فصل اول : نقشه کشی مقدماتی

مقدمه : قبل از اینکه انسان خط را اختراع کند به وسیله‌ی ترسیم خطوط و اشکال به بیان احساسات واندیشه های خود پرداخته وهمچنین پیام ها ونظریات خود را به دیگران ابلاغ می کرد . بشر اولیه تصاویری برروی سنگ ها ودیوار غارها ترسیم می کردند که مقدمه نقشه کشی به حساب می آید .

باگذشت زمان و پیشرفت علوم و پیدایش صنعت و ارتباطات صنعتی نیاز به بهره گیری از مجموعه قواعدی واحد و جهانی دراین خصوص احساس گردید، به‌نحوی که مهندسان و متخصصان صنعت را برآن داشت تا درهمایشی درسال ۱۹۲٦ میلادی مؤسسه‌ی استانداردی به نام اتحادیه‌ی بین المللی مؤسسات ملی استاندارد (ISA) تشکیل دهند . با پیشرفت صنعت درسال ۱۹٤۷ میلادی یک سازمان که مورد قبول اکثر کشورهای جهان بود، به نام سازمان استاندارد بین المللی ایزو (ISO) تأسیس گردید و تمام کشورهای عضو این سازمان درکشور خود سازمانی به نام سازمان استاندارد ملی ، با هدف یکسان سازی اصول و قواعد صنعتی تأسیس نمودند . اصول و قواعد ترسیم نقشه ها نیز از همچنین استانداردی تبعیت می کند و در سراسر جهان به صورت یکسان پذیرفته شده است .

معرفی انواع نقشه

۱ – نقشه‌ی با دست آزاد یا اسکچ (sketch) : برای ساخت قطعات، ابتدا نقشه‌ی آن را با دست آزاد و با رعایت تمام استانداردهای نقشه کشی، رسم می کنند. بعد از اطمینان ازصحت نقشه، در صورت لازم تعداد بیشتری از آن تهیه می شود و آن را با وسایل نقشه کشی ترسیم می کنند .

۲ – نقشه‌ی شماتیک: نقشه هایی است که برای نمایش انواع قطعات و دستگاهها استفاده می شود.

۳ – نقشه‌ی اختصاری: در این نوع نقشه ها شکل قطعات را به صورت اختصاری و ساده ترسیم می شود.

٤ – نقشه‌ی هندسی: به نقشه‌هایی که در آن از ترسیمات هندسی و محاسبات ریاضی استفاده می‌شود

٤ – نقشه‌ی مرکب : برای ترسیم نقشه‌ی برخی از دستگاه ها و قطعات پیچیده باید از چندین نقشه استفاده کرد که به آن‌ها نقشه‌های مرکب یا ترکیبی می‌گویند.

معرفی برخی از ابزار های مقدماتی نقشه کشی

کاغذ : نقشه ها بر روی کاغذ به وسیله‌ی مداد ترسیم می شوند . کاغذ ها دارای انواع مختلفی هستند که در زیر آمده اند .

انواع کاغذ از لحاظ جنس

۱ – کاغذ سفید : به این کاغذ ،که به کاغذ افست نیز معروف است سطحی صاف وصیقلی دارد ، این نوع کاغذ ها نباید منعکس کننده نور باشند و هرگاه بخواهند خطوط ترسیم شده روی آنها را پاک کنند آثار خطوط نباید برجا باقی بماند .

۲ – کاغذ کالک : این کاغذ که کاغذ شفاف نیز نامیده می‌شود، برای مرکب کاری به کار می رود ، این کاغذ به علت شفافیت باعث می شود کلیه ی خطوط و نقوش از پشت آن به خوبی دیده شود (این کاغذ وسیله خوبی برای تکثیر نقشه هاست .)

۳ – کاغذ پوستی : این کاغذ همانند کاغذ کالک مات است ، با این تفاوت که ضخامتش خیلی کمتر است . ابتدا نقشه ها را روی کاغذ پوستی ترسیم می کنند و سپس به روی کاغذ کالک منتقل می شود .

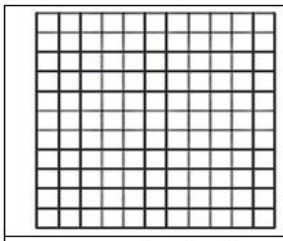
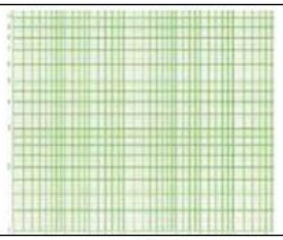
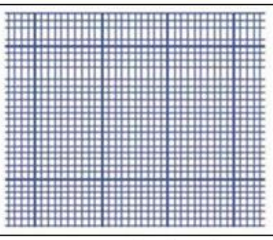
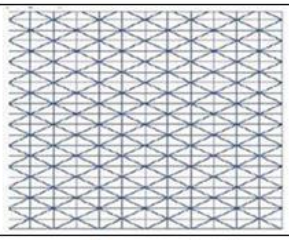
انواع کاغذ از لحاظ خط

کاغذ شطرنجی : این کاغذ برای تهیه اسکچ ، نقشه های دستی ، دیاگرام ، نمودار و ... به کار می رود و از تعدادی خطوط نازک افقی و عمودی که چهار خانه های منظمی را ایجاد می کنند تشکیل می شود .

کاغذ میلی‌متری : این کاغذ همانند کاغذ شطرنجی است، با تقسیم بندی های یک میلیمتری که برای ترسیم نمودارها و دیاگرام ها به کار می رود .

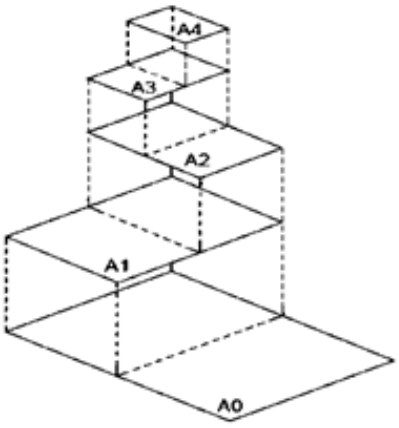
کاغذ لگاریتمی : محور قائم و افقی این کاغذ برحسب لگاریتم تقسیم بندی شده است و برای ترسیم منحنی ها و نمودارها به کار می رود ، این کاغذ ها در دو نوع نیم لگاریتمی و تمام لگاریتمی وجود دارند .

کاغذ ایزومتریک : این کاغذ علاوه برخطوط افقی و عمودی ، دارای خطوطی تحت زاویه ی ۳۰ درجه است و برای ترسیم نماهای مجسم ایزومتریک به کار می رود .

			
کاغذ شطرنجی	کاغذ لگاریتمی	کاغذ میلی متری	کاغذ ایزومتریک

ابعاد کاغذ

درسیستم ISO کاغذ ها را به سه گروه C – B – A دسته بندی می کنند، در طراحی و نقشه کشی استفاده از کاغذ های گروه A متداول تر است . در جدول زیر ابعاد انواع کاغذ گروه A را بر حسب میلی متر مشاهده می کنید .



ردیف	ابعاد کاغذ
A۰	۸۴۱×۱۱۸۹
A۱	۵۹۴×۸۴۱
A۲	۴۲۰×۵۹۴
A۳	۲۹۷×۴۲۰
A۴	۲۱۰×۲۹۷
A۵	۱۴۸×۲۱۰

انواع مداد

یک – مداد های پررنگ که با حرف B نشان داده می شوند.

دو – مدادهای متوسط که با حرف HB یا F نشان داده می شود.

سه . مدادهای کم رنگ که با حرف H نشان داده می شود.

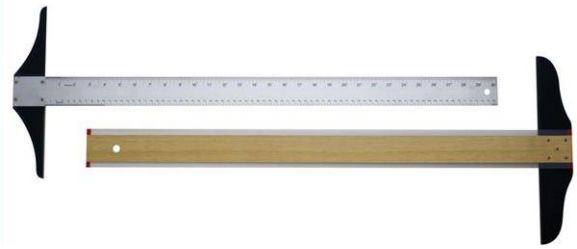
در زیر به انواع مداد را به ترتیب از کم رنگترین ۹H تا پررنگ ترین ۷B آورده شده است .

۹H – ۸H – ۷H – ٦H – ٥H – ٤H , ۳H – ۲H – H – F – HB – H , ۲B – ۳B – ٤B – ٥B – ٦B – ۷B

اتود : وسیله ای است که داخل آن مقداری مغزی (نوک مداد) قرار می دهند و به جای تراشیدن قسمت چوبی مداد با فشار دادن به قسمت انتهایی اتود مقداری از مغزی خارج می گردد با این کار از اتلاف وقت جلوگیری می شود، اتود دارای نوک هایی به شماره های استاندارد ۰/٤ ، ۰/۵ ، ۰/۷ و ... می باشد .

میز نقشه کشی : میز نقشه کشی وسیله ای است که کاغذ نقشه کشی روی آن نصب می شود و در ابعاد و جنس های مختلف طوری طراحی و ساخته می شود که علاوه بر صاف و یک دست بودن سطح، بتوان ارتفاع و شیب آن را با توجه به نیاز طراح تغییر داد .

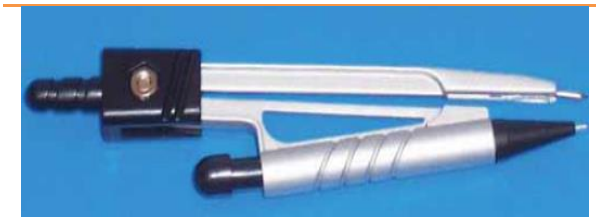
خط کش T : این خط کش به شکل حرف T لاتین است و در نقشه کشی برای ترسیم خطوط افقی و قرار گرفتن گونیا روی آن به کار می رود .



نقاله: برای تعیین واندازه گیری زاویه ها از نقاله که یک نیم دایره‌ی متصل به خط کش است استفاده می شود.

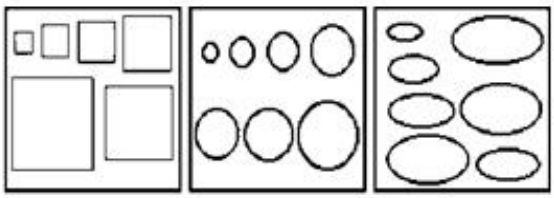
گونیا: وسیله‌ای است به شکل مثلث راست گوشه (قائم الزاویه)، که ازلحاظ درجه در دو نوع گونیای ٤۵ و ۳۰ – ٦۰ ساخته می شود و برای ترسیم عمودی و تحت زاویه به کار می رود .

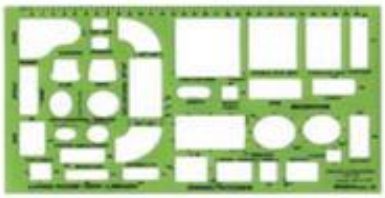
پرگار: از پرگار برای انتقال اندازه و ترسیم دایره یا قوس هایی از دایره استفاده می شود. برای رسم دایره پایه سوزنی پرگار را در مرکز دایره قرارداده می دهیم و دهانه پرگار را به اندازه شعاع دایره باز کرده و سپس دایره را توسط مدادی که روی آن قرار دارد ترسیم می کنیم.



پرگار	**گونیا**

شابلون : این وسیله از ورق نازک شفاف پلاستیکی با ضخامت بسیار کم ساخته می شود ، که به‌منظور تسریع و تسهیل در ترسیم نقشه ها مورد استفاده قرار می گیرند .





آشنایی با سطوح وحجم های هندسی : قطعات صنعتی در اشکال گوناگون وجود دارند . می توان گفت همه آنها از ترکیب احجام استاندارد به وجود آمده اند . در شکل زیرسطوح و احجام استاندارد را مشاهده می کنید .

مکعب		مربع	
مکعب مستطیل		مستطیل	
منشور سه‌ضلعی		متوازی‌الاضلاع	
استوانه		ذوزنقه	
مخروط		پنج‌ضلعی منتظم	
منشور شش‌ضلعی		شش‌ضلعی منتظم	
هرم		دایره	
کره		بیضی	

خطوط استاندارد : استفاده از خطوط مختلف با ضخامت های متفاوت علاوه بر زیبایی باعث فهم بیشتر نقشه نیز می شود ، در استاندارد ISO خطوط را در هفت گروه ضخامتی ۰/۲۵ ، ۰/۳۵ ، ۰/۵ ، ۰/۷ ، ۱ ، ۱/٤ و ۲ میلی‌متر تقسیم بندی می‌کنند . مفهوم خطوط مختلف در جدول زیر آورده شده است .

	کاربرد	خط
A	خط پهن برای نمایش لبه‌های دید	خط اصلی یا پر یا دید
B	خط متوسط برای نمایش لبه‌های ندید	خط ندید یا خط چین
C	خط نازک برای خط اندازه، هاشور، دنده‌ی پیچ و ...	خط پر نازک
D	خط نازک برای نمایش محور و خط تقارن	خط محور یا خط نقطه
E	خط پهن ـ نازک برای نمایش مسیر برش	خط برش
F	خط نازک برای نمایش خط شکستگی	خط دستی یا خط شکستگی
G	خط نازک برای شکل و وضعیت	خط دو نقطه

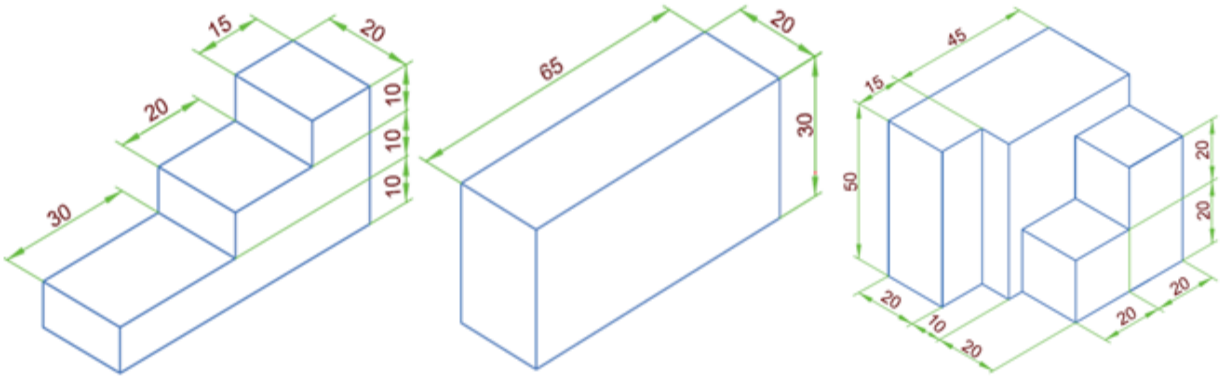
اندازه نویسی : هر جسم دارای طول و عرض و ارتفاع است تعیین این ابعاد بر روی نقشه را اندازه نویسی می‌گویند . پس از ترسیم یک نقشه باید اندازه‌ی تمام اجزا و قسمت های آن مشخص شود تا بتوان از آن نقشه استفاده کرد .

علایم ونشانه های اندازه گذاری

خط اندازه : خطی نازک وپیوسته است که به فاصله‌ی ۵ تا ۷ میلی‌متری برای کاغذ های A٤ وA٣ ازخط اصلی و موازی با آن رسم می شود واز دو طرف با خطوط رابط محدود می شود .

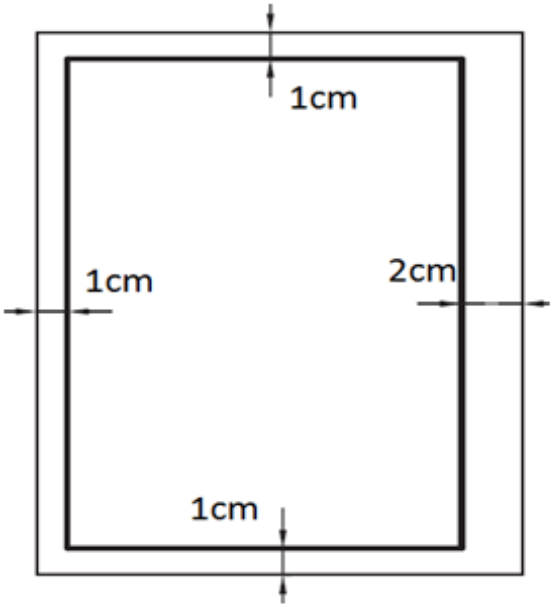
خطوط رابط یا کمکی: خطوط نازک و پیوسته‌ای هستند که به‌فاصله‌ی ۲ میلی‌متری از خط اندازه و عمود برآن رسم می‌شوند.

فلش (سهمی) : فلش در انتهای خط اندازه رسم می شوند و رأس آن به یک خط رابط منتهی می شود .



کادر : برای تعیین فضای لازم به منظور ترسیم نقشه، محدوده ی آن را بر روی کاغذ نقشه کشی با یک قاب که کادر نامیده می شود تعیین می‌کنند . حد اقل فاصله کادر از لبه کاغذ برای کاغذ A۰ و A۱ حداقل ۲۰ میلی متر و برای کاغذ A۲ ، A۳ و A٤ حداقل ۱۰ میلی‌متر است . قسمت سمت راست یا بالای کاغذ را معمولاً برای منگنه و بایگانی حدود ۲۰ میلی‌متر در نظر گرفته می شود .

جدول مشخصات : برای معرفی مشخصات نقشه از جدول مشخصات استفاده می شود که در آن مشخصات نقشه نوشته می شود. در زیر نمونه ای از جدول مشخصات و کادر ترسیم شده است .



کادر

	تاریخ	نام	سفارش	جنس
طراح				
نقشه کش				تلرانس
بازبینی				
مقیاس	نام قطعه			نام سازمان
شماره				

ترسیم :	نام نقشه :	جنس:
رشته :		تلرانس :
بازبین :	سازمان آموزشی :	مقیاس :
تاریخ :		شماره :

جدول مشخصات

مقیاس در نقشه کشی : **مقیاس عبارت است از نسبت اندازه ی ترسیمی بر اندازه ی حقیقی که با Sc نشان می‌دهند .**

$$SC = \frac{\text{اندازه ی ترسیمی}}{\text{اندازه ی حقیقی}}$$

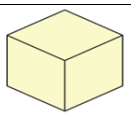
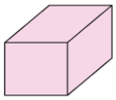
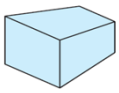
مقیاس در دو نوع مقیاس کوچک کردن و بزرگ کردن استفاده می‌شود که بر اساس استاندارد، مقیاس های کوچک کردن عبارتند از: ۲/۵ : ۱ – ۵ : ۱ – ۱۰ : ۱ – ۲۰ : ۱ – ۵۰ : ۱ – ۱۰۰ : ۱ – ۲۰۰ : ۱ – ۱۰۰۰ : ۱ و مقیاس های بزرگ کردن عبارتند از: ۱ : ۲ – ۱ : ۵ – ۱ : ۱۰ – ۱ : ۵ – ۱ : ۲ که کاربرد های متفاوتی برای نقشه های مختلف دارند .

انواع تصاویر مجسم (سه بعدی)

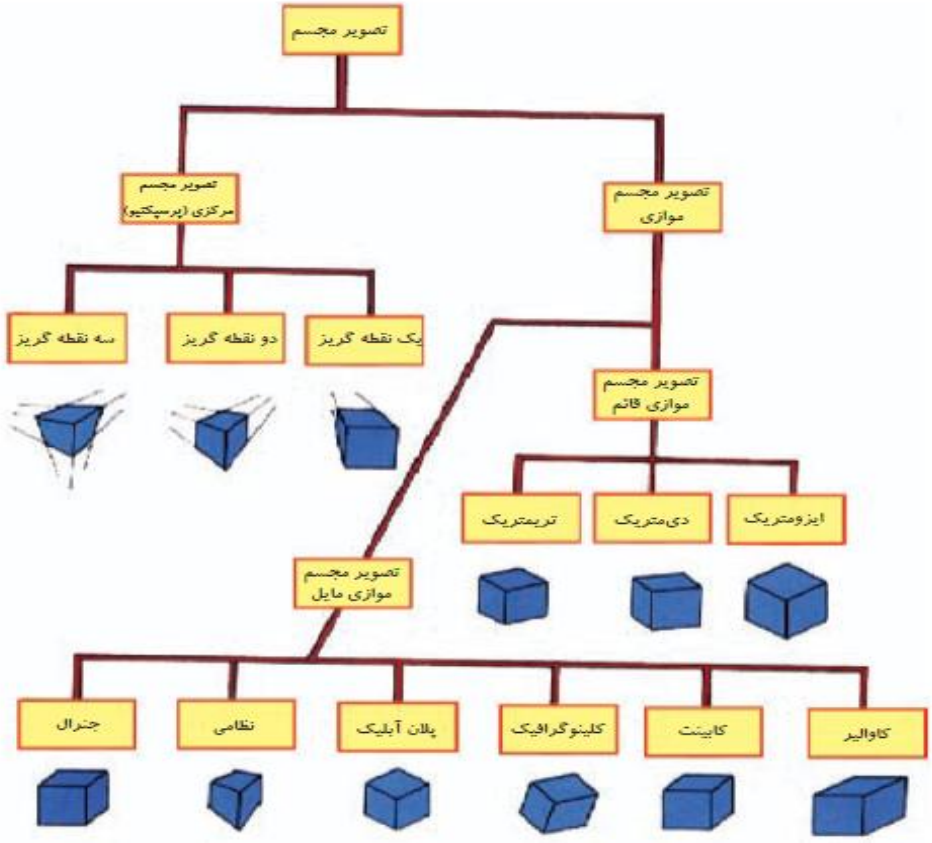
۱ – تصاویر مجسم موازی قائم : اگر شعاع های تصویر برصفحه‌ی تصویر عمود باشند، تصویر مجسم موازی قائم نام دارد .

۲ – تصاویر مجسم موازی مایل : اگر شعاع های موازی تصویر نسبت به صفحه ی تصویر زاویه ی غیر از ۹۰ درجه داشته باشد ، تصویر حاصل را تصویر مجسم موازی مایل نام دارد .

۳ – تصاویر مجسم مرکزی : زمانی که شعاع های تصویر مرکزی باشد تصویر حاصل را تصویر مجسم مرکزی یا پرسپکتیو می گویند .

		
تصویر مجسم موازی قائم	**تصویر مجسم موازی مایل**	**تصاویر مجسم مرکزی**

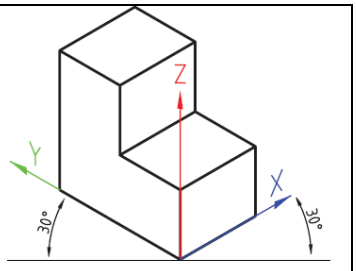
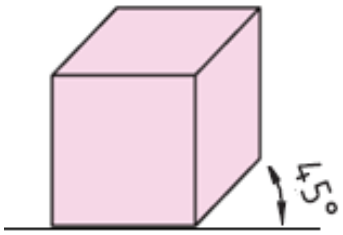
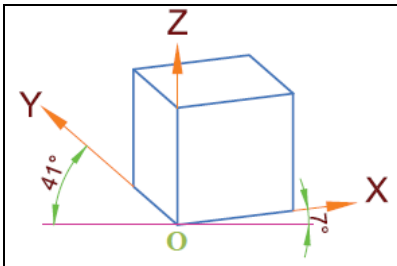
در زیر انواع تصاویر مجسم نشان داده شده است . در ادامه به معرفی تعدادی از تصاویر مجسم می‌پردازیم .



تصویر مجسم ایزومتریک : تصاویر مجسمی که تحت زاویه‌ی ۳۰ درجه ترسیم می‌شوند را تصاویر مجسم ایزومتریک می‌گویند.

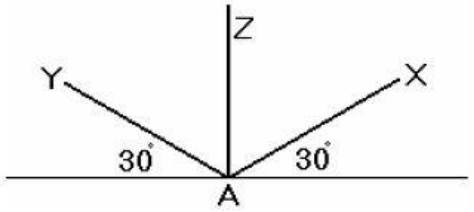
تصویر مجسم کاوالیر : تصاویر مجسمی را که از یک سمت تحت زاویه ٤٥ درجه و از سمت دیگر در امتداد خط افق ترسیم می شوند، تصاویر مجسم کاوالیر می گویند .

تصویر مجسم دیمتریک : تصاویر مجسمی را که از یک سمت تحت زاویه ٤١ درجه و از سمت دیگر تحت زاویه ۷ درجه ترسیم می‌شوند، تصاویر مجسم دیمتریک می‌گویند .

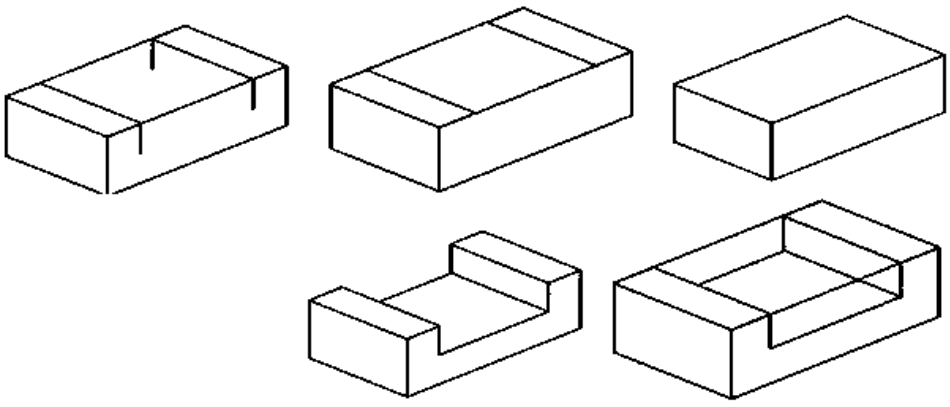
تصویر مجسم ایزومتریک	تصویر مجسم کاوالیر	تصویر مجسم دیمتریک
		

ترسیم تصویر مجسم ایزومتریک

برای ترسیم تصویر مجسم ایزومتریک نقطه ای مانند A را به عنوان مبنا بر روی کاغذ علامت گذاری می کنیم و دو خط گذرنده بر نقطه A را با زاویه ۳۰ درجه نسبت به خط افق رسم کرده و خط سوم گذرنده از نقطه A را عمود بر محور افق ترسیم می کنیم این خطوط را که محورهای تصویر جسم مجسم می گویند، با حروف x - y - z نام گذاری می کنند .

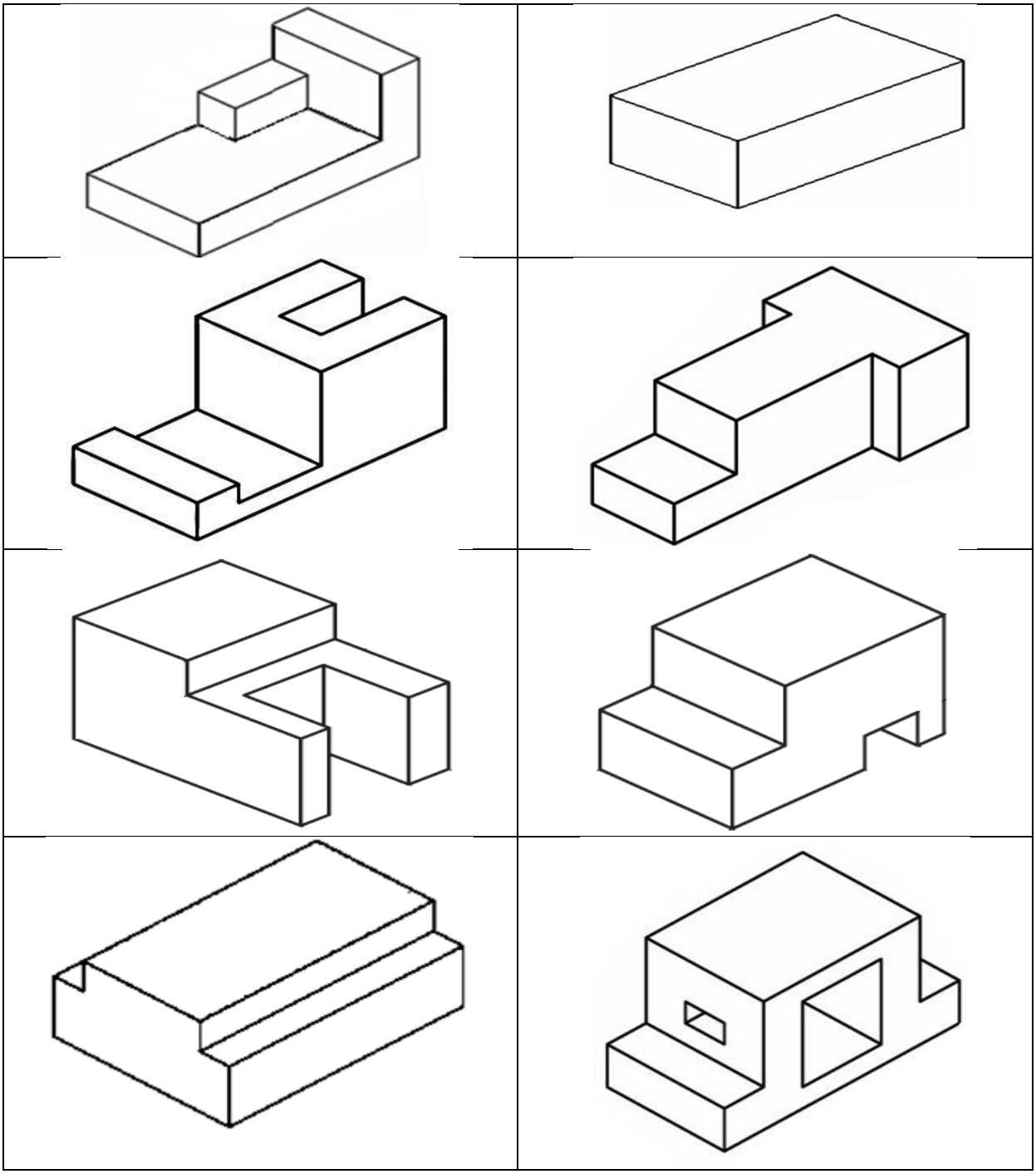


روش ترسیم مجسم ایزومتریک به این ترتیب است که ابتدا با توجه به آنچه گفته شد پس از تعیین نقطه مبنا و ترسیم محورهای جسم مجسم، بر روی هر یک از محورها طول، عرض و ارتفاع جسم مورد نظر را مشخص می‌کنیم سپس با استفاده از رسم خطوط موازی با محور ها تصویر مکعب مستطیلی را ترسیم می کنیم. به طوری که جسم مفروض در این مکعب مستطیل جا بگیرد، یعنی طول و عرض و ارتفاع این مکعب مستطیل برابر طول ، عرض و ارتفاع جسم مورد نظر باشد .



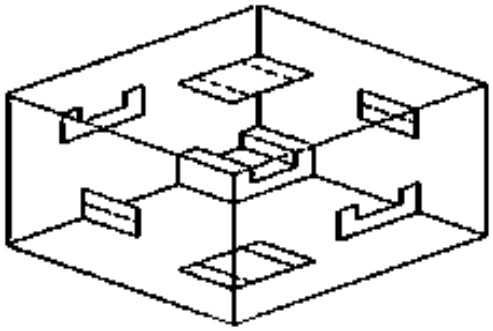
پس از انتقال اندازه های جسم بر روی مکعب مستطیل با استفاده از خط کش و گونیای (۳۰ – ۶۰) سایر خطوط تشکیل دهنده جسم را موازی سه محور x – y - z ترسیم می کنیم تا حجم مورد نظر حاصل شود . آخرین مرحله تکمیل تصویر مجسم، پاک کردن خطوط اضافی ترسیم شده می باشد .

تمرین : تصاویر مجسم ایزومتریک زیر را ترسیم کنید .

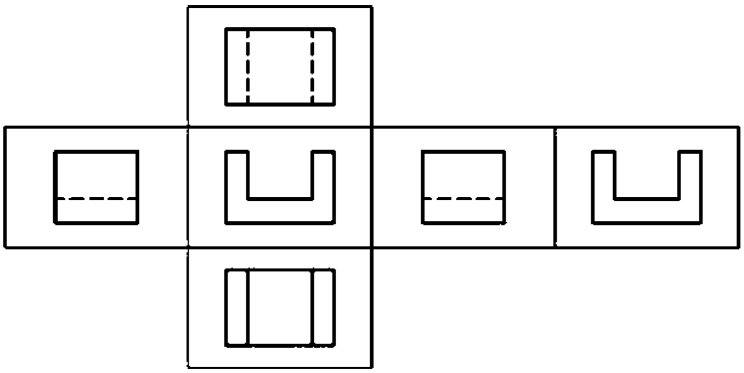


ترسیم سه نما از یک جسم

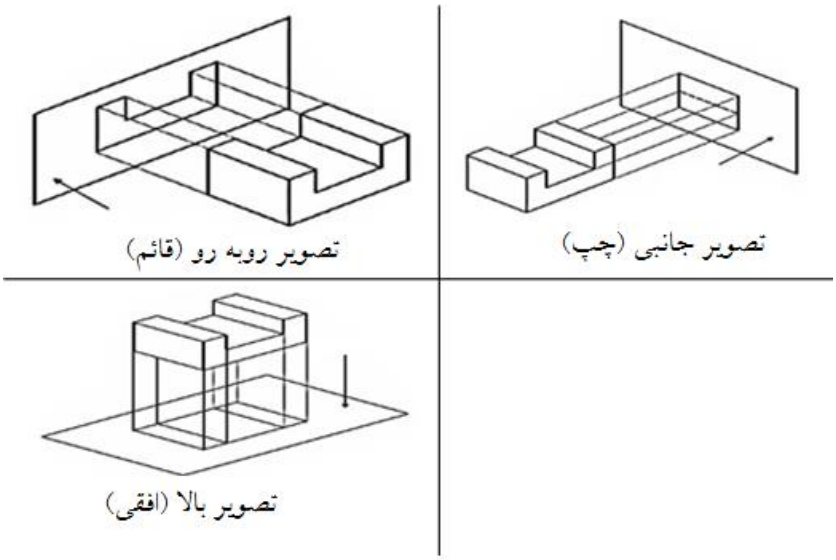
اگرجسم مجسمی مانند شکل زیر را در نظر گرفته و ناظری از جهت های مختلف (بالا ، پایین ، چپ ، راست ، جلو ، عقب) به طور عمود به آن نگاه کند در هر سمت تصویری را مشاهده می کند، برای ترسیم تصاویری که ناظر می‌بیند تصویر هر سمت را بر روی صفحه ای در مقابل آن ترسیم می‌کنند .



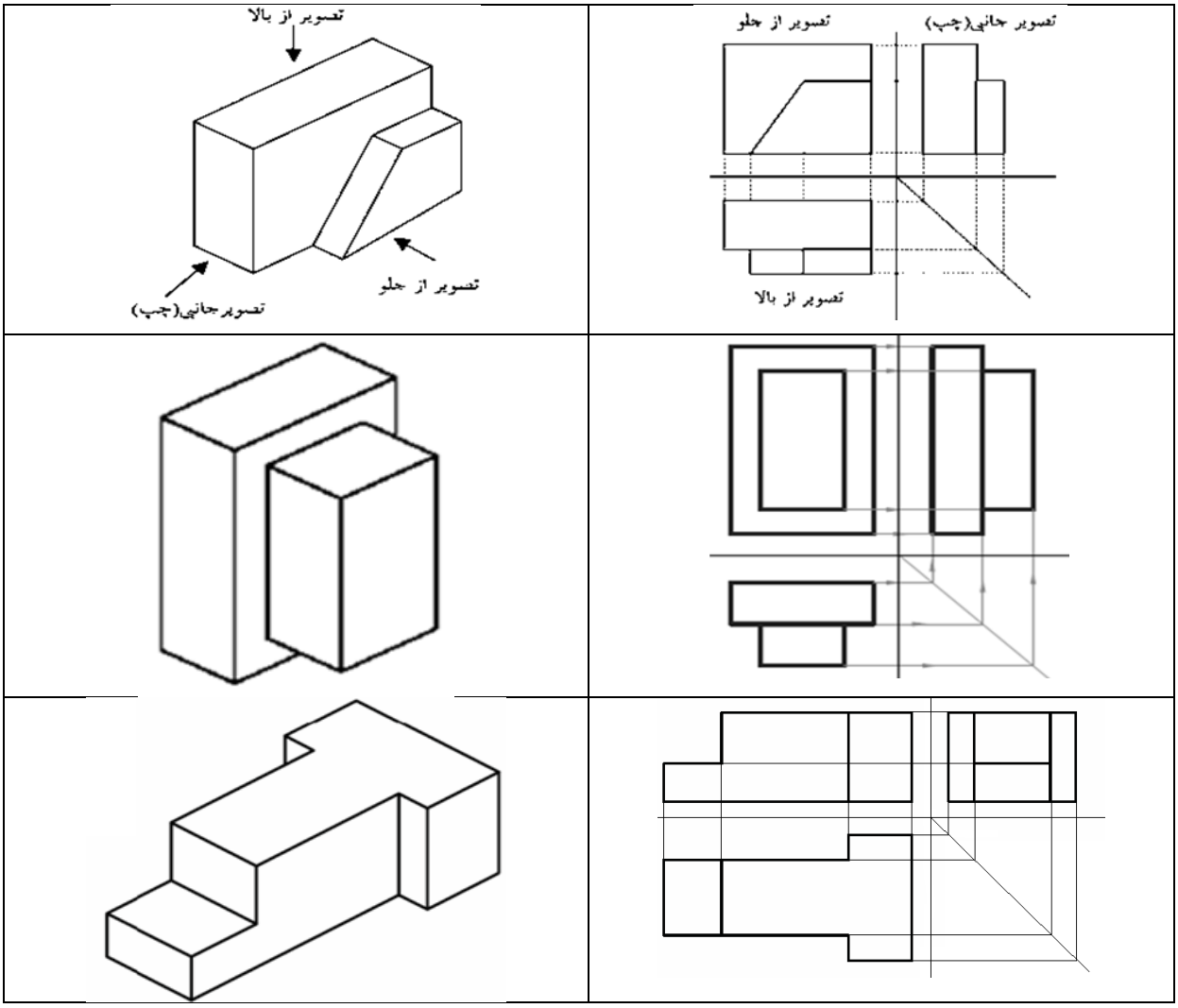
در مجموع شش تصویر حاصل می شود که در زیر ترسیم شده اند .



تصاویر تقریباً دو به دو به هم شبیه هستند و می توان سه تصویر پایین ، راست و عقب را حذف کرد وفقط سه تصویر دید از جلو (قائم) دید از بالا (افقی) و دید از چپ (جانبی) اکتفا کرد که به صورت زیر ترسیم می گردند .



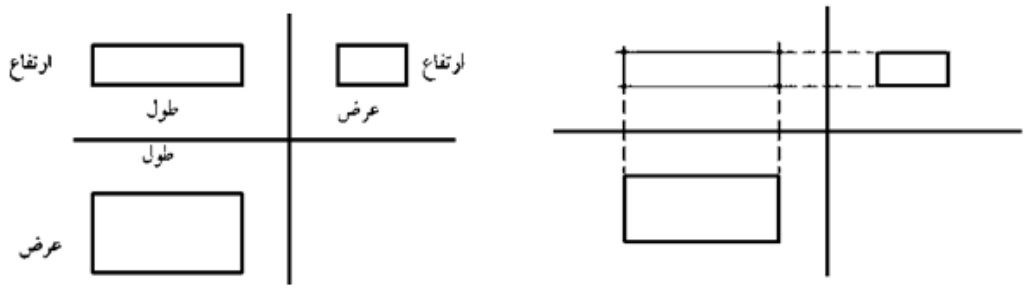
نماهای سه گانه اجسام زیر برای نمونه ترسیم شده است .



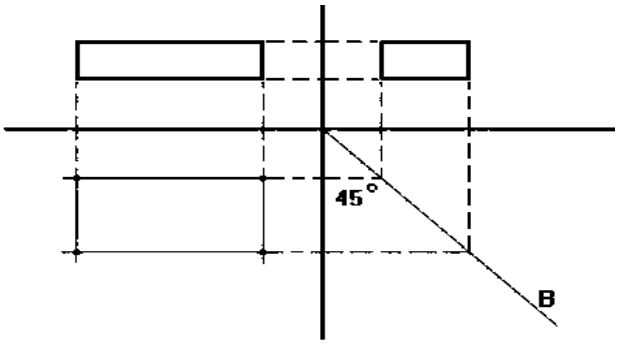
ترسیم نمای مجهول قطعات ساده مکانیکی

یکی از راه های بالابردن قدرت تصور و تجسم، پیدا کردن تصویر سوم است، برای این منظور دو تصویر از جسمی ارائه می شود و تصویر سوم را به عنوان تصویر مجهول از طریق آن دو تصویر به دست می آورند، اصطلاحاً به این عمل مجهول یابی گفته می شود .

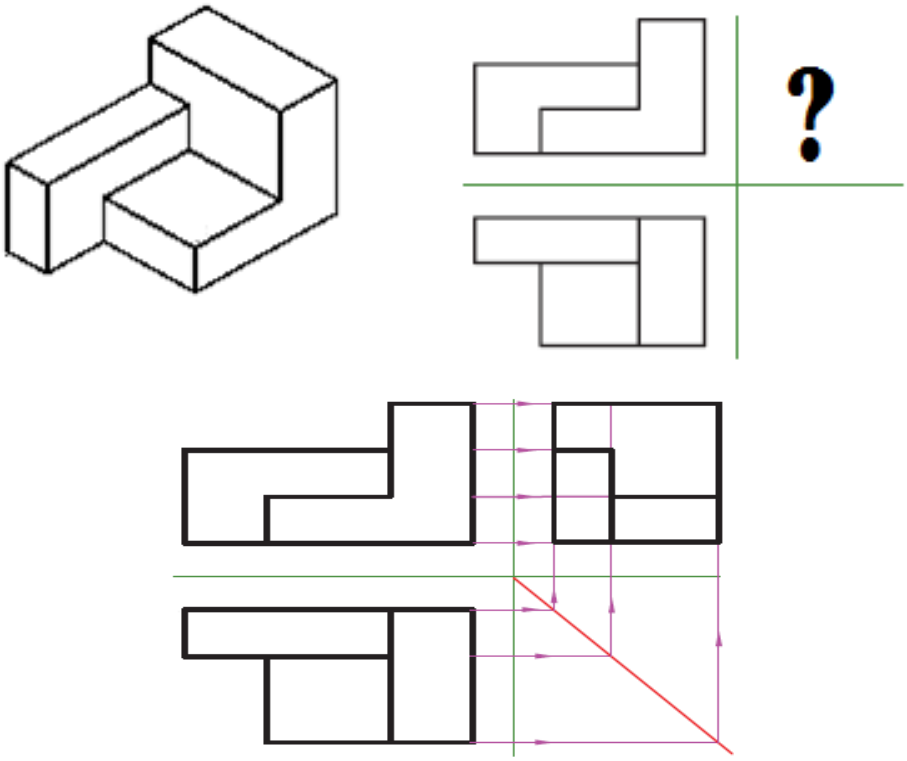
اگر تصویر جانبی و بالا معلوم باشند، می‌توان با استفاده از آنها طول و ارتفاع جسم را از روی دو تصویر معلوم ، مشخص کرد.از روی تصویر جانبی و با رسم خطوطی مانند شکل زیر اندازه‌ی ارتفاع و از روی تصویر بالا اندازه طول معین نمود و تصویر را ترسیم کرد.



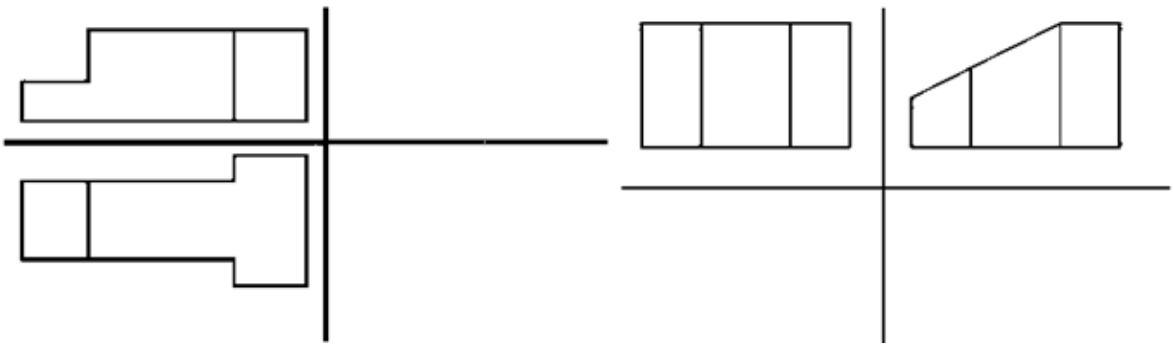
در صورتی که یکی از نماهای جانبی یا بالا مجهول باشد ، برای انتقال اندازه ها و ترسیم نمای مجهول می بایست از خط رابط B که با زاویه ٤٥ درجه رسم شده استفاده کرد (درتصویر زیر برای انتقال اندازه عرض از خط رابط B استفاده شده است .)



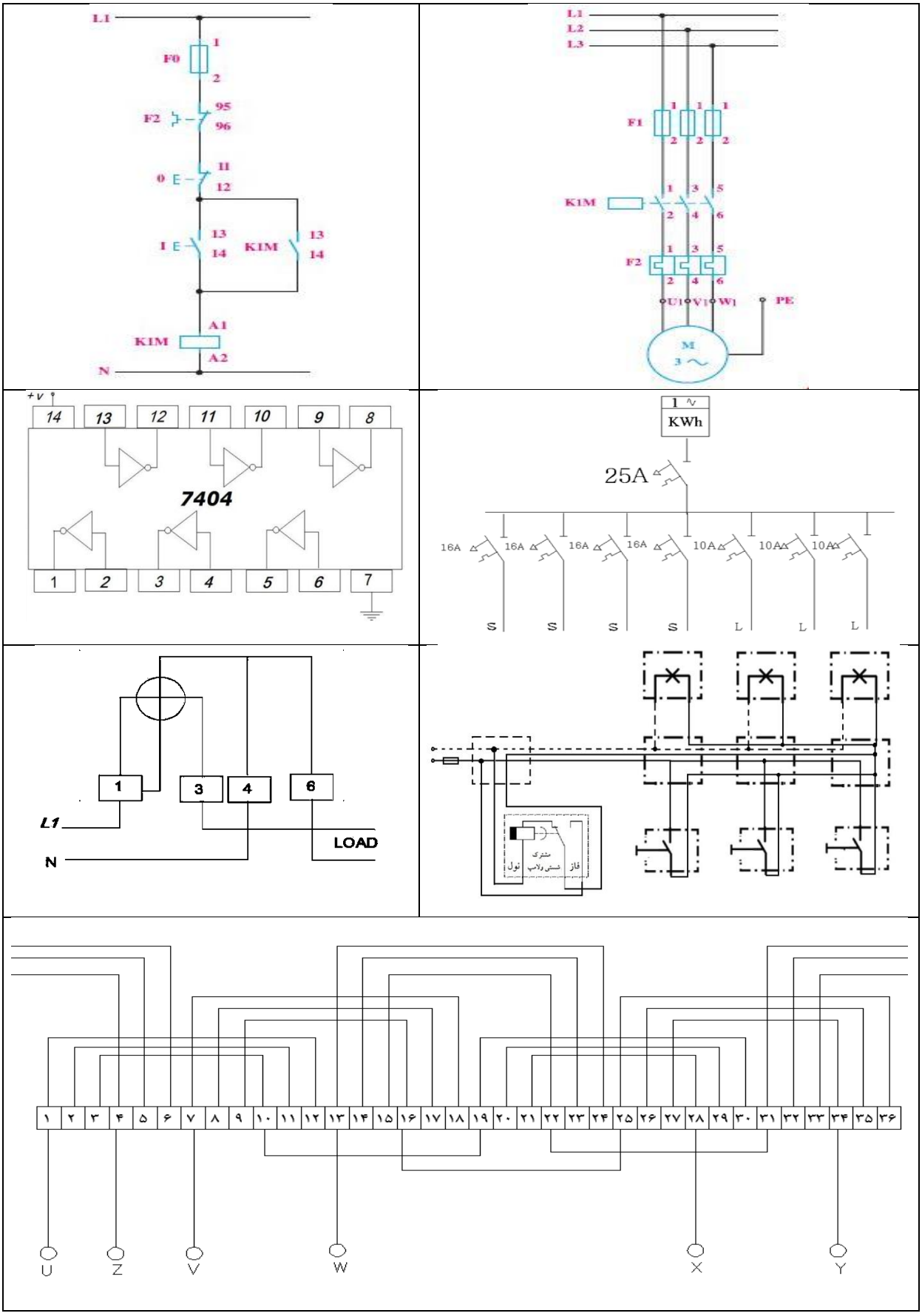
مثال – برای جسم زیر نمای مجهول را بدست می آوریم .



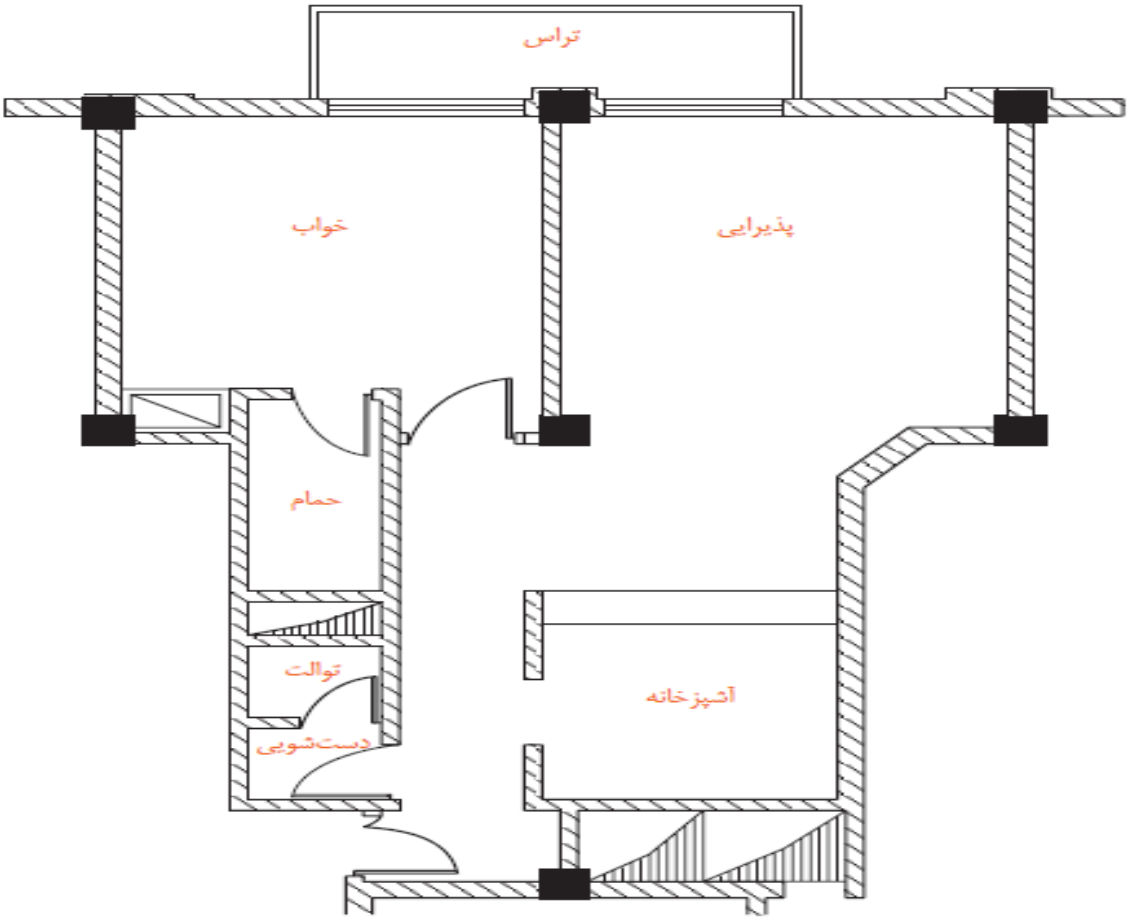
تمرین : تصویر سوم هر یک از اجسام زیر را به وسیله آنالیز سطوح یا خطوط رابط رسم کنید .

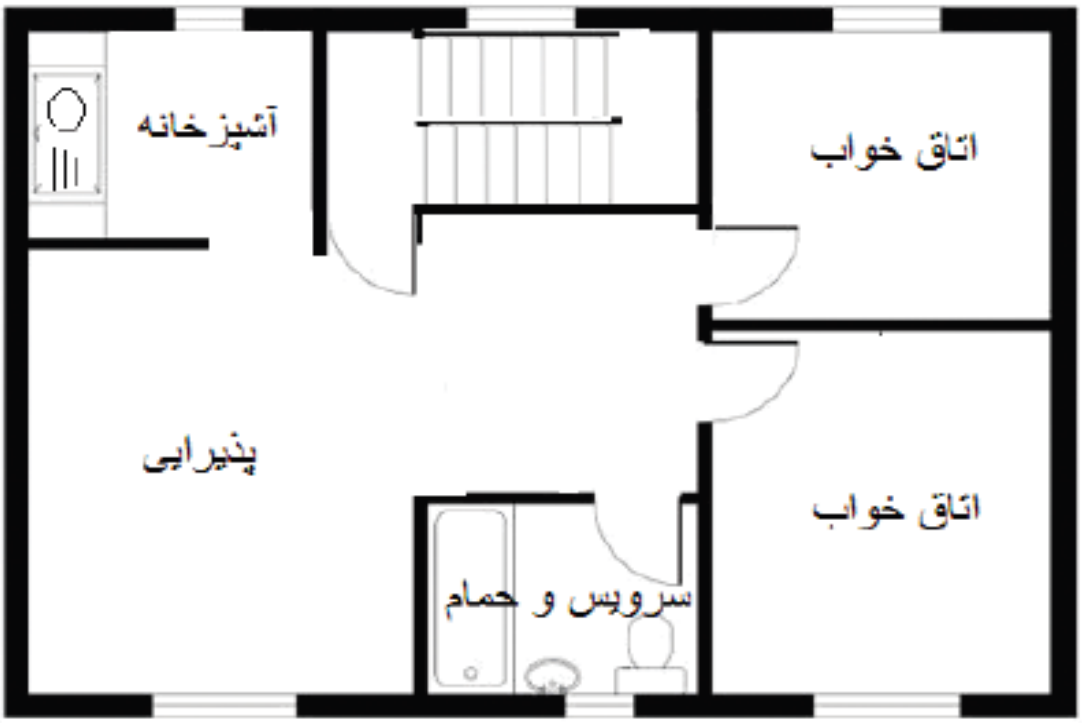


نقشه مدارهای الکتریکی زیر را بر روی کاغذ A٤ رسم کنید.

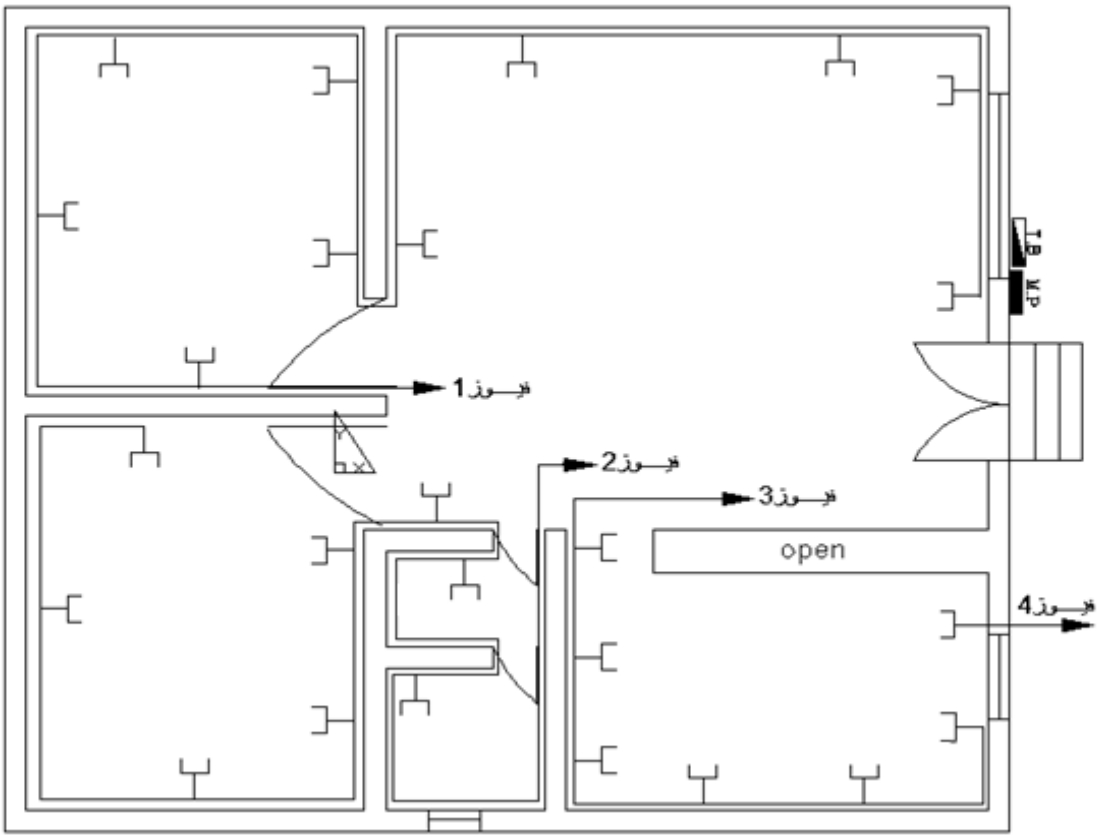


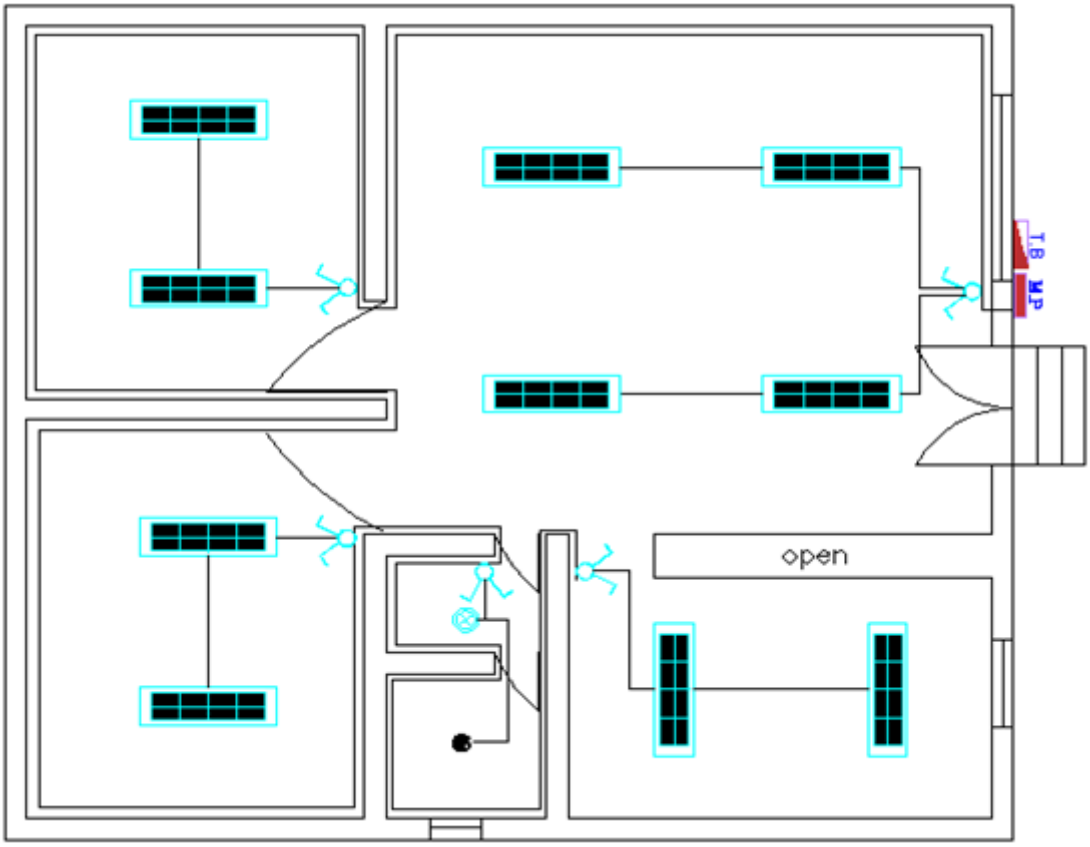
پلان های زی را بر روی کاغذ A٤ ترسیم کنید .





پلان های زیر که مربوط به سیستم روشنایی و پریز ساختمان هستند را روی کاغذ A٤ ترسم کنید .



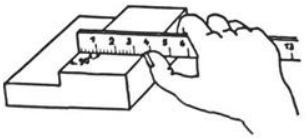


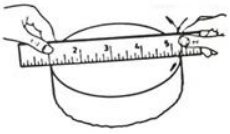
فصل دوم : فلزکاری

سیستم های اندازه گیری و تبدیل واحد ها

تعریف اندازه گیری : مقایسه کمیتی با واحدی قراردادی و استاندارد از همان کمیت را اندازه گیری می گویند .

دلیل اندازه گیری : در کارهای تولیدی هر قطعه باید اندازه‌ی خود را داشته باشد تا در هنگام اتصال آنها به هم و استفاده‌ی از آنها مشکلی پیش نیاید .





سیستم‌های اندازه‌گیری : دو سیستم اندازه‌گیری متریک و اینچی درجهان متداول است که در زیر به بررسی آن ها می پردازیم .

یک – سیستم متریک : واحد قراردادی طول در این سیستم متر است و سیستم رسمی کشور ایران می‌باشد ، دو تعریف برای متر بیان شده است که در زیر بیان می شوند .

تعریف قبلی متر : تعریف متر تا سال ۱۹۶۰ میلادی عبارت بود از $\frac{۱}{٤۰.۰۰۰.۰۰۰}$ محیط کره زمین روی خطی که از قطب ها می گذرد ، متر مبنا از آلیاژ پلاتین و ایریدیوم ساخته می شود که در موزه ای در فرانسه نگهداری می‌شود .

تعریف جدید متر : در سال ۱۹۸۳ میلادی طی کنفرانسی در پاریس یک متر را مسافتی می نامند که نور در مدت $\frac{۱}{۲۹۹,۷۹۲,٤۵۸}$ ثانیه طی می کند .

نماد گذاری علمی

در برق با اعداد متفاوتی سروکار داریم مثلاً جریان در الکترونیک بسیار کوچک (چند میلیونیوم) و در برق صنعتی بسیار بزرگ (چند هزار) است، که برای نمایش آن‌ها با صفرهای زیادی مواجه هستیم، برای حذف صفرهای طولانی اعداد بزرگ و کوچک آنها را با یکسری از نمادهای علمی معادل می‌کنیم، این نمادها در جدول زیر آورده شده‌اند، یک شمارش ساده از نقطه اعشار تا سمت راست عدد ۱، توان ۱۰ عدد را به ما می‌دهد و اگر شمارش از سمت چپ باشد توان علامت منفی می شود .

مثال – نماد علمی اعداد زیر را بنویسید .

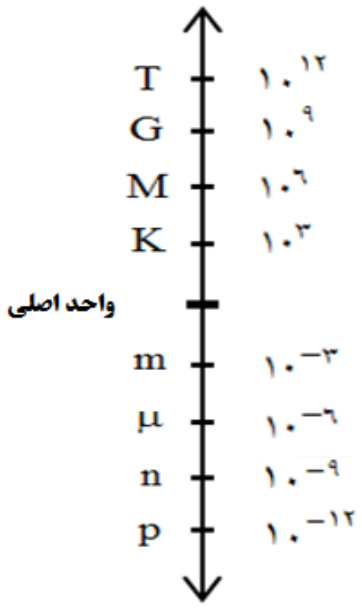
$۱ = ۱۰^{۰}$	$۵۰۰۰ = ۵ \times ۱۰^{۳}$	$۰/۱ = ۱ \times ۱۰^{-۱}$
$۱۰ = ۱۰^{۱}$	$۶۸۰۰ = ۶/۸ \times ۱۰^{۳}$	$۰/۲ = ۲ \times ۱۰^{-۱}$
$۱۰۰ = ۱۰^{۲}$	$۱۰۰۰۰ = ۱ \times ۱۰^{۴}$	$۰/۰۱ = ۱ \times ۱۰^{-۲}$
$۲۰۰ = ۲ \times ۱۰^{۲}$	$۱۰۰۰۰۰۰ = ۱ \times ۱۰^{۶}$	$۰/۰۰۶ = ۶ \times ۱۰^{-۳}$
$۵۰۰ = ۵ \times ۱۰^{۲}$	$۱۰۰۰۰۰۰ = ۱۰ \times ۱۰^{۵}$	$۰/۰۱۵ = ۱۵ \times ۱۰^{-۳}$
$۱۰۰۰ = ۱۰^{۳}$	$۳۰۰۰۰۰۰ = ۳ \times ۱۰^{۶}$	$۰/۰۰۰۹ = ۹ \times ۱۰^{-۴}$
$۱۶۰۰ = ۱۶ \times ۱۰^{۲}$	$۶۳۲۱۰۰۰۰ = ۶۳۲۱ \times ۱۰^{۴}$	$۰/۰۰۰۰۰۲ = ۲ \times ۱۰^{-۶}$
$۳۲۰۰ = ۳/۲ \times ۱۰^{۳}$	$۸۲۰۰۰۰۰۰ = ۸۲ \times ۱۰^{۶}$	$۰/۰۰۰۰۱ = ۱ \times ۱۰^{-۵}$

پیشوندهای سیستم SI

هرگاه در اندازه گیری ها با اندازه های بسیار کوچک یا بسیار بزرگ مواجه شویم از پیشوندهای جدول زیر استفاده می کنیم .

علامت اختصاری	نام لاتین	نماد علمی	نماد کسری	اعداد
T	Tera	$۱۰^{۱۲}$	-	۱۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰
G	Giga	$۱۰^{۹}$	-	۱۰۰۰۰۰۰۰۰۰
M	Mega	$۱۰^{۶}$	-	۱۰۰۰۰۰۰
K	Kilo	$۱۰^{۳}$	-	۱۰۰۰
m	Mili	$۱۰^{-۳}$	$\frac{۱}{۱۰۰۰}$	۰/۰۰۱
μ	Micro	$۱۰^{-۶}$	$\frac{۱}{۱۰۰۰۰۰۰}$	۰/۰۰۰۰۰۰۱
n	Nano	$۱۰^{-۹}$	$\frac{۱}{۱۰۰۰۰۰۰۰۰۰}$	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۱
p	Pico	$۱۰^{-۱۲}$	$\frac{۱}{۱۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰}$	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۱

تبدیل واحدها: برای تبدیل واحدها از نمودار زیر استفاده می‌کنیم، فاصله‌ی بین هرکدام از واحدها برابر $۱۰^{۳}$ می‌باشد که اگر از سمت بالای نمودار به سمت پایین حرکت کنیم علامت توان مثبت، و اگر از پایین به بالا حرکت کنیم علامت منفی می‌شود.



مثال – هر کیلو متر چند متر است ؟ فاصله بین کیلو با واحد اصلی $۱۰^{۳}$ است و چون از بالا به پایین است علامت توان مثبت می باشد پس :

$۱ \text{ Km} = ۱۰^{۳} \text{ m}$

مثال – هر مگا متر چند میلی متر است ؟ فاصله بین مگا تا میلی برابر $۱۰^{۹}$ است و چون از بالا به سمت پایین حرکت می کنیم توان مثبت می باشد .

$۱ \text{ Mm} = ۱۰^{۹} \text{ mm}$

مثال : هر میکرو آمپر چند گیگا آمپر است ؟ فاصله بین میکرو تا گیگا $۱۰^{۱۵}$ است و چون از پایین به سمت بالا حرکت می کنیم علامت توان منفی است .

$۱\mu\text{A} = ۱۰^{-۱۵} \text{ GA}$

دسی‌متر : اگر یک متر را به ده قسمت مساوی تقسیم کنیم به هر قسمت یک دسی متر (dm) می گویند . پس یک دسی متر برابر $۱۰^{-۱} = \frac{۱}{۱۰}$ متر است .

سانتی‌متر : اگر یک متر را به صد قسمت مساوی تقسیم کنیم به هر قسمت یک سانتی متر می گویند . پس یک سانتی متر برابر $۱۰^{-۲} = \frac{۱}{۱۰۰}$ متر است .

میلی‌متر : اگر یک متر را به هزار قسمت مساوی تقسیم کنیم به هر قسمت آن یک میلی متر می گویند . پس یک میلی متر برابر $۱۰^{-۳} = \frac{۱}{۱۰۰۰}$ متر است .

دو - سیستم اینچی : واحد قرار دادی طول در این سیستم فوت ft می باشد، هر فوت برابر ۳۰/۴۸ سانتی‌متر است . فوت اجزائی مانند اینچ in و اضعافی مانند یارد yd دارد که در زیر رابطه آنها با سیستم متریک آورده شده است .

رابطه بین واحد های سیستم اینچی با سانتی متر	
1 in	2.54 cm
1 ft	30.48 cm
1 yd	91.44 cm

بدیهی است که بین اجزا و اضعاف فوت با هم روابطی وجود دارد که در زیر مشاهده می کنید .

1 ft = 12 in
1 yd = 36 in
1 yd = 3 ft

برای اندازه گیری دقیق یک اینچ را به ۱۶ قسمت مساوی تقسیم کرده و اجزای آن را کسرهای متعارفی به شرح زیر نشان می دهند .

$$\frac{1"}{16}, \frac{2"}{16}, \frac{3"}{16}, \frac{4"}{16}, \frac{5"}{16}, \frac{6"}{16}, \frac{7"}{16}, \frac{8"}{16}, \frac{9"}{16}, \frac{10"}{16}, \frac{11"}{16}, \frac{12"}{16}, \frac{13"}{16}, \frac{14"}{16}, \frac{15"}{16}, \frac{16"}{16}$$

خط کشی و اندازه گذاری

تعریف خط کشی : منظور از خط کشی انتقال اندازه و فرم‌های لازم از روی نقشه کار، قطعه‌ی مشابه و یا معلوماتی که در دست است بر روی قطعه کار می‌باشد، به طوری که بتوان خطوط را به وضوح تشخیص و عملیات بعدی را بر مبنای خطوط ترسیمی انجام داد .

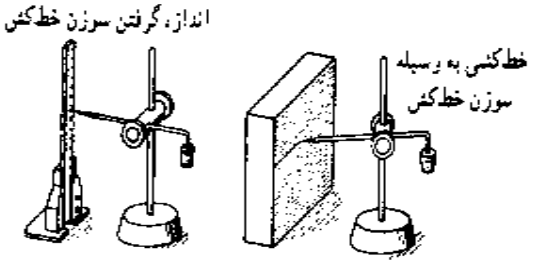
معرفی وسایل خط کشی و اندازه گذاری

میز خط کشی : از میز خط کشی معمولاً برای اجرای خط کشی بر روی قطعات استفاده می‌شود، جنس میزهای خط کشی معمولاً از فولاد است و برای خط کشی کارهای ساده که به دقت کمتری نیاز دارند استفاده می شود .

صفحه خط کشی (صفحه صافی) : جنس این صفحه‌ها معمولاً چدن است و روی آن ها را تراش کاری و سطح آن ها را برای دقت بیشتر سنگ زنی می‌کنند، برای جلوگیری از تغییر فرم در قسمت پشت صفحه پره هایی تعبیه شده است . از این صفحه نباید برای کارهای غیر از خط کشی مانند صاف کاری ، سنبه نشان زدن و ... استفاده نمود .

سوزن خط‌کشی : برای ترسیم خطوط روی قطعات از سوزن خط‌کشی استفاده می‌شود، جنس سوزن خط کشی برای ترسیم خطوط روی سطوح خشن و سخت، از فولاد آب داده بوده و زاویه راس آن در حدود ۱۵ الی ۲۰ درجه انتخاب می‌شود .

سوزن خط کش پایه دار : سوزن خط کش پایه دار را در دو نوع ساده و مدرج می‌سازند و از آن‌ها برای رسم خطوط موازی بر روی قطعه کار استفاده می کنند . برای تنظیم اندازه ارتفاع نوک سوزن خط کشی می توان از یک متر فلزی پایه دار استفاده کرد، نوع دیگری از سوزن خط کشی پایه دار وجود دارد که مدرج است و نیازی به متر فلزی پایه دار ندارند .



سنبه نشان : سنبه نشان وسیله‌ای است برای نشان زدن محل مرکز سوراخ ها، ایجاد جا برای استقرار پایه پرگار و تثبیت خطوطی که در هنگام کار امکان محو شدن آن‌ها وجود دارد، استفاده می شود. در اثر وارد کردن ضربه به سر سنبه نشان، رأس آن در قطعه نفوذ کرده و یک فرورفتگی مخروطی در آن به وجود می آورد، زاویه رأس سنبه نشان برای علامت گذاری مسیر برش ۹۰ درجه می باشد .

خط کش : خط کش فلزی تیغه ای است از فولاد سخت شده که دارای خاصیت فنری بوده و در طول های ۱۵ تا ۲۰۰ سانتی متری ساخته می شود . بر روی این خط کش ها اجزای متر (دسی ، سانتی و میلی) و اجزاء اینچ ($\frac{1}{8}$، $\frac{1}{16}$ ، $\frac{1}{32}$، $\frac{1}{64}$) حک شده است .

متر : برای اندازه گیری طول از متر استفاده می‌شود، متر در انواع فلزی، چوبی، نواری پارچه ای و نواری فلزی ساخته می شوند . متر فلزی بیشترین کاربرد را دارد و از نوار فولادی با ضخامت کم ساخته می شود و دارای خاصیت فنری زیاد می باشد که درون یک محفظه به دور محوری پیچیده می شود .

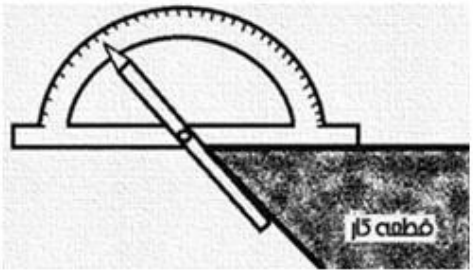
پرگار فلزی : از پرگار برای انتقال اندازه و یا به منظور رسم خطوط دایره‌ای استفاده می‌شود، پرگارها را به فرم های مختلفی از فولاد ابزارسازی می سازند .

چکش : از چکش برای کاربرد های مختلفی در فلزکاری مانند وارد کردن ضربه به سنبه نشان استفاده می کنند ، جنس چکش را فولادی انتخاب کرده و از یک دسته چوبی برای در دست گرفتن و هدایت آن ها استفاده می شود .

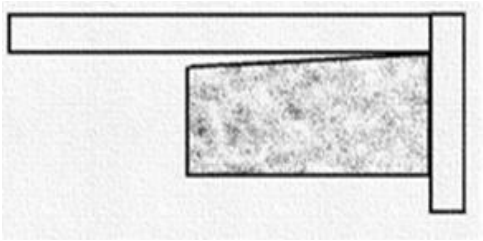
زاویه سنج : در صنعت برای اندازه گیری زوایا از واحدی به نام درجه استفاده می شود ، یک درجه برابر با زاویه مرکزی $\frac{۱}{۳۶۰}$ محیط دایره است، برای اندازه گیری دقیق تر از واحد های دیگری به نام دقیقه و ثانیه استفاده می شود .

۱ درجه = ۶۰ دقیقه ۱ دقیقه = ۶۰ ثانیه

تشریح زاویه سنج ساده : زاویه سنج ساده وسیله ای است که برای کنترل و اندازه گیری زوایا مورد استفاده قرار می‌گیرد . این وسیله از یک صفحه نیم دایره مدرج (نقاله) و یک خط کش که توسط پیچ و یا میخ پرچ به هم متصل شده اند تشکیل می شود . برای اندازه گیری زاویه‌ی قطعه کار، لبه‌ی صاف نقاله را به قطعه کار تکیه می‌دهیم و به کمک خط کش متصل به نقاله مقدار زاویه را تعیین می‌کنیم

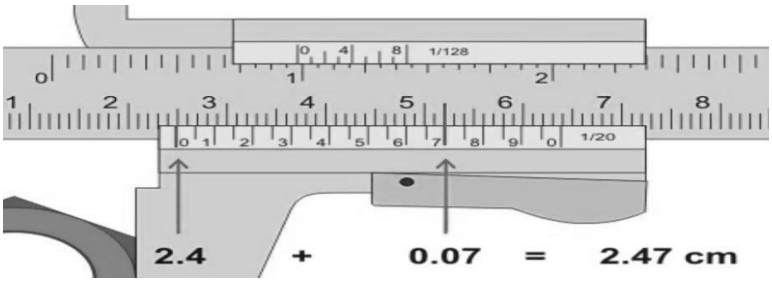


گونیا : برای کنترل قائمه بودن دو سطح نسبت به هم از گونیا استفاده می‌شود ، ابتدا بازویی از گونیا را که در دست داریم به یک سطح قطعه کار می چسپانیم و سپس آرام بازوی دیگر گونیا را به سطح دیگر نزدیک نموده و پس از تماس با سطح بالایی قطعه کار ، به طور عمودی به محل تماس نظاره کرده و صحت قائمه بودن را کنترل می کنیم.



کولیس : از کولیس برای اندازه گیری اندازه های خارجی، داخلی و عمق استفاده می‌شود، کولیس از دو قسمت ثابت و متحرک تشکیل شده است، قسمت ثابت آن یک خط کش مدرج منتهی به یک فک ثابت است و قسمت متحرک آن کشویی است که فک متحرک و ورنیه روی آن قرار دارد . با فشار دادن ضامن که روی کشو قرار دارد می توان دهانه کولیس را به دلخواه باز و بسته کرد و اندازه قطعه کار را تعیین کرد . در بیشتر کولیس‌ها یک زبانه جهت اندازه گیری عمق به قسمت متحرک متصل شده است .

ورنیه : تقسیمات روی کشوی کولیس را ورنیه می‌گویند، به وسیله‌ی ورنیه امکان خواندن کسری از تقسیمات اصلی خط کش امکان پذیر می گردد . بدیهی است که دقت وسایل اندازه گیر مجهز به ورنیه رابطه مستقیم با نحوه تقسیم بندی ورنیه دارد .



تذکر : برای اندازه گیری از نوک کولیس استفاده نکنید زیرا باعث خرابی کولیس و ایجاد خطا در اندازه گیری خواهد شد .

روش خواندن کسری از میلی متر به کمک ورنیه

برای خواندن کولیس به این ترتیب عمل می شود که اگر صفر ورنیه در مقابل یکی از تقسیمات اصلی خط کش قرار داشته باشد، اندازه خوانده شده از خط کش اصلی که در مقابل صفر ورنیه قرار دارد عددی صحیح بوده و نیازی به خواندن ورنیه وجود ندارد و چنانچه صفر ورنیه ما بین دو خط از تقسیمات اصلی خط کش قرار گیرد، بایستی برای تعیین اندازه تنظیمی ، ابتدا تقسیمات اصلی واقع در سمت چپ صفر ورنیه را در نظر گرفت و سپس با نگاه کردن به ورنیه ، خطی از تقسیمات آن را که در مقابل یکی از تقسیمات اصلی خط کش قرار دارد تشخیص داده و تعداد خطوط سمت چپ آن را در دقت کولیس ضرب و حاصل آن را با اندازه صحیح خوانده شده از خط کش اصلی جمع کرد .

انواع کولیس از نظر دقت

کولیس با دقت $\frac{۱}{۱۰}$: در این نوع ورنیه‌ها فاصله ۹ میلی متر از تقسیمات اصلی خط کش به ۱۰ قسمت مساوی تقسیم شده است، در نتیجه طول هر یک از تقسیمات ورنیه به اندازه ۰/۹ میلی‌متر بوده و اختلاف هر یک از تقسیمات خط کش با تقسیمات ورنیه که همان دقت کولیس است به اندازه ۰/۱ است .

مثال – برای اندازه گیری طول یک قطعه کار از کولیس ۰/۱ استفاده شده ، اگرصفر ورنیه از ۲۱ خط کش کولیس گذشته شده باشد و ششمین خط بعد از صفر ورنیه در مقابل یکی از خطوط خط کش کولیس باشد ، طول قطعه کار چقدر است ؟

مقدار کسری ۶ ×۰/۱ = ۰/۶ , ۲۱ + ۰/۶ = ۲۱/۶ mm

کولیس با دقت $\frac{۱}{۲۰}$: در این نوع کولیس‌ها فاصله ۱۹ میلی‌متری ورنیه به ۲۰ قسمت مساوی تقسیم شده است، در نتیجه فاصله هریک از تقسیمات ورنیه برابر $\frac{۱۹}{۲۰}$ = ۰/۹۵ میلی‌متر و اختلاف هر یک از تقسیمات اصلی با تقسیمات ورنیه ۰/۰۵ میلی متر (۰/۰۵ = ۰/۹۵ – ۱) است . بنابراین دقت این نوع کولیس ها ۰/۰۵ است .

مثال – در یک کولیس میلی‌متری با دقت ۰/۰۵ خط ۱۰ ورنیه با خطی از خط کش ثابت برابر است ، در صورتی که صفر ورنیه بین ۳ و ٤ باشد، مقدار اندازه گیری چقدر است ؟

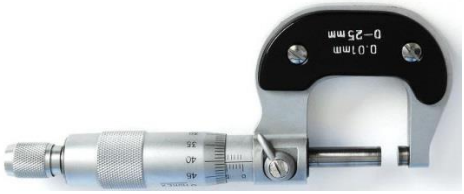
مقدار کسری ۱۰ × ۰/۰۵ = ۰/۵ , ۳ + ۰/۵ = ۳/۵ mm

کولیس با دقت $\frac{۱}{۵۰}$: در این نوع کولیس فاصله ٤۹ میلی‌متری به ۵۰ قسمت مساوی تقسیم شده است ، دقت این کولیس ها $\frac{۱}{۵۰}$ = ۰/۰۲ است .

کولیس اینچی : در کولیس های اینچی خط کش بر حسب اینچ مدرج شده و هر اینچ نیز به ۱٦ قسمت تقسیم شده است . بنابراین فاصله هر یک از تقسیمات اصلی خط کش $\frac{۱''}{۱٦}$ است . در ورنیه این کولیس ها $\frac{۷}{۱٦}$ اینچ را به ۸ قسمت مساوی تقسیم کرده اند . بنابراین فاصله هریک از تقسیمات ورنیه $\frac{۷}{۱۲۸} = \frac{\frac{۷}{۱٦}}{۸}$ است ، در نتیجه اختلاف هر یک از تقسیمات خط کش با تقسیمات ورنیه $\frac{۱}{۱۲۸} = \frac{۷}{۱٦} - \frac{۱}{۱٦}$ اینچ خواهد بود . بنابراین دقت این کولیس ها $\frac{۱}{۱۲۸}$ اینچ می باشد .

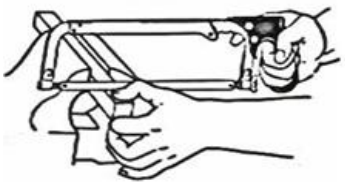
میکرومتر یا ریز سنج

میکرومتر یا ریز سنج ابزاری اندازه گیری با دقتی بیشتر از کولیس است که در دو نوع اینچی و میلی متری ساخته می شوند. هر میکرو متر از فک ثابت، فک متحرک، استوانه‌ی مدرج (خط کش)، ورنیه و کمانی که برای گرفتن میکرومتر از آن استفاده می شود، تشکیل می شود .برای خواندن مقدار اندازه گیری، ابتدا روی استوانه‌ی ثابت میکرومتر عدد رقم صحیح را می خوانیم، سپس عدد اندازه‌ی روی استوانه‌ی متحرک را که ۵۰ قسمت است را می خوانیم . با توجه به تعداد گردش استوانه‌ی متحرک باید مقدار کسری اندازه گیری را بخوانیم. اگر استوانه‌ی متحرک یک دور چرخیده باشد، اندازه ۰ تا ۰/۵ و اگر دو دور چرخیده باشد اندازه‌ی ۰/۵ تا ۱ میلی‌متر است . در نهایت باید عدد کسری را به عدد صحیح اضافه کرد .



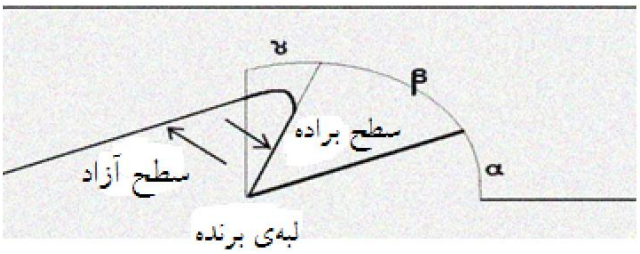
اره‌کاری

براده برداری از قطعه کار به وسیله تیغ اره به منظور بریدن یا ایجاد شیار در آن را اره‌کاری می گویند . در اثر حرکت دادن تیغ اره در جهت برش و فشاردادن آن بر روی قطعه ، دندانه های اره در قطعه کار وارد می شود و در هر حرکت مقداری براده می گیرد . براده ها در بین دندانه های اره قرار می‌گیرند و از محل شکاف جای اره به خارج می ریزد .



نکته : حرکت برش و فشار باید با هم انجام شود ، براده برداری در اره کاری در حرکت رفت صورت می گیرد و در حرکت برگشت برش انجام نمی شود .

برای ایجاد لبه برنده باید سه زاویه زیر در دندانه های تیغه ایجاد شود .



زاویه‌ی آزاد α : زاویه بین سطح آزادگوه و سطح براده برداری شده را زاویه آزاد می نامند . وجود این زاویه برای درگیر شدن ابزار با کار لازم است و سطح اصطکاک را نیز تقلیل می دهد .

زاویه‌ی گوه β : زاویه بین دو سطح گوه را زاویه گوه ، و محل برخورد آنها را لبه برنده می گویند . زاویه گوه برای تیغه اره های دستی که برای بریدن فلزات از آنها استفاده می شود ۵۰ درجه است .

زاویه‌ی براده γ : زاویه محصور بین سطح براده گوه (سطحی که براده روی آن حرکت می کند) و صفحه عمود بر سطح براده برداری شده قطعه کار را زاویه براده می نامند ، این زاویه به جنس قطعه کار بستگی دارد .

زاویه برش $= \alpha + \beta$. $\alpha + \beta + \gamma = ۹۰$

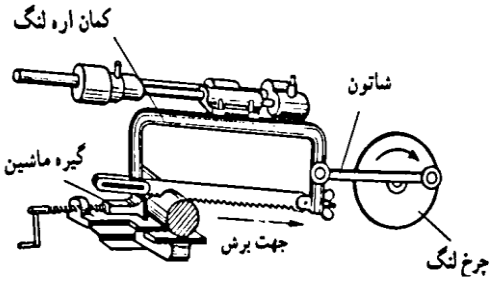
گام دندانه : فاصله رأس یک دندانه تا راس دندانه بعدی را گام دندانه می گویند .

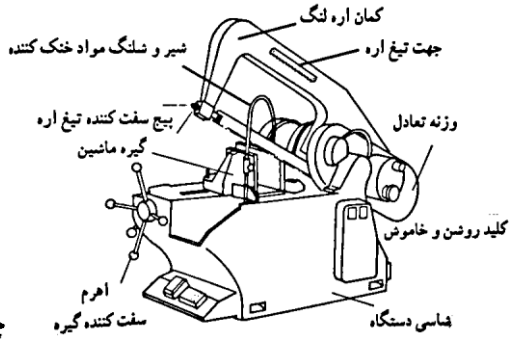
مشخصات تیغه اره

تیغه اره‌ها را با طول های ۳۰ ، ۲۵ و ۲۰ سانتی‌متری و عرض ۱/۲ تا ۱/٦ سانتی‌متری و ضخامت ۰/٦ تا ۰/۸ میلی‌متر می‌سازند . تعداد دندانه های تیغه اره ها را در طول یک اینچ تعیین می کنند که بین ١٤ تا ٣٢ دندانه است که بر حسب کاربرد تیغه اره استفاده می‌شوند . انواع تیغه اره و کاربرد هریک در جدول زیر آمده است .

نوع دندانه	تعداد دندانه در 2/5 cm	کاربرد
ظریف	28 تا 32	فلزات سخت ورق و لوله های نازک
متوسط	24 تا 26	فولاد و چدن
درشت	18 تا 22	فولاد ساختمانی و چدن خاکستری
خیلی درشت	14 تا 16	مواد نرم مانند مس و آلومینیوم

از کمان اره و ماشین های مختلفی برای اره کاری استفاده می شود که نمونه هایی از آنها عبارتند از ماشین اره آهن بر موتور دار (اره لنگ) ، ماشین اره نواری ، ماشین اره گرد ، ماشین اره اصطکاکی و ... که در زیر ماشین اره لنگ را مشاهده می‌کنید .





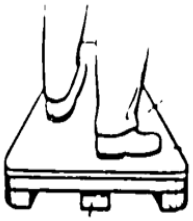
ماشین اره لنگ

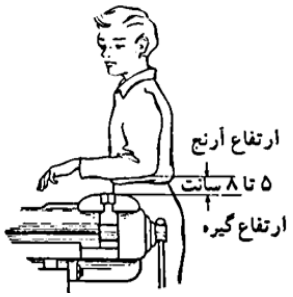
در هنگام اره کاری باید نکات زیر رعایت شود .

۱ – قبل از شروع به کار باید مسیر اره کاری را خط کشی کرد .

۲ – تیغه اره سالم را در کمان سالمی طوری قرار داده تا جهت دندانه رو به جلو باشد .

۳ – با توجه به قد خود باید از میز کار با ارتفاع مناسب استفاده کرد ، مناسبترین ارتفاع ، ارتفاعی است که وقتی کنار میز می ایستیم سطح گیره ۵ تا ۸ سانتی‌متر پائین تر از آرنج قرارگیرد ، از آنجایی که معمولاً ارتفاع میز کار حدود ۸۵ cm ثابت است ، افراد با قد کوتاه می توانند از زیر پایی استفاده کنند .





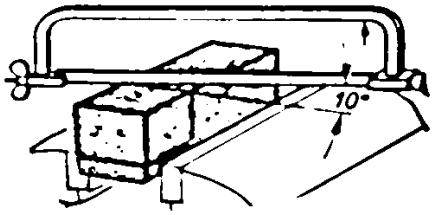
٤ – تیغه اره را نزدیک محل برش به گیره ببندید تا در موقع کار حالت ارتعاشی نداشته باشد، سر وصدا نکند و تیغه نشکند .

۵ – نسبت به قطعه کار در وضعیت مناسبی بایستید تا بتوانید قدرت برش مناسب کار را تنظیم کرد .

٦ – توسط اره یا سوهان سه گوش شیار راهنمایی بر روی قطعه کار ایجاد کنید .

۷ – اره را به طور مستقیم هدایت کنید و از تمام طول تیغه اره استفاده کنید .

۸ – در موقع شروع به اره کاری ، تیغه اره را حدود ۱۰ درجه مایل به سطح کار قرار داده و با فشار کم و کورس کوتاه شروع به کار نمائید، در برخی کتاب ها زاویه اره نسبت به کار ۳۰ درجه در نظر گرفته شده است .



۹ – برای جلوگیری از گرم شدن تیغه اره عمل برش را با سرعت مناسبی انجام دهید، سرعت برش برای فلزات سخت کمتر و برای فلزات نرم بیشتر است .

۱۰ – برای خنک کردن تیغه اره از مایع خنک کننده (آب‌وصابون) استفاده می‌شود و نباید از روغن استفاده کرد، زیرا نه تنها موجب لیز خوردن تیغه اره روی سطح کار می‌شود، بلکه براده های کوچک را جذب می‌کند و براده برداری را مشکل می‌کند .

۱۱– استفاده از تیغه اره هایی که تعدادی از دندانه های آن شکسته است، باعث شکسته شدن دندانه های سالم بعدی می شود ، برای جلوگیری از این کار باید محدوده دندانه های شکسته را به طور کمانی سنگ زده شود .

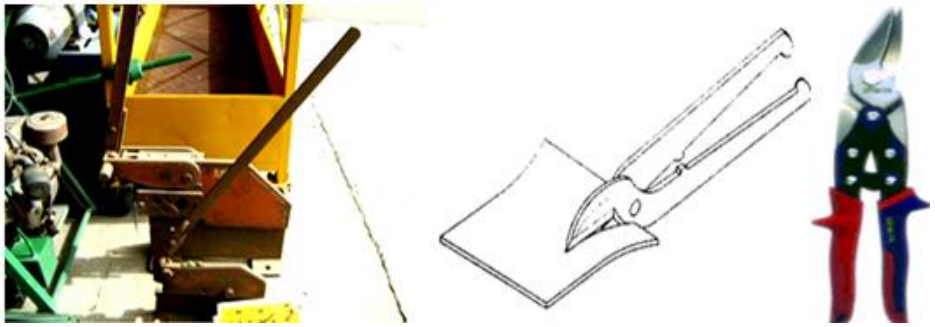
۱۲ – اگر طول مسیر برش بیشتر از ارتفاع کمان اره باشد با افقی بستن قطعه کار ، عمل برش را عمودی انجام دهید.

ورق کاری

برش کاری و فرم کاری انواع ورق ها به وسیله دست یا ماشین به طوری که منجر به تغییر فرم ورق شود را ورق کاری می گویند .

برش کاری

بریدن، فرآیند جداسازی مواد بدون تولید براده است. این فرآیند معمولاً در ابتدای خط تولید به منظور اندازه کردن قطعات و آماده کردن آن ها برای سایر فرآیندهای فلزتراشی مورد استفاده قرار می‌گیرد . ابزار های برش دارای انواع مختلفی است اما اصول آن ها یکسان است . کلیه‌ی این ابزارها دو تیغه برنده دارند که با حرکت این دو تیغه به سوی یکدیگر قطعه مورد نظر بریده می شود . برای بریدن ورق های نازک از قیچی های دستی استفاده می‌شود که در انواع قیچی دستی ورق بر، ورق‌بر کج، ورق‌بر چپ‌بر و راست‌بر ، طول‌بر ، لوله‌بر و ... ساخته می شوند . قیچی های صنعتی نیز به سه دسته گیوتینی، سوسماری و گردان تقسیم می‌شوند و هریک می توانند نیرو محرکه دستی، هیدرولیکی و یا نیوماتیکی داشته باشند .



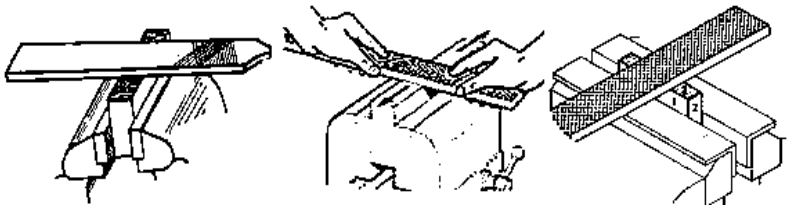
فرم کاری

تغییر شکل دادن ورق ها به اشکال دلخواه به وسیله دست یا ماشین را فرم کاری می گویند، در حالت دستی بیشتر از گیره و چکش استفاده می شود و درحالت ماشینی از دستگاه نورد و .... استفاده می شود .

سوهان کاری

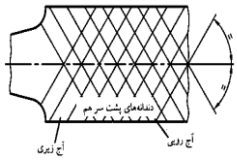
سوهان کاری یکی از روش های براده برداری از سطوح مستوی، زاویه‌دار و منحنی می‌باشد که با دست (با سوهان) یا ماشین انجام گیرد. در سوهان کاری دستی، به وسیله حرکت سوهان بر روی قطعه کار به طرف جلو و فشردن سوهان روی قطعه کار دندانه ها در قطعه فرو می رود و براده های کوچکی از آن برداشته می شود، باید حرکت برش و فشار برش با هم هماهنگ باشند و حرکت به عقب بدون فشار انجام گیرد .

سوهان : سوهان قطعه ای است از جنس فولاد کربنی یا فولاد آلیاژی که عملیات حرارتی روی آن انجام می شود، پس از ایجاد دندانه روی سوهان قسمت بدنه آن را سخت کرده ولی دنباله آن را برای جلوگیری از شکستن نرم باقی گذاشته اند .

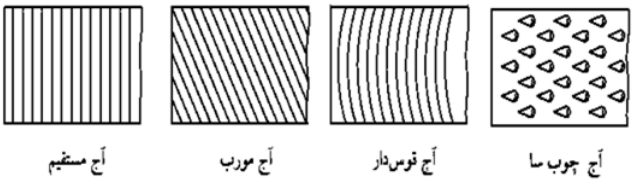


انواع آج سوهان

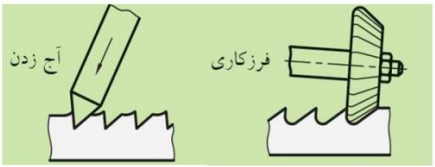
آج سوهان را با دو روش فرز کاری و ضرب زنی روی سطح سوهان ایجاد می کنند . سوهان را در انواع یک آجه و دو آجه می سازند نوع یک آجه برای براده برداری مواد نرم مانند آلومینیوم، روی، قلع، مس، سرب و مواد مصنوعی استفاده می شود و از نوع دو آجه برای براده برداری با حجم بیشتر از فلزات سخت مانند فولاد و چدن به کار برده می شود .



سوهان دو آجه



انواع سوهان یک آجه



تعداد آج موجود در یک سانتی متر از طول سوهان معرف ظرافت سوهان است و آنها را بر حسب ظریف یا خشن بودن سوهان ها استاندارد کرده اند و با شماره های ۰ تا ٤ مشخص می شوند .

علامت	4	3	2	1	0
نوع آج	خیلی نرم	نرم	متوسط	خشن	خیلی خشن

طول سوهان: اندازه‌ی سر سوهان تا شروع دنباله‌ی آن را طول یا اندازه اسمی سوهان می گویند . سوهان را با طول های ۸ ، ۱۰ ، ۱۲/۵ ، ۱٦ ، ۲۰ ، ۲۵ ، ۳۱/۵ ، ۳۷/۵و ٤٥ سانتی‌متری تولید می شوند .

انواع فرم سوهان : سوهان های دستی در اندازه های مختلف و در اشکال متفاوت می سازند که در زیر با برخی از انواع آنها آشنا می شویم .

اسم سوهان	شکل مقطع
سوهان چهار گوش	
سوهان گرد	
سوهان سه گوش	
سوهان ذوزنقه ای	
سوهان لوزی	
سوهان نیم گرد	
سوهان کاردی	
سوهان تخت	

کاربرد انواع سوهان

سوهان تخت : بیشتر از سایر سوهان ها برای کارهای عمومی در فلزکاری استفاده می شود .

سوهان نیم گرد : برای سوهان کاری داخل سوراخ ها و قوس دادن به قطعه کار به کار می رود .

سوهان چهارگوش : برای چهار گوش کردن سوراخ ها و سوهان کاری شیارها بکار می رود .

سوهان سه گوش : از سوهان سه گوش برای ایجاد شکاف ٦٠ درجه و سائیدن گوشه های داخلی قطعات بکار می رود .

سوهان کاردی : برای در آوردن چاک ها و شیارهای زاویه دار استفاده می شود .

سوهان خنجری : برای سوهان کاری جهت چاک های مخصوص و باریک استفاده می شود .

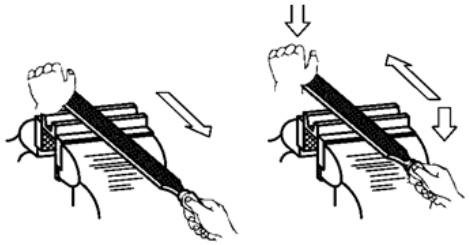
سوهان آج درشت : برای سوهان زدن لاستیک و چوب از از سوهان آج درشت استفاده می شود .

در هنگام سوهان کاری باید موارد زیر را رعایت کرد

۱ – ابتدا باید سوهان مناسب را از نظر فرم ، اندازه و شماره آج انتخاب کرد .

۲ – گیره مناسب با قد خود را انتخاب کنید و قطعه کار را داخل گیره قرار دهید .

۳ – دسته سوهان را در نرمی کف دست قرار دهید طوری که انگشت شست بالای آن قرار گیرد، برای هدایت بهتر و تأمین نیروی تعادلی حرکت سوهان از دست چپ و از دست راست برای تأمین نیرو رفت و برگشت استفاده نمایید .

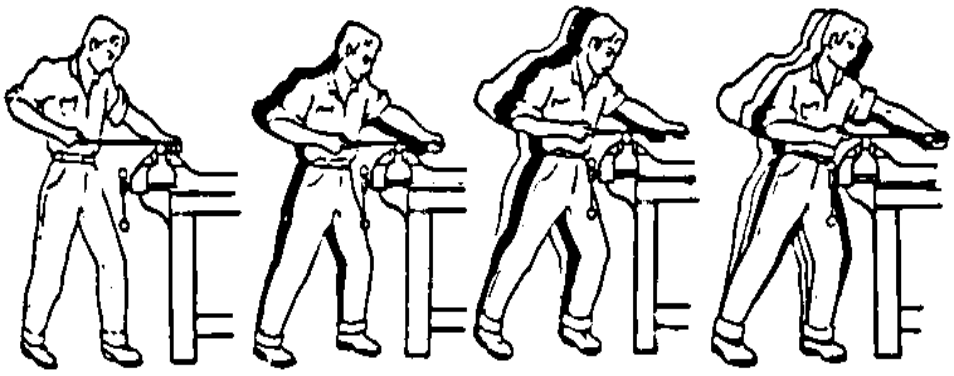


٤ – در سوهان کاری بایستی حرکت برش در امتداد محور سوهان بوده و حرکت جانبی نداشته باشد ، در غیر این صورت سطح کار ناصاف و شیاردار خواهد بود .

٥ – برای سوهان کاری سطوح بزرگ از روش های صلیبی ، طولی و عرضی استفاده می شود .

٦ – برای سوهان کاری سطوح زاویه دار ، قطعه کار را در گیره کج قرار داده و مجموعه را در گیره موازی می بندیم .

۷ – برای اینکه امتداد حرکت سوهان در تمام طول آن در یک سطح باقی بماند ، لازم است که متناسب با حرکت دست از حرکت بدن خود نیز کمک بگیرید . در زیر نحوه ی حرکت بدن در حالت سوهان کاری آورده شده است .



۸ – سوهان را باید مرتباً توسط برس ، سوهان پاک کن و یا ورق های آلومینیومی و برنجی و ... پاک کرد زیرا براده ها ممکن است در بین دندانه گیر کنند و باعث خط افتادن روی قطعه کار شود .

سوراخ کاری

در صنعت ماشین‌ها و دستگاه ها را از قطعات متعددی می سازند و آن ها را با وسایل اتصال دهنده مانند پیچ و مهره، پین، پرچ و غیره روی هم سوار می کنند، لذا لازم است در داخل قعات سوراخ هایی ایجاد شود . سوراخ هایی که مقطع دایره ای دارند با روش براده برداری به وسیله مته ایجاد می گردند ، این عمل را سوراخ کاری می نامند . عمل سوراخکاری به وسیله حرکت توأم دورانی (حرکت اصلی) و حرکت پیشروی مته انجام می گیرد .

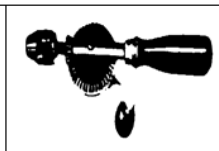
انواع ماشین های مته

۱ - ماشین های مته دستی مکانیکی : ماشین های مته دستی وسایلی هستند که حرکت آنها توسط نیروی ماهیچه انسان تامین می شود که به وسیله ی دنده های مخروطی به محور دستگاه منتقل می گردد . کاربرد این ماشین ها برای مکان هایی است که یا برق موجود نباشد یا نتوان از نیروی برق استفاده کرد .

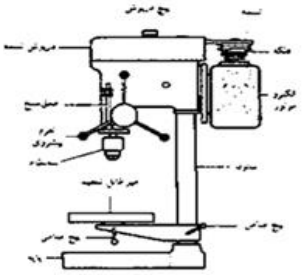
۲ - ماشین مته دستی گیر بکس دار : این ماشین ها دارای گیربکس کوچکی است که به وسیله آن تعداد دور سه نظام نسبت به دور اهرم چند برابر می شود .

۳ - ماشین‌مته دستی شترگلویی : کاربرد این ماشین در کارهای چوبی می باشد و مته های آن معمولاً از نوع برگی است .

٤ – ماشین مته دستی برقی : ماشین مته دستی برقی در انواع کوچک و بزرگ و با تعداد دور متفاوت و در نوع ساده و چکشی ساخته می شود . مته الکتریکی دستی در کارگاه های صنعتی و منازل به وفور استفاده می شود .

			
ماشین مته دستی برقی	ماشین های مته دستی مکانیکی	ماشین مته دستی گیر بکس دار	ماشین مته شتر گلویی

۵ – ماشین های مته صنعتی : این ماشین ها کاربرد های صنعتی دارند و در انواع رومیزی، نیمه ستونی (گیر بکس دار)، ستونی و رادیال ساخته می شوند .



مته

مته ابزاری است که برای ایجاد سوراخ در قطعات بکار می رود و در دو شکل دنباله استوانه و دنباله مخروطی ساخته می شوند، جنس مته از فولاد ابزار سازی غیر آلیاژی WS برای سوراخ کاری مس و آلومینیوم ، یا فولاد ابزار سازی آلیاژی HSS برای سوراخ کاری فولاد نرم وچدن است . برای براده برداری از فولاد های سخت لبه برنده آنها را از فلزات سخت (الماسه HM) انتخاب کرده و به سر مته ای که از فولاد معمولی ساخته شده است جوش می دهند .

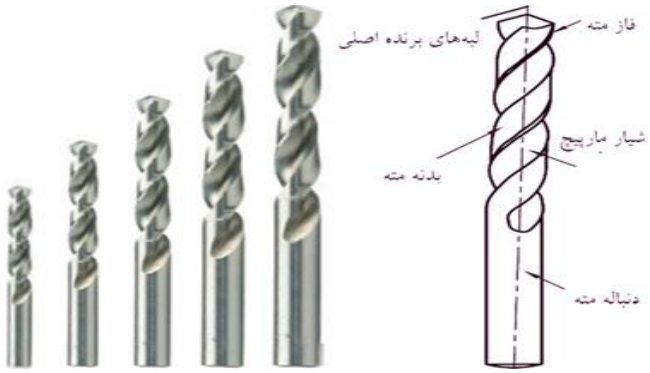
انواع مته ها

مته مرغک : برای اینکه محل سوراخ کاری کاملاً مشخص و نوک مته دقیقاً در مرکز سوراخ قرار گیرد ، این نقطه قبلا توسط مته مرغک سوراخ می شود، کاربرد مته مرغک بیشتر در تراشکاری می باشد . زاویه نوک مته مرغک ۱۲۰ درجه و زاویه انتهای آن ها ٦۰ درجه است.

مته مارپیچ بلند یا ساق مخروطی : این نوع مته ها را معمولاً بلندتر از حد معمول می سازند و برای سوراخ کاری با عمق زیاد بکار می رود . باید توجه کرد که در موقع کار کردن باید فشار زیاد به آن وارد نشود .

مته مارپیچ پله دار : برای اینکه سوراخ کاری به طور مستقیم و بدون عملیات قبلی انجام گردد از این مته ها استفاده می شود و نیز برای خزینه زدن در سوراخ مورد استفاده قرار می گیرد .

مته مارپیچ ساق مخروطی : این نوع مته ها در داخل دارای کانالی است که برای جلوگیری از گرم شدن مته مایع خنک کننده در آن جریان می یابد .

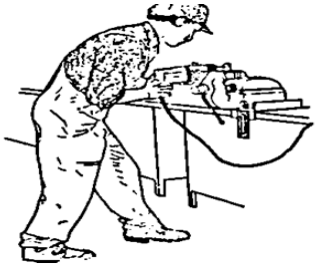


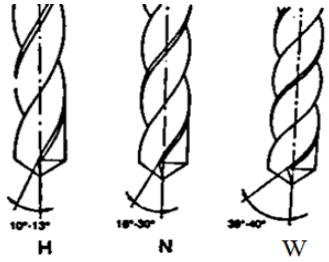
تیپ مته : مته ها را برای سوراخ کاری مواد مختلف در سه تیپ با زاویه پیچش متفاوت می سازند .

تیپ H : تیپ H دارای زاویه مارپیچ کم (۱۰ تا ۱۳ درجه) است و برای سوراخ کاری مواد سخت مانند فولاد سخت ، برنز و برنج به کار می رود .

تیپ N : تیپ N دارای زاویه مارپیچ متوسط (١٦ تا ۳۰ درجه) است و برای سوراخ کاری مواد با درجه سختی متوسط مانند فولاد نرم ، فولاد ریخته و چدن به کار می رود .

تیپ W : تیپ W دارای زاویه مارپیچ زیاد (۳۵ تا ٤۰ درجه) است و برای مواد نرم مانند مس و آلومینیوم به کار می رود .





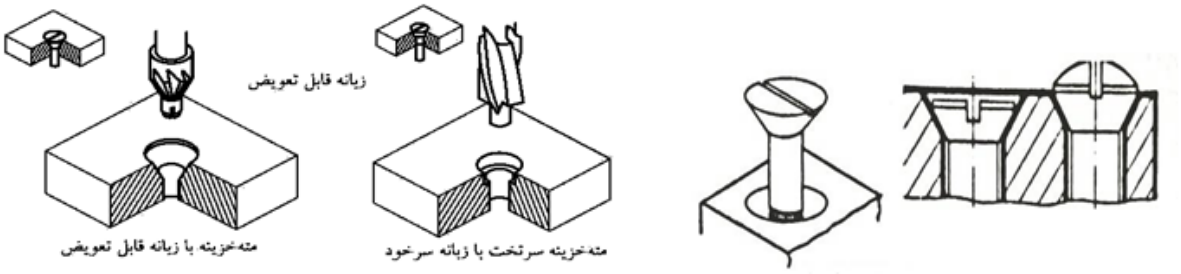
حرکت دورانی و پیشروی مته

حرکت دورانی : حرکت دورانی که حرکت اصلی مته است توسط الکتروموتور ایجاد می شود و به وسیله ی چرخ دنده و تسمه به محور ماشین منتقل می شود و موجب چرخش مته می شود .

حرکت پیشروی : برای عمل سوراخ کاری لازم است که مته ضمن حرکت دورانی به سمت قطعه کار نیز حرکت پیشروی داشته باشد، برای این منظور در بعضی از ماشین ها قطعه کار به سمت مته و در برخی دیگر مته به سمت قطعه کار حرکت داده می شود .

خزینه کاری

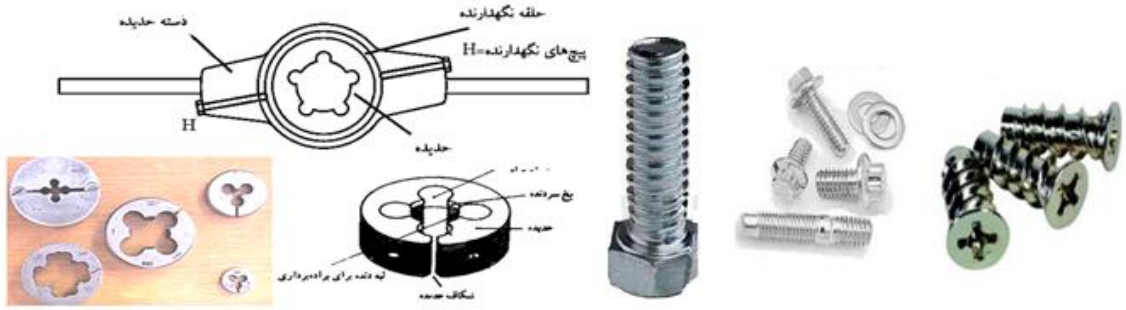
یکی دیگر از کارهای براده برداری خزینه کاری است، منظور از خزینه کاری پلیسه گیری از لبه سوراخ ها ، صاف کردن و جاسازی تکیه‌گاه سر پیچ‌ها و میخ پرچ ها ، پخ کردن سر سوراخ مهره‌ها و ... می باشد . جنس مته خزینه از فولاد ابزار سازی و یا فولاد آلیاژی است و آنها را به فرم های مته خزینه تخت و مته خزینه زاویه دار می سازند .



پیچ و مهره : پیچ قطعه ای به شکل استوانه است که شیارهای مارپیچی با مقطع هندسی(مثلاً مثلث) در سطح خارجی آن ایجاد می شود، اگر این شیارها در سطح داخلی ایجاد شود مهره نامیده می شود، پیچ توسط حدیده و مهره توسط قلاویز ساخته می شود .

حدیده کاری

حدیده ابزارهایی از جنس فولاد کربنی یا آلیاژی هستند که به منظور براده برداری برای ساخت پیچ ها به وسیله دست یا ماشین بکار می‌روند، حدیده ها را می توان به مهره هایی تشبیه کرد که در کنار دندانه های آن شیارهایی برای خروج براده و لبه های تیزی برای براده برداری ایجاد شده است .



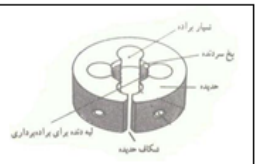
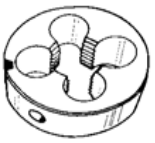
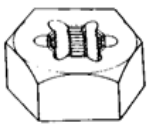
انواع حدیده

حدیده درزدار یک پارچه : این حدیده برای مواد سخت مناسب است و می توان به وسیله آن پیچ بری را در دو مرحله انجام داد . در مرحله اول خشن کاری بدون سفت کردن پیچ های مربوط به شیار انجام می شود ، و در مرحله دوم با بستن پیچ های شیار حدیده شکل نهایی پیچ بری ایجاد می شود .

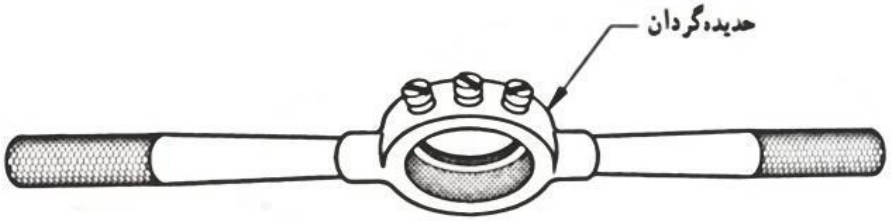
حدیده یک پارچه بدون درز : با این نوع حدیده پیچ بری در یک مرحله انجام می شود .

حدیده شش گوش : از این حدیده برای تمیز کردن پیچ هایی که دندانه آن ها صدمه دیده استفاده می شود .

حدیده چند پارچه : چون حجم براده در پیچ های بزرگتر بیشتر است آن ها را در دو مرحله براده برداری می کنند ، این نوع حدید در حدیده گردان قابل تنظیم نصب می شود .

			
حدیده درزدار یکپارچه	حدیده یکپارچه بدون درز	حدیده شش گوش	حدیده چند پارچه

حدیده گردان : حدیده گردان برای گرفتن حدیده استفاده می شود و در شماره های مختلف موجود می باشد .



با استفاده از جدول زیر می توان قطر مته را برای پیچ های میلی متری بدست آورد .

قطر پیچ mm	قطر مته mm	قطر پیچ mm	قطر مته mm	قطر پیچ mm	قطر مته mm
M 2	1.6	M 8	6.8	M 20	17.5
M 2.6	2.1	M 10	8.5	M 22	19.5
M 3	2.5	M 12	10.2	M 14	21
M 4	3.2	M 14	12		
M 5	4.2	M 16	14		
M 6	5	M 18	15.5		

مثال – جهت ساختن مهره برای پیچ M۱۰ چه مته ای لازم است ؟

مته ۸/۵ میلی متری

دستورالعمل حدیده کاری

۱ – حدیده مورد نظر را انتخاب و در حدیده گردان قرار دهید و پیچ های مربوطه را سفت کنید .

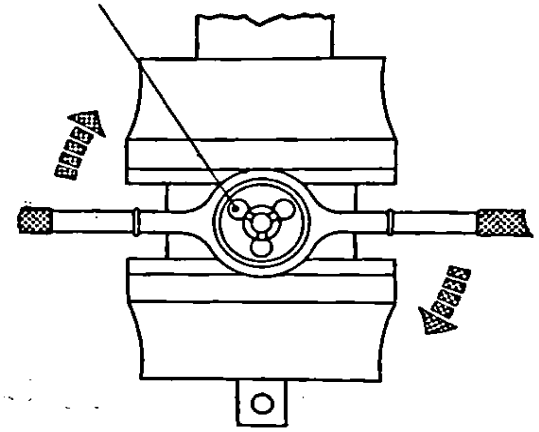
۲ – قطعه کار آماده (میله پیچ) را بطور عمودی به گیره ببندید و آن را سفت کنید .

۳ – حدیده گردان را بطور افقی و با زاویه ۹۰ درجه نسبت به قطعه کار قرار دهید ، در غیر این صورت دنده های پیچ کج خواهد شد .

٤ – حدیده گردان را به سمت پایین فشار دهید و در جهت عقربه های ساعت بچرخانید تا حدیده جا بیفتد و شروع به براده برداری کند .

۵ – پس از حدود دو دور گردش ، حدیده گردان را به اندازه نصف دور در جهت عکس عقربه های ساعت بچرخانید و دوباره در جهت عقربه های ساعت آن را به گردش در آورید .

٦ – پس از انجام متناوب این کار پیچ بری به پایان می رسد . در ضمن کار باید حدیده روغن کاری شود .



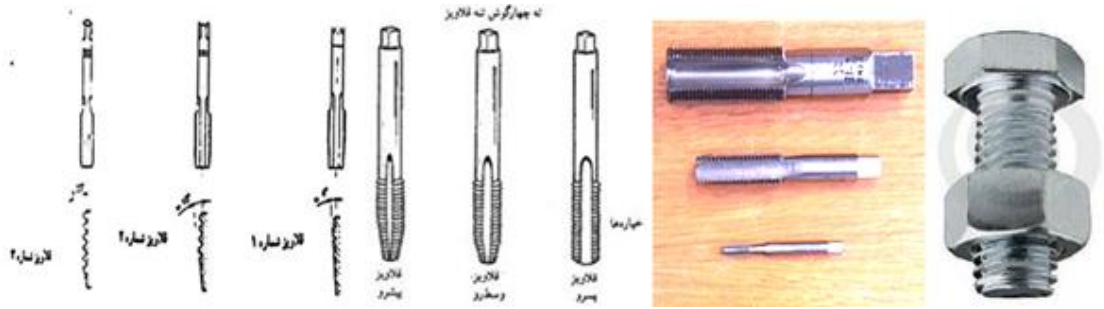
قلاویز

قلاویز از ابزارهای براده برداری است و برای ساختن مهره با دست یا ماشین به کار می رود . قلاویز در دو سیستم میلی متری و اینچی و در دو نوع دستی و ماشینی از فولاد کربنی یا آلیاژی ساخته می شود . قلاویز دستی در سه شماره به ترتیب زیر ساخته می شود تا نیروی برش کم شود و قلاویز نشکند .

۱- قلاویز پیش رو : شیب لبه های برنده این قلاویز ٤ درجه است و با یک خط شناسایی می شود . حجم براده برداری در قلاویز پیش رو ۵۵ ٪ می باشد .

۲ - قلاویز میان رو : شیب لبه های برنده این قلاویز ۱۰ درجه است و با دو خط شناسایی می شود . حجم براده برداری آن ها ۲۵ ٪ است .

۳ - قلاویز پس رو : شیب لبه های برنده این قلاویز ۲۰ درجه است و با سه خط یا بدون خط شناسایی می شود . حجم براده برداری آن ها ۲۰ ٪ است و عمق دندانه را کامل می کند .



انواع قلاویز

قلاویز میلی متری : قطر خارجی و گام دنده (فاصله یک دنده تا دنده مجاور) این قلاویزها بر حسب میلی متر مشخص و روی ساق آن حک می شود .

قلاویز اینچی : روی ساق قلاویز اینچی قطر خارجی بر حسب اینچ و تعداد دندانه ها در هر اینچ حک می شود .

مثال - روی ساق قلاویزی mm ۱/۵ × ۱۰ حک شده است، مفهوم آن چیست ؟

mm به معنی قلاویز میلی متری ، ۱۰ معرف قطر خارجی و ۱/۵ گام دنده قلاویز را نشان می دهد .

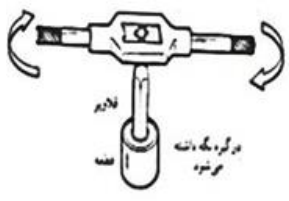
مثال - روی ساق یک قلاویز حروف و اعداد RM ۱/۷۵ × ۱۰ حک شده است . مفهوم آن چیست ؟

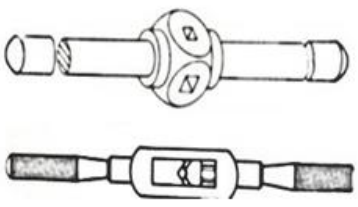
قلاویز میلی متری با قطر خارجی ۱۰ میلی متر و گام ۱.۷۵ میلی متری و به صورت راستگرد می باشد .

نکته : برای خارج کردن پیچ های شکسته از قلاویز چپ گرد استفاده می شود .

قلاویز گردان

از این ابزار برای گرفتن قلاویزاستفاده می شود، قلاویز گردان را بر حسب کاربرد و نسبت به اندازه ی قلاویزها در چند شماره و به فرم های مختلفی می سازند . قلاویز را از قسمت چهار گوش انتهایی به قلاویز گردان می بندند و آن را محکم و آماده به کار می کنند .





دستورالعمل قلاویز کاری

۱ – قطعه‌ی سوراخ کاری شده را به گیره ببندید و سفت کنید .

۲ – از گونیا بودن قلاویز اطمینان پیدا کنید و سپس قلاویز را بین فک های قلاویز گردان قرار داده و محکم کنید.

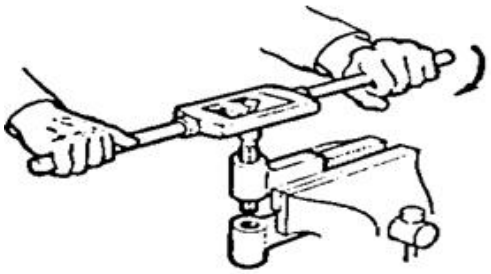
۳ – قلاویز شماره یک را وارد سوراخ کنید و با فشار کم در جهت عقربه های ساعت بچرخانید و در این حالت آن را نسبت به سطح کار عمود کنید .

٤ – قلاویز را حدود دو دور در جهت عقربه های ساعت چرخانده و در حدود نیم دور در جهت عکس حرکت عقربه های ساعت بچرخانید ، این کار را ادامه دهید تا کار قلاویز شماره یک به پایان برسد .

۵ – قلاویز دوم را به ترتیب بالا در سوراخ وارد کنید و به وسیله قلاویز سوم ساخت مهره را تمام کنید .

برقو کاری

برای به اندازه رساندن دقیق قطر سوراخ ها و پرداخت جدار داخلی آن ها از برقو استفاده می شود . برقوها از ابزارهای براده برداری دقیقی هستند که از جنس فولاد کربنی و یا آلیاژی در دو نوع دستی و ماشینی ساخته می شود . برقوهای دستی به وسیله قلاویز گردان و توسط دست به گردش در می آید و براده های ظریف از جداره داخلی سوراخ ها جدا می کند . برقوهای ماشینی به ماشین های مته ، فرز و تراش بسته می شود و با دور مناسب به گردش در می آید با پیشروی توسط دست و یا به طور اتوماتیک جدار داخلی سوراخ ها را پرداخت می کند و به اندازه می رساند . برقو در انواع دستی ، ماشینی ، پوسته ای ، انبساطی و قابل تنظیم ساخته می شوند .



گیره لوله صحرایی : لوله های مورد استفاده در برق را درون این گیره می بندند و عملیات برشکاری ، سوهانکاری ، حدیده کاری و ... را روی آن انجام می دهند . این نوع گیره دارای دو فک ثابت و متحرک است که آج و انحنا دارند ،گیره بر روی یک سه پایه تاشو قرار می گیرد و به صورت سیار مورد استفاده قرار می گیرد .

لوله بر : برای بریدن لوله، از لوله بر استفاده می شودکه دارای یک یا چند تیغه فولادی دایره ای شکل درون فک های آن است ، لوله را درون گیره لوله قرار داده و دهانه لوله را با چرخاندن دسته جمع می کنیم و پس از هر دورکمی محکم می کنیم تا لوله بریده شود .

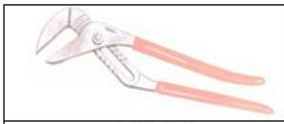
برقو	لوله بر	گیره لوله صحرایی

لوله خم کن : لوله خم کن ها دارای دو نوع دستی و هیدرولیکی است که از دو قسمت ثابت و متحرک تشکیل شده است و به منظور خم کردن لوله های فولادی مورد استفاده قرار می گیرد .

آچار شلاقی : به منظور باز و بسته کردن لوله ها از آچار شلاقی استفاده می شودکه دارای یک فک ثابت و یک فک متحرک است ، فکه متحرک توسط مهره ای قابل تنظیم است .

آچار لوله‌گیر : برای باز و بسته کردن لوله‌ها از آچار لوله‌گیر استفاده می شود، این آچار از یک فک ثابت که به دسته و یک فک متحرک که با مهره تنظیم به دسته متصل می شود تشکیل شده است .

آچارکلاغی : این آچارشبیه انبردست معمولی است که دارای دسته های بلندتری است و قابل تنظیم است.

		
آچار شلاغی	آچار لوله گیر	آچار کلاغی

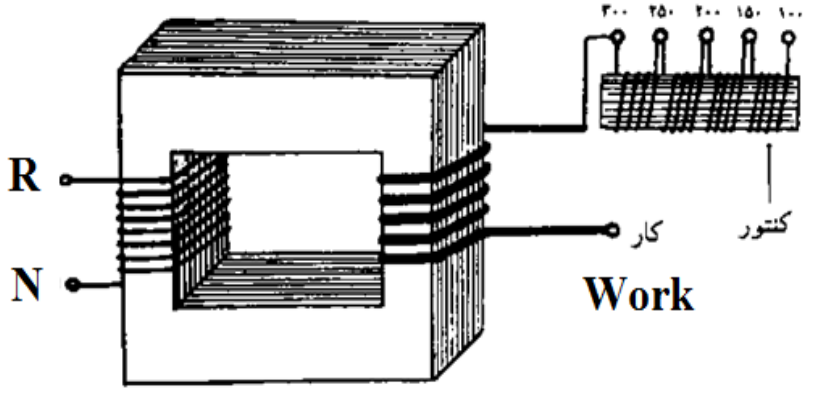
انواع اتصالات

اتصالات موقت: به اتصالاتی گفته می شود که جداسازی آن ها بدون آسیب دیدن قطعات پایه و اتصال دهنده صورت می گیرد، این عمل با توجه به نیاز ممکن است به دفعات انجام شود و در هر دفعه قطعات اولیه با همان اتصال دهنده های قبلی به هم وصل می شوند . پیچ و مهره، خار، پین، گوه و ... نمونه هایی از اتصالات موقت هستند .

اتصالات دائم: به اتصالاتی که به راحتی جدا نمی شوند . در هنگام جداسازی وسیله‌ی اتصال و قطعات متصل شده آسیب می بینند . جوشکاری و لحیم کاری نمونه هایی از اتصالات دائم هستند . لحیم کاری را در فصل سیستم های روشنایی برق ساختمان تشریح شده است و در زیر به بررسی جوشکاری می پردازیم .

معرفی ابزار و وسایل مورد استفاده در جوشکاری

۱ – ترانسفورماتور جوشکاری : ترانس یکی از انواع ماشین های الکتریکی است که در فصل ترانسفورماتور با اصول و نحوه-ی عملکرد آن آشنا می شوید . ترانسفورماتور جوشکاری ولتاژ ۲۲۰ ولت شهر را به ولتاژ کمتری (زیر ۵۰ ولت) با چند رنج جریان در خروجی تبدیل می کند . در حقیقت ترانسفورماتور جوشکاری یک مبدل است که ولتاژ را کاهش و شدت جریان را افزایش می دهد . در شکل زیر ساختمان داخلی ترانسفورماتور جوشکاری نشان داده شده است که در آن سیم پیچ اولیه به برق شهر وصل می شود و سیم پیچ ثانویه ی آن که دارای یک سر به نام کار (Work) و چند سر دیگر که هر کدام یک جریان مورد نیاز را در اختیار ما قرار می دهد، برای ایجاد قوس الکتریکی بین قطعه کار و الکترود استفاده می شود .



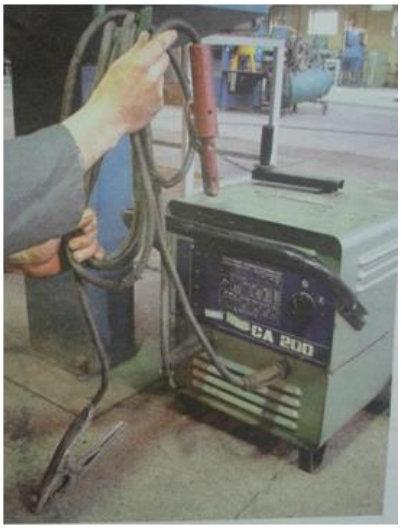
۲ – گیره‌ی اتصال: گیره‌ی اتصال به میز کار یا قطعه کار وصل می شود و برای ایجاد ارتباط الکتریکی از طریق کابل به ترمینال کار ترانس جوشکاری وصل می شود .

۳ – انبر جوشکاری یا الکترود گیر : قسمت خارجی انبر عایق حرارتی و الکتریکی است و قسمت داخلی آن از جنس مس و هادی است که الکترود داخل آن قرار می گیرد .

٤- الکترود جوشکاری : برای ایجاد قوس الکتریکی از الکترود استفاده می شود . الکترود ضمن ایجاد قوس، خود نیز ذوب شده و موجب اتصال قطعات به هم می شود . در واقع الکترود، خروجی ترانس جوش را اتصال کوتاه کرده و به دلیل جریان زیاد ذوب می شود. الکترودها در طول و قطرهای مختلف و جنس های متفاوت ساخته می شوند.

۵ – کابل های جوشکاری: برای ایجاد ارتباط الکتریکی بین قطعه کار و ترمینال Work و بین الکترود و ترمینال های جریان از کابل های رشته ای مسی با عایق لاستیکی استفاده می شود .

٦ – وسایل حفاظتی : در هنگام جوشکاری باید از وسایل حفاظتی چون ماسک، کفش مناسب، لباس کار و ... استفاده شود.



فصل سوم : مفاهیم پایه ای الکتریسیته

مقدمه

انرژی الکتریکی در زندگی امروزی نقش اساسی را بازی می کند و تصور زندگی بدون برق محال است پیشرفت ها وآسایشاتی 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 . یونانی‌های باستان ۲۰۰۰ سال پیش مشاهده کردند که وقتی کهربا را با جسم دیگر مالش می‌دهند با نیروی مرموزی باردار می-شود که می‌تواند اجسامی مانند کاه و برگ خشک را جذب کند . الکتریسیته از الکترون گرفته شده است که نام یونانی کهربا است . درسال ۵۸۵ میلادی دانشمند یونانی به‌نام تالس برای نخستین‌بار در نوشته‌هایش خاصیت کهربا را معرفی کرده است .

در سال ۱٦۰۰ میلادی ویلیام گیلبرت نیروی الکتریسیته را نام گذاری کرد ، اجسامی که مانند کهربا عمل می‌کردند را الکتریک و اجسام دیگر را غیر الکتریک نامید . در سال ۱٦٦۳ اتوفون گوریکه دستگاه تولید بارهای الکتریکی و در سال۱۸۰۰ الکساندر ولتا پیل الکتریکی را ساخت، در سال ۱۸۲٦ 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 می‌کرد . در سال ۱۸٤۰ ژول قوانین گرمای ژول را فرموله کرد و در سال ۱۸٦۷ زیمنس نخستین مولد برق dc و در سال ۱۸٦۸ نخستین موتور dc را ساخت . در سال ۱۸۷۹ ادیسون لامپ را اختراع کرد و در سال ۱۸۸۲ نخستین مؤسسه‌ی 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 مؤسسه‌ی 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 وفضا 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 .

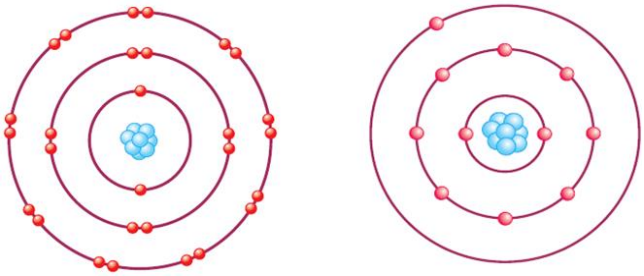
ترکیب : عناصر با هم دیگر ترکیب می شوند و مواد جدیدی را به وجود می آورند که از نظر خواص به هیچ وجه مشابه عناصر نیستند، برای مثال آب یک ترکیب است که از دو عنصر هیدروژن و اکسیژن به وجود آمده است .

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 رسیده‌ایم . 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

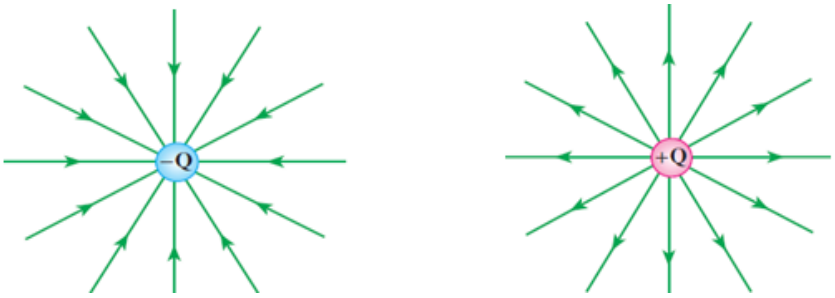
بر اساس آزمایشاتی که توسط دانشمندان در گذشته انجام شده است کشف شد که تمام مواد شامل قسمت های بنیادی بسیار ریزی به نام اتم هستند و این اتم ها شامل اجزای کوچکتری به نام ذره هستند. اتم دارای سه ذره‌ی پروتون با بارمثبت در هسته، نوترون با بار خنثی در هسته و الکترون با بار منفی که در اربیتال‌ها یا مدارهایی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



هسته‌ی اتم : قسمت مرکزی اتم ، هسته نام دارد که پروتون ونوترون درون آن قرار دارند.

پروتون : پروتون در هسته‌ی اتم قرار دارد و دارای بار الکتریکی مثبت $۱/٦ \times ۱۰^{-۱۹}$ کولن است که دارای خطوط نیرویی است که به صورت شعاعی و مستقیم در تمام جهات از آن خارج می شود . طبق نظریه‌ی اتمی پروتون جز اصلی اتم به شمار می‌آید 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 هسته‌ی اتم حرکت می کنند و دارای بار الکتریکی منفی $۱/٦ \times ۱۰^{-۱۹}$ 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 ۱۸٤۰ برابر سبک تر است، الکترون‌ها 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.

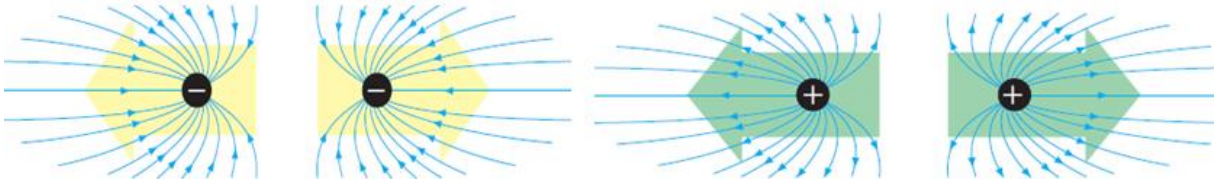


نوترون : نوترون با بار خنثی در هسته ی اتم قرار دارد .

عدد اتمی و جرمی : به تعداد پروتون‌ها عدد اتمی و به مجموع تعداد نوترون‌ها و پروتون‌های اتم، عدد جرمی می گویند .

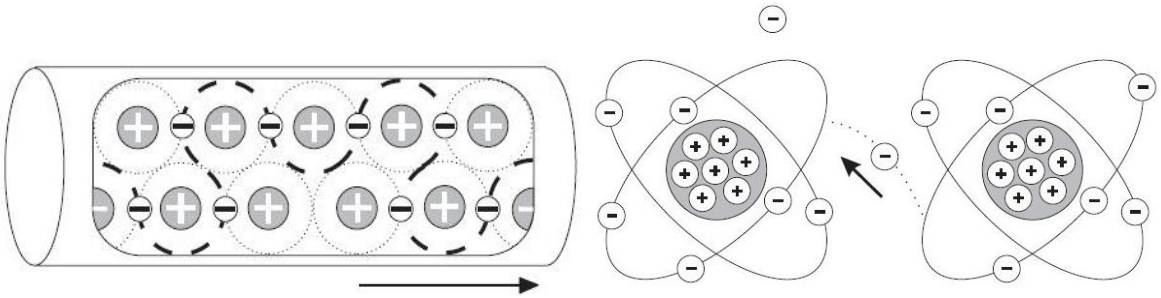
اثر بارهای الکترواستاتیک برهم

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 نیرو ی 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 آن ها خاصیت یکدیگر را خنثی می کنند و اتم را از نظر الکتریکی خنثی نگه می‌دارد . در یک اتم، پروتون‌ها به دلیل نزدیکی به نیروی جاذبه‌ی هسته به سختی از اتم جدا می شوند . اما با اعمال نیرو به الکترون‌ها می‌توان آنها را از اتم جدا کرد و به مدار اتم های مجاور انتقال داد . اگر اتمی تعدادی از الکترون های خود را از دست بدهد باعث می شود تعداد الکترون های آن از تعداد پروتون هایش کمتر شود و در مجموع دارای بار مثبت شود که در اصطلاح یون مثبت ایجاد می شود . اما اگر اتمی تعدادی الکترون از اتم‌های مجاور خود دریافت کند تعداد الکترون‌هایش بیشتر از تعداد پروتون‌هایش می‌شود و به صورت منفی باردار می شود و یون منفی ایجاد می کند .



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 الکترون ها اعمال شود مدار خود را ترک می کند و به صورت الکترون آزاد در می آید .

– هر اتم دارای تعدادی لایه است (حد اکثر۷ لایه) که الکترون ها در مسیر آن حرکت می کنند .

– در هر لایه تعدادی الکترون قرار می گیرند که از رابطه‌ی $۲n^{۲}$ به دست می آید 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 می گیرد .

– آخرین لایه اتم را لایه والانس یا ظرفیت می‌گویند و الکترون‌های لایه آخر را الکترون والانس می نامند .

– هر چه فاصله الکترون‌ها از هسته بیشتر باشد نیروی اعمال شده از طرف هسته به الکترون ها کمتر است، بنابراین الکترون های لایه‌ی والانس که بیشترین فاصله را از هسته دارند کمترین نیرو نگهدارنده از جانب هسته به آنها اعمال می شود 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، همانطورکه گفته شد انرژی الکترون ها به فاصله تا هسته و تعداد آن ها در هر لایه بستگی دارد، به نحوه‌ی که هرچه تعداد الکترون های یک لایه کمتر باشد نیرویی که از بیرون به آن‌ها اعمال می‌شود بین تعداد کمتری از الکترون ها تقسیم شده، پس انرژی بیشتری به هر یک خواهد رسید .

روش های 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 می شود . برای مثال در اثر مالش میله‌ی شیشه ای با ابریشم میله الکترون از دست می دهد و دارای بار مثبت می شود و ابریشم الکترون می گیرد و دارای بار منفی می شود .

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، الکترون های سطح میله‌ی کائوچویی به سطح میله‌ی مسی وارد می شود و آن را به صورت منفی باردار می کند .

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 . اگریک میله‌ی کائوچویی با بارمنفی را به یک میله‌ی آلومینیومی خیلی نزدیک کنیم، نیروی منفی میله ی 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 آن ها رابطه عکس دارد .

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

در این رابطه

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

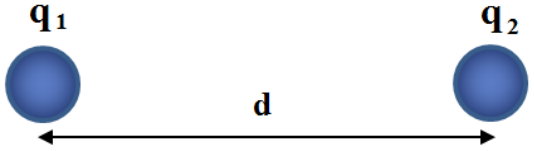
K : ضریب ثابتی است که به واحد های انتخاب شده و جنس محیط بستگی دارد و مقدارش برابر است با :

$$K=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9\times10^9 \frac{nm^2}{d^2}$$

ε_0 : ضریب گذرگهی خلاء برابر با $8/85 \times 10^{-12}$ است .

q_1 , q_2 : بار های الکتریکی برحسب 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 ؟

$$F = k\frac{q_1 . q_2}{d^2} = ۹\times۱۰^۹ \ \frac{۳\times۱۰^{-۶} . ۳\times۱۰^{-۶}}{۲^۲} = ۲۰/۲۵ \times ۱۰^{-۳} \ \text{N}$$

مثال : بار الکتریکی ۲×۱۰^{-۵} کولنی چه نیرویی بر بار الکتریکی ۳۰ میکروکولنی وارد می کند اگر در فاصله‌ی ۲ میلی‌متری از هم قرار گرفته باشند؟

$$F = k\frac{q_1 . q_2}{d^2} = ۹\times۱۰^۹ \times \frac{۲\times۱۰^{-۵}\times ۳۰\times۱۰^{-۶}}{(۲\times۱۰^{-۳})^۲} = ۱۳۵ \times ۱۰^۴ \ (\text{N})$$

میدان الکتریکی

هر بار الکتریکی درفضای اطراف خود میدان الکتریکی ایجاد می کند، اگر یک بار الکتریکی مانند q_O را در این میدان قرار دهیم طبق قانون کولن برآن نیرویی وارد می شود، طبق تعریف نیروی وارد بر یکای بار مثبت ($q_o=۱C$) را شدت میدان الکتریکی می گویند، اگر بر بار آزمون q_o 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 $(\frac{N}{q})$ 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 مقدار۸۰ میکروکولن وقتی در نقطه‌ای از یک میدان الکتریکی قرار گیرد نیرویی برابر۴۰ میلی نیوتون بر آن وارد می‌شود، شدت میدان در این نقطه چقدر است ؟

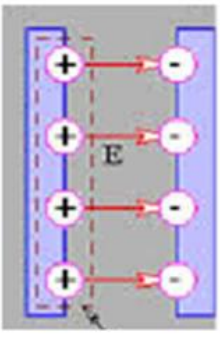
$$E = \frac{F}{q} = \frac{۴۰\times۱۰^{-۳}}{۸۰\times۱۰^{-۶}} = ۰/۵ \times ۱۰^۳ = ۵۰۰ \ \frac{N}{C}$$

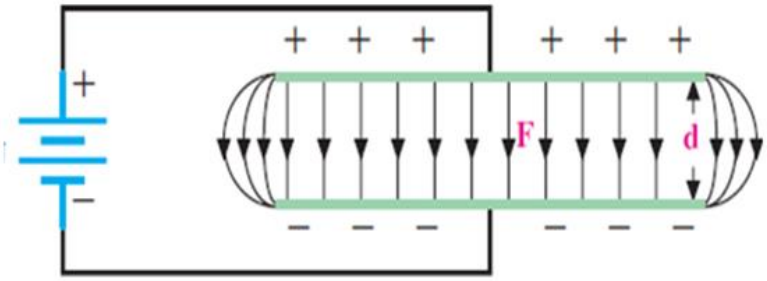
مثال – نیرویی که به بار الکتریکی ۱۰ میکروکولنی در میدانی با شدت ۴۰۰۰۰ نیوتون برکولن وارد می شود چقدر است ؟

$$E = \frac{F}{q} \rightarrow F = E \times q = ۴ \times ۱۰^۴ \times ۱۰ \times ۱۰^{-۶} = ۴۰ \times ۱۰^{-۲} = ۰/۴ \ \text{N}$$

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 فاصله ی d از هم قرار دارند ولتاژ مستقیم U متصل نمود تا بین دو صفحه خازن خطوط میدان مساوی، موازی وهم 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 ؟

$$E = \frac{u}{d} = \frac{۵۰}{۲۰ \times ۱۰^{-۳}} = ۲۵۰۰ \ \frac{V}{m}$$

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

$$E = \frac{u}{d} \quad \rightarrow \quad u = ۱۰۰۰ \times ۰/۰۱ = ۱۰ \ v$$

دسته بندی مواد از لحاظ هدایت الکتریکی

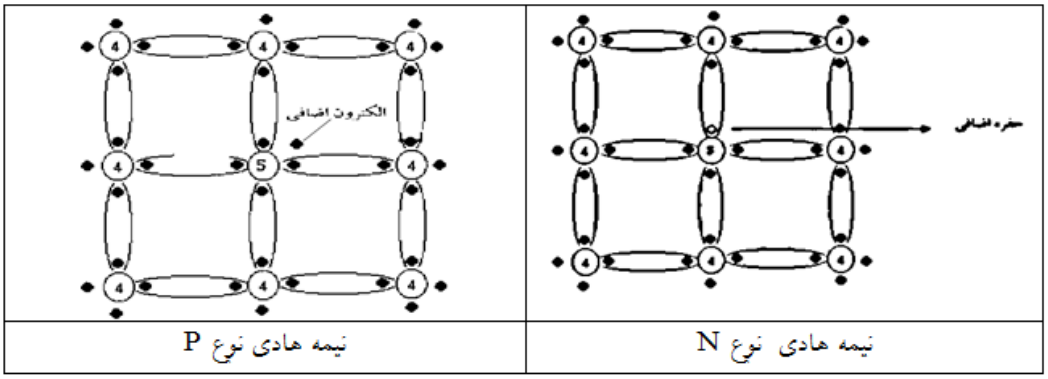
یک – هادی ها : اجسامی مانند مس و آلومینیوم که الکترون های آن‌ها به راحتی از هسته جدا می شوند و الکترون‌های آزاد زیادی تولید می کنند هادی یا رسانا می‌گویند . این فلزات در لایه والانس خود یک تا سه الکترون دارند و می توانند که جریان برق را به راحتی از خود عبور دهند .

دو – عایق ها : اجسامی که در لایه والانس خود ۵ ، ٦ ، 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 ٤ الکترون دارند که در دمای صفر مطلق (C ۲۷۳-) 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، تریستور 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 ٤ ظرفیتی است، اضافه کنیم پس از سرد شدن کریستالی به وجود می آید که فقط ٤ الکترون والانس در به وجود آوردن آن نقش دارند و یکی از الکترون‌ها اضافه است که در دمای اتاق می‌تواند حرکت کند و کریستال را هادی کند چنین کریستالی را نیمه هادی نوع N می‌گویند زیرا بارهای متحرک در آن الکترون‌ها با بار منفی هستند .

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



نیمه هادی نوع N	نیمه هادی نوع P

روش های تولید الکتریسیته

۱ – الکتریسیته‌ی حاصل از اصطکاک (Tribo electric) : زمانی که دو جسم را به هم مالش می‌دهیم در محل مالش حرارت تولید می شود که باعث مبادله‌ی الکترون بین آن‌ها می‌شود . به این ترتیب بار الکتریکی به وجود می‌آید که الکتریسیته ساکن نام دارد در واقع الکتریسیته ساکن هنگامی به‌وجود 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 الکتریسیته ساکن تولید کنند .

۲ – الکتریسیته‌ی 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 الکتریسیته تولید می کند .

۳ – الکتریسیته‌ی حاصل از فشار مکانیکی (پیزو الکتریک) : اکر 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 الکتریسیته است . هنگامی که فشار قطع شود الکترون ها به مدار قبلی خود باز می گردند بنابراین برای استفاده از این روش باید فشار اعمالی پیوسته باشد .

٤ – الکتریسیته‌ی 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 الکتریسیته 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 می آید .

۵ – الکتریسیته‌ی 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 .

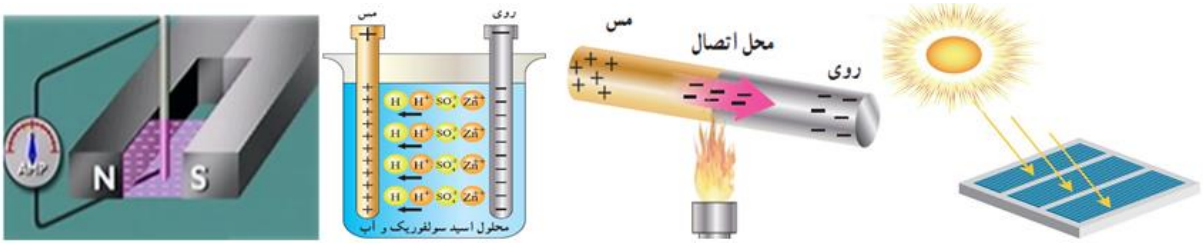
یک . فوتوولتاییک : اگر دو صفحه را به هم وصل کنیم و به یکی از آنها انرژی نورانی بتابانیم باعث آزاد شدن الکترون های اتم های آن صفحه شده که به سمت صفحه‌ی دیگر جاری می‌شوند ، در نتیجه در دو صفحه بارهای مخالف ایجاد می شود .

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

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

٦ – الکتریسیته‌ی 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 .

٧ – روش‌های 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 .



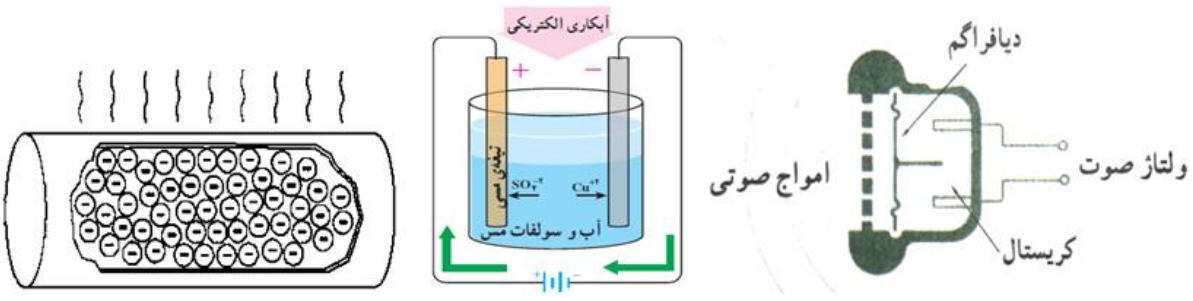
آثار جریان الکتریکی

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

١ – 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 .

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

٣ – 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 می‌شود 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 زا استفاده می شود .



٤ – تولید نور به وسیله جریان الکتریکی : می توان به روش های زیر به وسیله جریان الکتریکی نور تولید کرد .

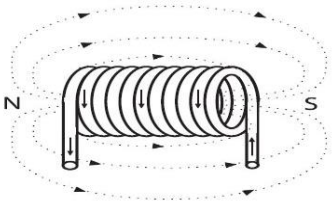
یک – گرما و التهاب : وقتی که از هادی ها با مقاومت مخصوص زیاد که نقطه‌ی ذوب بالایی دارند جریانی عبور کند، داغ می شوند و این گرما را به صورت نور قرمز یا سفید ظاهر می کند، در نتیجه به دلیل گرما و التهاب، درخشش و روشنایی تولید می شود که اساس کار لامپ رشته ای است .

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 می‌شود . 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 استفاده‌ی 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 می‌شود و اشعه‌ی ماورای بنفش از خود متصاعد می‌کند، این تشعشعات با لایه‌ی فلورسانس برخورد می‌کند و نورسفید تولید می‌کند، در لامپهای مهتابی از خاصیت فلورسانس استفاده می‌شود به‌همین دلیل به آن فلورسنت می‌گویند .

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



جریان الکتریکی

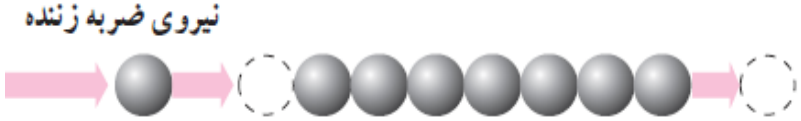
زمانی که تعداد زیادی از الکترون های آزاد درون سیمی در یک جهت حرکت کنند جریان الکتریکی در سیم به وجود می آید به عبارت دیگر عبور بارهای الکتریکی در یک هادی نسبت به زمان را جریان الکتریکی می نامند . برای به وجود آوردن جریان در یک سیم باید یک قطب مثبت و یک قطب منفی را در دو طرف سیم قرار داد . الکترون‌های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

سرعت الکترون‌ها : الکترون‌های آزادی که تحت تأثیر بارهای الکترواستاتیک به حرکت درمی‌آیند باید با نیروهای مداری اتم مخالفت کنند که موجب کند شدن حرکت الکترون‌ها می‌شود به طوری که سرعت الکترون‌ها را به چند سانتی‌متر در ثانیه محدود می‌کند اما سرعت جریان نزدیک سرعت نور (۳۰۰ هزار کیلومتردرثانیه) است که به دلیل ضربان‌های الکترونی است .

ضربان‌های الکترونی : از آن‌جایی که اتم‌ها خیلی به هم نزدیک‌اند وحتی مدارهایشان روی هم قرار می‌گیرد الکترونی که آزاد می‌شود 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 الکترون‌ها به آرامی حرکت می‌کنند . ایمپالس یا ضربان انرژی

الکتریکی که در اتم‌ها انتقال می یابد سرعت زیادی دارد که برابر با ۲۹۹۳٤۰ کیلومتر در ثانیه است که نزدیک سرعت نور می باشد . به این الکترون های آزاد که عمل ایمپالس را انجام می دهند حامل های جریان می گویند .

ضربان انرژی الکتریکی در الکترون ها بسیار شبیه به انتقال ضربه در یک ردیف طولانی از گلوله های 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) می باشد .

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

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 الکترون ها

e : بار الکتریکی الکترون ($۱/٦ \times ۱۰^{-۱۹}$)

مثال – اگر تعداد $۱۲/٥٦ \times ۱۰^{۱۸}$ الکترون در مدت ۲ ثانیه از سیمی عبور کند ، شدت جریان چند آمپر خواهد بود ؟

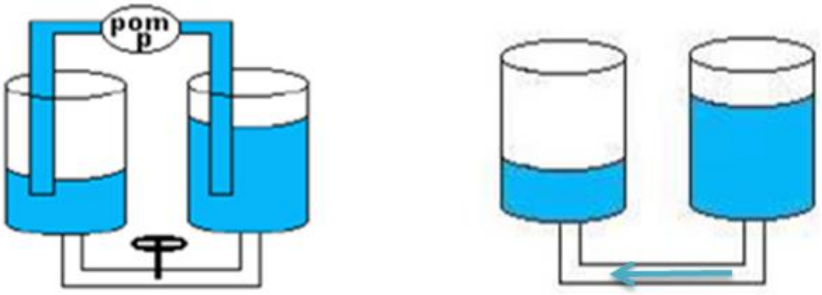
$$I = \frac{q}{t} = \frac{n.e}{t} = \frac{۱۲/٥٦ \times ۱۰^{۱۸} \times ۱/٦ \times ۱۰^{-۱۹}}{۲} = ۱/۰۰٤۸ \ A$$

مثال – اگر دریک مدار جریان ٤ آمپر باشد ، چقدر طول می کشد تا بار ٦۰۰ کولنی از مدار عبور کند ؟

$$I = \frac{q}{t} \quad \rightarrow \quad t = \frac{q}{I} = \frac{٦۰۰}{٤} = ۱٥۰ \ s$$

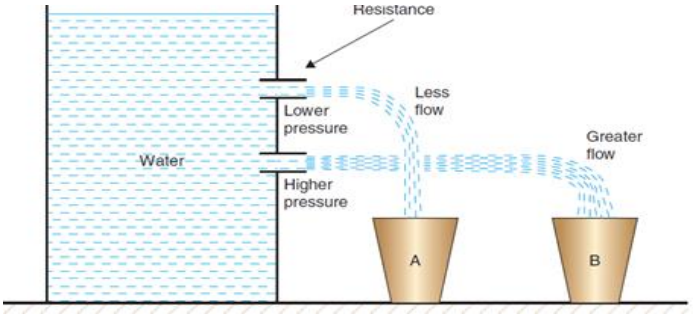
اختلاف پتانسیل یا ولتاژ الکتریکی

بسیاری از افراد کلمه‌ی ولتاژ را در مواجه شدن با باتری ۱۲ ولت اتوموبیل یا برچسپ های ۲۲۰ ولت وسایل الکتریکی دیده اند 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 به‌هم وصل شوند چه اتفاقی می افتد؟ بدیهی است که آب از مخزنی که مقدار آب بیشتری دارد به سمت مخزن دیگر که آب کمتری دارد جاری می شود، عاملی که باعث جاری شدن جریان آب شده است وجود اختلاف میزان آب در مخازن است، به همین ترتیب عامل جاری شدن جریان (حرکت هم جهت الکترون ها) 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 اختلاف‌پتانسیل را عامل جاری شدن جریان در مدارات الکتریکی تعریف می‌کنند که با V یا U نمایش داده می شود و بر حسب ولت است.



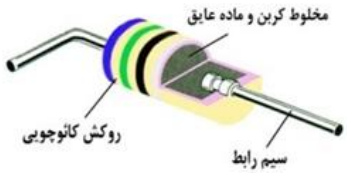
تعریف علمی اختلاف‌پتانسیل الکتریکی : بنا بر تعریف مقدار انرژی لازم جهت انتقال بار الکتریکی مثبت از نقطه ای به نقطه‌ی دیگر (جسمی به جسم دیگر) را پتانسیل الکتریکی گویند .

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 می‌توان 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 میلی‌مترمربع می‌باشد. مقاومت مخصوص با ρ نشان داده می‌شود و واحد آن اهم‌درمتر m . Ω می‌باشد . 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 میلی‌مترمربع را هدایت مخصوص می‌نامند . هدایت مخصوص را با k نشان می دهند . بدیهی است که بین هدایت مخصوص و مقاومت مخصوص رابطه‌ی عکس وجود دارد .

$\rho = \frac{۱}{k}$ - $\rho_{cu} = \frac{۱}{۵۶}$ $\frac{\Omega m m^۲}{m}$

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

فلز	نقره	مس	طلا	آلومینیوم	تنگستن	روی	آهن	قلع	کربن
مقاومت مخصوص نسبت به مس	۰.۹۲	۱	۱.۳۸	۱.۵۹	۳.۲	۳.۶۲	۶.۶۷	۸.۲	۲۰۳۰

۲ – سطح مقطع فلز : هراندازه سطح مقطع یا پهنای یک فلز بیشتر باشد تعداد الکترون های آزاد آن بیشتر است پس می‌تواند مقدار جریان الکتریکی بیشتری را عبور دهد . درواقع با افزایش مساحت مقطع مقاومت الکتریکی کم می‌شود پس می‌توان 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 الکترون های آزاد بیشتری ایجاد می شود اما این الکترون‌ها در اندازه‌ی جریان الکتریکی نقشی ندارند، پس با افزایش طول نه‌تنها مقاومت کاهش نمی‌یابد بلکه افزایش نیز پیدا می‌کند. پس بین طول سیم و مقدار مقاومت رابطه‌ی مستقیم وجود دارد .

رابطه کلی مقاومت

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

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 برحسب $\frac{m}{\Omega mm^2}$ 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 ؟

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

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

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

اثر حرارت بر مقاومت الکتریکی اجسام

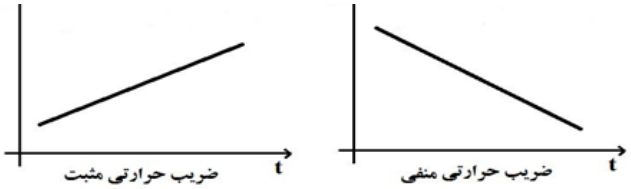
مقاومت همه فلزات با تغییر دما تغییر می کند که میزان این تغییر برای فلزات مختلف متفاوت و به ضریب حرارتی بستگی دارد . ضریب حرارتی میزان تغییرات مقاومت به ازای یک درجه سانتی گراد است و با α نشان می دهند . برای مثال اگر در یک فلز $\alpha = 0/005$ باشد به این معنی است که مقاومت آن جسم به ازای یک درجه سانتی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

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

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

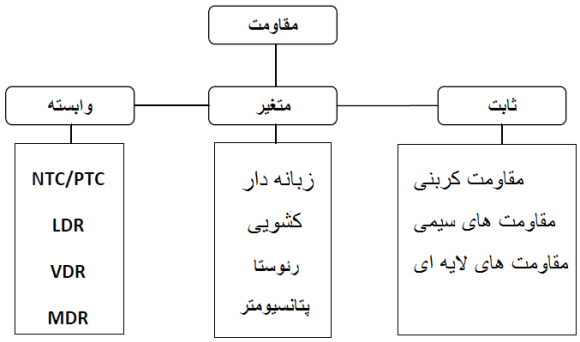


مثال - مقاومت الکتریکی سیمی در صفر درجه‌ی سانتی گراد ۲۰ اهم است، اگر دمای سیم به ۴۰ درجه‌ی سانتی گراد برسد، مقاومت الکتریکی آن چند اهم می‌شود ؟ ($\alpha = 0/004\ \frac{1}{C}$)

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

انواع مقاومت های الکتریکی

مقاومت های الکتریکی به طور کلی به دو دسته ثابت و متغیر تقسیم بندی می‌شوند . مقاومت های ثابت شامل مقاومت کربنی، مقاومت سیمی و مقاومت لایه‌ای می‌باشند، مقدار این مقاومت ها کاملاً ثابت بوده و نمی‌توان آن را تغییر داد . مقاومت های متغیر که مقدار اهم آن‌ها می تواند تغییر کند به دو دسته‌ی 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 .

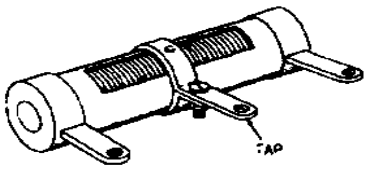
۲ – مقاومت های سیمی : همانطور که گفته شد یکی از عواملی که در مقدار مقاومت یک جسم تاثیر مستقیم دارد طول آن است از این خاصیت می توان برای ساخت مقاومت استفاده کرد در واقع مکانیزم کار به این صورت است که بر روی یک استوانه عایق از جنس سرامیک مقداری سیم با طول زیاد پیچیده می شود .

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 لوله‌ی 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

مقاومت‌های 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 .

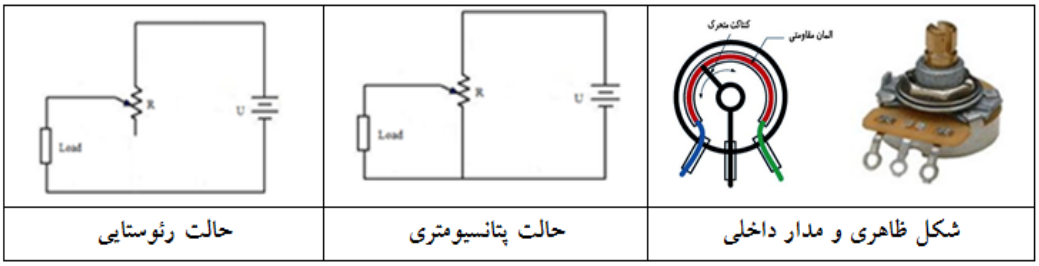
۱ – مقاومت های زبانه دار : مقاومت های زبانه دار تا حدودی قابلیت انعطاف دارند چون می توان بیش از یک مقدار از آن ها بدست آورد در این نوع مقاومت ها علاوه بر دو سر اصلی سرهای دیگری بین دو سر اصلی قرار دارند که با اتصال ترمینال های مختلف به مدار مقاومت های متفاوتی حاصل می‌شود. این مقاومت ها به مقاومت های چند سر مشهور هستند و تعداد سرک هایی آن محدود به ٤ تا ٥ سرک است .



۲ – مقاومت‌های کشویی : مقاومت‌های کشویی شبیه مقاومت‌های زبانه دار هستند با این تفاوت که مقداری ازسیم 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 ترمینال ها انتهایی ، به وضعیت کشوی متحرک بستگی دارد . مقدار این مقاومت ها را نمی توان زیر بار تغییر داد ، بلکه هنگام نصب مقاومت را روی مقدار دلخواه تنظیم کرده و سپس در مدار قرار می گیرد .

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 محفظه ای قرار گرفته ، تشکیل می‌شود، این المان مقاومتی ممکن است به صورت سیم پیچی ، ترکیبی یا لایه ای باشد . یک کنتاک متحرک نیز بر روی این مقاومت حرکت می کند و در نتیجه اتصال الکتریکی با آن بر قرار می شود . کنتاک متحرک به وسیله یک محور گردان بر روی المان مقاومتی می لغزد . 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 می شود که برای کنترل جریان مدارات مورد استفاده قرار می گیرد .

واگر 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 می گیرد .



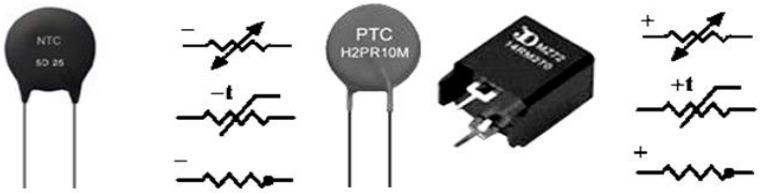
شکل ظاهری و مدار داخلی	حالت پتانسیومتری	حالت رئوستایی

انواع مقاومت های وابسته به عوامل فیزیکی

۱ – مقاومت تابع حرارت (ترمیستور) : ترمیستور مقاومت هایی هستند که مقدار آن ها به حرارت حساس اند و با حرارت اهم آنها تغییر می کند . ترمیستورها در دو نوع ساخته می شوند .

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 مقاومت ها مقدار اهم مقاومت را دردمای 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 می شود .



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 . ازجمله 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 رابطه‌ی عکس دارد . از واریستور به عنوان رگولاتور ولتاژ استفاده می شود .

٤ – 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

اندازه‌ی 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 می‌نویسند . معمولاً علاوه بر مقدار اهمی مقاومت ، تلرانس و توان مجاز را نیز روی آن درج می شود . در مقاومت های کوچک از این روش نمی‌توان استفاده کرد .

۲ – تشخیص مقدار مقاومت ها از روی نوارهای رنگی

الف – روش چهار نواری : 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 درچه 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 .

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

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 طلائی است تلرانس و مقدار مقاومت آن چقدر است ؟

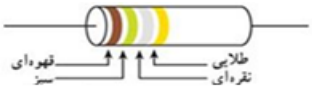
طلائی ٥ ٪ ± قهوه ای ١٠ × سیاه ٠ قهوه ای ١

١٠٠ Ω ± ٥ %

مثال – مقدار مقاوت یک مقاومت با نوارهای رنگی قهوه ای ، سیاه ، قرمز و طلائی چند اهم است ؟

١٠٠٠ Ω ± ٥ %

مثال – مقاومت های زیر چند اهمی هستند ؟



$0.15\ \Omega \pm 5\ \%$

$56\ k\Omega \pm 10\ \%$

ب – روش پنج نواری : از این روش برای تعیین مقدار اهم و تلرانس مقاومت هایی که دارای تلرانس کمتر از ٢٪ 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 تلرانس است. توجه داشته باشید که رنگ اولین نوار نمی‌تواند سیاه باشد.

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

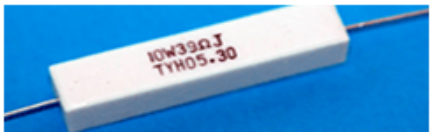
مثال- مقدار اهم و تلرانس مقاومت نشان داده شده چقدر است ؟

R = ٢٧٤×١٠٠Ω = ٢٧٤٠٠Ω = ٢٧/٤KΩ ± ٪١

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

دراین روش با استفاده از اعداد و حروف خاص ، رمزهایی ساخته می شود و این رمزها مقدار اهم و تلرانس مقاومت ها را مشخص می‌کنند. در هر یک از این رمزها معمولاً دو حرف به کار می رود که یکی از این حروف نشان دهنده تلرانس مقاومت و دیگری به عنوان ضریبی برای اعداد موجود در آن رمز است. در شکل زیر معانی حروفی که به عنوان ضریب و تلرانس به کار می روند بیان شده است .

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



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

حرف اول ، مربوط به ضریب و حرف دوم مربوط به تلرانس 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 تلرانس این مقاومت چقدر است ؟

$R = ۶۸K\Omega \pm ٪۲۰$

مثال – بر روی یک مقاومت عبارت ۵R۶K نوشته شده است، مقادیر اهم و تلرانس این مقاومت چقدر است ؟

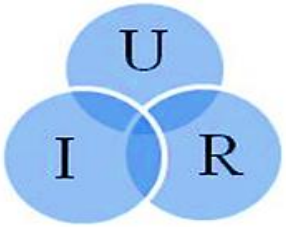
$R= ۵/۶\Omega \pm ٪۱۰$

بنابراین مقدار اهم این مقاومت ، ۵/۶ و تلرانس آن ۱۰٪ است . دقت داشته باشید که در این مثال حرف R علاوه بر بیان ضریب ۱ برای عدد اعشاری ۵/۶ ، به عنوان اعشار عدد اعشاری نیز به کار رفته است .

قانون اهم

قانون اهم رابطه ی بین سه کمیت اصلی ولتاژ، جریان و مقاومت را بیان می کند بر اساس این قانون با اعمال ولتاژ به یک مقاومت اهمی جریانی در مدار جاری می شود، مقدار این جریان از تقسم ولتاژ بر مقاومت بدست می آید . در زیر سه شکل قانون اهم را مشاهده می کنید .

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

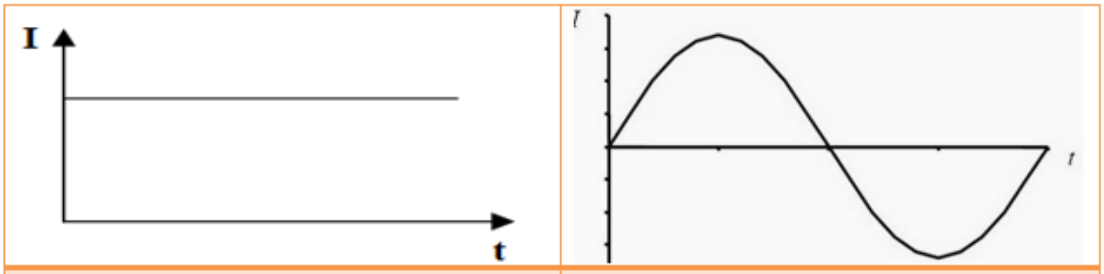


نمایش قانون اهم به صورت نمودار پی

انواع جریان الکتریکی

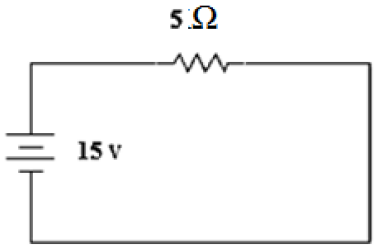
۱ – جریان مستقیم dc : جریانی که توسط منابعی مانند باتری‌ها و مولدهای dc تولید می شوند و مقدار دامنه آن در تمام زمان‌ها با هم برابر و همواره در یک جهت جاری می‌شود جریان مستقیم نامیده می شود .

۲ – جریان متناوب ac : جریانی که توسط ژنراتور ها در نیروگاه‌ها تولید می‌شود و توسط خطوط انتقال و توزیع به مراکز صنعتی و خانگی می رسد و در لوازم خانگی مانند لامپ ها ، لباسشویی و ... مورد استفاده قرار می گیرد جریان متناوب می گویند . جریان متناوب یا ac جریانی دو جهتی است یعنی الکترون ها ابتدا در یک جهت و سپس در جهت مخالف حرکت می کنند که مقدار دامنه آن نیز همواره بین صفر تا حداکثر مثبت و حداکثر منفی در حال تغییر است .



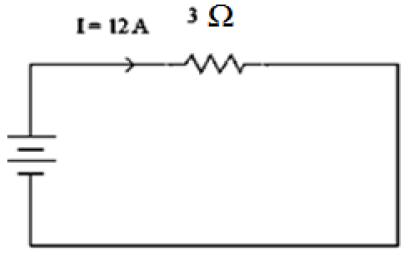
نمودار جریان مستقیم | نمودار جریان متناوب

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



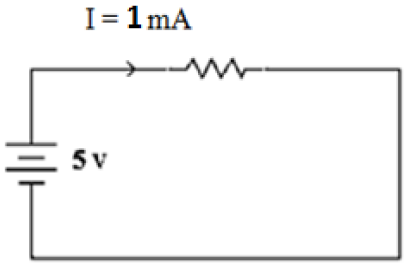
$$I = \frac{U}{R} = \frac{۱۵}{۵} = ۳\ A$$

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



$$U = R\ .\ I = ۳ \times ۱۲ = ۳۶\ v$$

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



$$R = \frac{U}{I} = \frac{۵}{۱ \times ۱۰^{-۳}} = ۵\ K\Omega$$

توان الکتریکی

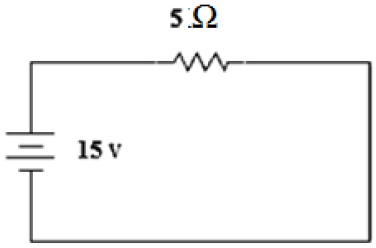
به میزان کار انجام شده در واحد زمان توان الکتریکی می‌گویند توان الکتریکی سرعت انجام کار را نشان می‌دهد، پس مقدار آن از تقسیم کار انجام شده بر زمان انجام کار بدست می‌آید. توان الکتریکی را با P نشان می‌دهند و بر حسب وات w است .

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

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 می توان روابط دیگر که توان را بر حسب جریان ، ولتاژ و مقاومت بیان می کند را بدست آورد .

$$P = U \cdot I \quad , \quad P = R I^{۲} \quad , \quad P = \frac{u^{۲}}{R}$$

مثال – در شکل زیر توان مقاومت را بدست آورید .



$$I = \frac{U}{R} = \frac{۱۵}{۵} = ۳A \ , \ P = U \times I = ۱۵ \times ۳ = ۴۵ w \ , \ P = \frac{u^{۲}}{R} = \frac{۱۵^{۲}}{۵} = ۴۵ w \ , \ P = RI^{۲} = ۵ \times ۳^{۲} = ۴۵ w$$

مثال - بر روی یک لامپ رشته‌ای اعداد ۲۲۰ v و ۲۰۰ w نوشته شده است، مقاومت و جریان لامپ را محاسبه کنید .

$$P = \frac{u^{۲}}{R} \quad \rightarrow \quad R = \frac{۲۲۰^{۲}}{۲۰۰} = ۲۴۲ \Omega \quad . \quad I = \frac{U}{R} = \frac{۲۲۰}{۲۴۲} = ۰/۹ A$$

مثال - یک وسیله الکتریکی با توان ۱۵۰۰ وات به شبکه ای با ولتاژ ۲۰۰ ولت وصل می شود ، مقدار مقاومت المنت آن و جریانی که از شبکه دریافت می کند را محاسبه کنید .

$$I = \frac{P}{U} = \frac{۱۵۰۰}{۲۰۰} = ۷/۵ A \qquad R = \frac{U}{I} = \frac{۲۰۰}{۷/۵} = ۲۶/۶ \Omega$$

مثال – اگر توان یک وسیله‌ی الکتریکی با مقاومت ۱۰۰ اهم ۲۵۰۰ وات باشد، چه جریانی از شبکه دریافت می‌کند؟

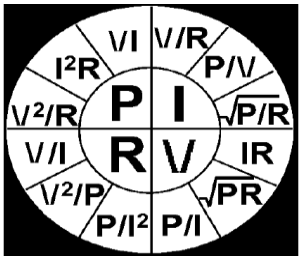
$$P = RI^{۲} \rightarrow I = \sqrt{\frac{P}{R}} = \sqrt{\frac{۲۵۰۰}{۱۰۰}} = ۵A$$

توان الکتریکی بر حسب وات w است ولی توان الکتروموتورها توان مکانیکی است که بر حسب اسب بخار hp سنجیده می شود ، هر اسب بخار معادل ۷۳۶ وات می‌باشد.

$$۱hp = ۷۳۶ w$$

مثال– یک الکتروموتور دارای قدرت ۱۰ اسب بخار است، این توان معادل چند وات می‌باشد؟

$$P = ۱۰ \times ۷۳۶ = ۷۳۶۰ w$$



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 می‌کنیم .

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

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 وسیله‌ی برقی با توان ۲kw به منبع ولتاژ ۲۲۰ ولت متصل شده است، اگر این وسیله در طول ماه ۹۰ ساعت کار کند . مقاومت اهمی، میزان جریانی که از شبکه می کشد ، میزان انرژی مصرفی آن را در یک ماه محاسبه کنید .

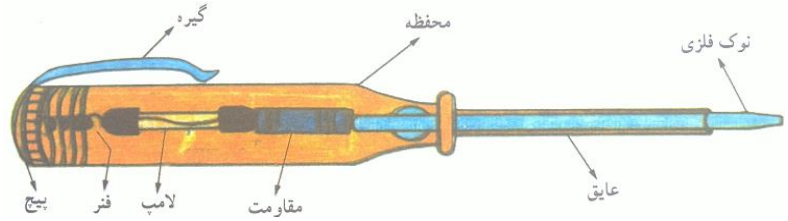
$$P = \frac{u^2}{R} \rightarrow R = \frac{۲۲۰^2}{۲۰۰۰} = ۲۴/۲\Omega \quad , \quad I = \sqrt{\frac{P}{R}} = \sqrt{\frac{۲۰۰۰}{۲۴/۲}} = ۹\,A \quad , W = p.t = ۲ \times ۹۰ = ۱۸۰ \text{ kwh}$$

فصل چهارم : سیستم های روشنایی برق ساختمان

آشنایی با ابزار مقدماتی سیم کشی

پیچ گوشتی : یکی از پر مصرف‌ترین 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 پیچ‌ها با پیچ گوشتی‌های با دسته‌ی بلند، راحت‌تر 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 می‌شود .

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 داردکه 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 شده‌ای از طریق بدن شخص وارد زمین می شود و لامپ را روشن می کند .



انبردست : انبردست وسیله ای است برای فرم‌کاری ، تاباندن و صاف کردن سیم‌ها و در شرایطی که سیم چین و سیم لخت کن در دسترس نباشد می‌توان از انبردست برای لخت کردن و بریدن سیم‌ها 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 می‌شود .

سیم چین : برای قطع کردن سیم ها از سیم چین یا سیم قطع کن استفاده می شود ،که در دو نوع ساخته می‌شود . نوع اول سیم چین هایی که سیم را از پهلو 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 .

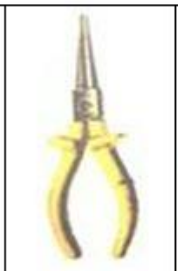
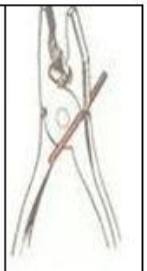
دم گرد : دم گرد شبیه دم باریک است که نوک آن به صورت دایره است و برای فرم دادن و سوالی کردن سیم ها مورد استفاده قرار می گیرد .

سیم لخت کن : از سیم لخت کن برای لخت کردن سیم ها استفاده می شودکه 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 وسیله‌ی پیچ و مهره می توان فاصله‌ی بین لبه ها را کم و زیاد کرد . در واقع پیچ تنظیم کننده و مهره تثبیت کننده‌ی 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 دهدکه سیم داخل آن ها قرار می گیرد ، روبه روی این لبه ها دو لبه‌ی صاف متحرک نیز قرار دارد که به منزله ی نگهدارنده‌ی 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 اگرکمی 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 سیم‌ها 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 استفاده‌ی 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 .

٤ - **پریزهای روپوش دار** : در مکانهایی مانند حمام وبیرون ساختمان که امکان ورود آب به داخل پریز وجود دارد از پریزهای روپوش دار (ضد آب Water prof) استفاده می‌شود .

۵ - **پریز های قفل شونده** : این پریزها دارای کلیدی هستند که به منظور ایمنی می‌توان آن را قفل کرد .

٦ - **پریزهای مخصوص** : برای وسایلی مانند آنتن تلوزیون ، 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 سیم‌ها در سیم کشی پریز ها $۲/۵mm^۲$ 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 .

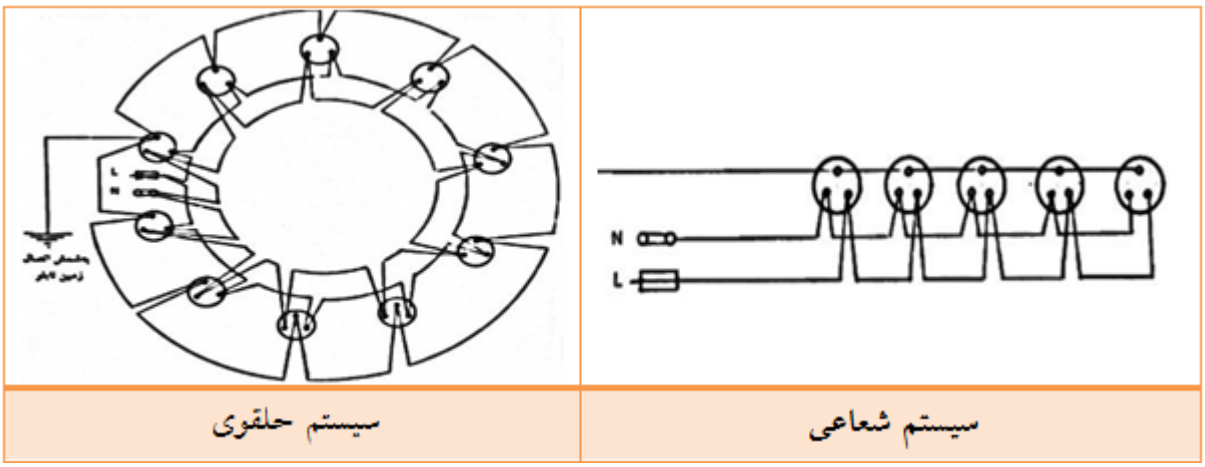
– پریز های مربوط به مصرف کننده های پرقدرت مانند دستگاه جوشکاری ، کولرهای گازی و ... که جریان زیادی می کشند باید دارای مدار جداگانه باشند .

– 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 کنتاکت‌های کلیه‌ی 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 رینگی 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 .



سیستم شعاعی | سیستم حلقوی

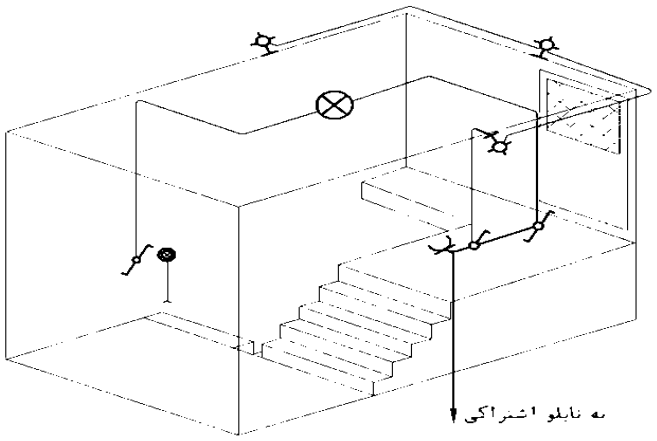
دوشاخه : برای اتصال مصرف کننده‌ها به پریز از دوشاخه استفاده می شود، دو شاخه از دو میله‌ی فلزی که روی پایه‌ی پلاستیکی یا کائوچویی نصب شده اند، تشکیل می شود . برای پریز هایی که اتصال زمین (ارت) دارند از دو شاخه ای استفاده می شود که دارای زائده فلزی اضافی است که سیم زمین را به بدنه‌ی دستگاه مرتبط می سازد .

جعبه‌تقسیم : درهنگام سیم کشی لازم است از سیم‌ها انشعاباتی بگیریم، این انشعابات داخل جعبه تقسیم گرفته می‌شود، جعبه‌تقسیم دردو نوع روکار و توکار وجود دارد که ممکن است گرد یا مستطیلی و در اندازه‌های متفاوت باشند . فاصله جعبه تقسیم از سقف ۳۰ سانتی‌متر است . از آن‌جایی‌که جعبه تقسیم به زیبایی ساختمان لطمه می‌زند، بهتر است کمتر استفاده شود .

کلید تک پل : برای قطع و وصل کردن یک مسیر جریان از کلید تک پل استفاده می‌شود، 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 ازهم جدا کرد .

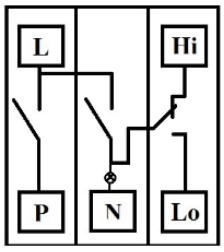
کلیددوپل : کلید دوپل برای قطع و وصل کردن دو گروه لامپ از یک نقطه استفاده می شود . این کلید معادل دو کلید تک پل است که در یک محفظه قرار گرفته اند . کلید دوپل دارای دو پیچ غیر مشترک و یک پیچ مشترک با علامت یا رنگی متفاوت می باشد و کاربرد فراوانی در سیم کشی برق ساختمان دارد .

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 می‌شود که معمولاً در راهروها، سالن‌ها و ... مورد استفاده قرار می‌گیرد . کلید تبدیل جریان را از یک سیم به سیم تعویض می‌کند .



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 .

کلیدکولر: از کلید کولر برای کنترل مدار کولر استفاده می‌شود برروی 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 .



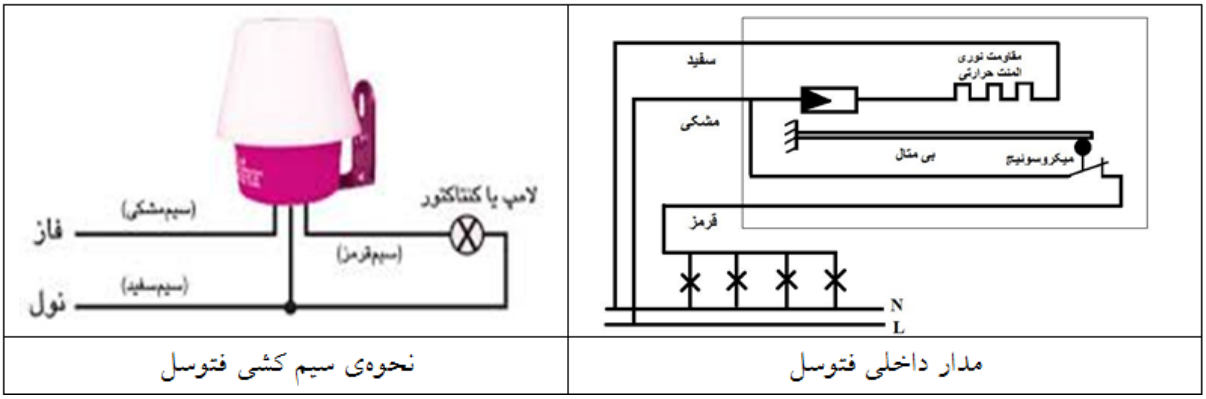
شستی : شستی یک نوع کلید تک پل است که تا وقتی روی آن نیرو وارد می شود کنتاکت های آن به هم وصل است و با برداشتن دست کنتاکت ها به وسیله‌ی نیروی فنر از هم جدا می شوند .

فتوسل

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

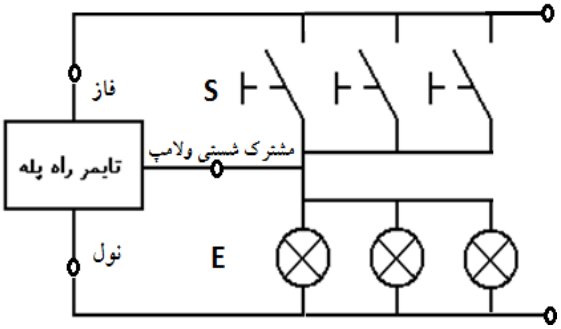
در نوع دیگری از فتوسل به کمک یک تقویت کننده جریان، یک رله‌ی مغناطیسی را برای قطع مدار، فعال می کند. با روشن شدن هوا فتوسل ولتاژی تولید می کند تا به رله فرمان دهد که مدار را قطع کند .

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



مدار داخلی فتوسل | نحوه‌ی سیم کشی فتوسل

تایمر راه پله : تایمر راه پله یک تایمر تأخیر در قطع استکه 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 .

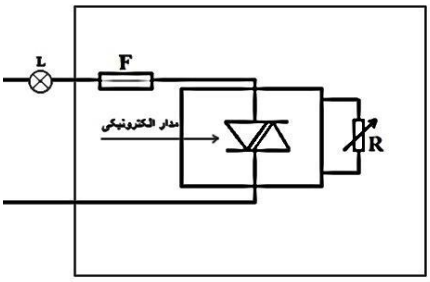


رله ضربه ای : رله ضربه ای همانند رله راه پله در محل هایی استفاده می شود که احتیاج باشد یک یا چند لامپ را از چند نقطه کنترل کرد با این تفاوت زمان مطرح نیست و به طور اتوماتیک مدار را قطع و وصل می شود . رله ضربه ای تقریباً کار کلید صلیبی را انجام می دهد .

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 می کند . 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 نکند.

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 .

دیمر : دیمر وسیله ای است شبیه کلید معمولی که دارای ترمینال‌های ورودی و خروجی است توسط تنظیم کننده آن که به صورت دورانی یا کشویی است می‌توان میزان شدت نور لامپ را تغییر داد، دیمر 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 .



فنر سیم کشی: برای عبور دادن سیم ازداخل لوله های سیم کشی از فنر استفاده می شود . فنر 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 ، فنر با سر زائده دار وارد لوله می شود و سیم ها را که به قلاب انتهایی آن وصل است را با خود می کشد . فنر در متراژهای 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 ازکابل های ضخیم وکابل های با قطرکم 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 .

٢	٤	٦	١٠	١٥ (١٦)	٢٠	٢٥	٣٥	٥٠	٦٣
٨٠	١٠٠	١٢٥	١٦٠	٢٠٠	٢٢٥	٢٦٠	٣٠٠	٣٥٠	٤٠٠
٤٣٠	٥٠٠	٦٣٠	٨٠٠	١٠٠٠					

انواع فیوزاز لحاظ سرعت قطع مدار

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

فیوزکندکار (تأخیری) : فیوزهای کندکار دارای زمان قطع بیشتری نسبت به فیوزهای تندکار دارند و در مدارات راه اندازی الکتروموتورها استفاده می‌شود زیرا جریان راه‌اندازی الکتروموتورها ٤ تا ٧ برابر جریان نامی است، اگر از فیوز تندکار استفاده شود در لحظه‌ی راه‌اندازی فیوز مدار الکتروموتور را قطع می‌کند . فیوز تاخیری را با علامت نشان می‌دهند .

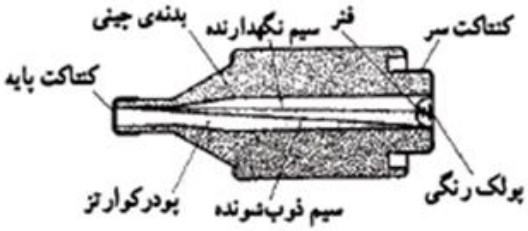
انواع فیوز از نظر ساختمان

فیوز ها دارای انواع مختلفی از جمله فیوز فشنگی ، فیوز کاردی ، فیوز شیشه ای ، فیوز اتوماتیک و ... که در زیر به توضیح نحوه‌ی 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 درجه‌ی 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
مسی روشن	۶۳
نقره ای	۸۰
قرمز تیره	۱۰۰
زرد تیره	۱۲۵
مسی	۱۶۰



فیوز اتوماتیک α

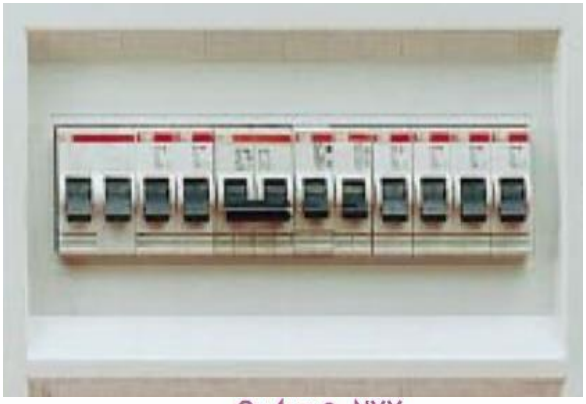
فیوز اتوماتیک یا آلفا نوعی فیوز خودکار است که عبور بیش از حد جریان مجاز از آن موجب قطع مدار می‌شود اما می‌توان دوباره شستی آن را به داخل فشرد تا مدار دوباره وصل شود . در فیوزهای اتوماتیک دو عنصر حرارتی و مغناطیسی وجود دارد . عنصر حرارتی مانند یک رله مغناطیسی جریان ، با وقوع اتصال کوتاه یا جریان زیاد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

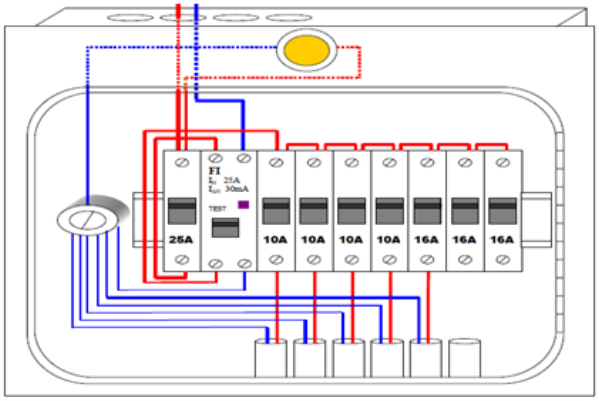
فیوز مینیاتوری

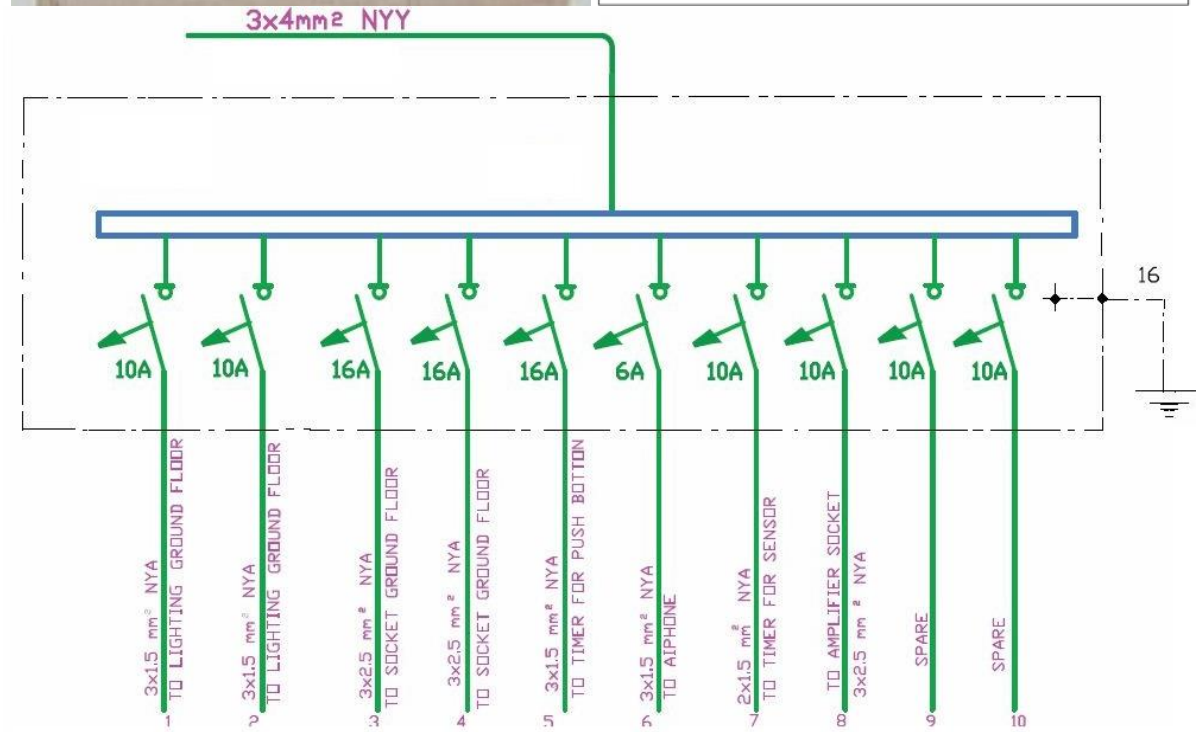
فیوز یا کلید مینیاتوری از نظر ساختمانی مانند فیوز اتوماتیک α است و از سه قسمت رله مغناطیسی (اتصال کوتاه) رله حرارتی (اضافه بار) و کلید تشکیل شده است به این مجموعه کلید موتور نیز نامیده می شودکه در دو نوع L و G ساخته می شود ، نوع L برای مصارف روشنایی و نوع G برای راه اندازی الکتروموتورها مورد استفاده 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 ١٦آمپر استفاده می‌شود

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 .

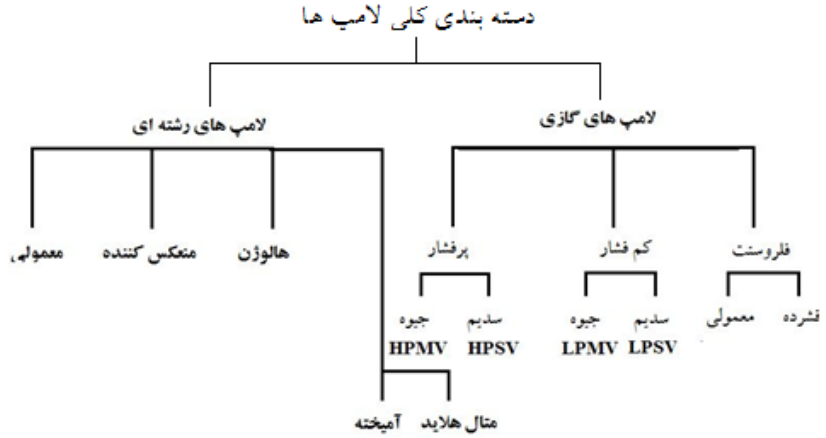
حرف اول : حرف اول g یا a می باشد و مشخص کننده ظرفیت قطع فیوز است . فیوز با علامت g را فیوز با قطع کامل و فیوز با علامت a را فیوز با ظرفیت قطع نسبی می‌نامند .

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 .

سیستم‌های 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 می‌شود اگر درجه حرارت بالاتر برود فلز ابتدا سرخ وسپس نارنجی می‌شود و پس از آن به حالت ملتهب و درخشان درمی‌آید 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 لامپ‌ها از شیشه‌ی معمولی ساخته می‌شود ولی شیشه‌ی لامپ‌های توان بالا و لامپ‌هایی که در معرض باران و برف قرار دارند از شیشه‌ی سخت که مقاومت کافی دارند ساخته می‌شود. در برخی از لامپ‌ها برای کاهش چشم زدگی داخل شیشه را از سیلیس می‌پوشانند. لامپ‌های رنگی را نیز با رنگ زدن سطح داخلی یا خارجی شیشه می‌سازند.

گاز داخل حباب : داخل حباب را از گازهای خنثی مانند آرگون ، ازت، نئون، هلیوم، کریپتون و گزنون پر می‌کنند تا از تبخیر رشته‌ی فیلامان جلوگیری شود .

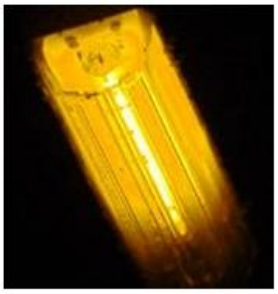
لامپ هالوژن : لامپ هالوژن شبیه لامپ رشته ای معمولی است با این تفاوت که علاوه بر گازهای بی اثر از یک عنصر هالوژن مانند برم یا ید نیز در داخل حباب برای جلوگیری از تبخیر تنگستن استفاده می شود . بهره ی نوری لامپ هالوژن دو برابر لامپ های رشته ای معمولی و طول عمر آن ها حدود ۳۰۰۰ ساعت است . از لامپ های هالوژن 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 اکسیده 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 می شود و بعد از چند دقیقه همه جیوه‌ی بخار می‌شود و لامپ به طور کامل روشن می شود ، بعد ازخاموش کردن لامپ حدود ۵ تا ۷ دقیقه طول می کشد تا خنک شود و شرایط برای روشن شدن مجدد فراهم شود .

لامپ متال‌هلاید : لامپ متال‌هلاید ساختمانی شبیه لامپ جیوه پرفشار دارد که داخل حباب علاوه بر جیوه مقدار کمی نمک های هالوژنی اضافه می شود، کاربرد این نوع لامپ‌ها بیشتر در روشنایی میادین ورزشی، نورتابی 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 می شود و راه اندازی آنها حدود ۱۵ تا ۲۰ دقیقه طول می کشد، 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 می شود .

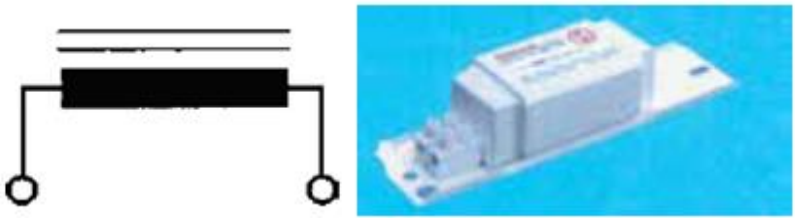


لامپ فلورسنت (Fluorescent): لامپ فلورسنت یا مهتابی از پر کاربردترین نوع لامپ ها است و در مراکز اداری، صنعتی، آموزشی، تجاری، خانگی و ... استفاده می‌شود . این لامپ از یک لوله بلند (۲۰ تا ۱۶۰ سانتی متری) با قطر داخلی کم (۲۵ تا ۳۸ میلی‌متر) ساخته می‌شود و داخل آن از ماده فلورسنت پوشیده شده است، در دو طرف لوله دو رشته فلزی تنگستن اندود به باریم که به راحتی الکترون ساطع می‌کنند و گاز را گرم و به حرکت در می آورد 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 می شود .

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

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 .

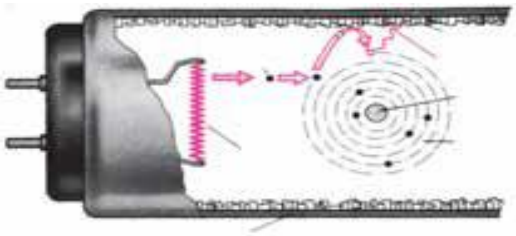
ب – محدود کردن جریان پس از راه اندازی : پس از آنکه لامپ روشن شد بخار جیوه داخل آن در اثر یونیزاسیون ، مقاومت کمی پیدا می کند و در نتیجه جریان لامپ بالا می رود ، در این حالت چوک باعث کاهش جریان لامپ می شود .



استارتر(starter): استارتر یک لامپ نئون کوچک است که از دو الکترود تشکیل شده است یکی از الکترودهای آن یک تیغه‌ی بی‌متال و الکترود دیگر یک تیغه‌ی 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 می‌ماند زیرا گاز جیوه یونیزه شده و جریان مسیرش را از طریق گاز داخل مهتابی می‌بندد .

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

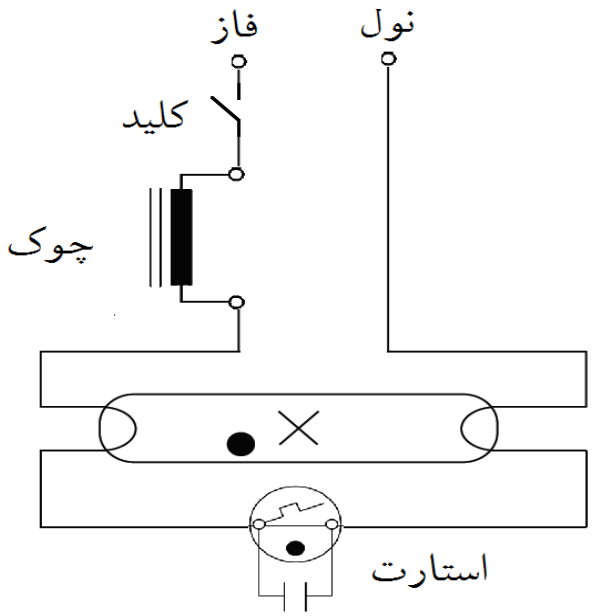
پایه مهتابی : در سرهای لامپ فلزی دو زائده‌ی فلزی وجود دارد که به فیلامان لامپ متصل هستند، این زائده ها به پایه های لامپ که از جنس پلاستیک یا کائوچو است وصل می شوند . استارتر بر روی پایه بلند قرار می‌گیرد یا پایه‌ی جداگانه‌ای برای استارت تعبیه شده است .



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 شودکه 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 ساختمان‌های مسکونی ولی به سختی روشنایی موردنیاز را فراهم می‌کنند	ارزان، قابلیت تغییر میزان نور، رنگدهی خوب، روشن شدن سریع	کم بازده، عمر کم، عدم تامین نور نیازمند برای ساختمان براساس استانداردهای روز
لامپ فلورسنت خطی	می‌توان آنها را روی سقف،دیواره‌ها یا داخل چراغهایمختلف به عنوان بخشی از انواعسیستم روشنایی نصب کرد	ارزان، قابلیت تغییر میزان نور با بالاستهای مخصوص، بازده خوب، عمر زیاد (۱۲۰۰۰ الی ۱۵۰۰۰ ساعت)، رنگدهی خوب	در نوع خاصی از چراغها (چراغهای خطی) قابل استفاده است.
لامپ فلورسنت فشرده	می‌توان آنها را روی سقف، دیواره‌ها یا داخل چراغهایمختلف به عنوان بخشی از انواعسیستم روشنایی نصب کرد	ارزان، بازده خوب، عمر زیاد (۱۰۰۰ساعت) رنگدهی خوب، موجود در اندازه‌های کوچک، روشن شدن سریع	تغییر میزان نور در این لامپ ها مشکل است هر چند بالاستهای مخصوصی برای این کار موجود است
لامپ‌های متال هالید	با محدوده وسیعی از کاربردها، اغلب برای روشنایی مکانهایبزرگ مورد استفاده است	منبع نور سفید، بازده خوب، اندازه کوچک، عمرنسبتا زیاد	گران، نیاز به گرم شدن اولیه، نیاز به ۱۵ دقیقه برای شروع بکار مجدد بعد از خاموش کردن، عدم امکان تغییر میزان، نور، رنگدهی زیر ۸۰ ناپایداری نور در انواع قدیمی
لامپ جیوه ای	همانند متال هالید	نسبتا ارزان، عمر زیاد	رنگدهی ضعیف، بازده متوسط، نیاز به گرم شدن
لامپ سدیمی	همانند متال هالید	بازده بالا، عمر زیاد	رنگدهی ضعیف، نیاز به گرمشدن

جدول مقایسه‌ی 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) می‌گویند. 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	۱۹٤۰ لومن
لامپ فلروسنت ٤۰ وات	۲۸۱۰ لومن
لامپ سدیم ۱٤۰ وات	۱۳۰۰۰ لومن

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

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

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 .

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

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 روشنائی 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 سانتی‌مترمربع 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 می رسد . درخشندگی مناسب برای چشم انسان بین ٦٠ تا ٦٥٠٠ نیت می باشد .

برآورد تقریبی بار روشنایی

با استفاده از جدول زیر می توان میزان وات لازم به ازای هر مترمربع را برای مکان های مختلف محاسبه کرد .

نوع محل	روشنایی بر حسب وات بر متر مربع	
	فلورسنت	رشته ای
آشپزخانه ، پذیرایی	٨-٦	٢٢-١٥
اتاق خواب ، پارکینگ ، راه پله	٤-٣	١١-٧
زیر زمین ، اتاق های همکف و نظایر آن	٢-١/٥	٦-٢
دفاتر و اداره جات	٧	١٠

مثال – برای یک اتاق خواب ٢٠ مترمربع ای چند لامپ رشته ای١٠٠ وات احتیاج است ؟

دو عدد لامپ ١٠٠ وات - ٢٠ ×١٠ = ٢٠٠ w

مثال– برای یک پذیرائی ٤٨ متر چند عدد لامپ ٤٠ وات فلروسنت احتیاج است ؟

پنج عدد لامپ فلروسنت ٤٠ وات مناسب می باشد . $N = \frac{١٩٢}{٤٠} = ٤/٨$, ٤٨ × ٤ = ١٩٢ w

مدار مکالمه دو طرفه (آیفون صوتی)

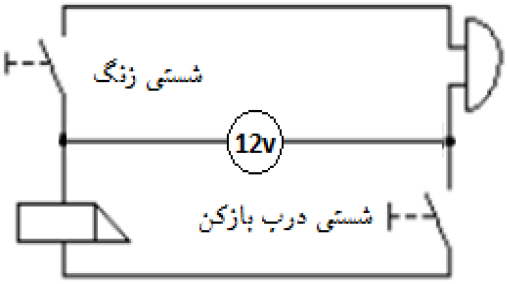
از آیفون برای ارتباط بین داخل و خارج و باز کردن در ساختمان استفاده می‌شود . هر آیفون شامل قسمت های زیر می باشد .

١ – منبع تغذیه : منبع تغذیه هم برق DC مستقیم را برای مدار مکالمه و برق متناوب AC را برای مدار درب باز کن تأمین می کند ، از یک ترانسفورماتور ولتاژ برای تبدیل برق ٢٢٠ ولت به برق ١٢ ولت استفاده می شود . قسمت DC را نیز از خروجی ترانس به وسیله ی یکسوساز الکترونیکی فراهم می شود . در برخی از آیفون ها خروجی DC وجود ندارد و تمام قسمت های آیفون با برق AC کار می کنند .

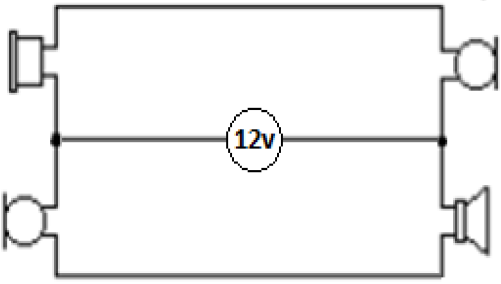
٢ – مدار خبر : مدار خبر از یک زنگ اخبار ١٢ ولت که داخل خود گوشی قرار دارد و یک شستی که مقابل در ورودی است تشکیل می شود .

٣ – 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 می شود که موجب می شود اهرم به سمت داخل کشیده شود و در باز شود .

٤ – 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

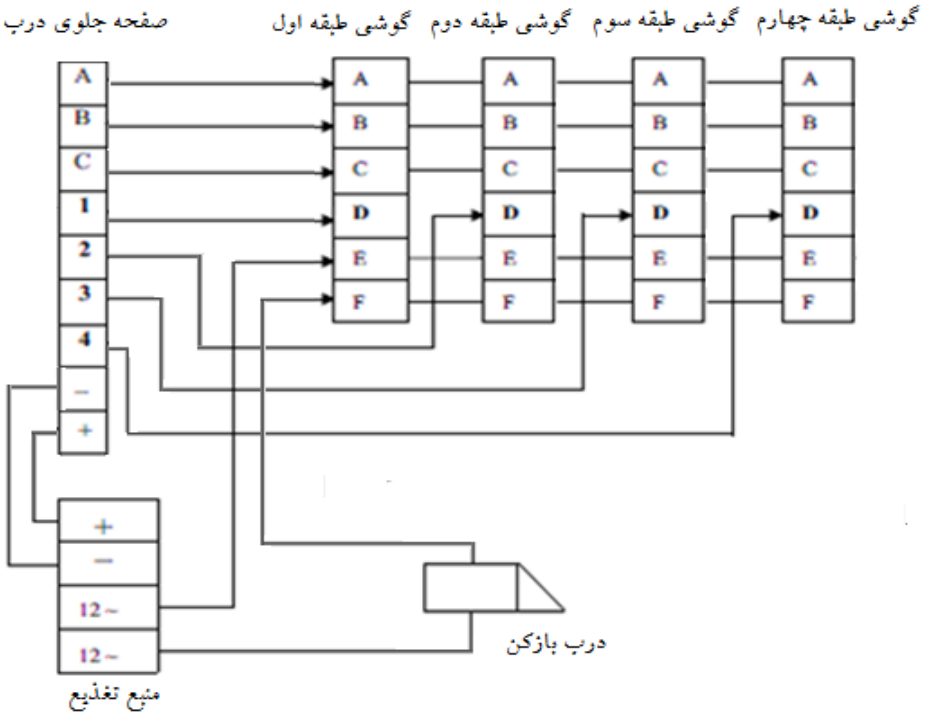
نحوه‌ی سیم کشی یک نوع آیفون معمولی

۱ – کنتاکت های ABC گوشی و صفحه جلوی درب به هم وصل می‌شوند 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 – صفحه‌ی جلوی در وصل می شود .

۳ – کنتاکت D گوشی منزل مربوط به زنگ است که به شماره‌ی واحد مربوطه پانل جلوی در وصل می شود .

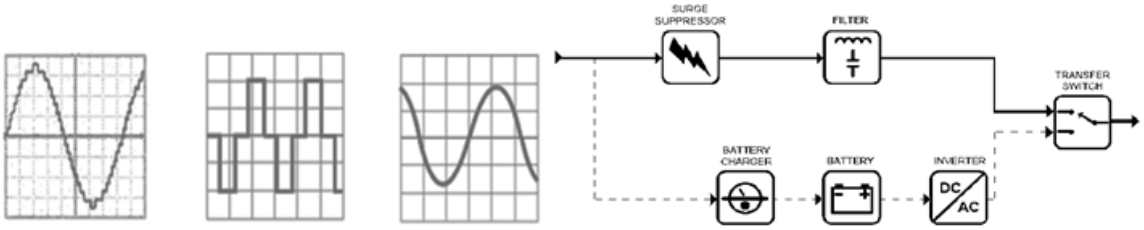
٤ – کنتاکت های مربوط به منبع تغذیه‌ی ac برای وصل به در بازکن از طریق کنتاکت‌های DF گوشی منزل درنظر گرفته شده، زمانی که شستی گوشی داخل منزل فشرده شود، کنتاکت های E و F به هم وصل و مدار درب بازکن بسته می شود .



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 می شود 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 محدودیت هایی 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 بانک ها، اداره جات و ... برای حفاظت کامپیوترها، سیستم‌های مخابراتی و سایر سیستم‌هایی که نسبت به بروز وقفه در منبع‌تغذیه حساس‌اند استفاده می‌شود .

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



سیم و انواع اتصالات

سیم : سیم ها 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 می شود . طول سیم را بر حسب متر و مقطع آن بر حسب میلی‌مترمربع اندازه گیری می‌کنند . معمولاً جنس هادی و عایق و نوع کاربرد کابل‌ها و سیم‌ها با حروف مشخصی نشان داده می‌شود که روی روکش خارجی آن ها درج می شود . هر حرف معنای خاص خود را دارد که در جدول زیر تشریح شده اند .

حروف 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 چراغ ها
NYFAZ	سیم دو رشته ای (دولا) مخصوص روشنایی

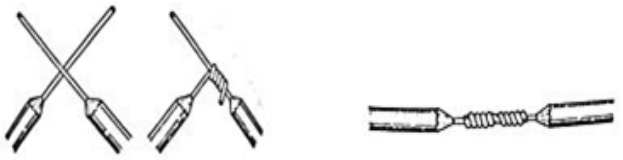
حرف اختصاری	معنای حرف
N	سیم مسی
Y	عایق پروتودور PVC
S	سیم مخصوص
Z	سیم مخصوص
F	سیم نرم
A	سیم مخصوص داخل لوله
M	سیم مقاوم در مقابل رطوبت

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 می‌شود و سیم خارجی به عنوان محافظ در مقابل پارازیت های خارجی به بدنه دستگاه وصل می شود . ترجیحاً سیم کواکسیال باید از لوله‌ی جداگانه ای عبور داده شود .

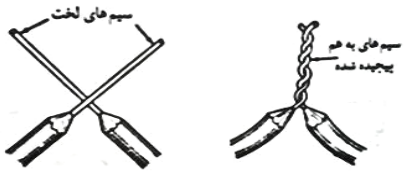
اتصال سیم ها به هم : گاهی لازم است در هنگام سیم کشی، سیم ها را به هم وصل کنیم که به وسیله‌ی ترمینال ها یا به وسیله بستن سیم ها به هم انجام می‌گیرد . قبل از وصل سیم ها به هم باید عایق سیم را برداشت .

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 اندازه‌ی 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 .

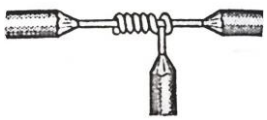


اتصال سربه‌سر : در این نوع اتصال دو سیم را لخت کرده و به صورت ضربدری روی هم قرار می‌دهیم، سپس هر دو سیم را به دور هم می‌پیچیم . اتصال سربه‌سر داخل جعبه تقسیم های ساختمان به منظور گرفتن انشعابات به فراوانی دیده می‌شود .



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 می‌شود . این نوع اتصال بر عکس اتصال سربه‌سر 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 می‌شود، دنباله سیم فرعی بر روی قسمت خم پیچیده می‌شود .

اتصال سه راهی یا انشعاب میانی : به متصل کردن یک هادی به وسط سیم دیگر، اتصال میانی گفته می‌شود . برای این اتصال باید عایق سیم ها را برداشته و سپس شاخه‌ی 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 .

هویه‌ی قلمی – هویه‌ی 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 می‌شود . با وصل دو شاخه به برق المنت حرارتی گرم می‌شود 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 ٤٠ واتی استفاده می شود .

هویه هفت‌تیری – داخل این هویه یک ترانسفورماتور وجود دارد که با وصل دو شاخه به برق و اعمال فشار بر روی شستی سیم‌پیچ اولیه ترانس که از حلقه‌های سیم نازک تشکیل شده وارد مدار می‌شود، و موجب جاری شدن جریانی در ثانویه‌ی 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 ٦٣ درصد قلع و ٣٧ 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 بچسپد از روغن لحیم استفاده می‌کنند ، روغن لحیم در دو نوع ساده و اسیدی ساخته می‌شود . 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 می‌شود و توسط چسپ‌های لاستیکی نوار پیچی می شوند، نوار پیچی را بهتر است از وسط آن شروع کنیم .

قرار دادن سیم زیر پیچ

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

سؤالی کردن : از دم‌گرد برای سؤالی کردن سیم استفاده می‌شود به این ترتیب که سیم را بین دو فک دم‌گرد قرار می‌دهیم و آن را می‌گردانیم، سپس دم‌باریک را در انتهای سؤالی قرار داده و دم‌گرد را کمی به عقب می‌گردانیم 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 سوالی سیم را در زیر واشر قرار داد و سپس پیچ را محکم کرد ، اگر لبه‌های 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 .

نحوه‌ی 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 می‌کنیم . سطح مقطع سیم بر حسب میلی متر مربع mm^2 است و در اندازه های استاندارد ۰/۷۵– ۱ – ۱/۵ – ۲/۵ – ٤ – ٦ – ۱۰ – ۱٦ – ۲۵ – ۳۵ – ۵۰ – ۷۰ – ۹۵ – ۱۲۰ – ۱۵۰ و ... تولید می شود .

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

مثال – اگر یک مصرف کننده اهمی در درجه حرارت ۲۵ درجه سانتی گراد به ولتاژ ۲۲۰ ولت وصل شود و از شبکه جریان ۱٦ 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 میلی‌مترمربع ۱٦ 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 ٦ میلی‌متری ۳۵ آمپر است. پس برای جریان ۳۲ آمپر از سیم مسی ٦ استفاده می‌شود .

جدول فوق برای درجه حرارت ۲۵ درجه سانتی گراد 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	٤٠	٤٥	۵۰	۵۵
ضریب تصحیح	۱/۲	۱/۱۵	۱/۱	۱/۰۵	۱	۰/۹۲	۰/۸۵	۰/۷۵	۰/٦۵	۰/۵۳	۰/۳۸

مثال – یک مصرف کننده‌ی الکتریکی در محیطی با دمای ۳۵ درجه‌ی سانتی گراد قرار گرفته است اگر از شبکه جریان ٤۸ آمپر بکشد سطح مقطع مناسب چند میلی‌مترمربع است ؟
با توجه به جدول در ۲۵ درجه‌ی سانتی گراد جریان مجاز سیم مسی با سطح مقطع ۱۰ میلی‌مترمربع حدود ٤۸ آمپر است. برای دمای ۳۵ درجه ضریب تصحیح ۰/۸۵ در نظر گرفته شده است .

$٤٨ \times ٠/٨٥ = ٤٠/٨$ A

بنابراین جریان مجاز سیم مسی ۱۰ در دمای ۳۵ درجه ٤۰/۸ آمپر است که مناسب جریان ٤۸ آمپر نیست و باید سطح مقطع بالاتری را انتخاب کرد. بنابراین از سیم به شماره‌ی ۱٦ میلی‌مترمربع استفاده می‌شود.

روش دوم : از فرمول زیر برای محاسبه مقطع سیم استفاده می شود :

$$A = \frac{٢٠٠\rho LI\ cos\varphi}{\alpha u}$$

در این رابطه

A : سطح مقطع سیم بر حسب $mm^٢$

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

Cosφ : ضریب قدرت مدار

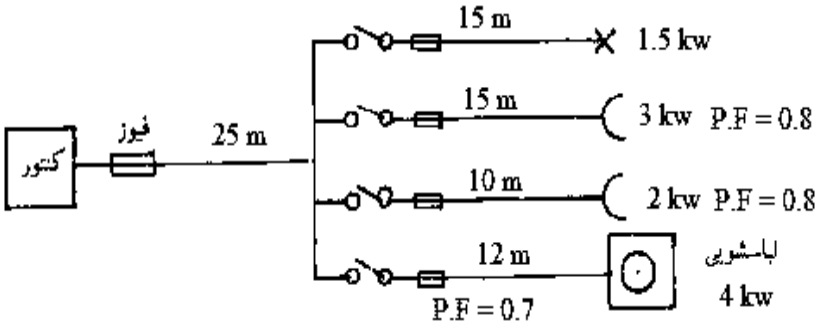
α : افت ولتاژ مجاز که طبق مقررات (EVU) برای محل های مختلف به شرح زیر است .

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

مثال – یک مصرف کننده‌ی تکفاز با ضریب قدرت ۰/۸ از شبکه ۲۲۰ ولت جریان ۲۰ آمپر می کشد اگر مقاومت مخصوص سیم مورد نظر با طول ۳۰ متر ٢×١٠^{-٨} باشد سطح مقطع سیم چقدر باشد تا افت ولتاژ از ۳ ٪ بیشتر نشود؟

$$A = \frac{٢٠٠\rho LI\ cos\ \varphi}{\alpha u} = \frac{٢٠٠ \times ٢ \times ١٠^{-٨} \times ٣٠ \times ٢٠ \times ٠/٨}{٣ \times ٢٢٠} = ٤ \times ١٠^{-٦}\, m^٢ = ٤mm^٢$$

مثال – سطح مقطع سیم مسی جهت مصرف کننده های زیر را با در نظر گرفتن۱/۵ درصد افت ولتاژ محاسبه نمائید .



محاسبه‌ی سطح مقطع مصرف کننده ۱/۵ کیلو واتی

$$I = \frac{۱۵۰۰}{۲۲۰} = ٦/٨\ A$$

$$A = \frac{۲۰۰\rho LI\ cos\ \varphi}{\alpha u} = \frac{۲۰۰ \times ۲ \times ۱۰^{-۸} \times ۱۵ \times ٦/٨ \times ۱}{۱/۵ \times ۲۲۰} = ۱/۲۸ mm^{۲} \rightarrow ۱/۵\ mm^{۲}$$

محاسبه‌ی سطح مقطع مصرف کننده ۳ کیلو واتی

$$I = \frac{۳۰۰۰}{۲۲۰ \times ۰/۸} = ۱۷\ A$$

$$A = \frac{۲۰۰\rho LI\ cos\ \varphi}{\alpha u} = \frac{۲۰۰ \times ۲ \times ۱۰^{-۸} \times ۱۵ \times ۱۷ \times ۰/۸}{۱/۵ \times ۲۲۰} = ۲/۵٦ mm^{۲} \rightarrow ۲/۵\ mm^{۲}$$

محاسبه‌ی سطح مقطع مصرف کننده ۲ کیلو واتی

$$I = \frac{۲۰۰۰}{۲۲۰ \times ۰/۸} = ۱۱/۳٦\ A$$

$$A = \frac{۲۰۰\rho LI\ cos\ \varphi}{\alpha u} = \frac{۲۰۰ \times ۲ \times ۱۰^{-۸} \times ۱۰ \times ۱۱/۳٦ \times ۰/۸}{۱/۵ \times ۲۲۰} = ۱/۱٤ mm^{۲} \rightarrow ۱/۵\ mm^{۲}$$

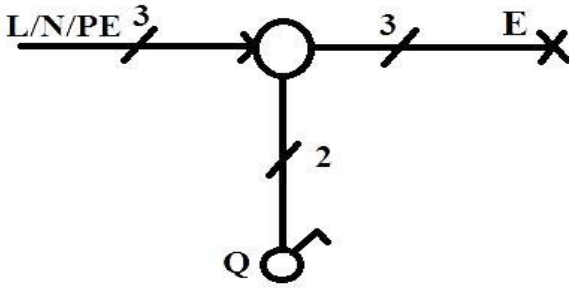
محاسبه‌ی سطح مقطع مصرف کننده ٤ کیلو واتی

$$I = \frac{٤۰۰۰}{۲۲۰ \times ۰/۷} = ۲۵/۹٦\ A$$

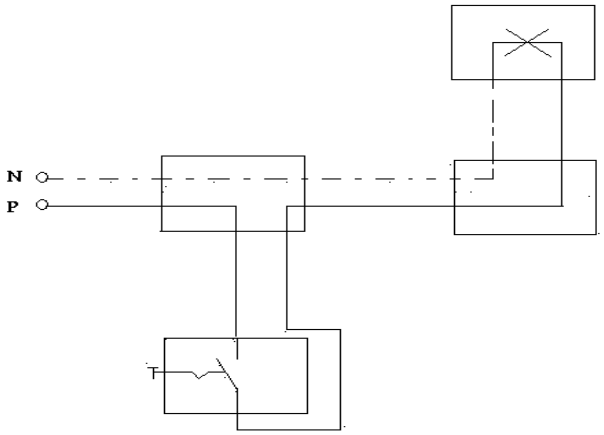
$$A = \frac{۲۰۰\rho LI\ cos\ \varphi}{\alpha u} = \frac{۲۰۰ \times ۲ \times ۱۰^{-۸} \times ۱۰ \times ۲۵/۹٦ \times ۰/۷}{۱/۵ \times ۲۲۰} = ۲/۷۳ mm^{۲} \rightarrow\ ٤\ mm^{۲}$$

انواع رسم مدارات روشنایی

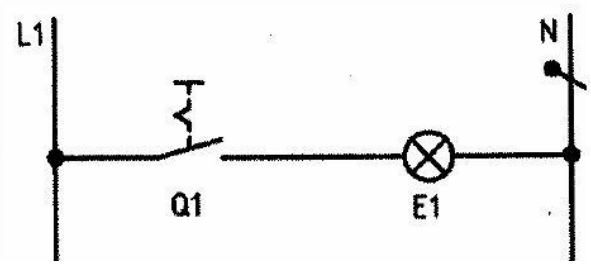
۱ – شمای فنی : شمای فنی یا تک‌خطی شمایی است که در آن مسیر سیم‌ها به صورت افقی و عمودی به صورت تک خطی ترسیم می‌شود و همه‌ی اطلاعات مورد نیاز برای انجام کار بدون ارائه جزئیات مدار، مانند تعداد و شماره سیم ها، روکار یا توکار بودن و ... به صورت ساده نشان داده می‌شود . تعداد سیم‌های موازی به وسیله‌ی رسم خطوط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



۲ – شمای حقیقی : شمای حقیقی یا شمای چند خطی، نقشه عملی است و برای نشان دادن طریقه‌ی اتصال کلیه‌ی سیم های رابط به کلیدها و تا حدودی محل واقعی قرار گرفتن اجزای مدار به کار می رود .



۳ – شمای مسیر جریان : شمای مسیر جریان یا نقشه گسترده ، مسیر عبور جریان را از مدار به طور ساده نشان می دهد .



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	3	لامپ فلورسنت		سیم فاز	
پریز درپوش دار		لامپ احتیاط		سیم نول	
پریز با کلید قفل شونده		لامپ چشمک زن		سیم سیگنال	
پریز ارت دار		فیوز		سیم حفاظتی	
پریز دوبل ارت دار		کلید فیوز		سیم تلفن	
پریز ارت دار سه فاز	3	فیوز تاخیری		سیم روی کار	
پریز تلفن	TP	زنگ اخبار		سیم زیر کار	
پریز آنتن		زنگ چکشی		سیم داخل کار	
کلید تک پل		بی زر ، ویبراتور		بخاری برقی	
کلید دوپل		آلارم (بوق)		آبگرمکن برقی	
کلید تبدیل		آژیر		اجاق برقی	
کلید صلیبی		ترانسفورماتور		ماشین لباسشویی	
کلید گروهی		دربازکن		ماشین ظرفشویی	
جعبه تقسیم		میکروفون (دهنی)		یخچال	
لامپ رشته ای		گوشی		فریزر	
لامپ سیگنال		شستی		موتورالکتریکی	M

وسیله	شمای فنی	وسیله	شمای فنی	وسیله	شمای فنی
استارتر		ترانس		تکمه فشاری اعلام حریق	
دیمر		تابلو اصلی		دستگاه تلفن	F
فتوسل		تابلو فرعی		اتصال مکانیکی	
سیم نول		آنتن		تحریک با دست	
سیم نول	نول	اعلام حریق		محرک فشاری	E
سیم فاز		کلید مینیاتوری		محرک کششی	
سیم حفاظتی		بادبزن		محرک چرخشی	
حس کننده دود	S	اجاق برقی		محرک کج شدنی	
حس کننده دما	H	رله ضربه ای		محرک با پا	
کنتور	KWh	رله زمانی	t	لوستر	

وسیله	شمای حقیقی	وسیله	شمای حقیقی	وسیله	شمای حقیقی
شستی		کلید تبدیل		پریز سه فاز	
کلید تک پل		کلید صلیبی		جعبه تقسیم	
کلید دو پل		پریز دو فاز		لامپ	
کلید گروهی		پریز 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 وسیله‌ی 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 می‌دهند . 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 می‌گیرد . امروزه از این روش دیگر استفاده نمی‌شود .

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 می‌شود 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 .
- فاصله‌ی 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 وچراغ 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.
- می‌توان تا ۱۲ پریز را توسط سیم ۲/۵ 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 نمی‌باشد .
- 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 می‌شود 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 میلی‌آمپر ضرب کنیم ولتاژ ٦٥ ولت بدست می‌آید. به عبارت دیگر اگر ولتاژی بیش از ٦٥ ولت به انسان اعمال شود جریانی بیش از ۵۰ میلی‌آمپر از بدن عبور کرده و موجب مرگ فرد می شود .

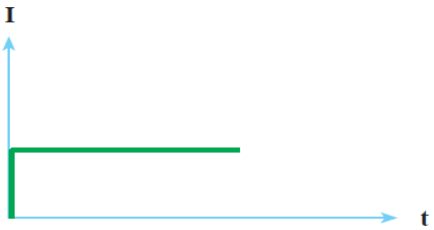
مسیر عبور جریان از بدن نیز پارامتر مهمی است که در جدول زیر آورده شده است. مسیر جریان اگر از سر به سایر اندام ها یا از دست به دست دیگر باشد به صورتی که از اندام های مهم بگذرد، بسیار خطرناک خواهد بود. اگر شخص سیم حامل جریان را با کف دست لمس کند در اثر عکسالعمل ماهیچه‌ها، دست بسته شده و دیگر قادر به رها کردن آ نیست .

مسیر عبور جریان	میزان خطرمرگ	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
٤-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

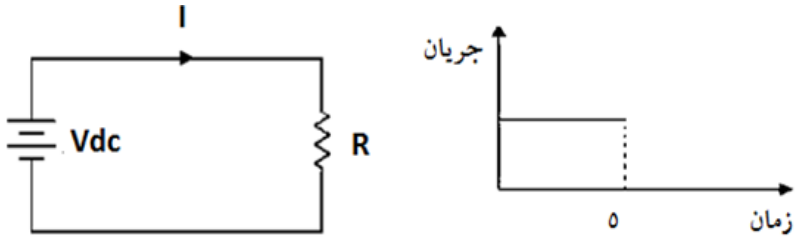
مقدمه : در مباحث قبل حرکت الکترون‌های آزاد در یک سیم را جریان الکتریکی تعریف کردیم . این جریان به جریان مستقیم مشهور است و توسط باتری‌ها و مولد های dc تولید می‌شود . جریان dc جریانی است که همواره در یک جهت جاری می شود و مقدار آن ثابت است . در زیر شکل موج جریان dc نسبت به زمان ترسیم شده است .



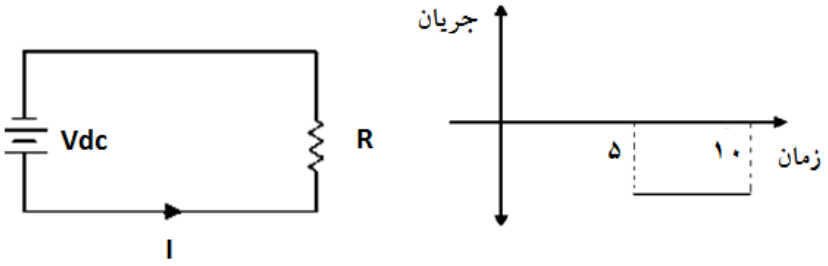
نوع دیگری از جریان وجود دارد که توسط ژنراتورها در نیروگاه‌ها تولید می‌شود . این جریان همان جریانی است که در منازل مسکونی و مراکز صنعتی استفاده می شود . جریان متناوب دارای مزیت های فراوانی نسبت به جریان مستقیم است به همین دلیل کاربرد بیشتری دارد . جریان متناوب دو تفاوت نسبت به جریان مستقیم دارد :

یک – جریان متناوب بر خلاف جریان مستقیم که یک جهتی است جریانی دو جهتی می‌باشد . به این معنی که الکترون ها ابتدا در یک جهت و سپس در جهت مخالف حرکت می کنند . اگر جای دو قطب یک منبع جریان مستقیم را دائماً تغییر دهیم یک جریان دوجهتی خواهیم داشت .

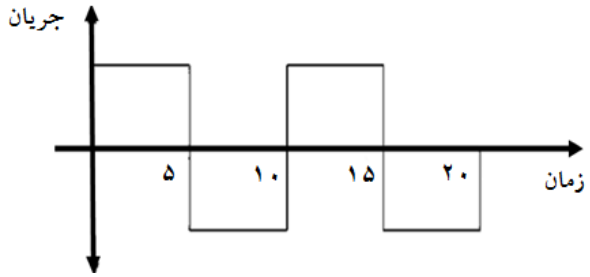
برای مثال اگر در مدار شکل زیر منبع dc برای مدت ۵ ثانیه به مقاومت وصل شده باشد جریانی در مقاومت جاری می‌شود که شکل موج آن در شکل زیر ترسیم شده است .



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



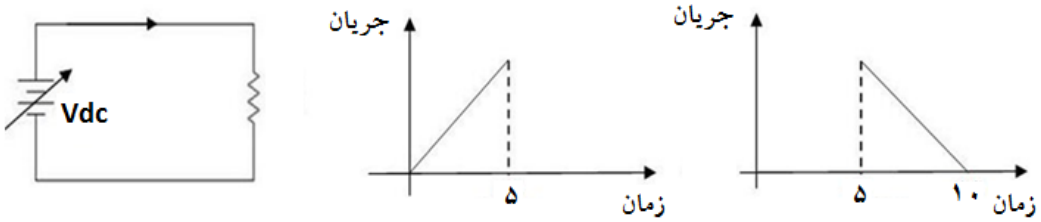
اگر این تغییر پلاریته به صورت دائم و در زمان‌های ۵ ثانیه‌ای تکرار شود شکل موج جریان مدار همانند زیر خواهد شد .



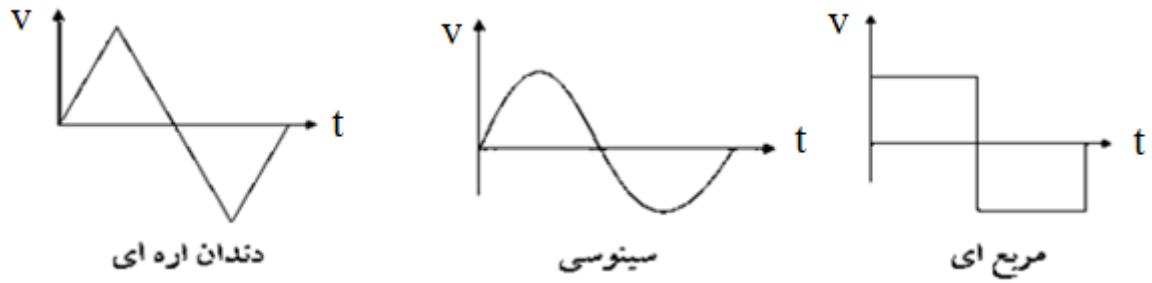
همانطور که در شکل پیداست جریانی که به دلیل تغییر پلاریته ایجاد شده است یک شکل موج مربع‌ای است که در فاصله ی بین ۰ تا ۵ ثانیه در قسمت بالا قرار گرفته و در فاصله ۵ تا ۱۰ ثانیه در قسمت پایین قرار گرفته که نشان دهنده معکوس بودن جهت جریان در این زمان است . به قسمت بالا نیم سیکل مثبت و به قسمت پایین نیم سیکل 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 نمی کند برای مثال اگر یک باتری، ۵ آمپر جریان را به باری تحویل دهد این ۵ آمپر در تمام زمان ها 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 می رسد،دائماً تغییر می کند. 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.



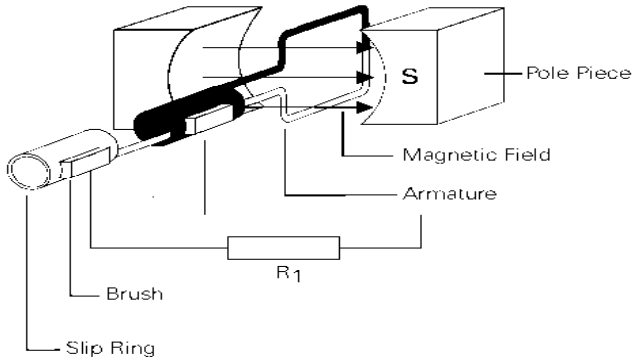
تعریف جریان متناوب : جریان متناوب جریانی است که جهت و دامنه‌ی آن متغیر بوده و نسبت به زمان تغییر می کند . همانطور که دیدید برای نشان دادن چگونگی تغییر جریان نسبت به زمان از شکل موج استفاده می شود . در زیر چند نمونه از شکل موج های معروف جریان متناوب آورده شده است .



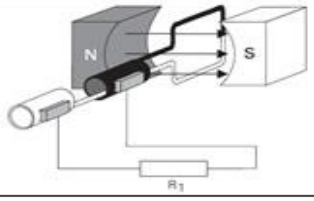
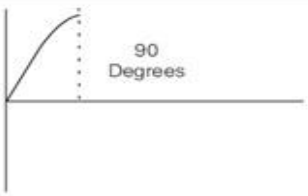
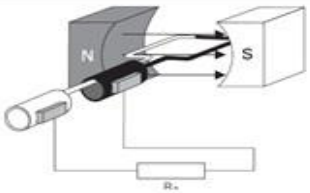
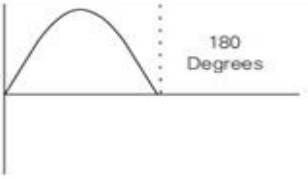
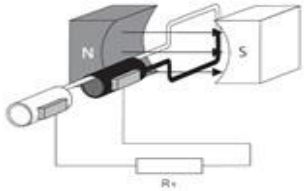
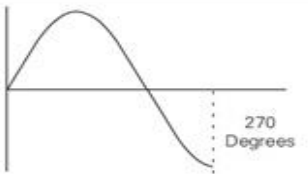
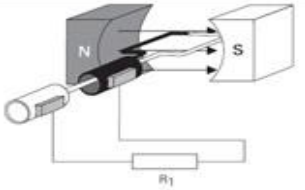
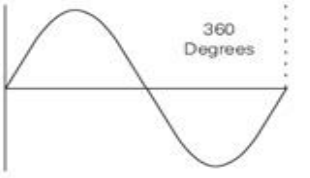
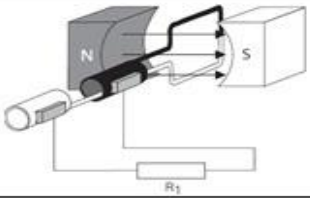
از میان شکل موج های متناوب فوق شکل موج سینوسی از اهمیت زیادی برخوردار است زیرا برق خروجی ژنراتورهای جریان متناوب از نوع سینوسی است .

نحوه‌ی 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 نحوه‌ی عملکرد یک ژنراتور ساده جریان متناوب نشان داده شده است .

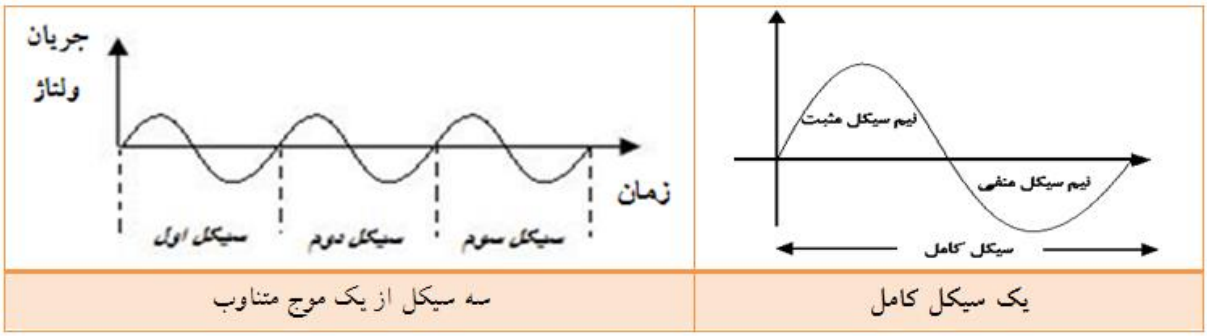
نحوه ی عملکرد ژنراتور جریان متناوب تک کلافی		
شرح وضعیت	شکل موج خروجی	نحوه چرخش کلاف
وضعیت ۱ کلاف در ناحیه خنثی است پس ولتاژی در خروجی نداریم چون کلاف خطوط میدان را قطع نمی کند .		
وضعیت ۲ کلاف در ربع اول (فاصله ۰ تا ۹۰) گردش کرده و ولتاژ از حداقل به حداکثر خود رسیده است .		
وضعیت ۳ کلاف ربع دوم را نیز گذرانده و فاصله ۹۰تا۱۸۰درجه را طی کرده ودر اصطلاح نیم سیکل مثبت تمام می شود . و بار دیگر ولتاژ در ۱۸۰ درجه صفر می شود .		
وضعیت ٤ کلاف ربع سوم حرکت خود را نیز انجام داده وولتاژ بار دیگر از صفر به مقدار ماکزیمم خود می رسد (با پلاریته معکوس)		
وضعیت ٥ در این حالت کلاف ربع چهارم حرکت خود (۲۷۰ تا ۳٦۰) را نیز طی می کند و دوباره به نقطه اول بر می گردد .		

در مرحله‌ی ۱ خطوط میدان مغناطیسی به وسیله‌ی کلاف قطع نمی‌شود زیرا کلاف با خطوط میدان موازی است پس هیچ ولتاژی در کلاف القاء نمی‌شود، چنانچه سیم‌پیچ 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 مرحله‌ی 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 ادامه‌ی 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 نقطه‌ی 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.

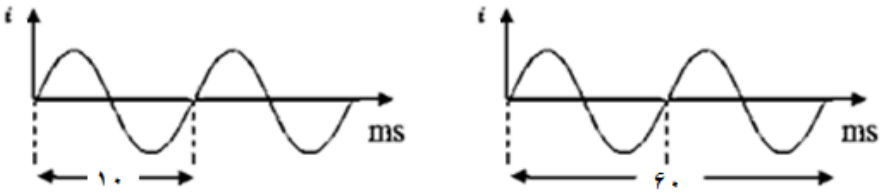
مشخصات جریان متناوب

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



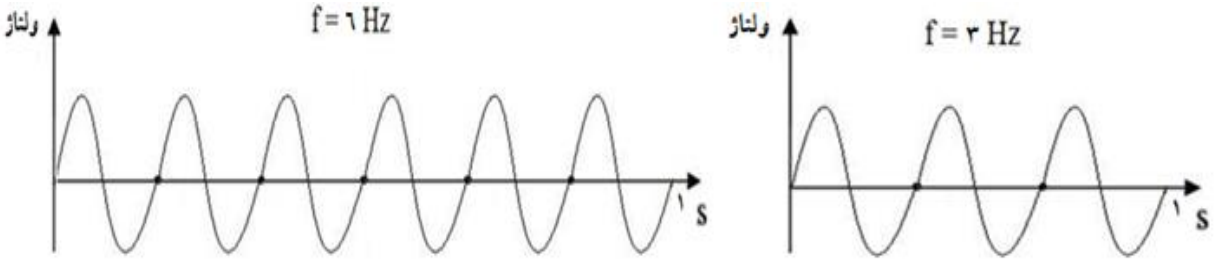
سه سیکل از یک موج متناوب | یک سیکل کامل

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



T = ۱۰ ms | T = ۳۰ ms

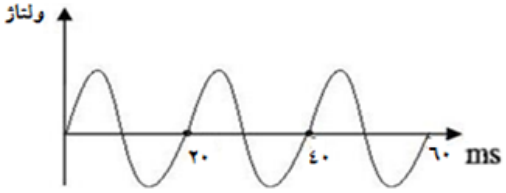
فرکانس : تعداد سیکل هایی که در یک ثانیه پیموده می شود فرکانس یا بسامد نامیده می شود . فرکانس را با f نشان می دهند و بر حسب سیکل بر ثانیه cps یا هرتز Hz است .



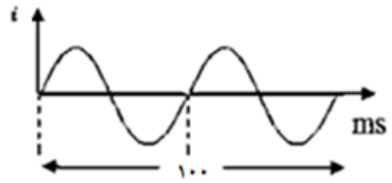
رابطه‌ی بین فرکانس و زمان تناوب : بین فرکانس و زمان تناوب رابطه عکس وجود دارد .

$$T = \frac{۱}{f} \quad , \quad f = \frac{۱}{T}$$

مثال – فرکانس و زمان تناوب هر یک ازشکل موج های زیر را بدست آورید .



$T = ۲۰\ ms \quad , \quad f = \frac{1}{T} = \frac{1}{۲۰ \times ۱۰^{-۳}} = ۵۰\ Hz$



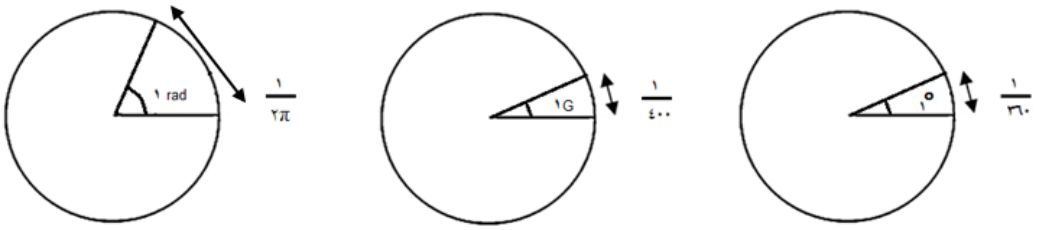
$T = ۵۰\ ms \quad , \quad f = \frac{1}{T} = \frac{1}{۵۰ \times ۱۰^{-۳}} = ۲۰۰\ Hz$

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 (۶/۲۸) ۲π قسمت تقسیم کنیم، زاویه‌ی مقابل هر کمان را یک رادیان می‌گویند. 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 ۵۷/۳ درجه می باشد .



زاویه ای که در واحد زمان طی می شود سرعت زاویه ایω می‌باشد . زاویه‌ی پیموده شده در یک دور کامل (در یک پریود) برابر ۳۶۰ درجه یا ۲π رادیان است در این صورت رابطه سرعت زاویه ای برابر است با :

$$\omega = \frac{\alpha}{t} = \frac{۲\pi}{T} \quad , \quad T = \frac{۱}{f} \quad \rightarrow \quad \omega = ۲\pi f$$

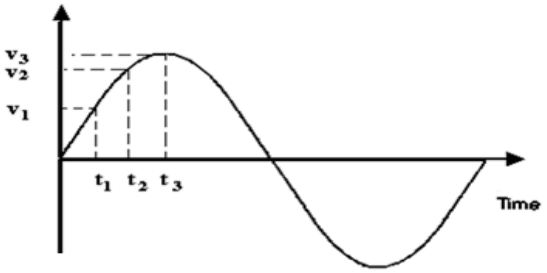
طول موج : بنا به‌تعریف نسبت سرعت جریان الکتریکی (برابر با سرعت نور = ۳۰۰ هزار کیلومتر بر ثانیه) به فرکانس ، طول موج می گویند . طول موج را با λ نشان می دهند و برحسب متر است .

$$\lambda = \frac{C}{F} = \frac{۳ \times ۱۰^{۸}}{F}$$

مثال : طول موج برق شهر ایران چند متر است ؟

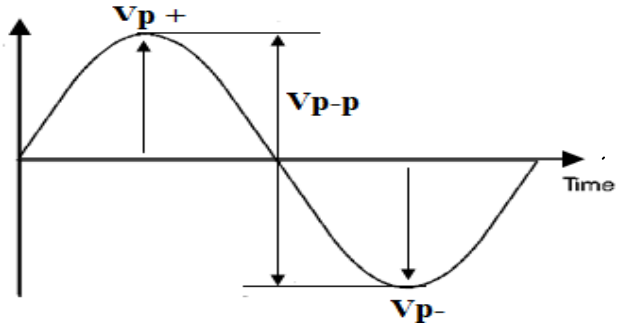
$$\lambda = \frac{C}{F} = \frac{۳ \times ۱۰^{۸}}{۵۰} = ۶ \times ۱۰^{۶} = ۶۰۰۰\ km$$

مقادیر لحظه ای : طبق شکل موج متناوب جریان 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 .



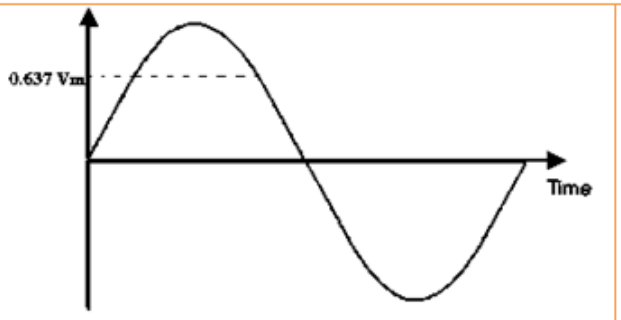
مقدار ماکزیمم ولتاژ و جریان Im , Vm : به حداکثر ولتاژ تولیدی ژنراتور ولتاژ ماکزیمم Vmیا ولتاژ پیک Vp می‌گویند و همانطور که از شکل موج سینوسی زیر پیداست فاصله‌ی بین صفر (محور افقی زمان) تا مثبت ترین (بالاترین) نقطه‌ی شکل موج یا فاصله بین صفر تا منفی‌ترین (پایین ترین) نقطه‌ی شکل موج ولتاژ ماکزیمم نام دارد . شکل موج سینوسی دو مقدار پیک دارد که اصطلاحاً مقدار پیک مثبت Vp^+ و پیک منفی Vp^- نامیده می شوند .

علاوه بر ولتاژ پیک Vp ولتاژ پیک تا پیک Vp-p نیز برای یک شکل موج تعریف می شود که به فاصله بین بالاترین نقطه مثبت (پیک مثبت) تا پایین‌ترین نقطه منفی (پیک منفی) گفته می شود . تعریف Im دقیقاً مانند Vm می باشد .

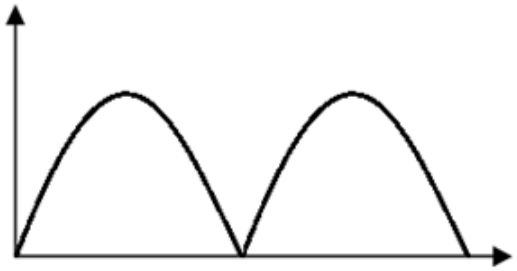


مقدار متوسط ولتاژ و جریان : مقدار متوسط average عبارت است از میانگین مقادیر لحظه ای در یک نیم سیکل و از تقسیم مساحت شکل موج بر کل زمان تناوب بدست می آید

مقادیر متوسط ولتاژ و جریان برای یک سیکل (نیم موج) و دو نیم سیکل مثبت به صورت زیر محاسبه می‌شوند .

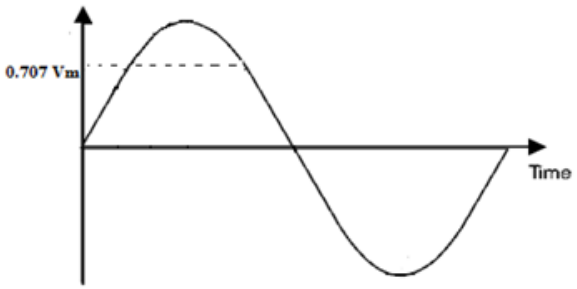


$$Vav = \frac{Vm}{\pi} \quad - \quad Iav = \frac{Im}{\pi}$$



$$Vav = \frac{2Vm}{\pi} \quad - \quad Iav = \frac{2Im}{\pi}$$

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 می کند 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 .



$$Veff = \frac{Vm}{\sqrt{2}}$$

$$Ieff = \frac{Im}{\sqrt{2}}$$

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 سیستم های الکتریکی دارد . اگر دامنه‌ی ولتاژ و جریان لحظه ای را با Ft و دامنه‌ی ماکزیمم آن را با Fm نشان دهیم بین آن ها رابطه زیر برقرار است .

$$\text{Sin } \alpha = \frac{Ft}{Fm} \quad \rightarrow \quad Ft = Fm \text{ Sin } \alpha \quad \rightarrow \quad \alpha = \omega t \quad \rightarrow \quad Ft = Fm \text{ Sin } \omega t$$

حال به جای Ft و Fm می‌توان مقادیر ولتاژ، جریان و یا هر کمیتی که به صورت سینوسی هستند قرار داد تا معادله زمانی آن ها بدست آید .

$$Vt = Vm \text{ Sin } \omega t \quad , \quad It = Im \text{ Sin } \omega t$$

در این روابط

Vtو It : مقادیر ولتاژ و جریان لحظه ای .

Vmو Im : مقادیر ولتاژ ماکزیمم .

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

t : زمان بر حسب ثانیه .

مثال – اگر معادله‌ی زمانی ولتاژی $Vt = ۲۰۰\text{Sin}۳۱٤t$ باشد، فرکانس، مقادیر ماکزیمم، موثر و متوسط ولتاژ را محاسبه کنید .

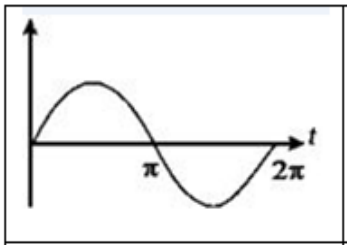
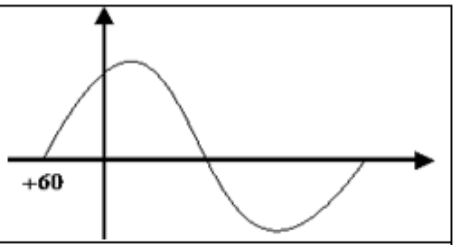
$$Vm = ۲۰۰ \text{ v} \quad - \quad Veff = \frac{Vm}{\sqrt{۲}} = \frac{۲۰۰}{\sqrt{۲}} = ۱۰۰\sqrt{۲} = ۱٤۱/٤ \text{ v} \quad - \quad Vdc = Vave = ۰$$

$$Vdc = \frac{Vm}{\pi} = \frac{۲۰۰}{\pi} = ٦۳/٦ \text{ v} \quad (\text{ برای نیم سیکل }) \quad - \quad Vdc = \frac{۲Vm}{\pi} = \frac{۲ \times ۲۰۰}{\pi} = ۱۲۷/۳ \text{v} \quad (\text{ برای دو سیکل مثبت })$$

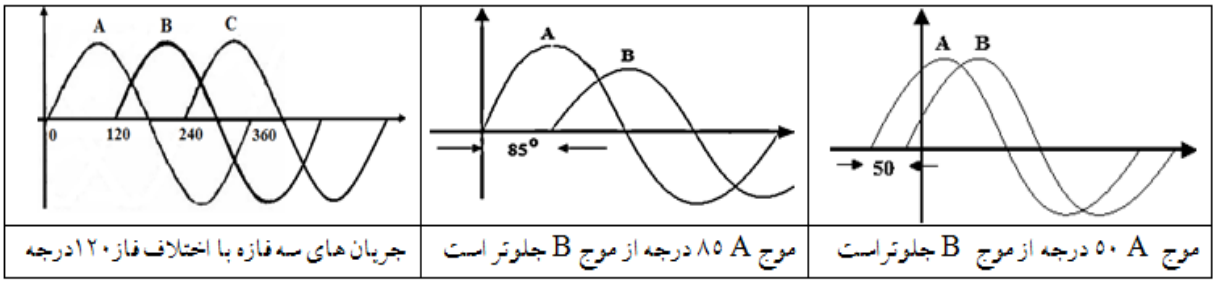
$$\omega = ۲\pi f \quad \rightarrow \quad f = \frac{\omega}{۲\pi} = \frac{۳۱٤}{۲\pi} = ۵۰ \text{ Hz}$$

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 شکل‌موج 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 تأخیرفاز دارد . فاز یک موج را با Θ نشان می دهند اگر این موج مربوط به ولتاژ باشد آن را به Θv و اگر مربوط به جریان باشد آن را با Θi نشان می دهند . در نوشتن معادله زمانی باید میزان فاز را نیز نوشت برای این کار در پایان معادله زمانی (بعد ازωt) 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 می شود .

$$V = Vm \text{ Sin } (\omega t \pm \Theta v) \quad , \quad It = Im \text{ Sin } (\omega t \pm \Theta i)$$

		
موج بدون زاویه فاز	موج ۹۰ درجه عقب تر از مبدأ	موج ٦۰ درجه جلوتر از مبدأ
V = Vm Sin ωt	V = Vm Sin (ωt – ۹۰)	V = Vm Sin (ωt + ٦۰)

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 می شوند در این حالت دو شکل موج دارای زمان تناوب برابری هستند ولی ممکن است دامنه آن ها با هم برابر نباشد . در شکل زیر اختلاف فاز بین چند موج هم فرکانس بررسی شده است .



جریان های سه فازه با اختلاف فاز ۱۲۰ درجه | موج A ۸۵ درجه از موج B جلوتر است | موج A ۵۰ درجه از موج B جلوتر است

ضریب قدرت : به دلیل وجود سلف و خازن معمولاً بین ولتاژ و جریان شبکه اختلاف فاز وجود دارد . اگرمصرف کننده سلفی باشد جریان عقب تر از ولتاژ (پش 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 می شود . به φ زاویه قدرت و به کسینوس آن ضریب قدرت یا ضریب توان اکتیو و به سینوس آن ضریب توان راکتیو می گویند .

$\varphi = \Theta v - \Theta i$ - $\cos\varphi$ ضریب توان اکتیو (ضریب قدرت) - $\sin\varphi$ ضریب توان راکتیو

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

$$Z = \frac{Vm}{Im}$$

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

$Vm = ۱۲۰ \sin(\omega t + ۹۰)$, $Im = ٤\sqrt{۲} \sin(\omega t + ٦۰)$

$\varphi = \Theta v - \Theta i = ۹۰ - ٦۰ = ۳۰$

ضریب توان اکتیو $\cos ۳۰ = ۰/۸٦$ - ضریب توان راکتیو $\sin ۳۰ = ۰/۵$

$$Z = \frac{Vm}{Im} = \frac{۱۲۰}{٤\sqrt{۲}} = ۱۵\sqrt{۲}\ \Omega$$

انواع توان در سیستم های برق متناوب

آهنگ جذب یا تولید انرژی‌الکتریکی را توان الکتریکی می‌گویند . اگر آهنگ جذب یا تولید انرژی الکتریکی یک دستگاه ثابت باشد، توان دستگاه مقدار کارانجام 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 می دهد توان موثر یا اکتیو گفته می شود . توان را با Pe ، Pd ، Pw یا P نشان می دهند و بر حسب وات W سنجیده و از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود.

$Pe = Ue \cdot Ie \cdot \cos\varphi$

نکته : توان اکتیو در مقاومت‌های اهمی به صورت انرژی حرارتی ظاهر می‌شود . پس می‌توان در یک مقاومت اهمی توان اکتیو را به صورت $R \times I^۲$ محاسبه کرد . بدیهی است در مداراتی که مقاومت اهمی ندارند توان اکتیو صفر است .

دو – توان راکتیو یا غیرموثر : استفاده از سلف و خازن در مدارات الکتریکی موجب ظاهر شدن توان غیرمفید 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 Pd ، Pr 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 .

$Pd = Ue \cdot Ie \cdot \sin \varphi$

سه – توان ظاهری : به حاصل ضرب ولتاژ در جریان موثر یک سیستم متناوب، توان ظاهری می‌گویند . توان ظاهری را با Ps یا S نشان می دهند و بر حسب V. A است . توان ظاهری از رابطه‌ی قابل محاسبه است .

$Ps = Ue \cdot Ie$

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

$Vm = ۱۲۰\sqrt{۲}\ \sin\omega t \quad , \quad Im = ۲\sqrt{۲}\ \sin(\omega t + ۶۰)$

$\varphi = \Theta v - \Theta i = ۰ - ۶۰ = -۶۰ \quad , \quad \cos\varphi = \cos ۶۰ = ۰/۵ \quad , \quad \sin\varphi = \sin ۶۰ = ۰/۸۶$

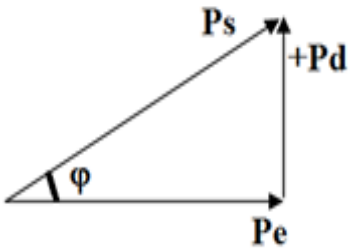
$Pe = Ue \cdot Ie \cdot \cos\varphi = \frac{۱۲۰\sqrt{۲}}{\sqrt{۲}} \times \frac{۲\sqrt{۲}}{\sqrt{۲}} \times ۰/۵ = ۱۲۰\ w$

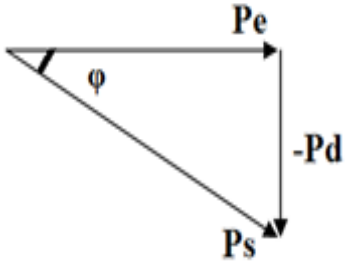
$Pd = Ue \cdot Ie \cdot \sin\varphi = \frac{۱۲۰\sqrt{۲}}{\sqrt{۲}} \times \frac{۲\sqrt{۲}}{\sqrt{۲}} \times ۰/۸۶ = ۲۰۷\ VAR$

$Ps = Ue \cdot Ie = \frac{۱۲۰\sqrt{۲}}{\sqrt{۲}} \times \frac{۲\sqrt{۲}}{\sqrt{۲}} = ۲۴۰\ VA$

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 .

$Pe = Ps \cdot \cos\varphi$

$Pd = Ps \cdot \sin\varphi$

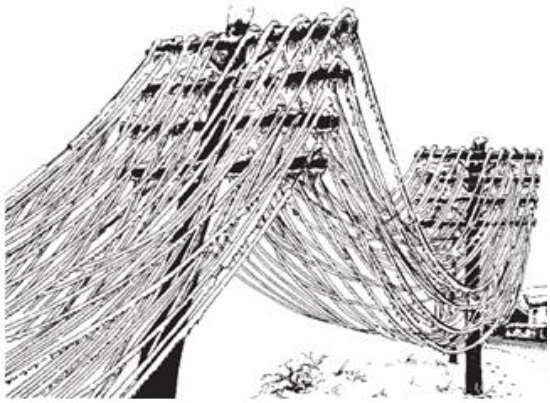
$Pd = Pe \cdot \tan\varphi$

$Ps = \sqrt{Pe^{۲} + Pd^{۲}}$

فصل دوازدهم : کابـــل و کابـــل 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 . ازجمله 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 ، شاخه‌ی 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 می‌زند و گرفتن انشعاب غیر مجاز از آن راحت است .



توزیع انرژی به وسیله‌ی کابل تا حدود زیادی معایب فوق را حل می‌کند، اما هزینه بسیار بیشتر و سرعت اجرای آن کمتر است، همچنین عیب‌یابی مسیر کابل‌کشی باید به‌وسیله‌ی 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 می‌شود . هرکابل دارای لایه‌های مختلفی است که هر لایه کارکرد خاص خود را دارد .

اجزای تشکیل دهنده‌ی 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 می‌شود .

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

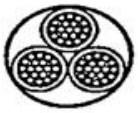
ج – کابل ها را از نظر کاربرد به دو دسته کابل های مسطح وکابل های غیر مسطح می توان تقسیم کرد .

RE

R = دایره‌ای ، E = مفتولی

SE

S = قطاعی ، E = مفتولی

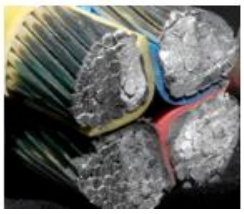


RM

R = دایره‌ای ، M = چندمفتولی

SM

S = قطاعی ، M = چندمفتولی



– استفاده از هادی های چند رشته‌ای rm و sm باعث کاهش اثرات پوستی و افزایش سطح موثر هدایت هادی می‌شود .

– مقاطع بالای ۱۰ mm^2 به بالا حتماً باید به صورت رشته‌ای باشند زیرا جریان تمایل دارد روی سطح هادی حرکت کند .

– کابل‌های مثلثی کاربرد چندانی ندارد و بیشتر جهت حذف فضای مرده ساخته می‌شود . 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 می‌شود .

برای شناسایی وتشخیص هادی کابل ها ازهمدیگر 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
٤ سیم	مشکی ، خاکستری ، قرمز ، آبی	مشکی ، آبی ، قهوه ای مشکی	سبز و زرد، مشکی، قهوه‌ای ، آبی
۵ سیم	مشکی ، خاکستری ، قرمز ، آبی ، مشکی	مشکی ، آبی ، قهوه ای ، مشکی ، مشکی	سبز وزرد ، مشکی ، قهوه ای ، آبی ، مشکی
٦ 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 می سازند .

یک – عایق لاستیکی : از عایق لاستیکی تنها در موارد خاص که کابل متحرک است مانند آسانسور و در جاهایی که کابل قوطه ور در آب می باشد مانند برق رسانی به کشتی ها ، استفاده می شود . 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 ونیل کلراید PVC ساخته می شوند ، که برای عایق سیم و عایق کل کابل مورد استفاده قرار می‌گیرند . کابل با عایق PVC نمی‌سوزد و سبب هدایت آتش نیز نمی شود و همچنین کهنه نمی شود 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 می تواند محافظت کامل را انجام دهد .

سه – پلی اتیلن : پلی اتیلن PET از مواد ترموپلاست ساخته می شود اما به اندازه‌ی کابل PVC مزیت ندارد . پلی اتیلن قابل اشتعال است و در کابل های بالاتر از KV ۲۰ به کار می روند .

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 می شود . روغن دو کار عایق کردن و انتقال حرارت را انجام می دهد .

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 ٦ کیلو ولت استفاده می‌شود .

هفت – سیلیکون رابر Sic : از این عایق بیشتر به عنوان روکش کابل ، سرکابل و سایر تجهیزات شبکه استفاده می شود 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 لایه هایی در روی کابل اطلاق می شود که می توانند عایق کابل را در مقابل انواع نیروهای مکانیکی محافظت کرده و همچنین از نفوذ رطوبت به داخل کابل جلوگیری نمایند . در ساده ترین حالت کابل دارای یک غلاف از مواد PVC می باشد . 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 کابل هایی که تحت فشار و ضربه قرار می گیرند برای حفاظت از نوارهای فلزی استفاده می کنند . کابل هایی که در آنها نوارهایی از فولاد و غلافهای سربی به کار می رود به **کابل مسطح** معروفند .

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

– در کابل هایی که تحت کشش زیاد قرار دارند مانند کابل های معدن وکابل هایی که از رودخانه عبور می کنند، از یک حفاظ فلزی از سیم های گرد یا تخت و یا پروفیل استفاده می شود که باعث حفاظت کابل در مقابل خطرات و حوادث خارجی نیز می شوند .

– در برخی کابل های چند سیمه پس از عایق نمودن هر یک از رشته سیم‌ها ، ورق نازک فلزی بر روی آن‌ها پیچیده می شود و سپس همگی آنها در یک غلاف سربی قرار می گیرند . این ورق نازک به کاغذ متالیزه معروف است و کابلی که دارای چنین کاغذی باشد ، کابل H نامیده می شود . 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 .

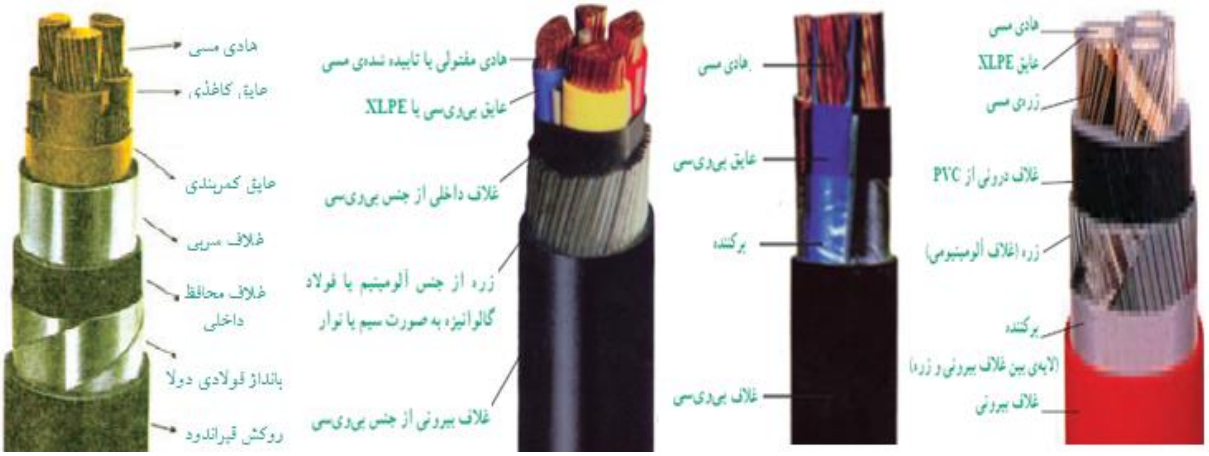
کابل هایی که منحصراً دارای یک غلاف سربی برای تمام رشته های سیم می باشد کابل کمربندی نام دارد . این کابل‌ها فقط برای ولتاژهای تا kv ۲۰ مورد استفاده قرار می گیرند ، در این کابل سیم فاز معمولاً به صورت سکتوری و سیم نول با مقطع دایره ای ساخته می شوند .

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 می‌شود که این رشته ها به هم تابیده می‌شود. 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 کابل‌ها، بر روی قرقره‌ی کابل و یا روی بدنه‌ی کابل حروفی که مشخص کننده‌ی جنس هادی، نوع غلاف‌ها و عایق‌های به‌کار رفته درکابل می باشند، نوشته می‌شود 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 می‌شود
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 می‌شود و در کابل های فشارقوی علامت سیم حفاظت یا سیم صفر (نول) است .
CW	غلاف از مفتول‌های نازک مسی که به طور موجی دور تا دور کابل را پوشانده است و یک تسمه‌ی نازک مسی به طور مارپیچی آنها را نگه می‌دارد (سیم مسی متحد المرکز با نوار مسی مارپیچی)
T	سیم نگهدارنده در کابل های هوایی ساخته شده از فولاد تابیده شده
Y	علامت روپوش پروتودورPVC می‌باشد (دومین Y در ردیف حروف)
K	علامت غلاف سربی
A	غلاف خارجی دوبل
E	کابل با سه غلاف سربی
S	حفاظ مسی از تسمه پهن ولی نازک مسی که دور عایق سیم پیچیده می‌شود (به جای H)
SE	حفاظ مسی در کابل‌های چند رشته دور هر یک از سیم‌ها به منظور محدود کردن میدان مغناطیسی (به جای H)
J	کابل همراه با یک رشته حفاظتی به رنگ سبز و زرد



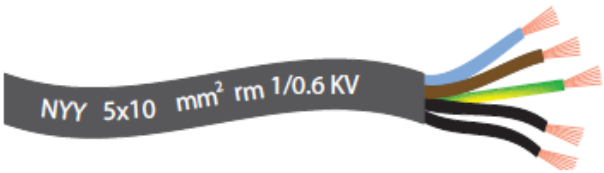
پس از حروف معروف نوع کابل علائم مشخص کننده سیم از نظر تعداد و سطح مقطع نیزآورده می شود .

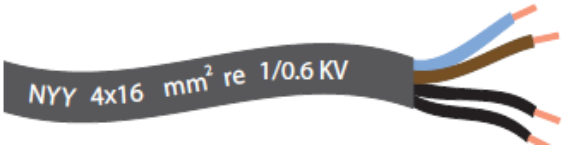
Re	سیم گرد یک رشته
Rm	سیم گرد چند رشته
Se	سیم مثلثی یا سکتوری یک رشته
Sm	سیم مثلثی یا سکتوری چند رشته
AB	سیم تک رشته ای (مفتولی)
AF	سیم تک رشته ای افشان (قابل انعطاف)
MH	کابل چند رشته ای با هادی افشان (قابل انعطاف)

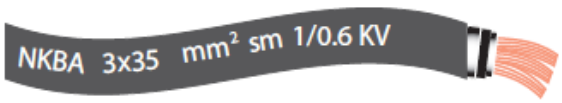
در مورد کابل‌های چند رشته‌ی فشار ضعیف مخصوصاً کابل های چهار رشته معمولاً سطح مقطع سه رشته از کابل ها (رشته های اصلی) با هم مساوی و سطح مقطع رشته‌ی چهارم کوچکتر است . معمولاً سطح مقطع رشته چهارم که به عنوان سیم نول به کار می رود ، نصف سطح مقطع سایر رشته هاست، ولی در بعضی از اندازه ها کابل تا چند نمره از سایر رشته ها کوچکتر است . این موضوع به کمک سه عدد نشان می دهند. مثلاً اگر کابلی دارای سه رشته‌ی اصلی با سطح مقطع $۲۵mm^۲$و یک رشته نول با مقطع $۱۶mm^۲$ باشد آن را به صورت ۱۶ + ۲۵ × ۳ نشان می دهند . یا اگر سه رشته سیم $۵۰mm^۲$ برای سه فاز شبکه و سیم نول با سطح مقطع $۳۵mm^۲$ را به صورت ۳۵ + ۵۰ × ۳ نشان داده می شود .

در کنار حروف فوق و پس از نوشتن سطح مقطع کابل ولتاژ مرجعی که کابل برای آن طراحی شده است نوشته می شود . این ولتاژ معمولاً توسط ترکیب Uph / UL مشخص می شود . Uph ولتاژ فازی که ولتاژ موثر بین هر فاز یا هر هادی عایق دار و زمین است وULولتاژ خطی که ولتاژ موثر بین هر جفت هادی فاز در سیستم چند فازه است . برای مثال ۳/۵ / ٦ KV به این معنی است که ولتاژ نامی خطی این کابل ٦ کیلو و ولتاژ فازی ۳/۵ کیلو ولت است .

در کابل های فشار ضعیف همیشه سیم با عایق آبی رنگ به عنوان سیم نول و سیم با رنگ زرد و سبز برای حفاظت (مثلاً به عنوان سیم زمین) به کار می رود و در صورتی که تنها یک رشته سیم رنگی وجود داشته باشد آن رشته برای سیم نول است .

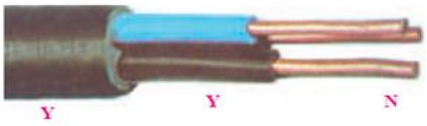






معرفی و کاربرد برخی از کابل های معروف

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 می‌گیرد .



کابل NAYY : این کابل دارای هادی ازجنس آلومینیوم NA است و عایق دور سیم‌ها 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 ازکابل 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 عایقِ هادی‌ها و عایقِ کابل از جنس پی‌وی‌سی 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 . کابلNKBA 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.

نحوه‌ی استخراج اطلاعات از روی کابل ها

بر روی بدنه‌ی کابل‌ها از یک سری حروف که نشان دهنده‌ی جنس کابل و یک سری عدد که نشان دهنده‌ی تعداد و سطح مقطع هررشته و ولتاژ کابل است استفاده می شود . در زیر نمونه هایی از این اطلاعات که مربوط به کابل های مختلف است آورده شده است .

NYY ۳ × ۲۵ + ۱۶ sm

در این کابل سه هادی افشان از جنس مس و با سطح مقطع مثلثی 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 پروتو دور یا PVC است .

NYY ٤ × ۵۰ + ۲۵ sm

در این کابل از ٤ رشته سیم مسی افشان با سطح مقطع مثلثی $۵۰mm^۲$ و یک رشته سیم $۲۵mm^۲$ برای سیم نول و از عایق pvc برای رشته ها و کل کابل استفاده شده است .

NYY ۳ × ۵۰ re ۰/۶ / ۱ kv

این کابل ۳ رشته سیم مفتولی با مقطع دایره ای با عایق هایی از جنس پروتودور دارد که برای ولتاژ فازی ٦۰۰ ولت و ولتاژ خطی ۱۰۰۰ ولت مورد استفاده قرار می گیرد .

NKBA ۳ × ۳۵

جنس ۳ هادی این کابل مسی با سطح مقطع $۳۵mm^۲$ است که توسط غلاف سربی و غلاف خارجی دوبل عایق شده است و برای حفاظت از بانداژ فولادی استفاده شده است .

NKBA ۳ × ۳۵ sm ٦ / ۱۰ kv

این کابل دارای ۳ هادی $mm^۲$ ۳۵ است که برای ولتاژ خطی ۱۰ کیلوولت و ولتاژ فازی ٦ کیلو ولت طراحی شده است . هادی ها چند رشته ای با سطح مقطع سکتوری است .

NAYSY ۳ × ۷۰ se ٦ / 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 ونازک 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 ٦ کیلو ولت و ولتاژ خطی ۱۰ کیلو ولت طراحی شده است .

NYCWYFFGb Y ۳ × ۱۲۰ sm ۳/۵ / ٦ kv

این کابل دارای ۳ هادی با سطح مقطع $۱۲۰mm^۲$ 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 کابلهای 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 ٤.۵ کیلو ولت را دارا می باشد .

۳ – کابل های فشار قوی : قدرت عایق نمودن از ۳۰ تا ۹۰ کیلو ولت را دارا می باشند .

٤ – 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 کابلهای 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 دستگاه‌ها به وجود می آورد . مقررات حداکثر افت ولتاژ را در مدارات روشنایی ٤ ٪ و در مدارات تغذیه موتورها را ٦ ٪ 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 kv ۱ بر حسب آمپر										
طرز قرار گرفتن کابل ها										
سطح مقطع mm^2	کابلهای ۱ سیمه DC		کابلهای ۲ سیمه		کابلهای 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

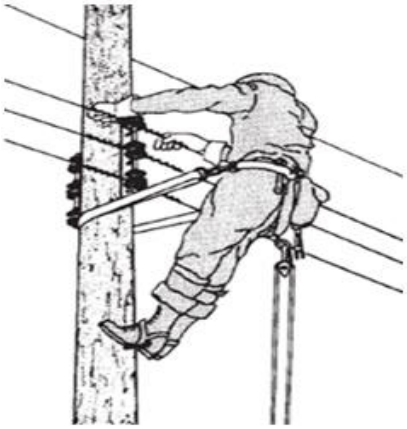
جدول فاکتور تصحیح تغییر درجه حرارت محیط در شرایط نصب مختلف

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

مثال – اگر در یک سیستم هوایی از کابل NYY چهار سیمه با سطح مقطع $۲۵mm^۲$ استفاده نماییم، میزان جریان دهی این کابل در ۳۵ درجه سانتی گراد را از جدول بدست آورید .

با توجه به جدول جریان نامی کابل چهار سیمه با سطح مقطع $۲۵mm^۲$ و در دمای ۳۰ درجه ۱۰۵ آمپر است . حال اگر بخواهیم جریان کابل را در ۳۵ درجه سانتی گراد بدست آوریم باید از ضریب تصحیح حرارت استفاده کنیم (ضریب تصحیح جریان کابل در هوای آزاد در دمای ۳۵ درجه برابر با ۰/۹٤ است)

$۱۰۵ \times ۰/۹٤ = ۹۸/۷ \ A$



محاسبه‌ی سطح مقطع با استفاده از فرمول

$$A = \frac{۲۰۰ \rho l i \cos\varphi}{\alpha V} \quad . \quad A = \frac{۲۰۰ \rho l p}{\alpha V^۲}$$

در این روابط :

A : سطح مقطع کابل برحسب میلی متر مربع .

ρ : مقاومت ویژه مس در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد که برابر با $۲ \times ۱۰^{-۸} \Omega m$ است .

l : طول کابل بر حسب متر .

i : جریان مجاز کابل بر حسب آمپر

Cosφ : 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 .

۲۰۰ : از ضریب ۲۰۰ برای مصرف کنندگان تکفاز و از ضریب ۱۰۰ برای مصرف کنندگان سه فاز استفاده می شود .

مثال– یک کابل چهار سیمه برای تغذیه یک موتور سه فاز ۳۸۰ v ، ٤۰ kw با ضریب قدرت ۰/۸ به کار می رود سطح مقطع این کابل را طوری پیدا کنید که افت ولتاژ از ۲ درصد تجاوز نکند .طول کابل ۷۰ متر مفروض است .

$$A = \frac{۱۰۰ \rho l p}{\alpha V^۲} \ , \ A = \frac{۱۰۰ \times ۲ \times ۱۰^{-۸} \times ۷۰ \times ٤۰ \times ۱۰^۳}{۲ \times ۳۸۰^۲} = ۲۰ mm^۲$$

مثال – آیا می‌توان درمحیطی با حرارت ۳۰ درجه‌ی سانتی گراد، برای تغذیه یک موتور سه فاز با جریان ۲۰A و $\cos\varphi =$ ۰/۷۵ که در فاصله ۵۰ m از تابلوی اصلی قرار دارد از یک کابل NYY با سطح‌مقطع $۲/۵ \ mm^۲$ استفاده کرد ؟

جریان مجاز کابل ۲/۵ mm^2 در دمای ۳۰ درجه سانتی گراد ۲۵ A است و از نظر جریان برای این موتور مناسب است . حال افت ولتاژ را بررسی می کنیم .

$$A = \frac{۲۰۰\,\rho\, l\, i \cos\varphi}{\alpha\, V} \quad , \quad \alpha = \frac{۱۰۰ \times ۲ \times ۱۰^{-۸} \times ۵۰ \times ۲۰ \times ۰/۷۵}{۲/۵ \times ۱۰^{-۶} \times ۲۲۰} = \%\, ۳/۶$$

از آنجایی که افت ولتاژ از ۲ ٪ بیشتر است باید سطح مقطع را یک اندازه بزرگتر انتخاب کرد یعنی باید سطح مقطع کابل ٤ mm^2 باشد . و در این حالت افت ولتاژ را محاسبه می‌کنیم .

$$\alpha = \frac{۱۰۰ \times ۲ \times ۱۰^{-۸} \times ۵۰ \times ۲۰ \times ۰/۷۵}{٤ \times ۱۰^{-۶} \times ۲۲۰} = \%\, ۱/۷۵$$

لوازم و تجهیزات مورد استفاده در کابل کشی

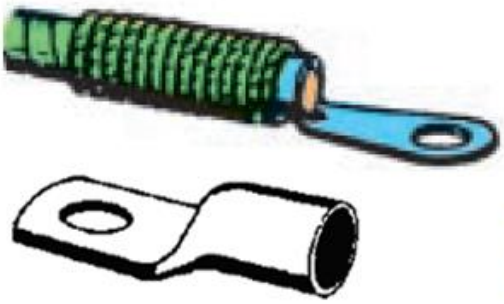
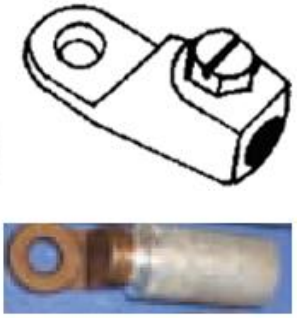
قیچی کابل بری : به منظور بریدن کابل از قیچی کابل بری استفاده می شود که در انواع قیچی کابل‌بری دستی برای بریدن کابل های با قطر کم و قیچی های هیدرولیکی ، پنوماتیکی و الکترومکانیکی برای بریده کابل های با قطر زیاد وجود دارند .

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 می‌شود فاصله‌ی بین غلتک و تیغه، قابل تنظیم می‌باشد 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 درمحیط کابل ودر 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 می‌توان 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 می‌کنند . 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 ومنگنه ای وجود دارند .

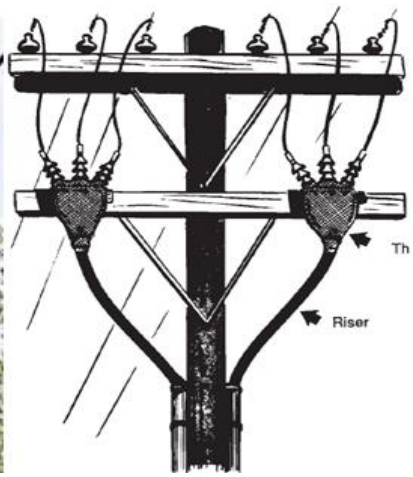



نکته مهم : برای اتصال کابل‌های افشان از مقطع $۱mm^۲$ به بالا و کابل های مفتولی از مقطع $۱۰mm^۲$ به بالا باید از کابل شو استفاده شود . کابل های مفتولی $٦ mm^۲$ و کمتر را می توان مستقیماً با ایجاد سوالی به دستگاه مربوط متصل نمود .

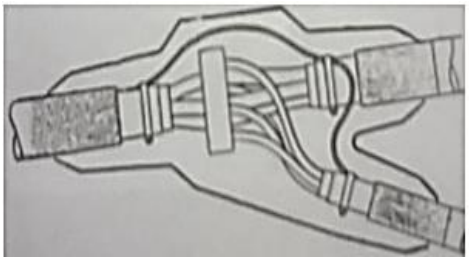
اتصال کابل‌شو به کابل : برای اتصال کابل به دیگر تجهیزات الکتریکی، از کابلشو یا کفشک کابل استفاده می‌شود. کابل شوها ممکن است پرسی یا قابل لحیم‌کاری باشند، در مقاطع بزرگ، اتصال کابل‌شو به کابل به وسیله‌ی لحیم‌کاری و اغلب با شعله صورت می‌گیرد. در صورت استفاده از شعله برای لحیم کاری باید توجه نمود که عایق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

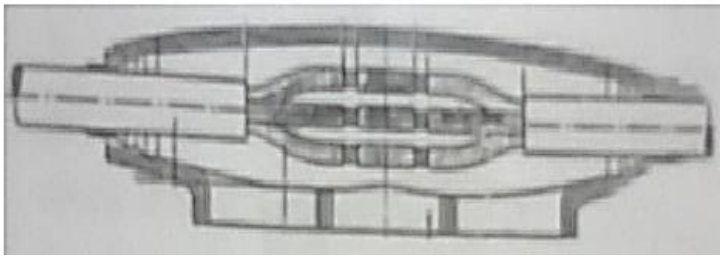
سرکابل : سرکابل وسیله ای است که در مواقع تغییر نوع سیم های حامل جریان الکتریکی به کار می رود . مثلاً وقتی بخواهند کابل زمینی را به سیم هوایی وصل کنند و یا کابل زمینی را به تجهیزات داخلی پست های اتصال دهند از سر کابل استفاده می کنند . سر کابل باید طوری بسته شود که رطوبت هوا و باران به هیچ وجه در آن نفوذ نکند و چنانچه کابل روغنی باشد ، روغن داخل کابل بیرون نریزد ، ساختمان ونوع سرکابل ها متفاوت بوده و بستگی به نوع کابل و مکان نصب آن دارد . سر کابل ها در اندازه های مختلفی ساخته می شوند . اندازه ی سر کابل بستگی به ولتاژ آن و اندازه ی کابل دارد هرچه مقدار ولتاژ بیشتر شود ابعاد و طول سر کابل افزایش می یابد .

انواع سر کابل : بر اساس نوع کابل ، سرکابل ها به دو دسته ی سرکابل های روغنی و سرکابل های خشک تقسیم می شوند . همچنین بر اساس مکان مورد استفاده نیز سر کابل ها به دو دسته سر کابل های داخلی که قابل استفاده در فضاهای بسته است و سرکابل های بیرونی یا هوایی که قابل استفاده در هوای آزاد است ، تقسیم می شوند .



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



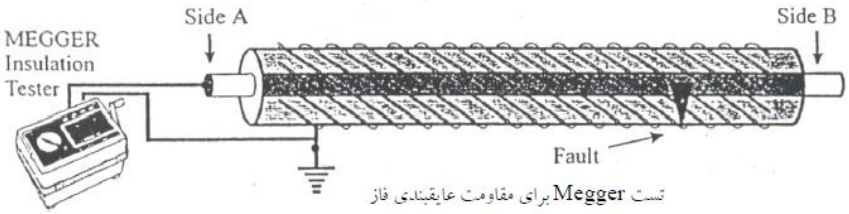


عیب یابی کابل ها

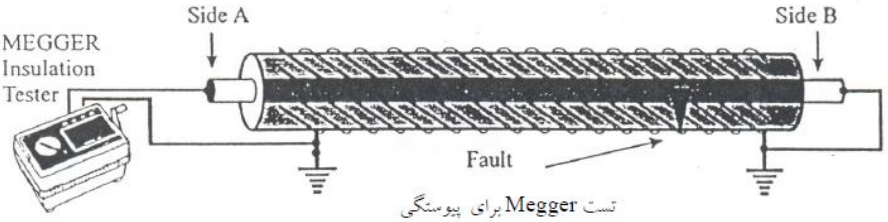
از جمله علل بروز عیب در کابل ها می توان به اضافه ولتاژ ، اضافه بار، رعایت نکردن اصول استاندارد کابل کشی، عوامل فیزیکی ،نصب غیر صحیح سرکابل و مفصل ها نام برد . عیب هایی که در کابل ها ممکن است پیش آید عبارتند از اتصال هادی کابل به زمین ، اتصال کابل ها به هم ، پارگی کابل ها ، قطع شدن کامل کابل که برای تشخیص 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 می‌کند. از میگر برای تشخیص پارگی یا اتصالی کابل ها مورد استفاده قرار می‌گیرد که در زیر آورده شده است.

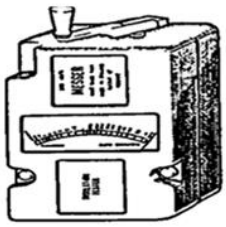
در اشکال زیر نحوه‌ی استفاده از میگر برای تست پارگی و اتصالی کابل ترسیم شده است.



تست Megger برای مقاومت عایقبندی فاز



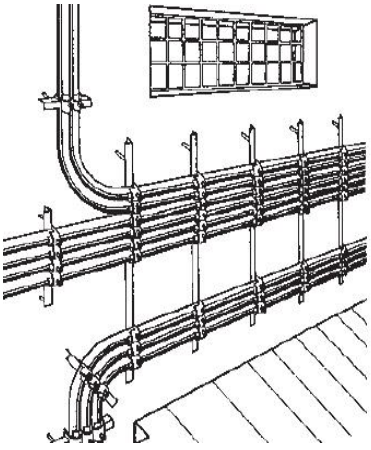
تست Megger برای پیوستگی

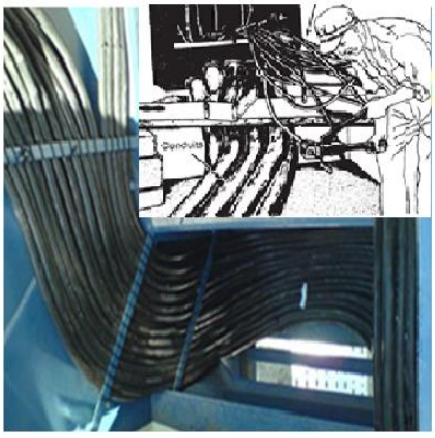


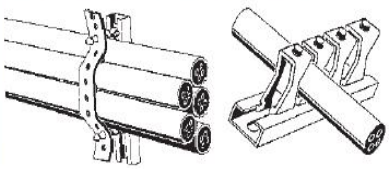
کابل کشی

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 می‌دهند . در کابل کشی روی دیوار و سقف فاصله‌ی 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 .

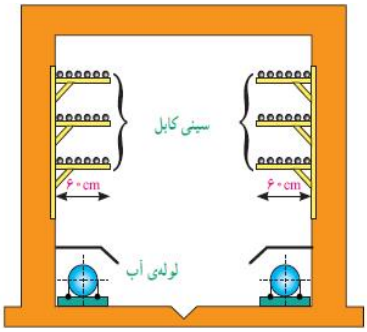






نصب کابل روی سینی کابل

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 کیرد 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 ٤٠ 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

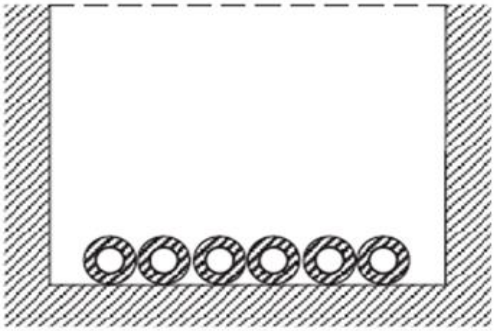
کانال های کابل کوچک معمولاً در موتورخانه ها ، پست های برق و ... کاربرد دارد و باید دارای درپوش های قابل برداشت از آهن آجدار و با دستگیره مناسب در تمام طول کانال باشد . کابل هایی که در کانال نصب می شوند باید تعدادی باشند که نصب آن ها به آسانی میسر باشد و تعمیر و تعویض آن ها به سهولت انجام می گیرد .

نصب کابل در کانال های خاکی

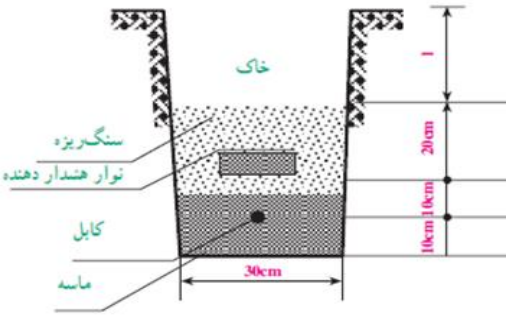
برای کابل کشی در کانال خاکی با توجه به میزان ولتاژ کانالی به شکل ذوزنقه حفر می‌کنیم تا خاک به داخل کانال نفوذ نکند .

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 می‌شود و سپس ۱۰ cm ماسه نرم در گودال ریخته و کابل روی آن خوابانده می‌شود 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 .



کانال بتونی



کانال خاکی

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

- حداقل فاصله‌ی 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 می‌کند 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 ٦ 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 -۷	با عایق پلاستیکی و غلاف پلاستیکی تا ۵۰۰ ولت الف ـ با پوشش حفاظتی و بدون پوشش ب ـ با عایق پلاستیکی ـ غلاف سربی یا P.V.C با پوشش حفاظتی
-۱۵	با عایق لاستیکی ـ غلاف سربی یا P.V.C بدون غلاف حفاظتی با غلاف غیرفلزی
-۲۰	با عایق لاستیکی ـ 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 .

– کابل هایی که به تأسیسات قابل حمل و متحرک نصب می شوند باید در نقطه اتصال به دستگاه کاملاً بسته و محکم شود، به طوری که هیچ نیرویی به ترمینال های 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 کابل های داخل و خارج ساختمان (مسکونی ، تجاری و صنعتی) باید یک تکه باشند و از کاربرد مفصل دو راهی در وسط خط خودداری شود .

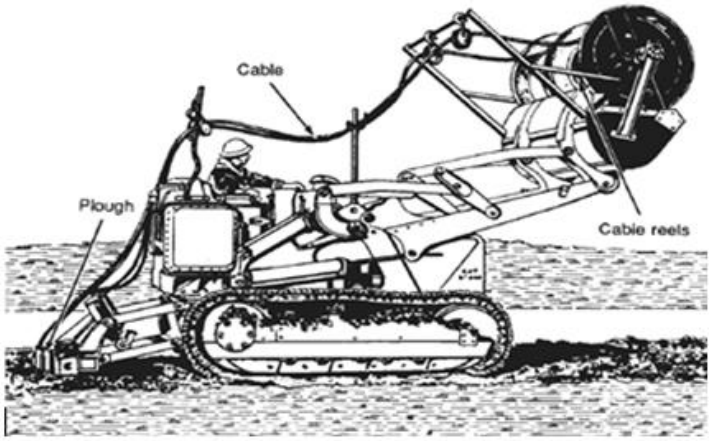
– کابل ها باید در برابر تابش مستقیم نور آفتاب ، دارای نوعی حفاظ باشد .

– چنانچه کابل ها به موازات هم کشیده شده باشند ، کابل های فشار متوسط نباید مستقیماً در زیر کابل های فشار ضعیف قرار گیرند .

– در کابل های فشار ضعیف، با توجه به سطح مقطع آن‌ها باید از ترمینال های پیچی یا کابلشو مناسب استفاده شود .

– اگر تعداد کابل ها زیاد باشد بهتر است کابل ها پهلوی هم قرار گیرند نه روی هم .

– کابل را باید با چرخاندن قرقره ی کابل و کشیدن آهسته کابل را باز کرد و از خمش زیاد کابل جلوگیری کرد .



– در صورتی که در یک کانال کابل های 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 آن ها با آجر فشاری عایق شوند .

– فاصله‌ی بین کابل ها در داخل کانال ها معمولاً ۷ cm انتخاب می شود .

– برای عبور کابل از خیابان ها و میادین از لوله های سیمانی یا لوله های گالوانیزه استفاده می شود .

– 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 کابل ها حداقل باید ۱۵ برابر قطر کابل باشد برای انواع کابل ها شعاع خمش کابل را می توان بر حسب قطر کابل (d) از جدول زیر بدست آورد

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

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 می‌گیرند 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 $\frac{۵}{۸}$ – $\frac{۳}{۴}$ – ۱ – $۱\frac{۱}{۴}$ اینچ ساخته می شوند .

۳- لوله های میلی‌متری در اندازه‌های ۱۶ – ۲۰ – ۲۵ و ۳۲ میلی‌متری ساخته می‌شوند .

لوله‌های 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 می‌شود .

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 فلزی‌ای که مستقیماً در زمین نصب می شوند ازموادی چون فیبر ، سنگ صابون، PVC، فایبرگلاس و ... ساخته می‌شوند 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 (پلی‌ونیل 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 تاسیسأت 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 نمی‌باشیم .

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 سانتی‌متر ، در پیاده رو ۹۰ سانت و در محیط های بدون عبور و مرور ۳۰ سانتی‌متر	
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 چسپ 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	۱ $\frac{1}{4}$ اینچ
۱	۷	۱۰	۲۱	۳۵
۱/۵	٦	۹	۱۸	۳۱
۲/۵	۵	۸	۱٤	۲٤
٤	۳	٤	۹	۱٦

گنجایش تعداد سیم لوله های فولادی میلی متری				
سطح مقطع mm^2	۱٦mm	۲۰mm	۲۵mm	۳۲mm
۱	۷	۱۲	۱۹	۳۵
۱/۵	٦	۱۰	۱۷	۳۱
۲/۵	٤	۸	۱۳	۲٤
٤	۳	۵	۹	۱٦

گنجایش تعداد سیم لوله های PVC اینچی				
سطح مقطع mm^2	$\frac{5}{8}$ اینچ	$\frac{3}{4}$ اینچ	۱ اینچ	۱ $\frac{1}{4}$ اینچ
۱	٦	۹	۱۹	۳۰
۱/۵	۵	۸	۱۸	۲٦
۲/۵	٤	٦	۱۳	۲۱
٤	۲	٤	۸	۱۳

گنجایش تعداد سیم لوله های پولیکا PVC میلی متری				
سطح مقطع mm^2	Pg۱۱	Pg۱۳/۵	Pg۱٦	Pg۲۵/۵
۱	۷	۱۲	۲۰	۳٤
۱/۵	٦	۱۱	۱۸	۳۰
۲/۵	۵	۸	۱٤	۲۳
٤	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 اظطراری 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 وسیله‌ی 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 ، شیارکنی 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 سانتی‌متر زیر سطح تمام شده دیوار قرار گیرد . شیارهای فوق الذکر باید حدالمقدور 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

شرح	علامت
مسیر لوله‌کشی توکار، برای سیستم اینترفون (تلفن داخلی)	IF
مسیر لوله‌کشی توکار، برای سیستم احضار پرستار	N
مسیر لوله‌کشی توکار، برای سیستم آنتن	A
مسیر لوله‌کشی توکار، برای سیستم مادر ساعت	C
مسیر لوله‌کشی توکار، برای سیستم اعلام و اطفاء حریق	F
مسیر لوله‌کشی توکار، برای سیستم صوتی	S
مسیر لوله‌کشی توکار، برای سیستم موسیقی	M
جعبه‌ی انتهایی (تقسیم یا کشش)، یک راه، نوع روکار	
جعبه تقسیم، دو راه، نوع روکار	
جعبه تقسیم، سه‌راه، نوع روکار	
جعبه تقسیم، چهار راه، نوع روکار	
جعبه‌ی انتهایی (تقسیم یا کشش)، یک راه، نوع توکار	
جعبه تقسیم، دو راه، نوع توکار	
جعبه تقسیم، سه‌راه، نوع توکار	
جعبه تقسیم، چهارراه، نوع توکار	

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

سنجش یا اندازه‌گیری عبارت است از مقایسه‌ی یک کمیت مجهول با مقداری معلوم از همان کمیت که اصطلاحاً واحد نامیده می‌شود، واحدهای استاندارد که برای هرکمیت از اندازه‌گیری‌ها تعیین می‌گردد بر طبق قراردادهای بین المللی تعیین شده و مقداری که در اندازه‌گیری به‌دست می‌آوریم نشان می‌دهد که مقدار اندازه‌گیری شده چند برابر مقدار واحد آن کمیت است .

انواع سنجش

روش‌ها و دستگاه‌های اندازه گیری را به صورت های مختلفی تقسیم بندی می کنند که در زیر به تعریف آنها می پردازیم .

۱ – دستگاه‌های انحرافی یا عقربه‌ای به دستگاه آنالوگ مشهور هستند و مقدار کمیت مجهول رابا انحراف عقربه نشان می‌دهد .

۲ – دستگاه‌های مقایسه ای کمیت مجهول را با مقایسه با کمیتی معلوم مشخص می کنند . این دستگاه‌ها پل نامیده می شود .

۳ – دستگاه‌های الکترونیکی از قطعات الکترونیکی ساخته می‌شوند که اندازه گیری را به صورت پیوسته انجام می دهند

٤ – دستگاه‌های دیجیتالی: مقادیر مورد سنجش را به وسیله‌ی ارقام و اعداد بر روی صفحه‌نمایش نشان می‌دهند .

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 دستگاه‌های اندازه گیری دارای خطا هستند که به دلیل وجود قطعات متحرک ، کهنگی ، شرایط محیطی ، وجود حوزه های مغناطیسی و ... رخ می‌دهد . جلوگیری از این خطاها تقریباً غیرممکن است ولی برای رفع این عیوب به جای دستگاه‌های عقربه‌ای از دستگاههای دیجیتالی استفاده می‌شود که هم امکان خطای قرائت کم‌تر 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 .

$$\gamma A = \frac{\Delta A}{A}$$

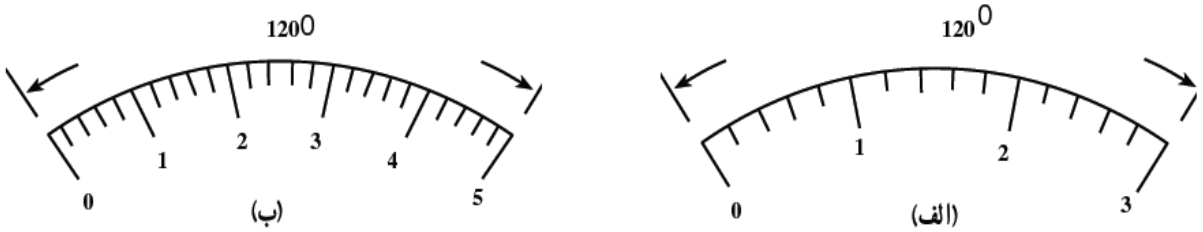
کلاس دستگاه‌های اندازه گیری : درصد خطای نسبی در انحراف ماکزیمم دستگاه را کلاس می نامند ، کلاس دستگاه را به صورت یک عدد روی صفحه دستگاه درج می شود و مقدار آن می تواند منفی یا مثبت باشد . هرچه عدد کلاس یک دستگاه کوچکتر باشد ، دقت اندازه گیری آن بیشتر است .

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

خطای مجاز دستگاه: به مقدار خطایی که یک دستگاه می‌تواند در اندازه‌گیری داشته باشد، خطای مجاز دستگاه گفته می‌شود. 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 اندازه‌گیری ۲۵۰ ولت است و کلاس دستگاه ۲/۵ می‌باشد. صفحه‌ی این دستگاه ۱۲۵ درجه است مطلوب است محاسبه‌ی :

۱ – خطای مجاز دستگاه

$$\text{کلاس} = \frac{\text{خطای مجاز}}{\text{حدود اندازه گیری}} \times ۱۰۰$$

$$\text{خطای مجاز} = \frac{\text{کلاس} \times \text{حدود گیری}}{۱۰۰} \quad , \quad \text{خطای مجاز} = \frac{۲۵۰ \times (\pm ۲/۵)}{۱۰۰} = ٦/۲۵v$$

۲ – حساسیت دستگاه

$$\text{حساسیت} = \frac{\text{زاویه صفحه}}{\text{حدود اندازه گیری}} = \frac{۱۲۵}{۲۵۰} = ۰/۵$$

۳ – اگر ولتاژی با این دستگاه ، $۲۰۰\,v$ اندازه گیری شود مقدار واقعی ولتاژ چقدر است ؟

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

$$۲۰٦/۲۵ > \text{مقدار واقعی} > ۱۹۳/۷۵ \quad , \quad \text{مقدار واقعی} = ۲۰۰ \pm ٦/۲۵$$

٤ – خطای نسبی

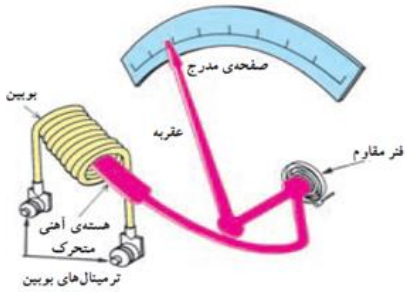
$$\text{خطای نسبی} = \frac{\text{مقدار خطا}}{\text{مقدار واقعی}} \cong \frac{\text{مقدار خطا}}{\text{مقدار اندازه گیری شده}} = \frac{\pm ٦/۲۵}{۲۰۰} = \pm ۰/۰۳۱$$

۵ – درصد خطای نسبی

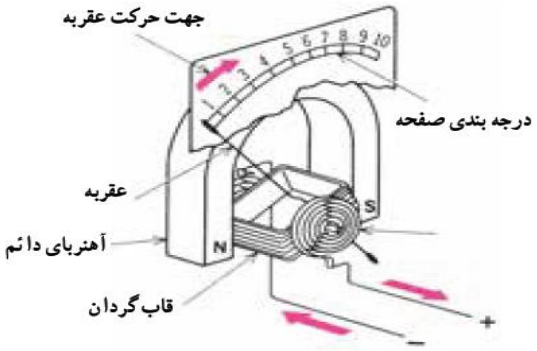
درصد خطای نسبی = خطای نسبی =۱۰۰ = $\pm ۰/۰۳۱ \times ۱۰۰ = \pm \%\ ۳/۱$

سیستم های اندازه گیری در دستگاههای اندازه گیری

۱ – دستگاه اندازه‌گیری با هسته‌ی متحرک : این نوع دستگاه اندازه گیری 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 می کند . عقربه ای نیز به محور چنان متصل است که با هسته‌ی متحرک حرکت می کند . هنگامی که جریان از بوبین می گذرد ، میدان مغناطیسی ایجاد شده که باعث به داخل کشیده شدن هسته می شود ، مقدار مسافتی که هسته به داخل بوبین حرکت می کند به مقدار جریانی که از بوبین می‌گذرد بستگی دارد، ازآنجایی که عقربه به محور هسته متصل است ، مقدار حرکت آن بر روی صفحه‌ی مدرج مقدار مورد نظر را نشان می دهد .

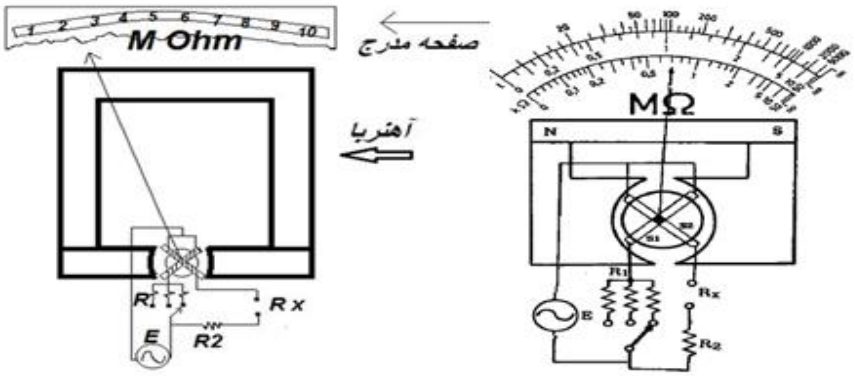


۲ – دستگاه اندازه گیری با قاب گردان و آهنربای دائمی : دستگاه اندازه گیری با قاب گردان و آهنربای دائمی مشهور به گالوانومتر یا میکروآمپرمتر است که برای ساخت آوومتر استفاده می شود . گالوانومتر دآرسونوال از آهنربای دائم ، کفش قطب ها، استوانه‌ی آهن نرم و یک سیم پیچ که قادر است حول استوانه آهن نرم بچرخد، تشکیل شده است . سیم پیچ روی استوانه آهن نرم پیچیده می شود و استوانه توسط دو سوزن به دو تکیه گاه وصل می شود .



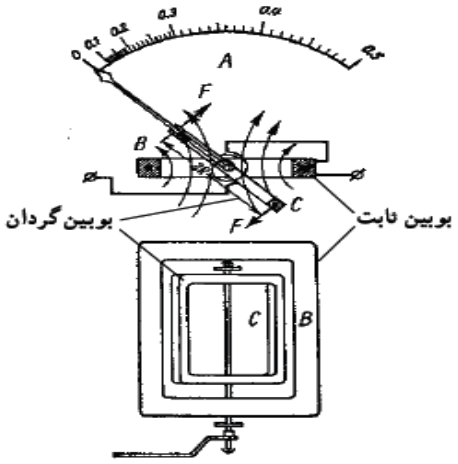
با اعمال جریان به سیم پیچ یک میدان مغناطیسی ایجاد می شود که در اثر تقابل با میدان آهنربای دائم موجب حرکت استوانه و سیم پیچ روی آن، عقربه، سوزن و فنرها می‌شود . بدیهی است که میزان انحراف عقربه به شدت جریان اعمالی به‌آن بستگی دارد، فنرها برای ایجاد کوپل مقاوم و برگرداندن سیم‌پیچ بعد از قطع جریان به‌جای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

۳ – دستگاه اندازه‌گیری با قاب صلیبی گردان : دستگاه اندازه گیری 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 پیچ ها ، جهت جریان در آنها طوری می شود که گشتاور ایجاد شده در آنها مخالف هم شود و یکی گشتاور مقاوم و دیگری گشتاور محرک ایجاد می کند، در این حالت قاب‌ها در جهت گشتاور بزرگتر به حرکت در می‌آیند . با گردش قاب‌ها ، قابی که گشتاور بزرگتری ایجاد کرده به سمت میدان ضعیف تر می رود و گشتاور آن کوچک تر می شود و از طرف دیگر قاب دوم به سمت میدان قوی تر رفته و گشتاورش بزرگتر می شود ، وقتی دو گشتاور با هم برابر شدند حالت تعادل پیش آمده و عقربه می ایستد . 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 .

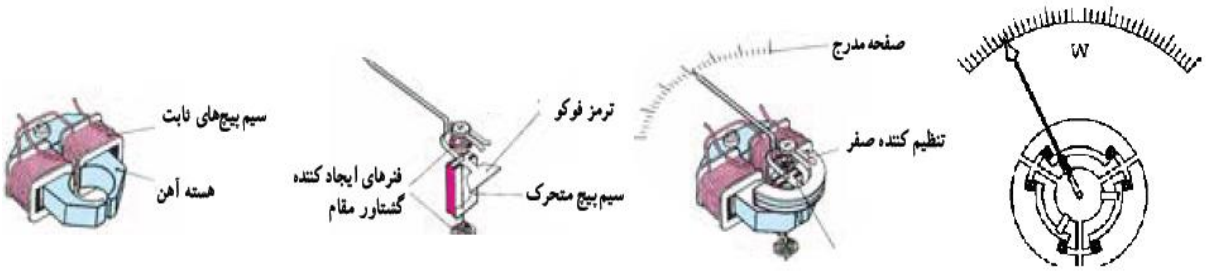


٤ – دستگاه اندازه گیری با بوبین گرد و آهن نرم گردان : این دستگاه از یک بوبین گرد که داخل آن دو تکه آهن نرم قرار دارد تشکیل شده است ، یکی از آهن ها ثابت و دیگری متحرک و متصل به محور دستگاه می باشد . با وصل جریان بوبین میدان مغناطیسی ایجاد می کند و دو تکه آهن در یک جهت مغناطیس شده که موجب حرکت عقربه می‌شود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

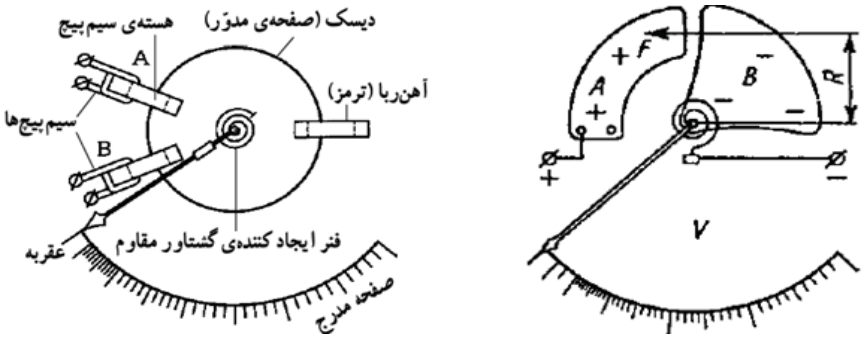
۵ – دستگاه اندازه‌گیری الکترودینامیکی: این دستگاه از دو سیم پیچ ثابت و متحرک تشکیل شده است، سیم پیچ ثابت که مربوط به جریان است دارای تعداد دور کم با سطح‌مقطع زیاد است که به صورت سری به مصرف کننده وصل می‌شود و سیم‌پیچ متحرک که مربوط به ولتاژ است دارای تعداد دور زیاد با سطح مقطع کم است که به صورت موازی با مصرف کننده وصل می‌شود، جریان توسط دو فنر مارپیچ به سیم پیچ گردان می‌رسد، در اثر عبور جریان در سیم پیچ‌های ثابت و گردان، گشتاور ایجاد می‌شود که موجب حرکت سیم پیچ متحرک می‌شود . گشتاور ایجاد شده توسط سیم پیچ ها با حاصلضرب جریان آن‌ها 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 حاصلضرب ولتاژ در جریان برابر است. می‌توان نتیجه گرفت عقربه-ی دستگاه مستقیماً توان مصرف کننده را نشان می‌دهد. از این دستگاه در وات متر، Cos φ متر، کنتور و ... استفاده می‌شود .



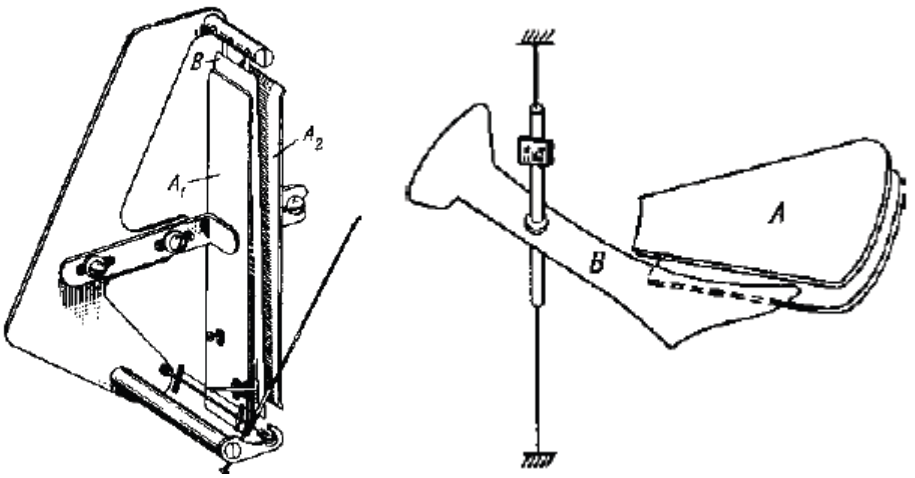
٦ – دستگاه اندازه‌گیری فرودینامیک : این دستگاه دارای ساختمانی شبیه دستگاه الکترودینامیکی است با این تفاوت که سیم-پیچ ها روی هسته‌ی آهن‌نرم پیچیده شده اند، این دستگاه اندازه‌گیرِ توان تک و سه فاز است و با کمی تغییر می‌توان آن را به $\cos\varphi$ متر تبدیل کرد .



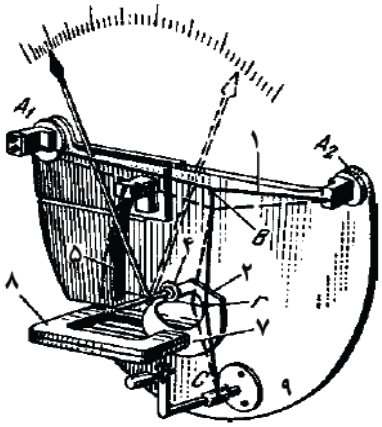
۷ – دستگاه اندازه گیری اندوکسیونی (القایی) : از این دستگاه ها بیشتر در ساخت کنتورها ی اندازه گیری انرژی استفاده می شود . دو سیم پیچ وجود دارد که جریان متناوب از آنها عبور داده می شود که موجب ایجاد فلوی مغناطیسی و القای جریانی در دیسک مدور می شود (همانند ماشین های ac القایی) ، در اثر تقابل میدان دیسک ومیدان سیم پیچ‌ها گشتاور محرک ایجاد می شود که موجب گردش دیسک و عقربه‌ی متصل به آن یا شماره انداختن شمارنده می شود .



۸ – دستگاه اندازه گیری الکترواستاتیکی : این دستگاه از یک خازن تشکیل شده است که یک جوشن آن ثابت و جوشن دیگر که عقربه به آن وصل است متحرک می باشد جنس جوشن ها از آلومینیوم است . اختلاف پتانسیل بین دو جوشن باعث به وجود آمدن نیروی مکانیکی می شود که باعث حرکت جوشن متحرک و عقربه متصل به آن می شود ، 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 ($w = \frac{1}{2} C . V^2$) ، پس انحراف عقربه با مجذور ولتاژ نسبت مستقیم دارد.



۹ – دستگاه اندازه گیری سیم حرارتی : دراین دستگاه از یک سیم حرارتی (بی متال) از جنس آلیاژ پلاتین و نقره یا آلیاژ پلاتین و ایریدیوم استفاده می‌شود که بر روی پایه‌ای ثابت شده است، در وسط سیم قلابی قرار دارد که به آن نخی 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 می‌کند سیم بر اثر گرما منبسط شده و طول آن زیاد می‌شود، در این حالت نخ که سیم را به قرقره وصل کرده است به حرکت در می‌آید، درنتیجه می‌توان شدت جریان را براساس میزان انبساط طولی سیم اندازه گرفت . تقسیمات صفحه-ی مدرج با هم برابر نیستند هرچه شدت جریان زیادتر شود فاصله‌ی تقسیمات بیشتر می‌شود زیرا میزان انبساط طولی سیم با مجذور جریان تناسب دارد .

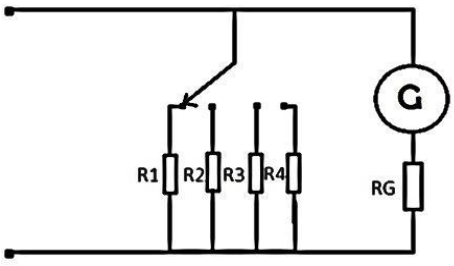


عملکرد	قاب گردان	الکترودینامیکی	الکترواستاتیکی	اندوکسیونی	آهن نرم گردان	ویبراسیونی (ارتعاشی)
کمیت	جریان و ولتاژ آزمایشگاهی	توان – ولتاژ–جریان	ولتاژ خیلی زیاد	انرژی–توان	ولتاژ و جریان کارگاهی	فرکانس
نوع جریان	DC	AC – DC	AC – DC	AC	AC	AC

معرفی وسایل اندازه گیری و نحوه ی عملکرد آن ها

آمپرمتر

مقدار جریان عبوری از یک مصرف کننده توسط آمپرمتر اندازه گیری می‌شود، آمپرمتر با مصرف کننده به صورت سری وصل می‌شود تا همان جریانی که از مصرف کننده عبور می‌کند از آمپرمتر نیز عبور کند . آمپرمترها از لحاظ نوع جریان اندازه‌گیری به دو دسته‌ی AC و DC تقسیم می‌شوند و در انواع آزمایشگاهی، تابلویی و یا به صورت قسمتی از آوومتر ساخته می شود .



آمپرمتر DC

نمونه هایی از آمپرمتر

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 کننده‌ی این است که هر قسمت از تقسیمات چند آمپر را نشان می‌دهد . ضریب ثابت از تقسیم ضریب سلکتور بر آخرین عدد درج شده روی صفحه مدرج بدست می‌آید .

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

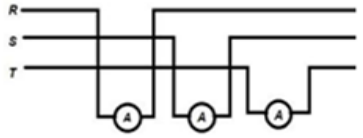
دوم : مقدار انحراف عقربه را در ضریب ثابت صفحه ضرب می کنیم .

مثال – در یک آمپرمتر 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؟

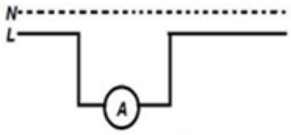
$$C = \frac{\text{ضریب کلید رنج}}{\text{آخرین عدد روی صفحه}} = \frac{۲۵۰}{۱۰۰} = ۲/۵ \quad \rightarrow \quad I = ۶۰ \times ۲/۵ = ۱۵۰\ A$$

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

$$C = \frac{\text{ضریب کلید رنج}}{\text{آخرین عدد روی صفحه}} = \frac{۲۰۰}{۶۰} = ۳ / ۳۳ \quad \rightarrow \quad I = ۳/۳۳ \times ۳۰ = ۱۰۰\ mA$$



اندازه گیری جریان در سیستم سه فاز



اندازه گیری جریان در سیستم تکفاز

آمپرمتر انبری: آمپرمتر انبری یک آمپرمتر ac است که بر اساس خاصیت القاء کار می‌کند و در جاهایی استفاده می‌شود که نباید جریان قطع شود. برای اندازه‌گیری جریان کافی است سیم حامل جریان ac را وسط هسته‌ی آمپرمتر که توسط اهرمی باز می شود قرار دهیم .

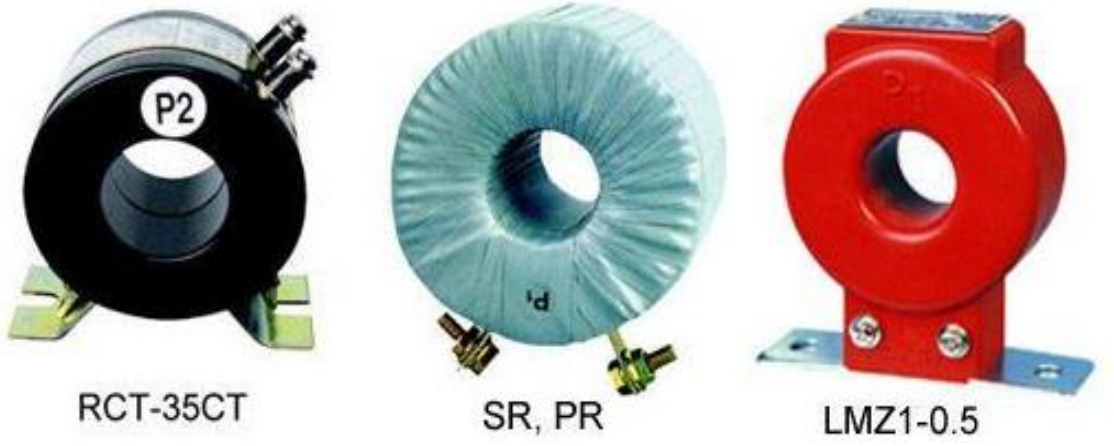
دراندازه گیری جریان نکات زیر باید مورد توجه قرار گیرند .

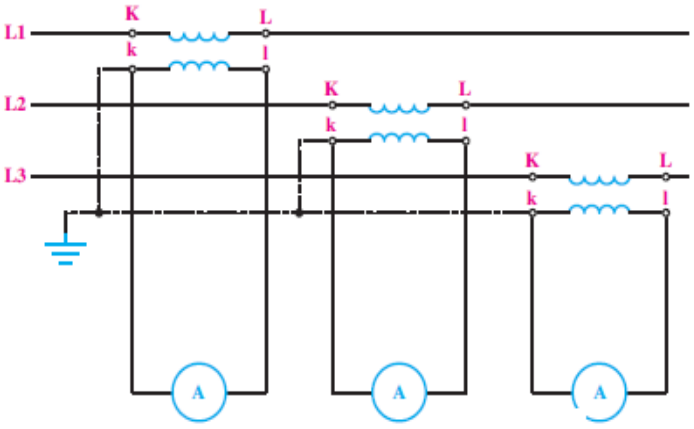
- برای دقیق تر خواندن جریانی که آمپرمتر نشان می دهد باید حدود اندازه گیری (ضریب سلکتور) را طوری انتخاب کنیم که عقربه بیشترین انحراف را داشته باشد .
- در هنگام تعویض رنج آمپرمتر بهتر است ابتدا دو سر آمپر متر را باتصال کوتاه کرد .
- چنانچه مقدار جریان مورد اندازه گیری نامشخص باشد باید رنج دستگاه را در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

اندازه گیری جریان های زیاد توسط ترانس CT

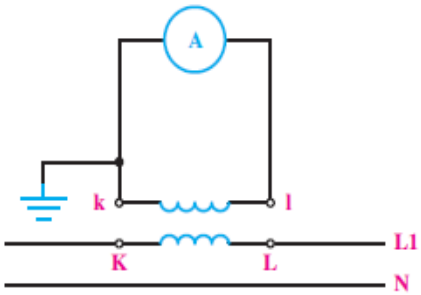
جریان های زیاد موجب سوختن آمپرمتر می شود لذا برای اندازه گیری این جریان ها ابتدا توسط یک مبدل جریان به نام ترانس جریان CT جریان را کاهش می دهیم و سپس مقدار آن را توسط آمپر متر اندازه گیری می‌کنیم.

همانطور که در فصل ترانسفورماتور گفته شد CT یک ترانس افزاینده‌ی 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 می‌کنیم، است. نکته‌ی مهم در مورد CT این است که ثانویه‌ی آن نباید باز شود وگرنه آسیب جدی می‌بینند. لذا در هنگام عوض کردن آمپرمتر باید توسط کلیدی خروجی را اتصال کوتاه کرد.





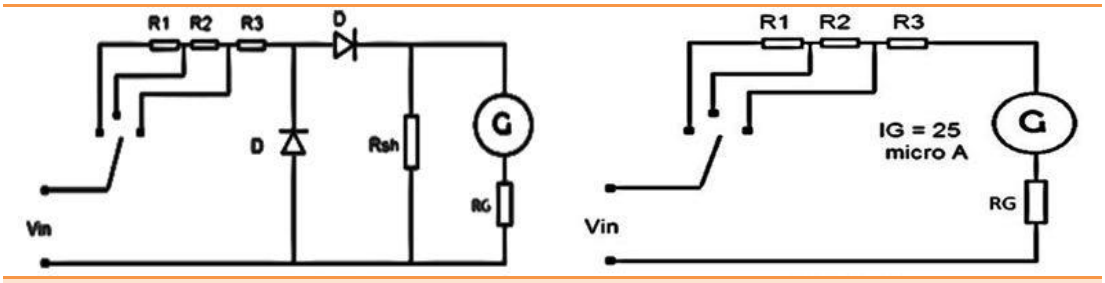
اندازه‌گیری جریان زیاد در مدارهای سه‌فاز



اندازه‌گیری جریان زیاد در مدار یک‌فاز

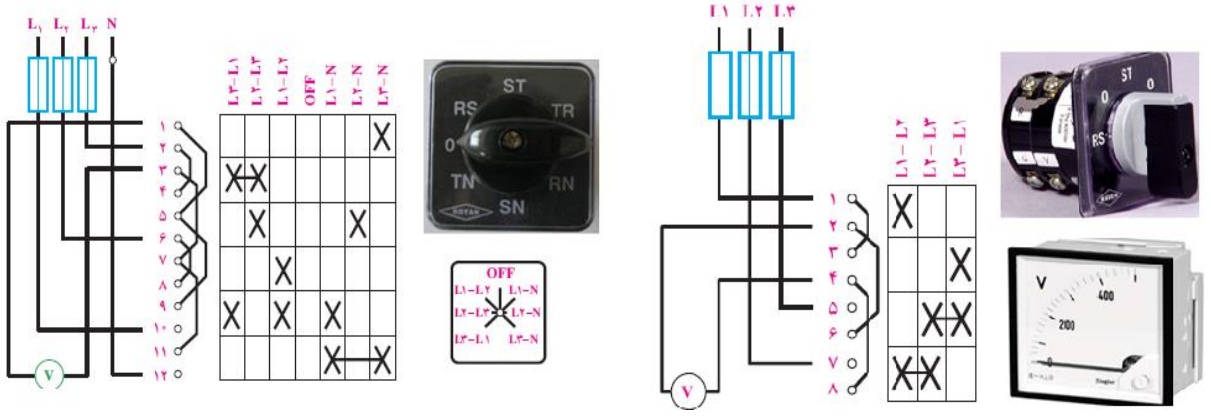
ولت متر

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 متر های عقربه ای قادر به اندازه گیری ولتاژ های کمتر از یک ولت به صورت دقیق نیستند به همین دلیل برای اندازه گیری ولتاژهای کم باید از ولت متر های دیجیتالی استفاده شود . برای اندازه گیری ولتاژهای زیاد از پراب که دارای مقاومت زیادی است به صورت سری با ولت متر استفاده می شود



ولت متر ac | **ولت متر dc**

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

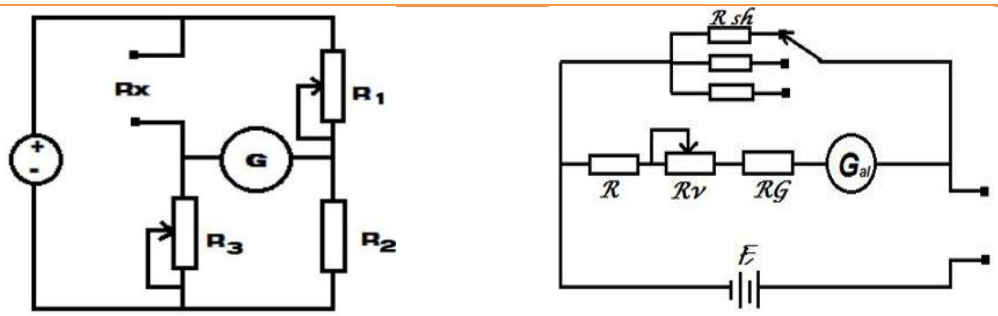


اهم متر

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 : دراین روش دو فیش اهم متر را به دو سر مقاومت یا دو نقطه از مدار که مقاومت آن را لازم داریم وصل می‌کنیم و مقدار انحراف عقربه را درضریب کلید اهم متر ضرب می‌کنیم . در روش مستقیم از گالوانومتر و چند مقاومت سری و یک باتری استفاده می‌شود، بدیهی است اگر در این مدار مقدار مقاومت تغییر کند، جریان نیز تغییر پیدا می‌کند و موجب انحراف عقربه گالوانومتر می شود . اگر بتوان رابطه‌ی بین تغییرات حرکت عقربه گالوانومتر، بر حسب مقاومت اهمی مدار را پیدا کرد می توان صفحه‌ی مدرج آوومتر را بر حسب مقاومت اهمی درجه بندی کرد . درجه بندی اهم متر خطی نیست و برمبنای یک تابع هموگرافیک است و عکس درجه بندی ولت متر و آمپرمتر می باشد .

دو روش غیر مستقیم : در روش غیر مستقیم از پل وتستون استفاده می شود ، پل وتستون بر اساس مقایسه‌ی بین مقاومت ها کار می‌کند و به صورت یک دستگاه مستقل در بازار وجود دارد . در روش غیر مستقیم نیز از گالوانومتر ، مقاومت های اهمی و باطری 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 .

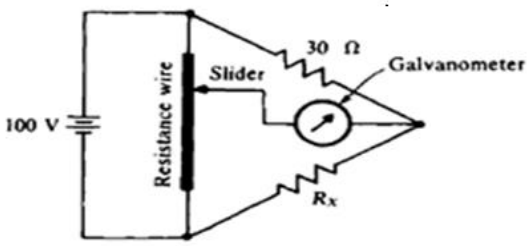


روش غیر مستقیم | روش مستقیم

در این مدار Rx مقاومت مجهول و R_2 مقاومتی ثابت است ، مقاومت های R۱ و R۳ مقاومت های قابل تنظیم می باشند . شرط این که جریانی از گالوانومتر عبور نکند برقراری رابطه زیر است .

$$Rx \times R۲ = R۱ \times R۳ \quad \rightarrow \quad Rx = \frac{R۱ \times R۳}{R۲}$$

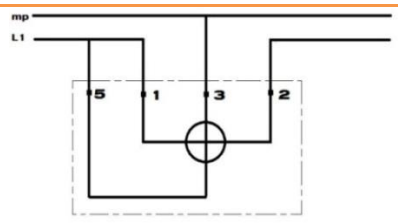
به غیر از پل وتستون پل های دیگری مثل پل تار و پل LCR نیز وجود دارد ، پل LCR برای اندازه گیری سلف (L) ، خازن (C) و مقاومت (R) به کار می رود .



پل تار

وات متر

برای اندازه‌گیری توان اکتیو از وات‌متر استفاده می‌شود، وات‌متر دارای یک سیم‌پیچ جریان و یک سیم‌پیچ ولتاژ است، سیم‌پیچ جریان به‌طور سری و سیم‌پیچ ولتاژ به‌طور موازی به مصرف کننده متصل می‌شوند پس وات‌متر به‌صورت سری– موازی وصل می‌شود . در جریان dc انحراف عقربه متناسب با V×I ودر جریان ac تکفاز متناسب با $V.I.\cos\phi$ می‌باشد .



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 ۵ A می باشد و رنج ولتاژ کلید ولتاژ نیز به صورت ۴۸ ، ۱۲۰ ، ۲۴۰ و ۴۸۰ 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 می‌آوریم ، سپس این مقدار را در میزان انحراف عقربه ضرب می‌کنیم .

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

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

میزان انحراف عقربه × ضریب ثابت سنجش = مقدار توانی که وات متر نشان می دهد

مثال – در یک وات‌متر اگرسلکتور جریان وجود نداشته باشد و سکتور ولتاژ روی ۱۲۰ باشد ، توان اندازه گیری شده چند وات است ؟ در صورتی که میزان انحراف عقربه به اندازه ۲۴/۵ قسمت باشد و کل صفحه به ۱۰۰ قسمت تقسیم شده باشد .

$p \longleftarrow$ حداکثر توانی که در انحراف کامل حاصل می شود .

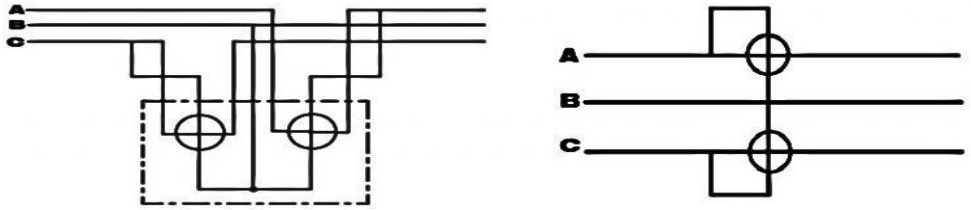
$$P = ۱۲۰ \times ۵ = ۶۰۰ \text{ watt} \quad , \quad C = \frac{۶۰۰}{۱۰۰} = ۶$$

مقدار توان اندازه گیری شده = ۲۴/۵ × ۶ = ۱۴۷ watt

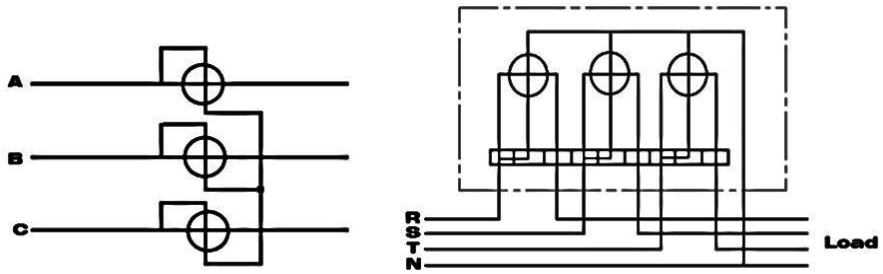
روش های اندازه گیری توان در مدارات سه فازه

۱ - روش یک وات‌متری : 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 ۳ 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 ≅ درج شده است .

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



۳ - روش سه وات‌متری : در این روش در مسیر هرکدام از فازها یک وات‌متر تک‌فاز قرار داده می‌شود . استفاده از سه وات-متر هم در سیستم متعادل و هم در سیستم غیرمتعادل استفاده می‌شود . توان سیستم برابر با مجموع توان سه وات‌متر است .

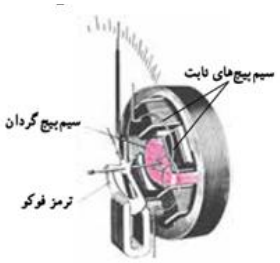


وارمتر

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 فی‌متر

برای اندازه گیری ضریب توان از کوسینوس فی‌متر استفاده می‌شود، کوسینوس فی‌متر 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 فی‌متر 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

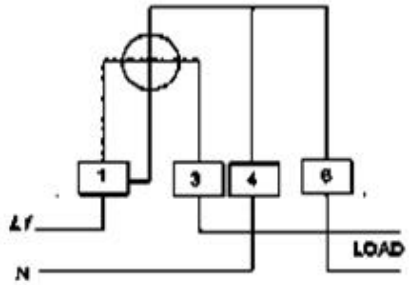
برای اندازه گیری فرکانس شبکه از فرکانس متر استفاده می شود ، فرکانس متر به صورت موازی در مدار قرار می گیرد و در دو نوع عقربه ای و زبانه ای ساخته می شوند .

فرکانس متر عقربه ای : فرکانس مترهای عقربه ای در دو نوع القایی و الکترودینامیکی ساخته می شود و در مواردی که احتیاج به برداشتن منحنی تغییرات فرکانس باشد استفاده می شود .

فرکانس متر زبانه‌ای (ارتعاشی) : فرکانس مترهای ارتعاشی فرکانس ۱۰ تا ۱۵۰۰ هرتز را با دقت بالایی اندازه گیری می کند و در تابلوهای برق زیاد استفاده می‌شود .

کنتور تک‌فاز

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



قسمت های تشکیل دهنده کنتور تک‌فاز

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 .

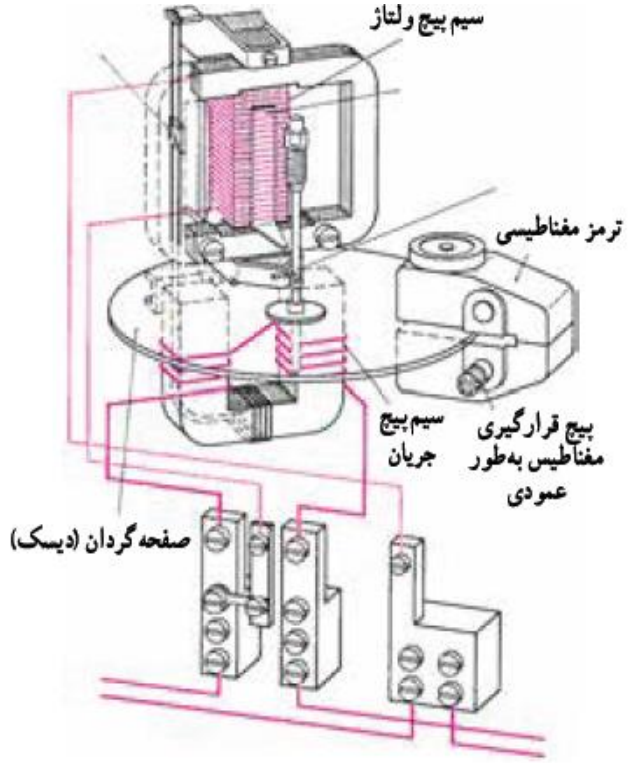
دیسک : دیسک یا صفحه‌ی دوار از جنس آلومینیوم است و تحت تاثیر میدان های مغناطیسی حاصل از سیم پیچ ها به گردش در می آید . سرعت گردش دیسک متناسب با توان است، پس تعداد دورهایی که در یک فاصله زمانی میزند متناسب است با کل انرژی مصرف شده در آن مدت است . در کنتور تک فاز به ازای هر ۳۷۵ دور گردش دیسک نمراتور یک کیلو وات ساعت انرژی مصرفی را ثبت می کند .

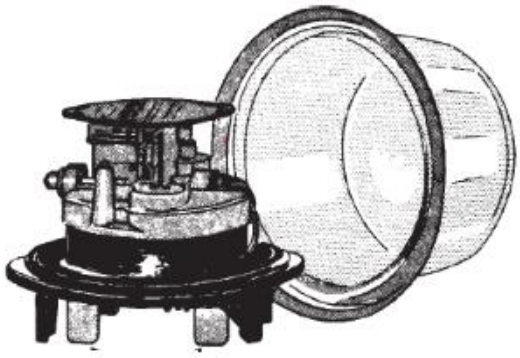
ترمز فوکو : ترمز فوکو روی دیسک قرار می‌گیرد و زمانی که مصرف‌کننده در مدار نباشد از حرکت دیسک جلوگیری می‌کند .

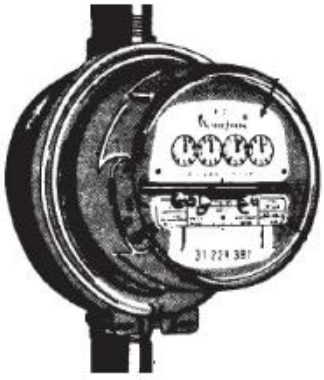
نمراتور یا شمارنده : نمراتور یا شمارنده وسیله ای است که توسط چرخ دنده به محور دیسک متصل شده ، گردش دیسک موجب می شود تا شمارنده انرژی الکتریکی را بر حسب کیلو وات ساعت ثبت کند .

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.

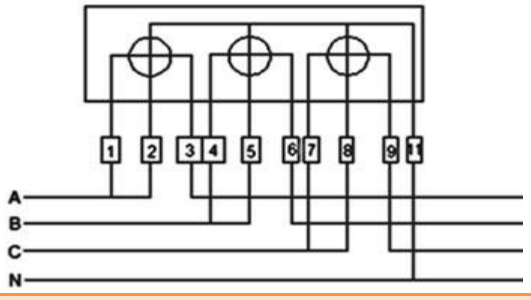




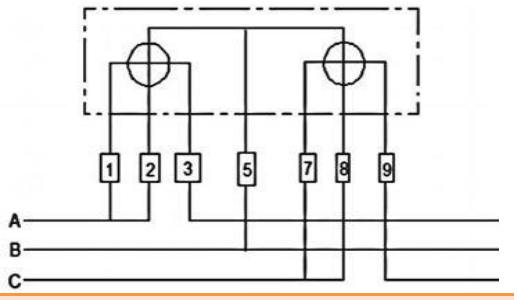


کنتور سه فاز اکتیو

کنتور سه فاز اکتیو برای اندازه گیری توان حقیقی یا اکتیو در سیستم های سه فازه مورد استفاده قرار می‌گیرد ، 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 .



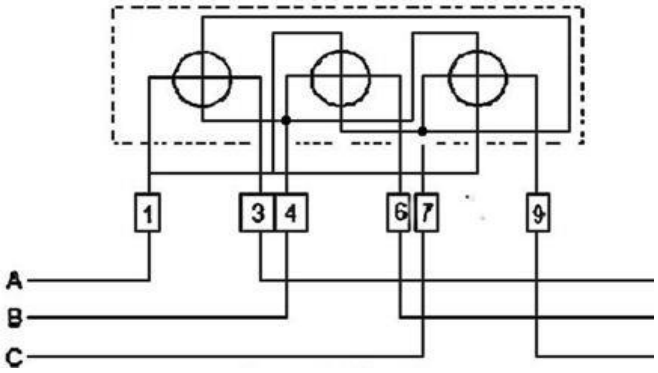
کنتور سه فاز چهار سیمه



کنتور سه فاز سه سیمه

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 . آوومترقابل حمل (پرتابل) است و به دو صورت آنالوگ و دیجیتالی 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 مولتی‌متر 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 می‌شود .

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 ۰ : 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 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 بدنه‌ی مولتی‌متر چند ترمینال تعبیه شده است . یکی از آن‌ها ترمینال مشترک COM است که برای کلیه‌ی اندازه گیری ها استفاده می‌شود و سیم مشکی رنگ مولتی‌متر به آن متصل می‌شود . ترمینال V جهت اندازه گیری ولتاژ و ترمینال‌های A - Ω برای اندازه‌گیری جریان، مقاومت استفاده می‌شود و برای تست دیود از ترمینال ⊣◄ استفاده می‌شود .

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 لحظه‌ی 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.

A	آمپرمتر	Kwh	کنتور دو نرخه		دستگاه با قاب گردان
V	ولتمتر	Kvarh	کنتور راکتیو		دستگاه الکترودینامیکی
Ω	اهمتر		دستگاه با جریان مستقیم دستگاه با جریان متناوب		دستگاه الکترواستاتیکی
W	واتمتر		دستگاه با جریان سه فاز		دستگاه اندوکسیونی(القائی)
Var	وارمتر		دستگاه عمودی خوانده شود		دستگاه آهن نرم گردان
Hz	فرکانس		دستگاه افقی خوانده شود		دستگاه وبیراسیونی(ارتعاشی)
H	هانری متر		دستگاه با ولتاژ500 ولت امتحان شده است		دستگاه با آهنربای گردان
F	فارادمتر		دستگاه با هیچ ولتاژی امتحان نشده است		بدنه دستگاه در برابر میدانهای مغناطیسی حفاظت شده
φ	کسینوس فی متر		دستگاه با ولتاژ2000 ولت امتحان شده است		بدنه دستگاه در برابر میدانهای الکتریکی حفاظت شده
Kwh	کنتور معمولی (اکتیو)		دستگاه با سیم حرارتی		دردستگاه یکسو ساز تعبیه شده

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 صفحه‌ی حساس به وسیله یک دسته الکترون باسرعت 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 .

نحوه‌ی تولید اشعه الکترونی : تولید اشعه الکترونی به وسیله گرم کردن یک استوانه‌ی فلزی که قسمت جلوی آن از مواد اکسیدی (۵۰ ٪ اکسید باریم و ۵۰ ٪ اکسید استرانسیوم) پوشانده شده است صورت می گیرد . نحوه‌ی 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 ، ٤ ، ٦ و ۸ کاناله نیز وجود دارد که در کارهای خاص مورد استفاده قرار می گیرند .

تشریح دکمه ها و کلیدهای پانل اسیلوسکوپ

CH۱ : اگر کلید در این وضعیت باشد فقط سیگنال اعمالی به کانال ۱ نشان داده می شود .

CH۲ : 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 دوکانال 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 .

CH۲INV : 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 مولفه های DC جلوگیری می شود . و در وضعیت DC هم مؤلفه های AC و هم مولفه 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 دهنده‌ی مدت زمانی است که طول می کشد تا اشعه در جهت افقی مسیر یک خانه را طی کند .

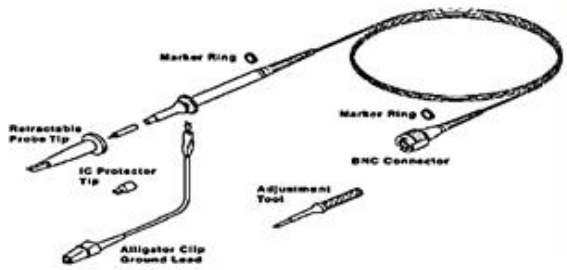
Volt / Div : عمل تضعیف سیگنال توسط این کلید انجام می گیرد و برای اندازه گیری ولتاژ به کار می گیرد . ضریب این کلید بیان کننده مقدار ولتاژ لازم جهت انحراف اشعه به اندازه یک خانه است . در اسکوپ های دو کاناله دو کلید Volt / Div وجود دارد .

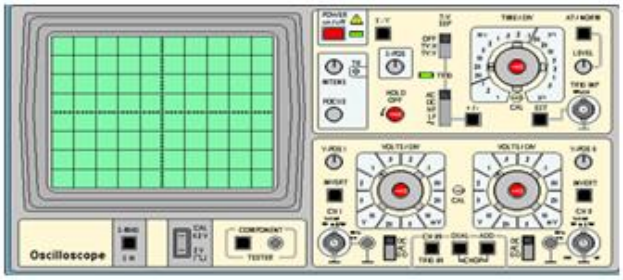
Volt Variable : در بعضی از اسیلوسکوپ ها ولومی تعبیه شده است که هنگام اندازه گیری ولتاژ باید این ولوم را در جهت عقربه های ساعت تا آخر بچرخانیم (در وضعیت Cal قرار گیرد) تا میزان ولتاژ اندازه گیری شده دقیق باشد . همچنین ولوم Time Variable نیز بر روی پانل موجود است .

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 شیشه‌ی معمولی که پشت آن از مواد فسفرسانس 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 .

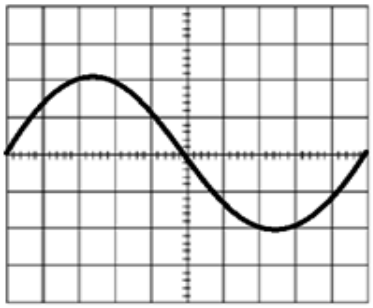
کابل پروب : برای اعمال سیگنال الکتریکی با اسیلوسکوپ از پروب استفاده می شود سیم رابط پروب از کابل کواکسیال است تا میزان نویز به حداقل برسد . نوک پروب به صورت گیره‌ای فنری است که می‌توان آن را به یک نقطه از مدار وصل کرد . انتهای فلزی سیم رابط که به اسیلوسکوپ وصل می شود BNC نام دارد . BNC دارای یک شیار مورب است که با یک چرخش ۹۰ درجه به اسیلوسکپ متصل می‌شود . برروی پروب یک کلید انتخاب وجود دارد که اگر آن‌را روی۱۰× قرار دهیم سیگنال ۱۰برابر تضعیف می‌شود و اگر در حالت ۱× قرار گیرد سیگنال ورودی بدون تضعیف به اسیلوسکوپ اعمال می‌شود .

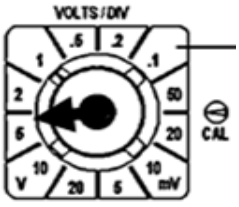




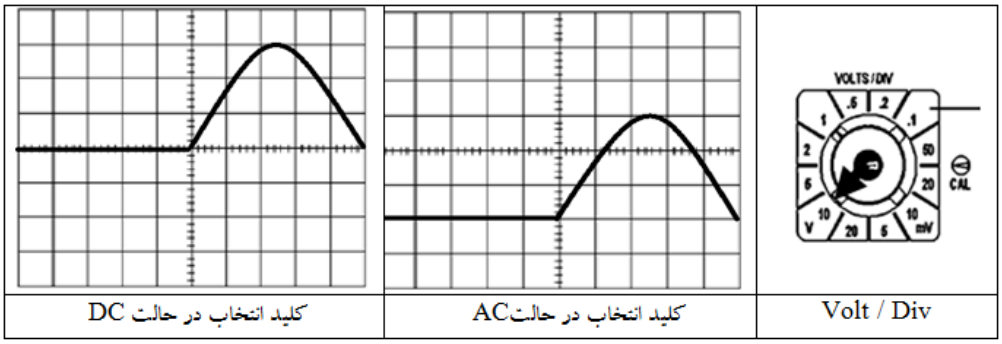
استفاده از اسیلوسکوپ برای اندازه گیری ولتاژ : برای اندازه گیری ولتاژ تعداد خانه هایی که شکل موج به صورت عمودی دربرگرفته است را در ضریب Volt / Div ضرب می کنیم . برای مثال دامنه شکل موج زیر که ۲ خانه کامل را در بر گرفته است و ضریب Volt / Div بر روی ٤ قرار گرفته است به صورت زیر محاسبه می شود .

Vp = ضریب × تعداد خانه های عمودی Volt / Div = ۲ × ٤ = ۸ v , Vp-p = ۱٦ v





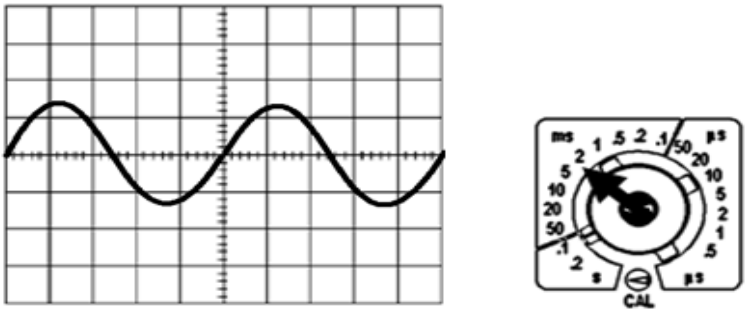
برای اندازه گیری مقدار متوسط Vdc شکل موج ولتاژ به این ترتیب عمل می کنیم . ابتدا کلید انتخاب را در حالت DC قرار می دهیم و مکان شکل موج را روی صفحه نمایش به خاطر می سپاریم و سپس کلید انتخاب را در حالت AC قرار می دهیم و شکل موج را مشاهده می کنیم که مقداری جابه جا شده است . میزان این جابه جایی (بر حسب تعداد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



Vdc = تعداد خانه های جابه جا شده × ضریب Volt / Div = ۲ × ۱۰ = ۲۰ v

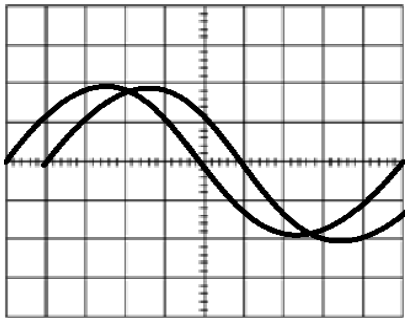
استفاده از اسیلوسکوپ برای اندازه گیری زمان تناوب و فرکانس: برای اندازه گیری زمان تناوب تعداد خانه هایی را که اسیلوسکوپ به صورت افقی در برگرفته را در ضریب Tim / Div ضرب می کنیم . برای مثال زمان تناوب و فرکانس ولتاژی با شکل موج نشان داده در زیر را محاسبه کنید در صورتی که ضریب Tim / Div برابر ٤ میلی ثانیه باشد .

T = عداد خانه های افقی × ضریب Tim / Div = ٥ × ٤ = ۲۰ ms , $f = \frac{۱}{T} = \frac{۱}{۲۰ \times ۱۰^{-۳}} = ۵۰$ 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 ۳٦۰ 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 .



$\frac{۳٦۰}{۱۰} = ۳٦$, $۳٦ \times ۱ = ۳٦^{o}$

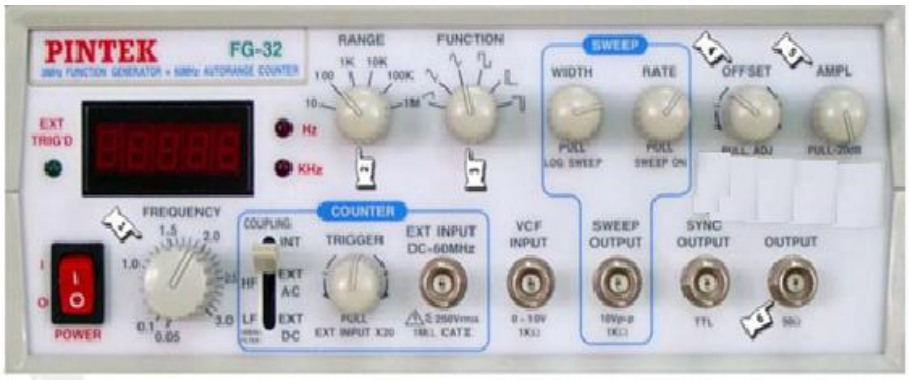
مولدهای سیگنال

دستگاه های مولد سیگنال دستگاه هایی هستند که می‌توانند 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 صوتیAF : این دستگاه شکل موج های سینوسی و مربع ای با دامنه ۱۰ ولت و فرکانس یک هرتز تا دو مگاهرنز 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، مربع‌ای، 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