جزوه برق

و

تأسیسات آسانسور

مقدمه:

برق یا الکترونیک صورتی بسیار مناسب از انرژی است که دارای مشخصات زیر می‌باشد

۱- به سادگی قابل انتقال است

۲- روشهای مناسب و با بازدهی بالا برای تولید آن وجود دارد

۳- مصرف آن به سادگی امکان پذیر است

این انرژی در واقع از پتانسیل لازم برای ایجاد یک ولتاژ مهیا می‌گردد. انرژی الکتریکی بر حسب ولتاژ و جریان قابل بیان است اگر مصرف کننده ، جریان $i_{(t)}$ را تحت ولتاژ $v_{(t)}$ مصرف نماید انرژی الکتریکی که مصرف می‌شود از رابطه زیر به دست می آید:

$$\omega(t) = \int_0^t i(\alpha)v(\alpha)d\alpha$$

تعاریف اولیه :

بار الکتریکی – خاصیت فیزیکی ذرات بنیادی(همانند الکترون و پروتون) در جذب و دفع همدیگر می باشد. واحد بار الکتریکی کولن است که کولن بر حسب آمپر تعریف می شود، به این منظور کل باری که از یک مقطع سیم طی یک ثانیه می گذرد اندازه گیری می شود. ۱ کولن باری است که طی یک ثانیه از سیمی با جریان ۱ آمپر می گذرد . الکترون باری به اندازه $-1.602\times10^{-19}\ C$ و پروتون باری به اندازه $+1.602\times10^{-19}\ C$ دارد.

میدان الکتریکی – اگر بار آزمونی را در فضای نزدیک میله بارداری قرار دهیم یک نیروی الکترواستاتیک بر آن وارد خواهد شد. در این صورت می گوئیم که در این فضا میدان الکتریکی وجود دارد.

مفهوم میدان الکتریکی – اگر ذره بارداری در میدان الکتریکی قرار گیرد شروع به حرکت می کند الکترون در خلاف میدان و بار مثبت در جهت میدان حرکت می کند.

اساس ایجاد میدان مغناطیسی حرکت چرخشی الکترون است. اگر باری در میدان مغناطیسی قرار گیرد حرکت نمی کند اما اگر یک قطب مغناطیسی در میدان مغناطیسی قرار گیرد شروع به حرکت می کند. اگر بار یا میدان در میدان مغناطیسی در حال حرکت باشد بر بار نیرو وارد می شود.

در عمده ژنراتورها یک سیم پیچ وظیفه تولید برق را از روی تغییرات شاری که توسط یک آهنربا با یک سیم پیچ مولد میدان ایجاد می شود بر عهده دارد به همین خاطر ژنراتورها به دو دسته آهنربای ثابت premanent magnet و یا با سیم پیچ تحریک گروه بندی می شوند. در نیروگاه ها از انرژی پتانسیل نهفته در بخار، آب، باد، انرژی هسته ای، موج و تبدیل آن از فرم مربوط به خودش ، به فرم انرژی الکتریکی برق تولید می کنند.

پتانسیل الکتریکی – میدان اطراف میله باردار را نه تنها به وسیله میدان الکتریکی (برداری) E بلکه به وسیله یک کمیت نرده ای مانند پتانسیل الکتریکی V نیز می توان توصیف کرد.

جریان – موضوع انتقال بار یا بار متحرک ، در مطالعه مدارهای الکتریکی اهمیت حیاتی دارد، زیرا در انتقال بار از نقطه ای به نقطه دیگر ، انرژی هم جابجا می شود. خطوط انتقال توان ، نمونه عملی این انتقال انرژی است. امکان تغییر آهنگ بار به همین اندازه مهم است، زیرا از آن در مخابرات و برای انتقال اطلاعات استفاده می شود. این فرآیند اساس سیستم های مخابراتی مثل رادیو ، تلوزیون و دورسنجی است. جریان یک مسیر مجزا ، مثلاً یک سیم فلزی ، علاوه برمقدار عددی ، جهت هم دارد. جریان آهنگ عبور بار از یک نقطه مرجع در یک جهت خاص است.

واحد پتانسیل الکتریکی ولتاژ V و واحد جریان الکتریکی آمپر A می‌باشد واحد انرژی الکتریکی ژول است.

توان الکتریکی – ریت مصرف انرژی یا تولید انرژی در واحد زمان است. $p = \frac{d\omega(t)}{dt}$

واحد توان الکتریکی وات است واحد تجاری برای مصرف و تولید برق وجود دارد که تحت عنوان $kw.h$ معرفی می‌گردد. یک کیلووات ساعت در واقع توانایی تولید و یا مصرف توان یک کیلو وات در زمان یک ساعت و معادل انرژی مصرفی یک لامپ 100 W در 10 ساعت است.

هدف از این درس :

هدف از درس برق تأسیسات و آسانسور آشنایی با ملاحظات مربوط استانداردها و مفاهیم برق مصرفی در واحدهای صنعتی و غیر صنعتی ، ملاحظات مربوط به شناخت تجهیزات برقی (انواع کلیدها. فیوزها) اتصالات برقی ، مدارهای برق تأسیسات و محاسبات مربوط به آسانسورها و ایمنی مصرف برق است. توصیه می شود به عنوان یک hand book مناسب برای مهندسان با زمینه تخصصی غیر برق از کتاب (هند بوک وسترمان) استفاده نمایید.

تولید ومنابع توان الکتریکی :

تولید برق

تولید به یکی از صورتهای AC (Alternative current) و یا DC (Direct current) میباشد. برق AC توسط ژنراتورهای AC و برق DC توسط ژنراتورهای DC و یا پیل و باطری تولید می شود.

دستگاههایی که برق AC را به DC و یا برعکس تبدیل می کنند را آداپتور (Adapter) یا (inverter) می گویند.

اساس تولید برق در ژنراتورهای AC قانون فارادی است و پیلها توسط خواص شیمیایی و فیزیکی تولید انرژی برق می نمایند.

روشهای ژنراتوری بر مبنای قانون فارادی می باشند . در این قانون چنانچه شار مغناطیسی عبوری از یک صفحه یا سیم پیچ با زمان تغییر کند روی سیم پیچ جریان ایجاد می گردد.

میدان الکتریکی از یک سطح بسته می گذرد . اگر سطح بسته شود باری که روی سطح بسته است :

میدان × مساحت = شار الکتریکی

تولید توان الکتریکی به روشهای زیر انجام می شود که در ادامه شرح هر بخش به تفصیل خواهد آمد :

- (منابع توان الکتروشیمیایی) باتری ها
  - پیل الکتروشیمیایی
  - باتری های خشک
  - باتری های تر
- نیروگاهها
  - پیک
    - گازی
    - دیزل
  - پایه
    - بخار
    - گازی
    - هسته ای
    - آبی
- سایر روش ها
  - نیروگاه بادی
  - نیروگاه خورشیدی
  - زمین گرمایی (Geothermal)

۲ ـ ۱ ـ۱ منابع توان الکتروشیمیایی

منبع توان الکتروشیمیایی یا باتری وسیله‌ای است که از واکنش شیمیایی انرژی الکتریکی ایجاد می کند. کاربردهای منابع توان الکتروشیمیایی شامل سلولهای دکمه‌ای کوچک که در ساعتهای الکتریکی استفاده می‌شوند ، باتری‌های سرب ـ اسیدی برای راه اندازی ، روشنایی و تولید جرقه در وسائط نقلیه با موتورهای احتراق داخلی است. کاربرد دوم آنها که احتمالاً طی بیست سال آینده اهمیت بیشتری خواهد یافت، قابلیت بعضی سیستم‌های الکتروشیمیایی در ذخیره انرژی الکتریکی است که از طریق یک منبع خارجی ، تأمین نیروی محرکه خودروهای الکتریکی به صورت منابع تغذیه اضطراری و یا به صورت بخشی از سیستم‌های تغذیه برق شهر جهت برآوردن پیک‌های تقاضای کوتاه مدت (ترازبندی بار) یا در ارتباط با منابع انرژی تجدید پذیر مثل توان خورشیدی، موج یا باد به کار می‌روند.

اولین توصیف موثق در مورد باتری الکتروشمیایی توسط Alcssandro Volta پروفسور فلسفه وفیزیک دانشگاه پاویا درایتالیا در نامه‌ای به جامه سلطنتی (لندن) در سال ۱۸۰۰ ارائه شد.

۲ ـ ۲ ـ۱ نامگذاری

استفاده از واژگان مربوط به وسایل الکتروشیمیایی که انرژی شیمیایی را به الکتریکی تبدیل می‌کنند همراه با کمی سردرگمی است. در بسیاری موارد خواص این وسایل با گذر زمان تغییر کرده اما اسامی اولیه خود را حفظ کرده‌اند. در بقیه موارد واژه‌های متداول روشنگر ماهیت وسیله نیست. واژه باتری در اصل در مورد گروهی از « سلولها » با آرایش سری یا موازی بکار می‌رفت اما اکنون به یک سلول منفرد یا گروهی از سلولها اتلاق می‌شود.

سیستم اولیه سیستمی است که عمر مفیدش وقتی تمام می‌شود که واکنشگرهای آن با پروسه دشارژ مصرف شده باشند. برخلاف آن، سیستم ثانویه هنگامی قادر به شارژ یا دشارژ می‌شود که واکنشگرهای آن مصرف شده باشند. با عبور جریان از سلول در جهت مخالف دشارژ ، واکنش الکتروشیمیایی خود به خود را می توان معکوس نمود. بنابراین باتری ثانویه را می‌توان واحدی برای ذخیره انرژی الکتروشیمیایی در نظر گرفت. اما به این نکته توجه کنید که در این باتریها انرژیی که از جریان خارجی حاصل می‌شود، نه به صورت انرژی الکتریکی همچون یک خازن، بلکه به صورت انرژی شیمیایی ذخیره می‌گردد. سایر واژه‌هایی که گاهی جهت توصیف این سیستم‌ها بکار می روند نظیر انباره (این واژه به همراه « سلول» و « مدار» توسط Davy معرفی شد)، باتری ذخیره کننده، باتری قابل شارژ و غیره می‌باشند. در سلول رزرو یک جزء (معمولاً الکترولیت) از بقیه باتری جدا بوده یا در شرایط غیرفعال نگهداری می‌گردد تا زمانی که سلول فعال شود. چون در چنین سلولهایی دشارژ خود به خود و سایر پروسه‌های شیمیایی به حداقل می رسد، لذا نگهداری آنها به مدت طولانی در شرایط آب و هوایی ناسازگار امکان پذیر است. نمونه کاربردهای سلول رزرو در چراغ جلیقه نجات یا قایق نجات یا در سیستم سلاح‌های موشکی می‌باشد.

در اینجا در مورد سلولهای سوختی که معرفهای[1] کاتودیک و آنودیک آنها معمولاً به شکل گازی بوده و در خارج ذخیره شده و قارند به طور مداوم، سلول الکتروشیمیایی را تغذیه کنند، بررسی انجام نمی گردد.

۱ـ مواد شناساگر در یك واكنش شیمیایی به طوري كه تنها در شرایط خاصي و با مواد مشخصي واكنش انجام مي‌دهند.م reagents

در این مورد اخیراً کتبی نوشته شده است. در اینجا اصطلاح « سلول هیبریدی» برای توصیف منبع توانی بکار رفته است که یکی از معرف‌های فعال آن مانند اکسیژن هوا در حالت گازی است. با این مضمون اصطلاح «هیبرید» را نبایستی با مفهوم آن در اصطلاح «خودروهای برقی هیبریدی» اشتباه کرد، زیرا در آنجا به وسائط نقلیه‌ای اشاره می‌کند که بیش از یک منبع توان دارند.

نام سلول الکتروشیمیایی به رایج ترین روش با قرار دادن الکترود منفی در چپ الکترود و مثبت در راست نوشته می‌شود. بنابراین با گفتن نام سلول سدیم ـ گوگرد در می‌یابیم که سدیم معرف فعال در الکترود مثبت است. جهت تطبیق با اصطلاحات رایج در اینجا سه استثناء قائل می‌شویم بدین صورت که سلول سرب ـ اکسید سرب را « سرب ـ اسید» سلول کادمیوم ـ اکسید نیکل را « نیکل ـ کادمیوم» و سلول روی ـ دی اکسید منگنز را سلول « سلول لاکلانش» می‌نامیم.

۲ ـ ۳ ـ ۱ رنسانس در توسه باتری

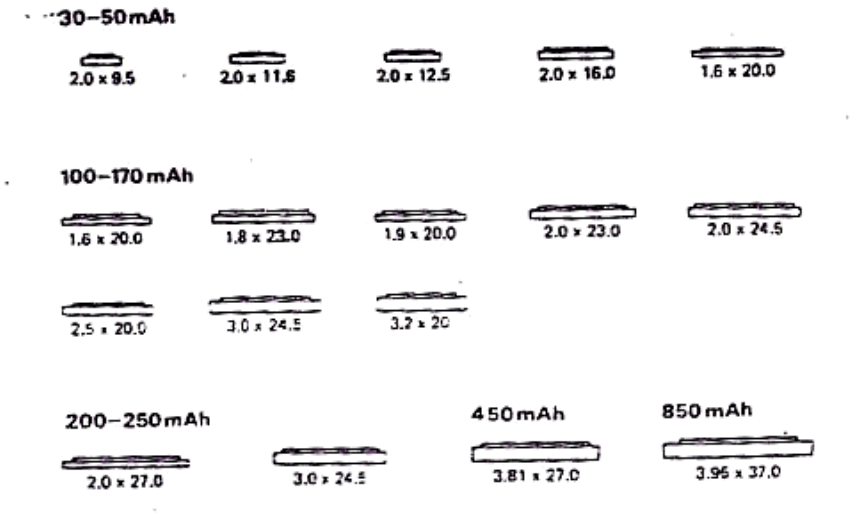
تا همین اواخر باتری‌های « سنتی» که از الکترودهای جامد و الکترولیت‌های آبی استفاده می‌کردند برای اکثریت کاربردهای عمومی رضایت بخش بودند. سیستم‌های اولیه سنتی مانند سلول لاکلانش $Zn\text{-}Mno_2$ و سلول منگنز آلکالاین منابع توان مناسبی برای تجهیزات برقی پرتابل بوده (و هنوز تا حد زیادی هستند). باتری‌های قابل شارژ دیرپا مانند باتری‌های سرب-اسیدی یا نیکل ـ کادمیوم مدت زمان مدیدی است که به عنوان واحدهای ذخیره کننده انرژی کوچک و متمرکز (در مناطقی مثل روستاها، سیستم‌های تلفن و راه آهن و غیره) و به عنوان منابع توان کمکی در حمل ونقل زمینی، هوایی و دریایی بکار رفته‌اند. طی سالیان دراز تحقیق و توسعه در صنعت باتری اساساً جهت بهبود این سیستم‌های شناخته شده به ویژه در حوزه طراحی مهندسی و تولید آنها بوده است.

به هر حال طی ۲۵ سال گذشته این وضعیت به طور قابل ملاحظه‌ای تغییر کرده است. اولاً ارتقای فن آوری نیمه‌هادی‌ها منجر به تولید انبوه مدارهای مجتمع (LSI, VLSI, ULSI) شد که صنعت الکترونیک را دگرگون نمود. اکنون اجزاء میکروالکترونیکی، ارزان قیمت بوده و به طور وسیعی در تولید ماشین حساب‌های جیبی، ساعت‌های الکتریکی و وسایل مشابه بکار می‌روند. در سال ۱۹۹۰ تولید جهانی ساعت‌های باتری دار $۴*۱۰^{۸}$ عدد بود. به زودی توسعه گسترده وسیعی از چنین محصولات مصرفی الکترونیکی، مساحت منابع تغذیه مینیاتوری را با انرژی در واحد حجم بسیار بالاتر و خواص دشارژ برتر در مقایسه با باتری‌های سنتی ایجاب نمود.

۲ ـ ۴ ـ ۱ بررسی انواع و کاربردهای متعارف باتری‌ها

انرژی قابل استفاده کل یک باتری معیاری از میزان برقی است که می‌تواند تأمین نماید (این انرژی معمولاً بر حسب Wh سنجیده می‌شود) و نسبت مستقیم با سایز باتری دارد. یک نوع طبقه بندی باتری‌ها طبقه بندی بر حسب سایز می‌باشد. همانطورکه درجدول ۲-۱ رایج ترین انواع باتری هی تجاری برطبق سایز طبقه بندی شده‌اند. گستره انرژی باتری‌ها حداقل تا بیش از ۱۵ مرتبه بزرگی امتداد می‌یابد. در پایین گستره سلول‌های تجربی به مساحت ۰/۱cm با الکترولیت جامد PbF_2 قرار دارند که انرژی کل آنها تنها در حدود

$1*10^{-6}$Wh است. انرژی کوچکترین سلولهای دکمه‌ای تجاری در حول و حوش 100 mwh می‌باشد در حالی که انرژی سلولهای استوانه‌ای معمول با سایز D و حجم کل $45cm^3$ در حدود ۲ تا ۱۵ وات ساعت است. سلولهای قابل شارژ مورد استفاده در ابزار قدرتی و سایر وسایل برقی بی سیم قادر به تأمین ۲۰ تا ۱۰۰ وات ساعت می‌باشند. در بالای گستره، باتری‌های سرب ـ اسیدی زیردریایی‌ها با وزن حدوداً ۲۰۰ تن قرار دارند که انرژی اعلام شده آنها ۳Mwh می‌باشد در حالی که اکنون باتری‌های ترازبندی بار ۴۰ مگاوات ساعتی تحقق یافته‌اند.



شکل ۲- ۱-۲ ابعاد (برحسب میلی متر) و ظرفیت‌های چند نمونه سلول دکمه‌ای

جدول ۲- ۱-۱: طبقه بندی باتری‌ها بر طبق سایز

نوع	انرژی	کاربرد
باتری‌های مینیاتوری	۲Wh- ۱۰۰mWh	ساعتهای الکتریکی، ماشین حسابها قطعات پزشکی کاشتنی
باتری‌های تجهیزات پرتابل	۲wh-۱۰۰Wh	چراغ قوه‌ها، اسباب بازیها، ابزار قدرتی، رادیو و تلویزیون پرتابل، تلفن‌های موبایل، ویدیو دوربین‌ها، کامپیوترهای رومیزی
باتری‌های SLI (راه اندازی، روشنایی و تولید جرقه)	۶۰۰-۱۰۰wh	خودروها، کامیون‌ها، اتوبوس‌ها، تراکتورها، کشش چمن زنها
باتری‌های کشش وسائط نقلیه	۶۳۰-۲۰Kwh	تراکتورهای چنگکی، ماشین‌های حمل شیر، لوکوموتیوها
باتری‌های سرب ـ اسیدی	(۳MWh)	(زیردریایی‌ها)
باتری‌های ساکن	۳۵۰wh-۵Mwh	منابع تغذیه اضطراری، ذخیره انرژی محلی، ایستگاه‌های رله از راه دور
باتری‌های تراز بندی بار	۱۰۰-۵Mwh	رزرو چرخشی، اصلاح پیک،

باتری ها علاوه بر طبقه بندی بالا ، از منظر دیگر به صورت زیر طبقه بندی می شوند :

باتری ها
- پیل الکتروشیمیایی
- باتری های خشک
- باتری های تر
- باتری های Deep – cycle

۲ ـ ۱ ـ ۵ باتریهای مینیاتوری :

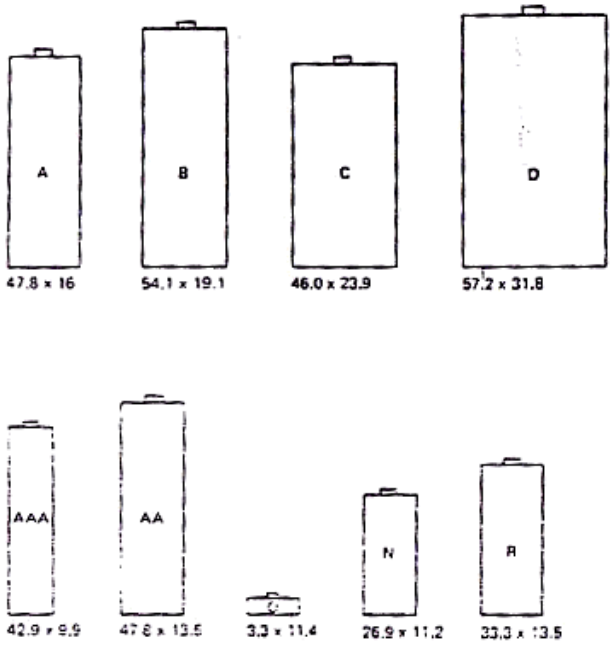
باتری‌های مینیاتوری با الکترولیت آبی، غیرآبی و جامد، منابع توان تجهیزات میکروالکترونیکی و سایر تجهیزات مینیاتوری به شمار می روند. در شکل ۲-۱-۲ اندازه و شکل بعضی سلولهای دکمه‌ای به طور نمونه نشان داده شده است. کاربرد نوعی چنین سلول‌هایی در ساعتهای الکتریکی می‌باشد که مدار اسیلاتور آنها به طور پیوسته از میکروآمپر جریان می‌کشد و با توجه به نوع نشان دهنده و مقسم فرکانس یک واحد کامل ممکن است برای کار کردن به جریان کل ۰/۲ تا ۰/۵ میکرو آمپر نیاز داشته باشد. از این رو مقدار کل انرژی الکتریکی مصرفی برای یک سال کار کردن ساعت، در حدود ۱۵ تا۶۰ میلی وات ساعت است. در حال حاضر باتری‌هایی ساخته می‌شوند که به مدت ۵ تا ۱۰ سال عمر می‌کنند. در باتری‌های ساعت، نرخ دشارژ خود به خود بایستی بی نهایت کم بوده و آب بندی نیز بسیار مطمئن باشد تا از نشت باتری جلوگیری شود. بعلاوه این نوع باتری‌ها از نظر طراحی هم محدودیت‌های زیادی دارند تا بتوانند در فضای محدود داخل قاب ساعت جا بگیرند.

از نقطه نظر الکتریکی علاوه بر بالا بودن میزان انرژی (یعنی مقدار انرژی تأمین شده در واحد حجم) لازم است تا جهت دقت کارکرد مدارات ساعت، دشارژ به طور یکنواختی انجام پذیرد. بعلاوه در ساعت‌هایی که صفحات آنها دارای دیود کریستالی مایع است. باتری باید قادر به تحمل پالس‌های دشارژ تصادفی با نرخ بالا باشد، چون این نوع ساعتها معمولاً مجهز به یک لامپ تنگستن کوچک جهت روشنایی زمینه می‌باشند. راه دیگر تأمین توان ساعتها استفاده از باتری‌های مینیاتوری با ظرفیت نسبتاً کم است به طوری که با استفاده از سلولهای خورشیدی، قابل شارژ باشند.

۲ ـ ۱ ـ ۶ باتری‌های تجهیزات پرتابل

احتمالاً شناخته شده ترین باتری‌ها، « باتری‌های خشک» بسته بندی شده ارزان قیمت هستند که در بسیاری از لوازم روشنایی پرتابل، اسباب بازیها، رادیو و شمار متعددی از سایر کاربردها استفاده می‌شوند. در شکل ۲- ۱-۴ چند تک سلول استوانه‌ای با سایز استاندارد نشان داده شده‌اند. اکثریت این گروه از باتری‌ها، بر پایه سیستم $zn\text{-}Mno_2$ لاکلانش می‌باشند. اگرچه نسخه اولیه این سیستم در اواخر قرن پیشین ابداع شد، امروزه بهبودهای قابل ذکر و مداومی در ویژگی‌های کاری آن به وجود آمده است (و این بهبودها هنوز نیز

ادامه دارند). اما تنظیم ولتاژ در چنین سلولهایی نسبتاً ضعیف است و پیشرفت دشارژ کاهش می‌یابد. با ابداع سلول zn- HgO روبن ـ ملوری در دهه ۱۹۴۰ منبع دشارژ یکنواخت و دانسیته انرژی بهتر فراهم آمد. اخیراً سلولهای دارای آنود و الکترولیت حلال‌های ارگانیک، دانسیته‌های انرژی بالاتری را نیز بدست داده‌اند. چنین باتری‌هایی در مقایسه با باتری‌های لاکلانش، نسبتاً گران قیمت بوده اما در کاربردهایی که داشتن وزن سبک اهمیت داشته است وسیعاً مورد مصرف قرار می‌گیرند.



شکل ۲ ـ ۱ ـ۴ : ابعاد استاندارد سلول‌های اولیه استوانه‌ای (بر حسب میلی متر)

در بسیاری از کاربردها که نیاز به جریان نسبتاً زیادی باشد استفاده از باتری‌های قابل شارژ آب بندی شده یا (بدو نیاز به مراقبت و نگهداری)[1] به عنوان منبع انرژی الکتریکی بسیار به صرفه تر است. این امر به طور نمونه در مورد ابزار قدرتی بی سیم، گیرنده‌های تلویزیون پرتابل، بوته صاف کنها و وسایل چمن زنی، روشنایی اضطراری وغیره مصداق دارد. از انواع این باتری‌ها می‌توان به سیستم‌های آلکالاین (قلیایی) نیکل ـ کادمیوم ، نیکل ـ هیبرید فلزی ، آلکالاین آهن اکسید نیکل ، سرب ـ اسیدی آب بندی شده و اخیراً باتری‌های یون لیتیم اشاره کرد. در گستره ۱۵Ah ـ ۱۰mAh ابعاد خارجی بسیاری از این باتری‌ها دقیقاً مطابق با ابعاد خارجی سلول‌های اولیه بوده و لذا با آنها قابل تعویض می‌باشند. باتری‌های بزرگتری با ظرفیت‌های تا ۱۰۰۰Ah نیز موجودند. عمر چرخه باتری آلکالاین بسیار مطلوب است (یعنی قادر به انجام چرخه‌های شارژ/ دشارژ متعددی می‌باشد)، در دماهای بسیار پایین عملکرد خوبی دارد، تنظیم ولتاژ آن نسبتاً خوب بوده و مستحکم[2] می‌باشد، اما این باتری‌ها از باتری‌های سرب ـ اسیدی معادل، بسیار گران قیمت ترند. هر دو نوع مذکور دانسیته انرژی (یعنی مقدار انرژی تأمین شده در واحد جرم) کمی دارند و ممکن است در آینده در کاربردهایی که نیاز به وزن سبکی می‌باشد سیستم‌های لیتیم ـ ارگانیک جایگزین آنها شوند.

---

۱ – مفهوم واژة مراقبت و نگهداري در واژه‌نامه ذكر شده است.م
Mainlenanc free

2- robust

۲ - ۱ - ۷ باتری‌های SLI

چنین باتری‌هایی برای روشن کردن موتورهای پرتراکم و اغلب در دماهای پایین که ویسکوزیته روغن موتور بالا است لازم می‌باشند. بدین منظور ممکن است تا ۵۰۰A جریان کشیده شود. بعلاوه این باتری باید منبع تغذیه‌ای جهت ایجاد جرقه، روشنایی، تهویه، هیتر شیشه عقب و غیره نیز باشد. اغلب مدارات الکتریکی ماشین‌های مدرن سیستم اسمی ۱۲ ولت را به کار می‌گیرند و باتری این ماشین‌ها دارای ۶ سلول سرب – اسیدی سری با ظرفیتی در مرتبه ۴۰ تا ۶۰ آمپر ساعت است. با ارتقای مواد و دوام و عمر سرویس دهی، به حدود ۴۵wh/kg و ۷۵wh/dm افزایش یافته است (در باتری‌های SLI به کار بردن اصطلاح «عمر چرخه» مناسب نیست چرا که این باتری‌ها به طور معمول دچار دشارژهای عمیق نمی گردند). توسعه انواع جدید آلیاژ سربی، پوشش جداکننده و قاب باتری، منجر به ظهور باتری‌های SLI « بدون نیاز به مراقبت و نگهداری » شده است که در مدت عمر خود نیاز به افزودن آب نداشته (یا نیاز بسیار کمی دارند). بقای شارژ[1] آنها بسیار عالی بوده و خوردگی بارزی در ترمینال‌ها مشاهده نمی گردد. به علت کلان بودن میزان تولید باتری‌های SLI این باتریها نسبتاً ارزان بوده و بنابراین غالباً با موفقیت تمام برای کاربردهای دیگری مثل تأمین نیروی کششی در چمن زنها و گاریها، روشنایی اضطراری و غیره استفاده می‌شوند.

به دلیل عملکرد بسیار خوب باتری‌های نیکل ـ کادیوم با صفحات نازک تف جوش شده [2] در دمای پایین، از این باتریها به عنوان منبع تغذیه هواپیماها، هلی کوپترها، تانک‌ها و خودروهای نظامی استفاده می‌گردد. سلول‌های جدید ۴۰Ah که برای مصارف هوابرد طراحی شده‌اند قادر به تأمین توان لحظه‌ای ۲۰kw در دمای ۲۵°c و بیش از ۱۰kw در دمای ۳۰°c- هستند. مصرف این سیستم‌ها نیز به دلیل پرهزینه بودن آنها نسبت به باتری‌های سرب ـ اسیدی محدود شده است.

۲ - ۱ - ۸ باتری‌های کششی وسائط نقلیه

همان طور که در بالا اشاره شد استفاده وسیع از باتری‌های الکتریکی برای کشش وسائط نقلیه امتیازات متعددی دارد: مصرف این نوع باتری، علاوه بر بهبود در وضعیت محیط زیست(به خاطر کارکرد بی سروصداو ناآلاینده Ev ها[3]) منجر به حفاظت از منابع نفت خام و عملکرد بهینه ترسیستم مولد برق شهر، در نتیجه ترازبندی بار می‌گردد که این امر در اثر شارژ شبانه باتری‌های Ev حاصل می‌شود. سابقه خودروهای برقی به اواخر دهه ۱۸۳۰ زمانی که اولین « کالسکه برقی» دنیا در اسکاتلند ساخته شد برمی گردد. قبل از پایان صده نوزدهم یک ماشین فرانسوی با منبع باتری رکورد جهانی سرعت را به بیش از ۲۰۰kmh و رساند و تا سال ۱۹۱۶ تولید سالانه وسائط نقلیه برقی در امریکا به ۱۰۰۰۰ عدد رسیده بود. اجزاء متحرک Ev ها از سایر خودروها کمتر بوده و به دلیل فقدان ذاتی ارتعاش در موتور برقی از فرسایش آن جلوگیری

---

[1] به واژه نامه رجوع شود.م
retention
[2] – عمل جوش خوردگي ار طريق اعمال حرارت تا دماي كمتر از دماي ذوب.م
[3] – خودروهاي الكتريكي.م

به عمل می‌آید که در نتیجه نیاز به مراقبت و نگهداری کاهش یافته و عمر خودرو افزایش می‌یابد. کنترل الکترونیکی و سیستم ترمز احیا شونده موجب تسهیل در راندن Ev ها به خصوص ترافیک سنگین شهری شده است. علی رقم این که اکنون رکورد تائید نشده جهانی سرعت برای Ev ها بیش از ۱۸۸[1]mph اعلام شده است در حال حاضر هیچ خط تولید عمده‌ای برای خودروهای باربر یا سواری تجاری وجود ندارد. تاکنون دلیل عدم موفقیت نسبی وسائط برقی از نظر تجاری، در لزوم بهره مند بودن از ویژگی‌هایی بوده است که باید برای حصول به عملکرد (و هزینه) قابل قیاس با خودروهای احتراق داخلی، در باتری موجود باشد. سرعت شتاب و برد[2] اغلب Ev های کنونی به سبب دانسیته انرژی و توان کم باتری‌های کشش محدود شده است.

یک اتومبیل خانوادگی نوعی، با وزن تکمیل ۱ تا ۱/۵ تن برای طی مسافت ۵۰ کیلومتر نیاز به ۵ تا ۱۰ وات ساعت انرژی دارد. اگر رقم کوچکتر (۵ وات ساعت) را در نظر بگیریم این اتومبیل تقریباً ۴/۵ dm^3 یا ۳/۹kg بنزین مصرف می‌کند. برای اینکه یک باتری سرب ـ اسیدی قادر به اجرای نرخ مفیدی از کار چرخه‌ای عمیق مصرف گردد باید به طور متوسط دارای دانسیته انرژی ۲۵wh/kg باشد. از این رو برای طی همان مسافت (۵۰ کیلومتر) به باتری ای با وزن ۲۰۰kg و حجم ۱۲۰dm^3 نیاز است. به عبارت دیگر، ذخیره انرژی سرب ـ اسیدی تا ۵۰ برابر سنگین تر و فضای اشغال شده‌اش ۲۵ بار بیشتر از معادل بنزینی‌اش می‌باشد. نقاط ضعف دیگر Ev ها شامل محدودیت توان قابل استفاده برای شتاب و صعود و نیاز به زمان لازم برای شارژ باتری می‌باشد. برای مقایسه زمان شارژ ۶ تا ۱۲ ساعت را با ۲ تا ۳ دقیقه‌ای که برای پر کردن بنزین لازم است در نظر بگیرید. جالب است بدانید که فلوی توان معادل از یک شلنگ عادی پمپ بنزین حدود ۳۰Mw است.

کشش برقی با استفاده از باتری‌های قابل شارژ بخش مهمی از بازار خودروهای تخصصی و بیرون جاده‌ای را به خود اختصاص می‌دهد. در صنعت حمل و نقل مواد از خودروهای با منبع باتری همچون لیفت تراک‌های چنگکی و کامیون‌های برج دار انواع تراکتورها به طور وسیعی استفاده می‌گردد. به دلیل کارکرد بی سرو صدا و آسان با استفاده از کنترل‌های الکترونیکی به همراه عدم وجود دود اگزوز این خودروها برای استفاده در مناطق بسته مثل انبار کالا و کارخانه‌ها ایده‌آل می‌باشند. برای حمل بارو آذوقه و پرسنل [1] در فرودگاهها ، بیمارستان‌ها و مجتمع‌های صنعتی بزرگ به انواع مختلفی از تراکتورها نیاز می‌باشد. چرخ برقی گلف و ویلچرهای برقی در هما جای دنیا دیده می‌شوند. انگلیس به خاطر وجود حدود ۲۵۰۰۰ کامیون حمل شیر یکی از بزرگترین ناوگان Ev های ثبت شده را داراست. اما با پا گرفتن عرضه شیر طویل‌العمر در سوپرمارکت‌ها سنت تحویل روزانه شیر به درب منازل در حال افول است (طی ۵ سال گذشته به میزان ۲۰ درصد کاهش مشاهده شده است). این امر همراه با طول عمر این خودروها (بیش از ۲۵ سال) منتج به کاهش ساخت ماشین‌های جدید حمل شیر به میزان ده برابر شده است.

زیر دریایی‌های از نوع رآکتور غیرهسته‌ای برای رانش در شرایط غوطه وری به باتری های ذخیره کننده متکی اند. در زیردریایی‌ها عموماً از سیستم سرب ـ اسیدی استفاده می‌شود اما در بعضی از آنها باتری‌های

---

[1] – متر بر ساعت.م

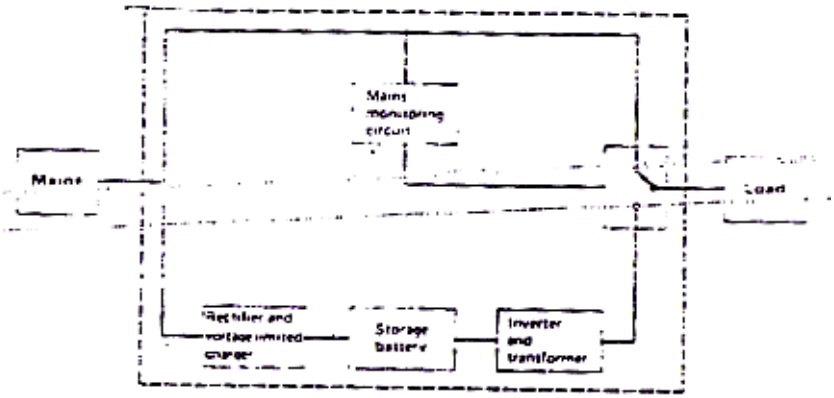
2- range

روی ـ اکسید نقره سبک کار گذاشته می‌شوند. انرژی ذخیره شده در گستره ۲ تا ۳ مگاوات ساعت بوده و وزن باتری‌ها ممکن است بیش از ۱۸۰ تن باشد. در چنین واحدهای بزرگی لازم است تا مراقبت‌های خاصی انجام گیرد تا گرما به طور مناسب پراکنده شده و از این رو از ایجاد افتراق دمایی بیش از حد جلوگیری گردد.
همچنین بسیاری از وسائط کششی غیر معمول تری نیز وجود دارند که با باتری کار می‌کنند. به طور نمونه، درآلمان مخازن سرنشین داری تحت بررسی اند که در آبهای ساحلی کار کرده و با باتری‌هایی راه‌اندازی می‌شوند که از طریق سلول‌های فتوولتائیک شارژ می‌گردند. یک موتور سیکلت با استفاده از باتری‌های روی ـ اکسید نقره با سرعت بیش از ۱۶۵mph حرکت کرده در حالی که نوع dragster برقی مسافت یک چهارم مایل را به طور پیوسته در ۱۱ ثانیه طی نموده است. هواپیماهای تغذیه شده از طریق باتری از اوایل دهه ۱۹۷۰ مورد آزمایش قرار گرفته‌اند. موفقترین ماشین‌های سرنشین دار، هواپیماهای بی موتور با تغذیه هیبرید باتری خورشیدی و هواپیماهای بسیار سبک با تغذیه باتری هستند. در مورد توسعه هواپیماها برای بازرسی از راه دور و بازدیدهای مقدماتی شهری و نظامی استفاده شده است. از جمله خصوصیات هواپیماهای فوق داشتن بار مفید چند کیلوگرمی، برد ۵۰ تا ۱۰۰ کیلومتر و مدت پرواز یک ساعت می‌باشد محقق می‌باشند. از مزایای بارز آنها در مصارف نظامی، وجود سکوی بدون لرزش به نوفه کمو گسیل مادون قمرز در حد صفر می‌باشد. اکنون توسعه هواپیماهای کنترل از راه دور سبک وزن برای جنبه‌های نامبارک جنگی مورد بررسی می باشد.

۲ ـ ۱ ـ ۹ باتری‌های ساکن

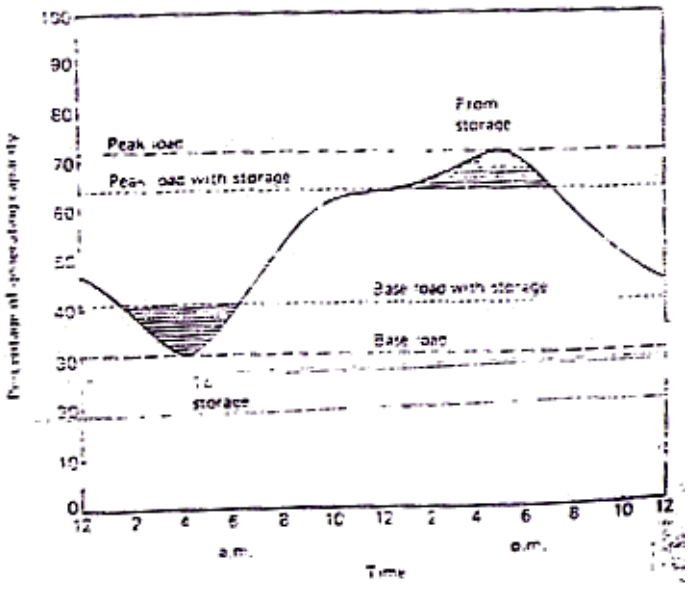
کاربردهای اصلی باتری‌های ذخیره کننده در گستره ۲۵۰wh ـ ۵Mwh عبارتنداز تأمین توان آماده به خدمت برای روشنایی اضطراری، خدمات تلفن، تجهیزات بیمارستانی و غیره، یا برای ذخیره محلی در ایستگاههای رله دور افتاده، ایستگاههای رادیویی، بویه‌های دریایی و غیره. در هر دو نوع کاربرد، چرخه عمیق به ندرت اتفاق می‌افتد. عموماً شارژ از نوع « تدریجی» مداوم و از طریق برق شهر یا انرژی خورشید، باد یا موج انجام می‌گیرد. باتری‌های ساکن به منظور تأمین توان آماده به خدمت معمولاً از طرح خاصی از سلول سرب ـ اسیدی به نام « پلانته با عملکرد بالا» ساخته می‌شوند. در این نوع باتری معمولاً میزان اتلافات بسیار ناپایدار بوده و طول عمر آنها بسیار بلند نوعاً ۲۰ تا ۳۰ سال می باشد. حدود ۲۵ درصد توان کمکی آماده به خدمت از طریق باتری‌های نیکل ـ کادمیوم حاصل می‌گردد.

شکل ۲ـ ۱ـ۵ مدار شماتیک یک منبع تغذیه اضطراری را نشان می‌دهد. بار مستقیماً از طریق برق شهر تغذیه می‌شود (که باتری را نیز به طور « شناور» شارژ می‌کند) اما در صورت وقوع قطع برق شهر، سیستم کنترل برق شهر، بار را به طور اتوماتیک به معکوس کننده، سوئیچ می‌کند.



شکل ۲- ۱-۵ مدار شماتیک منبع تغذیه اضطراری وقفه ناپذیر.

در اماکن دوردست دانمارک برای مبادلات تلفنی اتوماتیک از منابع آسیاب بادی/ باتری با استفاده از باتری‌های سرب ـ اسیدی ۴۰۰Ah، به طور موفقیت آمیزی استفاده شده است. از سال ۱۹۶۵ توربین‌های کوچک هوا (۱۰۰w) که از موج نیرو می‌گیرند برای شارژ باتری بویه‌های دریایی مورد استفاده قرار گرفته‌اند و از سیستم باتری/انرژی خورشیدی در مقاصدی همچون تأمین انرژی بویه‌های بازرسی برج‌های ارسال علائم نزدیک فرودگاهها علائم هشدار از راه دور جاده‌ای، سیستم‌های تله متری و گستره وسیعی از کاربردهای مشابه، به خوبی استفاده شده است.



شکل ۲- ۱- ۶

منحنی تقاضای الکتریسیته ملی انگلیس در زمستان منحنی در جهت محور x می رود. در انگلیس میزان تقاضا در زمستان به طور تقریبی دو برابر تابستان است.

۲ - ۱ - ۱۰ باتری‌های ترازبندی بار

منحنی هموار شده میزان تقاضای برق در انگلیس به طور شماتیک در شکل ۲-۱-۶ نشان داده شده. چنین نموداری همواره یک حداقل عمیق را در طول شب و در پی آن افزایش تقاضا را در طول ساعات بیداری نشان می‌دهد. تعدادی پالس‌های تیز کوتاه مدت به این منحنی اضافه شده‌اند که معمولاً مربوط به عدات تماشای تلویزیون و پخت و پز هستند. بنابراین در صنعت تولید برق نیروگاهها باید قادر به تولید بیش از نیاز پیک باشند. این کار عموماً به طریق زیر انجام می‌پذیرد:

- تولید بار پایه توسط راکتورهای هسته‌ای یا ژنراتورهای بهینه دیگر که با ظرفیت مطلوب کار می‌کنند.
- تولید بار میانی توسط افزودن نیروگاهی قدیمی تر و با کارایی کمتر معمولاً با بار جزئی.
- تولید تقاضای پیک، توسط به خط آوردن ژنراتورهای توربینی گازی گرانقیمت.

اصل ترازبندی بار بر مبنای افزایش ظرفیت بار پایه و استفاده از ظرفیت اضافی موجود در مدت کاهش تقاضا به صورت انرژی ذخیره شده است به طوری که بعداً برای برآوردن تقاضای پیک در چرخه استفاده شود. در حال حاضر از فنون متعددی برای به اجرا گذاردن ترازبندی بار استفاده می‌شود. در کشورهای با آب و هوای معتدل کوهستانی استفاده از ذخیره هیدرولیکی بمبی علی رغم بالا بودن هزینه‌های سرمایه گذاری مقرون به صرفه است. برای سالیان دراز از طرح‌های اختصاصی ۲۰۰ تا ۲۰۰۰ مگاوات ساعتی در سرتاسر دنیا استفاده شده است. از سایر روش‌ها می‌توان به ذخیره حرارتی ذخیره هوای متراکم اختراعی اصلاح یافته ذخیره هیدروژنی، ذخیره انرژی مغناطیسی ابر رسانایی (SMES)[1] و غیره اشاره کرد.

احتمالاً باتری در این خصوص ، کاربرد روبه رشدی خواهد یافت. اگرچه الکتروشیمیایی در بعضی شرایط کمتر مقرون به صرفه است ولی امتیازات زیادی دارد. زمان ساخت باتری‌ها از سایر سیستم‌های رقیب بسیار کوتاه تر بوده و به علت پیمانه‌ای بودن[2] (برخلاف سد هیدروالکتریکی یا ذخیره هوای متراکم)، می‌توان تسهیلات ذخیره کننده انرژی را افزایش داد، به واحدهای کوچکتر مجزا کرد و یا حتی به مقرّ جدیدی منتقل نمود. یک امتیاز ویژه در مورد باتری‌ها این است که می‌توان فارق از مسائل زیست محیطی، واحدهای کوچک را در مکانهای شهری نزدیک مراکز بار صنعتی احداث نمود و بنابراین در هزینه‌های انتقال و توزیع صرفه جویی‌های زیادی می‌گردد. این امر به ویژه اگر شبکه توزیع در مدت تقاضای پیک به حداکثر ظرفیت اعلام شده خود برسد حائز اهمیت است. تحت این شرایط نصب یک سیستم ذخیره با منبع باتری در مرکز بار، ارزان تر از گسستن یک ناحیه شهری بزرگ برای نصب تعداد فراوانی از کابلهای توزیع می‌باشد.

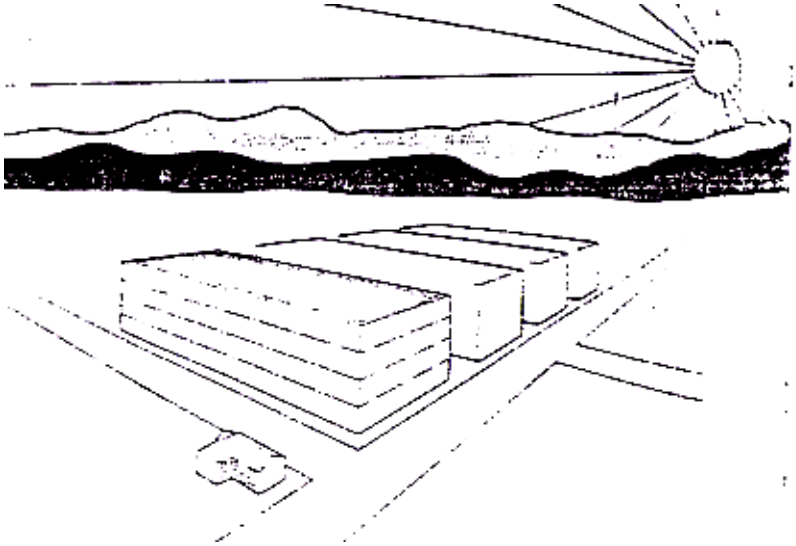
علاوه بر ترازبندی بار بین شب و روز پاسخ سریع باتری‌ها به تقاضای انرژی سبب می‌شود که بتوانند در دو حوزه دیگر نیز به منبع تغذیه شبکه کمک کنند : ۱- اصلاح پیک، یعنی برآوردن تقاضای پیک قابل پیش بینی یا تقاضای منظم کوتاه مدت ۲- ایفای نقش رزرو چرخشی به عمل نگهداری تعدادی از پایگاههای

1- Super-conducting Mngnetie Energy Storage.

۲ - پیمانه‌اي بدین معنا که از اجزاء و عناصر قابل تفکیکي متشکلند کما اینکه باتریها معمولاً متشکل از یك یا چند سلول میباشند.م

مولد در زیر میزان حداکثر بازدهی خود گفته می شود بطوری که بتوانند هرگونه تقاضای غیرمنتظره ناگهانی را طی زمان پاسخ مثلاً ده ثانیه برآورده نمایند.

در امریکا مؤسسه تحقیقات توان الکتریکی (EPRI) و اداره تحقیق و توسعه انرژی (ERDA) و هم اکنون دپارتمان انرژی امریکا (DOE) به برقراری تسهیلات آزمون ملی جهت ارزیابی باتری‌های ترازبندی بار تجاری پرداخته‌اند. اکنون بزرگترین باتری تراز بندی بار یک سیستم ۴۰MWh بوده است که در سال ۱۹۸۸ در کالیفرنیا نصب شده است. این باتری از نوع سرب ـ اسیدی و دارای آرایش سری ـ موازی است که با ۲۰۰۰ V کار می‌کند و قادر به تغذیه شبکه با ۵۰۰۰A به مدت چهار ساعت است از این رو توان خروجی آن به ۱۰MW می‌رسد. یک باتری سرب ـ اسیدی ۱۰۰MWh ساختمانی با ارتفاع دو و نیم طبقه و مساحت حدوداً MW^{2} ۰/۲۵ را اشغال می‌کند (شکل۲- ۱-۷). از میان باتری‌های ترازبندی بار پیشرفته ، سیستم‌های روی ـ هیدرات کربن در دمای محیط و سدیم ـ گوگرد در دمای بالا بیشترین مراحل توسعه خود را طی نموده‌اند. سایر سیستم‌های دما بالا مانند سدیم ـ تری کلرید آنتیموان و لیتیم ـ سولفید آهن نیز جهت ترازبندی با تحت بررسی می‌باشند. یک سیستم مورد مطالعه دیگر سلول عبوری است. از این نوع سلول واحدهای ده تا یکصد مگاوات ساعتی مورد مطالعه مهندسی و مورد هزینه قرار گرفته‌اند.



شکل ۲- ۱-۷ برداشت هنرمندانه از یک باتری ترازبندی بار ۱۰۰MWh

۲ ـ ۱ ـ ۱۱ نتایج

اهداف باتری سازان از زمان آغاز بهره بردای تجاری از باتری‌ها تاکنون تقریباً یکسان باقی مانده است در مورد سیستم‌های کوچک، هدف اصلی، تأمین دانسیته توان و انرژی بالا توأم با عمر انبار طولانی و هزینه پایین است. اما تأمین انرژی از طریق باتری‌های اولیه گران تمام می‌شود و چنین انتظار می‌رود تا در گامهای بعدی اقداماتی برای جایگزینی باتری‌های قابل شارژ سازگار به جای باتری‌های اولیه صورت گیرد. لازمه نخست وسائط نقلیه برقی، دانسیته انرژی (بازرسی توأم با هزینه پایین) می‌باشد. اما در خصوص کاربرد باتری‌ها برای ذخیره نمودن انرژی مهمترین عامل مدنظر، بایستی هزینه باشد. هزینه کل ذخیره نمودن انرژی را می‌توان به دو جزء تقسیم کرد. اول هزینه سرمایه گذاری ابتدایی باتری، که شامل

مواد خام ، تعاون در تحقیق و توسعه سرمایه گذاری در پایگاه هزینه‌های سربار اجرایی و هزینه‌های ساخت می‌شود. به شرط طولانی بودن هر چرخه باتری هزینه سرمایه گذاری بالایی را می‌توان پذیرفت . سیستمی که ۱۵۰۰ سیکل در روز و پنج بار در هفته کار می‌کند، ممکن است در مدت ۵ تا ۶ سال، مستهلک گردد. دومین جزء این هزینه با بازده چرخه شارژ دشارژ تعیین می‌شود یعنی با نسبت انرژی که در طول دشارژ توسط باتری تأمین می‌شود به انرژی مورد نیاز برای شارژ آن. برای استعمال گستره باتری‌ها، در نقش ترازبندی بار باید منتظر توسعه یک سیستم جدید با طول عمر بلند و بازده بالا باشیم.

۲ ـ ۲ نیروگاه ها :

- نیروگاهها
  - پیک
    - گازی
    - دیزل
  - پایه
    - بخار
    - گازی
    - هسته ای
    - آبی

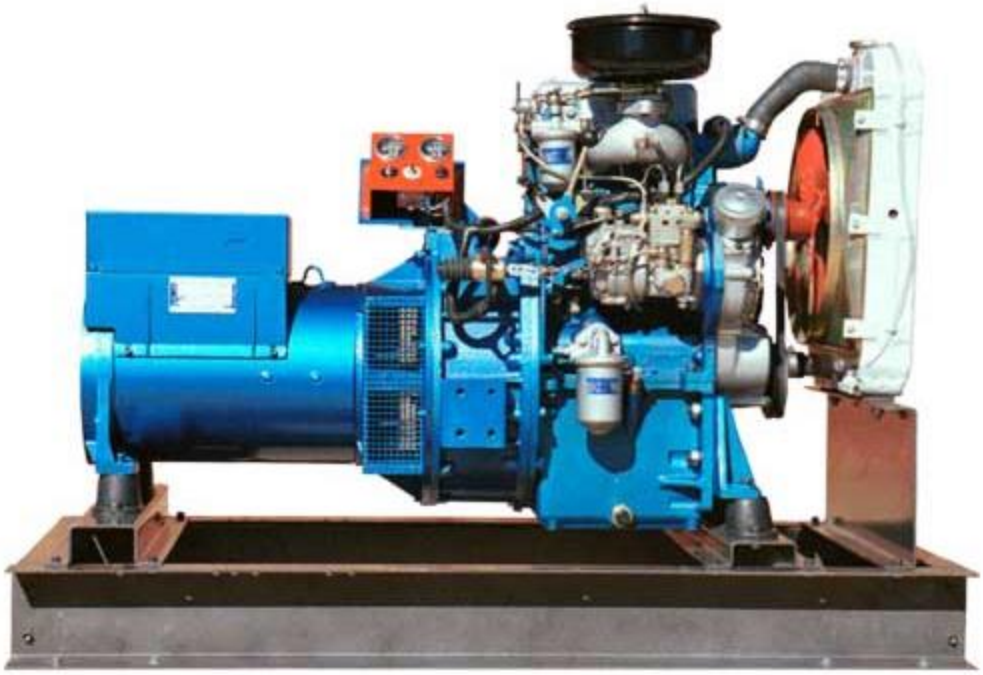
۱ ـ ۲ ـ ۲ نیروگاه های گازی :

نیروگاه های گازی بر اساس سیکل برایتون کار می کنند و می توانند به دو صورت تولید پیک و پایه استفاده شوند. این نیروگاه ها به سادگی وارد مدار می شوند و نیز به سهولت از مدار خارج می شوند.
شکل زیر یک نمونه از نیروگاه های گازی را نشان می دهد.

۲-۲-۲ دیزل ژنراتور :

ژنراتورهای دیزل بیشتر برای تولید بار پیک یا اغلب برای مواقع اضطراری و بروز قطعی برق استفاده می شوند.

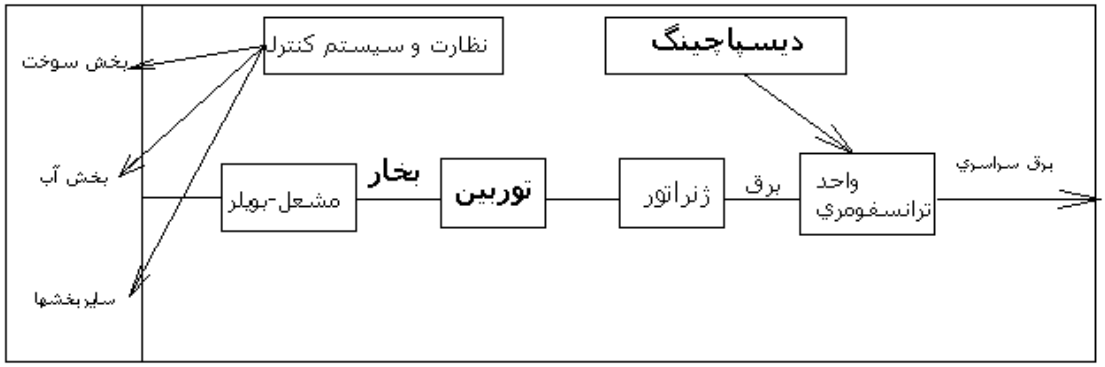
شکل زیریک نمونه از دیزل ژنراتورها را نشان می دهد.



۲-۲-۳ نیروگاه های بخار :

معمولاً نیروگاه های بزرگ حرارتی از نوع توربین بخار هستند . به دلیل افت شدید بازده سوخت در این نیروگاه ها در اثر تغییر در تولید ، معمولاً از نیروگاه های توربین بخار برای تأمین بار پایه استفاده می شود. نیروگاه های اتمی نیز بسیار نا مناسب برای تغییر دادن میزان تولید می باشند و معمولاً در یک سطح ثابت برای تولید مطمئن برنامه ریزی می شوند . بر عکس ، نیرو گاه های برقابی خیلی سریع می توانند شروع به کار کنند ویا به سهولت از مدار خارج شوند . تفاوت بنیادین مذکور در بین نیروگاه های حرارتی وبرقابی موجب می شود تا از نیروگاه های برقابی بیشتر برای تولید پیک (فراز) استفاده کنند در حالیکه نیرو گاه های بخار برای تولید بار پایه متناسب تر هستند. قائده فوق لزوماً همواره کاربرد ندارد . مثلاً در برخی موارد به علت در اختیار بودن نیروگاه های برقابی جریانی (Run-of-river) ، تولید پایه توسط نیروگاه برقابی صورت می گیرد. یا در مواردی ممکن است در برخی از فصول ، بهره برداری از نیروگاه برقابی امکان پذیر نباشد ولذا نیروگاه حرارتی مناسب ترین یا اقتصادی ترین منبع تولید محسوب خواهد شد. در اقلیم های خشک که هزینه های ذخیره سازی آب سنگین می باشد، ممکن است اقتصادی ترین گزینه تولید برق ، استفاده از نیروگاه های حرارتی باشد.

اجزا اصلی یک نیروگاه معمولی به صورت زیر است.



توضیح : بخش سوخت رسانی وظیفه تآمین سوخت را بر عهده دارد. با توجه به نوع سوختی که در فصلهای مختلف مصرف میشود.

فشار $4bar \leftarrow 600psc$

سوخت گازی- سوخت سیال- مازوت یا گازوئیل است .

بخش آب از منابع آبی همان منطقه تامین می شود کیفیت آب برای تولید بخار بسیار بالا در حد آب مقطر است. سایر بخشها مثل aditive شیمیایی است که به آب اضافه می شود، برای اینکه کروژن و رسوب در آب نداشته باشیم.

Boiler ← مخزن استوانه ای خیلی بزرگ : Burner 20 آن را گرم می کنند تا Steam تولید شود.

بخش ترانسفورمری

برق تولیدی ژنراتور بسته به ابعاد و مشخصات ژنراتورها متغیر است مثالاً در ژنراتور 220V/50HZ 40KW متوسط جریان 50A است. این ژنراتور قادر است 400 لامپ را روشن کند.

وظایف آب در نیروگاهها: ۱- گرم کردن ۲- تولید برق ۳- خنک کردن و این آب دوباره به دریا بر می گردد. میزان آب مصرفی تقریباً سه برابر آب مصرفی کل تهران است.

ژنراتورهای بزرگ مولد برق تولید چندین ۱۰MW با ولتاژ چند KW را انجام می دهند.

تعداد موتورهایی که می تواند بچرخاند: $\frac{25MW}{1000W} = 250KW \rightarrow 12500$

ژنراتورهای بزرگ و صنعتی تولید برق چندین ۱۰۰ مگاوات و چند کیلووات را برعهده دارند .

به عنوان مثال نیروگاه اراک دارای ۴ واحد نیروگاهی جداگانه است که هر کدام شامل یک ترانسفورماتور ۳۲۵ مگاوات با ولتاژ ۱۰ کیلو وات.

P=VI I=325MW/10 KW=32500 A

مصارف برق به صورت مصارف تک فاز 220v/50Hz سه فاز 220v/50Hz یا برق صنعتی توافقی بین مصرف کننده و تولید کننده یا انتقال دهنده است.

این برق ابتدا به یکی از صورتهای استاندارد مناسب جهت انتقال تبدیل می شودو سپس سیم ها و دکل ها یا داکتهای زیرزمینی انتقال می یابد.

۴-۲-۲ نیروگاه های هسته ای :

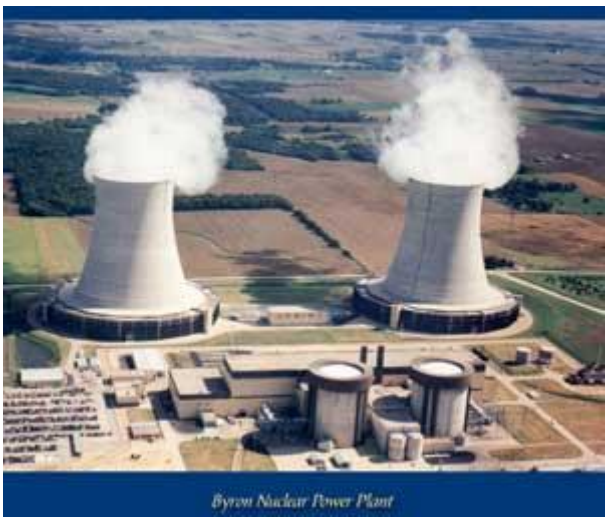
انرژی هسته‌ای از جمله انرژی‌هایی است که کاربرد زیادی در سطح جهان دارد. در حال حاضر، ظرفیت نیروگاه‌های هسته‌ای جهان بیش از ۳۵۰ هزار مگاوات است که پیش بینی می‌شود تا سال ۲۰۲۰ به ۳۵۹ هزار گیگاوات برسد. انرژی هسته‌ای دارای مزایایی است که کاربرد آن را افزایش می‌دهد. به عنوان مثال، این انرژی کمترین تأثیر را بر محیط دارد، همچنین به صرفه و اقتصادی است و در زمینه امنیت ملی انرژی نقش عمده‌ای دارد . نیروگاه‌های هسته‌ای را بر اساس رآکتوری که در آن استفاده می‌شود تقسیم بندی می کنند. در حال حاضر ۵ کشور جهان از انرژی هسته‌ای برای تولید الکتریسیته استفاده می‌کنند. اگرچه تعداد نیروگاه‌های هسته‌ای کمتر از تعداد رآکتورهایی است که دردهه‌های ۷۰ و ۸۰ ساخته شده ولی میزان الکتریسیته تولیدی بیشتر است.

نیروگاه اتمی در واقع یک بمب اتمی است که به کمک میله‌های مهارکننده و خروج دمای درونی به وسیله مواد خنک کننده مثل آب و گاز ، تحت کنترل درآمده است. اگر روزی این میله ها و یا پمپهای انتقال دهنده مواد خنک کننده وظیفه خود را درست انجام ندهند، سوانح متعددی به وجود می‌آید و حتی ممکن است نیروگاه نیز منفجر شود، مانند فاجعه نیروگاه چرنوبیل شوروی سابق.

دید کلی

طی سالهای گذشته اغلب کشورها به استفاده از این نوع انرژی هسته ای تمایل داشتند و حتی دولت ایران ۱۵ نیروگاه اتمی به کشورهای آمریکا ، فرانسه و آلمان سفارش داده بود. ولی خوشبختانه بعد از وقوع دو حادثه مهم ، تری میل آیلند (Three Mile Island) در ۲۸ مارس ۱۹۷۹ و فاجعه چرنوبیل (Tchernobyl) در روسیه در ۲۶ آوریل ۱۹۸۶، نظر افکار عمومی نسبت به کاربرد اتم برای تولید انرژی تغییر کرد و ترس و وحشت از جنگ اتمی و به خصوص امکان تهیه بمب اتمی در جهان سوم، کشورهای غربی را موقتا مجبور به تجدید نظر در برنامه‌های اتمی خود کرد.

ساختار نیروگاه اتمی



نیروگاه اتمی از مواد مختلفی شکل گرفته است که همه آنها نقش اساسی و مهم در تعادل و ادامه حیات آن را دارند. این مواد عبارت اند از:

- **ماده سوخت:** ماده سوخت متشکل از اورانیوم طبیعی ، اورانیوم غنی شده ، اورانیوم و پلوتونیم است. که سوختن اورانیوم بر اساس واکنش شکافت هسته‌ای صورت می‌گیرد.

- **نرم کننده‌ها:** نرم کننده‌ها موادی هستند که برخورد نوترون های حاصل از شکست با آنها الزامی است و برای کم کردن انرژی این نوترون ها به کار می روند. زیرا احتمال واکنش شکست پی در پی به ازای نوترون های کم انرژی بیشتر می شود. آب سنگین (D_2O) یا زغال سنگ (گرافیت) به عنوان نرم کننده نوترون بکار برده می‌شوند.

- **میله‌های مهارکننده:** این میله ها از مواد جاذب نوترون درست شده‌اند و وجود آنها در داخل راکتور اتمی الزامی است و مانع افزایش ناگهانی تعداد نوترونها در قلب راکتور می‌شوند. اگر این میله‌ها کار اصلی خود را انجام ندهند، در زمانی کمتر از چند هزارم ثانیه قدرت راکتور چند برابر شده و حالت انفجاری یا دیورژانس راکتور پیش می‌آید. این میله ها می توانند از جنس عنصر کادمیم و یا بور باشند.

- **مواد خنک کننده یا انتقال دهنده انرژی حرارتی :** این مواد انرژی حاصل از شکست اورانیوم را به خارج از راکتور انتقال داده و توربینهای مولد برق را به حرکت در می آورند و پس از خنک شدن مجدداً به داخل راکتور برمی گردند. البته مواد در مدار بسته و محدودی عمل می کنند و با خارج از محیط رآکتور تماسی ندارند. این مواد می توانند گاز CO_2 ، آب ، آب سنگین ، هلیوم گازی و یا سدیم مذاب باشند.

طرز کار نیروگاه اتمی :

عمل سوختن اورانیوم در داخل نیروگاه اتمی متفاوت از سوختن زغال یا هر نوع سوخت فسیلی دیگر است. در این پدیده با ورود یک نوترون کم انرژی به داخل هسته ایزوتوپ اورانیوم ۲۳۵ عمل شکست انجام می گیرد و انرژی فراوانی تولید می کند. بعد از ورود نوترون به درون هسته اتم ، ناپایداری در هسته به وجود آمده و بعد از لحظه بسیار کوتاهی هسته اتم شکسته شده و تبدیل به دو تکه شکست و تعدادی نوترون می‌شود. به طور متوسط تعداد نوترونها به ازای هر ۱۰۰ اتم شکسته شده ۲۴۷ عدد است و این نوترونها اتمهای دیگر را می‌شکنند و اگر کنترلی در مهار کردن تعداد آنها نباشد واکنش شکست در داخل توده اورانیوم به صورت زنجیره‌ای انجام می‌شود که در زمانی بسیار کوتاه منجر به انفجار شدیدی خواهد شد. در واقع ورود نوترون به درون هسته اتم اورانیوم و شکسته شدن آن توام با انتشار انرژی معادل با Mev ۲۰۰ میلیون الکترون ولت است. این مقدار انرژی در سطح اتمی بسیار ناچیز ولی در مورد یک گرم از اورانیوم در حدود صدها هزار مگاوات است. که اگر به صورت زنجیره ای انجام شود، در کمتر از هزارم ثانیه مشابه بمب اتمی عمل خواهد کرد. اما اگر تعداد شکست ها را در توده اورانیوم و طی زمان محدود کرده به نحوی که به ازای هر شکست ، اتم بعدی شکست حاصل کند شرایط یک نیروگاه اتمی بوجود می‌آید.

نمونه عملی :

نیروگاهی که دارای ۱۰ تن اورانیوم طبیعی است قدرتی معادل با ۱۰۰ مگاوات خواهد داشت و به طور متوسط ۱۰۵ گرم اورانیوم ۲۳۵ در روز در این نیروگاه شکسته می شود و همان طور که قبلاً گفته شد در اثر جذب نوترون به وسیله ایزوتوپ اورانیوم ۲۳۸ اورانیوم ۲۳۹ به وجود می آمد که بعد از دو بار انتشار ذرات بتا (الکترون) به پلتونیوم ۲۳۹ تبدیل می شود که خود مانند اورانیوم ۲۳۵ شکست پذیر است. در این عمل ۷۰ گرم پلتونیوم حاصل می‌شود. ولی اگر نیروگاه سورژنراتور باشد و تعداد نوترونهای موجود در نیروگاه زیاد باشند مقدار جذب به مراتب بیشتر از این خواهد بود و مقدار پلتونیوم های به وجود آمده از مقدار آنهایی که شکسته می شوند بیشتر خواهند بود. در چنین حالتی بعد از پیاده کردن میله های سوخت می توان پلتونیوم به وجود آمده را از اورانیوم و فرآورده های شکست را به کمک واکنشهای شیمیایی بسیار ساده جدا و به منظور تهیه بمب اتمی ذخیره کرد.

راکتور هسته ای :

دید کلی

راکتورهای هسته‌ای دستگاه‌هایی هستند که در آنها شکافت هسته‌ای کنترل شده رخ می‌دهد. راکتورها برای تولید انرژی الکتریکی و نیز تولید نوترون‌ها بکار می‌روند. اندازه و طرح راکتور بر حسب کار آن متغیر است. فرآیند شکافت که یک نوترون بوسیله یک هسته سنگین (با جرم زیاد) جذب شده و به دنبال آن به دو هسته کوچکتر همراه با آزاد سازی انرژی و چند نوترون دیگر شکافته می‌شود.

تاریخچه

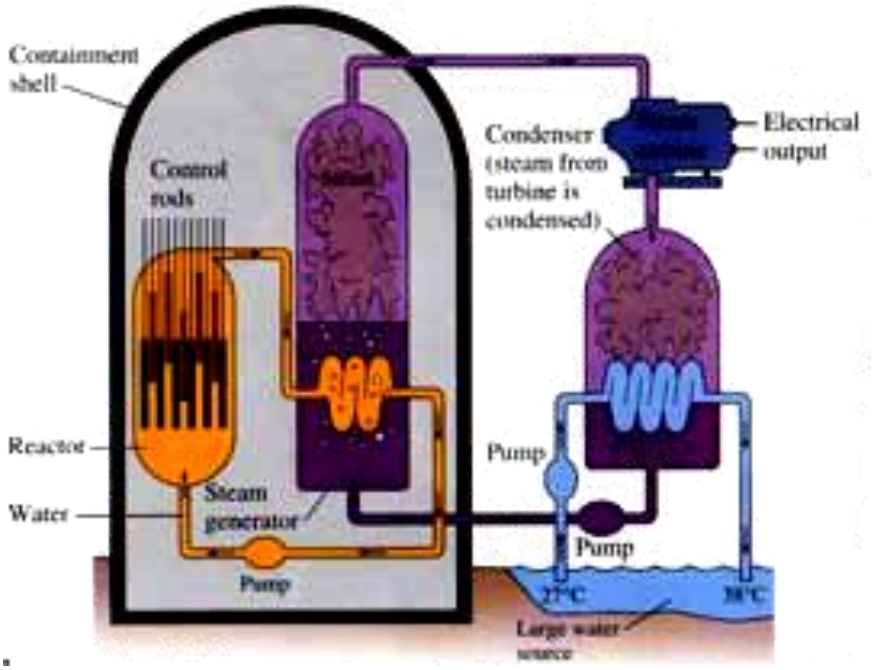
اولین انرژی کنترل شده ناشی از شکافت هسته در دسامبر ۱۹۴۲ بدست آمد. با رهبری فرمی ساخت و راه اندازی یک پیل از آجرهای گرافیتی ، اورانیوم و سوخت اکسید اورانیوم با موفقیت به نتیجه رسید. این پیل هسته‌ای ، در زیر میدان فوتبال دانشگاه شیکاگو ساخته شد و اولین راکتور هسته‌ای فعال بود.

ساختمان راکتور

با وجود تنوع در راکتورها ، تقریبا همه آنها از اجزای یکسانی تشکیل شده‌اند. این اجزا شامل سوختپوشش برای سوخت ، کند کننده نوترونهای حاصله از شکافت ، خنک کننده‌ای برای حمل انرژی حرارتی حاصله از فرآیند شکافت ماده کنترل کننده برای کنترل نمودن میزان شکافت می باشد.

سوخت هسته‌ای

سوخت راکتورهای هسته‌ای باید به گونه‌ای باشد که متحمل شکافت حاصله از نوترون بشود. پنج نوکلئید شکافت پذیر وجود دارند که در حال حاضر در راکتورها به کار می‌روند. $Th^{۲۳۲}$ ، $U^{۲۳۳}$ ، $U^{۲۳۵}$ ، $U^{۲۳۸}$ ، $Pu^{۲۳۹}$. برخی از این نوکلیدها برای شکافت حاصله از نوترونهای حرارتی و برخی نیز برای شکافت حاصل از نوترونهای سریع می‌باشند. تفاوت بین سوخت یک خاصیت در دسته‌بندی راکتورها است. در کنار قابلیت شکافت ، سوخت بکاررفته در راکتور هسته‌ای باید بتواند نیازهای دیگری را نیز تامین کند. سوخت باید از نظر مکانیکی قوی ، از نظر شیمیایی پایدار و در مقابل تخریب تشعشعی مقاوم باشد، تا تحت تغییرات فیزیکی و شیمیایی محیط راکتور قرار نگیرد. هدایت حرارتی ماده باید بالا باشد بطوری که بتواند حرارت را خیلی راحت جابجا کند. همچنین امکان بدست آوردن ، ساخت راحت ، هزینه نسبتا پایین و خطرناک نبودن از نظر شیمیایی از دیگر فایده‌های سوخت است.



غلاف سوخت راکتور

سوخت‌های هسته‌ای مستقیما در داخل راکتور قرار داده نمی‌شوند، بلکه همواره بصورت پوشیده شده مورد استفاده قرار می گیرند. پوشش یا غلاف سوخت ، کند کننده و یا خنک کننده را از آن جدا می سازد. این امر از خوردگی سوخت محافظت کرده و از گسترش محصولات شکافت حاصل از سوخت پرتو دیده به محیط اطراف جلوگیری می‌کند. همچنین این غلاف می تواند پشتیبان ساختاری سوخت بوده و در انتقال حرارت به آن کمک کند. ماده غلاف همانند خود سوخت باید دارای خواص خوب حرارتی و مکانیکی بوده و از نظر شیمیایی نسبت به بر همکنش با سوخت و مواد محیط پایدار باشد. همچنین لازم است غلاف دارای سطح مقطع پایینی نسبت به بر هم کنش‌های هسته‌ای حاصل از نوترون بوده و در مقابل تشعشع مقاوم باشد.

مواد کند کننده نوترون

یک کند کننده ماده‌ای است که برای کند یا حرارتی کردن نوترونهای سریع بکار می رود. هسته‌هایی که دارای جرمی نزدیک به جرم نوترون هستند بهترین کند کننده می‌باشند. کند کننده برای آنکه بتواند در راکتور مورد استفاده قرار گیرد بایستی سطح مقطع جذبی پایینی نسبت به نوترون داشته باشد. با توجه به خواص اشاره شده برای کند کننده ، چند ماده هستند که می‌توان از آنها استفاده کرد. هیدروژن ، دوتریم ، بریلیوم و کربن چند نمونه از کند کننده‌ها می‌باشند. از آنجا که بریلیوم سمی است این ماده خیلی کم بعنوان کند کننده در راکتور مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین ایزوتوپهای هیدروژن ، به شکل آب و آب سنگین و کربن ، به شکل گرافیت بعنوان مواد کند کننده استفاده می شوند.

خنک کننده‌ها

گرمای حاصله از شکافت در محیط راکتور یا باید از سوخت زدوده شود و یا در نهایت این گرما بقدری زیاد شود که میله‌های سوخت را ذوب کند. حرارتی که از سوخت گرفته می‌شود ممکن است در راکتور قدرت برای تولید برق بکار رود. از ویژگیهایی که ماده خنک کننده باید داشته باشد، هدایت حرارتی آن است تا اینکه بتواند در انتقال حرارت موثر باشد همچنین پایداری شیمیایی و سطح مقطع جذب پایین تر از نوترون دو خاصیت عمده ماده خنک کننده است. نکته دیگری که باید به آن اشاره شود این است که این ماده نباید در اثرواکنشهای گاما دهنده رادیواکتیو شوند. از مایعات و گازها به عنوان خنک کننده استفاده شده‌است گازهای دی اکسید کربن و هیلیوم بعنوان خنک کننده استفاده شده‌اند. هیلیوم ایده‌آل است ولی پرهزینه بوده و تهیه مقادیر زیاد آن مشکل است. خنک کننده‌های مایع شامل آب ، آب سنگین و فلزات مایع هستند. از آنجا که برای جلوگیری از جوشیدن آب فشار زیادی لازم است خنک کننده ایده‌آلی نیست.

مواد کنترل کننده شکافت

برای دستیابی به فرآیند شکافت کنترل شده و یا متوقف کردن یک سیستم شکافت پس از شروع ، لازم است که موادی قابل دسترس باشند که بتوانند نوترونهای اضافی را جذب کنند. مواد جاذب نوترون بر خلاف مواد

دیگر مورد استفاده در محیط راکتور باید سطح مقطع جذب بالایی نسبت به نوترون داشته باشند. مواد زیادی وجود دارند که سطح مقطع جذب آنها نسبت به نوترون بالاست ولی ماده مورد استفاده باید دارای چند خاصیت مکانیکی و شیمیایی باشد که برای این کار مفید واقع شود. انواع راکتورها بر حسب نوع فرآیند شکافت به راکتورهای حرارتی ، ریع و میانی (واسطه) ، بر حسب مصرف سوخت به راکتورهای سوزاننده ، مبدل و زاینده ، بر حسب نوع سوخت به راکتورهای اورانیوم طبیعی ، راکتورهای اورانیوم غنی شده با اورانیوم ۲۳۵ (راکتور مخلوطی Be) ، بر حسب خنک کننده به راکتورهای گاز CO_2 مایع (آب ، فلز) ، بر حسب فاز سوخت کند کننده‌ها به راکتورهای همگن ، ناهمگن و بالاخره بر حسب کاربرد به راکتورهای قدرت ، تولید نوکلید و تحقیقاتی تقسیم می‌شوند.

کاربردهای راکتورهای هسته‌ای

- راکتورها انواع مختلف دارند برخی از آنها در تحقیقات ، بعضی از آنها برای تولید رادیو ایزتوپهای پر انرژی، برخی برای راندن کشتی‌ها و برخی برای تولید برق بکار می روند.
- دوگروه اصلی راکتورهای هسته ای بر اساس تقسیم بندی کاربرد آنها ، راکتورهای قدرت و راکتورهای تحقیقاتی هستند. راکتورهای قدرت مولد برق بوده و راکتورهای تحقیقاتی برای تحقیقات هسته‌ای پایه ، مطالعات کاربردی تجزیه‌ای و تولید ایزوتوپها مورد استفاده قرار می گیرند.

۵-۲-۲ *نیروگاه های آبی :*

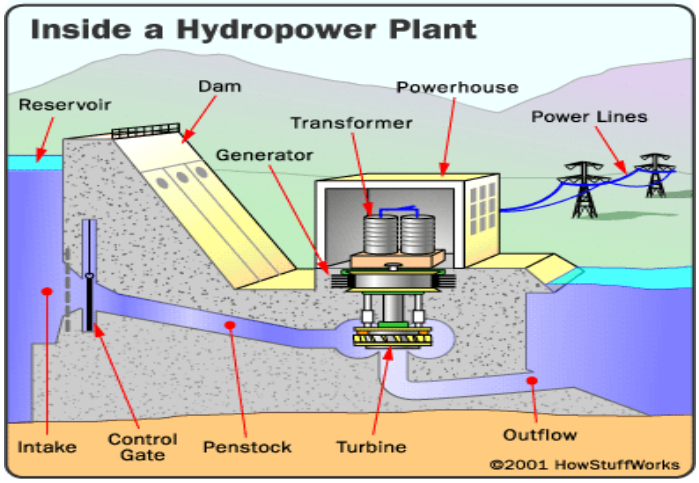
رشد سرمایه گذاری های ملی برای تولید برق از آب طی سالهای اخیر، نویدبخش توجه ویژه مدیران ارشد کشور به جنبه های زیست محیطی و اجتماعی – اقتصادی این روش تولید انرژی می باشد. طبیعت استثنائی کشور نیز با چنین ذهنیت سازنده ای سازگاری بالقوه داشته و لذا انبوهی از پروژه های کوچک و بزرگ نیروگاه های برقابی در جای جای کشور به مطالعه یا اجرا رفته اند.

در سرتاسر جهان ، نیروگاه های برقابی ۲۴ درصد از برق جهان را تولید می کنند و به بیش از ۱ میلیارد نفر برق رسانی می کنند. خروجی و محصول این نیروگاه ها ۶۷۵۰۰۰ مگاوات است . این انرژی معادل ۳/۶ میلیارد بشکه نفت است . طبق آمار مرکز انرژی های تجدید پذیر ایالات متحده ، حدود ۲۴۰۰ نیروگاه برقابی در ایالت متحده در حال کار است که به این ترتیب انرژی برق آبی را بزرگترین منبع تجدید پذیر این کشور می سازد .

نیروگاه های برقابی انرژی آب را تحت کنترل درمی آورند و با استفاده از ماشینهایی، انرژی را به الکتریسیته تبدیل می کنند . این نیروگاه ها در واقع مبنی بر یک مفهوم نسبتاً ساده هستند. انرژی آب در حال جریان ازمیان سد توربین را می چرخاند و باعث چرخش ژنراتورمی شود.

توربین انرژی جنبشی آب در حال تنزل را به انرژی مکانیکی تبدیل می کند. سپس ژنراتور انرژی مکانیکی گرفته شده از توربین را به انرژی الکتریکی تبدیل می کند. این عکس نیروگاه Alexander را نشان میدهد که بر روی رودخانه Visconsin قرار گرفته و برق کافی برای حدود ۸۰۰۰ نفر تولید می کند .

اجزاء نیروگاه آبی :



نیروگاه ه های برقابی مرسوم عموماًاز ۹ جزء تشکیل شده اند که عبارتند از :

سد

مدخل آبگیری (Inflow)

خط لوله (Penstock)

توربین

ژنراتور

ترانسفورماتور

خطوط انتقال

دریچه خروج جریان (Outflow)

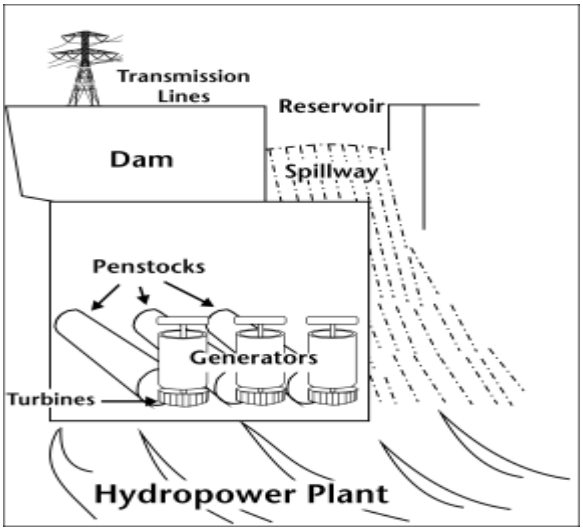
مخزن موج گیر

سد :

بیشتر نیروگاه های برقابی به یک سد تکیه می کنند که آب بالا دست را نگاه می دارد ویک مخزن ذخیره بزرگ بوجود می آورد. اغلب این مخزن به عنوان یک دریاچه تفریحی و سرگرمی و یا پرورش ماهی استفاده می شود .

خط لوله (Penstock) :

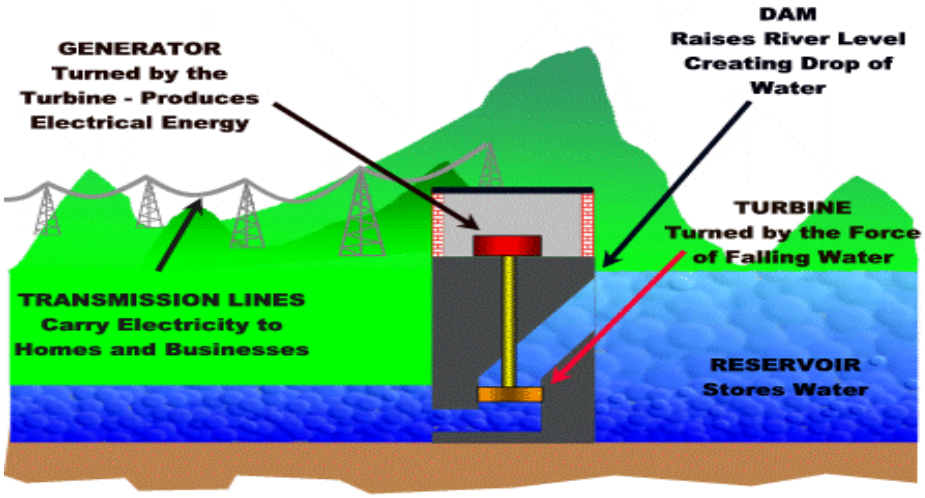
دریچه های باز سد و نیروی جاذبه آب را به داخل Penstock می کشد و در طول این خط لوله سرعت آب بیشتر می شود و آب به سمت توربین هدایت می شود .



توربین :

آب به پره های بزرگ توربین برخورد می کند و آنها را می چرخاند. توربین بوسیله یک شفت به ژنراتور که در بالای آن قرار دارد متصل شده است .

رایجترین نوع توربین فرانسیس است که به یک دیسک بزرگ با پره ها و تیغه های خمیده شبیه است .



توربین های نیروگاه برقابی از نظر هیدرولیکی به دو دسته تقسیم می شوند :

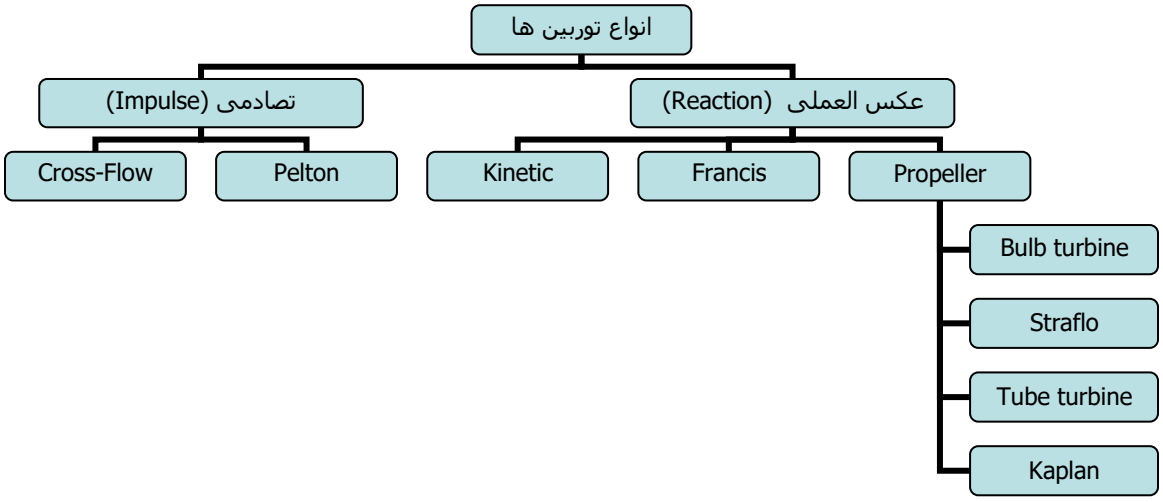
۱. توربین های تصادمی (Impulse) :

این توربین ها انرژی جنبشی یک جریان فورانی برخوردی به پره های توربین در فشار اتمسفری را به انرژی مکانیکی تبدیل می کنند. به طور کلی توربین های تصادمی برای هدهای بلند و کاربردهای جریان پائین مناسب هستند. اغلب واحدهای تصادمی دارای آرایش محور افقی هستند.

۲. توربین های عکس العملی (Reaction) :

این توربین ها از تأثیر توأ مان فشار و سرعت جریان عبوری برای تولید نیرو استفاده می کنند. توربین های عکس العملی معمولاً برای سایت های با هد پائین و جریان بالا استفاده می شوند. اغلب واحدهای عکس العملی با محور قائم طراحی می شوند.

Propelle Kaplan Bulb Francis Pelton



ژنراتور :

قلب نیروگاه برقابی ژنراتورآن است که انرژی مکانیکی را به انرژی الکتریکی تبدیل می کند. ژنراتور بنا برقانون « القاء الکترو مغناطیسی » که در سال ۱۸۳۱وسیله مایکل فاراده کشف شده است کار می کند.فرآیند اصلی واساسی تولید الکتریسیته در این روش چرخیدن یک سری از آهنرباها درون سیم پیچ است. این فرآیند الکترون ها را حرکت می دهد که بدین وسیله جریان الکتریسیته تولید می شود.

هر ژنراتور از۴ جزء اصلی تشکیل شده است : ۱- شفت ۲- القاگر ۳- روتور ۴- استاتور

شفتی که توربین را به ژنراتور متصل می کند

همچنانکه توربین می چرخد ، القاگر یک جریان الکتریکی به روتور می فرستد. روتور از یک سری آهنرباهای الکتریکی بزرگ تشکیل شده که درون یک سیم پیچ فشرده مسی به نام استاتور می چرخد. میدان مغناطیسی بین سیم پیچ و آهنربا یک جریان الکتریکی ایجاد می کند.

ترانسفورماتور :

ترانسفورماتور در داخل نیروگاه جریان متناوب را می گیرد و آنرا به ولتاژ بالاتر تبدیل می کند.

خطوط انتقال :

چهار سیم از نیروگاه خارج می شوند که سه تای آن ها فاز و یک سیم نول یا خنثی هم بین هر سه آن ها مشترک است.

مخزن موج گیر :

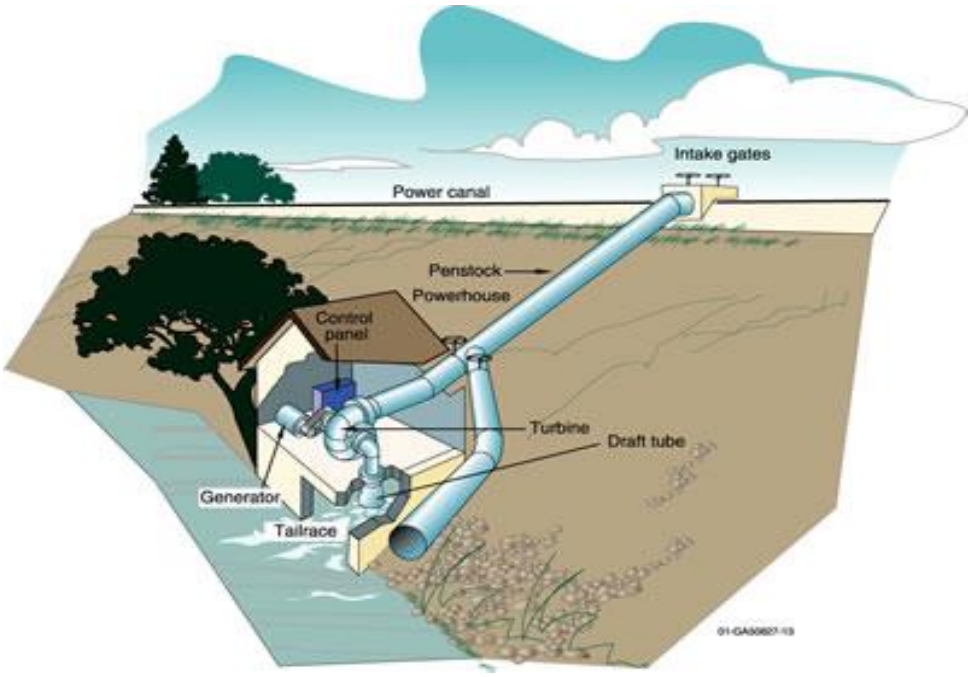
هر نیروگاه برقابی که از طریق مجرای طولانی تغذیه شود، تحت تأثیر اثرات اینرسی قابل توجه ناشی از حرکت توده آب می باشد. بزرگی توده مذکور به قدری است که نیروی عظیمی برای شتاب دادن به آن و یا از حرکت باز داشتن آن مورد نیاز است. بعلاوه اثرات ضربه قوچ که ناشی از مانور پره های هادی توربین در کنترل سرعت چرخش می باشد نیز باید لحاظ گردد. اثرات فشار ناشی از ضربه قوچ را می توان با کمک شیر فشار شکن محدود ساخت لیکن برای مقابله با اثرات نوسانات جرم از مخزنموج گیر استفاده می شود.

اندازه های نیروگاه های برقابی :

بزرگ **نیروگاه های با ظرفیت بیشتر از ۳۰ مگاوات**

کوچک **نیروگاه های با ظرفیت بیشتر از ۱۰۰ کیلووات تا ۳۰ مگاوات**

میکرو **نیروگاه های با ظرفیت کمتر از ۱۰۰ کیلووات**



نیروگاه برقابی میکرو

یک نیروگاه برقابی میکرو می تواند الکتریسیته کافی برای خانه ، مزرعه یا روستا تولید کند.

پارامترهای مربوط به نیروگاه برقابی :

یک نیروگاه برقابی چه مقدار الکتریسیته می تواند تولید کند ؟

مقدار الکتریسیته ای که یک نیروگاه برقابی می تواند تولید کند به دو عامل بستگی دارد :

۱ . مقدار هد آب :

هد آب مقدار فاصله سطح آب تا توربین است که با بیشتر شدن این فاصله مقدار تولید انرژی نیز بیشتر می شود.

۲ . مقدار آبی که از مجرای Penstock می گذرد :

این مقدار آب نیز به وسعت رودخانه بستگی دارد . طبق نظریه دانشمندان یک رودخانه با دو برابر وسعت یک رودخانه دیگر می تواند دو برابر انرژی تولید کند.

محاسبه مقدار انرژی که از یک سد در یک ناحیه خاص می توان تولید کرد :

به عنوان مثال یک سد را در نظر می گیریم که آب آن ۱۰ فوت ارتفاع دارد و دبی آب آن ۵۰۰ فوت مکعب در دقیقه است. اکنون می خواهیم با مقداری محاسبات ریاضی توان سد را با استفاده از فرمول های زیر محاسبه کنیم :

POWER = (ارتفاع سد) x (جریان رودخانه) x (راندمان) ⁄ 11.8

Power : توان الکتریکی به کیلووات

ارتفاع سد : فاصله آبشار آب

جریان رودخانه : مقدار آب جاری در رودخانه که با فوت مکعب در دقیقه شمرده می شود .

راندمان : توربین و ژنراتور چقدر خوب می توانند توان آب نزولی را به توان الکتریکی تبدیل کنند. در سدهای قدیمی راندمان در حدود ۶۰% بود که در سدهای جدید به ۹۰% نیز می رسد.

11.8 : تبدیل واحد از فوت و دقیقه به کیلووات است.

راندمان توربین وژنراتور را هم ۸۰% فرض می کنیم بنابراین :

POWER = (10 feet) x (500 cubic per second) x (0.8) ⁄ 11.8

→ POWER = 339 KW

برای اینکه تصور کنیم ۳۳۹ کیلووات چه معنی ای می دهد، مقدارانرژی الکتریکی را که در یک سال تولید می شود محاسبه می کنیم :

Electric Energy = (339 KW) x (24 hours per day) x (365 days per year)

→ Electric Energy = 2969000 KW-HOURS

متوسط سالیانه مصرف انرژی مسکونی در ایالات متحده ۳۰۰۰ کیلووات ساعت برای هر نفر است . بنابراین ما بوسیله تقسیم کردن تولید انرژی سالانه به ۳۰۰۰ می توانیم محا سبه کنیم که سد ما به چه تعدادی می تواند خدمت رسانی کند.

People Served = (2969000 KW-HOURS) ⁄ (3000 KW-H PER PERSON)

→ People Served = 990 people

بنابراین این سد فرضی که ممکن است برای آبیاری محلی یا تفریح و سرگرمی احداث شده باشد ، با اضافه کردن یک توربین و ژنراتور می تواند مقدار کافی انرژی تجدید پذیر برای ۹۹۰ نفر مهیا کند.

۳-۲ - سایر روش ها :

سایر روش ها
- نیروگاه بادی
- نیروگاه خورشیدی
- سیستم های فتوولتائیک
- زمین گرمایی (Geothermal)

۱-۳-۲ نیروگاه بادی :

در خصوص به کارگیری از انرژی‌های بادی در کشور، هم‌اکنون ۱۵۰ ایستگاه ثبت آمار باد در ارتفاعات ۱۰، ۳۰ و ۴۰ متری در حال نصب است؛ ضمن این که پروژه توربین بادی ۶۰۰ کیلوواتی در روستای بابابیان منجیل در نظر گرفته شده، این در حالی است که منطقه مذکور حداقل پتانسیل معادل ۱۰۰ مگاوات را دارا است.همچنین توربین ۱۰ کیلوواتی سهند و مزرعه بادی بینالود با۴۳ واحد توربین بادی هر یک با ظرفیت ۶۶۰ کیلووات و هزینه ۱۵ میلیون دلار و ۵۰ میلیارد ریال نیز جزو پروژه‌های وزارت نیرو است. با نصب و راه‌اندازی کامل نیروگاه در مزرعه بادی بینالود سالانه حدود ۱۰۲ میلیون کیلووات ساعت برق به شبکه سراسری تزریق می‌شود.

مقدار انرژی بادی چین در ارتفاع ۱۰ متری به ۳ میلیارد و ۲۲۶ میلیون کیلووات می رسد که ۲۵۳ میلیون کیلووات از آن قابل استفاده است.این در حالی است که انرژی بادی در آب های چین ۳ برابر انرژی روی خشکی این کشور است و به ۷۵۰ میلیون کیلووات می رسد.مراتع و بیابان ها در شمال غرب و شمال و آبهای نزدیک و جزایر در شرق و جنوب شرق چین انرژی بادی فراوانی دارند. تا پایان سال ۱۹۹۸، حدود ۲۰ نیروگاه بادی در چین احداث شد بود که ظرفیت آنها به ۲۲۳ هزار و ۶۰۰ کیلووات می رسد.نیروگاه

بادی شهرک" دا بن " منطقه سینگ کیانگ چین بزرگترین نیروگاه بادی چین و آسیا است و ۱۱۱ واحد ژانراتور ۳۰۰،۵۰۰ و ۶۰۰ کیلووات برق دارد و ظرفیت کل آنها به ۵۷ هزار و ۵۰۰ کیلووات می رسد. ظرفیت موجود برق بادی چین فقط ۰/۱۴ در صد انرژی بادی قابل استفاده این کشور است و از این لحاظ توسعه انرژی بادی در چین آینده درخشان دارد.

۲-۳-۲ نیروگاه های خورشیدی :

از سؤال هایی که در رابطه با انرژی با آن مواجه هستیم این است که وضعیت انرژی در چند دهه آینده چگونه خواهد شد، اقتصادی ترین منبع انرژی کدام است و آیا خورشید می تواند به عنوان منبع اقتصادی با صرفه مطرح شود؟

افزایش روزافزون جمعیت و پیشرفت های تکنولوژیکی که سبب ارتقاء سطوح زندگی گردیده عاملی است که سبب افزایش تقاضا برای الکتریسیته خواهد شد . حال با توجه به این نیازها و مشکلات زیست – محیطی ناشی از مصرف سوخت های فسیلی ، جدیت بیشتری را برای یافتن منابع انرژی کم خطرتر می طلبد. هم اکنون در دنیا مراکز تحقیقاتی بزرگی جهت دسترسی به انرژی های مطلوب تر در حال تحقیق و بررسی می باشند و مطالعات و بررسی های انجام شده منجر به پیشنهاد استراتژی های کوتاه مدت و بلند مدت برای تأمین الکتریسیته شده است که در این استراتژی ها انرژی خورشیدی نقش بسیار مهمی را ایفا می کند ، زیرا انرژی خورشیدی عملاً بدون محدودیت و آلودگی قابل دسترس است و سطح زمین به مقدار ۷×۱۰^{۱۷} کیلو وات ساعت از انرژی خورشیدی را در سال دریافت می کند که ۱۰۰ برابر منابع انرژی به ثبت رسیده می باشد.

پیش بینی ها نشانگر این مطلب است که مصرف سوخت های فسیلی جهت تأمین انرژی الکتریکی کاهش و منابع تأمین انرژی الکتریکی با استفاده از انرژی خورشیدی افزایش می یابد. این منابع عبارتند از :

فوتوولتائیک – انرژی حرارتی خورشید – ژئوترمال – انرژی باد و بیو گاز و .... .

انواع نیروگاه های خورشیدی :
- کلکتور سهموی
- هلیوستات
- برج نیرو
  - هوای گرم
  - هوای سرد (مرطوب)

با توجه به مثال زیرمی توانیم تصور کنیم که چه مقدار انرژی الکتریکی از نور خورشید می توان بدست آورد :

تولید برق ایران : 20,000 MW

جمعیت : 60 میلیون

سهم هر نفر ایرانی $\frac{20,000}{60,000}=0.33\,KW$

شدت تابش متوسط در ایران $1350\ KW/m^2$ است .

$Q=2.297\times10^{12}\ KW$

اگر بتوانیم این انرژی را با راندمان ۲۰% به برق تبدیل کنیم ، می توانیم ۱۳ برابر کل برق ایران را تأمین کنیم.

که نسبت به سهم فعلی 23,000 برابر است $=3.83\times10^{4}\ KW$ سهم هر ایرانی

۳-۳-۲ سلول های خورشیدی (فتوولتائیک) :

فتوولتائیک همانطور که از نام آن پیداست تشکیل شده است از :

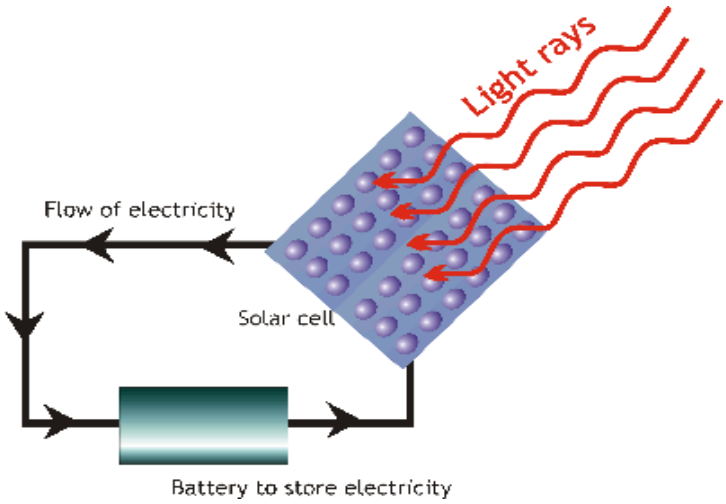
Photo = Light و Voltaic= Electricity .

سیستمی که در آن از انرژی خورشیدی بدون بهره گیری از مکانیزم های متحرک و شیمیایی انرژی الکتریکی تولید شود ، فتوولتائیک می گویند. این سیستم ها اولین بار در سفینه های فضایی استفاده شدند. و بهره گیری از آن ها مدتی است که در زمین نیز متداول شده است. سلول های فتوولتائیک قادرند انرژی تشعشعی خورشید را با بازدهی حدود ۷ تا ۲۰ درصد مستقیماً به الکتریسیته تبدیل کنند.

تبدیل کردن فتون ها به الکترون ها :

سلولهای فتوولتائیک از مواد نیمه رسانا مثل سیلیکون ساخته شده اند که معمولاً از این ماده در ساخت سلول ها استفاده می شود.

بطور کلی هنگامی که نور به سلول اصابت می کند یک بخش مشخص از آن به ماده نیمه هادی جذب می شود . واین بدین معنی است که انرژی نور جذب شده به ماده نیمه هادی انتقال یافته است. انرژی نور جذب شده به نیمه رسانا باعث یک ضربه به الکترون های آزاد و سست می شود. سپس به خاطر وجود میدان یا میدان های مغناطیسی ، الکترون های آزاد و رها شده بوسیله جذب انرژی فتون ها مجبور می شوند تا در یک سمت مشخص جریان بیابند. سپس با قرار دادن اتصالات فلزی در بالا و پائین سلول خورشیدی ما می توانیم جریان الکتریکی را از آن بیرون بکشیم. این جریان همراه با ولتاژ سلول (که یک نتیجه از میدان یا میدان های موجود در ساختمان آن می باشد) ، توانی را که سلول خورشیدی می تواند تولید کند مشخص می کند .



سیلیکون (سیلیسیم) :

سیلیکون به خصوص در فرم کریستالی ، بعضی از خصوصیات شیمیایی ویژه را دارد. یک اتم سیلیکون ۱۴ الکترون دارد که در سه لایه مختلف قرار گرفته اند . دو لایه ای که به مرکز نزدیک ترند کاملاً پر هستند. لایه بیرونی که نیمه پراست و ۴ الکترون دارد به دنبال راهی می گردد که لایه خارجی خود را پر کند و الکترون های آن را به ۸ عدد برساند. برای این کار الکترون هایش را با ۴ الکترون از اتم سیلیکون مجاورش به اشتراک خواهد گذاشت. این مثل اینست که هر اتم دست در دست اتم مجاورش گذاشته است با این تفاوت که در این مورد هر اتم چهار دست متصل شده به چهار همسایه دارد.

این فرم از قرار گرفتن اتم ها درکنارهم ، ساختار کریستالی (بلوری) سیلیسیم است و برای این نوع از سلول فتوولتائیک (PV) ، مهم است. درادامه برای بیشتر روشن شدن مطلب سیلیکون کریستالی خالص توضیح داده می شود :

سیلیکون خالص یک هادی ضعیف و نامرغوب الکتریسیته است به خاطر اینکه هیچ کدام از الکترون هایش آزاد نیستند که در اطراف ، مانند الکترون های یک ماده هادی خوب مثل مس حرکت کنند و همه الکترو نها در ساختار کریستالی قفل شده اند .

سیلیکون در سلول خورشیدی :

یک سلول خورشیدی از سیلیکون ناخالص استفاده می کند . ما معمولاً تصور نا خوشایندی از ناخالصی داریم ولی در این مورد سلول خورشیدی ما بدون آن ها کار نخواهد کرد. این نا خالصی ها در واقع با هدف قرار داده شده اند .

فسفر یکی از این نا خالصی ها است که ۵ الکترون در لایه خارجی خود دارد ، بنا براین فسفر الکترونی دارد که هیچ اتمی که الکترون خود را با آن به اشتراک بگذارد پیدا نمی کند . بنابراین فسفر در یک شبکه کریستالی به طور کامل مقید نشده است . ولی یک پروتون با بار مثبت درهسته فسفر وجود دارد که آن را سر جای خود نگه می دارد.

سیلیکون خالص تعداد بسیار کمی از ناخالصی فسفر در ساختار خود دارد (به ازای یک میلیون اتم سیلیکون فقط یک عدد اتم فسفر) .

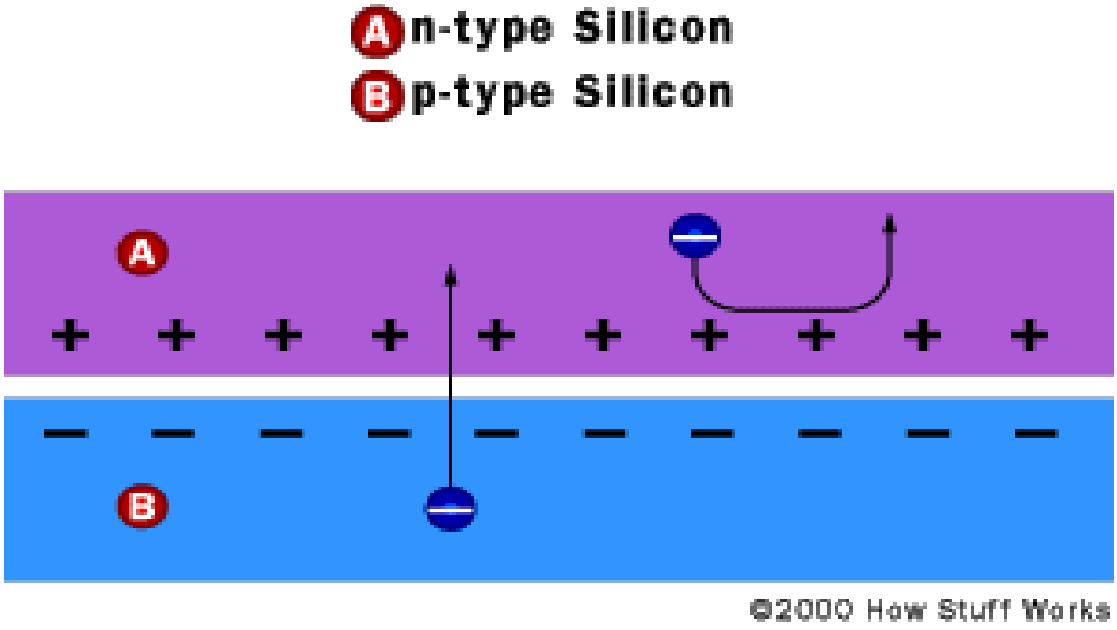
هنگامی که انرژی به سیلیکون خالص اضافه می شود (برای مثال در فرم گرما) ، آن انرژی می تواند منجر شود به اینکه مقداری از الکترون ها از قید خود منفصل شوند و اتم های خود را ترک کنند. و در نتیجه یک حفره در پشت هر الکترون به جای می ماند . این الکترون ها در اطراف شبکه کریستالی به صورت تصادفی در حرکت هستند و به دنبال حفره ای می گردند که به درون آن سرازیر شوند. این الکترونها ***حامل های آزاد (Free Carriers)*** نامیده می شوند و می توانند جریان الکتریکی را حمل کنند. ولی برای انفصال الکترون ها از سیلسکون خالص انرژی زیادی لازم است زیرا همگی در یک ساختار کریستالی قفل شده اند.

همچنین تعداد خیلی کمی فسفر در سیلیکون خالص وجود دارد که خیلی مفید نیستند . ولی سیلیکون ناخالص با اتم های فسفر مخلوط شده در آن یک داستان متفاوت است .

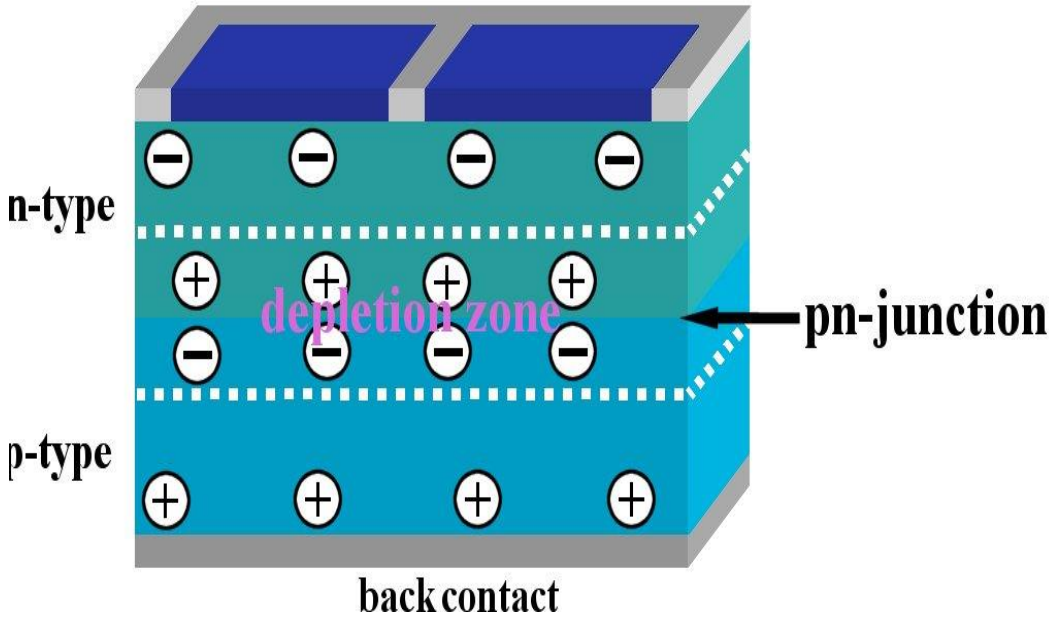
درسیلیکون ناخالص شده با فسفر انرژی کمتری برای آزاد کردن الکترو نها نیاز است زیرا آن ها در یک قید و بند محکم نشده اند و به عبارتی اتم همسایه آن ها را متوقف نکرده است . در نتیجه بیشتراین الکترو نها آزاد می شوند و ما تعداد بیشتری حامل نسبت به آنچه که در سیلیکون خالص داشتیم ، خواهیم داشت.

افزودن ناخالصی ها دوپینگ (ناخالص سازی) نامیده می شود . هنگامی که سیلیکون با فسفر دوپینگ (ناخالص سازی) می شود ، سیلیکون حاصل **N-Type** نامیده می شود (N برای Negative یا منفی است). به خاطر نفوذ الکترون ها سیلیکون **N-Type** هادی الکتریسیته بهتری نسبت به سیلیکون خالص است . در واقع بخش عمده سلول خورشیدی ما **N-Type** است .

بخش دیگر با بور دوپینگ (ناخالص سازی) می شود. بور فقط ۳ الکترون در لایه خارجی خود دارد. سیلیکون ناخالص شده با بور **P-Type** نام دارد . این نوع سیلیکون به جای داشتن الکترونهای آزاد ، حفره های خالی دارد. حفره در واقع نبودن الکترو ن است ، بنابراین آن ها بار مخالف (Positive) را حمل می کنند . این حفره ها همانند الکترو ن ها در اطراف جنبش و حرکت دارند .



استفاده از سیلیکون P-Type به همراه N-Type :



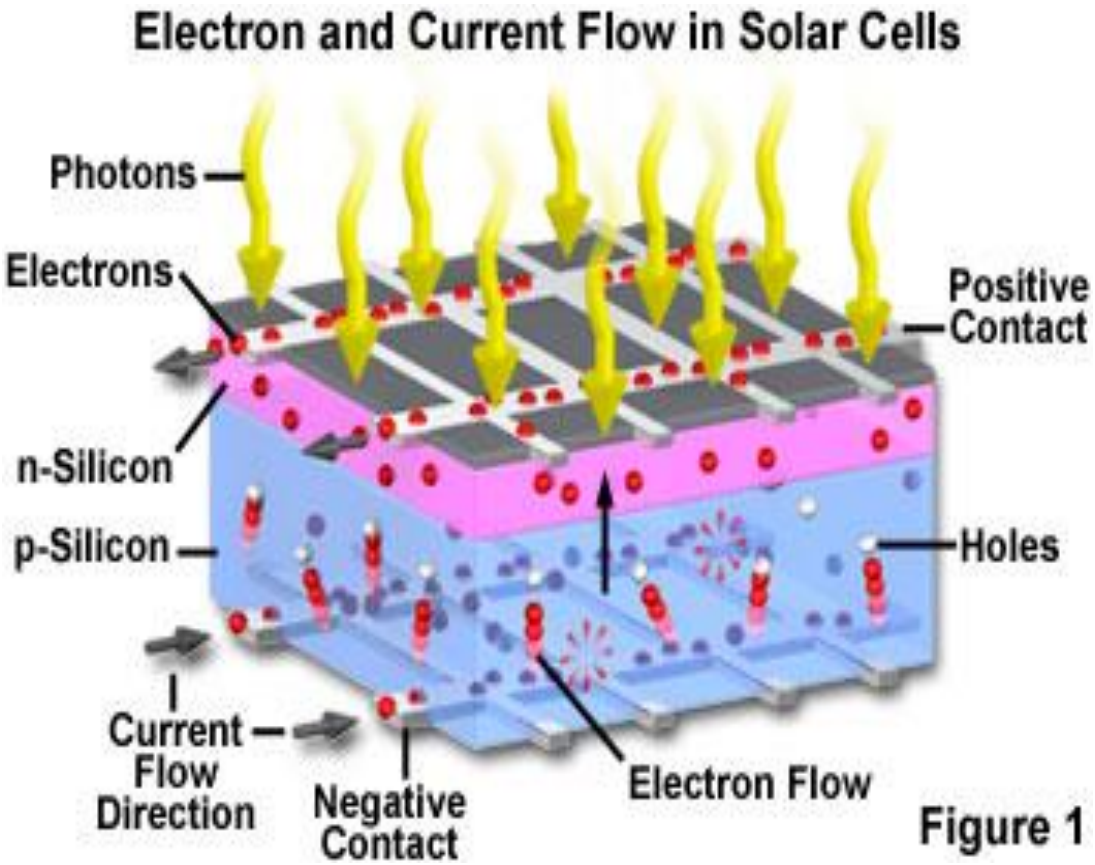
قسمت جالب هنگامی شروع می شود که سیلیکون N-Type را به همراه P-Type بکار ببریم. از طرفی می دانیم که هر سلول PV حداقل یک میدان الکتریکی دارد و بدون این میدان سلول کار نخواهد کرد . میدان الکتریکی هنگامی تشکیل می شود که سیلیکون N-Type و P-Type در تماس باشند .

در عمل سیلیکون N-Type و P-Type را در کنار هم قرار می دهند . در نتیجه الکترون های آزاد و سرگردان در اطراف N که به دنبال یک حفره می گردند که به درون آن سرازیر شوند ، همه حفره های آزاد در اطراف P را می بینند و به صورت شدیدی هجوم می آورند تا حفره ها را پر کنند.

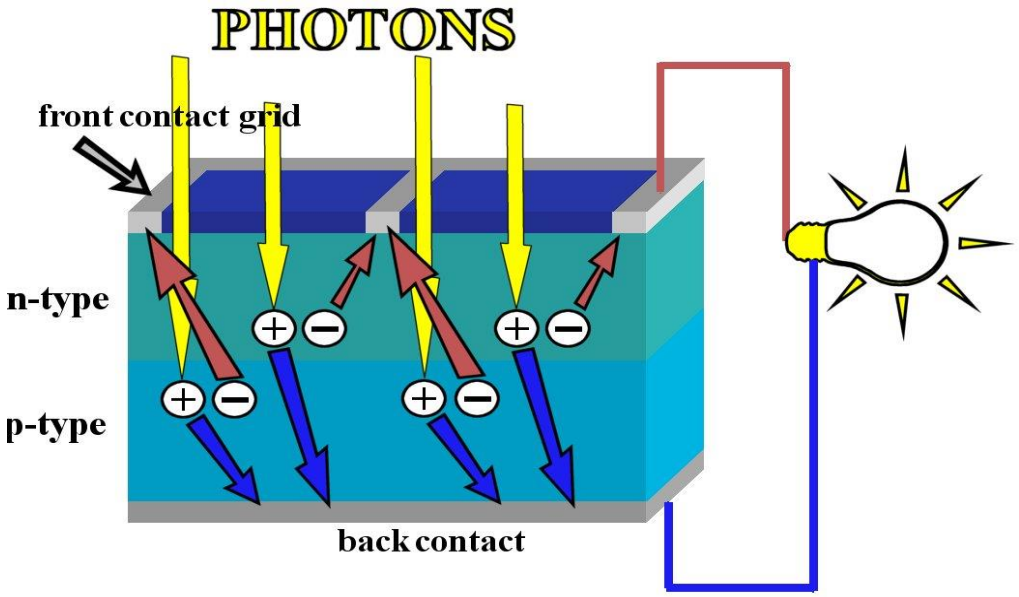
قبلاً همه سیلیکون های ما از نظر الکتریکی خنثی بودند . در حالی که همه الکترون های اضافی با پروتون های اضافی در فسفر ها خنثی می شوند ، الکترونهای از دست داده شده (حفره ها) ، بوسیله از دست دادن پرو تون ها در بور خنثی می شوند.

هنگامی که حفره ها و الکترون ها در محل اتصال بین سیلیکون N-Type و P-Type مخلوط می شوند خنثی بودن الکتریکی از بین می رود. در عمل همه الکترو نهای آزاد ، همه حفره ها را پر نمی کنند . درست درنقطه اتصال (junction) در حالی که حفره ها و الکترون ها مخلوط می شوند به شکل یک مانع یا سد درمی آیند، که این باعث می شود که عبور الکترون از طرف N به P سخت تر وسخت تر شود. سرانجام موازنه بدست می آید و ما یک میدان جدا کننده دو طرف را داریم.

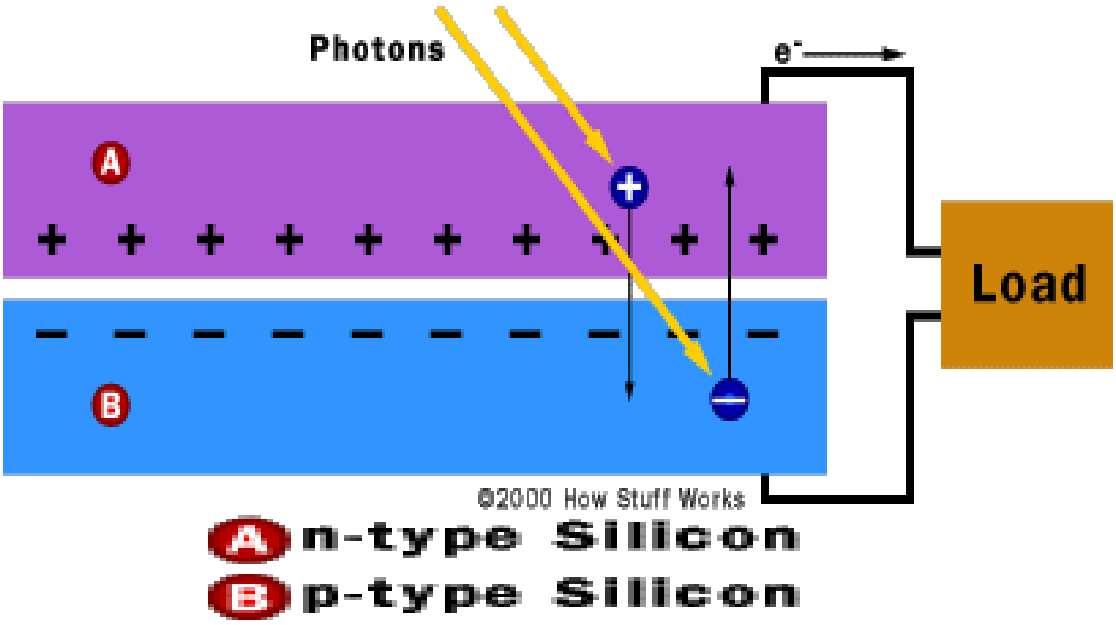
میدان الکتریکی همانند یک دیود عمل می کند و به الکترون ها اجازه می دهد تا از طرف P به طرف N جریان یابند . این میدان مانند یک تپه است ، الکترون ها به راحتی به پائین تپه می روند (طرف N) ، ولی نمی توانند از آن بالا بروند (طرف P) .



هنگامی که نور به سلول برخورد می کند :



هنگامی که نور در شکل فوتون ها به سلول خورشیدی برخورد می کند انرژی آن الکترون را از اتم سیلیکون جدا کرده و درنتیجه حفره ایجاد می شود . این حفره در اثر میدان الکتریکی به سمت P و الکترون به سمت N حرکت می کند . این دو حرکت مختلف با بارهای مخالف ، یک جریان الکتریکی بوجود می آورد و میدان سلول ولتاژایجاد می کند. با ترکیب دو عامل جریان و ولتاژ ما توان الکتریکی خواهیم داشت : $P = V \times I$



موانع :

- زمانی که تشعشع خورشید وجود ندارد چه کاری انجام دهیم .
- برق تولید شده از سلول های فتوولتائیک DC است در حالی که همه وسایل برقی خانه با برق AC کار می کنند .

قطعاً هیچ کسی داشتن الکتریسیته فقط در طول روز و یا فقط در روزهای صاف را قبول نخواهد کرد. ما به ذخیره انرژی نیاز داریم و اینکار بوسیله باتری امکان پذیر است. متأسفانه باتری ها هزینه های اضافی و تعمیرات را به سیستم ما اضافه می کنند اگرچه برای داشتن سیستم فتوولتائیک کاملاً مستقل ضروری هستند. باتری ها باید نگهداری شوند و بعد از مدتی تعویض شوند . مدول های خورشیدی PV باید ۲۰ سال یا بیشتر دوام داشته باشند ، ولی باتری ها این مقدار زمان مفید را ندارند.

باتری ها در سیستم های PV به علت انرژی ای که ذخیره می کنند و محتوی الکترولیت اسیدی می توانند خیلی خطرناک باشند. بنابراین باتری ها به یک تهویه خوب و حصار غیر فلزی احتیاج دارند.

باتری های Deep – cycle :

با اینکه انواع مختلفی باتری در سیستم فتوولتائیک استفاده می شود ، یک مشخصه که همه آن ها باید به طور معمول داشته باشند اینست که باتری ها Deep – cycle باشند.

باتری های اتومبیل که از نوع Shallow – cycle هستند ، جریان زیاد را برای مدت زمان خیلی کوتاه (هنگام استارت زدن) تخلیه می کنند و نیز خیلی سریع در طول رانندگی شارژ می شوند .

ولی باتری های PV معمولاً باید یک جریان کوچکتر را برای یک دوره بلند تر (مثلاً برای شبها) تخلیه بکنند در حالیکه در یک دوره طولانی در روز شارژ می شوند. دو نوع باتری رایج در سیستم های فتوولتائیک عبارتند از :

- lead-acid
- nickel-cadmium

رایج ترین نوع باتری Deep – cycle ، باتری های lead-acid هستند. باتری های نیکل - کادمیوم عمر طولانی تری دارند ولی بسیار گران هستند باتری های lead-acid نیز نمی توانند بدون آسیب جدی و کم شدن عمر ۱۰۰ درصد تخلیه شوند. معمولاً سیستم های فتوولتائیک برای تخلیه کمتر از ۴۰ یا ۵۰ درصد باتری های lead-acid طراحی می شوند.

استفاده از باتری نیاز به نصب یک جزء دیگر به نام *کنترلر شارژ* دارد . اگر از باتری ها مراقبت شود عمرشان طولانی تر خواهد شد، بنابراین نباید بیش از حد شارژ یا تخلیه شوند. این دقیقاً کاری است که کنترل کننده شارژ انجام می دهد.

- ظرفیت (آمپر – ساعت) : نشان دهنده مقدار الکتریسیته ای است که می توان از یک باتری در مدت زمان معینی کشید که بستگی به تعداد و طرح صفحات داخل سلول دارد. باتری های اسید سربی در سیستم های فتوولتائیک می توانند دارای ظرفیت (16A – H) باشند. بنابراین ۶ سلول با باتری ۱۹ صفحه ای می توانند ۴۸۰ آمپر – ساعت را در صورت استفاده ای با نرخ ۳۰ آمپر – ساعت ، در ۱۶ ساعت تحویل دهند.
- ظرفیت (کیلووات – ساعت) : این مقدار کل قدرتی را که می توان از یک باتری کشید نشان می دهدوبرابر است با ؛ ۱۰۰۰ □ (ولت X آمپر X ساعت)

تبدیل DC به AC :

مشکل دیگر در استفاده از سیستم فتوولتائیک اینست که الکتریسیته تولید شده بوسیله مدول های PV یا باتری ها جریان مستقیم است ، در حالیکه الکتریسیته عرضه شده بوسیله برق شهری و یا هرنوع وسیله برقی خانگی جریان متناوب است . بنابراین به یک برگرداننده جریان (inverter) ، نیاز داریم تا جریان DC را به AC تبدیل کنیم.

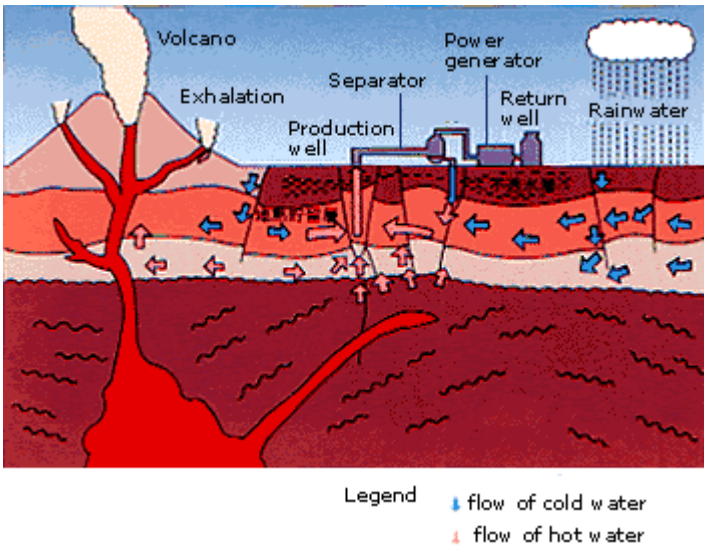
همچنین در بعضی مدول های فتوولتائیک از قبل یک برگرداننده در نظر گرفته شده است که نیاز به یک برگرداننده مرکزی بزرگ را برطرف کرده و عمل سیم کشی را ساده می کند. این نوع مدول ها ، مدول های AC نام دارند.

با استفاده از لوازم سخت افزاری مانند ؛ سیم کشی – جعبه اتصال – محافظت کننده های جریان بیش از حد – مبدل DC به AC و دیگر تجهیزات اضافی ، ما یک سیستم فتوولتائیک خواهیم داشت .

در حالیکه میزان تقاضا و راندمان صفحات بصورت ثابت در حال بالا رفتن است و قیمت ها در حال کاهش هستند ، جهان در حال توسعه مراقبت های مربوط به محیط زیست است و نگرانی های همراه با منابع قدرت و توان مرسوم ، فتوولتائیک را یک تکنولوژی با آینده روشن می سازد.

۴-۳-۲ زمین گرمایی (Geothermal)

نگاه اجمالی



اگر در مناطق غیر آتشفشانی حفاریهایی به عمق ۴ تا ۵ کیلومتر انجام شود ممکن است مقدار افزایش دما به حدود ۱۰۰ تا ۱۳۰ درجه سانتیگراد برسد. بنابراین در جوار مناطق آتشفشانی ، مثلا دماوند یا سبلان که توده‌های مذاب گرمای خود را به افقهای بالا می رسانند، با حفاری می‌توان در اعماق ۱ تا ۳ کیلومتر به دمای ۱۰۰ تا ۳۵۰ درجه سانتیگراد رسید. در چنین حالتی می‌توان به کمک سیستم حفاری از انرژی محصور شده این توده‌های داغ کم عمق که گرمای خود را به سنگهای اطراف منتقل می‌کند، استفاده کرد. بسیاری از مناطق ژئوترمالی با دمای بالا در مناطق آتشفشانی فعال یا جوان وجود دارند. ژئوترمالهایی که به فعالیتهای آتشفشانی وابسته‌اند به سه دسته تقسیم می‌شوند. ذخایر هیدروترمال ، سنگهای داغ و خشک و ذخایر ماگمایی.

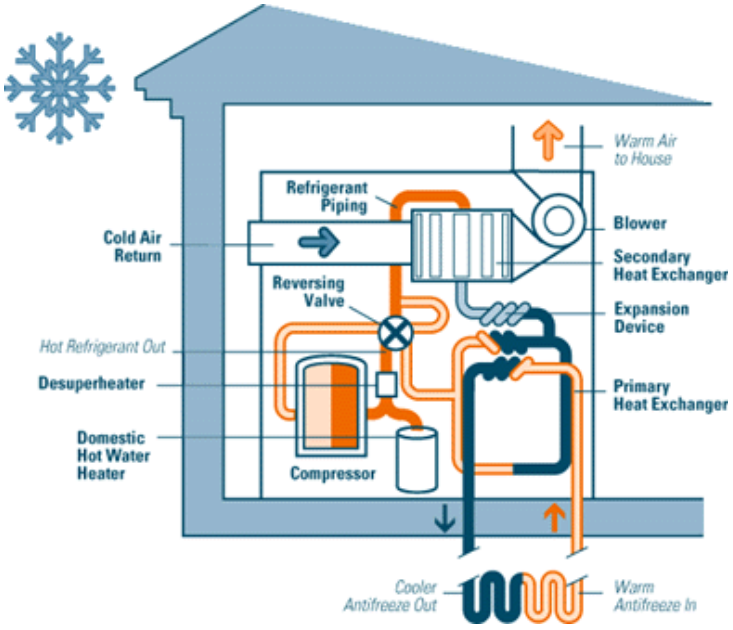
ذخایر هیدروترمال

ذخایر هیدروترمال ، به علت وزن خاص و استثنایی خود یعنی وجود آب داغ و بخار پرفشار آسانتر بدست می‌آیند و می‌توان آنها را مهار کرد. به علت آنکه فاز بخار این ذخایر از اهمیت بیشتری برخوردار است. استفاده از آن در بعضی مناطق رواج پیدا کرده است.

استفاده از انرژی ژئوترمال چشمه آب گرم برای تولید اسید بوریک

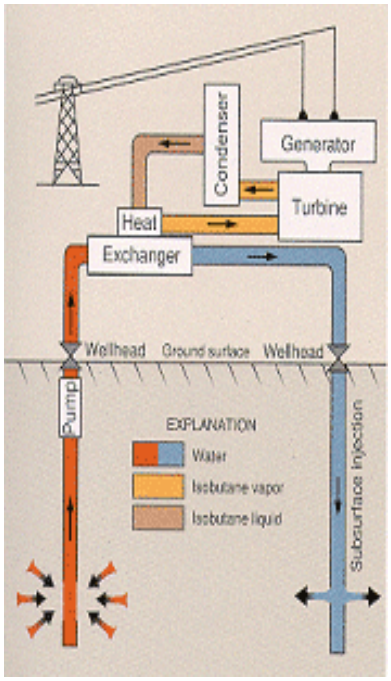
یکی از این نقاط چشمه آب گرم لاردلو ایتالیا است. بیش از ۲۰۰ سال است که از آب چشمه‌ها اسید بوریک استخراج می‌کنند و برای آن که شرکت مسئول ، مقدار محصول خود را افزایش دهد، حفاریهای زیادی انجام داده است تا به این وسیله منابع بیشتری به دست آید.

استفاده از آب گرم و نیروی بخار :



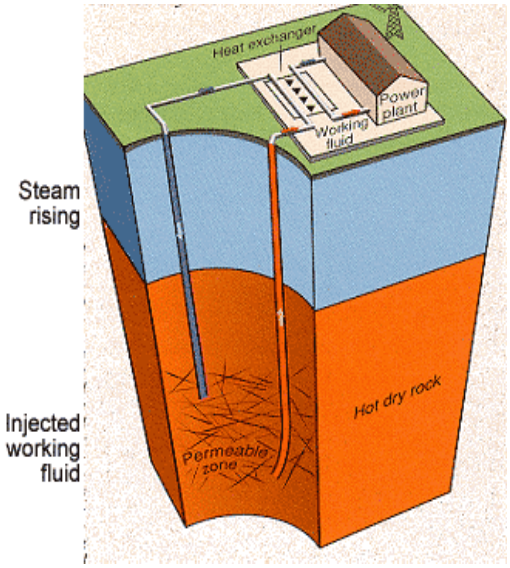
ایسلندی ها برای استفاده از آب گرم و نیروی بخار حفاریهایی از سال ۱۹۲۵ انجام داده‌اند. در حال حاضر ایسلندی ها بیش از ۲۵۰ میدان ژئوترمال در اختیار دارند. تقریبا ۷۰ درصد پایتخت ایسلند از گرما و آب گرم طبیعی استفاده می کنند. این آبها از حدود ۱۰۰ چاه حفاری به عمق ۳۰۰ تا ۲۳۰۰ متر بدست می‌آید. این آب دارای دمای حدود ۱۰۰ درجه سانتیگراد است و در داخل بازالتهای حفره دار به تله افتاده است. بنابرین وقتی چاهها لبریز از آب شد با عمل پمپاژ آب را خارج می‌کنند.

استفاده از انرژی ژئوترمال برای تولید الکتریسیته :



در سلسله کوههای ساحلی شمال سانفرانسیسکو سنگهای آتشفشانی جوانی وجود دارند که باعث فعالیتهای آبفشان در این ناحیه است. همین امر متخصصین را بر آن داشت تا با حفاری از انرژی ژئوترمال ذخیره شده این منطقه استفاده کنند و نهایتا برای تولید الکتریسیته در سال ۱۹۵۹ حفاریهایی انجام دادند. بیش از ۳۰۰ چاه به عمق ۵۰۰ تا ۲۶۰۰۰ متر حفر گردید و به این ترتیب به بخار آب گرم و پرفشار دست یافتند. این بخار آب در ماسه سنگ شیلی خردشده این منطقه به تله افتاده بود. امروزه تولید برق از آن از مرز ۲۰۰۰ مگاوات گذشته است که برای یک شهر ۲ میلیون نفری کافی به نظر می‌رسد. به این ترتیب عظیم ترین تاسیسات مولد الکتریسیته از نیروی ژئوترمال در دنیا ایجاد می‌شود.

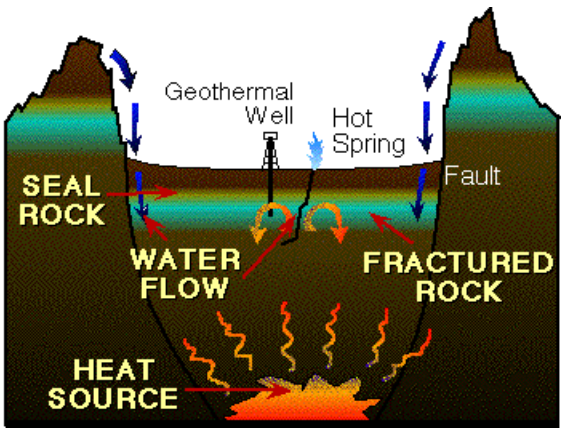
سنگهای داغ و خشک :



در سالهای اخیر ، تولید نیروی حرارتی از سنگهای خشک و داغ نیز مورد توجه بوده است. این موضوع خاص مناطقی است که درجه زمین گرمایی آنها بیش از حد متعارف یعنی حدود ۶۰ درجه سانتیگراد در هر کیلومتر عمق باشد. در عین حال زمین باید از سنگهای غیر قابل نفوذ تشکیل شده باشد. در این شرایط ، اگر چاههایی در سنگهای درز و ترک دار به عمق ۳ تا ۴ کیلومتر حفر شود. سرانجام به سنگهای داغی می رسد که می‌تواند آبهای موجود در این اعماق را گرم نماید. جهت استفاده از نیروی ژئوترمال ، در این قبیل مناطق دو چاه به موازات هم و به فاصله مشخصی حفر می کنند. دریکی ازآنها آب وارد می نمایند.

باتوجه به درجات زمین گرمایی منطقه‌ای ، آب ضمن فرورفتن تدریجا گرم می‌شود وقتی ممکن است به بخار تبدیل شود، با توجه به تراوایی زمین ، می‌توان به کمک مکنده‌هایی آب را از طریق چاه دوم به بالا کشید. بطور کلی فرآیند تولید و ساخت مخازن ژئوترمال مصنوعی با استفاده از سنگهای داغ اعماق زمین ، موضوع پیچیده‌ای است و به تجربه زیاد و مطالعه نیازمند است. ولی اگر به موفقیت برسد پتانسیل خوبی به بار خواهد آورد.

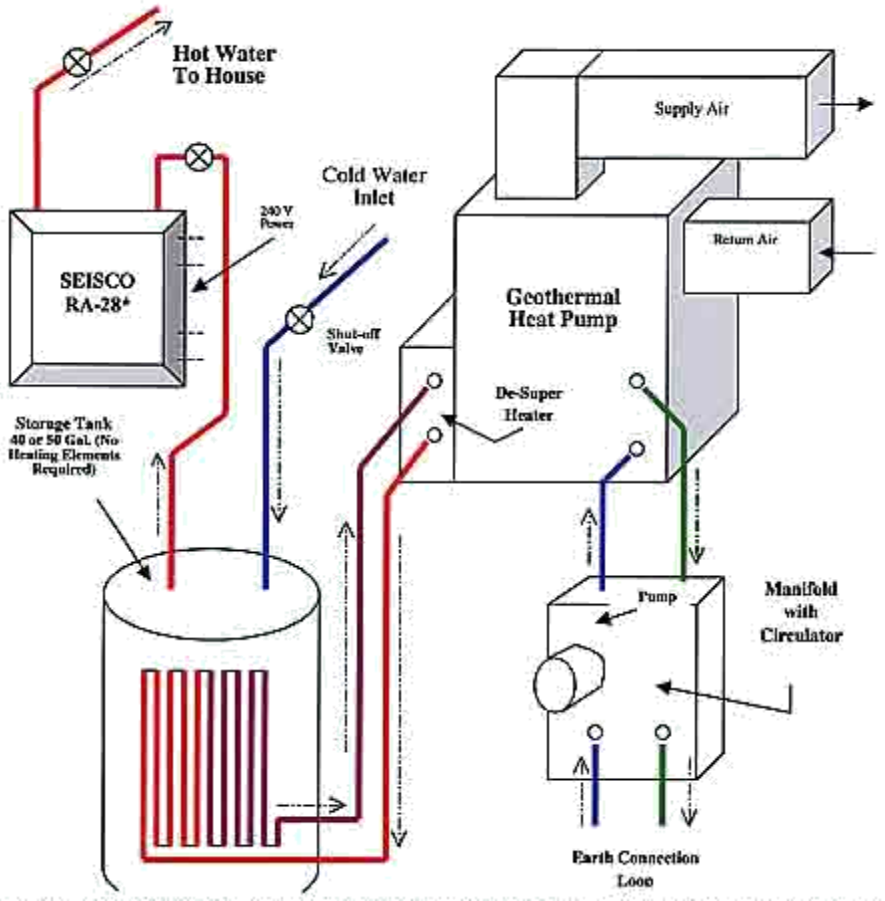
ذخایر ماگمایی :



فکر استفاده از سنگهای مذاب به عنوان منبع گرمایی توجه بعضی از محققین را به خود جلب کرده است. بطور کلی هر گرم ماگما واجد تقریبا ۱۰۰۰ ژول انرژی حرارتی است. انرژی موجود در یک کیلومتر مکعب ماگما آنقدر زیاد است که می‌تواند به مدت ۲۰۰ سال نیاز شهری مانند

سانفرانسیسکو را تامین کند. مسلما دستیابی به این نیروی خارق‌العاده ، به تکنولوژی پیشرفته نیاز دارد که در حال حاضر با آن فاصله بسیار داریم.

شکل زیر یک نمونه از کاربرد انرژی زمین گرمایی در تهویه ساختمان را نشان می دهد.



از جمله پروژه‌های تولید برق و انرژی در ایران ، می توان به پروژه زمین گرمایی مشکین شهر اشاره کرد که با کمک مشاور خارجی احداث یک نیروگاه ۱۰۰ مگاواتی در برنامه قرار گرفته است .

نخستین عملیات نمودارگیری بر روی چاه های ژئو ترمال (زمین گرمایی) سبلان در منطقه مشکین شهر انجام شده است. نمودارگیری به طور معمول در چاه های نفت و گاز در دمای زیر ۱۷۰ درجه سانتیگراد صورت می گیرد.

این کار برای اولین بار در شرکت ملی حفاری ایران در پروژه ملی زمین گرمایی سبلان، با طراحی و روش اجرایی جدیدی انجام شده است . پروژه زمین گرمایی سبلان نخستین پروژه ای است که به منظور استفاده ازانرژی حرارتی زمین به جای سوخت های فسیلی برای تولید برق، در خاورمیانه اجرا می شود. با استفاده از این نیروی حرارتی که به طور عمده در عمق بیش از۳ هزارمتری زمین وجود دارد و احداث تاسیسات نیروگاهی دراین مناطق می توان میزان قابل توجهی نیروی برق تولید کرد.

۳- انتقال برق:

مـی دانـیم کـه هـر سـیم بـا توجـه بـه مشخصـات آن دارای یـک مقاومـت الکتریکـی اسـت ، $R = \rho \frac{L}{A}$ ، کـه در آن ρ مقاومت ویژه L طول و A سطح مقطع سیم است.

از بـین رسـاناها طـلا – نقـره – پلاتـین و مـس مقاومـت ویـژه کمـی دارنـد بنـابراین مـس بهتـرین انتخـاب بـرای انتقال جریان الکتریکی می باشد.

وجود مقاومت در سیم و عبور جریان باعث افت در ولتاژ سیم مـی گردد. بـه منظورجلوگیری و کـاهش میـزان افت ، لازم است تا ولتاژ تا حد ممکن افزایش یابد تـا بـرای انتقال تـوان جریـان لازم کـاهش یابد در نتیجـه افت ولتاژ و اتلاف توان در مسیر انتقال به شدت کاهش می یابد. $P = RI^2$

ولتاژهای متداول به منظور انتقال عبارتند از : 23KV - 63KV - 230KV - 400KV

مثال: برای انتقال برق نیروگاه به اراک چقدر افت ولتاژ داریم؟

فاصله 1200MW- 400KV - 20Km

$$\frac{1200MW}{400KV} = 3KA \quad \text{جریان} \xrightarrow{3\times A} \frac{}{20Km} \quad \text{انتقال با یک سیم}$$

$$\Delta v = 100 \times 3 \times K\Omega = 300KV \qquad \leftarrow 100\Omega \leftarrow 20km \leftarrow 5\Omega \leftarrow km \text{ هر}$$

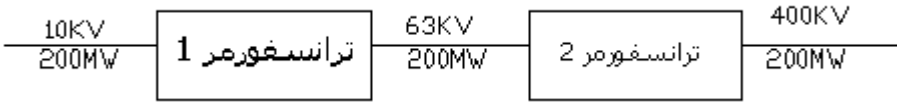
چقدر توان اتلاف می شود $\leftarrow$

$$I^2 \times R = 9 \times 10^6 \times 100 = 900MW$$ کم می شود از 1200MW

سیم های اصلی انتقال برق مسی هستند.

عمل افزایش سطح ولتاژ : توسط دستگاههای ترانسفورمر در چند مرحله صورت می پذیرد

ولتاژ 40 برابر :



مشخصات پروژه :

$w = 64 \, {kwh}/{Day}$

زغال سنگ مصرفی $= 7200 \, {t}/{Day}$

حجم آب مصرفی $= 148000 \, {m^3}/{Day}$

حجم خاکستر تولیدی $= 4600 \, {i}/{Day}$

نیروگاه آبی

$p = 16mw$

بلندای ریزش آب $= 4.15$

جریان نامی توربین $= 95 m^3/s$ جریان زیادی است

کار سالانه $= 62Gwk$

بلندای ریزش آب $= 155m$

کار سالانه $= 200Gwh$ هرچه ارتفاع بیشتر شود کار سالانه و توان تولیدی بیشتر می شود

نیروگاه گاز سوز

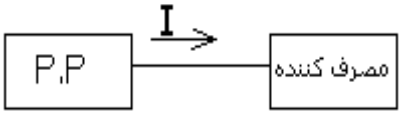
توان $= 266mw$

قطر لوله گاز $= 600mm$

فشار گاز $= 40bar$

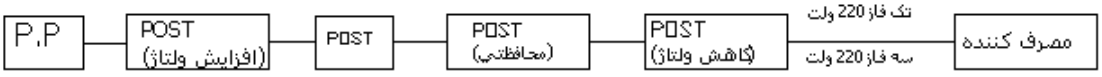
حجم مصرف گاز $= 480.000 m^3/h$

جمع بندی انتقال انرژی الکتریکی این بود که لازم است تا از مشخصات نامی برای انتقال توان الکتریکی استفاده کنیم که کمترین میزان اتلاف را در انتقال داشته باشیم.



برای این منظور لازم بود تا برای انتقال توان ولتاژ انتقال افزایش یابد. عمل افزایش سطح ولتاژ توسط دستگاههای ترانسفورمر انجام می شود. این عمل اغلب در چند سطح انجام می شود. به مراکز تقویت، تضعیف یا محافظت از برق ، پست برق گویند.

اهمیت محافظت از برق به دلیل خطرات ناشی از آن سبب می شود که در توزیع برق در مراحل مختلف و در فواصل متعدد عمل محافظت صورت پذیرد.



عمل کاهش ولتاژ در یک مرحله انجام نمی شود بلکه ممکن است ابتدا به 63kv رسانده و در محلهای نزدیک تر به شهر و به مصرف کننده 220v برساند.

اهمیت یراق آلات در خطوط انتقال :

یراق آلات و اتصالات خطوط ، نقش حساسی در شبکه انتقال داشته و با یستی در حین بهره برداری ،از مشخصه مکانیکی و الکتریکی و خاصیت جابجائی (Flexibility) خاصی بر خوردار باشند. این اجزاء

در واقع رابط سیم هادی یا سیم محافظ برج از طریق مقره و یا بصورت مستقیم می باشد. اولین مشخصه یراق آلات داشتن مقاومت مکانیکی بسیار خوب بوده وچون بایستی به سیم که متشکل از لایه های آلومنیوم می باشد وصل گردیده و دارای شکلهای گوناگون باشد . به ناچار از آلیاژهای فلزی بصورت های مختلف ساخته می شود. همچنین تاثیر نیروی مکانیکی دائمی در طول عمر این تجهیزات واز طرفی تحمل نیروی متفاوت در اثر شرایط جوی ، ساخت وطراحی این تجهیزات را دارای اهمیت فوق العاده ای نموده است.

چون سیم های ناقل جریان و دارای ولتاژ به این تجهیرات چه بطور مستقیم و یا غیر مستقیم ار تباط دارند، بعضی از اتصالات با یستی تحمل جریانهای اتصال کوتاه را داشته واز آب شدن قطعات جلوگیری شود و قطعات فرم و شکل خاصی داشته باشند تا در هنگام اعمال ولتاژ نامی پدیده کرونا اتفاق نیفتد. از طرفی پس از ارتباط این تجهیزات با مقره ها و ایجاد زنجیره بصورت آویزی و یا بصورت کششی در جهات مختلف نیرو به آن اعمال می شود و لازم است طوری طراحی شوند تا قادر به جابجایی در تمام جهات باشند.

بنابراین طراحان و سازندگان بایستی توجه بیشتری در انتخاب قطعه و مواد تشکیل دهنده آن داشته باشند و حداقل موارد زیر را مدنظر دهند.

الف: مشخصات فنی مناسب :

قطعات بر حسب نوع و کاربردشان بایستی دارای مشخصه هایی مانند مقامت مکانیکی مناسب ، مقاومت در برابر خوردگی ، هدایت الکتریکی لازم ، دارا بودن شکل مناسب و عدم وجود بر جستگی های زائد و مشخص وغیره باشند.

ب- سهولت تولید.

ج- سهولت نصب.

د- قابلیت جابجایی.

ه- قیمت تمام شده.

تر کیب بهینه ای از موارد بالا بایستی در انتخاب یراق آلات مد نظر گیرد.

۱-۳- انواع اتصالات:

بطور کلی در یک تقسیم بندی عمومی که در آن تنها رفتار مکانیکی یراق آلات مورد توجه باشد می توان این تجهیزات را به دو گروه عمده زیر تقسیم بندی نمود.

۱-۱-۳- یراق آلات آماده نصب :

در این گروه قطعه ساخته شده در کارخانه بلافاصله در محل مصرف قابل استفاده است. بنابر این در صورت تعیین خواص مکانیکی آن کارخانه،این خواص در محل مصرف تغییری نخواهد کرد و رفتار قطعه در محل مصرف با رفتار آن در محل آزمایشگاه تفاوت چندانی ندارد.

۲-۱-۳- یراق آلات نیمه آماده (یراق آلاتی که در زمان نصب نیاز به تغییر شکل دارند) :

در این گروه بعلت اینکه بخشی از فرآیند ساخت در محل مصرف انجام می شود ، رفتار مکانیکی قطعه در اثر وجود تفاوتهای اجرایی به هنگام نصب دستخوش تغییر می شود.

گروه اول تقریباً تمام اتصالات زنجیره ای مقره را شامل شده و گروه دوم شامل اتصالاتی است که برای رسیدن به وضعیت مطلوب با یستی تحت پرس یا پیچش قرار گرفته و تغییر شکل دهند. گروه دوم اتصالات معمولاًبرای هادی ها کاربرد داشته و فرآیند نهایی که در محل مصرف بر روی آنها اعمال می شود، اثر قطعی بر رفتار مکانیکی آنها دارد.

هر چند اتصالات هر دو گروه از نظر تولید با روشهای کما بیش مشابهی ساخته می شوند ، اما بعلت حساسیت گروه دوم بایستی در تولید و نصب آنها دقت ونظارت ویژه ای مبذول داشت.

با اینکه یراق آلات خطوط انتقال نیرو از انواع مختلفی تشکیل شده و علاوه بر آن هر سازنده نیز با توجه به پنج عامل ذکر شده در قسمت قبل در شکل ظاهری این اتصالات تغییراتی بوجود می آورد،اما می توان فهرستی از این اتصالات را در هر یک از دو گروه فوق بشرح زیر ترتیب داد.

ذکر این نکته ضروریست که در این فهرست تنها نام قطعه و کاربرد آن جهت آشنائی آمده و ممکن است تحت یک نام مشخص انواع گوناگونی از یک قطعه وجود داشته باشد.

الف-اتصالات آماده نصب:

۱- پیچ U شکل	U-Bolt
۲- حلقه	Chain
۳- مهاربند	Shackle
۴- طول افزا	Extension Link
۵- چشمی- توپی	Eye-Ball
۶- دو شاخه- توپی	Clevis-Ball
۷- دو شاخه- چشمی	Clevis-Eye
۸- مادگی - چشمی	Socket-Eye
۹- مادگی – دو شاخه	Socket-Clevis
۱۰- یوک پلیت	Yoke Plate
۱۱- پیچ مهاری	Turn Buckle
۱۲- کلمپ آویزی	Suspension Clamp

ب- اتصالات نیمه آماده :

۱- کلمپ انتهایی	Dead End Clamp
۲- کابلشو سیم جامپر	Jumper Terminal
۳- اتصال میانی کابل	Conductor Joint

۴- غلاف تعمیری کابل Repair Sleeve

ج- تجهیزات ویژه :

چند نوع از یراق آلات خطوط انتقال نیز وجود دارند که هر چند دارای کاربردهای بسیار با اهمیتی اند، اما بعلت نوع کاربرد آنها و نیز خواص ویژه ای که دارند در گروه های بالا طبقه بندی نشده و تحت عنوان تجهیزات ویژه آنها را می شناسیم که عبارتند از:

۱- جدا کننده Spacer

۲- ارتعاش گیر Vibration Damper

۳- جدا کننده ارتعاش گیر spacer Damper

۴- میله های محافظ Armour Rod

۵- حلقه برقگیر Arcing ring

۶- شاخک برقگیر Arcing Horn

۷- حلقه تنظیم ولتاژ Grading Ring

۸- حلقه کرونا Corona Ring

همچنین جهت اتصال سیم محافظ هوایی و سیم زمین به بدنه برج و نیز افزایش طول آن از یراق آلات زیر استفاده می شود.

۱- کلمپ اتصال به موج Tower Bonding Clamp

۲- کلمپ شیار موازی Paralle Groove Clap

۲-۳- روشهای عمومی تولید :

در تولید هر یک از یراق آلات خطوط انتقال از روشهای مختلف استفاده می شود که در اینجا تعدادی از این روشها را با ختصار بیان می کنیم.

۱-۲-۳- برش(Cutting) :

بریدن قطعات از شمشهای ورق یا میله ای را گویند. این عمل را می تواند بصورت سرد با گیوتین یا اره و بصورت گرم با هوا برش صورت گیرد.

۲-۲-۳- ریخته گری (Casting / Moulding) :

در این جا قطعات به روش ذوب ماده اولیه و ریختن آن به داخل قالب تهیه می شود. ریخته گری به روشهای مختلف صورت می گیرد که متداولترین آنها ریخته گری در ماسه و ریخته گری تحت فشار(دایکست)است. محصول ریخته گری در ماسه به پرداخت بیشتری نسبت به نوع دایکست نیاز دارد.

۳-۲-۳- پرس داغ یا فور جینگ (Forging) :

این عمل برای تولید بعضی قطعات که ابعاد کوچکی دارند بکار گرفته می شود ، بطوری که شمش فلز یا آلیاژ آن تا درجه حرارت مشخصی در کوره داغ شده وسپس در قالب مورد نظر، تحت فشار ضربه سنگین پرس شکل داده می شود که پس از سرد شدن بایستی پرداخت گردد.

۳-۲-۴ - پرداخت با ماسه و ساچمه (Sand Blats / Shot Blast) :

قطعاتی که به روش ریخته گری با ماسه یا به روش پرس داغ (فورجینگ) ساخته می شود بدلیل ناهمواری سطح خارجی بایستی پرداخت شوند. این عمل با پاشیدن ساچمه و ماسه های ریز و مخصوصاً با فشار زیاد بر روی آن صورت می گیرد که حاصل آن سطح صاف و هموار قطعه است.

۳-۲-۵-عملیات حرارتی(Heat Treatment):

روشهای مختلف تولید ممکن است در رفتار مکانیکی قطعات تأثیر بگذارد که می توان با عملیات حرارتی این رفتار مکانیکی را تغییر داد .عملیات حرارتی عبارتست از گرم کردن و سرد کردن قطعه فلزی در محیطی که در آن حرارت وزمان کاملاً کنترل شده است. محیط مورد نظر می تواند هوا ، آب ویا انواع روغن ها باشد.

۳-۲-۶- پرداخت کاری (Finishing) :

عملیاتی را گویند که به منظور تکمیل شکل نهایی قطعه و زدودن قسمتهای اضافی آن صورت گیرد که این کار عموماً با ماشین های ابزار، ماشین تراش ، فرز، سنگ زن ، و سایر روشها صورت می گیرد.

۳-۲-۷- پرس سرد (Coining) :

مشابه روش پرس داغ (فور جینگ) بوده لیکن فلز مورد نظر در حالت سرد پرس می شود. مشخص است که به لحاظ فشار زیاد مورد نیاز این کار، فقط قطعات کوچک به این روش قابل تولید هستند.

۳-۲-۸- جوشکاری (Welding) :

روشی است که برای اتصال دو قطعه فلز همنوع به یکدیگر بکار می رود . جوشکاری به روشهای متعددی صورت می گیرد که متداولترین آنها جوشکاری زیر پودر (جوش گرم) برای فلزات سنگین و جوشکاری با فلزهای خنثی (جوش سرد) برای فلزات سبک می باشد. بایستی توجه کرد که اتصالات جوشی اصولاً انتخاب مناسبی برای کاربرد در خطوط انتقال نیرو نبوده وبایستی حتی المقدور از آن اجتناب کرد. در صورت اجبار تنها استفاده از جوش گرم مجاز می باشد.

۹-۲-۳- خمکاری(Bending):

عبارتست از شکل دادن قطعه در حالت سرد و تحت فشار. قطعات خمکاری شده در صورتی که تحت کشش قرار می گیرند بایستی تنش زدایی شوند.

۱۰-۲-۳- نرم کردن یا آنیلینگ (Annealing) :

برای اینکه قطعات فلزی و مخصوصاً فولادهای ریخته گری شده شکنندگی کمتری داشته باشند عملیات حرارتی بخصوصی بنام آنیلینگ بر روی آنها انجام می شود.

۱۱-۲-۳-روی اندودکردن (Galvanizing) :

عبارتست از پوشانیدن سطح قطعات فلزی بوسیله فلز« روی » . اینکاربه روشهای مختلفی مانند آبکاری (الکترولیز)، پودر« روی» و گالوانیزه گرم (Hol Dip Gal) میسر بوده لیکن در مورد اتصالات خطوط انتقال نیرو تنها روش گالوانیزه گرم مجاز می باشد. مقدار پوشش« روی » مورد نیاز به محیطی که اتصالات در آن نصب می شوند بستگی داشته و در محیطهای با خوردگی بالا بایستی ضخامت « روی» بیشتری بر روی قطعه وجود داشته باشد.

۱۲-۲-۳- مونتاژ کردن (Assembling):

آخرین مرحله از عملیات تولید است و قطعاتی که از چند بخش تشکیل شده پس از آماده شدن اجزای آن بر روی هم سوار شده وآماده ارسال به محل استفاده می گردد.

۳-۳- موارد مورد استفاده:

موادی که بطور عام در تولید اتصالات خطوط انتقال نیرو مورد استفاده قرار می گیرند عبارتند از:

۱-۳-۳- فولاد و آلیاژهای فولادی:

این نوع فولادها طیف وسیعی از فولادهای پر کربن را دربر می گیرند که دارای استحکام زیادی نیز می باشند.

۲-۳-۳- چدن خاکستری :

این فلز برای ساخت قطعاتی که بروش تولید می گردند بکار می رود و معمولاً پس از ساخت گالوانیزه می شوند.

۳-۳-۳- فولاد فورجینگ :

این نوع فولاد معمولاً دارای مقاومت مکانیکی بسیار بالایی است و بصورت شمشهای میله ای تولید می شود. برای ساخت قطعات مختلف ، شمش فولاد را در داخل کوره گرم نموده وتحت فشار پرس به شکل دلخواه تبدیل می نمایند.

۴-۳-۳- آلومنیوم خالص :

برای ساخت برخی قطعات پرسی که تحت فشار وکشش قرار نمی گیرند و همچنین ساخت هادی های آلومنیومی بکار می رود . طبق استاندارد بایستی خلوص این نوع آلومنیوم ۹۹/۸ درصد باشد.

۵-۳-۳- آلیاژهای آلومنیوم :

عموماً برای ساخت قطعاتی بکار می رود که در خطوط انتقال نیرو در تماس با هادیهای آلومنیومی قرار می گیرند. وزن کم ، شکل پذیری ، مشخصه مکانیکی مناسب و نیز غیر مغناطیسی بودن از مشخصات عمده این آلیاژ هاست.

۶-۳-۳- روی :

کلیه قطعات فولادی خط انتقال نیرو بایستی دارای پوشش گالوانیزه مناسب باشند.« روی» مورد استفاده برای پوشش گالوانیزه قطعات فولادی بایستی از خلوص زیادی برخوردار باشد. طبق استاندارد نبایستی میزان خلوص « روی» در شمش از ۹۹/۹۹ درصد کمتر و« روی » موجود در حمام مذاب از ۹۸/۵ درصد وزنی کمتر باشد.

توزیع :

ملاحظات توزیع

1- بیش از 97% مصرف کنندگان از لحاظ تعداد مصرف کنندگان خانگی (تك فاز 220v). نیمه صنعتی (سه فاز 220v)

2- حدود 2% مصرف کنندگان مصرف کنندگانی هستند که سطح ولتاژ مورد استفاده آنها چندین kv است

3- مصرف کننده های فوق صنعتی عمدتا مصرف کننده هایی هستند که در آنها عمل الکترولیز انجام می شود در اراك مثل (صنایع مرتبط با الکترولیز مانند آلومینیوم) که حذود 1% مصرف کننده ها را تشکیل می دهد.

4- ولی از لحاظ حجم به ترتیب در کشورهای صنعتی (20%,30%,50%) برق مصرفی گروه هاست ولی در کشورهای نیمه صنعتی (45%,25%,60%) برق مصرفی گروه های فوق است.

5- در نزدیکی واحدهای صنعتی کوچك و مصارف خانگی برق لازم است تا برق سراسری 400kv به برق مناسب تبدیل شود. این عمل در یك پست حفاظتی و کاهش ولتاژ برق در نزدیکی شهرها یا صنایع صورت پذیرد.

6- عمل کاهش یا محافظت خود در چند سطح و مکانهای مختلف صورت می پذیرد

7- برق تحویلی به مصرف کننده به صورت جدول زیر است:

مصرف	نوع دکل	سطح ولتاژ	شبکه
برق رسانی مناطق مسکونی- صنعتی و کشاورزی	چوبی- بتنی- لوله فولادی	400 V	فشار ضعیف
برق رسانی مناطق صنعتی- آپارتمانهای بزرگ و مراکز توزیع محلی	لوله فولادی- بتنی- شبکه فولادی	10-30 KV	فشار ضعیف
برق رسانی به صنایع بزرگ و شهرها	شبکه فولادی- شبکه لوله ای	60-110 KV	فشار قوی
برق رسانی در هر کشور- بین کشوری و بین قاره ای	شبکه فولادی- شبکه لوله ای	220-380 KV	فوق فشار قوی

در يك ساختمان معمولی برق مصرفی معادل $31amp \quad 24 \quad 100wat$

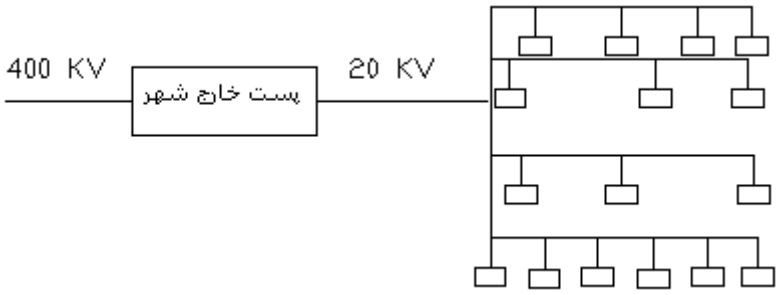
$1 \quad mottor \quad 24 \quad 1kw$

$\Rightarrow 3\times100\times25h=7500wat \Rightarrow 7.5kwh$

$$\underline{24.0kwh}$$
$$30kwh$$

یعنی در هر روز 30kwh برق مصرفی يك ساختمان معمولی است در حالیکه برق تولیدی نیروگاهها در هر ثانیه 1300MV می باشد.

دکل های برق شهری شامل دو نوع دکل فشار ضعیف است که یکی تك فاز 220v. سه فاز 220v انتقال می دهد و دیگری دکلی است که 20kv را از مکان پست خارج شهر به مکان پستهای محلی توزیع در شهر انتقال می دهد.



در پستهای محلات برق 20kv به برق معمولی 220v تك فاز یا 220v سه فاز تبدیل شده و در اختیار مصرف کننده قرار داده می شود.

ساختار دکل: سیمهای انتقال در محلات به صورت زیر می باشند.

سیم برق رساني به معابر _____

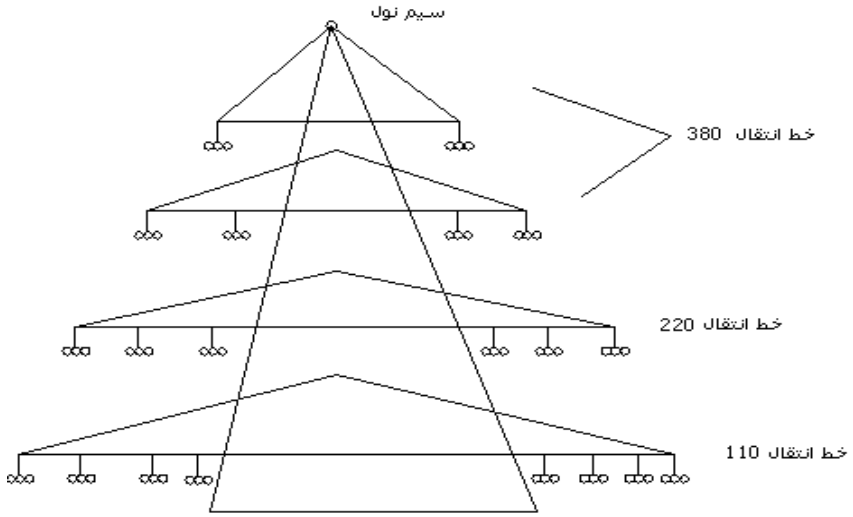
فاز a _____

فاز b _____

فاز c _____

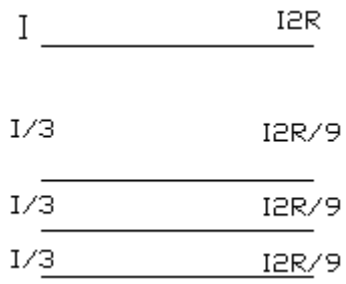
Eart _____

دکلهای برق سراسری:



۱- چرا در انتقال برق از چند سیم استفاده می شود؟

به طور تجربی از نظر قیمت سه سیم بهتر است.



۲- چرا در انتقال برق از چند گروه انتقال چند سیمه استفاده می کنیم؟

برای اینکه توان اتلافی در انتقال کم باشد

زمین یا Earth به هر نقطه که به عنوان مرجع ولتاژ قابل استفاده است گویند. این نقطه باید دارای خاصیتهای زیر باشد:

۱- قابل دستیابی باشد

۲- در صورت رخداد الکتریکی ولتاژ آن تغیر نکند که به علت عدم تغییر مرجع بودن این نقطه است.

از آنجائیکه کره زمین یك کره به شعاع خیلی بزرگ است ، بنابراین هرگونه شارژ یا دشارژ الکتریکی روی زمین باعث تغییر ولتاژ به اندازه $v = k\frac{Q}{R}$ می شود از آنجائیکه R بزرگ است بنابراین تغییر ولتاژ کره زمین در مقابل این اتفاقات بسیار ناچیز است (صفر است).

آشنایی با سیم ها و کابلها

سطح مقطع سیم :

سطح مقطع سیم ها بر اساس واحد mm^2 است. تعدادی از سطح مقطعها عبارتند از: , 16 ,25 , 50 , 70 10, 6 4, 2.5, 1.5, 1, 0.75 معمولترین سیم مورد استفاده نمره 1.5 است. هرچه نمره سیم بالاتر باشد جریان بیشتری می توان از آن کشید. به عنوان نمونه قسمتی از جدول مربوط به سیم مسی در دمای محیط 25°c و حداکثر دمای سیم 70°c به صورت زیر است. نمره سیم مورد استفاده به ۲ دلیل مهم است:

۱- جریان مجاز ۲- افت ولتاژ

سطح مقطع mm^2	جریان A]
1	12
1.5	16
2.5	21
4	27
6	35
10	48
16	65

جریان مجاز : می دانیم توان حرارتی ایجاد شده در سیم برابر با RI^2 است در واقع با n برابر شدن جریان حرارت ایجاد شده n^2 برابر می شود.

افت ولتاژ : بعلت وجود مقاومت در سیم ها هنگام عبور جریان از آنها در دو سر سیمها اختلاف پتا نسیل بوجود می آید.

افت ولتاژ قابل قبول دو درصد است. افت ولتاژ بیش از این مقدار باعث افت راندمان می شود. مثلاً موتور در ۲۰% ولتاژ فقط ۸۱% توان حقیقیش و لامپ فقط ۷۰% روشنایی خود را ارائه می دهد .

برای انتخاب نمره سیم با توجه به طول سیم (فاصله بین مصرف کننده وتابلو اصلی)

از جدول زیر استفاده کنید.

جریان A	توان مصرفی VA	1.5	2.5	4	6	10	16
5	1100	37	60	100	150	245	_
10	2200	18	30	50	75	120	125
15	3300	12	20	20	50	80	130
20	4400	9*	15	15	33	60	95
25	5500	7*	12	12*	30	50	75
30	6600	6*	10	10*	25	40	65

در مقادیری که با (*) مشخص شده است نباید از سیم در کابل با لوله یا کابل دفن شده در خاک استفاده کرد .

طول مجازافت سیم بر حسب متر برای افت ولتاژ ۲% در ولتاژ تکفاز ۲۲۰ولت می باشد.

سیمهای هوایی : علاوه بر مسایل الکتریکی باید تحمل وزن خود را داشته باشد. باید انقباض وانبساط سیم را در نظر گرفت . طبق مقررات تا 15mm سیم نمره ۴ وبرای فواصل بیشتر نمره ۶ واگر بیش از 45mm بود باید از قیر استفاده کرد. وزن برف هم لحاظ شود.

سیمهای ضد رطوبت : با پوششی از نئوپرن یا پنبه آغشته به روغن روی رسانا. فقط به عنوان سیم هوایی. جریان مجاز آنها بیشتر است (باید افت ولتاژ را هم لحاظ کرد)

سیمهای مربوط به سیم کشی داخلی : به دو صورت مفتولی (خشک) وافشان

سیمهای با روکش پلا ستیک : رایجترین در تاسیسات داخلی

کابلها : دو نوع :۱- بدون زره ۲-زره دار

2*1.5 : دو سیم نمره 1.5 در کابل

2*1.5 و سیم زمین : دو 1.5 و یک سیم لخت رمین

کابلهای بدون زره : معمولترین وارزان ترین هستند.

علاوه بر پوشش عایق روی هادی دارای پوشش p.v.c هستنند در بعضی کابلها ما ده پر کننده مانند کا غذ وجود دارد.

کابلهای زره دار دارای : غلافی فلزی درون پوشش پلاستیکی خارجی یا به صورت پوشش خارجی وبه فرم مارپیچ

سیمهای رابط : برای اتصال مصرف کننده خانگی به برق .(برای توستر ها از سیم رابط نسوز استفاده می شود.)

نام گذاری کابلها بر اساس استا ندارد V.D.E	
N	کابلهای نرم شده بر اساس استاندارد V.D.E
B	کابلهای مسلح با نوار فلزی (بانداژ فولادی .)
F	کابل مسلح با سیم تخت
R	کابل مسلح باسیم
Z	کابل مسلح با سیم پروفیلی
Gb	حفاظ فولادی نواری شکل
C	سیم فقط وسط با حفاظ (نول)
Y	علامت عایق پرتود. (اولین Y در ردیف حروف)
G	سیم تخت فولادی
G	عایق لاستیکی برای
CW	سیم مسی متحد بانوار مسی مارپیچی
Y	روپوش پروتو دور (دومین Y در ردیف حروف)
K	غلاف سربی.
A	غلاف خارجی دوبل
A	نوع هادی از جنس آلومینیوم
E	کابل سه غلاف سربی
H	کابل H : هر هادی با کاغذ آغشته به گرافیت۱۰متالیژه هادی در یک غلاف سربی
T	سیم کننده . (در کابل های هوایی)

re: هادی کابل با مقطع گرد و یک رشته : sm: با مقطع سکتور وچند رشته

مثال : کابل Nyy L_2*L_2 re 0.6/1 Kv

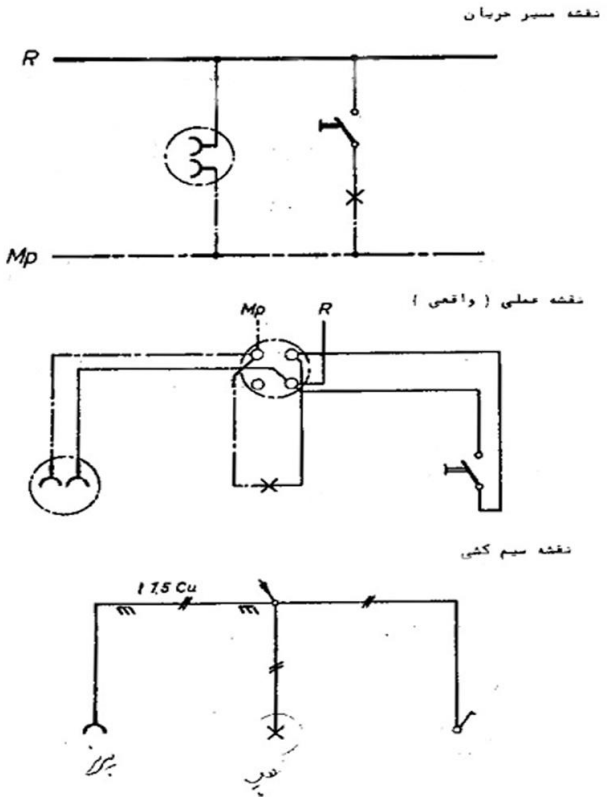
کابل زمینی فرمان چهار با مقطع گرد تک رشته به مقطع $4\ mm^2$ وعایق وروپوش پروتو دور و ولتاژ 0.6 Kv بین سیم فاز وزمین و 1Kvبین دوفاز

موارد استعمال آن جهت کابلهای نرمال وانتقال انرژی در سطح زمین ومکانهای مرطوب نمناک در صورتی که هیچ فشارمکانیکی به آن وارد نشود. درضمن درهوایی آزاد درکانال کابل ودر ساختمان کابل Nyy مناسب است زیرا جنس بروتودور غیرقابل اشتعال وپایداردرمقابل اثرات جوی است.

رنگ سیمهای کابل : (فشار ضعیف)

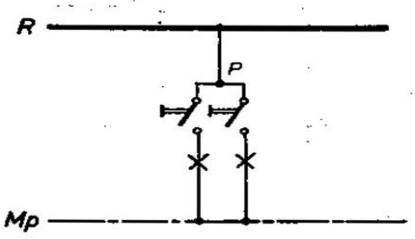
تعداد سیم های کابل	کابلهای بدون سیم محافظ	کابلهای با سیم محافظ
۲	مشکی و آبی	_
۳	مشکی ،آبی ،قهوه ای	سبز وزرد ،قهوه ای وآبی
۴	مشکی،آبی،قهوه ای،مشکی	سبز وزرد، مشکی ،قهوه ای آبی
۵	مشکی،آبی،قهوه ای،مشکی، مشکی	سبز ،زرد،مشکی، قهوه ای،آبی،مشکی
۶وبیشتر	تمام سیمها ی مشکی وروی آنها به ترتیب از ۱شماره زرد	سبز وزرد،بقیه مشکی با شماره

توجه : آبی همیشه سیم خنثی (Mp) سبزو زرد برای محافظ

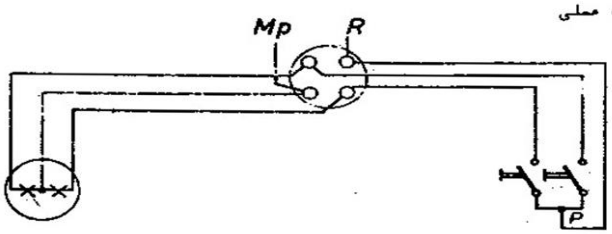


نقشه اتصال کلید سری

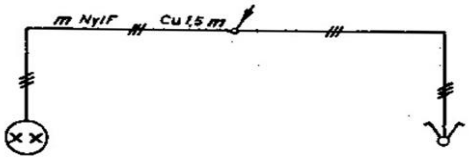
نقشه مسیر جریان



نقشه عملی

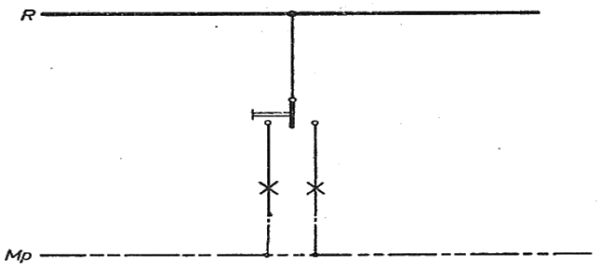


نقشه سیم کشی

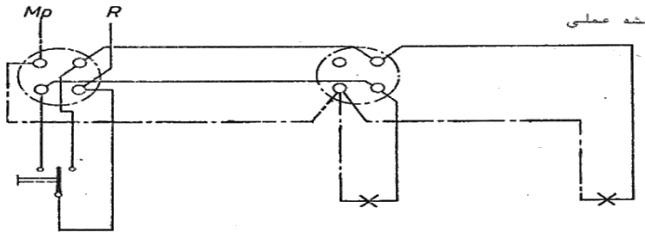


نقشه اتصال کلید گروپی

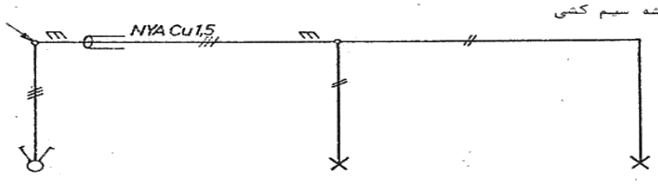
نقشه مسیر جریان



نقشه عملی

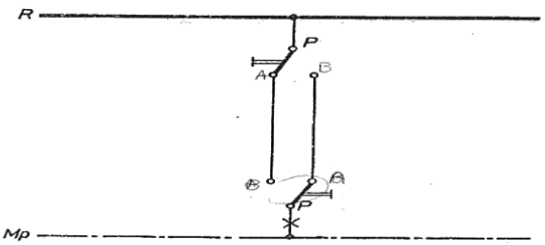


نقشه سیم کشی

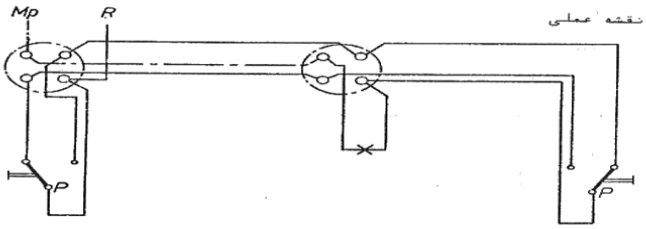


نقشه اتصال کلید تبدیل

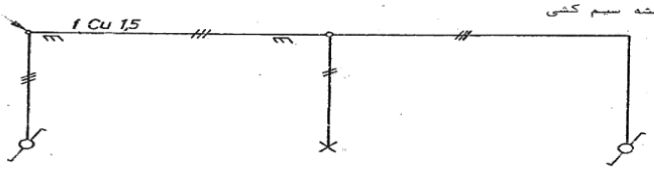
نقشه مسیر حریان



نقشه عملی

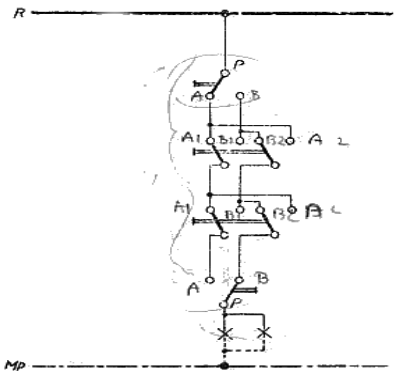


نقشه سیم کشی

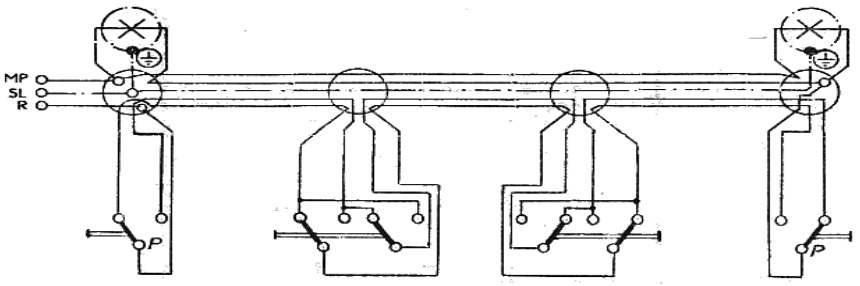


نقشه اتصال کلید صلیبی

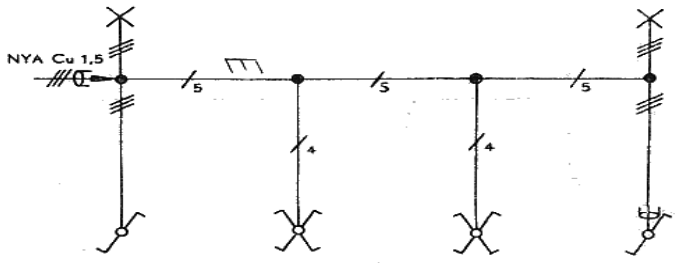
نقشه مسیر حریان



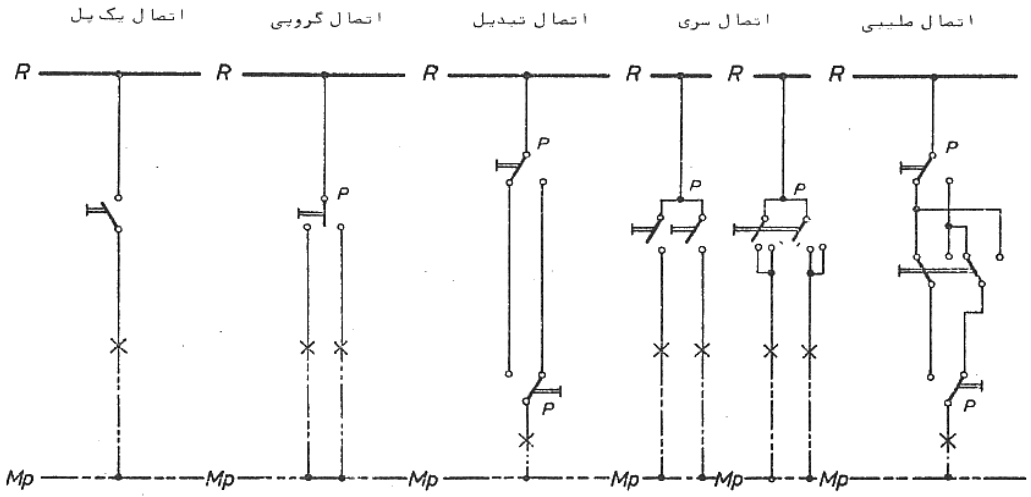
نقشه عملی



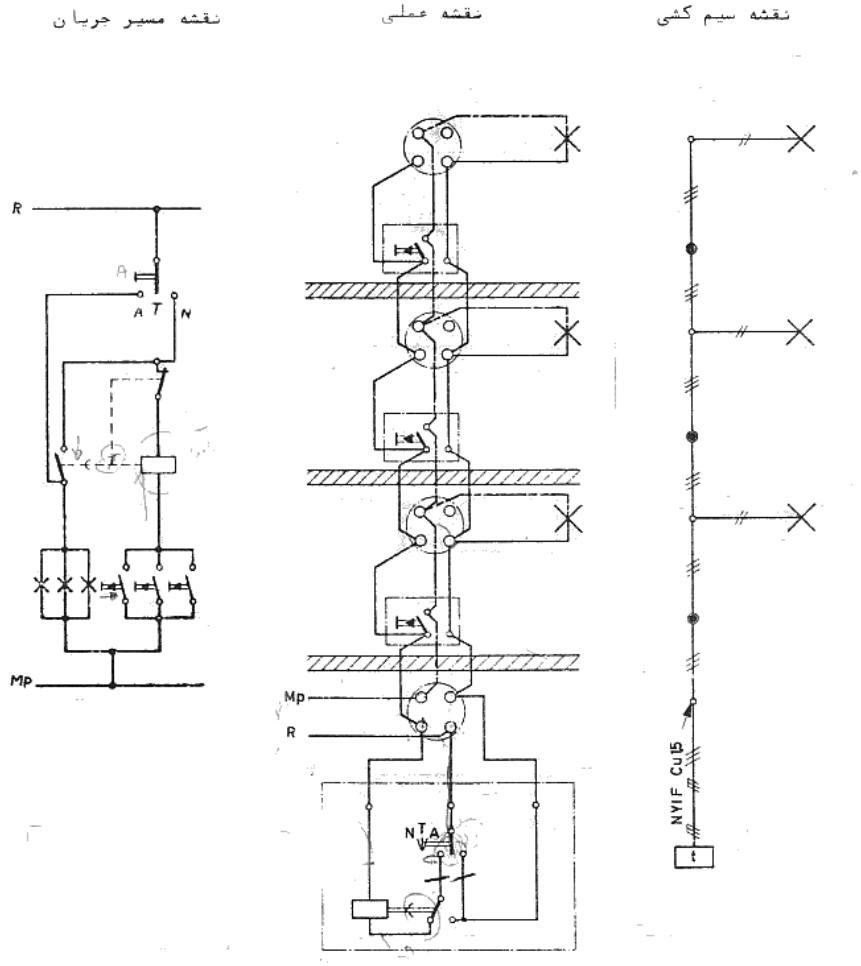
نقشه سیم کشی



نقشه مسیر جریان (مدار) کلیدهای مختلف روشنائی

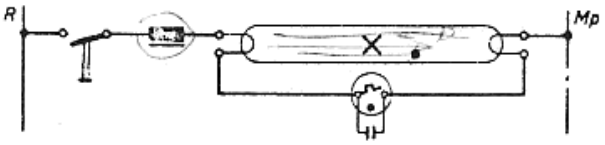


نقشه اتصال کلید زمانی برای روشنائی خودکار راه پله

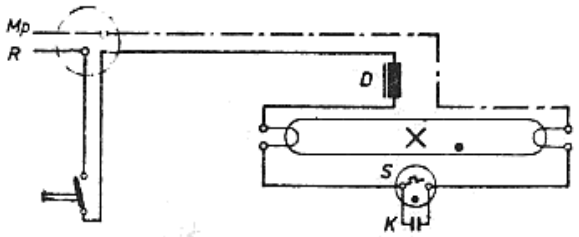


نقشه اتصال لامپ فلورسنت ـ اتصال تاندم (سری)

(اتصال با کلید یک پل)

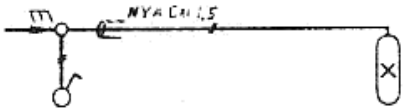


نقشه مسیر جریان

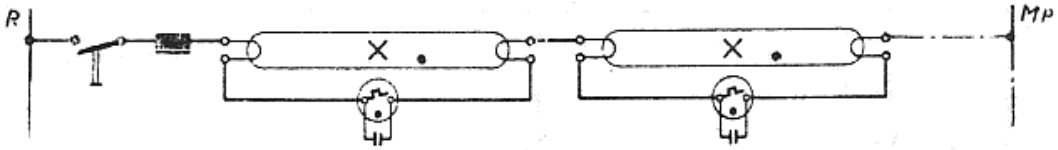


نقشه عملی

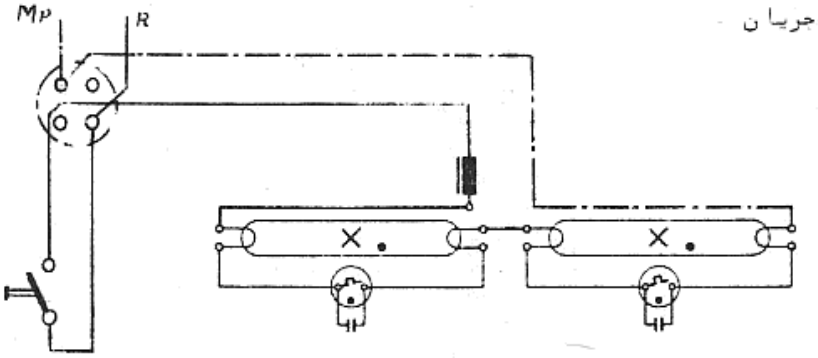
D بوبین
S راه‌اندازیااستارت
K خازن‌ضدپارازیت



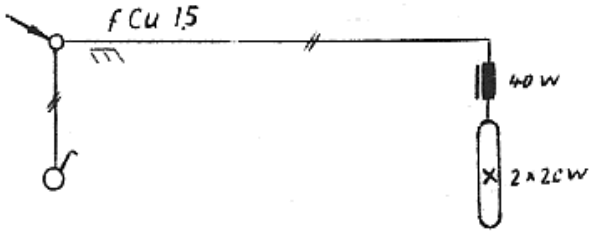
نقشه سیم کشی



نقشه مسیر جریان

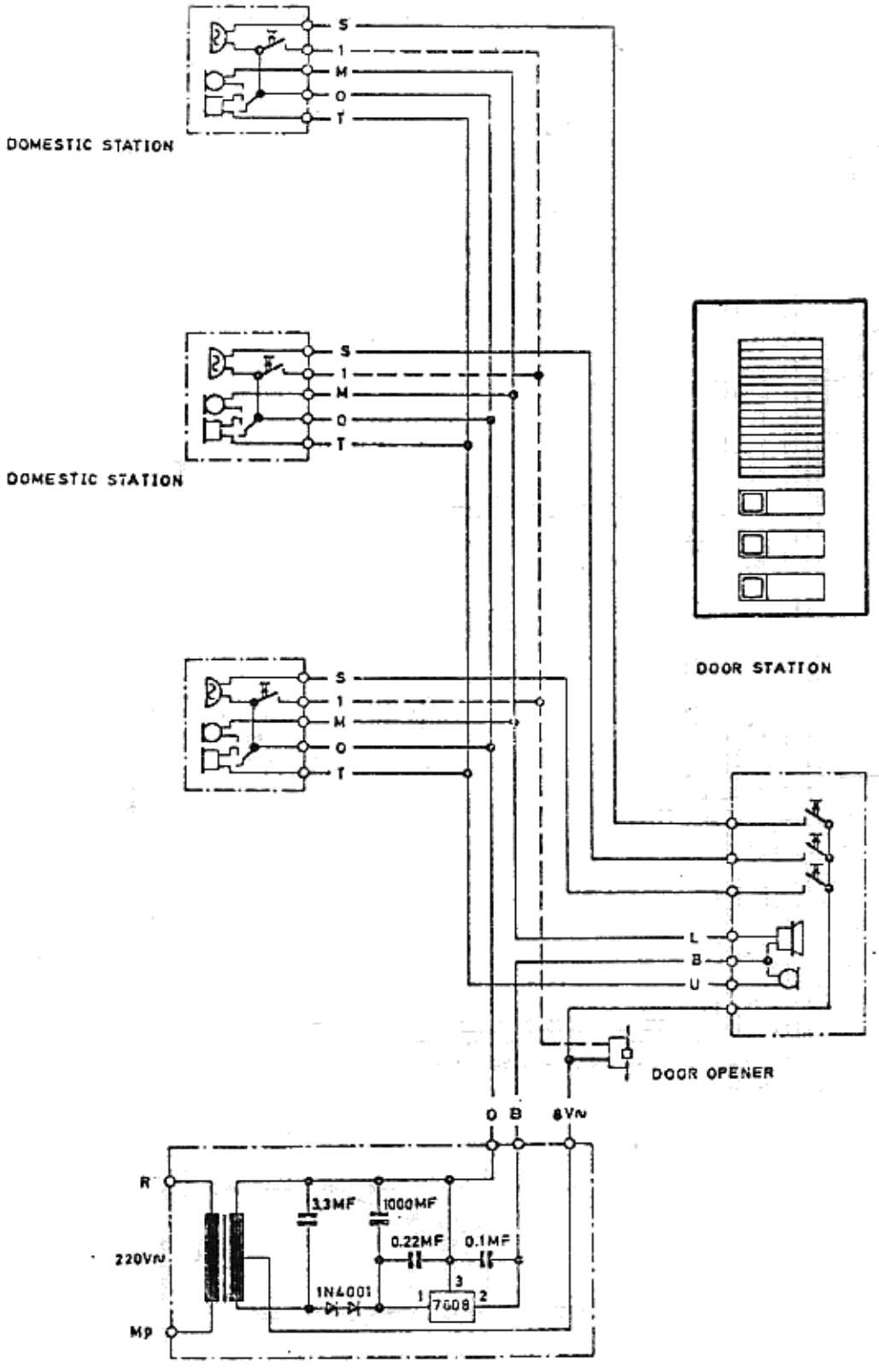


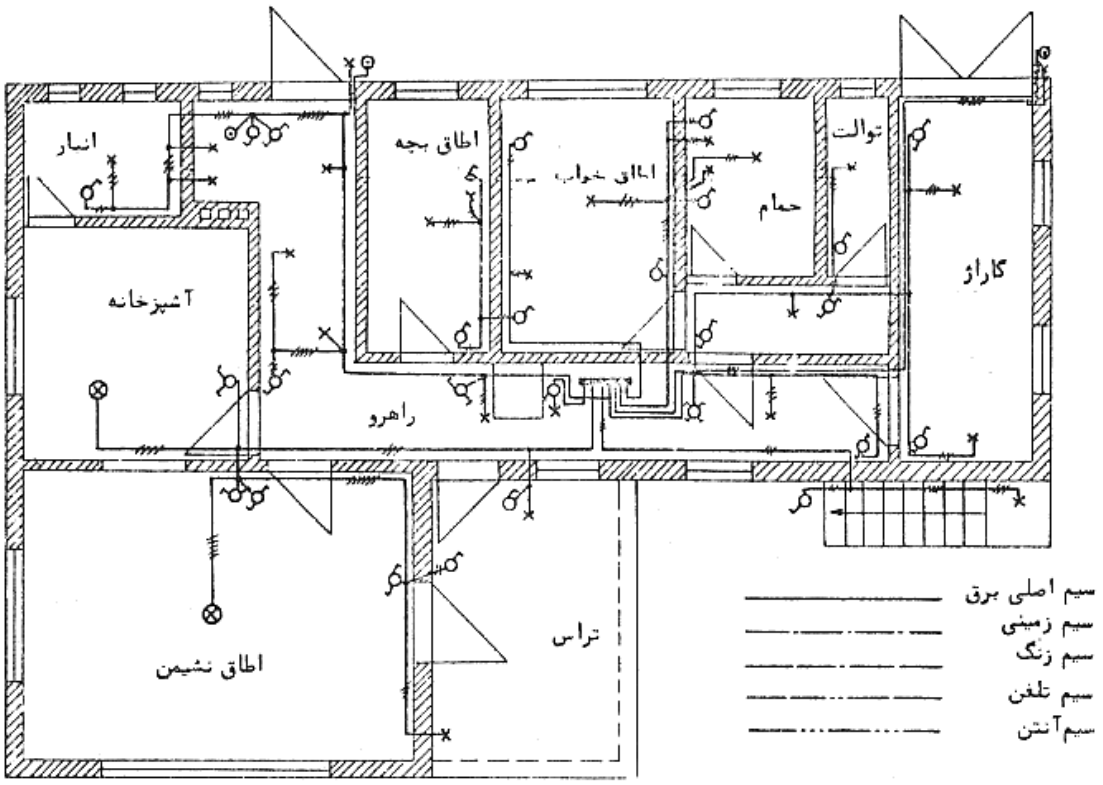
نقشه عملی



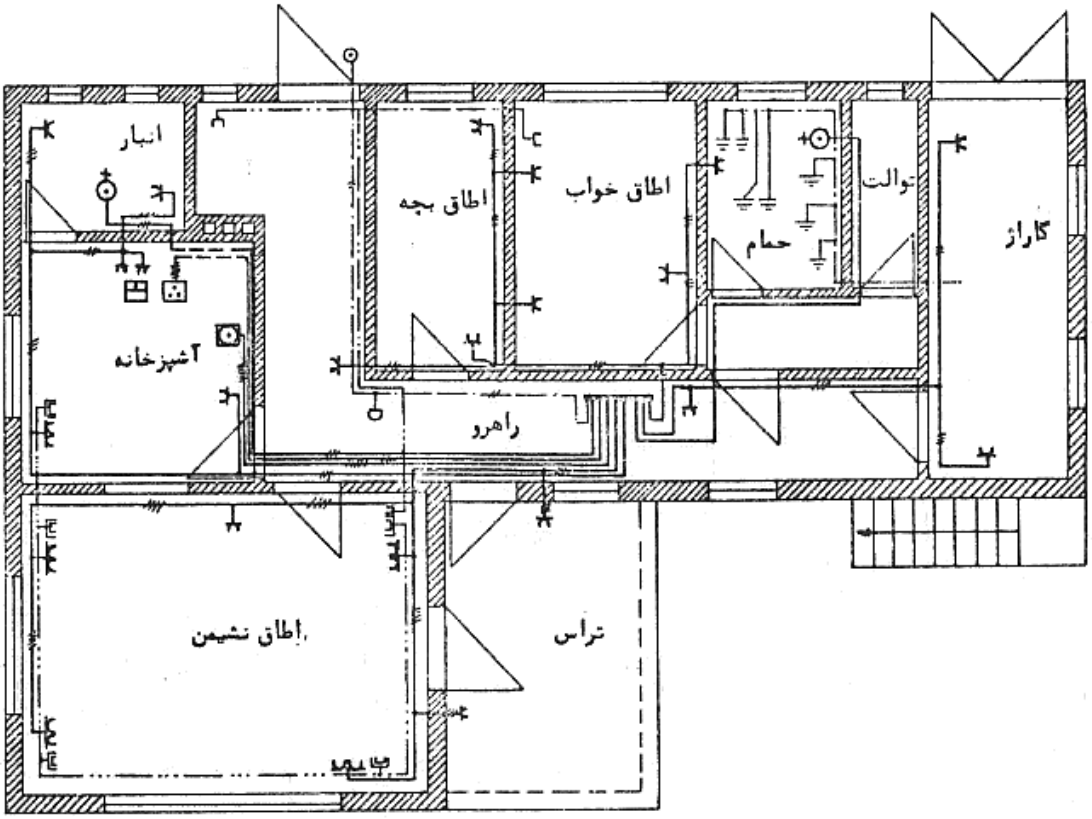
نقشه سیم کشی

نقشه اتصال اف اف برای سه طبقه

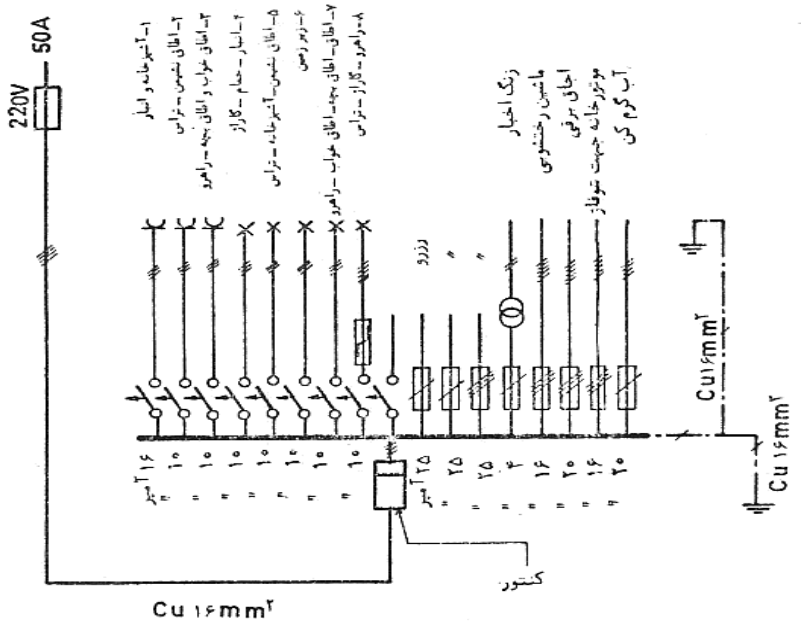




سیم کشی ساختمان ویلائی
سیم کشی این نقشه فقط مربوط به روشنائی میباشد

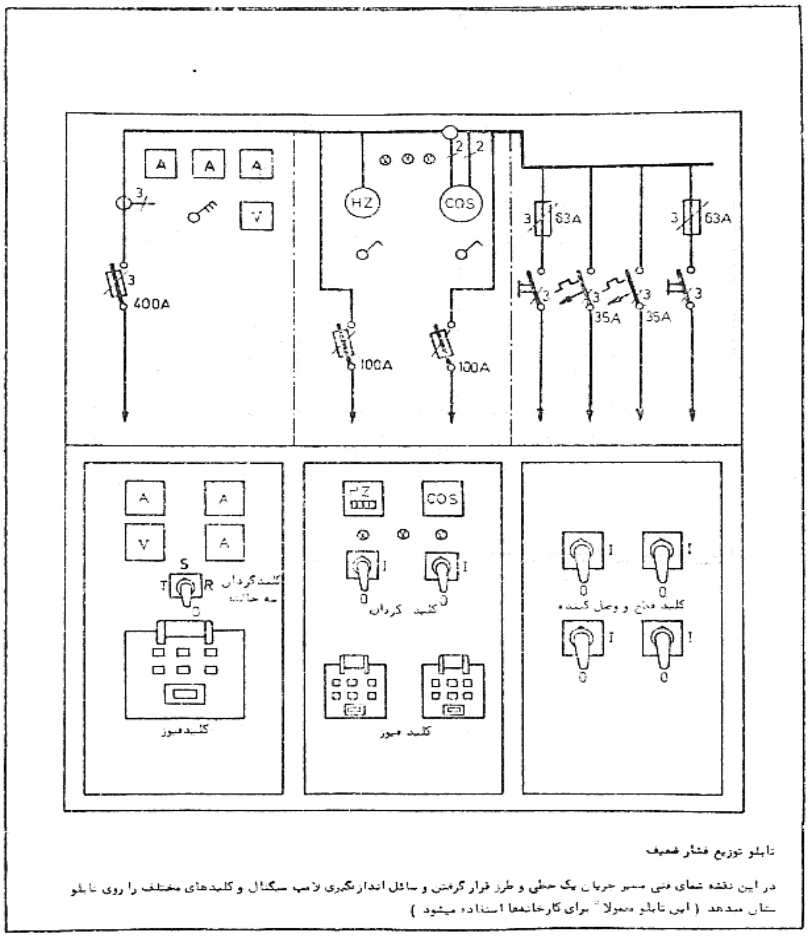


سیم کشی ساختمان ویلائی
سیم کشی این نقشه برای مصارفی غیر از روشنائی میباشد مانند پریزهای برق و آنتن و غیره



تابلو توزیع برق روشنائی و مصرفی پریزها و غیره ساختمان ویلائی

تابلوی توزیع فشار ضعیف



تابلو توزیع فشار ضعیف

در این نقشه نمای فنی مسیر جریان یک خطی و طرز قرار گرفتن و سائل اندازگیری لامپ سیگنال و کلیدهای مختلف را روی تابلو نشان میدهد (این تابلو معمولا " برای کارخانجات استفاده میشود)

فشار قوی

این نقشه شامل سه سلول بهم چسبیده که ۲ سلول آن برای کابل‌های ورودی و خروجی شبکه شهری مورد استفاده قرار می‌گیرد. کابل‌های ورودی و خروجی فشار قوی از طریق جداکننده (سکسیونر) به شین فشار قوی ۲۰KV متصل شده و از سلول سوم برای انشعاب به ترانسفورماتور استفاده می‌شود که شامل کلید فیوز دار قطع کننده با بار (دژنکتور) و مبدل‌های جریان و ولتاژ جهت کنتورهای اکتیو و راکتیو.

در داخل پست، یک ترانسفورماتور ۲۵۰KVA با اتصال DYS

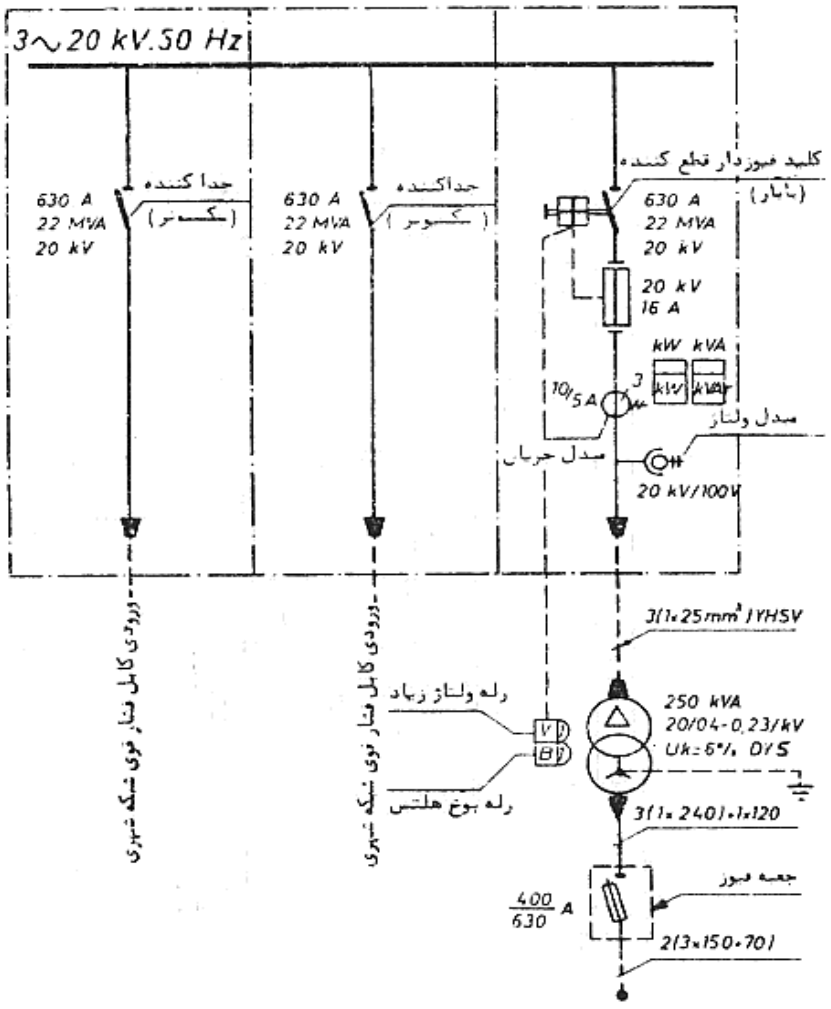
(مثلث و ستاره) و رله‌های حفاظتی، شامل رله بوخ هلتز. رله ولتاژ زیاد

طرف خروجی فشار ضعیف ترانسفورماتور توسط کلید فیوزدار- /۴۰۰ آمپری به شین تابلو ضعیف وصل می‌شود.

برای حفاظت ترانسفورماتور باید نکات زیر مورد توجه قرار گیرد.

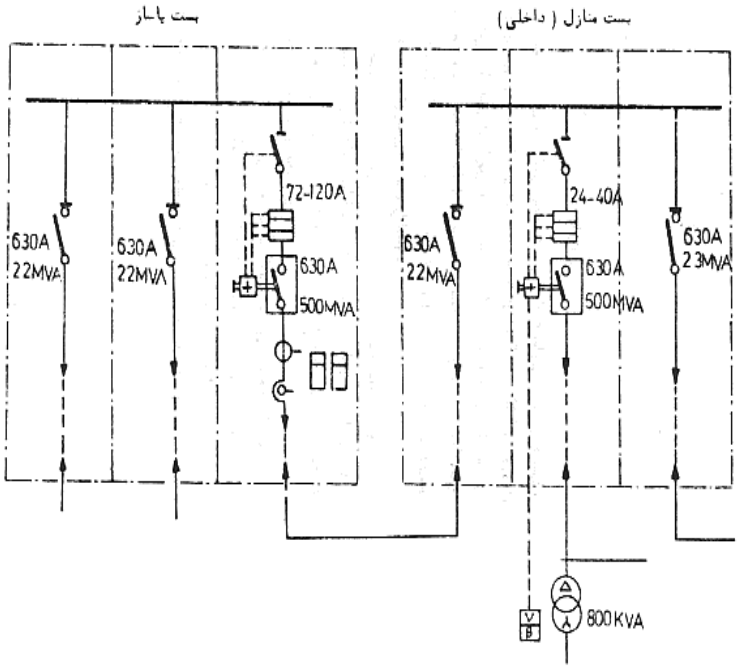
1- حفاظت در مقابل ازدیاد اختلاف سطح در اثر رعد و برق
2- حفاظت در مقابل اتصال کوتاه و بار زیاد از شبکه
3- حفاظت داخل ترانسفورماتور بوسیله رله بوخ هلتز

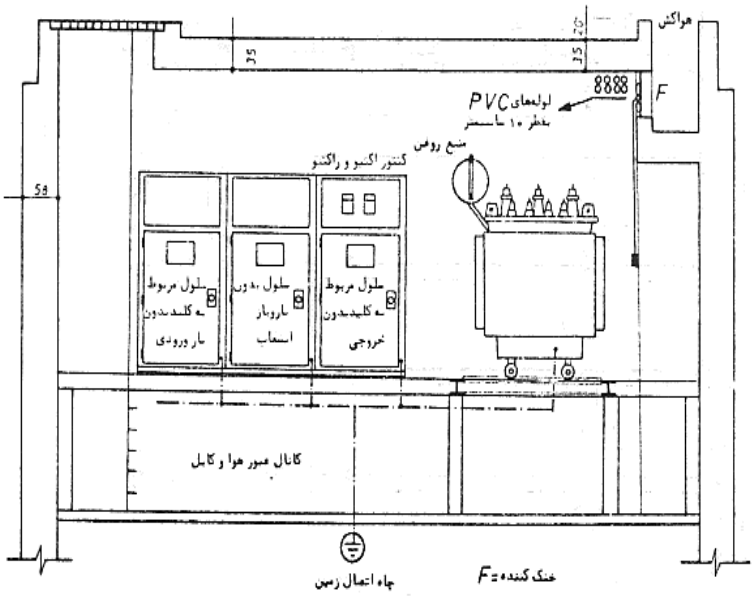
تابلو توزیع فشار قوی



تابلوی توزیع فشار قوی

شمای فنی مسیر جریان یک خطی

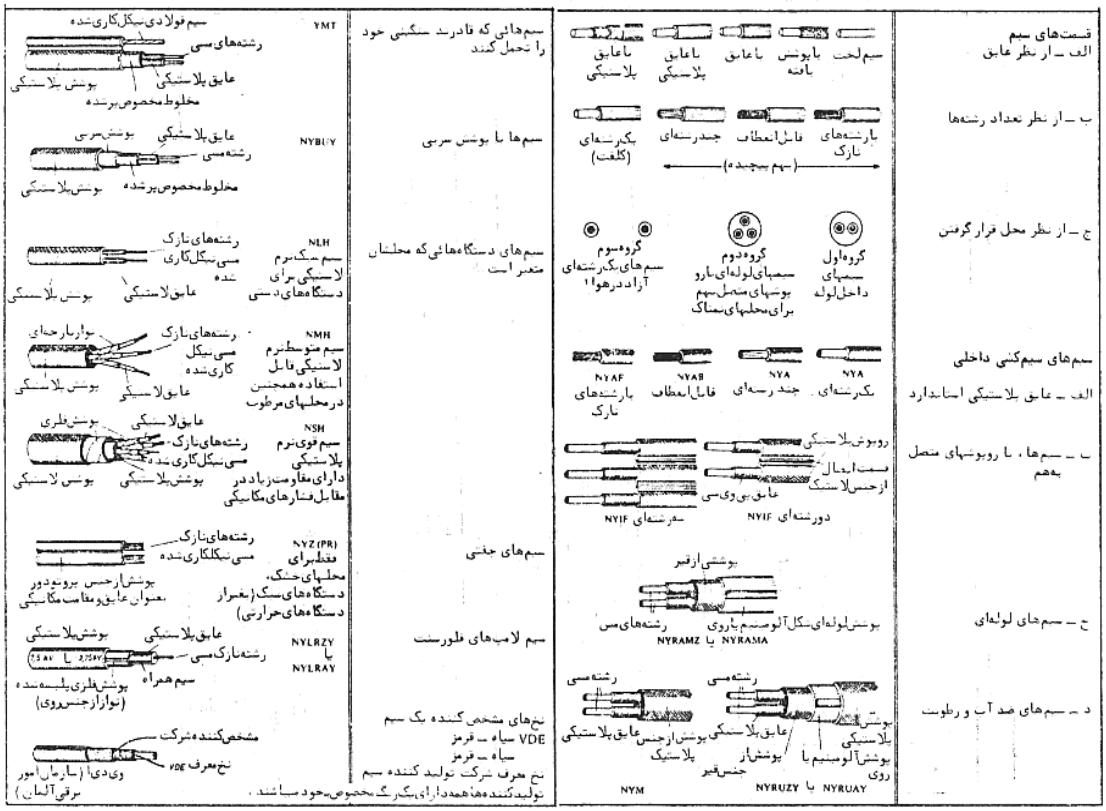




این نقشه شمای داخلی پست سازل (پست داخلی) که شامل ترانسفورماتور فشار قوی ۲۰ kV/۴۰۰۷
و سلولهای فشار قوی را نشان میدهد

انواع کلید و فیوز		جریانهای مجاز عبور از پایه فیوز به A										
فیوز بیمی	فیوز جهت 2SA پایه فیوز	2	4	6	10	16	20	25				
	" " 63A " "	35	50	63								
	" " 100A " "	80	100									
	" " 200A " "	125	160	200								
فیوزکاردی با نیاز ضعیف فیوزهای HRC	فیوز جهت 125A پایه فیوز	6	10	16	20	25	36	50	63	80	100	125
	" " 160A " "	6	10	16	20	25	36	50	63	80	100	125
	" " 250A " "	36	50	63	80	100	125	160	200			
	" " 400A " "	80	100	125	160	200	224	250	300	315	355	400
	" " 630A " "	300	355	425	500	630						
	" " 1000A " "	800	1000									
کلید فیوز	فیوز جهت 160A	6	10	16	20	25	36	50	63	80	100	125
	250A	36	50	63	80	100	125	160	200			
	400A	80	100	125	160	200	224	250	300	315	355	400
	630A	300	355	425	500	630						
جریانهای مجاز عبور از کلید												
انواع کلیدها	کلیدگردان	10	16	25	40	63	100	200				
	کلید پاکو	16	25	40	63	100	200	400	630			
	تیغ مینیاتوری مدل L	6	10	16	20	25						
	تیغ مینیاتوری مدل G	1	1,6	2	3	4	6	8	10	16	20	25
	کلیدمینیاتوری پیچی مدل L	6	10	16	20	25						32
	کلید مخصوص قطع کننده 30mA	25	40	63								
	" " " " 0,3A	25	40	63	100	160						
	" " " " 0,5A	25	40	63	100	160						

انواع سیم و کابلهای برق



کابل‌های عایق پلاستیک

مقدمه

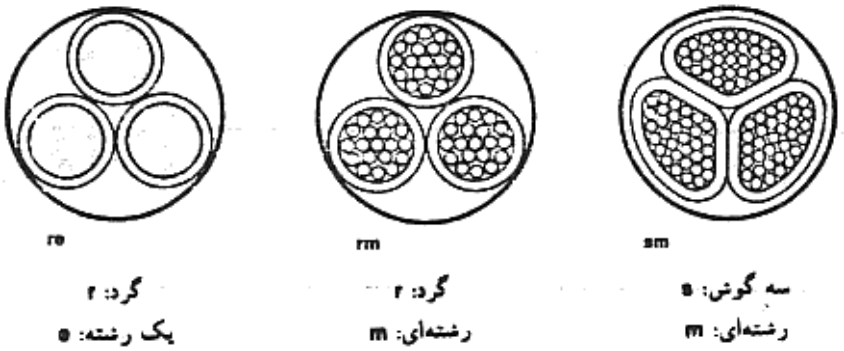
با تکامل مواد پلاستیکی در سال‌های قبل از جنگ جهانی اخیر کاربرد کابل‌های عایق و غلاف پلاستیکی در صنعت برق به سرعت افزایش یافت. تحولاتی که در زمینه مواد و ماشین آلات و روش تولیدی انجام گرفته و مصرف روز افزون کابل‌های پلاستیکی تحت ولتاژ های مختلف در شبکه‌های پخش انرژی را افزایش بیشتری داد.

ساختمان کابل

هادی

هادی کابل‌های برق از مس الکترولیت و یا آلومینیوم با خلوص بالا می‌باشد که کیفیت آن با آخرین استانداردهای بین‌المللی مطابق دارد.

ساختمان هادی کابل و علائم اختصاری معرف آن در زیر نشان داده شده است :



عایق

عایق کابل از ماده پی وی سی است که به روش اکستروژن بروی هادی کشیده می‌شود. برای اطمینان از مرغوبیت خواص الکتریکی و مکانیکی عایق آزمایشات مختلفی روی آن انجام می‌گیرد.

جهت تمیز دادن سیم‌های کابل از یکدیگر عایق آنرا رنگی می‌سازند. رنگ بندی کابل‌ها عموماً بر طبق استاندارد ایران و آلمان می‌باشد که در جدول زیر آورده شده است.

نصب ثابت

تعداد سیم	الف ــ با هادی حفاظتی[1]	ب ــ بدون هادی حفاظتی[2]
۲	سبز ــ زرد / مشکی	مشکی / آبی روشن
۳	سبز ــ زرد / مشکی / آبی روشن	مشکی / آبی روشن / قهوه‌ای
۴	سبز ــ زرد / مشکی / آبی روشن / قهوه‌ای	مشکی / آبی روشن / قهوه‌ای / مشکی
۵	سبز ــ زرد / مشکی / آبی روشن / قهوه‌ای / مشکی	مشکی / آبی روشن / قهوه‌ای / مشکی / مشکی
۶ و بیشتر	سبز ــ زرد / سیمها برنگ مشکی با شماره‌های سفید رنگ که ترتیب آن از داخل به خارج است.	کلیه سیمها برنگ مشکی با شماره‌های سفید رنگ که ترتیب آن از داخل به خارج است.

کابلهای قابل انعطاف

۲	ــ	مشکی / آبی روشن
۳	سبز ــ زرد / قهوه‌ای / آبی روشن	مشکی / آبی روشن / قهوه‌ای
۴	سبز ــ زرد / مشکی / آبی روشن / قهوه‌ای	مشکی / آبی روشن / قهوه‌ای / مشکی
۵	سبز ــ زرد / مشکی / آبی روشن / قهوه‌ای / مشکی	مشکی / آبی روشن / قهوه‌ای / مشکی / مشکی

رنگ ترکیبی سبز ــ زرد جهت مشخص کردن سیم اتصال‌زمین است و مصرف غیر آن مجاز نمی‌باشد.
از سیم آبی رنگ به عنوان سیم خنثی (نول) استفاده می‌شود ولی در صورت نبودن سیم خنثی از آن به عنوان هر سیمی به غیر از سیم حفاظتی می‌توان استفاده کرد.

---

۱ ــ در استاندارد آلمان کابلها با حرف لاتین (L ــ) مشخص می‌گردند.
۲ ــ در استاندارد آلمان کابلها با حرف لاتین (O ــ) مشخص می‌گردند.

رنگ ترکیبی سبز- زرد جهت مشخص کردن سیم اتصال زمین است و مصرف غیر آن مجاز نمی باشد. از سیم آبی رنگ به عنوان سیم خنثی (نول) استفاده می‌شود ولی در صورت نبودن سیم خنثی از آن به عنوان هر سیمی به غیر از سیم حفاظتی می‌توان استفاده کرد.

رنگ‌بندی کابلهای برق در استاندارد انگلستان (BS) طبق جدول زیر بوده و رنگ مشکی در کابل تخت و نصب ثابت معرف هادی خنثی می‌باشد:

تعداد سیم	کابل تخت	کابلهای قابل انعطاف	کابلهای نصب ثابت
۲	قرمز / مشکی	قهوه‌ای / آبی روشن	قرمز / مشکی
۳	قرمز / زرد / آبی	سبز ــ زرد / آبی روشن / قهوه‌ای	قرمز / زرد / آبی روشن
۴	ــ	سبز ــ زرد / مشکی / آبی روشن / قهوه‌ای	قرمز / زرد / آبی روشن / مشکی
۵	ــ	سبز ــ زرد / مشکی / آبی روشن / قهوه‌ای / مشکی	قرمز / زرد / آبی روشن / مشکی / سبز ــ زرد
۶ و بیشتر	ــ	ــ	عایق به رنگ سفید با شماره‌های مشکی

غلاف :

غلاف کابل از ماده پی وی سی است که جهت تأمین حفاظت کابل در برابر صدمات و ضربات مکانیکی به روش اکستروژن بر روی کابل کشیده می‌شود. آزمایشات فیزیکی و حرارتی انجام شده بر روی غلاف تضمین کننده مرغوبیت آن می باشد.

حفاظ :

برای تأمین حفاظت در برابر برق گرفتگی ناشی از ضربه خوردن به کابل، دور آن حفاظی از مس وجود دارد. این حفاظ متشکل از تعدادی مفتول مسی است که بر روی محیط کابل قرار گرفته و نواری مسی به صورت مارپیچ باز به دور آن پیچیده می‌شود. سطح مقطع حفاظ این نوع کابل‌ها در جداول مربوطه داده شده است. از حفاظ به عنوان سیم زمین نیز استفاده می‌گردد.

زره :

به منظور تأمین پایداری بهتر در برابر ضربات مکانیکی دور کابل زره ای از فولاد می‌دهند. زره متشکل از تعدادی مفتول گالوانیزه است که بر روی محیط کابل قرار می‌گیرد. در برخی مواقع زره عمل تأمین حفاظت در برابر برق گرفتگی ناشی از ضربه خوردن به کابل را نیز عهده دار می‌باشد.

اطلاعات فنی مربوط به سیم و کابلهای برق

که در محاسبات شبکه های پخش انرژی بکـــــار می‌رود .

سطح مقطع‌های متداول بین‌المللی و معادل آنها

استاندارد آمریکا		طبق VDE, IEC	طبق استاندارد BS انگلستان	
AWG یا MCM	سطح مقطع معادل به mm^2	سطح مقطع به mm^2	سطح مقطع معادل به mm^2	سطح مقطع به in^2
۱۹AWG	۰/۶۵۳	۰/۷۵	۰/۶۵	/۰۰۱
۱۸	۰/۸۲۳			
۱۷	۱/۰۴		۰/۹۷	/۰۰۱۵
۱۶	۱/۳۱	۱/۵	۱/۲۹	/۰۰۲۰
۱۵	۱/۶۵			
۱۴	۲/۰۸		۱/۹۴	/۰۰۳
۱۳	۲/۶۲	۲/۵	۲/۹۰	/۰۰۴۵
۱۲	۳/۳۱		۳/۲۳	/۰۰۵۰
۱۱	۴/۱۷	۴/۰	۴/۵۲	/۰۰۷
۱۰	۵/۲۶		۵/۱۶	/۰۰۸
۹	۶/۶۳	۶/۰	۶/۴۵	/۰۱
۸	۸/۳۷		۸/۳۹	/۰۱۳
۷	۱۰/۵۵	۱۰/۰	۹/۳۵	/۰۱۴۵
۶	۱۳/۳۰		۱۲/۹۰	/۰۲۰
۵	۱۶/۷۷	۱۶/۰	۱۴/۵۲	/۰۲۲۵
۴	۲۱/۱۵		۱۹/۳۵	/۰۳
۳	۲۶/۶۷	۲۵/۰		/۰۴
۲	۳۳/۶۳	۳۵/۰	۲۵/۸۱	
۱	۴۲/۴۱		۳۸/۷۱	/۰۶
۱/۰	۵۳/۴۸	۵۰/۰		
۲/۰	۶۷/۴۳	۷۰/۰	۶۴/۵۲	/۱۰
۳/۰	۸۵/۰۳	۹۵/۰		
۴/۰	۱۰۷/۲۰	۱۲۰/۰	۹۶/۷۷	/۱۵
۲۵۰MCM	۱۲۶/۶۴	۱۵۰/۰	۱۲۹/۰۳	/۲
۳۰۰	۱۵۲/۰۰	۱۸۳/۰	۱۶۱/۲۵	/۲۵
۴۰۰	۲۰۲/۷۱	۲۴۰/۰	۱۹۳/۵۵	/۳
۵۰۰	۲۵۳/۳۵	۳۰۰/۰	۲۵۸/۰۶	/۴
۶۰۰	۳۰۴/۰۰	۴۰۰/۰	۳۲۲/۵۸	/۵
۷۰۰	۳۵۴/۷۱		۳۸۷/۰۰	/۶
۸۰۰	۴۰۵/۳۵	۵۰۰/۰	۴۸۳/۸۷	/۷۵
۱۰۰۰	۵۰۶/۷۱	۶۲۵/۰	۶۴۵/۰۰	۱/۰

جریان مجاز

جریان مجاز عبوری از سیم‌ها و کابل‌ها به گونه ای تعیین می‌گردد که در هر نقطه از کابل حرارت تولید شده در هادی‌های آن بخوبی به محیط اطراف منتقل شود به طوری که درجه حرارت عایق در سطح هادی سیم‌ها و کابل‌های پی وی سی از ۷۰ درجه سانتیگراد تجاوز ننماید.

جریان‌های مجاز عبوری داده شده برای کابل‌های برق وقتی در داخل خاک قرار می‌گیرند بر اساس شرایط زیر است:

ضریب بار: ۰/۷

مقاومت مخصوص حرارتی خاک: ۱۰۰Deg C.Cm/W

درجه حرارت: ۲۰ درجه سانتیگراد

عمق قرارگیری: ۷۰ سانتیمتر

این جریان‌های مجاز بر مبنای قرار گرفتن کابل بروی بستری از ماسه نرم است که پس از خاک ریزی بروی کانال سطح آن توسط آجر فرش گردد، بعلاوه کابل در مسیر خود می‌تواند از داخل تعداد محدودی لوله فولادی که طول هیچیک از آنها بیش از ۶ متر نباشد عبور نماید.

جریان مجاز کابل هائیکه درهوای آزاد قرار دارند بر اساس ضریب بار ۱/۰ و هوای با درجه حرارت ۳۰ درجه سانتیگراد می‌باشد.

جریان مجاز سیمها و کابلهای مسی مخصوص سیم‌کشی برای درجه حرارت محیطی تا ۳۰ درجه سانتیگراد به همراه جریان نامی فیوز حفاظتی آن

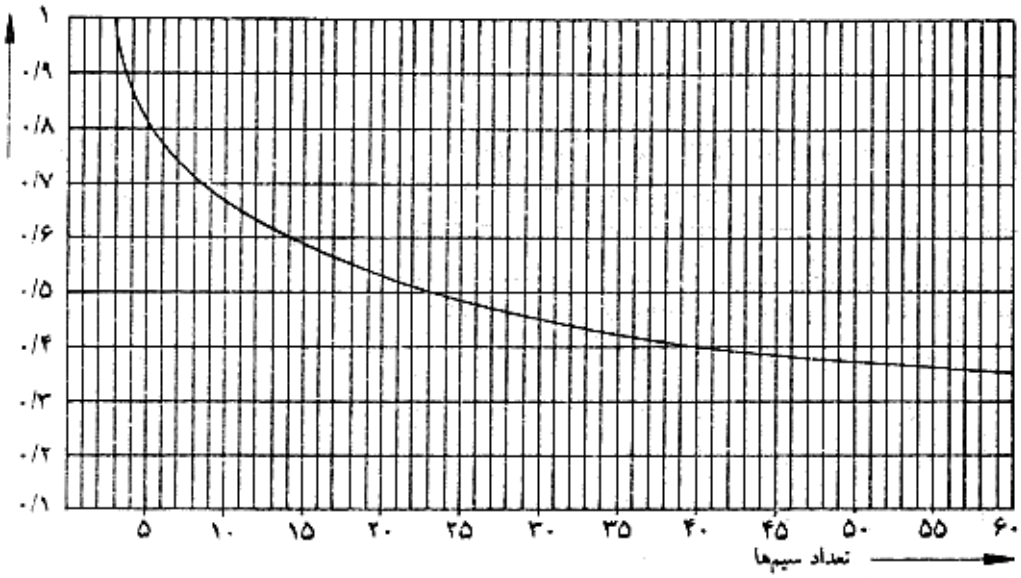
گروه سه		گروه دو		گروه یک		سطح مقطع
جریان فیوز به آمپر	جریان به آمپر	جریان فیوز به آمپر	جریان به آمپر	جریان فیوز به آمپر	جریان به آمپر	میلیمتر مربع
۱۰	۱۵	۶	۱۲	—	—	۰/۷۵
۱۰	۱۹	۱۰	۱۵	۶	۱۱	۱/۰
۲۰	۲۴	۱۰	۱۸	۱۰	۱۵	۱/۵
۲۵	۳۲	۲۰	۲۶	۱۶	۲۰	۲/۵
۳۵	۴۲	۲۵	۳۴	۲۰	۲۵	۴
۵۰	۵۴	۳۵	۴۴	۲۵	۳۳	۶
۶۳	۷۳	۵۰	۶۱	۳۵	۴۵	۱۰
۸۰	۹۸	۶۳	۸۲	۵۰	۶۱	۱۶
۱۰۰	۱۲۹	۸۰	۱۰۸	۶۳	۸۳	۲۵
۱۲۵	۱۸۵	۱۰۰	۱۳۵	۸۰	۱۰۳	۳۵
۱۶۰	۱۹۸	۱۲۵	۱۶۸	۱۰۰	۱۳۲	۵۰
۲۰۰	۲۴۵	۱۶۰	۲۰۷	۱۲۵	۱۶۵	۷۰
۲۵۰	۲۹۲	۲۰۰	۲۵۰	۱۶۰	۱۹۷	۹۵
۳۱۵	۳۴۴	۲۵۰	۲۹۲	۲۰۰	۲۳۵	۱۲۰
۳۱۵	۳۹۱	۲۵۰	۳۳۵	—	—	۱۵۰
۴۰۰	۴۴۸	۳۱۵	۳۸۲	—	—	۱۸۵
۴۰۰	۵۲۸	۴۰۰	۴۵۳	—	—	۲۴۰
۵۰۰	۶۰۸	۴۰۰	۵۰۴	—	—	۳۰۰
۶۳۰	۷۲۶	—	—	—	—	۴۰۰
۶۳۰	۸۳۰	—	—	—	—	۵۰۰

گروه یک: یک یا چند سیم عایق‌دار که در داخل لوله قرار گیرند.

گروه دو: کابلهای برق سبک، تخت و قابل انعطاف.

گروه سه: سیمهای مخصوص نصب در هوای آزاد و مراکز توزیع بطوریکه فاصله آنها از یکدیگر برابر قطر سیم باشد. جریان مجاز سیمها در گروه یک جدول فوق تابع تعداد سیمها در داخل لوله می‌باشد، ضریب تصحیح f را میتوان از نمودار ۳ بدست آورد.

ضریب تصحیح f



جریان مجاز کابل‌های برق با هادی مسی

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

جریان مجاز کابلهای برق با هادی آلومینیومی

سطح مقطع میلیمتر مربع	کابل یک سیمه در جریان مستقیم		کابلهای دو سیمه		کابلهای ۳ و ۴ سیمه		۳ کابل یک‌سیمه سه‌فاز			
	خاک	هوا	خاک	هوا	خاک	هوا	خاک	هوا	خاک	هوا
	آمپر	آمپر	آمپر	آمپر	آمپر	آمپر	آمپر	آمپر	آمپر	آمپر
۴	۵۰	۳۶	۴۱	۲۹	۳۶	۲۶				
۶	۶۴	۴۵	۵۱	۳۷	۴۵	۳۴	—	—	—	—
۱۰	۸۵	۶۲	۶۸	۵۱	۶۰	۴۶	—	—	—	—
۱۶	۱۱۵	۸۲	۸۹	۷۰	۷۸	۶۲	۹۳	۷۸	۸۴	۶۷
۲۵	۱۵۰	۱۱۰	۱۱۵	۹۴	۱۰۰	۸۲	۱۲۰	۱۰۵	۱۱۰	۹۱
۳۵	۱۸۰	۱۳۵	۱۴۰	۱۱۵	۱۲۰	۱۰۰	۱۴۵	۱۳۰	۱۳۰	۱۱۵
۵۰	۲۱۵	۱۶۵	۱۶۵	۱۴۰	۱۴۵	۱۲۵	۱۷۰	۱۶۰	۱۵۵	۱۴۰
۷۰	۲۷۰	۲۱۰	۲۰۰	۱۸۰	۱۷۵	۱۵۵	۲۱۰	۲۰۰	۱۹۰	۱۷۵
۹۵	۳۲۵	۲۶۰	۲۴۵	۲۱۵	۲۱۵	۱۹۰	۲۵۰	۲۴۵	۲۳۰	۲۲۰
۱۲۰	۳۷۵	۳۰۰	۲۷۵	۲۵۰	۲۴۵	۲۲۰	۲۹۰	۲۹۰	۲۶۰	۲۵۵
۱۵۰	۴۲۰	۳۵۰	۳۱۵	۲۹۰	۲۷۵	۲۵۰	۳۲۵	۳۳۵	۲۹۵	۲۹۵
۱۸۵	۴۸۰	۴۰۰	۳۵۵	۳۳۵	۳۱۰	۲۸۵	۳۶۵	۳۸۰	۳۳۰	۳۴۰
۲۴۰	۵۶۰	۴۸۰	۴۱۵	۳۹۵	۳۶۰	۳۴۰	۴۲۰	۴۶۰	۳۸۰	۴۱۰
۳۰۰	۶۴۰	۵۵۰	۴۶۵	۴۶۰	۴۱۰	۳۹۰	۴۷۵	۵۳۰	۴۳۰	۴۷۰
۴۰۰	۷۴۰	۶۶۰	۵۴۰	۵۵۰	۴۷۰	۴۶۰	۵۵۰	۶۴۰	۵۰۰	۵۷۰
۵۰۰	۸۶۰	۷۸۰	—	—	—	—	۶۳۰	۷۴۰	۵۷۰	۶۷۰

جریان مجاز عبوری از کابل هنگامیکه کاملاً در داخل آب قرار گرفته باشد ۱/۱۵ برابر جریان‌های داده شده در جداول ۴ و ۵ برای قرارگیری در خاک است. اما باید توجه داشت که در صورتیکه قسمتی از کابل در خاک و یا هوای آزاد باشد این قسمتها تعیین‌کننده جریان عبوری از کابل هستند.

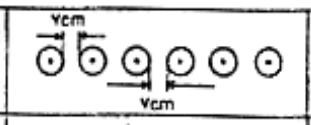
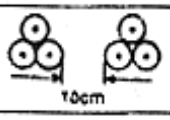
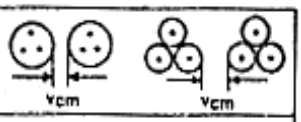
اگر شرائط محیطی برای کابلهائیکه در خاک قرار میگیرند تغییر یابد جریانهای داده شده در جداول ۴ و ۵ را باید در ضرائب تصحیح f_1 و f_2 داده شده در جداول ۶ و ۷ ضرب نمود.

ضریب تصحیح f_1

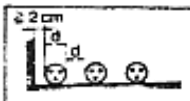
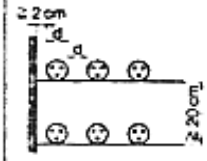
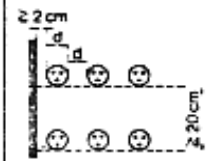
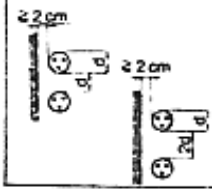
درجه حرارت خاک °C	مقاومت مخصوص خاک								
	۱۰۰			۱۵۰			۲۵۰		
	ضریب بار			ضریب بار			ضریب بار		
	۰/۷۰	۰/۸۵	۱/۰۰	۰/۸۰	۰/۸۵	۱/۰۰	۰/۷۰ تا ۱/۰۰		
۱۰	۱/۰۶	۱/۰۱	۰/۹۷	۰/۹۴	۰/۹۲	۰/۸۹	۰/۸۳		
۱۵	۱/۰۳	۰/۹۹	۰/۹۴	۰/۹۱	۰/۸۸	۰/۸۶	۰/۷۹		
۲۰	۱/۰۰	۰/۹۶	۰/۹۱	۰/۸۷	۰/۸۵	۰/۸۳	۰/۷۶		
۲۵	۰/۹۷	۰/۹۳	۰/۸۸	۰/۸۴	۰/۸۲	۰/۷۹	۰/۷۲		
۳۰				۰/۸۰	۰/۷۸	۰/۷۶	۰/۶۸		
۳۵				۰/۷۷	۰/۷۴	۰/۷۲	۰/۶۳		

در جدول ۶ مقاومت مخصوص ۱۰۰ برای مناطق مرطوب که دارای ریزش مرتب باران هستند و مقاومت مخصوص ۱۵۰ برای مناطق نسبتاً خشک با ریزش باران متوسط و مقاومت مخصوص ۲۵۰ برای مناطق کویری و خشک است.

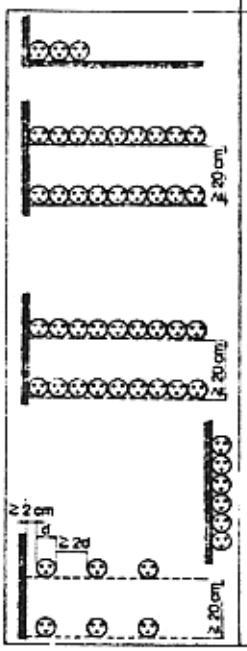
ضریب تصحیح f_1

تعداد کابلها (سیستم‌ها)									
	ضریب بار			ضریب بار			ضریب بار		
	۰/۷	۰/۸۵	۱/۰۰	۰/۷	۰/۸۵	۱/۰۰	۰/۷۰	۰/۸۵	۱/۰۰
۱	۱/۰۰	۰/۹۲	۰/۸۵	۱/۰۰	۰/۹۳	۰/۸۷	۱/۰۰	۰/۹۳	۰/۸۷
۲	۰/۸۷	۰/۷۸	۰/۷۱	۰/۸۹	۰/۸۲	۰/۷۵	۰/۸۵	۰/۷۷	۰/۷۱
۳	۰/۷۸	۰/۶۹	۰/۶۲	۰/۸۱	۰/۷۴	۰/۶۷	۰/۷۵	۰/۶۷	۰/۶۱
۴	۰/۷۴	۰/۶۵	۰/۵۸	۰/۷۷	۰/۷۰	۰/۶۴	۰/۷۰	۰/۶۲	۰/۵۶
۵	۰/۷۰	۰/۶۱	۰/۵۵	۰/۷۳	۰/۶۷	۰/۶۰	۰/۶۵	۰/۵۸	۰/۵۲
۶	۰/۶۸	۰/۶۰	۰/۵۳	۰/۷۱	۰/۶۵	۰/۵۹	۰/۶۳	۰/۵۵	۰/۵۰
۸	۰/۶۵	۰/۵۷	۰/۵۱	۰/۶۸	۰/۶۲	۰/۵۶	۰/۵۸	۰/۵۲	۰/۴۶
۱۰	۰/۶۳	۰/۵۵	۰/۴۹	۰/۶۵	۰/۶۰	۰/۵۴	۰/۵۶	۰/۴۹	۰/۴۴

ضریب تصحیح برای کابلها در هوا و با فاصله ازهم (کابلهای چندسیمه)

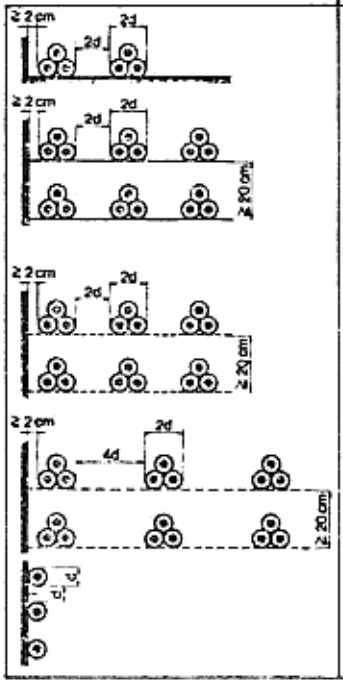
	تعداد کابلها		۱	۲	۳	۶	۹
	کابل بروی زمین	تعداد	۰/۹۵	۰/۹۰	۰/۸۸	۰/۸۵	۰/۸۴
	کابل بروی سینی	۱	۰/۹۵	۰/۹۰	۰/۸۸	۰/۸۵	۰/۸۴
		۲	۰/۹۰	۰/۸۵	۰/۸۳	۰/۸۱	۰/۸۰
		۳	۰/۸۸	۰/۸۳	۰/۸۱	۰/۷۹	۰/۷۸
		۶	۰/۸۶	۰/۸۱	۰/۷۹	۰/۷۷	۰/۷۶
	کابل بروی نگهدارنده	تعداد					
		۱	۱/۰۰	۰/۹۸	۰/۹۶	۰/۹۳	۰/۹۲
		۲	۱/۰۰	۰/۹۵	۰/۹۳	۰/۹۰	۰/۸۹
		۳	۱/۰۰	۰/۹۴	۰/۹۲	۰/۸۹	۰/۸۸
		۶	۱/۰۰	۰/۹۳	۰/۹۰	۰/۸۷	۰/۸۶
	قرارگیری بروی دیوار		۱/۰۰	۰/۹۳	۰/۹۰	۰/۸۷	۰/۸۶
	قرارگیری بروی دیوار		محدودیتی ندارد				

ضریب تصحیح برای کابلها در هوا و در کنار هم (کابلهای چند سیمه)



تعداد کابلها		۱	۲	۳	۶	۹
کابل بروی زمین		۰/۹۰	۰/۸۴	۰/۸۰	۰/۷۵	۰/۷۳
	تعداد					
	۱	۰/۹۵	۰/۸۴	۰/۸۰	۰/۷۵	۰/۷۳
کابل بروی سینی	۲	۰/۹۵	۰/۸۰	۰/۷۶	۰/۷۱	۰/۶۹
	۳	۰/۹۵	۰/۷۸	۰/۷۴	۰/۷۰	۰/۶۸
	۶	۰/۹۵	۰/۷۶	۰/۷۲	۰/۶۸	۰/۶۶
	تعداد					
	۱	۰/۹۵	۰/۸۴	۰/۸۰	۰/۷۵	۰/۷۳
کابل بروی نگهدارنده	۲	۰/۹۵	۰/۸۰	۰/۷۶	۰/۷۱	۰/۶۹
	۳	۰/۹۵	۰/۷۸	۰/۷۴	۰/۷۰	۰/۶۸
	۶	۰/۹۵	۰/۷۶	۰/۷۲	۰/۶۸	۰/۶۶
کابل بروی دیوار		۰/۹۵	۰/۷۶	۰/۷۳	۰/۶۸	۰/۶۶
کابل بروی دیوار		محدودیتی ندارد				

ضریب تصحیح برای کابلهای یک سیمه در هوا



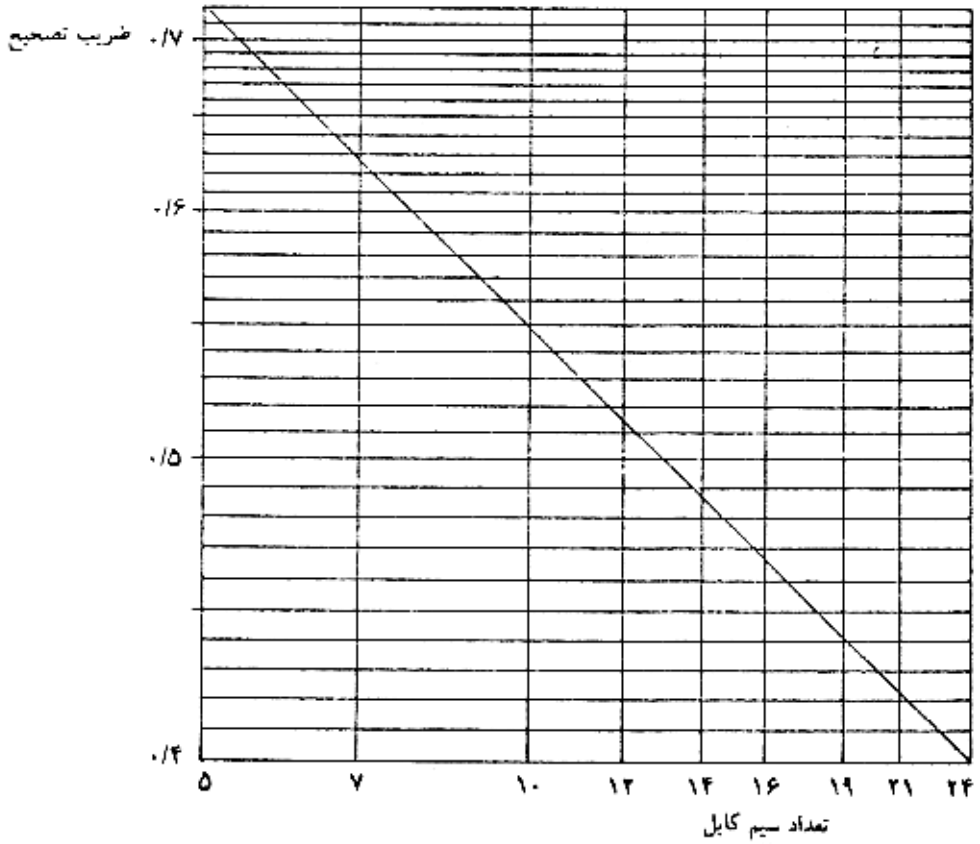
تعداد سیستمها		۱	۲	۳
بروی زمین		۰/۹۵	۰/۹۰	۰/۸۸
	تعداد			
	۱	۰/۹۵	۰/۹۰	۰/۸۸
بروی سینی	۲	۰/۹۰	۰/۸۵	۰/۸۳
	۳	۰/۸۸	۰/۸۳	۰/۸۱
	۶	۰/۸۶	۰/۸۱	۰/۷۹
	تعداد			
	۱	۱/۰۰	۰/۹۸	۰/۹۶
بروی نگهدارنده	۲	۱/۰۰	۰/۹۵	۰/۹۳
	۳	۱/۰۰	۰/۹۴	۰/۹۲
	۶	۱/۰۰	۰/۹۳	۰/۹۰
محدودیتی ندارد				
بروی دیوار		۰/۸۹	۰/۸۶	۰/۸۴

در صورتیکه درجه حرارت هوای محیطی که کابل قرار میگرد ۳۰ درجه سانتیگراد نباشد جریان مجاز کابل را باید در ضرایب تصحیح داده شده در جدول ۱۱ ضرب نمود.

جدول ۱۱

درجه سانتیگراد	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵
ضریب	۱/۲۲	۱/۱۷	۱/۱۲	۱/۰۷	۱/۰۰	۰/۹۳	۰/۸۷	۰/۷۹

ضریب تصحیح برای کابلهای کنترل



جریان مجاز کابلهای برق فشار متوسط ۱۹۰۰/۳۳۰۰ ولت با هادی مسی

سطح مقطع میلیمتر مربع	کابل ۳ سیمه		۳ کابل یک سیمه سه‌فاز	
	خاک	هوا	خاک (آمپر)	هوا (آمپر)
۵۰	۱۷۰	۱۵۵	۱۸۸	۱۸۰
۷۰	۲۰۸	۱۹۰	۲۳۲	۲۳۰
۹۵	۲۵۲	۲۳۵	۲۷۷	۲۸۵
۱۲۰	۲۸۶	۲۷۵	۳۱۱	۳۲۵
۱۵۰	۳۲۰	۳۱۰	۳۴۶	۳۷۰
۱۸۵	۳۶۷	۳۵۵	۳۹۰	۴۲۵
۲۴۰	۴۲۱	۴۲۰	۴۵۰	۵۰۰
۳۰۰	۴۷۰	۴۷۵	۵۰۴	۵۷۰
۴۰۰	۵۲۸	۵۵۰	۵۵۹	۶۴۰

شرایط نصب و قرار دادن کابل‌های برق :

کابل‌های با عایق و غلاف پلاستیکی را نباید هیچگاه در درجه حرارتی زیر ۵- درجه سانتیگراد نصب و کابل کشی کرد. در صورت اجبار قرقره کابل باید چند روز قبل از نصب در محیط گرمی (حدود ۲۰ درجه سانتی گراد) انبار شود.

در هنگام کابل کشی شعاع خمش کابل‌های پلاستیکی نباید از ۱۵ برابر قطر خارجی کابل کوچکتر باشد اما در انتهای کابل که سر کابل‌ها قرار دارد می‌توان شعاع خمش را در موارد خاص با رعایت اصول فنی تا نصف مقدار فوق کاهش داد.

هنگامیکه کشیدن کابل که توسط دستگاه‌های مخصوص انجام می‌گیرد باید مواظب بود که نیروی کششی وارده به کابل از مقادیر مجاز افزون نگردد.

نیروی کششی مجاز وارده به کابل

نیروی کششی مجاز (نیوتن)	روش کشیدن کابل	نوع کابل
(هادی مسی) $F = A \times ۵۰$ (هادی آلومینیومی) $F = A \times ۳۰$	تمام کابلها	هادی‌های کابل را بهم بسته و به قلاب دستگاه کشش متصل میکنیم.
$F = ۹D^۲$	برای کلیه کابلهای با زره فولادی	به کمک جوراب کابل
(هادی مسی) $F = A \times ۵۰$ (هادی آلومینیومی) $F = A \times ۳۰$	برای کلیه کابلهای پلاستیکی بدون زره فولادی مثل NYCY, NYY	

در جدول فوق A سطح مقطع کل هادیها به میلیمتر مربع (شامل حفاظ کابلهای NYCY نمی‌شود.) و D قطر خارجی کابل به میلیمتر است.

کلید های صنعتی :

کلیدها وسایلی هستند که سبب قطع و وصل ویا تغییرحالت مدارهای الکتریکی می شوند. به طورکلی کلیدها به صورت یک پل وچند پل(دوپل وسه پل وغیره) موجودهستند. کلید باید طوری ساخته شوند که در موقع کارباهم عمل کنند. برای محل های مرطوب یا خشک یا گرم ویادر محل هایی که امکا ن ضربه وجود دارد ساختمان خارجی کلید به طرز خاصی (مقاومت در برابرعامل خارجی) ساخته می شود. کلیدها در رنج گسترده ای ازقدرت (ولتاژ) و جریان وجود دارند. (ازچند آمپرتا چند هزارآمپر)

مثال : کلید دژنکتور(کلید قدرت یا کلید قطع جریان زیاد) وکلید سکسیونر (جداکنند.) وکلیدهای سه فازتابلویی و کلیدهای روشنایی .

کلیدها ازلحاظ عملکرد به دو دسته تقسیم می شوند .

ساده : فقط با نیروی مکانیکی کار می کنند.

مرکب : احتیاج به واسطه ای (مثلا الکتریسیته) جهت عمل کردن دارند مانند کلیدهای مغناطیسی

کلیدهای ساده

لحظه ای : نیروی مکانیکی دائمی نیاز است. مانند زنگ اخبار

دائمی : برای هر تغییر حالت (وصل به قطع یا بالعکس) احتیاج به یک نیروی مکانیکی لحظه ای دارند.

کلیدهای ساده ی دائمی ازنظرساختمان داخلی به شکلهای مختلف اهرمی(تیغه ای) غلطکی زبانه ای نیزهستند.

کلید تیغه ای (اهرمی) :

ازساده ترین نوع کلیدهااست. ساختمان ونحوه ی کار آن ها بدین شکل است که تیغه های کاردی شکل برروی محور گردانی سوارشده اند. گردش محورتوسط اهرم باعث اتصال تیغه های کاردی شکل به کنتاکترهای ثابت می شود.

این کلیدها به علت ساختمان ساده ای که دارند برای جدا کردن مدارهایی که بدون جریان است ویا جریان کمی از آن عبورمی کند مورداستفاده قرارمی گیرد می توان ازاین نوع کلیددرتابلوهای فرمان برای تغییر مدارمصرف ازیک شین به شین دیگراستفاده کرد.

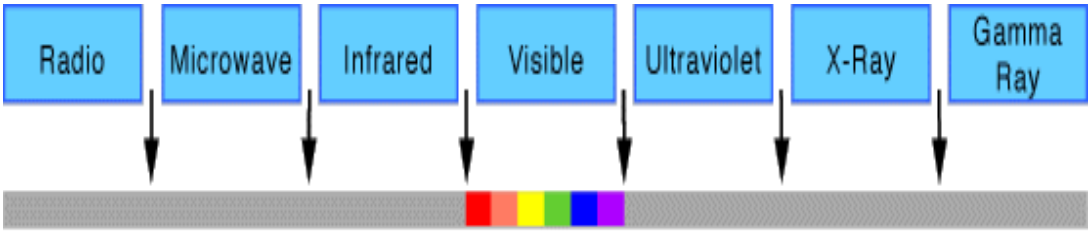
کلید غلطکی :

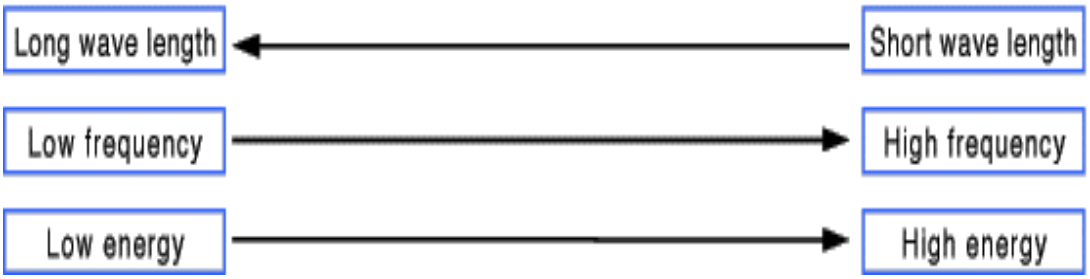
این کلید از یک یاچندغلطک عایق که توسط اهرم حول محوری می چرخند، تشکیل شده است. برروی غلطکها نوارهای هادی درمحل های مناسبی تعبیه شده است. فرم غلطک وطریقه ی قرار گرفتن نوارهای هادی روی آن طوری است که با حرک غلطک کنتاکتهای ثابتی به هم وصل ویا ازیکدیگرجدا می شوند. با تغییر فرم دادن غلطکها می توان حالتهای مختلفی را از نظر قطع و وصل مدار ایجاد کرد. به علت سائیدگی کنتاکتهای ثابت ونوارهای فلزی هادی روی غلطک عمر این کلیدها کم بوده ودر نتیجه کمتر مورداستفاده قرار می گیرد.

روشنایی :

نور و منبع روشنائی

طیف انرژی تشعشعی قابل رؤیت طول موجی بین 380nm تا 780nmn دارد





طیف انرژی تشعشعات الکترومغناطیسی

منبع نور الکتریکی مبدلی است که انرژی الکتریکی را به انرژی نوری تبدیل می کند. البته فقط قسمت اندکی از انرژی تشعشعی در قسمت مرئی طیف نور قرار دارند مثلاً در لامپ های رشته دار 4-8% در لامپ های با بخار جیوه و سدیم 8-11% و در لامپ های فلوئورسانت 14-18% طیف تشعشعی آن مرئی است. مهمترین کمیت ها برای اندازه گیری نور عبارتند از جریان نوری که لامپ در فضا منتشر می کند شدت نور در آن در جهات مختلف و شدت روشنایی که به هر جسم در فضا می دهد.

جریان نور (Φ)

توان نوری را که منبع نور تشعشع می کند جریان نور آن گویند. البته آن قسمت از توانی که به وسیله چشم به صورت نور احساس می شود. در یک نور افکن تمام جریان نور یک منبع را در زاویه خیلی کوچکی (با شدت نور بیشتر) متراکم می کنند. واحد جریان نور لومن(Lm) است. هرگاه در داخل واحد زاویه فضایی واحد شدت نور وجود داشته باشد جریان نور یک لومن خواهیم داشت. کاری که یک منبع نور انجام می‌دهد:

$$Q=\Phi t$$

واحد Q لومن ساعت (Lm.h) است.

زاویه فضایی (ω)

قسمتی از فضا را که بوسیله یک مخروط محدود شده و جزئی از جریان نور منبع در آن پخش می‌شود.

کره‌ای به شعاع واحد حول منبع نور ترسیم می کنیم و سطح را که مخروط از آن کره جدا می کند اندازه می گیریم اندازه عددی این سطح، اندازه زاویه فضایی ω است: $\omega=F$. متحرک F برابر یک باشد واحد زاویه فضایی ω را خواهیم داشت. بنابراین $\omega_{may}= \pi$. واحد زاویه فضایی استرادیا(st) [3]است.

شدت نور (I) :

خارج قسمت جریان نور بر زاویه فضایی بی نهایت کوچکی حول یک منبع نور نقطه‌ای را شدت نور یا جریان در آن گویند.

واحد شدت نور کاندلا (cd) [5]است

و داریم:

در بعضی موارد حداکثر شدت نور در راستای افق است مانند شمع.

شدت روشنایی (E):

شدت روشنایی یک سطح عبارت است از قسمت جریان نوری که روی آن لومن (Lm) بر بزرگی سطحی که روشن می شود (m^2)

هرگاه روشنایی یکنواخت نباشد نسبت بالا شدت روشنایی را می‌دهد.

از این معادله (پس از منظور کردن ضرایب لازم) برای محاسبه روشنایی داخلی (اطاق و امثال آن) استفاده می شود.

برای محاسبه روشنایی چراغ در حالیکه انعکاس سقف و دیوار استفاده نمی شود مانند روشنایی خیابان و میدان و امثال آن از قانون فاصله (در فیزیک) استفاده می شود یعنی شدت روشنایی یک سطح عمود بر جهت اشعه، نسبت مستقیم با شدت نور و نسبت معکوس با محذور فاصله آن سطح از منبع نور دارد.

I ثابت است چون مثلاً در فاصله دو متری سطح F_2 چهار برابر F_1 در فاصله یک متری است، با بسته شدن روشنایی E_2 یک چهارم E_1 باشد. هر گاه اشعه نور بطور عمودی بر روی سطح بتابد بایستی حاصل بالا را در کسینوس زاویه تابش (α) ضرب کرد.

و چون واحد شدت روشنایی لوکس (LUX) است و عبارت است از روشنایی که جریان نور 1Lm در روی سطح $1m^2$ ایجاد می کند یا روشنایی که یک 1cd سطحی تولید می کند که فاصله اش 1m است. یعنی به هر واحد سطح از کره‌ای به شعاع واحد ، حول یک منبع نور با 1cd می رسد بنابراین روی آن روشنایی 1Lx ایجاد می شود.

تراکم نور (درخشندگی) (B) :

یک جسم وقتی قابل رؤیت است که تشعشع کند نورانی باشد یا نوری را که روی آن می تابد منعکس کند. تراکم نور B یک سطح خیلی کوچک نورانی در یک جهت معین عبارت است از خارج قسمت شدت نور آن در این جهت بر سطح عمود بر جهت تابش.

F = سطح نورانی، $c\ m^2$

---

[3] strad
[4] stradion
[5] candela

Fx = سطحی که دیده می شود $c\ m^2$

برای $\alpha = 0$

دقت شود که در دو جسم هم اندازه و یکسان ولی با رنگهای تیره و روشن تحت یک شدت روشنایی جسم با رنگ روشن دارای تراکم نور بیشتر است. واحد تراکم نور استیلب (sb)[1] است :

تعاریف

ماهیت نور- درباره ماهیت نور دو نظریه مهم وجود دارد.

۱- تئوری ذره‌ای- تئوری ذره‌ای براین اصول متکی است که منبع نور انرژی نورانی را بصورت ذرات ریزی بنام فوتون در خط مستقیم از خود پرتاب می کند.

۲- تئوری الکترومغناطیسی- بنابراین تئوری اشعه‌های نورانی بصورت امواج الکترومغناطیسی با سرعت ۳۰۰۰۰۰km/sec از منبع نور منتشر می شود. در بخش مربوطه به روشنائی، ما نظریه الکترومغناطیسی را مبنای کارمان قرار می دهیم.

امواجی‌که دارای طول موجی بین ۴۰۰ تا ۸۰۰ نانومتر هستنند برای چشم انسان قابل رویت می باشند. طول موج هائی که دراین محدوده قرار دارند هرکدام دارای رنگی مشخص بوده و برای مثال رنگ قرمز دارای طول موج ۷۰۰ نانومتر می باشد.

اشعه‌های ماوراء بنفش (اشعه UV) قابل رویت نیستند و طول موج آنها هم درجدول طیف نور زیر رنگ قراردارد.

اشعه‌های مادون قرمز نیز قابل رویت نیستند و طول موجشان در طول طیف نور در بالای رنگ قرمز می‌باشد. اشعه‌های مادون قرمز بر روی پوست بدن اثر گذاشته و آنرا گرم می کنند.

طیف نور- رنگهایی که در نور طبیعی وجود دارند و قابل رویت هستند، طیف نور را تشکیل می‌دهند. مخلوطی از تمام رنگهائی که قابل رویت هستند (رنگهای طیف نور) باعث ایجاد نورسفید می شود و همین طور برعکس، نور سفید را می توان به رنگهای طیف نور تجزیه نمود. این عمل را می توان بوسیله یک منشور شیشه‌ای و یا بوسیله یک قطره آب انجام داد (قوس و قزح).

کمیت اصلی نور و روشنائی :

جریان نوری (شارنوری) – توان نوری : مقدار کل انواری را که در تمام جهات از یک منبع نور در هر ثانیه در فضا پخش م یشود جریان نوری می نامند. از آنجائی که انرژی بر واحد زمان را توان می نامند، بنابراین

1 stileb

جریان نوری را می توان توان نوری یک منبع نور نیز دانست. جریان نوری (توان نوری) یک منبع را با φنشان میدهند و واحد آن لومن ((Lumen) است که به اختصار با (Lm) نشان میدهند.

برای مثال یک لامپ رشته‌ای ۱۰۰ وات دارای جریان نوری ۱۳۸۰ لومن می باشد.

تعریف- یک لومن عبارت است از جریان نوری که از یک جسم کاملاًتیره به سطح ۵۸۰۵% میلیمتر مربع در درجه حرارت ۲۰۴۲ درجه کلوین ساطع می گردد و یا اینکه یک لومن عبارت است از $\frac{1}{680}$ وات در طول موج ۵۵۵۰ آنگسترم.

ضریب بهره نوری : در منابع نور الکتریکی فقط قسمتی از توان الکتریکی آن به نور تبدیل و ما بقی آن به حررات تبدیل می شود. توان الکتریکی داده شده به لامپ برحسب وات و توان نوری گرفته شده از لامپ برحسب لومن می باشند. نسبت توان نوری منبع نور (φ) را به توان الکتریکی آن (p) ضریب بهره نوری می نامند و واحد آن $\frac{LM}{W}$ می باشد.

شدت نور (I)- شدت نور یک منبع نورانی عبارت است از تراکم شارنوری در فضا و واحد آن شمع یا کاندلا می باشد که آنرا با حرف (cd) نشان می دهند. به عبارت دیگر یک شمع عبارت است از $\frac{1}{60}$ توان نوری‌ای که از یک سانتیمتر مربع جسم کاملاً تیره در درجه حرارت ۲۰۴۲ درجه کلوین ساطع می گردد.

در جدول زیر بهره نوری برای چند نوع لامپ داده شده است.

جدول ضریب بهره نوری

ضریب بهره نوری به $\frac{lm}{w}$	جریان نوری به لومن lm	قدرت دریافتی لامپ به وات w	نوع لامپ
۱۰/۷۵	۴۳۰	۴۰	لامپ رشته‌های ۲۲۰ ولت
۱۳/۸	۱۳۸۰	۱۰۰	
۴۹	۳۸۰۰	۷۸	لامپ فلور سنت سفید ۶۵ وات
۳۵	۳۱۰۰	۸۹	لامپ بخار جیوه Hgl80w
۶۲	۵۰۰۰	۸۱	لامپ بخار سدیم Na60w

درخشندگی (تراکم نور)- نسبت شدت نور به سطحی که نوراز آن تابیده می شود را تراکم نور می نامند و با حرف (L) نمایش می دهند و واحد آن $\frac{cd}{cm_2}$ است واحد دیگری که برای درخشندگی نور مورد استفاده قرار میگیرد استلیب (stlib) که آنرا به اختصار با (sb) نمایش می دهند.

تعریف یک استیلیب عبارت از تراکم نوری است که منبعی با شدت نوریک (cd) با سطح مقطعی برابر $1cm^2$ بطور عمود می تاباند برای درخشندگی سطوح از واحد دیگری بنام آپواستلیب نیز استفاده می شود.

$1sb = 31400asb$

شدت روشنائی- شدت روشنائی یک سطح نشان می دهد که این سطح تا چه اندازه تحت تشعشع نورانی قرار گرفته و طبق تعریف: شدت روشنائی عبارت است از نسبت مقدار جریان نوری که بطور عمودی بر سطح مورد نظر می تابد. در جدول زیر تراکم نوری برای منابع نورهای مختلف نشان داده شده است.

منبع نور	درخشندگی $sb = \frac{cd}{cm^2}$
خورشید در ظهر	۱۶۰۰۰۰
خورشید در موقع طلوع آفتاب	۶۰۰
ماه	۰/۲۵
آسمان صاف در روز	۰/۸
آسمان ابری	۰/۲
شعله شمع	۱
رعد و برق	۸/۰۰۰/۰۰۰
شعله چراغ نفتی	۱/۲
لامپ فلوئورسنت ۴۰ وات	۰/۱-۳۵/۴
لامپ رشته‌ای (با تنگستن)	۰/۵۵
لامپ سدیم با فشار کم (۳۵- ۸وات)	۲۴۰۰-۷۰
لامپ سدیم با فشار زیاد و شیشه روغن	۱۰
لامپ متال با اندود فسفر	۲۶-۳
لامپ متال هالید با شیشه شفاف	۱۱۰-۴۷۰
لامپ مخلوط (جیوه‌ای-رشته‌ای)	۱۷-۹

شدت روشنائی را با (E) نمایش می دهند و مقدار آن در صورتیکه شار نوری بطور یکنواخت در سطح پخش شود برابر است با: و واحد آن لوکس می‌باشد. $E = \frac{\Phi}{A}$

یک لوکس عبارت است از شدت روشنائی که جریان نوری یک لومن در روی سطح یک متر مربع ایجاد می کند. در فرمول (E) شدت روشنائی ϕ جریان نوری و (A) سطحی که نور به آن تابیده شده می باشد.

پخش نور

نور منبع را معمولا به پنج شکل (بر حسب مورد ضرورت) میتوان پخش نمود:

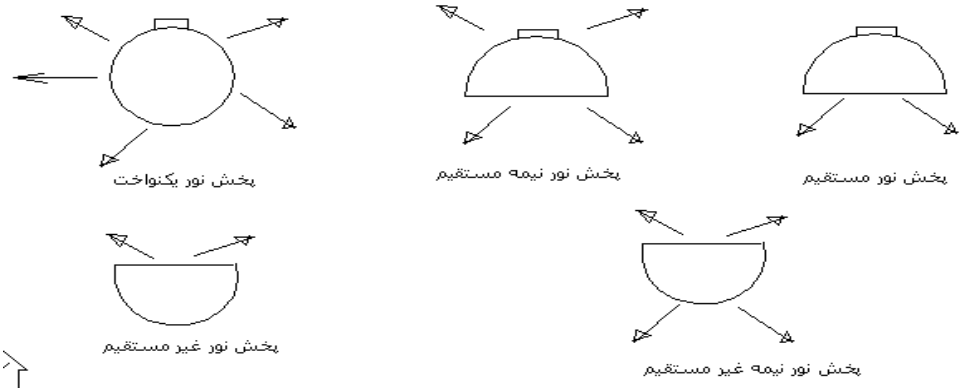
الف : پخش نور مستقیم- در این نوع پخش تقریباً تمامی نور (حدود ۱۰۰%- ۹۰%) بسمت پایین (سطح کار) یا جهت مشخص تابیده و قسمت کمی از آن (حدود ۱۰%- %) بسمت بالا می تابد. مورد استعمال این نوع پخش در جائی است که به نور متمرکز شده نیاز داشته باشیم مانند سوراخکاری با مته و یا در ماشینهای تراشکاری و نظایر آنها که نور بایدمستقیماً به قطعه کار بتابد.

ب: پخش نور نیمه مستقیم – در این نوع پخش قسمت کمتری از نور (حدود ۴۰%- ۱۰%) از منبع بالا و قسمت بیشتری از آن(حدود ۹۰%- ۶۰%) بسمت پائین تابانیده می شود. مانند بعضی ا زلامپهای فلورسنت که در محفظه شیشه‌ای قرار دارند. مورد استعمال این نوع پخش در اطاقهای کار، کلاسها، دفاتر و بانکها و نظائر آنها می باشد.

ج: پخش نور یکنواخت- در این روش توزیع نور از منبع بطور یکنواخت در تمامی جهات پخش می شود (حدود ۶۰%- ۴۰%) بالا و (حدود ۶۰%- ۴۰%) بسمت پائین. مورد استعمال این نوع توزیع برای کارهای معمولی و یا محوطه بکار میرود.

د: پخش نور نیمه غیرمستقیم – در این روش پخش قسمن بیشتری از نور بسمت بالا (حدود ۹۰%- ۶۰%) و قسمت کمتری بسمت پائین (حدود ۴۰%-۱۰%) از منبع نور تابیده می شود. مورد استعمال این نوع تابش در مهمانخانه‌ها و هتل‌ها و نظایر این ها می باشد.

ه: پخش نور غیر مستقیم – در این نوع پخش قسمت اعظم نور بسمت بالا (حدود ۱۰۰% - ۹۰%) و قسمت کمی از آن بسمت پائین (حدود ۱۰%- ۰%) تابیده می شود. مورد استعمال این نوع توزیع در دکوراسیون سینماها- ویترینها و از اینگونه کارها می باشد.



جدول شماره ۳ : مشخصات لامپهای فلوئورسنت، ترمراست فیلیپس.

نوع لامپ	طول (Cm)	قطر (mm)	رنگ	جریان نور Lm
TLAD ۱۰W	۴۶	۲۶	WW W CWx Day	۸۵۰ ۸۷۰ ۵۸۰ ۵۸۰
TLAD ۳۰ W	۹۲	۲۶	WW WWX W CWx Day	۲۰۵۰ ۱۲۵۰ ۲۱۵۰ ۱۴۰۰ ۱۴۰۰
T LA ۲۰ W	۶۱	۳۸	W WWx W CWx Day	۱۱۴۰ ۷۵۰ ۱۱۴۰ ۷۶۰ ۷۶۰
TLA ۳۰ W	۹۲	۳۸	WW WWx W CWx Day	۲۰۳۰ ۱۲۰۰ ۲۰۳۰ ۱۳۵۰ ۱۳۵۰
TLA ۴۰ W	۱۲۲	۳۸	WW WWx W CWx Day	۲۸۵۰ ۱۸۵۰ ۲۹۰۰ ۱۹۰۰ ۱۹۰۰

نوع لامپ	طول(C m)	قطر(m m)	رنگ	جریان نور Lm
TLAK ۴۰ W	۶۱	۳۸	WW WWx W C W x Day	۲۰۰۰ ۱۳۳۰ ۲۰۰۰ ۱۳۸۰ ۱۳۸۰
TL ۸۰W	۱۵۲	۳۸	W Day	۵۳۵۰ ۳۶۰۰
TLA۱۲۵W	۲۴۴	۳۸	W WWx W	۹۳۰۰ ۵۸۰۰ ۹۵۰۰

مشخصات شماره ۴: مشخصات لامپهای فلوئورسنت u شکل : فلیپیس

جریان نور	توان لامپ	رنگ
۷۲۰	۱۶	
۱۷۸۰	۴۰	Day ;ight
۸۲۰	۱۶	
۸۶۰	۲۰	
۲۱۰۰	۴۰	
۳۳۵۰	۶۵	White
۹۲۰	۱۶	
۹۷۰	۲۰	
۲۴۵۰	۴۰	Warm white
۴۰۰۰	۶۵	

جدول شماره ۵: لامپهای فلوئورسنت لوله گرد فیلیپس

جریان نور	توان لامپ (وات)	رنگ لامپ
۹۵۰	۲۲	
۱۵۵۰	۳۲	
۲۱۰۰	۴۰	Whit
۱۱۰۰	۲۲	
۱۹۰۰	۳۲	
۲۷۰۰	۴۰	Warm wite
۱۵۰۰	۳۲	
۲۱۵۰	۴۰	Warm white delux

مشخصات لامپ رشته‌ای

بهره نور	جریان نور Lm	توان الکتریکی لامپ (w)
۸/۲	۲۰۵	۲۵
۸/۱۲	۳۲۵	۴۰
۹/۶	۵۷۵	۶۰
۱۰/۴	۷۸۰	۷۵
۱۱/۵	۱۱۵۰	۱۰۰
۱۳/۱	۱۹۶۰	۱۵۰
۱۳/۶	۲۷۲۰	۲۰۰
۱۵/۹	۴۷۵۰	۳۰۰
۱۶/۹	۸۴۵۰	۵۰۰
۱۸	۱۳۵۰۰	۷۵۰
۱۸/۵	۱۸۵۰۰	۱۰۰۰
۱۸/۵	۲۷۷۰۰	۱۵۰۰

جدول شماره ۶

محاسبه روشنائی داخلی

مسائلی که در طرح روشنائی در نظر گرفته می شوند علاوه بر اجرای خواسته شده از جانب شفارش کننده عبارتند از: الف – اصول اقتصادی ب- اصول بهداشتی ج- اصول زیبایی

الف- اصول اقتصادی – در بررسی اصول اقتصادی طرح روشنائی نوع لامپ و نوع روشنائی مورد نظر است. در سیستم‌هائی که بیشتر به طرف سیستم مستقیم روشنائی تمایل دارند جنبه اقتصادی بیشتر در نظر گرفته می شود و تعداد لامپهای کمتری در اینگونه موارد لازم است ، بدین جهت اگر مسئله را فقط از جنبه اقتصادی بررسی نمائیم سیستم مستقیم اقتصادی ترین نوع روشنائی است. در رابطه باانتخاب نوع لامپ از نظر اقتصادی دو نوع هزینه مورد توجه است :

1- هزینه اولیه ۲- هزینه نگهداری و تعمیر

بعنوان مثال هزینه اولیه لامپهای فلورئوسنت از لامپهای رشته‌ای بیشتر در صورتی که عمر این لامپها بیشتر از رشته‌ای است و نگهداری هزینه کمتری دارد. علاوه بر آن بهره نوری لامپ فلوئورسنت در مقایسه با لامپ رشته‌ای خیلی بیشتر است.

ب- اصول بهداشتی – یک طرح روشنائی هنگامی مورد قبول است که اصول بهداشتی در مورد آن رعایت شده باشد. در مرحله اول بایستی نور تولید شده یکنواخت باشد تاخیرگی برای چشم ایجاد نشود و از ایجاد سایه‌های مزاحم جلوگیری شود. در مرحله بعدی باید روشنائی کافی بوده و تا حد امکان به نور روز نزدیک باشد، در طراحی و محاسبه روشنائی بایستی دو عامل اقتصادی و بهداشتی تواماً در نظر گرفته شود.

ج- اصول زیبایی – در رعایت اصول زیبایی بایستی شکل لامپ و محل لامپها و چگونگی قرار دادن آنها و فواصل لامپها از یکدیگر و نیز معماری محل مورد نظر قرار گیرد و هماهنگی لازم بین آنها وجود داشته باشد. این جنبه نیز با در نظر گرفتن اصول اقتصادی و بهداشتی بایستی بررسی شود.

انواع طرحهای روشنائی

برای طرح روشنائی با توجه به محل وهدف یکی از دو نوع روشنائی زیر باید انتخاب نمود:

1- روشنائی عمومی

2- روشنائی عمومی – موضعی

در روشنائی عمومی محیط کار بطور یکنواخت روشن شده و در آن سایه کمتر بوده و بهداشتی تر است مانند روشنائی کلاس درس – اطاق نشمین . در حالیکه در روشنائی عمومی – موضعی ، سطح کار نسبت به بقیه محیط از روشنائی بیشتری برخودار است. در این روشنائی گرچه باعث خستگی چشم می‌شود، اقتصادی تر می باشد. مانند روشنائی کلاس رسم، کارگاه تراشکاری، کارگاه خیاطی ونظایر این ها.

در محاسبه روشنائی داخلی مراحل ذیل باید بترتیب رعایت گردد:

1- الف- تعیین شدت روشنائی مناسب
2- ب- انتخاب نوع روشنائی (عمومی یا عمومی – موضعی)
3- ج- انتخاب سیستم روشنائی
4- د- انتخاب نوع لامپها و نوع حباب آن
5- ه- انتخاب ضریب آلودگی

6- و- تعیین و محاسبه ضریب فنها

7- ز- مشخص نمودن وضع و رنگ سقف و دیوارها

۸- ح- تعیین ضریب بهره روشنائی

9 ط-محاسبه جریان نوری کامل

10 ی- تعیین فاصله حباب یا لامپها و تعداد لامپها

۱۱- ک-تعیین و محاسبه روشنائی موضعی در صورت نیاز

الف- تعیین شدت روشنائی مناسب- تعیین میزان شدت روشنائی با توجه به جداولی که در ذیل صفحات بعد داده می شود به دست می‌آید که این جداول در تابعیت از کاری که در فضای مورد نظر انجام می گیرد عملی می گردد. شدت روشنائی برای مصارف مختلف به شرح زیر است :

جدول شماره ۷

نوع کار	روشنائی عمومی + روشنائی اضافی		روشنائی عمومی
کار خشن	-	-	۶۰تا۳۰
کار نیمه دقیق	۲۰-۴۰	۱۵۰-۳۰۰	۸۰-۱۵۰
کار دقیق	۴۰-۸۰	۳۰۰-۵۰۰	۱۵۰-۳۰۰
کار خیلی دقیق	۸۰-۱۵۰	۱۰۰	۳۰۰به بالا

روشنائی محل کار (موضعی) از تک چراغ (رومیزی غیره) از لامپهای ۶۰ تا ۱۰۰ وات استفاده می شود.

کارخشن: ریخته‌گری ، شیشه‌گری ، حدید سیم‌ها ، آهنگری ، آجرپزی ، چرم‌سازی ، میدان ورزش ، اجتماعات و غیره.

کار نیمه دقیق : قالبگیری (ریخته‌گری) و پرس کردن، اره کردن و رنده کردن چوب ، فرزکردن، کارخانجات مواد غذائی، کاغذسازی، سالن ورزش و تخته سیاه و غیره

کار دقیق: تراشکاری مونتاژ، صیقل چوب، بافندگی، رنگرزی، برش لباس، خیاطی، و ماشین نویسی، کارهای خواندن و نوشتن، کلاس درس، آمفی‌تئاتر، کتابخانه، اطاق مطالعه، آزمایشگاهها، کارگاه کاردستی.

کار خیلی دقیق: گراورسازی . ساعت‌سازی ، کارهای مکانیکی ظریف، تهیه شیشه‌های عینک، دوخت پارچه‌های تیره، حروف چینی با دست، نقشه‌کشی، میز آزمایش.

شدت روشنائی برای منزل و محل سکونت

ورودی، پلکان، گاراژ،مستراح،اطاق خواب ۴۰ تا ۸۰ لوکس.

آشپزخانه، ناهار خوری،اتاق نشیمن، حمام ۵۰ تا ۸۰ لوکس.

اطاق کار با کار دقیق مثل خیاطی و خواندن ونوشتن، رفو کردن و اتو کردن ۱۵۰ تا ۳۰۰ لوکس. در محاسبه روشنائی فنی برای تعیین حداقل شدت روشنائی که اقتصادی‌تر است میتوان از جدول شماره ۸ استفاده کرد در مواردیکه شدت روشنایی از ۱۵۰لوکس به بالا باشد از روشنائی عمومی و موضعی استفاده می شود.

در اتاق پذیرایی مبلمان شده محاسبه روشنائی عمومی انجام نمی گیرد و با تمرکز دادن نور توسط لوسترها روشنائی مورد نیاز ایجادمی شود.

ب- تعیین نوع روشنائی- در یک طرح روشنائی بایستی تعیین گردد که آیا تنها یک روشنائی عمومی باید داده شود یا در کنار روشنائی عمومی ، روشنائی موضعی نیز مورد نظر است. در طرح روشنائی باید از تمام امکانات برای یکنواختی روشنائی و سایه‌اندازی مناسب استفاده نمود.
روشنائی عمومی دارای یکنواختی بیشتری بوده اما متضمن تحمل مخارج بیشتری است بایستی در نظر گرفت که روشنائی موضعی بدون روشنائی عمومی جایز نیست.
انتخاب سیستم روشنائی – با توجه به نوع کار از نظر دقت مقدار روشنائی سایه‌اندازی ارتفاع نصب ارتفاع محل کار جنبه اقتصادی جنبه بهداشتی و جنبه زیبایی باید سیستم روشنائی مورد نیاز استفاده نمود.
د- انتخاب نوع لامپ ونوع حباب آن – با استفاده از جدول ۱۰ که جدول ضریب بهره لامپ ها است با توجه به پخش نور و در نظر گرفتن محلی که می خواهیم روشن نمائیم و رعایت جنبه اقتصادی می توان لامپ و حباب آنرا انتخاب نمود.

جدول شماره ۸: حداقل شدت روشنائی بر حسب لوکس

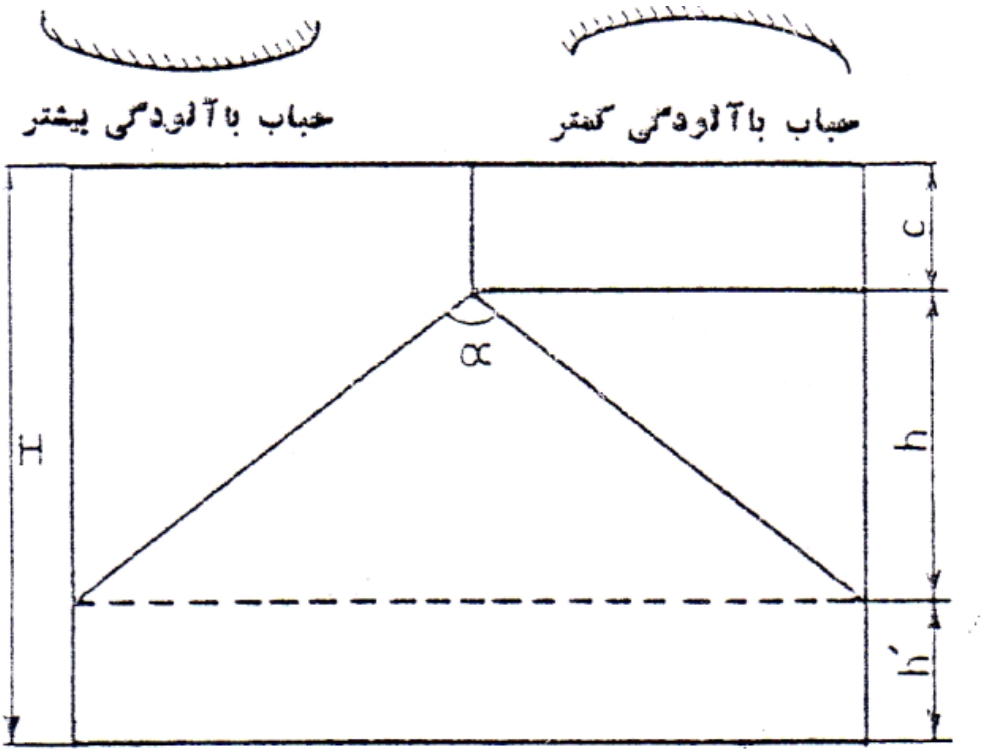
روشنائی بسیار کم ۳۰LX	دالان- انبار- زیرزمین- راهرو – مستراح
روشنائی کم ۶۰lx	پلکان – انبار فروشگاهها- گاراژ – اطاق شستو و مستراح حمام – چدن ریزی- سیمان‌سازی- آهنگری
روشنائی متوسط۱۲۰lx	اطاق نشیمن – اطاق فرمان – آشپزخانه- اطاق انتظار- اطاق پانسمان- کلاسها – سالن ورزشی – حسابداری- ماشین نویسی- اطاق رسم – اطاق خیاطی- اطاق معاینه – آزمایشگاه- داروخانه سالن فروشگاههای بزرگ
روشنائی بسیار زیاد ۱۰۰LX	کارهای مکانیکی ظریف- ساعتسازی- مونتاژ وسائل اندازه‌گیری – فیوزسازی- سیم پیچی بوبینها- اطاق تشریح آزمایشگاه فیزیک و شیمی
روشنائی فوق‌العاده ۲۰۰۰LX	طلاسازی- نقره‌سازی و حکاکی- اطاق عمل- سنگ زدن جواهرات

ه- انتخاب ضریب آلودگی – پس از مدتی که لامپها دیگر نو نیستند سقف، دیوارها و حباب گردآلودند و ضریب انعکاس و ضریب عبور تفاوت می کند ، برای اینکه شدت روشنائی خواسته شده را داشته باشیم بایستی ضریبی به نام ضریب آلودگی در نظر بگیریم که با MF نشان می دهیم.

مقادیر کوچکتر برای آلودگی زیاد و مقادیربزرگتر برای آلودگی کم و محل های پاکیزه می باشد. بطور کلی در مورد ضریب آلودگی سه عامل را باید در نظر گرفت :

1- آلودگی لامپ و فرسودگی آن
2- آلودگی حباب
3- آلودگی محیط (تمیز- متوسط- کثیف)

و- تعیین و محاسبه ضریب فضا – در شکل روبرو همانطور که نشان داده شده است:



ارتفاع اویز لامپ با C

ارتفاع سطح کار با h'

ارتفاع مفید با h

ارتفاع کل با H

طول با I

و عرض با W مشخص گردیده است

هرچه زاویه α بزرگتر باشد نور مستقیم بیشتربوده و تلفات کمتری خواهیم داشت. بنابراین با تغییر ارتفاع سطح کار و نوع روشنائی زاویه α تغییر نموده و تلفات روشنائی تغییر می‌نماید با انتخاب ضریبی به نام ضریب فضا که بتواند در تعیین ضریب بهره روشنائی نقش ایفانماید این تغییرات در نظر گرفته می شود.

هرچه ارتفاع مفید و (h) کمتر زاویه α بزرگتر و ضریب فضا افزایش می یابد.
در محاسبه روشنائی عمومی بطور کلی سطح کار در ارتفاع کمتر از یک متر در نظر گرفته می شود.
در موارد استثنائی مانندکارگاه چدن ریزی و نظایر آن که عوامل سطح کار کف کارگاه خواهد بود عمدتاً ضریب فضا به عوامل ذیل بستگی دارد:

1- ارتفاع نصب(Ch)
2- سطح کار (w.i)
3- نوع روشنائی

با توجه به سیستم روشنائی در فرمول تجربی زیر در محاسبات مورد استفاده قرار گیرد:
در روشنائی مستقیم ونیمه مستقیم یکنواخت فرمول

$$\alpha = \frac{2w + l}{4h}$$

و در روشنائی غیر مستقیم و نیمه غیر مستقیم، فرمول

$$\sigma = \frac{2w + L}{4h}$$

مشخص نمودن وضع و رنگ سقف و دیوارها :

ضریب بهره روشنائی با ضرایب انعکاس سقف و دیوارها نسبت مستقیم دارد. هرچه ضریب انعکاس بیشتر باشد(روشن تر) ضریب بهره بیشتر بوده و جریان نوری کمتری لازم داریم. برای بدست آوردن ضریب بهره روشنائی ضرائب انعکاس سقف و دیوارها معلوم باشد. در طراحی روشنائی بایستی سقف را روشن تر از دیوارها و دیوارها را روشن تر از کف در نظر گرفت.

ح- تعیین ضریب بهره روشنائی – با محاسبه ضریب فضا و داشتن نوع حباب و ضرایب انعکاس سقف دیوارها از جدول ۱۰ استفاده کرد و ضریب بهره روشنائی را تعیین می نمائیم. جدول ۱۰ در مواردی است که ضریب انعکاس کف ۱۰% (رنگ کف تیره) باشد در صورتیکه ضریب انعکاس کف ۳۰% (رنگ کف روشن) باشد از جدول ۱۱ ضریبی بدست می‌آید که باید در ضریب بهره استخراج شده از جدول ۱۰ ضرب نمود.

ط- محاسبه جریان نور- جریان نوری که با توجه به روشنائی مورد نیاز لازم است از رابطه زیر بدست می‌آید :

$$\Phi = \frac{E.A}{\eta.MF}$$

Φ جریان کل نوری برحسب لومن
E شدت روشنائی بر حسب لوکس LX
η ضریب بهر روشنائی
A سطح کار روشن شده بر حسب متر مربع (M^2)
MF ضریب آلودگی و فرسودگی می‌باشد

جدول شماره ۹ : ضریب انعکاس اجسام و رنگهای مختلف در برابر نور سفید

نوع جسم یا رنگ	درصد ضریب انعکاس	نوع جسم یا رنگ	درصد ضریب انعکاس
آلومینیم پرداخت شده	۸۵ – ۶۵	کاشی سفید	۸۷ – ۷۵
آلومینیم کدر	۶۰ – ۵۵	شیشه روشن	۸ – ۶
برنج صیقلی شده	۶۰	شیشه موجدار	۱۵ – ۵
» کـــدر	۵۴	آینه با اندود نقره	۹۳ – ۸۸
فولاد	۵۵	رنگ سبزتیره– قهوه‌ای‌تیره	۲۰ – ۱۰
ورق حلبی	۷۰	رنگ سبز روشن	۶۵ – ۴۵
نیکل پرداخت شده	۶۳ – ۵۳	رنگ قهوه‌ای مایل به زرد	۵۰ – ۳۰
نیکل تیره (کدر)	۵۰	زرد کمرنگ	۵۵ – ۴۵
روی صیقلی	۵۵	رنگ زرد روشن	۷۰ – ۵۰
گرانیت (سنگ خارا)	۲۵ – ۱۰	رنگ قرمز تیره	۲۰ – ۱۰
بتن	۵۰ – ۱۰	رنگ قرمز روشن	۵۰ – ۲۰
اسفالت با اندود قیر	۱۵ – ۸	رنگ آبی دریائی	۵۰ – ۱۰
آجر	۳۰ – ۱۰	رنگ آبی آسمانی	۴۵ – ۳۵
سنگ مرمر سفید	۸۵ – ۶۰	رنگ خاکستری	۵۰ – ۴۵
ملاط ساروج تیره	۳۰ – ۲۰	رنگ خاکستری تیره	۱۵ – ۱۰
ملاط ساروج روشن	۵۰ – ۴۰	رنگ سفید	۹۰ – ۷۰

ی- تعداد لامپها – برای بدست آوردن تعداد لامپها میتوان به دو روش عمل نمود:

روش اول

الف- تعیین فاصله (حباب یا لامپ) و تعداد لامپها – در تقسیم چراغها باید با دقت نمودکه روشنائی یکنواخت باشد. از روی زاویه پراکندگی چراغ و ارتفاع چراغها فاصله آن‌ها بدست می‌آید . در روشنائی غیرمستقیم، در تقسیم چراغها بایستی محل کار، ماشینها و وضعیت سقف و دیوارها را در نظر گرفت، در هر صورت باید کاری کرد که تقسیم چراغ ها قرینه باشد.

عموماً فاصله چراغها یک تا دو برابر ارتفاع نقطه نورانی از سطح کار می‌باشد. $a = (1-1/5)h$

در صورتی که لامپهای رشته‌ای انتخاب گردد باید از رابطه:

$$a = (1-1/5)h$$

و در صورتی که لامپهای فلورئوسنت انتخاب شود باید از رابطه:

$$a = (/06\times 1/2)h$$

استفاده شود.

ب- جریان نور لامپ- پس از محاسبه جریان نور کل و تعداد حبابها جریان نور هر لامپ محاسبه می‌شود

$$n = n.n \quad \Phi_n = \frac{\Phi}{\mathrm{N}}$$

n تعداد حبابها

n تعداد لامپ در هر حباب

n تعداد کل لامپها

ϕ_n جریان نور در هرلامپ

ϕ جریان نور کلی

ج- محاسبه توان لامپها- با بدست آمدن جریان نور هر لامپ می توان با استفاده از جدول جریان نور لامپهای مورد نظر توان هر لامپ را تعیین نمود.

تذکر : در صورتی که جریان نوری محاسبه شده برای هر لامپ با جریان نوری لامپهای استاندارد یکی نباشد ناچاریم لامپی راکه جریان نوری آن به مقدار محاسبه شده نزدیک تر است انتخاب نمائیم، مشروط بر اینکه خطای جریان نوری حاصل از این انتخاب بیشتر از $\pm 10\%$ نباشد.

روش دوم

الف- ابتدا نوع لامپ را بسته به شکل و اندازه حباب انتخاب نموده و از جدول ۳و۴و۵و۶ومقدار جریان نوری (Φ_n) آنرا تعیین میکنیم.

ب- با داشتن جریان نوری کل (Φ) تعداد کل لامپها (N) را با توجه به فرمول زیر محاسبه مینمائیم:

$$N = \frac{\Phi}{\Phi_N}$$

ج- با توجه به تعداد لامپی که در هر حباب قرار گی تعداد حبابها را محاسبه کنیم.

د- حبابها را بطریقی که پخش نور یکنواخت باشد روی سقف تفسیم می کنیم، در صورتی که فاصله حبابها از دو برابر ارتفاع نورانی تا سطح کار بیشتر باشد نوع لامپ انتخابی مناسب نیست و بایستی از جدول ، لامپ دیگری که جریان نوری آن کمتر است انتخاب شود تا با زیاد شدن تعداد لامپها، پخش نور یکنواخت گردد.

تذکر: در صوتیکه تعداد حبابها به اندازه‌ای باشد که نصب قرینه آن ها امکان پذیر نباشد، باید تعداد آنها را کم و زیاد نمود، بشرط آنکه خطای جریان نوری حاصل از این انتخاب از ۱۰% بیشتر نباشد.

ک- تعیین و محاسبه روشنائی موضعی: در محاسبه روشنائی موضعی باید دقت نمود سطح واقعی کار به جای A قرار داده شود.

$$\phi = \frac{E.A}{\eta.MF}$$

بعنوان مثال در نقشه کشی سطح واقعی کار سطح میز نقشه‌کشی و در اطاق عمل، تخت عمل سطح واقعی کار می‌باشد. در روشنائی موضعی میتوان مخرج ($\eta.MF$) را بین ۰/۶ تا ۰/۷ انتخاب نمود. نکته‌ای که در

روشنائی موضعی مورد توجه است این است که اولاً با نور عمومی بکار برده شود و ثانیاً مقدار نور عمومی کمتر باشد.

مثال ۱: دفتر کاریک تجارتخانه به ابعاد ۹/۶* ۶/۲ متر و با ارتفاع ۴متر دارای سقف و دیوارهای با رنگ روشن می‌باشد می خواهیم این دفتر را با روشنائی عمومی طراحی نمائیم . تعیین کنید روشنائی لازم و تعداد توان و فاصله لامپها در دو حالت زیر:

الف- با لامپ فلوئورسنت گرد

ب- با لامپ فلوئورسنت لوله‌های راست

حل: با توجه به جدول (۱۰) ضریب انعکاس سقف ۷۰% و ضریب انعکاس دیوارها ۵۰% می باشد.

کار دفتر دقیق بوده و شدت روشنائی ۲۰۰-۱۵۰ لوکس و سیستم پخش نیمه مستقیم را برای آن انتخاب می کنیم.

الف- حباب انتخاب شده در این قسمت با توجه به گرد بودن لامپ فلوئورسنت میتواند حباب جدول (۱-۱۰) باشد که داخل آن لامپهای گرد فلوئورسنت با توانهای۲۲-۳۲ و ۴۰وات قرار گیرد. ارتفاع آویز لامپ C =0 و ارتفاع سطح کار از زمین یک متر است.

ارتفاع مفید $h = H - (h + c)1 = 4 - (1 + 0) = 3[M]$

$$\frac{2W + L}{6h} = \frac{2 \times 6/2 + 9/6}{6 \times 3} = 1/22$$

چون ضریب فضای بدست آمده در جدول موجود نیست لذا جهت بدست آوردن ضریب بهره دقیق بترتیب زیر عمل می گردد:

$$\mu_1 = /032 \; \sigma = 1 \frac{10-1}{}$$

$$\eta_2 = /035 \; \sigma = 1/25 \frac{10-1}{}$$

$$\Delta\sigma = \sigma_2 - \sigma_1 = 1/25 - 1 = /025$$

$$\Delta\eta = \eta_2 - \eta_1 = /035 - /032 = \%3$$

$$\Delta\sigma \; \Delta\eta$$

$$x = \frac{/022 \times \%3}{/025} = \%26$$

$$\mu = \eta_1 + x = /032_ + \%26 = /0346$$

ضریب بهره روشنائی

چون محیط کار دفتر نستاً تمیز است پس MF=/07 می باشد.

با استفاده از جدول ۵ داریم:

$$\phi = \frac{E.A}{\eta.MF} = \frac{150 \times 6/2 \times 9/6}{/0346 \times /07} = 3686[LM]$$

۲۲W ۹۵۰LM لامپهای گرد فلوئورسنت

۳۲W ۱۵۵۰» سفید

۴۰W ۲۱۰۰»

اگر از لامپهای۴۰وات استفاده کنیم تعداد لامپها برابر است با:

تعداد کل لامپها $n = \frac{\Phi}{\Phi_n} = \frac{36860}{2100} = 17/5$

بنابراین میتوان با توجه به تعداد بدست آمده و نحوه قرار دادن لامپها ۱۸ لامپ ۴۰W وات را در طرح بکار برد.

با توجه به ابعاد دفتر برای پخش یکنواخت نور بهتر است حبابها در سه ردیف ۶ تائی شکل نصب گردند:

با توجه به شکل $2a = \frac{L}{6} = \frac{9/6}{6} = 1/6[M]$

$$2b = \frac{W}{3} = \frac{6/2}{3} = 2/07[M]$$

$$b = \frac{2b}{2} = \frac{2/07}{2} = 1/035[m]$$

$$a = \frac{2a}{2} = \frac{1/6}{2} = /08[m]$$

$$\Phi = \eta.\Phi n = 18 \times 2100 = 37800lm$$

$$\frac{\phi - \phi}{\phi} \times 100 = \frac{36860 - 37800}{36860}$$

چون مقدار خطای بدست آمده کمتر از $\pm 10\%$ است پس: طرح فوق مورد قبول می‌باشد.

توان مصرفی برابر است با :

$$p = npn = 18 \times 4 = 720w$$

ب- طرح فوق را می توان با لامپهای فلوئور سنت لوله راست انجام داد در اینصورت حباب انتخاب شده حباب حدول شماره (۲-۱۰) است که داخل آن می توان ۲یل ا ۴ لامپ فلوئوسنت لوله راست قرار داد.

$$\sigma = 1/22$$

$$\sigma_1 = 1\frac{10-2}{jadval} = \eta_1 = /026$$

$$\sigma_2 = 1/25\frac{10-2}{jadval}\eta_2 = /030$$

$$\Delta\sigma = \sigma_2 - \sigma_1 = 1/25 - 1 = /025$$

$$\Delta\eta = \eta_2 - \eta_1 = /03 - /026 = \%4$$

$$\Delta\sigma \; \Delta\eta$$

% ۴ ۰/۲۵

/022 $x = \%035$

$\eta = \eta_1 + x = /026 + \%035$

چون محیط تمیز است $mf = /070$

$$\phi = \frac{E.A}{\eta.MF} = \frac{150 \times 6/2 \times 9/6}{/029 \times /07} = 43235[LM]$$

برای اینکه تعداد حبابها زوج شده و بتوان در دو ردیف آنرا تقسیم نمود تعداد لامپها را شانزده عدد انتخاب می نمائیم که بتوان در هشت حباب جای داده و مطابق شکل آنرا روی سقف نصب نمود.

مثال ۲: کلاس یک مدرسه دارای طول ۱۲متر ، عرض ۶متر وارتفاع ۳/۶ متر می باشد. ضریب انعکاس رنگ سقف، دیوارها و کف بترتیب ۷۰% ۵۰% ۳۰% است.

مطلوبست محاسبه تعداد و نوع لامپهای مورد نیاز این کلاس.

حل: الف- کار کلاس دقیق بوده ومی توان با مراجعه به جدول ۸ مقدار شدت روشنائی را E=250LX انتخاب نمواد

ب- برای کلاس، سیستم روشنائی نیمه مستقیم مناسب است و با توجه به شکل کلاس در اینجا میتوان حباب را که دو لامپ فلوئورسنت ۴۰ وات لوله است در آن جای می گیرد انتخاب نمود.

ج- بخاطر تحریک زیاد دانش‌آموزان آلودگی محیط را متوسط در نظر می گیریم و با استفاده از جدول مشخصات حباب انتخاب شده ضریب آلورگی MF=%65 بدست می آید.

د- با توجه به اینکه حباب ها برروی سقف نصب می شوند و ارتفاع سطح کار را از زمین می توان حدود ۰/۶ متر در نظر گرفت ضریب فضا را محاسبه می کنیم.

ه- برای تعیین ضریب بهره روشنائی با توجه به اینکه ضریب فضای آمده در جدول نیست به طریق زیر عمل می کنیم:

ضریب بهره محاسبه شده برای حالتی است که $P_F = \%10$ باشد با توجه به اینکه در اینجا $P_F = \%30$ از جدول ۱۱ ضریب K=1//06 بدست می آید تا در ضریب بهره فوق ضرب شود.

ز: با توجه به جدول ۳ جریان نوری هر لامپ فلوئورسنت نوع WW(لامپ سفید رنگ مایل به نور لامپهای رشته‌ای) ۴۰ وات لوله راست ۲۸۵۰ لومن می باشد. بدین ترتیب تعداد لامپهای مورد نیاز محاسبه می شود. و با توجه به این که در هرحباب دو لامپ جای می گیرد تعداد حباب ها محاسبه می گردد. که می توان تعداد حبابها را ۱۰ عدد اختیار نمود. در این صورت تعداد لامپها ۲۰ عدد و خطای جریان نوری از ۱۰% کمتر خواهد بود.

ح: حال می توان حبابها را مطابق شکل روی سقف نصب نمود. با توجه به اینکه فاصله حبابها از ۳ متر کمتر می باشد پخش نور نیز یکنواخت خواهد بود.

مثال۳: مطلوبست محاسبه تعداد و نوع لامپهای مورد نیاز یک اطاق پذیرائی بابعاد ۶*۳/۵ و بارتفاع ۳متر در صورتیکه رنگ سفید با ضریب انعکاس ۸۰% رنگ دیوارها نیلی با ضریب انعکاس ۳۰% و رنگ تیره با ضریب انعکاس ۱۰% باشد.

حل- الف – مقدار شدت روشنائی لازم جهت اطاق پذیرایی بین ۵۰ تا ۸۰ لوکس است که می‌توان مقدار آنرا ۶۰LX انتخاب نمود.

ب- برای اطاق پذیرایی بهتر است از لامپ رشته‌ای استفاده شود. بدین منظور می‌توان لوستر موجود در جداول ۴-۱۰ را که سیستم پخش نور آن یکنواخت می‌باشد انتخاب نمود.

ج- چون محیط اطاق پذیرایی تمیز می‌باشد با استفاده از مشخصات لوستر انتخاب شده ضریب آلودگی محیط MF=/08 بدست می‌آید.

د- با توجه باینکه لوستر از سقف آویزان می‌شود ارتفاع آویز در حدود ۶۰ سانتیمتر و چون معمولاً در اطاق پذیرایی از میزهای کوتاه استفاده می‌شود ارتفاع سطح کار از زمین نیز حدود ۴۰ سانتیمتر می‌باشد. حال می‌توان ضریب فضا را محاسبه نمود.

$$h = H - (h + c) = 3 - (0/4 + 0/6) = 2m$$

$$\sigma = \frac{2W + L}{6h} = \frac{2*3/5 + 6}{6*2} = \frac{13}{12} = 1/08$$

ز- تعیین فاصله چراغها و تعداد آن ها – در اینجا با در نظر گرفتن پخش یکنواخت نور و همچنین مسائل زیبایی با توجه به ابعاد اطاق بهتر است مطابق شکل زیر دو لوستر را از سقف آویزان نمود.

ح- تعیین جریان نور هرلامپ- چناچه لوسترها سه شاخه در نظر گرفته شوند تعداد کل لامپها ۶ عدد می شود که می‌توان جریان نوری هر کدام را محاسبه نمود.

$$\partial_1 = 1\frac{10-4}{}\eta_1 = 0/22$$

$$\partial_2 = 1/25\frac{10-4}{}\eta_2 = 0/27$$

ط- تعیین توان لامپها – با بدست آمدن جریان نور هر لامپ با مراجعه به جدول ۶ لامپ رشته‌ای ۱۰۰ را که جریان نوری آن ۱۱۵۰ لومن است انتخاب می نمائیم.

تذکر: توجه داشته باشید که بنابر سلیقه میتوان لوستری با شاخه‌های بیشتر انتخاب نمود، در این صورت با اضافه شدن لامپ قدرت آنها کم می شود.

ضمناً در این مورد می توان از لوسترهای دیوار کوب نیز استفاده نمود.

تمرین

1- در محل قرار گرفتن، تعداد و نوع لامپهای مورد استفاده در یک اطاق نشیمن به ابعاد ۶*۴ و ارتفاع ۳ متر را معین کنید بطوریکه رنگ سقف سفید و دیوارها برنگ مغز پسته‌ای بوده و کف اطاق با فرش قرمز تیره پوشیده شده است.

2- معین کنید محل قرار گرفتن، تعداد ونوع لامپهای موردنیاز هال یک خانه را که ضریب انعکاس رنگ سقف، دیوارها و کف آن بترتیب ۷۰% ۵۰% ۱۰% بوده و دارای ۵متر طول و ۴ متر عرض و ۳متر ارتفاع باشد.

3- روشنائی یک کارگاه صحافی با مشخصات زیر را طراحی نمائید:

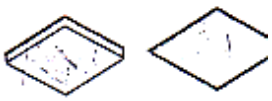
طول کارگاه ۲۵ متر، عرض آن ۱۲متر، ارتفاع آن۵ متر ۰سقف شیروانی، ارتفاع سطح کار از زمین ۰/۸ متر، دیوارها سیمان خاکستری و کف کارگاه تیره.

تذکر: دستگاه کاغذبری احتیاج به نور موضعی دارد.

4- نوع و تعداد لامپهای مورد نیاز یک کارگاه ریخته‌گری کوچک بابعاد ۱۰*۶ و ارتفاع ۶متر را تعیین نمائید.

جدول شماره ۱-۱۰

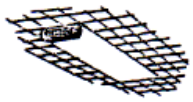
تیره ۳۰			نیمه روشن ۵۰			روشن ۷۰			ضریب سقف
تیره ۱۰	نیمه‌روشن ۳۰	روشن ۵۰	تیره ۱۰	نیمه روشن ۳۰	روشن ۵۰	تیره ۱۰	نیمه‌روشن ۳۰	روشن ۵۰	ضریب دیوارها
ضریب بهره روشنائی			ضریب بهره روشنائی			ضریب بهره روشنائی			ضریب فضا
۰/۱۶	۰/۱۸	۰/۲	۰/۱۶	۰/۱۸	۰/۲۱	۰/۱۶	۰/۱۸	۰/۲۱	۰/۶
۰/۲۲	۰/۲۴	۰/۲۶	۰/۲۲	۰/۲۴	۰/۲۷	۰/۲۲	۰/۲۴	۰/۲۹	۰/۸
۰/۲۶	۰/۲۸	۰/۳	۰/۲۶	۰/۲۸	۰/۳۱	۰/۲۶	۰/۲۹	۰/۳۲	۱
۰/۲۸	۰/۳	۰/۳۲	۰/۲۹	۰/۳۱	۰/۳۴	۰/۲۹	۰/۳۲	۰/۳۵	۱/۲۵
۰/۳	۰/۳۲	۰/۳۴	۰/۳۱	۰/۳۳	۰/۳۶	۳۱	۳۳	۳۷	۱/۵
۰/۳۴	۰/۳۶	۰/۳۸	۰/۳۴	۰/۳۷	۰/۳۹	۰/۳۵	۰/۳۷	۰/۴۱	۲
۰/۳۷	۰/۳۸	۰/۴	۰/۳۷	۰/۳۹	۰/۴۲	۰/۳۸	۰/۴	۰/۴۳	۲/۵
۰/۳۹	۰/۴	۰/۴۲	۰/۴	۰/۴۱	۰/۴۴	۰/۴	۰/۴۲	۰/۴۵	۳
۰/۴۱	۰/۴۲	۰/۴۳	۰/۴۲	۰/۴۴	۰/۴۶	۰/۴۳	۰/۴۴	۰/۴۷	۴
۰/۴۳	۰/۴۴	۰/۴۶	۰/۴۴	۰/۴۶	۰/۴۷	۰/۴۵	۰/۴۶	۰/۴۹	۵



ضریب آلودگی: ۷۰٪ محیط تمیز ۶۵٪ محیط متوسط ۵۵٪ محیط کثیف

جدول شماره ۲-۱۰

ضریب سقف	۸۰	۷۰	۵۰	۳۰	۰
ضریب دیوارها	۵۰ ۳۰ ۱۰	۵۰ ۳۰ ۱۰	۵۰ ۳۰ ۱۰	۵۰ ۴۰ ۱۰	۰
ضریب فضا	ضریب بهره روشنائی				
۰/۶	۰/۱۸ ۰/۱۴ ۰/۱۱	۰/۱۷ ۰/۱۴ ۰/۱۱	۰/۱۷ ۰/۱۳ ۰/۱۱	۰/۱۳ ۰/۱۱	۰/۹
۰/۸	۰/۲۳ ۰/۱۹ ۰/۱۶	۰/۲۲ ۰/۱۰ ۰/۱۶	۰/۲۲ ۰/۱۸ ۰/۱۵	۰/۱۷ ۰/۱۵	۰/۱۳
۱	۰/۲۷ ۰/۲۳ ۰/۲۰	۰/۲۶ ۰/۲۲ ۰/۲۰	۰/۲۵ ۰/۲۱ ۰/۱۹	۰/۲۰ ۰/۱۸	۰/۱۶
۱/۲۵	۰/۳۱ ۰/۲۷ ۰/۲۴	۰/۳۰ ۰/۲۶ ۰/۲۳	۰/۲۵ ۰/۲۲ ۰/۱۸	۰/۲۸ ۰/۲۱	۰/۱۵
۱/۵	۰/۳۴ ۰/۳۰ ۰/۲۷	۰/۳۳ ۰/۲۹ ۰/۲۵	۰/۳۰ ۰/۲۷ ۰/۲۵	۰/۲۵ ۰/۲۳	۰/۲۱
۲	۰/۳۸ ۰/۳۱ ۰/۳۱	۰/۳۷ ۰/۳۳ ۰/۳۱	۰/۳۱ ۰/۳۱ ۰/۳۰	۰/۲۹ ۰/۲۷	۰/۲۴
۲/۵	۰/۴۰ ۰/۳۷ ۰/۳۳	۰/۳۹ ۰/۳۶ ۰/۳۳	۰/۳۶ ۰/۳۳ ۰/۳۲	۰/۳۱ ۰/۳۰	۰/۲۵
۳	۰/۴۲ ۰/۳۹ ۰/۳۶	۰/۴۰ ۰/۳۸ ۰/۳۵	۰/۳۷ ۰/۳۵ ۰/۳۴	۰/۳۳ ۰/۳۱	۰/۲۹
۴	۰/۴۵ ۰/۴۱ ۰/۳۹	۰/۴۳ ۰/۴۰ ۰/۳۸	۰/۴۰ ۰/۳۷ ۰/۳۶	۰/۳۵ ۰/۳۳	۰/۳۰
۵	۰/۴۶ ۰/۴۴ ۰/۴۲	۰/۴۵ ۰/۴۳ ۰/۴۰	۰/۴۲ ۰/۴۰۰/۳۸	۰/۳۷ ۰/۳۶	۰/۳۲



ضریب آلودگی: محیط تمیز : ۷۰٪

محیط متوسط : ۶۵٪ محیط بد : ۵۵٪

جدول شماره ۳-۱۰

ضریب سقف	۸۰			۷۰			۵۰			۳۰		۰
ضریب دیوارها	۵۰	۳۰	۱۰	۵۰	۳۰	۱۰	۵۰	۳۰	۱۰	۳۰	۱۰	۰
ضریب فضا	ضریب بهره روشنائی											
۰/۶	۰/۳۱	۰/۲۷	۰/۲۴	۰/۳۱	۰/۲۷	۰/۲۲	۰/۳۰	۰/۲۷	۰/۲۴	۰/۲۷	۰/۲۴	۰/۲۳
۰/۸	۰/۳۹	۰/۳۴	۰/۳۱	۰/۳۸	۰/۳۲	۰/۳۱	۰/۳۸	۰/۳۴	۰/۳۱	۰/۳۴	۰/۳۱	۰/۳۰
۱	۰/۴۴	۰/۴۰	۰/۳۷	۰/۴۴	۰/۴۰	۰/۳۶	۰/۴۳	۰/۳۹	۰/۳۶	۰/۳۹	۰/۳۶	۰/۳۵
۱/۲۵	۰/۴۹	۰/۴۵	۰/۴۱	۰/۴۹	۰/۴۴	۰/۴۱	۰/۴۷	۰/۴۳	۰/۴۱	۰/۴۳	۰/۴۱	۰/۳۹
۱/۵	۰/۵۲	۰/۴۹	۰/۴۵	۰/۵۲	۰/۴۸	۰/۴۵	۰/۵۱	۰/۴۷	۰/۴۵	۰/۴۷	۰/۴۵	۰/۴۳
۲	۰/۵۶	۰/۵۳	۰/۵۱	۰/۵۶	۰/۵۲	۰/۵۰	۰/۵۴	۰/۵۲	۰/۵۰	۰/۵۱	۰/۴۹	۰/۴۸
۲/۵	۰/۶۰	۰/۵۶	۰/۵۳	۰/۵۸	۰/۵۶	۰/۵۲	۰/۵۷	۰/۵۴	۰/۵۲	۰/۵۴	۰/۵۲	۰/۵۱
۳	۰/۶۱	۰/۵۸	۰/۵۶	۰/۶۰	۰/۵۸	۰/۵۵	۰/۵۸	۰/۵۶	۰/۵۴	۰/۵۶	۰/۵۴	۰/۵۳
۴	۰/۶۳	۰/۶۱	۰/۵۸	۰/۶۲	۰/۶۰	۰/۵۹	۰/۶۱	۰/۵۹	۰/۵۸	۰/۵۹	۰/۵۶	۰/۵۵
۵	۰/۶۵	۰/۶۳	۰/۶۱	۰/۶۳	۰/۶۲	۰/۶۰	۰/۶۲	۰/۶۱	۰/۶۰	۰/۶۰	۰/۵۸	۰/۵۷

ضریب آلودگی خوب ۷۰٪ ضریب آلودگی متوسط ۶۵٪ ضریب آلودگی بد ۵۵٪

جدول شماره ۴-۱۰

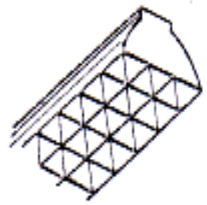
ضریب سقف	۸۰			۷۰			۵۰			۳۰		
ضریب دیوارها	۵۰	۳۰	۱۰	۵۰	۳۰	۱۰	۵۰	۳۰	۱۰	۳۰	۱۰	
ضریب فضا	ضریب بهره روشنائی											
۰/۶	۰/۱۷	۰/۱۳	۰/۱۱	۰/۱۶	۰/۱۳	۰/۱۱	۰/۱۵	۰/۱۲	۰/۱۰	۰/۱۲	۰/۱۰	۰/۰۵
۰/۸	۰/۲۳	۰/۱۸	۰/۱۶	۰/۲۱	۰/۱۸	۰/۱۵	۰/۱۹	۰/۱۷	۰/۱۳	۰/۱۵	۰/۱۲	۰/۱۱
۱	۰/۲۷	۰/۲۲	۰/۲۰	۰/۲۵	۰/۲۲	۰/۱۹	۰/۲۳	۰/۲۰	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۶	۰/۱۳
۱/۲۵	۰/۳۱	۰/۲۷	۰/۲۴	۰/۳۰	۰/۲۶	۰/۲۳	۰/۲۷	۰/۲۳	۰/۲۱	۰/۲۱	۰/۱۹	۰/۱۵
۱/۵	۰/۳۴	۰/۳۰	۰/۲۶	۰/۳۳	۰/۲۹	۰/۲۵	۰/۲۹	۰/۲۵	۰/۲۳	۰/۲۲	۰/۲۰	۰/۱۷
۲	۰/۳۹	۰/۳۵	۰/۳۲	۰/۳۷	۰/۳۴	۰/۳۱	۰/۳۲	۰/۲۹	۰/۲۷	۰/۲۵	۰/۲۳	۰/۱۹
۲/۵	۰/۴۳	۰/۴۱	۰/۳۵	۰/۳۹	۰/۳۶	۰/۳۳	۰/۳۵	۰/۳۲	۰/۳۰	۰/۲۸	۰/۲۵	۰/۲۰
۳	۰/۴۵	۰/۴۲	۰/۳۸	۰/۴۲	۰/۳۹	۰/۳۶	۰/۳۶	۰/۳۳	۰/۳۲	۰/۳۰	۰/۲۳	۰/۲۱
۴	۰/۴۸	۰/۴۵	۰/۴۲	۰/۴۲	۰/۴۲	۰/۴۰	۰/۳۹	۰/۳۶	۰/۳۳	۰/۳۱	۰/۳۰	۰/۲۳
۵	۰/۴۹	۰/۴۷	۰/۴۴	۰/۴۶	۰/۴۴	۰/۴۲	۰/۳۰	۰/۳۸	۰/۳۶	۰/۳۲	۰/۳۱	۰/۲۳

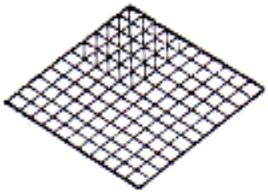
ضریب آلودگی: تمیز : ۸۰٪ متوسط : ۷۵٪ بد : ۷۰٪

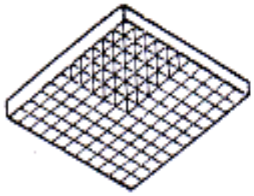
جدول شماره ۵ـ۱۰

ضریب سقف	۷۰			۵۰			۳۰		
ضریب دیوارها	۵۰	۳۰	۱۰	۵۰	۳۰	۱۰	۵۰	۳۰	۱۰
ضریب فضا	ضریب بهره روشنائی								
۰/۶	۰/۲۸	۰/۲۲	۰/۱۸	۰/۲۵	۰/۲	۰/۱۷	۰/۲۲	۰/۱۸	۰/۱۶
۰/۸	۰/۳۹	۰/۳	۰/۲۶	۰/۳۳	۰/۲۸	۰/۲۳	۰/۲۷	۰/۲۵	۰/۲۲
۱	۰/۴۳	۰/۳۶	۰/۳۲	۰/۳۸	۰/۳۴	۰/۲۹	۰/۳۱	۰/۲۹	۰/۲۶
۱/۲۵	۰/۴۸	۰/۴۱	۰/۳۷	۰/۴۲	۰/۳۸	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۳۲	۰/۲۹
۱/۵	۰/۵۲	۰/۴۶	۰/۴۱	۰/۴۶	۰/۴۱	۰/۳۷	۰/۳۷	۰/۳۵	۰/۳۲
۲	۰/۵۸	۰/۵۲	۰/۴۷	۰/۵	۰/۴۶	۰/۴۳	۰/۴۲	۰/۳۹	۰/۳۶
۲/۵	۰/۶۲	۰/۵۶	۰/۵۲	۰/۵۴	۰/۵	۰/۴۷	۰/۴۵ - ۰/۴۲		۰/۴
۳	۰/۶۵	۰/۶	۰/۵۶	۰/۵۷	۰/۵۳	۰/۵	۰/۴۸	۰/۴۵	۰/۴۳
۴	۰/۶۸	۰/۶۴	۰/۶۱	۰/۶	۰/۵۶	۰/۵۴	۰/۵۱	۰/۴۸	۰/۴۶
۵	۰/۷۱	۰/۶۸	۰/۶۵	۰/۶۲	۰/۵۹	۰/۵۷	۰/۵۳	۰/۵	۰/۴۸

جدول شماره ۶ـ۱۰



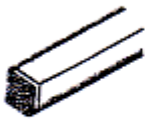




ضریب سقف	۷۰			۵۰			۳۰		
ضریب دیوارها	۵۰	۳۰	۱۰	۵۰	۳۰	۱۰	۵۰	۳۰	۱۰
ضریب فضا	ضریب بهره روشنائی								
۰/۶	۰/۳۰	۰/۲۴	۰/۲۲	۰/۲۶	۰/۲۴	۰/۲۲	۰/۲۶	۰/۲۳	۰/۲۲
۰/۸	۰/۳۲	۰/۳	۰/۲۷	۰/۳۲	۰/۲۹	۰/۲۷	۰/۳۱	۰/۲۹	۰/۲۷
۱	۰/۳۵	۰/۳۲	۰/۳	۰/۳۵	۰/۳۲	۰/۳	۰/۳۴	۰/۳۱	۰/۳
۱/۲۵	۰/۳۸	۰/۳۵	۰/۳۲	۰/۳۸	۰/۳۵	۰/۳۳	۰/۳۸	۰/۳۴	۰/۳۳
۱/۵	۰/۴۱	۰/۳۸	۰/۳۶	۰/۴	۰/۳۸	۰/۳۵	۰/۴	۰/۳۷	۰/۳۵
۲	۰/۴۵	۰/۴۲	۰/۴	۰/۴۳	۰/۴۱	۰/۳۹	۰/۴۳	۰/۴	۰/۳۹
۲/۵	۰/۴۷	۰/۴۴	۰/۴۲	۰/۴۵	۰/۴۳	۰/۴۱	۰/۴۵	۰/۴۲	۰/۴۱
۳	۰/۴۸	۰/۴۵	۰/۴۳	۰/۴۶	۰/۴۵	۰/۴۳	۰/۴۶	۰/۴۳	۰/۴۲
۴	۰/۴۹	۰/۴۷	۰/۴۵	۰/۴۸	۰/۴۷	۰/۴۵	۰/۴۷	۰/۴۵	۰/۴۴
۵	۰/۵	۰/۴۹	۰/۴۸	۰/۴۹	۰/۴۸	۰/۴۷	۰/۴۸	۰/۴۷	۰/۴۶

جدول شماره ۷ـ۱۰

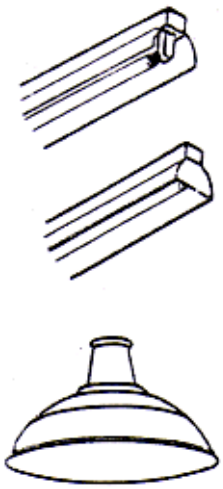
ضریب سقف	۷۰			۵۰			۳۰		
ضریب دیوارها	۵۰	۳۰	۱۰	۵۰	۳۰	۱۰	۵۰	۳۰	۱۰
ضریب فضا	ضریب بهره روشنائی								
۰/۶	۰/۲۷	۰/۲۱	۰/۱۸	۰/۲۴	۰/۲	۰/۱۸	۰/۲۲	۰/۱۹	۰/۱۷
۰/۸	۰/۳۴	۰/۲۹	۰/۲۶	۰/۳۲	۰/۲۸	۰/۲۵	۲۲۹	۰/۲۶	۰/۲۴
۱	۰/۴	۰/۳۵	۰/۳۱	۰/۳۷	۰/۳۳	۰/۳	۰/۳۳	۰/۳	۰/۲۸
۱/۲۵	۰/۴۴	۰/۳۹	۰/۳۵	۰/۴	۰/۳۶	۰/۳۳	۰/۳۶	۰/۳۳	۰/۳۱
۱/۵	۰/۴۷	۰/۴۲	۰/۳۸	۰/۴۳	۰/۳۹	۰/۳۶	۰/۳۸	۰/۳۵	۰/۳۳
۲	۰/۵۲	۰/۴۷	۰/۴۴	۰/۴۷	۰/۴۴	۰/۴۱	۰/۴۱	۰/۳۹	۰/۳۷
۲/۵	۰/۵۵	۰/۵۱	۰/۴۸	۰/۵	۰/۴۷	۰/۴۳	۰/۴۳	۰/۴۲	۰/۴
۳	۰/۵۸	۰/۵۴	۰/۵۱	۰/۵۲	۰/۴۹	۰/۴۷	۰/۴۷	۰/۴۵	۰/۴۳
۴	۰/۶۱	۰/۵۷	۰/۵۴	۰/۵۵	۰/۵۲	۰/۵	۰/۴۹	۰/۴۷	۰/۴۵
۵	۰/۶۳	۰/۵۹	۰/۵۷	۰/۵۷	۰/۵۵	۰/۵۳	۰/۵۱	۰/۴۹	۰/۴۷



جدول شماره ۱۰ـ۱۰

ضریب سقف	۷۰			۵۰			۳۰		
ضریب دیوارها	۵۰	۳۰	۱۰	۵۰	۳۰	۱۰	۵۰	۳۰	۱۰
ضریب فضا	ضریب بهره روشنائی								
۰/۶	۰/۳۹	۰/۳۶	۰/۳۳	۰/۳۹	۰/۳۶	۰/۳۳	۰/۳۹	۰/۳۵	۰/۳۳
۰/۸	۰/۴۸	۰/۴۳	۰/۴	۰/۴۶	۰/۴۳	۰/۴	۰/۴۶	۰/۴۳	۰/۴
۱	۰/۵۲	۰/۴۹	۰/۴۵	۰/۵۲	۰/۴۸	۰/۴۵	۰/۵۲	۰/۴۸	۰/۴۵
۱/۲۵	۰/۵۶	۰/۵۳	۰/۵	۰/۵۶	۰/۵۳	۰/۴۹	۰/۵۶	۰/۵۲	۰/۴۹
۱/۵	۰/۶	۰/۵۷	۰/۵۴	۰/۵۹	۰/۵۷	۰/۵۳	۰/۵۹	۰/۵۵	۰/۵۳
۲	۰/۶۵	۰/۶۲	۰/۵۹	۰/۶۳	۰/۶	۰/۵۸	۰/۶۳	۰/۵۹	۰/۵۷
۲/۵	۰/۶۷	۰/۶۴	۰/۶۲	۰/۶۵	۰/۶۲	۰/۶۱	۰/۶۵	۰/۶۲	۰/۶
۳	۰/۶۹	۰/۶۶	۰/۶۴	۰/۶۷	۰/۶۴	۰/۶۳	۰/۶۷	۰/۶۴	۰/۶۲
۴	۰/۷۱	۰/۶۸	۰/۶۷	۰/۶۹	۰/۶۷	۰/۶۵	۰/۶۹	۰/۶۶	۰/۶۴
۵	۰/۷۲	۰/۷	۰/۶۹	۲۷۱	۲۶۹	۲۶۷	۲۷۱	۲۶۷	۲۶۶

جدول شماره ۱۰-۱۱



ضریب سقف	۷۰			۵۰			۳۰		
ضریب دیوارها	۵۰	۳۰	۱۰	۵۰	۳۰	۱۰	۵۰	۳۰	۱۰
ضریب فضا	ضریب بهره روشنائی								
۰/۶	۰/۳۶	۰/۳۱	۰/۲۸	۰/۳۵	۰/۳۱	۰/۲۸	۰/۳۵	۰/۳۱	۰/۲۸
۰/۸	۰/۴۵	۰/۴	۰/۳۷	۰/۴۴	۰/۴	۰/۳۷	۰/۴۴	۰/۴	۰/۳۷
۱	۰/۴۹	۰/۴۵	۰/۴	۰/۴۹	۰/۴۴	۰/۴۲	۰/۴۸	۰/۴۳	۰/۴
۱/۲۵	۰/۵۵	۰/۴۹	۰/۴۶	۰/۵۳	۰/۴۹	۰/۴۵	۰/۵۲	۰/۴۸	۰/۴۵
۱/۵	۰/۵۸	۰/۵۳	۰/۴۹	۰/۵۷	۰/۵۲	۰/۴۹	۰/۵۵	۰/۵۲	۰/۴۹
۲	۰/۶۴	۰/۵۹	۰/۵۵	۰/۶۱	۰/۵۸	۰/۵۵	۰/۶	۰/۵۹	۰/۵۴
۲/۵	۰/۶۸	۰/۶۳	۰/۶	۰/۶۵	۰/۶۲	۰/۵۹	۰/۶۴	۰/۶۱	۰/۵۸
۳	۰/۷	۰/۶۵	۰/۶۲	۰/۶۷	۰/۶۴	۰/۶۱	۰/۶۵	۰/۶۳	۰/۶۱
۴	۰/۷۳	۰/۷	۰/۶۷	۰/۷	۰/۶۷	۰/۶۵	۰/۶۷	۰/۶۶	۰/۶۴
۵	۰/۷۵	۰/۷۲	۰/۶۹	۰/۷۳	۰/۷	۰/۶۷	۰/۷	۰/۶۸	۰/۶۷

جدول شماره ۱۰-۱۳

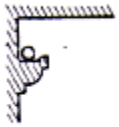
ضریب سقف	۷۰			۵۰			۳۰		
ضریب دیوارها	۵۰	۳۰	۱۰	۵۰	۳۰	۱۰	۵۰	۳۰	۱۰
ضریب فضا	ضریب بهره روشنائی								
۰/۶	۰/۴	۰/۳۴	۰/۳	۰/۳۹	۰/۳۳	۰/۲۹	۰/۳۷	۰/۳۲	۰/۲۹
۰/۸	۰/۵۳	۰/۴۶	۰/۴۱	۰/۵۱	۰/۴۵	۰/۴	۰/۴۹	۰/۴۳	۰/۴
۱	۰/۶۲	۰/۵۵	۰/۴۹	۰/۵۸	۰/۵۲	۰/۴۸	۰/۵۶	۰/۵۱	۰/۴۶
۱/۲۵	۰/۶۸	۰/۶	۰/۵۵	۰/۶۴	۰/۵۸	۰/۵۳	۰/۶۱	۰/۵۶	۰/۵۱
۱/۵	۰/۷۲	۰/۶۵	۰/۵۹	۰/۶۸	۰/۶۲	۰/۵۷	۰/۶۵	۰/۵۹	۰/۵۴
۲	۰/۸۱	۰/۷۳	۰/۶۷	۰/۷۵	۰/۶۹	۰/۶۴	۰/۶۹	۰/۶۵	۰/۶۱
۲/۵	۰/۸۵	۰/۷۸	۰/۷۲	۰/۷۹	۰/۷۳	۰/۶۹	۰/۷۳	۰/۶۸	۰/۶۵
۳	۰/۹	۰/۸۳	۰/۷۸	۰/۸۳	۰/۷۸	۰/۷۵	۰/۷۷	۰/۷۳	۰/۷
۴	۰/۹۴	۰/۸۹	۰/۸۴	۰/۸۷	۰/۸۳	۰/۸	۰/۸	۰/۷۷	۰/۷۵
۵	۰/۹۷	۰/۹۲	۰/۸۹	۰/۹	۰/۸۷	۰/۸۴	۰/۸۳	۰/۷۹	۰/۷۷

جدول شماره ۱۳-۱۰

ضریب سقف	۷۰			۵۰			۳۰		
ضریب دیوارها	۵۰	۳۰	۱۰	۵۰	۳۰	۱۰	۵۰	۳۰	۱۰
ضریب فضا	ضریب بهره روشنائی								
۰/۶	۰/۲۸	۰/۲۳	۰/۱۹	۰/۲۴	۰/۲	۰/۱۹	۰/۲	۰/۱۸	۰/۱۶
۰/۸	۰/۳۵	۰/۳	۰/۲۶	۰/۳	۰/۲۶	۰/۲۳	۰/۲۵	۰/۲۳	۰/۲
۱	۰/۴	۰/۳۴	۰/۳۱	۰/۳۴	۰/۳	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۵	۰/۲۳
۱/۲۵	۰/۴۵	۰/۳۹	۰/۳۶	۰/۳۸	۰/۳۳	۰/۳۱	۰/۳	۰/۲۸	۰/۲۶
۱/۵	۰/۴۹	۰/۴۲	۰/۴	۰/۴۱	۰/۳۶	۰/۳۴	۰/۳۲	۰/۳	۰/۲۸
۲	۰/۵۴	۰/۵	۰/۴۶	۰/۴۵	۰/۴۱	۰/۳۹	۰/۳۴	۰/۳۲	۰/۳۱
۲/۵	۰/۵۷	۰/۵۳	۰/۵	۰/۴۷	۰/۴۴	۰/۴۲	۰/۳۶	۰/۳۵	۰/۳۳
۳	۰/۶	۰/۵۶	۰/۵۳	۰/۴۹	۰/۴۶	۰/۴۵	۰/۳۸	۰/۳۷	۰/۳۵
۴	۰/۶۳	۰/۵۹	۰/۵۷	۰/۵۱	۰/۴۹	۰/۴۸	۰/۴	۰/۳۹	۰/۳۷
۵	۰/۶۵	۰/۶۲	۰/۶	۰/۵۳	۰/۵۱	۰/۵	۰/۴۱	۰/۴	۰/۳۸

جدول شماره ۱۶-۱۰

ضریب سقف	۷۰			۵۰		
ضریب دیوارها	۵۰	۳۰	۱۰	۵۰	۳۰	۱۰
ضریب فضا	ضریب بهره روشنائی					
۰/۶	۰/۱	۰/۰۷	۰/۰۴	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۳
۰/۸	۰/۱۳	۰/۱۱	۰/۰۸	۰/۱۱	۰/۰۹	۰/۰۷
۱	۰/۱۶	۰/۱۵	۰/۱۲	۰/۱۵	۰/۱۲	۰/۱
۱/۲۵	۰/۲	۰/۱۹	۰/۱۶	۰/۱۸	۰/۱۵	۰/۱۳
۱/۵	۰/۲۴	۰/۲۲	۰/۲	۰/۲	۰/۱۸	۰/۱۶
۲	۰/۲۸	۰/۲۷	۰/۲۳	۰/۲۲	۰/۲	۰/۱۸
۲/۵	۰/۳۲	۰/۳۱	۰/۲۸	۰/۲۴	۰/۲۲	۰/۲
۳	۰/۳۶	۰/۳۵	۰/۲۹	۰/۲۵	۰/۲۳	۰/۲۱
۴	۰/۴	۰/۳۸	۰/۳۱	۰/۲۶	۰/۲۴	۰/۲۲
۵	۰/۴۳	۰/۴	۰/۳۳	۰/۲۷	۰/۲۵	۰/۲۳



غیر مستقیم

جدول شماره ۱۷-۱۰

ضریب سقف	۸۰			۷۰			۵۰			۳۰		۰
ضریب دیوارها	۵۰	۳۰	۱۰	۵۰	۳۰	۱۰	۵۰	۳۰	۱۰	۳۰	۱۰	۰
ضریب فضا	ضریب بهره روشنائی											
۰/۶	۰/۳۶	۰/۳۳	۰/۳۸	۰/۳۶	۰/۳۲	۰/۳۸	۰/۳۶	۰/۳۱	۰/۳۸	۰/۳۱	۰/۲۸	۰/۲۶
۰/۵	۰/۳۳	۰/۳۹	۰/۳۹	۰/۴۴	۰/۳۹	۰/۳۶	۰/۴۳	۰/۳۹	۰/۳۶	۰/۳۹	۰/۳۶	۰/۳۵
۱	۰/۵۰	۰/۴۵	۰/۴۲	۰/۴۹	۰/۴۵	۰/۴۱	۰/۴۶	۰/۴۴	۰/۴۱	۰/۴۴	۰/۴۱	۰/۳۹
۱/۲۵	۰/۵۴	۰/۵۰	۰/۴۷	۰/۵۴	۰/۵۰	۰/۴۷	۰/۵۲	۰/۴۹	۰/۴۶	۰/۴۰	۰/۴۶	۰/۴۳
۱/۵	۰/۵۸	۰/۵۴	۰/۵۰	۰/۵۷	۰/۵۳	۰/۵	۰/۵۶	۰/۵۳	۰/۵۰	۰/۵۲	۰/۵۰	۰/۴۶
۲	۰/۶۲	۰/۵۹	۰/۵۶	۰/۶۲	۰/۵۸	۰/۵۵	۰/۶۰	۰/۵۸	۰/۵۵	۰/۵۷	۰/۵۵	۰/۵۱
۲/۵	۰/۶۶	۰/۶۲	۰/۵۹	۰/۶۴	۰/۶۱	۰/۵۹	۰/۶۳	۰/۶۰	۰/۵۸	۰/۶۲	۰/۵۸	۰/۵۳
۳	۰/۶۷	۰/۶۴	۰/۶۲	۰/۶۶	۰/۶۳	۰/۶۲	۰/۶۳	۰/۶۲	۰/۶۰	۰/۶۲	۰/۶۰	۰/۵۴
۴	۰/۶۹	۰/۶۷	۰/۶۵	۰/۶۸	۰/۶۶	۰/۶۳	۰/۶۷	۰/۶۳	۰/۶۲	۰/۶۳	۰/۶۲	۰/۵۵
۵	۰/۷۰	۰/۶۸	۰/۶۷	۰/۷۰	۰/۶۸	۰/۶۶	۰/۶۸	۰/۶۷	۰/۶۵	۰/۶۶	۰/۶۵	۰/۵۶

ضریب‌آلودگی تمیز ۸۰٪
ضریب‌آلودگی متوسط ۶۵٪
ضریب‌آلودگی بد ۵۰٪

جدول شماره ۱۸-۱۰

ضریب سقف	۸۰			۷۰			۵۰			۳۰		
ضریب دیوارها	۵۰	۳۰	۱۰	۵۰	۳۰	۱۰	۵۰		۱۰	۳۰		۱۰
ضریب فضا	ضریب بهره روشنائی											
۰/۶	۰/۱۱	۰/۷	۰/۴	۰/۱۰	۰/۷	۰/۴	۰/۸	۰/۵	۰/۳	۰/۵		۰/۳
۰/۸	۰/۱۴	۰/۱۰	۰/۷	۰/۱۳	۰/۹	۰/۷	۰/۱۰	۰/۷	۰/۶	۰/۶		۰/۴
۱	۰/۱۹	۰/۱۴	۰/۱۰	۰/۱۷	۰/۱۳	۰/۹	۰/۱۳	۰/۱۰	۰/۷	۰/۸		۰/۵
۱/۲۵	۰/۲۳	۰/۱۸	۰/۱۵	۰/۲۱	۰/۱۶	۰/۱۲	۰/۱۵	۰/۱۳	۰/۱۰	۰/۹		۰/۷
۱/۵	۰/۲۶	۰/۲۰	۰/۱۷	۰/۲۴	۰/۱۹	۰/۱۶	۰/۱۸	۰/۱۳	۰/۱۲	۰/۱۰		۰/۸
۲	۰/۳۱	۰/۲۶	۰/۲۳	۰/۲۸	۰/۲۴	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۱۸	۰/۱۶	۰/۱۲		۰/۱۱
۲/۵	۰/۳۵	۰/۳۰	۰/۲۶	۰/۳۱	۰/۲۶	۰/۲۴	۰/۲۴	۰/۲۰	۰/۱۸	۰/۱۳		۰/۱۲
۳	۰/۳۷	۰/۳۴	۰/۳۰	۰/۳۳	۰/۳۰	۰/۲۶	۰/۲۵	۰/۲۱	۰/۲۰	۰/۱۴		۰/۱۳
۴	۰/۳۹	۰/۳۷	۰/۳۳	۰/۳۶	۰/۳۳	۰/۳۰	۰/۲۷	۰/۲۵	۰/۲۲	۰/۱۶		۰/۱۶
۵	۰/۴۲	۰/۴۰	۰/۳۷	۰/۳۷	۰/۳۵	۰/۳۳	۰/۲۸	۰/۲۶	۰/۲۵	۰/۱۷		۰/۱۷

تمیز ۷۰٪ متوسط ۶۰٪ بد ۵۰٪

جدول شماره ۱۹-۱۰

ضریب سقف	۸۰			۷۰			۵۰			۳۰		۰
ضریب دیوارها	۵۰	۳۰	۱۰	۵۰	۳۰	۱۰	۵۰	۳۰	۱۰	۳۰	۱۰	۰
ضریب فضا	ضریب بهره روشنائی											
۰/۶	۰/۵۱	۰/۴۵	۰/۴۲	۰/۵۱	۰/۴۵	۰/۴۱	۰/۵۰	۰/۴۵	۰/۴۱	۰/۴۵	۰/۴۱	۰/۴۰
۰/۸	۰/۶۲	۰/۵۶	۰/۵۲	۰/۶۱	۰/۵۵	۰/۵۲	۰/۶۰	۰/۵۵	۰/۵۱	۰/۵۵	۰/۵۱	۰/۵۰
۱	۰/۶	۰/۶۳	۰/۵۹	۰/۶۸	۰/۶۳	۰/۵۹	۰/۶۷	۰/۶۲	۰/۶۰	۰/۶۲	۰/۶۰	۰/۵۷
۱/۲۵	۰/۷۵	۰/۷۰	۰/۶۶	۰/۷۵	۰/۷۰	۰/۶۶	۰/۷۳	۰/۶۹	۰/۶۶	۰/۶۸	۰/۶۶	۰/۶۴
۱/۵	۰/۸۰	۰/۷۵	۰/۷۱	۰/۷۹	۰/۷۵	۰/۷۱	۰/۷۸	۰/۷۴	۰/۷۰	۰/۷۳	۰/۷۰	۰/۶۸
۲	۰/۸۶	۰/۸۱	۰/۷۸	۰/۸۳	۰/۸۰	۰/۷۷	۰/۸۳	۰/۸۰	۰/۷۷	۰/۷۹	۰/۷۶	۰/۷۵
۲/۵	۰/۸۹	۰/۸۵	۰/۸۲	۰/۸۸	۰/۸۵	۰/۸۲	۰/۸۷	۰/۸۳	۰/۸۱	۰/۸۳	۰/۸۰	۰/۷۸
۳	۰/۹۲	۰/۸۸	۰/۸۵	۰/۹۰	۰/۸۷	۰/۸۳	۰/۸۹	۰/۸۶	۰/۸۴	۰/۸۷	۰/۸۳	۰/۸۱
۴	۰/۹۳	۰/۹۲	۰/۸۹	۰/۹۴	۰/۹۱	۰/۸۹	۰/۹۲	۰/۹۰	۰/۸۸	۰/۸۸	۰/۸۶	۰/۸۵
۵	۰/۹۷	۰/۹۲	۰/۹۲	۰/۹۵	۰/۹۳	۰/۹۱	۰/۹۴	۰/۹۲	۰/۹۰	۰/۹۱	۰/۸۹	۰/۸۷

ضریب‌آلودگی تمیز ۸۰٪ ضریب‌آلودگی متوسط ۷۶٪ ضریب‌آلودگی بد ۷۰٪

مصرف کننده های کوچک :

مصرف کننده‌های برق به دو گروه زیر طبقه بندی می‌شود:

۱- مصرف کننده‌هایی که که مشخصات آنها با زمان تغییر نمی‌کند مثال (لامپ ماشین)

۲- مصرف کننده‌هایی که مشخصات آنها دارای تغییر است مثال (آسانسوری که دو نفر سوار هستند) اگر دو نفر دیگر سوار شوند مشخصات موتور تغییر می‌کند در اینجا ولت ثابت است.

در لامپ ماشین ممکن است توان یا جریان تغییر کند اما خود سیستم تغییر نمی‌کند.

برای دستگاه‌های نوع دوم یك نقطه کار مشخص و مناسب از لحاظ کیفیت و عملکرد به عنوان مشخصات نامی یا اسمی تعیین می‌گردد. Nomial point or typical specification

بیشتر نامی‌ها مصرف می‌شوند.

همه دستگاه‌های تولید یا مصرف انرژی دارای مشخصات اسمی جهت کار هستند مثل لامپ 100w یعنی حاصلضرب ولتاژ در جریان یا مشتق انرژی در واحد زمان 100 است.

$$\sin at * \sin bt = -1/2\left[\cos(a+b)t + \cos(a-b)t\right]$$

اگر a=40 , b=40 باشد یک ۸۰ و یک ۰ که به صورت یک خط است می دهد.

$\frac{30}{a}, \frac{40}{b} \leftarrow 70$ و یك 10 می دهد که نتیجه را مشاهده می کنیم .

4.5kw موتور

40kw موتور

400kw موتور

ضرب در 2.5

ضریب کیفیت 25%

پمپ 3kw آب را چه مقدار پرتاب می‌کند ضریب کیفیت 18-80%

موتوری که توان آن 2.2kw است یعنی علاوه بر اینکه موتوری را تولید کرده‌اند دارای توان2.2 است این توان نقطه اولتیماتم آن سیستم نیز هست یعنی نقطه اسمی از نقاط مناسب برای کار باشد.

همواره سعی شود نقطه اسمی نقطه بهینه یا مناسب برای کار از لحاظ مشخصات مختلف، اتلاف ،بهره وری ، مشکلات مکانیکی، هزینه و ... باشد.

مهمترین مشخصه اسمی وات اسمی است.

مصارف صنایع کوچک و متوسط شامل دستگاه های NC و CNC ، برق آسانسور، پمپ ، کمپرسور و بطور کلی ماشین آلات دوار می باشد .

برق تحویلی به واحدهای نیمه صنعتی و خانگی به صورت برق تك فاز با مشخصات ولتاژ 220v با فرکانس 50HZ است. $v(t) = 220\sqrt{2}\sin(2\pi 50t)$ RMS(root mean square)

برق مصرف کننده‌هایی که در اشل نیمه صنعتی تا صنعتی برق را مصرف می‌کنند به صورت برق سه فاز می‌باشد که البته دو نوع برق سه فاز وجود دارد. فرکانس ها برابر است فقط فاز ها تفاوت می کند.

در عمده موارد برق تحویلی به صورت های زیر می باشد .

$$v_1(t) = 200\sqrt{2}\sin(2\pi 50t)$$

$$v_2(t) = 220\sqrt{2}\sin(2\pi 50t + \frac{2\pi}{3})$$

$$v_3(t) = 220\sqrt{2}\sin(2\pi 50t + \frac{4\pi}{3})$$

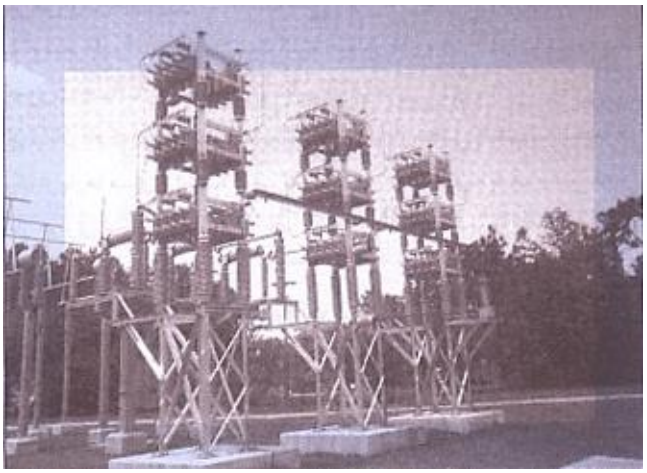
مصرف کننده های بزرگ :

برای مصرف کننده های فوق صنعتی برق تحویلی تحت یک استاندارد مشخص و به صورت توافقی مصرف کننده یا توزیع کننده تحویل می گردد.

وقتی شرکت برق صورتحساب برق مصرفی یک مشترک صنعتی بزرگ را تهیه می کند ، غالباً ضریب توان آن را نیز قید می کند. اگر (Power Factor) PF از حد خاصی بیشتر باشد، معمولاً 0.85 پسفاز ، هزینه ای نیز برای آن منظور می شود. توان صنعتی پیشفاز بسیار نادر است و این از طبیعت بارهای نوعی صنعتی ناشی می شود. منظور کردن هزینه برای ضریب توان های کوچک دلایلی دارد . اول این که برای تأمین جریان بزرگ تری که بارهای با ضریب توان کوچک (به ازای توان و ولتاژ ثابت) می کشند، باید ژنراتورهایی با جریان دهی بزرگتر به کار رود. علت دوم اتلاف بیشتر توان در خطوط انتقال و شبکه توزیع است.

شرکت تولید برق برای جبران این تلفات و تشویق مشتریان به بالا بردن PF جریمه ای برابر 0.22 دلار بر kVAR برای هر kVAR بیشتر از یک مقدار معین تعیین کرده است. این معیار 0.62 توان مصرفی است .

توان واکنشی مورد نیاز معمولاً با نصب خازن های جبرانساز به موازات بار (معمولاً در پست فرعی تأمین کننده برق مشتری) تنظیم می شود . یک نمونه از این خازن های جبرانساز در شکل زیر نشان داده شده است.



استاندارد 220v/50Hz استاندارد آمریکایی است در بعضی از کشورهای دیگر برای ایجاد ایمنی (safety) در مصرف برق مشخصات برق 110v/50HZ و یا 60HZ می باشد.

ولتاژ کم ← ایمنی بالا ← مصرف جریان کم می شود.

مدیریت تولید برق در ایران توانیر است.

تولید برق DC در مقایسه با AC وقتی توان بالاتر برود مشکل تر است. در فرم sin شکستگی وجود ندارد و فرکانس را سعی می کنند ثابت نگه دارند.

DC ← جهت میدان مغناطیسی که تولید میکند همواره ثابت است.

از لحاظ ایمنی و سهولت در تولید برق AC مهم تر است ولی یک انرژی در جریان AC وجود دارد که اثر پوستی نام دارد که جریان برق از سطح خارجی سیم ها عبور می کنند که راه حلی برای آن وجود ندارد. تمام

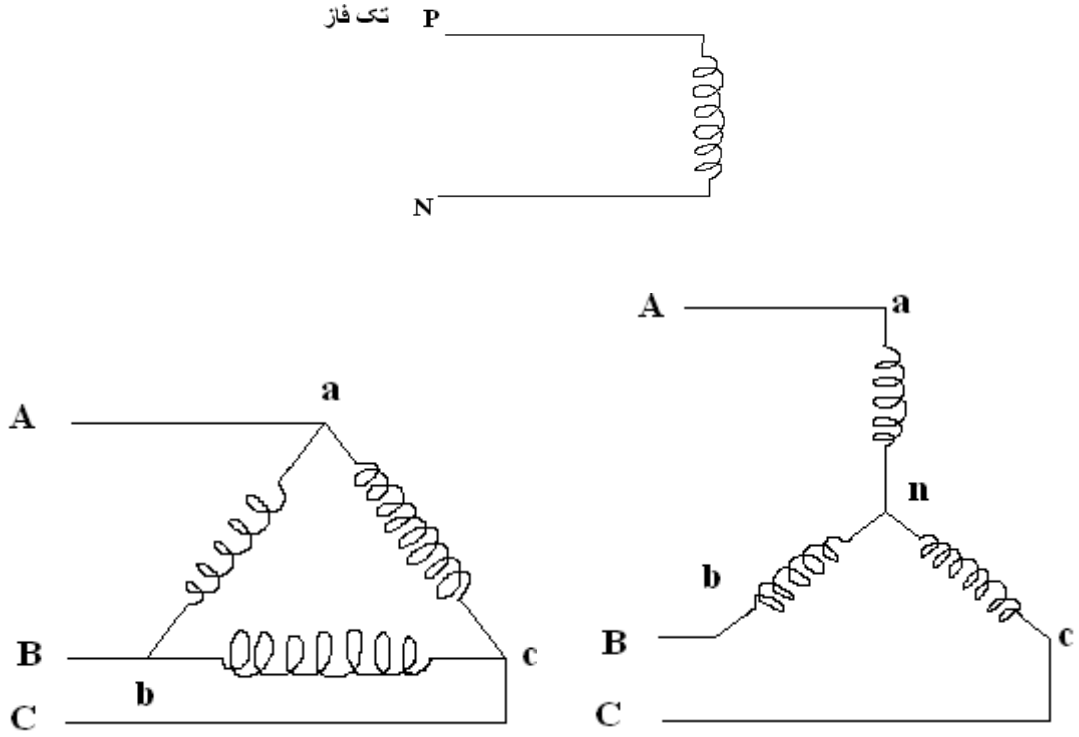
برق DC از داخل سیم عبور می کند.برای فواصل نسبتا زیاد به علت بالا ممکن است از برق DC استفاده شود.

هرجا فرکانس داریم تشعشع نیز وجود دارد که در فاصله های زیاد به علت اینکه برق AC نوسان دارد در نتیجه تشعشع دارد که باعث اتلاف انرژی می شود بنابراین در مساحت های طولانی از برق DC استفاده می کنند. زیرا برق DC نوسان ندارد $\Leftarrow$ تشعشع ندارد.

به ندرت مشاهده می شود که که از برق DC به منظور انتقال انرژی الکتریکی استفاده شود.

(دستگاه ها هر یک سال و نیم size آن نصف می شود و باطریها تبدیل به باطریهای قابل شارژ می شوند)

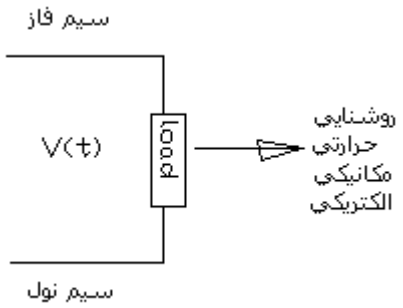
از جمله مصارف برق فوق صنعتی برای هیترهای بزرگ صنعتی است. این هیترها مطابق اشکال زیر به دو صورت تک فاز و سه فاز به برق متصل می شوند که نوع سه فاز نیز به دو صورت ستاره و مثلث می باشد.



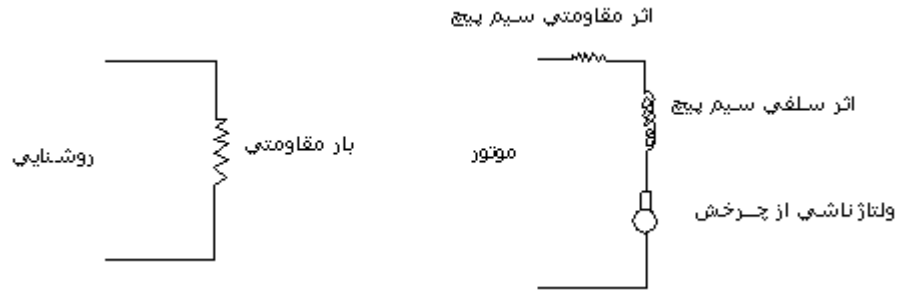
اتصال مثلث　　اتصال ستاره

بررسی توان:

توان در واقع ریت تولید یا مصرف انرژی در واحد زمان است. توان الکتریکی در یک بار مصرفی (load) به صورت $p(t) = v(t) \times I(t)$ می باشد.



همه مصارف برق به صورت مصارف مقاومتی سلفی یا خازنی یا تلفیقی از موارد گفته شده می باشد.



محاسبات توان در مصارف مختلف

۱- مصارف مقاومتی

$$I(t)=\frac{V(t)}{R}$$

$$v(t)=220\sqrt{2}\sin(2\pi ft)$$

$$p(t)=\frac{v^2(t)}{r}\xrightarrow[\text{توان متوسط}]{\text{متوسط توان}} p=\frac{\int_0^t p(t)dt}{T}=\frac{\int_0^f (220\sqrt{2})^2\sin^2(2\pi ft)dt}{TR}$$

$$=\frac{(220\sqrt{2})^2}{R}\times\frac{\int_0^t \sin^2(2\pi ft)dt}{T}=\frac{(220\sqrt{2})^2}{R}\times\frac{??}{2T}$$

$$=\frac{220\sqrt{2}}{R}\frac{T}{2T}=\frac{(220)^2}{R}$$ توان متوسط

اگر $A(t)=A_{\max}\sin(2\pi ft)$ مقدار $A_{\max}$ را دامنه A و f را فرکانس A می نامند و از روی A کمیتی به نام A_{rms} به صورت زیر تعریف می شود:

$$A_{RMS}=\left[\frac{1}{T}\int_0^T A^2(t)dt\right]^{1/2}=\frac{A_{\max}}{\sqrt{2}}\Rightarrow A_{\max}=A_{RMS}\sqrt{2}$$

مقدار RMS نقش اساسی در محاسبات توان دارد.

1- محاسبه توان در بار خازنی

$$v(t)=v_{RMS}\sqrt{2}\sin(2\pi 50t)$$
$$v_{RMS}=220v$$

الکترولیز :

قانون اول فارادی در الکترولیز :

- وقتی که جریان الکتریکی از محلول هایی مثل اسید سولفوریک رقیق می گذرد، آب به اجزایش هیدروژن و اکسیژن تجزیه می شود. آنها در اطراف صفحات متصل به قطب های منفی و مثبت باتری آزاد می شوند. محلول هایی از این نوع که با گذشتن جریان از آنها به طور شیمیائی تجزیه می شوند الکترولیت نامیده می شوند. و فرایند تجزیه ماده بر اثر جریان الکتریکی به الکترولیز معروف است و رساناهایی را که در الکترولیت فرو می برند و جریان را به آن می رسانند الکترود نام نهاده اند. الکترود مثبت به آند و الکترود منفی به کاتد معروف است .

- محصولات تجزیه الکترولیت مثال اکسیژن و هیدروژن تا وقتی که جریان عبور می کند بر الکترودها می نشینند. جرم ماده ای که در الکترود آزاد می شود را می توان اندازه گرفت. اگر محلول چنان انتخاب شود که ماده آزاد شده بر الکترود رسوب کند، این جرم را می توان به آسانی اندازه گرفت. مثلا اگر از محلول سلفات مس جریان بگذرد، مس بر کاتد رسوب می کند. این پدیده را در صورتیکه مثلا کاتد از کربن ساخته شده باشد، می توان به آسانی مشاهده کرد. لایه نازک مس بر سطح سیاه کربن به وضوح مشاهده می شود. با وزن کردن کاتد قبل و بعد از آزمایش می توان جرم فلز رسوب کرده را دقیقا معین کرد .

- اندازه گیری نشان می دهد که جرم ماده آزاد شده در هر الکترود به جریان الکتریکی و مدت الکترولیز بستگی دارد. با بستن مدار برای فواصل زمانی متفاوت می توان اطمینان یافت که جرم ماده آزاد شده با مدت زمان عبور جریان متناسب است. بنابراین ، جرم آزاد شده در الکترولیز هم با جریان الکتریکی و هم با مدت زمان انجام آزمایش متناسب است. پس به حاصلضرب آنها نیز وابستگی دارد. اما این حاصلضرب مساوی باری است که از الکترولیت گذشته است. در نتیجه جرم ماده آزاد شده در الکترود متناسب است با بار یامقدار الکتریسته ای که از الکترولیت گذشته است . این قانون مهم را اولین بار فارادی وضع کرد. و به قانون اول فارادی در الکترولیت ها معروف است .

- اگر m جرم ماده رسوب کرده ، I جریان الکتریکی ، t زمان الکترولیز و q بار کلی باشد که در مدت زمان t از الکترولیت گذشته است. قانون اول فارادی به شکل زیر نوشته می شود . $m=Kq=KIt$ که در آن K ضریب تناسب است. با فرض اینکه q=1 C (بار کل یک کولن) باشد، در می یابیم که ضریب K مساوی جرم ماده آزاد شده توسط بار (C)۱ ، یا به عبارت دیگر جرم ماده آزاد شده توسط جریان(A) ۱ درمدت زمان (s)۱ است .

- بررسی های فارادی نشان داد که هر ماده مقدار K معینی دارد که مشخصه آن ماده است. مثلا در الکترولیز نیترات نقره ، بار (C)۱ مقدار نقره 1.1180mg را آزاد می کند. همین مقدار نقره توسط (C)۱ در الکترولیز هر نمک نقره مثلا کلرور نقره ومانند آن آزاد می شود. جرم ماده آزاد شده در الکترولیز نمک هر فلز دیگری با این ، تفاوت خواهد داشت. کمیت K هم ارز الکتروشیمیایی ماده داده نامیده می شود .

تعریف هم ارز الکتروشمیایی :

هم ارز الکتروشیمیایی یک جسم عبارت است از جرم آزاد شده از این جسم در الکترولیز وقتی که یک کولن الکتریسته از محلول بگذرد .

قانون دوم فارادی :

با توجه به اینکه هم ارز الکتروشیمیایی مواد مختلف بسیار متفاوت است، چه خواصی از جسم هم ارز الکتروشیمیایی آنرا تعیین می کنند؟ پاسخ این سوال در قانون مهم دیگری که آن را نیز فارادی با آزمایش به اثبات رساند نهفته است .

قانون دوم فارادی :هم ارز الکتروشیمیایی اجسام مختلف با جرم مولی آنها متناسب است و با ظرفیت شیمیایی آنها نسبت عکس دارد. ظرفیت شیمیایی هر اتمی را تعداد اتم های هیدروژن تعریف می کنند که می توانند با آن ترکیب یا جانشین آن شوند .

مصارف الکترولیز :

- اندازه گیری جریان الکتریکی
- مدرج کردن آمپر سنج ها
- روش الکترو لیتی بدست آوردن فلزات خالص
- آبکاری الکتریکی
- شکل سازی الکتریکی

۱- اندازه گیری جریان الکتریکی :

الکترولیز روش مناسبی است برای اندازه گیری باری که از بخش معینی از مدار می گذرد. برای این منظور باید یک ظرف الکترولیتی را به این جزء مدارمتصل کرد (مانند به دست آوردن نقره) و جرم ماده رسوب کرده بر الکترودها را اندازه گرفت. از تقسیم جرم رسوب بر هم ارز الکتروشیمیایی آن مقدار باری که از این قسمت مدار گذشته به دست می آید. برای تعیین جریان الکتریکی در مدار کافی است که جرم رسوب کرده

روی الکترودها در زمانی را که طول کشیده است، اندازه بگیریم. اگر در این مدت زمان جریان تغییر نکرده باشد. نسبت جرم رسوب به زمان و هم ارز الکترو شیمیایی بر طبق قوانین الکترولیز فارادی جریان مدار را به دست می دهد .

۲- مدرج کردن آمپر سنج ها :

با استفاده از مقادیر اندازه گیری شده برای هم ارزهای شیمیایی می توان آمپرسنج ها» گالوانومترها) با هر مبنای ساختمانی را با دقت بالایی مدرج کرد. برای این منظور کافی است ظرف الکترولیت و آمپرسنج را به طور متوالی به هم بسته و جریان ثابتی را درمدت زمان معین از آنها بگذرانیم (ثابت بودن جریان را می توان از ثابت بودن عقربه به آمپرسنج کنترل کرد). و سپس بوسیله وزن کردن ، جرم جسم رسوب کرده را معین نماییم اگر هم ارز الکترو شیمیایی ماده مربوط را بدانیم می توانیم مقدار الکتریسیته ای را که از مدار گذشته است را بر حسب کولن معین نماییم و از تقسیم مقدار بار بر زمان دایر بودن جریان (t) جریان بر حسب آمپر به دست می آید . طبیعی است که این روش در عمل برای مدرج کردن آمپرسنج های استاندارد به کار می رود. اگر یک چنین آمپرسنج را به دقت مدرج کرده باشیم با اتصال این آمپرسنج به هر سیستم آمپرسنجی به طور متوالی می توانیم با آمپرسنج استاندارد آن را مدرج نماییم .با این روش دقت آمپرسنج ها را نیز تست می کنند .

۳- روش الکترو لیتی بدست آوردن فلزات خالص :

مس مثال گویایی از این خالص سازی یا تصفیه الکترولیتی است سنگ معدن مس حاوی ترکیبی از مس با گوگرد ، اکسید ها و نیز ناخالصی هایی از فلزات بیگانه(Bi،As،Sb،Pb، Ni وغیره) است. مسی را که مستقیما از سنگ معدن به دست آمده و دارای ناخالصی هایی است به شکل تیغه هایی قالب ریزی و به عنوان آند در محلول سولفات مس قرار می دهند . با انتخاب ولتاژ مناسب (o.2v تا o.25 ولت) در الکترود های الکترولیت می توان اطمینان یافت که فقط فلز مس در کاتد رسوب می کند ناخالصی های بیگانه یا به داخل محلول می روند (بدون رسوب در کاتد) یا در کف قرار می گیرند. و فلز خالص مس در کاتد ایجاد می گردد .

۴- آبکاری الکتریکی :

با استفاده از الکترولیز ، فلزی را می توان با لایه ای از فلزات دیگر پوشانید» لایه نشانی (این فرایند به آبکاری الکتریکی معروف است. از نظر فنی مهمترین کاربرد آبکاری با فلزات خاصیت اکسایش ضعیف است (بخصوص، آبکاری نیکل و کرم .(همین طور آبکاری نقره و طلا برای محافظت فلزات از خوردگی در هوا است . برای بدست آوردن پوشش لازم جسم را به طور مکانیکی کاملا تمیز و چربی زدایی می کنند و آن رابه عنوان کاتد در محلول الکترولیتی حاوی نمک فلزی قرار می دهند، که جسم باید با آن آبکاری شود. برای اینکه آبکاری یکنواخت تر باشد بهتر است دو تیغه به عنوان آند بکار گرفته شود و جسم بین آن دو قرار گیرد .

۵- شکل سازی الکتریکی :

قالب سازی الکتریکی نمونه ای از کاربرد های ویژه الکترولیز در صنعت می باشد. با استفاده از الکترولیز نه فقط می توان اشیا را با لایه ای از فلزات پوشش داد، بلکه می توان نمونه های فلزی بر جسته ای از آنها تهیه کرد (مثل سکه ها ، مدال ها و غیره) این فرایند را در سال های 1840 یاکوبی (B.S.Yakobi) فیزیکدان و مهندس برق روسی تکامل بخشید. و آن را شکل سازی الکتریکی نام نهاد . برای ساختن یک نمونه بر جسته از یک شئی ابتدا قالب شئی با ماده پلاستیکی مثل موم ساخته می شود. این قالب با پوشش خود به وسیله گرافیت رسانای الکتریسیته می شود و سپس به عنوان کاتد در محلول الکترولیت کار گذاشته می شود در خلال الکترولیز لایه ای از فلز با ضخامت مورد نظر بر قالب می نشیند . قالب سازی الکتریکی کاربرد مهمی در چاپ ، یعنی چاپ الکتریکی دارد. در این فرآیند یک متن از پیش نوشته معمولی تهیه می شود. سپس قالبی از موم یا پلاستیک برای آن ساخته می شود پس از پوشش قالب با گرافیت آن را در محلول الکترولیت قرار می دهند و در آنجا لایه کلفتی از مس روی آن می نشیند. برای استحکام این لایه پشت نمونه را با فلز چاپ(آلیاژی با نقطه ذوب پایین با ماده اولیه سرب) پوشانده می شود نمونه بدست آمده از پیش نوشته بعدا برای چاپ به کار می رود.

تبدیل انرژی الکترومکانیکی

از آنجا که انرژی الکتریکی را می‌توان به سادگی، با اطمینان بخشی و به طور مؤثر منتقل و کنترل کرد، سایر انواع انرژی را معمولاًبه انرژی الکتریکی تبدیل می‌کنند. و یا از تبدیل انرژی الکتریکی به دست می‌آورند. بنابراین در ابتدا و انتهای سیستمهای الکتریکی به وسایل تبدیل انرژی نیاز است. وسایل تبدیل انرژی مکانیکی به انرژی الکتریکی و انرژی الکتریکی به انرژی مکانیکی از مهمترین این وسایل اند.

۱-۷ اصول اساسی

وسیله تبدیل انرژی الکترومکانیکی، یا تراگردان (ترانسدیوسر) الکترومکانیکی، پیوندی است میان سیستم الکتریکی و سیستم مکانیکی می‌تواند انرژی الکتریکی را به انرژی مکانیکی یا انرژی مکانیکی را به انرژی الکتریکی تبدیل کند. وسیله‌ای که به صورت مولد کار می‌کند انرژی مکانیکی را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند و وسیله‌ای که به صورت موتور کار می‌کند انرژی الکتریکی را به انرژی مکانیکی تبدیل می‌کند. فرآیند تبدیل اساساً برگشت پذیر است. بنابراین مولد را می‌توان به صورت موتور و موتور را نیز می‌توان به صورت مولد به کار گرفت.

میانجی جفت شدن سیستم‌های الکتریکی و مکانیکی، میدان جریان‌ها یا بارهای الکتریکی است. بنابراین تبدیل انرژی الکترومکانیکی به وجود پدیدارهایی بستگی دارد که از یك سو میدان‌های مغناطیسی و الکتریکی و از سوی دیگر نیرو و حرکت را به هم مربوط می‌سازند. سه پدیدار عمده‌ای که با آنها سروکار خواهیم داشت در ادامه این بخش به اجمال بیان می‌شوند.

1. تولید ولتاژ. می دانیم هر گاه تغییری در شار گذرنده از پیچکی ایجاد شود در آن پیچك ولتاژ القا می‌شود. در ترانسفورماتور که یك وسیله ایستاست ولتاژ در اثر تغییر اندازه شار القا می‌شود. گاه چنین ولتاژی را ولتاژ ترانسفوماتوری می‌نامند. ولتاژ می‌تواند در اثر حرکت نسبی میان پیچك و میدان نیز در پیچك القا شود. چنین ولتاژی را هم ولتاژ حرکتی یا ولتاژ سرعتی و یا چنانچه حرکت چرخشی باشد ولتاژ چرخشی می‌نامند. ولتاژ ترانسفورماتوری و حرکتی هر دو از قانون فاراده به دست می‌آیند. تبدل انرژی الکترومکانیکی هنگامی صورت می‌گیرد که تغییر شار به حرکت مکانیکی وابسته باشد.
2. نیروی مؤثر بر آهن. اگر ماده‌ای فرومغناطیس در میدانی مغناطیسی قرار گیرد بر آن نیرویی وارد می‌شود که می‌خواهد آن را با میدان همراستا سازد. چنانچه میدان مغناطیسی را پیچکی حامل جریان تولید کند فرآیند تبدیل انرژی، برگشت پذیر است زیرا حرکت ماده باعث تغییری در شار گذرنده از پیچك می‌شود و تغییر شار گذرنده، در پیچك، ولتاژ القا می‌کند.

این نیرو همان نیروی ربایش قطعات آهن به آهنربا در میدان آن است. بنابراین مثلاً در مدارهای مغناطیسی شکل‌های ۱-۹ تا ۱-۱۱، در مرز هوا و آهن، نیروی معینی به آهن وارد می‌شود. با در نظر گرفتن تغییر انرژی مربوط به جابجایی جزئی آهن، می‌توان نشان داد که در شرایط معینی نیروی مؤثر بر دو وجه موازی و مسطح آهن چنین به دست می‌آید.

$$F=\frac{B^2A}{2\mu_0}N \qquad (۷-۱)$$

که در آن B چگالی شار در شکاف هوایی، A مساحت مقطع، و μ_0 تراوندگی مغناطیسی خلاء در دستگاه یکای MKS گویا شده است. نیوتون واحد نیرو در دستگاه MKS گویا شده و برابر ۰/۲۲۵1b است. اگر B برحسب کیلو خط بر اینچ مربع و A برحسب اینچ مربع باشد خواهیم داشت.

$$F = ۰/۰۱۳۹B^2A \text{ پوند} \qquad (۷-۲)$$

که در آن تراوندگی مغناطیسی μ_0 منظور شده است.

این نیرو اساس مکانیزم کار بیشتر وسایل الکترومکانیکی از جمله آهنرباهای بالا برنده، کلاچ‌های مغناطیسی، ترمزهای مغناطیسی، کنتاکتورها (کلیدهای مغناطیسی)، و انواع رله هاست. شیرهای مغناطیسی (که معمولاً آنها را شیرهای سولنوئیدی می‌نامند زیرا سولنوئید نام دیگر پیچك است) از اجزای متداول در بسیاری از سیستم‌های آبرسانی است. در علم کنترل این وسایل همان کارانداز‌ها هستند. کارانداز اصطلاحی عام است و به وسایلی گفته می‌شود که ورودی‌های الکتریکی، نیوماتیکی (بادی)، یا هیدرولیکی را به نیرو و یا گشتاور تبدیل می‌کنند.

۷-۲ ماشین‌های جریان مستقیم

از مزایای عمده ماشین‌های dc این است که این ماشین‌ها میتوانند مشخصات کار بسیار متنوعی فراهم آورند. در این فصل عملکرد این ماشین‌ها را در حالت کار ماندگار و پویا از نظر کمی بررسی می‌کنیم. فرض‌های ایدئال ساز حالات کار متعارفی، در حالت‌های بحرانی نمی توانند به کار روند و در این صورت تحلیل ماشین بررسی کاملتری را طلب می‌کند .

۷-۲-۱- ویژگی‌های مدار الکتریکی ماشین DC

چرخش سیم‌پیچ آرمیچر در میدان مغناطیسی شکاف هوایی ولتاژی به نام ولتاژ محرك الکتریکی آرمیچر القا می‌کند که معمولاً در مولدها محرك الکتریکی تولید شده و در موتورها نیروی مقاوم الکتریکی نامیده می‌شود. برای تعیین اندازه نیروی محرك الکتریکی فرض کنید ماشین p قطب دارد و هر قطب در شکاف هوایی شاری برابر Φ وبر تولید می‌کند. در این صورت هر سیم آرمیچر در هر دور چرخش، p Φ وبر شار را قطع خواهد کرد. هر گاه سرعت، n دور در دقیقه باشد، هر سیم این مقدار شار را n /۶۰ بار در ثانیه قطع خواهد کرد. بنابراین آهنگ متوسط قطع شار چنین است:

$$p\Phi\frac{n}{60}Wb/S \quad \text{یا} \quad V$$

این مقدار سهم هر سیم آرمیچر در نیروی محرك الکتریکی کل آرمیچر است. پس نیروی محرك الکتریکی کل یعنی E_a برابر مجموع نیروهای محرك الکتریکی تك تك سیم‌های متوالی بین جاروبك‌ها ست.

در حالت کلی سیم‌پیچ دارای Z سیم، a انشعاب و Z/a سیم متوالی در هر انشعاب است. پس نیروی محرك الکتریکی تولیدی آرمیچر چنین است

$$E_a = \frac{Z}{a}p\Phi\frac{n}{60}V \qquad (۷-۳)$$

گاهی مناسبتر است به جای سرعت برحسب دور در دقیقه از سرعت زاویه ای برحسب رادیان در ثانیه سود جوییم و بنا به رابطه

$$\omega_m = \frac{2\pi n}{60} \qquad (۷-۴)$$

معادله (۷-۳) را چنین بنویسیم

$$E_a = \frac{Z}{a} p\Phi \frac{\omega_m}{2\pi} \qquad (۷-۵)$$

یا

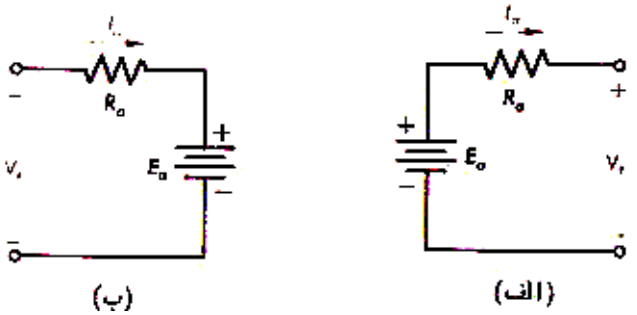
$$E_a = K_a \Phi \omega_m \qquad (۷-۶)$$

که در آن K_a کمیتی است ثابت که بستگی به نوع طراحی سیم‌پیچ ماشین دارد و مقدار آن چنین است:

$$K_a = \frac{pZ}{2\pi a} \qquad (۷-۷)$$

معدله (۷-۶) نشان می‌دهد که نیروی محرك الکتریکی آرمیچر با سرعت و شار قطب تناسب مستقیم دارد. همان گونه که در شکل ۷-۱ (الف) دیده می‌شود، آرمیچر مولد dc را می‌توان منبعی دانست با نیروی محرك الکتریکی E_a متوالی با مقاومت آرمیچر R_a. ولتاژ دو سر آرمیچر، V_t به اندازه افت ولتاژ در مقاومت آرمیچر از E_a کمتر است، یعنی:

$$V_t = E_a - I_a R_a \qquad (۷-۸)$$



شکل ۷-۱ نمایش مدار آرمیچر (الف) مولد dc، (ب) موتور dc

که در آن I_a جریان آرمیچر به آمپر است.

چنانکه در شکل ۷-۱ (ب) دیده می‌شود نمایش مشابهی برای موتورها می‌توان به کار برد، جز اینکه جهت جریان باید وارونه شود. بنابراین ولتاژ تولید شده، E_a، در آن ولتاژ مقاومی است بر ضد جریان لذا داریم:

$$V_t = E_a + I_a R_a \qquad (۷-۹)$$

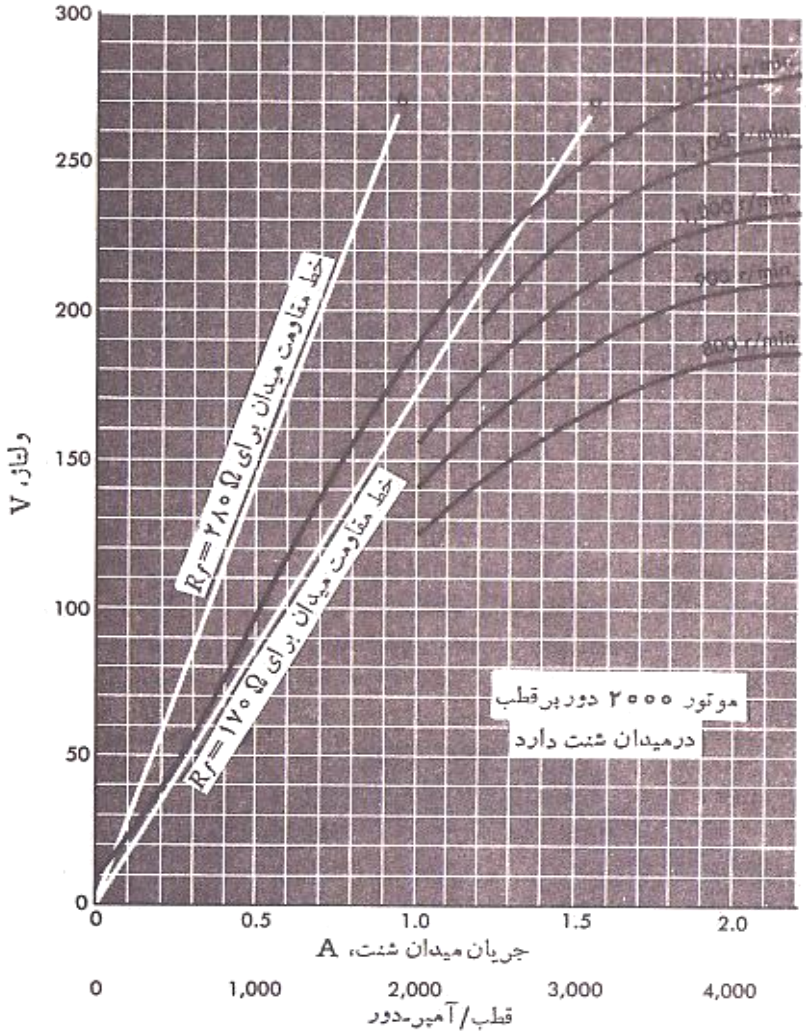
و E_a کوچکتر از ولتاژ دو سر آرمیچر، V_t، است.

۷-۲-۲- ویژگی‌های مدار مغناطیسی ماشین DC

یك رابطه دیگر که در تعیین عملکرد ماشین جریان مستقیم، اهمیت اساسی دارد رابطه میان جریان میدان یا آمپر دورهای میدان و نیروی محرك الکتریکی آرمیچر، E_a است. این رابطه را می‌توانند از داده‌های طرح در محاسبات مدارهای مغناطیسی به دست آورد. به جای شار Φ مدار مغناطیسی می‌توان نیروی محرك الکتریکی

E_a مدار الکتریکی معادله (۷-۳) را گذاشت. روش دیگر به دست آوردن آن روش تجربی است به این ترتیب که ماشین را به صورت مولد بی بار با سرعت مطلوب به حرکت در می‌آوریم و مقدار ولتاژ آرمیچر متناظر با یك رشته مقدار جریان میدان یادداشت می‌کنیم. حاصل این عمل، منحنی با شکل نوعی ۷-۲ است بهنام منحنی مغناطیدگی، منحنی اشباع یا مشخصه مدار باز.

البته سرعت dc لازم نیست ثابت بماند. بدین لحاظ در شکل ۷-۲ این منحنی‌ها در چندین سرعت مختلف داده شده است. هر منحنی از دیگر منحنی‌ها با توجه به این نکته به دست می‌آید که نیروی محرك الکتریکی به ازای هر شار یا جریان میدان معین، تناسب مستقیم با سرعت دارد. ماشین جریان مستقیم همچنین می‌تواند هم دارای تحریك شنت باشد هم تحریك سری، به گونه‌ای که نیروی محرك مغناطیسی آنها با یکدیگر جمع شود. در ماشین کمپوند برای رسم منحنی مغناطیدگی، فقط جریان میدان شنت به کار می‌رود. چنانکه شکل ۷-۲ نشان می‌دهد مقیاس افقی می‌تواند آمپر دور قطب باشد. برای اینکار کافی است جریان میدان در عده حلقه‌های قطب میدان شنت ضرب کرد. بدین سان هر مقدار از محور افقی بیانگر اثر همه نیروهای محرك مغناطیسی بر مدار مغناطیسی است.



شکل ۷-۲ منحنی مغناطیدگی ماشین ۲۳۰v، ۱۲۰۰r/min، که منحنی نوعی یك مولد ۱۵ kW یا موتور ۱۵hp است.

۳-۳ کار به صورت مولد

تحریك سیم‌پیچ‌های میدان در مولد جریان مستقمی به چهار طریق خلاصه شده در شکل ۷-۲ انجام می‌شود. در این نمودارها بستگی میان جریان خط I_L، جریان آرمیچر I_a و جریان میدان شنت I_f با قانون جریان‌های کیرشهف بیان شده است. از این روابط و معادله‌های (۷-۳) و (۷-۸) و منحنی مغناطیدگی، مهمترین مشخصه‌های کار مولدها را می‌توان به دست آورد.

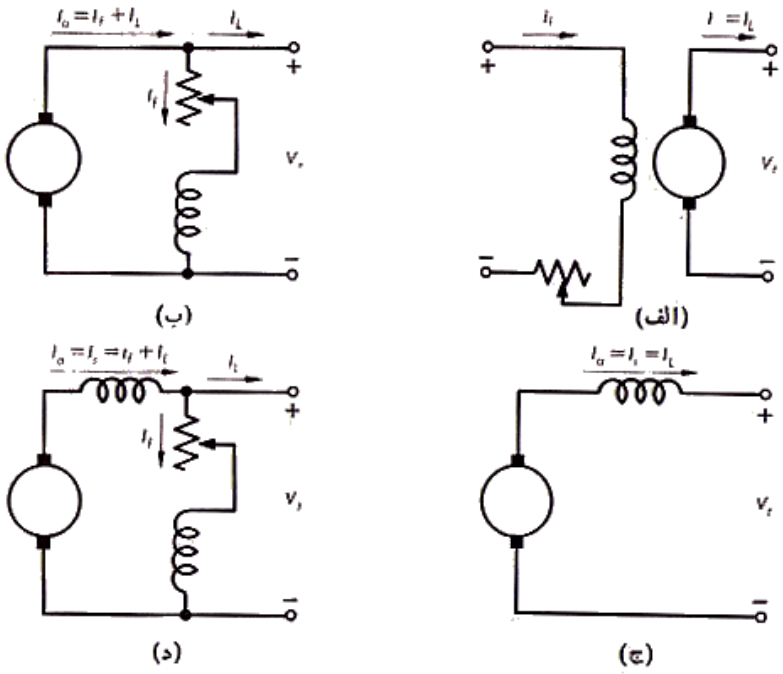
کاربرد این روابط در مولد با تحریك جداگانه بسیار آسان است. زیرا جریان میدان از منبعی جداگانه تأمین می‌شود و بنابراین مستقل از شرایط کار آرمیچر است. و اگر جریان میدان و سرعت ثابت باشد با افزایش بار، ولتاژ دو سر مولد کمی افت می‌کند زیرا افت ولتاژ در مقاومت آرمیچر افزایش می‌یابد. این کاهش را منحنی خط چین مولد با تحریك جداگانه در شکل ۷-۷ نشان می‌دهد.

در مولد شنت رابطه تحریك میدان با ولتاژ دو سر ماشین از قانون اهم به دست می‌آید

$$V_t = I_f R_f \qquad (۷-۱۰)$$

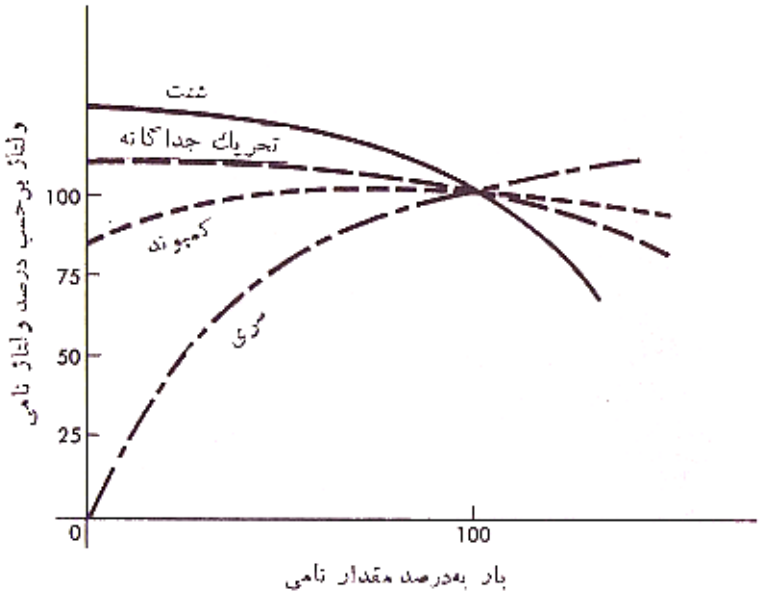
نمایش ترسیمی معادله (۷-۱۰) خطی مانند O_a در شکل ۷-۲ است که به خط مقاومت میدان موسوم استفاده. این خط، مکان هندسی نقطه کار جریان میدان شنت برحسب ولتاژ دو سر است. خط O_a که به ازای $R_f = ۱۷۰\Omega$ رسم شده از مبدأ و نقطه (۱۷۰V، ۱/۰A) می‌گذرد.

سودمندی خط مقاومت میدان هنگامی مشخص می‌شود که نخست روش ایجاد ولتاژ را در مولد شنت و آنگاه تغییر ولتاژ آن را با افزوده شدن بار بررسی کنیم. مولدی را در نظر بگیرید که با سرعت ۱۲۰۰ r/min می‌چرخد. وقتی مدار میدان بسته می‌شود، ولتاژ کوچك ناشی از مغناطیس باقی مانده (عرض از مبدأ ۸ V در منحنی مغناطیدگی شکل ۷-۲).



شکل ۷-۳ انواع مولدهای dc که روابط میان جریان خط، I_L، جریان آرمیچر، I_a، و جریان میدان شنت، I_f، را نشان می‌دهند. (الف) مولد با تحریك جداگانه، (ب) مولد شنت، (ج) مولد سری و (د) مولد کمپوند.

جریان میدان کوچکی پدید می‌آورد. اگر شار حاصل از این آمپر دور به شار باقی مانده افزود شود ولتاژ و جریان میدان رفته رفته افزایش می‌یابند و بدین سان ولتاژ مولد ایجاد می‌شود. اگر این آمپر دور میدان، مخالف مغناطیس باقی مانده باشد برای ایجاد ولتاژ مولد باید اتصال سیم‌پیچ میدان شنت وارونه شود. ایجاد ولتاژ تا زمانی که نقطه کار بر منحنی مغناطیدگی و خط مقاومت میدان یعنی به نقطه برخورد آنها (در شکل ۷-۲ نقطه ۲۳۰V) بیاید، ادامه می‌یابد. باید دانست که اگر مقاومت میدان چنانکه خط Ob به ازای $R_f = ۲۸۰\Omega$ نشان می‌دهد، خیلی زیاد باشد محل برخورد در ولتاژهای پایین خواهد بود و ولتاژ ایجاد نمی‌شود. اگر خط مقاومت میدان بر بخش پایینی منحنی مغناطیدگی مماس باشد با ازای R_f. برابر ۱۹۰Ω در شکل ۷-۲، محل برخورد در جایی بین ۴۰V تا ۱۶۰V با وضعی بسیار ناپایدار است. این مقاومت را مقاومت بحرانی میدان می‌خوانند که با بیشتر از آن، ولتاژ ایجاد نمی‌شود.



شکل ۷-۴ منحنی ولتاژ-بار مولدهای جریان مستقیم، مولد برای داشتن ولتاژ نامی در بار کامل تنظیم شده است.

ولتاژ دو سر مدار شنت با افزایش بار کاهش می‌یابد زیرا افزایش افت ولتاژ در مقاومت آرمیچر و کاهش جریان میدان باعث افت ولتاژ دو سر می‌شود. افت ولتاژ ناشی از بار را در شکل ۷-۴ نشان می‌دهد. از آنجائیکه خط مقاومت میدان، مکان هندسی V_t برحسب I_f و منحنی مغناطیدگی، مکان هندسی E_a برحسب I_f است، فاصله قائم میان دو منحنی به ازای هر مقدار I_f باید برابر افت I_aR_a در مقاومت R_a به ازای جریان بار I_a باشد. این نکته می‌تواند برای به دست آوردن ولتاژ دو سر به ازای جریان آرمیچر و مقاومت مفروض میدان به کار می‌رود.

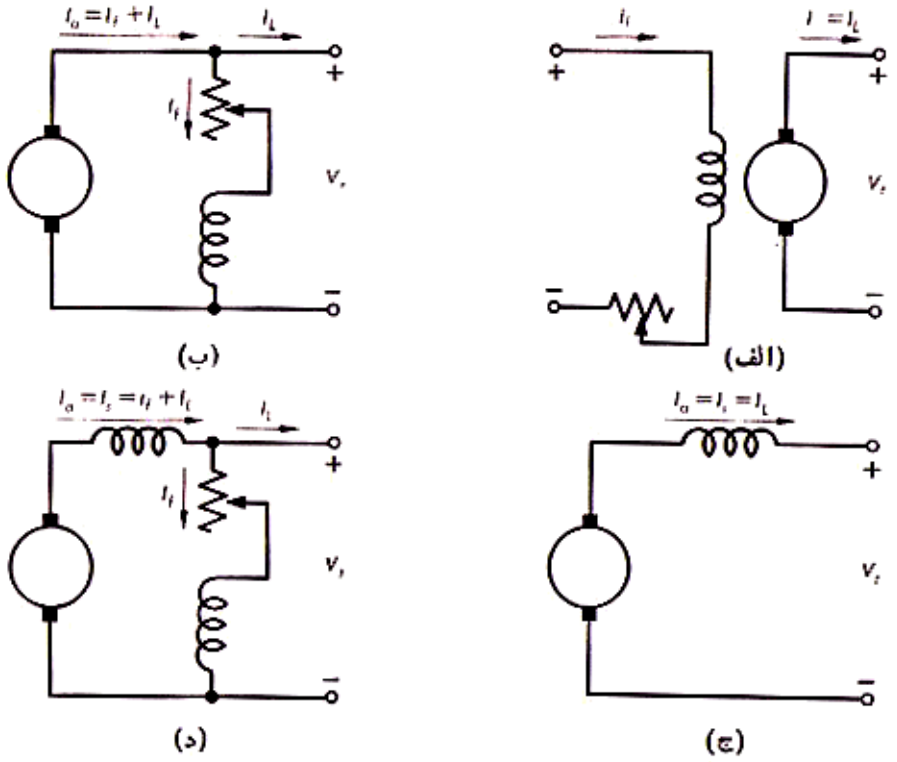
۳-۴ کار به صورت موتور

چهار روش ممکن تأمین تحریك ماشین dc بار دیگر در شکل ۷-۵ آمده اند. اما این بار این شکل‌ها برای حالت خاص موتور رسم شده‌اند و در آنها رابطه میان جریان خط، I_L جریان آرمیچر، I_a جریان میدان شنت، I_f با

استفاده از قانون جریان کیر شهف بیان شده است و فرق میان دو شکل ۷-۵ و ۷-۳ تنها از این بابت است. از این روابط و معادله‌های (۷-۳) یا (۷-۶) و (۷-۹) و منحنی مغناطیدگی می‌توان خواص موتور را بدست آورد.

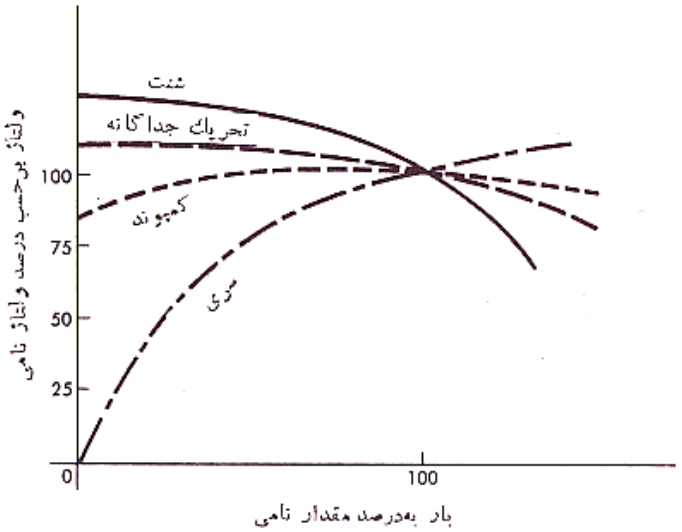
اما تفاوت میان اتصالات موتور با تحریك جداگانه و موتور با تحریك شنت درخور تأمل است. در موتور شنت ولتاژ اعمالی به میدان و آرمیچر، یکی است. در موتور با تحریك جداگانه دو منبع متفاوت به کار می‌رود تا بتوان دو ولتاژ اعمال را متسق از یکدیگر تغییر داد. و جنبه اخیر برای تأمین پهنه وسیع کنترل سرعت دارای اهمیت است.

در موتور شنت جریان میدان و ولتاژ دو سر با قانون اهم مستقیماً به هم ربط می‌یابند. تا زمانی که به تنظیم رئوستای مدار میدان موتور دست نزنیم و ولتاژ دو سر ثابت باشد، تحریك میدان و بنابراین Φ ثابت خواهد ماند. همان گونه که در شکل ۷-۶ دیده می‌شود مشخصه عادی موتور شنت با V_t و R_f ثابت، با افزایش بار، اندکی کاهش سرعت خواهد داشت زیرا افزایش بار باعث افزایش افت I_aR_a و کاهش E_a و در نتیجه کاهش سرعت می‌شود.



شکل ۷-۵ انواع موتورهای dc و روابط میان جریان‌های آنها، (الف) موتور با تحریك جداگانه، (ب) موتور شنت، (ج) موتور سری، (د) موتور کمپوند.

مزیت عمده موتور شنت در آسانی نسبی کنترل سرعت است. هر گاه کنترل سرعت موتور، مد نظر باشد چنانچه برای ماشین ابزار پیش می‌آید، موتور شنت فراوان به کار می‌رود.



شکل ۷-۶ منحنی سرعت بر حسب باردر موتورهای جریان مستقیم

۳-۵ کنترل سرعت موتور

از حل دستگاه معادله‌های (۳-۴) و (۳-۷) نسبت به ω_m، سرعت برحسب رادیان مکانیکی بر ثانیه چنین به دست می‌آید.

$$\omega_m = \frac{V_t - I_a R_a}{K_a \Phi} \qquad (۳-۱۳)$$

که در آن V_t ولتاژ دو سر آرمیچر، I_a جریان آرمیچر، R_a مقاومت آرمیچر، Φشار قطب و K_a ثابت طرح سیم‌پیچ آرمیچر است. یا اینکه سرعت به دور در ثانیه عبارت است از

$$n = \frac{60}{2\pi}\frac{V_t - I_a R_a}{K_a \Phi} \qquad (۳-۱۴)$$

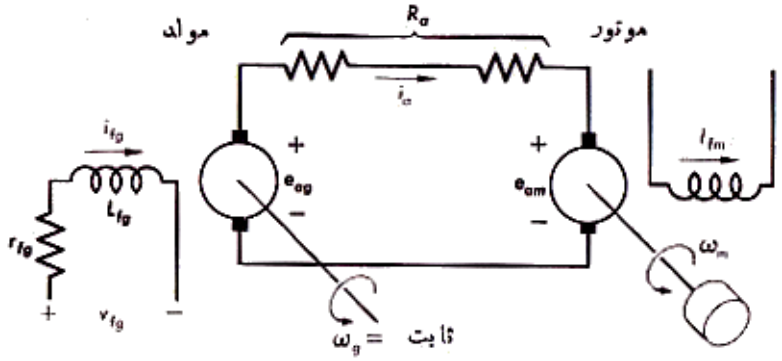
بنابر معادله (۳-۱۳) یا (۳-۱۴)، کنترل سرعت موتور می‌تواند با تنظیم یکی از سه کمیت R_a، Φ، و V_t انجام گیرد. از دو روش اول به اختصار بحث خواهد شد ولی روش سوم به واسطه کاربرد گسترده اش در سیستم‌های کنترل، مفصلتر بررسی خواهد شد.

کنترل سرعت با مقاومتی متوالی با آرمیچر. سرعت را میتوان با افزودن يك مقاومت خارجی متوالی با مدار آرمیچر کاهش داد. این روش میتواند در موتورهای سری، شنت و کمپوند بکار رود. در دو نوع اخیر، مقاومت متوالی را باید میان میدان شنت و آرمیچر وصل کرد و نه میان خط و موتور. روش متداول برای کنترل موتورهای سری همین روش است.

به ازای يك مقدار ثابت مقاومت متوالی با آرمیچر، سرعت با تغییر بار تغییری گسترده دارد زیرا سرعت به افت ولتاژ در این مقاومت و از این رو به جریان آرمیچر لازم برای بار بستگی دارد. همچنین اتلاف توان در مقاومت خارجی به ویژه هنگامی که سرعت بسیار کاهش یافته است، زیاد خواهد بود. از سوی دیگر وسیله کنترلی نسبتاً ارزان است. از این روش اغلب برای کاهش سرعت کوتاه مدت و نتاوبی سود می‌جویند.

کنترل سرعت با تحریك میدان و ولتاژ آرمیچر ثابت. این روش برای کنترل سرعت موتور شنت یا کمپوند در گستره سرعت‌های حدود ۴ یا ۱۵ به ۱، ساده و رضایت بخش است. با تغییر ولتاژ اعمالی به مدار میدان یا با مقاومتی تنظیم پذیر و متوالی با سیم‌پیچ میدان شنت می‌توان تحریك میدان را کنترل کرد. از آنجا که جریان میدان در مقایسه با جریان آرمیچر، کوچك است اتلاف توان در این مقاومت نسبتاً کم است. حداکثر گشتاور مجاز را جریان آرمیچر مجاز و حداکثر شار محدود می‌کند. حداکثر شار با اشباع مغناطیسی یا گرم شدن سیم‌پیچ میدان محدود می‌شود. حداکثر سرعت را ملاحظات مکانیکی و تعویض تعیین می‌کند.

کنترل سرعت با ولتاژ آرمیچر و جریان تحریك ثابت. این روش متداولترین روش کنترل سرعت دستی یا خودکار در گسترده وسیعی از سرعت‌ها و در هر دو جهت چرخش است. ولتاژ کنترل شده آرمیچر می‌تواند از یکسو ساز کنترل شده‌ای که ورودیش یك منبع ac است یا از یك مولد dc با تحریك جداکانه به دست آید. به واسطه اهمیت ویژه سیستم مولد dc با تحریك جداگانه و موتور که معمولاً سیستم وارد لئونارد نامیده می‌شود دنباله بحث بدان اختصاص می‌یابد. این سیستم اساس کار سیستم‌های کنترل پسخوردی گوناگونی است.



شکل ۷-۷ نمودار کنترل سرعت با ولتاژ تنظیم پذیر آرمیچر یا به روش وارد لئونارد.

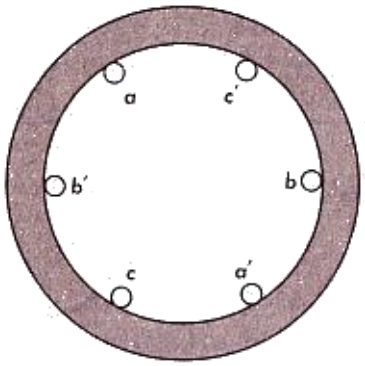
نموداری از سیستم اصلی در شکل ۳-۸ دیده می‌شود. فرض بر آن است که مولد با سرعت ثابت ω_g در حال حرکت است و میدان آن بامنبع ولتاژ υ_{fg} جداگانه‌ای تحریك می‌شود. موتور نیز تحریك جداگانه دارد و جریان میدان آن، I_{fm}، ثابت است. مقاومت مدارهای محرك الکتریکی، e_{eg} و e_{am}، با حرف کوچك نمادگذاری شده‌اند زیرا همگی آنها ممکن است با تنظیم سرعت دارای تغییر زمانی باشند.

هر گاه شار میدان ثابت بماند، سرعت موتور با نیروی ضدمحرك الکتریکی ، e_{am} تناسب مستقیم دارد (معادله (۴-۳) را ببینید). مقدار e_{am} به نوبه خود از تفاضل ولتاژ تولید شده e_{ag} و افت ولتاژ i_aR_a تعیین می‌شود. ولتاژ e_{ag} را می‌توان به سادگی با ولتاژ میدان υ_{fg} یا جریان i_{fg} کنترل کرد. بدین سان با تنظیم توان ناچیز مدار میدان مولد می‌توان سرعت موتور را در گستره وسیعی به نحو احسن کنترل کرد. با تغییر جهت ولتاژ υ_{fg} جهت چرخش موتور تغییر خواهد کرد. تغییر سرعت از تغییر میدان مولد تبعیت آنی موتور و تجهیزاتی که راه می‌برد و رسیدن آنها به سرعت جدید مدتی طول می‌کشد. اغلب، عمده تلاش طراحی، صرف این می‌شود که این پس افتادگی‌های زمانی به حداقل برسند.

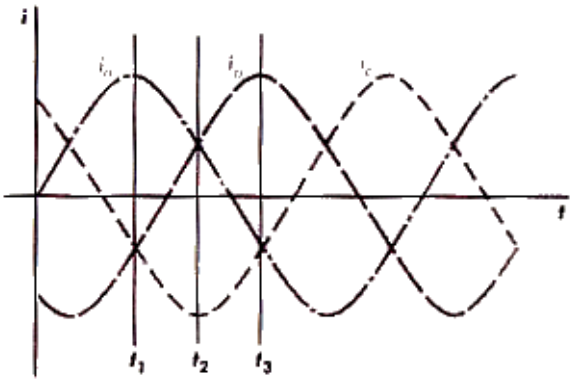
۱-۴ میدان‌های مغناطیسی چرخان

وقتی از سیم‌پیچ‌های ac ماشین‌های القایی و یا همزمان، جریان‌های چند فاز عبور کند میدانی مغناطیسی با دامنه ثابت تولید می‌شود که با سرعتی یکنواخت در شکاف هوایی پیرامونی می‌چرخد. این واقعیت بنیادی را

می‌توان به کمك سیم‌پیچ دو قطب سه فاز ساده شکل ۴-۱ تشریح کرد. این سیم‌پیچ همان سیم‌پیچ به کار رفته برای بررسی تولید ولتاژهای سه فاز در شکل ۲-۱۰ است و عبارت از سه پیچك به فاصله 120^o از یکدیگر است که هر کدام یکی از فازهای یك سیستم سه فاز را تشکیل می‌دهد. تغییرات جریان سه پیچك برحسب زمان در شکل ۴-۲ دیده می‌شود. برای تشریح میدان حاصل از این سیم‌پیچ استوانه استاتور را می‌بریم و می‌گسترانیم (شکل ۴-۳). سیم a دوبار رسم شده است تا تمامیت سیم‌پیچ را نشان دهد.



شکل ۷- ۸ سیم‌پیچ استاتور دو قطب و سه فاز

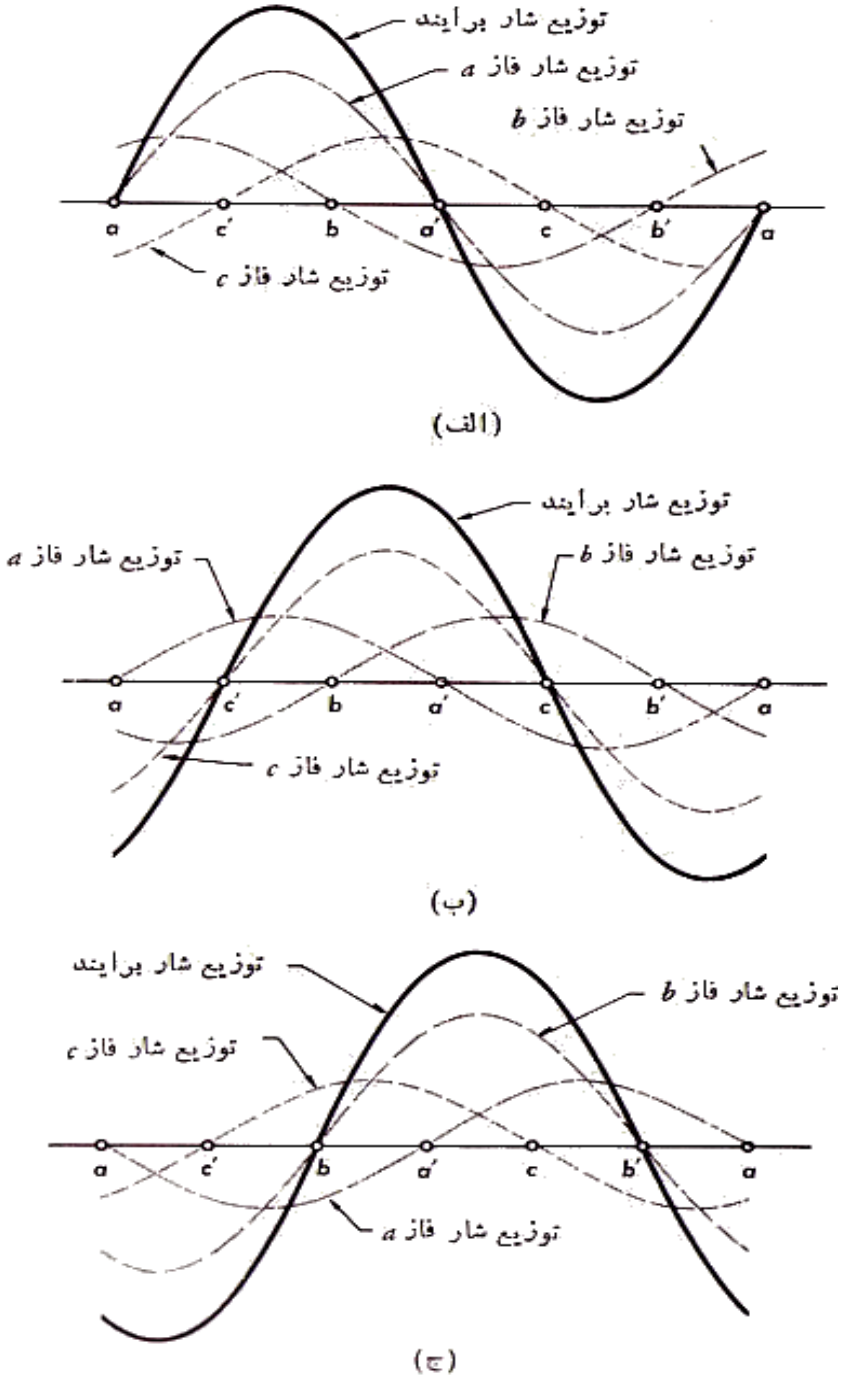


شکل ۴-۲ منحنی‌های جریان‌های لحظه‌ای هرفاز در سیم‌پیچ شکل ۴-۱.

تولید میدان چرخان یکنواخت را می‌توان با رسم توزیع میدان‌های مؤلفه و برایند در چند لحظه متوالی به صورت شکل ۴-۳ نشان داد. بهتر است ضمن خواندن مطلب زیر، شکل ۴-۳، گام به گام دوباره رسم شود. بررسی تکه تکه شکل، وضوح بیشتری به مطلب می‌دهد تا یکجا در نظر گرفتن تمامی آن. توزیع شار حاصل از هر فاز را سینوسی فرض می‌کنیم، گرچه اگر مانند شکل‌های ۴-۱، و ۴-۳ هر فاز، تنها از یتك پیچك متمرکز تشکیل شده باشد چنین فرضی درست نیست. اما در سیم‌پیچ‌های واقعی، هر فاز از گروهی پیچك توزیع شده روی سطح استاتور تشکیل و چنان طراحی می‌شود که توزیع شار عملاً سینوسی باشد.

نخست لحظه t_1 را در نظر می‌گیریم. در این لحظه بنا بر شکل ۴-۲، جریان در فاز a بیشینه (ماکزیمم) و مثبت و در فازهای b و c نصف مقدار بیشینه و منفی است. بنابراین در شکل ۴-۳ الف، توزیع شاری که فاز a به تنهایی تولید می‌کند دامنه بیشینه (ماکزیمم) دارد. مرکز این توزیع در فضا بر محور پیچك a است و به دلخواه برای تناظر با جریان مثبت از a تا a' به صورت مثبت رسم شده است. توزیع شاری که هر کدام از فازهای b و c تولید می‌کنند دامنه‌ای برابر نصف دامنه توزیع شار فاز a دارند و مرکزشان در فضا به ترتیب

بر محور پیچك‌های b و c است و از b تا 'b پا از c تا 'c برای تناظر با جریان منفی، منفی رسم شده اند. توزیع شار برایند مطابق شکل ۴-۳الف از جمع کردن توزیع شار فازها به دست می‌آید که شکلی سینوسی و به مرکز فاز a و دامنه‌ای ۳/۲ برابر دامنه توزیع شار فاز a دارد.



شکل ۷-۹ توزیع شارهای مؤلفه و برآیند حاصل از جریان‌های شکل ۴-۲ در سیم‌پیچ شکل ۴-۱ (الف) در لحظه t_1، (ب) در لحظه t_2، (ج) در لحظه t_3.

در لحظه بعدی، t_2 در شکل ۴-۲، جریان در فاز c ماکزیمم منفی و در فازهای a و b نصف ماکزیمم و مثبت است. مطابق شکل ۴-۳ ب سهم شار فاز a نصف دامنه حالت قبل را دارد، شار فاز b همان اندازه لحظه t_1 را اما با جهت معکوس دارد. زیرا جهت جریان معکوس شده است و شار فاز c در جهت شار در لحظه t_1 اما با

دامنه دو برابر است. توزیع شار برایند، همانند لحظه t_1 است اما به سمت راست جابجا شده است و مرکزش بر فاز c قرار دارد. در لحظه سوم، t_3 در (شکل ۴-۲)، با استدلال مشابهی به همان توزیع شار برایند می‌رسیم اما چنانکه در شکل ۴-۳ ج دیده می‌شود باز هم بیشتر به طرف راست جابجا شده است و مرکزش بر محور فاز قرار دارد. بنابراین موج شار برایند با یك میدان مغناطیسی که در سطح درونی استوانه استاتور شکل ۴-۱ با سرعت یکنواخت می‌چرخد هم ارز است. از رسم توزیع شار برای هر لحظه دلخواه دیگر، نتایجی سازگار با این نتیجه به دست می‌آید.

یك سیکل پس از لحظه t_1 (شکل ۴-۲) میدان برایند باید به محل شکل ۴-۳ الف باز گردد یعنی ۲/۲ دور بزند. پس سرعت میدان باید f (f بسامد استاتور است) دور در ثانیه یا f ۶۰ دور در دقیقه باشد. در بسیاری از موارد، سیم‌پیچ، بیش از یك گروه پیچك در فاز نظیر شکل ۴-۱ یا به بیان دیگر بیش از دو قطب دارد. شکل ۲-۱۲ طرحواره ساده شده یك سیم‌پیچ چهار قطب را نشان می‌دهد. در این حالت، جابجایی گروه فازهای پیاپی به جای ۱۲۰ درجه مکانیکی که در شکل ۴-۱ دیده می‌شود، ۱۲۰ درجه الکتریکی است. هر دو درجه الکتریکی در شکل ۲-۱۲، برابر ۱ درجه مکانیکی است و میدان چرخان در هر سیکل، ۲/۴ دور می‌زند. اگر سیم‌پیچ p قطب داشته باشد، میدان چرخان در هر سیکل ۲/p دور می‌زند و p/۲ درجه الکتریکی برابر ۱ درجه مکانیکی است. بنابراین سرعت میدان استاتور یا سرعت همزمان چنین است.

$$n_{sf} = \frac{120f}{p} r/\min \qquad (۴-۱)$$

که همان رابطه میان سرعت و بسامد معادله (۲-۷) باری ولتاژهای ac تولید شده است.

باید دانست که اگر یك دسته سیم‌پیچ سه فاز دیگر به دسته اول به صورت القایی جفت کنیم، سیم‌پیچی‌های دسته اول کاملا می‌توانند به صورت اولیه یك ترانسفورماتور سه فاز کنند. چنین ماشین ac اگر مدار سیم‌پیچ روتورش باز باشد درست مانند یك ترانسفورماتور مدار باز است که شکافی هوایی در مدار مغناطیسی دارد. در واقع از یك نظر، ماشین ac، ترانسفورماتوری است با یك درجه آزادی اضافی که عبارت از چرخش یکی از سیم‌پیچ هاست. شار شکاف هوایی حاصل از سیم‌پیچ‌های این استاتور مانند حالت ترانسفورماتور اساساً از اندازه ولتاژ اعمالی به دست می‌آید. همچنانکه در ترانسفورماتور می‌توان گفت که شار هسته اساساً به کمك ولتاژ اعمالی اولیه (با نادیده گرفتن افت ناچیز ولتاژدر امپدانس نشت اولیه) به دست می‌آید، پس در بیان مربوط به ماشین‌ها نیز افت ولتاژ در امپدانس نشت استاتور نادیده گرفته می‌شود.

این نوع کلی سیم‌پیچ در موتورهای القایی، و در موتورها و مولدهای همزمان به کار می‌رود. این سیم‌پیچ ها در شیارهای درون آهن استاتور جای می‌گیرند و به هر فاز، چند شیار در برابر هر قطب اختصاص می‌یابد.

۴-۲ طرز کار موتورهای القایی

موتور القایی سه فاز از یك سیم‌پیچ استاتور از نوع توصیف شده در بخش پیشین و یك روتور به یکی از دو صورت نشان داده شده در شکل‌های ۲-۲۳ و ۲-۲۴ تشکیل می‌شود، شکل ۲-۲۳ یك روتور قفس سنجابی را با سیم‌پیچی متشکل از میله هایی رسانا و خوابانده در شیارهای آهن روتور نشان می‌دهد و سرهای این میله‌ها را یك حلقه رسانا در هر انتهای روتور اتصال کوتاه می‌کند. شکل ۲-۲۴ یك روتور سیم‌پیچ دار را با سیم‌پیچی مشابه سیم‌پیچ استاتور و یا همان تعداد قطب نشان می‌دهد. سرهای سیم‌پیچ به حلقه‌های لغزان یا حلقه‌های

گردآور واقع در انتهای چپ محور وصل می‌شوند. جاروبك هایی زغالی متکی بر این حلقه ها، سرهایی ساکن برای روتور در دسترس قرار می‌دهد تا بتوان در صورت لزوم مقاومتی اضافی در مدار روتور آورد.

در بررسی طرزکار موتور القایی چنانکه در بخش ۲-۴ دیدیم، برای تولید گشتاور باید میدان‌های مغناطیسی روتور و استاتور نسبت به هم ساکن باشند. فرض می‌کنیم یك روتور قفس سنجابی در میدان مغناطیسی چرخان استاتور قرار گیرد. اگر روتور ساکن باشد موتور ، هم ارز یك ترانسفورماتور سه فاز اتصال کوتاه شده است. در روتور، ولتاژهای سه فازی با بسامد استاتور القا می‌شود و جریان‌های نظیر آنها را میتوان به کمك اندازه ولتاژ و امپدانس روتور تعیین کرد. همچنانکه جریان‌های استاتور، میدان چرخان استاتور را تولید می‌کنند، جریان‌های روتور نیز میدان روتور را با تعداد قطب هایی برابر تعداد قطب‌های استاتور تولید می‌کنند، که با همان سرعت میدان استاتور نسبت به روتور ساکن می‌چرخد. بنابراین میدان‌های روتور و استاتور در فضا نسبت به هم ساکن‌اند و گشتاوری راه انداز تولید می‌شود. اگر این گشتاور به اندازه‌ای باشد که بر مقاومت بار محوری در برابر چرخش غلبه کند، موتور به گردش در می‌آید.

برای پی بردن به چگونگی حفظ چرخش، فرض می‌کنیم روتور با سرعت ماندگار n دور در دقیقه- در جهت چرخش میدان- می‌چرخد. در این صورت روتور با سرعت $(n_{sf} - n)$ دور در دقیقه در جهت معکوس نسبت به میدان چرخان می‌چرخد، یا سرعت لغزش روتور $(n_{sf} - n)$ دور در دقیقه است. لغزش معمولاً به صورت کسری از سرعت همزمان بیان می‌شود.

$$s=\frac{n_{sf}-n}{n_{sf}} \qquad (۴-۲)$$

یا

$$n=n_{sf}(1-S) \qquad (۴-۳)$$

این حرکت نسبی شار و رساناهای روتور باعث القای ولتاژهایی با بسامد sf، به نام بسامد لغزش، در روتور می‌شود. جریان‌های نظیر روتور را می‌توان از اندازه ولتاژ چرخشی و امپدانس روتور در بسامد لغزش به دست آورد. چون حالا بسامد این جریان‌ها تنها کسر s از بسامد در حالت سکون روتور است میدانی که روتور ایجاد می‌کند نسبت به خود روتور با تنها کسر S از سرعت قبلی می‌چرخد. به بیان دیگر میدان روتور، در جهت مستقیم نسبت به روتور با سرعت $n_{rf}=sn_{sf}$ دور در دقیقه می‌چرخد. اما سرعت چرخش مکانیکی روتور (معادله (۴-۳)) به آن افزوده می‌شود و سرعت میدان روتور در فضا مجموع دو جمله

$$sn_{sf}+n_{sf}(1-s)$$

یا n_{sf} است. بنابراین میدان‌های استاتور و روتور نسبت به هم ساکن اند، پس گشتاور تولید می‌شود و چرخش ادامه می‌یابد و موتور به سرعت کارش می‌رسد. سرعت کار هرگز نمی‌تواند برابر سرعت همزمان میدان استاتور که از معادله (۴-۱) به دست می‌آید بشود، زیرا در این صورت رساناهای روتور نسبت به این میدان ساکن خواهند بود و ولتاژی در آنها القا نخواهد شد.

سه ویژگی مهم و عملی موتورها عبارتند از: گشتاور راه اندازی، گشتاور ماکزیمم قابل حصول، و منحنی گشتاور- سرعت نشاندهنده رفتار موتور در برابر بار متغیر. موتور قفس سنجابی، موتوری است با سرعت ثابت از بی باری تا بار کامل، تنها حدود ۳ تا ۱۰درصد افت دارد و به علت استحکام و سادگی، کاربردی

گسترده دارد. روتور سیم‌پیچ دار معمولاً گرانتر است و تنها وقتی که شرایط راه اندازی سخت و یا کنترل سرعت لازم باشد به کار می‌رود. با وارد کردن مقاومت خارجی در مدار روتور می‌توان به سرعت‌های متغیر دست یافت. در گستره عادی کار، مقاومت خارجی، امپدانس روتور را افزایش می‌دهد و لذا برای رسیدن به شدت میدان روتور و گشتاور معینی به لغزش بیشتری نیاز است.

۴-۳ عملکرد موتورهای القایی

یکی از مشخصات مهم عملکرد موتورها تغییر سرعت آنها در اثر افزایش بار است. معمولاً این مشخصه موتور القایی را با تغییرات گشتاور برحسب لغزش نشان می‌دهند. شکل ۴-۴ یك منحنی گشتاور- لغزش موتور القایی را با خط پر نشان می‌دهد. مقیاس سرعت نیز روی محور افقی آمده است.

ناحیه کار ماندگار عادی موتور، قسمت سمت راست این منحنی و متناظر با مقادیرکم لغزش است. در این ناحیه منحنی تقریباً خطی است. گشتاور راه اندازی با اعمال ولتاژ عادی شبکه برق شهر برابر عرض منحنی به ازای $s = ۱$ است. با دور گرفتن موتور، نقطه کار، منحنی را سیر می‌کند و به ناحیه سمت راست می‌رسد تا در گشتاور لازم برای بار در ناحیه عادی مستقر شود.

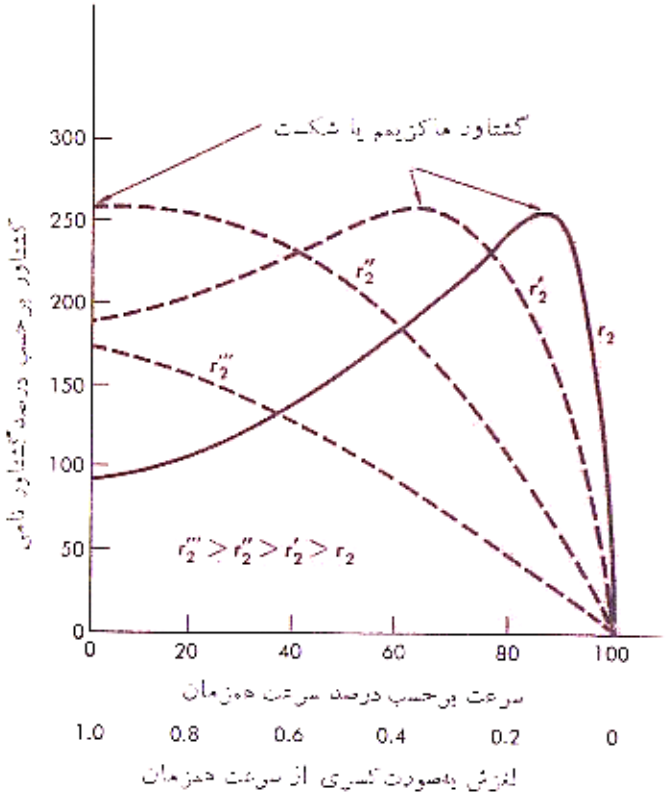
برای منحنی لغزش – گشتاور به ازای مقادیر کم لغزش به فرض خطی بودن منحنی در گستره‌ای قابل قبول می‌توان رابطه‌ای تقریبی به دست آورد. بر این اساس، گشتاوری که موتور القایی تولید می‌کند با مجذور ولتاژ اعمالی به استاتور متناسب است.

$$T = k_T V_t^2 s \qquad (۴-۴)$$

که در آن k_T ثابتی برای یك منحنی گشتاور- لغزش خاص و V_t ولتاژ دو سر موتور است. این رابطه برای محاسبه تقریبی اثر تغییر ولتاژ اعمالی یا اثر تغییر گشتاور مورد نیاز بر سرعت موتور به کار می‌آید.

عرض ماکزیمم منحنی لغزش- گشتاور در شکل ۴-۴ گشتاور شکست نام دارد. این عرض متناظر بیشترین توانی است که می‌تواند از راه شکاف هوایی به روتور منتقل شود. اگر گشتاور بار آنقدر زیاد شود که از گشتاور شکست فزونی یا بد موتور می‌ایستد.

منحنی‌های خط چین لغزش- گشتاور در شکل ۴-۴ اثر مقاومت خارجی افزوده شده به مدار روتور سیم‌پیچ دار را نشان می‌دهند. با افزایش مقاومت مدار روتور، گشتاور ماکزیمم ثابت می‌ماند، اما لغزش نظیر آن رفته رفته بزرگتر می‌شود. بنابراین با افزایش مقاومت روتور، سرعتی که در آن گشتاور مطلوب تولید می‌شود پایین می‌آید. تغییر گشتاور راه اندازی با تغییر مقاومت روتور را نیز می‌توان با توجه به عرض این منحنی‌ها در سرعت صفر، مشاهده کرد. موتورهای با روتور سیم‌پیچ دار برای کاربردهای با وضعیت راه اندازی سخت یا در جایی که کنترل سرعت لازم باشد برگزیده می‌شوند. در واقع موتور با روتور سیم‌پیچ دار یکی از چند امکان تنظیم سرعت را در موتوری که با جریان متناوب و بسامد ثابت تحریك می‌شود عرضه می‌کند.



شکل ۷- ۱۰ منحنی‌های نمونه گشتاور – سرعت موتور القایی و نمایانگر اثر افزایش مقاومت روتور

موتورهای قفس سنجابی، برحسب مشخصات راه اندازی خود به شرح زیر رده بندی می‌شوند:

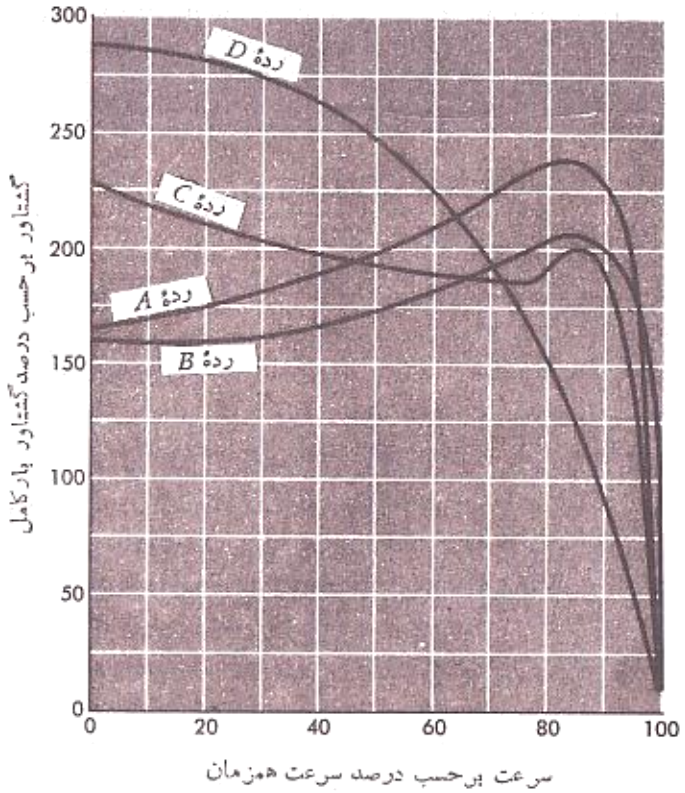
رده A: گشتاور راه اندازی عادی، جریان راه اندازی عادی

رده B: گشتاور راه اندازی عادی، جریان راه اندازی کم

رده C: گشتاور راه اندازی زیاد، جریان راه اندازی کم

رده D: گشتاور راه اندازی زیاد، لغزش زیاد

شکل ۴-۵، متوسط منحنی‌های لغزش- گشتاور را در این چهار رده موتور نشان می‌دهد این منحنی‌ها حدود بزرگی گشتاور راه اندازی را با اعمال ولتاژ کامل نشان میدهند. اگر موتور با ولتاژ کمتری راه اندازی شود، گشتاور راه اندازی بنا به معادله ۴-۴ به تناسب مجذور ولتاژ کاهش می‌یابد. این منحنی‌ها همچنین نشان میدهند که وضعیت راه اندازی را می‌توان به بهای فدا کردن گشتاور شکست بهبود بخشید. جریان راه اندازی عادی (به ازای ولتاژ نامی راه اندازی) ۵۰۰ تا ۸۰۰ درصد جریان بار کامل است. جریان راه اندازی کم حدود سه چهارم این مقدار است.



شکل ۷-۱۱ منحنی‌های نوعی گشتاور – سرعت رده‌های مختلف موتورهای القایی.

۴-۴ عملکرد مولدهای همزمان (سنکرون)

ماشین‌های همزمان سه فاز بر روی استاتور خود سیم‌پیچ هایی دارند که کاملاً شبیه سیم‌پیچ‌های ac توصیف شده در بخش ۴-۱ است. بنابراین میدان حاصل از استاتور با سرعت همزمان نظیر معادله ۴-۱ می‌چرخد. در حالت عادی کار ماندگار مولد یا موتور همزمان، میدان استاتور ولتاژی در روتور القا نمی‌کند زیرا وقتی که سرعت چرخش سیم‌پیچ روتور و میدان استاتور برابر باشد، شار گذرنده از روتور تغییر نمی‌کند. در سیم‌پیچ روتور تنهای جریان مستقیم اعمالی وجود دارد و تنها مقاومت اهمی R_f در برابرش ایستادگی می‌کند.

تصویر کلی، صرف نظر از عمل تعویض (کموتاسیون) در ماشین dc، بی شباهت به مولد dc با تحریك جداگانه نیست. بنابراین تحلیل عملکردها نیز یسکان است. اما باید به خاطر داشت که برای محاسبه افت ولتاژ در سیم‌پیچ آرمیچر باید به جای مقاومت ساده از امپدانس (پاگیرایی) استفاده کرد.

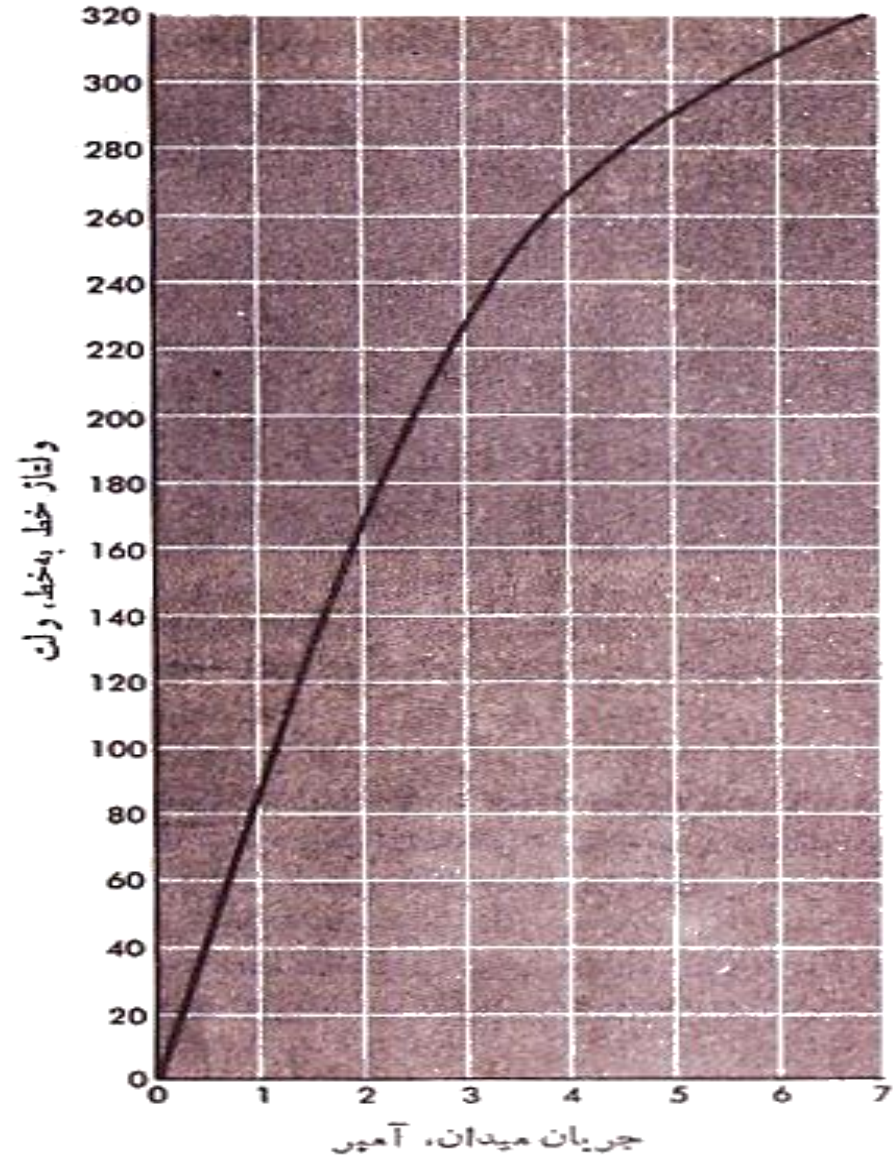
ولتاژی که آرمیچر یك مولد همزمان تولید می‌کند ولتاژ محرك الکتریکی نام دارد. این ولتاژ را می‌توان ماند ولتاژ محرك الکتریکی E_a در ماشین dc با منحنی مغناطیدگی (شکل ۴-۶) برحسب جریان میدان نمایش داد. منحنی مغناطیدگی، منحنی ولتاژ دو سر مدار باز ماشین برحسب جریان میدان است وقتی که سرعت، ثابت و برابر سرعت همزمان باشد.

امپدانس هر فاز سیم‌پیچ آرمیچر را امپدانس همزمان Z_S می‌نامند که از مقاومت مؤثر سیم‌پیچ، r_a و واکنایی (رئاکتانس) سیم‌پیچ، X_S به نام واکنایی (رئاکتانس) همزمان تشکیل می‌شود. یعنی داریم:

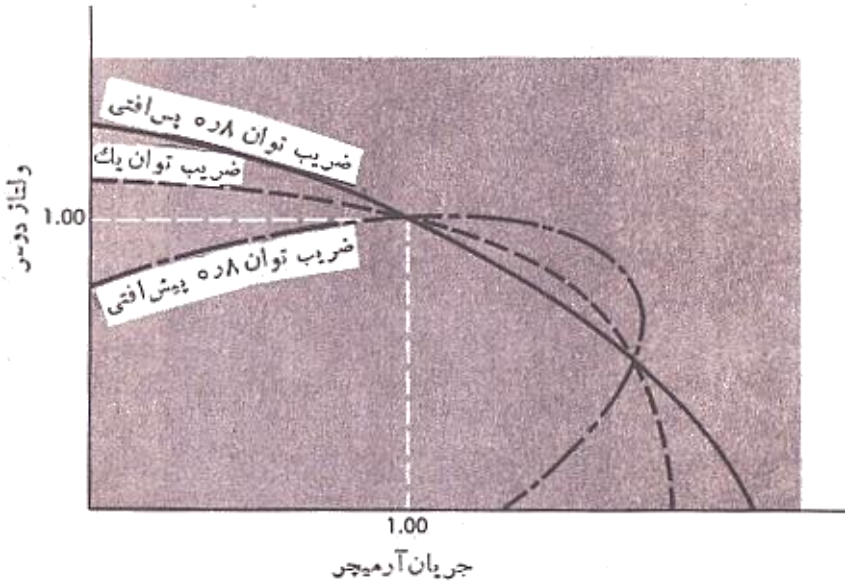
$$Z_s = r_a + jx_s \Omega \qquad (۴-۵)$$

در ماشین‌های بزرگ معمولاً r_a در مقایسه با x_s کوچك است و جز در محاسبه اتلاف‌ها قابل چشمپوشی است. از آنجا که با تغییر شرایط کار، میزان اشباع آهن ماشین فرق می‌کند x_s واقعاً ثابت نیست. در محاسبات تقریبی می‌توان از رئاکتانس مربوط به یك درجه اشباع معین استفاده کرد.

ظرفیت مولد همزمان (سنکرون) معمولاً کیلوولت- آمپر ماکزیمم باری است که ماشین می‌تواند در ولتاژ، بسامد و ضریب توان خاصی معمولاً ۸۰، ۸۵ یا ۹۰ درصد (پس افتی) بدون داغ کردن مستمراً حمل کند. اگر جریان میدان با تغییر بار ثابت بماند، ولتاژ دو سر مولد تغییر می‌کند. شکل ۴- ۷منحنی‌های مشخصه ولتاژ دو سر مولد را برحسب جریان آرمیچر برای سه ضریب توان ثابت نشان می‌دهد. هر منحنی برای جریان میدان خاصی رسم شده است که در آن حال برای به دست آوردن ولتاژ نامی دو سر به ازای جریان نامی آرمیچر لازم است. مولد معمولاً یك تنظیم کننده ولتاژ دارد تا هنگامی که بار تغییر می‌کند ولتاژ دو سر را با تنظیم جریان میدان، ثابت نگه دارد.



شکل ۷-۱۲ مشخصه مدار باز ماشین همزمان (سنکرون) کوچك.



شکل ۷-۱۳ ولتاژ دو سر مولد همزمان برحسب جریان آرمیچر.

۵-۴ موتورهای همزمان (سنکرون)

در موتور همزمان نیز جریان مستقیم اعمالی به روتور را معمولاً مولد dc کوچکی به نام محرك تأمین می‌کند که غالباً روی محور خود موتور سوار است و توان مکانیکی آن را هم موتور فراهم می‌آورد. مثلاً شکل ۲-۲۱ یك موتور همزمان را نشان میدهد که محرك آن روی محور موتور در طرف چپ دیده می‌شود. برای اینکه میدان‌های چرخان استاتور و روتور نسبت به هم ساکن باشند باید روتور دقیقاًبا سرعت همزمان (سنکرون) (معادله (۴-۱)) بچرخد. تنها در این حالت است که موتور می‌تواند به صورت همزمان کار کند و بنابراین موتور همزمان- بار هرچه باشد- موتوری با سرعت ثابت است.

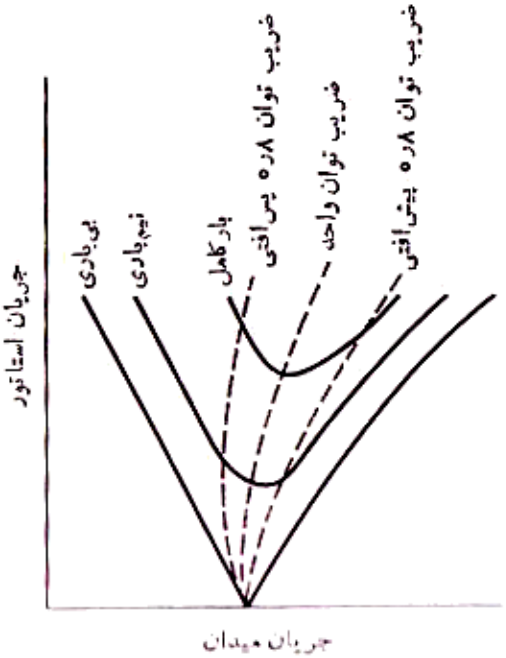
شار هر قطب استاتور موتور همزمان مانند حالت موتور القایی، تنها به ولتاژ اعمالی بستگی دارد و بنابراین تقریباً ثابت است. شدت میدان روتور نیز به جریان میدان یا روتور بستگی دارد که در حالت کار عادی، ثابت نگه داشته می‌شود. با توجه به برهم کنش میدان‌های مغناطیسی بیان شده در بخش ۲-۴، تغییر مورد نیاز گشتاور بار با تغییر زاویه توان یا گشتاور، δ صورت می‌پذیرد. در حالت بی باری، δ خیلی کوچك است و گشتاور، درست به اندازه‌ای است که بر اتلاف‌های چرخشی فائق آید. وقتی بار روی محور قرار می‌گیرد روتور نسبت به میدان چرخان استاتور به اندازه‌ای پس می‌افتد تا δ به مقداری بردس که گشتاور لازم فراهم شود. به ازای هر ولتاژ دو سر و جریان میدان مفروضی، وقتی δ به 90^o رسید گشتاور به بیشترین مقدار ممکن خود، به نام گشتاور برون کش، می‌رسد. اگر گشتاور بار از این مقدار فراتر رود، سرعت موتور کاهش می‌یابد و ماشین از همزمانی بیرون کشیده می‌شود. بعبارت دیگر میدان‌های روتور و استاتور دیگر نسبت به هم ساکن نیستند و عمل همزمانی موتور از دست می‌رود. (در چنین وضعی معمولاً مدارشکن‌های خودکار، موتور را از خط خارج می‌کنند.) این پدیده را بیرون کشیدن از همگانی یا از دست رفتن همزمانی می‌نامند. گشتاور برون کش، اضافه بارهای کوتاه مدتی را که موتور می‌تواند بکشد محدود می‌کند.

در حالت سکون روتور، میدان چرخان استاتور نسبت به روتور با سرعت همزمان می‌چرخد و گشتاور، سینوسی تغییر می‌کند و در هر سیکل یك بار معکوس می‌شود. از این رو موتور همزمان به خودی خود

گشتاور راه اندازی ندارد. برای اینکه موتور بتواند راه بیفتد یك سیم‌پیچ قفس سنجابی به نام سیم‌پیچ میراکن یا استهلاك‌گر در سر قطب‌های روتور نصب می‌شود. به این ترتیب روتور از راه عمل موتور القایی به حدود سرعت همزمان می‌رسد. اگر در این لحظه سیم‌پیچ میدان، تحریك شود میدان‌های روتور و استاتور هنوز کاملاً نسبت به هم ساکن نیستند و سرعت نسبی کمی دارند برابر سرعت لغزش عمل موتور القایی، مثلاً در حدود ۵ تا ۱۰ دور در دقیقه. گشتاور موتور همزمان هنوز هم تغییر سینوسی دارد اما با بسامد بسیار کمی که برابر بسامد لغزش است. اگر بار و لختی چندان بزرگ نباشند تیم سیکل مثبت گشتاور موتومر همزمان چنان مدتی دارد که روتور را به همزمانی می‌کشاند. گشتاور ماکزیممی که بدین سان به دست می‌آید گشتاور درون کش موتور نام دارد. در طراحی موتورهای همزمان، دست یافتن به مقادیر زیاد این گشتاور دشوار است.

لزوم نصب سیم‌پیچ‌های میراکن برای دستیابی به گشتاور راه اندازی را نباید عیبی برای موتورهای همزمان دانست. از قضا این یك حسن مسلم است زیرا موتور با یك سیم‌پیچ روتور به راه می‌افتد و با دیگری به کار ادامه می‌دهد. بنابراین در طراحی خاص سیم‌پیچ‌های میراکن برای گشتاور راه اندازی زیاد، مسئله بدتر کردن شرایط کار به ویژه بازدهی پیش نمی‌آید. سیم‌پیچ‌های میراکن در میرا کردن نوسانات کوچك سرعت در شرایط کار نیز مؤثر است.

ضریب توان کار موتور همزمان را می‌توان با تغییر جریان میدان، کنترل کرد. شکل ۴-۸ انی کار را به صورت ترسیمی نشان می‌دهد. منحنی‌های باخط پرکه به سبب شکلشان منحنی‌های V نام دارند منحنی‌های خط چین به نام منحنی‌های آمیختگی، مکان نقاطی از منحنی‌های V هستند که در آنها ضریب توان ثابت است. موتور همزمان همه منظوره با دو ضریب توان ۰/۸ پیش افتی و یك، در بازار عرضه می‌شوند. موتور همزمان با ضریب توان ۰/۸ پیش افتی برای تحمل جریان‌های زیاد میدا و آرمیچری که در حالت کار پیش افتی مطرح است ساخته می‌شود.



شکل۷- ۱۴ منحنی‌های V (با خط پر) و منحنی‌های آمیختگی (خط چین)

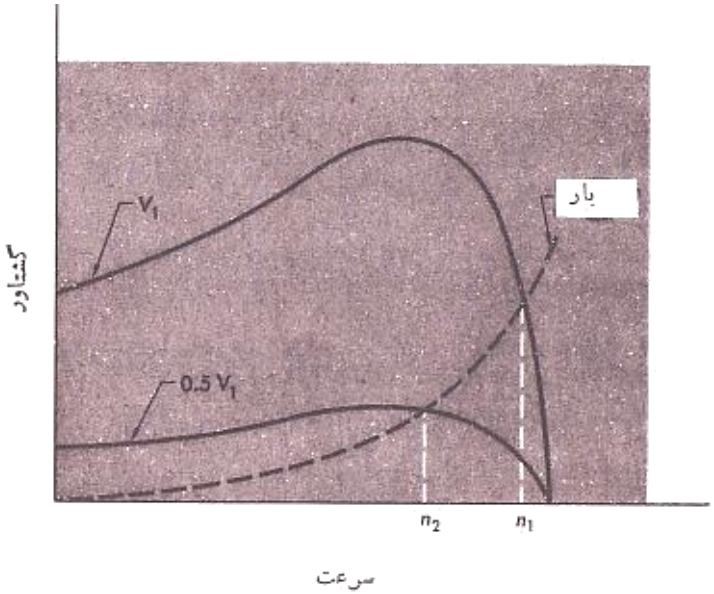
۴-۶ کنترل سرعت موتورهای جریان متناوب

برای تغییر سرعت موتورهای القایی می‌توان لغزش یا سرعت همزمان را تغییر داد. برای تغییر سرعت موتور همزمان تنها راه، تغییر سرعت همزمان است که آن هم به معنای تغییر تعداد قطب‌ها یا بسامد خط است. چهار روش برای کنترل سرعت بر می‌شماریم، دو روش نخست به تغییر لغزش بستگی دارد و دو روش دیگر به سرعت همزمان.

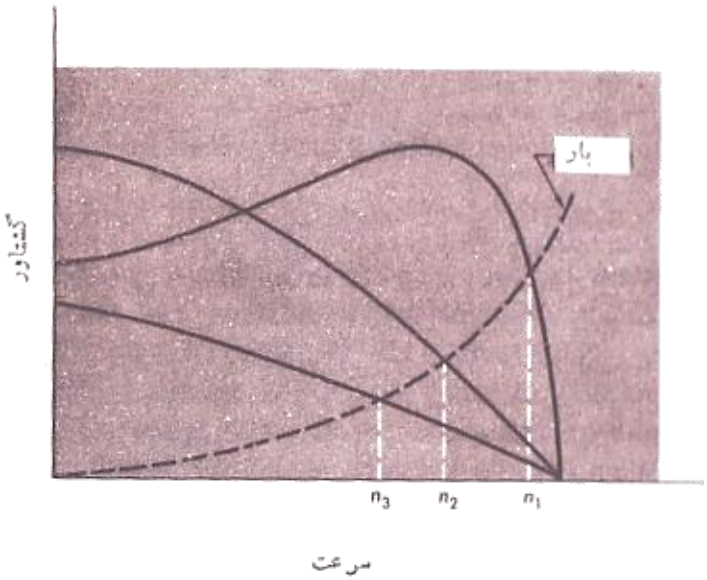
1- **کنترل سرعت با ولتاژ خط.** گشتاوری که موتور القایی تولید می‌کند به مجذور ولتاژ اعمالی به دو سر استاتورش بستگی دارد. این وابستگی را دو مشخصه گشتاور- سرعت شکل ۴-۹ نشان می‌دهد. اگر بار دارای مشخصه گشتاور – سرعتی باشد که در شکل با خط چین مشخص شده است با کاستن ولتاژ، سرعت نیز از n_1 تا n_2 کاهش می‌یابد. این روش کنترل سرعت معمولاً در موتورهای قفس سنجابی کوچك بادبزن‌ها را می‌چرخاند به کار می‌رود.

2- **کنترل سرعت با مقاومت روتور**. چنانکه در بخش ۴-۲ اشاره شد با تغییر مقاومت مدار روتور می‌توان سرعت موتور القایی با روتور سیم‌پیچ دار را کنترل کرد. شکل ۴-۱۵ مشخصه گشتاور- سرعت را برای سه مقدار مختلف مقاومت روتور نشان می‌دهد. اگر مشخصه گشتاور- سرعت بار همان منحنی خط چین در شکل باشد، سرعت‌های نظیر سه مقدار مقاومت عبارتند از: n_1، n_2 و n_3.

عیب‌های عمده دو روش کنترل با ولتاژ خط و مقاومت روتور، یکی بازدهی کم در سرعت‌های کم و دیگری تنظیم ضعی نسبت به تغییرات بار است.



شکل۷- ۱۵ کنترل سرعت موتور القایی با کنترل ولتاژ خط.



شکل ۷- ۱۶ کنترل سرعت موتورهای القایی با تغییر مقاومت روتور.

3- **کنترل با تغییر تعداد قطب ها**. سیم‌پیچ استاتور را می‌توان چنان طراحی کرد که با تغییر ساده‌ای در اتصال پیچك‌ها تعداد قطب‌ها به نسبت دو بر یك تغییر کند. به این ترتیب هر یك از دو سرعت همزمان را می‌توان برگزید. این روش را تنها در مورد موتورهای قفس سنجابی به کار می‌برند زیرا تغییر تعداد قطب‌های روتور سیم‌پیچ دار در موتور القایی یا همزمان منجر به ساختمانی پیچیده و گران خواهد شد. در موتورهای قفس سنجابی می‌توان با دو سیم‌پیچ استاتور مستقل که هر کدام برای تغییر تعداد قطب پیش بینی شده‌اند به چهار سرعت همزمان مثلاً ۶۰۰، ۱۲۰۰، ۹۰۰ و ۱۸۰۰ دور در دقیقه دست یافت. البته عیب این روش کنترل این است که به جای کنترل پیوسته سرعت، تنها می‌توان به چند مقدار سرعت دست یافت.

4- **کنترل با بسامد خط**. با تغییر بسامد خط می‌توان سرعت همزمان را در موتور همزمان یا القایی کنترل کرد. برای ثابت نگه داشتن تقریبی چگالی شار در موتور، ولتاژ خط باید مستقیماً با بسامد تغییر کند. بنابراین عملکرد موتور نظیر عملکرد موتور dc در دستگاه، وارد لئونارد است.

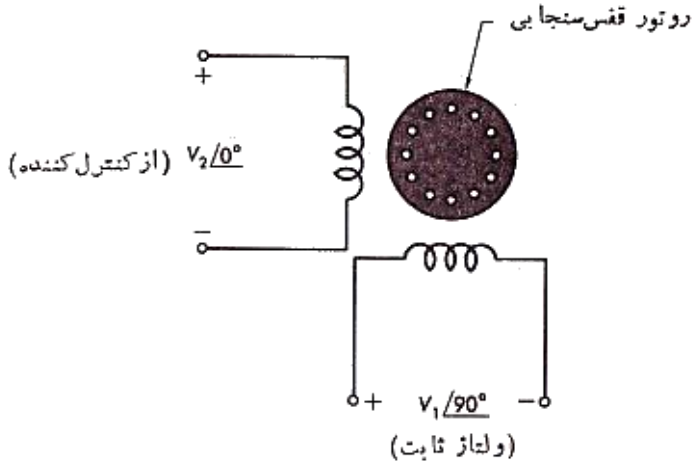
مسئله اصلی، داشتن یك منبع با بسامد تنظیم پذیر است. روش متداول عبارت بوده از به کار بردن مولد همزمان یا ماشین القایی با روتور سیم‌پیچ دار به عنوان مبدل بسامد که البته هر کدام از آنها خود به چرخاننده‌ای با سرعت تنظیم شونده نیاز دارد. ولی پیشرفت‌های اخیر در یکسوسازهای سلیسیمی کنترل شونده راه حل‌های بهتری عرضه می‌کنند.

۷-۴ موتور کنترل شونده با جریان متناوب

در سیستم‌های کنترل با توان کم که بیشترین نیازمندی توان خروجی موتور، از کسر وات تا چند وات است اغلب موتورهای القایی دو فاز به کار می‌رود. موتور القایی دو فاز، روتوری قفس سنجابی یا معادل آن دارد و استاتوری با دو سیم‌پیچ که نسبت به هم ۹۰ درجه الکتریکی جابجایی فضایی دارند. ولتاژهای ac اعمالی به دو سیم‌پیچ معمولاً ۹۰ درجه اختلاف فاز زمانی دارند. اگر اندازه ولتاژها برابر باشند، به استاتور ولتاژهایی هم ارز یك سیستم ولتاژ دو فاز متعادل اعمال می‌شود. بنابراین شار برایند استاتور نظیر شار در یك موتور القایی

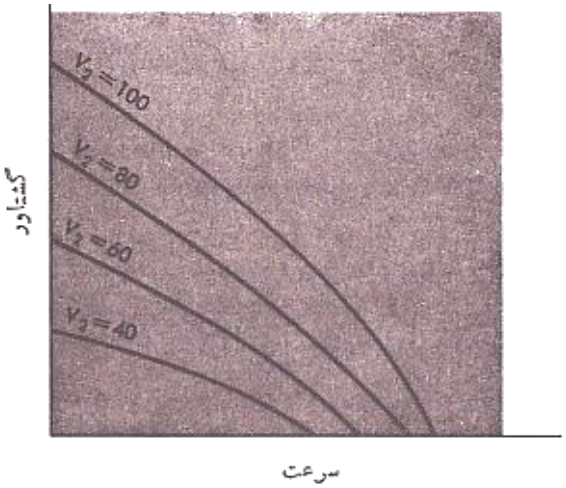
سه فاز است. منحنی‌های گشتاور- سرعت نیز مانند حالت موتور سه فاز است. موتور با کنترل دو فاز معمولاً دارای روتوری با مقاومت زیاد است تا گشتاور راه اندازی زیاد و مشخصه گشتاور- سرعت افتانی داشته باشد.

شکل ۴-۱۱ نمودار طرحواره‌ای یك موتور با کنترل ac را نشان می‌دهد. ولتاژ V_1 ولتاژ ثابتی است که از یك منبع با ولتاژ ثابت به دست می‌آید. ولتاژ V_2 از کنترل کننده‌ای به دست می‌آید که معمولاًیك تقویت کننده در خروجی خود دارد. دو ولتاژ باید همزمان باشند، بنابراین باید از یك منبع ac تأمین شوند. آنها همچنین باید تقریباً ۹۰ درجه اختلاف زمانی داشته باشند که با ایجاد ۹۰ درجه تغییر فاز در تقویت کننده یا در منبع V_1 حاصل می‌شود. اگر V_2 دارای مقداری مخالف صفر و حدود ۹۰ درجه پیش افت نسبت به V_1 باشد چرخش در یك جهت حاصل می‌شود. اما اگر V_2 دارای مقداری مخالف صفر باشد و نسبت به V_1 پس افت داشته باشد چرخش در جهت دیگر به دست می‌آید. چون گشتاور به V_1 و V_2 بستگی دارد تغییر مقدار V_2 به تغییر گشتاور حاصل از موتور می‌انجامد. شکل ۴-۱۲ مشخصه‌های گشتاور- سرعت یك موتور با کنترل ac نوعی را نشان میدهد که مشابه مشخصه‌های نظیر موتور با کنترل dc به وسیله کنترل آرمیچر است. نکات مربوط به راه اندازی و ملاحظات پایداری نیز در دو حالت یکسان است.

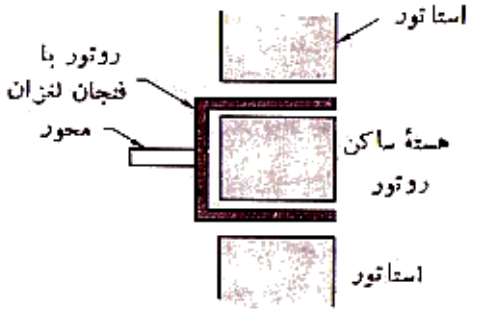


شکل ۷- ۱۷ نمودار طرحواره‌ای موتور با کنترل دو فاز.

عیب عمده موتورهای کنترل دو فاز بازدهی پایین ذاتی موتور القایی قفس سنجابی در لغزش زیاد است. اما استحکام و سادگی روتور قفس سنجابی محاسن بزرگ اقتصادی و فنی آن‌اند. در این موتورها جاروبك‌های سوار بر اتصالات لغزان وجود ندارد. چون سیم‌پیچ‌های روتور به عایق کاری نیاز ندارند دمای روتور تنها به عوامل مکانیکی و به طور غیرمستقیم به اثرش بر دمای سیم‌پیچ استاتور بستگی دارد. چون مواد غیر فعال به نسبت کم است لختی روتور قفس سنجابی می‌تواند نسبت به موتور dc هم ظرفیت متناظر کمتر باشد. هنگامی که توان خروجی ماکزیمم کمتر از چند وات باشد با به کار بردن یك فنجان فلزی نازك به عنوان روتور می‌توان لخت را به حداقل رساند. به این ترتیب بخش چرخان مطابق طرحواره ساده شکل ۴-۱۳ نظیر یك قوطی بی در یا فنجان است. یك هسته آهنی ساکن در درون فنجان، مدار مغناطیسی روتور را تکمیل می‌کند. این ساختار را روتور فنجان لغزان می‌نامند.



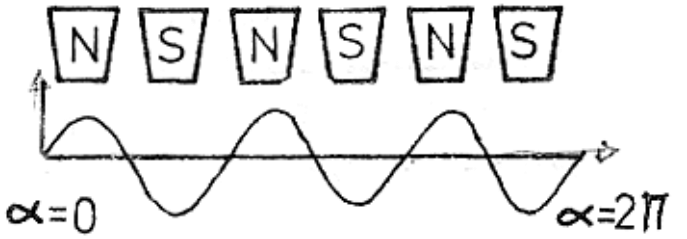
شکل ۷- ۱۸ مشخصه‌های گشتاور – سرعت موتور با کنترل دو فاز



شکل ۴-۱۳ مقطع یك روتور با فنجان لغزان

ماشین های الکتریکی

هر گاه یك سیم‌پیچی سه فاز متقارن P زوج قطبه را که مثلاً در داخل شیارهای روتور یا استاتور یك ماشین الکتریکی قرار گرفته اند. به یك منبع تغذیه سه فاز متقارن متصل کنیم جریان هایی از سه فازه سیم‌پیچی عبور کرده و یك میدان مغناطیسی در شکاف هوائی ماشین تولید می‌گردد. می‌توان ثابت کرد که این میدان از نوع دوار و هارمونیك اصلی ن به فرم $b=(\alpha,t)=B_m Cos(P\alpha-wt-\varphi)$ می‌باشد. در این رابطه $b(\alpha,t)$ چگالی شار است که تابعی از زمان و مکان، P زوج قطب، α زاویه مکانی است که موقعیت b را در شکاف هوائی در حد $\alpha=0\div 2\pi$ مشخص می‌سازد، $w=2\pi f$ فرکانس زاویه‌ای ولتاژ منبع تغذیه، φ اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ هز فاز B_m ماکزیمم چگالی شار است که بستگی به مقدار ماکزیمم جریان و ثابت‌های ماشین نظیر P, W دارد. رابطه $b(\alpha,t)$ فرمول یك موج سینوسی است که در محیط شکاف هوایی $\alpha=0\div 2\pi$ دارای P پریود بوده و با سرعت زاویه‌ای $w_m=\frac{w}{P}$ یا سرعت $n_s=f/P$ دور در ثانیه و دامنه B_m در جهت مثبت α دوران می‌کند. هر گاه جای دو فاز سیم‌پیچی را در اتصال به منبع تغذیه عوض کنیم، جهت دوران میدان نیز تغییر می‌کند.



توزیع هارمونیک میدان دوار در شکاف هوایی
به ازاء P=3

اساس کار ماشین اندوکسیونی (آسنکرون) سه فاز :

1- ساختمان ماشین: استاتور این ماشین دارای سیم‌پیچی سه فاز است که با اتصال به منبع ولتاژ سه فاز یك میدان مغناطیسی دورا در شکاف هوایی تولید می‌کند. این میدان دارای دامنه ثابتی بوده (بازاً یکبار ثابت) و نسبت به استاتور با سرعت $n_s = \frac{f}{p}$ دور در ثانیه می‌گردد. f فرکانس منبع تغذیه و P زوج قطب سیم‌پیچی استاتور است. n_s را دور سنکرون مینا می‌نامند. روتور ماشین اندوکسیونی بر دو نوع است.

a) روتور قفس سنجابی- این روتور تشکیل شده از تعدادی هادی که در داخل شیارهایی در محیط استوانه‌ای روتور قرار گرفته اند. این هادی‌ها در ابتدا و انتهای روتور توسط دو حلقه هادی اتصال کوتاه شده اند.

b) روتور سیم‌پیچی شده که دارای یك سیم‌پیچی سه فازهادی نظیر سیم‌پیچی استاتور می‌باشد. سرهای این سیم‌پیچی توسط جاروبك‌ها که با حلقه‌های هادی در تماسند در دسترس قرار می‌گیرند. می‌توان ثابت کرد که تعداد قطب‌های سیم‌پیچی روتور بایستی برابر سیم‌پیچی استاتور باشد تا اصلاً کوبل الکترومغناطیس در ماشین تولید گردد.

حالات کار ماشین اندوکسیونی

۲-۱ مبدل فرکانس

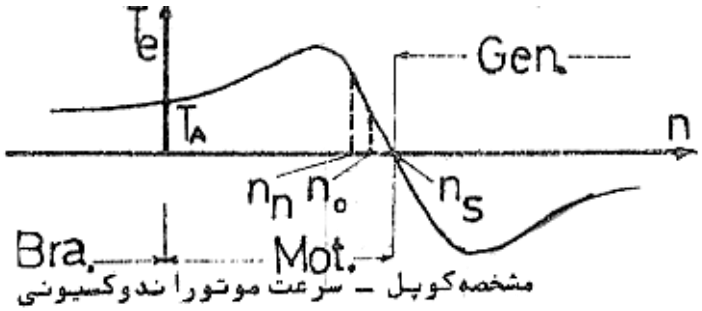
در اینجا حالت روتور از نوع سیم‌پیچی شده است. سیم‌پیچی استاتور به منبع سه فاز متصل است. در حالیکه روتور ایستاده و سرهای سیم‌پیچی آن باز هستند در این سیم‌پیچی ولتاژی با فرکانس منبع تغذیه f القاء می‌گردد چه میدان دوار استاتور با سرعت سنکرون n_s هادیهای روتور را قطع می‌کند. در این شرایط کوپل الکترومغناطیس در ماشین تولید نمی‌گردد زیرا از سیم‌پیچی روتور جریانی عبور نکرده و میدانی تولید نمی‌شود (یکی دیگر از شرایط تولید کوپل الکترومغناطیس از نوع تداخلی وجود میدان مغناطیسی هم در روتور و هم در استاتور است). سیم‌پیچی هادی استاتور و روتور در این حالت نظیراً اولیه و ثانویه یك ترانسفورماتور عمل می‌کنند.

حال اگر محور روتور را توسط یك محرك مثلاً یك موتور DC بگردش درآوریم. دو حالت ممکن است: اگر جهت دوران محور و میدان دوار استاتور یکی باشند ولتاژ القائی و فرکانس روترو نسبت به حالت سکون

روتورکمتر می‌گردد (سرعت نسبی هادی‌های میدان دوار کمتر شده است). اگر دوران روتور خلاف میدان دوار باشد ولتاژ و فرکانس روتور نسبت به حالت سکون روتور بیشتر می‌شود. در این شرایط ماشین اندوکسیونی بصورت یك مبدل ولتاژ یا یك مبدل فرکانس عمل می‌کند.

۲-۲- موتور اندوکسیونی

در حالتیکه روترو ایستاده و باری روی محور آن قرار نداری اگر سرهای سیم‌پیچی آنرا به مقاومت‌های مناسبی متصل کنیم و استاتور را به شبکه سه فاز وصل کنیم. در اثر وجود ولتاژ القائی دو سیم‌پیچی‌های روتور جریانی از آنها عبور کرده و روتور هم مثل استاتور یك میدان دوار تولید می‌کند. در اثر تداخل دو میدان دوار استاتور و روتور (این دو میدان نسبت به یکدیگر ساکن می‌باشند که شرط دیگری جهت تولید کوپل الکترومغناطیسی می‌باشد) کوپل الکترومغناطیسی در جهت میدان دوار استاتور وارد شده و روتور در این جهت شتاب می‌گیرد تا اینکه سرعت آن به n_0 برسد. در اینحالت موتور بصورت بی باركار می‌کند. دور n_0 خیلی نزدیك به دور سنکرون n_s است و بسته به مشخصات ماشین حدود ۲ الی ۳ درصد از آن کمتر است ولی هیچگاه در حالت موتوری برابر با دور سنکرون نمی‌گردد چه در اینصورت حرکت نسبی بین میدان دوار استاتور و سیم‌پیچی روتور وجود نداشته و ولتاژی در روتور القاء نمی‌گردد. تفاضل دو سرعت سنکرون و روتور را نسبت به سرعت سنکرون لغزش S مینامند و برحسب درصد بیان می‌کنند. $S=\frac{(n_s-n)}{n_s}$ در موتورهای با روتور قفس سنجابی هادی‌های روتور بطور دائمی اتصال کوتاه شده‌اند برای راه اندازی آنها کافی است که استاتور آن به منبع ولتاژ وصل گردد.



مشخصه کوپل ـ سرعت موتورا ندوکسیونی

از مشخصه‌های مهم موتور اندوکسیونی مشخصه کوپل- سرعت است که در شکل رسم شده است.همانطور که پیداست موتور با کوپل راه اندازی T_A شروع بکار کرده و در حالت بی باری در دور n_0 و در حالت بار نامی در n_n کار می‌کند. ناحیه کار عادی موتور در قسمت خطی منحنی می‌باشد. تفاوت بین دورهای بی باری و نامی حدود ۳ الی ۵ درصد است و در نتیجه موتور اندوکسیونی در ناحیه کار عادی یك موتور با دور ثابت است.

۲-۳- ژنراتور اندوکسیونی

اگر محور یك ماشین اندوکسیونی را که استاتور آن به شبکه ولتاژ متصل است توسط محرکی در جهت میدان دوار استاتور بگردش در آوریم. هنگامی که سرعت محور بیش از سرعت سنکرون n_s گردد ماشین بصورت ژنراتور عمل کرده و قادر است انرژی مکانیکی داده شده به محور روتور را به انرژی الکتریکی تبدیل کرده و

تحویل شبکه دهد. در صنعتی در موارد خاصی از ژنراتور اندوکسیونی استفاده می‌شود و اکثراً ژنراتورهای سنکرون جهت انرژی الکتریکی بکار می‌روند.

۲-۴- حالت ترمزی

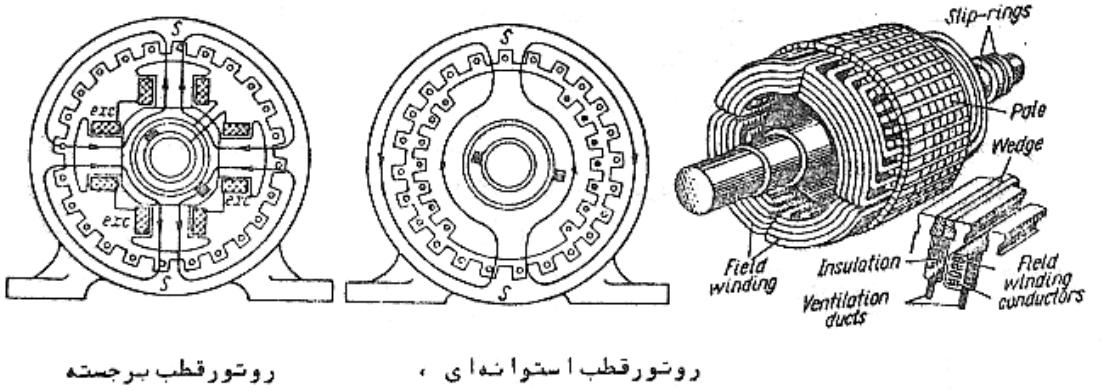
هر گاه محور روتور را توسط محرکی خلاف جهت میدان دوار استاتور بگردش در آوریم حالت ترمزی ایجاد می‌شود (کوپل اعمالی خلاف کوپل الکترومغناطیس است). در اینحالت ماشین از شبکه توسط استاتور انرژی الکتریکی و از محرك توسط روتور انرژی مکانیکی دریافت می‌دارد. مجموع این دو انرژی بصورت تلف حرارتی در سیم‌پیچی روتور ظاهر می‌گردد. حالت ترمزی در عمل در موارد زیر می‌تواند پیش آید.

a) موتور اندوکسیونی که جهت بالا بردن باری بکار می‌رود قادر به کشیدن بار نبوده و حرکت بار بطرف پائین موتور را در خلاف جهت میدان دوار بگردش وا می‌دارد.

b) جهت ترمز کردن یك موتور اندوکسیونی محل اتصال دو فاز استاتور به شبکه را عوض می‌کنند و در نتیجه جهت میدان دوار استاتور عکس حرکت روتور گشته و روتور مجبور به توقف می‌گردد.

اساس کار ماشین سنکرون سه فاز:

1- **ساختمان ماشین**: استاتور این ماشین دارای سیم‌پیچی از نوع سه فاز است که با اتصال به یك منبع ولتاژ سه فاز میدان مغناطیسی دوار که در شکاف هوائی تولید می‌کند این میدان دوار بازا یك مقدار جریان استاتور، دارای دامنه ثابتی بوده و نسبت به استاتور با سرعت ثابت $n_s = \frac{f}{P}$ (سنکرون) دور بر ثانیه می‌گردد. f فرکانس منبع ولتاژ P زوج قطب سیم‌پیچی استاتور است. روتور ماشین سنکرون بر دو نوع است.



a) روتور قطب برجسته

b) روتور قطب استوانه‌ای یا صاف. ساختمان این دو نوع روتور در شکل رسم شده اند. سیم‌پیچی روتور بکمك دو حلقه هادی که روی محور روتور قرار دارند با جریان دائم تغذیه می‌گردد. مورد استعمال روتور

قطب برجسته به علت ملاحظات مکانیکی در ماشین‌های با دور زیاد، مثلاً بعنوان ژنراتور در نیروگاه‌های آبی، روتور قطب صاف در ماشین‌های با دور زیاد مثلاً بعنوان ژنراتور در نیروگاه‌های بخاری، بکار می‌رود.

۲- حالت کار ماشین سنکرون

۲-۱ ژنراتور سنکرون: اگر سیم‌پیچی روتور توسط جریان دائم I_e تغذیه شود، یك میدان مغناطیسی در شکاف هوائی تولید می‌گردد که نسبت به روتور ساکن خواهد بود. تا وقتیکه روتور ساکن است، این میدان که آنرا میدان تحریك می‌نامند نسبت به سیم‌پیچی استاتور نیز ساکن خواهد بود و چون تغییرات زمانی ندارد ولتاژی در سیم‌پیچی‌های استاتور القاء نمی‌کند. حال اگر روتور را توسط محرکی در سرعت ثابتی بگردانیم میدان تحریك سیم‌پیچی استاتور را قطع کرده و در فازهای استاتور ولتاژی القاء می‌گردد. در صورتیکه تعداد قطب‌های سیم‌پیچی استاتور و روتور برابر باشند، این ولتاژ از نوع سه فاز متقارن بوده و فرم آن در سرعت ثابت روتور بستگی به فرم میدان تحریك دارد که این خود معمولاً خیلی نزدیك به سینوسی است. فرکانس این ولتاژ مطابق رابطه $f = n.P$ بستگی به سرعت روتور n و تعداد قطب‌ها دارد. حال اگر باری به سه فاز استاتور متصل گردد، قدرت مکانیکی گرفته شده انرژی از محرك قدرت الکتریکی در بار تبدیل می‌شود. در این تبدل انرژی، انرژی منبع DC روتور دخالت نداشته و میدان مغناطیسی را تولید می‌کند که از طریق آن انتقال انرژی بین روتور و استاتور صورت می‌گیرد. انرژی گرفته شده از منبع DC صرف پوشاندن تلف مس صدار روتور و برقراری میدان مغناطیسی در شکاف هوائی می‌گردد.

۲-۳- موتور سنکرون سه فاز:

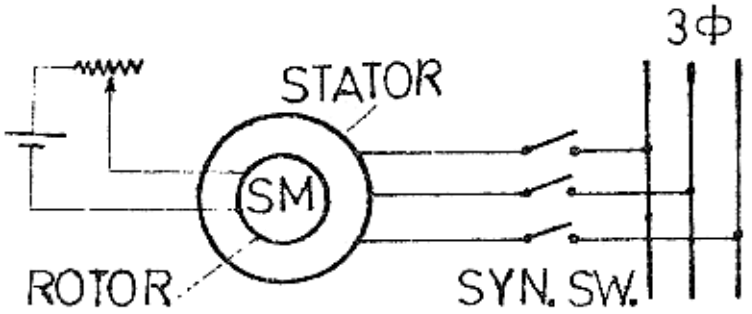
موتورهای سنکرون بطور کلی دارای کوپل راه اندازی نبوده و بایستی آنها را بوسیله‌ای براه انداخت. دو شرط اصلی ایجاد کوپل الکترومغناطیسی در ماشین‌های الکتریکی دوار عبارتند از:

1- تعداد قطب‌های سیم‌پیچی استاتور و روتور مساوی باشند.

2- میدان مغناطیسی یکی توسط جریان‌های استاتور و دیگری توسط جریان‌های روتور تولید شوند که نسبت بهم ساکن باشند. در یك موتور سنکرون سه فاز شرط اول با انتخاب مناسب روتور و سیم‌پیچی استاتور بوجود می‌آید. برای ایجاد شرط دوم، بایستی استاتور را به شبکه سه فاز متصل سازیم تا میدان مغناطیسی دوار با سرعت $n_s = \frac{f}{P}$ تولید شود. و سیم‌پیچی روتور را با جریان دائم I_e تغذیه کرده و روتور را توسط محرکی در همان جهت دوران میدان دوار بگردش در آوریم. وقتیکه سرعت محرك به سرعت n_s رسید، ماشین سنکرون قادر است بصورت موتور در دور ثابت سنکرون کار کند و با قطع موتور محرك و قرار دادن بار روی محور ماشین، انرژی الکتریکی گرفته شده از شبکه به انرژی مکانیکی در محور روتور تبدیل می‌شود. انرژی منبع DC روتور همان نقش قسمت ۲-۱ را دارد. در عمل یکی از طرق راه اندازی موتورهای سنکرون به ترتیب زیر است:

سه سر سیم‌پیچی استاتور به یك طرف کلید سه قطب (کلید پاراللل کردن) و شبکه ایکه موتور را تغذیه می‌کند به طرف دیگر کلید متصل متصل می‌شود. کلید در ابتدا باز است. حال ماشین سنکرون را توسط محرکی گردانده و آنرا بدور سنکرون می‌رسانند سپس مدار روتور را تحریك کرده و جریان I_e را آنقدر افزایش می‌دهند تا ولتاژ القائی در استاتور برابر ولتاژ شبکه گردد. علاوه بر این بایستی ترتیب دو سیستم ولتاژ یکی بوده و

اختلاف فازی بین آنها نباشد (شرایط پارالل کردن دو سیستم ولتاژ سه فاز). در این شرایط با بستن کلید ماشین به شبکه متصل شده و قادر است بصورت موتور (یا ژنراتور) کار کند.



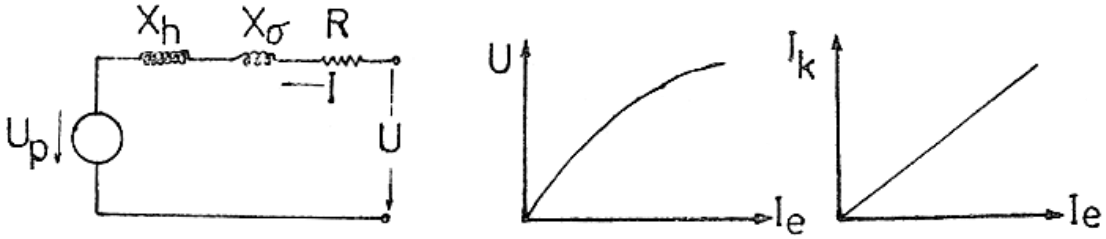
۲-۳- ژنراتور سنکرون پارالل با شبکه: در نیروگاه‌ها جهت تولید انرژی الکتریکی از ژنراتورهای سنکرون استفاده می‌گردد. اکثر نیروگاه‌ها متصل بهم بوده و شبکه سراسری را بوجود می‌آورند. شرایط پارالل کردن یك ژنراتور سنکرون یا شبکه در قسمت ۲-۲ گفته شد. بعد از پارالل شدن، اگر کوپل مکانیکی محرك روتور را افزایش دهیم، انرژی الکتریکی وارد شبکه می‌گردد.

۲-۴- کمپانساتور سنکرون:

یك ماشین سنکرون علاوه بر حالت موتوری و ژنراتوری می‌تواند بصورت یك خازن عمل کند. در این حالت آنرا کمپانساتور سنکرون نامیده و جهت بهبود $\cos\varphi$ شبکه بکار می‌برند. اگر جریان تحریك یك موتور سنکرون را که بدون بارکار می‌کند، نسبت به حالت پارالل شدن افزایش دهیم شرایط کمپانساتور سنکرون بوجود می‌آید.

۳ مدار معادل:

در اینجا مدار معادل ماشین سنکرون قطب صاف را که دارای تئوری ساده تری است بررسی می‌کنیم ولی اصول کلی این مدار معادل برای روتور قطب برجسته نیز صادق است. مدار معادل الکتریکی یك فاز استاتور در شکل رسم شده است.



R مقاومت یك فاز استاتور، $X\sigma$ رآکتانس پراکندگی و X_h رآکتانس اصل می‌باشند. U ولتاژیست که در خروجی هر فاز وجود دارد (اعمالی یا القائی). U_P ولتاژی است که در یك فاز استاتور القاء می‌گردد وقتیکه شار تحریك (شار تولید شده توسط جریان تحریك I_e) سیم‌پیچی استاتور را قطع کند، بنابراین مقدار آن بستگی به مقدار I_e و سرعت روتور دارد. U_P را ولتاژ تحریك می‌نامند. برای تفهیم بیشتر کمیاب مدار معادل حالات زیر را بررسی می‌کنیم:

۲-۱- حالت بی باری

در این حالت سرهای سیم‌پیچی استاتور باز بوده و جریان آن I=0 است. روتور در دور ثابتی گردانده می‌شود و از سیم‌پیچی آن جریان I_e می‌گذرد. در این شرایط فقط میدان تحریك در شکاف هوائی موجود است که همراه با روتور می‌گردد و در سیم‌پیچی استاتور ولتاژ U_p را القاء می‌کند. چون I=0 است پس افت ولتاژی در $X\sigma$,X_h و R موجود نبوده و ولتاژ خرویج برحسب استاتور U همان ولتاژ تحریك U_p خواهد بود. منحنی ولتاژ خروجی برحسب جریان تحریك $U= f(I_e)$ را که همان $U_p= f(I_e)$ خواهد بود در یك دور ثابت و I=0 ولتاژ بی باری می‌نامند. این منحنی با یك مقیاس دیگر همان منحنی شار تولید شده در شکاف هوائی (شار تحریك) برحسب نیروی محرکه مغناطیس روتور که ایجاد کننده آنست خواهد بود و پس فرمی شبیه منحنی مغناطیسی آهن B=f(H) خواهد داشت.

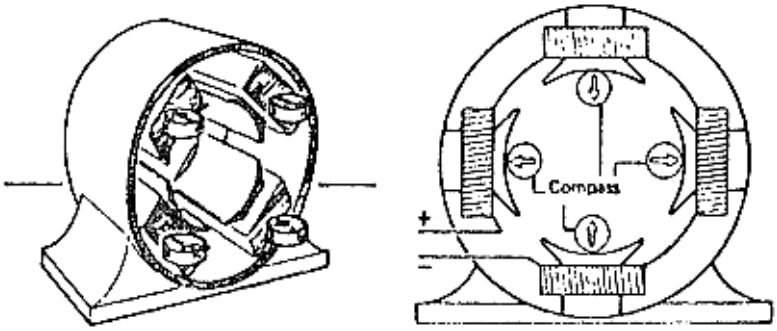
۲-۳- حالت با باری: اگر در حالت بی باری به سیم‌پیچی استاتور امپدانسی متصل کنیم، جریان پیچی I از آن عبور خواهد کرد این جریان یك افت ولتاژ اهمی و یك افت ولتاژ پراکندگی در سیم پیچ استاتور بهمراه دارد. که توسط R و $X\sigma$ در مدار معادل بحساب آمده است حال می‌دانیم که جریان‌های I استاتور میدان دواری با همان سرعت روتور و در همان جهت تولید می‌کنند. این میدان استاتور در سیم‌پیچی روتور ولتاژی القاء نمی‌کند چه هر دو با سرعت مساوی و هم جهت می‌گردند و در نتیجه نسبت به هم ساکن هستند. میدان دوار کل شکاف هوائی حال از ترکیب دو میدان د وار استاتور و روتور بوجود می‌آید . بسته به $\cos\varphi$ بار میدان استاتور می‌تواند موقعیت‌های مکانی مختلفی در مقابل میدان تحریك داشته و در نتیجه این میدان را تقویت یا تضعیف کند که این خود باعث افزایش یا کاهش U نسبت به حالت بی باری می‌گردد. رآکتانس X_h در مدار معادل مشخص کننده این تأثیر میدان استاتور (میدان عکس العمل) بر میدان شکاف هوائی می‌باشد.

۳-۳- اتصال کوتاه

اگر در حالت بی باری سرهای سیم‌پیچی استاتور را اتصال کوتاه کنیم، U=0 می‌گردد. بعلت وجود ولتاژ القائی U_p، جریانی از فازهای استاتور عبور می‌کند که آنرا به I_K نمایش می‌دهیم. این جریان با تقریب خوبی، باندازه ۹۰ با ولتاژ U_p اختلاف فاز دارد. می‌توان نشان داد که در اینحالت محور مغناطیسی میدان دوار استاتور تقریباً در امتداد محور مغناطیسی روتور قرار داشته و آنرا تضعیف می‌کند. بطوریکه در حالت اتصال کوتاه میدان کل و شار مربوط به آن در شکاف هوائی نسبت به حالت کار نامی کم بوده و ماشین در قسمت خطی کار می‌کند. در نتیجه منحنی $I_K= f(I_e)$ نیز خطی میگردد.

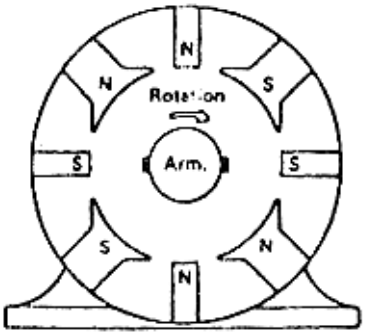
اتصال قطب‌های میدان

در موتورهای dc کلاف‌های میدان طوری بهم متصل می‌شوند که پلاریته قطبها یك در میان شمال و جنوب باشد. برای ایجاد پلاریته متناوب در کلاف‌های میدان جریان باید از اولین قطب در جهان عقربه‌های ساعت و از دومین قطب در خلاف جهت عقربه‌های ساعت و از سومین قطب در جهت عقربه‌های ساعت و بهمین ترتیب از سایر قطب‌های عبور کند.



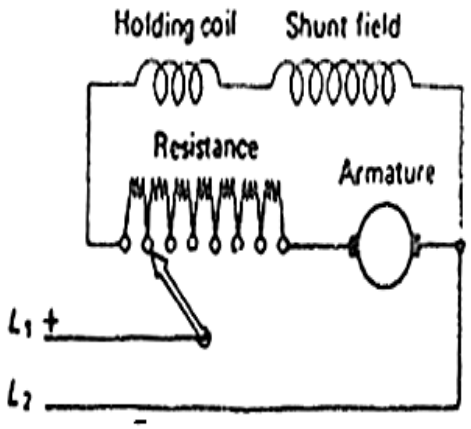
قطب‌های کمکی (Interpole)

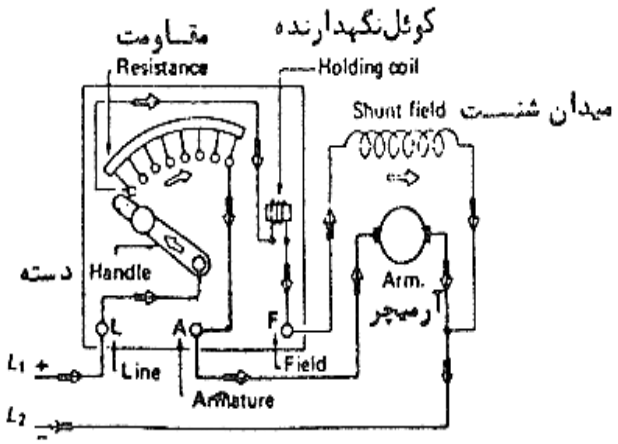
تقریباً تمام موتورهای شنت و کمپوند با قدرت $\frac{1}{2}$ اسب یا بیشتر دارای قطعات کمکی (کموتاسیون) می‌باشند که بین قطب‌های اصلی قرار می‌گیرند. سیم‌پیچی قطب‌های کمکی از سیم‌های آمپر بالا بوده و بطور سری با آرمیچر بالا بوده و بطور سری با آرمیچر قرار میگیرند. منظور از داشتن قطب‌های کمکی جلوگیری از جرقه زدن می‌باشد پلاریته قطب‌های کمکی مانند پلاریته قطب‌های اصلی متناوباً (یك درمیان شمال و جنوب) متصل شده‌اند و نحوه اتصال آن به مدار آرمیچر بدین صورت است که اگر از طر کلکتور نگاه کنیم و موتور در جهت عقربه‌های ساعت بچرخد پلاریته قطب‌های کمکی باید با قطب اصلی که در خلاف جهت گردش بر آن مقدم است یکسان باشد.



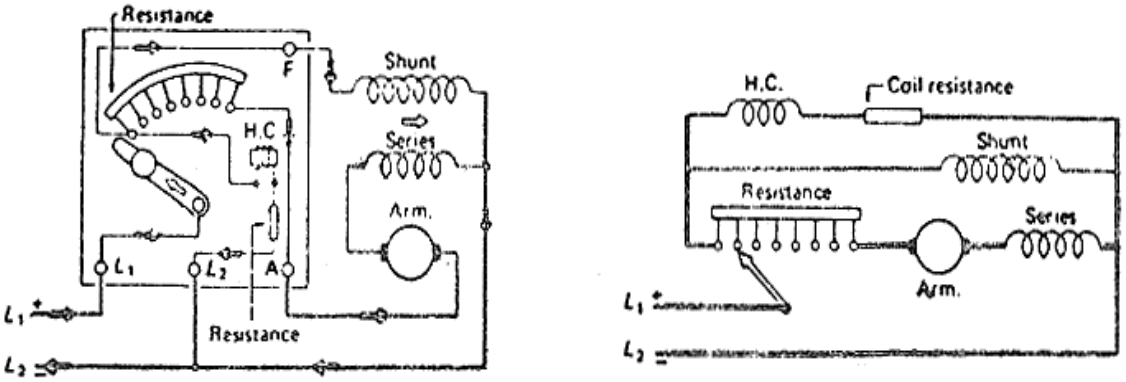
کنترل کننده ها:

راه اندازی سه شاخه‌ای و چهار شاخه ای: شامل یك المان مقاومتی با انشعاباتی است که جریان راه اندازی موتور را به مقدار مجاز محدود می‌سازد. این راه انداز هم در موتور شنت و هم کمپوند بکار می‌رود.





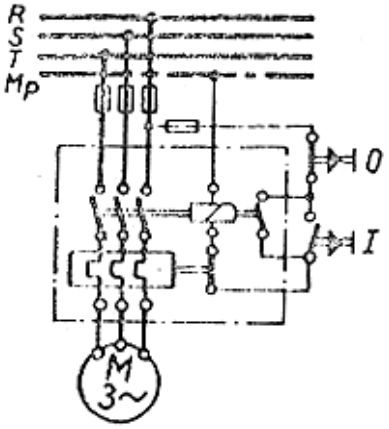
راه انداز چهار شاخه ای



تفاوت راه انداز سه شاخه‌ای و چهار شاخه‌ای این است که سیم‌پیچ نگهدارنده در راه انداز چهار شاخه‌ای برای اینکه در مدار میدان شنت قرار گرفته باشد در دو سر خط و بطور سری با مقاومت راه انداز وصل گشته‌اند تا جریان را در سیم‌پیچ نگهدارنده محدود سازد.

کلید قطع و وصل ماشین اندوکسیونی

راه اندازهای مغناطیسی بوسیله کلیدهای دکمه فشاری (Stop-Start) کنترل می‌شوند وقتی که دکمه Start فشار داده می‌شود در کنتاکت در حالت عادی (N.O. Contact) بسته می‌شوند و با فشار دادن دکمه Stop دو کنتاکت در حالت عادی بسته (N.O. Contact) باز خواهند شد. برای بکار انداختن یك سوئیچ مغناطیسی بوسیله یك کلید Stop-Start لاز است که سیم‌پیچ نگهدارنده را به کنتاکت‌های کلید متصل کرد بطوریکه وقتی دکمه Start فشار داده می‌شود، سیم‌پیچ نگهدارنده باز شود.



علائم اختصار:

پیش از شروع کار بار هر گونه وسیله برقی بایستی به مشخصات داده شده کارخانه سازنده وعلائم استاندارد رعایت شده دقت نمود تا از بروز هر گونه حادثه‌ای جلوگیری بعمل آید. در اینجا به ذکر مواردی چند که در آزمایشگاه ماشین‌های الکتریکی با آن سروکار خواهیم داشت می‌پردازیم.

علائم کلم‌ها در روی تخته کلم ماشین‌ها و راه اندازها

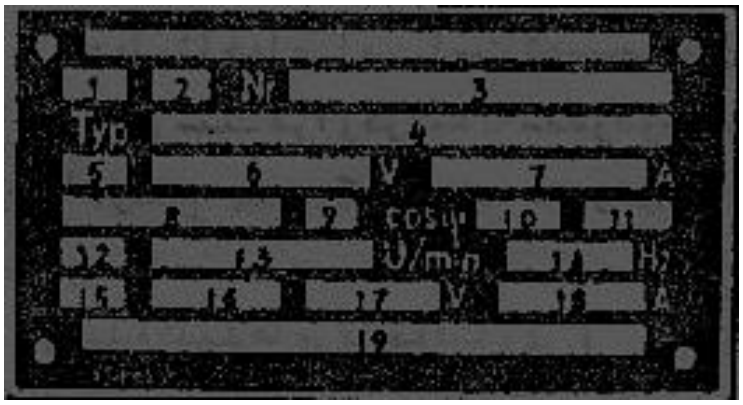
ماشین‌های جریان مستقیم: A-B سیم‌پیچ روتور C-D سیم‌پیچ شنت (تحریك سرخود E-F سیم‌پیچ سری، J-K سیم‌پیچ تحریك جداگانه، G-H سیم‌پیچ قطب‌های کمکی، GA-HAسی‌های قطب کمکی طرف کلم A، -GB HB سیم‌پیچ‌های قطب کمکی طرف کلم B

راه انداز جریان مستقیم: L اتصال به شبکه، R اتصال به روتور، M اتصال به سیم‌پیچ شنت.

نوع کار، نوع جریان، نوع اتصال: Gen نوع کارژنراتور، Mot نوع کار موتور، .B.M نوع کار ماشین توان راکتیو، U مبدل، (-) نوع جریان مستقیم، (~) نوع جریان متناوب، نوع جریان مختلط، → راست گرد ← چپ گرد.

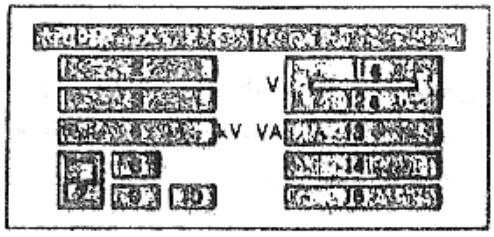
Δ نوع اتصال سه فازه بصورت مثلث، Y سه فازه با خروجی نقطه ستاره یك فازه، (III) سه فازه به صورت باز، (I^n) n فازه بصورت باز.

نوشته های حک شده روی پلاک :

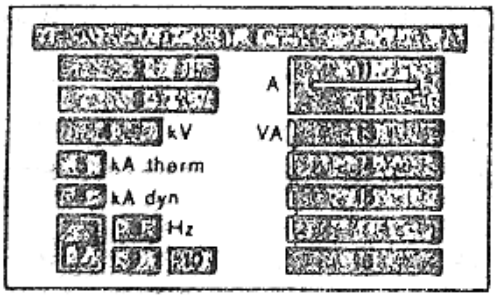


1- نوع جریان (مثلاً برای جریان سه فاز) ۲- نوع کار (مثلاً Mot برای موتور) ۳- شماره تولید (شماره کارخانه) ۴- نوع یا شماره لیست ۵- نوع اتصال (مثلاً جریان متناوب) ۶- ولتاژ نامی (مثلاً ۳۸۰ ولت) ۷- جریان نامی (مثلاً ۱۶ آمپر) ۸- توان نامی (مثلاً۴/۴) ۹- علامت اختصاری (W, KVA, KW یا VA) ۱۰- ضریب توان نامی $\cos\varphi$ (مثلاً 0.8) ۱۱- نوع کار (مثلاً S2) ۱۲- جهت گردش (مثلاًچپ گرد) ۱۳-سرعت نامی (مثلاً 1450 rpm دور در دقیقه) ۱۴- فرکانس نامی (مثلاً ۵۰Hz) ۱۵- نوع اتصال برای تحریك (در صورت لزوم) ۱۶- کلمه روتور Rotor در موتورهای سنکرون ۱۷- ولتاژ سکون روتور (مثلاً ۱۲۵ ولت) ۱۸- جریان روتور (مثلاً 2.4آمپر) ۱۹- توضیحات اضافی در صورت لزوم.

پلاک مشخصات یک ترانسفورماتور ولتاژ



پلاک مشخصات یک ترانسفورماتور جریان



1- نام یا علامت کارخانه سازه ۲- شکل علامت ساخت ۳- شماره ردیف، سال ساخت ۴- ولتاژ سیم‌پیچها (به KV) ۵- حد نهایی جریان حرارتی در اولیه (به KA) ۶- حد نهایی جریان دینامیکی (به KA) ۷- علامت مجاز، علامت نوع بندی ۸- فرکانس نامی (به HZ) ۹- نوع نصب ۱۰- کلاس ماده عایق ۱۱/۱۱ A- جریان نامی اولیه/ ولتاژ نامی اولیه ۱۲/۱۲A- جریان نامی ثانویه/ ولتاژ نامی ثانویه ۱۶-حروف مشخصه کلمها با ترتیب کلم ها.

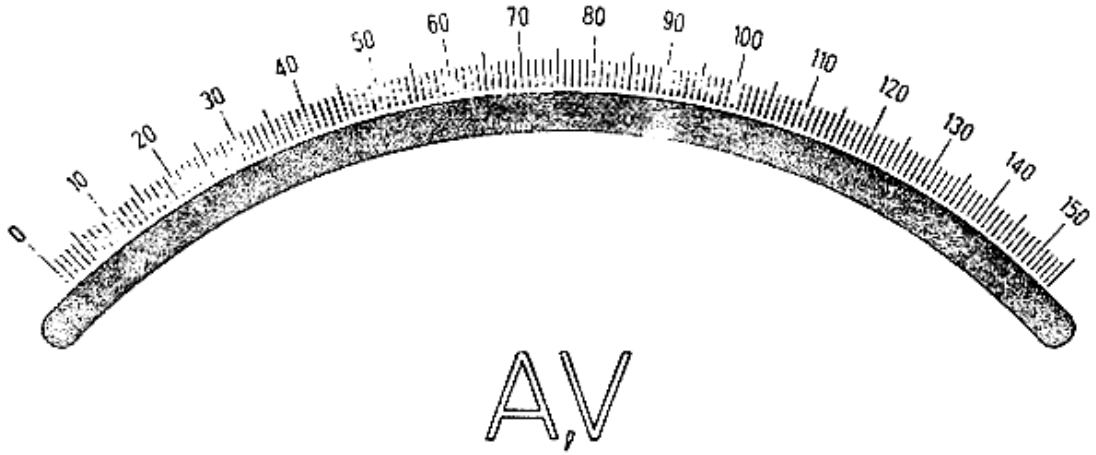
حد جریان حرارتی مقدار جریان اولیه به KA که مقدار حرارت حاصل از آنرا ترانسفورماتور در صورت اتصال کوتاه بودن طرف ثانویه بتواند به مدت یك ثانیه تحمل کند.

حد جریان دینامیکی: حداکثر رلینه اولین پالس جریان به KA که نیروی حاصل از آنرا ترانسفورماتور بتواند در صورت اتصال کوتاه بودن طرف ثانویه، بدون آسیب ببیند تحمل کند.

ولتاژ سیم‌پیچ ها: ولتاژ استاندارد، که عایق اندازه‌گیری شده است.

عدد نامی اضافه جریان: چند برابر جریان نامی اولیه که در آن میزان خطای جریان با بار نامی باندازه ۱۰% باشد.

علائم دستگاه‌های اندازه‌گیری (نوشته‌های روی صفحه دستگاه ها)



0-0,5~Ø 1mA 50mV

موتور سه فاز:

موتور سه فاز آسنکرون ، مناسب برای کار در شرایط آب و هوای معمولی است.

ساختمان و طرز کار:

ماشین آسنکرون از دو قسمت اصلی تشکیل شده است. استاتور و رتور هر دو قسمت از صفحات دینامو که سیم‌پیچ‌ها در شیارهای آن قرار گرفته اند تشکیل شده است. این قسمت‌های فعال بوسیله قسمت‌های مکانیکی (قسمت‌های غیرفعال) تکمیل گردیده است که شامل پوشش اصلی (بدنه موتور و یاتاقان ها)، پایه موتور، پروانه خنك کننده، محور اصلی و غیره می‌باشد.

میدان مغناطیسی بوسیله فلوی مغناطیسی که کلمیك عبور جریان در سیم‌پیچ استاتور ایجاد می‌شود، در اطراف رتور بوجود می‌آید. بار، دارای اثر کند کننده روی سرعت موتور است. اختلاف بین سرعت گردش حوزه دوار استاتور و قسمت گردنده (رتور) لغزش نامیده می‌شود. لغزش متناسب است با گشتاور رتور و سرعت آن تلفات ایجاد شده در سیم‌پیچ‌ها متناسب با پراکندگی میدان مغناطیسی می‌باشد. افزایش د رجه حرارت موتور بوسیله یك مدار قطع کننده حفاظت موتور (رله مدار جریان بالا) و یا حفاظت ترمیستوری موتور کنترل می‌شود. برای انجام آزمایش‌های هر تنش انتهای سیم‌پیچ استاتور از هم مجزا شده به ترمینال‌های مربوط متصل گردیده است.

U_1 V_1 W_1	R S T
U_2 V_2 W_2	U V W

علائم سر سیم‌ها

مشخصات فنی موتور:

ولتاژ ۳۸۰ ولت (اتصال مثلث) — در حالت مثلث موتور (بطور مستقیم و فرکانس ۵۰-

فرکانس ۵۰ هرتی (سیکل) — گشتاور شروع بحرکت Nm ۱/۳۲= ۰/۶۶ * ۲

جریان نامی I_n ۰/۳۴A

تعداد دور RPM ۱۳۱۵ — جریان راه اندازی A ۱/۰۲= ۰/۳۴ * ۳

قدرت خروجی KW ۰/۰۹

ضریب قدرت $Cos\varphi$ = ۰/۷۱

راندمان ۵۷%

گشتاور Nm ۰/۶۶

تمرین ها:

آنچه باید دقت بشود:

1- تمرین‌ها باید تحت نظر افراد متخصص اجرا شوند و کلیه قسمت‌های صاحب پتانسیل از تماس با دست بدور باشند.
2- تمام کلیدهای مدار باید از طریق کلید اصلی به شبکه وصل شوند.
3- اگر تغییراتی در مدار پدیدآورنده باید قبلاً کلید اصلی قطع شده باشد.
4- قبل از آنکه مدار بسته شود باید کلید اصلی قطع باشد.

5- علائم و نام‌های دستگاه‌ها برای هر دستگاهی که در مدار وصل شود با یکی از حروف الفبا نام گذاری می‌شود.

دستگاه‌ها با حروف زیر نام گذاری شده اند:

علامت	**دستگاه ها**	**مثال**
B	ترانسفورماتور اندازه‌گیری	ترانسفورماتور اندازه‌گیری- مقاومت‌های چینی- ترمیستور- دستگاه‌های رله و اندازه‌گیری
F	تمامی دستگاه محافظ	فیوزها- قطع کننده ها- رله - کلید سانتری فوژ (فرار از مرکز)
H	دستگاه‌های اعلام کننده سمعی و بصری	لامپ زیگنال- زنگ- بوق- آژیر
K	دستگاه محافظت کننده در کلید	کلید محافظ قدرت- رله زمانی- دستگاه محافظت کمکی
M	ماشین‌ها و ترانسفورماتورها	ژنراتورها- موتورها- مبدل ها- ترانسفورماتورها
P	دستگاه‌های اندازه‌گیری	ولتاژ-جریان- قدرت- دورسنج- فرکانس سنج- اندازه‌گیر ضریب قدرت- کنتور
Q	دستگاه‌های قطع و وصل کننده (کلید)	کلید چاقوئی- کلید قابل قطع زیر بار- کلید قطع موتور- کلید قدرت
R	مقاومت ها	مقاومت‌های جلوئی- مقاومت‌های محافظتی و غیره
S	کلید کمکی	کلید فرمان- کلید کموتاتور- کلید تنظیم- کلید پروگرام دادن

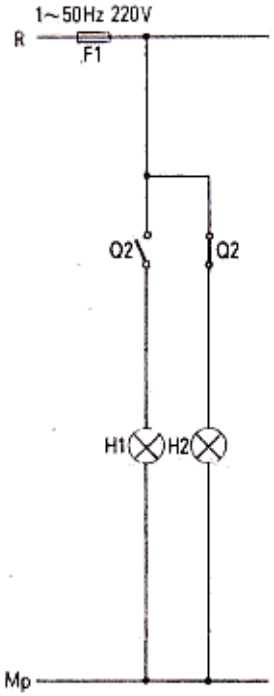
قطع و وصل موتور سه فاز بدون واسطه (مستقیماً)

تمرین ۱:

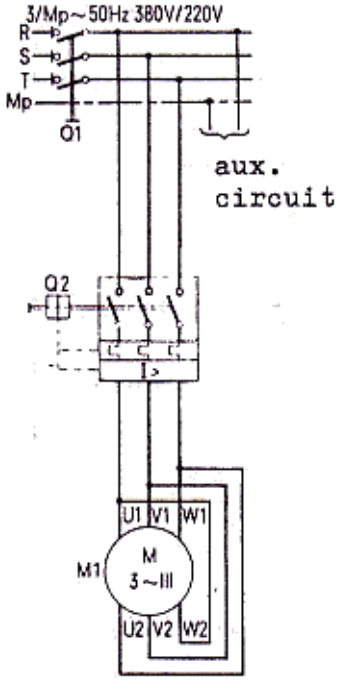
مدار حفاظت موتور

قطع و وصل یك موتور سه فاز با کلید حفاظت موتور کار و اعلام اتصالی در مدار بوسیله کنتاکت کمکی

مدار کنترل



نقشه مدار اصلی



تابلوی وسایل:

(۷) یك کلید اصلی Q_1

(۲) یك کلید حفاظت موتور Q_2

(۴) دو عدد لامپ زیگنال H_1 و H_2

(۶) یك فیوز کنترل مدار ۴ آمپری F_1

توجه: قسمت‌های اصلی دستگاه (بدون پوشش حفاظتی) برای لمس کردن عایق نشده است.
قبل از آنکه مدار بسته شود کلید اصلی Q_1 باید قطع باشد.

ادامه تمرین ۱:

لامپ‌های زیگنال می‌توانند حالات مختلفی را نشان دهند.

1- حالت قطع و وصل مدار

2- حالت نشان دادن مدار در حال کار یا خرابی در مدار (اتصال در مدار)

از طریق کنتاکت‌های کلیه حفاظت موتور Q_2، لامپ‌های زیگنال H_1 و H_2 می‌توانند حالات مختلفی را نشان دهند.

حالات مختلف	لامپ زیگنال در حال روشن بودن	توضیح
حالت مدار کلید حفاظت موتور Q_2 روشن خاموش	H_1 قرمز H_2 سبز	خطر در مورد لمس قسمت‌های عایق نشده حالت بدون خطر: سیستم به برق متصل نیست
حالت موتور M_1 روشن خاموش	H_1 سبز H2 قرمز	حالت بی خطر: موتور بطور طبیعی کار می‌کند. خطر: موتور در حال غیرطبیعی و احتمال اتصالی

قطع و وصل موتور سه فاز بدون واسطه (مستقیماً)

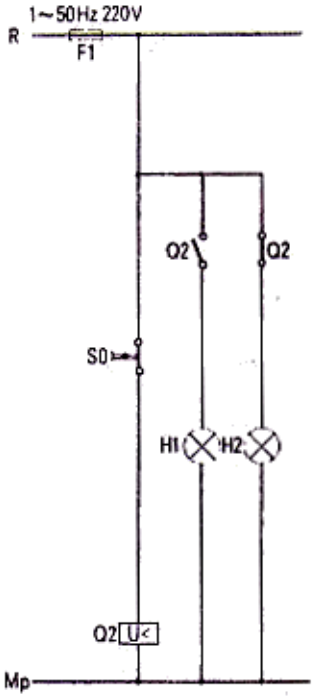
تمرین ۲:

مدار حفاظت موتور

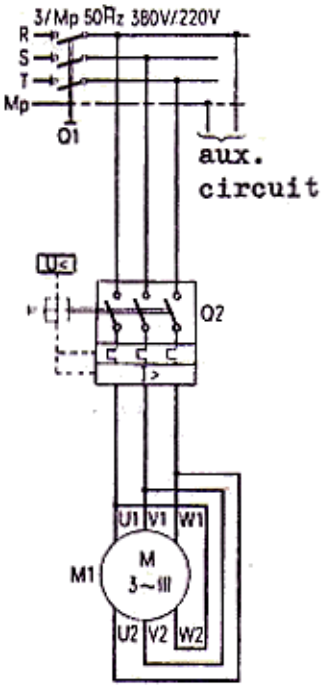
قطع و وصل يك موتور سه فاز يا كليد حفاظت موتور از نقطه دور با رله ولتاژ پائين

كار و اعلام خرابی در مدار بوسيله كليد كمكی (كنتاكت كمكی)

مدار كنترل



نقشه مدار اصلی



تابلوی وسايل:

(۷) يك كليد اصلی Q_1

(۱) يك كليد حفاظت موتور Q_2 با رله ولتاژ پائين

(۱۱) يك دكمه فشاری جعبه ای So

(۴) دو عدد لامپ زيگنال H_1 و H_2 (H_1 قرمز- H_2 سبز)

(۶) يك فيوز كنترل مدار ۴ آمپری F_1

توجه: قسمت‌های اصلی دستگاه (بدون پوشش حفاظتی) برای لمس كردن عايق نشده است. قبل از آنكه مدار بسته شود كليد اصلی Q_1 بايد قطع باشد.

ادامه تمرين ۲:

در حالتی كه رله ولتاژ پائين بدون ولتاژ است محور قطع كننده كليد بكار ميافتد و مانع وصل كليد حفاظت موتور می‌شود.

توجه: کلید حفاظت موتور با رله قطع کننده ولتاژ پائین فقط وقتی می‌تواند وصل شود که قبل از اتصال کلید، رله قطع کننده ولتاژ پائین تحت ولتاژ گذاشته شود. با کمك دکمه So و رله ولتاژ پائین قطع کلید حفاظت موتور از راه دور امکان پذیر است. در موقع قطع جریان شبکه کلید حفاظت موتور بوسیله رله ولتاژ پائین قطع می‌شود. با بازگشت جریان شبکه کلید حفاظت موتور همچنان در حالت قطع باقی می‌ماند و بدین طریق امکان پدید آمدن خطری برای تعمیر کار موجود نیست.

قطع و وصل موتور سه فاز بدون واسطه (مستقیماً)

تمرین ۳:

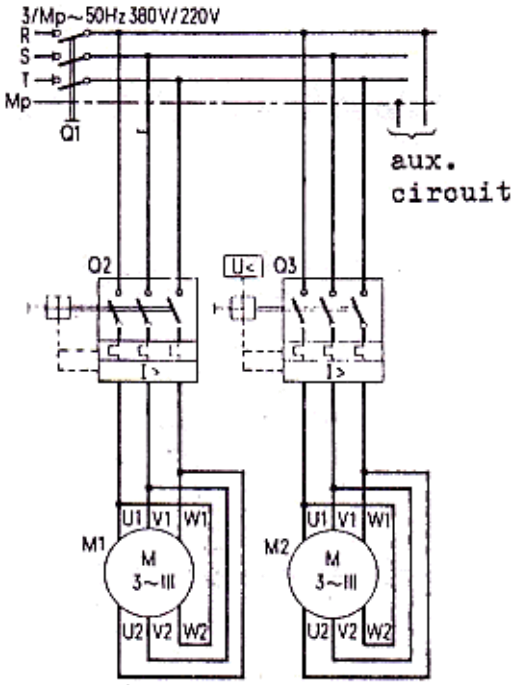
مدار حفاظت موتور

قطع و وصل دو موتور سه فاز بوسیله کلید حفاظت موتور

قفل کلید بوسیله رله ولتاژ پائین و کلید (کنتاکت) کمکی.

مدار کنترل

نقشه مدار اصلی



تابلوی وسایل:

(۷) یك کلید اصلی Q_1

(۲) یك کلید حفاظت موتور Q_2

(۱) یك کلید حفاظت موتور Q_3 با رله ولتاژ پائین

(۶) یك فیوز کنترل مدار ۴ آمپری F_1

* این تمرین فقط در مواردیکه دو موتور در دسترس باشد قابل اجرا است.

توجه: قسمت‌های اصلی دستگاه (بدون پوشش حفاظتی) برای لمس کردن عایق نشده است.
قبل از آنکه مدار بسته شود کلید اصلی Q_1 باید قطع باشد.

ادامه تمرین ۳:

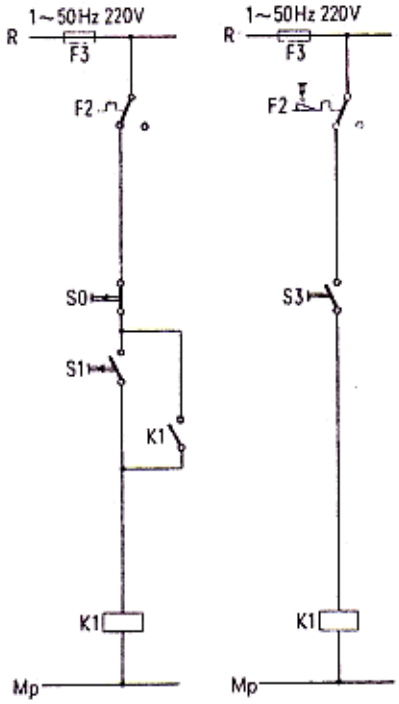
توجه: رله ولتاژ پائین تحت ولتاژ ۲۲۰ ولت قرار می‌گیرد و در غیر این صورت مدار وصل نمی‌شود.
موتور M_2 زمانی کار می‌کند (وصل می‌شود) که موتور M_1 قطعت شده باشد و اگر موتور M_1 وصل شد در این حالت رله ولتاژ پائین موتور M_2 قطع می‌شود (اگر که این موتور قبلاً وصل شده باشد). در موقع وصل موتورها به ترتیب فوق رله قطع ولتاژ پائین وظیفه قفل کردن مدار را دارد. در موقع قطع ولتاژ شبکه کلید حفظت موتور Q_2 وصل باقی می‌ماند در حالیکه کلیه حفاظت موتور Q_3 قطع می‌شود.

قطع و وصل موتور سه فاز بدون واسطه (مستقیماً)

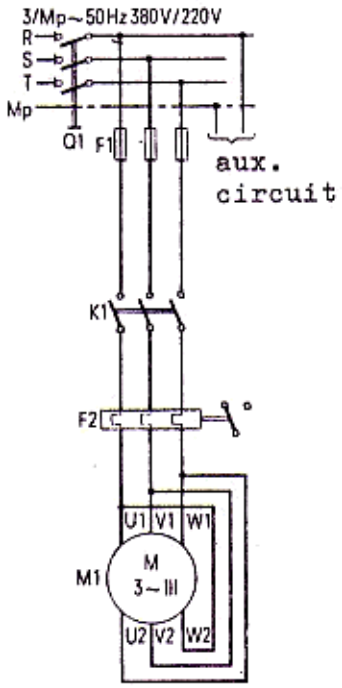
تمرین ۴:

راه اندازی یك موتور بوسیله کنتاکتور به کمك یك دکمه فشاری عمل می‌کند. حفاظت موتور با رله قطع کننده جریان اضافه بار

مدار کنترل



نقشه مدار اصلی



تابلوی وسایل:

(۷) یك کلید اصلی Q_1

(۲) یك کلید حفاظت موتور (K_1) با رله حرارتی F_2، با قطع و وصل اتوماتیك یا با دست کلید در حوزه ۰/۳ تا ۰/۵ آمپر روی ۰/۳۴(جریان نامی صوتی) آمپر تنظیم شود.

(۱۱) یك دکمه فشاری جعبه ای So و S1 برای قطع و وصل با دکمه

(۱۰) يك كليد تغيير جهت دهنده كه در اينجا بعنوان كليد كنترل S3 بين ترمينال‌های T-W بكار گرفته شده است.

(۶) يك فيوز اصلی سه فاز F_1 با فشنگ ۲ آمپری

(۶) يك فيوز برای مدار كنترل F_3 ۴ آمپری

توجه: قسمت‌های اصلی دستگاه (بدون پوشش حفاظتی) برای لمس كردن عايق نشده است. قبل از آنكه مدار بسته شود كليد اصلی Q_1 بايد قطع باشد.

ادامه تمرين ۴:

(a) راه اندازی بوسيله دكمه فشاری:

كليد محافظ K_1 پس از بكار انداختن دكمه S_1 كه با كنتاكت‌های K_1 (كنتاكت‌های وصل كننده) بطور موازی بسته شده است. بكار می‌افتد. اين كنتاكت‌های وصل شونده را كنتاكت‌های خودنگاه دارنده می‌نامند. با قطع ولتاژ شبكه محافظ K_1 قطع می‌شود و بدين وسيله مانع وصل مجدد بدون توجه به موتور و يا استارت موور يا برگشت ولتاژ می‌شود.

(b) اتصال دائمی:

بوسيله وصل اتصال كننده S_3 مدار كمكی بطور دائم وصل می‌شود.

در حاليكه موتور تحت بار اضافی واقع ميشود مدار كمكی بوسيله كليد كمكی (باز كننده F_2) قطع می‌شود. كليد محافظ و با آن موتور قطع می‌گردد. پس از زمانيكه برای خنك شدن لازم است كليد كمكی رله جريان اضافه بار F_2 مجدداً مدار را وصل می‌كندو موتور مجدداً شروع بكار می‌نمايد. بديهی است در اين حال اگر بار اضافی همچنان باقی بماند. جريان اضافی مدار را بحالت قطع می‌برد. قطع و وصل چند بار موتور بدين شكل باعث وارد شدن خسارت به موتور می‌شود. بمنظور جلوگيری از يك چنين حالتی يك رله جريان اضافی با قفل خودكار كه كنتاكت‌های باز كننده آن پس از باز شدن باز باقی خواهند ماند انتخاب شده است. بدين وسيله می‌توانيم مواقعی كه بار اضافی بر موتور وارد می‌شود بشناسيم و علت آن را دريافته و پس از باز شدن باز باقی خواهند ماند انتخاب شده است. بدين وسيله می‌توانيم مواقعی كه بار اضافی بر موتور وارد می‌شود بشناسيم و علت آن را دريافته و پس از رفع آن مجدداً موتور را به مدار اتصال دهيم. اتصال كوتاه در مدار بوسيله فيوزها قطع ميگردد. اين فيوزها به هيچ وجه برای بار اضافی موتور در نظر گرفته شده اند و بايد آنقدر بزرگ انتخاب شوند كه جريان استارت باعث قطع آنها نگردد.

رله جريان بالا حفاظت موتور و سيم‌های اتصال مدار را در قبال بار اضافی بعهده می‌گيرد. اين رله در مواقع وجود بار اضافی با قطع مدار، موتور و خود را محافظت می‌كند. در حاليكه سه فيوز اصلی بيش از حد بزرگ انتخاب شده باشند بی متال‌های رله جريان اضافی خرای می‌شود. هر چه حوزه تنظيم شده رله جريان اضافی كوچكتر باشد بهمان ميزان نيز سيم سيم‌پيچ گرم كننده بی متال نازكتر انتخاب می‌شود. بنابراين برای يك حوزه معين سه فيوز در حد معينی بايد انتخاب شوند. دكمه قطع كننده پيوسته قرمز انتخاب می‌شود.

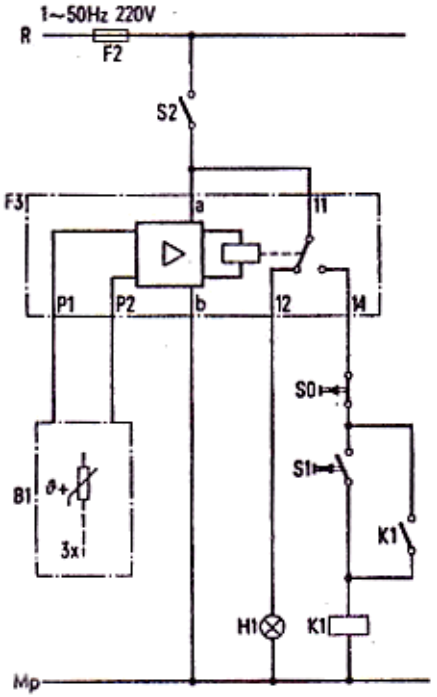
قطع و وصل موتور سه فاز بدون واسطه (مستقیماً)

تمرین ۵:

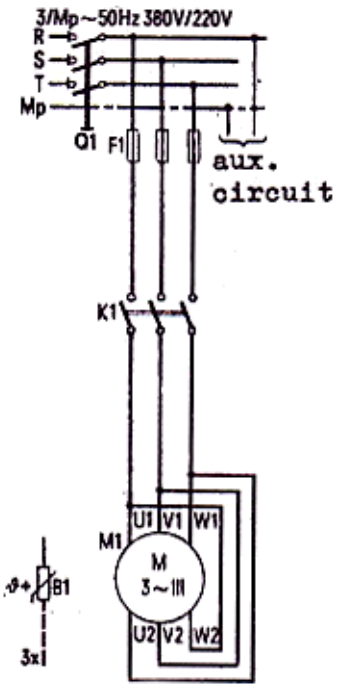
کلیه محافظ ترمیستوری موتور با هادی سرد و الکترود سنجش حرارت

قطع یك موتور سه فاز بوسیله یك کلید حفاظت موتور.

مدار کنترل



نقشه مدار اصلی



تابلوی وسایل:

(۷) یك کلید اصلی Q_1

(-) یك موتور سه فاز با ترمیستور B_1 که در آن کار گذاشته شده است.

(۱۵) کلید محافظ K_1

(۸) کلید قطع کننده F_3 برای حفاظت موتور

(۱۱) یك دکمه فشاری So و S1 برای قطع و وصل

(۱۰) یك کلید تغییر جهت دهنده که در اینجا بعنوان کلید کنترل S3 بین ترمینال‌های T-W بکار گرفته شده است.

(۶) یك فیوز اصلی سه فاز F_1 با فشنگ ۲ آمپری

(۶) یك فیوز برای مدار کنترل F_2 ۴ آمپری

توجه: قسمت‌های اصلی دستگاه (بدون پوشش حفاظتی) برای لمس کردن عایق نشده است. قبل از آنکه مدار بسته شود کلید اصلی Q_1 باید قطع باشد.

ادامه تمرین ۵:

مدار تحریك رله قطع كننده F_3 از راه كليد اصلی S_1 بـه فشـار الكتريكـی شبكه وصـل شده است و كنتاكت‌هـای ۱۱-۱۴ وصل می‌شود. محافظ K_1 بوسيله دكمه فشـاری S_1 وصـل می‌شود و در حـال وصـل بـاقی می‌مانـد. در حالی كه موتور تحت بار اضافی واقع شود كنتاكت‌های ۱۲-۱۱ رله‌های قطع كننده تغيير مدار می‌دهند محـافظ K_1 قطع شده و لامپ زيگنال روشن می‌شود. و موتور قطـع خواهد شد نحوه كـار آن در صـفحه ۱۷ بيـان شده است.

توجه : وقتی موتور تحت بار اضـافی واقـع شد تقريبـاً هفت دقيقـه بعد بوسيله واحد F_3 موتـور قطـع می‌شـود و اتصـال مجدد پس از هشت دقيقه انجام می‌گيرد.

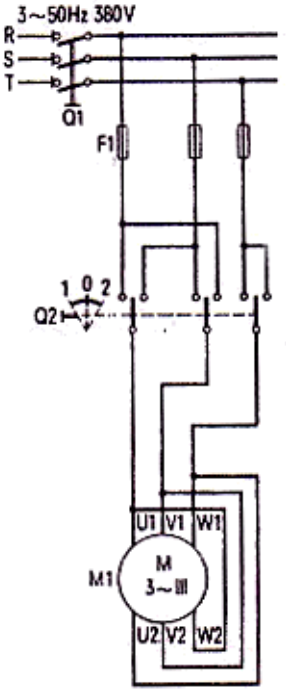
تغيير جهت گردش يك موتور سه فاز (قطع و وصل موتور بدون واسطه)

تمرين ۶:

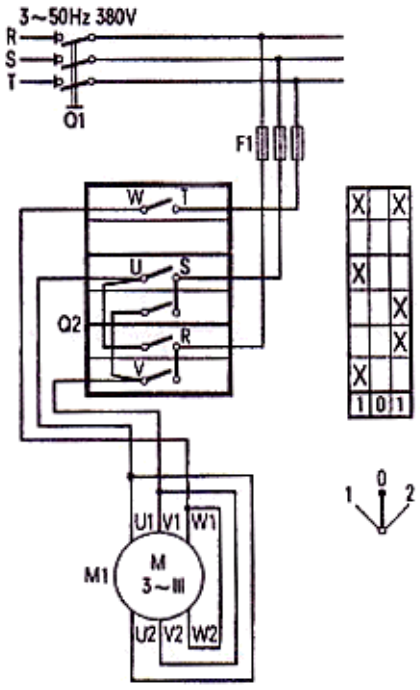
كليد چپ گرد راست گرد

تغيير جهت گردش يك موتور كار با دست.

مدار كنترل



نقشه مدار اصلی



تابلوی وسايل:

(۷) يك كليد اصلی Q_1

(۱۰) يك كليد چپ گرد و راست گرد Q_2

(۶) يك فيوز اصلی سه فاز F_1 با فشنگ ۲ آمپری.

توجه: قسمت‌های اصلی دستگاه (بدون پوشش حفاظتی) برای لمس كردن عايق نشده است.
قبل از آنكه مدار بسته شود كليد اصلی Q_1 بايد قطع باشد.

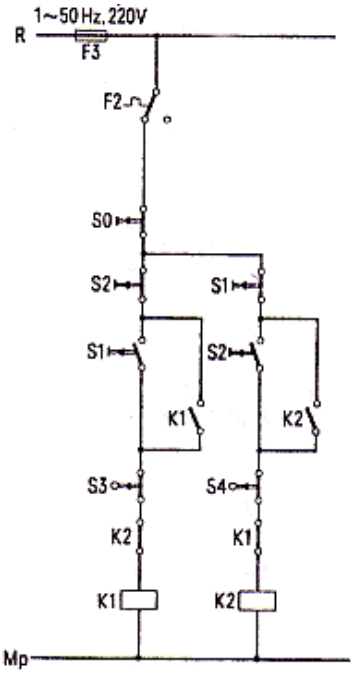
با عوض کردن ۲ فاز (مثلاً S و R) جهت گردش موتور تغییر می‌کند.
کلید چپ گرد راست گرد Q_2 ترتیب اتصال فازها را بوسیله پل اتصال که قبلاً به روی کنتاکت‌های آن نصب شده است عوض می‌کند. و در نتیجه تغییر جهت گردش موتور امکان پذیر می‌گردد. بنابراین نقطه کافی است سه سیم از شبکه (سه فاز) و سه سیم از موتور را به کنتاکت‌های کلید وصل کرد. در شکل مقابل نقشه مدار اصلی سیم کشی و طرزکار کلید چپ گرد راست گرد (نحوه اتصال کنتاکت‌ها در حالات مختلف) نشان داده شده است.

تغییر جهت گردش یك موتور سه فاز (قطع و وصل موتور بدون واسطه)

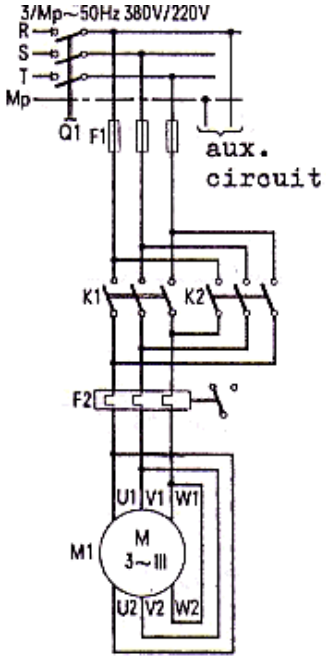
تمرین ۷:

مداری برای فرمان دادن به درب و حفاظت آن بکمك کنتاکتور و کلیدهای محدود کننده به عنوان مثال در گاراژ.

مدار کنترل



نقشه مدار اصلی



تابلوی وسایل:

(۷) یك کلید اصلی Q_1

(۱۴) یك کلید حفاظت موتور K_1 با رله حرارتی F_2. کلید در حوزه ۰/۲ تا ۰/۳ آمپر روی ۰/۲۲ آمپر (جریان نامی موتور) تنظیم شود.

(۱۳) یك کلید حفاظت موتور K_2

(۱۱) یك دکمه فشاری جعبه ای S_0, S_1, S_2 برای قطع و وصل

(۱۲) يك كليد محدودكننده S_3.

(۱۰) يك كليد تغيير جهت دهنده كه در اينجا بعنوان كليد كنترل S3 بين ترمينال‌هاى T-W بكار گرفته شده است.

(۶) يك فيوز اصلى سه فاز F_1 با فشنگ ۲ آمپرى

(۶) يك فيوز براى مدار كنترل F_2 ۴ آمپرى

توجه: قسمت‌هاى اصلى دستگاه (بدون پوشش حفاظتى) براى لمس كردن عايق نشده است.
قبل از آنكه مدار بسته شود كليد اصلى Q_1 بايد قطع باشد.

ادامه تمرين ۷

در مواردیکه برای قطع و وصل در فاصله معینی از کلیدهای محدودکننده استفاده می‌کنیم لازم است که بیشتر از تمامی وسایل دیگری که در مدار بکار گرفته ایم به نحوه کار و مکانیزم قطع و وصل این کلید توجه شود. دلایل این امر در زیر بیان می‌شود.

در مورد دستگاه‌های اتصال و انفصال با دست، مانند دکمه‌های فشاری و کلیدهای حفاظت موتور مکانیزم کار دستگاه منوط به نحوه بکار گرفتن دست انسان است.

چگونگی قطع و وصل دستی مدار تعیین کننده نحوه ساختمان کلید بکار گرفته شده می‌باشد. مثلاً تعیین جهت حرکت دسته کلید برای قطع و وصل و یا تعیین طول راهی که کلید باید در دو منتهی الیه آن مدار را قطع و وصل کند و نیز نیروی لازم برای بکار گرفتن کلید و بالاخره تعیین سرعت قطع و وصل کلید.

در دستگاه هائی که از دور فرمان می‌گیرند مانند رله‌های حفاظتی بهمین قسم خواص بر شمرده شده از نحوه ساختمان آنها تابعیت دارد. اما برای کاربرد دقیق چنین دستگاه هائی، تعیین فشار الکتریکی نامی و فرکانس دارای اهمیت خاصی می‌باشد.

در مورد کلیدهای محدود کننده که فقط مکانیکی عمل قطع و وصل را انجام می‌دهند، نحوه کار بقسمی دیگر است. در این مورد نکات زیر اهمیت خاصی را دارا می‌باشد:

جهت حرکت، سرعت حرکت و مسیر حرکت.

با در نظر گرفتن این شرایط می‌توان از خصوصیات ساختمانی یك کلید محدودکننده فقط در محدوده معینی استفاده کرد. برای تعیین چنین حدودی باید استفاده کننده شرایط لازم را بکار برد.

پدید آمدن اشکال در طرزکار چنین کلید هایی اکثراً بدین علت است که محدود کار آنها دقیقاً تعیین نشده است.

طرزکار:

بستن در: دکمه فشاری S_1 رله حفاظتی K_1 را بکار می‌اندازد و کنتاکت K_1 بسته می‌شود. موتور در جهت راست حرکت می‌کند، در بسته می‌شود.

بمجردی که در بسته شد کلید محدود کننده S_3 باز می‌شود کلید حفاظت K_1 و موتور قطع می‌شود.

باز کردن در: دکمه فشاری S_2 رله حفاظتی K_2 را فرمان می‌دهد، کنتاکت K_2 بسته می‌شود. موتور بسمت چپ می‌گردد و در باز می‌شود.

بمجردی که در کاملاً باز شد کلیه محدودکننده S_4 باز می‌شود، کلیه حفاظت K_2 و موتور قطع می‌شود. در حالیکه در نباید کاملاً بسته یا باز باشد می‌توان بکمك دکمه فشاری S_0 (قرمز) بستن یا باز کردن در را کنترل کرد.

اتصال برق به تجهیزات تاسیساتی

مقدمه :

در واقع اصلی ترین منبع انرژی مورد استفاده در تجهیزات تاسیساتی بخش های محرك یا (Activator) با عملکردهای موتوری می باشند. همانند انواع سیستمهای موتوری. فن. پمپ, کمپرسور و ...

اگر اعداد توان نامی تجهیزات مورد استفاده کم باشد در این صورت تامین برق این تجهیزات از طریق برق تك فاز با در نظر گرفتن مسائل مربوط به ارت (Earth) کافی می باشد. اما اگر توان نامی تجهیزات زیاد باشد از برق سه فاز استفاده می گردد. علاوه بر سیستم تامین قدرت لازم است محافظتهای لازم روی آنها صورت بپذیرد . به خاطر همین موضوع همه تجهیزات دارای دو بخش Electric و Control می باشند.

Activator هایی که بعضا در صنایع و یا تاسیسات مهم می باشند.

۱- انواع جکهای الکترو هیدرولیکی یا الکترو نیوماتیکی (حرکتهای خطی ایجاد می کنند) این تجهیزات به منظور تبدیل انرژی الکتریکی به انرژی مکانیکی به فرم جابجایی (linear) مورد استفاده قرار می گیرند (سرعت سیستمهای نیوماتیك که سیال آنها هواست از هیدرولیك که با سیستم سیالی مثل روغن کار می کند می باشد ولی دقت سیستمهای نیوماتیك به دلیل تراکم پذیر بودن گاز دقتش کمتر است.

جکهای سولنوییدی صرفا الکتریکی می باشند و با استفاده از نیروی مغناطیسی عمل می کنند, سر و صدا ندارد ولی دارای حرارت تولیدی زیاد می باشند این سیستم نیز حرکتهای خطی ایجاد می کند و برای حرکت تناوبی با فرکانسهای خیلی بالا در حدود 500HZ و بالاتر به کار می رود.

۲- انواع دمپرها و شیرهای کنترل (Control Values):

۳- انواع کویل های حرارتی

در بعضی از این سیمها اتصال برق به صورت یك فاز یا سه فاز مستقیما به دستگاه صورت می پذیرد. در اکثر این سیستمها مکانیزم تامین انرژی از یك بخش موتوری صورت می پذیرد. بنابراین راه اندازی و بهره برداری از موتورهای الکتریکی از اهمیت ویژه ای برخوردار است.

اگر توان از 0.5Kw به بالا باشند در این صورت موتورها در حدود 70% از موتور آسنکرون می باشند.

اگر توان high power باشد در این صورت موتورها از نوع DC با تحریك جداگانه یا موتور سنکرون بیشتر استفاده می شود.

اتصال موتورها: DC ← برق DC

AC ← تك فاز

↙ سه فاز

- قوانین اهم: $V=RI \quad , \quad p= V.I$

(VA)

$$R = \rho \frac{L}{A}(\Omega)$$

نقش A, L,P در مقاومت کابلها و سیمها

مثال: مقاومت ویژه (P) در 20°C، (واحد 10^{-8} cm): P_{AL} =2.8 , P_{cu} = 1.7 در عمل چون چگالی آلمینیوم کمتر است داریم اگر در سیم هم طول آلمینیومی و سیمی دارای یك مقاومت باشند آنگاه مقطع کابل سیم آلمینیومی باید 1.6 برابر مقطع سیم باشد در حالیکه وزن آن نصف وزن سیم مسی است:

$R_{cu} = R_{AL}$ $\frac{A_{AL}}{A_{cu}} = \frac{p_{AL}}{p_{cu}} = 1.26$ $p_{cu}\frac{L}{A_{cu}} = p_{AL}\frac{L}{A_{AL}}$

- مفهوم سه فاز:

$f = 50$ Hz $\upsilon_R = 220\sqrt{2}\ \sin 314t$

$W = 2\pi f =$ $\upsilon_s = 220\sqrt{2}\ \sin(314t + 240^\circ)$

314 rad/s

$T = 1/f$ $\upsilon_s = 220\sqrt{2}\ \sin(314t + 120^\circ)$

$= 0.02$ sec

- مفهوم Δ و Y

در بحث سه فاز (متقارن یا نامتقارن) دو نوع به هم بندی بار سه فاز داریم:

اتصال ستاره: اگر منابع ولتاژ و بارها متقارن باشند آنگاه $i_N = 0$

اتصال مثلث:

مدارهای معادلΔ و Y برای بار (Load):

- مفهوم موتور و ژنراتور:

موتور انرژی الکتریکی را به انرژی مکانیکی تبدیل می‌کند در این تبدیل از میدان مغناطیسی استفاده می شود.

انواع موتورها عبارت است از:

موتورهای DC: در سرور سیستم ها و چاپگرها (موتورهای پله‌ای)

موتورهای AC: تك فاز و سه فاز (سنکرون و القایی)

- انواع
  - موتور DC
    - موتورهای DC با تحریك جداگانه
    - موتورهای DC با تحریك موازی
    - موتورهای DC با تحریك کامپوند
    - موتورهای DC با تحریك سری
    - موتورهای DC با تحریك مغناطیس دائم
  - موتورهای AC
    - (موتورهای کوچك اغلب از این نوع اند مثل رادیو ضبط و ...)
    - موتور سنکرون
    - موتور آسنکرون
  - Stepper Motor (توسط یك سیستم دیجیتال قابل کنترل است)

- مفهوم rms (در موتورهای AC).

اگر x(t) جریان یا ولتاژ AC باشد مقدار rms آن عبارت است از:

$$x_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T x^2(t)dt}$$

مثال:

$$x(t) = \sin t \Rightarrow x_{rms} = \sqrt{\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} \sin^2 t dt}$$

$$\sqrt{\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} \frac{1-\cos t}{2} 2t} = \sqrt{\frac{1}{2\pi}\left[\frac{1}{2}t - \frac{\sin 2t}{4}\right]_0^{2\pi}} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$\Rightarrow if \quad x(t) = A \sin(wt + \varphi)$$

$$\Rightarrow x_{rms} = \frac{A}{\sqrt{2}}$$

استفاده عملی از کلیدهای سه فاز:

با تغییر تعداد و مکان زبانه ها در روی صفحه زبانه‌داری می توان این کلید را در انواع مختلف برنامه‌ریزی کرده و برای کنترل مستقیم مدارها و یا راه‌اندازهای موتورها و در جهت تغییر مقاومت های پله‌ای و همچنین در کلیة مواردی که کلیدهای غلطکی بکار گرفته می شوند مورد استفاده قرار دارد.

۱- اتصال مصرف کننده های سه فاز به شبکه:

هم به روش دستی و هم به روش اتوماتیك ساده‌ترین راه کلید سه فاز ساده (از هر نوع) این کلید دارای ۶ کنتاکت است. سه کنتاکت ورودی با حروف T, S, R کنتاکت های خارجی با حروف IV, V, U, Z, B, R دارای دو حالت قطع (0) و وصل (I) است. مطابق شکل زیر

۲- راه اندازی موتورهای سه فاز آسنکرون

برای اینکه موتور از حالت سنکرون به دور میانی برسد آنرا با وسائلی که راه‌انداز نامیده می شوند بکار می برند موتورها را می توان به طور مستقیم به شبکه وصل نمود ولی در این صورت جریان زیادی (۴ الی ۷ برابر جریان موتور) در هنگام راه اندازی از سیم‌پیچ موتور عبور می کند که می تواند باعث صدمه دیدن موتور و سیم های رابط و وسایل حفاظتی شود. بنابریان موتورها را باید به صورت تدریجی راه اندازی کرد تا در هنگام راه اندازی جریان کمتری از سیم‌پیچ های موتور عبور کند. جریان راه اندازی به گشتاور موتور (

متصل به موتور در هنگام راه اندازی) مربوط می شود. بنابراین موتورهای با گشتاور کم و یا موتورهای با قدرت کم را می توان به طور مستقیم به شبکه وصل کرد (طبق جدول زیر).

اتصال موتورهای ۳ فاز با قدرتهای نامی مختلف روشهای شبکه راه اندازی	
۲/۲KW	راه اندازی به صورت مستقیم ستاره ـ مثلث مقاومت راه‌انداز

بنابراین در روشهای راه اندازی ستاره ـ مثلث و مقاومت راه انداز جریانی که از هر سیم‌پیچ عبور می کند نسبت به جریان نامی موتور کاهش می یابد و همچنین گشتاور راه اندازی کاهش می یابد.

راه اندازی موتور سه فاز به وسیلهٔ کلید ستاره ـ مثلث یکی از ساده‌ترین روشهای راه اندازی موتور آسنکرون قفسه‌ای (قفسه سنجابی) استفاده از کلید ستاره ـ مثلث است. در این روش موتور با حالت ستاره راه اندازی می شود و پس از رسیدن به دور نامی و تغییر حالت کلید از ستاره به مثلث سیم‌پیچ های موتور به صورت مثلث تغییر اتصال می یابد.

توجه شود که این روش برای موتورهایی به کار می رود که ولتاژ مجاز سیم‌پیچ آن برابر ولتاژ خط باشد (380v) و بر روی پلاك موتور باید Δ380v یا 380/660v نوشته شده باشد. داریم که جریان سیم‌پیچ ها در حالت $\frac{1}{\sqrt{3}}\lambda$ برابر حالتΔ است و همچنین در حالت کلی داریم:

جریان خطΔ 1/3= جریان خطλ

۳ـ تغییر جهت گردش موتورهای سه فاز:

جهت گردش موتورها در موارد زیادی مانند دستگاههای تراش، چراثقال، نقال و غیره لازم است که تغییر کند. در موتورهای آسنکرون این کار با تغییر جهت گردش میدان دوار آن انجام می پذیرد.

کلید چپ گرد ـ راست گرد:

نکته: در قدرتهای بالا از کلید چپ گرد ـ راست گرد ستاره مثلث استفاده می شود.

۴ـ تغییر دور موتورهای سه فاز آسنکرون:

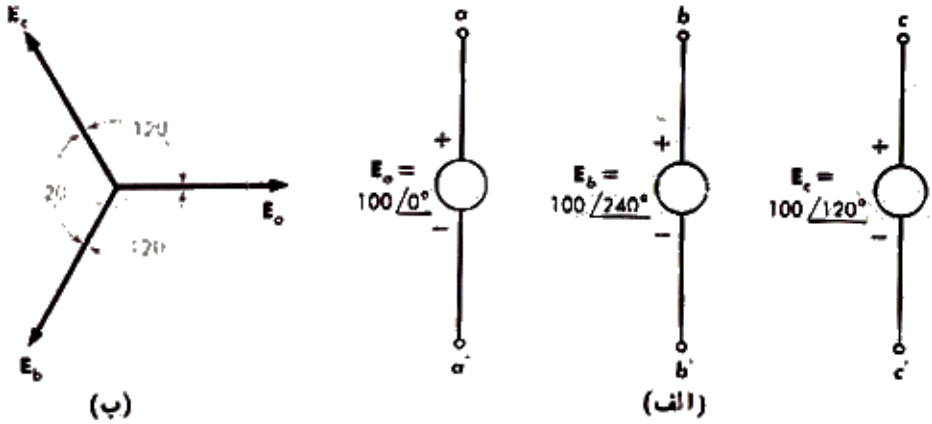
در ماشین های مته، تراش، دستگاههای بالا برنده و غیره. تغییر دور یا به روشهای مکانیکی چرخ دنده و چرخ تسمه یا روشهای الکتریکی تغییر فرکانس و تغییر قطب.

در عمل در موتورهای رونور قفسه ای تغییر قطب ساده تر و امکان پذیرتر است. از اتصال دالاندر استفاده می شود.

برق سه فاز و تک فاز :

۱-۱۴ ولتاژ، جریان و توان سه فاز

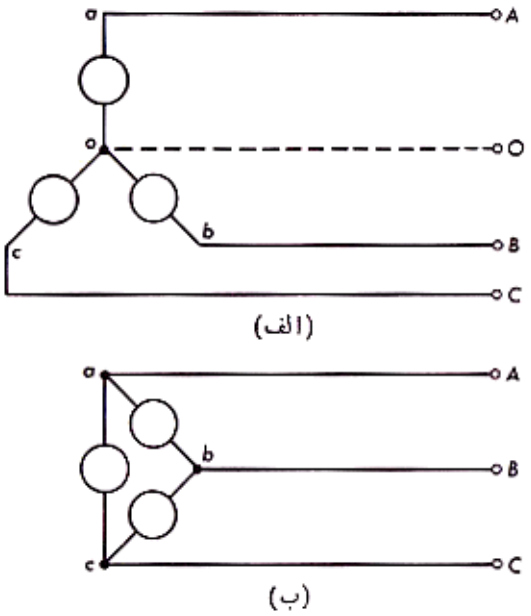
تولید، انتقال و مصرف سنگین انرژی الکتریکی عمدتاً با سیستم‌های چند فاز انجام می‌شود. در چنین سیستمی چندین منبع وجود دارد که ولتاژهای آنها اندازه‌های مساوری اما فازهای مختلف دارند. از آنجا که سیستم سه فاز مزایای فراوان اقتصادی و عملکردی دارد، متداولترین سیستمی است که به کار می‌رود. منبع سه فاز منبعی است دارای سه ولتاژ برابر که با یکدیگر ۱۲۰° اختلاف فاز دارند. چنانچه در بخش ۲-۵ خواهیم گفت معمولاً این سه ولتاژ را ماشین یگانه‌ای تولید می‌کند. بار سه فاز باری است که بتواند خروجی منبعی سه فاز را مصرف کند. شکل ۱-۲۲ (الف) سه منبع ولتاژ تشکیل دهنده یك سیستم سه فاز را نشان می‌دهد. نمودار فازبرداری این ولتاژها در شکل ۱-۲۲ (ب) دیده می‌شود.



شکل ۱-۲۲ (الف) منبع سه فاز، (ب) نمودار فازبرداری

توجه کنید که حاصل جمع فاز برداری سه ولتاژ صفر است. برای بهره برداری از ولتاژهای سه فاز دو امکان وجود دارد. هر یك از جفت پایانه‌های a-a', b-b' و c-c' می‌تواند به یك سیستم تکفاز جداگانه بسته شود یا اینکه سه فاز می‌توانند در درون متصل شده و یك سیستم سه فاز را تغذیه کنند. روش دوم پذیرش عام یافته است. شکل ۱-۲۳ دو امکان اتصال درونی را نشان می‌دهد. پایانه‌های a', b' و c' را می‌توان به هم وصل کرد تا نقطه خنثای O تشکیل شود و اتصال ستاره (Y) به دست آید، یا آنکه می‌توان پایانه‌های a و b'، b و c'، و c و a' را به هم وصل کرد تا اتصال مثلث (Δ) به دست آید. اتصال ستاره می‌تواند سیم خنثی را که در شکل ۱-۲۳ (الف) با خطچین نمایش داده شده داشته یا نداشته باشد. اگر سیم خنثی به کار رود سیستم را سیستم سه فاز چهار سیمه می‌گویند و گرنه آن را سیستم سه فاز سه سیمه می‌نامند. در اتصال مثلث (شکل ۱-۲۳ (الف)) سیم خنثی وجود ندارد و تنها سیستم سه فاز سه سیمه می‌توان تشکیل داد.

خصیصه عمومی سیستم سه فاز متعادل این است که ولتاژ هایش برابرند اما ۱۲۰° اختلاف فاز نسبی دارند (شکل ۱-۲۲). وانگهی امپدانس فازها نیز مساوی اند. بنابراین جریان فازها هم اندازه مساوی و ۱۲۰° اختلاف فاز نسبی خواهند داشت.



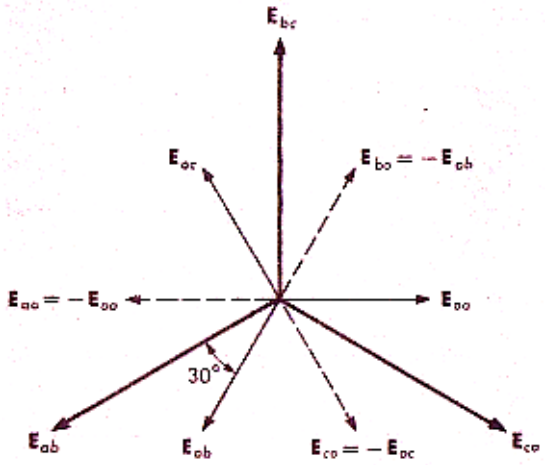
شکل ۱-۲۳ انواع اتصالات سه فاز، (الف) اتصال ستاره، (ب) اتصال مثلث.

همچنین توان فازها و توان واکنشی (رئاکتیو) فازها نیز مساوی می‌شوند. اما در سیستم سه فاز نامتعادل ممکن است یکی از این برابری‌ها موجود نباشد یا آنکه اختلاف فاز نسبی ^{o} ۱۲۰ نباشد. باید دانست که در این کتاب تنها از سیستم متعادل بحث می‌شود و هیچ یك از روش‌ها یا نتایجی را که به دست می‌آیند نمی‌توان در مورد سیستم نامتعادل به کار برد. بخش اعظم مسائل عملی به سیستم‌های متعادل مربوط می‌شود. بسیاری از بارهای صنعتی بارهای سه فازند و بنابراین ذاتاً متعادل اند. در تغذیه بارهای تکفاز از منبع سه فاز کوشش می‌شود که تعداد بارهای تکفاز در هر یك از فازها تقریباً مساوی باشد تا سیستم متعادل باقی بماند.

اگر سه فاز شکل ۱-۲۲(الف) به صورت ستاره وصل شوند شکل ۱-۲۳ (الف)، نمودار فازبرداری ولتاژها مانند شکل ۱-۲۴ خواهد بود ترتیب فاز یا توالی فاز در شکل ۱-۲۴، abc است، یعنی ولتاژ فاز a، ^{o} ۱۲۰ زودتر از ولتاژ فاز b و ولتاژ فاز b، ^{o} ۱۲۰ زودتر از ولتاژ فاز c پیشینه می‌شود. استفاده از نشانگان دو اندیسی در شکل ۱-۲۴ کار رسم نمودار کامل را بسیار ساده می‌کند. اندیس‌ها نقاطی را نشان می‌دهند که بین آنها ولتاژ وجود دارد. و ترتیب اندیس‌ها بیانگر خیز ولتاژ در آن جهت است. بنابراین[۱] $E_{a0}=-E_{0a}$.

---

۱. کاربرد خیز ولتاژ عمدتاً در صنعت فشار قوي است. ولي بايد دانست كه خيز از 0 تا a برابر افت از a تا 0 است. اين نكته اجازه مي‌دهند تا نمودار فازبرداري شكل ۱-۲٤ براي ارتباط افت ولتاژهاي يك سيستم سه فاز به كار رود.



شکل ۱-۲۴ نمودار فازبرداری ولتاژ در اتصال ستاره.

ولتاژ فازها عبارت‌اند از E_{0a}, E_{0b} و E_{0c}. به این ولتاژها ولتاژهای خط به خنثی نیز می‌گویند. ولتاژهای E_{ab}, E_{bc} و E_{ca} که ولتاژهای خط یا به طور دقیقتر ولتاژها خط به خط گفته می‌شوند نیز اهمیت دارند. بنابر قانون ولتاژ کیر شهف، ولتاژ خط E_{ab} با توجه به شکل ۱-۲۴ چنین است.

$$E_{ab} = E_{a0} + E_{0b} = -E_{0a} + E_{0b} = \sqrt{3}E_{0b}\angle -30^o \quad (۱-۲۷)$$

همین طور

$$E_{bc} = \sqrt{3}E_{0c}\angle -30^o \quad (۱-۲۸)$$

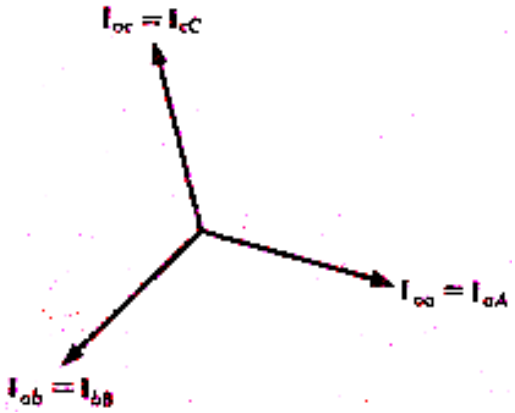
و

$$E_{ca} = \sqrt{3}E_{0a}\angle -30^o \quad (۱-۲۹)$$

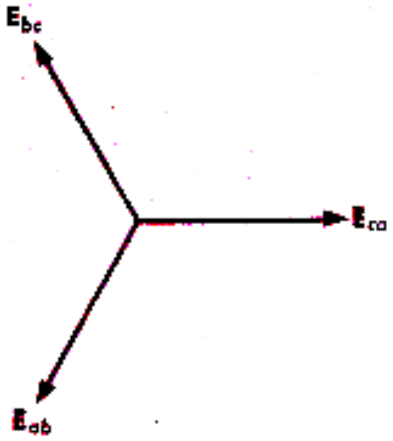
این معادله‌های نشان می‌دهند که در اتصال ستاره ولتاژ خط $\sqrt{3}$ برابر ولتاژ فاز است یا ولتاژ خط به خط، $\sqrt{3}$ برابر ولتاژ خط به خنثی است.

فاز بردارهای جریان مربوط به اتصال ستاره شکل ۱-۲۳ (الف) در شکل ۱-۲۵ دیده می‌شوند. البته در اتصال ستاره، جریان‌های خط و جریان‌های فاز با هم مساوی اند.

هر گاه سه فاز شکل ۱-۲۲ (الف) مانند شکل ۱-۲۳ (ب) به صورت مثلث وصل شوند نمودار فازبرداری ولتاژها به صورت شکل ۱-۲۶ خواهد بود. بدیهی است در اتصال مثلث، ولتاژهای خط و ولتاژهای فاز مساوی‌اند.

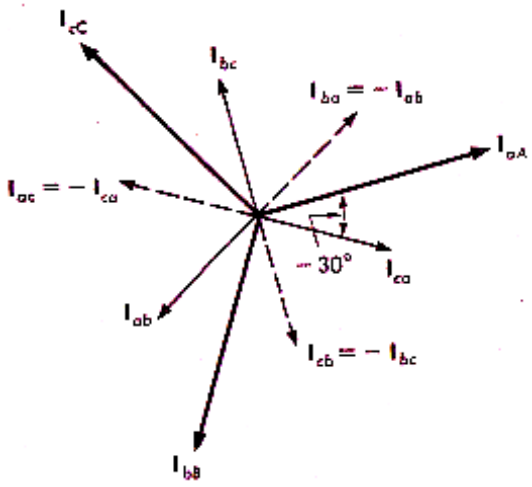


شکل ۱-۲۵ نمودار فازبرداری جریان در اتصال ستاره



شکل ۱-۲۶ نمودار فازبرداری ولتاژ در اتصال مثلث.

نمودار فازبرداری جریان‌های اتصال مثلث در شکل ۱-۲۷ آمده است. جریان فازها عبارت‌اند از I_{ab}، I_{bc} و I_{ca}.ترتیب اندیس‌ها جهت جریان‌ها را نشان می‌دهد. بر طبق قانون جریان کیرشهف، جریان خط I_{aA} با توجه به شکل ۱-۲۷ برابر است با:



شکل ۱-۲۷ نمودار فازبرداری جریان‌ها در اتصال مثلث

$$I_{aA} = I_{ba} + I_{ca} = -I_{ab} + I_{ca} \qquad (۱-۳۰)$$
$$= \sqrt{3} I_{ca} \angle 30^{\circ}$$

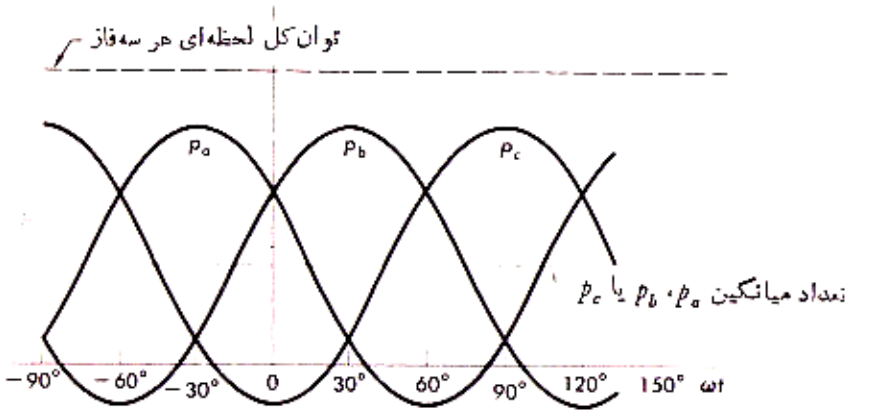
همچنین

$$I_{bB} = \sqrt{3} I_{ab} \angle 30^{\circ} \qquad (۱-۳۱)$$

و

$$I_{cC} = \sqrt{3} I_{bc} \angle 30^{\circ} \qquad (۱-۳۱)$$

در هر دو سیستم اتصال ستاره و مثلث ، توان لحظه ای هر فاز را می توان درست مانند هر سیستم تک فاز بدست آورد. توان لحظه ای هر یک از فاز ها و نیز توان لحظه ای کل یعنی مجموع توان لحظه ای فازها در شکل ۱- ۲۸ رسم شده است. باید دانست که توان لحظه ای در سیستم سه فاز ، ثابت و سه برابر توان میانگین هر فاز است.



شکل ۱- ۲۸ توان لحظه ای در سیستم سه فاز

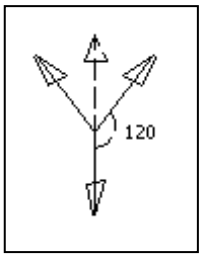
برق تحویلی در سیمهای تك فاز برقی است که اختلاف ولتاژ فاز به نول آن از رابطه زیر تبعیت میکند.

$$v = 220\sqrt{2}\sin(2\pi 50t)$$

اگر برق تحویلی سه فاز باشد, در این صورت دو نوع سه فاز موجود است:

1- برق سه فاز (فاز به نول ۲۲۰ ولت)

2- برق سه فاز (فاز به فاز ۲۲۰ ولت)



$$Van = 220\sqrt{2}\sin(2\Pi 50t)$$
$$Vbn = 220\sqrt{2}\sin(2\Pi 50t + \frac{2\Pi}{3})$$
$$Vcn = 220\sqrt{2}\sin(2\Pi 50t - \frac{2\Pi}{3})$$

در این حالت سه فاز a و b و c وجود دارد که ولتاژهای آنها به صورت زیر است:

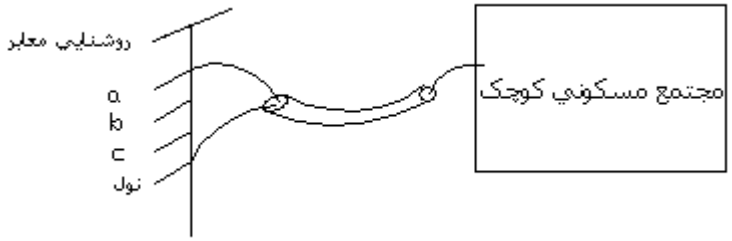
$$v_{ab} = 220\sqrt{2}\sin(2\pi 50t)$$
$$v_{bc} = 220\sqrt{2}\sin(2\pi 50t + {}^{2\pi}\!/_{3})$$
$$v_{ca} = 220\sqrt{2}\sin(2\pi 50t + {}^{4\pi}\!/_{3})$$

در این روش لزوم به وجود سیم نول الزامی نیست و یك نول مجازی در محل اتصال سر دیگر مصرف کننده ایجاد می شود.

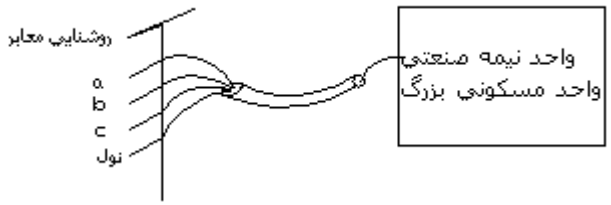
باید بار روی این سه سیم مساوی باشد در این صورت نقطه مجازی دقیقا صفر می شود ولی در صورتی که دارای بارهای مختلف بوده باشد سبب به وجود آمدن اختلاف ولتاژ نقطه مجازی با زمین واقعی می شود که برای حل این مشکل این نقطه را به زمین متصل می کنند.

در واحدهای کوچك خانگی از برق تك فاز استفاده می شود. در واحدهای متوسط یا تا حدودی بزرگ از برق سه فاز استفاده می شود و هر فاز بین بخشی از مصرف کنندگان توزیع می شود.

به هر صورت این برق توسط کابلهای با مشخصات معین در اختیار مصرف کننده قرار می گیرد.



اگر برای یك محله از فاز a استفاده کنیم همین سبب کاهش ولتاژ و کاهش روشنایی می شود.



سیستمهای کنترل:

فرق بین مدارات قدرت و کنترل

در کنتاکتورهای متوسط و بزرگ کنتاکتهای قدرت و فرمان فرق دارند کنتاکت‌ها ی قدرت با شماره های یك رقمی ۲-۱ و ۴-۳ و۶-۵ مشخص می شوند.

سیستم های کنترل مورد استفاده دارای سه کارکرد مشخص زیر می باشد:

۱- تنظیم مقادیر کمیت های مورد نظر روی یك مقدار مشخص (regulation) یا تغییر آنها به صورت مشخصات مطلوب. (tracking)

۲- سیستمهای مربوط به ایجاد Sequnce های تولیدی

۳- سیستمهای محافظتی آلارم و Shut Down و Trip

سیستمهای مونیتورینگ : که هر کدام از سه سیستم محافظتی بالا کار نکرد از این سیستم استفاده شود.

سیستمهای کنترل می توانند به صورت نیوماتیکی هیدرولیکی در دهه های(60-50-40) باشند

- مدارهای فرمان رله و کنتاکتوری (70-60)

- سیستمهای مبتنی بر PLC ها (75)

DCS

این سیستمها قادرند کلیه نیازهای کنترلی و نگارشی را شامل موارد زیر تامین کنند:

۱- مونیتورینگ ۳- Sequenc های Operation ایجاد کنند

۳- تنظیم مقادیر کمیتها ۴- سیستمهای Protection آلارم, Safety, Trip ایجاد کند

اجزای سیستم کنترل:

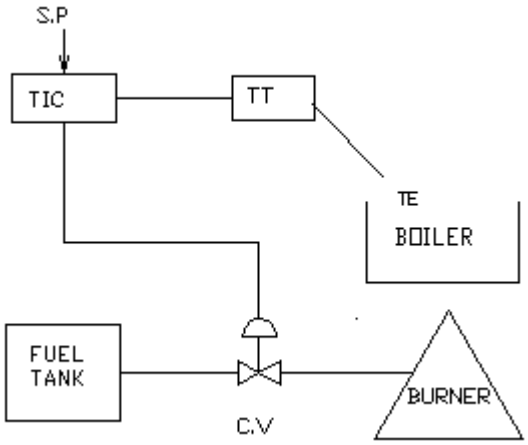
اجزای سیستمهای کنترل عبارتند از:

۱- انواع تجهیزات اندازه گیری و مونیتورینگ (سنسور, سوئیچ)

۲- انواع ترننسمیترهای صنعتی. (انتقال اطلاعات به دست آمده از سنسور)

۳- انواع کنترلرهای صنعتی
- کنترلرهای دما
- کنترلرهای فشار
- کنترلرهای فلو
- کنترلرهای Level
- کنترلرهای PH (اسیدی یا باز بودن)

2- Actuator متناسب با پروسس



TE: Temperature element

TT:Temperature transmiter

TIC:temperature Indicator Controller

ولتاژ این کنترلرها از ۲۴ ولت بیشتر نمی باشد

اساس همه فعالیتها کنترلی وجود بخش اندازه گیری است, سنجش و اطلاع از وضع موجود پروسها, تجهیزات و اجزاء سیستم تحت کنترل می باشد. اصلی ترین دستگاههایی که سنجش وضعیت را انجام میدهند سنسورها یا دستگاههای اندازه گیری هستند.

اساس همه دستگاههای اندازه گیری تبدیل کمیت مورد اندازه گیری به یکی از کمیتهای جابجایی ولتاژ و فرکانس و زمان می باشد.

کمیتها را به صورت زیر دسته بندی میکنیم:

کمیتهای مکانیکی: نیرو, جابجایی و مکان, شتاب, سرعت, اندازه حرکت, گشتاور, فشار, تنش, کرنش دما, فلو, رطوبت و ویسکوزیته

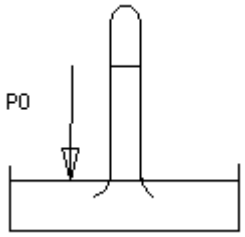
کمیتهای الکتریکی: ولتاژ, جریان, فرکانس, توان, مقاومت, خازن, سلف

کمیتهای شیمیایی: PH, رطوبت, چگالی, غلظت

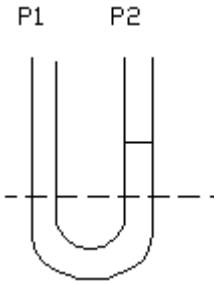
کمیتهای علم مواد: خمش و سختی

اندازه گیری فشار: تبدیل فشار به جابجایی (ترنسدیوسر فشار به جابجایی)

۱- بارومتر:

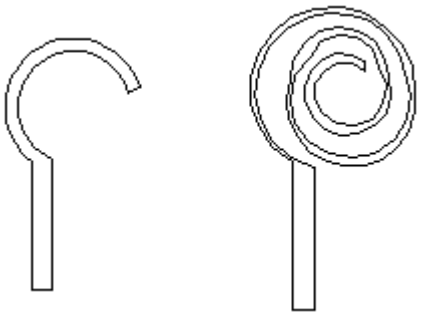


۲- مانومتر:



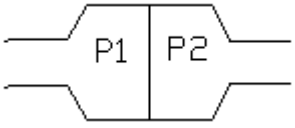
$$P_2 + \rho gh = P_2$$

۳- لوله بوردن

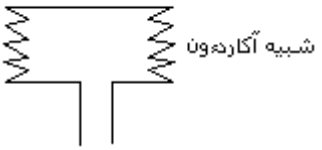


دومی برای اندازه گیری فشارهای پایین تر به کار می رود و از اولی دقیق تر است.

۴- دیافراگم



۵-بیلوز

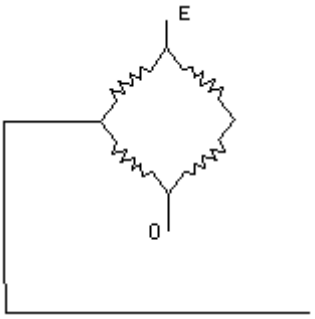


۶- strain gage

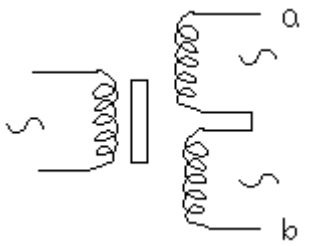
با تغییر طول سیم مقاومت سیم کمتر یا بیشتر شده اگر این قطعه در پل و تسون قرار گیرد این تغییر ولتاژ به عنوان سنسور عمل می کند.

یکی از اصلی ترین راههای تبدیل جابجایی به ولتاژ

$$v = \frac{E}{4R_0}\Delta R$$



مدار LVDT



اختلاف ولتاژ بین a,b صفر می باشد

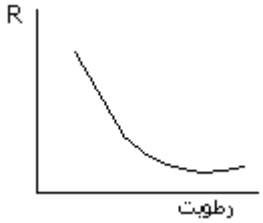
ولی با تغییر مکان هسته این اختلاف ولتاژ دیگر صفر نمی باشد و یکی از دقیق ترین روشهای اندازه گیری جابجایی می باشد.

روشهای متعدد و مشابهی برای اندازه گیری سایر کمیتها وجود دارند که ما را قادر می سازند تا از مقادیر کمیتها در محیط های عملیاتی وکاری اطلاع یابیم.

اندازه گیری کمیتها همانند O_2, CO_2 دور از رطوبت این کمیتها به دو صورت آنالیز شیمیایی مکانیکی یا الکتریکی اندازه گیری شده یا به صورت سنسوری اندازه گیری می شوند.

آنالایزر:

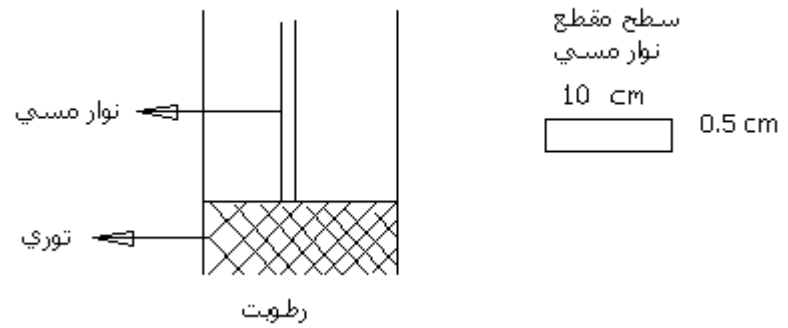
گرافیت متخلخل ماده ای سیار مناسب برای اندازه گیری رطوبت می باشد و چون رسانایی آن با رطوبت به طور خطی تا رطوبت 80% تغییر میکند.



ایمنی برق :

چاه ارت یا چاه زمین

از آنجائیکه در اغلب مدارات الکتریکی نقطه زمین يك نقطه مدار است (هر نقطه ای در هر جایی می باشد) بنابراین مسیر برگشت جریان همواره از طریق زمین صورت می پذیرد. برای این منظور لازم است تا جریان برگشتی زمین به سمت زمین واقعی هدایت شود به همین دلیل از يك چاه با مشخصات زیر استفاده می شود :



از آنجائیکه ولتاژ تحویلی توسط هر تولید کننده به صورت اختلاف ولتاژ بین يك سیم به نام سیم فاز و دیگری به نام سیم نول به مشتری تحویل داده می شود لذا مشتری برای هر استفاده خود لازم است تدابیری بیندیشد که هرگونه اضافه جریان یا اضافه ولتاژ که به هر دلیل ایجاد شود در مسیر زمین تخلیه (دشارژ) گردد به همین خاطر در اغلب دستگاههای الکتریکی مکانیکی (چه ثابت و چه سیار) اتصالی به نام زمین بایستی دیده شود تا هرگونه اضافه ولتاژ و جریان توسط آن دشارژ شود. این عمل باعث می شود تا دستگاه و محیط اطراف از خطرات الکتریکی ایمن گردد.

Protection ماشین آلات :

ساده ترین و معمولترین روش حفاظت دستگاهها یا ماشین آلات در مقابل خرابی یا رفتار خطرناك (الکتریکی مثل جرقه) محافظت دستگاه با روش قطع منبع برق دستگاه میباشد. این عمل می تواند به صورت Manual و یا به صورت اتوماتیك باشد. سیستمهای فیوزی , سیستمهای ترموستاتی و ... انواع متداول مکانیزم های محافظتی می باشند.

طرزکار دستگاه‌های ایمنی :

کلیه حفاظت موتور:

جریان نامی ۶ آمپر قدرت قطع ۰/۷۵KA ولتاژ جریان متناوب ۵۰۰V می باشد .دو کلید حفاظت موتور بکار گرفته می‌شود.

موارد استعمال و دفعات قطع و وصل:

کلیه‌های حفاظت موتور با دست کار می‌کند سه قطبی است و برای موتورهای تا ۱۶ آمپر جریان نامی و ۵۰۰ ولت فشار الکتریکی متناوب ساخته شده است. این کلیدها برای حوزه ای از فرکانس بین ۴۰ تا ۶۰ سیکل ساخته شده است. کلیدهای حفاظت موتور ۳VA1 برای اتصال دائمی بدفعات بی نهایت زیاد ساخته شده اند و

می‌توانند همچنین تعداد دفعات قطع و وصل را تا ۲۵ بار در ساعت انجام دهند. برای موارد استثنائی می‌توان تعداد قطع و وصل کلید را در ساعت از این تعداد نیز بالاتر برد.

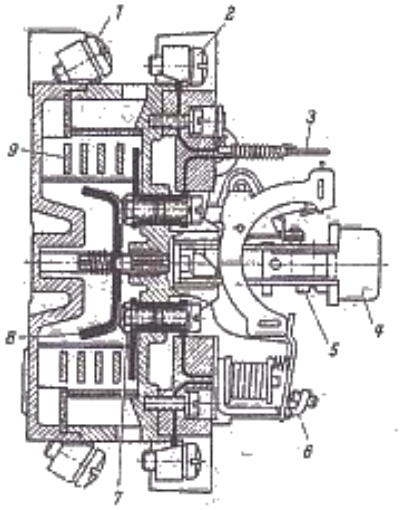
قدرت قطع کلید:

قدرت قطع کلید حفاظت موتور ۰/۷۵KA یا ۰/۷ = Cosφ می‌باشد.کلید دارای رله شدت جریان بالای حرارتی تا ۰/۳ آمپر است که می‌توان آن را در آمپرباس مختلف میزان کرد. این رله حرارتی در ولتاژ ۳۸۰ ولت به شبکه متصل می‌شود و می‌توان آن را حتی در شدت جریان‌های اتصال کوتاه (خیلی بیشتر را نیز بدون احتیاج به نصب فیوز حفاظتی) بکار گرفت. بنابراین در ۳۸۰ ولت حتی شدت جریان‌های بیشتر از ۰/۷۵KA را می‌تواند قطع کند. دامنه کار کلید حفاظت موتور داده شده در این برنامه از ۰/۱۸ تا ۰/۲۵ آمپر می‌باشد.

ساختمان و طرزکار:

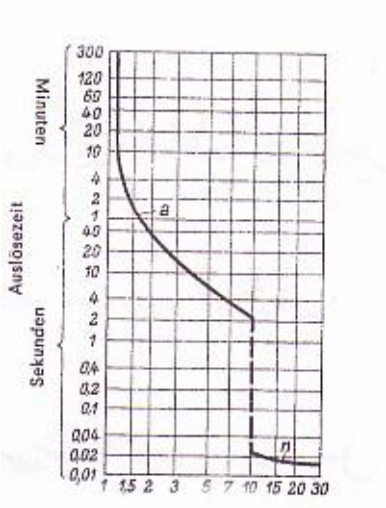
بدنه کلید از عایق ساخته شده است که دستگاه‌های متحرك کلید بر روی آن نصب گردیده است مقطع ترسیم شده نحوه اتصال شمهای مختلف کلید را نشان می‌دهد.

قسمت‌های متحرك کلید بوسیله يك پل عایقی بر روی بدنه نصب شده است، تمامی قسمت‌های قطع و وصل کننده دارای پوششی از نقره هستند. برای هر خط هادی کنتاکت ده بل و قطع کننده دوبل در نظر گرفته شده است که در آنها توس الکتریکی دو موقع قطع مدار، خاموش یا خفه می‌شود.



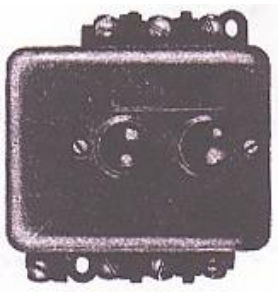
برشی از کلید حفاظت موتور

1- کنتاکت خارجی برای مدار کمکی
2- ترمینال برای مداراصلی
3- قطع کننده حرارتی برای جریان اضافی
4- دکمه فشاری
5- پیچ برای تنظیم دستگاه در مقابل جریان اضافی
6- قطع کننده جریان اضافی الکترومغناطیسی بدون تغییر
7- دستگاه قطع و وصل ثابت
8- دستگاه قطع و وصل متحرک
9- صفحات خاموش کننده در محفظه خفه کن جرقه

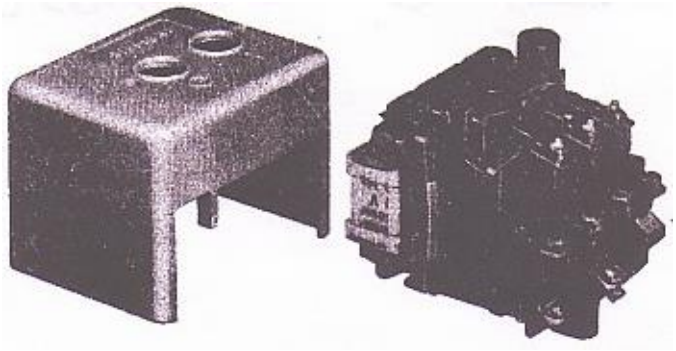


منحنی کاراکتر ستیک قطع شدت جریان قطع شدت جریان قطع به عنوان تابعی از زمان

a- منحنی قطع رله تدلیک
b- منحنی قطع رله الکترومغناطیسی



کلید حفاظت موتور



کلید حفاظت موتور با رله قطع کننده ولتاژ پائین

در ایستگاه قطعات تأخیر دهنده در موقع قطع کلید منظور شده است. در بالای دکمه فشاری رله حرارتی و در زیر آن رله الکترومغناطیسی تعبیه شده است. قطیع کنندهها بر روی اهرمی به بدنه وصل شده اند و این قطع کنندهها با پوششی محافظت شده اند.

قطع کننده:

کلید محافظت موتور که با این برنامه داده شده است به دستگاههای قطع کننده زیر مجهز است:

1- قطع کننده شدت جریان بالا:

الف) رله شدن جریان بالای حرارتی با تأخیر دهنده

ب) رله الکترومغناطیسی برای شدت جریان بالا بدون تأخیر دهنده

۲- قطع کننده ولتاژ پائین تراز ولتاژ مجاز

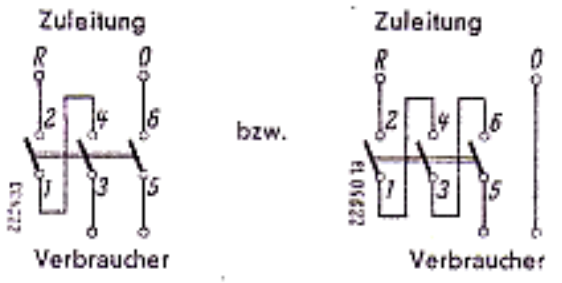
۱- قطع کننده شدت جریان بالا:

الف- رله شدت جریان بالای حرارتی قابل تأخیر.

بمنظور حفاظت مصرف کننده در مقابل بار اضافی حرارتی کلید حفاظت موتور در هر خط هادی خود یك قطع کننده شدت جریان بالا دارا میباشد (قطع کننده شدت جریان بالا تأخیری که تابعی از شدت جریان است) زمانهای قطع برای قطع کننده شدت جریان بالا تحت این خصوصیات طبعاً باید برای بار متعادل روی هر خط جریان در نظر گرفته شود. که منحنی کارکتریستیك نشان داده شده در صفحه ۳ آن را نشان میدهد.

این منحنی کارکتریستیك نشان از بزرگی شدت جریان اضافی تابعیت دارد. بالا رفتن شدت جریان در زمان مجاز همچنین شدت جریان اضافی در زمانی بسیار کوتاه موجب قطع کلید نمیشود در حالیکه بار اضافی برای زمان طولانی که موتور را بطور غیر مجاز گرم کند کلید را قطع میکند. در مواردیکه کلیدهای حفاظت موتور دوقطبی تحت بار قرار گیرد. مسائل زیر را باید مدنظر قرار داد.

شدت جریان راه اندازی تا ۱۰% بالاتر قرار میگیرد اگر که دو کنتاکت تحت بار باشد و ۲۰% دقتی که یك کنتاکت تحت بار قرار داشته باشد در این حال باید در قطع یك پله و دو پله قطع کننده شدت جریان بالا مانند اشکال زیر به سری اتصال یابند. با کمك پیچ تنظیم میتوان شدت جریان نامی موتور مورد حفاظت را تنظیم کرد.



ب- قطع کننده الکترومغناطیسی جریان اتصال کوتاه بدون تأخیر:

علاوه بر قطع کننده‌های حرارتی شدت جریان اضافه بار که قابل تأخیر اند در هر خط جریان قطع کننده‌های الکترومغناطیسی جریان اتصال کوتاه بدون تأخیر تعبیه شده اند که بمجرد رسیدن شدت جریان کار بمقدار شدت جریان راه اندازی بدون تأخیر قطع می‌کنند. این قطع کننده‌ها در کارخانه برای مقدار معینی از شدت جریان تنظیم شده است. شدت جریان شروع ده برابر شدت جریان قطع کننده حرارتی که در بالا تنظیم شده بود تعیین شده است. در راه اندازی موتورهای سه فاز با روتور قفسه ای شدت جریان راه اندازی به قطع کلید منجر نمی‌شود. زمان قطع کلید برای رله شدت جریان بالای الکترومغناطیسی در منحنی صفحه ۳ داده شده است.

2- قطع کننده ولتاژ پائینی تراز ولتاژ مجاز:

قطع کننده ولتاژ پائین کلید حفاظت موتور را قطع می‌کند زمانیکه فشار الکتریکی کار تا ۳۵ درصد ولتاژ نامی پائین آمده باشد.

بنابراین قطع کننده‌های ولتاژ پائین برای تمامی ماشین‌های افزار قابل استفاده است. بدین طریق با برطرف شدن افت فشار الکتریکی خط یا شبکه برای کارگر مربوطه خطری پدید نمی‌آید. (بعنوان مثال حرکت مجدد ماشین)

علاوه بر این بار اضافی بر روی شبکه را می‌توان بوسیله همین قطع کننده ولتاژ پائین مانع شد زیرا بوسیله قطع کردن این قطع کننده شروع بکار مجدد خودبخود موتور غیر ممکن می‌گردد.

کلید کمکی (کنتاکت‌های کمکی):

هر دو کلید حفاظت موتور با و بدون قطع کننده ولتاژ پائین صاحب دو کنتاکت کمکی هستند که یکی وصل کننده بین پیچ ۱۳ و ۱۴ و دیگری بازکننده بین پیچ ۱۵ و ۱۶.

هر دو کنتاکت کمکی را می‌توان از حالت اتصال بحالت باز و یا بلعکس تغییر داد.

الف- کلید حفاظت موتور (بدون رله قطع کننده ولتاژ پائین)

قبل از تغییر حالت اتصال ۱۳ و ۱۴ به حالت باز کلید را ببندید و از پیچ هائی که پشت کلید قابل دسترسی هستند پیچ کلم ۱۴ را باز کنید سپس کلم ۱۴ را آنقدر به سمت بیرون باز کنید تا یك فنر بطوریکه قابل شنیدن باشد صدا کند بعد کلم ۱۴ را مجدداً بسمت داخل پیچ کنید و پیچ را محکم ببندید.

در موقع تغییر باز کننده ۱۵ و ۱۶ به حالت اتصال، مانند بالا عمل می‌شود.

ب- کلید حفاظت موتور (با رله قطع کننده ولتاژ پائین)

قبل از تغییر اتصال دهنده ۱۶ و ۱۴ بحالت باز باید محفظه باز شود تا مغناطیس رله ولتاژ پائین در حالت وصل (Ein) قرار گیرد. بطور مکانیکی می‌توان آن را در این حالت نگاه داشت (بعنوان مثال با آچار) پس از این عمل می‌توان برای تغییر کنتاکت‌ها مانند حالت الف عمل کرد.

برای تغییر باز کننده ۱۵ و ۱۶ به حالت اتصال باز کردن محفظه لزومی ندارد. زیرا که کلید کلمك رله ولتاژ پائین پیوسته در حالت اتصال (باز) باقی می‌ماند.

کلید محافظت موتور ۳TA برای فشار الکتریکی متناوب ۵۰۰ ولت

موارد استعمال:

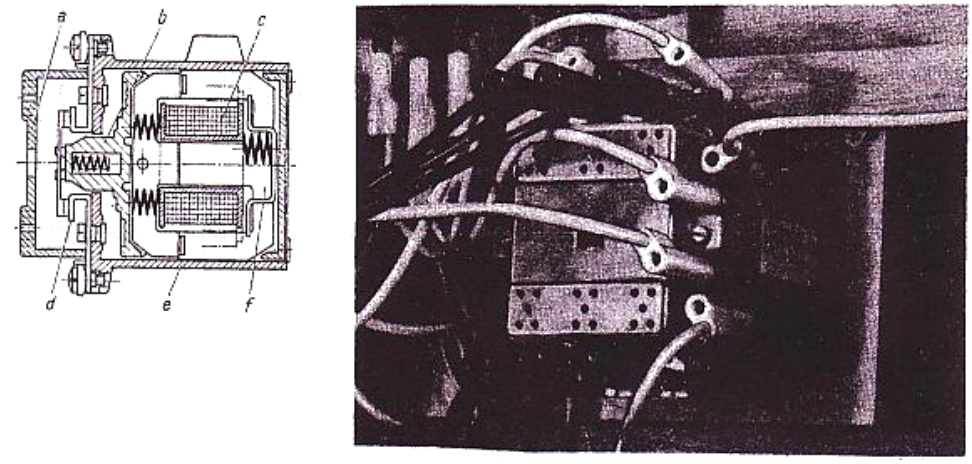
کلیدهای محافظتی سه پل ۳TA بمنظور حفاظت موتورهای سه فاز در نظر گرفته شده اند. همچنین این کلیدها برای حفاظت مدارهای جریان متناوب مانند مدارهای صاحب پیچك مغناطیسی، حاوی مدار روشنایی و سایر مدارهای کمکی و فرمان بکار گرفته می‌شوند.

طرز ساختمان:

در محفظه عایقی مدار مغناطیسی، قسمت‌های اتصال بطور ثابت تعبیه شده است. تمامی قسمت‌های اتصال دهنده کلید قابل تعویض می‌باشند.

تعداد اتصال و انفصال ها:

کلید ۳TA بدون قسمت حفاظت موتور برای توان‌های اخذ شده و دائمی در نظر گرفته شده و تا ۱۵۰۰ ساعت قطع و وصل می‌تواند کار کند. احتمالاً برای مدت بیشتری نیز قادر بکار است.



برشی از کلید حفاظت موتور (کنتاکتور سه پل)

مدت اتصال:

کلید حفاظت موتور برای توان‌های مختلف ساخته می‌شود. با این کلیدها می‌توان موتورهای با توان‌های مختلف را که در جائی ثابتت مونتاژ شده است بدون هیچگونه ضایعه ای بکار انداخت.

حفاظت موتور: با این کلید می‌توان رله حفاظتی حرارتی را نیز اتصال داد.

حفاظت در مقابل اتصال کوتاه:

رله الکترومغناطیسی برای حفاظت اتصال کوتاه پیوسته بعد از فیوز حرارتی و یا بعد از رله بی متال کلید حفاظت موتور که در ابتدای جزوه شرح داده شده است اتصال می‌یابد.

رهل بی متال (حرارتی) برای حفاظت در مقابل جریان اضافی:

فشار الکتریکی متناوب ۵۰۰ ولت

موارد استعمال:

رله‌های حرارتی که می‌توان زمان کار آنها را تعیین کرد یعنی تأخیر داد. از مقدار جریان عبوری از مدار تبعیت می‌کنند. این رله‌ها در مواردی که حفاظت بوسیله دو رله a و n (حرارتی الکترومغناطیسی) انجام می‌شود بکمك فیوزی که بسری قبل از آن اتصال می‌یابد موارد استعمال دارد.

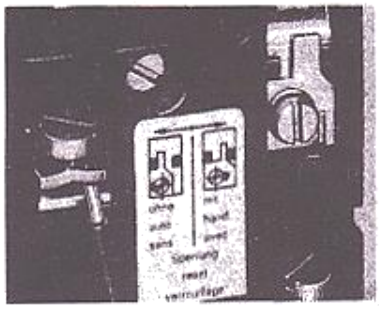
طرز ساختمان و نحوه کار:

در محفظه ای عایقی سه ترمینال بی متال اتصال داده شده که قادر است حرارت را در خود متعادل سازد. تمامی ترمینال‌ها برای اتصال مدارهای اصلی و فرعی کاملاً در دسترس قرار گرفته اند. برای قفل کردن خودبخود رله (خارج از مرحله کار واقع شدن) از پیچی که برای این منظور تعبیه شده است استفاده می‌کنیم.

رله حفاظت موتور:

رله‌های جریان اضافی برای حفاظت موتور طبق استاندارد VDEO660 ساخته شده‌اند و موتورها را در قبال بار اضافی و با نتیجه حرارت اضافی حفاظت می‌کنند. این رله‌ها تا ۱۵ بار در ساعت قادرند مدار را قطع و وصل کنند. تحت شرایط خاصی می‌توان با این کلید ۶۰ بار در ساعت نیز قطع و وصل کرد. منحنی کار اکترسیتیك آن در ادامه داده شده است.

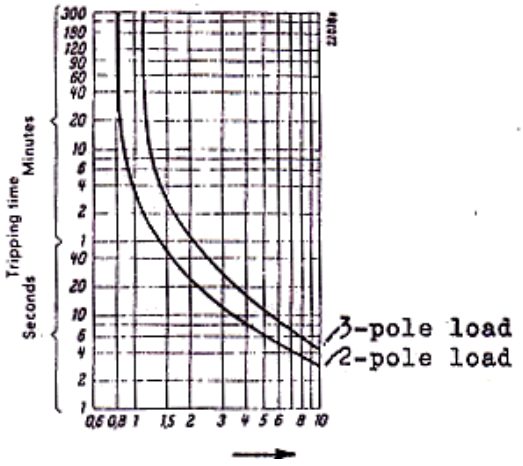
Thermisch verzögertes Überstromrelais 3UA41

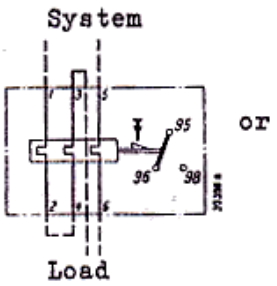


Darstellung der Stellschraube für Selbstsperrung

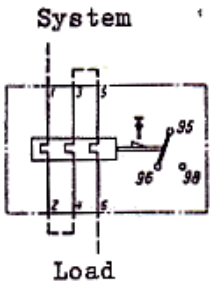
نمایش کنتاکت ها برای حالت خودکار

رله تأخیر کننده جریان اضافی





or



شدت جریان اضافی و استقامت الکتریکی در کلید حفاظت موتور:

رله‌های شدت جریان اضافی تا جریانی در حدود ۱۰ برابر جریان نامی استقامت می‌کنند. چنانچه شدت جریان اتصال کوتاه از این مقدار بیشتر شود باید بوسیله رله الکترومغناطیسی و یا فیوز ذوب شونده بی متال مربوطه را حفاظت کرد.

تعادل حرارتی:

رله حرارتی جریان اضافی صاحب نوار متعادل کردن حرارت است که تأثیر تغییر حرارتی محیط را از ۲۰- تا ۵۰+ درجه خنثی می‌کند و بنابراین در تمامی تغییرات چنین حوزه ای رله حرارتی بدون تأثیر محیطی کار خواهد کرد.

مدرج کردن:

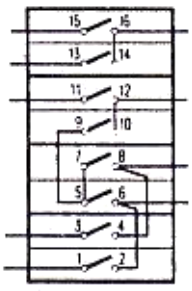
رله حرارتی جریان اضافی را می‌توان بوسیله پیچی در حوزه جریان کار بر روی مقدار معینی تنظیم کرد. بزرگترین شدت جریان داده شده بر روی پیچ مدرج برابر جریان نامی رله است. در رله حرارتی سه فاز هر سه نوار بی متال با هم مدرج می‌شوند و با هم کار می‌کنند. کنتاکت‌های رله حرارتی جریان اضافی دارای پوشش از نقره است.

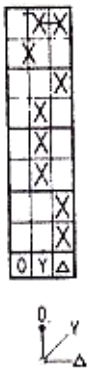
کلید فرمان سه فاز دستی:

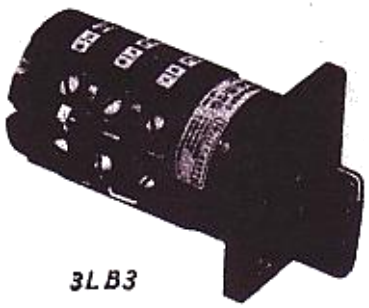
کلید ستاره مثلثشه فاز برای جریان الکتریکی تا ولتاژ ۵۰۰ ولت*

موارد استعمال:

کلید ستاره مثلث که با دست کار می‌کند باعلامت ۳LB۳ برای فرمان و راه اندازی موتورهای سه فاز بکار گرفته می‌شود. تمام قطعات اتصال و انفصال کلید دارای پوشش ضخیمی از نقره می‌باشند. چنین کلیدی با سایر کابل و سایر وسایل لازم مجهز شده است. این کلید برای ۵۰۰بار قطع و وصل در هر ثانیه حساب شده است. برای زمان‌های کوتاه می‌توان تعداد اتصال و انفصال را در هر ثانیه از ۵۰۰ نیز تجاوز داد.





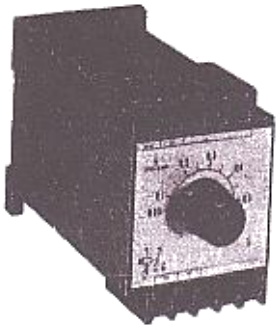


* کلید چپ گردراست گرددستي نيز ساختماني مشابه کليد ستاره مثلث دارد.

رله زمانی:

برای ولتاژ جریان متناوب ۳۸۰ولت.

رله زمانی برای اتصال به جریان متناوب ساخته شده است. کنتاکت فشاری با پوشش نقره در نظر گرفته شده است. رله زمانی می‌تواند برای تمامی تأخیر اتصال در کلیدها در مدارهای جریان حفاظتی و مدارهای تنظیم بکار گرفته می‌شود. رله زمانی برای تغییرات ولتاژ نامی در حوزه ای بین ۰/۸ تا ۱/۱ برابر ولتاژ نامی بدون هیچگونه مشکلی کار می‌کند.



رله زمانی

دستگاه حفاظتی موترو با رله حفاظتی تریستور برای موتورهای سه فاز با هادی سرد و دستگاه کنترل حرارت

موارد استعمال:

دستگاه حفاظت موتور ترمیستوری اکثراً برای حفاظت عایق‌های سیم‌پیچی بکار گرفته می‌شود. این دستگاه حفاظت موتور برای موتورهای سه فازی تا حدود ۷۰ آمپر بر میلیمتر مربع جریان اتصال کوتاه در نظر گرفته شده است. موتور هائی که بر آنها بار اضافی یا شدت جریان عکس در حالت ترمز یا قطع شدن یك فاز و یا بالاخره بالا رفتن درجه حرارت محیطی پدید می‌آید با این کلید مجهز می‌شوند. کلید حفاظت موتور ترمیستوری می‌تواند برای حرارت‌های بالا از همه نوع مانند سیم‌پیچ ترانسفورماتور یاتاقان‌ها و بالاخره تغییر درجه حرارت درهوا بکار برده می‌شود.

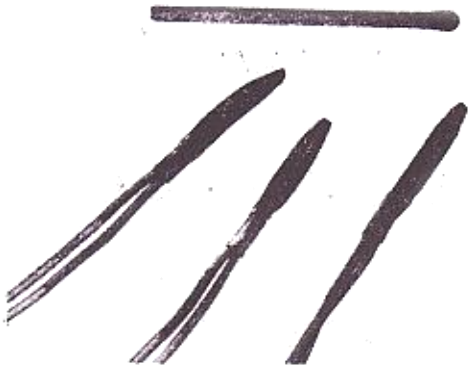
اندازه‌گیر درجه حرارت بوسیله میله تست انجام می‌گیرد. میله تست در موتورها تا درجه حرارتی برابر ۱۳۰ درجه قابل استفاده است.

طرزکار:

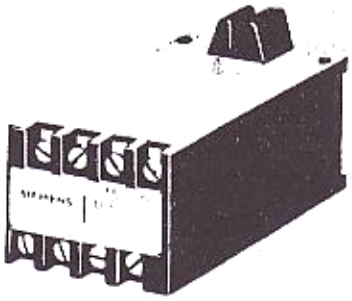
کلیه حفاظت موتور ترمیستوری از یك دستگاه قطع کننده و یك میله تست با هادی سرد تشکیل شده است. میله تست در سر سیم‌پیچی موتور مورد حفاظت جای داده می‌شود موتورهای سه فاز معمولی با سه میله تست مجهز است. موتورهای سه فاز با سیم‌پیچ‌های جدا دارای حداقل ۶ میله تست می‌باشند چنانچه قبل از قطع مدار نیازی به اعلام خطر، مورد نظر باشد مدار حفاظتی جداگانه ای مورد احتیاج است.

تمامی هادی‌های سرد (ضریب حرارتی منفی) یا مقاومت‌های سرد به سری بسته شده اند دستگاه قطع کننده حاوی یك تقویت کننده ترانزیستوری مقاومت سرد یك میله تست (هادی برد) در ۲۵درجه سانتی گراد در

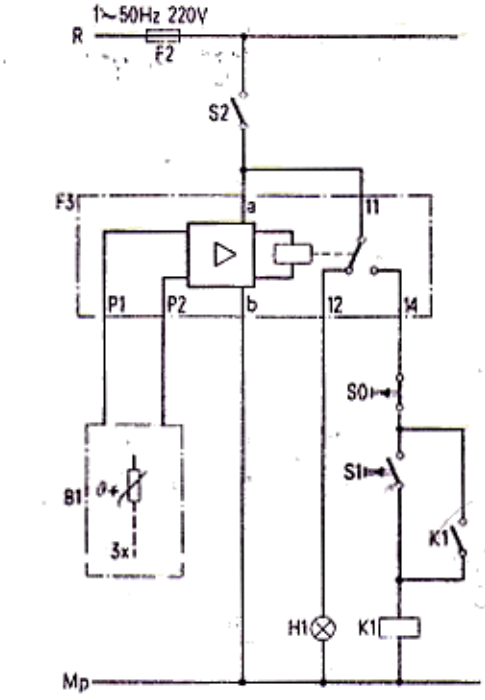
حدود حداکثر ۲۵۰ اهم است. تمامی مقاومت‌ها وقتی که پشت سر هم بسته شوند نباید حداکثر از ۱/۵ کیلواهم بالا رود و دستگاه در فاصله مقاومتی بین ۲/۳ تا ۳/۶ کیلو اهم کار می‌کند.



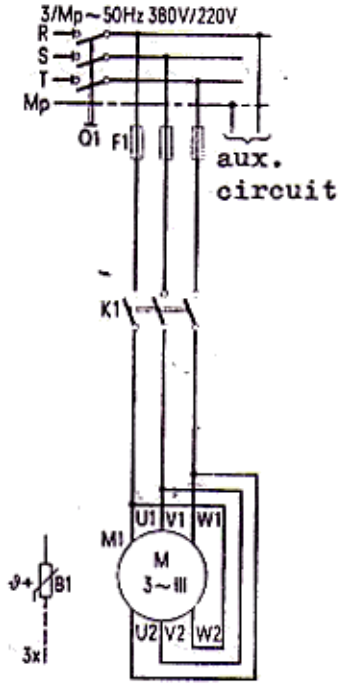
ترمیتور



دستگاه فرمان قطع و وصل



مدار فرمان



مدار اصلی

در حالت معمولی رله بوسیله کنتاکت S_2 متصل و تحریك می‌شود و کنتاکت‌های ۱۱ و ۱۴ بسته شده است. دستگاه حفاظت موتور K_1 بوسیله دکمه فشاری S_1 متصل می‌شود و بوسیله کنتاکت K_1 در حال اتصال باقی می‌ماند. در حالیکه حرارت در یکی از میله‌های تست بمقدار مورد نظر رسید مقاومت آن بمقدار زیادی بالا می‌رود بنحوی که کنتاکت ۱۲-۱۱ بسته می‌شودو حفاظت موتور K_1 بحالت اولیه خود بازگشته اعلام کننده قطع مدار روشن می‌شود.

دستگاه فرمان:

برای مدار فرمان و مدار کمکی ولتاژ متناوب تا ۳۸۰ ولت.

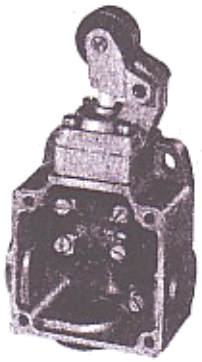
دستگاه فرمان برای قطع و اتصال مدار کمکی و مدار فرمان بکار گرفته می‌شود. این دستگاه برای فرمان دادن به کلید حفاظت و راه اندازی مورد استعمال دارد.

کلید فشاری ساخته شده داخل جعبه با سه دکمه فرمان:

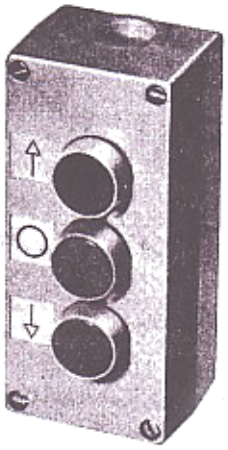
کلید فشاری واقع در محفظه دارای سه دکمه شامل یك قطع کننده و دو وصل کننده می‌باشد. کلید قطع و وصل

برای فاصله‌های معین:

این کلید برای مدارهای فرمان و برای شروع و قطع کار ماشین‌های و مدارهای الکتریکی بکار برده می‌شود. این کلید که در یك محفظه چدنی قرار گرفته است دارای کنتاکت بسته و باز می‌باشد.



کلید محدود کننده



کلید فشاری با دکمه های قطع و وصل

سیستم های رله کنتاکتوری و کاربردهای آن ها :

وسایل کنترل:

معمول ترین و مهمترین دستگاههایی که در یك مدار الکتریکی اتوماتیك (با کنتاکتور) مورد استفاده قرار می گیرند است عبارتند از:

1. کنتاکتورها
2.
3. المپ سیگنال یا لامپ خبر
4. کلید با برنامه
5. کلید محدود کننده (لیست سوییچ یا میکروسوییچ)
6. تایمر یا کلید زمانی
7. کلیدهای تابع دور
8. کلیدهای تابع درجه حرارت
9. کلیدهای تابع فشار
10. وسایل حفاظت
11. ترانسفورماتور مورد استفاده در مدار فرمان

کنتاکتور: کلیدهای الکترومغناطیسی هستند که مهمترین جزء مدارهای فرمان الکتریکی را تشکیل می دهند مزایای آن نسبت به کلیدهای دستی (اهرمی، غلطکی و زبانه‌ای) عبارت است از:

الف) کنترل و فرمان از راه دور ماشین توسط کنتاکتور اقتصادی تر و ایمنی تر است.

ب) از خطرات ناشی از راه افتادن مجدد ماشین هایی که به علت قطع ناگهانی برق شبکه از کار افتاده اند جلوگیری می کند.

ج) توسط کنتاکتور امکان قطع و وصل مصرف کننده از چندین محل وجود دارد.

د) عمر مکانیکی کنتاکتور نسبت به فاز کلیدها خیلی بیشتر است.

هـ) امکان مدار فرمان اتوماتیك توسط کنتاکتور مقدرو است.

و) با طراحی مدار مناسب می توان سرعت قطع و وصل مدار را به وسیلة کنتاکتور خیلی بالا برد.

ز) حفاظت دستگاهها توسط کنتاکتور مناسب تر و مطمئن تر است.

یکی از کاربردهای مهم کنتاکتور در مدار فرمان موتورهای آسنکرون موتور قفسه ای است. علاوه بر این از کنتاکتورها در مدارات ac و dc مختلفی از جمله مغناطیس ها، خازن ها، مدارات روشنایی و گرم کن های برقی و ... استفاده می شود.

ساختمان و اصول کار کنتاکتور

تشکیل شده از یك مغناطیس الکتریکی یك قسمت از هستة آن متحرك است. در حالت عادی توسط فنر از بقیة هسته جدا است بر روی قسمت های متحرك و ثابت هسته کنتاکت هایی قرار دارند که در حالت قطع تغذیه سیم‌پیچ کنتاکتور یك سری از کنتاکتها بست و یك سری بازرسی هستند. با اتصال تغذیة سیم‌پیچ کناکت ها تغییر وضعیت می دهند (بر اثر نیروی مغناطیسی).

می دانیم نیروی کششی مغناطیسی متناسب با مجذور جریان سیم‌پیچ است. حال اگر جریان تغذیة سیم‌پیچ را به صورت $i= I_{100x}\sin\omega t$ در نظر بگیریم نیروی کشش مغناطیسی به صورت $F=F_{max}\sin^2 \omega t$ خواهد بود. بنابراین اگر فرکانس تغذیه 50Hz باشد به علت وجود نیروی برگرداننده فنر، قسمت متحرك با فرکانس 100Hz شروع به نوسان و ایجاد صدا می نماید. برای رفع این مشکل از یك حلقة بسته که در سطح قطب جاسازی شده و حدود 1/2 تا 2/3 سطح مقطع قطب را پوشش می دهد استفاده می شود. در واقع با این حلقه یك سیم‌پیچ ثانویه با یك دور سیم‌پیچ است و مطابق قوانین الکترومغناطیسی بر اثر جریان القایی شار تولید می کند و مطابق شکل زیر از لرزش جلوگیری می کند.

چون در کنتاکتورها، در هنگام قطع و وصل، کنتاکت ها بر روی هم سائیدگی مکانیکی ندارند، لذا عمر مکانیکی آنها نسبت به سایر کلیدها زیاد است.

مقادیر نامی کنتاکتورها

برای تغذیه موتورها و سایر مصرف کننده های الکتریکی معمولی در شبکة نقطه ضعیف (۳۸۰ ولت) باید از کنتاکتوری استفاده نمود که دارای مشخصات مناسب باشد مثلاً کنتاکتهای آن تحمل جریان راه اندازی و جریان دائمی را داشته باشند و همچنین در هنگام قطع مدار جرقة ایجاد شده صدمه‌ای به کلید نزند.

جریان های نامی:

چون کنتاکتهای متحرك با فشار بر روی کنتاکت های ثابت اتصال پیدا می کنند و سطح کنتاکت ها نیز به طور کلیدصاف نیستند لذا سطح تماس آنها یك نقطة کوچك خواهد بود پس مقاومت الکتریکی سطح تماس زیاد است و باعث به وجود آمدن گرما می شود. در ضمن هرچه زمان عبور جریان بیشتر باشد. گرمای تولید شده نیز بیشتر می شود. بر پایة مطالب بالا، جریان های زیر تعریف می شوند:

الف: جریان دائمی (I_{th1}): در شرایط کار نرمال و یا یکبار اتصال.

ج: جریان هشت ساعتی(I_{th}) : با اتصال هر ۸ ساعت (یك شیفت کاری)

د: جریان کار نامی (I_e): جریانی است که شرط استفاده از کنتاکتور را بیان می نماید و در رابطه با نوع و مقدار ولتاژ بار می باشد. مثلاً اگر از کنتاکتور به طور دائم جریان عبور می کند $I_e= I_{th۲}$ و ...

هـ : جریان اتصال کوتاه ضربه ای: در صورت وقوع اتصال کوتاه و تا قبل از زمان قطع جریان به وسیلة تجهیزات حفاظتی (مانند فیوز) از کنتاکتور جریان بسیار زیادی عبور می کند بنابراین کنتاکتها باید حمل این مقدار جریان را در چند لحظه داشته باشند به یکدیگر جوش نخورند یا تغییر شکل ندهند ایجاد می شود که باعث صدمه دیدن کنتاکت‌ها می شود. البته به ترتیب با زیاد شدن سطح کنتاکت‌ها و قرار دادن صفحات جرقه گیر می توان از صدمه دیدن کنتاکت‌ها جلوگیری نمود. بنابراین در ایجاد قوس الکتریکی (جرقه) و ذوب شدن کنتاکت‌ها جریان و ولتاژ مؤثر هستند.

طول عمر کنتاکتور : بستگی به تعداد دفعات قطع و وصل دارد. البته این زمان بستگی به اندازة جریان عبوری از کنتاکتور هم دارد. طول عمر مکانیکی کلیدهای مختلف را با حروف A تا F نشان می دهند A برای 10^3 بار قطع و وصل و B برای 10^4 بار قطع و وصل و... مثلاً D3 یعنی آن $3* 10^3$ بار قطع و وصل است.

قابلیت قطع و وصل: قطع و وصل کنتاکتورها توجه جریان از آن

نوع جریان	علامت طبقه بندی	مثال برای مورد استفاده	
AC	AC1	بار غیر اندوکتیو	ضعیف گرم کن برقی
	AC_2	راه اندازی موتور آسنکرون روتور	بدون جریان مخالف
	AC2′	سیم‌پیچی	با ترمز جریان مخالف
	AC3	راه اندازی موتور	قطع موتور در هنگام کار
	AC4	آسنکرون روتور قفسی	برای تعداد دفعات قطع و وصل زیاد زمانی
	AC11		لبه مغناطیسی
DC	DC1	بار غیر اندوکتیو - بار	با اندوکتیو ضعیف ضعیف - گرم کن برقی
	DC2	راه اندازی	قطع موتور در هنگام کار
	DC3	موتور	برای تعداد دفعات قطع و وصل زیاد با فواصل زمانی کم - قرمز با جریان مخالف تغییر موتور در حال کار
	DC4	راه اندازی	قطع موتور در هنگام کار
	DC5	موتور سری	برای تعداد دفعات قطع و وصل زیاد با فواصل زمانی کار ترمز با جریان مخالف تغییر جهت موتور در حال کار
	DC11	کنتاکتور	گویا مغناطیسی

جدول طبقه بندی کنتاکتورها با توتجه به نوع بار و عملکرد.

شستی: برای فرمان دادن معمولاً در کنتاکت متصل به سیم و دو کنتاکت جدا از هم دارند. رنگ قرمز برای قطع مدار و رنگ بستگی یا سبز برای وصل مدار بکار می روند.

لامپ سیگنال یا لامپ خبر: برای نشان دادن قطع و وصل مدار.

کلید با برنامه: مانند کلید مکانیکی برنامه ریزی ماشین لباسشوئی با استفاده از موتور سنکرون.

کلید محدود کنند (لیمیت سوییچ یا میکرو سوییچ)
از آن در مدارهای فرمان برای کنترل و محدود کردن حرکت قسمتهای مکانیکی تغییر جهت حرکت و در تایمرها و شاورها و ... به عنوان کلید برای قطع و وصل بکار می رود.

وسایل حفاظتی:

فیوز: در اتصال کوتاه بکار می رود. در مدار موتور آسنکرون روتور قفسی از فیوز کندکار استفاده می شود جریان فاز متناسب با زمان راه اندازی ۱/۵، ۲ یا ۲/۵ برابر جریان نامی
در ترانسفورماتورها ۲ برابر جریان نامی.
در خازن ها ۱/۵ برابر جریان نامی.

قطع کننده های حرارتی: ( ) دارای شرایط زیر می باشد.
الف: در بار نامی نباید مدار را کند.
ب: اگر جریان عبوری ۵% بیشتر از جریان تنظیم شده باشد بیشتر از ۲ ساعت قطع کند.
ج: اگر ۲۰% کمتر از۲ساعت قطع
د: اضافه بار بیش از ۵۰% کمتر از ۲ دقیقه
هـ : اگر جریان ۶ برابر جریان تنظیم (مثلاً راه اندازی موتور آسنکرون روتور قفسی) در حالتی که باید سرد است راه اندازی معمولی ۲ ثانیه و راه اندازی سخت ۵ ثانیه.
در شیار استاتور بکار می رود.

تاریخچه صنعت آسانسور:

صنعت آسانسور جهان از زمانی که با نیروی برق کار می‌کند قدمتی یکصد و پنجاه ساله دارد هر چند عمر بالابرها در جهان به بیش از ده هزار سال می‌رسد و اولین چرخ چاه خود از اولین بالابرها بوده است. مهمترین شرکت‌های تولید آسانسور در جهان اوتیس و شیندلر با قدمتی حدود یکصدوپنجاه سال می‌باشند.

آسانسورهای هیدرولیکی :

مفهوم کارکرد یک آسانسور به طور باور نکردنی ساده است. آسانسور فقط یک قسمت کوپه مانند است که به یک سیستم لیفتینگ و بلند کردن متصل شده است. البته آسانسورهای مدرن برای حمل مسافر یا بار جزئیات بیشتری دارند . آن ها برای گذاشتن و برداشتن وزن های قابل توجه به سیستم های مکانیکی پیشرفته تری نیاز دارند. بعلاوه آن ها برای حرکت نرم و بی تکان و همچنین مطمئن به سیستم های کنترل وایمنی احتیاج دارند.

امروزه دو نوع اصلی و رایج از آسانسور مورد استفاده است :

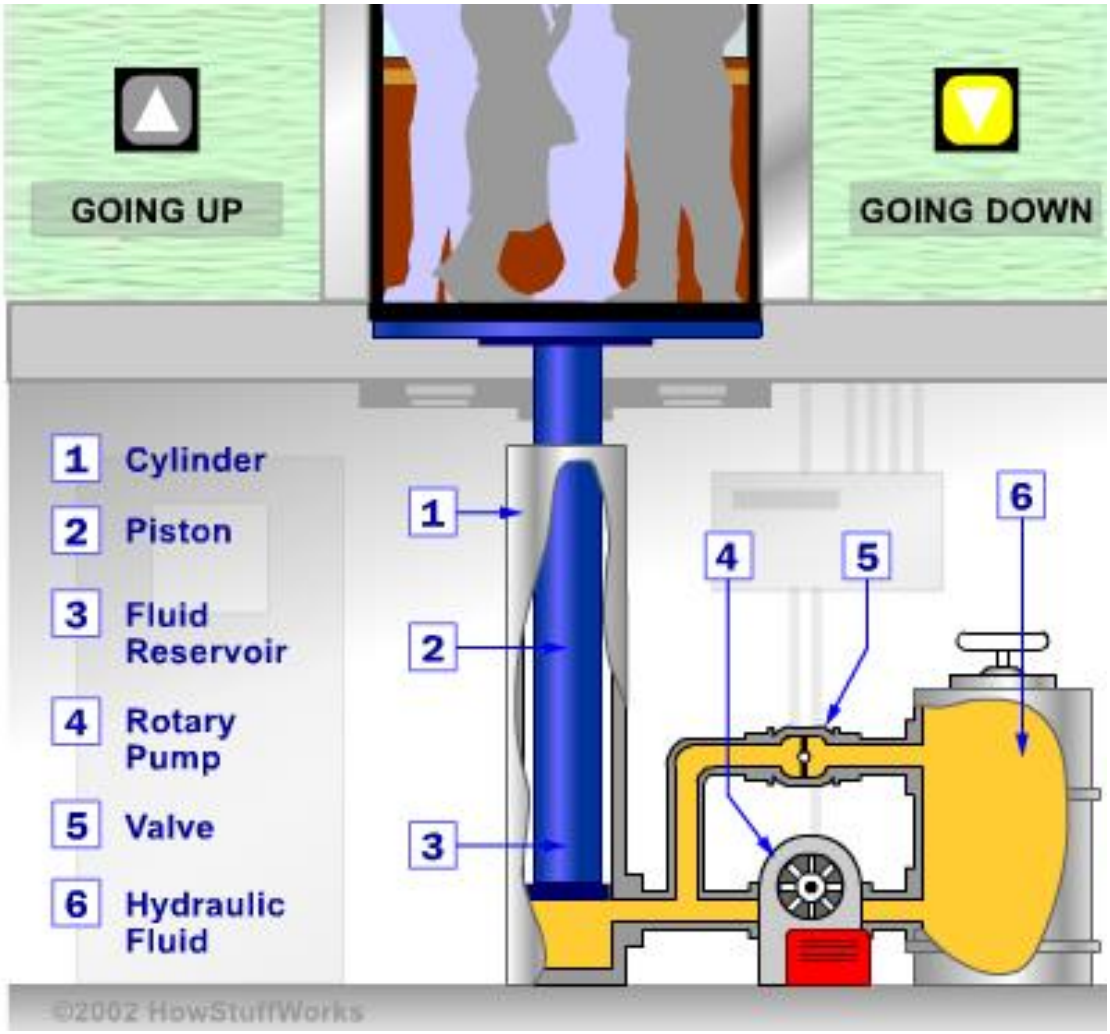
- آسانسورهای هیدرولیکی
- آسانسورهای کابلی

آسانسورهای هیدرولیکی کابین آسانسور را با استفاده از یک تلمبه یا پمپ هیدرولیکی بلند می کنند. پیستون قرار داده شده بر روی سیال در داخل یک سیلندر قرار دارد و سیلندر به یک سیستم پمپ سیال متصل شده است . معمولاً سیستم های هیدرولیک از روغن استفاده می کنند ولی دیگر سیالات تراکم ناپذیر هم قابل استفاده هستند.

سیستم هیدرولیک سه قسمت دارد :

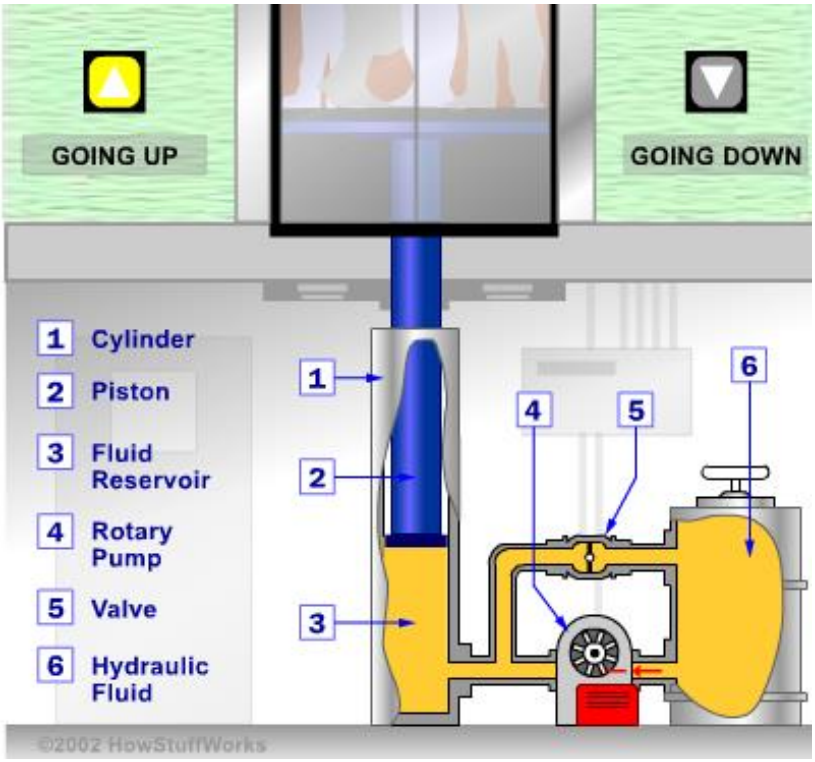
- تانک (مخزن ذخیره سیال)
- پمپ (که با یک موتور الکتریکی به حرکت در می آید)
- یک Valve (شیر) بین سیلندر و مخزن

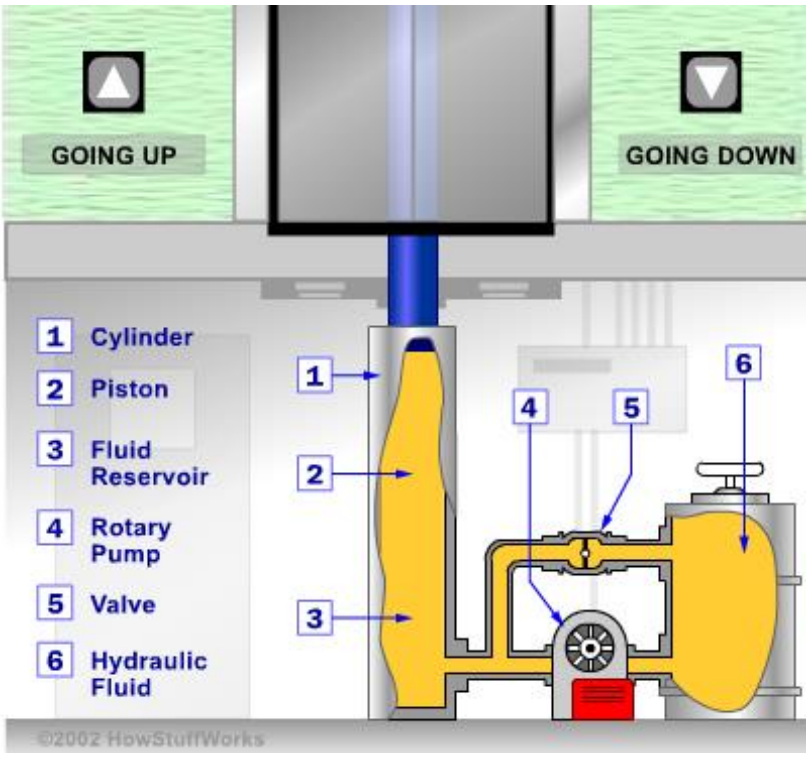
پمپ سیال را از تانک به لوله منتهی به سیلندر می رساند . هنگامی که شیر باز است ، سیال تحت فشار مسیر با کمترین مقاومت را در پیش خواهد گرفت و به مخزن باز می گردد. ولی هنگامی که شیر بسته است ، سیال تحت فشار هیچ راهی به جز رفتن به داخل سیلندر ندارد.



همچنانکه سیال در سیلندر جمع می شود ، پیستون را به سمت بالا هل داده و کابین آسانسور را به بالا می برد. هنگامی که آسانسور به طبقه مورد نظر نزدیک می شود ، سیستم کنترل یک سیگنال به موتور الکتریکی می فرستد تا به تدریج پمپ را خاموش کند .

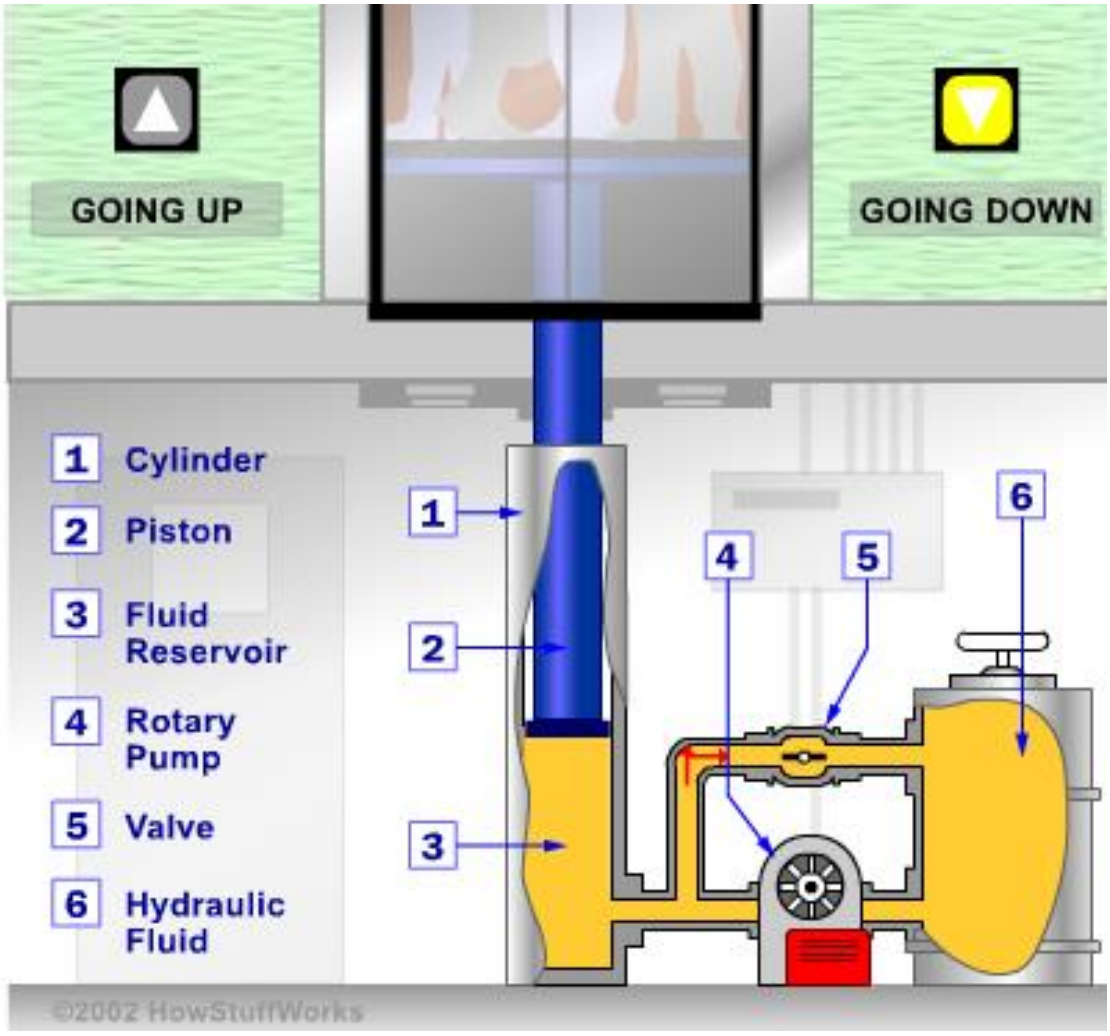
با خاموش بودن پمپ ، سیال بیشتری که به درون سیلند جریان بیابد وجود ندارد ، بنابراین سیال درون سیلندر که هیچ راهی برای فرار و باز گشتن به مخزن (به علت بسته بودن شیر) ندارد، در جای خود باقی می ماند و پیستون به سیال تکیه کرده و آسانسور را در جای خود نگه می دارد (شکل های زیر) .





برای پائین آمدن آسانسور سیستم کنترل یک سیگنال به عملگر ولو (Actuator) می فرستد . شیر به صورت الکترونیکی با یک سوئیچ سلونوئیدی کار می کند . هنگامی که سلونوئید شیر را باز می کند ، سیالی که در درون سیلندر جمع شده است می تواند به درون تانک جاری شود. وزن آسانسور و افراد درون آن ، پیستون

را به سمت پائین هدایت می کند و سیال بـه درون تانـک هدایت مـی شود وآسانسور رفتـه رفتـه پـائین مـی آیـد . برای نگه داشتنن آسانسور در طبقه پائین تر ، سیستم کنترل شیر را دوباره می بندد (شکل زیر) .



این سیستم بـه طـور بـاور نکردنـی سـاده و مؤثر است ، ولـی بعضـی از اشـکال هـا را دارد . در قسمت بعد بـه اشکال های اصلی استفاده از سیستم هیدرولیک اشاره می شود.

مزایا و معایب سیستم هیدرولیک :

مزیت اصلی سیستم های هیدرولیک این است که آ نها می توانند به سادگی نیروی تقریباً ضعیف پمپ را تکپیر و اضافه کنند تا نیروی قوی تر برای بلند کردن کابین آسانسور حاصل شود. ولـی این سیستم هـا از دو اشـکال اساسی رنج می برند.

مشکل اصلی اندازه تجهیزات است ، زیرا به منظور این که کابین آسانسور قادر باشد تا به طبقات بـالاتر برسد ، بـاید یـک پیستون بلند تر بکـار بـرود . سیلندر بـاید کمـی از پیستون بلند تـر باشـد. البتـه پیستون هنگـامی کـه آسانسور در طبقه پائین است باید به اندازه مسافت طبقات طی شده در زمین فرو برود. مشکل این است کـه ساختار سیلندر باید به طور کامل در زیر نقطه توقف آسانسور در پـائین تـرین طبقـه پوشـانده شـود. ایـن بـه ایـن معنی است که ما باید به اندازه بلندی ساختمان در درون زمین حفاری کنیم ، که این برای ساختمان هـای بلند و

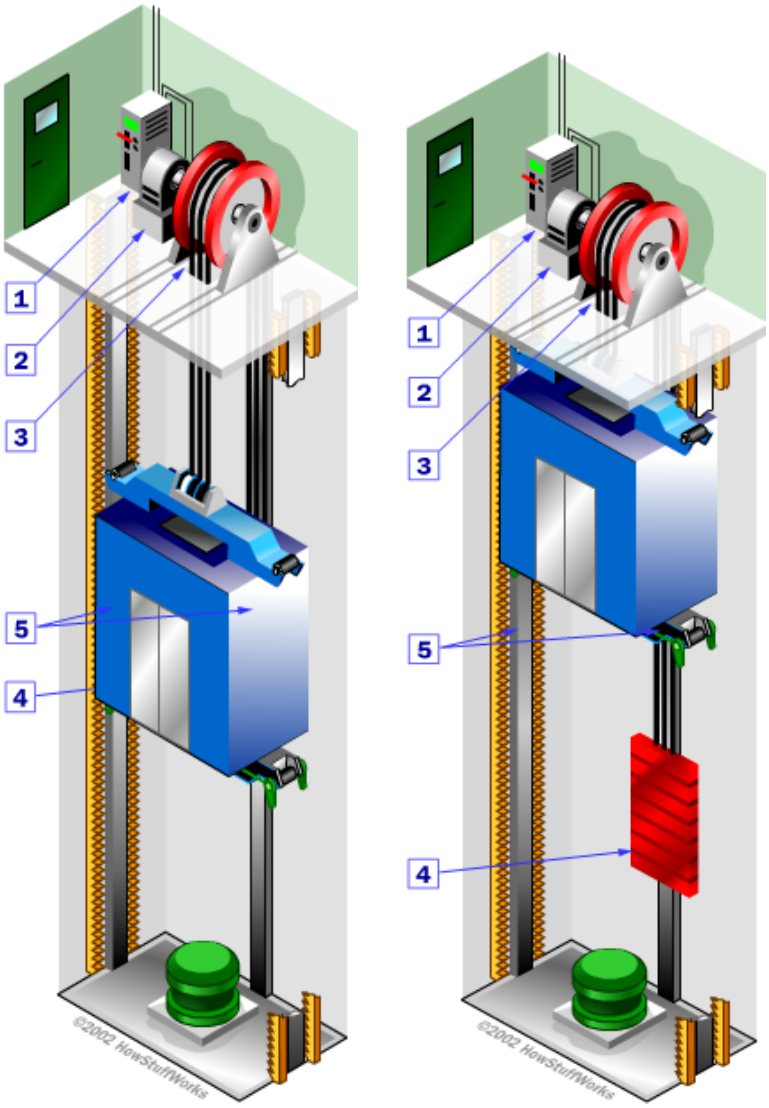
بـا طبقـات زیـاد یـک پـروژه گـران و پرهزینـه اسـت . بـه عنـوان مثـال ، بـرای نصـب یـک آسانسـور هیدرولیکی در یک ساختمان ۱۰ طبقه باید به اندازه ۹ طبقه در زیر زمین حفاری کنیم !

دیگر اشکال آسانسورهای هیدرولیکی بازده نسبتاً کم آن ها است ، بـه این معنـی کـه بـرای بلند کردن کـابین تـا تعداد طبقات زیـاد انـرژی زیـادی صـرف مـی شود و نیزهیچ راهـی بـرای ذخیره انـرژی نیست. زیـرا انـرژی پیستون (انرژی پتانسیل) فقط برای هل دادن سیال به درون تانـک مـورد استفاده قرار مـی گیـرد و بـرای بـالا بردن دوباره کابین آسانسور، سیستم هیدرولیک باید تمام انرژی مورد نیاز را دوباره تولید کند.

طراحی آسانسور با کابل به هر دوی این مشکلات فائق می آید . در قسمت بعدی می بینیم که این سیستم چگونه کار می کند.

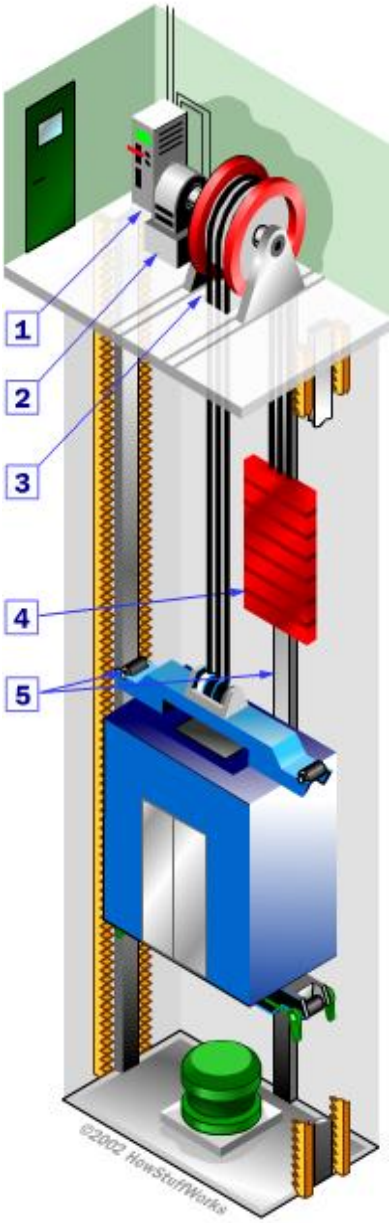
آسانسورهای با سیستم کابلی :

بیشترین طراحی آسانسورها ، عموماً نـوع کـابلی (ریسمانی) است . در آسانسورهای کـابلی ، کـابین بـه جـای اینکه مانند سیستم هیدرولیکی از پائین هل داده شود ، بوسیله کشش ریسمان هـای فولادی ، بـالا و پـائین بـرده می شود . کابل ها به کابین متصل شده اند و حول قرقره (3) پیچیده شده اند.



قرقره یـک پـولی بـا شیارهایی در محـیط خـود اسـت. قرقـره کابل کششی را محکم مـی گیـرد و بـه آن مـی چسـبد ، بنـابراین هنگـامی کـه قرقره مـی چرخد کابل نیز حرکت می کند. قرقره بـه یـک موتـور الکتریکـی (2) متصل شـده اسـت. هنگـامی کـه موتور در یک جهت می چرخد ، قرقـره آسانسـور را بـالا مـی بـرد و هنگـامی کـه موتـور در یـک جهـت دیگرمـی چرخـد، قرقـره آسانسـور را پـائین می برد.

در آسانسورهای بدون چرخ دنده یا گیربکس ، موتور، قرقره را مستقیماً می چرخاند، ولی در آسانسورهای مجهز به چرخ دنده یا گیربکس موتور مجموعه چرخ دنده ها را می چرخاند که این امر باعث چرخیدن قرقره می شود.



بـه طـور معمـول قرقـره ، موتـور و سیسـتم کنتـرل (1) ، در موتورخانـه واقع در بـالای محفظـه آسانسور جـای داده مـی شوند. کابلی که آسانسور را بـالا مـی برد بـه یـک وزنـه تعـادل (4) کـه بـه طرف دیگر قرقره آویزان شده است نیز متصل شده است و وزن آن در حدود وزن کابین آسانسور با ۴۰ درصد ظرفیت پراست . بـه عبارت دیگر، هنگامی که آسانسور تا ۴۰ درصد ظرفیت پراست ، وزنـه تعـادل و کـابین آسانسـور بـالانس مـی شـوند. مقصـود از ایـن موازنه و تعادل ، نگهداری انرژی است.

با بـار مسـاوی بـر روی هر دو طـرف قرقره نیـروی کمتـری بـرای یـک ور شدن تعادل به سمت چپ یا راست صـرف می شود و به این ترتیب موتور فقط باید به اصطکاک و سایش غلبه کند. براین اسـاس وزن در طـرف دیگر بیشـترین کـار را انجـام مـی دهد. ایـن سیسـتم تقریبـاً شـبیه یـک الاکلنـگ کـار مـی کنـد کـه اوزان مسـاوی در دو انتهای آن قرار دارد .

کـابین آسانسـور و وزنـه تعـادل هردو بـر روی ریـل هـای هـادی (5) در امتـداد محفظـه آسانسـور سوارهسـتند. این ریل ها کابین آسانسور و وزنه تعادل را از نوسـان کـردن بـاز مـی دارنـد و همچنین بـا یـک سیسـتم ایمنـی و Safety کار می کنند تا آسانسور را در حالت اورژانس نگه دارند. آسانسورهای کابلی نسبت بـه آسانسورهای هیدرولیکی بسیار روان تر ، متنوع تر و تطبیق پذیرتر هستند و بعلاوه کـارایی و رانـدمان بـالاتری نیـز دارنـد. خصوصاً این که آن ها سیستم های ایمنی بیشتری نیز دارند.

در قسمت بعد می بینیم که این عناصر چگونه در مواقعی که یک چیز درست کار نمی کنـد مـا را از سـرنگون شدن و افتادن به درون محفظه آسانسور حفظ می کنند.

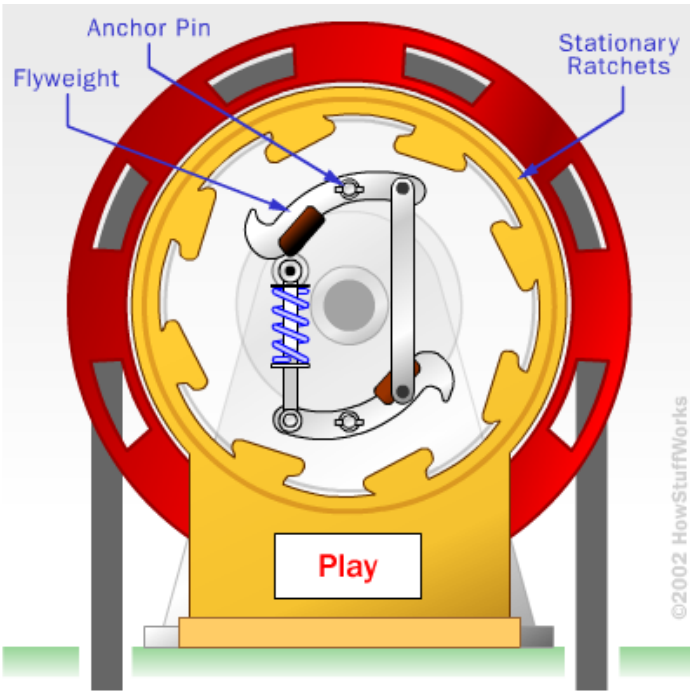
سیستم های ایمنی (safety) شامل گاورنر (کنترل کننده‌های مکانیکی سرعت) و پاراشوت (ترمز اضطراری) :

در دنیای سینمای هالیوود کابل های کشش آسانسورها هرگز از پاره شدن و سقوط افراد درون آن در امان نیستند ، ولی در واقع احتمال بسیار اندکی برای این اتفاق وجود دارد ، زیرا آسانسورها با سیستم های ایمنی زیادی ساخته می شوند تا آن را در سر جای خود نگه دارند. اولین خط دفاعی ، خود سیستم کابل است. هر کابل آسانسوراز تعداد زیادی سیم های فولادی به هم پیچیده ساخته شده است . با این ساختار محکم ، یک کابل می تواند وزن آسانسور و وزنه تعادل را بوسیله خود مهار کند. لیکن آسانسورها با چند کابل (عموماً بین ۴ تا ۸ عدد) ساخته می شوند.

اگر در یک اتفاق و رویداد بعید یکی از کابل ها گسیخته شود، بقیه کابل ها آسانسور را بالا نگاه خواهند داشت. حتی اگرهمه کابل ها یا سیستم قرقره و چرخ دنده آن را رها کند ، سقوط آسانسور به پائین محفظه بعید است. آسانسورهای کابلی به سیستم های ایمنی وترمزی مجهز هستند که زمانی که آسانسور خیلی سریع حرکت کند به ریل ها چنگ می زنند تا آسانسور بأیستد. این سیستم ها بوسیله یک گاورنر فعال می شوند .

بیشتر گاورنرها حول یک قرقره ، که در بالای محفظه آسانسور قرار گرفته ساخته می شوند. کابل گاورنر حول قرقره گاورنر و دیگر قرقره سنگین پائین محفظه آسانسور، پیچیده شده است. کابل به کابین آسانسور نیز متصل شده است . بنابراین هنگامی که کابین به بالا و پائین برود قرقره حرکت می کند .

زمانی که سرعت کابین آسانسور بالا برود ، گاورنرعمل می کند . تصویر زیر یک نوع از طراحی گاورنر را نشان می دهد :

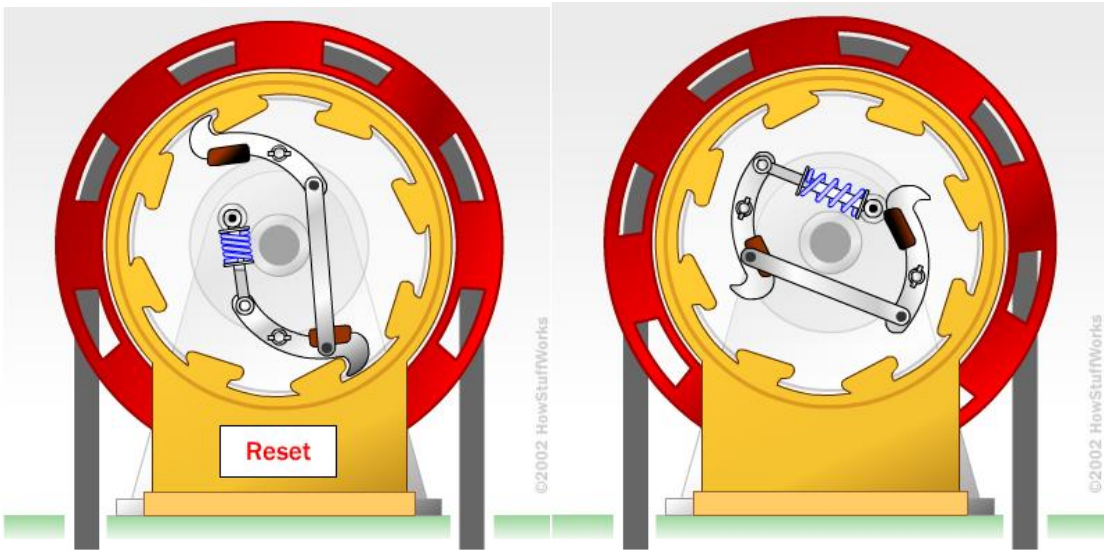


در این گاورنر، قرقره به دو چنگک (fly weight) مجهز شده که حول مفصل پین ها می چرخند. چنگک ها به طریقی متصل و ضمیمه شده اند که می توانند آزادانه به به عقب و جلو نوسان کنند. البته بیشتر اوقات ، آن ها بوسیله یک فنر در جای خود نگاه داشته می شوند.

هنگامی که سرعت چرخنده گاورنر بیشتر می شود نیروی گریز از مرکز، چنگک ها را به طرف خارج حرکت می دهد ، در حالیکه فشار فنر در مقابل آن ها قرار دارد. اگر آسانسور به اندازه کافی سریع سقوط کند

، نیروی گریز از مرکز، به اندازه کافی قوی خواهد بود تا سرهای چنگک را به سمت لبه های بیرونی گاورنر فشار دهد.

با چرخیدن و قرار گرفتن در این موقعیت ، قلاب های سر چنگک به ضامن ها گیر کرده و به آن ها می چسبند . این فرآیند باعث ایستادن گاورنر می شود (شکل های زیر) .

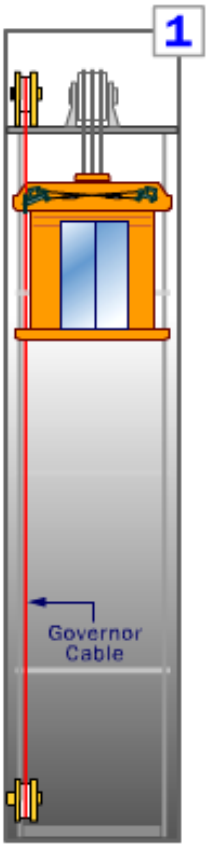


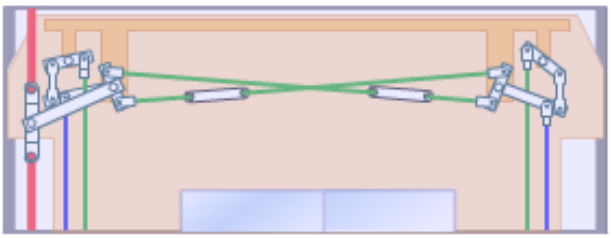
کابل های گاورنر بوسیله یک بازوی محرک (actuator) متصل شده به اهرم ، به کابین آسانسور متصل شده اند . در حالیکه کابل های گاورنربتوانند آزادانه حرکت کنند، بازو در موقعیت مشابه نسبت به آسانسور می ایستد و بوسیله فشار فنر در سرجای خود نگه داشته می شود. هنگامی که قرقره گاورنر خود را قفل می کند، کابل گاورنر بازوی محرک را به سرعت بالا می کشد و باعث حرکت اهرم اتصال و بکار افتادن سیستم ایمنی ترمزی می شود.

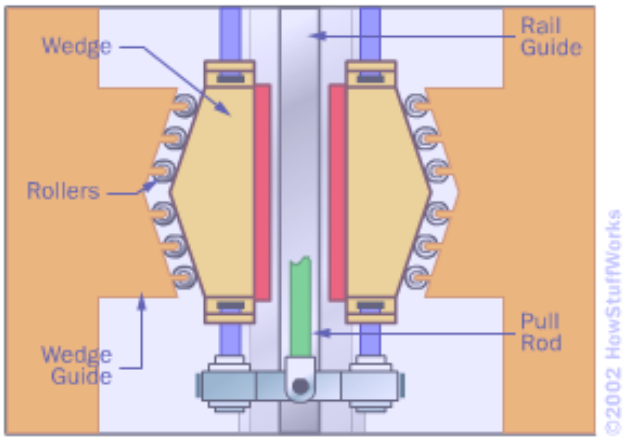
در این طرح اتصال ، یک وسیله ایمنی گوه ای شکل را که خود آن نیز در یک هادی گوه ای شکل قرار گرفته بالا می کشد.

هنگامی که گوه به سمت بالا میرود ، به بوسیله سطح اریب به ریل های هادی فشرده می شود. این عمل باعث می شود که آسانسور به تدریج بأیستد.

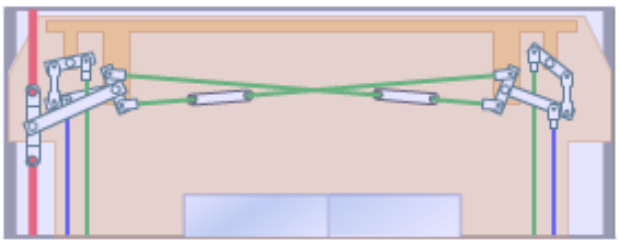
این فرآیند ها در اشکال بعدی به ترتیب نشان داده شده اند :

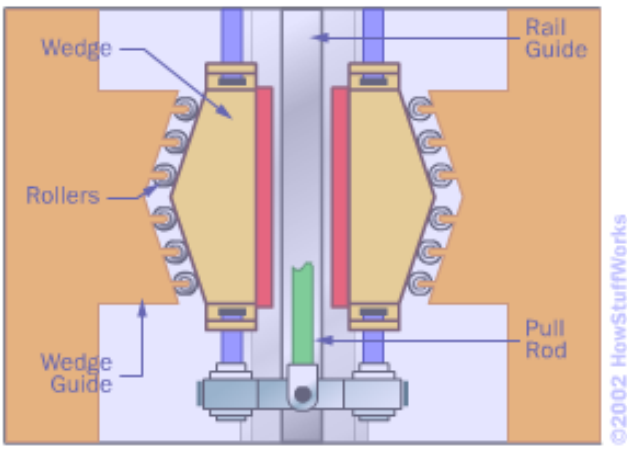




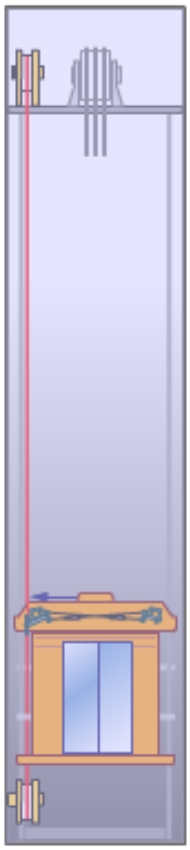


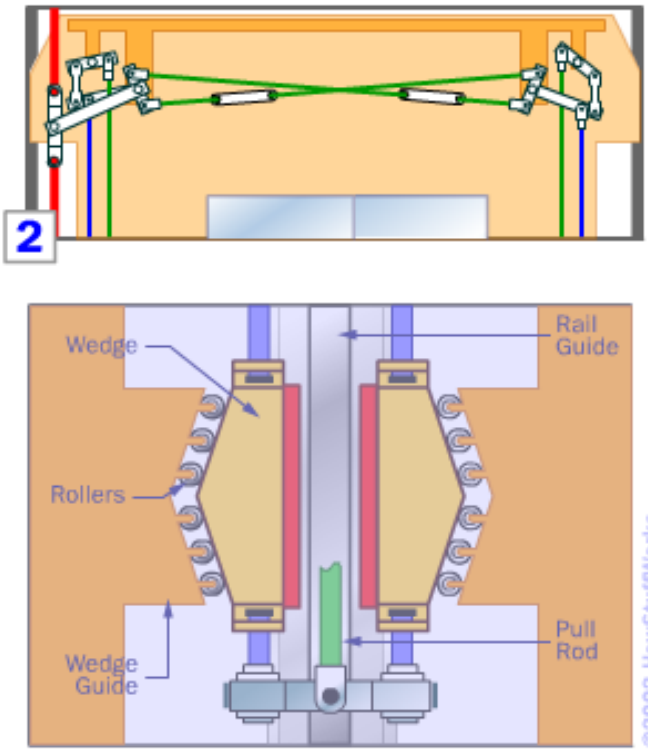
1. If the elevator falls the governor is activated.



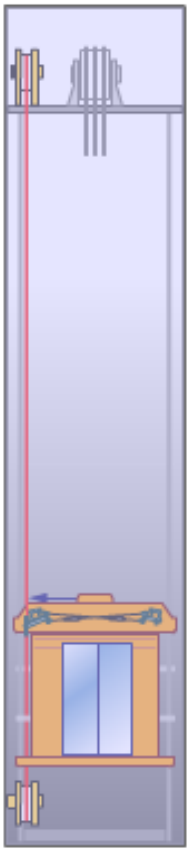


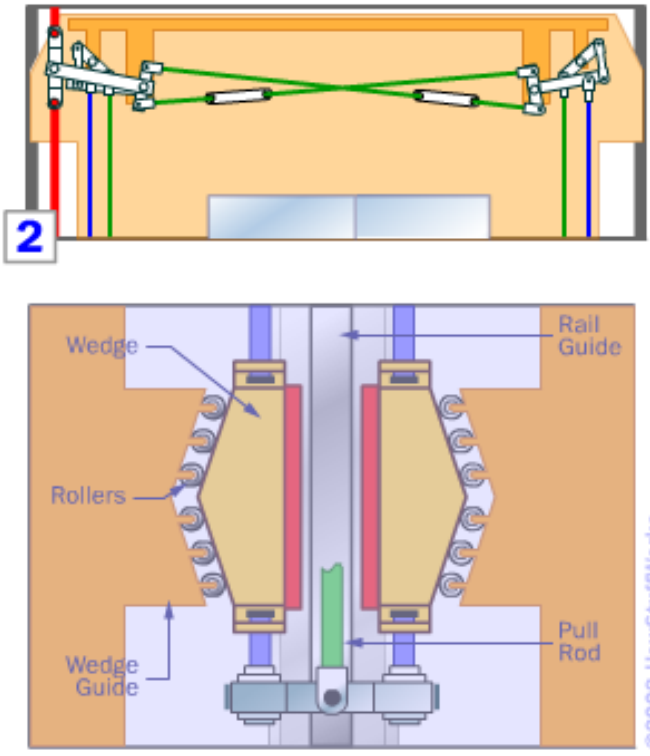
1. If the elevator falls the governor is activated.



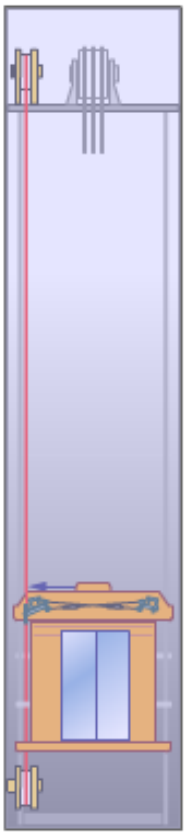


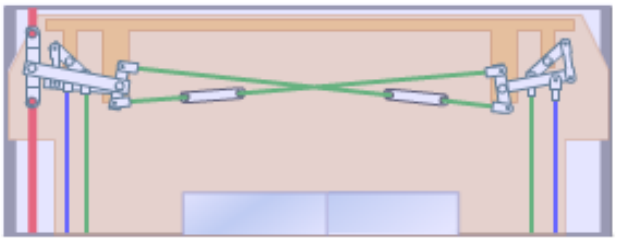
2. The governor locks and activates the pull rods.

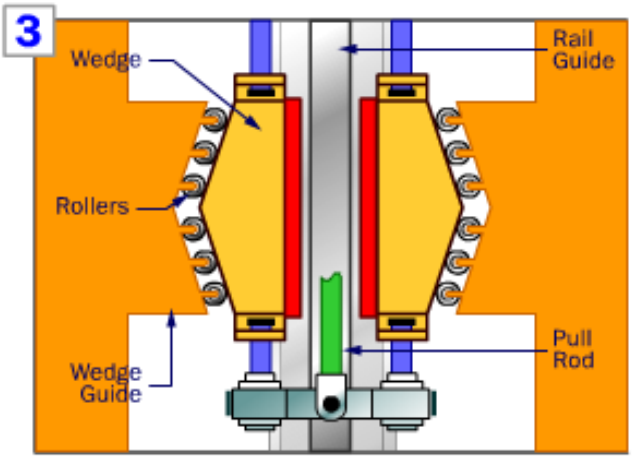




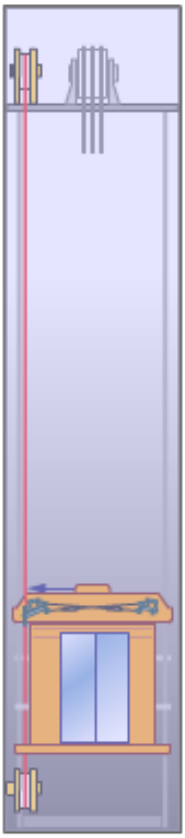
2. The governor locks and activates the pull rods.

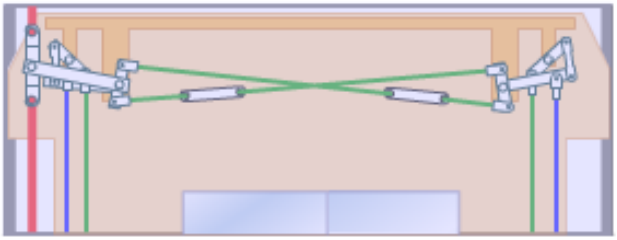


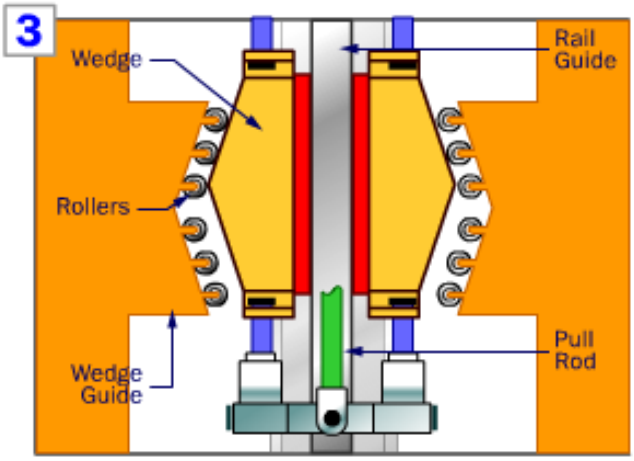




3. The pull rods engage the safety brakes.







3. The pull rods engage the safety brakes.

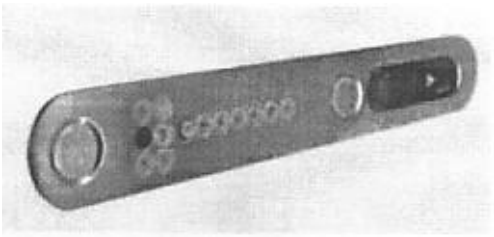
آسانسورها همچنین نزدیک بالا و پائین بدنه محفظه آسانسور، سیستم های ترمز خودکار دارند. اگر اتاق آسانسور در یک جهت تغییر مکان زیادی داشته باشد ، ترمز آن را به حالت توقف می آورد.
اگر همه این وسایل و تجهیزات ایمنی از کار بیفتند و آسانسور به پائین محفظه بیفتد ، یک وسیله ایمنی پایانی وجود دارد که احتمالاً جان افراد درون آسانسور را نجات خواهد داد. در پائین شفت یک سیستم جذب کننده ضربه (shock absorber) قوی وجود دارد که معمولاً به صورت یک پیستون قرار گرفته در داخل روغن است. جذب کننده ضربه مانند یک بالش بزرگ عمل می کند تا فرود کابین آسانسور را نرم تر کند.

Governor & Safety Gear :

این دو وسیله از مهمترین قسمت‌های آسانسور هستند که به ایمنی آسانسور مربوط می‌باشند. گاورنرها درهنگام تولید کنترل کیفیت گردیده و از ویژگی‌های مهم این وسیله آن است که در هنگام حرکت کابین به سمت بالا یا پایین قابلیت انجام کار دارد و هنگامیکه سرعت حرکت کابین به هر عللی از سرعت نامی آسانسور بیشتر شود سیم بکسل گاورنر به پاراشوت که بر روی یوك کابین نصب می‌باشد فرمان مکانیکی داده و برابر عمل ترمز، کابین سریعاً متوقف می‌شود.
پاراشوت‌های مورد استفاده باید دارای عملکرد بسیار خوبی بوده و معمولاً دو نوع می‌باشند:
الف- پاراشوت‌های تدریجی
ب- پاراشوت‌های لحظه ای
برای آسانسورهای با سرعت حداکثر ۰/۶ متر بر ثانیه از انواع لحظه ای و برای سرعت‌های بیشتر از ۰/۶ متر بر ثانیه حتماً از نوع تدریجی استفاده خواهد شد.

شستی

شستی‌های مورد استفاده در کابین و طبقات علاوه بر زیبایی در فریم و رنگ‌های متنوع و اشکال مختلف نمایش جهت و مطابق به هر سلیقه ای ساخته شده، و به طور مثال بدنه شستی‌ها می‌تواند از استنلس استیل، برنز و آلومینیوم (با پوشش‌های آنادایز رنگی، پودر استاتیك و رنگ کوره ای) و نیز نشان دهنده‌های جهت می‌تواند از نوع ثابت (LED) و یا از نوع متحرك Dot Matrix باشد.



به طور مثال در شستی بالا ولتاژ مورد نیاز ۲۴ ولت بوده و کاملاً اصول ایمنی در ساخت آنها رعایت شده است.
تمامی این قسمت های ذکر شده توسط سیستم های کنترل عمل می کنند . در قسمت بعدی این سیستم ها بررسی می شوند.

سیستم کنترل آسانسورها :

خیلی از آسانسورهای مدرن بوسیله کامپیوتر کنترل می شوند . وظیفه کامپیوتر این است که همه اطلاعات وارده درباره آسانسور و چرخاندن موتور به اندازه درست را پردازش کند تا آسانسور را در آن جایی که نیاز است باشد قرار دهد.

به منظور انجام دادن این کار، کامپیوتر نیاز دارد تا حداقل سه چیز را بداند :

- افراد می خواهند به کدام طبقه بروند؟
- مکان آن طبقه
- موقعیت کابین آسانسور

فهمیدن این که مردم به کدام طبقه می خواهند بروند بسیار ساده است. دکمه های آسانسور و هر طبقه به کامپیوتر سیم کشی شده اند . هنگامی که یکی از این دکمه ها فشار داده می شود ، کامپیوتر این تقاضا را ثبت می کند. همچنین راه های مختلفی وجود دارد تا این که کابین آسانسور در کجاست ، معین شود .

در یک سیستم رایج ، یک سنسور نوری یا مغناطیسی در قسمت جانبی آسانسور، یک سری از سوراخ ها را در طول یک نوار عمودی در محفظه آسانسور می خواند. بوسیله شمردن سوراخ ها ، کامپیوتر می فهمد که آسانسور دقیقاً در کدام قسمت محفظه قرار دارد. هنگامی که آسانسوربه هر طبقه می رسد ، کامپیوتر سرعت موتور را آن چنان که سرعت آسانسور به تدریج کم شود تغییر می دهد . این عمل سواری نرم و روان را برای آسانسور مهیا می کند . در یک ساختمان با تعداد طبقات زیاد ، کامپیوتر باید استراتژی و روش جداگانه ای داشته باشد تا حرکت آسانسور را تا حد ممکن کارآمد سازد. در سیستم های پیشین ، استراتژی این بود که از برعکس شدن جهت حرکت آسانسور جلوگیری شود . به عنوان مثال ؛ یک آسانسور حرکت به بالارا تا زمانی که افرادی در طبقات بالا وجود داشته باشند که بخواهند به بالا بروند ، حفظ خواهد کرد. یعنی آسانسور به **"down calls"** یا تقاضا برای طبقات پائین فقط بعد از رسیدگی به همه **"up calls"** یا تقاضا برای طبقات بالا ، جواب خواهد داد و هچنین بالعکس . این برنامه هر کس را با بیشترین سرعت ممکن به طبقه خودش می رساند ولی بسیار غیر قابل انعطاف است.

بیشتر برنامه های پیشرفته ، الگوها و رفتار ترافیکی و تردد افراد را در نظر می گیرند. بدینوسیله این برنامه ها می دانند که کدام طبقه بیشترین تقاضا را در چه زمانی از روز دارد و به این ترتیب آسانسور را هدایت می کنند.

در یک سیستم آسانسور چندگانه (چند فاز) سیستم کنترل ،آسانسورهای انفرادی را مبنی بر محل دیگر آسانسورها هدایت خواهد کرد.

در سیستم های **cutting-edge** ، راهروی آسانسور مانند یک ایستگاه قطار کار می کند. در عوض فشار دادن دکمه بالا و پائین ، افراد برای یک آسانسور که می تواند اجازه وارد شدن را به متقاضیان یک طبقه

معین بدهد، منتظر می مانند. مبنی بر محل و جهت همه آسانسورها کامپیوتر تشخیص می دهد که کدام آسانسور آن ها را سریع تر به مقصدشان می رساند.

بیشتر سیستم ها یک سنسور بار (load sensor) نیز دارند که در کف کابین آسانسور قرار دارد. سنسور بار به کامپیوتر می گوید که آسانسور تا چه حد پر است. به عنوان مثال اگر آسانسور تقریباً پر باشد ، کامپیوتر هیچ دستور توقف بیشتر برای سوار کردن را تا زمانی که بعضی از افراد پیاده شوند ، نخواهد داد. سنسور بار یک وسیله ایمنی خوب نیز هست . اگر آسانسور بیشتر از حد مجاز بار داشته باشد، کامپیوتر در را تا زمانیکه مقداری از وزن کاسته شود نخواهد بست. در قسمت بعدی درب های خودکار آسانسور بررسی می شوند.

Actuator ها: سیستم موتور, موتور مربوط به دربها, موتور مربوط به بخش Aircondition

معرفی درایو موتور: درایو موتور یك دستگاه الكترونیك قدرتی كه قادر است اعمال زیر را روی موتورها انجام دهد:

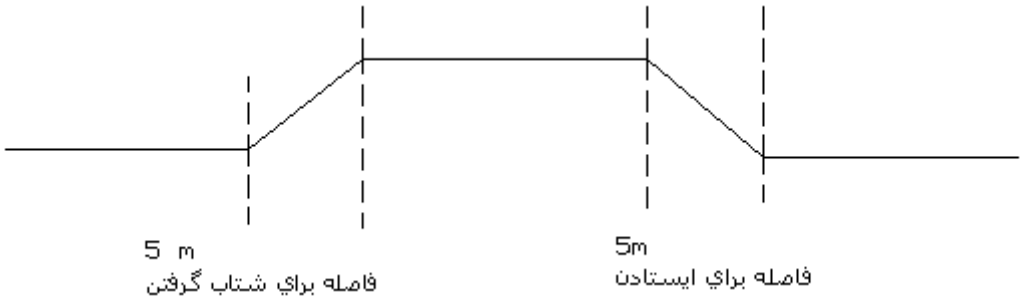
۱- Start

۲- مکانیزم Stop

۳- کنترل سرعت اگر موتور با 3000 rpm بخواهیم باید دقیقا همین سرعت را بدهد

۴- کنترل مکان (سرو مکانیزم)

در بعضی از درایوها امکان ایجاد پروفایل سرعت وجود دارد



مکانیزم کنترل سرعت موتور محرك آسانسور استفاده از درایو موتور می باشد و سیستم کنترل (PLC) دستورات لازم را برای درایو صادر نموده (پروفایل سرعتی مطلوب, دستور Start, دستور Stop) و درایو رفتار مطلوب و خواسته شده کنترلر را ایجاد می کند.

نحوه اطلاع از طبقات و یا مکان با استفاده از میکروسوئیچها می باشد.

درب ها :

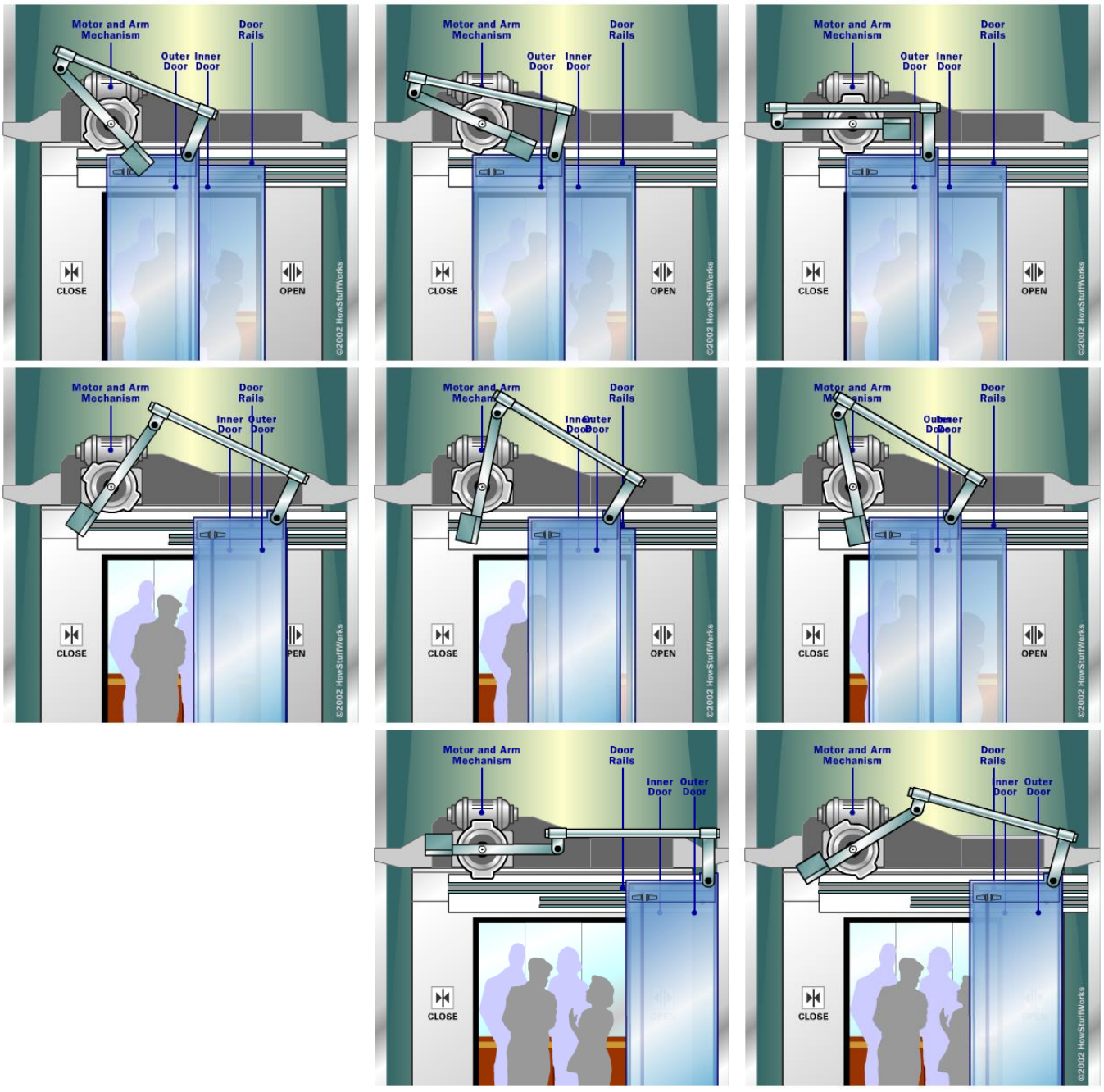
درب های اتوماتیک در ساختمان های اداری و فروشگاه های زنجیره ای برای راحتی بیشتر به کار می روند ، ولی در یک آسانسور برای حفظ افراد از سقوط به پائین ضروری هستند. آسانسورها از دو دسته درب متفاوت استفاده می کنند :

- درب های قرار گرفته در کابین آسانسور
- درب های باز شو به محفظه آسانسور

درب های آسانسور بوسیله یک موتور الکتریکی که به کامپیوتر آسانسورمتصل است بکار انداخته می شوند .

روش کار یک نمونه از درب بازکن در صفحه بعد نشان داده شده است.

از راست به چپ (←) ؛



موتور الکتریکی یک چرخ که به بازوی فلزی متصل شده را می چرخاند. بازوی فلزی به یک بازوی دیگر که به در پیوسته است ، متصل شده است. در می تواند به حالت کشویی در یک ریل فلزی به جلو و عقب برود. هنگامی که موتور چرخ را می چرخاند ، اولین بازوی فلزی دوران داده می شود که این هم بازوی فلزی دوم و درب پیوسته به آن را حرکت می دهد. درب از دو پانل و صفحه که روی هم بسته می شوند ساخته شده است. هنگامی که آسانسور به طبقه مورد نظر می رسد ، کامپیوتر موتور را می چرخاند تا درب را باز کند و قبل از این که آسانسور دوباره حرکت کند ، درب را می بندد. بسیاری از آسانسورها سیستم حسگر حرکت (motion sensor) دارند که این سیستم از بسته شدن در زمانی که یک نفر بین آن ها است ممانعت می کند. درهای آسانسور یک سیستم کلاچ دارند که درب های خارجی را فقط زمانی که آسانسور در طبقه مورد نظر قرار دارد ، باز می کند (مگر این که با زور باز شوند) .

درب‌های آسانسور متناسب با نوع و کاربرد آسانسورها مطابق با استاندارد ساخته می‌شوند که در نهایت علاوه بر زیبایی و استحکام، کلیه ویژگی‌های فنی و ایمنی را دارا باشند. به طور مثال دربهایی که دارای سوئیچ الکتریکی می‌باشند. هنگام باز بودن یا باز شدن از روشن شدن موتور و حرکت کابین جلوگیری به عمل می‌آورند.

درب‌ها بهتر است با قاب به صورت دو جداره از ورق‌های فولادی ۵/۱، ۲، ۳ میلیمتری و در انواع لولائی یك لنگه و دو لنگه با زاویه باز شو ۱۰۵ درجه و اتوماتیك تلسکوپی کشوئی و سانترال (مرکزی) به عرض‌های مختلف و مطابق استاندارد ساخته شود.

معمولاً کلیه درب‌ها با رنگ تزئین می‌گردند، لیکن بر طبق درخواست مشتری درب‌های اتوماتیك را می‌توان با روکش استنلس استیل و یا آلیاژی از برنز نیز تزئین کرد.

انواع در آسانسور

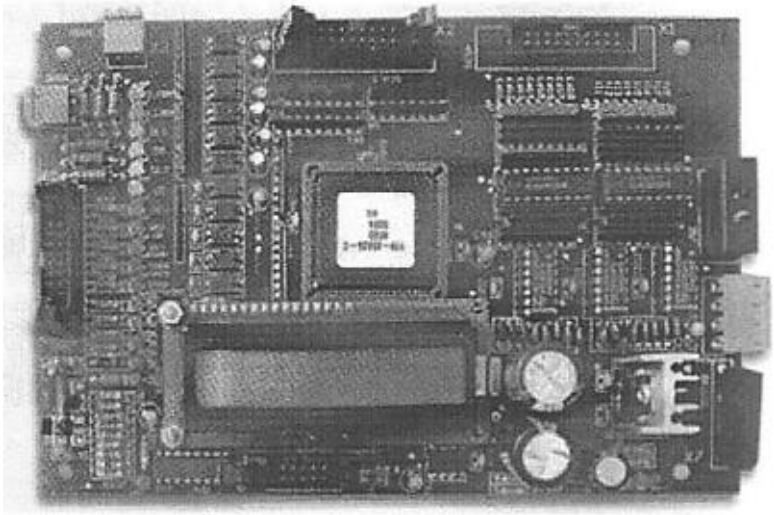
درهای تمام اتوماتیك تلسکوپی (درب کابین و طبقه اتوماتیك)

درهای نیمه اتومات تلسکوپی (درب کابین خودکار درب بیرون لولایی)

درهای تمام اتوماتیك سانترال (درب کابین و طبقه اتوماتیك)

در لولایی (در طبقات لولایی، بدون در کابین)

تابلو فرمان (تابلوی کنترلر میکروپروسسوری):



از ویژگی‌های آن می‌تواند:

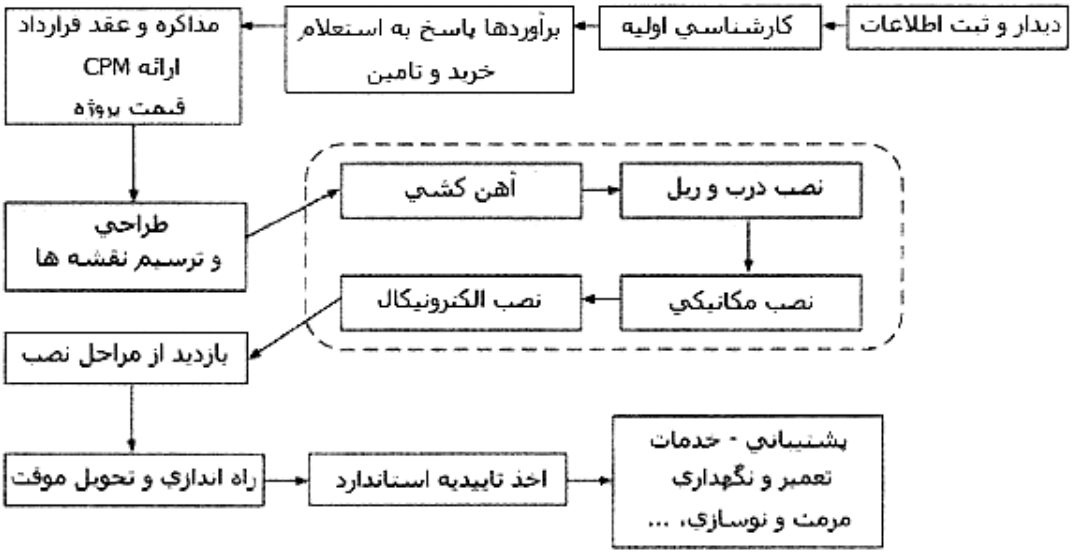
- کنترل آسانسور با مانورهای کلکتیو سلکتیو (تا ۱ طبقه) کلکتیودان و فول کلکتیو (تا طبقه‌های بسیار بالا)
- قابل استفاده با درب‌های لولائی ساده، نیمه اتوماتیك و تمام اتوماتیك
- قابلیت عملکرد با یك مکانیزم ساده سلکتور یا مگنت
- نمایش وضعیت سنسورها و سیگنال‌های مهم آسانسور توسط LED (اروپای غربی)
- قابلیت طراحی برای سیستم‌های یك سرعته، دو سرعته (VVVF, ACVV)
- تنظیم پارامترهای اساسی توسط دیپ سوئیچ‌های برد اصلی از قبیل – پارك- زمان استارت مجدد- انتخاب مانور ...
- امکان رویزون (کنترل آسانسور از موتورخانه و داخل کابین)
- امکان کار در حد Lifter (قابلیت قطع شناسی‌های بیرون از داخل کابین)
- برنامه ریزی شده جهت سنسورهای Over Load-Full Load و آتش نشانی
- دو برابر شدن ضریب ایمنی به علت وجود مراقبت‌های نرم افزاری علاوه بر کنتاکت‌های سری شده.

باشد که هر چه این امکانات بیشتر باشد کارایی بهتر است.

مشخصات قطعات تابلوی کنترل :

کنترل رله ای یا میکروپروسسوری باید از کنتاکتورهای متناسب با قدرت موتور استفاده شود و تابلوهای میکروپروسسوری افزون بر کنترل ایمنی به وسیله مدارهای از کنترل سخت افزاری نیز برای نظارت بر عملکرد میکروپروسسور بهره‌مند شود. تابلو فرمان از نوع میکروپروسسوری به طور مثال رله‌های (آی سی) مناسب برای تشخیص باز یا بسته بودن در و همچنین قفل در و تحریك کنتاکتورهای اصلی، تعبیه سخت افزار مناسب برای کنترل حرکت آسانسور در طبقات، و قرار دادن سخت افزار موازی با عملکرد در حالت استفاده تعمیرکار سیستم برای افزایش میزان ایمنی. اصولاً در تابلوهای میکروپروسسوری تابلو تحت شرایط خرابی میکرو پروسسوری از نظر کیفی کنترل شده و جهت کنترل آسانسور نصب می‌گردد این کار به معنای اعمال ایمنی مضاعف در همه حالت هاست.

روند یک پروژه :



الکتروموتور گیربکس (Electro Motor Gearbox)

الکتروموتور گیربکس‌های مورد استفاده باید از بهترین سازندگان الکتروموتور گیربکس مخصوص آسانسور انتخاب شده باشند که ضمن رعایت استاندارد بین‌المللی مخصوص شرایط آب و هوای ایران از نظر درجه حرارت محیط و رطوبت و ... نیز باشد.

در ضمن الکتروموتورها معمولاً می‌تواند دارای یك ترمز الکترومکانیکی (اصطکاکی) بوده که بدون هیچ تأخیری پس از قطع منبع تغذیه موتور اصلی و یا مدارهای فرمان، بطور خودکار سیستم محرکه را متوقف نماید. شرکت‌های معروف ساخت الکتروموتور گیربکس‌ها در جهان عبارتند از:

۱- ALBERTO SASSI ایتالیا

۲- NOUVA M.GT ایتالیا

۳- SICOR-ELECOMP ایتالیا

۴- MONTANARI ایتالیا

۵- SHINDLER آلمان

۶- ORONA اسپانیا

کابین:

کابین‌های آسانسور باید همگام با استاندارد نوین بین المللی با رعایت کلیه اصول ایمنی، متناسب با مشخصات فنی و کابرد آن بر طبق درخواست سفارش دهندگان ساخته شود. دیواره، کف، سقف، قاب و کفشك‌های کابین از موادی ساخته شوند که مقاومت بالایی در برابر نیروهای وارده در هنگام کارکرد عادی، عملکرد ترمز ایمنی (پاراشوت) و برخورد احتمالی روی ضربه گیرها را دارا باشند.

جداره کابین از ورق فولادی با حداقل ضخامت ۱/۵ میلیمتر ساخته می‌شود و دیواره داخلی آن می‌تواند بنا به سلیقه سفارش دهنده و کاربرد آسانسور با فرمیکا، چوب یا ورق روغنی و استیل روکش شده و به منظور استحکام و زیبایی آنها قسمت‌های خاصی از کابین همواره با فولاد مخصوص تزیین می‌شود جداره خارجی کابین برای افزودن مقاومت و عمر مفید و کاهش انعکاس صدا به داخل کابین قیر پاشی میگردد.
کلیه کابین‌ها بدون درب با نصب قرنیز متحرك (قطع کن ایمنی) در ورودی آن محافظت می‌شوند و هواکش، دستگیره، دکمه الکترومکانیکی، زنگ اخبار، دکمه توقف اضطراری، نشان دهنده طبقات (نمراتور)، چراغ مشخص کننده اضافه بار و روشنایی فلورنست از جمله تجهیزات استاندارد کابین‌ها بوده و در صورت درخواست سفارش دهنده آینه، تلفن و سایر تجهیزات خاص، نیز در نظر گرفته می‌شود.

سیم بکسل (Rope)

سیم بکسل‌های مورد استفاده باید از بهترین نوع انتخاب شوند، این طناب‌های فولادی مخصوص آسانسورهای کششی بوده که یك رشته کنف نیز در مرکز خود دارند و مطابق با استاندارد DIN۳۰۶۲ تولید می‌شود. ضریب اطمینان بکار گرفته شده در طراحی سیم بکسل‌ها بستگی به سرعت حرکت دارد و معمولاً از ۸ (برای سرعت‌های پایین) تا ۱۲ (برای سرعت‌های بالا) متغیر است.

مرغوبترین سیم بکسل‌ها عبارتند از:

1- فایفر آلمان
2- گوستاولف
3- براگ

ریل

ریل وسیله ای است از جنس صلب و عمودی که نقش هدایت کننده کابین و وزنه تعادل را در نصب آسانسور دارا می‌باشد. که متعلقات و اتصالات آن می‌بایست تحمل نیروهای ناشی از عملکرد ترمز ایمنی (پاراشوت) و همچنین انحنا و پیچش‌های ناشی از بار نامتعادل داخل کابین را دارا باشد.

آنالیز طراحی

ورودی

1- نوع ساختمان (مسکونی، تجاری، بیمارستانی، مدرسه و غیره)
2- تعداد کل طبقات
3- تعداد طبقات جمعیت دار
4- اگر واحد غیرمسکونی است تعداد اتاق‌ها در هر واحد و تعداد واحدهای هر طبقه و در غیر این صورت مساحت مفید هر طبقه
5- جمعیت هر طبقه
6- کل تراول (طول مسیر حرکت آسانسور)
7- ارتفاع طبقه
8- در صورت خاص بودن ساختمان (مهد کودك، خانه سالمندان، معلولین و ...)

پردازش

1- تعیین جمعین کل
2- تعیین جمعیت در زمان ترافیك
3- زمان انتظار برای دریافت سرویس (Interval)
4- زمان یك سفر کامل Round Trip Time

پارامترهای مهم مؤثر در محاسبه زمان یك سفر کامل:

- زمان‌های پیاده و سوار شدن
- زمان‌های پرش

خروجی

تعداد آسانسور

سرعت آسانسور

ظرفیت آسانسور

نوع کنترل:

- گروهی و تعداد آن
- مجزا

طراحی آسانسور

پس از آنالیز ترافیك و بررسی محدودیت‌های ابعادی که بر اساس فرم صفحه بعد اطلاعات اولیه آن از طریق بازدید از محل و یا نقشه‌های ابعادی و مشاوره با کارفرما صورت می‌گیرد. امر طراحی آسانسور صورت می‌گیرد.

فاز اول- بررسی و تعیین ابعاد و اندازه ها

فاز دوم- بررسی و تعیین مشخصات فنی قطعات

فاز سوم- تهیه نقشه‌های اجرایی جهت عملیات نصب و راه اندازی

استاندارد مورد نظر در طراحی EN ۸۱:

پارامترهای بسیار مهمی هستند که در انتخاب مشخصات فنی قطعات مؤثر می‌باشد. لذا عوامل اصلی مهم در انتخاب قطعات و مشخصات فنی آنها عبارتند از:

1- نوع استاندارد EN۸۱
2- سرعت آسانسور
3- ظرفیت آسانسور
4- طول مسیر حرکت (تراول) آسانسور
5- ابعاد و اندازه‌ها (چاهك، موتورخانه، کابین، درب)
6- نوع کاربری آسانسور
7- محیط کاربری آسانسور
8- انتخاب نوع و کیفیت حرکت آسانسور

فاز سوم طراحی: تهیه نقشه‌های اجرایی جهت عملیات نصب و راه اندازی

پس از طراحی ابعادی و تعیین مشخصات فنی قطعات و تجهیزات، نقشه‌های اجرایی جهت آماده سازی چاه و همچنین نحوه قرار گیری و نصب تجهیزات و نقشه‌های مدارهای کنترل تهیه می‌گردد.

در این مرحله از طراحی پارامترهای زیر مشخص می‌شود.

1- نحوه اسکلت فلزی و آهن کشی جهت چاهك‌های آجری (محل نصب براکت‌های ریل)
2- نحوه پلیت گذاری برای چاهك‌های بتنی (محل نصب براکت‌های ریل)
3- نحوه قرارگیری تجهیزات آسانسور برای عملیات نصب
4- مشخص نمودن محل سوراخ‌های سکوی موتورخانه
5- نحوه بتن ریزی کف چاهك و محل قرار گرفتن بافرها
6- نحوه آماده سازی محل‌های نصب درها
7- محاسبه نیروهای وارده به سازه چاه
8- مشخص نمودن نقشه اجرایی موتورخانه (قلاب سقف- هواکش موتورخانه و چاهك- درب ورودی- محل تابلوی ۳ فاز)
9- تهیه نقشه‌های کنترل فرمان و نحوه سیم کشی چاهك و موتورخانه
10- ارائه دستور العمل‌های کابل کشی و آماده سازی تابلو ۳ فاز جهت کارفرما
11- انجام بازرسی‌های فنی نهایی و تحویل تجهیزات به کارفرما

توضیح برای نوع نصب

کلکتیو سلکتیو از هر دو طرف مسافر جمع می‌کند.

کلکتیو دان (Down) از بالا به پائین مسافر جمع می‌کند.

کلکتیو آپ (Up) از پائین به بالا مسافر جمع می‌کند.

روش پلوتن (Poloton):

در این نوع فرمان در هر حالت همه فرمان‌های احضار طبقات ثبت گردیده و آسانسور در هر دو جهت (بالا و پایین) بدان پاسخ می‌دهد.

مورد مصرف این روش در ساختمان‌های مسکونی با جمعیت متوسط و ساختمان‌های اداری می‌باشد.

روش پوش باتن: بدون حافظه می‌باشد (از لحاظ اقتصادی ارزانترین سیستم می‌باشد).
در این نوع فرمان در آن واحد فقط یك كلید (شاسی) داخل كابین یا در طبقات ثبت و سپس بدان پاسخ داده می‌شود و تا پاین حركت هیچ فرمان احضار دیگری ثبت نمی‌شود. مورد مصرف این روش در ساختمان‌های مسكونی كم جمعیت و حمل بیمار و بار است.
برای چندین آسانسور نزدیك هم باید یك كلید از نوع دوبلكس نصب شود كه برای احضار هر آسانسور كه نزدیكتر بود احضار شود (جهت كاهش و ترافیك و مصرف برق)
همانطور كه می‌دانیم از مكان هایی كه آسانسور در آنها بسیار استفاده می‌شود هتل‌ها و بیمارستان‌ها می‌باشد. كه بنا به اهمیت اندكی در این مورد توضیح می‌دهیم.

هتل ها:

در قسمت مربوط به ساختمان هتل، لزوم كار گذاشتن آسانسور برای حمل غذا از آشپزخانه به طبقه‌های بالاتر یا آسانسور خاص پرسنل و كاركنان هتل نیازی به ذكر ندارد. همچنین از آسانسور، برای حمل غذا برای روم سرویس و ملحفه، حوله روبالشی، پتو و امثال اینها از قسمت لاندری به خانه داری و طبقات مختلف استفاده می‌شود. چنانچه آسانسور با توجه به وسعت و ظرفیت و اهمیت هتل در حد رفع كامل احتیاجات موجود نباشد باعث معطلی مسافران و نارضایی آنان و از طرفی موجب كندی و اختلال كار در قسمت‌های مختلف هتل و پرسنل آنها خواهد گشت.
بنابراین در نقشه ساختمان هتل، احتیاج واقعی هتل به تعداد آسانسور و اندازه آنها باید در نظر گرفته شود تا حمل و نقل وسایل و رفت و آمد مسافران و پرسنل دچار وقفه نگردد و راندمان كار از نظر سرعت رضایت بخش باشد.
در اغلب هتل‌ها آسانسور نصب شده است، اما متأسفانه نكات مهمی كه باید در نصب آسانسور رعایت شود كمتر دیده شده است و این مهم باعث شده كه مدیران به دردسر بیافتد.
ترافیك و استهلاك آسانسور در هتل‌ها بسیار بالا می‌باشد و می‌بایست نكات ایمنی آسانسورها كاملاً رعایت شود نكات زیر برای پاسخ به پرسش‌های بالا و آگاهی مدیران هتل‌ها است كه چنانچه قبلاً آسانسور نصب شده و یا تصمیم به خرید آسانسور دارند با آگاهی كامل اقدام نمایند.
لازم به توضیح است، در حال حاضر آسانسورهای ساخت خارج از كشور از تكنولوژی بسیار بالایی برخوردار است، بطور مثال در هتل هایی كه كلید كارتی دارند برای فرمان دادن به آسانسور كافی است كلید كارتی اتاق را در جای مخصوص قرار دهند، آسانسور به همان طبقه ای كه شماره اتاق قرار دارد حركت و توقف می‌كند.

مشخصات آسانسور

موتور آسانسور از نوع گیربكسی حلزونی باشد با ۲ یا ۳ است قدرت بیش از تعداد ظرفیت مجاز؛
ظرفیت ۲۵% بالاتر از استاندارد پیش بینی شود؛
موتور دو سرعته و مجهز به فن باشد؛
دارای سیستم ایمنی كنترل سرعت و حفاظت موتور؛
در ایمنی از نوع اتومات تلسكوپی؛
در ورودی كابین آسانسور از نوع كشویی باشد؛

ریل آسانسور از نوع خارجی و کفچك‌ها از نوع خارجی و پلاستیك باشد؛
آسانسور مجهز به پاراشوت باشد؛
آسانسورهای کابین سنگین و ارتفاع زیاد به زنجیر جبران نیاز دارد؛
سیم بکسل از نوع مرغوب درجه یك؛
وزنه آسانسور از نوع چدنی؛
استاپ و استوپ نرم بدون شیب منحنی؛
سلکتیو و کلکتیو دان نصب شود اگر رستوران در طبقه بالای ساختمان نباشد (که استهلاك کمتری داشته باشد)؛
کلید اورلود داشته باشد که چنانچه مسافرین بیشتر از ظرفیت سوار شوند حرکت نکند؛
سرعت آسانسور چند متر در ثانیه را تعیین کنند (مثلاً ۲/۴۰ متر در ثانیه) در برج هایی بیش از ۲۰ طبقه یك متر در ثانیه برای ۱۰ تا ۱۵ طبقه؛
تابلو نشان دهنده طبقات از داخل و خارج از آسانسور (اندیکاتور) با قاب فلزی؛
توقف آسانسور حتماً هم سطح طبقات قرار گیرد؛
مجهز به زنگ خطر؛
هواکش برای داخل آسانسور پیش بینی شود؛
کلید Stop داشته باشد؛
استفاده از ضربه گیر مناسب کف کابین آسانسور که در صورت سقوط این ضربه گیرها هستند که میزان آسیب ناشی از سقوط را کاهش می‌دهند؛
قفل ایمنی مکانیکی درها؛
چراغ شارژی اتومات، تلفن، بلندگو، زیر سیگاری، آینه جهت داخل آسانسور پیش بینی گردد؛
چاهك آسانسور چنانچه از بتون ساخته می‌شود پلیت هایی (Plate) در فواصل معین پیش بینی گردد؛
زیر چاهك آسانسور ۱/۵۰ خالی باشد؛
حداقل کابل برق سه فاز ۴ رشته پیش بینی شود (۱۶").

بیمارستان ها:

آسانسورها انسان ها، داروها، ملحفه‌ها و تخت‌های بیمارستانی را بین طبقات جابجا می‌کنند و به خاطر مسائل بهداشتی و زیبایی بهتر است آسانسورهای جداگانهی را برای هر کدام از این اهداف در نظر گرفت. در ساختمان هایی که مراقبت، معاینه و درمان در طبقات بالایی انجام می‌گیرند حداقل دو آسانسور برای انتقال تخت لازم است. اتاقك آسانسور باید به اندازه ای باشد که جا برای یك تخت و دو همراه وجود داشته باشد. سطوح داخلی کابین باید صاف، قابل شستشو و به راحتی قابل ضدعفونی باشد. کف آن نباید سر باشد چاه آسانسور باید ضد آتش باشد. برای هر صد تخت یك آسانسور چند منظوره باید تعبیه شود و تعداد این آسانسورها در بیمارستان‌های کوچکتر حداقل دو دستگاه باید باشد، بعلاوه حداقل بایستی دو آسانسور کوچکتر برای تجهیزات قابل حمل، کارکنان و ملاقات کنندگان وجود داشته باشد.

ابعاد دقیق آسانسور: ۹۰ * ۲۰/۱ m

ابعاد دقیق چاه آسانسور: ۲۵/۱ * ۵۰/۱ m

شرایط ایمنی آسانسور ها

1- دیواره‌های چاه آسانسور باید بدون شکاف باشند. تنها جاهای باز مجاز درب‌های طبقات، دریچه‌های بازدید و سوراخ‌های محل عبور سیم بکسل‌ها و کابل برق و فرمان می‌باشند.
2- دیواره‌های جانبی و سقف چاه آسانسور باید مقاومت مکانیکی کافی برای عملکرد ترمز ایمنی داشته باشد.
3- دیواره‌های جانبی آسانسور باید از مصالح مقاوم مانند بتن و صفحات فولادی باشد.
4- دیواره‌ها و تیغه‌های پوشاننده چاه آسانسورها باید از مصالح مقاوم در برابر آتش (با تحمل حداقل یك ساعت) ساخته شوند و در اثر حرارت، گاز و دود خطرناك از آنها متصاعد نشود.
5- سطح داخل دیواره‌های چاه آسانسور باید با مصالح مناسب به گونه ای اندود شود که کمترین خلل و خرج را دارا باشد. (سیمان کاری صاف یا سفیدکاری)
6- نصب هر گونه لوله، سیم و تجهیزات دیگر در چاه آسانسور به جزء سیم کشی سیستم روشنایی چاه و کابل‌های برق مخصوص آسانسور داخل چاه آسانسور ممنوع است.
7- چاه آسانسور باید دارای روشنایی به نحو مطلوب باشد. دو عدد لامپ در فاصله ۰/۵ متری از بالاترین و پائین ترین نقطه چاه و مابقی به فواصل حداکثر ۷ متر با حفاظ و قابلیت روشن و خاموش شدن از موتورخانه و چاهك باید نصب شود.

آسانسورها در یک دوره زمانی نسبتاً کوتاه به یک وسیله ضروری تبدیل شده اند و با ادامه ساخت برج های بلند و آسمان خراش ها آسانسورها به یک وسیله حیاتی در جامعه مدرن امروز مبدل شده اند.