و دستگاههای برقی خانگی از کلید فیوزهای مینیاتوری استفاده می کنند و به این وسیله هم در مقابل اضافه بار و هم درمقابل اتصال کوتاه آنها را حفاظت می‌نمایند. در مورد الکتروموتورها و خصوصاً الکتروموتورهای سه‌فاز برای حفاظت در مقابل اتصال کوتاه از فیوزهای فشنگی و برای حفظت در مقابل اضافه‌بار از رله‌های حرارتی که شکل آن در زیر داده شده است استفاده می‌شود. بهتر است همیشه الکتروموتورهای سه‌فاز به وسیلهٔ مدارهای کنتاکتوری راه‌اندازی شوند تا در صورت قطع یکی از فازها به وسیلهٔ رلهٔ حرارتی دوفاز دیگر نیز قطع شوند تا موتور به صورت دوفاز کار نکرده و موجب سوختن آن نشود.

۱- دکمه قطع ۲- دکمه وصل
۳- قطع‌کننده حرارتی ۴- قطع‌کننده مغناطیسی
۵- کنتاکتهای ورودی ۶- کنتاکتهای خروجی





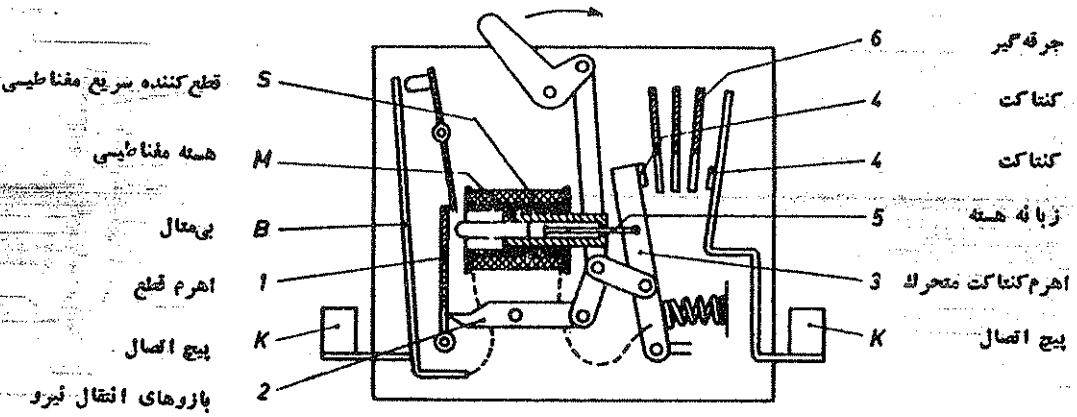
(شمای فنی کلید حفاظت موتور)

۱- دکمهٔ قطع ۲- دکمهٔ وصل ۳- قطع کنندهٔ حرارتی ٤- قطع کنندهٔ مغناطیسی ٥- کنتاکتهای ورودی ٦- کنتاکتهای خروجی.

کلید موتور:

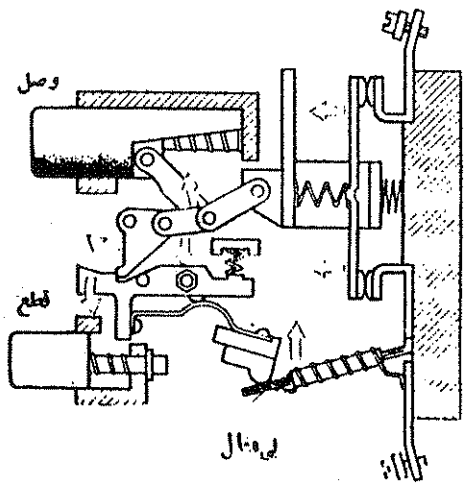
این کلیدها برای موتورهای روتور قفسه‌ای با جریان نامی تا 100 آمپر،بایستی تحمل تا هشت برابر جریان نامی را داشته باشند،بدون آنکه کنتاکتهای آنها ذوب شده یا صدمه‌ای ببینند. قسمت حفاظت کنندهٔ حرارتی این کلیدها که موتور را در مقابل اضافه بار حفاظت می کند قابل تنظیم بوده و می‌توانند در مقابل اضافه باری از 1.05 تا 10 برابر جریان نامی موتور قطع نماید. اخیراً از حفاظت کننده‌های حرارتی نیمه‌هادی نیز استفاده می‌شود که بخاطر بالا بودن هزینه در موتورهای بالای (10KW) استفاده می گردد. استفاده از

کلید حفاظت موتور برای کلیهٔ موتورهای دائم کار،خودکار و یا آنهائی که از دور فرمان می‌گیرند و یا مستقیماً به پریز وصل می‌شوند ضروری است.



نمونه‌ای ازساختمان وطریقه عمل قطع‌کننده سریع و بی‌متالی در یک کلید محافظ

در بعضی موارد از یک نوع کلید حفاظتی استفاده می‌شود که فقط دارای قطع کنندهٔ حرارتی بوده و موتور را در مقابل بار اضافی حفاظت می‌کند.(شکل زیر) در این صورت جهت حفاظت موتور در مقابل اتصال کوتاه بایستی از فیوز استفاده نمود.(جدول زیر)



کلید حفاظت موتور با قطع‌کننده حرارتی

جریان نامی فیوز برای کلید حفاظت موتوری بدون قطع‌کننده سریع

قطع کننده حرارتی	بالاترین مقدار برای فیوز	
	تندکار	کندکار
[A]	[A]	[A]
۰/۳ تا ۰/۲	۲	—
۰/۶ تا ۰/۳	۲	—
۱ تا ۰/۶	۴	—
۱/۶ تا ۱	۶	—
۲/۵ تا ۱/۶	۱۰	۶
۴ تا ۲/۵	۲۰	۱۰
۶ تا ۴	۲۵	۱۰
۱۰ تا ۶	۲۵	۱۶
۱۶ تا ۱۰	۵۰	۲۵

در صورتی که برای حفاظت موتور فقط از فیوز استفاده شود می‌توان از جدول زیر فیوز مناسب را بـر مبنـای جریان نامی موتور بدست آورد.

جدول انتخاب فیوز کندکار برای موتورهائی‌که مستقیماً به‌شبکه وصل می‌شوند

قدرت نامی موتور			ولتاژ ۲۲۰ ولت			ولتاژ ۳۸۰ ولت		
			جریان نامی‌موتور	جریان نامی‌فیوز در اتصال		جریان نامی‌موتور	جریان نامی‌فیوز در اتصال	
				Y	Δ		Y	Δ
KW	PS	cosφ	[A]	[A]	[A]	[A]	[A]	[A]
۰/۲	۰/۳	۰/۶۹	۱/۳	۴	۲	۰/۷	۲	۲
۰/۳۳	۰/۴۵	۰/۷۱	۱/۹	۴	۲	۱/۱	۲	۲
۰/۵	۰/۷	۰/۷۵	۲/۵	۴	۴	۱/۴	۲	۲
۰/۸	۱/۱	۰/۷۸	۳/۷	۶	۴	۲/۱	۴	۴
۱/۱	۱/۵	۰/۸۳	۴/۴	۶	۶	۲/۶	۴	۴
۱/۵	۲/۰	۰/۸۳	۶/۰	۱۰	۶	۳/۵	۶	۴
۲/۲	۳/۰	۰/۸۳	۸/۷	۱۶	۱۰	۵/۰	۱۰	۶
۳/۰	۴/۰	۰/۸۴	۱۱/۵	۲۰	۱۶	۶/۶	۱۰	۱۰
۴/۰	۵/۵	۰/۸۵	۱۴/۵	۲۵	۲۰	۸/۵	۱۶	۱۰
۵/۵	۷/۵	۰/۸۵	۲۰	۳۵	۲۵	۱۱/۵	۲۰	۱۶
۷/۵	۱۰	۰/۸۵	۲۷	۳۵	۳۰	۱۵/۵	۲۵	۲۰
۱۱	۱۵	۰/۸۶	۳۹	۶۳	۵۰	۲۲	۳۵	۲۵
۱۵	۲۰	۰/۸۷	۵۲	۸۰	۶۳	۳۰	۵۰	۳۵
۲۲	۳۰	۰/۸۸	۷۵	۱۰۰	۸۰	۴۴	۶۳	۵۰
۳۰	۴۰	۰/۸۸	۱۰۳	۱۰۰	۱۰۰	۶۰	۸۰	۶۳
۴۰	۵۵	۰/۸۸	۱۳۶	۱۶۰	۱۶۰	۷۹	۱۰۰	۸۰

در مورد موتورهائیکه به صورت ستاره-مثلث راه‌اندازی می‌شـوند،اجـزای حفـاظت کننـده روی کلیـد حفاظت موتور،جریان سیم‌پیچهای موتور را کنترل می‌کنند. این جریان 0.58 جریان نامی موتور می‌باشد کـه با تنظیم آن روی کلید موتور در موقع راه‌اندازی نیز حفاظت می‌شود. دراین طریقه حفـاظت اشـکالی وجـود دارد که وقتی کلید حفاظت موتور مدار را قطع کند سرهای Z,Y,X موتور هنوز به شبکه وصـل اسـت و اگـر کسی بخواهد کلید حفاظت را وصل نماید ممکن است توجه نکند که موتور در حالت مثلث می‌باشد و با وصل کلید، موتور صدمه ببیند برای جلوگیری از این اشکال کلیدهای ستاره مثلثی همراه با کلیـد حفـاظت موتـور ساخته شده که همزمان در صورت قطع رله،کلید را به صفر می‌برد و امکان وصل موتور در حالت مثلث از بین می‌رود.

۳) حفاظت اشخاص:

یکی از مهمترین نکاتی که باید در قسمت حفاظت الکتریکی به آن توجه شود مسئلهٔ برق گرفتگی انسان است در صورت اتصال یک سیم به بدنهٔ هادی دستگاه،اختلاف پتانسیل بین بدنه و زمین به وجود می‌آید. حال اگر شخصی بدنهٔ دستگاه را لمس کند بین محل تماس بدن این شخص و زمین ولتاژی به وجود می‌آید که چنانچه مقدار آن از 65 ولت بیشتر شود برای او خطرناک خواهد بود،زیرا معمولاً مقاومت بدن انسان بین 1300 اهم الی 3000 اهم می‌باشد و عبور جریان بیش از 50 میلی‌آمپر از بدن انسان خطر مرگ دربر دارد،در نتیجه می‌توان ولتاژی را که برای انسان خطرناک است محاسبه کرد:

RM=مقاومت بدن انسان

IM=0.05A جریان خطرناک برای انسان

UB=ولتاژ خطرناک برای انسان

$UB = RM.IM = 1300 \times 0.05 = 65V$

$UB = RM.IM = 3000 \times 0.05 = 150V$

حال با توجه به مطالب فوق به شرح سیستم‌هایی که انسان را در مقابل ولتاژهای بیش از 65 ولت محافظت می‌کند می‌پردازیم،به طور کلی این سیستم‌ها عبارتنداز:

الف- حفاظت به وسیلهٔ زمین یا سیستم ارت(SL) (PE).

ب- حفاظت به وسیلهٔ سیم نول (MP).

ج- حفاظت به وسیلهٔ کلید خطای جریان (FI).

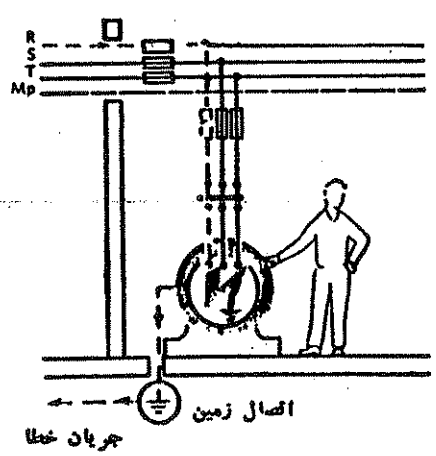
د- حفاظت به وسیلهٔ عایق کردن.

ه- حفاظت به وسیلهٔ ولتاژ کم.

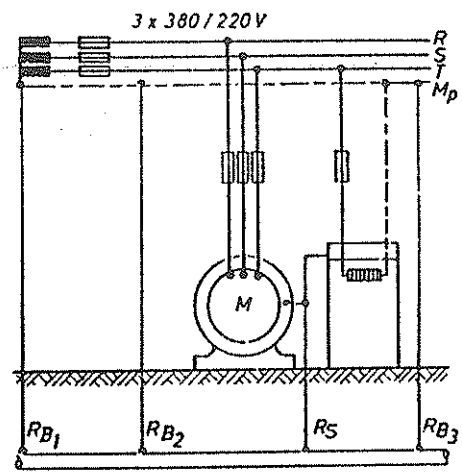
و- حفاظت به وسیلهٔ ترانسفورماتور ایزوله یا (یک به یک).

الف- حفاظت به وسیلهٔ سیم زمین یا سیستم ارت(SL):

حفاظت توسط زمین،نوعی از حفاظت است که در آن قسمتهای هادی دستگاه که به شبکهٔ تغذیهٔ دستگاه ارتباط الکتریکی ندارند به وسیلهٔ سیم به زمین وصل می‌شوند تا موقعی که اتصال بدنه در دستگاه وجود نداشته باشد قسمتهای حفاظت شده با زمین هم ولتاژ بوده یا هستند. اگر اتصال بدنه در دستگاه به وجود آید جریان از بدنه و دستگاه و سیم زمین به زمین جاری می‌شود و از طریق زمین مجدداً به صفر اتصال ستارهٔ ترانسفورماتور شبکه وصل می‌شود و سیم نول نیز در شبکه‌های الکتریکی از نقطهٔ صفر اتصال ستارهٔ ترانسفرماتورهای شبکه گرفته می‌شود. پس در این حالت،فازی که به بدنه اتصال کرده است و از طریق سیم زمین به زمین وصل شده است مانند آن است که با نول اتصال کوتاه کرده باشد،در نتیجه در کوتاهترین زمان،زمان فیوز فازی که به بدنهٔ دستگاه وصل شده است عمل کرده و موجب قطع آن فاز و از بین رفتن اتصال بدنه می‌شود. شکل روبرو طریقهٔ استفاده از سیستم حفاظت زمین را برای مصرف کننده نشان می‌دهد:



برای ایجاد سیم زمین از روشهای مختلفی استفاده می‌شود. در منازل و ساختمانهای کوچک سیم زمین را می‌توانیم از لولهٔ شبکهٔ آب و یا غلاف فلزی کابلهای شبکهٔ زیرزمینی برق گرفته و به وسیلهٔ یک رشته سیم مسی نمرهٔ (٤) وارد تابلوی توزیع برق کنیم توجه داشته باشیم که برای وصل سیم زمین به لولهٔ آب و یا غلاف فلزی کابل باید محل اتصال را به وسیلهٔ بستهای فلزی کاملاً محکم کرده و آنرا قلع‌اندود نمود. همچنین سطح تماس سیم با لوله یا غلاف کابل باید به اندازهٔ کافی باشد. به عبارت دیگر بهتر است سیم را لخت کرده چند چند دور به دور لوله یا غلاف پیچیده سپس آنرا به وسیلهٔبست فلزی یا لحیم‌کاری محکم اتصال دهیم. زیرا اتصال ضعیف و سطح تماس کم سیم زمین با لوله یا غلاف موجب پیدا شدن مقاومت بین زمین و سیم ارت می‌شود. در تأسیسات بزرگ مانند کارخانجات و کارگاههای صنعتی و آپارتمانها برای ایجاد سیم زمین و سیم ارت استفاده می‌شود. چاه ارت را به سه روش ۱- نوارفلزی۲- لوله۳- صفحهٔ فلزی ایجاد می‌کنند.



۱- نوع نواری:

در نوع نواری از تسمه‌های فولادی قلع‌اندود با ضخامت 3 میلی‌متر با سطح مقطع 100 میلی متر مربع و یا از سیم فولادی به هم تابیدهٔ قلع‌اندود شده که حداقل قطر هر کدام از رشته‌ها 2.5 میلی‌متر و سطح مقطع کل 95 میلی‌متر مربع و ضخامت آن 2 میلیمتر و اگر سیم مسی تابیده شده باشد باید دارای حداقل سطح مقطع 85 میلی‌متر مربع باشد. این تسمه باید در عمق یک متری سطح زمین قرار گیرد و هر اندازه طول آن بیشتر باشد به همان نسبت مقاومت محدود زمین نیز کاهش می‌یابد. مقاومت محدود زمین برای تسمه‌های فلزی از رابطهٔزیر بدست می‌آید:

$$RE = \frac{2.1 \times P}{L}$$

RE=مقاومت محدود زمین

P=مقاومت مخصوص زمین

2.1=عدد ثابت برای تسمه‌های فلزی

L=طول تسمه

که در این رابطه P مقاومت مخصوص زمین بر حسب Ω.m بوده و برای محلهای مختلف به شرح زیر است:

زمین‌های مردابی	$P = 30\Omega.m$
زمین‌های زراعی	$P = 100\Omega.m$
ماسهٔ مرطوب	$P = 200\Omega.m$
سنگریزهٔ مرطوب	$P = 500\Omega.m$
ماسه و سنگریزهٔ خشک	$P = 1000\Omega.m$
زمین سنگلاخ	$P = 3000\Omega.m$
یخره	$P = 10000\Omega.m$

مثال) مطلوبست محاسبهٔ طول یک تسمه برای ایجاد سیم ارت در صورتی که مقاومت محدود زمین حداکثر 3.5 اهم و زمین زراعی می‌باشد.

$PE = 3.5\Omega$

$P = 100\Omega.m$

$L = ?$

$$L = \frac{2.1 \times P}{RE} = \frac{2.1 \times 100}{3.5} = \frac{210}{3.5} = 60m$$

طول تسمه $L = 60m$

در این مثال با توجه به اینکه طول تسمه بسیار زیاد است می‌توان آن را به شکل غربالی یا حلقوی داخل زمین قرار داد.

۲- نوع میله‌ای:

برای ایجاد سیستم ارت از لوله‌هایی به قطر 1 تا 2 اینچ و به طول 1 تا 6 متر یا لوله‌های پروفیل قلع‌اندود شده استفاده می‌شود. معمولاً این لوله‌ها به صورت عمودی در زمین قرار می‌گیرند. در مواردی که طول زیاد باشد آنها را به تکه‌های کوتاهتر تقسیم نموده وبه صورت موازی به یکدیگر وصل می‌کنند. توجه داشته باشیم که در این صورت حداقل فاصلهٔ لوله‌ها از یکدیگر به اندازهٔ طول یک لوله باشد. در این روش مقاومت محدودهٔ زمین از رابطهٔ زیر بدست می‌آید:

$$RE = \frac{0.9 \times P}{L}$$

مثال) مطلوبست طول لوله‌ای که باید در یک زمین مردابی با مقاومت محدودهٔ زمین 10Ω قرار داده شود؟

$RE = 10\Omega$

$P = 30\Omega.m$

$L = ?$

$$L = \frac{0.9 \times 30}{RE} = \frac{0.9 \times 30}{10} = \frac{27}{10} = 2.7$$

طول لوله

۳- نوع صفحه‌ای:

در این روش از یک صفحهٔ آهنی قلع اندود شده که سطح آن حداقل نیم متر مربع و ضخامت آن حداقل یک متر باشد استفاده می‌شود مقاومت محدودهٔ زمین در اطراف یک صفحهٔ مربع شکل از رابطهٔ زیر بدست می‌آید:

$$RE = \frac{0.25 \times \rho}{L}$$

مثال) مطلوبست محاسبهٔ ابعاد صفحه‌ای که برای محافظت زمین (SL) استفاده می‌شود در صورتی که مقاومت محدودهٔ زمین 12.5 و زمین زراعی باشد:

$RE = 12.5\Omega$

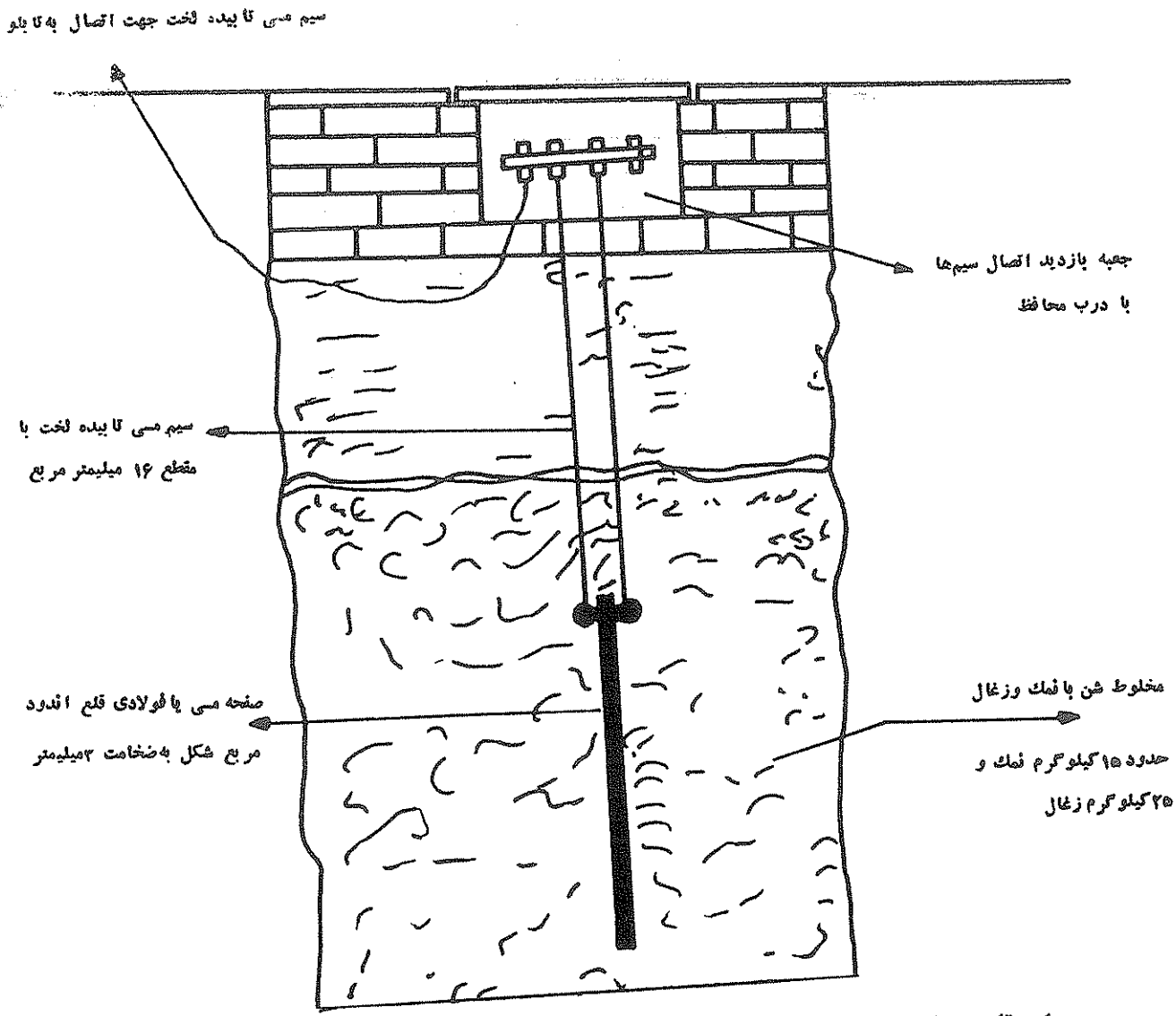
$P = 100\Omega.m$

$L = ?$

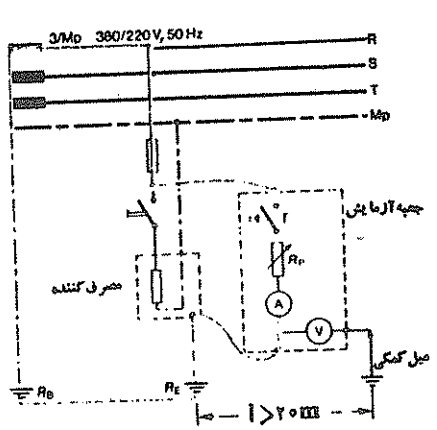
$$L = \frac{0.25 \times P}{RE} = \frac{0.25 \times 100}{12.5} = \frac{25}{12.5} = 2m$$

از یک صفحه که ابعاد آن ۲در۲ متر باشد استفاده می‌کنیم.

به طور کلی برای ایجاد یک چاه ارت باید مطابق شکل زیر اطراف میله یا صفحه یا لوله را به وسیلهٔ مخلوطی از شن و ماسه،زغال و نمک پر نموده و با استفاده از یک کابل مسی نمرهٔ 16 میلی‌مترلخت ارتباط بین صفحه یا لوله یا میله و جعبه تقسیم داخل چاه ارت را برقرار نمائیم سپس از جعبه تقسیم یک کابل مسی افشان نمرهٔ 4یا 6 ارتباط بین جعبه تقسیم روی چاه و تابلوی توزیع برق را برقرار نمائیم.



محل مقاومت زمین بایستی هر چند ماه یکبار مورد بازرسی قرار گرفته و مقاومت زمین اندازه‌گیری شود تا در صورت افزایش مقاومت از حد مجاز (مثلاً کم شدن رطوبت خاک) تدابیر لازم اتخاذ گردد. مقاومت زمین را می‌توان توسط دستگاه مخصوص سنجش مقاومت زمین و یا به روش‌های مختلف دیگر اندازه گرفت. یکی از ساده‌ترین این روشها که خطای اندازه‌گیری نیز در آن کم است،اندازه‌گیری توسط ولت‌متر و آمپرمتر با کمک ولتاژ شبکه می‌باشد. در این روش برای اندازه‌گیری مقاومت زمین مطابق شکل روبرو یکی از

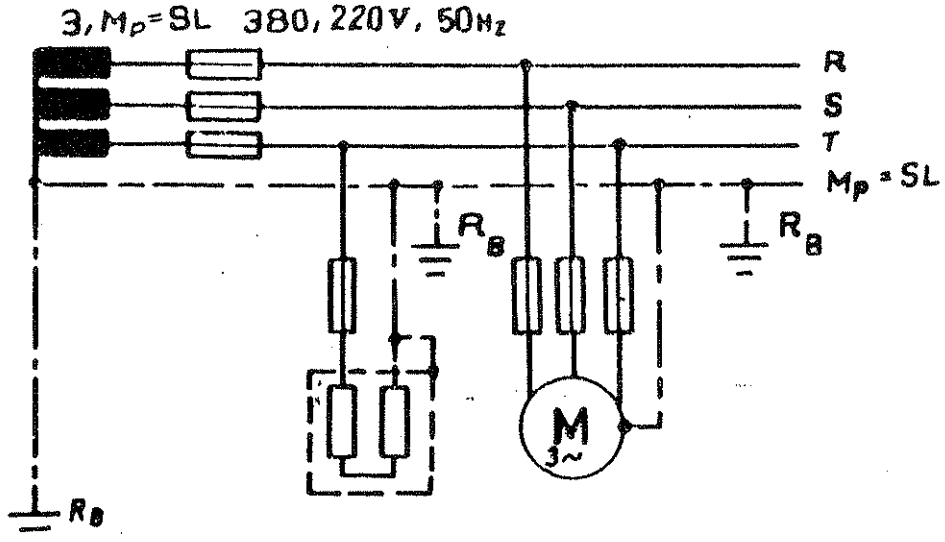


فازهای شبکه توسط شستی T و یک مقاومت قابل تنظیم Rp (حدود ۳۰ اهم) و یک آمپرمتر (رنج بیشتر از ده آمپر) به سیم زمین مورد نظر وصل می‌شود. یک ولت‌متر نیز با مقاومت داخلی زیاد، ما بین سیم زمین اصلی و یک میل زمین کمکی وصل می‌شود. میل زمین کمکی باید حداقل در فاصلهٔ ۲۰ متری از صفحهٔ زمین اصلی در زمین فرو رود.

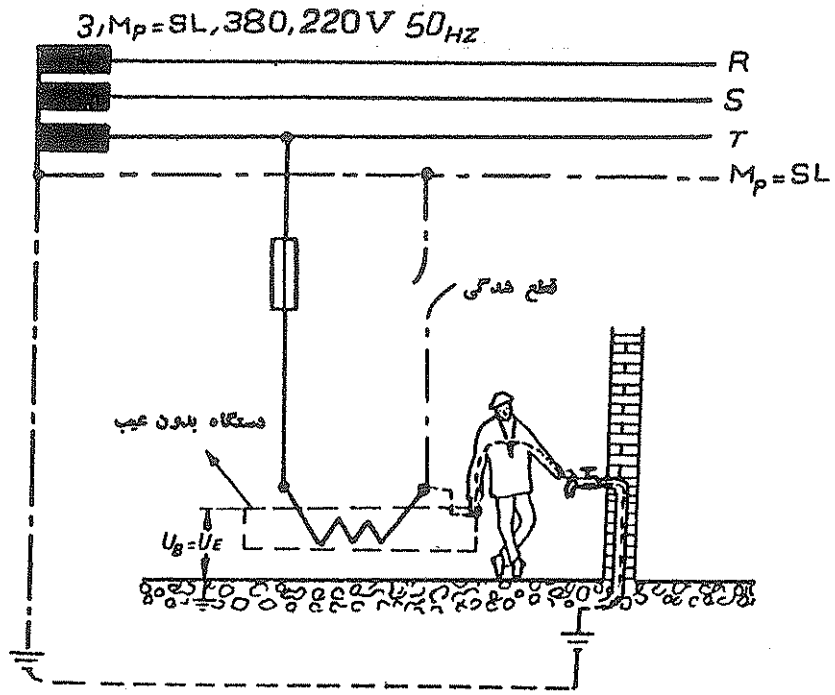
در اندازه‌گیری باید توجه داشت که سیم زمین قطع نباشد چون در صورت قطع بودن سیم زمین احتمال خطر برای اشخاص در اثر تماس با وسایل اندازه‌گیری و یا با میل کمکی وجود خواهد داشت. پس از اطمینان از وصل بودن سیم زمین ابتدا مقاومت متغییر را درماکزیمم مقدار قرار داده و سپس با فشار روی شستی T جریان I از آمپرمتر و اتصال زمین در مسیر نشان داده شده در شکل عبور نموده و ولت‌متر مقدار ولتاژ U را نشان خواهد داد که با خواندن آنها و استفاده از رابطهٔ $R_E = \frac{U}{I}$ می‌توان مقدار مقاومت زمین را بدست آورد در صورت کم بودن مقدار جریان و ولتاژ می‌توان توان متغییر را تغییر داده و انحراف عقربهٔ ولت‌متر و آمپرمتر را بیشتر نموده و بدین ترتیب خطای اندازه‌گیری را کاهش داد.

ب- حفاظت به وسیلهٔ سیم نول:

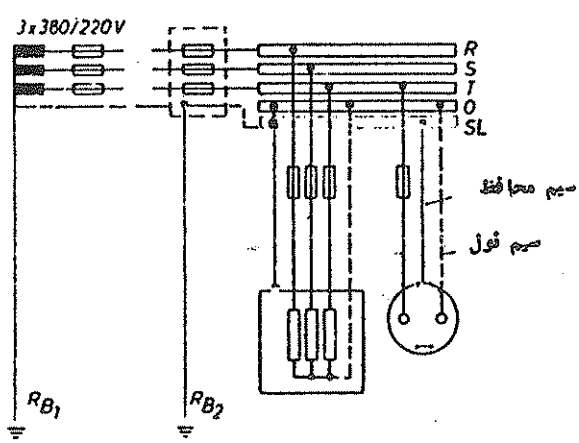
در این سیستم به جای سیم ارت از سیم نول (MP) شبکه استفاده می‌شود که در این حالت سیم نول به پیچ اتصال بدنهٔ دستگاه متصل می‌شود و در صورتی که سیم فاز باید به دستگاه اتصال پیدا کند بین فاز و نول اتصال کوتاه ایجاد شده و در زمان کوتاهی فاز اتصالی قطع می‌شود عیب این سیستم این است که اگر به دلایلی سیم نول قطع گردد فاز برگشتی از سیم نول به بدنهٔ دستگاه وصل شده و اگر شخصی به دستگاه و زمین ارتباط پیدا کند دچار برق گرفتگی شدید می‌شود. برای رفع این عیب می‌توانیم سیم نولی را که برای حفاظت از آن استفاده می‌کنیم جدا از سیم نول مصرف کننده‌ها انتخاب کنیم و به طور مستقیم از پای کنتور یا تابلوی اصلی آن را به پیچ حفاظت پریزها وصل نمائیم و تا حد امکان نباید برای هیچ مصرف کننده‌ای از این سیم نول استفاده کنیم. شکل زیر حفاظت یک موتور سه‌فاز را به وسیلهٔ‌سیم نول نشان می‌دهد:



در این سیستم اگر سیم صفر به عللی قطع شود حتی اگر مصرف کننده نیز اتصال بدنه نداشته باشد باز اختلاف پتانسیل تماس برابر با اختلاف پتانسیل بین فاز شبکه و زمین (U_E) در دستگاه ایجاد می‌شود.(شکل زیر) بطوریکه اگر شخص دستگاه را لمس نموده و در همان حال نیز به هادی دیگری که به زمین وصل است (مانند شیر آب) دست بزند جریان خطرناکی از بدن او عبور می کند:



برای حفاظت مطمئن‌تر بهتر است که حفاظت نول (M_P) توسط یک سیم جداگانه (جدا از M_P) انجام پذیرد. برای این کار سیم نول (M_P) در تابلوی اصلی دو قسمت شده و توسط دو سیم مجزا یکی به عنوان سیم نول(M_P) و دیگری به عنوان سیم محافظ تا مصرف کننده کشیده می‌شود(شکل زیر). در این صورت اگر فقط یک قطع شدگی در سیم محافظ پیش آید اختلاف پتانسیل تماس وجود نخواهد داشت اما اگر پس از قطع شدن سیم محافظ اتصال بدنه نیز بشود در اینصورت اختلاف پتانسیل تماس وجود داشته و باعث ایجاد خطر خواهد شد.



برای کم نمودن احتمال قطع شدن سیم حفاظت در مواردی که سطح مقطع آن از ۱۰ میلیمتر مربع کمتر باشد می‌توان از سیم‌های مخصوص که دارای استقامت مکانیکی بیشتری باشند استفاده نمود. در شبکه‌ای که دارای یک مصرف کننده با حفاظت توسط سیم زمین و یک سری مصرف کننده‌های دیگر با حفاظت توسط سیم نول باشد در صورتیکه در مصرف کنندهٔ اول (حفاظت شده توسط سیم زمین) یک اتصال بدنه پیش آید در همان لحظه در مصرف کننده‌های دیگر (حفاظت شده توسط سیم نول) نیز یک اختلاف پتانسیل بین بدنه و زمین به وجود خواهد آمد که می‌تواند باعث خطر شود(شکل زیر).

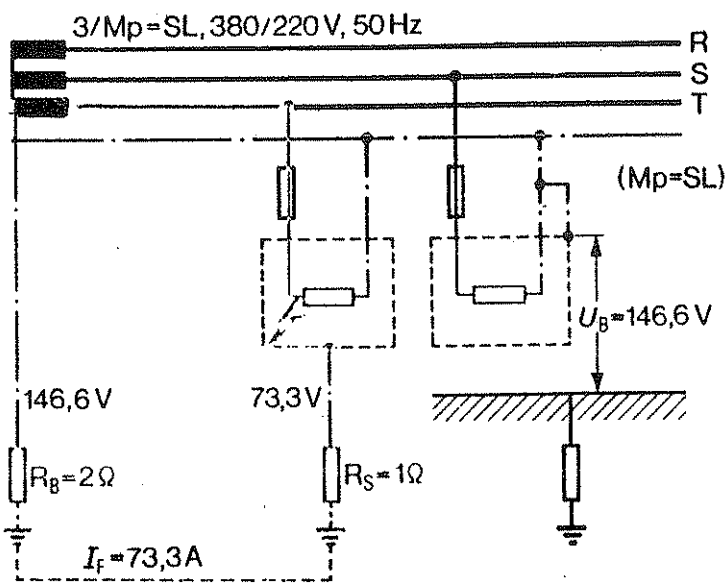
برای درک بیشتر با توجه به شکل اگر برای مصرف کننده‌ای که با سیم زمین حفاظت شده اتصال بدنه پیش آید در این صورت جریانی برابر با:

$$I_F = \frac{U_E}{R_S + R_E} = \frac{220V}{1\Omega + 2\Omega} = 73.3A$$

از زمین عبور می‌کند اختلاف سطح روی مقاومت R_B برابر خواهد بود با:

$$U_B = I_F \times R_B = 73.3A \times 2\Omega = 146.6V$$

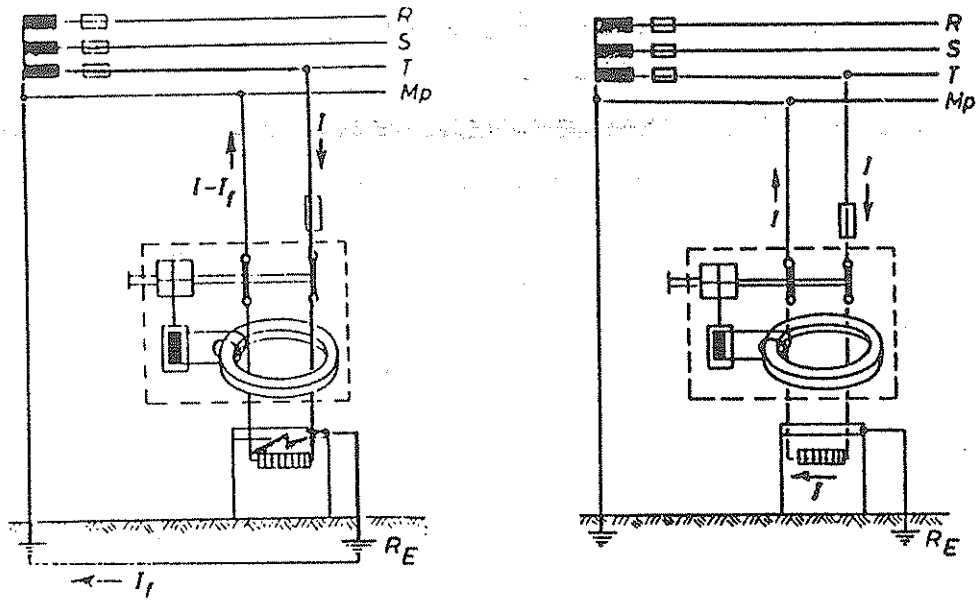
این ولتاژ(146.6V) در روی تمام مصرف کننده‌های دیگر نیز بین بدنهٔ هادی آنها و زمین بوجود خواهد آمد.



ج- حفاظت به وسیلهٔ کلید خطای جریان(FI):

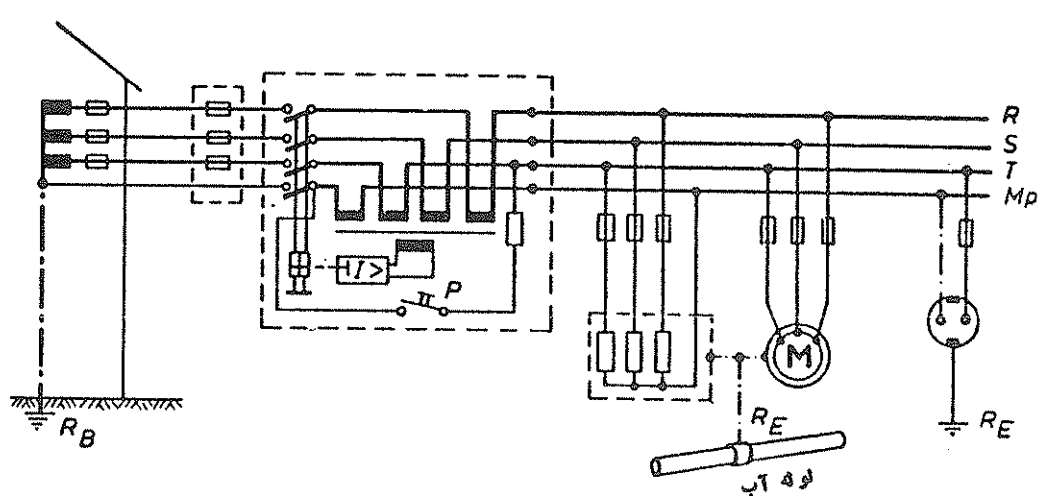
این دستگاه از یک محفظه که در داخل آن یک کلید مغناطیسی و یک مبدل جریان قرار دارد تشکیل شده است. کار این کلید این است که در شرایط عادی جریان را به راحتی از خود عبور داده وچون تعادل بین سیم‌پیچهای داخلی آن وجود دارد عکس‌العمل از خود نشان نمی‌دهد اما به محض اینکه اتصال کوتاه در مدار به وجود آید و یا این که شخص دراثر تماس با سیم فاز و زمین باعث جاری شدن جریان به زمین گردد

از ثانویهٔ ترانسفورماتور داخل کلید جریانی عبور کرده و باعث می‌شود در کوتاهترین زمان ولتاژ خطرناک را قطع نموده واز برق گرفتگی جلوگیری نماید.

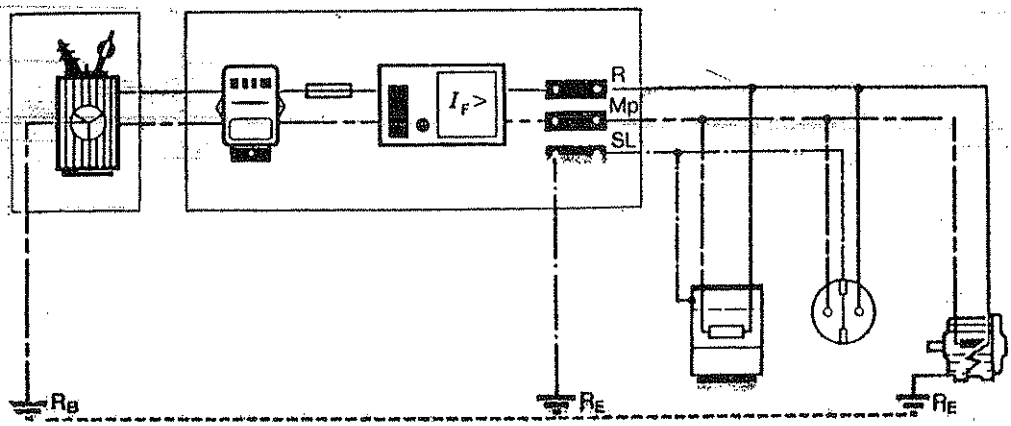


مزایای کلید (FI):

این کلید ولتاژهای تماس خطرناک را در زمان 0.2 ثانیه قطع می‌کند. در صورتی که سیستم حفاظت نول و زمین این زمان بسیار طولانی‌تر است.نصب و سیم‌کشی FI بسیار ساده‌تر و از نظر اقتصادی به صرفه‌تر می‌باشد. کلیدهای FI در انواع سه‌فاز و تکفاز در دسترس می‌باشند. نوع سه‌فاز دارای چهار ترمینال ورودی برای سه‌فاز و نول و چهار ترمینال خروجی برای سه‌فاز و نول می‌باشد. هر کلیدFI دارای یک شستی امتحان می باشد که با علامت P بر روی آن مشخص شده است و به وسیله‌آن می‌توانیم از سالم بودن کلید اطمینان حاصل نمائیم شکل زیر شمای اتصال یک کلیدFI را برای یک تأسیسات سه‌فاز ۳۸۰/۲۲۰ ولت مشان می‌دهد سیم‌های ورودی و خروجی و سیم نول(MP) به ترمینال‌های کلیدFI وصل می‌شوند.

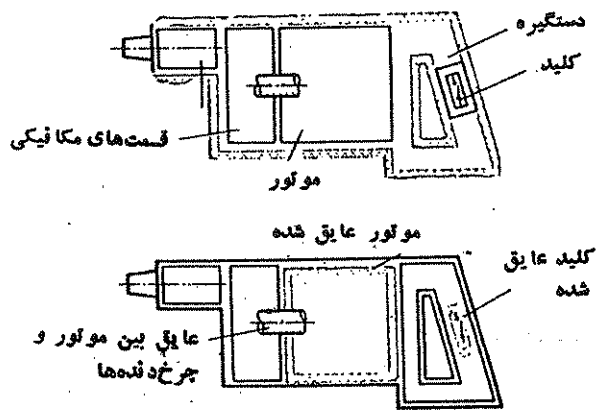


کلید حفاظتی FI یک فاز دارای ترمینالها و سیم‌پیچهای اولیهٔ کمتری می‌باشد که در شکل زیر نشان داده شده است:



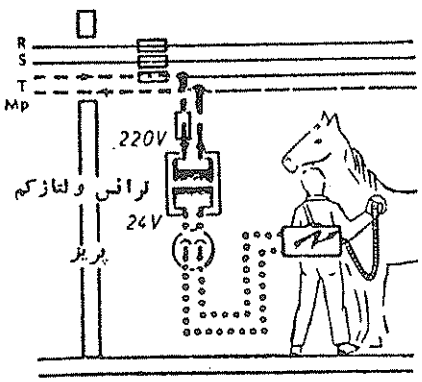
د- حفاظت به وسیلهٔ عایق کردن:

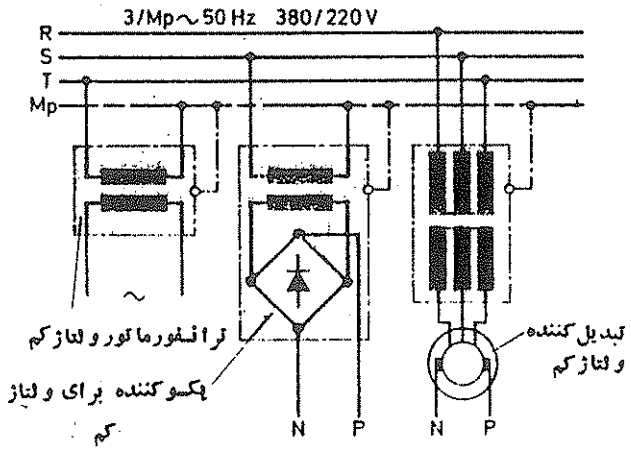
در این نوع حفاظت تمام قسمتهای در دسترس مصرف کننده که در صورت اتصال بدنه می‌توانند نسبت به زمین ولتاژ داشته و خطرناک باشند عایق می‌نمایند. برای این کار تمام بدنهٔ دستگاه را عایق نموده جسم عایقی که برای این منظور به کار برده می‌شود باید بسیار مقاوم بوده و فرسوده نشود دستگاههایی که به وسیلهٔ سیستم عایق کردن حفاظت می‌شوند مانند سیم زمین می‌باشند مانند:لوازم خانگی متحرک از قبیل جارو برقی،ریش تراش،آبمیوه‌گیری،چرخ گوشت و ماشین لباسشوئی و غیره...،همچنین می‌توان با عایق کردن اطراف محل قرار گرفتن دستگاهها مانند کف زمین و دیوار نیز اشخاص را در برابر برق گرفتگی حفاظت نمود. البته برای دستگاههایی که در یک مکان ثابت نصب شده‌اند این نوع حفاظت دارای علامت مشخصهٔ می‌باشد □ در شکل زیر این نوع حفاظت دیده می‌شود.



ه- حفاظت به وسیلهٔ ولتاژ کم:

در این سیستم از ولتاژهای کمتر از ٤٢ ولت برای حفاظت استفاده می‌شود. برای این منظور از ترانسفورماتورهای کاهنده که بین سیم‌پیچ اولیه و ثانویهٔ آنها هیچ گونه ارتباط الکتریکی وجود ندارد و فقط از طریق القای مغناطیسی کار می‌کنند استفاده می‌شود. دستگاههایی که با این سیستم حفاظت می‌شوند نیاز به سیم ارت ندارند در این روش معمولاً از ترانسفورماتورهای ۲۲۰ ولت به ٢٤ ولت استفاده می‌شود. کاربرد این سیستم در محل نگهداری حیوانات و احشام می‌باشد و ولتاژ ٢٤ ولت هیچ گونه خطری برای آنها ندارد. بنابراین کلیهٔ لامپها و وسایلی که در این مکانها مورد استفاده قرار می‌گیرند و با انرژی الکتریکی کار می‌کنند باید دارای ولتاژ نامی ٢٤ ولت باشند. دراین صورت اگر سیم‌های رابط و پریزها توسط حیوانات جویده شود و یا اینکه به وسیلهٔ سم یا پنجهٔ حیوان پاره و یا زخمی گردد خطر برق گرفتگی متوجه حیوان نمی‌شود. همچنین از این نوع حفاظت می‌توان برای لامپهای دستی در محلهای تنگ و اتاقکهای فلزی و همچنین اسباب بازیهایی که به وسیلهٔ موتورهای الکتریکی کار می‌کنند استفاده کرد. توجه داشته باشیم که دو شاخهٔ دستگاههای مورد استفاده در این مکانها و پریزهای آنها باید با دوشاخه و پریز ۲۲۰ ولت فرق داشته باشد تا در صورت وصل اشتباهی این دستگاهها به برق ۲۲۰ ولت خطری متوجه آنها نگردد در شکل زیر این نوع حفاظت دیده می‌شود:

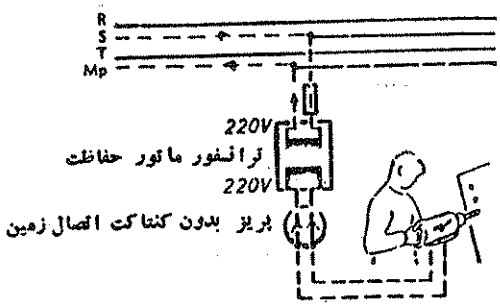




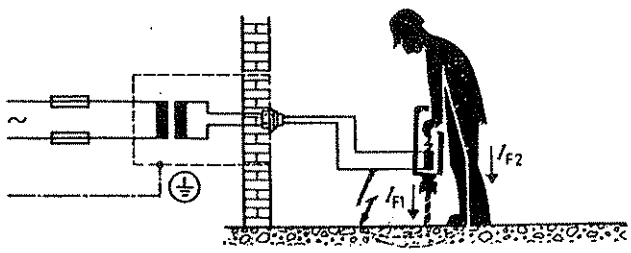
و- حفاظت توسط ترانسفورماتور یک به یک یا ایزوله:

در این طریقه نیز مشابه حفاظت به وسیلهٔ ولتاژ کم از یک ترانسفورماتور استفاده می‌شود که ولتاژ ورودی و خروجی آن با یکدیگر برابر است. یعنی در شبکهٔ ۲۲۰ ولت ولتاژ اولیه و ثانویهٔ ترانسفورماتور با یکدیگر برابر می‌باشد و در این سیستم دو سر ثانویهٔ ترانسفورماتور را به دو سر مصرف کننده متصل می‌کنند،از آنجا که در این ترانسفورماتور از نظر الکتریکی بین اولیه و ثانویهٔ آن هیچ گونه ارتباطی وجود ندارد و فقط از طریق القاء مغناطیسی کار می‌کند در صورتی که سیم فاز ثانویهٔ ترانسفورماتور با بدنهٔ هادی دستگاه ارتباط پیدا کرده و شخص نیز با بدنهٔ دستگاه و زمین تماس برقرار کند هیچ گونه خطری متوجه او نمی‌شود. زیرا سیم فاز ترانسفورماتور فقط با سیم نول ثانویهٔ ترانسفورماتور دارای ولتاژ می‌باشد،به این ترنسفورماتورها اصطلاحاً ترانسفورماتور ایزوله یا جداکننده نیز می‌گویند ودر انواع سه‌فاز و تکفاز و با توجه به نوع مصرف در آمپرهای

۱۰و۱۶و۲۵و بالاتر نیز ساخته می‌شوند شکل زیر یک دستگاه الکتریکی را نشان می‌دهد که توسط ترانسفورماتور حفاظت شده است:



علاوه بر آن خطر دیگری که احتمال پیشامد آن در این نوع حفاظت زیاد بوده و باید پیش بینی نمود. این است که با صدمه دیدن یکی از سیم‌های رابط و اتصال آن به زمین اگر سیم رابط دیگر نیز به بدنهٔ دستگاه اتصال پیدا کند مانند شکل زیر باعث عبور جریان(IE_2) از بدن شخص می‌شود اگر خود دستگاه بازمین در تماس باشد(مطابق شکل زیر)تنها قسمتی از جریان از بدن شخص عبور می‌کند و معمولاً به علت کمتر بودن مقاومت محل تماس دستگاه به زمین از مقاومت بدن شخص،جریان $IE_2 \langle\langle IE_1$ می‌باشد.



ترانسفوماتورهای حفاظتی که معمولاً به کار می‌روند در اندازه و قدرتهای مختلف و حد اکثر تا ۱۶آمپر و برای مصرف کننده‌های یک فاز تا ولتاژ ۲۵۰ ولت و برای مصرف کننده‌های سه‌فاز تا ۳۸۰ ولت استاندارد شده وساخته می‌شوند.

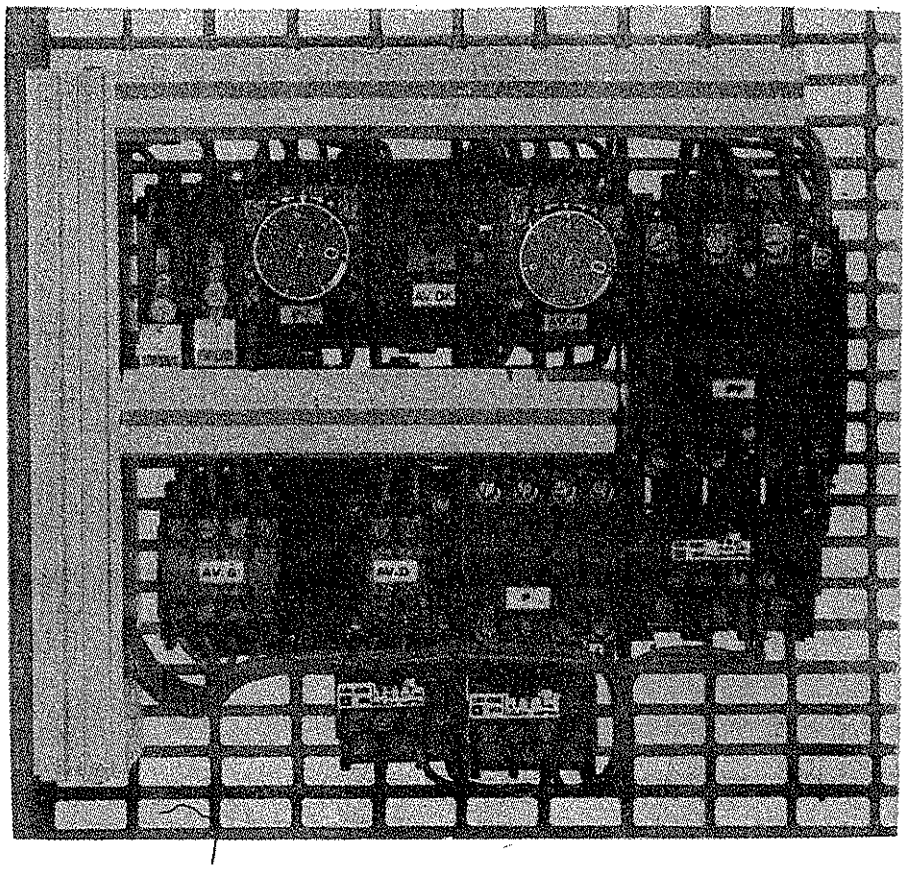
طراحی تابلوهای فشار ضعیف

به طور کلی تابلوهای برق به دو دستهٔ عمدهٔ تقسیم می‌شوند:

۱- تابلوهای فرمان الکتریکی:

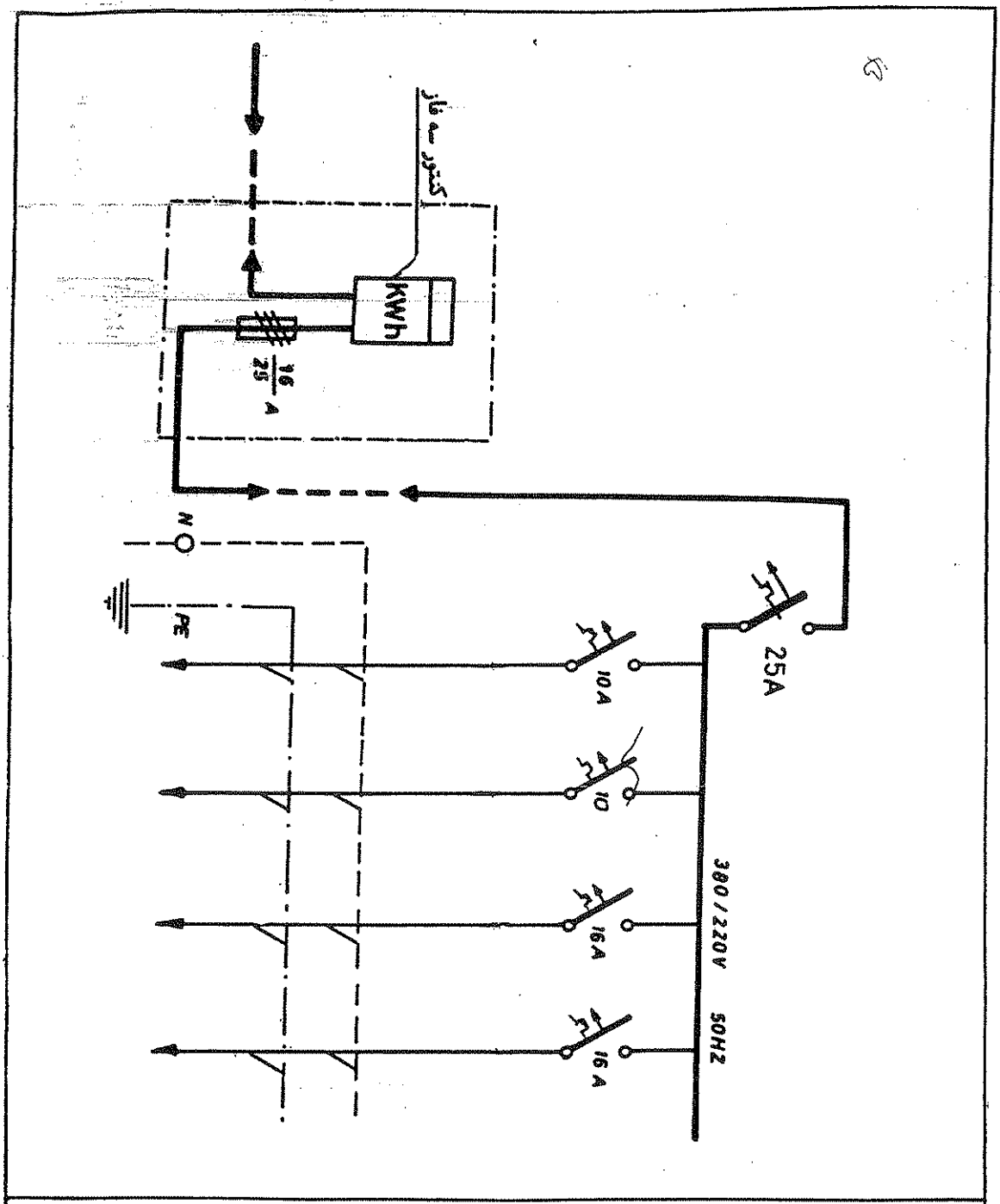
این تابلوها همان مدارهای راه‌اندازی موتورهای الکتریکی به وسیلهٔ کنتاکتور میباشند که برای تغییر حالت قطع و وصل موتورهای الکتریک از آنها استفاده می‌شود. در این تابلوها عناصری مانند

کنتاکتورها،فیوزها و رله‌ها به عنوان عناطر داخل تابلو و عناصری مانند استارت استوپها،لامپهای سیگنال، کلید قطع کنندهٔ اصلی و دستگاههای اندازه‌گیری به عنوان عناصر خارجی تابلو و ترمینالها که ارتباط بین عناصر داخلی و خارجی مصرف کننده‌ها هستند به عناصر واسطه معروف هستند. تابلوهای فرمان را به دو روش فرم‌کاری و کانال پلاستیکی و سیم افشان ساخته و به بازار عرضه می‌کنند.

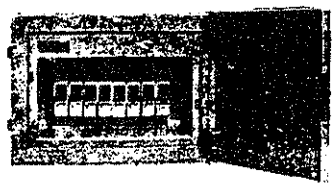


۲- تابلوهای توزیع انرژی الکتریکی:

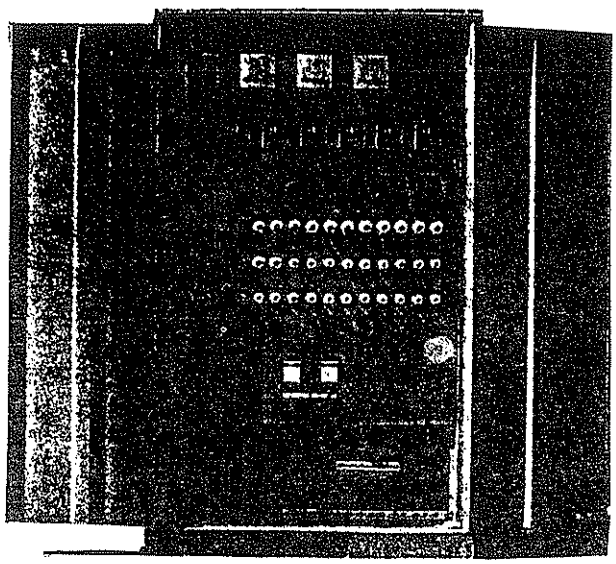
تابلوهای توزیع به دو دستهٔ سه‌فاز و تکفاز تقسیم می‌شوند که در صفحهٔ بعد نمونهٔ هر دو تابلو نشان داده شده است به طور کلی در طراحی تابلوهای توزیع انرژی الکتریکی به این نکتهٔ مهم توجه داشته باشیم که فیوزهای فرعی به هیچ وجه نباید بزرگتر از فیوز اصلی و یا برابر آن باشد زیرا در این صورت در زمان بروز اتصال کوتاه قبل از قطع فیوزهای فرعی فیوز اصلی قطع می‌شود. بنابراین توجه داشته باشیم که فیوزهای فرعی همیشه باید کوچکتر از فیوز اصلی باشند شکل صفحهٔ بعد یک تابلوی توزیع تکفاز را با فیوزهای مینیاتوری نشان می‌دهد:

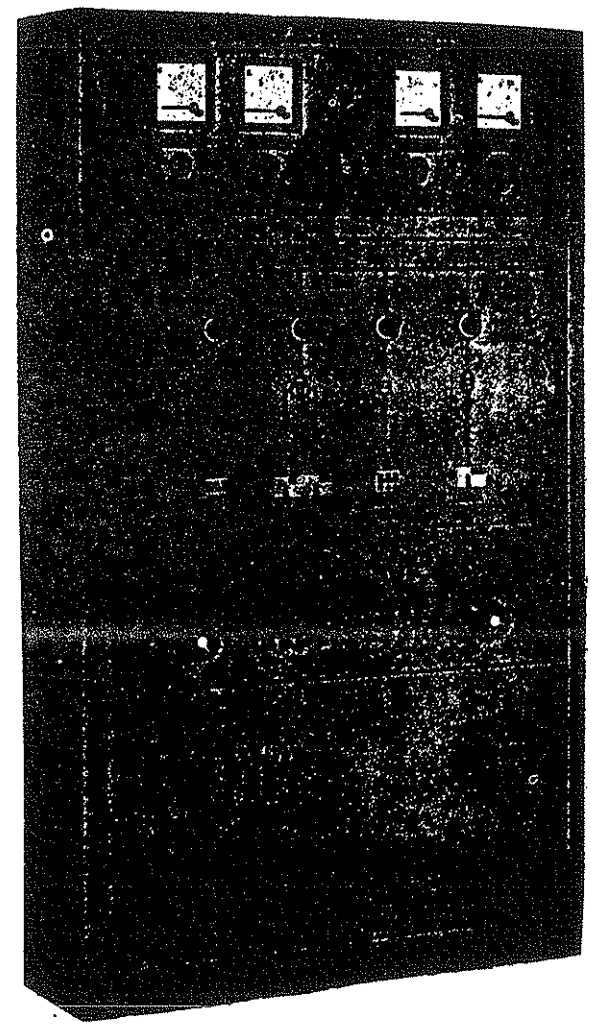


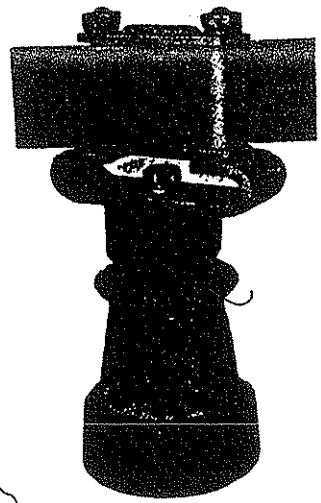
تابلو توزیع فشار ضعیف
توزیع برق یک منزل مسکونی یک طبقه با کنتور سه فاز ۱۵ آمپر و انشعابات مختلف



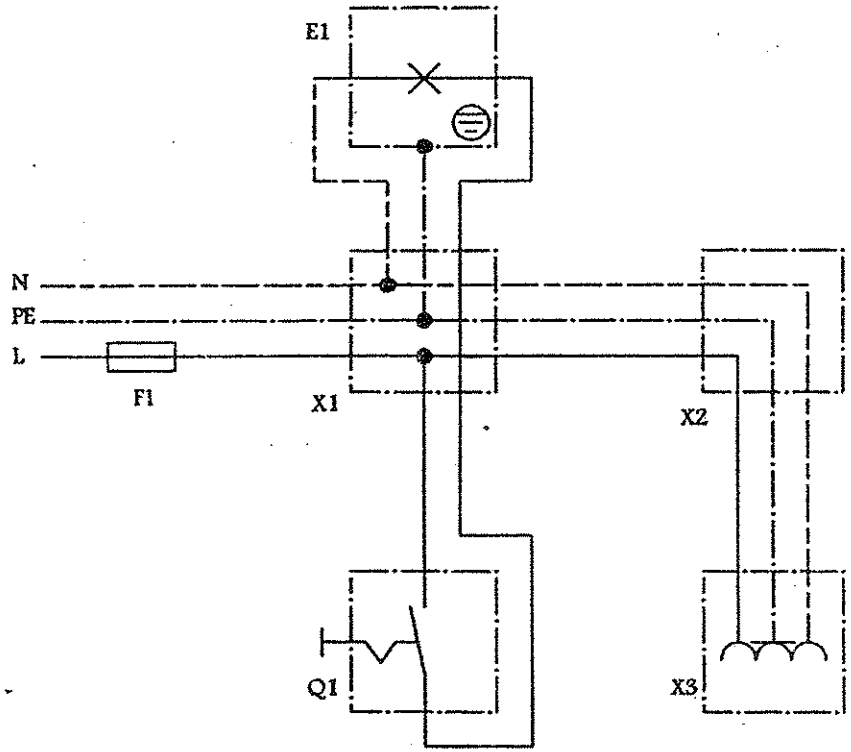
در طراحی تابلوهای توزیع سه‌فاز معمولاً برای هر فاز از یک شین مسی(تسمه‌های مسی به ضخامت ۵ میلیمتر و به عرض ۱تا۳ سانتی متر) استفاده می‌شود. سه‌فاز اصلی را به وسیلهٔ کابل به کلید صفریک ۱-۰ داخل تابلو وصل نموده و سه‌فاز خروجی کلید را به سه شین وصل می کنیم معمولاً برای اینکه شین‌ها به بدنهٔ فلزی تابلو اتصال نکند آنها را روی مقره‌های چینی نصب کرده و به وسیلهٔ پیچ و مهره روی بدنهٔ فلزی تابلو نصب می‌نمایند.(شکل زیر یک نوع مقره رانشان می‌دهد) سپس به تعداد فیوزهای هر فاز به وسیلهٔ مته شین را سوراخ نموده و به وسیلهٔ پیچ ورودی فیوزها را به آن ارتباط می‌دهند و خروجی تمام فیوزها را به ترمینال داخل تابلو که در زیر شین‌ها نصب می‌شود وصل می کنند و با توجه به نیاز می‌توانیم از آن برای تغذیهٔ مصرف کننده‌های سه فاز و یا تکفاز استفاده کنیم. در این تابلوها معمولاً سه آمپرمتر برای سه‌فاز و یک ولت‌متر و یک کلید ولت برای اندازه‌گیری ولتاژ خطی و فازی روی قسمت بالای تابلو نصب می‌شود این دستگاههای اندازه‌گیری در مسیر ورودی شین‌ها و خروجی کلید صفر یک ۱-۰ نصب می‌شوند.

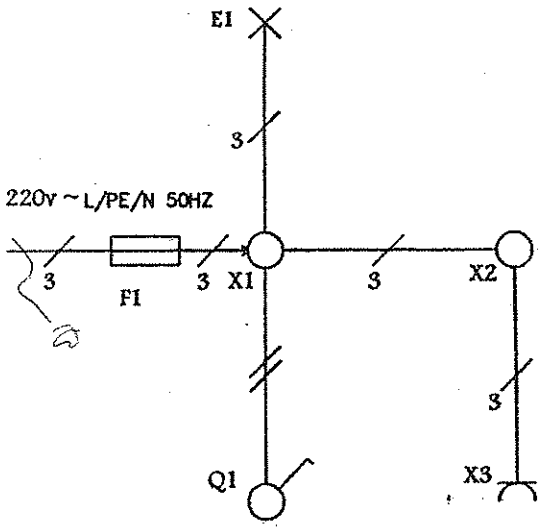




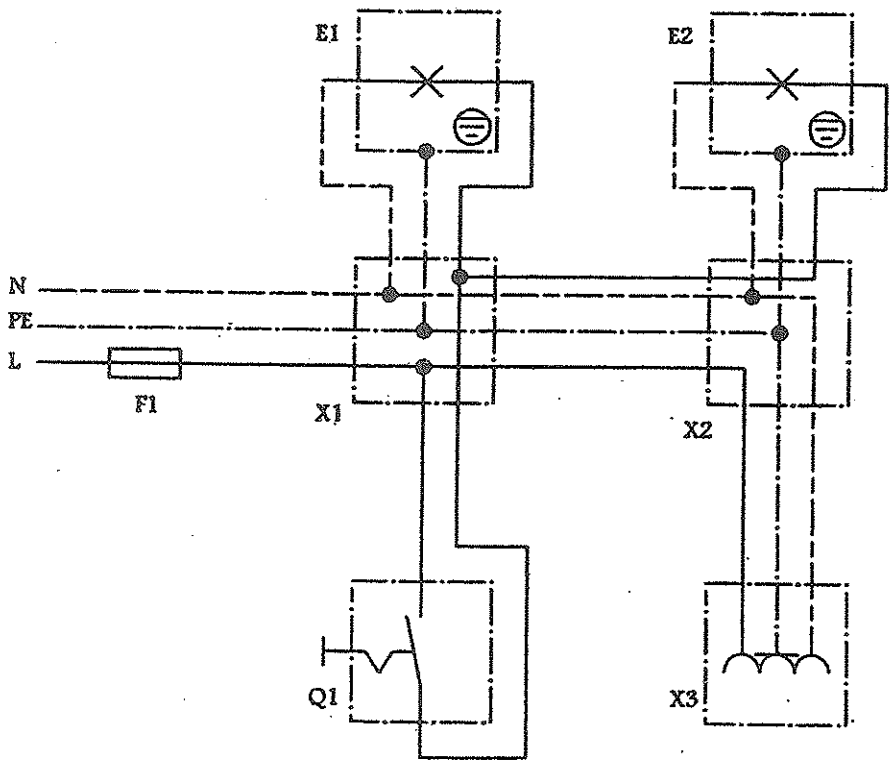


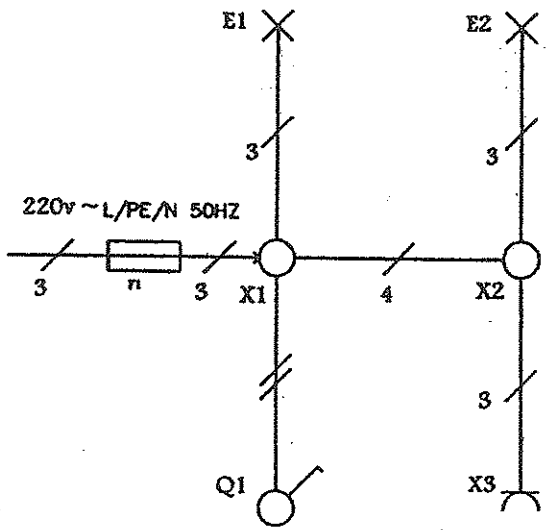
ضمیمه: مجموعه نقشه‌های برق صنعتی



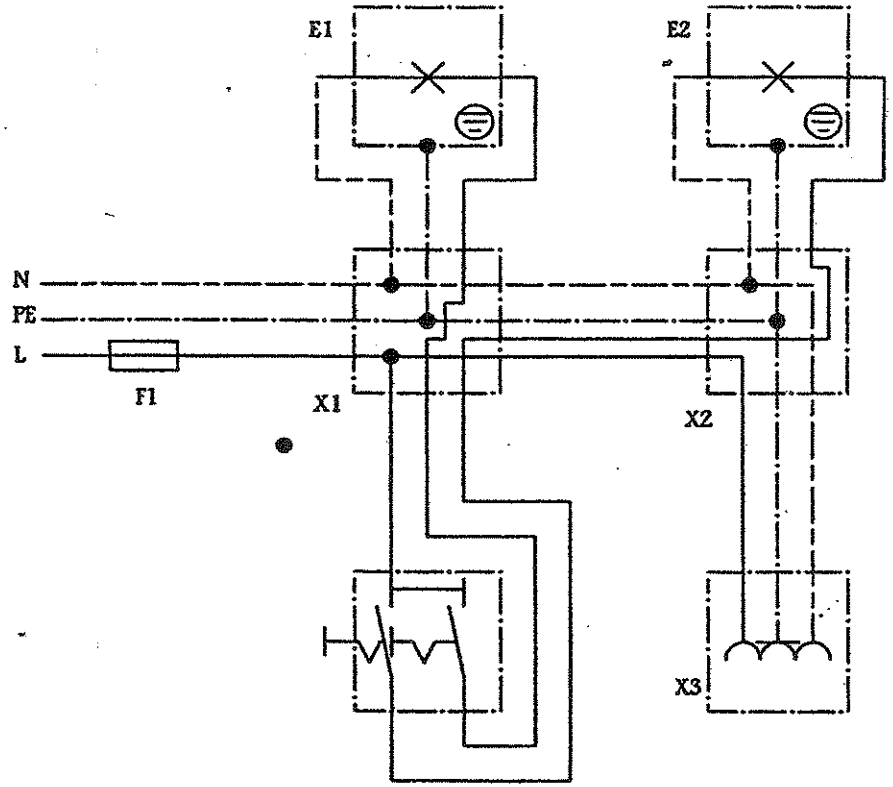


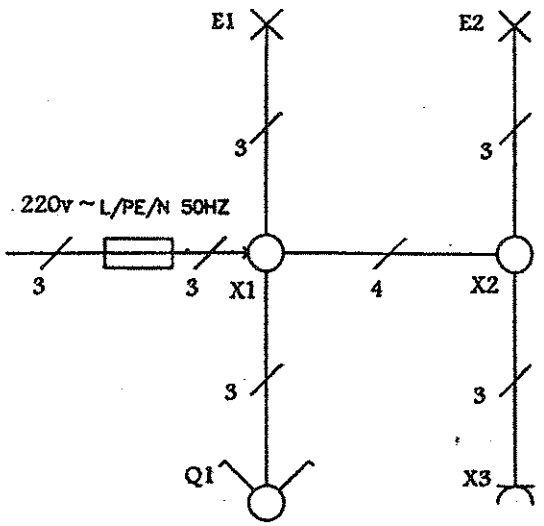
ترسیم کننده: مهید صدقی	نام نقشه: مدار کنترل روشنایی یک لامپ بوسیله کلید یک پل با استفاده از پیریز ارت دار	نمره:
بازبین کننده:		تاریخ: ۸۵/۵/۹
شماره نقشه: ۱		نوع نقشه: E



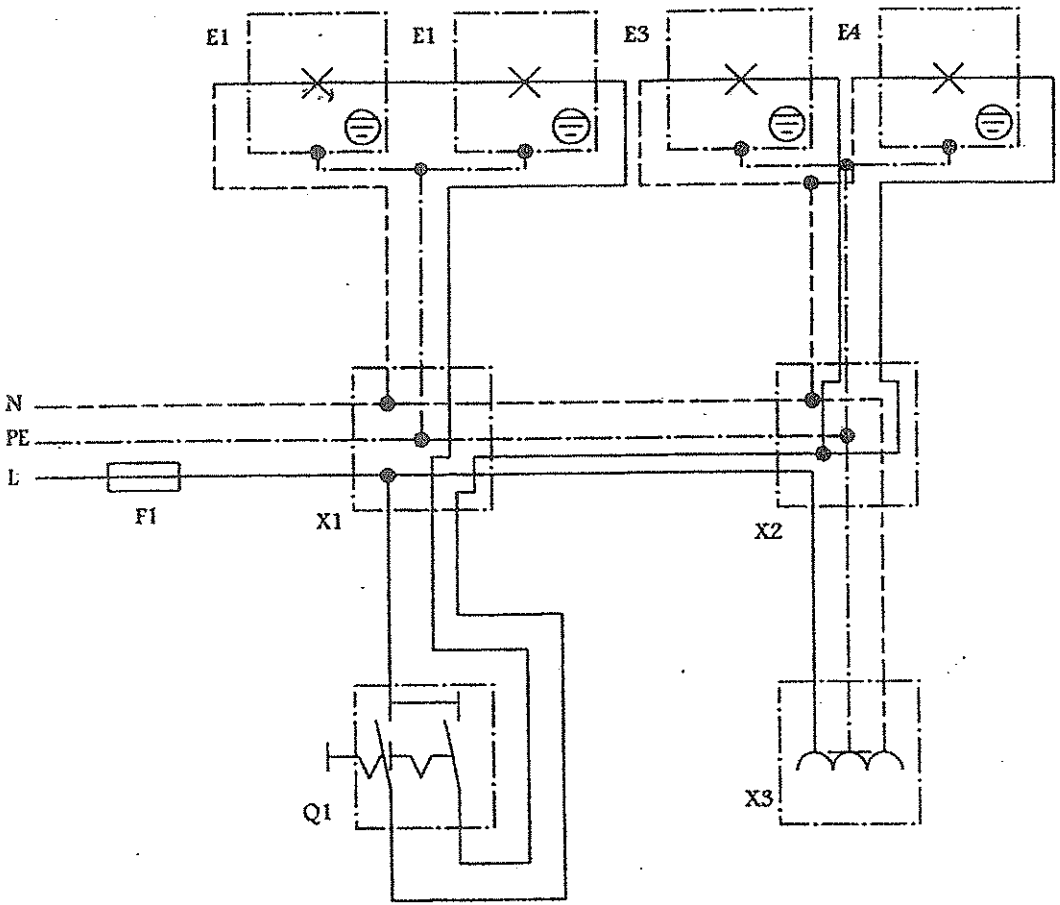


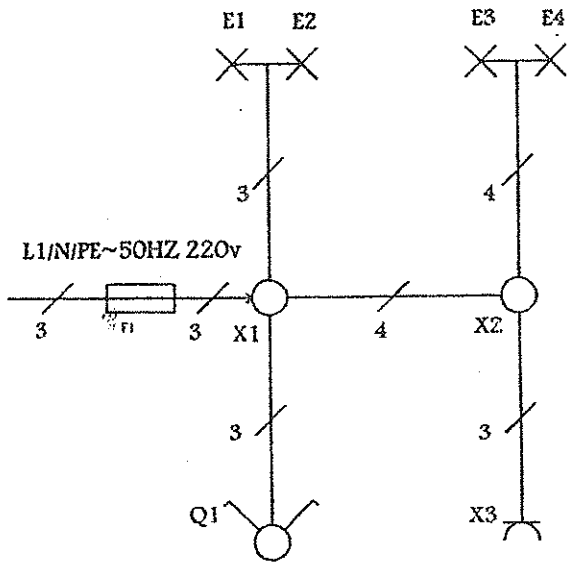
نام نقشه: مدار کنترل روشنایی دو لامپ بوسیله کلید پسل بسا استفاده از پسرز آرت دار		ترسیم کننده: حمید صدقی
تاریخ: ۸۹/۵/۹		بازبین کننده:
نوع نقشه: E		شماره نقشه: ۲
نمره:		



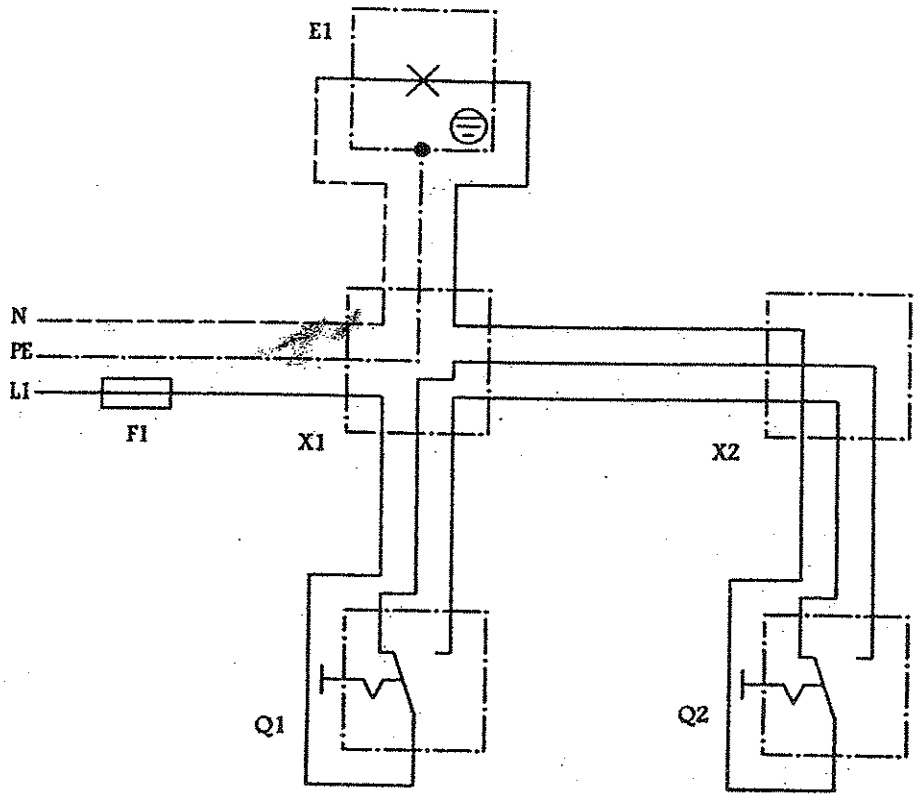


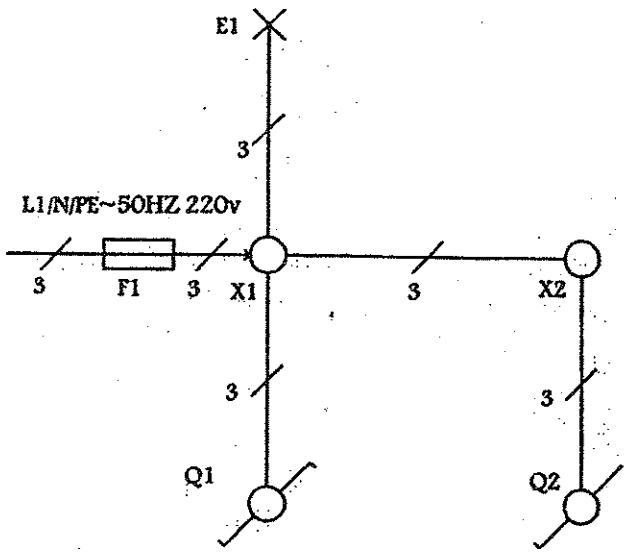
نمره:	نام نقشه: مدار کنترل دو لامپ بوسیله کلید دوپل با بریز اوت دار	ترسیم کننده: حمید صدقی
تاریخ: ۸۸/۵/۹		بازبین کننده:
نوع نقشه: A		شماره نقشه: ۲



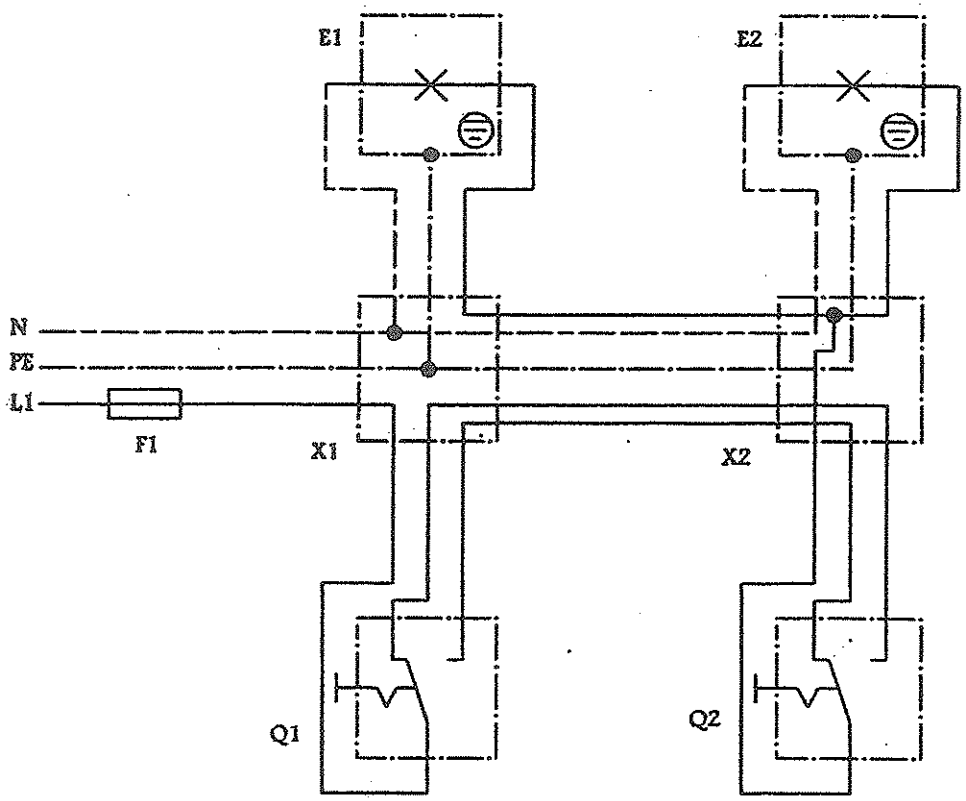


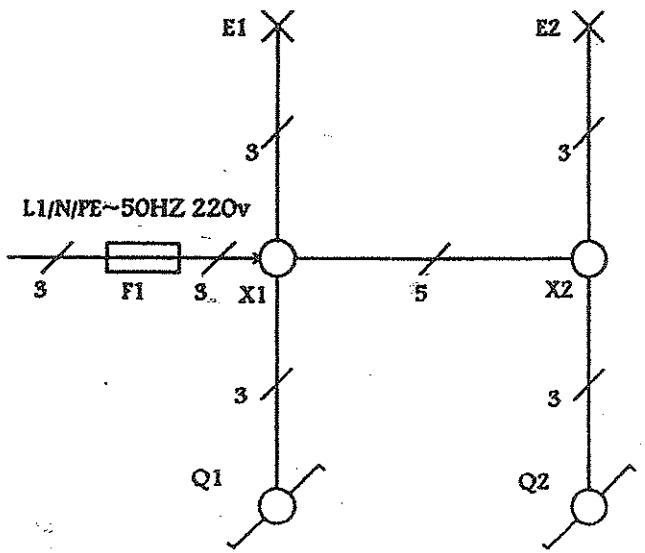
نمره:	نام نقشه: کنترل روشنایی دولامپ سری دو لامپ موازی از یک نقطه بوسیله کلید دوپل یا پریز ارت دار	ترسیم کننده: حمید صدقی
تاریخ: ۸۵/۵/۹		بازبین کننده:
نوع نقشه: ۴		شماره نقشه: ۲



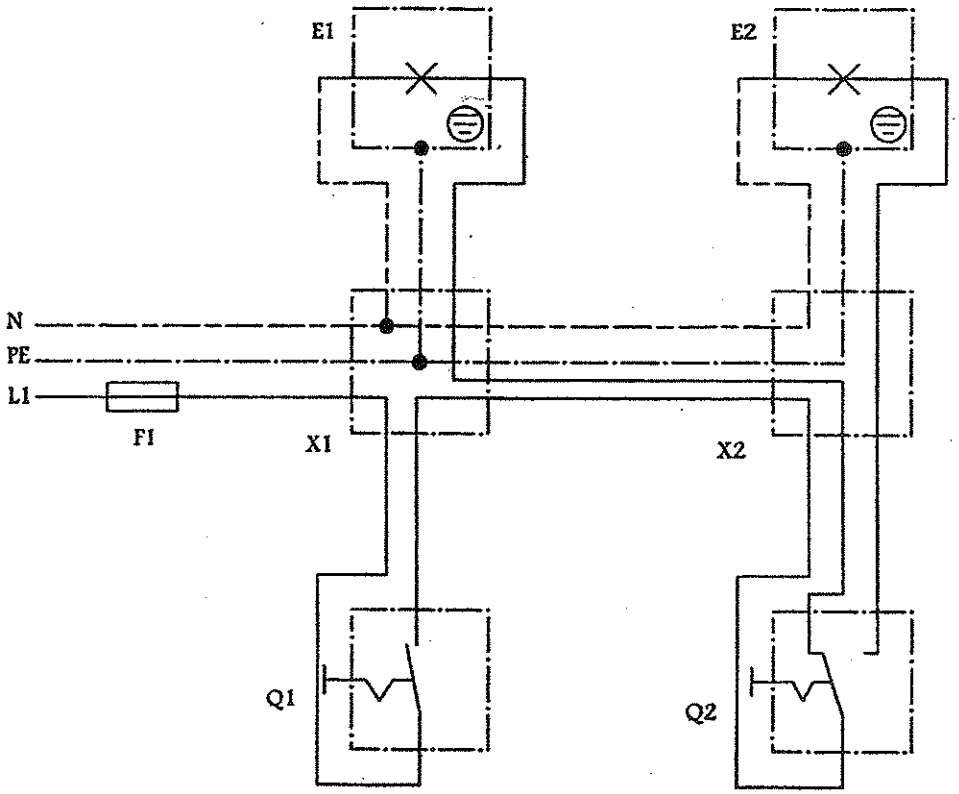


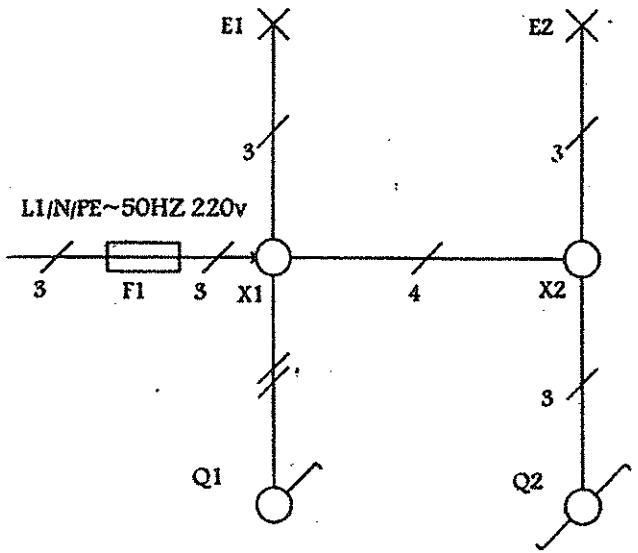
نمره:	نام نقشه: کنترل روشنایی یک لامپ رشته‌ای از دو نقطه که توسط کلید دبل	ترسیم کننده: حمید صفایی
تاریخ: ۸۵/۵/۹		بازبین کننده:
نوع نقشه: E		شماره نقشه: ۵



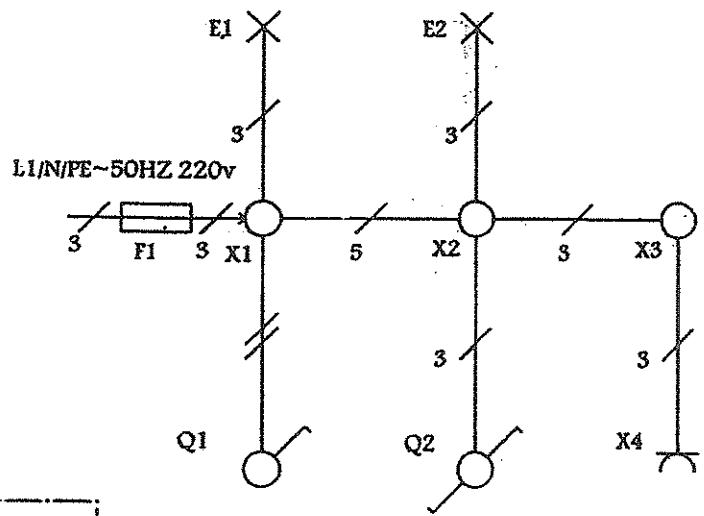


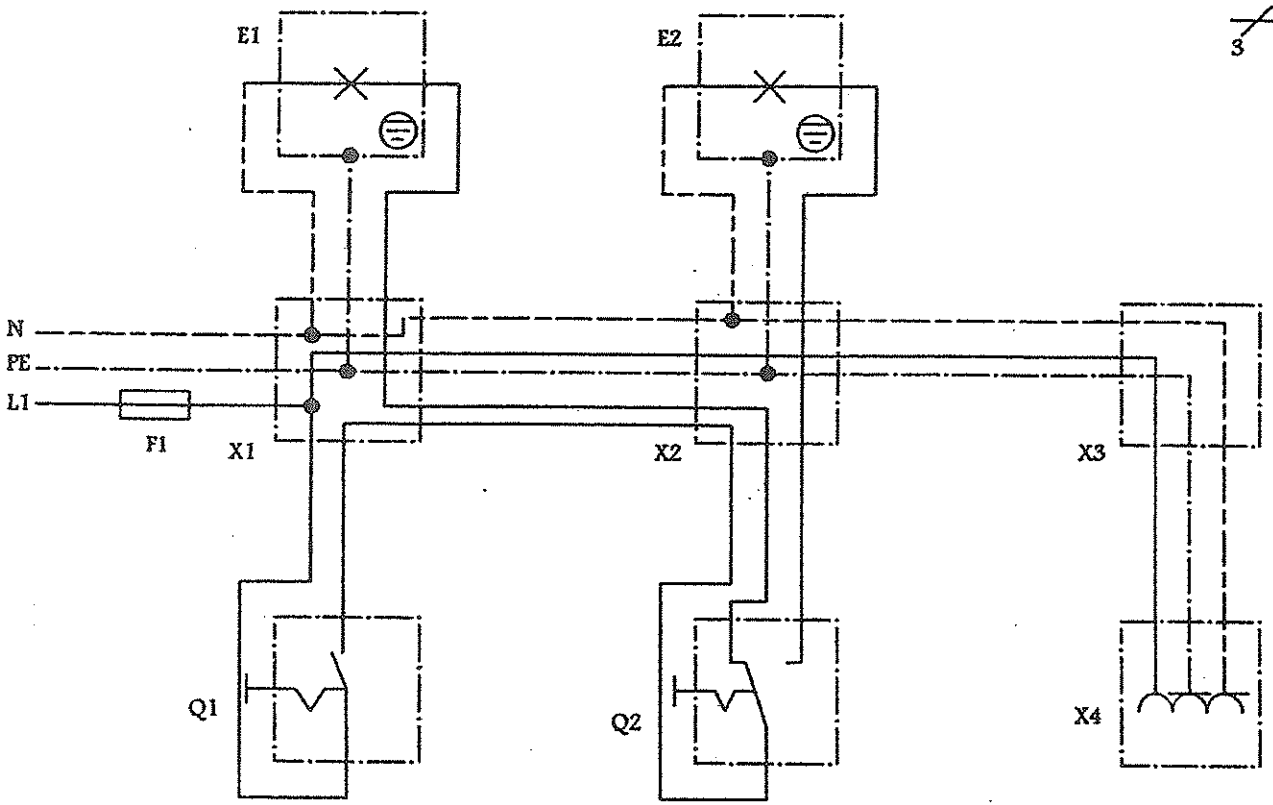
ترسیم کننده: حمید صدائی	نام نقشه: کنترل روشنایی دو لامپ رشته‌ای از دو نقطه که است بوسیله کلید تبدیل	نام:
بازبین کننده:		تاریخ: ۸۸/۲/۳۰
شماره نقشه: ۶		نوع نقشه: ۱



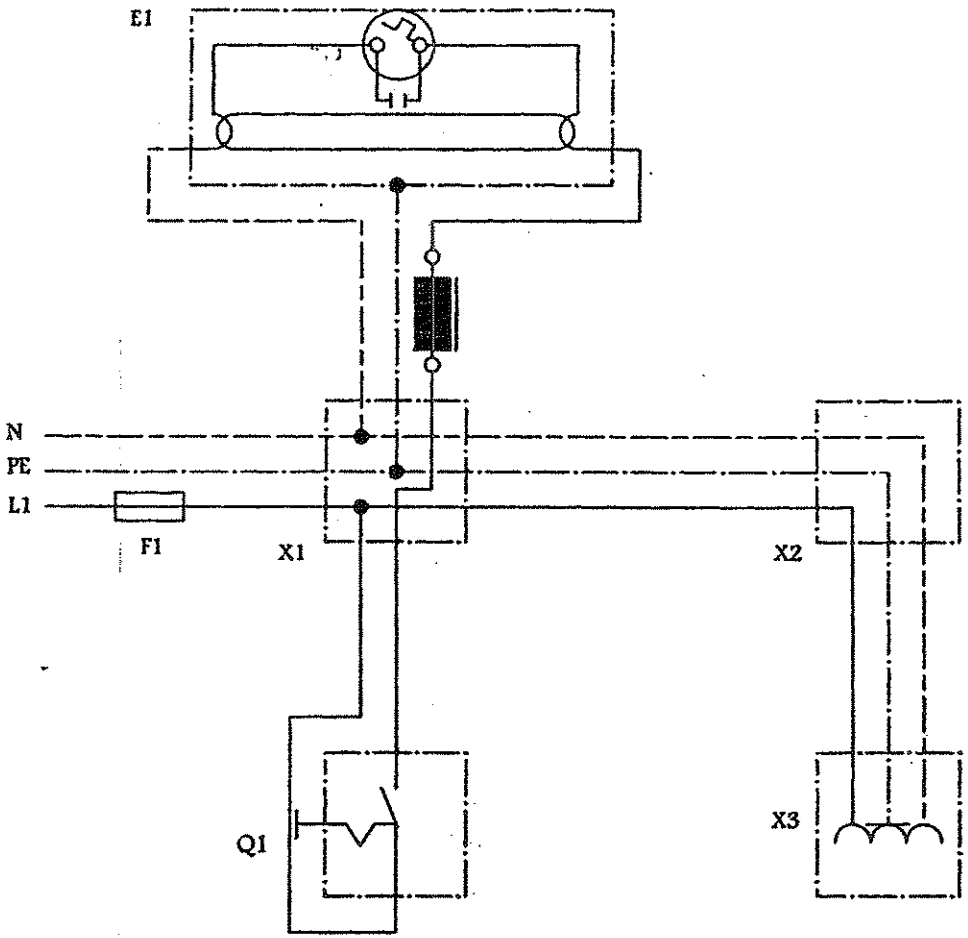


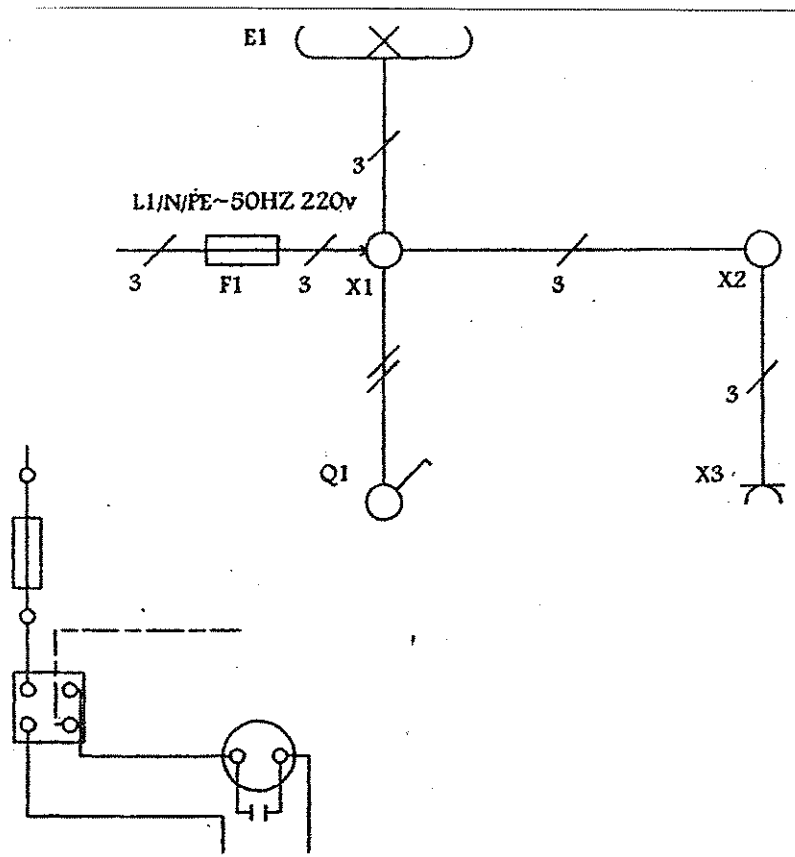
تصرف:	نام نقشه: مدار اتاق خواب	ترسیم کننده: حمید صادقی
تاریخ: ۸۵/۵/۱۲		بازبین کننده:
نوع نقشه: E		شماره نقشه: ۷



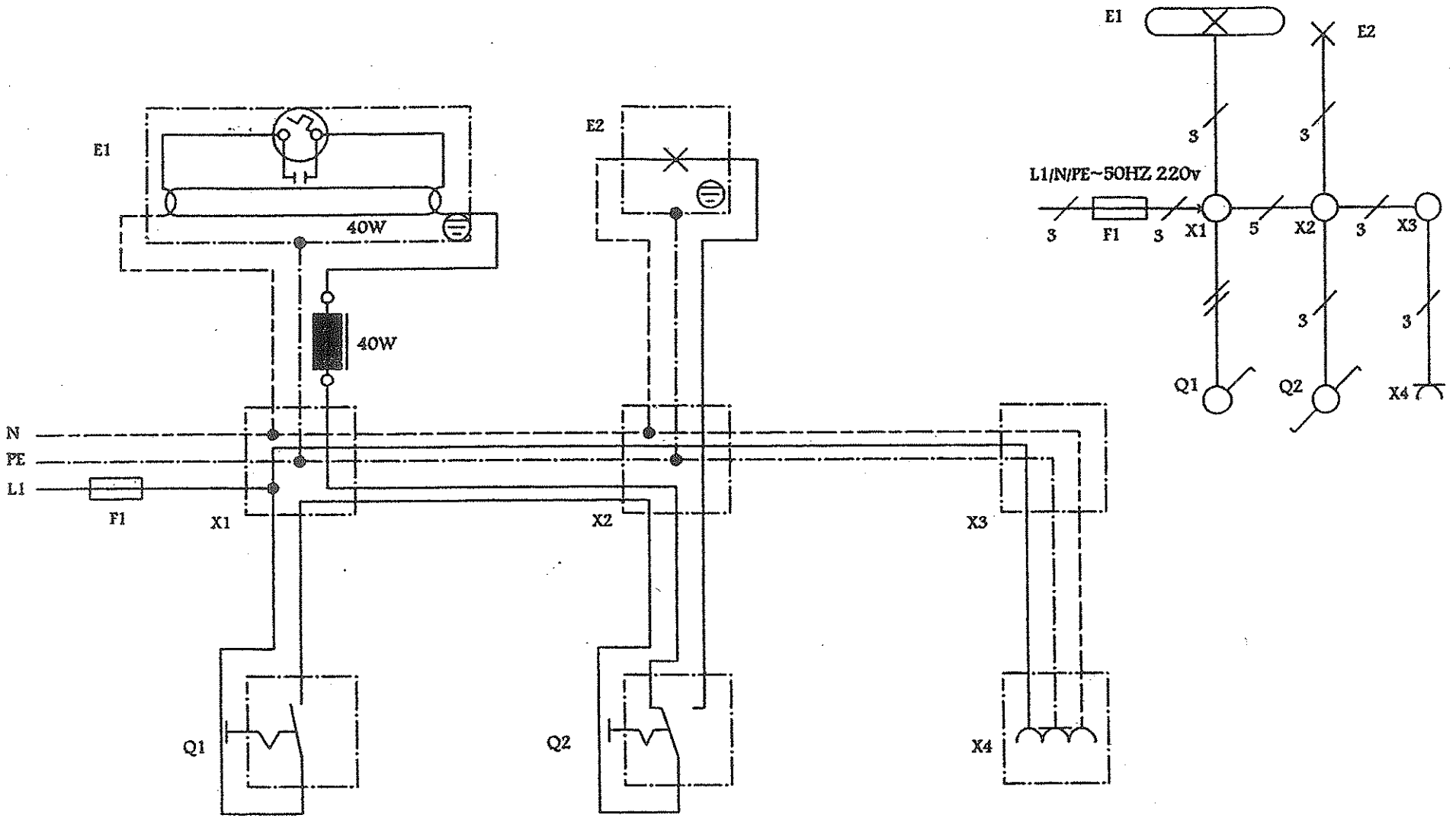


ترسیم کننده: حمید صدقی	نام نقشه: مدار الماق خواب با پریز ارت دار	نمره:
بسازین کننده:		تاریخ: ۸۵/۵/۱۲
شماره نقشه: A		نوع نقشه: E

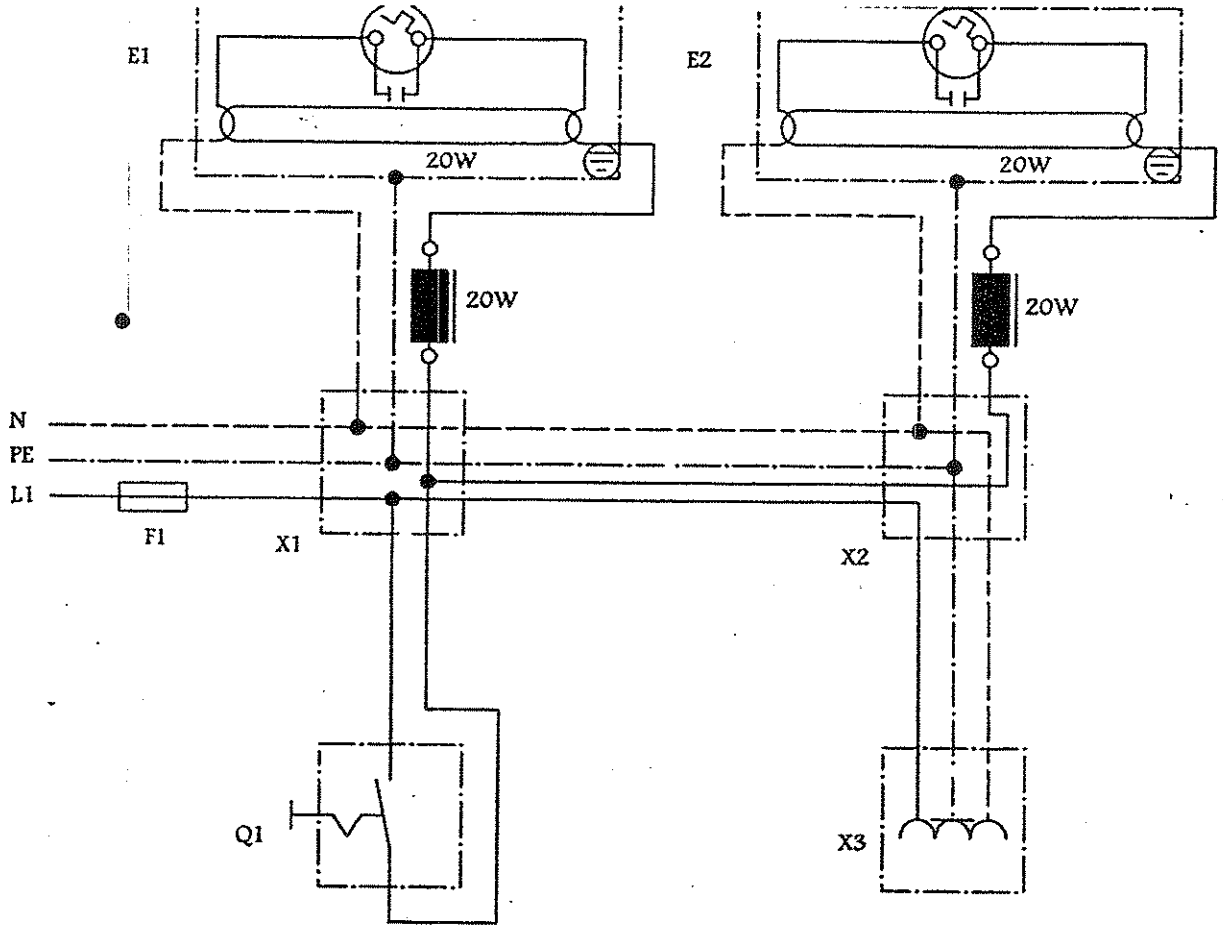


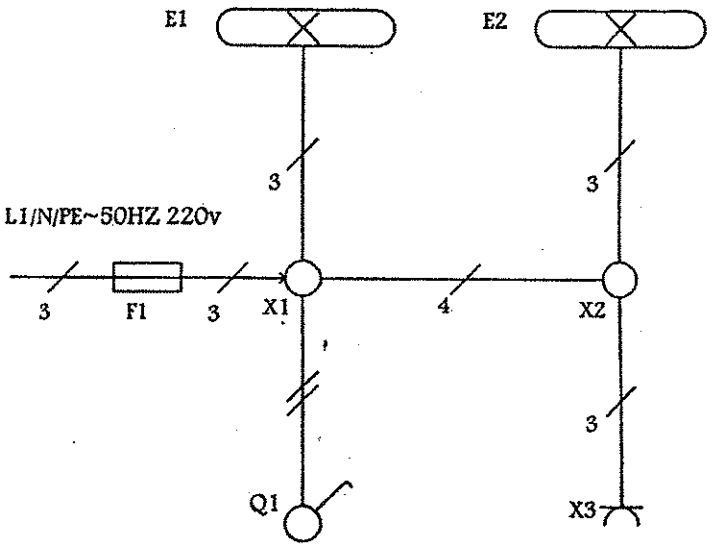


ترسیم کننده: حمید صدقی	نام نقشه: مدار آسنسور جهتهای بنا فلورسنت توسط کلید پسکه پنل همراه پروژ	نمره:
بازبین کننده:		تاریخ: ۸۵/۵/۱۹
شماره نقشه: ۹		نوع نقشه: E

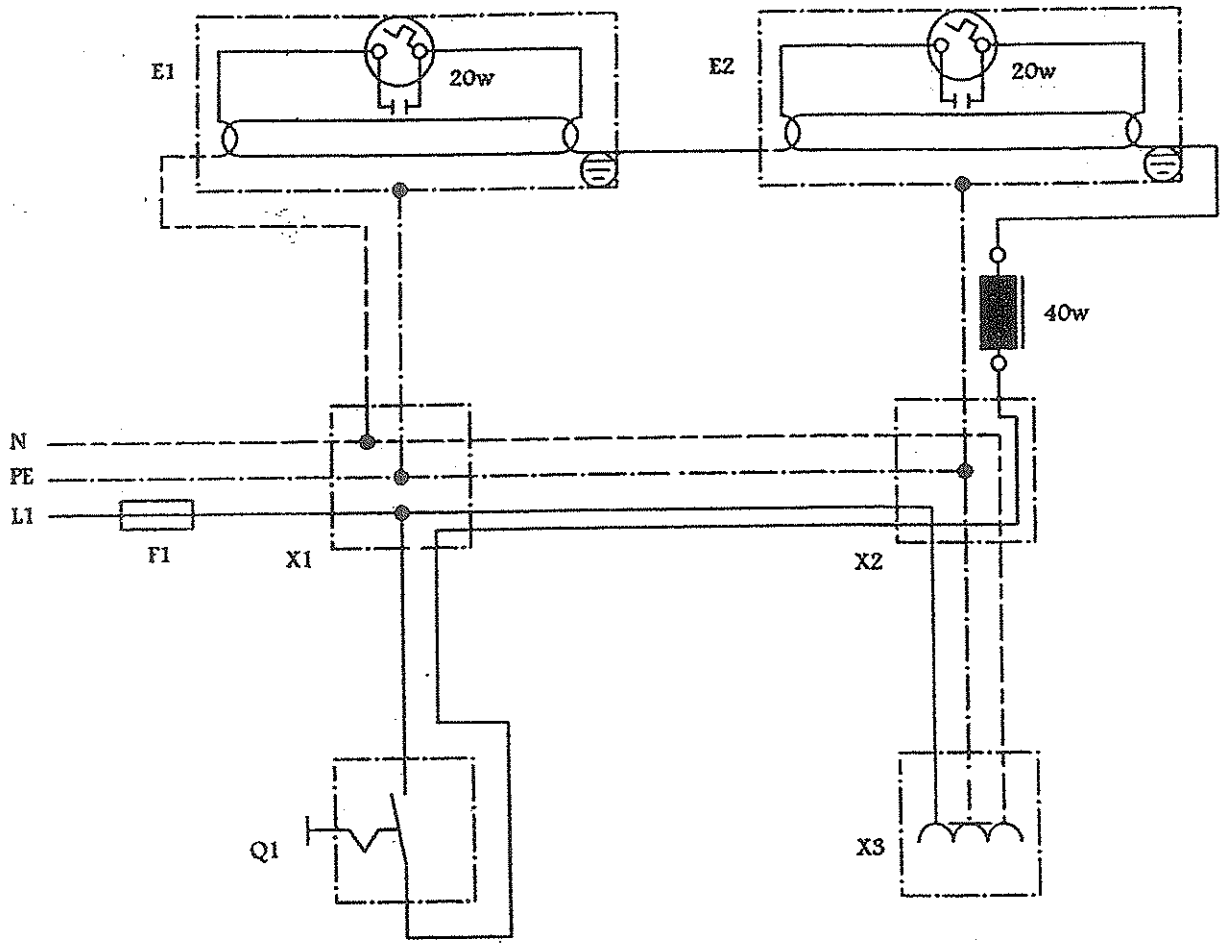


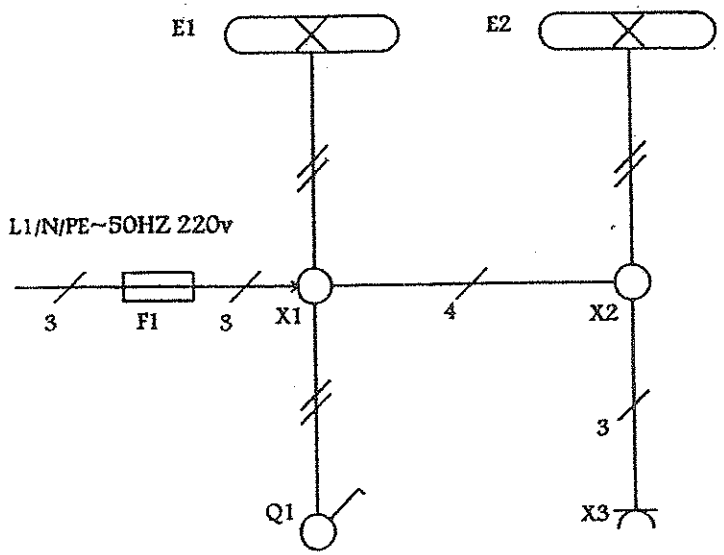
ترسیم کننده: حمید صدقی	نام نقشه: مدار اتاق خواب با لامپ مهتابی همراه با پریز فرت دار	تعرد:
بسازین کننده:		تاریخ: ۸۵/۵/۱۹
شماره نقشه: ۱۰		نوع نقشه: E



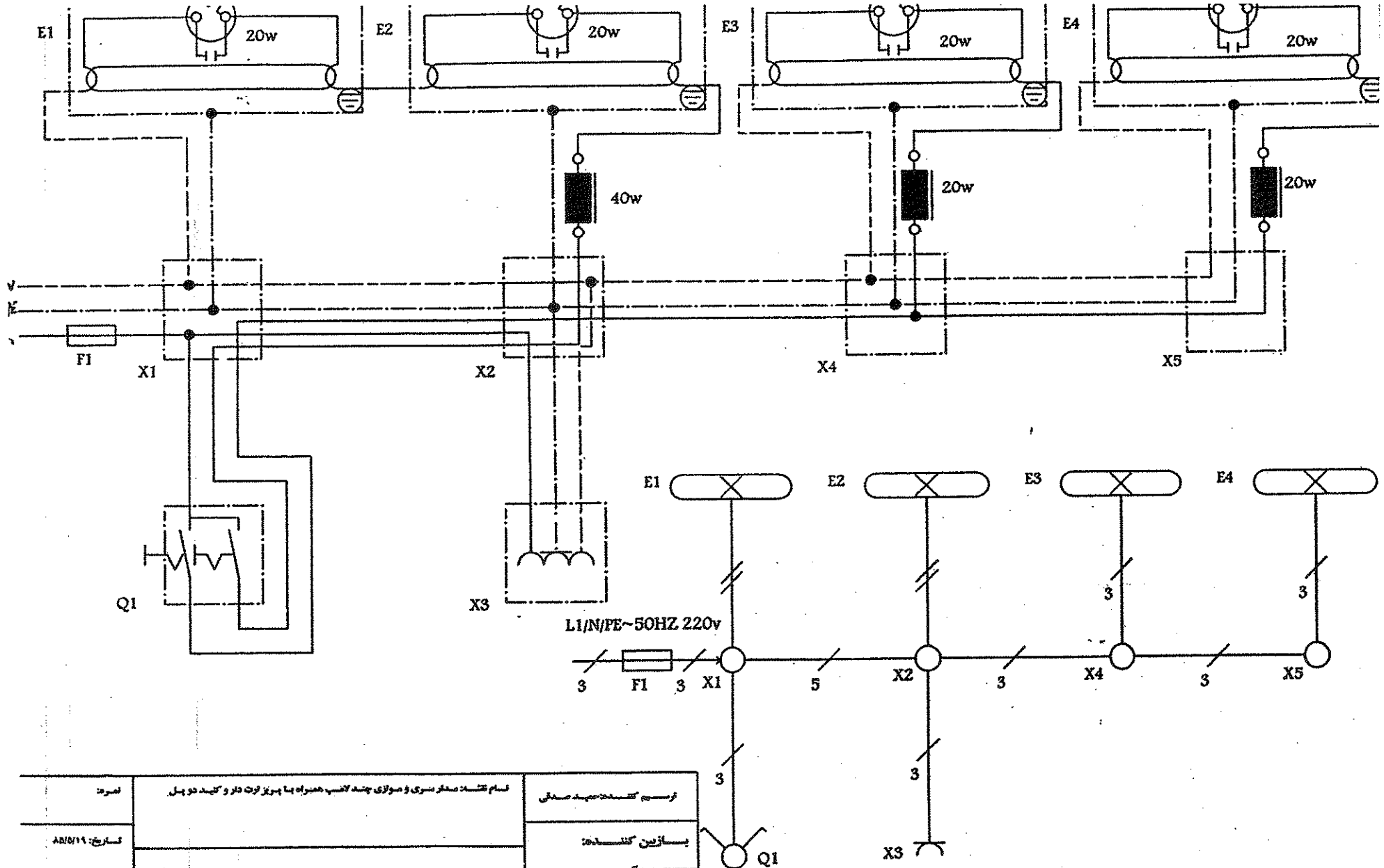


نام نقشه: سدار سوالی دو لامپ مهتابی با پروژکتور دار		ترسیم کننده: حمید صدقی
تاریخ: ۸۵/۵/۱۹		بازبین کننده:
نوع نقشه: E		شماره نقشه: ۱۱





نمره:	نام نقشه: مدار سری دو لامپ مهتابی با پس فاز دار	ترسیم کننده: حمید صدقی
تاریخ: ۸۵/۵/۱۹		بازبین کننده:
نوع نقشه: E		شماره نقشه: ۱۲

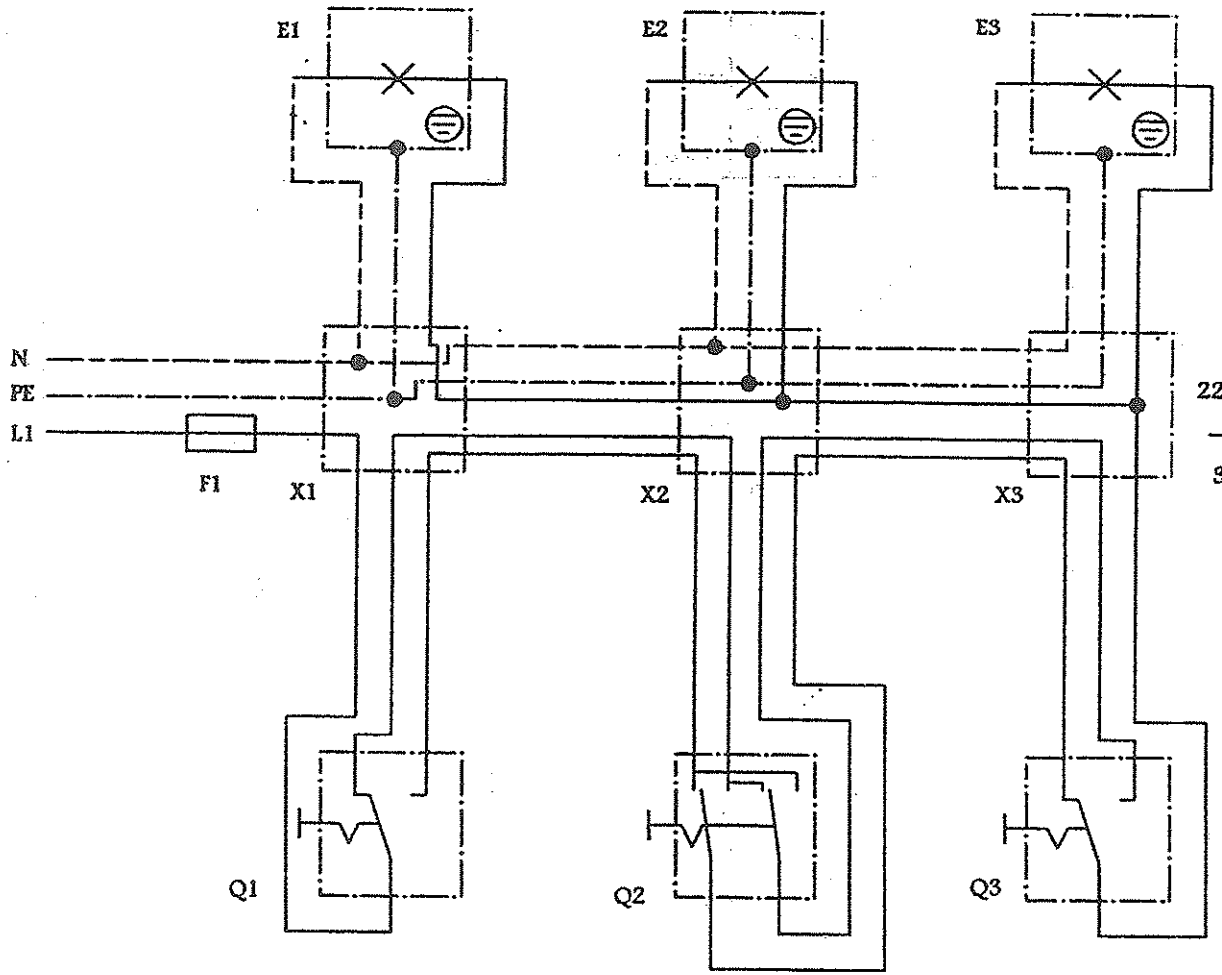


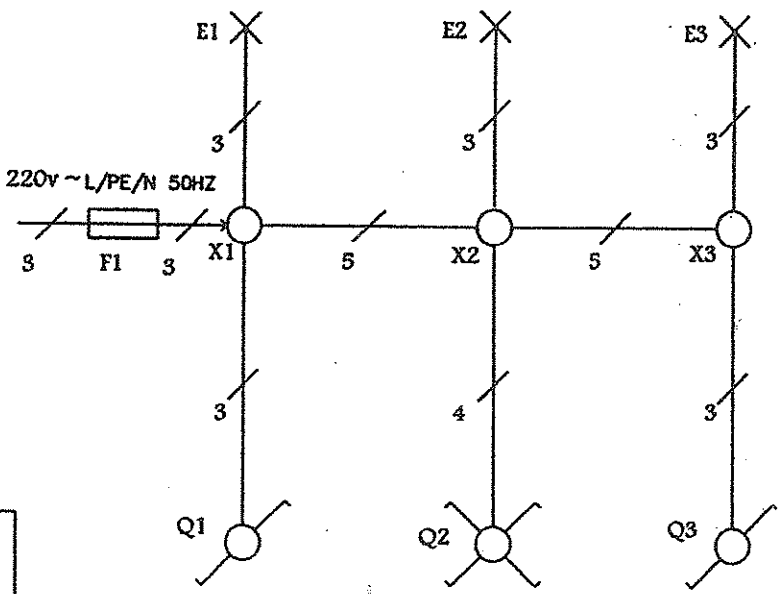
نام نقشه: مدار سری و موازی چند لامپ همراه با پریز اوت دار و کلید دو پل		نام:
		تاریخ: ۸۵/۵/۱۹
		نوع نقشه: E

ترسیم کننده: حمید صدقی

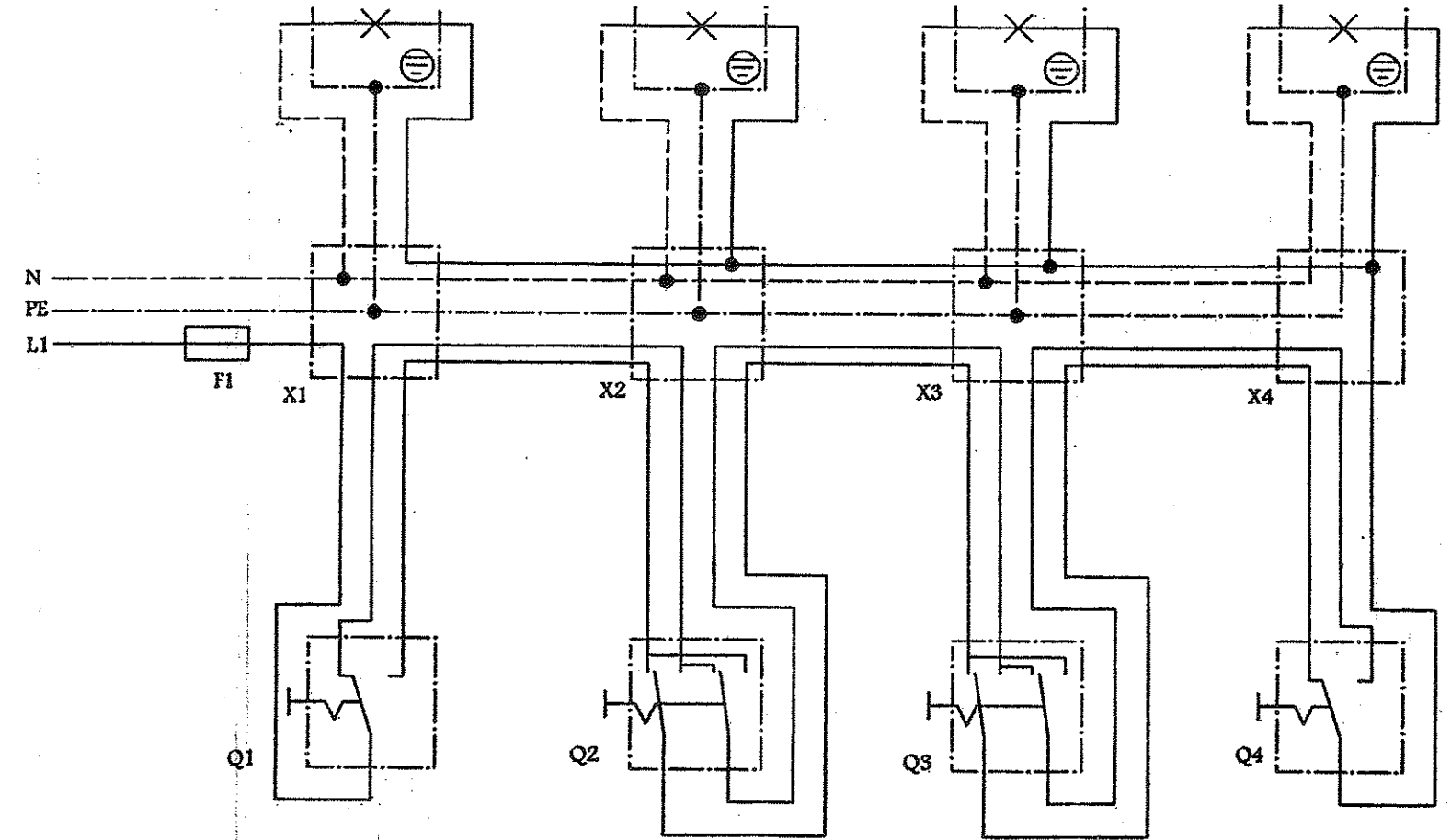
بازبین کننده:

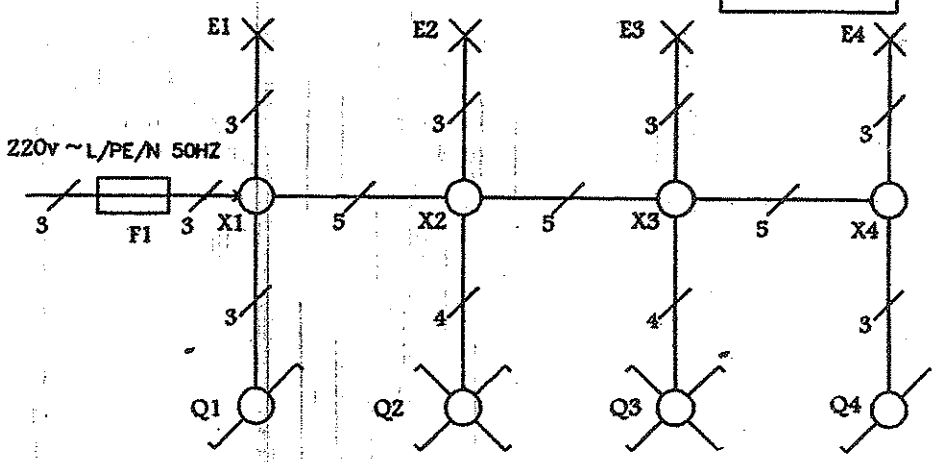
شماره نقشه: ۱۲



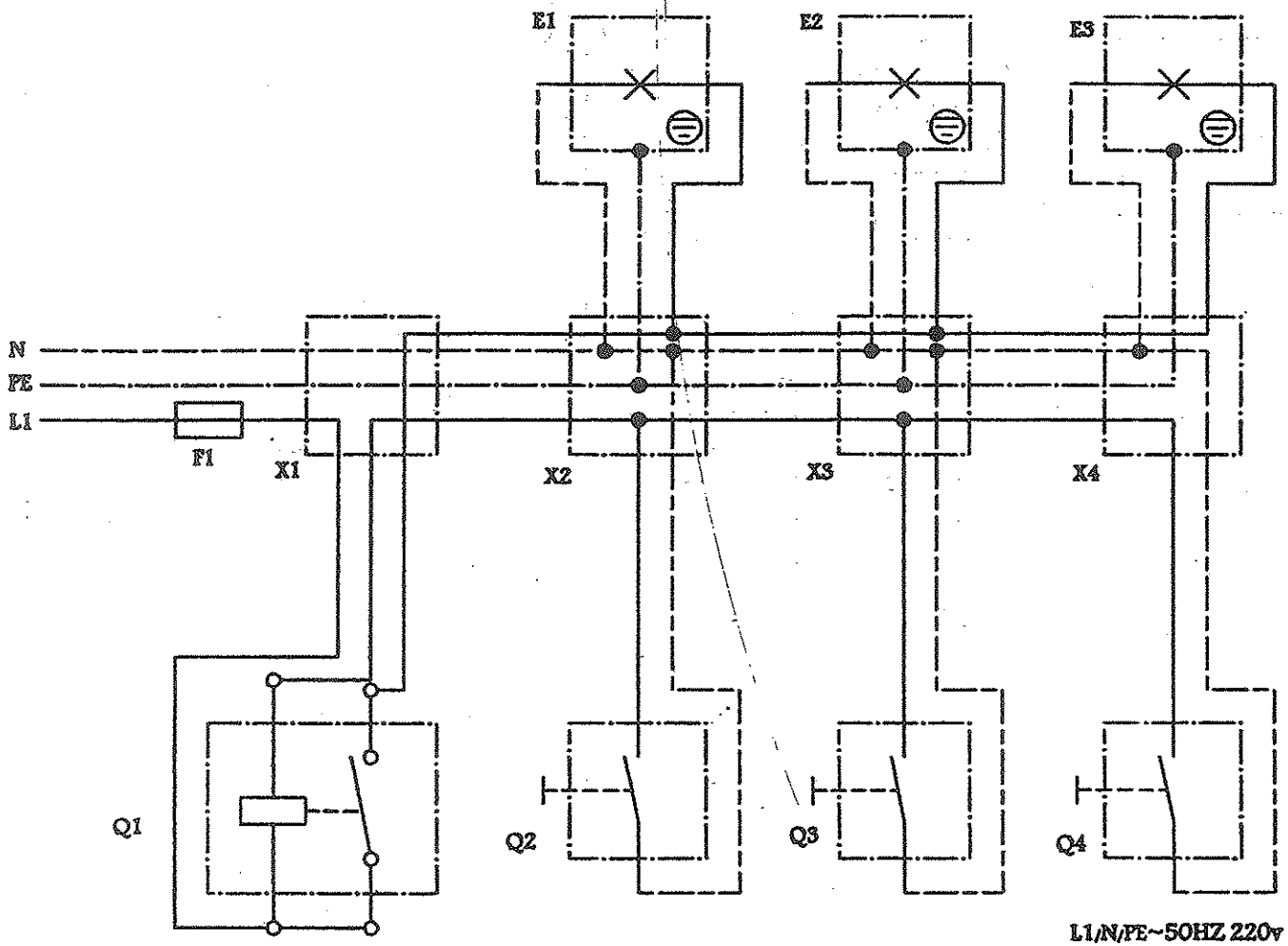


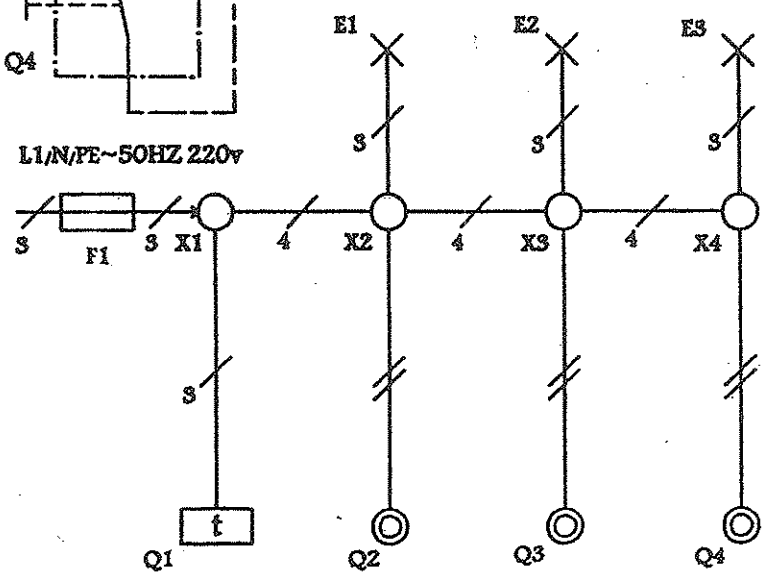
نمره:	نام نقشه: کنترل سه لامپ از سه نقطه بوسیله کلید تبدیل و صلیبی	ترسیم کننده: حمید صادقی
تاریخ: ۸۵/۶/۱۱		بسازین کننده:
نوع نقشه: ٤		شماره نقشه: ۱۲



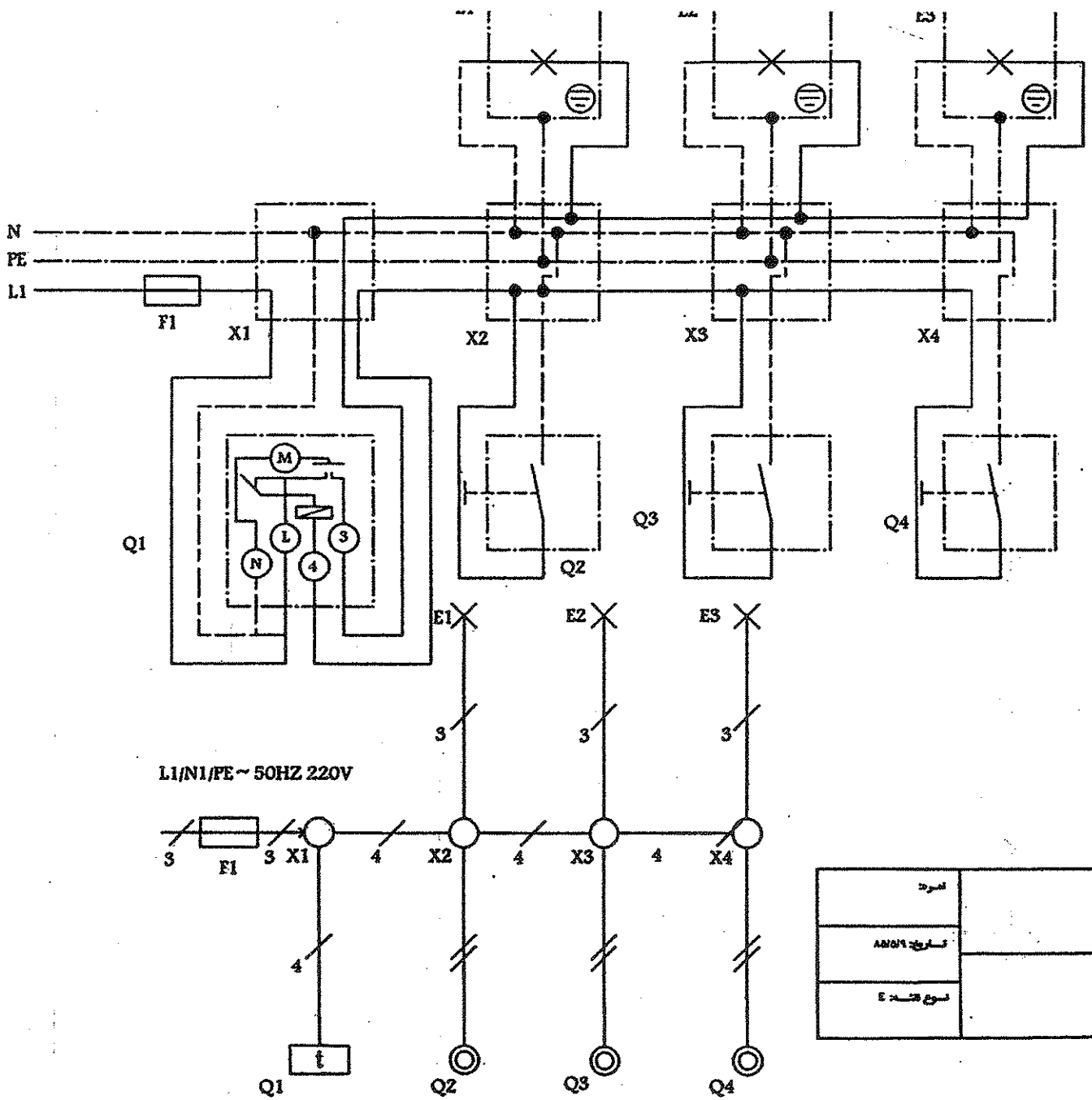


نمره:	نام نقشه: کنترل چهار لامپ از چهار نقطه بوسیله کلید تبدیل و صلیبی	ترسیم کننده: مجید صدائی
تاریخ: ۸۵/۴/۱۱		بازبین کننده:
نوع نقشه: E		شماره نقشه: 10

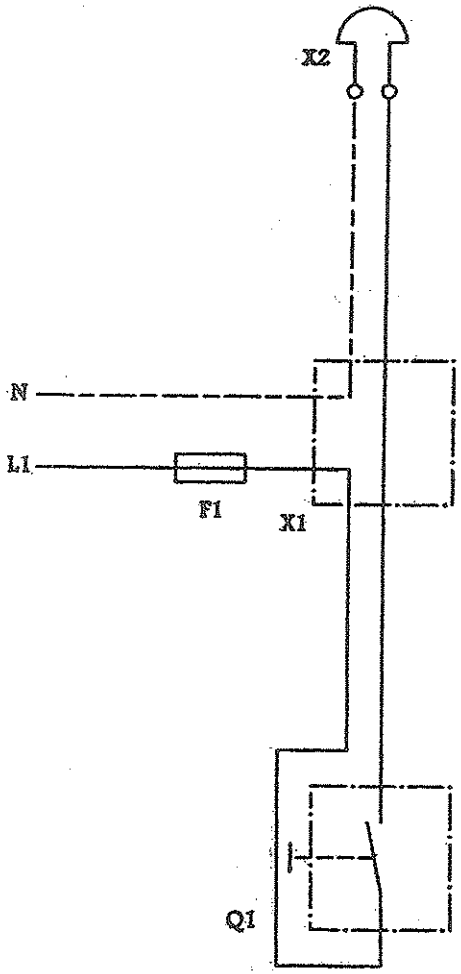


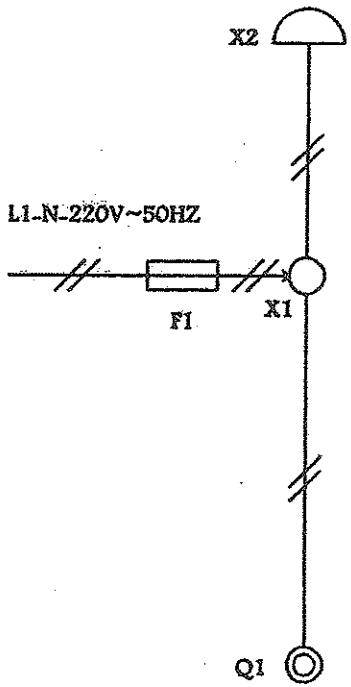


نمره	نام شده مدار و اطراف به طرح تعیم	ترسیم کننده:حمید صادق
تاریخ: ۸۵/۵/۹		بازبین کننده:
نوع شده: E		شماره شده: ۱۶



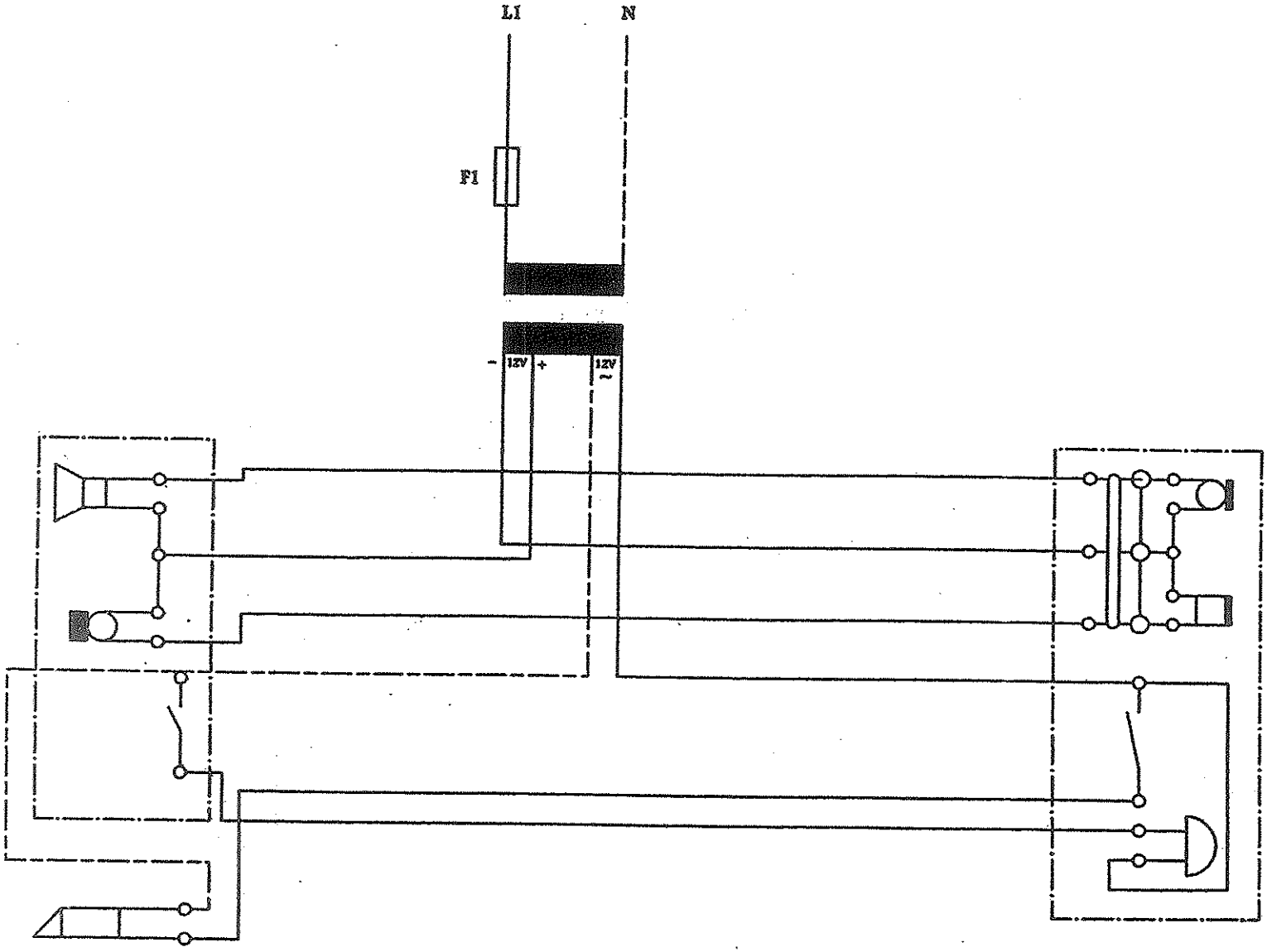
ترسیم کننده: حمید صادقی	نام نقشه: راه اندازی خروج جدید	نمره:
بازبین کننده:		تاریخ: ۹۶/۵/۱۸
شماره نقشه: ۱۲		نوع نقشه: E



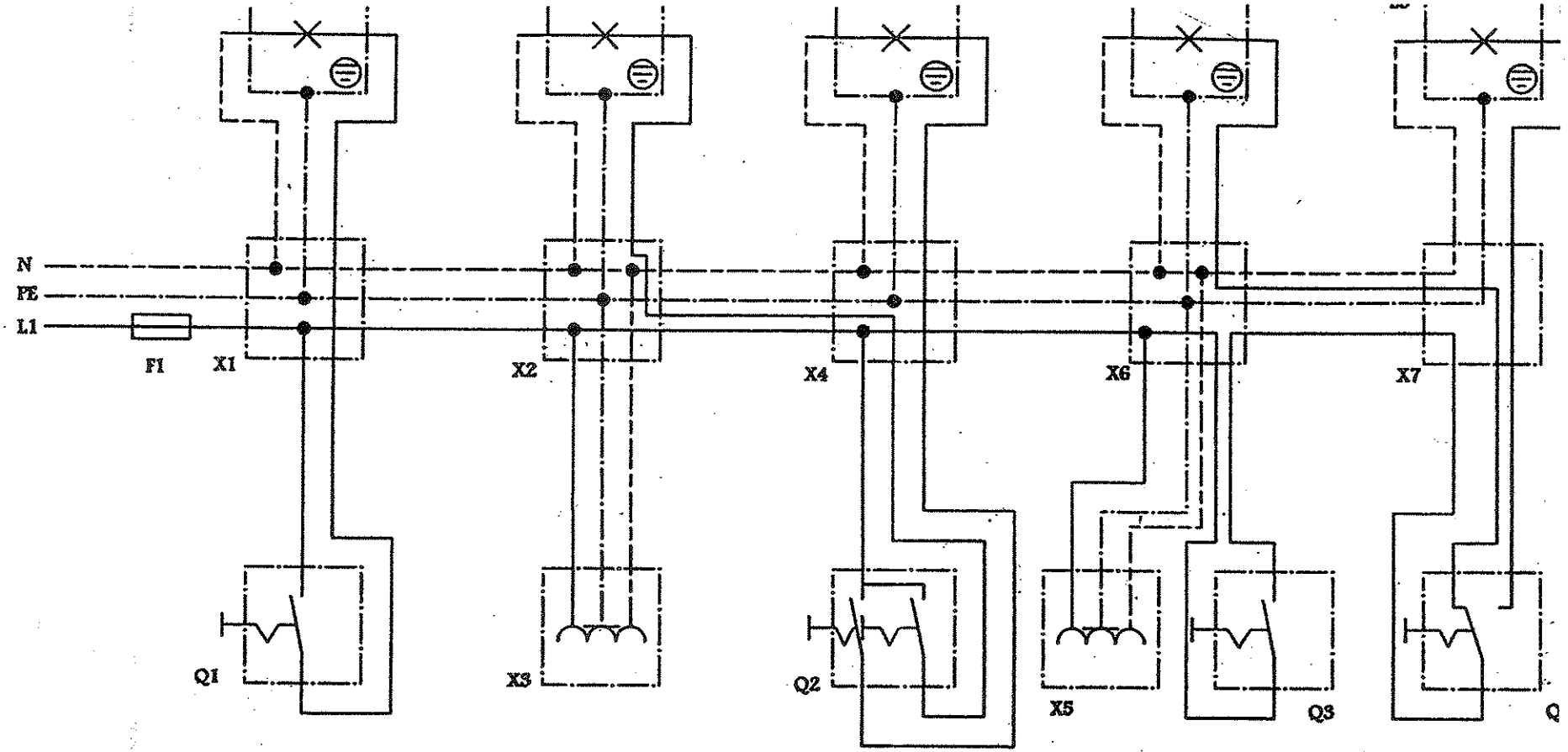


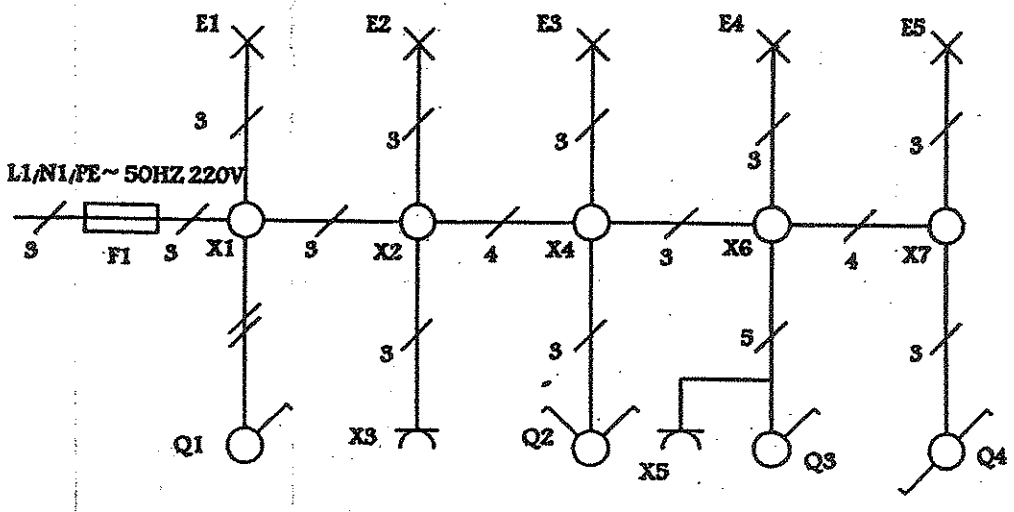
ترسیم کننده:سید صدقی	نام نقشه: مدار رنگ امپر کنترل ژنریکه شده	تیراژ:
بازبین کننده:		تاریخ: ۸۸/۷/۲
شماره نقشه:۱۹		نوع نقشه: E

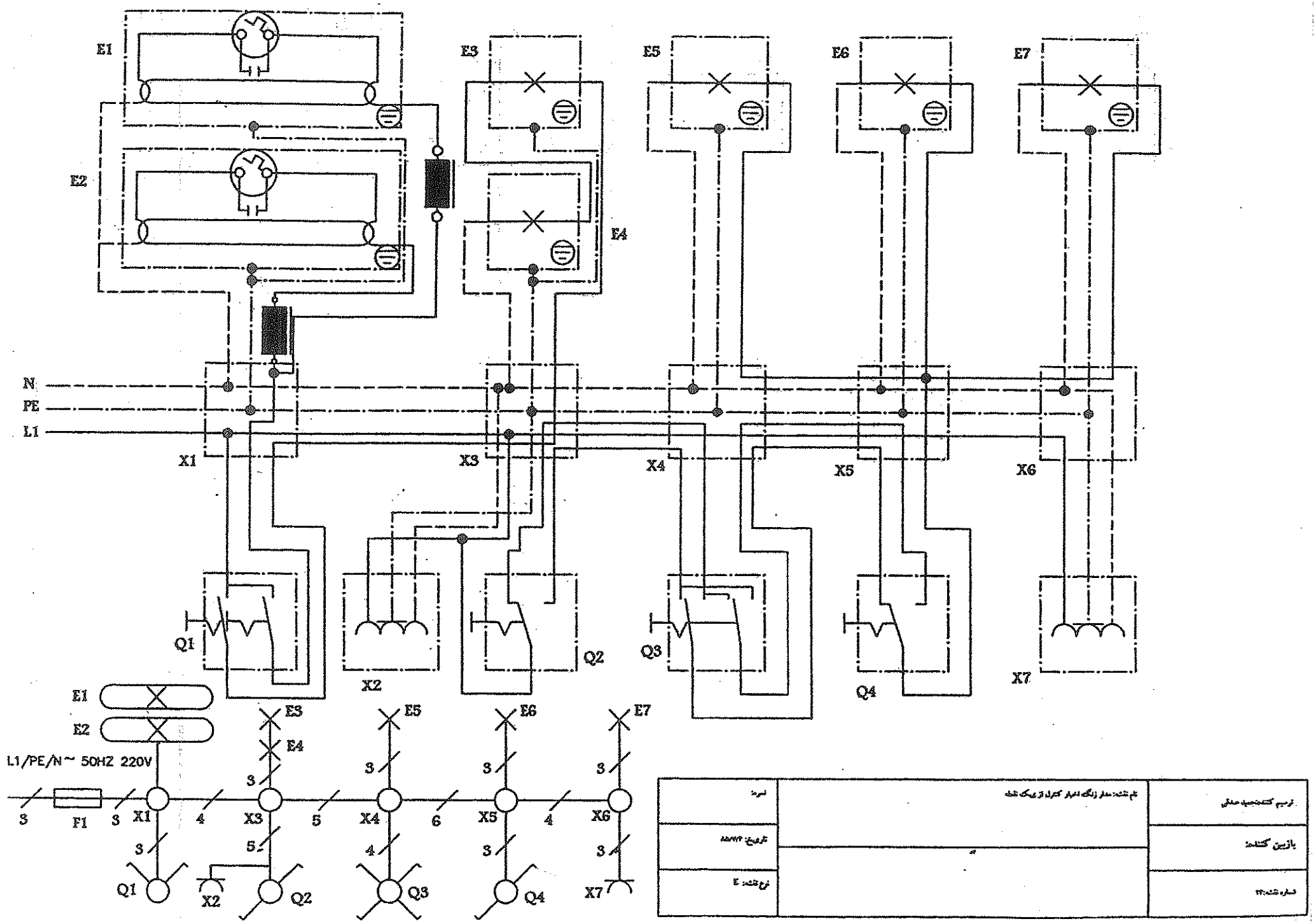
L1
N
F1
Q1
X1
X2
Q2
X2
Q3
X3
Q4
X4
L1-N-220V~50HZ
F1
X1
XZ
Q1
X5
Q2
X4
Q3
X5
Q4



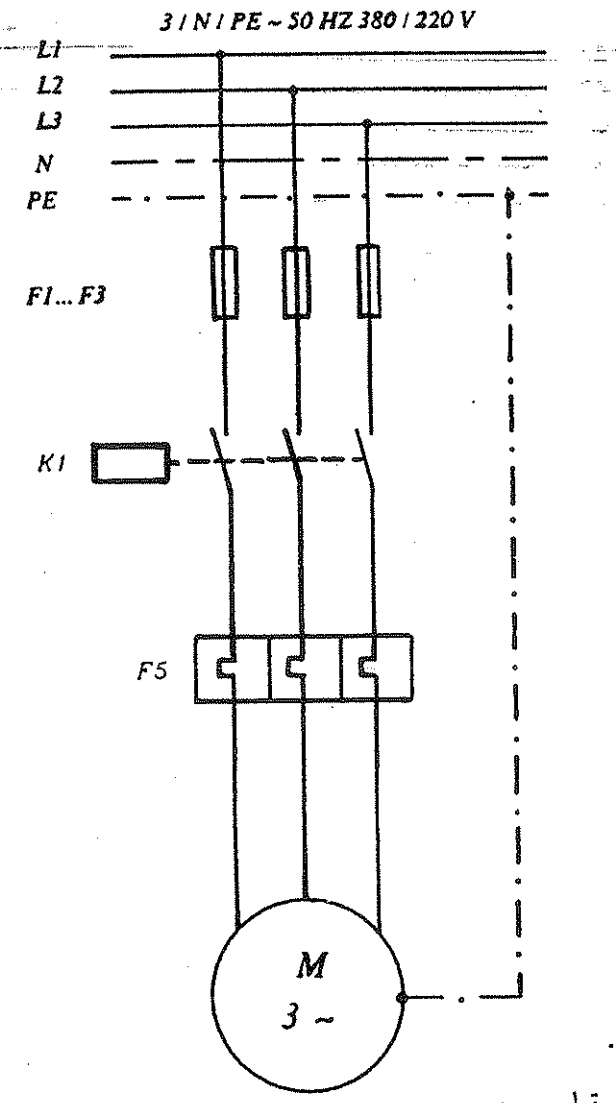
ترسیم کننده:حمید صادق	نام نقشه:مدار آبگرد با مبرد گن	شماره:
بازبین کننده:		تاریخ: ۸۵/۷/۱۴
شماره نقشه:۲۱		نوع نقشه: E

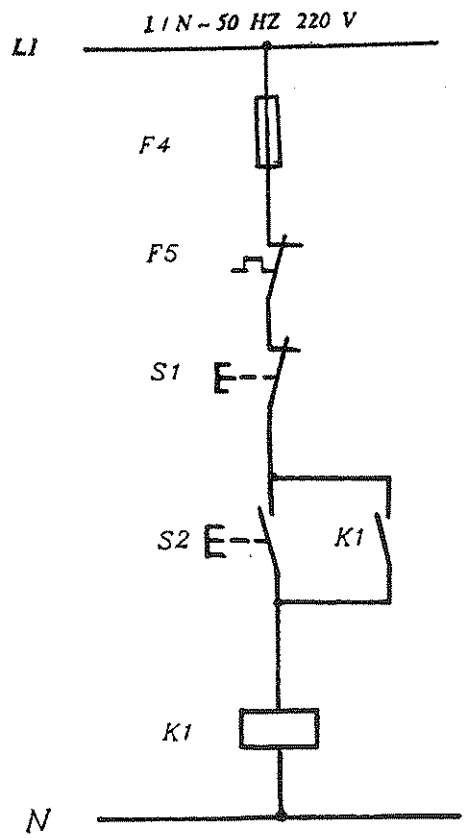

N
PE
L1
F1
X1
X2
X4
X6
X7
Q1
X3
Q2
X5
Q3
Q


E1
E2
E3
E4
E5
3
L1/N1/PE~ 50HZ 220V
F1
X1
X2
4
X4
X6
X7
5
Q1
X3
Q2
X5
Q3
Q4


E1
E2
E3
E4
E5
E6
E7
N
PE
L1
X1
X3
X4
X5
X6
X7
Q1
Q2
Q3
Q4
X2
L1/PE/N~ 50HZ 220V
F1
3
4
5
6

راه اندازی موتور سه فازه روتور قفسی توسط
کنتاکتور (کنترل ازیک محل)





شرایط کار :

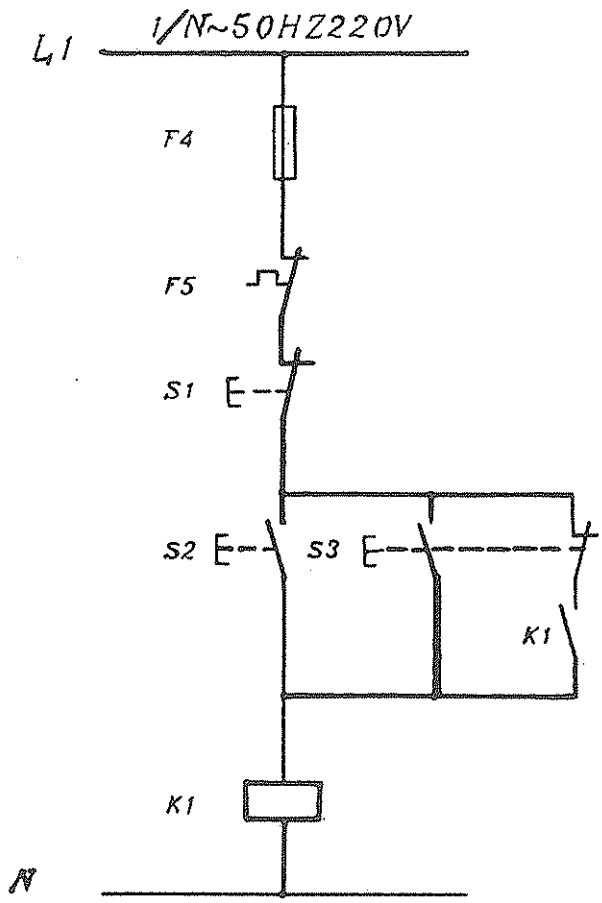
ـ با فشرده شدن شستی S2 موتور روشن گردد.

و با رها شدن شستی S2 موتور بکار خود ادامه دهد.

ـ با فشرده شدن شستی S1 (STOP) موتور به حالت قطع برود.

و با رها شدن S1 موتور خاموش باقی بماند.

راه اندازی موتور سه فازه روتور قفسی
به صورت دائم و لحظه ای (کنترل ازیک محل)



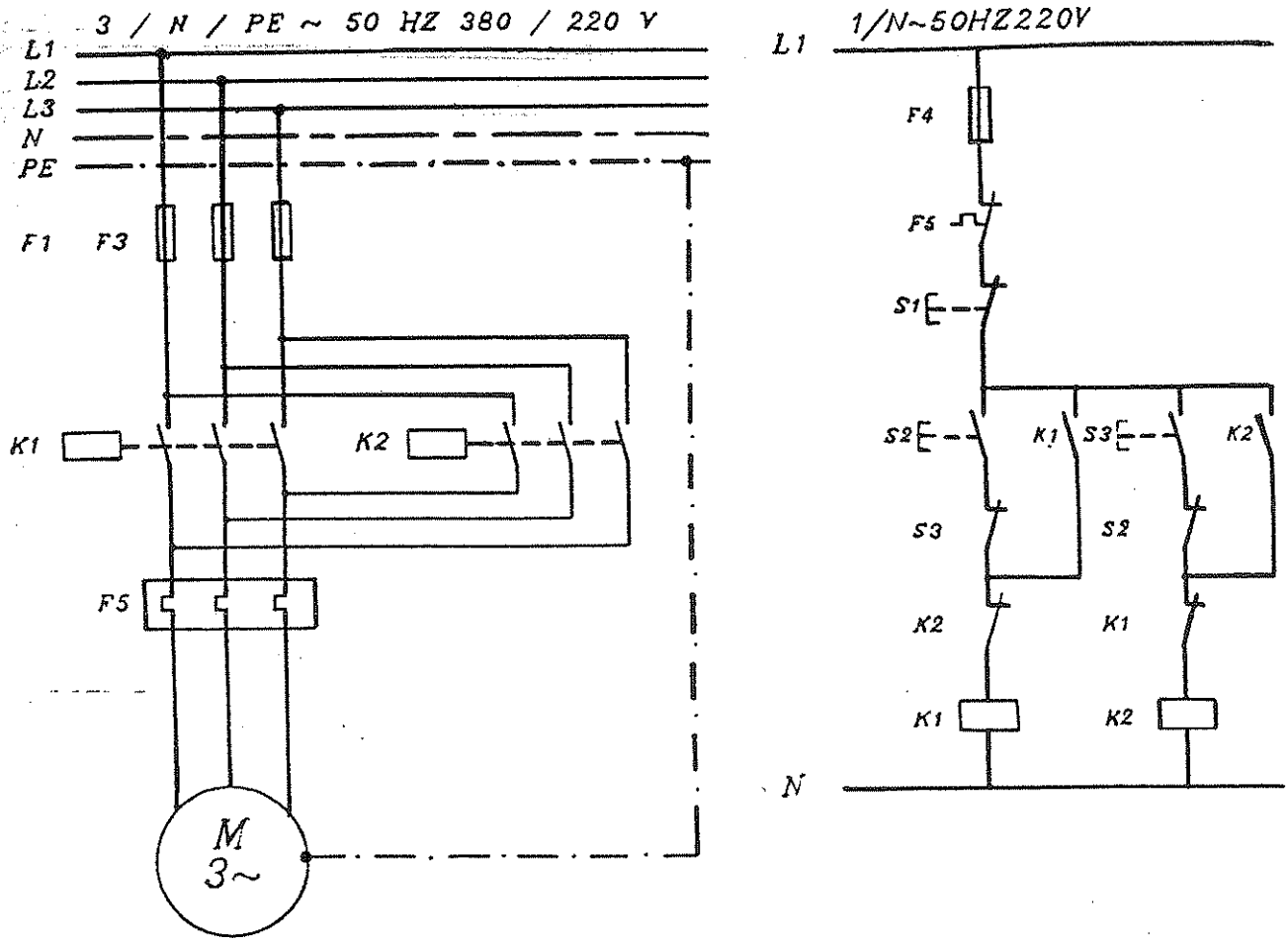
شرایط کار :

ـ با فشرده شدن شستی S2 موتور روشن و با رها شدن S2 موتور بکار خود ادامه دهد.

ـ با فشرده شدن شستی S3 موتور روشن و با رها شدن S3 موتور از کار بیفتد.

ـ با فشرده شدن شستی S1 موتور به حالت قطع برود.

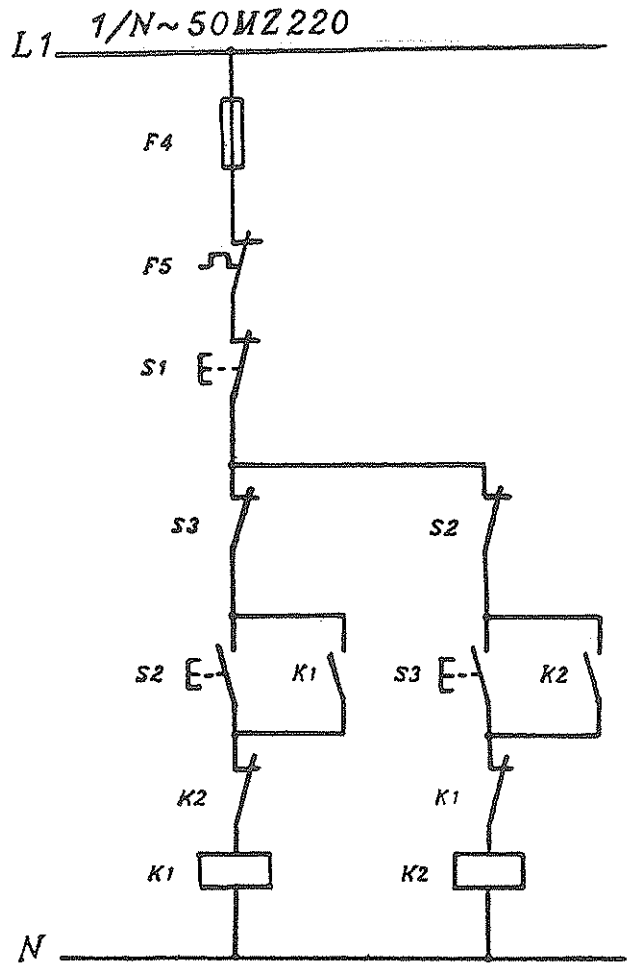
راه اندازی موتور سه فازه روتور قفسی به صورت چپ گرد و راست گرد با حفاظت کامل



شرایط کار :

- با فشرده شدن شستی S2 موتور به صورت راست گرد کار کند.
- با فشرده شدن شستی S3 موتور به صورت چپ گرد کار کند.
- تغییر جهت گردش موتور فقط از وضعیت STOP ممکن باشد.
- در صورتی که موتور در حالت STOP باشد با فشرده شدن هر دو استارت بطور همزمان هیچکدام از کنتاکتور ها جذب نگردند.

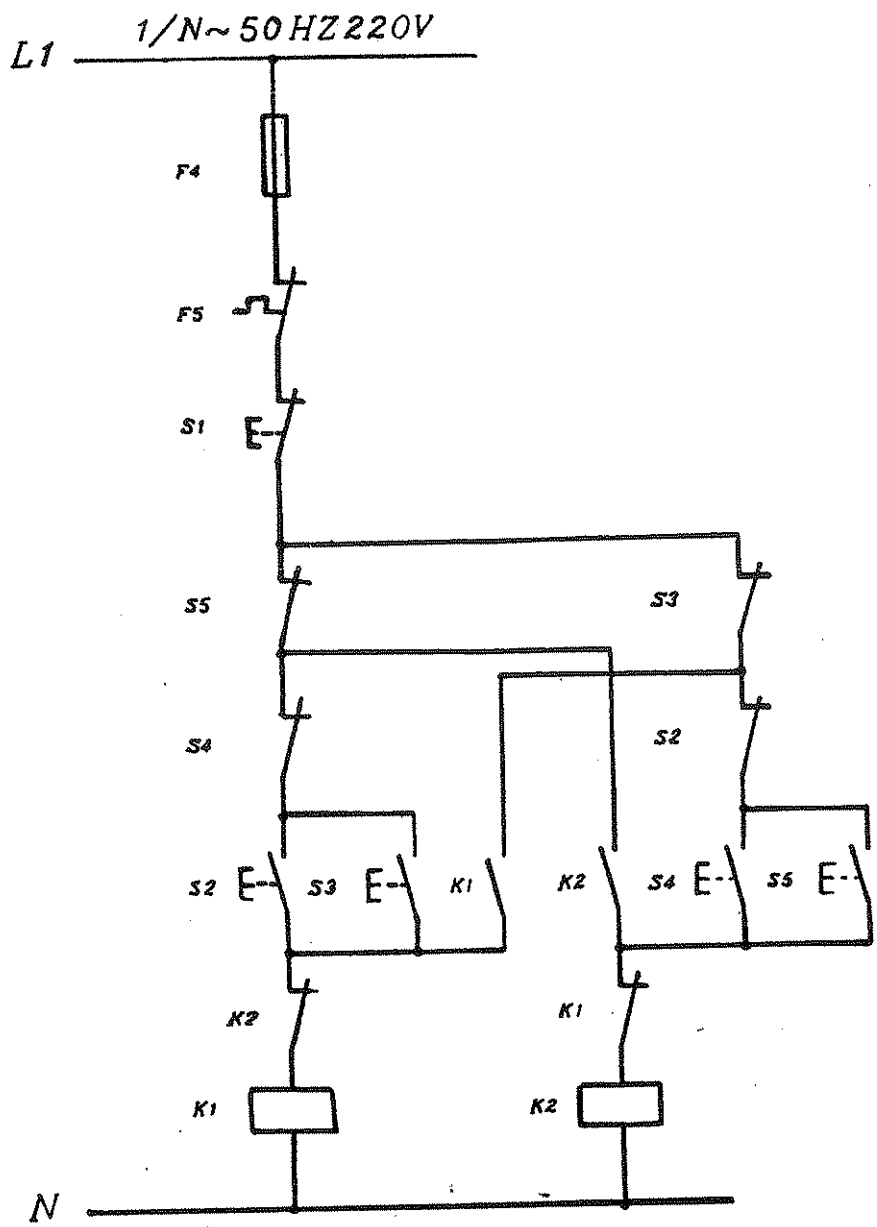
راه اندازی موتور سه فازه روتور قفسی به صورت چپ گرد و راست گرد سریع کنترل ازیک نقطه



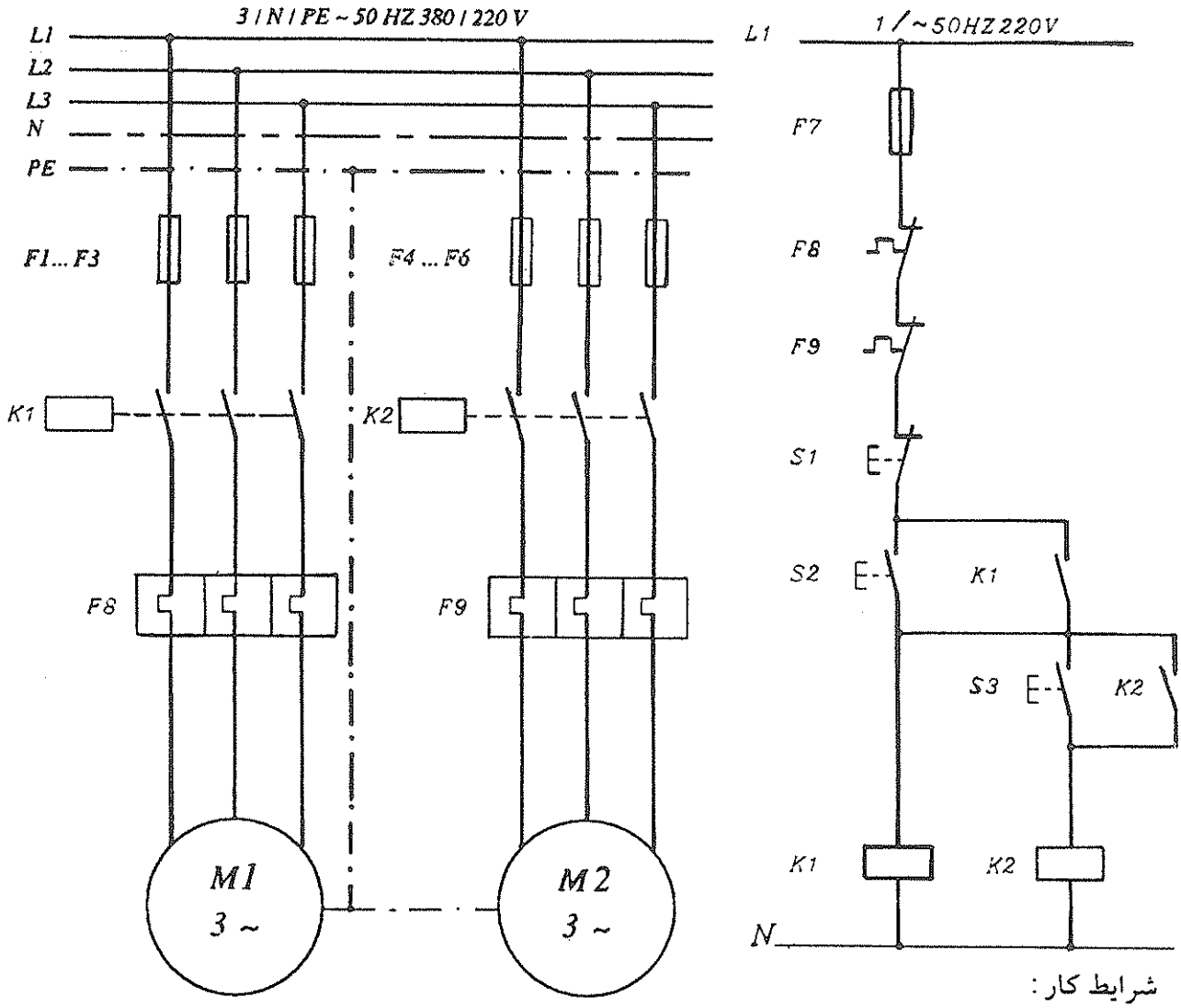
شرایط کار :

- با فشرده شدن شستی S2 موتور به صورت راست گرد کار کند.
- با فشرده شدن شستی S3 موتور به صورت چپ گرد کار کند.
- با فشرده شدن شستی S1 موتور به حالت قطع برود.
- تغییر جهت گردش موتور در هر دو حالت راست گرد و چپ گرد به صورت سریع امکان پذیر باشد.

راه اندازی موتور سه فازه روتور قفسی به صورت چپ گردو راست گرد لحظه ای و دایم کنترل ازیک نقطه



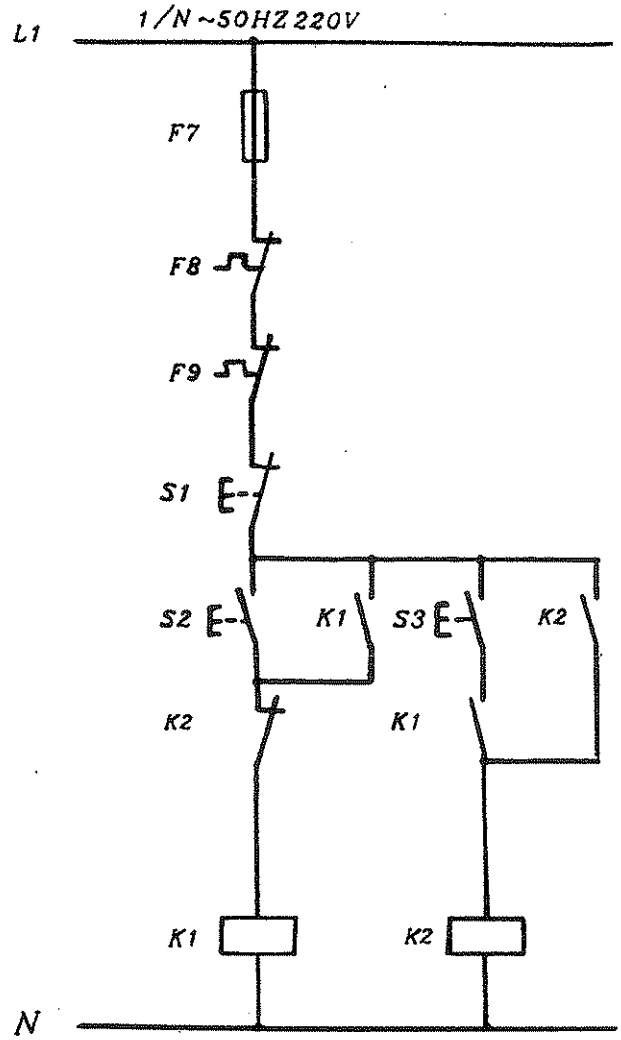
راه اندازی موتور سه فازه روتور قفسی
به صورت ترتیبی (یکی پس از دیگری)



شرایط کار :

- با فشرده شدن شستی S2 موتور M1 روشن گردد.
- با فشرده شدن شستی S3 در صورتی که موتور M1 روشن باشد موتور M2 نیز روشن گردد.
- در صورتی که به هر دلیل کنتاکتور K1 از کار افتاد موتور M2 نیزخاموش گردد.
- با فشرده شدن شستی S1 (STOP) هر دو موتور خاموش گردند.

راه اندازی موتور سه فازه روتور قفسی
به صورت ترتیبی (یکی بجای دیگری)



شرایط کار :

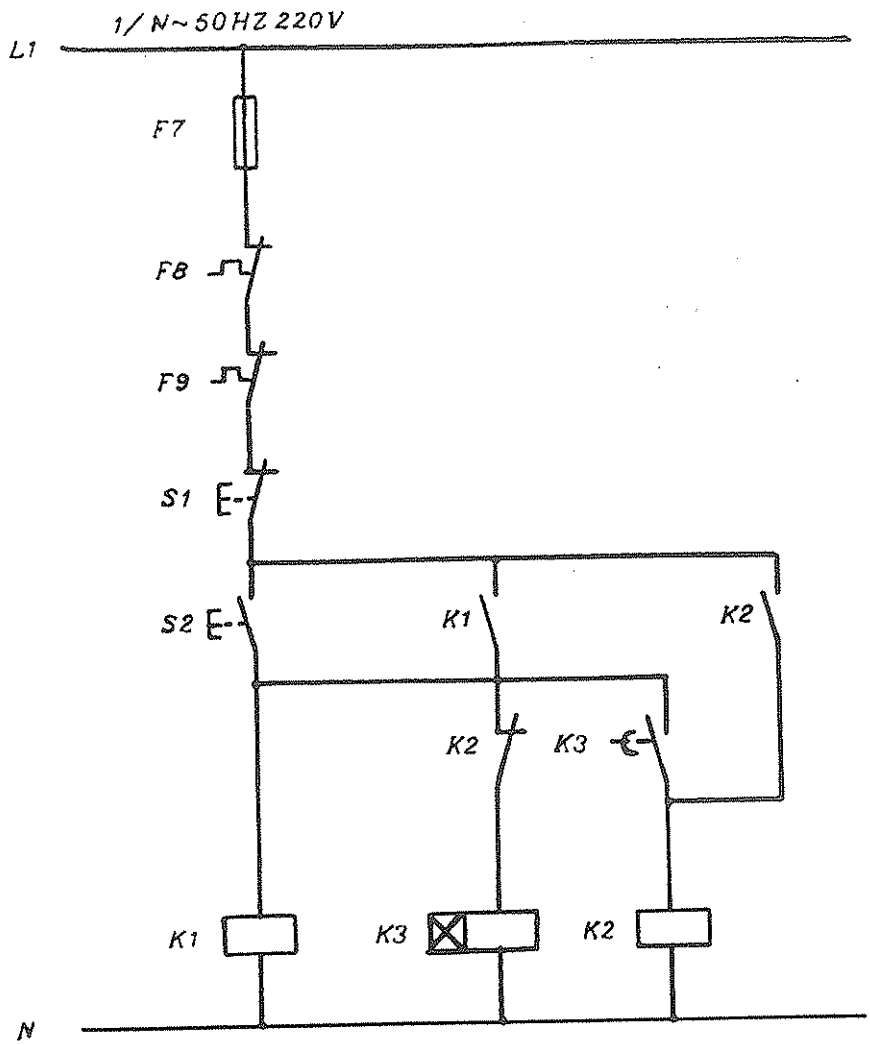
ـ با فشرده شدن شستی S2 موتور M1 روشن گردد.

ـ با فشرده شدن شستی S3 در صورتی که موتور M1 روشن باشد موتور M2 نیز روشن گردد.

ـ با بکار افتادن موتور M2 موتور M1 خاموش شود.

ـ با فشرده شدن شستی S1 (STOP) موتور روشن ، خاموش شود.

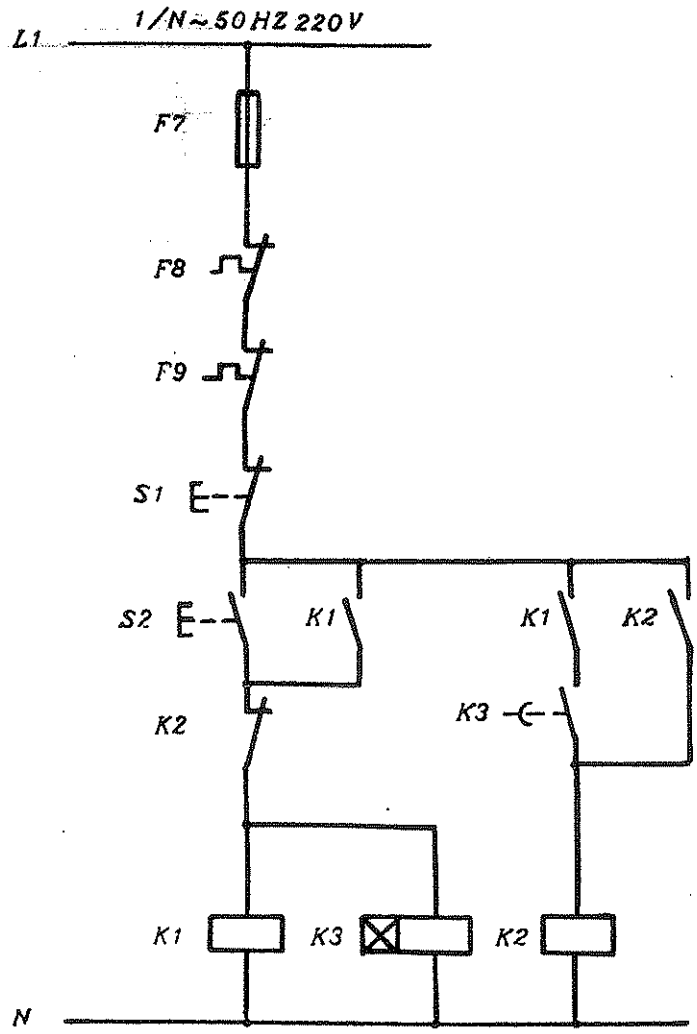
راه اندازی موتور سه فازه روتور قفسی به صورت یکی
پس ازدیگری بااستفاده ازرله زمانی (تایمر)



شرایط کار:

- با فشرده شدن شستی S2 موتور M1 روشن گردد.
- پس از زمان تعیین شده موتور M2 شروع بکار نماید.
- با فشرده شدن شستی S1 هر دو موتور خاموش گردند.

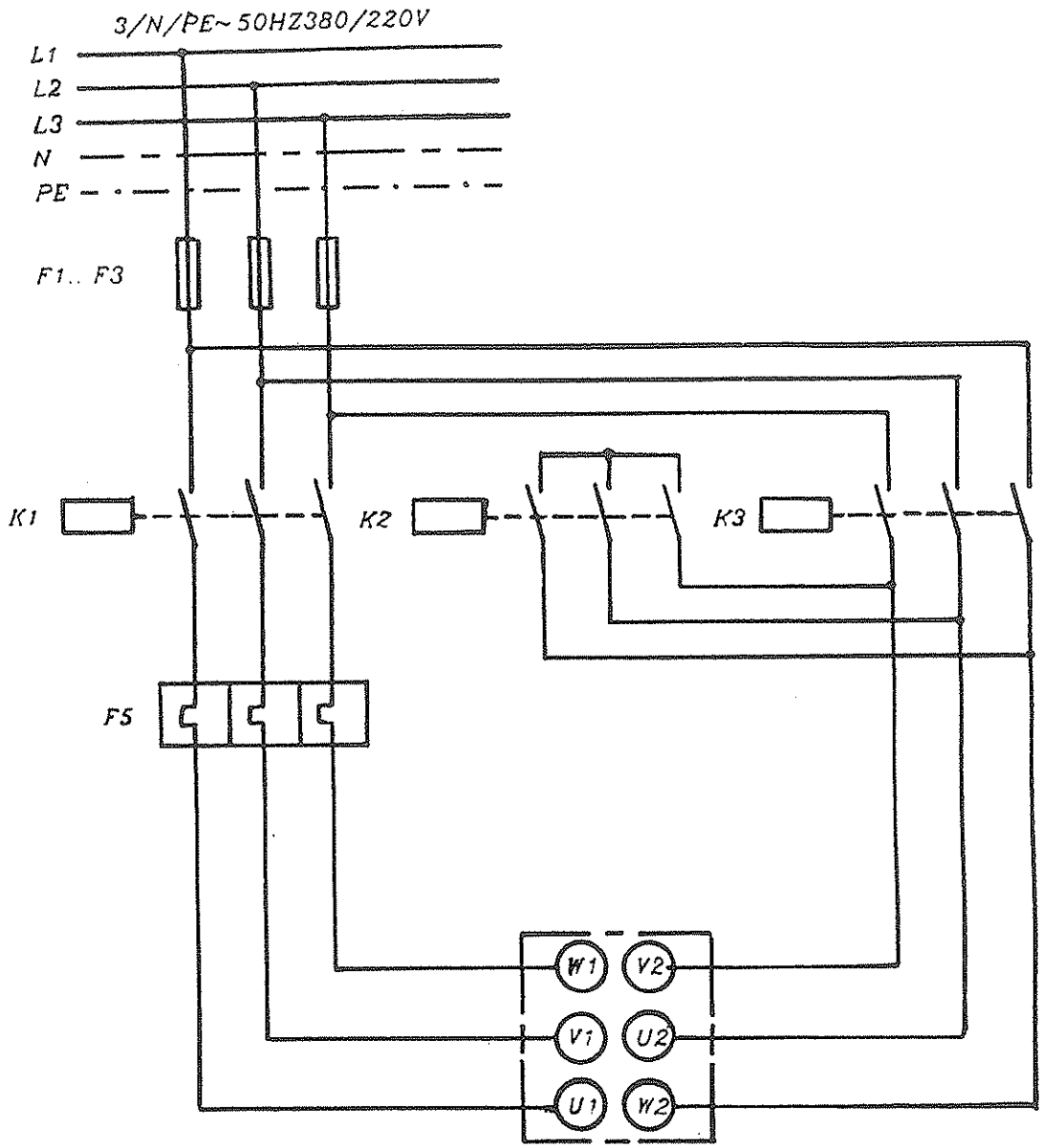
راه اندازی موتور سه فازه روتور قفسی
یکی بجای دیگری بااستفاده از رله زمانی (تایمر)



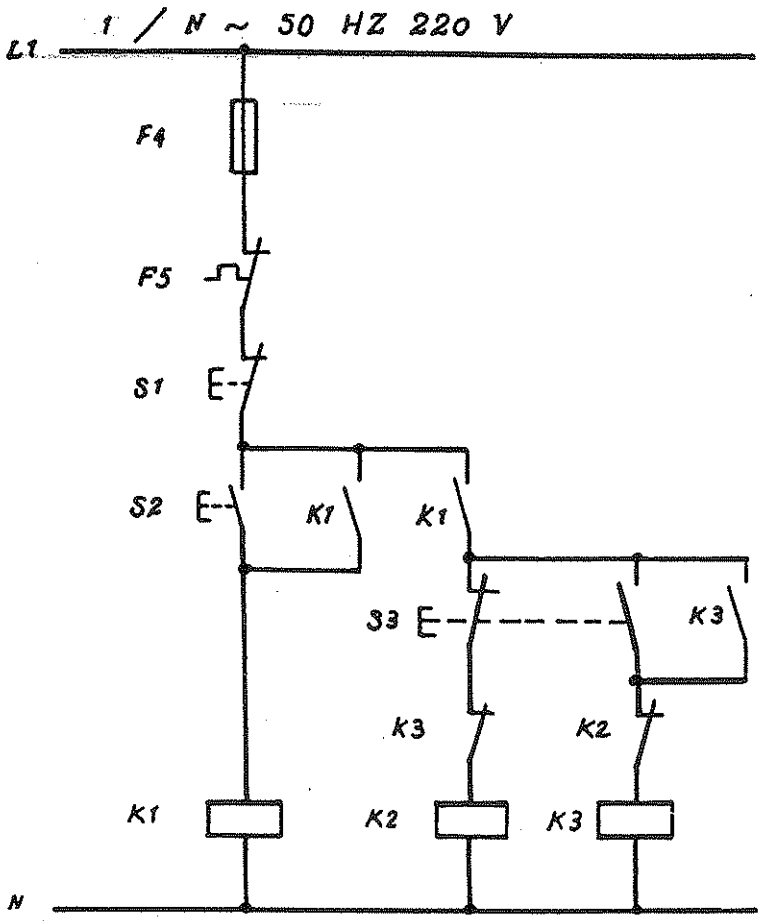
شرایط کار :

- با فشرده شدن شستی S2 موتور M1 روشن گردد.
- پس از زمان تعیین شده موتور M2 شروع بکار کرده و موتور M1 خاموش گردد.
- با فشرده شدن شستی S1 در صورتی که هر کدام از موتور ها روشن باشد خاموش گردد.

مدار قدرت موتور سه فازه روتور قفسی
(ستاره مثلث)



راه اندازی موتور سه فازه روتور قفسی
به صورت ستاره مثلث دستی با استفاده از کنتاکتور



شرایط کار :

ـ با فشرده شدن شستی S2 موتور به صورت ستاره شروع بکار می نماید.

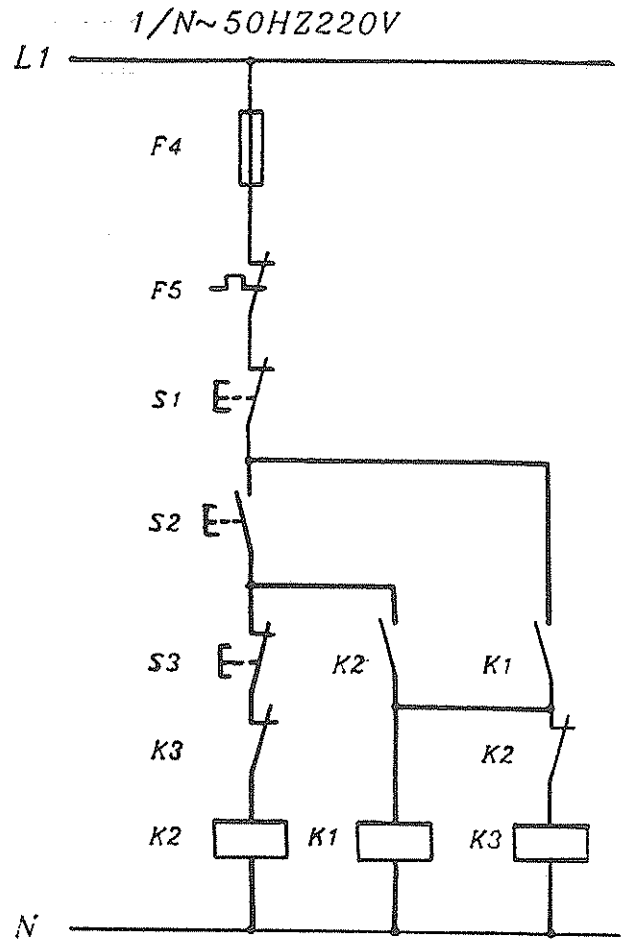
و با رها شدن شستی S2 موتور بکار خود ادامه می دهید.

ـ با فشرده شدن شستی S3 (در صورتی که موتور در حالت ستاره باشد)

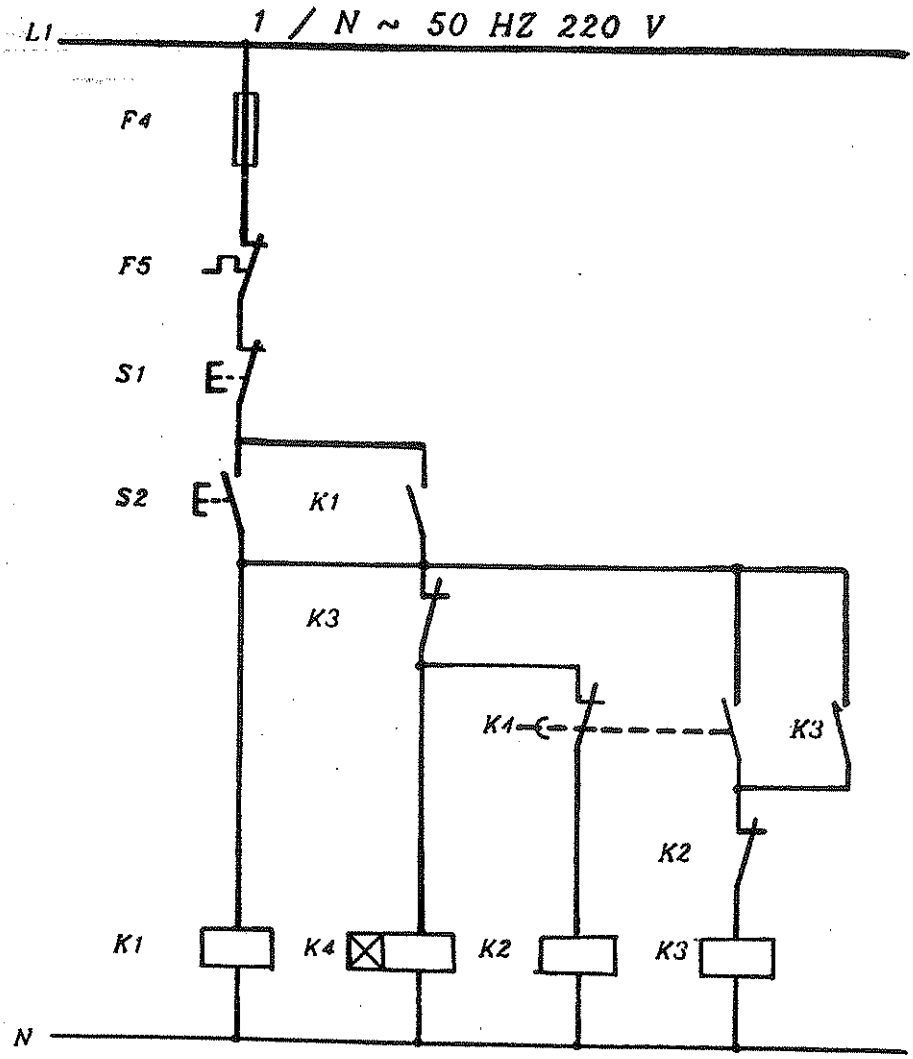
کنتاکتور ستاره قطع و موتور بصورت مثلث بکار خود ادامه می دهد.

ـ با فشرده شدن شستی S1 موتور در هر حالت کاری که باشد به حالت توقف می رود.

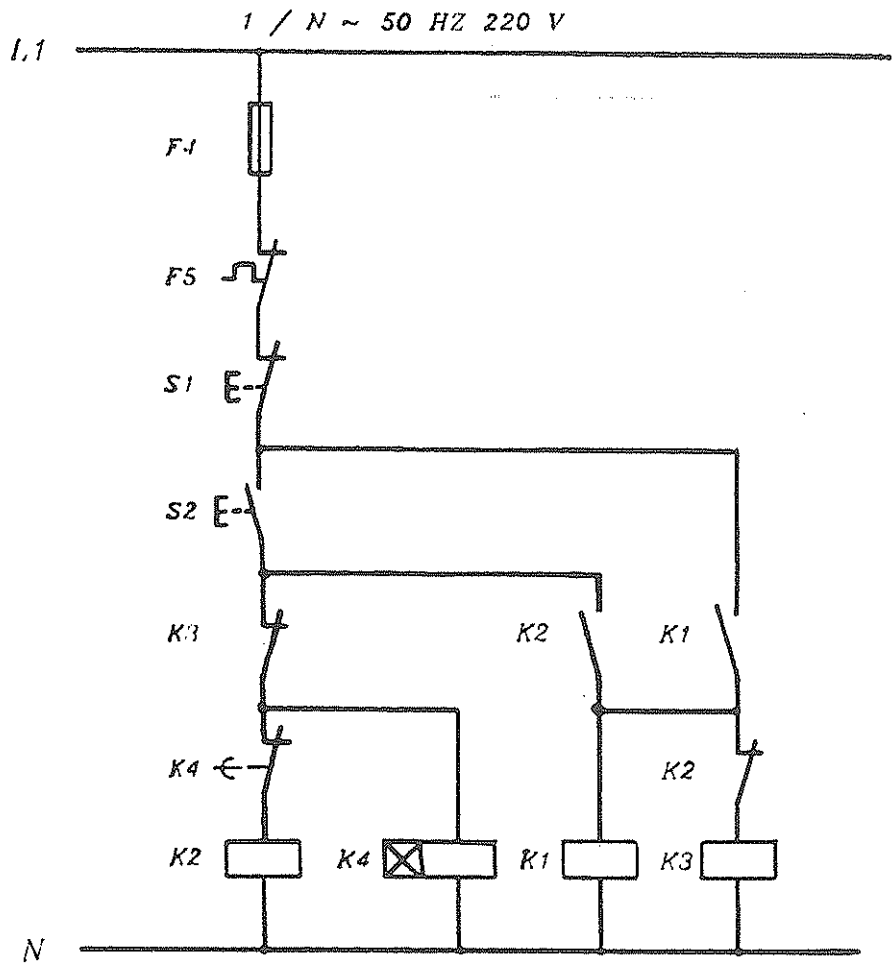
راه اندازی موتور سه فازه روتور قفسی
به صورت ستاره مثلث دستی با استفاده از کنتاکتور



راه اندازی موتور سه فازه روتور قفسی
ستاره مثلث اتوماتیک



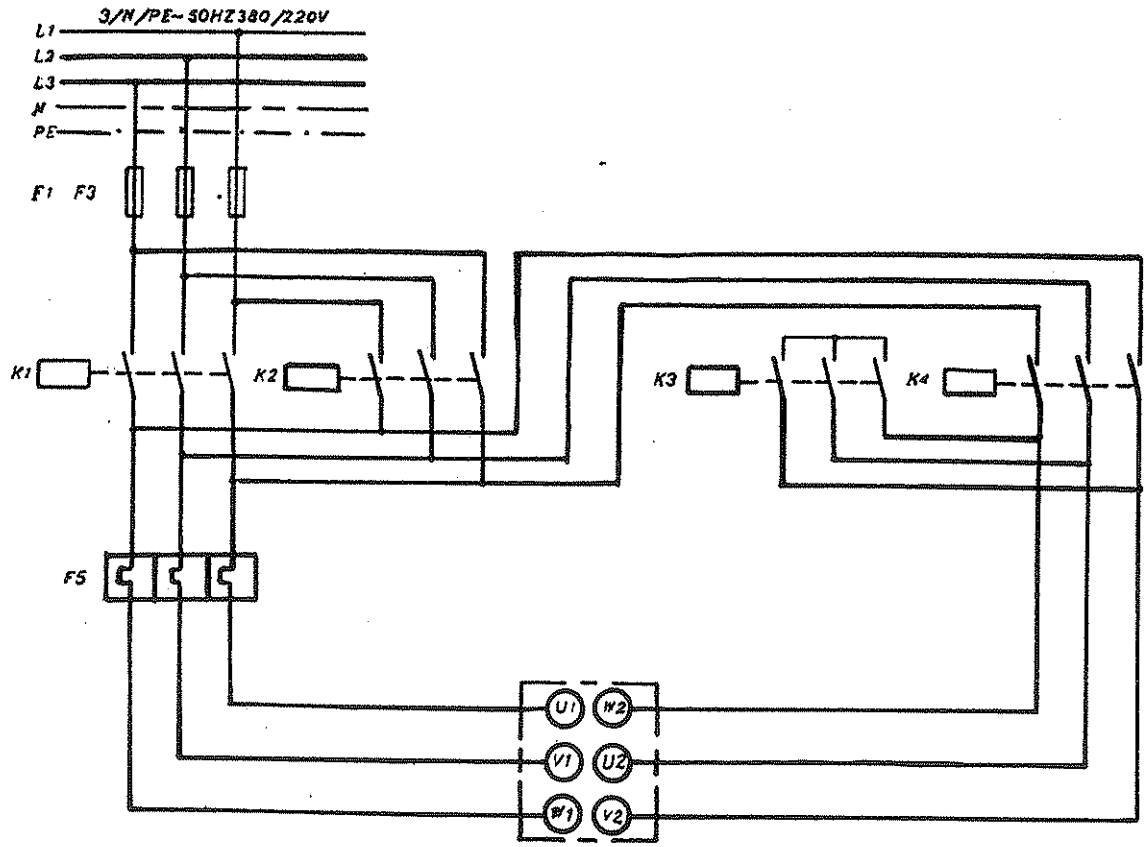
راه اندازی موتور سه فازه روتور قفسی
ستاره مثلث اتوماتیک



شرایط کار:

ـ با فشرده شدن S2 موتور بصورت ستاره شروع بکار نماید و پس از زمان از پیش تعیین شده از حالت ستاره خارج و به صورت مثلث تا زمان فشرده شدن شستی S1 (STOP) بکار خود ادامه دهد.

مدار قدرت موتور سه فازه روتور قفسی
(ستاره مثلث چپ گرد و راست گرد)



شرایط کار :

ـ با فشرده شدن شستی S2 موتور به صورت راست گرد و ستاره شروع بکار نماید.

ـ در حالتی که موتور بصورت ستاره کار می کند اگر شستی S4 فشرده شود موتور از حالت ستاره به حالت مثلث برود.

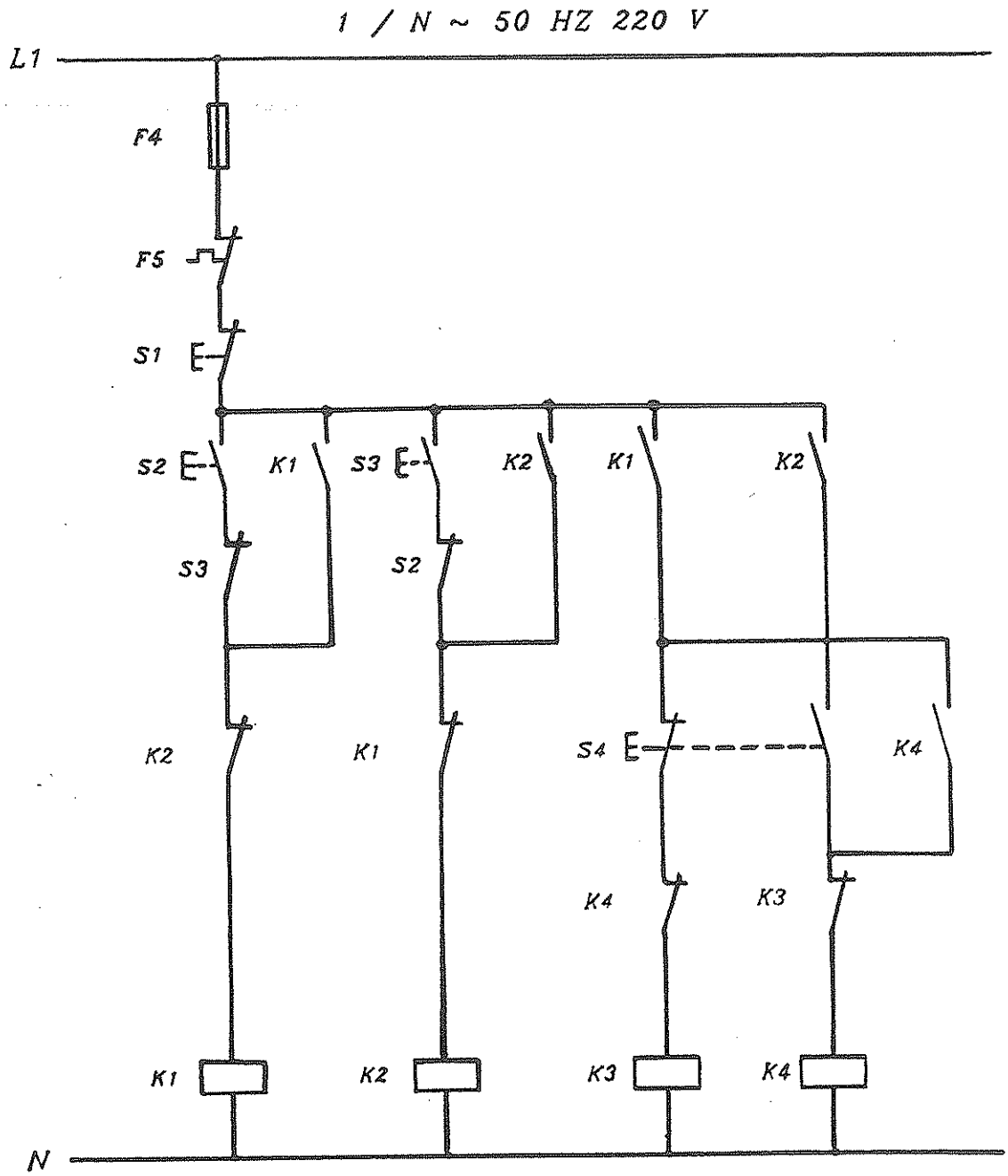
ـ با فشردن شستی S3 موتور به صورت چپ گرد و ستاره شروع بکار نماید.

ـ در حالیکه موتور بصورت ستاره کار می کند اگر شستی S4 فشرده شود موتور از حالت ستاره به حالت مثلث برود.

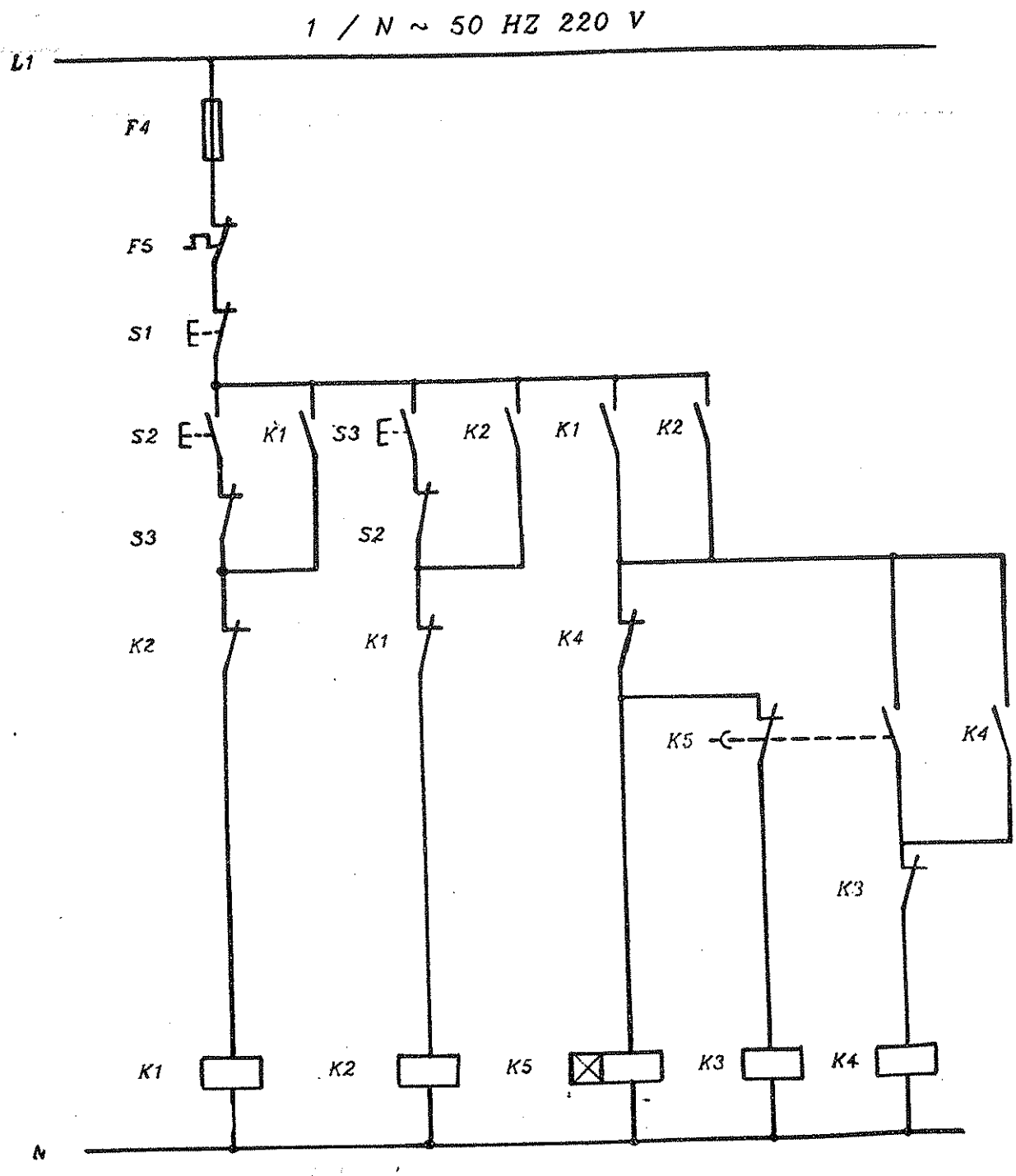
ـ با فشرده شدن شستی S1 موتور در هر حالتی که باشد به حالت توقف برود.

ـ تغییر جهت گردش موتور فقط از حالت توقف (STOP) امکان پذیر باشد.

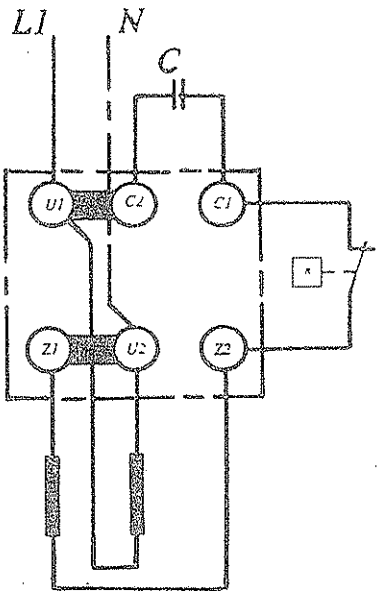
راه اندازی موتورسه فازه روتورقفسی به صورت ستاره
مثلث چپ گرد وراست گرد دستی توسط کنتاکتور

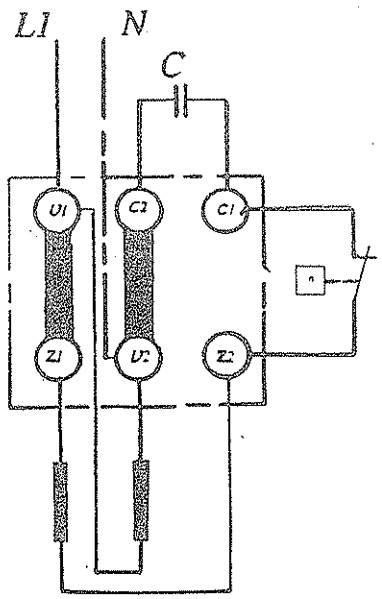


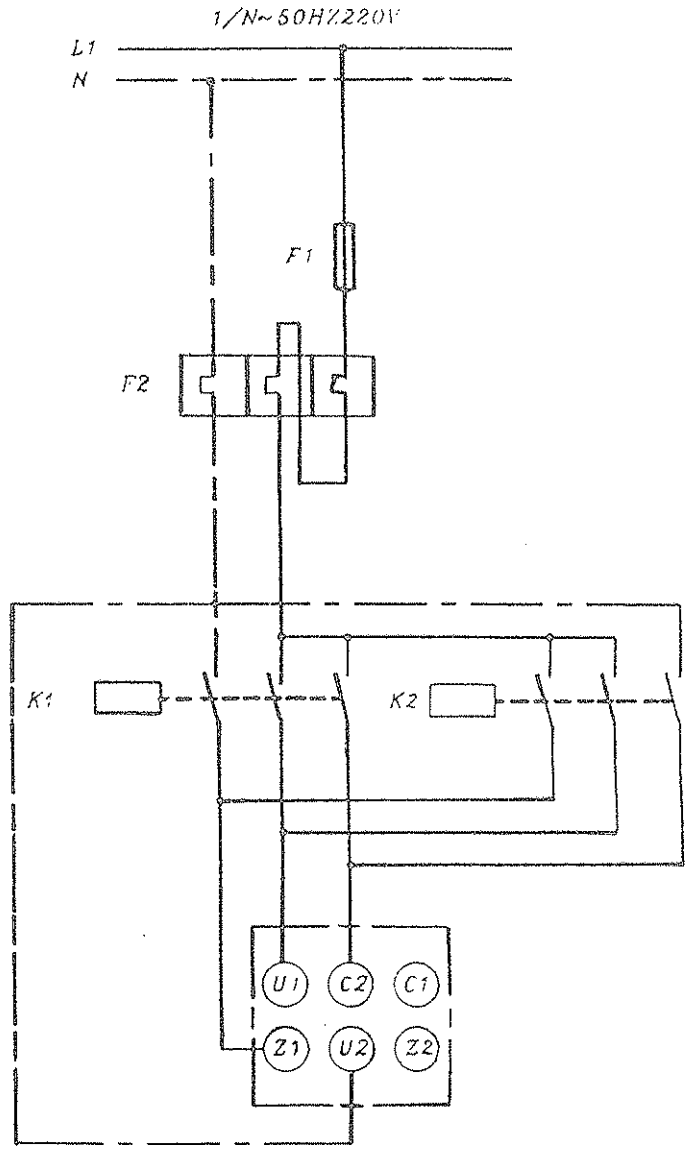
راه اندازی موتور سه فازه روتور قفسی
به صورت ستاره مثلث چپ گرد و راست گرد اتوماتیک



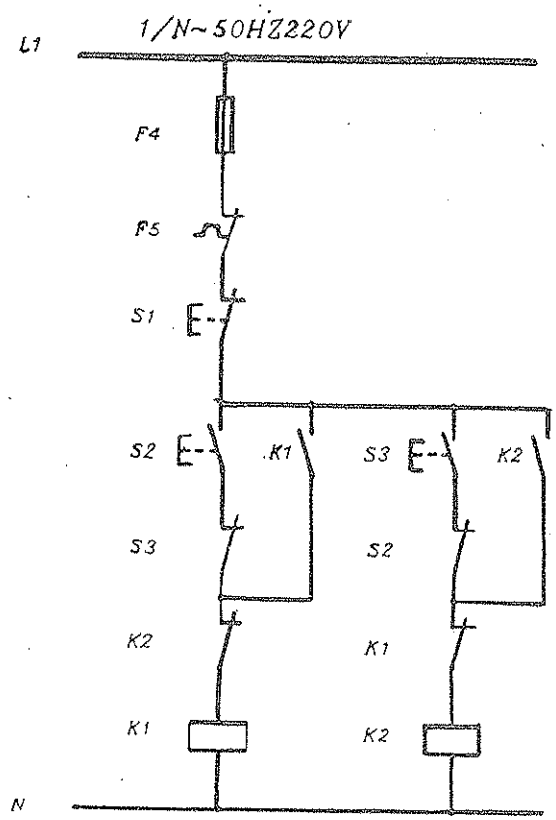
مدار قدرت موتور تک فاز (به صورت چپ گرد و راست
گرد با اتصال کلم موتور)







راه اندازی موتور تک فاز به صورت چپ گرد و راست گرد (با حفاظت کامل)



شرایط کار :

ـ با فشرده شدن شستی S2 موتور به صورت راست گرد کار کند.

ـ با فشرده شدن شستی S3 موتور به صورت چپ گرد کار کند.

ـ تغییر جهت گردش موتور فقط از وضعیت STOP ممکن باشد.

ـ در صورتی که موتور در حالت STOP باشد با فشرده شدن هر دو استارت بطور همزمان هیچکدام از کنتاکتور ها جذب نگردد.

منابع مورد استفاده :

۱- ماشینهای الکتریکی جریان متناوب سید محمد طالقانی انتشارات علمی و فنی چاپ ۱۳۶۱

۲- تکنولوژی برق جلد چهارم پی- ال- ترارا ترجمهٔ مهندس سعید شاری نژاد چاپ ۱۳۶۹

۳- اصول و بانی مدارهای الکتریکی توماس فلوید ترجمهٔ دکتر مهرداد عابدی

٤- مبانی تکنولوژی برق ترجمهٔ مهندس مسلم نیکزاد

۵- حفاظهای وسرمان برق

۶- دستگاههای اندازه گیری مهندس مسعود سلطانی انتشارات دانشگاه تهران

۷- کارگاه سیم کشی (۱) هنرستان نظام جدید

۸- کارگاه برق صنعتی هنرستان نظام جدید

۹- اصول الکترونیک مهندس سرابی

۱۰- ابزار شناسی سازمان آموزش فنی و حرفه‌ای

۱۱- کار کارگاهی سال سوم رشته برق