

فصل سوم : مفاهیم پایه ای الکتریسته

مقدمه

انرژی الکتریکی در زندگی امروزی نقش اساسی را بازی می کند و تصور زندگی بدون برق محال است پیشرفت ها و آسایشاتی که در چند دهه اخیر نصیب انسان شده بی شک مدیون انرژی الکتریکی است . کاربرد انرژی الکتریکی را در همه جا می توان دید پس شناخت اصول و مبانی برق برای هر فردی می تواند دریچه ای نو به سوی دریایی از علم بگشاید و او را به سوی آینده ای روشن سوق دهد .

تاریخچه

اگر چه امروزه انرژی الکتریکی سراسر زندگی انسان ها را تحت تاثیر خود قرار داده است، اما سابقه و قدمت زیادی ندارد . یونانی های باستان ۲۰۰۰ سال پیش مشاهده کردند که وقتی کهربا را با جسم دیگر مالش می دهند با نیروی مرموزی باردار می - شود که می تواند اجسامی مانند کاه و برگ خشک را جذب کند . الکتریسته از الکترون گرفته شده است که نام یونانی کهربا است . در سال ۵۸۵ میلادی دانشمند یونانی به نام تالس برای نخستین بار در نوشته هایش خاصیت کهربا را معرفی کرده است .

در سال ۱۶۰۰ میلادی ویلیام گیلبرت نیروی الکتریسته را نام گذاری کرد ، اجسامی که مانند کهربا عمل می کردند را الکتریک و اجسام دیگر را غیر الکتریک نامید . در سال ۱۶۶۳ اتوفون گوریکه دستگاه تولید بارهای الکتریکی و در سال ۱۸۰۰ الکساندر ولتا پیل الکتریکی را ساخت، در سال ۱۸۲۶ سیمون اهم قانون اهم، و در سال ۱۸۱۹ هانس کریستین ارستد میدان مغناطیسی ناشی از جریان الکتریکی را کشف کرد . در سال ۱۸۳۱ مایکل فارادی دستگاهی ساخت که از حرکت دورانی بار الکتریکی تولید می کرد . در سال ۱۸۴۰ ژول قوانین گرمای ژول را فرموله کرد و در سال ۱۸۶۷ زیمنس نخستین مولد برق dc و در سال ۱۸۶۸ نخستین موتور dc را ساخت . در سال ۱۸۷۹ ادیسون لامپ را اختراع کرد و در سال ۱۸۸۲ نخستین مؤسسه ی تولید برق را برای تأمین روشنایی یکی از خیابان های شهر نیویورک تأسیس کرد . در سال ۱۸۸۵ ترانسفورماتور توسط بلاتی، و در سال ۱۸۸۹ ژنراتور و موتور سه فاز توسط دوبروسکی ساخته شد . در سال ۱۸۸۵ توسط ناصرالدین شاه یک ژنراتور ۳ کیلو وات dc وارد ایران شد و حدود بیست سال بعد اولین مؤسسه ی تولید برق ایران در خیابان چراغ برق (امیرکبیر) برای تأمین روشنایی مورد بهره برداری قرار گرفت .

ساختمان ماده

تعریف ماده : هر چیز را که بتوان دید، احساس کرد، یا به کار برد، ماده می گویند در واقع هر چیزی را که حجم و فضا را اشغال می کند ماده نام دارد که به سه صورت جامد، مایع، گاز، مانند چوب، آب و اکسیژن در طبیعت وجود دارند .

عنصر : تمام چیز هایی که در اطراف ما هستند از عنصر تشکیل شده اند عناصر اجزای تشکیل دهنده ماده اند ، بیش از ۱۰۰ نوع عنصر وجود دارد که ۹۲ عنصر به طور طبیعی وجود دارند و بقیه توسط انسان ساخته شده است .

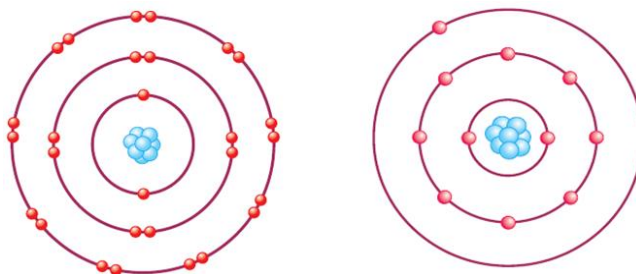
ترکیب : عناصر با هم دیگر ترکیب می شوند و مواد جدیدی را به وجود می آورند که از نظر خواص به هیچ وجه مشابه عناصر نیستند، برای مثال آب یک ترکیب است که از دو عنصر هیدروژن و اکسیژن به وجود آمده است .

مولکول : کوچکترین جزء ترکیب است که می توان آن را به اجزای کوچکتر تقسیم کرد به طوری که خواص آن ترکیب را همچنان داشته باشد ، برای مثال اگر یک قطعه نمک خوراکی را مرتباً نصف کنیم، به طوری که تا حد ممکن کوچک شود . ولی هنوز خاصیت نمک را داشته باشد ، می توان گفت که به یک مولکول نمک رسیده ایم . چنانچه آن را دو باره نصف کنیم نمک به عناصر تشکیل دهنده اش تجزیه خواهد شد که خواص نمک را ندارند .

اتم : کوچکترین جز یک عنصر است که هنوز خواص آن را دارد ، مانند اتم هیدروژن و اکسیژن که از تجزیه مولکول آب به دست می آید .

ساختمان اتم

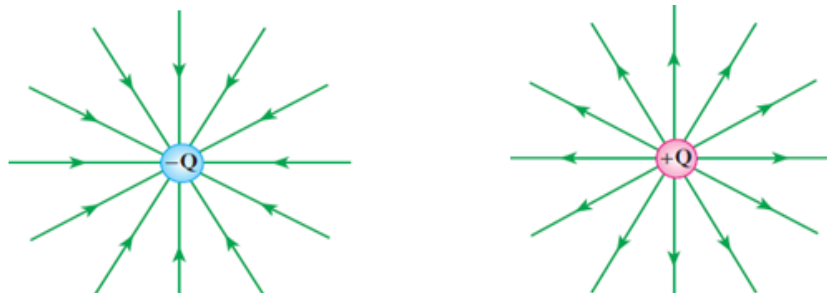
بر اساس آزمایشاتی که توسط دانشمندان در گذشته انجام شده است کشف شد که تمام مواد شامل قسمت های بنیادی بسیار ریزی به نام اتم هستند و این اتم ها شامل اجزای کوچکتری به نام ذره هستند. اتم دارای سه ذره ی پروتون با بار مثبت در هسته، نوترون با بار خنثی در هسته و الکترون با بار منفی که در اربیتال ها یا مدارهایی به دور هسته گردش می کنند.



هسته ی اتم : قسمت مرکزی اتم ، هسته نام دارد که پروتون و نوترون درون آن قرار دارند.

پروتون : پروتون در هسته ی اتم قرار دارد و دارای بار الکتریکی مثبت 1.6×10^{-19} کولن است که دارای خطوط نیرویی است که به صورت شعاعی و مستقیم در تمام جهات از آن خارج می شود . طبق نظریه ی اتمی پروتون جز اصلی اتم به شمار می آید و جدا کردن آن از اتم بسیار مشکل است به همین دلیل در ایجاد جریان الکتریکی نقشی ندارد . تعداد پروتون های موجود در هسته باعث تفاوت دو عنصر می شود، برای مثال هیدروژن ۱، اکسیژن ۸، و مس ۲۹ پروتون دارد .

الکترون : الکترون ذراتی هستند که در مدارهایی به دور هسته ی اتم حرکت می کنند و دارای بار الکتریکی منفی 1.6×10^{-19} کولن است که دارای خطوط نیرویی است که به صورت شعاعی و در تمام جهات به آن وارد می شود ، قطر الکترون سه برابر قطر پروتون است ولی جرم آن ۱۸۴۰ برابر سبک تر است، الکترون ها با دریافت انرژی به راحتی از اتم جدا شده و به صورت الکترون آزاد در می آیند، به همین دلیل در ایجاد جریان الکتریکی نقش اصلی را ایفا می کند.

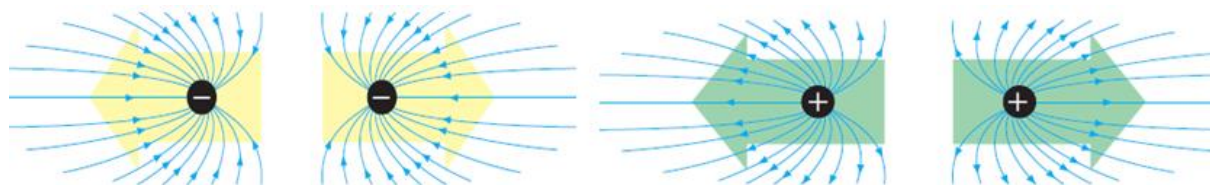


نوترون : نوترون با بار خنثی در هسته ی اتم قرار دارد .

عدد اتمی و جرمی : به تعداد پروتون ها عدد اتمی و به مجموع تعداد نوترون ها و پروتون های اتم، عدد جرمی می گویند .

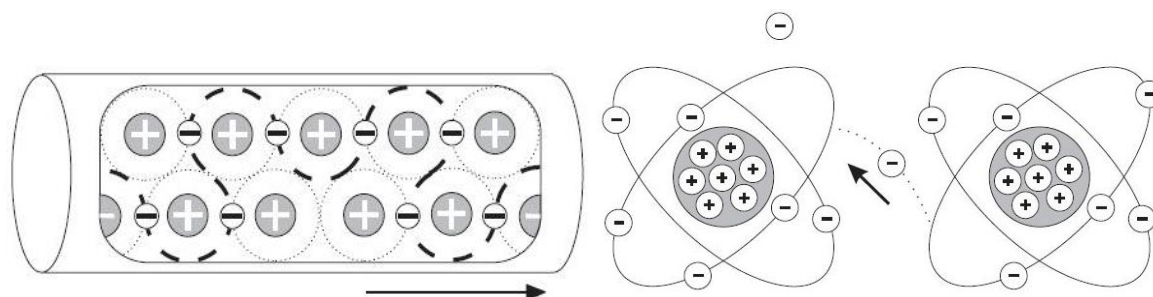
اثر بارهای الکترواستاتیک برهم

به بارهای الکترون و پروتون بارهای الکترواستاتیک می‌گویند، بر اساس قانون بارهای الکتریکی ذراتی که بارهای همنام دارند، یکدیگر را دفع و ذراتی که بارهای مخالف دارند همدیگر را جذب می‌کنند، پس نیروی بین دو الکترون و دو پروتون از نوع دافعه، و نیروی بین یک الکترون با یک پروتون از نوع جاذبه است.



اتم های بار دار

به طور طبیعی تعداد الکترون‌ها و تعداد پروتون‌ها در یک اتم با هم برابرند، بنابراین بارهای مساوی و مخالف مثبت و منفی آن‌ها خاصیت یکدیگر را خنثی می‌کنند و اتم را از نظر الکتریکی خنثی نگه می‌دارد. در یک اتم، پروتون‌ها به دلیل نزدیکی به نیروی جاذبه‌ای هسته به سختی از اتم جدا می‌شوند. اما با اعمال نیرو به الکترون‌ها می‌توان آن‌ها را از اتم جدا کرد و به مدار اتم‌های مجاور انتقال داد. اگر اتمی تعدادی از الکترون‌های خود را از دست بدهد باعث می‌شود تعداد الکترون‌های آن از تعداد پروتون‌هایش کمتر شود و در مجموع دارای بار مثبت شود که در اصطلاح یون مثبت ایجاد می‌شود. اما اگر اتمی تعدادی الکترون از اتم‌های مجاور خود دریافت کند تعداد الکترون‌هایش بیشتر از تعداد پروتون‌هایش می‌شود و به صورت منفی باردار می‌شود و یون منفی ایجاد می‌کند.



نکاتی مربوط به اتم

- الکترون‌ها با سرعت زیاد به دور هسته اتم در حال گردش می‌باشند، به همین دلیل نیروی گریز از مرکزشان زیاد است و میل به ترک مدار و جدا شدن از اتم را دارند، اگر نیرویی از بیرون به الکترون‌ها اعمال شود مدار خود را ترک می‌کند و به صورت الکترون آزاد در می‌آید.

- هر اتم دارای تعدادی لایه است (حد اکثر ۷ لایه) که الکترون‌ها در مسیر آن حرکت می‌کنند.

- در هر لایه تعدادی الکترون قرار می‌گیرند که از رابطه‌ی $2n^2$ به دست می‌آید که n شماره لایه است. در لایه اول (K) دو الکترون، در لایه دوم (L) هشت الکترون، در لایه سوم (M) هجده الکترون و ... قرار می‌گیرد.

- آخرین لایه اتم را لایه والانس یا ظرفیت می‌گویند و الکترون‌های لایه آخر را الکترون والانس می‌نامند.

- هر چه فاصله الکترون‌ها از هسته بیشتر باشد نیروی اعمال شده از طرف هسته به الکترون‌ها کمتر است، بنابراین الکترون‌های لایه‌ی والانس که بیشترین فاصله را از هسته دارند کمترین نیرو نگهدارنده از جانب هسته به آن‌ها اعمال می‌شود و به راحتی می‌توانند از مدار خود جدا شده و به صورت الکترون آزاد درآیند.

- اگرچه بار الکترون‌ها منفی و برابر همدیگر است، اما انرژی آن‌ها با هم برابر نیست، همانطور که گفته شد انرژی الکترون‌ها به فاصله تا هسته و تعداد آن‌ها در هر لایه بستگی دارد، به نحوی که هرچه تعداد الکترون‌های یک لایه کمتر باشد نیرویی که از بیرون به آن‌ها اعمال می‌شود بین تعداد کمتری از الکترون‌ها تقسیم شده، پس انرژی بیشتری به هر یک خواهد رسید.

روش‌های باردار شدن اجسام

یک - باردار شدن اجسام از طریق مالش: اگر دو جسم را به هم مالش دهیم، الکترون‌ها از یک جسم به جسم دیگر منتقل می‌شوند پس هر دو جسم از لحاظ الکتریکی باردار خواهند شد، جسمی که الکترون از دست داده دارای بار مثبت و جسمی که الکترون گرفته دارای بار منفی می‌شود. برای مثال در اثر مالش میله‌ی شیشه‌ای با ابریشم میله الکترون از دست می‌دهد و دارای بار مثبت می‌شود و ابریشم الکترون می‌گیرد و دارای بار منفی می‌شود.

دو - بار دار کردن اجسام از طریق تماس: اگر یک جسم باردار را با یک جسم خنثی در حالت تماس قرار دهیم، میان آنها الکترون مبادله می‌شود و بارهای مثبت و منفی ایجاد می‌شود. برای مثال در اثر تماس میله کائوچو با بار منفی با یک قطعه مس خنثی، الکترون‌های سطح میله‌ی کائوچویی به سطح میله‌ی مسی وارد می‌شود و آن را به صورت منفی باردار می‌کند.

سه - بار دار کردن اجسام از طریق القا: می‌توان یک جسم بی‌بار را در نزدیکی جسمی باردار قرار داد تا باردار شود بدون اینکه با هم تماسی داشته باشند. اگر یک میله‌ی کائوچویی با بار منفی را به یک میله‌ی آلومینیومی خیلی نزدیک کنیم، نیروی منفی میله‌ی کائوچویی الکترون‌های میله‌ی آلومینیومی را دفع می‌کند، در نتیجه یک سرمیله‌ی آلومینیومی دارای بار مثبت و سردیگر آن دارای بار منفی می‌شود.

قانون کولن

این قانون در مورد جاذبه و دافعه الکترواستاتیکی بین دو بار الکتریکی که بتوان آن‌ها را در حکم یک نقطه فرض کرد یا دو کره فلزی باردار که بر روی پایه‌ی عایقی قرار گرفته اند صدق می‌کند. اگر دو بار الکتریکی q_1 و q_2 به فاصله d از هم قرار داشته باشند نیروی F را بر هم وارد می‌کنند که این نیرو طبق فرمول زیر با اندازه هریک از بارها رابطه مستقیم و با مجذور فاصله بین آن‌ها رابطه عکس دارد.

$$F = k \frac{q_1 \cdot q_2}{d^2}$$

در این رابطه

F : نیروی بین دو بار الکتریکی بر حسب نیوتون (N).

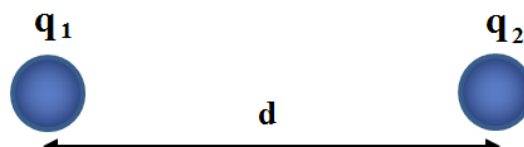
K : ضریب ثابتی است که به واحد‌های انتخاب شده و جنس محیط بستگی دارد و مقدارش برابر است با:

$$K = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}$$

ϵ_0 : ضریب گذرگهی خلاء برابر با 8.85×10^{-12} است.

q_1, q_2 : بارهای الکتریکی بر حسب کولن (C). $q = n \times e$

d : فاصله بین دو بار بر حسب متر (m).



مثال - دو بار نقطه‌ای مثبت و مساوی، هر یک با اندازه ۳ میکروکولن به فاصله‌ی ۲ متر از هم قرار دارند، میزان نیرویی که بارها برهم وارد می کنند چند نیوتون است ؟

$$F = k \frac{q_1 \cdot q_2}{d^2} = 9 \times 10^9 \frac{3 \times 10^{-6} \cdot 3 \times 10^{-6}}{2^2} = 20/25 \times 10^{-3} \text{ N}$$

مثال : بار الکتریکی 2×10^{-5} کولنی چه نیرویی بر بار الکتریکی 30 میکروکولنی وارد می کند اگر در فاصله‌ی ۲ میلی‌متری از هم قرار گرفته باشند؟

$$F = k \frac{q_1 \cdot q_2}{d^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-5} \times 30 \times 10^{-6}}{(2 \times 10^{-3})^2} = 135 \times 10^4 \text{ (N)}$$

میدان الکتریکی

هر بار الکتریکی درفضای اطراف خود میدان الکتریکی ایجاد می کند، اگر یک بار الکتریکی مانند q_0 را در این میدان قرار دهیم طبق قانون کولن برآن نیرویی وارد می شود، طبق تعریف نیروی وارد بر یکای بار مثبت ($q_0 = 1C$) را شدت میدان الکتریکی می گویند، اگر بر بار آزمون q_0 نیروی F وارد شود میدان در آن نقطه از رابطه $E = \frac{F}{q}$ محاسبه می گردد که یکای آن در SI، نیوتون بر کولن ($\frac{N}{C}$) است. خطوط میدان الکتریکی هیچ گاه همدیگر را قطع نمی کنند زیرا میدان الکتریکی در هر نقطه از فضا تنها یک مقدار دارد. شدت میدان الکتریکی مانند نیرو کمیتی برداری است که اندازه و راستا دارد، نیروی وارده بر بار مثبت هم جهت با جهت میدان و نیروی وارده بر بار منفی در خلاف جهت میدان است.

مثال - بارالکتریکی مثبتی با مقدار 80 میکروکولن وقتی در نقطه‌ای از یک میدان الکتریکی قرار گیرد نیرویی برابر 40 میلی نیوتون بر آن وارد می‌شود، شدت میدان در این نقطه چقدر است ؟

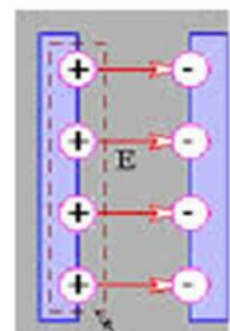
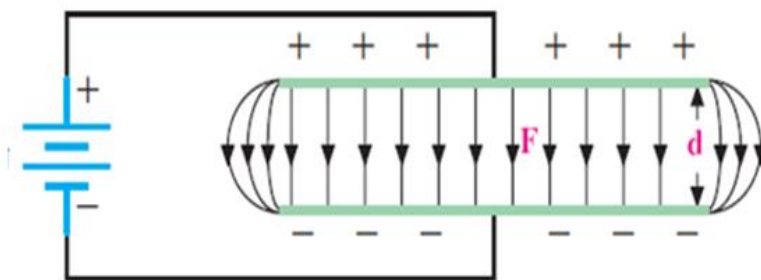
$$E = \frac{F}{q} = \frac{40 \times 10^{-3}}{80 \times 10^{-6}} = 0/5 \times 10^3 = 500 \frac{N}{C}$$

مثال - نیرویی که به بار الکتریکی 10 میکروکولنی در میدانی با شدت 40000 نیوتون برکولن وارد می شود چقدر است ؟

$$E = \frac{F}{q} \rightarrow F = E \times q = 4 \times 10^4 \times 10 \times 10^{-6} = 40 \times 10^{-2} = 0/4 \text{ N}$$

میدان الکتریکی یکنواخت : میدان الکتریکی یکنواخت میدانی است که در آن بردارهای شدت میدان در تمام نقاط مساوی، موازی و هم جهت هستند. برای ایجاد چنین میدانی می توان به دو صفحه موازی خازن که در فاصله‌ی d از هم قرار دارند ولتاژ مستقیم U متصل نمود تا بین دو صفحه خازن خطوط میدان مساوی، موازی و هم جهت ایجاد شود.

$$E = \frac{u}{d}$$



مثال - اگر به دو صفحه‌ی موازی که در فاصله‌ی ۲۰ میلی‌متری از هم قرار دارند اختلاف پتانسیل ۵۰ ولت اعمال کنیم، میدان ایجاد شده بین دو صفحه چند نیوتون بر کولن خواهد بود ؟

$$E = \frac{u}{d} = \frac{50}{20 \times 10^{-3}} = 2500 \frac{V}{m}$$

مثال - شدت میدان الکتریکی بین دو صفحه‌ی خازنی که به فاصله‌ی ۱ سانتی متری از هم قرار دارند برابر یک کیلو ولت بر متر می‌باشد. اختلاف پتانسیل بین دو صفحه چند ولت است ؟

$$E = \frac{u}{d} \rightarrow u = 1000 \times 0.1 = 10 V$$

دسته بندی مواد از لحاظ هدایت الکتریکی

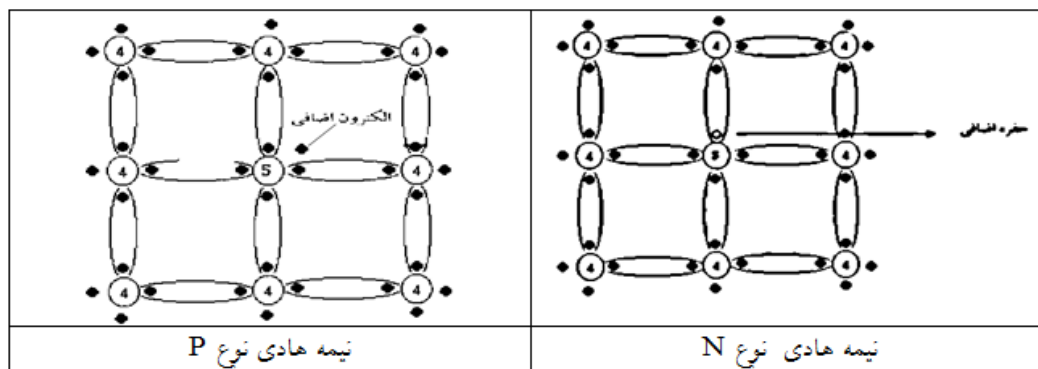
یک - هادی ها : اجسامی مانند مس و آلومینیوم که الکترون های آن‌ها به راحتی از هسته جدا می شوند و الکترون های آزاد زیادی تولید می کنند هادی یا رسانا می گویند . این فلزات در لایه والانس خود یک تا سه الکترون دارند و می توانند که جریان برق را به راحتی از خود عبور دهند .

دو - عایق ها : اجسامی که در لایه والانس خود ۵ ، ۶ ، ۷ و یا حداکثر ۸ الکترون دارند عایق یا نارسانا نامیده می شوند . آزاد کردن الکترون از مواد عایقی چون شیشه و پلاستیک بسیار مشکل است.

سه - نیمه هادی ها : نیمه هادی ها یا نیمه رساناها موادی هستند که در لایه والانس خود فقط ۴ الکترون دارند که در دمای صفر مطلق (۰-۲۷۳ C) عایق هستند ولی در دمای اتاق (۲۵ سانتی گراد) به دلیل حرارت محیط تعدادی از الکترون های والانس آن آزاد می شوند و تقریباً هادی می شوند . از جمله نیمه هادی ها می توان به سیلیسیم (سیلیکون) و ژرمانیوم اشاره کرد که برای ساخت قطعاتی چون دیود، ترانزیستور، ترستور و... استفاده می شوند .

نیمه هادی نوع N : هرگاه یک عنصر پنج ظرفیتی که در لایه والانس خود ۵ الکترون دارند را به سیلیکون یا ژرمانیوم خالص مذاب که ۴ ظرفیتی است، اضافه کنیم پس از سرد شدن کریستالی به وجود می آید که فقط ۴ الکترون والانس در به وجود آوردن آن نقش دارند و یکی از الکترون ها اضافه است که در دمای اتاق می تواند حرکت کند و کریستال را هادی کند چنین کریستالی را نیمه هادی نوع N می گویند زیرا بارهای متحرک در آن الکترون ها با بار منفی هستند .

نیمه هادی نوع P : هرگاه یک عنصر سه ظرفیتی مانند ایندیم که در لایه والانس خود ۳ الکترون دارند را به سیلیکون یا ژرمانیوم خالص مذاب اضافه کنیم پس از سرد شدن کریستالی به وجود می آید که فقط ۳ الکترون والانس در به وجود آوردن کریستال نقش دارند و یک الکترون کم می آید که محل خالی این الکترون را حفره می نامند . در دمای اتاق بعضی از اتم ها با آزاد کردن الکترون حفره مجاور خود را پر می کنند ولی حفره جدیدی به وجود می آید این حفره که به ازای هر اتم یکی ایجاد می شود، کریستال را هادی می کند . چنین کریستالی را نیمه هادی نوع P می گویند .



روش های تولید الکتریسته

۱ - الکتریسته‌ی حاصل از اصطکاک (Tribo electric): زمانی که دو جسم را به هم مالش می‌دهیم در محل مالش حرارت تولید می‌شود که باعث مبادله‌ی الکترون بین آن‌ها می‌شود. به این ترتیب بار الکتریکی به وجود می‌آید که الکتریسته ساکن نام دارد در واقع الکتریسته ساکن هنگامی به وجود می‌آید که جسمی الکترون هایش را به جسم دیگر منتقل کند البته چگونگی این انتقال به درستی مشخص نیست اما بر اساس یک نظریه در سطح ماده اتم هایی وجود دارد که بر خلاف سایر اتم های ماده با اتم های دیگر درگیر نمی شوند در نتیجه آنها در سطح خارجی خود همواره چند الکترون آزاد دارند به همین دلیل مواد عایق مانند شیشه و پلاستیک می توانند الکتریسته ساکن تولید کنند.

۲ - الکتریسته‌ی حاصل از فعل و انفعالات شیمیایی: مواد شیمیایی با فلزات مخصوص ترکیب می‌شود و واکنش‌های شیمیایی را ایجاد می‌کند که باعث حرکت بارهای الکتریکی می‌گردد، باتری تر از همین راه الکتریسته تولید می‌کند.

۳ - الکتریسته‌ی حاصل از فشار مکانیکی (پیزو الکتریک): اگر به برخی از اجسام فشار وارد کنیم الکترون های والانس اتم های جسم در جهت اعمال نیرو از مدار خود خارج شده و در نتیجه الکترون ها یک طرف جسم را ترک و در طرف دیگر آن جمع می‌شوند که این همان تعریف ولتاژ الکتریکی و در نتیجه تولید الکتریسته است. هنگامی که فشار قطع شود الکترون ها به مدار قبلی خود باز می‌گردند بنابراین برای استفاده از این روش باید فشار اعمالی پیوسته باشد.

۴ - الکتریسته‌ی حاصل از حرارت (ترمو الکتریک): اگر محل اتصال دو فلز غیر همجنس مثل روی با بار منفی و مس با بار مثبت را حرارت دهیم انرژی زیادی تولید می‌شود و الکترون‌های زیادی از مدارات خود آزاد می‌شوند که باعث حرکت الکترون‌ها و تولید الکتریسته می‌شود. بدیهی است با برداشته شدن حرارت حرکت الکترون ها متوقف شده، پس برای استفاده از این روش باید حرارت اعمال شده دائمی باشد.

ترموکوپل: به اتصال دو فلز باردار غیر هم جنس با بار های مخالف ترموکوپل می‌گویند.

ترموپیل: با اتصال چندین ترموکوپل به هم یک ترموپیل یا باتری حرارتی به وجود می‌آید.

۵ - الکتریسته‌ی حاصل از نور (فوتوالکتریک): نور یکی از انواع انرژی است که از ذرات ریزی به نام فوتون که دارای انرژی هستند تشکیل شده است. زمانی که فوتون های یک شعاع نوری با اجسامی مانند سدیم، سلنیم، ژرمانیوم، کادمیم برخورد کند باعث آزاد شدن الکترون های والانس آن‌ها می‌شود. می‌توان از یکی از روش‌های زیر از فوتوالکتریک استفاده کرد.

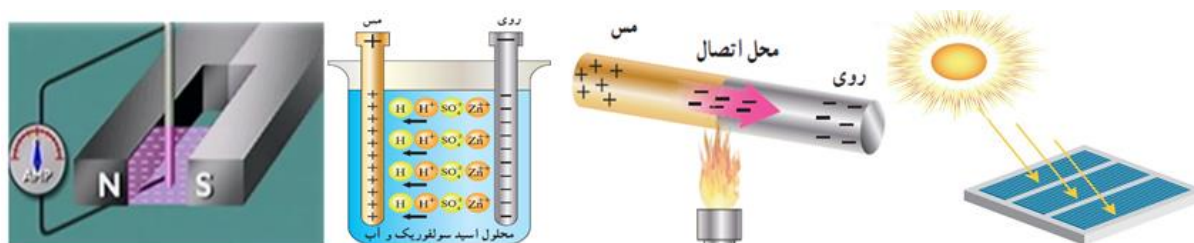
یک. فوتولتاییک: اگر دو صفحه را به هم وصل کنیم و به یکی از آنها انرژی نورانی بتابانیم باعث آزاد شدن الکترون های اتم های آن صفحه شده که به سمت صفحه‌ی دیگر جاری می‌شوند، در نتیجه در دو صفحه بارهای مخالف ایجاد می‌شود.

دو. هدایت نوری: اگر به موادی که دارای خاصیت رسانایی مناسبی نیستند انرژی نورانی اعمال کنیم باعث آزاد شدن الکترون ها می‌شود.

سه. تشعشع فوتو الکتریک: تشعشع و برخورد فوتون های یک شعاع نوری باعث تخلیه الکترون ها در لامپ خلأ می‌شود که باید توسط یک صفحه جمع شوند.

۶- **الکتریسیته حاصل از مغناطیس** : اگر یک سیم مسی در داخل میدان مغناطیسی حرکت کند از جانب میدان بر الکترون های داخل سیم نیرو وارد می شود و سبب می شود که الکترون ها در یک جهت به حرکت درآیند این فرآیند اساس تولید الکتریسیته توسط ژنراتورهای جریان مستقیم است . اگر میدان مغناطیسی بچرخد و سیم حرکت نکند باز الکتریسیته تولید می شود، در واقع عامل لازم جهت ایجاد جریان الکتریکی وجود حرکت نسبی بین جسم هادی و میدان مغناطیسی است .

۷- **روش های جدید تولید الکتریسیته** : امروزه سعی می شود از روش های جدیدی برای تولید الکتریسیته استفاده شود که از لحاظ اقتصادی و زیست محیطی مرقون به صرفه باشد . برای مثال علاوه بر این که سلول های خورشیدی مستقیماً انرژی خورشیدی را به الکتریسیته تبدیل می کند از انرژی خورشیدی به طور غیر مستقیم نیز برای تولید الکتریسیته استفاده می شود .



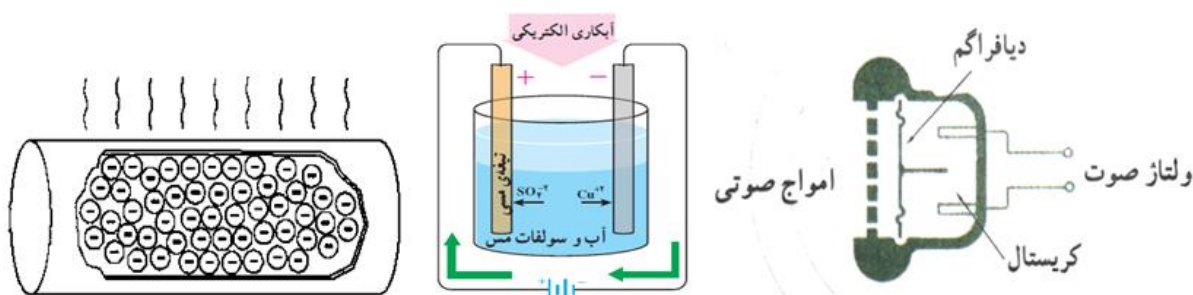
آثار جریان الکتریکی

همانطور که به وسیله ی مالش، حرارت، نور، مغناطیس، فشار و مواد شیمیایی می توان الکتریسیته تولید کرد . می توان به وسیله جریان الکتریکی واکنش های شیمیایی، فشار، نور، میدان مغناطیسی و گرما تولید کرد، که در زیر توضیح داده شده است .

۱- **تولید واکنش های شیمیایی از طریق جریان الکتریکی** : برای ایجاد اثرات شیمیایی می توان از جریان الکتریکی استفاده کرد که در الکتروشیمی به این پدیده الکترولیز یا تجزیه الکتریکی می گویند .

۲- **تولید فشار به وسیله جریان الکتریکی** : همانطور که نیرو یا فشار در بعضی از کریستال ها خمش یا چرخش ایجاد می کند، اختلاف پتانسیل الکتریکی نیز باعث خمش یا چرخش در کریستال می شود . برای مثال در گرامافون وقتی ولتاژ صوتی به نوک تیز کریستال داده می شود، متناسب با شدت صوت ارتعاش می کند و شیارهایی متناسب با صدا روی صفحه به وجود می آورد ، به این ترتیب صدا روی آن ضبط می شود .

۳- **تولید گرما به وسیله جریان الکتریکی** : هنگامی که جریان الکتریکی از یک سیم عبور می کند در آن مقداری گرما ایجاد می کند، این بدان علت است که مقداری انرژی مصرف می شود تا جریان از سیم عبور کند، این انرژی به صورت گرما ظاهر می شود . هر اندازه مقاومت مخصوص سیم بیشتر باشد مقدار حرارت ایجاد شده بیشتر است . از این خاصیت دروسایل الکتریکی گرما را استفاده می شود .



۴ - تولید نور به وسیله جریان الکتریکی : می توان به روش های زیر به وسیله جریان الکتریکی نور تولید کرد .

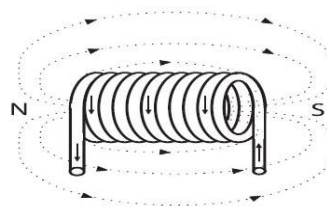
یک - گرما و التهاب : وقتی که از هادی ها با مقاومت مخصوص زیاد که نقطه ذوب بالایی دارند جریانی عبور کند، داغ می شوند و این گرما را به صورت نور قرمز یا سفید ظاهر می کند، در نتیجه به دلیل گرما و التهاب، درخشش و روشنایی تولید می شود که اساس کار لامپ رشته ای است .

دو - الکترولومینانس : اجسام جامد به هنگام عبور جریان از آن ها نور تولید می کنند، که البته مقدارش کم است به همین دلیل تنها در کارهای نمایشی استفاده می شود . بسیاری از گازها به هنگام هدایت جریان یونیزه می شوند و تابش های نوری تولید می کنند، نئون، آرگون و بخار جیوه را می توان به عنوان نمونه نام برد . موارد استفاده ی آن را نیز در چراغ ها و تابلوهای نئون بالای فروشگاه ها است .

سه - فسفرسانس : اگر یک دسته الکترون با سرعت زیاد و به صورت متناوب به صفحه ای که روی آن مواد فسفری قرار دارد برخورد کند نور ایجاد می شود . از این خاصیت در تلویزیون و اسیلوسکوپ استفاده می شود .

چهار - فلورسانس : فلورسانس ترکیبی از فسفرسانس و الکترولومینانس است، گازی مانند بخارجیوه هنگام حمل جریان الکتریکی یونیزه می شود و اشعه ی ماورای بنفش از خود متصاعد می کند، این تشعشعات با لایه ی فلورسانس برخورد می کند و نورسفید تولید می کند، در لامپهای مهتابی از خاصیت فلورسانس استفاده می شود به همین دلیل به آن فلورسنت می گویند .

۵ - تولید مغناطیس به وسیله جریان الکتریکی : عبور جریان الکتریکی از یک سیم یا سیم پیچ موجب می شود که در اطراف آن یک میدان مغناطیسی ایجاد شود، از این روش تولید مغناطیس در ماشین های الکتریکی استفاده می شود .



جریان الکتریکی

زمانی که تعداد زیادی از الکترون های آزاد درون سیمی در یک جهت حرکت کنند جریان الکتریکی در سیم به وجود می آید به عبارت دیگر عبور بارهای الکتریکی در یک هادی نسبت به زمان را جریان الکتریکی می نامند . برای به وجود آوردن جریان در یک سیم باید یک قطب مثبت و یک قطب منفی را در دو طرف سیم قرار داد . الکترون های منفی توسط قطب مثبت جذب و توسط قطب منفی دفع شوند که موجب به حرکت در آمدن آن ها در یک جهت و تولید جریان می شود .

سرعت الکترون ها : الکترون های آزادی که تحت تأثیر بارهای الکترواستاتیک به حرکت درمی آیند باید با نیروهای مداری اتم مخالفت کنند که موجب کند شدن حرکت الکترون ها می شود به طوری که سرعت الکترون ها را به چند سانتی متر در ثانیه محدود می کند اما سرعت جریان نزدیک سرعت نور (۳۰۰ هزار کیلومتر در ثانیه) است که به دلیل ضربان های الکترونی است .

ضربان های الکترونی : از آنجایی که اتم ها خیلی به هم نزدیک اند و حتی مدارهایشان روی هم قرار می گیرد الکترونی که آزاد می شود برای ورود به مدار اتم دیگر لازم نیست مسافت زیادی را طی کند . الکترون درست در لحظه ای که به مدار تازه وارد می شود انرژی خود را به الکترون بعدی می دهد تا آن را آزاد سازد، این عمل در آنی صورت می گیرد و همه الکترون ها نیز عیناً همین عمل را انجام می دهند، به این ترتیب با اینکه الکترون ها به آرامی حرکت می کنند . ایمپالس یا ضربان انرژی

الکتریکی که در اتم‌ها انتقال می‌یابد سرعت زیادی دارد که برابر با ۲۹۹۳۴۰ کیلومتر در ثانیه است که نزدیک سرعت نور می‌باشد. به این الکترون‌های آزاد که عمل ایمپالس را انجام می‌دهند حامل‌های جریان می‌گویند. ضربان انرژی الکتریکی در الکترون‌ها بسیار شبیه به انتقال ضربه در یک ردیف طولانی از گلوله‌های فلزی است.



واحد جریان الکتریکی: عبور بارهای الکتریکی در یک هادی نسبت به زمان را جریان الکتریکی می‌گویند، علامت آن I است و واحد آن آمپر (A) می‌باشد.

$$I = \frac{q}{t} = \frac{n \cdot e}{t}$$

در این رابطه

I : جریان الکتریکی بر حسب آمپر (A)

q : بار الکتریکی بر حسب کولن (C)

t : زمان بر حسب ثانیه (t)

n : تعداد الکترون‌ها

e : بار الکتریکی الکترون ($1/6 \times 10^{-19}$)

مثال - اگر تعداد $12/56 \times 10^{18}$ الکترون در مدت ۲ ثانیه از سیمی عبور کند، شدت جریان چند آمپر خواهد بود؟

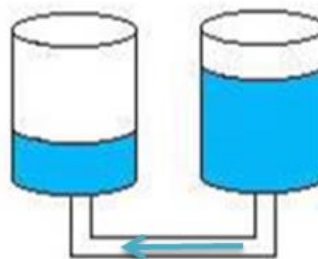
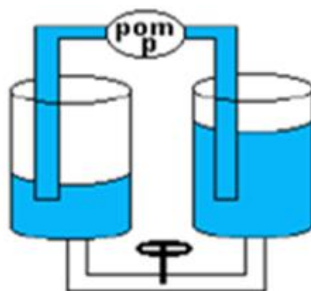
$$I = \frac{q}{t} = \frac{n \cdot e}{t} = \frac{12/56 \times 10^{18} \times 1/6 \times 10^{-19}}{2} = 1/0048 \text{ A}$$

مثال - اگر در یک مدار جریان ۴ آمپر باشد، چقدر طول می‌کشد تا بار ۶۰۰ کولنی از مدار عبور کند؟

$$I = \frac{q}{t} \rightarrow t = \frac{q}{I} = \frac{600}{4} = 150 \text{ s}$$

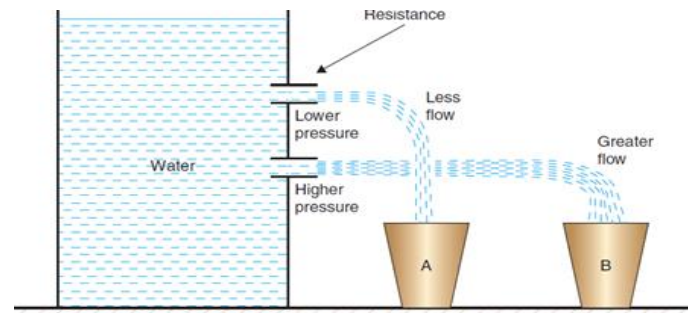
اختلاف پتانسیل یا ولتاژ الکتریکی

بسیاری از افراد کلمه‌ی ولتاژ را در مواجهه شدن با باتری ۱۲ ولت اتوموبیل یا برجسپ‌های ۲۲۰ ولت وسایل الکتریکی دیده‌اند اما معنای درست آن را ممکن است متوجه نشوند، برای درک بهتر ولتاژ به مثال زیر توجه کنید، اگر دو مخزن آب توسط یک لوله به هم وصل شوند چه اتفاقی می‌افتد؟ بدیهی است که آب از مخزنی که مقدار آب بیشتری دارد به سمت مخزن دیگر که آب کمتری دارد جاری می‌شود، عاملی که باعث جاری شدن جریان آب شده است وجود اختلاف میزان آب در مخازن است، به همین ترتیب عامل جاری شدن جریان (حرکت هم‌جهت الکترون‌ها) وجود اختلاف تعداد بارهای الکتریکی در دو نقطه از مدار مثل دو قطب منبع تغذیه است که اختلاف پتانسیل یا ولتاژ نامیده می‌شود. بنابراین ولتاژ یا اختلاف پتانسیل را عامل جاری شدن جریان در مدارات الکتریکی تعریف می‌کنند که با V یا U نمایش داده می‌شود و بر حسب ولت است.



تعریف علمی اختلاف پتانسیل الکتریکی : بنا بر تعریف مقدار انرژی لازم جهت انتقال بار الکتریکی مثبت از نقطه ای به نقطه ای دیگر (جسمی به جسم دیگر) را پتانسیل الکتریکی گویند.

پتانسیل الکتریکی : مقدار انرژی ای که لازم است تا واحد بار الکتریکی را از بی نهایت دور دست (زمین با پتانسیل صفر) به نقطه مورد نظر منتقل کنیم، پتانسیل الکتریکی نام دارد، که می توان به صورت شکل زیر مدل کرد.



مقاومت الکتریکی

هر جسمی مقداری مقاومت دارد که به جنس، طول و سطح مقطع آن بستگی دارد و همچنین مقاومت به صورت یک قطعه الکترونیکی ساخته می شود که در مدارات الکتریکی استفاده می شود. واحد مقاومت الکتریکی اهم Ω است و آن را با R نشان می دهند.



عوامل تاثیر گذار در مقدار مقاومت فلزات

۱ - جنس فلز: اجسام مختلف دارای مقاومت مخصوص به خود هستند. بنا به تعریف مقاومت مخصوص، مقاومت سیمی به طول یک متر با سطح مقطع یک میلی متر مربع می باشد. مقاومت مخصوص با ρ نشان داده می شود و واحد آن اهم در متر m می باشد. همچنین بدیهی است که اجسام علاوه بر مقاومت مخصوص دارای هدایت مخصوص نیز می باشند که طبق تعریف، قابلیت هدایت سیمی به طول یک متر و سطح مقطع یک میلی متر مربع را هدایت مخصوص می نامند. هدایت مخصوص را با k نشان می دهند. بدیهی است که بین هدایت مخصوص و مقاومت مخصوص رابطه ی عکس وجود دارد.

$$\rho = \frac{1}{k} \quad - \quad \rho_{cu} = \frac{1}{56} \frac{\Omega mm^2}{m}$$

مقاومت مخصوص فلزات را نسبت به فلز مس می سنجند که در جدول زیر آمده است.

کربن	قلع	آهن	روی	تنگستن	آلومینیوم	طلا	مس	نقره	فلز
۲۰۳۰	۸.۲	۶.۷۷	۳.۶۲	۳.۲	۱.۵۹	۱.۳۸	۱	۰.۹۲	مقاومت مخصوص نسبت به مس

۲ - سطح مقطع فلز: هر اندازه سطح مقطع یا پهنای یک فلز بیشتر باشد تعداد الکترون های آزاد آن بیشتر است پس می تواند مقدار جریان الکتریکی بیشتری را عبور دهد. در واقع با افزایش مساحت مقطع مقاومت الکتریکی کم می شود پس می توان گفت سطح مقطع با مقاومت رابطه معکوس دارد.

۳ - طول فلز : با افزایش سطح مقطع یک هادی الکترون‌های آزاد بیشتری ایجاد می‌شود و مقاومت را کاهش می‌دهد اما با افزایش طول سیم با وجود اینکه الکترون‌های آزاد بیشتری ایجاد می‌شود اما این الکترون‌ها در اندازه‌ی جریان الکتریکی نقشی ندارند، پس با افزایش طول نه تنها مقاومت کاهش نمی‌یابد بلکه افزایش نیز پیدا می‌کند. پس بین طول سیم و مقدار مقاومت رابطه‌ی مستقیم وجود دارد .

رابطه کلی مقاومت

$$R = \rho \frac{L}{A}, \quad R = \frac{L}{kA}$$

در این رابطه

R : مقاومت فلز بر حسب اهم (Ω) .

ρ : مقاومت مخصوص فلز بر حسب $\frac{\Omega mm^2}{m}$ و k هدایت مخصوص بر حسب $\frac{m}{\Omega mm^2}$ است .

L : طول سیم بر حسب متر (m) .

A : سطح مقطع سیم فلزی بر حسب میلی متر مربع (mm^2) .

مثال - مقاومت سیم مسی به طول ۱۰۰ متر و سطح مقطع ۱/۵ میلی متر مربع، چقدر است ؟

$$R = \rho \frac{L}{A}, \quad \rho_{cu} = \frac{1}{56}, \quad R = \frac{1}{56} \times \frac{100}{1/5} = 1/19 \Omega$$

مثال - ۵۶ متر سیم آلومینیوم ۶ میلی متر مربع ای، چه مقاومتی دارد ؟

$$R = \rho \frac{L}{A}, \quad \frac{\rho_{Al}}{\rho_{cu}} = 1/59 \rightarrow \rho_{Al} = 1/59 \times \rho_{cu} = 1/59 \times \frac{1}{56} = 0/0284, \quad R = 0/0284 \times \frac{56}{1/5} = 1/06 \Omega$$

اثر حرارت بر مقاومت الکتریکی اجسام

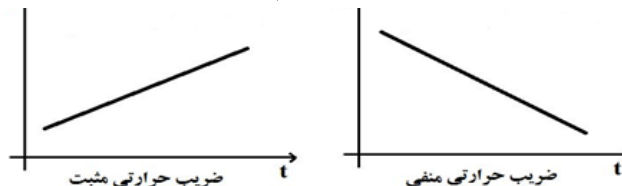
مقاومت همه فلزات با تغییر دما تغییر می کند که میزان این تغییر برای فلزات مختلف متفاوت و به ضریب حرارتی بستگی دارد . ضریب حرارتی میزان تغییرات مقاومت به ازای یک درجه سانتی گراد است و با α نشان می دهند . برای مثال اگر در یک فلز $\alpha = 0/005$ باشد به این معنی است که مقاومت آن جسم به ازای یک درجه سانتی گراد ۰/۰۰۵ اهم تغییر می‌کند .

PTC : اگر مقاومت الکتریکی جسمی در اثر حرارت افزایش یابد ضریب حرارتی مثبت و به آن PTC می گویند .

NTC : اگر مقاومت الکتریکی جسمی در اثر حرارت کاهش یابد ضریب حرارتی منفی و به آن NTC می گویند .

$$R = R_0 + R_0 \alpha t \quad - \quad R = R_0 (1 + \alpha t)$$

در این رابطه R مقاومت جسم در دمای t درجه، R_0 مقاومت جسم در صفر درجه و α ضریب حرارتی می باشد .



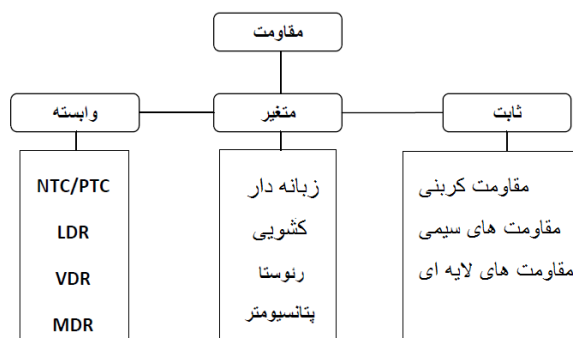
مثال - مقاومت الکتریکی سیمی در صفر درجه‌ی سانتی گراد ۲۰ اهم است، اگر دمای سیم به ۴۰ درجه‌ی سانتی گراد برسد،

مقاومت الکتریکی آن چند اهم می‌شود ؟ ($\alpha = 0/004 \frac{1}{C}$)

$$R = R_0 (1 + \alpha t) \rightarrow R = 20 (1 + 0/004 \times 40) = 23/2 \Omega$$

انواع مقاومت های الکتریکی

مقاومت های الکتریکی به طور کلی به دو دسته ثابت و متغیر تقسیم بندی می شوند. مقاومت های ثابت شامل مقاومت کربنی، مقاومت سیمی و مقاومت لایه ای می باشند، مقدار این مقاومت ها کاملاً ثابت بوده و نمی توان آن را تغییر داد. مقاومت های متغیر که مقدار اهم آن ها می تواند تغییر کند به دو دسته ی مقاومت های قابل تنظیم و مقاومت های وابسته تقسیم می شوند. در زیر به معرفی انواع مقاومت می پردازیم.



انواع مقاومت های ثابت

۱ - مقاومت کربنی: مقاومت های کربنی یا ترکیبی به دلیل قیمت کمتر نسبت به سایر مقاومت ها و نیز کوچک بودن جثه بیشتر مورد استفاده قرار می گیرند. این نوع مقاومت ها از یک بدنه استوانه ای از جنس کائوچو که پودر کربن و الیاف داخل آن قرار می گیرد و دو سیم جهت اتصال مقاومت به مدار تشکیل شده است.

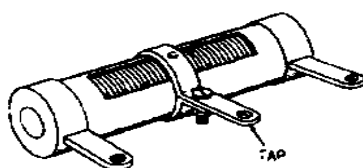
۲ - مقاومت های سیمی: همانطور که گفته شد یکی از عواملی که در مقدار مقاومت یک جسم تاثیر مستقیم دارد طول آن است از این خاصیت می توان برای ساخت مقاومت استفاده کرد در واقع مکانیزم کار به این صورت است که بر روی یک استوانه عایق از جنس سرامیک مقداری سیم با طول زیاد پیچیده می شود.

۳ - مقاومت های لایه ای: مقاومت های لایه ای ترکیبی از مقاومت های ترکیبی و سیمی است. این مقاومت ها معمولاً با رسوب دادن نوار نازکی از ماده مقاومت دار بر روی یک لوله ی سرامیکی یا شیشه ای ساخته می شوند. از دو سیم رابط جهت اتصال به مدار به پوشش های انتهایی لوله وصل می شود.

انواع مقاومت های متغیر

مقاومت های ثابت قابلیت انعطاف ندارند زیرا مقاومتشان تغییر ناپذیر است در اغلب موارد احتیاج است مقادیر مختلف از یک مقاومت بدست آورد به همین دلیل از مقاومت های متغیر استفاده می شود. در زیر انواع مقاومت متغیر تعریف شده است.

۱ - مقاومت های زبانه دار: مقاومت های زبانه دار تا حدودی قابلیت انعطاف دارند چون می توان بیش از یک مقدار از آن ها بدست آورد در این نوع مقاومت ها علاوه بر دو سر اصلی سرهای دیگری بین دو سر اصلی قرار دارند که با اتصال ترمینال های مختلف به مدار مقاومت های متفاوتی حاصل می شود. این مقاومت ها به مقاومت های چند سر مشهور هستند و تعداد سرک هایی آن محدود به ۴ تا ۵ سرک است.



۲ - **مقاومت‌های کشویی** : مقاومت‌های کشویی شبیه مقاومت‌های زبانه دار هستند با این تفاوت که مقداری از سیم پیچ یا تمام آن در مسیر جریان قرار گرفته است یک کشوی متحرک و ترمینال متصل به آن در تمام طول سیم پیچ حرکت می‌کند، مقاومت بین ترمینال متحرک و هر یک از ترمینال‌ها انتهایی، به وضعیت کشوی متحرک بستگی دارد. مقدار این مقاومت‌ها را نمی‌توان زیر بار تغییر داد، بلکه هنگام نصب مقاومت را روی مقدار دلخواه تنظیم کرده و سپس در مدار قرار می‌گیرد.



۳ - **پتانسیومتر (رئوسا)** : پتانسیومتر مقاومتی متغیر است که مقدار آن توسط یک ولوم در محدوده‌ی معینی به طور پیوسته قابل تغییر است. عموماً یک مقاومت متغیر از المان مقاومتی دوار که درون محفظه‌ای قرار گرفته، تشکیل می‌شود، این المان مقاومتی ممکن است به صورت سیم پیچی، ترکیبی یا لایه‌ای باشد. یک کنتاک متحرک نیز بر روی این مقاومت حرکت می‌کند و در نتیجه اتصال الکتریکی با آن برقرار می‌شود. کنتاک متحرک به وسیله یک محور گردان بر روی المان مقاومتی می‌لغزد. مقاومت بین کنتاک متحرک و انتهای المان مقاومت، به وضعیت میله نسبت به محور بستگی دارد. هرگاه از یک سر ثابت و سر متحرک استفاده شود رئوسا نامیده می‌شود که برای کنترل جریان مدارات مورد استفاده قرار می‌گیرد. و اگر از سه ترمینال مقاومت (دو ترمینال ثابت و ترمینال متحرک) استفاده شود پتانسیومتر نام دارد که به منظور کنترل ولتاژ در مدارات مورد استفاده قرار می‌گیرد.

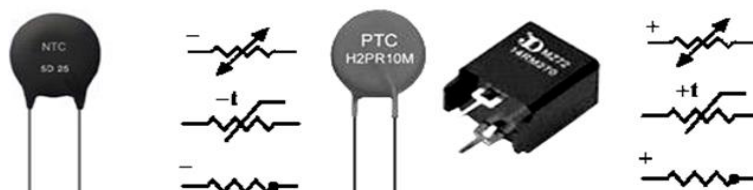
حالت رئوستایی	حالت پتانسیومتری	شکل ظاهری و مدار داخلی

انواع مقاومت‌های وابسته به عوامل فیزیکی

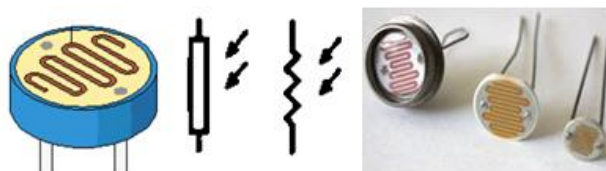
۱ - **مقاومت تابع حرارت (ترمیستور)** : ترمیستور مقاومت‌هایی هستند که مقدار آن‌ها به حرارت حساس اند و با حرارت اهم آنها تغییر می‌کند. ترمیستورها در دو نوع ساخته می‌شوند.

یک - ترمیستور با ضریب حرارتی مثبت (PTC) : اهم این مقاومت‌ها با میزان حرارت رابطه مستقیم دارند یعنی با افزایش حرارت مقدار اهم زیاد و با کاهش حرارت مقدار اهم کاهش می‌یابد. درکاتالوگ این نوع مقاومت‌ها مقدار اهم مقاومت را در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد می‌نویسند و دمای سوئیچ را که در آن مقدار مقاومت دو برابر می‌شوند نیز درج می‌شود.

دو - ترمیستور با ضریب حرارتی منفی (NTC) : مقدار این مقاومت رابطه‌ی معکوس با حرارت اعمالی به آن دارد پس افزایش حرارت محیط موجب کاهش اهم مقاومت می‌شود.



۲ - مقاومت تابع نور (LDR): اهم این مقاومت بستگی به میزان نور تابیده شده به سطح آن که از شیشه یا پلاستیک شفاف است دارد. با اعمال نور مقدار مقاومت کاهش می یابد پس در محیط های روشن دارای مقاومت کم (اهم یا کیلو اهم) و در محیط های تاریک دارای مقاومت های زیاد در حد مگا اهم است. از جمله کاربردهای این نوع مقاومت در مدارات تشخیص دهنده نور، فتوسل، دوربین های عکاسی، کلید های نوری و چشم های الکترونیکی است.



۳ - مقاومت تابع ولتاژ (VDR): مقدار اهم این مقاومت ها که واریستور نام دارند با ولتاژ اعمالی به دو سر آن رابطه ی عکس دارد. از واریستور به عنوان رگولاتور ولتاژ استفاده می شود.

۴ - مقاومت های تابع میدان (MDR): مقدار اهم این نوع مقاومت ها به میدان مغناطیسی محیط اطراف آن بستگی دارد. مقدار اهم مقاومت های تابع میدان به دمای محیط نیز بستگی دارد. چون مواد سازنده آن دارای ضریب حرارتی منفی هستند به همین دلیل با افزایش درجه حرارت مقدار اهم آن کاهش می یابد.

تشخیص مقدار اهم مقاومت ها

اندازه ی مقاومت های اهمی به گونه ای بر روی بدنه آن ها درج می شود که در زیر به سه روش نوشتن مستقیم مقدار مقاومت روی بدنه، استفاده از نوارهای رنگی و استفاده از کدهای رمزی اشاره می شود.

۱ - نوشتن مشخصات مقاومت بر روی بدنه: در مقاومت های بزرگ مقدار اهمی مقاومت را روی بدنه می نویسند. معمولاً علاوه بر مقدار اهمی مقاومت، تلرانس و توان مجاز را نیز روی آن درج می شود. در مقاومت های کوچک از این روش نمی توان استفاده کرد.

۲ - تشخیص مقدار مقاومت ها از روی نوارهای رنگی

الف - روش چهار نوازی: از چهار نوار رنگی بر روی مقاومت استفاده می شود که به ترتیب از چپ به راست دو نوار اول معرف اعداد اول و دوم هستند و نوار سوم معرف ضریب است که مشخص کننده این است که دو عدد اول در چه ضریبی از ۱۰ ضرب می شوند و نوار چهارم بیانگر تلرانس است که با فاصله از سایر نوارها در سمت راست مقاومت قرار می گیرد.

تلرانس به درصد	ضریب	اعداد صحیح	رنگ
—	1	0	سیاه
—	10	1	قهوه ای
—	100	2	قرمز
—	1000	3	نارنجی
—	10000	4	زرد
—	100000	5	سبز
—	1000000	6	آبی
—	10000000	7	بنفش
—	100000000	8	خاکستری
—	1000000000	9	سفید
± 5	0.1	—	طلایی
± 10	0.01	—	نقره ای
± 20	—	—	بی رنگ

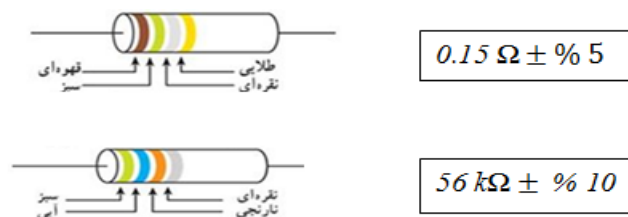
مثال - بر روی یک مقاومت چهار نوار رنگی وجود دارد که به ترتیب از چپ به راست دارای رنگ های قهوه ای ، سیاه ، قهوه ای و طلایی است تیرانس و مقدار مقاومت آن چقدر است ؟

طلایی $\pm 5\%$ قهوه ای $\times 10$ سیاه $\cdot$ قهوه ای ۱ $100\Omega \pm 5\%$

مثال - مقدار مقاومت یک مقاومت با نوارهای رنگی قهوه ای ، سیاه ، قرمز و طلایی چند اهم است ؟

$1000\Omega \pm 5\%$

مثال - مقاومت های زیر چند اهمی هستند ؟



ب - روش پنج نوازی : از این روش برای تعیین مقدار اهم و تیرانس مقاومت هایی که دارای تیرانس کمتر از ۲٪ می باشند استفاده می گردد . در این روش بر روی مقاومت پنج نوار رنگی وجود دارد که سه رنگ اول معرف عدد ، رنگ چهارم معرف ضریب و رنگ پنجم بیانگر تیرانس است. توجه داشته باشید که رنگ اولین نوار نمی تواند سیاه باشد.

تیرانس به درصد	ضریب	اعداد صحیح	رنگ
—	1	0	سیاه
± 1	10	1	قهوه ای
± 2	100	2	قرمز
—	1000	3	نارنجی
—	10000	4	زرد
± 0.5	100000	5	سبز
± 0.25	1000000	6	آبی
± 0.1	10000000	7	بنفش
—	100000000	8	خاکستری
—	1000000000	9	سفید
—	0.1	—	طلایی
—	0.01	—	نقره ای

مثال- مقدار اهم و تیرانس مقاومت نشان داده شده چقدر است ؟

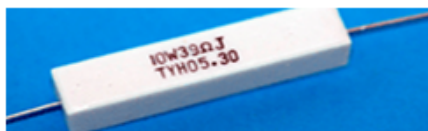


$$R = 274 \times 100\Omega = 27400\Omega = 27.4K\Omega \pm 1\%$$

۳ - تشخیص مقدار مقاومت با استفاده از رمزهای متشکل از حرف و عدد

در این روش با استفاده از اعداد و حروف خاص، رمزهایی ساخته می‌شود و این رمزها مقدار اهم و تolerانس مقاومت‌ها را مشخص می‌کنند. در هر یک از این رمزها معمولاً دو حرف به کار می‌رود که یکی از این حروف نشان دهنده تolerانس مقاومت و دیگری به عنوان ضریبی برای اعداد موجود در آن رمز است. در شکل زیر معانی حروفی که به عنوان ضریب و تolerانس به کار می‌روند بیان شده است.

B	C	D	F	G	H	J	K	M
۰.۱ %	۰.۲۵ %	۰.۵ %	۱ %	۲ %	۳ %	۵ %	۱۰ %	۲۰ %



حرف	R	K	M
ضریب	$\times 1$	$\times 10^3$	$\times 10^6$

حرف اول، مربوط به ضریب و حرف دوم مربوط به تolerانس است. اگر مقدار عددی دارای ممیز باش، از همان حروف به عنوان ممیز استفاده می‌شود.

مثال - بر روی یک مقاومت عبارت **۶۸KM** نوشته شده است، مقادیر اهم و تolerانس این مقاومت چقدر است؟

$$R = 68K\Omega \pm 20\%$$

مثال - بر روی یک مقاومت عبارت **۵۶K** نوشته شده است، مقادیر اهم و تolerانس این مقاومت چقدر است؟

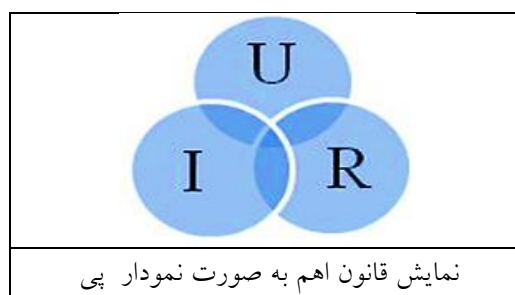
$$R = 56K\Omega \pm 10\%$$

بنابراین مقدار اهم این مقاومت، $56/6$ و تolerانس آن 10% است. دقت داشته باشید که در این مثال حرف R علاوه بر بیان ضریب ۱ برای عدد اعشاری $56/6$ ، به عنوان اعشار عدد اعشاری نیز به کار رفته است.

قانون اهم

قانون اهم رابطه‌ی بین سه کمیت اصلی ولتاژ، جریان و مقاومت را بیان می‌کند. بر اساس این قانون با اعمال ولتاژ به یک مقاومت اهمی جریانی در مدار جاری می‌شود، مقدار این جریان از تقسیم ولتاژ بر مقاومت بدست می‌آید. در زیر سه شکل قانون اهم را مشاهده می‌کنید.

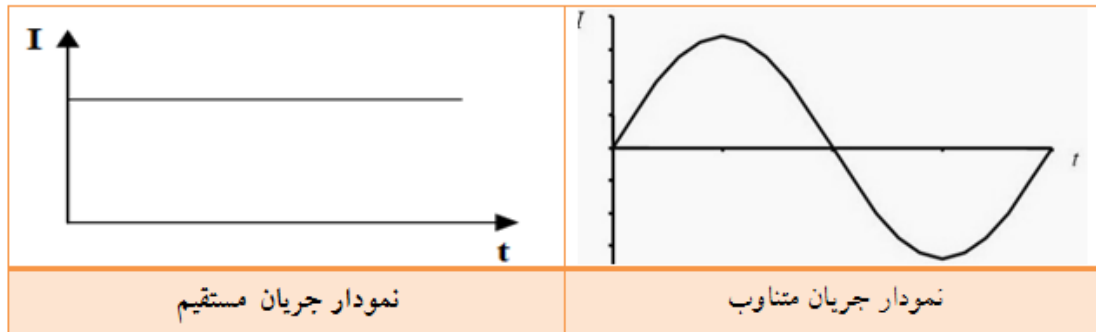
$U = R \cdot I$	$I = \frac{U}{R}$	$R = \frac{U}{I}$
اگر ولتاژ مجهول باشد.	اگر جریان مجهول باشد.	اگر مقاومت مجهول باشد.



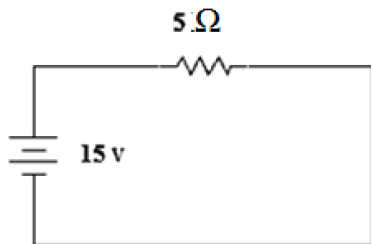
انواع جریان الکتریکی

۱ - جریان مستقیم dc: جریانی که توسط منابعی مانند باتری‌ها و مولدهای dc تولید می‌شوند و مقدار دامنه آن در تمام زمان‌ها با هم برابر و همواره در یک جهت جاری می‌شود جریان مستقیم نامیده می‌شود.

۲ - جریان متناوب ac: جریانی که توسط ژنراتورها در نیروگاه‌ها تولید می‌شود و توسط خطوط انتقال و توزیع به مراکز صنعتی و خانگی می‌رسد و در لوازم خانگی مانند لامپ‌ها، لباسشویی و ... مورد استفاده قرار می‌گیرد جریان متناوب می‌گویند. جریان متناوب یا ac جریانی دو جهتی است یعنی الکترون‌ها ابتدا در یک جهت و سپس در جهت مخالف حرکت می‌کنند که مقدار دامنه آن نیز همواره بین صفر تا حداکثر مثبت و حداکثر منفی در حال تغییر است.

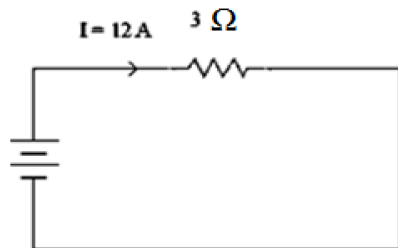


مثال - در مدار شکل زیر مقدار شدت جریان مدار را بدست آورید.



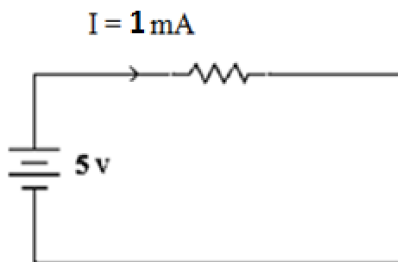
$$I = \frac{U}{R} = \frac{15}{5} = 3 \text{ A}$$

مثال - در مدار شکل زیر مقدار ولتاژ منبع تغذیه را بدست بیاورید.



$$U = R \cdot I = 3 \times 12 = 36 \text{ V}$$

مثال - در مدار شکل زیر مقدار اهم مقاومت چقدر است؟



$$R = \frac{U}{I} = \frac{5}{1 \times 10^{-3}} = 5 \text{ K}\Omega$$

توان الکتریکی

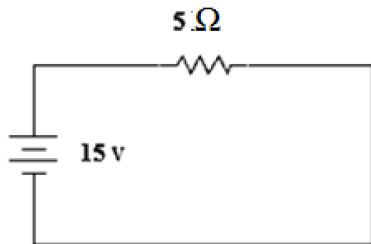
به میزان کار انجام شده در واحد زمان توان الکتریکی می‌گویند توان الکتریکی سرعت انجام کار را نشان می‌دهد، پس مقدار آن از تقسیم کار انجام شده بر زمان انجام کار بدست می‌آید. توان الکتریکی را با P نشان می‌دهند و بر حسب وات w است.

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

توان الکتریکی در یک مدار عبارت است از حاصل ضرب ولتاژ اعمالی به جریان جاری شده در مدار که با جایگذاری قانون اهم در فرمول توان می‌توان روابط دیگر که توان را بر حسب جریان، ولتاژ و مقاومت بیان می‌کند را بدست آورد.

$$P = U \cdot I \quad , \quad P = RI^2 \quad , \quad P = \frac{U^2}{R}$$

مثال - در شکل زیر توان مقاومت را بدست آورید.



$$I = \frac{U}{R} = \frac{15}{5} = 3A \quad , \quad P = U \times I = 15 \times 3 = 45W \quad , \quad P = \frac{U^2}{R} = \frac{15^2}{5} = 45W \quad , \quad P = RI^2 = 5 \times 3^2 = 45W$$

مثال - بر روی یک لامپ رشته‌ای اعداد $220V$ و $200W$ نوشته شده است، مقاومت و جریان لامپ را محاسبه کنید.

$$P = \frac{U^2}{R} \rightarrow R = \frac{220^2}{200} = 242\Omega \quad , \quad I = \frac{U}{R} = \frac{220}{242} = 0.9A$$

مثال - یک وسیله الکتریکی با توان $1500W$ وات به شبکه ای با ولتاژ $200V$ ولت وصل می‌شود، مقدار مقاومت المنت آن و جریانی که از شبکه دریافت می‌کند را محاسبه کنید.

$$I = \frac{P}{U} = \frac{1500}{200} = 7.5A \quad R = \frac{U}{I} = \frac{200}{7.5} = 26.7\Omega$$

مثال - اگر توان یک وسیله الکتریکی با مقاومت 100Ω اهم $2500W$ وات باشد، چه جریانی از شبکه دریافت می‌کند؟

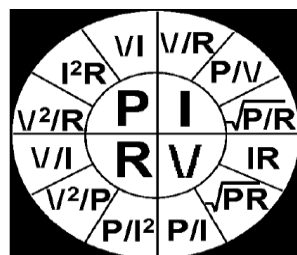
$$P = RI^2 \rightarrow I = \sqrt{\frac{P}{R}} = \sqrt{\frac{2500}{100}} = 5A$$

توان الکتریکی بر حسب وات w است ولی توان الکتروموتورها توان مکانیکی است که بر حسب اسب بخار hp سنجیده می‌شود، هر اسب بخار معادل $736W$ وات می‌باشد.

$$1hp = 736W$$

مثال - یک الکتروموتور دارای قدرت 10 اسب بخار است، این توان معادل چند وات می‌باشد؟

$$P = 10 \times 736 = 7360W$$



انرژی الکتریکی

انرژی الکتریکی در نیروگاه تولید می شود سپس توسط ترانسفورماتور و دکل به مناطق مسکونی و مراکز صنعتی منتقل می شود . به دلیل هزینه های بالای تولید ، توزیع ، و انتقال انرژی الکتریکی وزارت نیرو از مشترکین خود مبلغی به عنوان هزینه استفاده از انرژی الکتریکی دریافت می کند . برای اندازه گیری انرژی از وسیله ای بنام کنتور استفاده می شود . کنتور انرژی را بر حسب کیلو وات ساعت (KWh) اندازه گیری می کند . برای محاسبه مبلغ برق مصرفی ابتدا انرژی را از طریق ضرب توان در زمان حساب کرده و سپس در قیمت هر کیلو وات ضرب می کنیم .

$$w = u \cdot q \quad , \quad w = p \cdot t$$

در روابط فوق

W : انرژی الکتریکی بر حسب ژول (J) .

q : بار الکتریکی بر حسب کولن (C) .

U : ولتاژ الکتریکی بر حسب ولت (V) .

t : زمان بر حسب ثانیه (s) .

P : توان بر حسب وات (W) .

مثال - یک وسیله ی برقی با توان $2kw$ به منبع ولتاژ 220 ولت متصل شده است، اگر این وسیله در طول ماه 90 ساعت کار کند . مقاومت اهمی، میزان جریانی که از شبکه می کشد ، میزان انرژی مصرفی آن را در یک ماه محاسبه کنید .

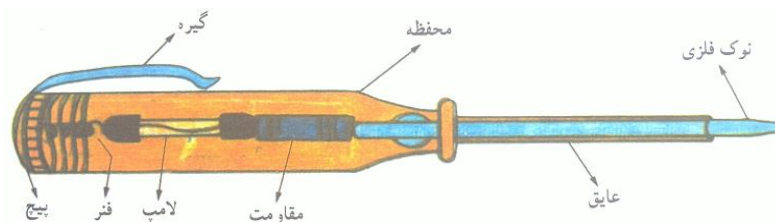
$$P = \frac{u^2}{R} \rightarrow R = \frac{220^2}{2000} = 24.2 \Omega \quad , \quad I = \sqrt{\frac{P}{R}} = \sqrt{\frac{2000}{24.2}} = 9 A \quad , \quad W = p \cdot t = 2 \times 90 = 180 \text{ kWh}$$

فصل چهارم : سیستم های روشنایی برق ساختمان

آشنایی با ابزار مقدماتی سیم کشی

پیچ گوشتی : یکی از پر مصرف ترین وسایل مورد استفاده در سیم کشی پیچ گوشتی است که به منظور باز و بسته کردن پیچ ها مورد استفاده قرار می گیرد ، پیچ گوشتی دارای انواع مختلف تخت ، چهار سو ، اتوماتیک و ... می باشد . باز و بسته کردن پیچ ها با پیچ گوشتی های با دسته ی بلند، راحت تر است زیرا بر اساس خاصیت اهرم، هر قدر طول بازوی کارگر بیشتر باشد نیروی کمتری لازم خواهد بود . از پیچ گوشتی با دسته کوچک برای کاربردهای دقیق استفاده می شود .

فازمتر : فازمتر یک نوع پیچ گوشتی است که علاوه بر باز و بسته کردن پیچ ها برای تشخیص سیم فاز از نول استفاده می شود ، در داخل فازمتر یک لامپ کوچک همراه یک مقاومت وجود دارد که با نوک فازمتر و پیچ انتهایی ارتباط دارد ، زمانی که نوک فازمتر به سیم فاز وصل شود جریانی از داخل مقاومت عبور کرده و به لامپ می رسد حال اگر توسط دست پیچ انتهایی فازمتر را لمس کنیم جریان تضعیف شده ای از طریق بدن شخص وارد زمین می شود و لامپ را روشن می کند .



انبردست : انبردست وسیله ای است برای فرم کاری ، تاباندن و صاف کردن سیم ها و در شرایطی که سیم چین و سیم لخت کن در دسترس نباشد می توان از انبردست برای لخت کردن و بریدن سیم ها نیز استفاده کرد . نوع خاصی از انبردست وجود دارد که دسته آن عایق نیست و به برای بریدن مفتولها و بیرون آوردن میخ استفاده می شود که به گاز انبر معروف است .

دم باریک : دم باریک وسیله ای است شبیه انبردست ، با این تفاوت که نوک آن از انبردست بلند تر و باریک تر است، و در جاهایی که جا تنگ است و انبردست قادر به انجام کار نیست برای سوالی کردن ، فرم دادن و بریدن سیم ها استفاده می شود .

سیم چین : برای قطع کردن سیم ها از سیم چین یا سیم قطع کن استفاده می شود ، که در دو نوع ساخته می شود . نوع اول سیم چین هایی که سیم را از پهلوی قطع می کند . و نوع دوم سیم چین هایی که سیم را به وسیله نوک قطع می کنند . از سیم چین نباید برای لخت کردن سیم استفاده کرد زیرا سیم زخم می شود و استحکام مکانیکی و الکتریکی آن ضعیف می شود .

دم گرد : دم گرد شبیه دم باریک است که نوک آن به صورت دایره است و برای فرم دادن و سوالی کردن سیم ها مورد استفاده قرار می گیرد .

سیم لخت کن : از سیم لخت کن برای لخت کردن سیم ها استفاده می شود که در سه نوع ساخته می شوند.

سیم لخت کن ساده : این سیم لخت کن از دو لبه تشکیل شده است که دارای شیارهایی در جهت قائم است . به وسیله ی پیچ و مهره می توان فاصله ی بین لبه ها را کم و زیاد کرد . در واقع پیچ تنظیم کننده و مهره تثبیت کننده ی فاصله است. وقتی دو لبه روی هم قرار می گیرند، با اعمال فشار به دسته ها و کشیدن آن ها روکش سیم جدا می شود.

سیم لخت کن اتوماتیک : این سیم لخت کن دارای دو لبه متحرک است و روی این لبه ها شیارهایی تعبیه شده ، زمانی که دو لبه روی هم قرار می گیرند تشکیل سوراخ هایی با قطرهای مختلف می دهد که سیم داخل آن ها قرار می گیرد ، روبه روی این لبه ها دو لبه ی صاف متحرک نیز قرار دارد که به منزله ی نگهدارنده ی سیم است . وقتی می خواهیم سیم را لخت کنیم ابتدا شیار مناسب را انتخاب کرده و سیم را داخل آن می گذاریم سپس دسته سیم لخت کن را فشار می دهیم لبه های صاف پایین می آید و سیم را نگه می دارد حال اگر کمی بیشتر فشار دهیم روکش انتهایی سیم خارج می شود .

سیم لخت کن حرارتی : سیم لخت کن حرارتی به وسیله حرارت ناشی از جریان الکتریکی عایق سیم ها را بر می دارد که به دلیل ایجاد دود و بو کمتر استفاده می شود .

						
سیم لخت کن اتوماتیک	سیم لخت کن ساده	دم گرد	سیم چین	دم باریک	گاز انبر	انبر دست

پریز

برای استفاده ی مستقیم از انرژی الکتریکی از پریز استفاده می شود به بیان دیگر پریز یک برق زنده است که به راحتی می توان از آن استفاده کرد . پریزها دارای انواعی هستند که به معرفی پرکاربرد ترین آنها می پردازیم .

- ۱- پریز تک فاز ساده : این نوع پریز بسیار پرکاربرد است و دارای دو پیچ برای اتصال سیم فاز و نول می باشد .
- ۲ - پریز سه فاز ساده : در این نوع پریزها سه کنتاک وجود دارد که سه فاز شبکه به آنها وصل می شوند .
- ۳ - پریز با اتصال زمین : در این نوع پریزها یک کنتاک اضافه به عنوان کنتاکت زمین (ارت) وجود دارد که به منظور حفاظت اشخاص در مقابله با خطر برق گرفتگی استفاده می شود، یعنی در مجموع سه سیم (فاز، نول و ارت) به پریز تک فاز ارت دار وصل می شود .
- ۴ - پریزهای روپوش دار : در مکانهایی مانند حمام و بیرون ساختمان که امکان ورود آب به داخل پریز وجود دارد از پریزهای روپوش دار (ضد آب Water prof) استفاده می شود .
- ۵ - پریز های قفل شونده : این پریزها دارای کلیدی هستند که به منظور ایمنی می توان آن را قفل کرد .
- ۶ - پریزهای مخصوص : برای وسایلی مانند آنتن تلویزیون ، تلفن و ... از پریزهای مخصوص خود استفاده می شود و عموماً شدت جریان کمتری را می توانند تحمل کنند .

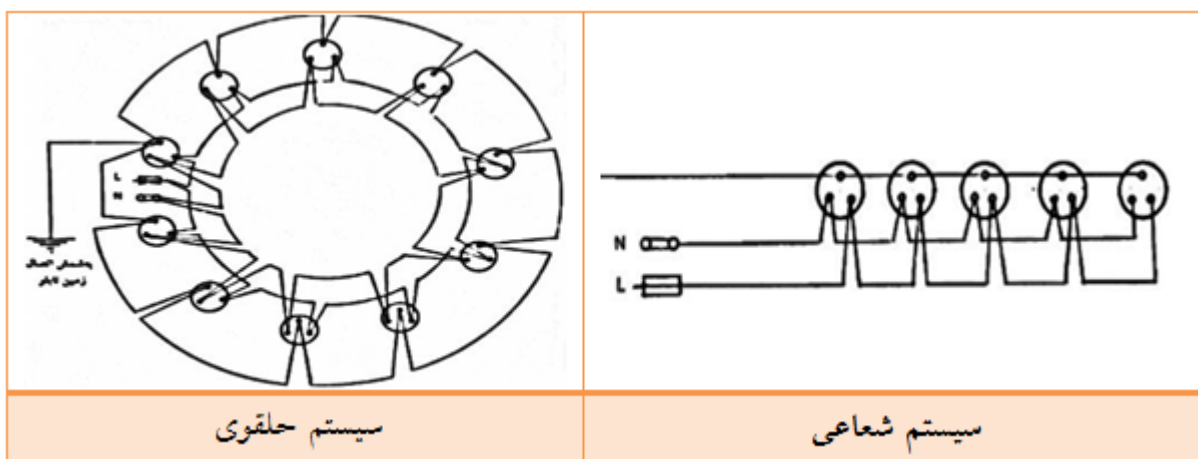


نکاتی مربوط به پریز

- پریز های برق را بر اساس تعداد فازها، میزان ایمنی و حفاظت شرایط محل نصب، مقدار جریان، مقدار ولتاژ و ... در دو نوع توکار و روکار ساخته و استفاده می شوند.
- حداقل سطح مقطع سیم ها در سیم کشی پریز ها $2/5 \text{ mm}^2$ است.
- حداقل ولتاژ قابل تحمل پریز های تک فاز ۲۵۰ ولت و حداقل میزان جریان قابل تحمل ۱۶ آمپر است.
- حداقل ولتاژ قابل تحمل پریز های سه فاز ۵۰۰ ولت و حداقل میزان جریان قابل تحمل ۱۶ آمپر است.
- پریز های مربوط به مصرف کننده های پر قدرت مانند دستگاه جوشکاری، کولرهای گازی و ... که جریان زیادی می کشند باید دارای مدار جداگانه باشند.
- ارتفاع پریز های برق از کف برای اتاق ۳۰ الی ۴۰ سانتی متر، برای آشپزخانه، گاراژ و ... ۱۱۰ الی ۱۲۰ سانتی متر است.

انواع اتصال پریزها

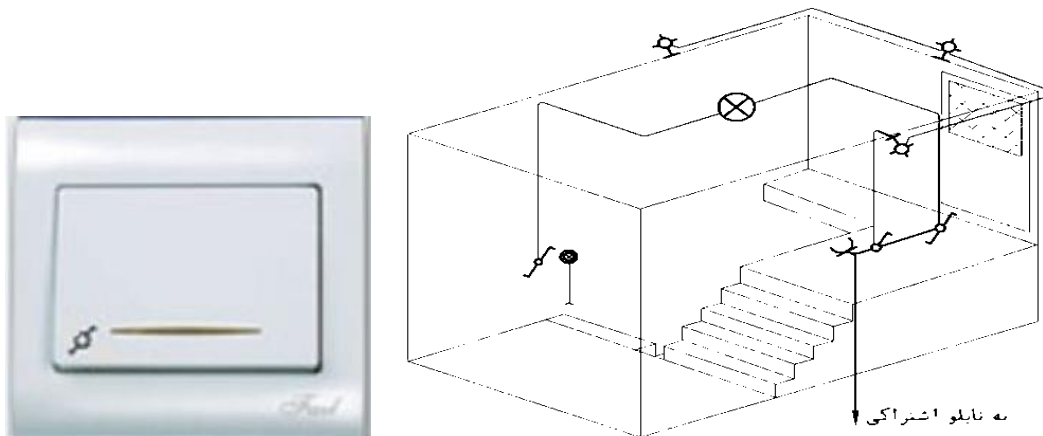
- سیستم شعاعی: در این اتصال سیم فاز و سیم نول به هر یک از کنتاکت های کلیه پریزها وصل می شود، در این سیستم اگر در هر نقطه از مدار سیم قطع شود پریزهای بعدی بدون برق می مانند.
- سیستم حلقوی: در سیستم حلقوی یا رینگ پریزها از دو طرف تغذیه می شوند به این ترتیب اگر یکی از سیم ها قطع شود از سمت دیگر برق پریز ها تأمین می شود. این سیستم برای مکان های با مساحت کمتر از صد متر مربع استفاده می شود.



- دوشاخه:** برای اتصال مصرف کننده ها به پریز از دوشاخه استفاده می شود، دو شاخه از دو میله فلزی که روی پایه ی پلاستیکی یا کائوچویی نصب شده اند، تشکیل می شود. برای پریز هایی که اتصال زمین (ارت) دارند از دو شاخه ای استفاده می شود که دارای زائده فلزی اضافی است که سیم زمین را به بدنه ی دستگاه مرتبط می سازد.
- جعبه تقسیم:** در هنگام سیم کشی لازم است از سیم ها انشعابات بگیریم، این انشعابات داخل جعبه تقسیم گرفته می شود، جعبه تقسیم در دو نوع روکار و توکار وجود دارد که ممکن است گرد یا مستطیلی و در اندازه های متفاوت باشند. فاصله جعبه تقسیم از سقف ۳۰ سانتی متر است. از آنجایی که جعبه تقسیم به زیبایی ساختمان لطمه می زند، بهتر است کمتر استفاده شود.
- کلید تک پل:** برای قطع و وصل کردن یک مسیر جریان از کلید تک پل استفاده می شود، که دارای دو پیچ اتصال است و از یک تیغه اتصال ثابت و یک تیغه اتصال متحرک که به پیچ های خروجی وصل هستند، یک فنر و یک میله درست شده است، به وسیله دگمه می توان دو کنتاکت را به هم وصل یا دو کنتاکت را از هم جدا کرد.

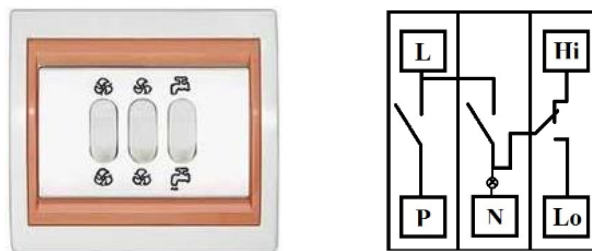
کلید دوپل : کلید دوپل برای قطع و وصل کردن دو گروه لامپ از یک نقطه استفاده می شود . این کلید معادل دو کلید تک پل است که در یک محفظه قرار گرفته اند . کلید دوپل دارای دو پیچ غیر مشترک و یک پیچ مشترک با علامت یا رنگی متفاوت می باشد و کاربرد فراوانی در سیم کشی برق ساختمان دارد .

کلید تبدیل : کلید تبدیل یا تعویض دارای سه کنتاکت می باشد که دو کنتاکت آن غیر مشترک و یک کنتاکت آن مشترک (با رنگ یا شکل متفاوت) است . از دو کلید تبدیل برای روشن و خاموش کردن یک گروه لامپ از دو نقطه استفاده می شود که معمولاً در راهروها، سالن ها و ... مورد استفاده قرار می گیرد . کلید تبدیل جریان را از یک سیم به سیم تعویض می کند .



کلید صلیبی : کلید صلیبی دارای چهار کنتاکت است که برای تغییر جهت جریان در دو سیم مورد استفاده قرار می گیرد ، برای کنترل یک یا چند لامپ از چند نقطه از کلید صلیبی بین کلیدهای تبدیل استفاده می شود . دو نوع کلید صلیبی موازی و متقاطع وجود دارد که از نظر کارکرد یکی هستند ولی از نظر ساختمانی با هم تفاوت دارند .

کلید کولر: از کلید کولر برای کنترل مدار کولر استفاده می شود بر روی کلید کولر سه دگمه وجود دارد، از دگمه پمپ برای روشن کردن موتور پمپ و پمپاژ کردن آب استفاده می شود ، از دگمه موتور برای روشن کردن دور کند موتور و از دگمه سرعت برای وارد کردن سیم پیچ دور تند استفاده می شود . کلید کولر معادل دو کلید تک پل و یک کلید تبدیل است .



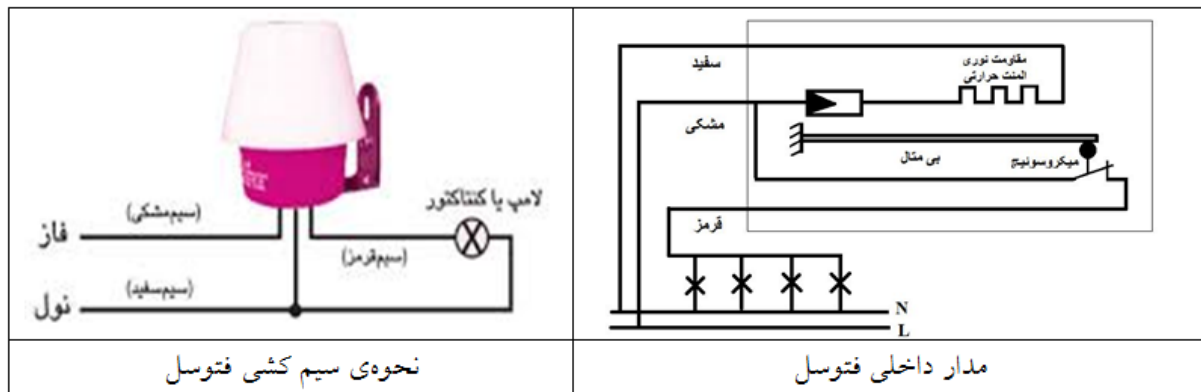
شستی : شستی یک نوع کلید تک پل است که تا وقتی روی آن نیرو وارد می شود کنتاکت های آن به هم وصل است و با برداشتن دست کنتاکت ها به وسیله ی نیروی فنر از هم جدا می شوند .

فتوسل

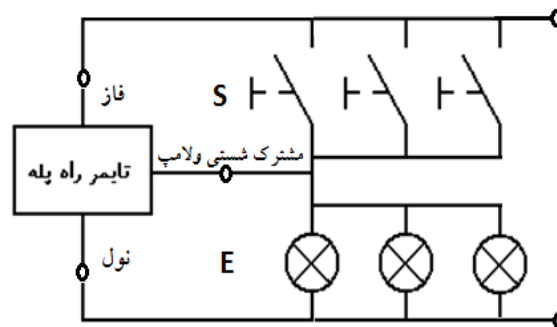
فتوسل یا سلول فتوالکتریک وسیله ای است که نسبت به نور حساس است و برای کنترل اتوماتیک لامپ های معابر و جاهای دیگر استفاده می شود ، به این ترتیب با تاریک شدن هوا لامپ ها به صورت اتوماتیک روشن و با روشن شدن هوا لامپ ها به صورت اتوماتیک خاموش می شود، فتوسل از یک مقاومت نوری، یک بی متال و یک میکروسوئیچ تشکیل شده است که اگر در معرض نور قرار گیرد مقدار اهم مقاومت نوری کم شده و باعث عبور جریان از بی متال و گرم شدن آن می شود ، زمانی که بی متال گرم می شود خم شده و به میکروسوئیچ برخورد کرده و مدار را قطع می کند.

در نوع دیگری از فتوسل به کمک یک تقویت کننده جریان، یک رله‌ی مغناطیسی را برای قطع مدار، فعال می‌کند. با روشن شدن هوا فتوسل ولتاژی تولید می‌کند تا به رله فرمان دهد که مدار را قطع کند.

فتوسل دارای سه سیم به رنگ های مشکی (فاز ورودی)، قرمز (فاز برگشتی)، سفید (سیم نول) می باشد.



تایمر راه پله : تایمر راه پله یک تایمر تأخیر در قطع است که در راه پله ها برای روشن و خاموش کردن لامپ ها (به جای کلید تبدیل) مورد استفاده قرار می گیرد، بر روی تایمر زمان روشن ماندن لامپ ها توسط ولوم یا کلیدهای چند وضعیتی قابل کنترل است . با فشردن شستی هریک از طبقات که با هم موازی شده اند رله تحریک می شود و لامپ ها را روشن می کند ، پس از گذشت زمان تایمر لامپ ها خاموش می شوند . تایمر راه پله در انواع موتوری، الکترونیکی و ... ساخته می‌شود .



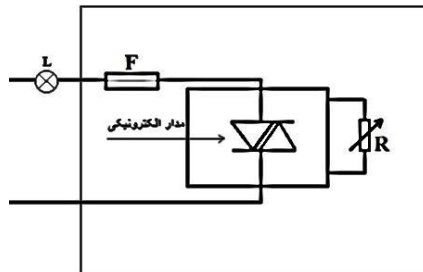
رله ضربه ای : رله ضربه ای همانند رله راه پله در محل هایی استفاده می شود که احتیاج باشد یک یا چند لامپ را از چند نقطه کنترل کرد با این تفاوت زمان مطرح نیست و به طور اتوماتیک مدار را قطع و وصل می شود . رله ضربه ای تقریباً کار کلید صلیبی را انجام می دهد .

سنسور : به جای استفاده از تایمر می توان از سنسور در راه پله ها، پارکینگ ها، سرویس ها و ... استفاده کرد به این صورت که سنسور با تشخیص حرکت لامپ را برای مدت مشخصی روشن می‌کند و سپس به صورت اتوماتیک خاموش می‌کند . در سنسور ها می توان میزان Lux را تنظیم کرد تا میزان حساسیت سنسور نسبت به نور محیط قابل کنترل باشد و در زمان ها و مکان هایی که نور محیط به اندازه ی کافی است سنسورها لامپ ها را روشن نکنند.



زنگ اخبار : زنگ اخبار وسیله ای است که به وسیله آن می توان به افراد دیگر پیام خاصی را توسط صوت اطلاع داد و از نظر ولتاژ در سه نوع ac ، dc و $ac . dc$ در بازار وجود دارند .

دایمر : دایمر وسیله ای است شبیه کلید معمولی که دارای ترمینال های ورودی و خروجی است توسط تنظیم کننده آن که به صورت دورانی یا کشویی است می توان میزان شدت نور لامپ را تغییر داد، دایمر از عناصر الکترونیکی ترایاک، دیاک، خازن ، سلف و ... ساخته می شود ، ترایاک نقش اصلی را بازی می کند و مانع عبور قسمتی از شکل موج ولتاژ ورودی می شود .



فتر سیم کشی: برای عبور دادن سیم از داخل لوله های سیم کشی از فتر استفاده می شود . فتر از نوار نازک فولادی یا پلاستیک خشک ساخته می شود که در یک سر آن زائده ای قرار دارد و در سر دیگر آن یک قلاب فلزی قرار دارد ، فتر با سر زائده دار وارد لوله می شود و سیم ها را که به قلاب انتهایی آن وصل است را با خود می کشد . فتر در مترهای متفاوت مانند ۱۰ ، ۱۲ ، ۱۵ و ... در بازار موجود می باشد .

چاقوی کابل بری : از این وسیله به منظور برداشتن عایق کابل و بریدن لوله های خرطومی استفاده می شود در هنگام روپوش برداری باید انگشت شست پشت چاقو قرار گیرد و جهت چاقو به سمت جلو باشد . برای روپوش برداری سریع از کابل های ضخیم و کابل های با قطر کم از دستگاه روپوش برداری کابل استفاده می شود .

فیوز

فیوز ساده ترین و متداولترین وسیله حفاظتی است و مدارات را در مقابله اضافه جریان حفاظت می کند . فیوز و سایر وسایل حفاظتی با مدار به صورت سری قرار می گیرند . بر اساس استاندارد فیوزها باید در جایی نصب شوند که به راحتی قابل دسترس باشند . در جدول زیر اندازه استاندارد فیوز ها آمده است .

۶۳	۵۰	۳۵	۲۵	۲۰	۱۵ (۱۶)	۱۰	۶	۴	۲
۴۰۰	۳۵۰	۳۰۰	۲۶۰	۲۲۵	۲۰۰	۱۶۰	۱۲۵	۱۰۰	۸۰
					۱۰۰۰	۸۰۰	۶۳۰	۵۰۰	۴۳۰

انواع فیوز از لحاظ سرعت قطع مدار

فیوز تندکار : فیوز تندکار فیوزی است که بیشتر در مدارات روشنایی استفاده می شود و دارای زمان عملکرد بسیار کوچک (تقریباً آنی) است . و با علامت F نشان می دهند .

فیوز کندکار (تأخیری) : فیوزهای کندکار دارای زمان قطع بیشتری نسبت به فیوزهای تندکار دارند و در مدارات راه اندازی الکتروموتورها استفاده می شود زیرا جریان راه اندازی الکتروموتورها ۴ تا ۷ برابر جریان نامی است، اگر از فیوز تندکار استفاده

شود در لحظه راه اندازی فیوز مدار الکتروموتور را قطع می کند . فیوز تاخیری را با علامت  نشان می دهند .

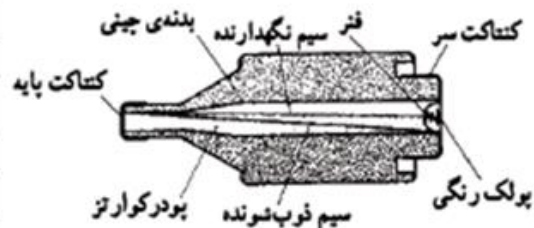
انواع فیوز از نظر ساختمان

فیوز ها دارای انواع مختلفی از جمله فیوز فشنگی ، فیوز کاردی ، فیوز شیشه ای ، فیوز اتوماتیک و ... که در زیر به توضیح نحوه عملکرد برخی از فیوز های پرکاربرد می پردازیم .

۱ - فیوزهای فشنگی یا ذوب شونده

فیوز فشنگی از سه قسمت پایه فیوز، فشنگ (بدنه استوانه ای شکل) و کلاهک تشکیل شده است . داخل فشنگ یک نوار فلزی ذوب شونده از جنس نقره با درجه حرارت ذوب ۹۵۰ درجه سانتی گراد قرار دارد اطراف آن از پودر فشرده کوارتز یا براده های سرامیک قرار گرفته است . نوار حرارتی به سر های فلزی دو انتهای فشنگ وصل است . به منظور شناسایی میزان جریان نامی و تشخیص سالم بودن فیوز فشنگی از پولک رنگی استفاده می شود پس از سوختن سیم حرارتی فیوز ، سیم مقاومت دار نیز می سوزد و پولک فلزی که تحت کشش فنر کوچکی قرار دارد به طرف بیرون پرت می شود .

جدول رنگ پولک فیوز برای جریان های مختلف	
رنگ پولک	جریان مجاز فیوز
صورتی	۲
قهوه ای روشن	۴
سبز	۶
قرمز روشن	۱۰
خاکستری	۱۶
آبی	۲۰
زرد روشن	۲۵
سیاه	۳۵
سفید	۵۰
مس روشن	۶۳
نقره ای	۸۰
قرمز تیره	۱۰۰
زرد تیره	۱۲۵
مس	۱۶۰



فیوز اتوماتیک α

فیوز اتوماتیک یا آلفا نوعی فیوز خودکار است که عبور بیش از حد جریان مجاز از آن موجب قطع مدار می شود اما می توان دوباره شستی آن را به داخل فشرده تا مدار دوباره وصل شود . در فیوزهای اتوماتیک دو عنصر حرارتی و مغناطیسی وجود دارد . عنصر حرارتی مانند یک رله مغناطیسی جریان ، با وقوع اتصال کوتاه یا جریان زیاد مدار را قطع می کند و عنصر حرارتی مدار را در حالت اضافه بار (افزایش تدریجی جریان) قطع می کند .



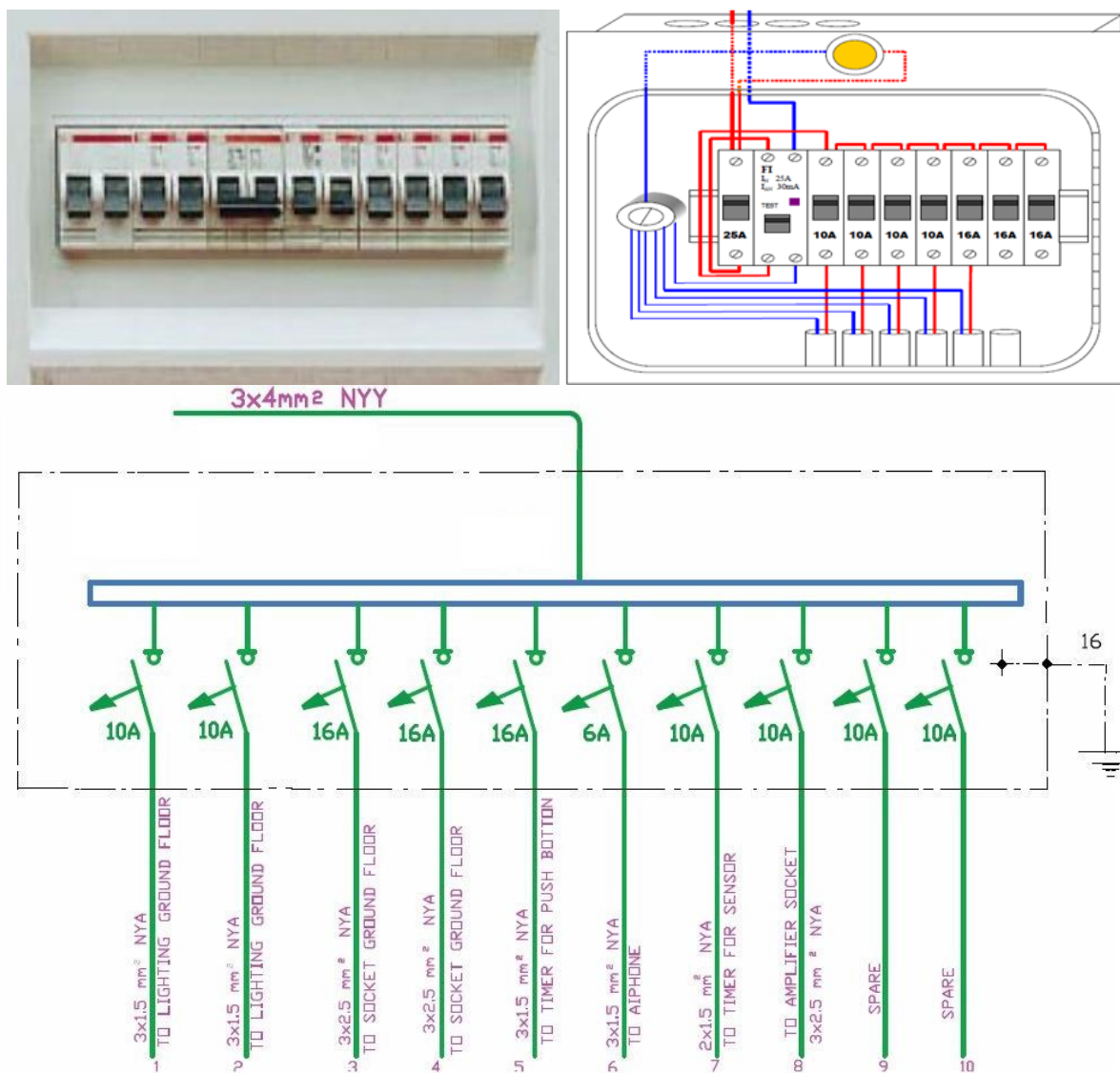
فیوز مینیاتوری

فیوز یا کلید مینیاتوری از نظر ساختمانی مانند فیوز اتوماتیک α است و از سه قسمت رله مغناطیسی (اتصال کوتاه) رله حرارتی (اضافه بار) و کلید تشکیل شده است به این مجموعه کلید موتور نیز نامیده می شود که در دو نوع L و G ساخته می شود، نوع L برای مصارف روشنایی و نوع G برای راه اندازی الکتروموتورها مورد استفاده قرار می گیرد.



نکته - در محل های مسکونی برای حفاظت انشعاب های روشنایی از فیوز ۱۰ آمپر و برای حفاظت سیم انشعاب پریزهای تکفاز از فیوز ۱۶ آمپر استفاده می شود

نکته - هر اتاق باید حداقل توسط دو خط تغذیه شود.



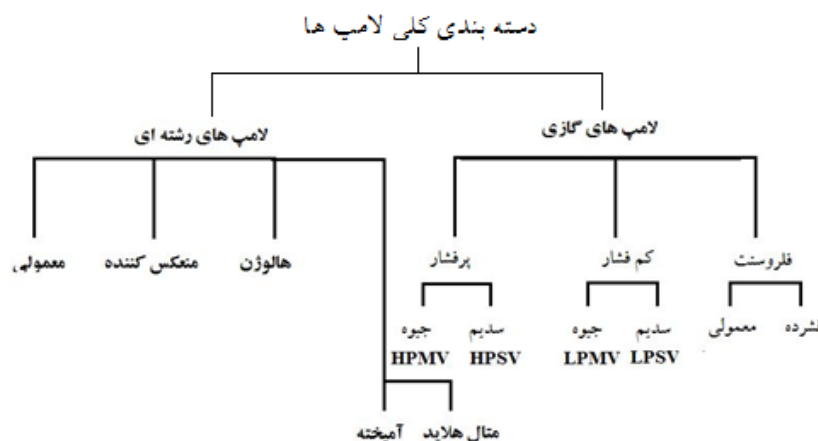
شناسایی فیوزهای فشار ضعیف از نظر محدوده قطع و نوع کاربرد توسط دو حرف مشخص می شود .

حرف اول : حرف اول **g** یا **a** می باشد و مشخص کننده ظرفیت قطع فیوز است . فیوز با علامت **g** را فیوز با قطع کامل و فیوز با علامت **a** را فیوز با ظرفیت قطع نسبی می نامند .

حرف دوم : حرف دوم مشخص کننده نوع کاربرد فیوز است که می تواند **G** (کاربرد عمومی) ، **M** (کاربرد در مدارات موتوری) ، **D** (برای فیوز های تاخیری) یا **N** (برای فیوز های بدون تاخیر) باشد .
برای مثال کد **gg** مشخص کننده فیوزی است که با ظرفیت کامل جریان را قطع می کند و کاربرد عمومی دارد .

سیستم های روشنایی

لامپ رکن اصلی سیستم های روشنایی محسوب می شود که انرژی الکتریکی را به انرژی نورانی تبدیل می کند ، و دارای انواع مختلفی هستند که هر کدام کاربرد خاصی دارند که در زیر به تعریف مختصر پرکاربرد ترین لامپ ها می پردازیم .



لامپ رشته ای معمولی : بر طبق قانون ژول با عبور جریان از یک فلز در آن حرارت ایجاد می شود اگر درجه حرارت بالاتر برود فلز ابتدا سرخ و سپس نارنجی می شود و پس از آن به حالت ملتهب و درخشان درمی آید و از خود نور سفید منعکس می کند .

لامپ رشته ای از قسمت های زیر تشکیل شده است .

رشته لامپ : رشته لامپ که از جنس تنگستن است و به فیلامان معروف می باشد به صورت مارپیچ با قطر کم ساخته می شود ، درجه حرارت فیلامان لامپ در حدود ۲۵۰۰ درجه سانتی گراد است .

حباب لامپ: حباب اغلب لامپ ها از شیشه ی معمولی ساخته می شود ولی شیشه ی لامپ های توان بالا و لامپ هایی که در معرض باران و برف قرار دارند از شیشه ی سخت که مقاومت کافی دارند ساخته می شود. در برخی از لامپ ها برای کاهش چشم زدگی داخل شیشه را از سیلیس می پوشانند. لامپ های رنگی را نیز با رنگ زدن سطح داخلی یا خارجی شیشه می سازند.
گاز داخل حباب : داخل حباب را از گازهای خثی مانند آرگون ، ازت، نئون، هلیوم، کریپتون و گزنون پر می کنند تا از تبخیر رشته ی فیلامان جلوگیری شود .

لامپ هالوژن : لامپ هالوژن شبیه لامپ رشته ای معمولی است با این تفاوت که علاوه بر گازهای بی اثر از یک عنصر هالوژن مانند برم یا ید نیز در داخل حباب برای جلوگیری از تبخیر تنگستن استفاده می شود . بهره ی نوری لامپ هالوژن دو برابر لامپ رشته ای معمولی و طول عمر آن ها حدود ۳۰۰۰ ساعت است . از لامپ های هالوژن در خودروها، لامپ های تزئینی، پروژکتورهای استودیویی و همچنین لامپ های اماکن استفاده می شود . این لامپ ها گرمای زیادی تولید می کنند برای کاهش حجم حباب آن را به صورت لوله ای یا موادی می سازند تا از بروز ترک جلوگیری شود.

لامپ بخار جیوه : لامپ بخار جیوه دارای دو حباب است، حباب داخلی از کوارتز که در مقابل فشار و حرارت مقاوم است و حباب خارجی به منظور حفاظت از حباب داخلی در مقابل عوامل بیرونی استفاده می‌شود که به صورت استوانه‌ای یا بیضوی ساخته و سطح داخلی آن را از فسفر می‌پوشانند، درون محفظه‌ی حباب داخلی را از جیوه به همراه کمی آرگون و بین دو حباب را از گازهای بی اثر پر می‌کنند تا از اکسید شدن قسمت های داخلی جلوگیری شود .

طرز کار لامپ جیوه : هنگامی که ولتاژی به دو سر لامپ اعمال شود نور آبی رنگ ناشی از گاز آرگون دیده می‌شود و بعد از چند دقیقه همه جیوه‌ی بخار می‌شود و لامپ به طور کامل روشن می‌شود ، بعد از خاموش کردن لامپ حدود ۵ تا ۷ دقیقه طول می‌کشد تا خنک شود و شرایط برای روشن شدن مجدد فراهم شود .

لامپ متال هالاید : لامپ متال هالاید ساختمانی شبیه لامپ جیوه پرفشار دارد که داخل حباب علاوه بر جیوه مقدار کمی نمک های هالورنی اضافه می‌شود، کاربرد این نوع لامپ‌ها بیشتر در روشنایی میدانی ورزشی، نورتایی به ساختمان های بلند است .

لامپ بخار سدیم : این لامپ ها شبیه لامپ های بخار جیوه است با این تفاوت که داخل حباب به جای آرگون از گاز نئون ، و به جای جیوه از سدیم استفاده می‌شود و راه اندازی آنها حدود ۱۵ تا ۲۰ دقیقه طول می‌کشد، نور این لامپ ها زرد است و بهره نوری زیادی دارند و در جاهایی که رنگ نور اهمیتی ندارد مانند معابر و خیابان ها استفاده می‌شود .

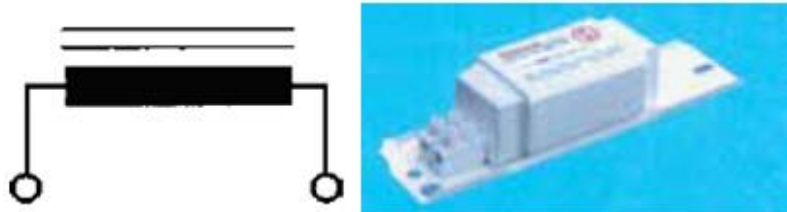


لامپ فلورسنت (Fluorescent): لامپ فلورسنت یا مهتابی از پر کاربردترین نوع لامپ ها است و در مراکز اداری، صنعتی، آموزشی، تجاری، خانگی و ... استفاده می‌شود . این لامپ از یک لوله بلند (۲۰ تا ۱۶۰ سانتی متری) با قطر داخلی کم (۲۵ تا ۳۸ میلی متر) ساخته می‌شود و داخل آن از ماده فلورسنت پوشیده شده است، در دو طرف لوله دو رشته فلزی تنگستن اندود به باریم که به راحتی الکترون ساطع می‌کنند و گاز را گرم و به حرکت در می‌آورد قرار دارد و فضای داخل لوله از بخار جیوه با فشار کم پر شده است . برای روشن شدن لامپ فلورسنت از چوک و استارتر استفاده می‌شود .

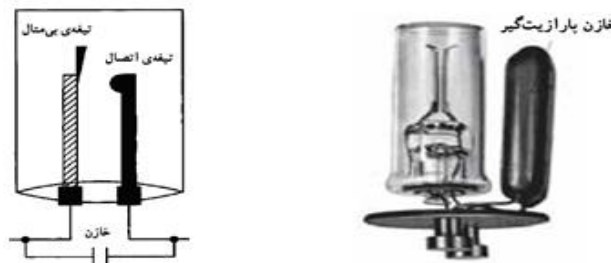
چوک (ترانس مهتابی): چوک سیم پیچی است که دور یک هسته قرار دارد و با مدار به صورت سری قرار می‌گیرد و دو کار اصلی را انجام می‌دهد .

الف - بالابردن ولتاژ در لحظه راه اندازی : در لحظه راه اندازی ولتاژ زیادی لازم است تا تخلیه الکتریکی در لامپ صورت گیرد چوک به کمک استارتر لامپ را روشن می کند .

ب - محدود کردن جریان پس از راه اندازی : پس از آنکه لامپ روشن شد بخار جیوه داخل آن در اثر یونیزاسیون ، مقاومت کمی پیدا می کند و در نتیجه جریان لامپ بالا می رود ، در این حالت چوک باعث کاهش جریان لامپ می شود .

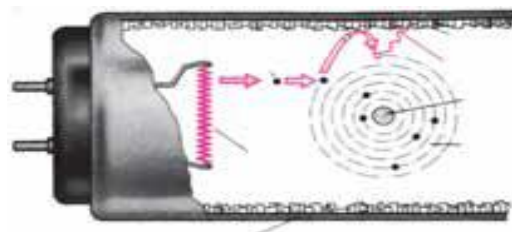


استارتر (starter): استارتر یک لامپ نئون کوچک است که از دو الکترود تشکیل شده است یکی از الکترودهای آن یک تیغه بی متال و الکترود دیگر یک تیغه فلزی است که درون آن از گاز نئون پر شده است، برای یونیزاسیون گاز نئون داخل استارت ولتاژ ۱۴۰ تا ۱۵۰ ولت احتیاج است . بعد از روشن شدن لامپ اگر استارت را از مدار جدا کنیم مهتابی همچنان روشن می ماند زیرا گاز جیوه یونیزه شده و جریان مسیرش را از طریق گاز داخل مهتابی می بندد .



خازن : در مدار لامپ فلورسنت از دو خازن استفاده می شود ، به دلیل خاصیت سلفی چوک ضریب قدرت $\cos\phi$ کاهش می یابد که برای بالا بردن ضریب قدرت یک خازن با چوک موازی می شود . یک خازن دیگر برای جلوگیری از پیدایش جرقه و پارازیت با استارت موازی می شود .

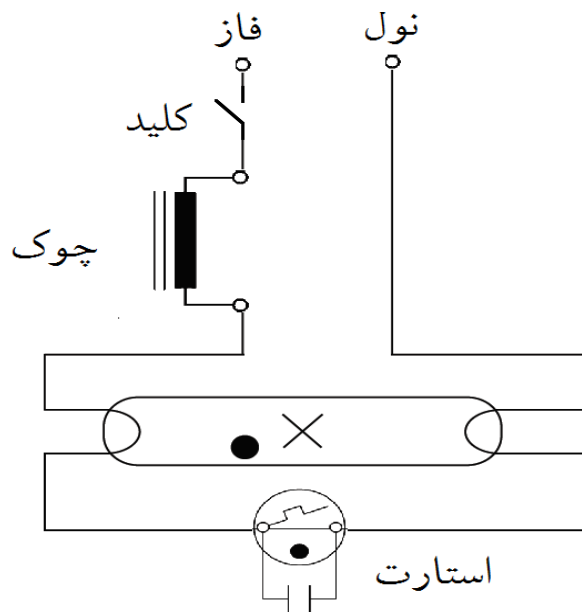
پایه مهتابی : در سرهای لامپ فلزی دو زائده فلزی وجود دارد که به فیلامان لامپ متصل هستند، این زائده ها به پایه های لامپ که از جنس پلاستیک یا کائوچو است وصل می شوند . استارتر بر روی پایه بلند قرار می گیرد یا پایه ای جداگانه ای برای استارت تعبیه شده است .



طرز کار لامپ فلورسنت

با وصل کلید به دو سر استارتر ولتاژ شبکه اعمال می شود که باعث یونیزه شدن گاز نئون داخل استارتر و خم شدن تیغه بی- متال و وصل آن به الکترود دیگر می شود. با وصل شدن تیغه ها ، جریانی از مسیر استارت ، فیلامان ها و چوک در مدار جاری می شود در این حالت فیلامان ها سرخ شده و موجب پرتاب الکترون ها از سطح فیلامان می شود که باعث یونیزه شدن گازهای داخل لامپ می شود . در این حالت چون الکترود های استارت به هم چسپیده اند دیگر گاز داخل آن یونیزه نمی شود و الکترود سرد و تیغه ها از هم جدا می شوند و در نتیجه استارت از مدار جدا می شود . با قطع آنی این جریان

ولتاژ بزرگی در حدود ۵۰۰ تا ۱۵۰۰ ولت در دو سر چوک ایجاد می شود که باعث تخلیه الکتریکی درون لوله بین دو فیلامان می شود و پس از گذشت چند ثانیه لامپ روشن می شود .



مدار الکتریکی لامپ فلورسنت

نوع منبع	کاربرد	مزیت	عیب
لامپ رشته ای	در ساختمان های مسکونی ولی به سختی روشنایی مورد نیاز را فراهم می کنند	ارزان، قابلیت تغییر میزان نور، رنجهی خوب، روشن شدن سریع	کم بازده، عمر کم، عدم تامین نور نیازمند برای ساختمان براساس استانداردهای روز
لامپ فلورسنت خطی	می توان آنها را روی سقف، دیواره ها یا داخل چراغ های مختلف به عنوان بخشی از انواع سیستم روشنایی نصب کرد	ارزان، قابلیت تغییر میزان نور با بالاست های مخصوص، بازده خوب، عمر زیاد (۱۲۰۰۰ الی ۱۵۰۰۰ ساعت)، رنجهی خوب	در نوع خاصی از چراغ ها (چراغ های خطی) قابل استفاده است.
لامپ فلورسنت فشرده	می توان آنها را روی سقف، دیواره ها یا داخل چراغ های مختلف به عنوان بخشی از انواع سیستم روشنایی نصب کرد	ارزان، بازده خوب، عمر زیاد (۱۰۰۰ ساعت) رنجهی خوب، موجود در اندازه های کوچک، روشن شدن سریع	تغییر میزان نور در این لامپ ها مشکل است هر چند بالاست های مخصوصی برای این کار موجود است
لامپ های متال هالید	با محدوده وسیعی از کاربردها، اغلب برای روشنایی مکان های بزرگ مورد استفاده است	متبع نور سفید، بازده خوب، اندازه کوچک، عمر نسبتا زیاد	گران، نیاز به گرم شدن اولیه، نیاز به ۱۵ دقیقه برای شروع بکار مجدد بعد از خاموش کردن، عدم امکان تغییر میزان، نور، رنجهی زیر ۸۰ ناپایداری نور در انواع قدیمی
لامپ جیوه ای	همانند متال هالید	نسبتا ارزان، عمر زیاد	رنجهی ضعیف، بازده متوسط، نیاز به گرم شدن
لامپ سدیمی	همانند متال هالید	بازده بالا، عمر زیاد	رنجهی ضعیف، نیاز به گرم شدن

جدول مقایسه ی انواع لامپ ها

تعاریف و کمیت های سیستم روشنایی

شدت نور : میزان توان نوری منتشر شده از منبع نور را شدت نور (Luminous Intenesity) می گویند. واحد آن کاندیلا cd است و با I نشان داده می شود .

شار نوری : توان تشعشعات الکترومغناطیسی قابل رویتی است که از منبع نورانی خارج شده و یا جسمی آن را دریافت می کند را شار نوری (Luminous Flux) می گویند. که با ϕ نشان می دهند و واحد اندازه گیری آن لومن Lm است . در زیر شار نوری برخی منابع تولید نور آمده است .

منبع نور	شار نوری
لامپ دوچرخه	۱۰ لومن
لامپ رشته ای ۱۵۰ وات	۱۹۴۰ لومن
لامپ فلروسنت ۴۰ وات	۲۸۱۰ لومن
لامپ سدیم ۱۴۰ وات	۱۳۰۰۰ لومن

بهره نوری : بنا به تعریف به نسبت شار نوری به توان ورودی لامپ ، بهره نوری لامپ گفته می شود .

$$\eta = \frac{\phi}{p}$$

شدت روشنایی : به مقدار شار نوری که به واحد سطح می رسد شدت روشنایی یا چگالی شار روشنایی می گویند ، شدت روشنایی را با E نمایش می دهند و برحسب لومن بر متر مربع یا لوکس lx می باشد .

$$E = \frac{\phi}{A}$$

شدت روشنایی یکی از پارامترهای مهم در محاسبات روشنایی می باشد و هر کشوری با توجه به فرهنگ و اهمیتی که به روشنایی می دهند، شدت روشنایی لازم برای مکان های مختلف محاسبه و در اختیار مردم قرار می دهند . در ایران نیز موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ISIRI جداولی را بدین منظور تهیه کرده است که بر مبنای محاسبات روشنایی داخلی می باشد . در زیر شدت روشنایی پیشنهادی برخی مکان های معمولی آورده شده است .

مکان	شدت روشنایی (لوکس)	مکان	شدت روشنایی (لوکس)
اتاق پذیرایی	۲۰۰	دفاتر و اداره جات	۵۰۰
آشپزخانه	۲۰۰	اتاق مطالعه	۵۰۰
اتاق خواب	۱۰۰	روی میز مطالعه	۵۰۰
راهرو و آسانسور	۱۵۰	سالن ورزشی سرپوشیده	۵۰۰
کلاس درس	۵۰۰	میز عمل جراحی	۸۰۰۰

درخشندگی : درخشندگی یا تراکم نور (Luminance Brightness) را با L نشان می‌دهند و به نسبت شدت نور ساطع شده از منبع I در جهتی خاص به سطح منبع نورانی در همان جهت تعریف می‌شود . واحد اندازه گیری آن کاندیلا بر مترمربع یا نیت می‌باشد، استیلب واحد دیگر درخشندگی می‌باشد که برابر یک کاندیلا بر سانتی مترمربع یا ده هزار نیت می‌باشد .

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

اگر دو منبع نورانی که شدت نور برابر ولی اندازه‌ی فیزیکی مختلفی داشته باشند به طور پشت سر هم رؤیت شوند ، منبعی که کوچکتر است درخشنده تر به نظر می‌رسد . درخشندگی مناسب برای چشم انسان بین ۶۰ تا ۶۵۰۰ نیت می‌باشد .

برآورد تقریبی بار روشنایی

با استفاده از جدول زیر می‌توان میزان وات لازم به ازای هر مترمربع را برای مکان‌های مختلف محاسبه کرد .

روشنایی بر حسب وات بر متر مربع		نوع محل
رشته ای	فلورسنت	
۲۲-۱۵	۸-۶	آشپزخانه ، پذیرایی
۱۱-۷	۴-۳	اتاق خواب ، پارکینگ ، راه پله
۶-۲	۲-۱/۵	زیر زمین ، اتاق‌های همکف و نظایر آن
۱۰	۷	دفاتر و اداره جات

مثال - برای یک اتاق خواب ۲۰ مترمربع ای چند لامپ رشته ای ۱۰۰ وات احتیاج است ؟

دو عدد لامپ ۱۰۰ وات - $20 \times 10 = 200 \text{ W}$

مثال- برای یک پذیرائی ۴۸ متر چند عدد لامپ ۴۰ وات فلورسنت احتیاج است ؟

پنج عدد لامپ فلورسنت ۴۰ وات مناسب می‌باشد . $N = \frac{192}{40} = 4.8$, $48 \times 4 = 192 \text{ W}$

مدار مکالمه دو طرفه (آیفون صوتی)

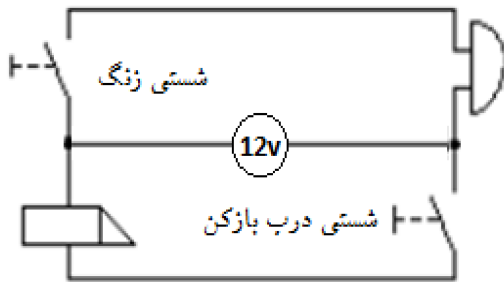
از آیفون برای ارتباط بین داخل و خارج و باز کردن در ساختمان استفاده می‌شود . هر آیفون شامل قسمت‌های زیر می‌باشد .

۱ - منبع تغذیه : منبع تغذیه هم برق DC مستقیم را برای مدار مکالمه و برق متناوب AC را برای مدار درب باز کن تأمین می‌کند ، از یک ترانسفورماتور ولتاژ برای تبدیل برق ۲۲۰ ولت به برق ۱۲ ولت استفاده می‌شود . قسمت DC را نیز از خروجی ترانس به وسیله ی یکسوساز الکترونیکی فراهم می‌شود . در برخی از آیفون‌ها خروجی DC وجود ندارد و تمام قسمت‌های آیفون با برق AC کار می‌کنند .

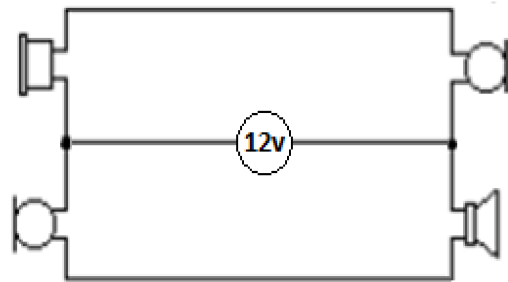
۲ - مدار خبر : مدار خبر از یک زنگ اخبار ۱۲ ولت که داخل خود گوشی قرار دارد و یک شستی که مقابل در ورودی است تشکیل می‌شود .

۳ - مدار در باز کن : مدار در باز کن از یک در باز کن که روی در و یک شستی که روی گوشی قرار گرفته تشکیل شده است . طرز کار آن به این ترتیب است که با فشردن شستی، برق متناوب از منبع تغذیه به در بازکن اعمال می‌شود، با عبور جریان از سیم پیچ درب بازکن یک میدان مغناطیسی ایجاد می‌شود که موجب می‌شود اهرم به سمت داخل کشیده شود و در باز شود .

۴ - مدار مکالمه : مدار مکالمه از یک گوشی، یک بلندگو و دو میکروفون (دهنی) تشکیل شده است که اگر گوشی را نزدیک گوش قرار دهیم می توان از داخل منزل با فردی که جلوی درب است مکالمه کرد .



مدار زنگ و درب باز کن



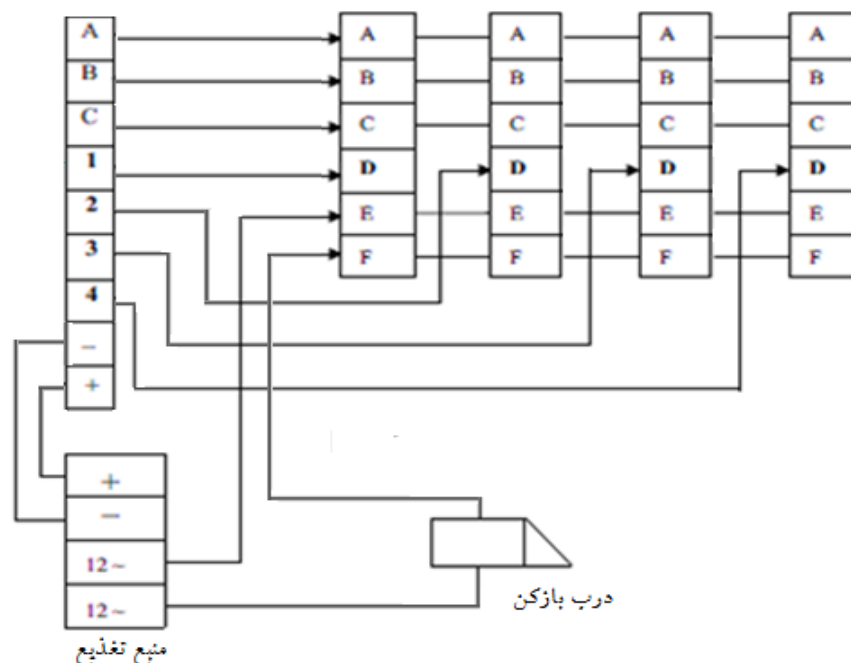
مدار مکالمه



نحوه ی سیم کشی یک نوع آیفون معمولی

- ۱ - کنتاکت های ABC گوشی و صفحه جلوی درب به هم وصل می شوند و مربوط به مدار مکالمه هستند .
- ۲ - کنتاکت های + و - منبع تغذیه که برق مستقیم را برای تأمین ولتاژ مدار مکالمه و مدار زنگ فراهم می کند به + و - صفحه ی جلوی در وصل می شود .
- ۳ - کنتاکت D گوشی منزل مربوط به زنگ است که به شماره ی واحد مربوطه پانل جلوی در وصل می شود .
- ۴ - کنتاکت های مربوط به منبع تغذیه ی ac برای وصل به در بازکن از طریق کنتاکت های DF گوشی منزل در نظر گرفته شده، زمانی که شستی گوشی داخل منزل فشرده شود، کنتاکت های E و F به هم وصل و مدار درب بازکن بسته می شود .

گوشی طبقه چهارم گوشی طبقه سوم گوشی طبقه دوم گوشی طبقه اول صفحه جلوی درب

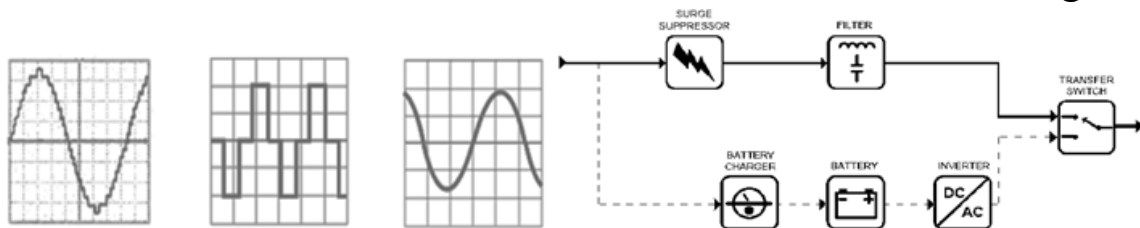


منابع تغذیه‌ی بدون وقفه UPS

منابع تغذیه‌ی بدون وقفه UPS برای تأمین برق اضطراری استفاده می‌شود. زمانی که برق مصرف کننده‌ها قطع شود UPS وارد مدار می‌شود و برق مورد نیاز را تأمین می‌کند. در واقع UPS یک اینورتر است که برق DC باتری را به برق متناوب تبدیل می‌کند. استفاده از UPS محدودیت‌هایی دارد زیرا باتری آن دشارژ می‌شود، توان خروجی آن محدودیت دارد و شکل موج خروجی آن کاملاً شبیه برق شهر نمی‌باشد، در صورتی که بخواهیم محدودیت‌های فوق را برطرف کنیم هزینه UPS شدیداً افزایش خواهد یافت، به همین دلیل از UPS بیشتر در مکان‌هایی چون بانک‌ها، اداره جات و ... برای حفاظت کامپیوترها، سیستم‌های مخابراتی و سایر سیستم‌هایی که نسبت به بروز وقفه در منبع تغذیه حساس‌اند استفاده می‌شود.



کیفیت شکل موج خروجی UPS های مختلف به دلیل متفاوت بودن نوع اینورتر آن‌ها با یکدیگر متفاوت است. همانطور که گفته شد اینورتر برق DC را از باتری دریافت میکند و آن را به برق AC تبدیل می‌کند. در بدترین وضعیت شکل موج خروجی مربعی می‌باشد و در بهترین UPS ها شکل موج خروجی سینوسی خالص می‌باشد. و در UPS های معمولی شکل موج برق خروجی نزدیک به سینوسی می‌باشد.



سیم و انواع اتصالات

سیم: سیم‌ها از دو قسمت هادی و عایق تشکیل شده است جنس هادی عموماً از مس است ولی آلومینیوم نیز کاربرد زیادی دارد. عایق سیم‌ها از مواد پلاستیکی به صورت لایه‌ای ساخته می‌شود. طول سیم را بر حسب متر و مقطع آن بر حسب میلی‌متر مربع اندازه گیری می‌کنند. معمولاً جنس هادی و عایق و نوع کاربرد کابل‌ها و سیم‌ها با حروف مشخصی نشان داده می‌شود که روی روکش خارجی آن‌ها درج می‌شود. هر حرف معنای خاص خود را دارد که در جدول زیر تشریح شده‌اند.

حرف اختصاری	معنای حرف
N	سیم مسی
Y	عایق پرتودور PVC
S	سیم مخصوص
Z	سیم مخصوص
F	سیم نرم
A	سیم مخصوص داخل لوله
M	سیم مقاوم در مقابل رطوبت

حرف اختصاری	معنای حروف
NYA	سیم تک لا با عایق پلاستیکی
NYAF	سیم افشان با عایق پلاستیکی
NSYA	سیم مخصوص با عایق پلاستیکی
NYM	سیم مقاوم در مقابل رطوبت
NYZ	سیم مخصوص با عایق پلاستیکی
NYFA	سیم مخصوص لوستر و چراغ‌ها
NYFAZ	سیم دو رشته ای (دولا) مخصوص روشنایی

سیم یا کابل کواکسیال : کواکسیال یک کابل دو سیمه است که از یک رشته سیم داخلی در مرکز کابل با عایق PVC و یک سیم خارجی که بر روی عایق سیم مرکزی بافته شده است تشکیل می شود. سیم داخلی به عنوان سیم اصلی به بدنه دستگاههای صوتی تصویری وصل می شود و سیم خارجی به عنوان محافظ در مقابل پارازیت های خارجی به بدنه دستگاه وصل می شود . ترجیحاً سیم کواکسیال باید از لوله ای جداگانه ای عبور داده شود .

اتصال سیم ها به هم : گاهی لازم است در هنگام سیم کشی، سیم ها را به هم وصل کنیم که به وسیله ی ترمینال ها یا به وسیله بستن سیم ها به هم انجام می گیرد . قبل از وصل سیم ها به هم باید عایق سیم را برداشت .

انواع اتصالات سیم ها

اتصال طولی : در مواقعی که سیم های تحت نیروی کششی کوتاه بیاید از اتصال طولی استفاده می شود، ابتدا روپوش سیم را به اندازه ی کافی برداشته و سپس سیم ها را به صورت ضربدری قرار می دهیم و یکی را بر روی دیگری می پیچانیم ، بعد از پیچاندن هر دو سیم به دور یکدیگر ، انتهای سیم ها را تا حد ممکن به قسمت مستقیم هادی می فشاریم ، این عمل باعث می شود که نوک تیز هادی ها نوار عایق روی سیم را پاره نکند .



اتصال سربه سر : در این نوع اتصال دو سیم را لخت کرده و به صورت ضربدری روی هم قرار می دهیم، سپس هر دو سیم را به دور هم می پیچیم . اتصال سربه سر داخل جعبه تقسیم های ساختمان به منظور گرفتن انشعابات به فراوانی دیده می شود .



اتصال سیم نازک به سیم ضخیم : این نوع اتصال برای انشعاب گرفتن یک سیم فرعی با سطح مقطع کم از یک سیم اصلی با سطح مقطع زیاد استفاده می شود . این نوع اتصال بر عکس اتصال سربه سر تحت کشش مکانیکی نیست . دو سیم را به اندازه کافی لخت کرده و سپس سیم نازک را چند دور در اطراف سیم اصلی پیچیده سپس انتهای سیم اصلی بر روی قسمت پیچیده شده خم می شود، دنباله سیم فرعی بر روی قسمت خم پیچیده می شود .



اتصال سه راهی یا انشعاب میانی : به متصل کردن یک هادی به وسط سیم دیگر، اتصال میانی گفته می شود . برای این اتصال باید عایق سیم ها را برداشته و سپس شاخه ی انشعاب را به طور عمود بر روی سیم اصلی قرار می دهیم و آن را به دور سیم اصلی پیچانده به طوری که حالت گره را پیدا کند .



لحیم کاری

در سیم کشی برای محکم کردن اتصال های دائمی یا اتصال سیم هایی که طول آن ها کوتاه شده است از لحیم کاری استفاده می شود . در لحیم کاری از سه المان استفاده می شود .

یک - هویه : در اثر عبور جریان الکتریسته از المنت هویه، حرارتی تولید می شود که به نوک هویه منتقل می شود و موجب ذوب شدن سیم لحیم می شود . هویه ها در دو نوع قلمی و هفت تیری ساخته می شوند .

هویه ی قلمی - هویه ی قلمی از یک المنت گرم کننده، نوک هویه که توسط یک پیچ روی بدنه محکم شده است، سیم رابط و دسته عایقی از جنس پلاستیک یا چوب ساخته می شود . با وصل دو شاخه به برق المنت حرارتی گرم می شود و حرارت را به نوک هویه منتقل می کند . این نوع هویه ها در توان های ۲۰ تا ۵۰۰ وات وجود دارد ، برای مصارف الکتریکی عمدتاً از هویه ۴۰ واتی استفاده می شود .

هویه هفت تیری - داخل این هویه یک ترانسفورماتور وجود دارد که با وصل دو شاخه به برق و اعمال فشار بر روی شستی سیم پیچ اولیه ترانس که از حلقه های سیم نازک تشکیل شده وارد مدار می شود، و موجب جاری شدن جریانی در ثانویه ترانس که توسط یک سیم مفتولی اتصال کوتاه شده است، می شود این جریان موجب گرم شدن نوک هویه خواهد شد .

دو - سیم لحیم : لحیم آلیاژی است از سرب و قلع که به صورت شمش و مفتول در بازار موجود است . بهترین نوع سیم لحیم با ۶۳ درصد قلع و ۳۷ درصد سرب است که نقطه ذوب آن حدود ۱۹۰ درجه سانتی گراد است .

سه . روغن لحیم : برای اینکه سطح فلز پاک شود و لحیم به آن بچسبد از روغن لحیم استفاده می کنند ، روغن لحیم در دو نوع ساده و اسیدی ساخته می شود . نوع ساده برای لحیم کاری مس و آلومینیوم و نوع اسیدی برای لحیم کاری ورقه های ضخیم فلزی یا کابل های فشار قوی به کار می رود .



نوار پیچی اتصالات : پس از اتصال سیم ها به هم باید قسمت های فلزی را عایق کاری کرد، جنس عایق از جنس عایق سیم انتخاب می شود و توسط چسب های لاستیکی نوار پیچی می شوند، نوار پیچی را بهتر است از وسط آن شروع کنیم .

قرار دادن سیم زیر پیچ

الف - قرار دادن سیم تک لا زیر پیچ : اگر سیم ها به صورت مناسب زیر پیچ قرار نگیرد در اثر فشار و کشش از زیر پیچ خارج می شود، برای اینکه سیمی را زیر پیچ قرار دهیم ابتدا باید آن را به فرم سؤالی در بیاوریم .

سؤالی کردن : از دم گرد برای سؤالی کردن سیم استفاده می شود به این ترتیب که سیم را بین دو فک دم گرد قرار می دهیم و آن را می گردانیم، سپس دم باریک را در انتهای سؤالی قرار داده و دم گرد را کمی به عقب می گردانیم تا مرکز سؤالی در امتداد سیم قرار گیرد . سؤالی را باید چنان در زیر پیچ قرار دهیم که با چرخش پیچ محکم شود در غیر این صورت باز شده و از زیر پیچ خارج می شود . هرگاه پیچی دارای واشر باشد باید سؤالی سیم را در زیر واشر قرار داد و سپس پیچ را محکم کرد ، اگر لبه های واشر خم شده باشد دیگر احتیاج به سؤالی کردن سیم نیست، کافی است سر سیم را مستقیم زیر پیچ قرار دهیم .

ب - قرار دادن سیم های رشته ای زیر پیچ : برای قرار دادن سیم های رشته ای زیر پیچ ابتدا باید سر سیم را لحیم کاری کرد تا به صورت یک سیم تک لا در آید، حال می توان آن را مانند یک سیم تک لا زیر پیچ گذاشت . به دلیل وقت گیر بودن و پرهزینه بودن به جای این روش از اتصال دهنده ها استفاده می شود .



نحوه انتخاب سیم

روش اول : در این روش میزان شدت جریان را محاسبه کرده و با توجه به جریان بدست آمده از جدول زیر ، مقطع مناسب سیم را انتخاب می کنیم . سطح مقطع سیم بر حسب میلی متر مربع mm^2 است و در اندازه های استاندارد ۱/۵ - ۱ - ۰/۷۵ - ۱/۵ - ۲/۵ - ۴ - ۶ - ۱۰ - ۱۶ - ۲۵ - ۳۵ - ۵۰ - ۷۰ - ۹۵ - ۱۲۰ - ۱۵۰ و ... تولید می شود .

سطح مقطع	گروه اول : یک یا چند سیم عایق دار نوع NYA یا استاندارد ایران ۰۱ (۶۰۷)		گروه دوم : کابل های رشته ای مانند NYM یا استاندارد ایران ۱۰ (۶۰۷)		گروه سوم : سیم های مخصوص نصب در هوای آزاد و مراکز توزیع	
	جریان مجاز (آمپر)	فیوز (آمپر)	جریان مجاز (آمپر)	فیوز (آمپر)	جریان مجاز (آمپر)	فیوز (آمپر)
۱	۱۲	۱۰	۱۶	۱۶	۲۰	۲۰
۱/۵	۱۶	۱۶	۲۰	۲۰	۲۵	۲۵
۲/۵	۲۱	۲۰	۲۷	۲۵	۳۴	۳۵
۴	۲۷	۲۵	۳۶	۳۵	۴۵	۵۰
۶	۳۵	۳۵	۴۷	۵۰	۵۷	۶۳
۱۰	۴۸	۵۰	۶۵	۶۳	۷۸	۸۰
۱۶	۶۵	۶۳	۸۷	۸۰	۱۰۴	۱۰۰
۲۵	۸۸	۸۰	۱۱۵	۱۰۰	۱۳۷	۱۲۵
۳۵	۱۱۰	۱۰۰	۱۴۳	۱۲۵	۱۶۰	۱۶۰
۵۰	۱۴۰	۱۲۵	۱۷۸	۱۶۰	۲۱۰	۲۰۰
۷۰	۱۷۵	۱۶۰	۲۲۰	۲۲۴	۲۶۰	۲۵۰
۹۵	۲۱۰	۲۰۰	۲۶۵	۲۵۰	۳۱۰	۳۰۰
۱۲۰	۲۵۰	۲۵۰	۳۱۰	۳۰۰	۳۶۵	۳۵۵

مثال - اگر یک مصرف کننده اهمی در درجه حرارت ۲۵ درجه سانتی گراد به ولتاژ ۲۲۰ ولت وصل شود و از شبکه جریان ۱۶ آمپر بکشد سطح مقطع سیم مناسب برای وصل مصرف کننده به منبع تغذیه چند میلی متر است؟
با توجه به جدول جریان مجاز سیم مسی از نوع NYA با سطح مقطع ۱/۵ میلی متر مربع ۱۶ آمپر است.

مثال - اگر یک مصرف کننده به شبکه‌ی تکفاز با جریان مصرفی ۳۲ آمپر وصل شود و در محیطی با درجه حرارت ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار داشته باشد سطح مقطع مناسب باید چقدر انتخاب شود ؟
طبق جدول نزدیکترین رنج جریان به ۳۲ آمپر جریان ۳۵ آمپر است. جریان مجاز سیم مسی با مقطع ۶ میلی‌متری ۳۵ آمپر است. پس برای جریان ۳۲ آمپر از سیم مسی ۶ استفاده می‌شود .

جدول فوق برای درجه حرارت ۲۵ درجه سانتی‌گراد طراحی شده و با تغییر دمای محیط باید از ضریب تصحیح جدول زیر استفاده کرد . با افزایش درجه حرارت باید یا سطح مقطع سیم را زیاد کرد یا شدت جریان را کاهش داد . به عبارت دیگر با افزایش حرارت محیط جریان مجاز سیم کاهش می‌یابد .

درجه حرارت محیط	۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۵۰	۵۵
ضریب تصحیح	۱/۲	۱/۱۵	۱/۱	۱/۰۵	۱	۰/۹۲	۰/۸۵	۰/۷۵	۰/۶۵	۰/۵۳	۰/۳۸

مثال - یک مصرف کننده‌ی الکتریکی در محیطی با دمای ۳۵ درجه‌ی سانتی‌گراد قرار گرفته است اگر از شبکه جریان ۴۸ آمپر بکشد سطح مقطع مناسب چند میلی‌مترمربع است ؟
با توجه به جدول در ۲۵ درجه‌ی سانتی‌گراد جریان مجاز سیم مسی با سطح مقطع ۱۰ میلی‌مترمربع حدود ۴۸ آمپر است. برای دمای ۳۵ درجه ضریب تصحیح ۰/۸۵ در نظر گرفته شده است .

$$A = 48 \times 0.85 = 40.8$$

بنابراین جریان مجاز سیم مسی ۱۰ در دمای ۳۵ درجه ۴۰/۸ آمپر است که مناسب جریان ۴۸ آمپر نیست و باید سطح مقطع بالاتری را انتخاب کرد. بنابراین از سیم به شماره‌ی ۱۶ میلی‌مترمربع استفاده می‌شود.

روش دوم : از فرمول زیر برای محاسبه مقطع سیم استفاده می‌شود :

$$A = \frac{200 \rho L I \cos \varphi}{\alpha u}$$

در این رابطه

A : سطح مقطع سیم بر حسب mm^2

۲۰۰ : ضریب برای برق تکفاز ، و برای برق سه فاز ضریب ۱۰۰ است .

ρ : مقاومت مخصوص بر حسب $\Omega \cdot m$

L : طول سیم مورد نیاز بر حسب متر

I : جریان مصرف کننده بر حسب آمپر

U : ولتاژ منبع تغذیه تکفاز

$\cos \varphi$: ضریب قدرت مدار

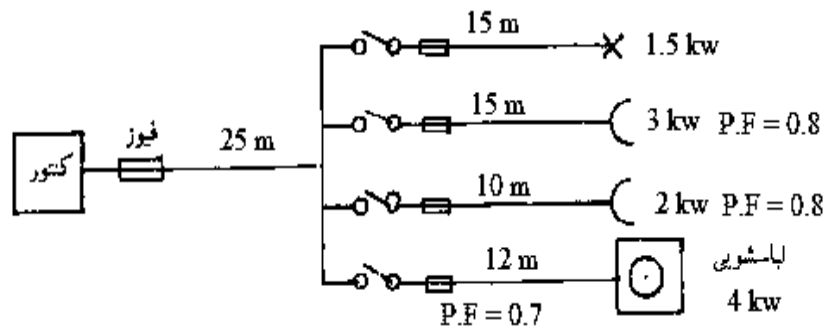
α : افت ولتاژ مجاز که طبق مقررات (EVU) برای محل های مختلف به شرح زیر است .

بین شبکه و کنتور برق ۰/۵ % - بین کنتور و مصرف کنندگان ۱/۵ % - بین کنتور و موتور ۳/۰ %

مثال - یک مصرف کننده‌ی تکفاز با ضریب قدرت ۰/۸ از شبکه ۲۲۰ ولت جریان ۲۰ آمپر می‌کشد اگر مقاومت مخصوص سیم مورد نظر با طول ۳۰ متر 2×10^{-8} باشد سطح مقطع سیم چقدر باشد تا افت ولتاژ از ۳/۰ % بیشتر نشود؟

$$A = \frac{200 \rho L I \cos \varphi}{\alpha u} = \frac{200 \times 2 \times 10^{-8} \times 30 \times 20 \times 0.8}{3 \times 220} = 4 \times 10^{-6} m^2 = 4 mm^2$$

مثال - سطح مقطع سیم مسی جهت مصرف کننده های زیر را با در نظر گرفتن ۱/۵ درصد افت ولتاژ محاسبه نمایند.



محاسبه‌ی سطح مقطع مصرف کننده ۱/۵ کیلو واتی

$$I = \frac{1500}{220} = 6.8 \text{ A}$$

$$A = \frac{200 \rho L I \cos \phi}{\alpha u} = \frac{200 \times 2 \times 10^{-8} \times 15 \times 6.8 \times 1}{1/5 \times 220} = 1/28 \text{ mm}^2 \rightarrow 1/5 \text{ mm}^2$$

محاسبه‌ی سطح مقطع مصرف کننده ۳ کیلو واتی

$$I = \frac{3000}{220 \times 0.8} = 17 \text{ A}$$

$$A = \frac{200 \rho L I \cos \phi}{\alpha u} = \frac{200 \times 2 \times 10^{-8} \times 15 \times 17 \times 0.8}{1/5 \times 220} = 2/56 \text{ mm}^2 \rightarrow 2/5 \text{ mm}^2$$

محاسبه‌ی سطح مقطع مصرف کننده ۲ کیلو واتی

$$I = \frac{2000}{220 \times 0.8} = 11/36 \text{ A}$$

$$A = \frac{200 \rho L I \cos \phi}{\alpha u} = \frac{200 \times 2 \times 10^{-8} \times 10 \times 11/36 \times 0.8}{1/5 \times 220} = 1/14 \text{ mm}^2 \rightarrow 1/5 \text{ mm}^2$$

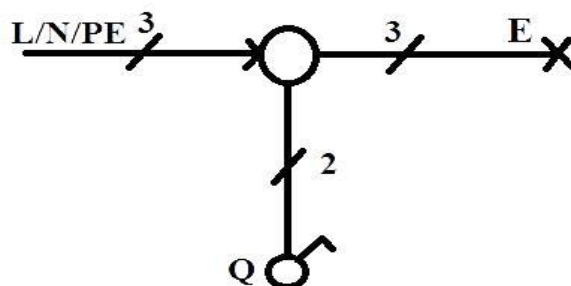
محاسبه‌ی سطح مقطع مصرف کننده ۴ کیلو واتی

$$I = \frac{4000}{220 \times 0.7} = 25/96 \text{ A}$$

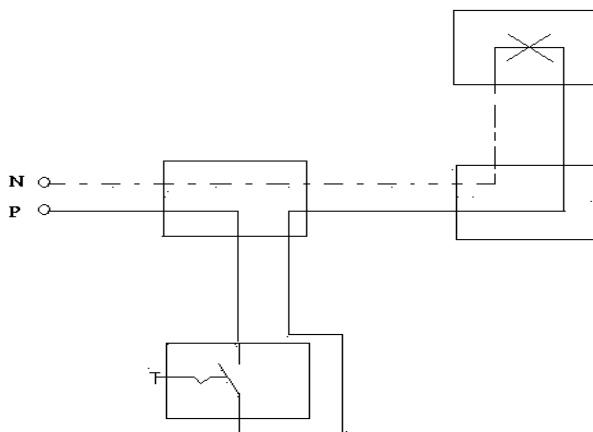
$$A = \frac{200 \rho L I \cos \phi}{\alpha u} = \frac{200 \times 2 \times 10^{-8} \times 10 \times 25/96 \times 0.7}{1/5 \times 220} = 2/73 \text{ mm}^2 \rightarrow 4 \text{ mm}^2$$

انواع رسم مدارات روشنایی

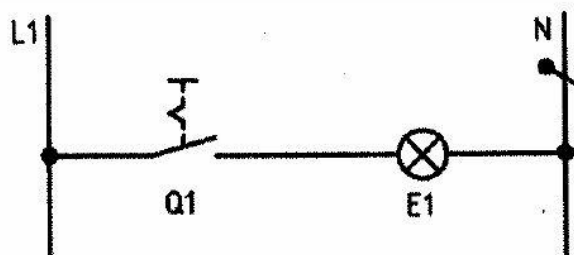
۱ - شمای فنی : شمای فنی یا تک خطی شمایی است که در آن مسیر سیم‌ها به صورت افقی و عمودی به صورت تک خطی ترسیم می‌شود و همه‌ی اطلاعات مورد نیاز برای انجام کار بدون ارائه جزئیات مدار، مانند تعداد و شماره سیم‌ها، روکار یا توکار بودن و ... به صورت ساده نشان داده می‌شود. تعداد سیم‌های موازی به وسیله‌ی رسم خطوط کوتاه مایل روی قسمت‌های مختلف مشخص می‌شود. اگر تعداد سیم‌های موازی زیاد باشد، به جای خطوط تعداد سیم‌ها را با عدد نشان می‌دهند.



۲ - شمای حقیقی : شمای حقیقی یا شمای چند خطی، نقشه عملی است و برای نشان دادن طریقه‌ی اتصال کلیه‌ی سیم‌های رابط به کلیدها و تا حدودی محل واقعی قرار گرفتن اجزای مدار به کار می‌رود.



۳ - شمای مسیر جریان : شمای مسیر جریان یا نقشه گسترده، مسیر عبور جریان را از مدار به طور ساده نشان می‌دهد.



علائم الکتریکی : برای اینکه نقشه های برق در تمام دنیا به صورت یکنواخت باشد و یک مفهوم را به بیننده برساند باید از علائمی استفاده کرد که برای همه آشنا باشد .

نام وسیله	شمای فنی	نام وسیله	شمای فنی	نام وسیله	شمای فنی
پریز ساده		چراغ خطر		قاب (محفظه)	
پریز ساده سه فاز		لامپ فلرومنت		سیم فاز	
پریز درپوش دار		لامپ احتیاط		سیم نول	
پریز با کلید قفل شونده		لامپ چشمک زن		سیم میگنال	
پریز ارت دار		فیوز		سیم حفاظتی	
پریز دویل ارت دار		کلید فیوز		سیم تلفن	
پریز ارت دار سه فاز		فیوز تأخیری		سیم روی کار	
پریز تلفن		زنگ اخبار		سیم زیر کار	
پریز آنتن		زنگ چکش		سیم داخل کار	
کلید تک پل		بی زر ، ویراتور		بخاری برقی	
کلید دویل		آلارم (بوق)		آبگرمکن برقی	
کلید تبدیل		آزیر		اجاق برقی	
کلید صلیبی		ترانسفورماتور		ماشین لباسشویی	
کلید گروهی		درماژکن		ماشین ظرفشویی	
جعبه تقسیم		میکروفون (دهنی)		یخچال	
لامپ رشته ای		گوشی		فریزر	
لامپ میگنال		شستی		موتور الکتریکی	

وسيله	شماى فنى	وسيله	شماى فنى	وسيله	شماى فنى
استارتر		ترانس		نکمه فشارى اعلام حريق	
ديمر		تابلو اصلى		دستگاه تلفن	
فتوسل		تابلو فرعى		اتصال مكانيكى	
سيم نول		آنتن		تحريك با دست	
سيم نول		اعلام حريق		صحرک فشارى	
سيم فاز		کلید مينياتورى		صحرک کششى	
سيم حفاظتى		بادبزن		صحرک جرحشى	
حمس کننده دود		اجاق برقى		صحرک کچ شلمنى	
حمس کننده دما		رله ضربه اى		صحرک با پا	
کتور		رله زمانى		لواستر	

وسيله	شماى حقيقى	وسيله	شماى حقيقى	وسيله	شماى حقيقى
شستى		کلید تبديل		پريمز سه فاز	
کلید نک پل		کلید صلیبی		جعبه تقسیم	
کلید دو پل		پريمز دو فاز		لامپ	
کلید گروهی		پريمز ارت دار		لامپ ارت دار	

روش های سیم کشی

۱- سیم کشی روکار : در این نوع سیم کشی سیم ها و وسایل روی دیوار به وسیله میخ یا پیچ و رولپلاک یا بر روی تابلوهای آموزشی توسط بست نصب می شوند . بیشتر در مواقعی که امکان خرطوم کشی درون دیوار وجود نداشته باشد یا در کارگاه های صنعتی که در آن کارهای سخت انجام می شود و مناطقی که زیبایی اهمیت زیادی ندارد استفاده می شود .

۲- سیم کشی توکار : در این نوع سیم کشی سیم ها به طور مستقیم یا به وسیله لوله درون دیوار قرار می گیرند که به سه صورت زیر قابل اجرا است

یک - سیم کشی با جعبه تقسیم (روش کلاسیک یا آموزشی) : در این روش سیم ها را از قسمت بالای دیوار و از داخل لوله به صورت افقی عبور می دهند . در فاصله ۳۰ سانتی متری از سقف و بالای کلید و پریز ها ، قوطی تقسیم در نظر گرفته می شود و انشعابات مورد نیاز داخل آن انجام می گیرد . امروزه از این روش دیگر استفاده نمی شود .

دو - سیم کشی با استفاده از قوطی کلید و پریز به جای قوطی تقسیم : در این روش از قوطی کلید و پریز به جای قوطی تقسیم استفاده می شود که بسیار متداول است و در آن مدار پریزها از مدار روشنایی جدا اجرا می شود .

سه - سیم کشی با استفاده از تابلوی توزیع : این روش پرکاربردترین روش سیم کشی توکار است که در آن یک جعبه تقسیم مرکزی (تابلوی توزیع محلی) را نصب می کنند و سیم های هر قسمت به طور مجزا به داخل آن آورده می شود .

مقررات و اصول ایمنی و فنی ای که در سیم کشی برق ساختمان باید رعایت شود

- محل نصب کلیدها معمولاً نزدیک در ورودی است تا هنگام بازکردن در، کلید لامپ ها در دسترس باشد.
- ارتفاع نصب کلیدها از کف اتاق ۱۱۰ تا ۱۲۰ سانتی متر است .
- ارتفاع نصب پریز ها از کف اتاق ۳۰ سانتی متر است .
- ارتفاع نصب تقسیم ها از سقف ۳۰ سانتی متر است .
- فاصله کلید از چهار چوب در حدود ۳۵cm انتخاب می شود .
- باید برای پریز ها و مدارات روشنایی از مسیرهای برق جداگانه استفاده شود زیرا اگر پریزها و چراغ ها روی یک مسیر برق قرار داشته باشد ، در صورت اتصالی در هر مصرف کننده ی متصل به فیوز انشعاب قطع و تمام مسیر بی برق می شود اگر این اتفاق در شب بیفتد کل ساختمان در تاریکی فرو می رود.
- می توان تا ۱۲ پریز را توسط سیم $2/5 \text{ mm}^2$ به یک مسیر مجزا متصل کرد .
- سیم نول باید برای هر مدار به صورت مجزا تعبیه شود، استفاده از یک سیم نول برای مدارات مختلف مجاز نمی باشد .
- لوله های فلزی و پوشش فلزی سیم های عایق دار نباید به عنوان سیم نول یا سیم حفاظتی مورد استفاده قرار گیرد .
- هر اتاق باید حداقل توسط دو خط تغذیه شود.
- جهت ایمنی و جلوگیری از برق گرفتگی سیم فاز به کنتاکت زیر سرپیچ لامپ وصل می شود .
- نخستین گام برای نجات فرد برق گرفته، جدا کردن وی از سیم برقدار می باشد .
- برای عبور سیم های تلفن ، آنتن و ... از مسیرهای جدا از سیم های برق استفاده کنید .

ایمنی و حفاظت در برق

در صورتی که قسمتی از بدن فردی به طور مستقیم به برق وصل شود فرد دچار برق گرفتگی می شود و ممکن است دچار آسیب دیدگی شود. شدت این آسیب به میزان ولتاژ شبکه، مقدار مقاومت بدن فرد، میزان و مسیر عبور جریان از بدن، مدت زمان تماس با برق، AC یا DC بودن، فرکانس شبکه و ... بستگی دارد.

از نظر نوع جریان، جریان AC به ویژه در فرکانس ۵۰ هرتز از جریان DC خطرناک تر است. در فرکانس های بالا (بیشتر از ۱۰ کیلوهرتز) جریان ورودی به بدن از سطوح خارجی عبور کرده و جریان های زیر ۱۰۰ میلی آمپر برای بدن قابل تشخیص نیست در حالی که در فرکانس ۵۰ هرتز جریان به طور یکنواخت در بدن تقسیم می شود و از قسمت های حساسی مانند قلب، سیستم تنفسی و ... عبور می کند. در این فرکانس جریان های ۱ میلی آمپری برای بدن قابل تشخیص است و موجب لرزش انگشتان دست می شود. جریان های بیشتر از ۱۰ میلی آمپر موجب شوک، درد شدید، تنگی نفس، فلج شدن دست ها و ... می شود. در صورتی که جریان بیشتر از ۵۰ میلی آمپر از بدن عبور کند احتمال مرگ فرد بسیار زیاد است حتی اگر مدت زمان کمی در تماس با برق بوده باشد. از روی مقاومت بدن انسان که نزدیک به ۱۳۰۰ اهم است می توان حد ولتاژ خطرناک را بدست آورد. اگر مقدار مقاومت بدن انسان را در جریان ۵۰ میلی آمپر ضرب کنیم ولتاژ ۶۵ ولت بدست می آید. به عبارت دیگر اگر ولتاژی بیش از ۶۵ ولت به انسان اعمال شود جریانی بیش از ۵۰ میلی آمپر از بدن عبور کرده و موجب مرگ فرد می شود. مسیر عبور جریان از بدن نیز پارامتر مهمی است که در جدول زیر آورده شده است. مسیر جریان اگر از سر به سایر اندام ها یا از دست به دست دیگر باشد به صورتی که از اندام های مهم بگذرد، بسیار خطرناک خواهد بود. اگر شخص سیم حامل جریان را با کف دست لمس کند در اثر عکسالعمل ماهیچه ها، دست بسته شده و دیگر قادر به رها کردن آن نیست.

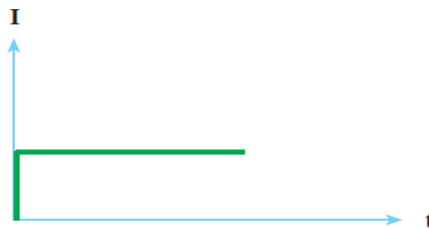
مسیر عبور جریان	میزان خطر مرگ	احتمال وقوع
۱- از سر به سایر اندامها	زیاد (مرگبار)	خیلی کم
۲- از یک دست به دست دیگر	زیاد	متوسط
۳- از دست به کف پا	خیلی زیاد	زیاد
۴- از یک پا به پای دیگر	کم	کم

در هنگام کار باید از وسایل ایمنی مناسب استفاده کرد و شعار اول ایمنی بعد کار را عملی نمود. برای مثال برقکاران در هنگام کار نباید از وسایل فلزی چون ساعت و انگشتر استفاده کنند، قبل از شروع به کار باید از بی برق بودن سیستم مطمئن باشند، در صورت اجبار به کار روی شبکه ی برقدار باید از وسایل مناسب چون کفش و لباس مخصوص استفاده کنند، از دست زدن به سیم برای تست کردن برقدار بودن جداً خودداری شود. در صورت روبه رو شدن با فردی که دچار برق گرفتگی شده است اولین اقدام، جدا کردن وی از برق است بدون اینکه خود دچار برق گرفتگی شوید، است. باید توسط یک جسم عایق مانند چوب فرد را از برق جدا کرده یا در صورت امکان مسیر اصلی برق را قطع کنید. سپس کمک های اولیه را برای نجات فرد آسیب دیده انجام دهید.



فصل ششم: جریان متناوب

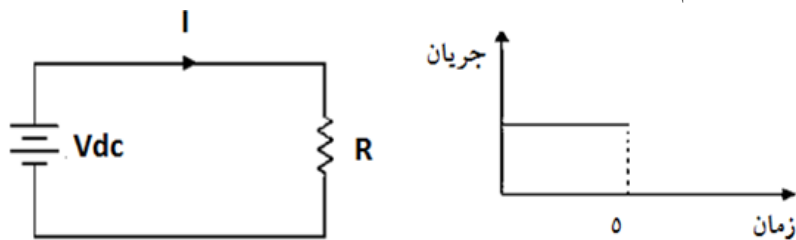
مقدمه: در مباحث قبل حرکت الکترون‌های آزاد در یک سیم را جریان الکتریکی تعریف کردیم. این جریان به جریان مستقیم مشهور است و توسط باتری‌ها و مولد های dc تولید می‌شود. جریان dc جریانی است که همواره در یک جهت جاری می‌شود و مقدار آن ثابت است. در زیر شکل موج جریان dc نسبت به زمان ترسیم شده است.



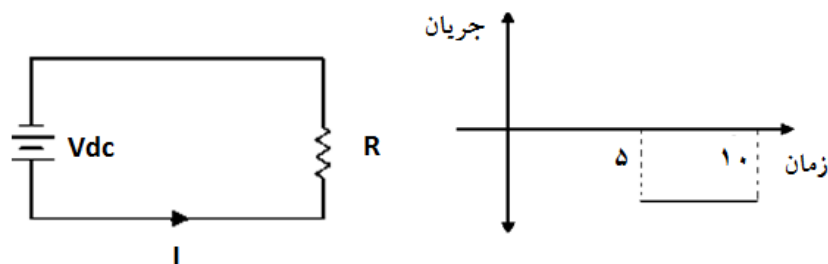
نوع دیگری از جریان وجود دارد که توسط ژنراتورها در نیروگاه‌ها تولید می‌شود. این جریان همان جریانی است که در منازل مسکونی و مراکز صنعتی استفاده می‌شود. جریان متناوب دارای مزیت های فراوانی نسبت به جریان مستقیم است به همین دلیل کاربرد بیشتری دارد. جریان متناوب دو تفاوت نسبت به جریان مستقیم دارد:

یک - جریان متناوب بر خلاف جریان مستقیم که یک جهتی است جریانی دو جهتی می‌باشد. به این معنی که الکترون‌ها ابتدا در یک جهت و سپس در جهت مخالف حرکت می‌کنند. اگر جای دو قطب یک منبع جریان مستقیم را دائماً تغییر دهیم یک جریان دو جهتی خواهیم داشت.

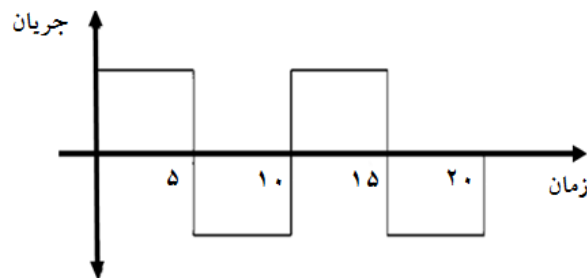
برای مثال اگر در مدار شکل زیر منبع dc برای مدت ۵ ثانیه به مقاومت وصل شده باشد جریانی در مقاومت جاری می‌شود که شکل موج آن در شکل زیر ترسیم شده است.



اگر بعد از گذشت ۵ ثانیه سریعاً جای دو قطب منبع dc را تعویض کنیم همان جریان در جهت مخالف از مقاومت عبور می‌کند. شکل موج حالت دوم در زیر ترسیم شده است



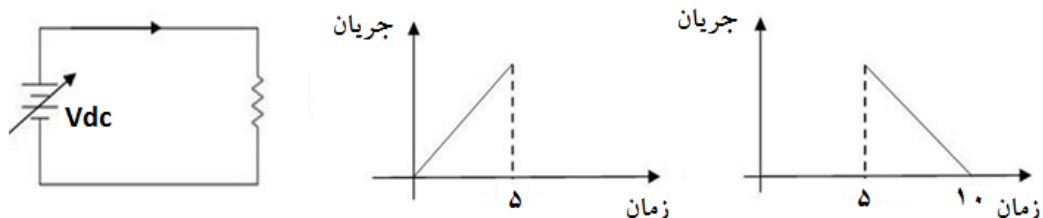
اگر این تغییر پلاریته به صورت دائم و در زمان‌های ۵ ثانیه‌ای تکرار شود شکل موج جریان مدار همانند زیر خواهد شد.



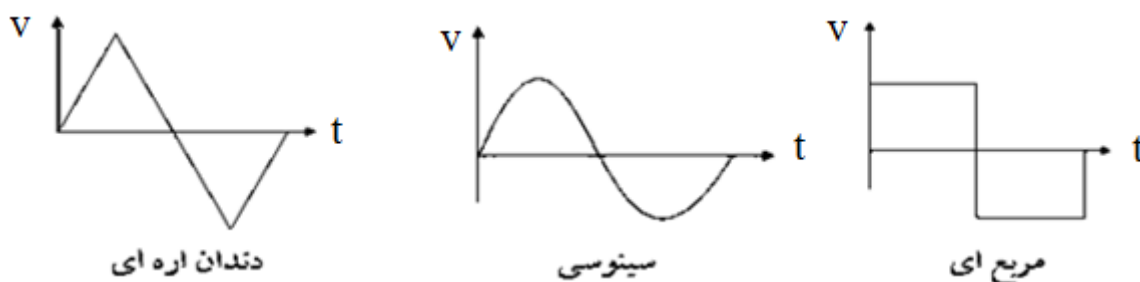
همانطور که در شکل پیداست جریانی که به دلیل تغییر پلاریته ایجاد شده است یک شکل موج مربعی است که در فاصله ی بین ۰ تا ۵ ثانیه در قسمت بالا قرار گرفته و در فاصله ۵ تا ۱۰ ثانیه در قسمت پایین قرار گرفته که نشان دهنده معکوس بودن جهت جریان در این زمان است. به قسمت بالا نیم سیکل مثبت و به قسمت پایین نیم سیکل منفی می‌گویند و به مجموع دو نیم سیکل مثبت و منفی سیکل، یک سیکل گفته می‌شود.

دوم - دومین تفاوت بین جریان متناوب با جریان مستقیم اندازه‌ی جریان است. در جریان مستقیم در هر لحظه میزان شدت جریان ثابت بوده و مقدار آن تغییر نمی‌کند برای مثال اگر یک باتری، ۵ آمپر جریان را به باری تحویل دهد این ۵ آمپر در تمام زمان‌ها تغییر نمی‌کند. اما دامنه‌ی جریان متناوب همانند جهت آن دائماً در حال تغییر است و در هر لحظه از زمان یک مقدار خاص را دارد، برای درک این موضوع به مثال زیر توجه کنید.

در مدار زیر اگر از یک منبع تغذیه‌ی متغیر استفاده کنیم و مقدار آن را به صورت منظم تغییر دهیم، ولتاژ و جریانی که به بار می‌رسد، دائماً تغییر می‌کند. ابتدا اگر مقدار منبع را از صفر به صورت تدریجی و در مدت ۵ ثانیه افزایش دهیم تا به مقدار نهایی برسانیم قسمت اول شکل موج ایجاد می‌شود و در حالت بعد اگر مقدار ولتاژ منبع را از مقدار حداکثر خود به تدریج و در مدت ۵ ثانیه کاهش دهیم تا به صفر برسد قسمت دوم شکل موج ایجاد می‌شود. برای نیم سیکل منفی جای دو قطب باتری را عوض می‌کنیم. ابتدا مقدار منبع ولتاژ را افزایش و سپس کاهش می‌دهیم تا تغییرات برای یک سیکل کامل اتفاق بیفتد.



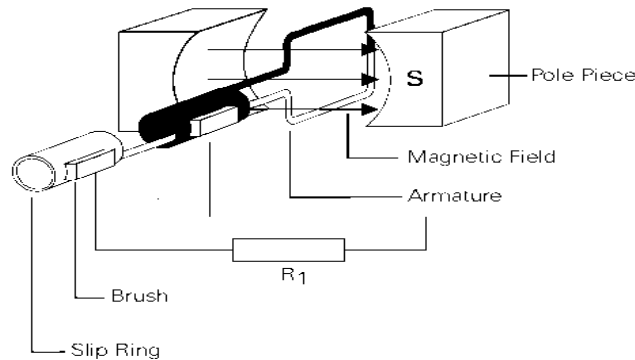
تعریف جریان متناوب: جریان متناوب جریانی است که جهت و دامنه‌ی آن متغیر بوده و نسبت به زمان تغییر می‌کند. همانطور که دیدید برای نشان دادن چگونگی تغییر جریان نسبت به زمان از شکل موج استفاده می‌شود. در زیر چند نمونه از شکل موج‌های معروف جریان متناوب آورده شده است.



از میان شکل موج‌های متناوب فوق شکل موج سینوسی از اهمیت زیادی برخوردار است زیرا برق خروجی ژنراتورهای جریان متناوب از نوع سینوسی است.

نحوه تولید برق متناوب سینوسی توسط ژنراتور AC ساده

یک ژنراتور از دو قسمت استاتور و روتور تشکیل می شود. استاتور در ژنراتور ساده یک آهنربا است که میدان مغناطیسی را ایجاد می کند و روتور نیز از یک کلاف که در انتها به دو حلقه ی متغیر متصل شده است و توسط یک گرداننده خارجی به چرخش در می آید تشکیل می شود. با چرخش کلاف داخل میدان ولتاژی در کلاف القاء می شود. این ولتاژ به تعداد دور کلاف، سرعت چرخش کلاف، چگالی میدان مغناطیسی و زاویه حرکت کلاف نسبت به خطوط میدان بستگی دارد.



در شکل زیر نحوه عملکرد یک ژنراتور ساده جریان متناوب نشان داده شده است.

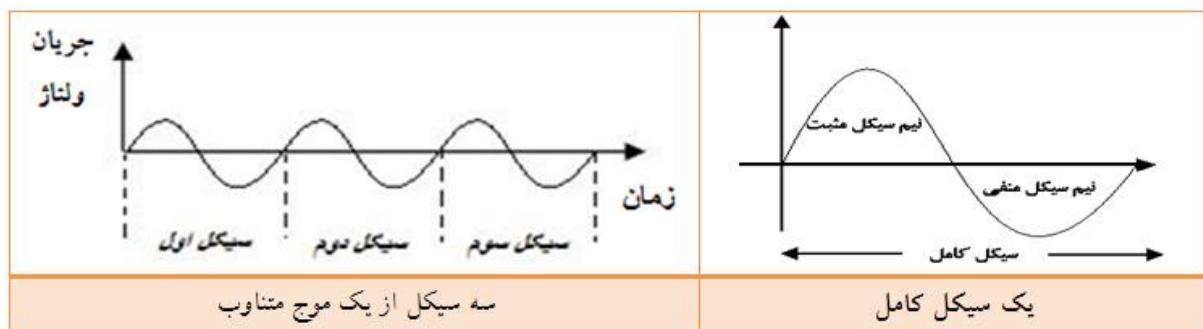
نحوه ی عملکرد ژنراتور جریان متناوب تک کلافی		
شرح وضعیت	شکل موج خروجی	نحوه چرخش کلاف
وضعیت ۱ کلاف در ناحیه عمودی است پس ولتاژی در خروجی نداریم چون کلاف خطوط میدان را قطع نمی کند.		
وضعیت ۲ کلاف در ربع اول (فاصله ۰ تا ۹۰) گردش کرده و ولتاژ از حداقل به حداکثر خود رسیده است.		
وضعیت ۳ کلاف ربع دوم را نیز گذرانده و فاصله ۹۰ تا ۱۸۰ درجه را طی کرده و در اصطلاح نیم سیکل مثبت تمام می شود. و بار دیگر ولتاژ در ۱۸۰ درجه صفر می شود.		
وضعیت ۴ کلاف ربع سوم حرکت خود را نیز انجام داده و ولتاژ بار دیگر از صفر به مقدار ماکزیمم خود می رسد (با پلاریته معکوس)		
وضعیت ۵ در این حالت کلاف ربع چهارم حرکت خود (۲۷۰ تا ۳۶۰) را نیز طی می کند و دوباره به نقطه اول بر می گردد.		

در مرحله ۱ خطوط میدان مغناطیسی به وسیله کلاف قطع نمی‌شود زیرا کلاف با خطوط میدان موازی است پس هیچ ولتاژی در کلاف القاء نمی‌شود، چنانچه سیم پیچ در جهت عقربه‌های ساعت بچرخد، تعداد خطوط بیشتری توسط کلاف قطع می‌شود، در وضعیت ۲ بیشترین تعداد خطوط میدان توسط کلاف قطع می‌شود، پس بیشترین مقدار ولتاژ در وضعیت ۲ خواهد بود. در مرحله ۳ با ادامه دوران کلاف تا ۱۸۰ درجه قطع خطوط قوا توسط کلاف کاهش یافته و در نتیجه ولتاژ تولیدی نیز کاهش می‌یابد و در نقطه ۱۸۰ درجه باز کلاف با خطوط میدان موازی شده و ولتاژ القایی دوباره به صفر می‌رسد.

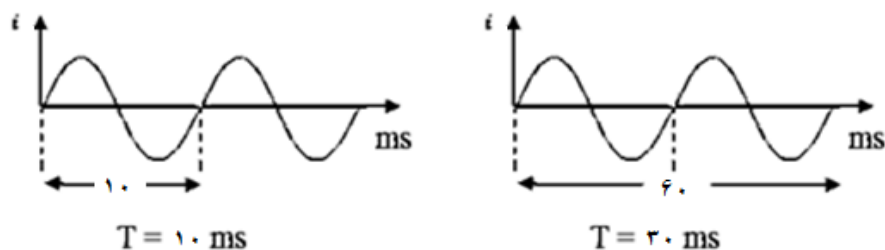
با ادامه چرخش کلاف از ۱۸۰ تا ۲۷۰ درجه باز میزان ولتاژ القایی زیاد می‌شود ولی جهت این ولتاژ و به تبع آن جهت جریان القایی معکوس می‌شود به همین دلیل شکل موج ولتاژ را در قسمت پایین محور ترسیم می‌کنیم و در نهایت با عبور کلاف از ناحیه ۲۷۰ تا ۳۶۰ درجه، یک سیکل کامل طی شده و ولتاژ دوباره کاهش می‌یابد تا به نقطه صفر برسد. تا اینجا سیم پیچ یک سیکل را طی کرده است. و در گردش‌های بعدی نیز تغییرات مشابهی را در ولتاژ خروجی خواهیم دید.

مشخصات جریان متناوب

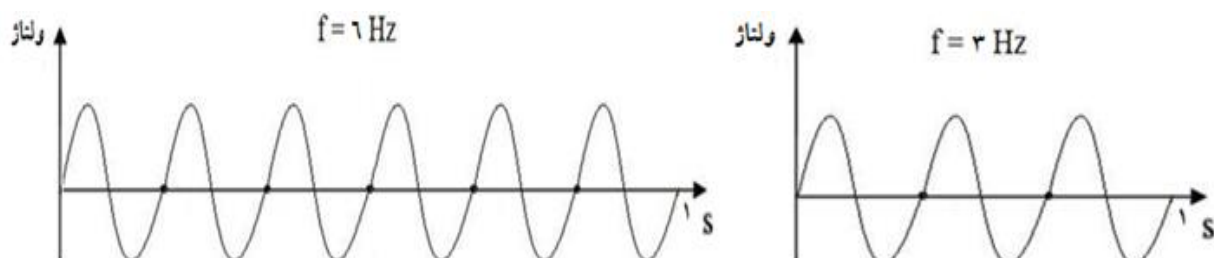
سیکل: به مجموع یک نوسان مثبت و منفی سیکل گفته می‌شود، جریان متناوب دارای دو نیم سیکل مثبت و منفی است که کاملاً شبیه هم و در خلاف جهت هم هستند. همانطور که در عملکرد ژنراتور ساده مشاهده کردید بعد از نیم دور چرخش کلاف، جهت جریان و پلاریته خروجی عوض می‌شود به همین دلیل نیم سیکل منفی را قسمت پایین موج ترسیم می‌کنیم.



زمان تناوب: به مدت زمانی که طول می‌کشد تا جریان یک سیکل کامل را طی کند زمان تناوب یا پریود گفته می‌شود و آن را با T نشان می‌دهند و بر حسب زمان است.



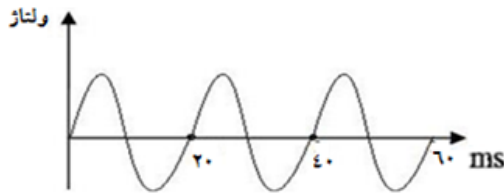
فرکانس: تعداد سیکل‌هایی که در یک ثانیه پیموده می‌شود فرکانس یا بسامد نامیده می‌شود. فرکانس را با f نشان می‌دهند و بر حسب سیکل بر ثانیه cps یا هرتز Hz است.



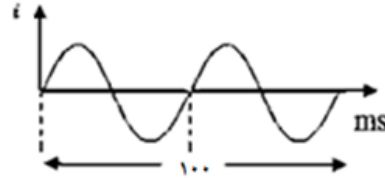
رابطه‌ی بین فرکانس و زمان تناوب : بین فرکانس و زمان تناوب رابطه عکس وجود دارد .

$$T = \frac{1}{f} , \quad f = \frac{1}{T}$$

مثال - فرکانس و زمان تناوب هر یک از شکل موج های زیر را بدست آورید .



$$T = 20 \text{ ms} , \quad f = \frac{1}{T} = \frac{1}{20 \times 10^{-3}} = 50 \text{ Hz}$$



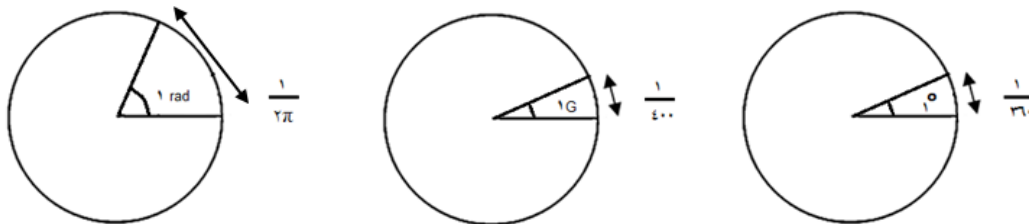
$$T = 50 \text{ ms} , \quad f = \frac{1}{T} = \frac{1}{50 \times 10^{-3}} = 20 \text{ Hz}$$

سرعت زاویه ای ω

درجه : اگر محیط یک دایره را به ۳۶۰ قسمت تقسیم کنیم زاویه‌ی مقابل هر قسمت را یک درجه می نامیم.

گراد : اگر محیط دایره را به ۴۰۰ قسمت مساوی تقسیم کنیم زاویه مقابل هر قسمت را یک گراد می نامیم.

رادیان : اگر محیط دایره را به 2π (۶/۲۸) قسمت تقسیم کنیم، زاویه‌ی مقابل هر کمان را یک رادیان می گویند. به عبارت دیگر اگر بر روی محیط یک دایره به اندازه‌ی شعاع دایره حرکت کنیم زاویه ای که تشکیل می شود برابر α خواهد بود . در این صورت α برابر یک رادیان یا $57/3$ درجه می باشد .



زاویه ای که در واحد زمان طی می شود سرعت زاویه ای ω می باشد . زاویه‌ی پیموده شده در یک دور کامل (در یک پریود) برابر ۳۶۰ درجه یا 2π رادیان است در این صورت رابطه سرعت زاویه ای برابر است با :

$$\omega = \frac{\alpha}{t} = \frac{2\pi}{T} , \quad T = \frac{1}{f} \rightarrow \omega = 2\pi f$$

طول موج : بنا به تعریف نسبت سرعت جریانی الکتریکی (برابر با سرعت نور = ۳۰۰ هزار کیلومتر بر ثانیه) به فرکانس ، طول موج می گویند . طول موج را با λ نشان می دهند و بر حسب متر است .

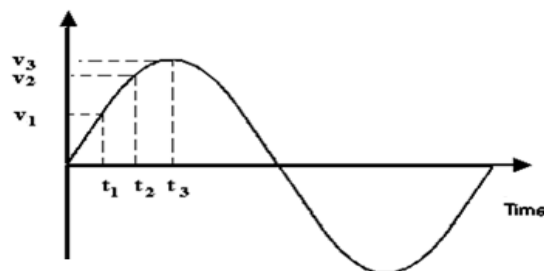
$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{f}$$

مثال : طول موج برق شهر ایران چند متر است ؟

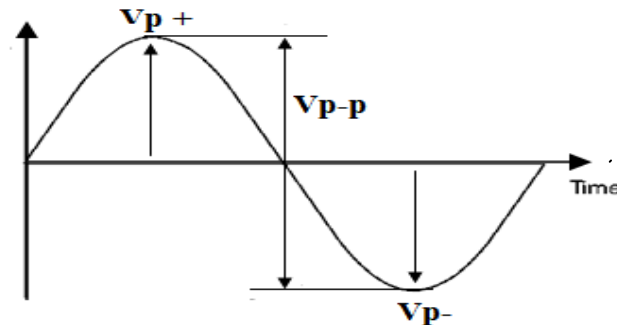
$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{50} = 6 \times 10^6 = 6000 \text{ km}$$

مقادیر لحظه ای : طبق شکل موج متناوب جریانی و ولتاژ ac در هر لحظه از زمان مقادیر خاص خود را دارند که به مقادیر

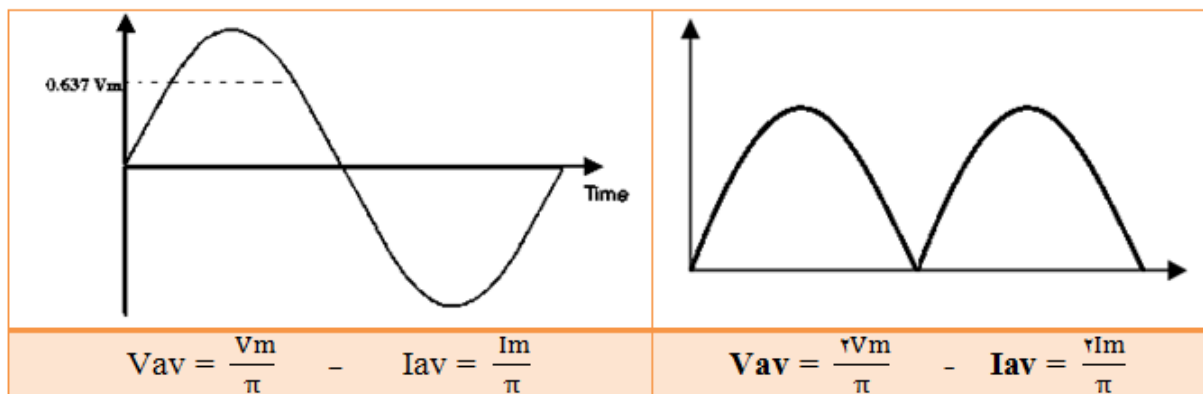
لحظه ای مشهور می باشند . مقادیر لحظه ای را با حروف کوچک v و i نشان می دهند .



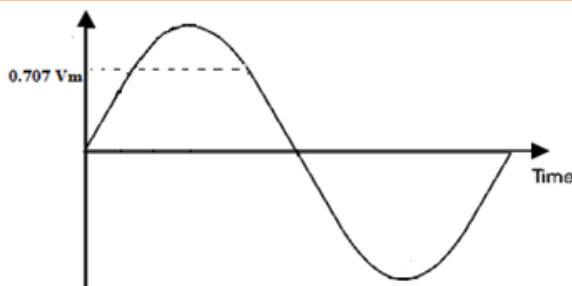
مقدار ماکزیمم ولتاژ و جریان V_m , I_m : به حداکثر ولتاژ تولیدی ژنراتور ولتاژ ماکزیمم V_m یا ولتاژ پیک V_p می‌گویند و همانطور که از شکل موج سینوسی زیر پیداست فاصله‌ی بین صفر (محور افقی زمان) تا مثبت‌ترین (بالا‌ترین) نقطه‌ی شکل موج یا فاصله بین صفر تا منفی‌ترین (پایین‌ترین) نقطه‌ی شکل موج ولتاژ ماکزیمم نام دارد. شکل موج سینوسی دو مقدار پیک دارد که اصطلاحاً مقدار پیک مثبت V_p^+ و پیک منفی V_p^- نامیده می‌شوند. علاوه بر ولتاژ پیک V_p ولتاژ پیک تا پیک V_p-p نیز برای یک شکل موج تعریف می‌شود که به فاصله بین بالا‌ترین نقطه مثبت (پیک مثبت) تا پایین‌ترین نقطه منفی (پیک منفی) گفته می‌شود. تعریف I_m دقیقاً مانند V_m می‌باشد.



مقدار متوسط ولتاژ و جریان : مقدار متوسط average عبارت است از میانگین مقادیر لحظه‌ای در یک نیم سیکل و از تقسیم مساحت شکل موج بر کل زمان تناوب بدست می‌آید مقادیر متوسط ولتاژ و جریان برای یک سیکل (نیم موج) و دو نیم سیکل مثبت به صورت زیر محاسبه می‌شوند.



مقدار موثر ولتاژ و جریان : مقدار موثر Effective یک ولتاژ یا جریان ac عبارت است از مقدار ولتاژ یا جریان مستقیمی که در مدت زمان معین به همان میزان کار انجام می‌دهد. می‌توان گفت که جریان eff متناوب ۱۰ آمپری در یک مقاومت به همان میزان حرارت ایجاد می‌کند که جریان مستقیم ۱۰ آمپری ایجاد می‌کند. مقدار موثر یا (rms (root mean square برای یک موج متناوب سینوسی از رابطه زیر قابل محاسبه است.



$$V_{eff} = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$$

$$I_{eff} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

معادله‌ی زمانی ولتاژ و جریان متناوب

ولتاژ و جریان متناوب به فرم سینوسی دائماً تغییر می‌کند. به بیان ریاضیاتی شکل موج سینوسی، معادله‌ی زمانی می‌گویند که کاربرد فراوانی در تحلیل سیستم‌های الکتریکی دارد. اگر دامنه‌ی ولتاژ و جریان لحظه‌ای را با F_t و دامنه‌ی ماکزیمم آن را با F_m نشان دهیم بین آن‌ها رابطه زیر برقرار است.

$$\sin \alpha = \frac{F_t}{F_m} \rightarrow F_t = F_m \sin \alpha \rightarrow \alpha = \omega t \rightarrow F_t = F_m \sin \omega t$$

حال به جای F_t و F_m می‌توان مقادیر ولتاژ، جریان و یا هر کمیتی که به صورت سینوسی هستند قرار داد تا معادله زمانی آن‌ها بدست آید.

$$V_t = V_m \sin \omega t, \quad I_t = I_m \sin \omega t$$

در این روابط

V_t و I_t : مقادیر ولتاژ و جریان لحظه‌ای.

V_m و I_m : مقادیر ولتاژ ماکزیمم.

ω : سرعت زاویه‌ای ($\omega = 2\pi f$).

t : زمان بر حسب ثانیه.

مثال - اگر معادله‌ی زمانی ولتاژی $V_t = 200 \sin 314t$ باشد، فرکانس، مقادیر ماکزیمم، موثر و متوسط ولتاژ را محاسبه کنید.

$$V_m = 200 \text{ V} \quad - \quad V_{\text{eff}} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = \frac{200}{\sqrt{2}} = 100 \sqrt{2} = 141.4 \text{ V} \quad - \quad V_{\text{dc}} = V_{\text{ave}} = 0$$

$$V_{\text{dc}} = \frac{V_m}{\pi} = \frac{200}{\pi} = 63.7 \text{ V} \quad (\text{برای نیم سیکل}) \quad - \quad V_{\text{dc}} = \frac{2V_m}{\pi} = \frac{2 \times 200}{\pi} = 127.3 \text{ V} \quad (\text{برای دو سیکل مثبت})$$

$$\omega = 2\pi f \rightarrow f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{314}{2\pi} = 50 \text{ Hz}$$

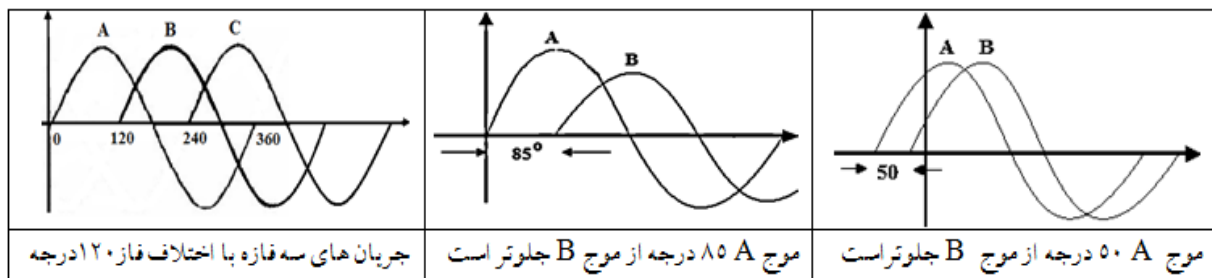
مفهوم اختلاف فاز: موقعیت زمانی یک کمیت الکتریکی نسبت به یک مبدأ را فاز می‌گویند. در شکل موج‌های سینوسی مبدأ را نقطه‌ی صفر در نظر می‌گیرند، اگر شکل موج زودتر از مبدأ شروع شده باشد می‌گوییم شکل موج نسبت به نقطه صفر جلوتر است یا تقدم فاز دارد و اگر شکل موج بعد از نقطه صفر شروع شود می‌گوییم شکل موج نسبت به نقطه صفر عقب‌تر است یا تأخیر فاز دارد. فاز یک موج را با θ نشان می‌دهند اگر این موج مربوط به ولتاژ باشد آن را به θ_v و اگر مربوط به جریان باشد آن را با θ_i نشان می‌دهند. در نوشتن معادله زمانی باید میزان فاز را نیز نوشت برای این کار در پایان معادله زمانی (بعد از ωt) مقدار زاویه فاز θ را بر حسب درجه یا رادیان به همراه یک علامت نوشته می‌شود. اگر موج نسبت به مبدأ جلوتر باشد به همراه علامت مثبت و اگر موج نسبت به مبدأ عقب‌تر باشد با علامت منفی در معادله نوشته می‌شود.

$$V = V_m \sin (\omega t \pm \theta_v)$$

$$I_t = I_m \sin (\omega t \pm \theta_i)$$

موج بدون زاویه فاز	موج ۹۰ درجه عقب‌تر از مبدأ	موج ۶۰ درجه جلوتر از مبدأ
$V = V_m \sin \omega t$	$V = V_m \sin (\omega t - 90)$	$V = V_m \sin (\omega t + 60)$

اختلاف فاز : به اختلاف زاویه‌ی بین امواج مختلف اختلاف فاز می‌گویند . اگر دو موج هم فاز باشند، هردو هم زمان از یک نقطه شروع و به یک نقطه ختم می‌شوند در این حالت دو شکل موج دارای زمان تناوب برابری هستند ولی ممکن است دامنه آن‌ها با هم برابر نباشد . در شکل زیر اختلاف فاز بین چند موج هم فرکانس بررسی شده است .



ضریب قدرت : به دلیل وجود سلف و خازن معمولاً بین ولتاژ و جریان شبکه اختلاف فاز وجود دارد . اگر مصرف کننده سلفی باشد جریان عقب تر از ولتاژ (پیش فاز) و اگر مصرف کننده خازنی باشد جریان جلوتر از ولتاژ (پیش فاز) می‌باشد . در هر صورت اگر مصرف کننده شامل سلف و خازن باشد بین ولتاژ و جریان به اندازه ϕ درجه اختلاف فاز ایجاد می‌شود . به ϕ زاویه قدرت و به کسینوس آن ضریب توان اکتیو و به سینوس آن ضریب توان راکتیو می‌گویند .

$$\text{ضریب توان راکتیو} \quad \sin \phi \quad - \quad \text{ضریب توان اکتیو (ضریب قدرت)} \quad \cos \phi \quad - \quad \phi = \theta_v - \theta_i$$

امپدانس : در مدارات جریان متناوب طبق تعریف، به تقسیم ولتاژ ماکزیمم به جریان ماکزیمم امپدانس گفته می‌شود . امپدانس را با Z نشان می‌دهند و بر حسب اهم است .

$$Z = \frac{V_m}{I_m}$$

مثال - اگر معادله‌ی ولتاژ و جریان یک مدار به صورت زیر باشند، ضریب توان اکتیو، راکتیو و امپدانس را حساب کنید .

$$V_m = 120 \sin(\omega t + 90) \quad , \quad I_m = 4\sqrt{2} \sin(\omega t + 60)$$

$$\phi = \theta_v - \theta_i = 90 - 60 = 30$$

$$\sin 30 = 0.5 \quad \text{ضریب توان راکتیو} \quad - \quad \cos 30 = 0.866 \quad \text{ضریب توان اکتیو}$$

$$Z = \frac{V_m}{I_m} = \frac{120}{4\sqrt{2}} = 10.6 \sqrt{2} \, \Omega$$

انواع توان در سیستم های برق متناوب

آهنگ جذب یا تولید انرژی الکتریکی را توان الکتریکی می‌گویند . اگر آهنگ جذب یا تولید انرژی الکتریکی یک دستگاه ثابت باشد، توان دستگاه مقدار کار انجام شده در واحد زمان خواهد بود . در جریان متناوب توان در سه مفهوم زیر بررسی می‌شود .

یک - توان اکتیو یا موثر : به توانی که در مدارات الکتریکی کار مفید انجام می‌دهد توان موثر یا اکتیو گفته می‌شود . توان را با P ، P_w ، P_d یا P نشان می‌دهند و بر حسب وات W سنجیده و از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود.

$$P_e = U_e \cdot I_e \cdot \cos \phi$$

نکته : توان اکتیو در مقاومت‌های اهمی به صورت انرژی حرارتی ظاهر می‌شود . پس می‌توان در یک مقاومت اهمی توان اکتیو را به صورت $R \times I^2$ محاسبه کرد . بدیهی است در مداراتی که مقاومت اهمی ندارند توان اکتیو صفر است .

دو - توان راکتیو یا غیر موثر : استفاده از سلف و خازن در مدارات الکتریکی موجب ظاهر شدن توان غیر مفید یا دواته می شود . این توان بین مصرف کننده و شبکه رفت و برگشت می کند و کار مفیدی انجام نمی دهد که موجب می شود مولدها نتوانند در جریان نامی توان مفید کامل به شبکه تحویل دهند . توان راکتیو را با P_r ، P_d یا Q نشان می دهند و بر حسب (ولت - آمپر راکتیو) که اختصاراً وار VAR خوانده می شود، است و از رابطه‌ی زیر قابل محاسبه می باشد .

$$P_d = U_e \cdot I_e \cdot \sin \varphi$$

سه - توان ظاهری : به حاصل ضرب ولتاژ در جریان موثر یک سیستم متناوب، توان ظاهری می گویند . توان ظاهری را با P_s یا S نشان می دهند و بر حسب $V \cdot A$ است . توان ظاهری از رابطه‌ی قابل محاسبه است .

$$P_s = U_e \cdot I_e$$

مثال - اگر معادله‌ی زمانی ولتاژ و جریان یک مدار الکتریکی به صورت زیر باشد، توان های سه گانه را حساب کنید .

$$V_m = 120\sqrt{2} \sin \omega t, \quad I_m = 2\sqrt{2} \sin (\omega t + 60^\circ)$$

$$\varphi = \theta_v - \theta_i = 0 - 60^\circ = -60^\circ, \quad \cos \varphi = \cos 60^\circ = 0.5, \quad \sin \varphi = \sin 60^\circ = 0.866$$

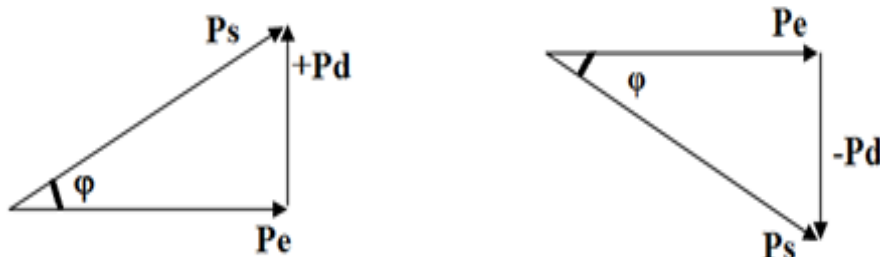
$$P_e = U_e \cdot I_e \cdot \cos \varphi = \frac{120\sqrt{2}}{\sqrt{2}} \times \frac{2\sqrt{2}}{\sqrt{2}} \times 0.5 = 120 \text{ w}$$

$$P_d = U_e \cdot I_e \cdot \sin \varphi = \frac{120\sqrt{2}}{\sqrt{2}} \times \frac{2\sqrt{2}}{\sqrt{2}} \times 0.866 = 207 \text{ VAR}$$

$$P_s = U_e \cdot I_e = \frac{120\sqrt{2}}{\sqrt{2}} \times \frac{2\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 240 \text{ VA}$$

مثلث توان ها

رابطه‌ی بین توان ها به وسیله یک مثلث نشان می دهیم . توان مفید P را در راستای محور x ها رسم می کنیم و توان راکتیو را بر روی محور y ها ترسیم می کنیم اگر φ مثبت باشد یعنی بار دارای خاصیت سلفی است (پس فاز) و توان راکتیو در جهت مثبت محور y ها ترسیم می شود و اگر φ منفی باشد یعنی بار دارای خاصیت خازنی است (پیش فاز) و توان راکتیو در جهت منفی محور y ها ترسیم می شود . توان ظاهری نیز وتر مثلث قائم الزاویه ای است که دو ضلع دیگر آن توان های مفید و غیر مفید می باشد .



به راحتی می توان اثبات کرد که بین سه توان فوق روابط زیر برقرار است .

$$P_e = P_s \cdot \cos \varphi$$

$$P_d = P_s \cdot \sin \varphi$$

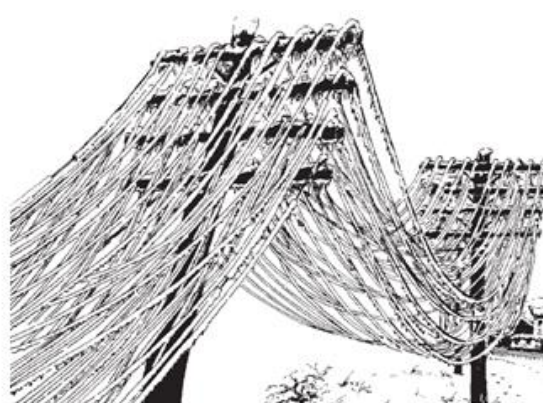
$$P_d = P_e \cdot \tan \varphi$$

$$P_s = \sqrt{P_e^2 + P_d^2}$$

فصل دوازدهم: کابل و کابل کشی

توزیع انرژی الکتریکی در صنعت به دو صورت انجام می شود که یکی به وسیله ی سیم های هوایی و دیگری به وسیله کابل های زمینی می باشد. کاربرد کابل ها در تأسیسات الکتریکی بسیار وسیع و پر اهمیت است. از جمله مزایای سیم کشی هوایی می توان به سرعت اجرا، صرفه اقتصادی و سهولت عیب یابی اشاره نمود، عمده عیب سیم کشی هوایی عبارت است از:

- سیم کشی هوایی در معرض برخورد پرندگان، شاخه ی درختان و ... و بروز اتصال کوتاه قرار دارد.
- سیم کشی هوایی در معرض برخورد صاعقه، وزش باد و اثرات شیمیایی مواد و محیط قرار دارد.
- به زیبایی محل لطمه می زند و گرفتن انشعاب غیر مجاز از آن راحت است.



توزیع انرژی به وسیله ی کابل تا حدود زیادی معایب فوق را حل می کند، اما هزینه بسیار بیشتر و سرعت اجرای آن کمتر است، همچنین عیب یابی مسیر کابل کشی باید به وسیله ی تجهیزات مخصوصی صورت گیرد که زمان بر خواهد بود.

تعریف کابل: هر نوع هادی که بتواند جریان برق را از خود عبور داده و توسط موادی نسبت به محیط اطراف خود عایق شده باشد، به طوری که ولتاژ در روی سطح عایق نسبت به زمین برابر صفر بوده و در روی سطح سیم یا هادی نسبت به زمین دارای ولتاژ فازی باشد، کابل نامیده می شود. هر کابل دارای لایه های مختلفی است که هر لایه کارکرد خاص خود را دارد.



اجزای تشکیل دهنده ی کابل

۱ - هادی کابل : قسمت اصلی کابل که جریان الکتریکی را هدایت می کند هادی نام دارد که از جنس مس یا آلومینیوم است ، هادی های کابل را از جهات مختلف می توان تقسیم بندی کرد .

الف - هادی ها بر اساس تعداد رشته به دو شکل تک رشته (مفتولی) و چند رشته (افشان) موجود هستند برای مشخص کردن کابل های تک رشته از حرف اختصاری (e) و کابل چند رشته ای از حرف اختصاری (m) استفاده می شود .

ب - هادی ها از نظر شکل سطح مقطع در دو شکل دایره (r) و مثلث یا سکتور (s) وجود دارند .

ج - کابل ها را از نظر کاربرد به دو دسته کابل های مسطح و کابل های غیر مسطح می توان تقسیم کرد .



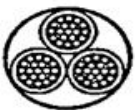
RE

مفتولی ، E = هادی R =



SE

مفتولی ، E = قطاعی S =



RM

چندمفتولی ، M = هادی R =



SM

چندمفتولی ، M = قطاعی S =



- استفاده از هادی های چند رشته ای rm و sm باعث کاهش اثرات پوستی و افزایش سطح موثر هدایت هادی می شود .
- مقاطع بالای 10 mm^2 به بالا حتماً باید به صورت رشته ای باشند زیرا جریان تمایل دارد روی سطح هادی حرکت کند .
- کابل های مثلثی کاربرد چندانی ندارد و بیشتر جهت حذف فضای مرده ساخته می شود . کابل های با هادی مثلثی در فشار- ضعیف کاربرد دارد زیرا در ولتاژهای بالا نقاط نوک تیز محل تجمع میدان الکتریکی است که باعث تضعیف کابل می شود .

برای شناسایی و تشخیص هادی کابل ها از همدیگر روکش هر رشته را با رنگ خاصی مشخص می کنند . در جدول زیر رنگ بندی عایق سیم ها بر اساس استاندارد VDE ۰۲۷۱ آمده است .

تعداد سیم های کابل	رنگ های قدیمی برای عایق سیم کابل	رنگ های جدید برای عایق سیم کابل ها بدون سیم محافظ	رنگ های جدید برای عایق سیم کابل ها با سیم محافظ
۲ سیم	مشکی ، خاکستری	مشکی ، آبی	-
۳ سیم	مشکی ، خاکستری ، قرمز	مشکی ، آبی ، قهوه ای	سبز و زرد ، قهوه ای آبی
۴ سیم	مشکی ، خاکستری ، قرمز ، آبی	مشکی ، آبی ، قهوه ای مشکی	سبز و زرد ، مشکی ، قهوه ای آبی
۵ سیم	مشکی ، خاکستری ، قرمز ، آبی ، مشکی	مشکی ، آبی ، قهوه ای ، مشکی ، مشکی	سبز و زرد ، مشکی ، قهوه ای آبی ، مشکی
۶ سیم و بیشتر	-	تمام سیم ها مشکی و روی آنها شماره های سفید با شروع از مرکز کابل	سبز و زرد و بقیه مشکی با شماره های سفید رنگ

۲ - **عایق کابل** : متناسب با نوع مصرف، میزان ولتاژ و جریان و ... عایق کابل‌ها را از مواد مختلفی می‌سازند .

یک - عایق لاستیکی : از عایق لاستیکی تنها در موارد خاص که کابل متحرک است مانند آسانسور و در جاهایی که کابل قوطه‌ور در آب می‌باشد مانند برق رسانی به کشتی‌ها ، استفاده می‌شود . برای جلوگیری از اثر گوگرد موجود در لاستیک بر روی هادی مسی باید روی هادی را قبل از عایق کردن قلع اندود کرد .

دو - عایق پلاستیکی : عایق پلاستیکی عموماً از عایق مصنوعی پنی و نیل کلراید PVC ساخته می‌شوند ، که برای عایق سیم و عایق کل کابل مورد استفاده قرار می‌گیرند . کابل با عایق PVC نمی‌سوزد و سبب هدایت آتش نیز نمی‌شود و همچنین کهنه نمی‌شود و از ثبات شیمیایی کم نظیری برخوردار است . در صورت زخم شدن روکش خارجی PVC همان عایق مستقیم سیم به اندازه کافی با ثبات است و می‌تواند محافظت کامل را انجام دهد .

سه - پلی اتیلن : پلی اتیلن PET از مواد ترموپلاست ساخته می‌شود اما به اندازه‌ی کابل PVC مزیت ندارد . پلی اتیلن قابل اشتعال است و در کابل‌های بالاتر از ۲۰ KV به کار می‌روند .

چهار - کاغذهای آغشته به روغن مخصوص : کاغذهای روغنی جزء اولین نوع عایق‌ها می‌باشد که به دلیل شرایط نگهداری دشوار ، نشت روغن و نفوذ رطوبت، کمتر استفاده می‌شود . روغن دو کار عایق کردن و انتقال حرارت را انجام می‌دهد .

پنج - عایق پلی‌اتیلن کراسلینک XLPE : ۲X سمبل این کابل می‌باشد و تا ۹۰ درجه‌ی سانتی گراد تحمل حرارت را دارد .
شش - اتیلن پروپان رابر EPR : برای ولتاژهای متوسط حدود ۱۲ کیلوولت و در نیروگاه‌های ۶ کیلو ولت استفاده می‌شود .
هفت - سیلیکون رابر Sic : از این عایق بیشتر به عنوان روکش کابل ، سرکابل و سایر تجهیزات شبکه استفاده می‌شود که دارای تحمل حرارت خوب و نیز در مقابل ضربه نیز مقاوم است و شرایط دفع رطوبت خوبی نیز دارد .

۳ - **غلاف کابل** : غلاف به لایه و یا لایه‌هایی در روی کابل اطلاق می‌شود که می‌توانند عایق کابل را در مقابل انواع نیروهای مکانیکی محافظت کرده و همچنین از نفوذ رطوبت به داخل کابل جلوگیری نمایند . در ساده‌ترین حالت کابل دارای یک غلاف از مواد PVC می‌باشد . حال اگر کابل در جاهایی مورد استفاده قرار گیرد که نیروهایی به آن وارد شود باید برای حفاظت از مواد محکم تری استفاده شود .

- در کابل‌هایی که تحت فشار و ضربه قرار می‌گیرند برای حفاظت از نوارهای فلزی استفاده می‌کنند . کابل‌هایی که در آنها نوارهایی از فولاد و غلافهای سربی به کار می‌رود به **کابل مسطح** معروفند .

- جهت حفاظت نوارهای فولادی در کابل‌های زمینی، باید دور نوارها را با پارچه یا کف قیراندود بپوشانیم .

- در کابل‌هایی که تحت کشش زیاد قرار دارند مانند کابل‌های معدن و کابل‌هایی که از رودخانه عبور می‌کنند، از یک حفاظ فلزی از سیم‌های گرد یا تخت و یا پروفیل استفاده می‌شود که باعث حفاظت کابل در مقابل خطرات و حوادث خارجی نیز می‌شوند .

- در برخی کابل‌های چند سیمه پس از عایق نمودن هر یک از رشته سیم‌ها ، ورق نازک فلزی بر روی آنها پیچیده می‌شود و سپس همگی آنها در یک غلاف سربی قرار می‌گیرند . این ورق نازک به کاغذ متالیزه معروف است و کابلی که دارای چنین کاغذی باشد ، کابل H نامیده می‌شود . وجود این کاغذ باعث محصور شدن میدان مغناطیسی هر سیم در اطراف آن شده و نیاز به استفاده از عایق بسیار مرغوب در کابل نیست .

کابل‌هایی که منحصراً دارای یک غلاف سربی برای تمام رشته‌های سیم می‌باشد کابل کمربندی نام دارد . این کابل‌ها فقط برای ولتاژهای تا ۲۰ kv مورد استفاده قرار می‌گیرند ، در این کابل سیم فاز معمولاً به صورت سکتوری و سیم نول با مقطع دایره‌ای ساخته می‌شوند .

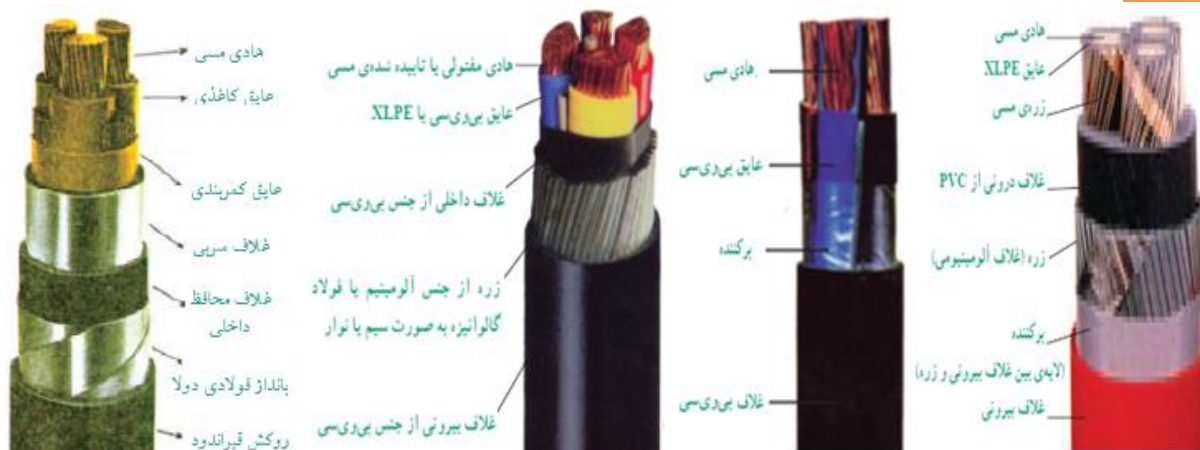
نکته : برای افزایش استحکام و کم کردن خاصیت خازنی کابل ها را به صورت مارپیچ می سازند . هر سیم از هادی های چند رشته ساخته می شود که این رشته ها به هم تابیده می شود. همچنین در کابل های چند سیمه ، سیم های کابل نیز به صورت مارپیچ ساخته می شوند .



طرز شناخت و نامگذاری کابل های جریان زیاد

برای مشخص شدن نوع کابل ها، بر روی قرقه‌ری کابل و یا روی بدنه‌ی کابل حروفی که مشخص کننده‌ی جنس هادی، نوع غلاف ها و عایق های به کار رفته در کابل می باشند، نوشته می شود این حروف بر اساس استاندارد VDE به قرار زیر است.

علامت	شرح
N	علامت کابل با سیم از جنس مس
NA	علامت کابل با سیم آلومینیومی
Y	علامت عایق پروتودور یا PVC (اولین Y در ردیف حروف)
G	عایق لاستیک برای هر رشته
۲y	عایق از جنس PET
۲x	عایق از جنس XLPET
H	علامت ورق متالیزه است که برای محدود کردن میدان مغناطیسی دور سیم یا عایق پیچیده می شود
B	حفاظت فولادی نواری شکل (بانداژ فولادی)
R	حفاظت فولادی سیم نواری شکل (زره از مفتول فولادی قلع اندود شده)
F	زره از سیم تخت فولادی قلع اندود (کابل مسطح با سیم تخت)
Gb	حفاظت فولادی نواری شکل و به عبارت دیگر تسمه فولادی مارپیچی برای محکم کردن F یا R
C	در کابل های فشار ضعیف علامت سیم صفر است که به صورت لوله دور عایق سه سیم دیگر پیچیده می شود و در کابل های فشارقوی علامت سیم حفاظت یا سیم صفر (نول) است .
CW	غلاف از مفتول های نازک مسی که به طور موجی دور تا دور کابل را پوشانده است و یک تسمه‌ی نازک مسی به طور مارپیچی آنها را نگه می دارد (سیم مسی متحد المركز با نوار مسی مارپیچی)
T	سیم نگهدارنده در کابل های هوایی ساخته شده از فولاد تابیده شده
Y	علامت روپوش پروتودور PVC می باشد (دومین Y در ردیف حروف)
K	علامت غلاف سربی
A	غلاف خارجی دوبل
E	کابل با سه غلاف سربی
S	حفاظت مسی از تسمه پهن ولی نازک مسی که دور عایق سیم پیچیده می شود (به جای H)
SE	حفاظت مسی در کابل های چند رشته دور هر یک از سیم ها به منظور محدود کردن میدان مغناطیسی (به جای H)
J	کابل همراه با یک رشته حفاظتی به رنگ سبز و زرد



معرفی و کاربرد برخی از کابل های معروف

کابل NYY: این کابل دارای رشته های مسی N که دارای عایق های پروتودور Y می باشد و Y دوم نشان دهنده عایق کل کابل ازجنس پروتودور است. کابل های NYY یا کابل زمینی برای کابل کشی در زیر زمین، در آب و در کانال و محل هایی که احتمال ضربه مکانیکی نباشد با ولتاژ اسمی کابل ۶۰۰/۱۰۰۰ ولت مورد استفاده قرار می گیرد.



کابل NAYY: این کابل دارای هادی ازجنس آلومینیوم NA است و عایق دور سیم ها و عایق کل کابل پروتودور Y است. کابل NYCY: این کابل دارای هادی هایی از جنس مس N است و عایق سیم ها و کل کابل پروتودور Y است و بین دو عایق پروتودور زره سیم مسی C قرار گرفته است.

کابل NYCWT: در این کابل جنس هادی ها مسی، عایق هادی ها و عایق کابل PVC است و از سیم مسی متحدالمرکز با نوار مسی مارپیچ جهت حفاظت استفاده می شود.

کابل NAYCY: هادی های این نوع کابل از جنس آلومینیوم NA است و هم عایق سیم ها و هم عایق کابل پروتودور Y است. از سیم مسی متحدالمرکز با نوار مسی مارپیچ C جهت حفاظت استفاده می شود.

کابل NAYCWY: هادی های این کابل آلومینیومی NA با عایق PVC است که جهت حفاظت از کابل بین دو عایق پروتودور از سیم مسی متحدالمرکز با نوار مسی مارپیچ استفاده شده است.

کابل NYTY: هادی های این کابل مسی N است که دارای عایق هادی ها و عایق کابل از جنس پی وی سی است. این کابل دارای مهار فولادی T است که در شبکه های هوایی استفاده می شود.

کابل NKBA: هادی های این کابل از جنس مس N است و دارای غلاف سربی K و بانداژ فولادی B و روکش قیر اندود (غلاف خارجی دوبل) A می باشند. کابل NKBA در شبکه های محلی و برای رساندن برق به منازل و در شبکه های روشنایی مورد استفاده قرار می گیرد.

کابل NAKBA: هادی های این کابل از جنس آلومینیوم NA است و دارای غلاف سربی K و بانداژ فولادی B و روکش قیر اندود (غلاف خارجی دوبل) A می باشند.

نحوه استخراج اطلاعات از روی کابل ها

بر روی بدنه ی کابل ها از یک سری حروف که نشان دهنده ی جنس کابل و یک سری عدد که نشان دهنده ی تعداد و سطح مقطع هر رشته و ولتاژ کابل است استفاده می شود. در زیر نمونه هایی از این اطلاعات که مربوط به کابل های مختلف است آورده شده است.

$3 \times 25 + 16 \text{ sm}$ NYY

در این کابل سه هادی افشان از جنس مس و با سطح مقطع مثلی ۲۵ میلی متر مربع ای و یک سیم ۱۶ میلی متر مربع ای برای سیم نول وجود دارد، جنس عایق هادی ها و عایق کلی کابل پروتودور PVC است.

$4 \times 50 + 25 \text{ sm}$ NYY

در این کابل از ۴ رشته سیم مسی افشان با سطح مقطع مثلی 50 mm^2 و یک رشته سیم 25 mm^2 برای سیم نول و از عایق PVC برای رشته ها و کل کابل استفاده شده است.

$3 \times 50 \text{ re } 0.6/1 \text{ kv}$ NYY

این کابل ۳ رشته سیم مفتولی با مقطع دایره ای با عایق هایی از جنس پروتودور دارد که برای ولتاژ فازی ۶۰۰ ولت و ولتاژ خطی ۱۰۰۰ ولت مورد استفاده قرار می گیرد .

NKBA ۳ × ۳۵

جنس ۳ هادی این کابل مسی با سطح مقطع 35mm^2 است که توسط غلاف سربی و غلاف خارجی دابل عایق شده است و برای حفاظت از بانداز فولادی استفاده شده است .

NKBA ۳ × ۳۵ sm ۶ / ۱۰ kv

این کابل دارای ۳ هادی 35mm^2 است که برای ولتاژ خطی ۱۰ کیلوولت و ولتاژ فازی ۶ کیلو ولت طراحی شده است . هادی ها چند رشته ای با سطح مقطع سکتوری است .

NAYSY ۳ × ۷۰ se ۶ / ۱۰ kv

این کابل، کابلی سه سیمه با مقطع مثلثی بوده و هر سیم آن به صورت مفتولی یا تک رشته به مقطع ۷۰ میلی متر مربع و از جنس آلومینیوم ساخته شده است ، عایق هر رشته از نوع پی وی سی می باشد و حفاظ مسی از تسمه پهن و نازک به دور عایق آن پیچیده شده است . بر روی کل اجزا نیز عایقی از جنس پی وی سی کشیده می شود . این کابل برای ولتاژ فازی ۶ کیلو ولت و ولتاژ خطی ۱۰ کیلو ولت طراحی شده است .

NYCWYFFGb Y ۳ × ۱۲۰ sm ۳/۵ / ۶ kv

این کابل دارای ۳ هادی با سطح مقطع 120mm^2 از جنس مس با مقطع مثلثی چند رشته ای است که عایق های هادی و کل کابل از جنس پروتودور می باشد . همچنین در این کابل از دو لایه زره که به صورت نوارهای تخت فولادی F می باشد استفاده می شود و برای محکم کردن این نوارها تسمه با نوارهای فولادی مارپیچ Gb مورد استفاده قرار می گیرد . و نیز غلافی از سیم نازک مسی دور عایق PVC مربوط به سه سیم اصلی کابل پیچیده می شود . و یک تسمه نازک مسی نیز به طور مارپیچ این سیمهای نازک را نگه می دارد CW به کار رفته است .

تقسیم بندی کابل های انتقال نیرو از لحاظ عایق بندی

- ۱ - کابل های فشار ضعیف : قدرت عایق نمودن تا ۱ کیلو ولت را دارند .
- ۲ - کابل های فشار متوسط : قدرت عایق نمودن از ۳.۳ تا ۴.۵ کیلو ولت را دارا می باشد .
- ۳ - کابل های فشار قوی : قدرت عایق نمودن از ۳۰ تا ۹۰ کیلو ولت را دارا می باشند .
- ۴ - کابل های فوق فشار قوی : قدرت عایق نمودن از ۱۱۰ تا ۳۸۰ کیلو ولت را دارا می باشند .

تعیین سطح مقطع کابل

در تعیین سطح مقطع کابل عواملی چون جریان مجاز، ولتاژ نامی، افت ولتاژ مجاز، شرایط محیطی و ... تأثیر گذار است . جریان مجاز : جریان مجاز جریانی است که حرارت تولید شده ناشی از آن در کابل هیچگونه آسیبی به هادی و عایق کابل وارد نکند . لازم به ذکر است که درجه حرارت مجاز کابل های PVC نباید از ۷۰ درجه سانتی گراد فراتر رود . افت ولتاژ مجاز : در دستگاه های الکتریکی کاهش ولتاژ از مقادیر نامی مشکلات و اختلالاتی در کار دستگاه ها به وجود می آورد . مقررات حداکثر افت ولتاژ را در مدارات روشنائی ۴٪ و در مدارات تغذیه موتور ها را ۶٪ تعیین کرده است .

محاسبه‌ی سطح مقطع با استفاده از جدول

جدول زیر جریان مجاز کابل های فشار ضعیف تا ولتاژ نامی ۱kv را در شرایط نصب مختلف نشان می دهد . برای یک سطح مقطع خاص در شرایط نصب مختلف ، جریان مجاز متفاوت است .

جدول مجاز کابل های برق با ولتاژ ۱ kv بر حسب آمپر										
طرز قرار گرفتن کابل ها										
سطح مقطع mm ²	کابل های ۱ سیمه DC		کابل های ۲ سیمه		کابل های ۳ و ۴ سیمه		سه کابل یک سیمه سه فاز			
	در خاک	در هوا	در خاک	در هوا	در خاک	در هوا	در خاک ○○○	در هوا ○○○	در خاک ○○○	در هوا ○○○
۱.۵	۳۷	۲۶	۳۰	۲۱	۲۷	۱۸	-	-	-	-
۲.۵	۵۰	۳۵	۴۱	۲۹	۳۶	۲۵	-	-	-	-
۴	۶۵	۴۶	۵۳	۳۸	۴۶	۳۴	-	-	-	-
۶	۸۳	۵۸	۶۶	۴۸	۵۹	۴۴	-	-	-	-
۱۰	۱۱۰	۸۰	۸۸	۶۶	۷۷	۵۰	-	-	-	-
۱۶	۱۴۵	۱۰۵	۱۱۵	۹۰	۱۰۰	۸۰	۱۲۰	۱۰۰	۱۱۰	۸۶
۲۵	۱۹۰	۱۴۰	۱۵۰	۱۲۰	۱۳۰	۱۰۵	۱۵۵	۱۳۵	۱۴۰	۱۲۰
۳۵	۲۳۵	۱۷۵	۱۸۰	۱۵۰	۱۵۵	۱۳۰	۱۸۵	۱۷۰	۱۷۰	۱۴۵
۵۰	۲۸۰	۲۱۵	-	-	۱۸۵	۱۶۰	۲۲۰	۲۰۵	۲۰۰	۱۸۰
۷۰	۳۵۰	۲۷۰	-	-	۲۳۰	۲۰۰	۲۷۵	۲۶۰	۲۴۰	۲۲۵
۹۵	۴۲۰	۳۳۵	-	-	۲۷۵	۲۴۵	۳۲۵	۳۲۰	۲۹۵	۲۸۰
۱۲۰	۴۸۰	۳۹۰	-	-	۳۱۵	۲۸۵	۳۷۰	۳۷۵	۳۳۵	۳۳۰
۱۵۰	۵۴۰	۴۴۵	-	-	۳۵۵	۳۲۰	۴۲۰	۴۳۰	۳۸۰	۳۸۰
۱۸۵	۶۲۰	۵۱۰	-	-	۴۰۰	۳۷۰	۴۷۰	۴۵۰	۴۳۰	۴۴۰
۲۴۰	۷۲۰	۶۲۰	-	-	۴۶۵	۴۳۵	۵۴۰	۵۹۰	۴۹۰	۵۳۰
۳۰۰	۸۲۰	۷۱۰	-	-	-	-	۶۲۰	۶۸۰	۵۵۰	۶۱۰
۴۰۰	۹۶۰	۸۵۰	-	-	-	-	۷۱۰	۸۲۰	۶۵۰	۷۴۰
۵۰۰	۱۱۱۰	۱۰۰۰	-	-	-	-	۸۲۰	۹۶۰	۷۴۰	۸۶۰

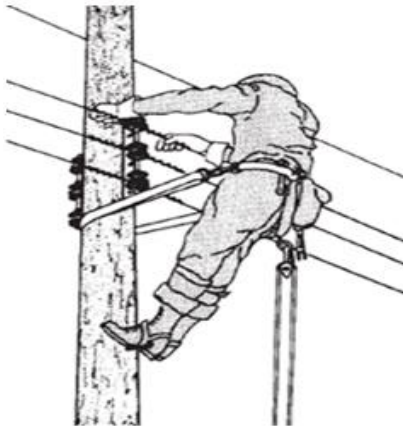
جدول فاکتور تصحیح تغییر درجه حرارت محیط در شرایط نصب مختلف

۵۰	۴۵	۴۰	۳۵	۳۰	۲۵	۲۰	۱۵	۱۰	۵	درجه حرارت محیط
۰/۶۷	۰/۷۵	۰/۸۲	۰/۸۸	۰/۹۴	۱	۱/۰۵	۱/۱۰	۱/۱۵	۱/۲	فاکتور تصحیح سیم عایق دار
۰/۷۱	۰/۷۹	۰/۸۷	۰/۹۴	۱	۱/۰۶	۱/۱۲	۱/۱۷	۱/۲۱	۱/۲۷	فاکتور تصحیح کابل در خاک
-	-	-	۰/۸۴	۰/۸۹	۰/۹۵	۱	۱/۰۵	۱/۱۰	-	فاکتور تصحیح کابل در هوای آزاد

مثال - اگر در یک سیستم هوایی از کابل NYY چهار سیمه با سطح مقطع $25mm^2$ استفاده نماییم، میزان جریان دهی این کابل در 35° درجه سانتی گراد را از جدول بدست آورید .

با توجه به جدول جریان نامی کابل چهار سیمه با سطح مقطع $25mm^2$ و در دمای 30° درجه 105 آمپر است . حال اگر بخواهیم جریان کابل را در 35° درجه سانتی گراد بدست آوریم باید از ضریب تصحیح حرارت استفاده کنیم (ضریب تصحیح جریان کابل در هوای آزاد در دمای 35° درجه برابر با 0.94 است)

$$105 \times 0.94 = 98.7 A$$



محاسبه‌ی سطح مقطع با استفاده از فرمول

$$A = \frac{100 \rho l i \cos \phi}{\alpha V} \quad . \quad A = \frac{100 \rho l p}{\alpha V^2}$$

در این روابط :

A : سطح مقطع کابل بر حسب میلی متر مربع .

ρ : مقاومت ویژه مس در دمای 70° درجه سانتی گراد که برابر با $2 \times 10^{-8} \Omega m$ است .

l : طول کابل بر حسب متر .

i : جریان مجاز کابل بر حسب آمپر

$\cos \phi$: ضریب قدرت یا پاور فاکتور مصرف کننده‌ای است که توسط کابل تغذیه می‌شود .

α : درصد افت ولتاژ مجاز کابل ها .

V : ولتاژ فازی مدار .

P : توان مصرفی بار .

200 : از ضریب 200 برای مصرف کنندگان تکفاز و از ضریب 100 برای مصرف کنندگان سه فاز استفاده می شود .

مثال- یک کابل چهار سیمه برای تغذیه یک موتور سه فاز $380 V$ ، $40 kW$ با ضریب قدرت 0.8 به کار می رود سطح مقطع این کابل را طوری پیدا کنید که افت ولتاژ از 2 درصد تجاوز نکند . طول کابل 70 متر مفروض است .

$$A = \frac{100 \rho l p}{\alpha V^2} \quad , \quad A = \frac{100 \times 2 \times 10^{-8} \times 70 \times 40 \times 10^3}{2 \times 380^2} = 20 mm^2$$

مثال - آیا می‌توان در محیطی با حرارت 30° درجه‌ی سانتی گراد، برای تغذیه یک موتور سه فاز با جریان $20 A$ و $\cos \phi =$

0.75 که در فاصله $50 m$ از تابلوی اصلی قرار دارد از یک کابل NYY با سطح مقطع $2.5 mm^2$ استفاده کرد ؟

جریان مجاز کابل $2/5 \text{ mm}^2$ در دمای 30°C درجه سانتی گراد 25°C است و از نظر جریان برای این موتور مناسب است. حال افت ولتاژ را بررسی می کنیم.

$$A = \frac{200 \rho \cos \phi}{\alpha V}, \quad \alpha = \frac{100 \times 2 \times 10^{-8} \times 50 \times 20 \times 0.75}{2/5 \times 10^{-6} \times 220} = \% 3/6$$

از آنجایی که افت ولتاژ از 2% بیشتر است باید سطح مقطع را یک اندازه بزرگتر انتخاب کرد یعنی باید سطح مقطع کابل 4 mm^2 باشد. و در این حالت افت ولتاژ را محاسبه می کنیم.

$$\alpha = \frac{100 \times 2 \times 10^{-8} \times 50 \times 20 \times 0.75}{4 \times 10^{-6} \times 220} = \% 1/75$$

لوازم و تجهیزات مورد استفاده در کابل کشی

قیچی کابل بری: به منظور بریدن کابل از قیچی کابل بری استفاده می شود که در انواع قیچی کابل بری دستی برای بریدن کابل های با قطر کم و قیچی های هیدرولیکی، پنوماتیکی و الکترومکانیکی برای بریده کابل های با قطر زیاد وجود دارند.

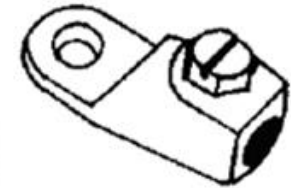
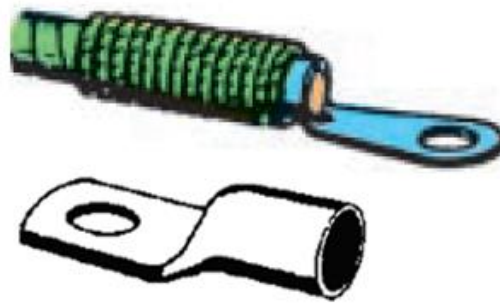
دستگاه روکش بردار کابل: دستگاه روکش بردار کابل دارای دستگیره ای است که یک تیغ برش و یک غلتک روی آن قرار دارد. هنگام روکش برداری کابل غلتک پشت کابل قرار گرفته و با کشیدن آن روی کابل عایق برداشته می شود فاصله ی بین غلتک و تیغه، قابل تنظیم می باشد بنابراین امکان لخت کردن کابل ها با ضخامت عایق های مختلف وجود دارد.

چاقوی کابل بری: برای لخت کردن کابل از چاقوی کابل بری استفاده می شود، برای در آوردن عایق روی کابل ابتدا در محیط کابل و در محل مورد نظر به وسیله چاقو، شیار دایره ای ایجاد می کنیم، سپس در امتداد طول کابل با چاقو خط برش ایجاد کرده و عایق را جدا می کنیم. برای بریدن کابل از اره نیز می توان استفاده کرد.

تذکر مهم: در هنگام روکش برداری کابل نباید چاقو را به سمت خود بگیریم زیرا ممکن است چاقو از سطح کابل جدا شده و سبب مجروح شدن سینه یا دست شود. ضمناً اگر افراد دیگری در مسیر نوک چاقو نیز قرار داشته باشند ممکن است موجب آسیب رساندن به آنها شود.



کابل شوها: برای اتصالات جدا شدنی سیم ها، از کابلشو یا سر سیم های مخصوص استفاده می کنند. سر سیم ها با توجه به سطح مقطع سیم در اندازه های مختلف ساخته می شود و با لحیم کاری یا توسط دستگاه پرس مخصوص به هادی محکم می شوند. کابل شوها در انواع مختلف پرسی، لحیم، پیچی و منگنه ای وجود دارند.

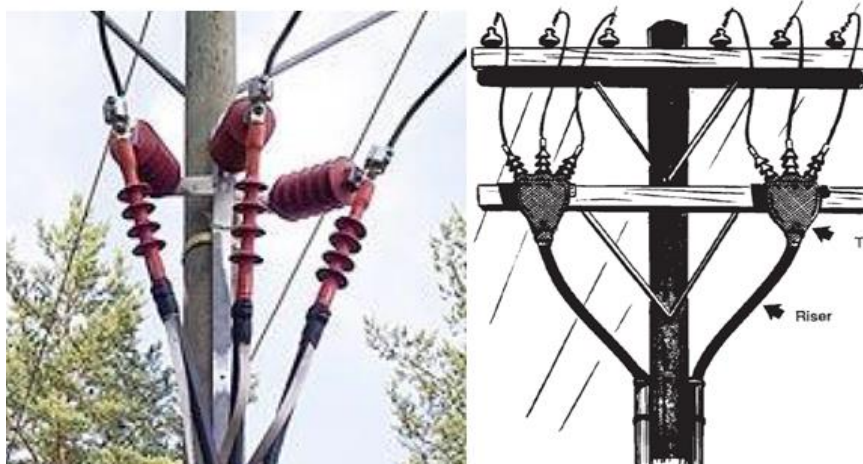


نکته مهم: برای اتصال کابل‌های افشان از مقطع 1 mm^2 به بالا و کابل‌های مفتولی از مقطع 10 mm^2 به بالا باید از کابل شو استفاده شود. کابل‌های مفتولی 6 mm^2 و کمتر را می‌توان مستقیماً با ایجاد سوالی به دستگاه مربوط متصل نمود.

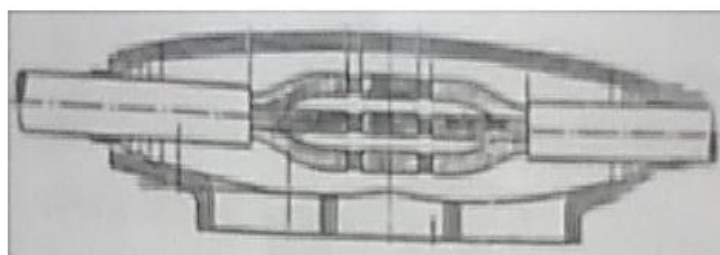
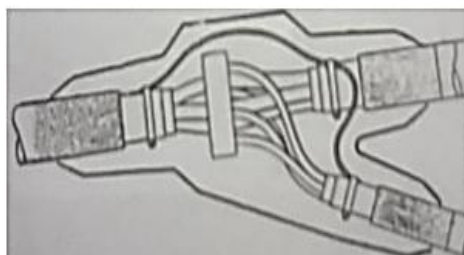
اتصال کابل شو به کابل: برای اتصال کابل به دیگر تجهیزات الکتریکی، از کابلشو یا کفشک کابل استفاده می‌شود. کابل شوها ممکن است پرسی یا قابل لحیم‌کاری باشند، در مقاطع بزرگ، اتصال کابل شو به کابل به وسیله‌ی لحیم‌کاری و اغلب با شعله صورت می‌گیرد. در صورت استفاده از شعله برای لحیم‌کاری باید توجه نمود که عایق و روکش بیرونی کابل در اثر حرارت آسیب نبیند.

سرکابل: سرکابل وسیله‌ای است که در مواقع تغییر نوع سیم‌های حامل جریان الکتریکی به کار می‌رود. مثلاً وقتی بخواهند کابل زمینی را به سیم‌هوایی وصل کنند و یا کابل زمینی را به تجهیزات داخلی پست‌های اتصال دهند از سرکابل استفاده می‌کنند. سرکابل باید طوری بسته شود که رطوبت هوا و باران به هیچ وجه در آن نفوذ نکند و چنانچه کابل روغنی باشد، روغن داخل کابل بیرون نریزد، ساختمان و نوع سرکابل‌ها متفاوت بوده و بستگی به نوع کابل و مکان نصب آن دارد. سرکابل‌ها در اندازه‌های مختلفی ساخته می‌شوند. اندازه‌ی سرکابل بستگی به ولتاژ آن و اندازه‌ی کابل دارد هرچه مقدار ولتاژ بیشتر شود ابعاد و طول سرکابل افزایش می‌یابد.

انواع سرکابل: بر اساس نوع کابل، سرکابل‌ها به دو دسته‌ی سرکابل‌های روغنی و سرکابل‌های خشک تقسیم می‌شوند. همچنین بر اساس مکان مورد استفاده نیز سرکابل‌ها به دو دسته سرکابل‌های داخلی که قابل استفاده در فضاهای بسته است و سرکابل‌های بیرونی یا هوایی که قابل استفاده در هوای آزاد است، تقسیم می‌شوند.



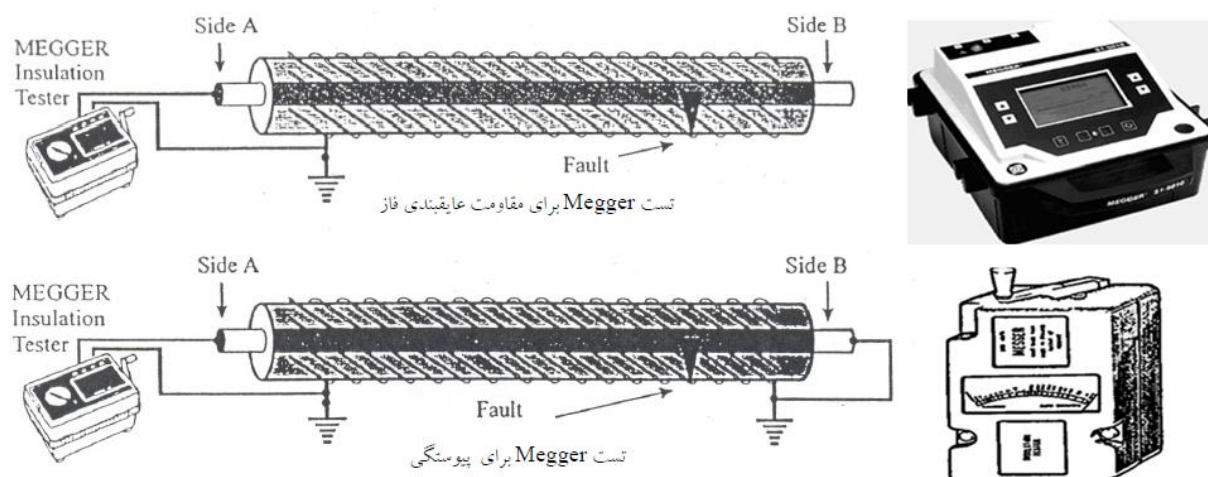
مفصل: در مواردی که بر اثر بروز اتصال کوتاه یا ضربات مکانیکی کابل صدمه ببیند یا قطع شود، می‌توان برای وصل مجدد و ترمیم کابل از جعبه اتصال کابل یا مفصل استفاده نمود. همچنین از مفصل‌ها برای اتصال کابل‌ها در مسیرهای طولانی و گرفتن انشعاب از کابل نیز استفاده می‌شود. جنس مفصل‌ها معمولاً از چدن، فولاد یا مواد عایقی دیگر مثل PVC است و در اندازه‌های مختلف ساخته می‌شود. مفصل‌ها از نظر شکلی در انواع دو راه، سه راه (نوع T) و چهارراه وجود دارند که در انواع، موادی، حرارتی، سرد، نواری و فشاری وجود دارند.



عیب یابی کابل ها

از جمله علل بروز عیب در کابل ها می توان به اضافه ولتاژ ، اضافه بار، رعایت نکردن اصول استاندارد کابل کشی، عوامل فیزیکی ،نصب غیر صحیح سرکابل و مفصل ها نام برد . عیب هایی که در کابل ها ممکن است پیش آید عبارتند از اتصال هادی کابل به زمین ، اتصال کابل ها به هم ، پارگی کابل ها ، قطع شدن کامل کابل که برای تشخیص این عیب ها از وسایلی چون میگر ، اهم متر ، های پات ، TDR و ... استفاده می شود .

میگر : میگر یک دستگاه تست مقاومت عایقی است که شبیه اهم متر عمل می کند. از میگر برای تشخیص پارگی یا اتصالی کابل ها مورد استفاده قرار می گیرد که در زیر آورده شده است.
در اشکال زیر نحوه ی استفاده از میگر برای تست پارگی و اتصالی کابل ترسیم شده است.



کابل کشی

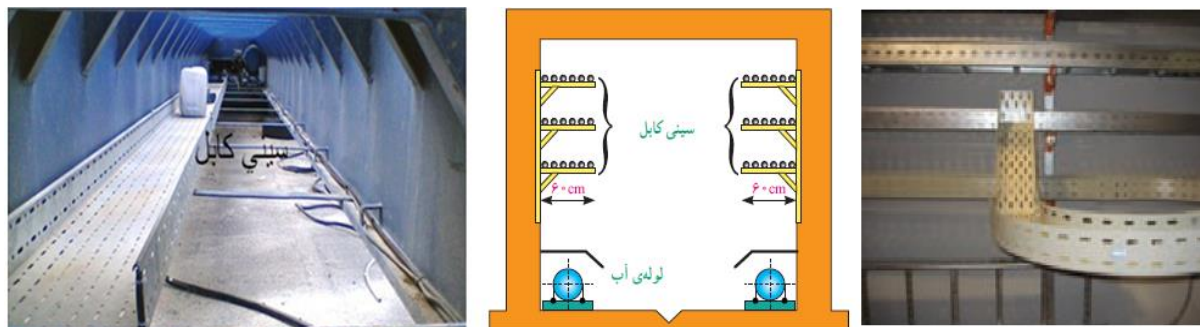
نصب کابل روی دیوار و سقف

در کارخانجات و کارگاه های مختلف کابل ها را روی دیوار نصب می کنند ، در این حالت کابل ها را به وسیله بست های فلزی و پلاستیکی و رول پلاک به دیوار محکم یا به وسیله داکت یا باس داکت کابل کشی را انجام می دهند . در کابل کشی روی دیوار و سقف فاصله ی کابل های نصب شده روی دیوار از یکدیگر، حداقل باید به اندازه قطر کابل باشد و اگر کابل کشی قابل رویت باشد ، بهتر است بیش تر از ۵ کابل کنار هم قرار نگیرند .



نصب کابل روی سینی کابل

برای انتقال تعداد زیادی کابل به صورت روکار و برای نصب آن از پایه های پیش ساخته استفاده می شود یک طرف این پایه ها به دیوار رول پلاک می شوند و سینی کابل بر روی پایه ی دیگر قرار می گیرد و به پایه پیچ می شود مسیر سینی کابل ها باید کاملاً بسته باشد و سیم اتصال به زمین داشته باشد در خم ها می توان از زانو سه راهه یا چهار راهه استفاده کرد و یا می توان مانند داکت ها زاویه سازی کنیم و با استفاده سنگ فرز این کار را انجام می دهیم . حداقل فاصله ی بین پایه ها ۴۰ سانتی متر می باشد که این فاصله به اندازه ی سینی کابل و تعداد کابل ها و وزن آنها بستگی دارد .



نصب کابل در داخل کانال های بتونی

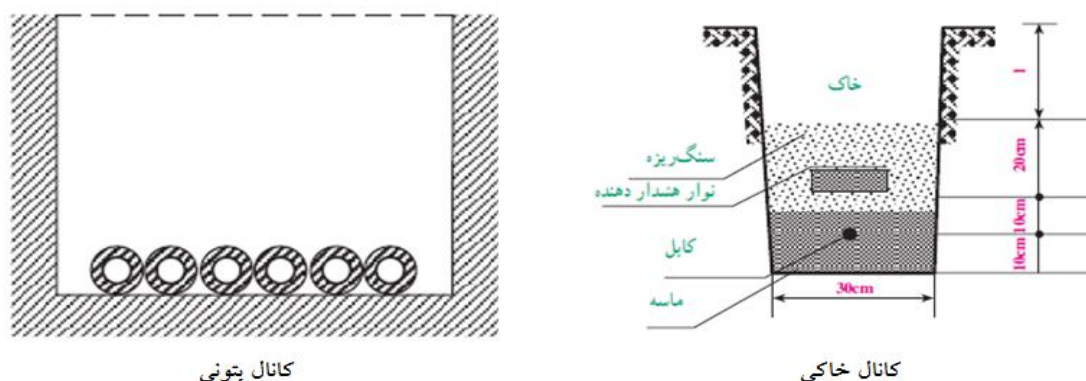
کانال های کابل کوچک معمولاً در موتورخانه ها ، پست های برق و ... کاربرد دارد و باید دارای درپوش های قابل برداشت از آهن آجدار و با دستگیره مناسب در تمام طول کانال باشد . کابل هایی که در کانال نصب می شوند باید تعدادی باشند که نصب آن ها به آسانی میسر باشد و تعمیر و تعویض آن ها به سهولت انجام می گیرد .

نصب کابل در کانال های خاکی

برای کابل کشی در کانال خاکی با توجه به میزان ولتاژ کانالی به شکل دوزنقه حفر می کنیم تا خاک به داخل کانال نفوذ نکند .

ولتاژ کابل	عمق کانال
۱ kv	۸۰ cm
۱۰ kv	۱۰۰ cm
۲۰ kv	۱۲۰ cm

برای نصب کابل ها داخل کانال خاکی ابتدا کف کانال کاملاً صاف، تمیز و کوبیده می شود و سپس ۱۰ cm ماسه نرم در گودال ریخته و کابل روی آن خوابانده می شود و سپس ۱۰ تا ۱۵ سانتی متر دیگر ماسه نرم روی کابل ریخته می شود . به منظور حفاظت از کابل روی آن را با آجر پوشیده می شود و بقیه فضای کانال با خاک معمولی پر می شود .



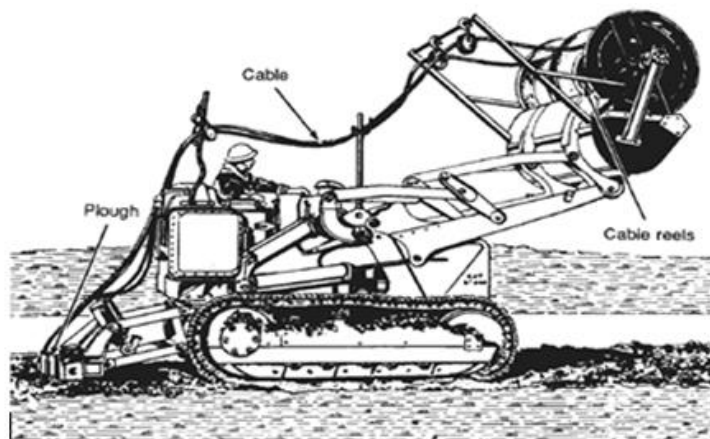


اصول کلی ای که در نصب کابل ها باید رعایت کرد .

- حداقل فاصله ی بین کابل های موازی هم ولتاژ ، به اندازه ی قطر کابل ضخیم تر مجاور در نظر گرفته می شود و در صورتی که ولتاژ کابل های موازی متفاوت بود حداقل فاصله بین دو کابل مجاور ۳۰ cm باشد
- در مواردی که کابل از داخل تجهیزات فلزی و لبه دار و تیز عبور می کند و ممکن است کابل را دچار خراشیدگی نماید ، باید با استفاده از بوشن و یا وسایل دیگر کابل را حفاظت نمود .
- کابل در مسیر خود می تواند از داخل لوله هایی به طول حداکثر ۶ متر عبور کند .
- حداکثر درجه حرارت کابل PVC ، ۷۰ درجه سانتی گراد است .

درجه سانتیگراد	نوع کابل
۰	کابل کاغذی با غلاف فلزی تا ۳۵ کیلوولت با کاغذ آغشته معمولی یا بدون پوشش حفاظتی
+۵	کابل کاغذی با غلاف فلزی تا ۳۵ کیلوولت با یا بدون پوشش حفاظتی
۰	با پوشش پلاستیکی با غلاف P.V.C از یک تا ۳۵ کیلوولت با یا بدون پوشش حفاظتی
۱۰-	با عایق پلاستیکی و غلاف پلاستیکی تا ۵۰۰ ولت
۷-	الف - با پوشش حفاظتی و بدون پوشش ب - با عایق پلاستیکی - غلاف سربی یا P.V.C با پوشش حفاظتی
۱۵-	با عایق لاستیکی - غلاف سربی یا P.V.C بدون غلاف حفاظتی با غلاف غیرفلزی
۲۰-	با عایق لاستیکی - غلاف سربی یا P.V.C بدون غلاف حفاظتی ولی با غلاف فلزی

- در مواردی که کابل در معرض تغییرات درجه‌ی حرارت قرار دارد، باید پیش‌بینی‌ها لازم برای عایق‌بندی حرارتی آن صورت گیرد .
- کابل‌هایی که به تأسیسات قابل حمل و متحرک نصب می‌شوند باید در نقطه اتصال به دستگاه کاملاً بسته و محکم شود، به طوری که هیچ نیرویی به ترمینال‌های برق متصل به کابل وارد نشود .
- در صورتی که کابل از رو یا زیر لوله‌ی آب ، گاز و یا هر لوله‌ی فولادی دیگری بگذرد ، باید فاصله‌ی بین کابل و لوله آب یا گاز که به موازات هم هستند کمتر از ۳۰ سانتی‌متر نباشد و همچنین کابل در آن نقطه باید از داخل لوله حفاظتی بگذرد .
- کلیه‌ی کابل‌های داخل و خارج ساختمان (مسکونی ، تجاری و صنعتی) باید یک تکه باشند و از کاربرد مفصل دو راهی در وسط خط خودداری شود .
- کابل‌ها باید در برابر تابش مستقیم نور آفتاب ، دارای نوعی حفاظ باشد .
- چنانچه کابل‌ها به موازات هم کشیده شده باشند ، کابل‌های فشار متوسط نباید مستقیماً در زیر کابل‌های فشار ضعیف قرار گیرند .
- در کابل‌های فشار ضعیف، با توجه به سطح مقطع آن‌ها باید از ترمینال‌های پیچی یا کابلشو مناسب استفاده شود .
- اگر تعداد کابل‌ها زیاد باشد بهتر است کابل‌ها پهلوی هم قرار گیرند نه روی هم .
- کابل را باید با چرخاندن قرقره‌ی کابل و کشیدن آهسته کابل را باز کرد و از خمش زیاد کابل جلوگیری کرد .



- در صورتی که در یک کانال کابل‌های فشار قوی و فشار ضعیف قرار گیرند ، باید کابل فشار قوی در زیر و کابل فشار قوی ۳۰ سانتی متر بالای آن قرار گیرد و ما بین آن‌ها با آجر فشاری عایق شوند .
- فاصله‌ی بین کابل‌ها در داخل کانال‌ها معمولاً ۷ cm انتخاب می‌شود .
- برای عبور کابل از خیابان‌ها و میادین از لوله‌های سیمانی یا لوله‌های گالوانیزه استفاده می‌شود .
- در موقع کشیدن کابل باید دقت شود که کابل پیچانده نشود و جمع نشود و تحت نیروی کششی قرار نگیرد و در مقابل خم شدن و فشار محافظت شود . شعاع خمش کابل‌ها حداقل باید ۱۵ برابر قطر کابل باشد برای انواع کابل‌ها شعاع خمش کابل را می‌توان بر حسب قطر کابل (d) از جدول زیر بدست آورد

کابل پروتودور	غلاف آلومینیوم	غلاف مسری	
12d – 15d	25d	15d	کابل چند سیمه تا 1kv
15d	30d	25d	کابل یک سیمه

لوله کاری و انواع لوله های مورد استفاده در برق

لوله هایی مورد استفاده در برق وزن کمتری نسبت به لوله های آب و گاز دارد. لوله های برق با توجه به جنس، روش اتصال، ویژگی های الکتریکی و مکانیکی، میزان مقاومت و ... تقسیم بندی می شوند.

انواع لوله ها

لوله های فولادی: لوله های فولادی در دو نوع سیاه و گالوانیزه ساخته می شوند. لوله های گالوانیزه را در جاهای مرطوب و لوله های سیاه را در جاهای خشک مورد استفاده قرار می گیرند که در سه مقیاس زیر ساخته می شوند.

۱- لوله های Pg که در اندازه های ۹ - ۱۱ - ۱۳/۵ - ۱۶ - ۲۱ - ۲۹ - ۳۶ - ۴۲ و ۴۸ ساخته می شوند.

۲- لوله های اینچی در اندازه های $\frac{5}{8}$ - $\frac{3}{4}$ - ۱ - $1\frac{1}{4}$ اینچ ساخته می شوند.

۳- لوله های میلی متری در اندازه های ۱۶ - ۲۰ - ۲۵ - ۳۲ میلی متری ساخته می شوند.

لوله های فولادی قابل انعطاف: در مواردی که لوله های برق از درز انبساط ساختمان عبور می کند و همچنین برای اتصال برق به الکتروموتورها یا ماشین آلاتی که ایجاد لرزش می کند باید از لوله های فولادی قابل انعطاف متناسب با نوع لوله کشی استفاده می شود. داخل این نوع لوله ها باید دارای پوششی از لاستیک یا مواد مشابه باشند برای اتصال لوله خرطومی به جعبه تقسیم یا لوله فولادی از بوشن مخصوص استفاده می شود.

لوله های غیر فلزی: این گونه لوله ها و لوازم مربوط به آن در مواردی که در بالای سطح زمین مورد استفاده قرار می گیرد باید در برابر رطوبت، ضربه، فشار، نور خورشید، حرارت و ... مقاومت کافی داشته باشد. لوله های غیر فلزی ای که مستقیماً در زمین نصب می شوند از موادی چون فیبر، سنگ صابون، PVC، فایبرگلاس و ... ساخته می شوند تا از استقامت کافی برخوردار شوند.

لوله های خرطومی پلاستیکی: جنس این لوله ها PVC و در اندازه های ۱۱ و ۱۳ و ۱۶ و ... ساخته می شود و به صورت توکار استفاده می شود. قیمت ارزان و انعطاف پذیری بالا از محاسن و پایین بودن استحکام مکانیکی از معایب آن است.

لوله های پولیکا PVC: لوله پولیکا از ماده PVC (پلی ونیل کلراید) که یک ترموپلاستیک است ساخته می شود که با افزودن مقداری ماده پلاستیک به PVC آن را قابل انعطاف می کنند. لوله های PVC یکی از لوله هایی است که در تاسیسات الکتریکی کاربرد زیادی دارد. به طور کلی لوله های PVC را می توان در تمام مکان های خشک و مرطوب مثل کف، دیوار و سقف ساختمان های بتونی به کار برد به جز در ساختمان هایی که امکان آتش سوزی وجود داشته باشد، استفاده به عنوان پایه چراغ ها و نگهدارنده وسایل، استفاده برای ولتاژهای بیش از ۶۰۰ ولت و ... که مجاز به استفاده از لوله PVC نمی باشیم.

برای کارگذاری لوله های PVC در زیر زمین و در کانال خاکی باید مراحل زیر را رعایت کرد.

۱ - حفر کانالی در خیابان به عمق ۱۲۰ سانتی متر، در پیاده رو ۹۰ سانت و در محیط های بدون عبور و مرور ۳۰ سانتی متر	
۲ - عرض کانال حداقل باید ۳ برابر قطر لوله باشد	۵ - حداقل ارتفاع روی لوله از سطح باید ۳۰ سانتی متر باشد
۳ - زیر لوله ۱۰ سانتی متر ماسه نرم ریخته شود	۶ - پس از ماسه ریزی، بقیه فضای خالی با خاک معمولی پر می شود
۴ - روی لوله ۳۰ سانتی متر ماسه ریخته شود	۷ - خاک کانال را آب پاشی و سپس غلتک کرده

لوازم و تجهیزات کار با لوله های PVC

وسیله	کاربرد
چسب pvc	برای اتصال لوله های pvc از چسب pvc استفاده می شود .
وسایل اتصال	از سه راهی ، زانو ، تبدیل و چهار راه برای اتصالات مختلف استفاده می شود .
جعبه تقسیم	جهت گرفتن انشعاب و انجام اتصالات از انواع جعبه تقسیم که به صورت گرد و چهار گوش بر روی دیوار ، سقف یا کف قرار می گیرند استفاده می شود .
بست لوله	برای ثابت و محکم نگه داشتن لوله ها بر روی دیوار ، سقف و کف از بست استفاده می شود .
وسایل برش	برای بریدن لوله های pvc از وسایل برنده چون کمان اره استفاده می شود .
وسایل خم کردن	برای خم کردن لوله pvc از حرارت دادن لوله به وسیله وسایل حرارت زا استفاده می شود . پس از حرارت دادن و خم کردن لوله باید لوله سریعاً توسط آب سرد شود .

گنجایش تعداد سیم در لوله های فولادی اینچی				
سطح مقطع mm^2	$\frac{5}{8}$ اینچ	$\frac{3}{4}$ اینچ	۱ اینچ	$1\frac{1}{4}$ اینچ
۱	۷	۱۰	۲۱	۳۵
۱/۵	۶	۹	۱۸	۳۱
۲/۵	۵	۸	۱۴	۲۴
۴	۳	۴	۹	۱۶

گنجایش تعداد سیم لوله های فولادی میلی متری				
سطح مقطع mm^2	۱۶mm	۲۰mm	۲۵mm	۳۲mm
۱	۷	۱۲	۱۹	۳۵
۱/۵	۶	۱۰	۱۷	۳۱
۲/۵	۴	۸	۱۳	۲۴
۴	۳	۵	۹	۱۶

گنجایش تعداد سیم لوله های PVC اینچی				
سطح مقطع mm^2	$\frac{5}{8}$ اینچ	$\frac{3}{4}$ اینچ	۱ اینچ	$1\frac{1}{4}$ اینچ
۱	۶	۹	۱۹	۳۰
۱/۵	۵	۸	۱۸	۲۶
۲/۵	۴	۶	۱۳	۲۱
۴	۲	۴	۸	۱۳

گنجایش تعداد سیم لوله های پولیکا PVC میلی متری				
سطح مقطع mm^2	Pg۱۱	Pg۱۳/۵	Pg۱۶	Pg۲۵/۵
۱	۷	۱۲	۲۰	۳۴
۱/۵	۶	۱۱	۱۸	۳۰
۲/۵	۵	۸	۱۴	۲۳
۴	۳	۵	۹	۱۵

لوازم اتصالات لوله های فولادی : برای اتصال ، انشعاب و ایجاد خم در لوله ها از اتصالات چون بوشن ، زانو ، سه راه و چهار راه و ... استفاده می شود که در جدول زیر کاربرد هر کدام به طور مختصر آمده است .

وسیله	کاربرد
بوشن	برای ارتباط بین دو لوله و اتصال آن ها
تبدیل	برای اتصال لوله ها با قطر های مختلف به یک جعبه تقسیم
زانو	جهت اتصال دو لوله عمود بر هم
اتصالات در دار	در مسیرهایی که طول لوله کاری زیاد یا بیش از دو خم در مسیر باشد از اتصالات در دار استفاده می شود .
جعبه تقسیم	برای ارتباط لوله ها به یکدیگر و گرفتن انشعاب از سیم ها از جعبه تقسیم استفاده می شود .
بست فلزی	برای نصب لوله ها در لوله کاری روکار از بست های فلزی یا PVC استفاده می شود .
رول پلاک	رول پلاک یک زائده پلاستیکی است که پس از سوراخ کردن دیوار آن را درون سوراخ قرار می دهند و سپس توسط پیچ وسیله مورد نظر را به آن می بندند .
رول بولت	اگر وسیله ای دارای وزن زیادی باشد به جای رول پلاک از رول بولت استفاده می شود که شبیه رول پلاک است با این تفاوت که جنس آن فلزی و دو یا چهار تکه می باشد که توسط فنر دایره ای کنار هم نگه داشته می شوند . پیچ به کار رفته در آن به مهره ای که در انتهای رول بولت قرار دارد متصل است که با محکم کردن پیچ ، مهره به سمت ابتدای رول بولت حرکت کرده و سبب باز شدن تکه های رول بولت داخل دیوار و محکم شدن آن می شود

سیستم های لوله کشی : سیستم های زیر باید توسط لوله های جداگانه و یا تقسیم بندی های متفاوت در کانال انجام پذیرد .

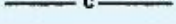
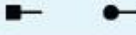
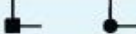
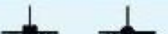
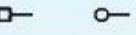
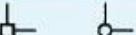
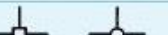
برق رسانی به پریزهای معمولی	سیستم تلفن و فکس	سیستم صوتی
برق رسانی به پریزهای اضطراری	برق رسانی به فن کویل ها	سیستم آسانسور
سیستم روشنایی برق متناوب	سیستم در بازکن	سیستم دستگاه های تکفاز
سیستم برق اضطراری مستقیم	سیستم تصویری	سیستم شبکه رایانه ای
سیستم برق اضطراری متناوب	سیستم مادر ساعت	سیستم اعلام حریق

لوله کشی روکار : در سیستم لوله کشی روکار تمامی اتصالات باید از نوع پیچی باشد و به وسیله پیچ و مهره و بوشن ، زانو و سه راه به یکدیگر متصل شود . بست لوله های روکار به وسیله ی پیچ و رول پلاک به دیوار و سقف محکم می شود .

لوله کشی توکار : در دیوار های بتونی برای نصب و عبور لوله های برق باید هنگام قالب بندی محل لازم در نظر گرفته شود . کندن شیار روی این گونه دیوار ها ، سقف یا کف بتنی پس از اتمام بتن ریزی مجاز نخواهد بود . در دیوارهای آجری ، شیارکشی و یا جاسازی و ایجاد سوراخ برای نصب لوله های برق باید پس از گچ کاری دیوار و سقف انجام شود . عمق این گونه شیارها باید به نحوی باشد که اولاً بیش از نصف ضخامت دیوار برداشته نشود و ثانیاً سطح خارجی لوله نصب شده حداقل ۱/۵ سانتی متر زیر سطح تمام شده دیوار قرار گیرد . شیارهای فوق الذکر باید حدامقدور با وسایل مکانیکی و در صورت عدم دسترسی به وسایل مذکور با تیشه مخصوص ایجاد شود . عرض شیار باید حتی الامکان متناسب با مجموع پهنای

لوله های مورد نظر باشد و درآوردن شیار بیش از حد لزوم مجاز نمی باشد . تمامی جعبه های تقسیم ، کلید و پریز باید به گونه ای نصب شود که لبه خارجی آن با سطح تمام شده دیوار کاملاً هم سطح و هم تراز باشد .

علائم اختصاری در لوله کشی

علامت	شرح
	مسیر لوله کشی توکار، برای سیستم اینترنت (تلفن داخلی)
	مسیر لوله کشی توکار، برای سیستم احضار پرستار
	مسیر لوله کشی توکار، برای سیستم آنتن
	مسیر لوله کشی توکار، برای سیستم مادر ساعت
	مسیر لوله کشی توکار، برای سیستم اعلام و اطفاء حریق
	مسیر لوله کشی توکار، برای سیستم صوتی
	مسیر لوله کشی توکار، برای سیستم موسیقی
	جعبه ی انتهایی (تقسیم یا کشش)، یک راه، نوع روکار
	جعبه تقسیم، دو راه، نوع روکار
	جعبه تقسیم، سه راه، نوع روکار
	جعبه تقسیم، چهار راه، نوع روکار
	جعبه ی انتهایی (تقسیم یا کشش)، یک راه، نوع توکار
	جعبه تقسیم، دو راه، نوع توکار
	جعبه تقسیم، سه راه، نوع توکار
	جعبه تقسیم، چهارراه، نوع توکار

فصل سیزدهم : اندازه گیری کمیت های الکتریکی توسط وسایل اندازه گیری

سنجش یا اندازه گیری عبارت است از مقایسه ی یک کمیت مجهول با مقداری معلوم از همان کمیت که اصطلاحاً واحد نامیده می شود، واحدهای استاندارد که برای هر کمیت از اندازه گیری ها تعیین می گردد بر طبق قراردادهای بین المللی تعیین شده و مقداری که در اندازه گیری به دست می آوریم نشان می دهد که مقدار اندازه گیری شده چند برابر مقدار واحد آن کمیت است .

انواع سنجش

- روش ها و دستگاه های اندازه گیری را به صورت های مختلفی تقسیم بندی می کنند که در زیر به تعریف آنها می پردازیم .
- ۱ - دستگاه های انحرافی یا عقربه ای به دستگاه آنالوگ مشهور هستند و مقدار کمیت مجهول را با انحراف عقربه نشان می دهد .
- ۲ - دستگاه های مقایسه ای کمیت مجهول را با مقایسه با کمیتی معلوم مشخص می کنند . این دستگاه ها پل نامیده می شود .
- ۳ - دستگاه های الکترونیکی از قطعات الکترونیکی ساخته می شوند که اندازه گیری را به صورت پیوسته انجام می دهند
- ۴ - دستگاه های دیجیتالی: مقادیر مورد سنجش را به وسیله ی ارقام و اعداد بر روی صفحه نمایش نشان می دهند .

خطا در اندازه گیری

هنگام اندازه گیری کمیت های مورد نظر توسط وسایل اندازه گیری همواره ممکن است مقداری که دستگاه به ما نشان دهد با مقدار واقعی تفاوت داشته باشد که این اختلاف را خطای اندازه گیری می نامند این خطا ممکن است ناشی از دو عامل باشد .

یک - خطای شخصی : این خطا ناشی از عدم دقت اپراتور در قرائت یا استفاده از دستگاه رخ می دهد .

دو - خطای دستگاه : معمولاً دستگاه های اندازه گیری دارای خطا هستند که به دلیل وجود قطعات متحرک ، کهنگی ، شرایط محیطی ، وجود حوزه های مغناطیسی و ... رخ می دهد . جلوگیری از این خطاها تقریباً غیرممکن است ولی برای رفع این عیوب به جای دستگاه های عقربه ای از دستگاه های دیجیتالی استفاده می شود که هم امکان خطای قرائت کم تر می شود و هم به دلیل عدم وجود قطعات مکانیکی خطای آن کاهش می یابد .

تعریف خطا : مقدار اندازه گیری شده منهای مقدار واقعی

$$\Delta A = AM - A$$

خطای نسبی : از تقسیم مقدار خطا بر مقدار واقعی ، خطای نسبی به دست می آید .

$$y/A = \frac{\Delta A}{A}$$

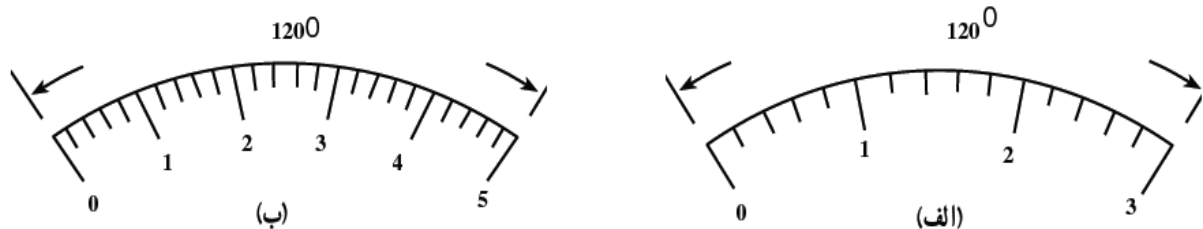
کلاس دستگاه های اندازه گیری : درصد خطای نسبی در انحراف ماکزیمم دستگاه را کلاس می نامند ، کلاس دستگاه را به صورت یک عدد روی صفحه دستگاه درج می شود و مقدار آن می تواند منفی یا مثبت باشد . هرچه عدد کلاس یک دستگاه کوچکتر باشد ، دقت اندازه گیری آن بیشتر است .

$$\text{کلاس} = \frac{\text{خطای مجاز}}{\text{حدود اندازه گیری (رنج)}}$$

خطای مجاز دستگاه: به مقدار خطایی که یک دستگاه می تواند در اندازه گیری داشته باشد، خطای مجاز دستگاه گفته می شود. خطای مجاز هر دستگاه توسط کلاس آن قابل محاسبه است .

حساسیت دستگاه اندازه گیری : به میزان انحراف عقربه یک دستگاه به ازای یک واحد از کمیت مورد اندازه گیری حساسیت می گویند . هر اندازه انحراف یا مقدار جابه جایی عقربه یک دستگاه به ازای اندازه گیری یک کمیت معین ، بیشتر باشد آن دستگاه حساس تر است .

$$\text{حساسیت} = \frac{\text{میزان انحراف عقربه}}{\text{میزان مسبب انحراف}}$$



دستگاه الف از دستگاه ب حساس تر است.

مثال - یک ولت متر دارای حدود اندازه گیری ۲۵۰ ولت است و کلاس دستگاه ۲/۵ می باشد. صفحه ای این دستگاه ۱۲۵ درجه است مطلوب است محاسبه ی :

۱ - خطای مجاز دستگاه

$$\text{خطای مجاز} = \frac{\text{خطای مجاز}}{\text{حدود اندازه گیری}} \times 100 = \text{کلاس}$$

$$\text{خطای مجاز} = \frac{\text{کلاس} \times \text{حدود گیری}}{100} = \frac{250 \times (\pm 2/5)}{100} = \pm 6/25$$

۲ - حساسیت دستگاه

$$\text{حساسیت} = \frac{\text{زاویه صفحه}}{\text{حدود اندازه گیری}} = \frac{125}{250} = 0/5$$

۳ - اگر ولتاژی با این دستگاه ، ۲۰۰۷ اندازه گیری شود مقدار واقعی ولتاژ چقدر است ؟

خطای مجاز $\pm$ مقدار اندازه گیری شده = مقدار واقعی

$$2007 \pm 6/25 < \text{مقدار واقعی} < 193/75, \quad \text{مقدار واقعی} = 200 \pm 6/25$$

۴ - خطای نسبی

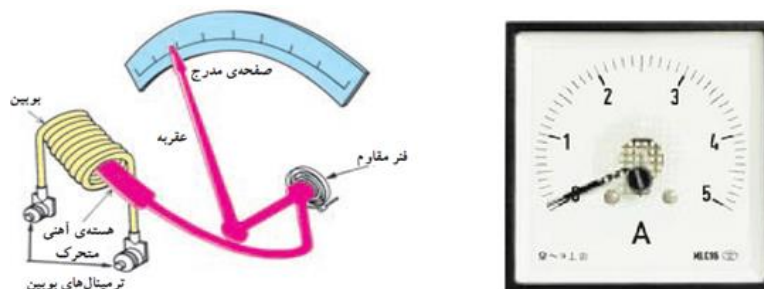
$$\text{خطای نسبی} = \frac{\text{مقدار خطا}}{\text{مقدار واقعی}} \cong \frac{\text{مقدار خطا}}{\text{مقدار اندازه گیری شده}} = \frac{\pm 6/25}{200} = \pm 0/031$$

۵ - درصد خطای نسبی

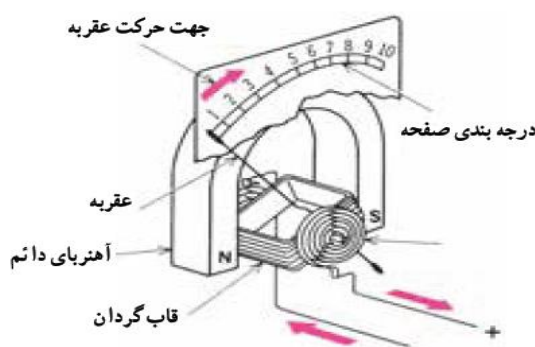
$$\text{درصد خطای نسبی} = 100 \times \pm 0/031 = \pm 3/1\%$$

سیستم های اندازه گیری در دستگاههای اندازه گیری

۱ - **دستگاه اندازه‌گیری با هسته‌ی متحرک** : این نوع دستگاه اندازه‌گیری از یک هسته آهنی متحرک که قسمتی از آن در داخل یک بوبین ثابت قرار گرفته ساخته شده است. این هسته، به یک بازوی محوری متصل است که توسط آن به داخل و خارج بوبین حرکت می‌کند. عقربه‌ای نیز به محور چنان متصل است که با هسته‌ی متحرک حرکت می‌کند. هنگامی که جریان از بوبین می‌گذرد، میدان مغناطیسی ایجاد شده باعث به داخل کشیده شدن هسته می‌شود، مقدار مسافتی که هسته به داخل بوبین حرکت می‌کند به مقدار جریانی که از بوبین می‌گذرد بستگی دارد، از آنجایی که عقربه به محور هسته متصل است، مقدار حرکت آن بر روی صفحه‌ی مدرج مقدار مورد نظر را نشان می‌دهد.

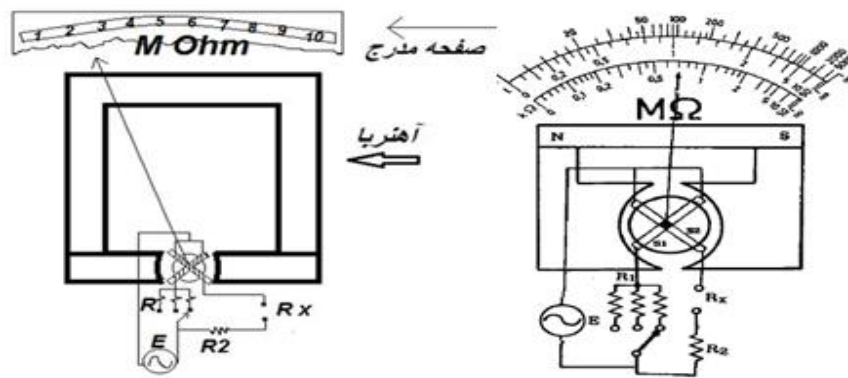


۲ - **دستگاه اندازه‌گیری با قاب گردان و آهنربای دائمی** : دستگاه اندازه‌گیری با قاب گردان و آهنربای دائمی مشهور به گالوانومتر یا میکروآمپرتر است که برای ساخت آوومتر استفاده می‌شود. گالوانومتر دآرسونوال از آهنربای دائم، کفش قطب‌ها، استوانه‌ی آهن نرم و یک سیم پیچ که قادر است حول استوانه آهن نرم بچرخد، تشکیل شده است. سیم پیچ روی استوانه آهن نرم پیچیده می‌شود و استوانه توسط دو سوزن به دو تکیه‌گاه وصل می‌شود.

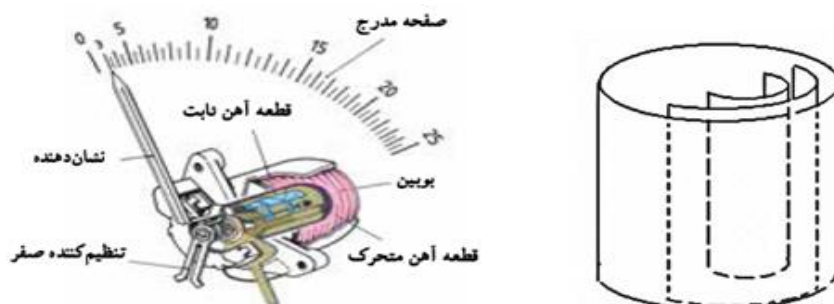


با اعمال جریان به سیم پیچ یک میدان مغناطیسی ایجاد می‌شود که در اثر تقابل با میدان آهنربای دائم موجب حرکت استوانه و سیم پیچ روی آن، عقربه، سوزن و فنرها می‌شود. بدیهی است که میزان انحراف عقربه به شدت جریان اعمالی به آن بستگی دارد، فنرها برای ایجاد کوپل مقاومت و برگرداندن سیم پیچ بعد از قطع جریان به جای اول بر روی سوزن تعبیه شده است.

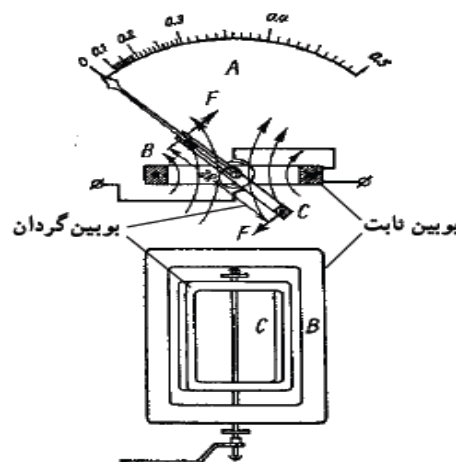
۳ - **دستگاه اندازه‌گیری با قاب صلیبی گردان** : دستگاه اندازه‌گیری با قاب صلیبی گردان از یک آهنربای نعلی، کفش قطب، دو قاب صلیبی و دو سیم پیچ تشکیل شده است. با اعمال جریان توسط دو فنر به سیم پیچ‌ها، جهت جریان در آنها طوری می‌شود که گشتاور ایجاد شده در آنها مخالف هم شود و یکی گشتاور مقاومت و دیگری گشتاور محرک ایجاد می‌کند، در این حالت قاب‌ها در جهت گشتاور بزرگتر به حرکت در می‌آیند. با گردش قاب‌ها، قابی که گشتاور بزرگتری ایجاد کرده به سمت میدان ضعیف‌تر می‌رود و گشتاور آن کوچک‌تر می‌شود و از طرف دیگر قاب دوم به سمت میدان قوی‌تر رفته و گشتاورش بزرگتر می‌شود، وقتی دو گشتاور با هم برابر شدند حالت تعادل پیش آمده و عقربه می‌ایستد. در این دستگاه انحراف عقربه متناسب با نسبت دو جریان است، دستگاه با قاب صلیبی یک دستگاه نسبت سنج است و در دستگاه‌هایی مانند میگر که یک اندازه‌گیر مقاومت‌های بزرگ است استفاده می‌شود.



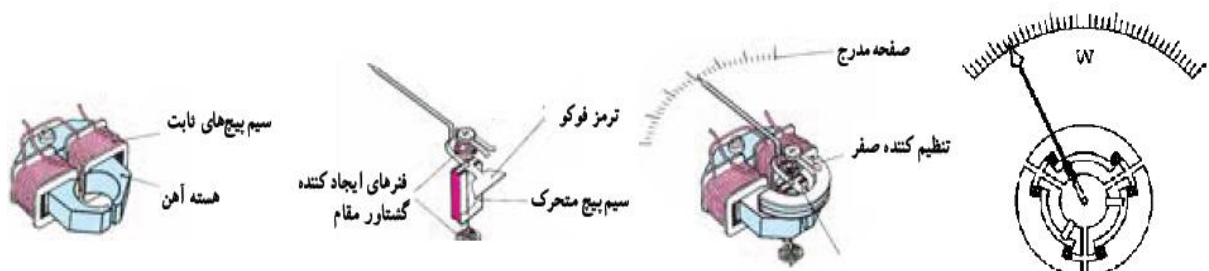
۴ - دستگاه اندازه گیری با بوبین گرد و آهن نرم گردان : این دستگاه از یک بوبین گرد که داخل آن دو تکه آهن نرم قرار دارد تشکیل شده است ، یکی از آهن ها ثابت و دیگری متحرک و متصل به محور دستگاه می باشد . با وصل جریان بوبین میدان مغناطیسی ایجاد می کند و دو تکه آهن در یک جهت مغناطیس شده که موجب حرکت عقربه می شود .



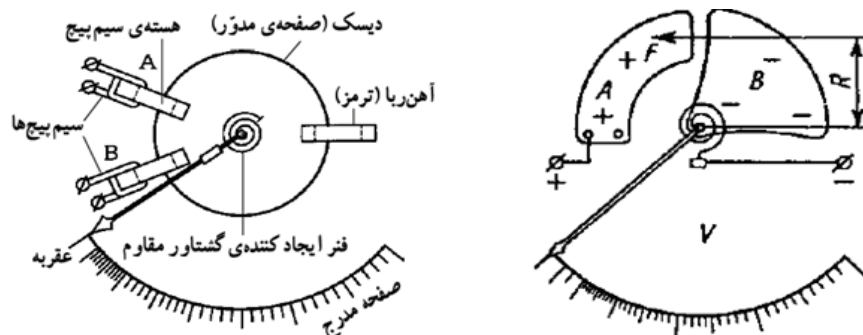
۵ - دستگاه اندازه گیری الکترو دینامیکی: این دستگاه از دو سیم پیچ ثابت و متحرک تشکیل شده است، سیم پیچ ثابت که مربوط به جریان است دارای تعداد دور کم با سطح مقطع زیاد است که به صورت سری به مصرف کننده وصل می شود و سیم پیچ متحرک که مربوط به ولتاژ است دارای تعداد دور زیاد با سطح مقطع کم است که به صورت موازی با مصرف کننده وصل می شود، جریان توسط دو فنر مارپیچ به سیم پیچ گردان می رسد، در اثر عبور جریان در سیم پیچ های ثابت و گردان، گشتاور ایجاد می شود که موجب حرکت سیم پیچ متحرک می شود . گشتاور ایجاد شده توسط سیم پیچ ها با حاصل ضرب جریان آن ها متناسب است. از آنجایی که جریان سیم پیچ ثابت، جریان مصرف کننده و جریان سیم پیچ متحرک متناسب با ولتاژ مصرف کننده است، پس انحراف عقربه (گشتاور) با حاصل ضرب ولتاژ در جریان برابر است. می توان نتیجه گرفت عقربه-ی دستگاه مستقیماً توان مصرف کننده را نشان می دهد. از این دستگاه در وات متر، $\cos \phi$ متر، کتور و ... استفاده می شود .



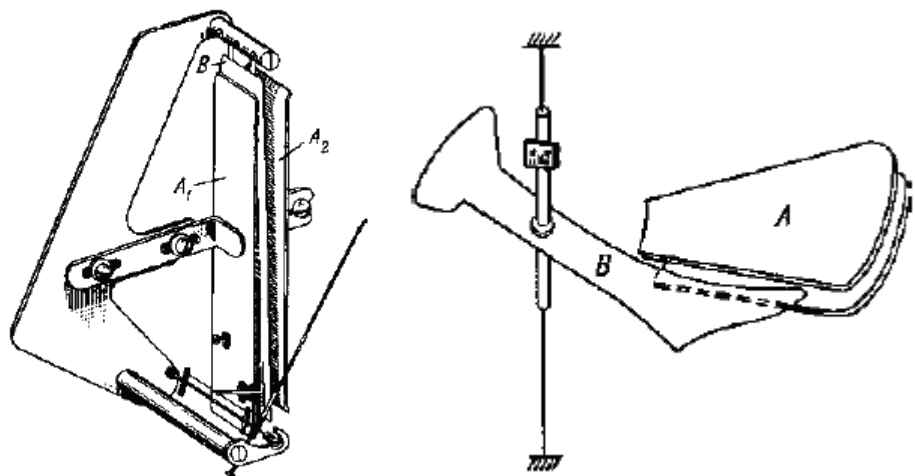
۶ - دستگاه اندازه‌گیری فرویدینامیک : این دستگاه دارای ساختمانی شبیه دستگاه الکترودینامیکی است با این تفاوت که سیم پیچ‌ها روی هسته آهن نرم پیچیده شده‌اند، این دستگاه اندازه‌گیر توان تک و سه فاز است و با کمی تغییر می‌توان آن را به $\cos \varphi$ متر تبدیل کرد.



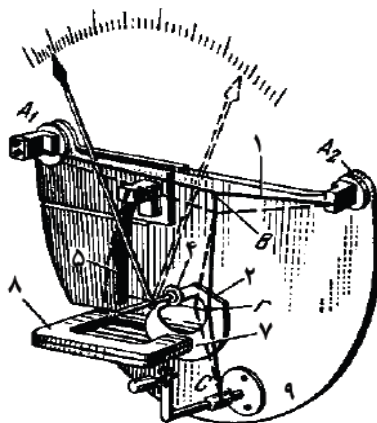
۷ - دستگاه اندازه‌گیری اندوکسیونی (القایی) : از این دستگاه‌ها بیشتر در ساخت کنتورهای اندازه‌گیری انرژی استفاده می‌شود. دو سیم پیچ وجود دارد که جریان متناوب از آنها عبور داده می‌شود که موجب ایجاد فلوی مغناطیسی و القای جریانی در دیسک مدور می‌شود (همانند ماشین‌های ac القایی)، در اثر تقابل میدان دیسک و میدان سیم پیچ‌ها گشتاور محرک ایجاد می‌شود که موجب گردش دیسک و عقربه‌ی متصل به آن یا شماره انداختن شمارنده می‌شود.



۸ - دستگاه اندازه‌گیری الکترواستاتیکی : این دستگاه از یک خازن تشکیل شده است که یک جوشن آن ثابت و جوشن دیگر که عقربه به آن وصل است متحرک می‌باشد جنس جوشن‌ها از آلومینیوم است. اختلاف پتانسیل بین دو جوشن باعث به وجود آمدن نیروی مکانیکی می‌شود که باعث حرکت جوشن متحرک و عقربه متصل به آن می‌شود، از آنجایی که نیروی به وجود آمده بین صفحات با انرژی ذخیره شده در خازن متناسب است و انرژی خازن نیز با مجذور ولتاژ نسبت مستقیم دارد $(W = \frac{1}{2} C \cdot V^2)$ ، پس انحراف عقربه با مجذور ولتاژ نسبت مستقیم دارد.



۹ - دستگاه اندازه گیری سیم حرارتی : در این دستگاه از یک سیم حرارتی (بی متال) از جنس آلیاژ پلاتین و نقره یا آلیاژ پلاتین و ایریدیوم استفاده می شود که بر روی پایه ای ثابت شده است، در وسط سیم قلبی قرار دارد که به آن نخ متصل است، این نخ پس از عبور از روی قرقره به فنر متصل می شود (سر دیگر فنر ثابت شده است). وقتی که از سیم حرارتی جریان عبور می کند سیم بر اثر گرما منبسط شده و طول آن زیاد می شود، در این حالت نخ که سیم را به قرقره وصل کرده است به حرکت در می آید، در نتیجه می توان شدت جریان را بر اساس میزان انبساط طولی سیم اندازه گرفت. تقسیمات صفحه-ی مدرج با هم برابر نیستند هرچه شدت جریان زیادتر شود فاصله ی تقسیمات بیشتر می شود زیرا میزان انبساط طولی سیم با مجذور جریان تناسب دارد .

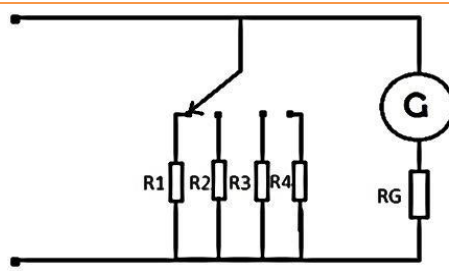


عملکرد	قاب گردان	الکترو دینامیکی	الکترو استاتیکی	اندوکسیونی	آهن نرم گردان	ویراسیونی (ارتعاشی)
کمیت	جریان و ولتاژ	توان - ولتاژ - جریان	ولتاژ خیلی زیاد	انرژی - توان	ولتاژ و جریان	فرکانس
نوع جریان	DC	AC - DC	AC - DC	AC	AC	AC

معرفی وسایل اندازه گیری و نحوه ی عملکرد آن ها

آمپر متر

مقدار جریان عبوری از یک مصرف کننده توسط آمپر متر اندازه گیری می شود، آمپر متر با مصرف کننده به صورت سری وصل می شود تا همان جریانی که از مصرف کننده عبور می کند از آمپر متر نیز عبور کند. آمپر مترها از لحاظ نوع جریان اندازه گیری به دو دسته ی AC و DC تقسیم می شوند و در انواع آزمایشگاهی، تابلویی و یا به صورت قسمتی از آوومتر ساخته می شود.



نمونه هایی از آمپر متر

آمپر متر DC

نکته : مقاومت داخلی آمپر متر بسیار ناچیز و در حد صفر است ، پس در هنگام استفاده افت ولتاژ ایجاد نمی کند .

برای اندازه گیری جریان به صورت زیر عمل می کنیم .

الف : ابتدا ضریب ثابت صفحه (C) را بدست می آوریم، ضریب ثابت بیان کننده ی این است که هر قسمت از تقسیمات چند آمپر را نشان می دهد . ضریب ثابت از تقسیم ضریب سلکتور بر آخرین عدد درج شده روی صفحه مدرج بدست می آید .

$$C = \frac{\text{ضریب کلید رنج}}{\text{آخرین عدد روی صفحه}}$$

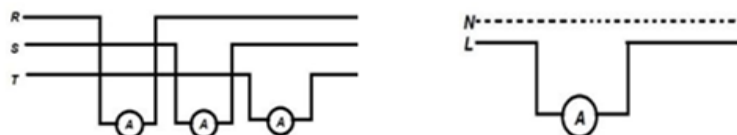
دوم : مقدار انحراف عقربه را در ضریب ثابت صفحه ضرب می کنیم .

مثال - در یک آمپر متر اگر آخرین عدد روی صفحه ۱۰۰ باشد و عقربه روی ۶۰ باشد جریان اندازه گیری شده چند آمپر است در صورتی که سکتور روی ۲۵۰ باشد؟

$$C = \frac{\text{ضریب کلید رنج}}{\text{آخرین عدد روی صفحه}} = \frac{250}{100} = 2/5 \rightarrow I = 60 \times 2/5 = 120 \text{ A}$$

مثال - بیشترین عدد درج شده روی یک میلی آمپر متر ۶۰ می باشد ، اگر حدود اندازه گیری روی ۲۰۰ mA باشد و عقربه به اندازه ی ۳۰ قسمت منحرف شده باشد، آمپر متر چه جریانی را نشان می دهد ؟

$$C = \frac{\text{ضریب کلید رنج}}{\text{آخرین عدد روی صفحه}} = \frac{200}{60} = 3/33 \rightarrow I = 30 \times 3/33 = 2.7 \text{ mA}$$



اندازه گیری جریان در سیستم تکفاز اندازه گیری جریان در سیستم سه فاز

آمپر متر انبری: آمپر متر انبری یک آمپر متر ac است که بر اساس خاصیت القاء کار می کند و در جاهایی استفاده می شود که نباید جریان قطع شود. برای اندازه گیری جریان کافی است سیم حامل جریان ac را وسط هسته ی آمپر متر که توسط اهرمی باز می شود قرار دهیم .



در اندازه گیری جریان نکات زیر باید مورد توجه قرار گیرند .

- برای دقتی تر خواندن جریانی که آمپر متر نشان می دهد باید حدود اندازه گیری (ضریب سلکتور) را طوری انتخاب کنیم که عقربه بیشترین انحراف را داشته باشد .
- در هنگام تعویض رنج آمپر متر بهتر است ابتدا دو سر آمپر متر را باتصال کوتاه کرد .
- چنانچه مقدار جریان مورد اندازه گیری نامشخص باشد باید رنج دستگاه را در بیشترین مقدار خود قرار داد .

اندازه گیری جریان های زیاد توسط ترانس CT

جریان های زیاد موجب سوختن آمپرتر می شود لذا برای اندازه گیری این جریان ها ابتدا توسط یک مبدل جریان به نام ترانس جریان CT جریان را کاهش می دهیم و سپس مقدار آن را توسط آمپر متر اندازه گیری می کنیم. همانطور که در فصل ترانسفورماتور گفته شد CT یک ترانس افزایشی ولتاژ و کاهندهی جریان است که دارای یک سیم پیچ ثانویه با تعداد دور زیاد و سطح مقطع کم و سیم پیچ اولیهی آن همان سیمی است که شدت جریان آن را اندازه گیری می کنیم، است. نکتهی مهم در مورد CT این است که ثانویهی آن نباید باز شود وگرنه آسیب جدی می بیند. لذا در هنگام عوض کردن آمپرتر باید توسط کلیدی خروجی را اتصال کوتاه کرد.



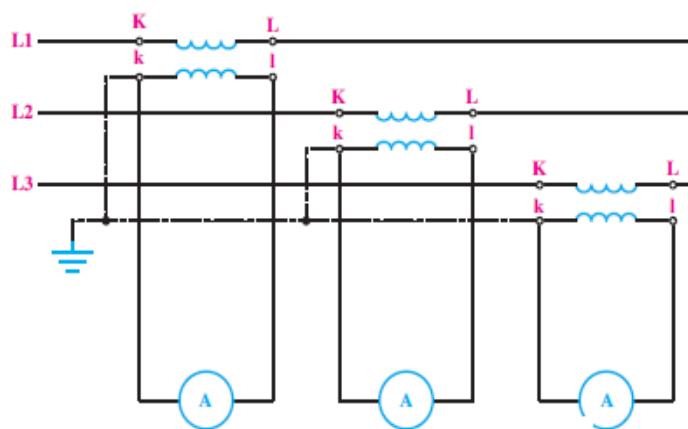
RCT-35CT



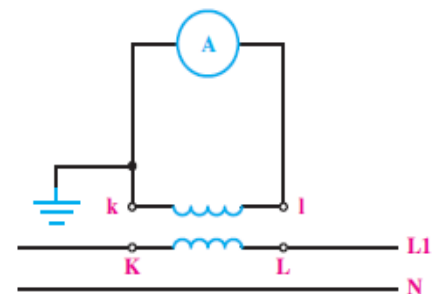
SR, PR



LMZ1-0.5



اندازه گیری جریان زیاد در مدارهای سه فاز

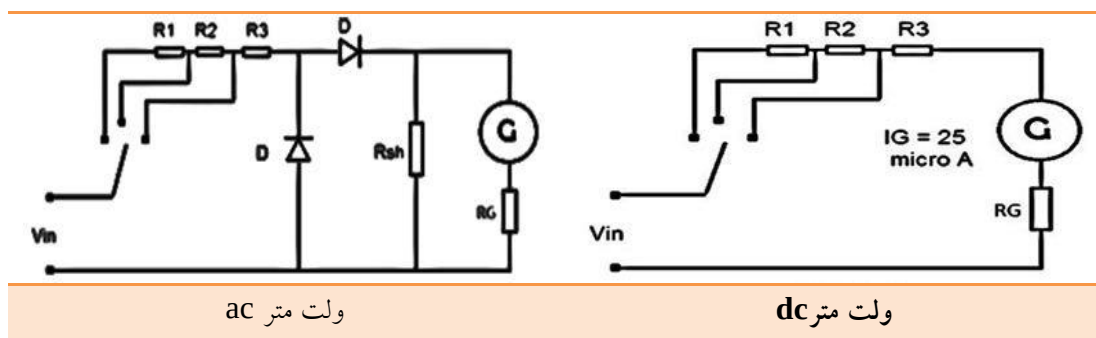


اندازه گیری جریان زیاد در مدار یک فاز

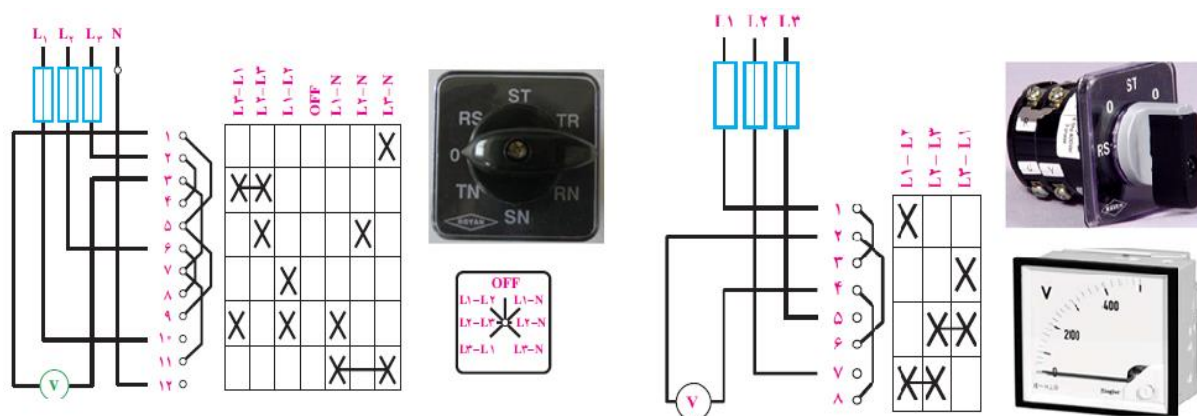


ولت متر

برای اندازه گیری ولتاژ در بخش های مختلف مدار از ولت متر استفاده می شود که به صورت موازی با مصرف کننده قرار می گیرد به همین دلیل برای جلوگیری از خطا باید مقاومت داخلی آن بزرگ باشد. در اندازه گیری ولتاژ همانند جریان باید ضریب ثابت را محاسبه و در مقدار انحراف عقربه ضرب کرد. ولت مترها نیز در انواع تابلویی، آزمایشگاهی و قسمتی از آوومتر ساخته می شود. ولت مترهای عقربه ای قادر به اندازه گیری ولتاژهای کمتر از یک ولت به صورت دقیق نیستند به همین دلیل برای اندازه گیری ولتاژهای کم باید از ولت مترهای دیجیتالی استفاده شود. برای اندازه گیری ولتاژهای زیاد از پراب که دارای مقاومت زیادی است به صورت سری با ولت متر استفاده می شود



برای اندازه گیری ولتاژ سه فاز از یک ولتمتر به همراه کلید مخصوصی به نام سکتور ولت استفاده می شود

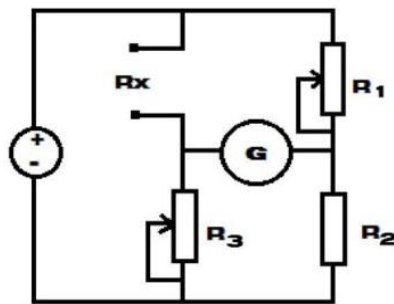


اهم متر

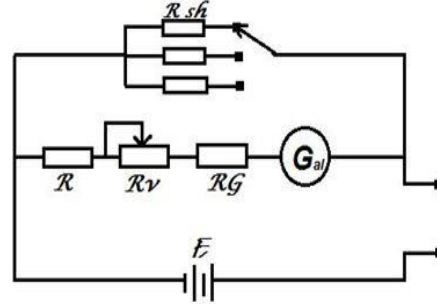
اهم متر دستگاهی است که برای اندازه گیری مقاومت، پیدا کردن اتصالی، اتصال بدنه، قطعی مدار استفاده می شود. برای اندازه گیری مقاومت دو روش وجود دارد

یک - روش مستقیم: در این روش دو فیش اهم متر را به دو سر مقاومت یا دو نقطه از مدار که مقاومت آن را لازم داریم وصل می کنیم و مقدار انحراف عقربه را در ضریب کلید اهم متر ضرب می کنیم. در روش مستقیم از گالوانومتر و چند مقاومت سری و یک باتری استفاده می شود، بدیهی است اگر در این مدار مقدار مقاومت تغییر کند، جریان نیز تغییر پیدا می کند و موجب انحراف عقربه گالوانومتر می شود. اگر بتوان رابطه ی بین تغییرات حرکت عقربه گالوانومتر، بر حسب مقاومت اهمی مدار را پیدا کرد می توان صفحه ی مدرج آوومتر را بر حسب مقاومت اهمی درجه بندی کرد. درجه بندی اهم متر خطی نیست و بر مبنای یک تابع هموگرافیک است و عکس درجه بندی ولت متر و آمپر متر می باشد.

دو روش غیر مستقیم: در روش غیر مستقیم از پل وتستون استفاده می شود، پل وتستون بر اساس مقایسه ی بین مقاومت ها کار می کند و به صورت یک دستگاه مستقل در بازار وجود دارد. در روش غیر مستقیم نیز از گالوانومتر، مقاومت های اهمی و باتری استفاده می شود، نقش گالوانومتر تنها اعلام برابری پتانسیل بین دو نقطه است، یعنی درجه بندی آن اهمیت ندارد و تنها مکان صفر آن برای ما مهم است.



روش غیر مستقیم

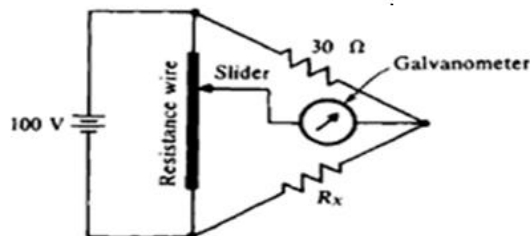


روش مستقیم

در این مدار R_x مقاومت مجهول و R_2 مقاومتی ثابت است، مقاومت های R_1 و R_3 مقاومت های قابل تنظیم می باشند. شرط این که جریانی از گالوانومتر عبور نکند برقراری رابطه زیر است.

$$R_x \times R_2 = R_1 \times R_3 \quad \rightarrow \quad R_x = \frac{R_1 \times R_3}{R_2}$$

به غیر از پل وتستون پل های دیگری مثل پل تار و پل LCR نیز وجود دارد، پل LCR برای اندازه گیری سلف (L)، خازن (C) و مقاومت (R) به کار می رود.



پل تار

وات متر

برای اندازه گیری توان اکتیو از وات متر استفاده می شود، وات متر دارای یک سیم پیچ جریان و یک سیم پیچ ولتاژ است، سیم پیچ جریان به طور سری و سیم پیچ ولتاژ به طور موازی به مصرف کننده متصل می شوند پس وات متر به صورت سری-موازی وصل می شود. در جریان dc انحراف عقربه متناسب با $V \times I$ و در جریان ac تکفاز متناسب با $V \cdot I \cdot \cos \phi$ می باشد.



وات متر



نحوه اتصال سیم پیچ های وات متر در شبکه تکفاز

سلکتورهای وات متر : بر روی اکثر وات متر ها کلید ولت متری (سلکتوری) وجود دارد که با توجه به ولتاژ مصرف کننده ها تنظیم می گردد ، روی برخی از واتمترها سلکتور جریان نیز وجود دارد که هنگام کار، با توجه به جریان مصرف کننده ، باید روی عدد مناسبی قرار گیرد ، وات متر های امروزی فاقد کلید جریان بوده و جریان نامی آن 5 A می باشد و رنج ولتاژ کلید ولتاژ نیز به صورت 48 ، 120 ، 240 و 480 ولت می باشد .

روش خواندن توان از روی وات متر : برای خواندن مقدار توان ابتدا ضریب سنجش را از ضرب رنج ولتاژ در رنج جریان و تقسیم آن بر تعداد کل تقسیمات صفحه مدرج بدست می آوریم ، سپس این مقدار را در میزان انحراف عقربه ضرب می کنیم .

$$C = \frac{\text{رنج } i \times \text{رنج } v}{\text{آخرین عدد صفحه مدرج}}$$

حاصل ضرب رنج جریان در رنج ولتاژ نشان دهنده حداکثر توانی است که در انحراف کامل بدست می آید و تقسیم آن بر کل تقسیمات بیان کننده مقدار انحراف به ازای انحراف هر قسمت می باشد .

میزان انحراف عقربه $\times$ ضریب ثابت سنجش = مقدار توانی که وات متر نشان می دهد

مثال - در یک وات متر اگر سلکتور جریان وجود نداشته باشد و سکتور ولتاژ روی 120 باشد ، توان اندازه گیری شده چند وات است ؟ در صورتی که میزان انحراف عقربه به اندازه $24/5$ قسمت باشد و کل صفحه به 100 قسمت تقسیم شده باشد .
 $p \leftarrow$ حداکثر توانی که در انحراف کامل حاصل می شود .

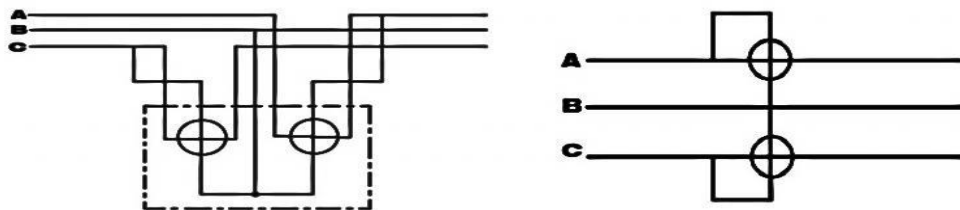
$$P = 120 \times 5 = 600 \text{ watt} , \quad C = \frac{600}{100} = 6$$

$$\text{مقدار توان اندازه گیری شده} = 24/5 \times 6 = 144 \text{ watt}$$

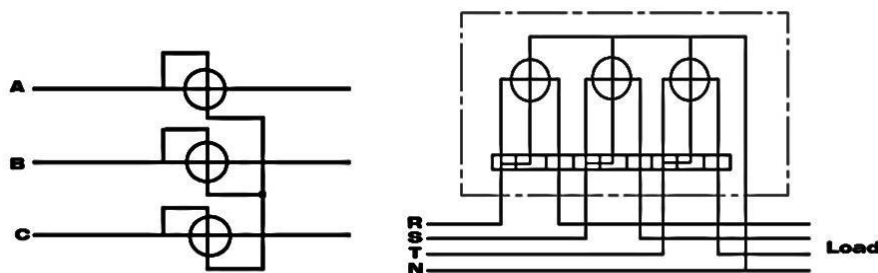
روش های اندازه گیری توان در مدارات سه فاز

۱ - روش یک وات متری : در این روش از یک واتمتر در مسیر یکی از فازها و سیم نول استفاده می شود ، مقداری که وات متر نشان می دهد توان یک فاز است و در صورتی که سیستم سه فاز متعادل باشد می توان توان اندازه گیری شده را در 3 ضرب کرد تا توان هر سه فاز بدست آید ، البته برخی از وات مترها هستند که مستقیم توان سه فاز را نشان می دهد ، بر روی چنین وات متری علامت $\cong$ درج شده است .

۲ - روش دو وات متری : در این روش برای اندازه گیری توان از دو وات متر مطابق شکل زیر استفاده می شود .



۳ - روش سه وات متری : در این روش در مسیر هر کدام از فازها یک وات متر تک فاز قرار داده می شود . استفاده از سه وات - متر هم در سیستم متعادل و هم در سیستم غیرمتعادل استفاده می شود . توان سیستم برابر با مجموع توان سه وات متر است .



وارمتر

وارمتر برای اندازه گیری توان راکتیو مدار مورد استفاده قرار می گیرد. مصرف کننده های اهمی - سلفی مانند الکتروموتورها علاوه بر داشتن توان حقیقی، دارای توان غیر حقیقی یا راکتیو نیز می باشند. این توان در میدان های الکتریکی و مغناطیسی ذخیره می شود و با شبکه مبادله می شود. تبادل توان راکتیو علاوه بر اشغال ظرفیت خطوط انتقال، باعث اضافه بار شدن ژنراتور در نیروگاه شده و بالا رفتن جریان، افت ولتاژ و تلفات قدرت می شود. یکی از روش های پایین آوردن قدرت راکتیو و یا بهبود ضریب قدرت استفاده از بانک خازنی است.

کوسینوس فی متر

برای اندازه گیری ضریب توان از کوسینوس فی متر استفاده می شود، کوسینوس فی متر دارای دو سیم پیچ متحرک و یک سیم پیچ ثابت است. سیم پیچ های متحرک که مربوط به ولتاژ است بین فاز ونول و سیم پیچ ثابت به صورت سری بر سر راه جریان قرار می گیرد، بنابراین کوسینوس فی متر نیز به صورت سری - موازی در مدار وصل می شود. اکثر کوسینوس فی مترها ضمن نشان دادن اختلاف فاز، نوع بار را نیز مشخص می کنند. اگر عقربه دستگاه به سمت راست حرکت کند نوع بار سلفی و اگر عقربه به سمت چپ حرکت کند نوع بار خازنی است.



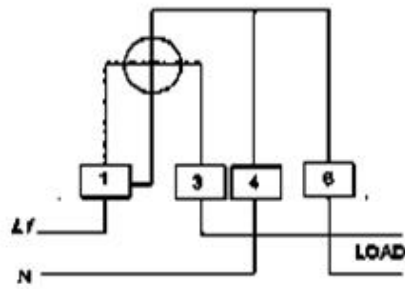
فرکانس متر

برای اندازه گیری فرکانس شبکه از فرکانس متر استفاده می شود، فرکانس متر به صورت موازی در مدار قرار می گیرد و در دو نوع عقربه ای و زبانه ای ساخته می شوند. فرکانس متر عقربه ای: فرکانس مترهای عقربه ای در دو نوع القایی و الکتروپنوماتیکی ساخته می شود و در مواردی که احتیاج به برداشتن منحنی تغییرات فرکانس باشد استفاده می شود. فرکانس متر زبانه ای (ارتعاشی): فرکانس مترهای ارتعاشی فرکانس ۱۰ تا ۱۵۰۰ هرتز را با دقت بالایی اندازه گیری می کند و در تابلوهای برق زیاد استفاده می شود.



کنتور تک فاز

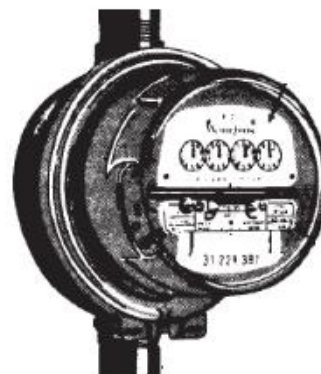
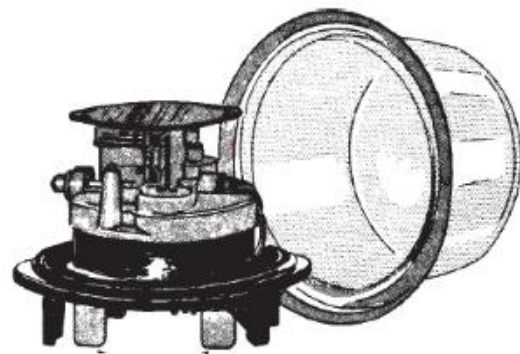
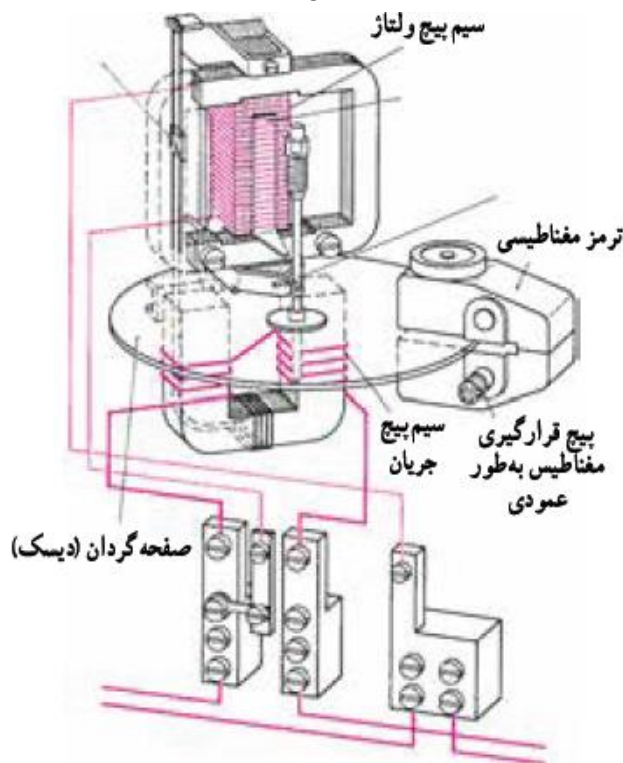
انرژی الکتریکی عبارت است از حاصل ضرب توان در زمان که توسط کنتور اندازه گیری می شود .



قسمت های تشکیل دهنده کنتور تک فاز

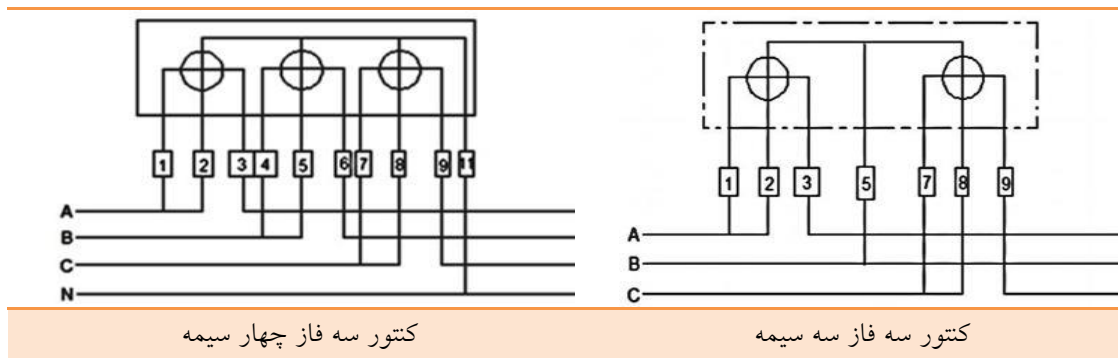
سیم پیچ جریان : سیم پیچ جریان دارای تعداد دور کم با سطح مقطع زیاد است که در مدار به صورت سری قرار می گیرد .
 سیم پیچ ولتاژ : سیم پیچ ولتاژ دارای تعداد دور زیاد با سطح مقطع کم است که در مدار به صورت موازی قرار می گیرد .
 دیسک : دیسک یا صفحه‌ای دوار از جنس آلومینیوم است و تحت تاثیر میدان های مغناطیسی حاصل از سیم پیچ ها به گردش در می آید . سرعت گردش دیسک متناسب با توان است، پس تعداد دورهایی که در یک فاصله زمانی میزند متناسب است با کل انرژی مصرف شده در آن مدت است . در کنتور تک فاز به ازای هر ۳۷۵ دور گردش دیسک نمراتور یک کیلو وات ساعت انرژی مصرفی را ثبت می کند .

ترمز فوکو : ترمز فوکو روی دیسک قرار می گیرد و زمانی که مصرف کننده در مدار نباشد از حرکت دیسک جلوگیری می کند .
 نمراتور یا شمارنده : نمراتور یا شمارنده وسیله ای است که توسط چرخ دنده به محور دیسک متصل شده ، گردش دیسک موجب می شود تا شمارنده انرژی الکتریکی را بر حسب کیلو وات ساعت ثبت کند .
 اسکلت : جنس اسکلت کنتور از آلومینیوم است که سایر اجزا روی آن نصب می شود .
 بدنه : جنس بدنه از پلاستیک فشرده است که اسکلت و سایر اجزای کنتور روی آن نصب می شود.



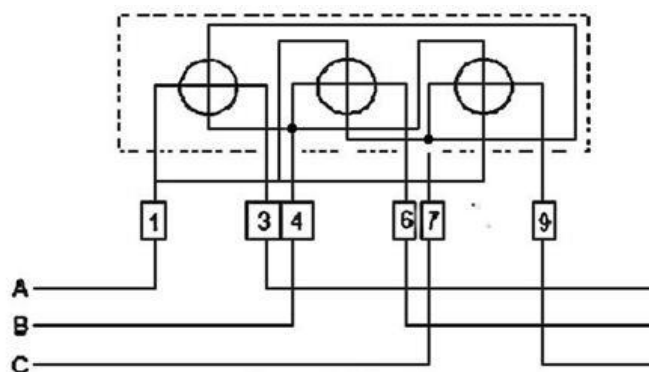
کنتور سه فاز اکتیو

کنتور سه فاز اکتیو برای اندازه گیری توان حقیقی یا اکتیو در سیستم های سه فازه مورد استفاده قرار می گیرد ، از نظر ساختمانی شبیه کنتور تکفاز بوده با این تفاوت که سه سیم پیچ جریان و سه سیم پیچ ولتاژ دارد و به دو صورت سه سیمه، برای بارهای متعادل و چهار سیمه، برای بارهای نامتعادل ساخته می شود .



کنتور راکتیو

برای اندازه گیری توان غیر مفید یا دواته از کنتور راکتیو استفاده می شود ، کنتور راکتیو در دو نوع سه فاز و تک فاز ساخته می شود و ساختمان آن شبیه ساختمان کنتور اکتیو است با این تفاوت که بین جریان سیم پیچ ولتاژ و سیم پیچ جریان ۹۰ درجه اختلاف فاز ایجاد می شود تا کنتور توان راکتیو را نشان دهد .



جدول نحوه اتصال دستگاه های اندازه گیری

آمپر متر	ولت متر	کنتور معمولی	فرکانس متر	وات متر	کسینوس فی متر
سری	موازی	سری-موازی	موازی	سری-موازی	سری-موازی

آوومتر

آوومتر یا مولتی متر دستگاهی است که می تواند ولتاژ، جریان، مقاومت و ... را اندازه گیری کند. آوومتر قابل حمل (پرتابل) است و به دو صورت آنالوگ و دیجیتال ساخته می شود.



تشریح دکمه های پانل و علائم مولتی متر

کلید سلکتور: برای انتخاب نوع عملکرد مولتی متر از کلید سلکتور استفاده می شود اگر کلید سلکتور در حالت off باشد مولتی متر کاملاً خاموش می باشد اگر کلید روی V باشد قسمت ولت متر فعال می باشد. همچنین قرار دادن کلید در وضعیت Ω برای اندازه گیری مقاومت و A برای اندازه گیری جریان می باشد.

برای نشان دادن اتصال بین دو نقطه و تست کردن دیود، کلید را در وضعیت (→) قرار می دهیم.

کلید AC / DC: با این کلید نوع جریان یا ولتاژ مورد سنجش را مشخص می کنیم، این کلید به طور نرمال در حالت DC قرار دارد و با فشردن آن به داخل به حالت AC رفته و حروف AC بر روی صفحه نمایش ظاهر می شود.

کلید HOLD: از این کلید برای ضبط کردن مقادیر خوانده شده استفاده می شود، بعد از اندازه گیری با فشردن دکمه HOLD مقدار اندازه گیری روی صفحه نمایش ثابت می شود، تا زمانی که دکمه را به حالت اول بر نگردانیم نمی توان مقدار جدیدی را اندازه گرفت.

کلید ADJ: این کلید برای تنظیم صفر به کار می رود، قبل از هر اندازه گیری ابتدا دو سیم رابط را به هم متصل می کنیم، اگر عدد ۰ را نشان نداد این دکمه را فشار می دهیم. آنگاه حروف ADJ روی صفحه نمایش ظاهر می شود.

BATT: چنانچه ولتاژ باتری داخلی مولتی متر از مقدار مشخصی کمتر شود علامت BATT روی صفحه نمایش مولتی متر ظاهر می شود و در این حالت باتری را باید تعویض کرد.

لامپ نئون: در هنگام اندازه گیری مقاومت اهمی اگر ولتاژ دو سر آن بیش از ۸۰ ولت باشد لامپ نئون روی صفحه نمایش روشن می شود.

ترمینال ها: بر روی بدنه ی مولتی متر چند ترمینال تعبیه شده است. یکی از آن ها ترمینال مشترک COM است که برای کلیه ی اندازه گیری ها استفاده می شود و سیم مشکی رنگ مولتی متر به آن متصل می شود. ترمینال V جهت اندازه گیری ولتاژ و ترمینال های A - Ω برای اندازه گیری جریان، مقاومت استفاده می شود و برای تست دیود از ترمینال → استفاده می شود.

OL: اگر مقدار کمیت مورد نظر بیشتر از ضریب سلکتور باشد صدای بوق از مولتی متر به علامت اضافه بار بلند خواهد شد و حروف OL که از عبارت Over Load به معنای اضافه بار است بر روی صفحه نمایش مولتی متر نمایش داده خواهد شد.

نکات ایمنی و حفاظتی که در استفاده از وسایل اندازه گیری باید مد نظر قرار گیرند

- قبل از استفاده از دستگاه های اندازه گیری باید طرز کار با آن را یاد گرفت .
- باید مشخص شود که چه کمیتی را می خواهیم اندازه بگیریم .
- با توجه به نوع کمیت مورد اندازه گیری ، دستگاه مناسب را متصل می کنیم ، (آمپر متر به صورت سری ، ولت متر ، اهم متر ، فرکانس متر و ... به صورت موازی ، وات متر ، کوسینوس متر و ... به صورت مختلط وصل می شوند .)
- طرز قرار گرفتن دستگاه در سطح کار (افقی ، عمودی و با زاویه) را مد نظر قرار می دهیم .
- برای هر دستگاه از سیم های مخصوص خود آن دستگاه استفاده می کنیم .
- با توجه به درجه حرارت مجاز برای دستگاه از آن استفاده می کنیم .
- در هنگام اندازه گیری جریان و ولتاژ نباید فیش های رابط را از دستگاه بیرون کشید .
- رنج دستگاه باید طوری انتخاب شود که عقربه بیشترین انحراف را داشته باشد تا میزان خطای اندازه گیری کاهش یابد .
- قبل از اندازه گیری، صفر دستگاه تنظیم شود .
- در هنگام اندازه گیری جریان در الکتروموتورها ، در لحظه ای راه اندازی باید آمپر متر اتصال کوتاه شود تا جریان راه اندازی به آمپر متر آسیب نرساند .
- در هنگام سوختن فیوز دستگاه ، باید فیوز مشابه جایگزین شود .
- از ضربه زدن به دستگاه های اندازه گیری خود داری شود.

دستگاه با قاب گردان		کنترل دو نمره		آمپر متر	
دستگاه الکترو دینامیکی		کنترل راکتور		ولت متر	
دستگاه الکترو استاتیکی		دستگاه با جریان مستقیم دستگاه با جریان متناوب		اهم متر	
دستگاه اندوکسیونی (القایی)		دستگاه با جریان سه فاز		وات متر	
دستگاه آهن نرم گردان		دستگاه صردی خورنده شود		وارمتر	
دستگاه ویرامیونی (ارتعاشی)		دستگاه افقی خورنده شود		فرکانس	
دستگاه با آهنربای گردان		دستگاه با ولتاژ 500 ولت امتحان شده است		هائری متر	
بدنه دستگاه در برابر میدانهای مغناطیسی حفاظت شده		دستگاه با هیچ ولتاژی امتحان نشده است		فاراد متر	
بدنه دستگاه در برابر میدانهای الکترومغناطیسی حفاظت شده		دستگاه با ولتاژ 2000 ولت امتحان شده است		کسینوس فی متر	
در دستگاه پیکو ساز تعبیه شده		دستگاه با سیم حرارتی		کنترل معمولی (اکتیو)	

آشنایی با اسیلوسکوپ و نحوه ی عملکرد آن

اسیلوسکوپ به معنای نوسان نما یا نوسان سنج می باشد و یک دستگاه اندازه گیری است که می توان از آن برای مشاهده و اندازه گیری ولتاژ، فرکانس، زمان تناوب، اختلاف فاز و همچنین مشخصه های ولت-آمپر عناصر نیمه هادی (مانند دیودها، ترانزیستورها) استفاده کرد.

لامپ اشعه کاتدیک CRT: اساس کار لامپ اشعه کاتدیک بمباران یک صفحه ی حساس به وسیله یک دسته الکترون با سرعت چند هزار کیلومتر در ثانیه است. با برخورد اشعه الکترونی به صفحه حساس شیشه ای که پشت آن از مواد فسفر و روی پوشانده شده است یک نقطه نورانی ایجاد می شود. مقدار این نور به تعداد الکترون ها و سرعت برخورد آن ها به صفحه حساس بستگی دارد و همچنین رنگ نور به ترکیب روی و فسفر بستگی دارد.

نحوه ی تولید اشعه الکترونی: تولید اشعه الکترونی به وسیله گرم کردن یک استوانه ی فلزی که قسمت جلوی آن از مواد اکسیدی (۵۰٪ اکسید باریوم و ۵۰٪ اکسید استرانسیوم) پوشانده شده است صورت می گیرد. نحوه ی کار به این صورت است که ابتدا فیلامان داخل استوانه را با عبور جریان الکتریکی از آن گرم می کنند، گرمای فیلامان منجر به گرم شدن استوانه شده و در نتیجه مواد اکسیدی می شوند و از خود الکترون ساطع می کنند. در جلوی این استوانه یک شبکه که دارای روزنه ی بسیار کوچکی (کمتر از میلی متر) است قرار گرفته که الکترون ها از آن عبور می کنند. پس از تولید اشعه به وسیله سه استوانه فلزی که به ولتاژ زیادی وصل هستند به اشعه الکترونی شتاب می دهند و آن را روی صفحه حساس متمرکز می کند.

اسیلوسکوپ دوکاناله: اسیلوسکوپ دوکاناله اسیلوسکوپی است که می تواند دو شکل موج را به طور هم زمان نشان دهد. البته اسیلوسکوپ های ۳، ۴، ۶ و ۸ کاناله نیز وجود دارد که در کارهای خاص مورد استفاده قرار می گیرند.



تشریح دکمه ها و کلیدهای پانل اسیلوسکوپ

CH1: اگر کلید در این وضعیت باشد فقط سیگنال اعمالی به کانال ۱ نشان داده می شود.

CH2: اگر کلید در این وضعیت باشد فقط سیگنال اعمالی به کانال ۲ نشان داده می شود.

ALT: اگر کلید در این وضعیت باشد شکل موج دوکاناله به طور هم زمان به روش تناوبی نشان داده می شود.

CHOP: دو شکل موج به طور هم زمان و قطعه قطعه شده نمایش داده می شود.

Dual: دو شکل موج به طور هم زمان نمایش داده می شود.

ADD: دو شکل موج به طور لحظه ای به هم جمع می شوند.

DIFF: دو شکل موج به طور لحظه ای از هم کم می شوند.

CH2INV: شکل موج کانال ۲ را ۱۸۰ درجه تغییر فاز می دهد.

کلید AC – DC – GND: اگر کلید در وضعیت GND قرار بگیرد ارتباط کابل پروب با اسیلوسکوپ قطع می شود. اگر کلید در وضعیت AC قرار گیرد فقط مؤلفه های AC به صفحه حساس اعمال می شود و از ورود مؤلفه های DC جلوگیری می شود. و در وضعیت DC هم مؤلفه های AC و هم مؤلفه های DC به دستگاه اعمال می شود.

INTEN: به کمک این ولوم می توان مقدار نور ایجاد شده را کم و زیاد کرد.

FOCUS : به کمک این ولوم می توان قطر اشعه را تغییر داد .

Tim / Div : از این کلید جهت اندازه گیری زمان تناوب استفاده می شود . ضریب این کلید نشان دهنده ی مدت زمانی است که طول می کشد تا اشعه در جهت افقی مسیر یک خانه را طی کند .

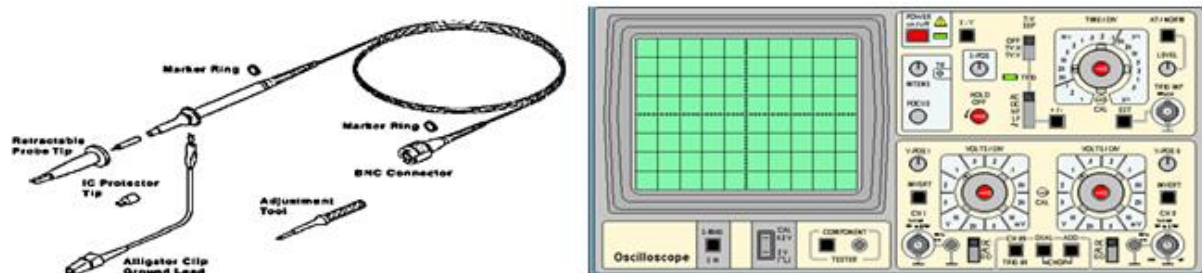
Volt / Div : عمل تضعیف سیگنال توسط این کلید انجام می گیرد و برای اندازه گیری ولتاژ به کار می گیرد . ضریب این کلید بیان کننده مقدار ولتاژ لازم جهت انحراف اشعه به اندازه یک خانه است . در اسکوپ های دو کاناله دو کلید Volt / Div وجود دارد .

Volt Variable : در بعضی از اسیلوسکوپ ها ولومی تعبیه شده است که هنگام اندازه گیری ولتاژ باید این ولوم را در جهت عقربه های ساعت تا آخر بچرخانیم (در وضعیت Cal قرار گیرد) تا میزان ولتاژ اندازه گیری شده دقیق باشد . همچنین ولوم Time Variable نیز بر روی پانل موجود است .

POSITION : به وسیله ی ولوم های POSITION موقعیت شکل موج ها را می توان روی صفحه نمایش به صورت عمودی و افقی تغییر داد .

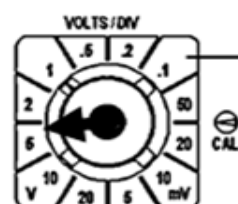
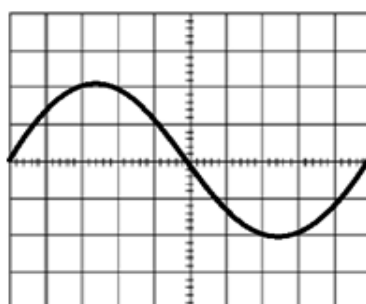
آشنایی با صفحه نمایش اسیلوسکوپ : همانطور که گفته شد صفحه نمایش اسیلوسکوپ از شیشه ی معمولی که پشت آن از مواد فوسفورسانس پوشیده شده ساخته می شود . صفحه نمایش اسیلوسکوپ در جهت افقی به ۱۰ قسمت و در جهت عمودی به ۸ قسمت مساوی تقسیم شده است . اندازه هر یک از این قسمت ها ۱ سانتی متر می باشد .

کابل پروب : برای اعمال سیگنال الکتریکی با اسیلوسکوپ از پروب استفاده می شود سیم رابط پروب از کابل کوکاسیال است تا میزان نویز به حداقل برسد . نوک پروب به صورت گیره ای فنی است که می توان آن را به یک نقطه از مدار وصل کرد . انتهای فلزی سیم رابط که به اسیلوسکوپ وصل می شود BNC نام دارد . BNC دارای یک شیار مورب است که با یک چرخش ۹۰ درجه به اسیلوسکپ متصل می شود . بر روی پروب یک کلید انتخاب وجود دارد که اگر آن را روی ۱۰× قرار دهیم سیگنال ۱۰ برابر تضعیف می شود و اگر در حالت ۱× قرار گیرد سیگنال ورودی بدون تضعیف به اسیلوسکوپ اعمال می شود .

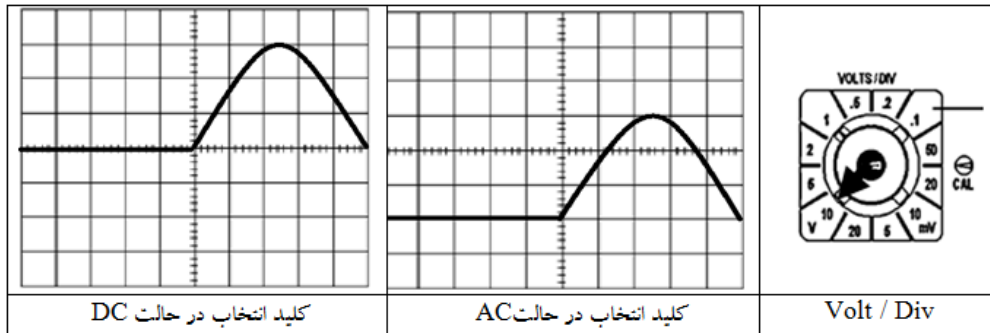


استفاده از اسیلوسکوپ برای اندازه گیری ولتاژ : برای اندازه گیری ولتاژ تعداد خانه هایی که شکل موج به صورت عمودی دربرگرفته است را در ضریب Volt / Div ضرب می کنیم . برای مثال دامنه شکل موج زیر که ۲ خانه کامل را در بر گرفته است و ضریب Volt / Div بر روی ۴ قرار گرفته است به صورت زیر محاسبه می شود .

$$V_p = \text{Volt / Div} \times \text{تعداد خانه های عمودی} = 4 \times 2 = 8 \text{ v} , \quad V_{p-p} = 16 \text{ v}$$



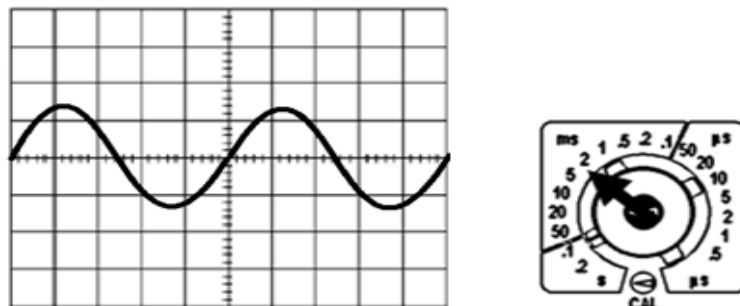
برای اندازه گیری مقدار متوسط V_{dc} شکل موج ولتاژ به این ترتیب عمل می کنیم . ابتدا کلید انتخاب را در حالت DC قرار می دهیم و مکان شکل موج را روی صفحه نمایش به خاطر می سپاریم و سپس کلید انتخاب را در حالت AC قرار می دهیم و شکل موج را مشاهده می کنیم که مقداری جابه جا شده است . میزان این جابه جایی (بر حسب تعداد خانه ها) ضرب در ضریب Volt / Div برابر مقدار متوسط آن شکل موج می باشد .



$$V_{dc} = 20 \text{ v} = 2 \times 10 = \text{Volts / Div} \times \text{تعداد خانه های جابه جا شده}$$

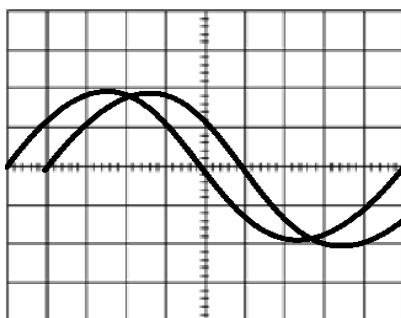
استفاده از اسیلوسکوپ برای اندازه گیری زمان تناوب و فرکانس: برای اندازه گیری زمان تناوب تعداد خانه هایی را که اسیلوسکوپ به صورت افقی در برگرفته را در ضریب Tim / Div ضرب می کنیم . برای مثال زمان تناوب و فرکانس ولتاژی با شکل موج نشان داده در زیر را محاسبه کنید در صورتی که ضریب Tim / Div برابر ۴ میلی ثانیه باشد .

$$T = \text{Tim / Div} \times \text{عدد خانه های افقی} = 4 \times 5 = 20 \text{ ms}, f = \frac{1}{T} = \frac{1}{20 \times 10^{-3}} = 50 \text{ Hz}$$



استفاده از اسیلوسکوپ برای اندازه گیری اختلاف فاز

برای اندازه گیری اختلاف فاز بین دو شکل موج دو سیگنال را به طور هم زمان بر روی صفحه نمایش ایجاد می کنیم و به کمک Time / Div و Time Variable سعی می کنیم تا یک سیکل از شکل موج بیشترین تعداد خانه ها را به صورت افقی دربر گیرد . سپس عدد ۳۶۰ را بر تعداد خانه های دربرگرفته شده یک سیکل تقسیم می کنیم تا مقدار زاویه هر خانه بدست آید و سپس تعداد خانه های اختلاف فاز را در این عدد ضرب می کنیم .



$$\frac{360}{10} = 36, \quad 36 \times 1 = 36^\circ$$

مولدهای سیگنال

دستگاه های مولد سیگنال دستگاه هایی هستند که می توانند ولتاژهای متناوب سینوسی ، مربع ای و ... را با فرکانس و دامنه قابل تنظیم تولید کنند . دستگاه های مولد سیگنال به سه دسته زیر تقسیم می شوند .

یک - سیگنال ژنراتورهای صوتی AF : این دستگاه شکل موج های سینوسی و مربع ای با دامنه ۱۰ ولت و فرکانس یک هرتز تا دو مگاهرتز تولید می کند . برای تنظیم دامنه از ولوم Fine و برای تعیین نوع سیگنال از کلید Wave From استفاده می شود . همچنین برای تعیین فرکانس خروجی باید عددی که عقربه نشان می دهد را در ضریب سلکتور آن ضرب کرد .
دو - سیگنال ژنراتور رادیویی : این دستگاه تنها شکل موج سینوسی با ولتاژ تا ۵ ولت و فرکانسی بین ۱۰۰ تا ۱۵۰ مگاهرتز تولید می کند .

سه - فانکشن ژنراتور : این دستگاه شکل موج های سینوسی، مربع ای، مثلثی و پالسی با دامنه ۱۰ ولت و فرکانس ۰/۱ هرتز تا ۲ مگاهرتز تولید می کند . شکل موج خروجی از کلیدهای فشاری تعبیه شده روی دستگاه استفاده می شود .



یک نمونه فانکشن ژنراتور



وسایل اندازه گیری در تابلو برق