



**بررسی سیستم توزیع برق کارخانجات و تأثیرات نوسانات ولتاژ  
بر روی تجهیزات ماشین آلات**



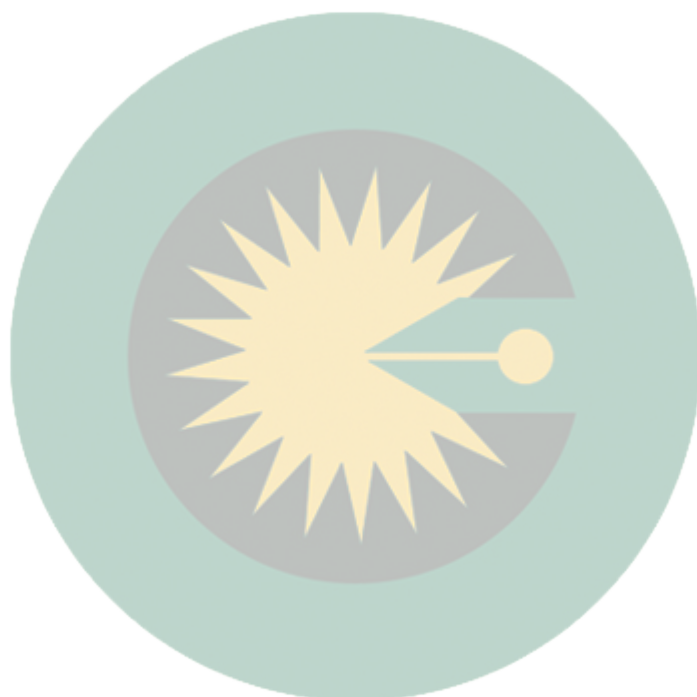
[www.hcioe.org](http://www.hcioe.org)

معرفی اجزای شبکه های الکتریکی سه فاز .....	۶
انتقال نیرو .....	۶
شبکه های فوق توزیع .....	۶
شبکه توزیع نیرو .....	۷
خطوط فشار متوسط .....	۷
خطوط فشار ضعیف .....	۷
معرفی ولتاژها و جریانهای سه فاز .....	۷
ترانسفورماتورهای قدرت .....	۸
ترانسفورماتورهای روغنی .....	۸
ترانسفورماتورهای روغنی با مخزن انبساط .....	۸
ترانسفورماتورهای روغنی با مخزن بسته (هرمیتیک) .....	۹
ترانسفورماتورهای خشک .....	۹
تجهیزات جانبی ترانسفورماتور .....	۱۰
رله بوخ هلتس .....	۱۰
ترمو متر (دما سنج ترانسفورماتور) .....	۱۰
رطوبت گیر (محفظه سلیکاژل) .....	۱۱
روغن نما .....	۱۱
شیر فشار شکن یا شیر اطمینان (Pressur Relief Valve) .....	۱۱
کلید تنظیم ولتاژ (Tap Changer) .....	۱۱

انواع کلیدهای tap changer عبارتند از.....	۱۲
انواع اتصالات مورد استفاده در ترانسفورماتورهای سه فاز.....	۱۲
اتصال ستاره.....	۱۲
اتصال مثلث.....	۱۲
اتصال زیگزاگ.....	۱۲
تقسیم بندی ترانسفورماتورهای سه فاز بر اساس نوع اتصال ورودی و خروجی.....	۱۳
اتصال ستاره_ستاره $Y - y$ .....	۱۳
اتصال مثلث_ستاره $(D\_Y)$ .....	۱۴
اتصال ستاره_زیگزاگ $(Y\_z)$ .....	۱۴
اتصال مثلث باز $(V\_V)$ .....	۱۴
گروه ترانسفورماتور.....	۱۵
تلفات و راندمان.....	۱۵
پلاک خوانی ترانسفورماتور.....	۱۶
اثرات تغییر ولتاژ بر روی مصرف کننده های خانگی و صنعتی.....	۱۶
تغییرات ولتاژ از نظر دامنه.....	۱۶
مصرف کننده های ترانسفورماتوری.....	۱۷
مصرف کننده های موتوری و ژنراتوری.....	۱۸
موتورهای dc و اثرات تغییر ولتاژ بر آنها.....	۱۸
موتورهای ac و اثرات تغییر ولتاژ بر روی آنها.....	۱۸
مصرف کننده های روشنایی.....	۲۰
اثر تغییرات فشار الکتریکی (ولتاژ) در کارکرد لامپهای الیسهایی یا رشته ای.....	۲۰

۲۰	.....	اثر تغییرات ولتاژ الکتریکی در کارکرد لامپهای بخار جیوه
۲۲	.....	اثر تغییرات ولتاژ الکتریکی در کارکرد لامپهای بخار سدیم
۲۳	.....	تغییرات ولتاژ از نظر تغییر شکل موج
۲۳	.....	روشهای کاهش ویا از بین بردن تغییرات ولتاژ در سیستمهای قدرت
۲۴	.....	حفاظت موتورهای جریان متناوب
۲۴	.....	موتور سنکرون
۲۴	.....	موتورهای آسنکرون
۲۵	.....	حفاظت موتور در مقابل اتصال کوتاه و اضافه بار
۲۵	.....	حفاظت توسط فیوز (fuse protection of motors)
۲۵	.....	رله ی جریان زیاد (over current Relay)
۲۷	.....	کابل و کابل کشی
۲۷	.....	تعریف کابل
۲۷	.....	ساختمان کابلها
۲۷	.....	هادی کابلها
۲۸	.....	عایق کابل ها
۲۹	.....	غلاف کابل
۳۰	.....	عوامل موثر در انتخاب کابل
۳۰	.....	جریان مجاز
۳۲	.....	افت ولتاژ در کابل
۳۲	.....	محاسبه سطح مقطع کابلها
۳۲	.....	سیم های برق

۳۲	.....	سیم های مفتولی
۳۳	.....	سیم های نیمه افشان
۳۳	.....	سیم های افشان
۳۳	.....	نحوه استخراج اطلاعات از روی کابلها
۳۵	.....	کابل افشان و میانگین قطر خارجی
۳۶	.....	کابل مفتول و میانگین قطر خارجی



[www.hcioe.org](http://www.hcioe.org)

## ی اجزای شبکه های الکتریکی سه :

در نیروگاه ها انرژی الکتریکی همواره به صورت سه فاز تولید می شود؛ زیرا:

- ✓ اقتصادی تر است، به دلیل این که آلترناتورهای سه فاز، با توان مشابه حجم کمتری نسبت به آلترناتورهای تک فاز دارد.
  - ✓ توان لحظه ای سه فاز در مصرف کننده هیچ گاه به صفر نمی رسد، بنابراین، توان شبکه سه فاز تغییرات کمتری نسبت به توان در شبکه تک فاز دارد
  - ✓ در راه اندازی موتورهای سه فاز به سیم پیچ راه انداز نداریم و به همین دلیل حجم موتورها کاهش می یابد.
  - ✓ در رکتیفایرهای سه فاز، ولتاژ (dc) شده رپیل (ضربان) کمتری دارد یعنی ولتاژ خروجی جریان مستقیم در رکتیفایرهای سه فاز، نسبت به ولتاژ یک سو شده در رکتیفایر تک فاز، صاف تر است
- از آن جا که مقدار ولتاژ تولید شده در مولدها نمی تواند بیش از حد مجاز باشد و انتقال این ولتاژ با جریان های بالا موجب افزایش اتلاف انرژی در سیم ها و افت ولتاژ انتهای خط می شود بنابراین، در ابتدای خط مقدار ولتاژ تولید شده (توسط ترانسفورماتورها) افزایش و در انتهای خط در چند مرحله (جهت استفاده مصرف کنندگان صنعتی و خانگی) در حد ولتاژ مجاز (۳۸۰/۲۲۰) کاهش می یابد. برای این منظور به خطوط انتقال انرژی و هم چنین مراکز توزیع انرژی الکتریکی نیاز است. در ادامه به شبکه های انتقال و توزیع اشاره می کنیم.

### انتقال نیرو:

انرژی تولید شده در نیروگاه های مختلف (آبی، دیزلی، گازی، چرخه ترکیبی، بخاری، اتمی و بادی) پس از افزایش به مقدار ولتاژهای (۶۳، ۱۳۲، ۲۳۰، ۴۰۰) کیلو ولت به مناطق مصرف انتقال گردد. جا به جایی انرژی الکتریکی با ولتاژهای ۴۰۰ یا ۲۳۰ کیلو ولتی را در اصطلاح انتقال نیرو می خوانند و هدف آن تبادل انرژی و توان بین مناطق و نواحی اصلی است که معمولاً در فاصله های دور از هم قرار گرفته اند.

### شبکه های فوق توزیع :

ساندن انرژی و توان به مراکز مصرف بیشتر با خط های (۶۳ یا ۶۶ یا ۱۳۲ کیلو ولتی صورت می گیرد. این بخش از فعالیت نیرو رسانی را در اصطلاح شبکه های فوق توزیع می نامند.

## شبکه توزیع نیرو :

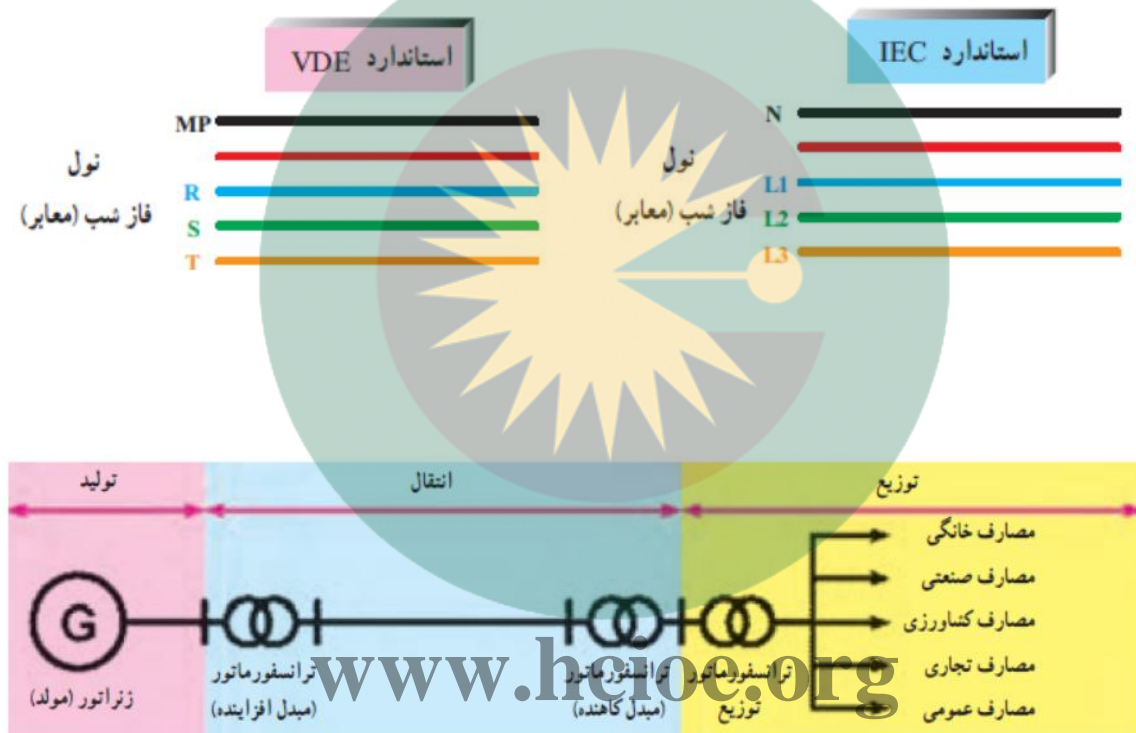
در صنعت برق، توزیع انرژی برق اساساً در دو سطح فشار متوسط و فشار ضعیف صورت می گیرد.

:

بیش تر شبکه های فشار متوسط در ایران از نوع ۲۰ کیلو ولتی اند؛ اما ولتاژهای ۳۳ و ۱۱ کیلو ولتی نیز پهنه های محدودی از کاربردها را دارند.

## خطوط فشار ضعیف :

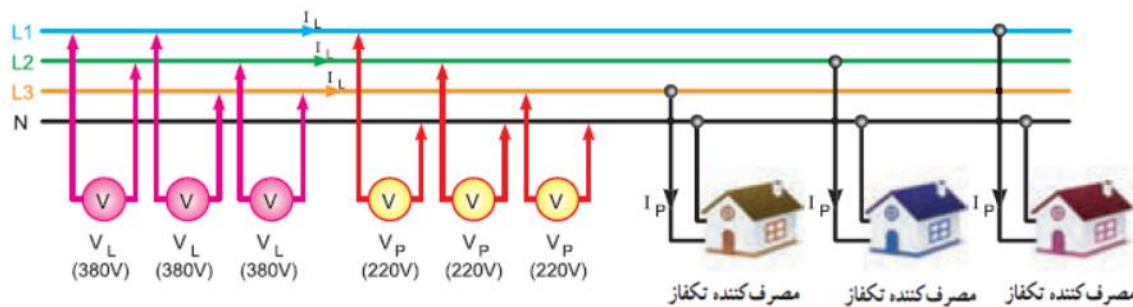
برق مصرف کنندگان عادی با خط های فشار ضعیف تأمین می شود. این خط ها آخرین قسمت از شبکه عظیم و گسترده برق رسانی را پیش از تحویل انرژی به مصرف کننده تشکیل می دهند. خط های فشار ضعیف رایج در سراسر کشور از نوع (۳۸۰/۲۲۰) از پنج سیم تشکیل شده و ترتیب قرار گرفتن سیم ها و حروف اختصاری هریک از آن ها مطابق شکل زیر مشخص می شود.



تصویر شماتیک یا ساده یک سیستم قدرت را از تولید تا مصرف

## معرفی ولتاژها و جریانهای سه فاز :

در شکل کلی، ولتاژها و جریان های شبکه سه فاز با عناوینی به شرح زیر معرفی شده و به کار می روند.



ولتاژ خطی ( $V_L$ ): به مقدار ولتاژ (اختلاف پتانسیل) بین دو فاز یک شبکه سه فاز ولتاژ خطی گویند که در برق ایران ۳۸۰ ولت می باشد.

ولتاژ فازی ( $V_P$ ): به مقدار ولتاژ (اختلاف پتانسیل) بین دو فاز یک شبکه سه فاز ولتاژ خطی گویند که در برق ایران ۲۲۰ ولت می باشد.

جریان خطی ( $I_L$ ): به جریانی که از هر خط سیم فاز شبکه عبور می کند. جریان خطی می گویند.  
جریان فازی ( $I_P$ ): به جریانی که از هر مسیر فازی داخل یک مصرف کننده عبور می کند. جریان فازی می گویند.

## ورهای قدرت :

### ترانسفورماتورهای توزیع قدرت را میتوان به دو دسته تقسیم نمود:

- ✓ ترانسفورماتورهای روغنی
- ✓ ترانسفورماتورهای خشک

### ترانسفورماتورهای روغنی:

در ترانسفورماتورهای روغنی، وظیفه روغن، عایق کردن سیم پیچ ها و بدنه از یکدیگر و خنک سازی آن میباشد و لذا هسته و سیم پیچ ها را پس از ساخت به صورت غوطه ور در داخل یک مخزن روغن قرار می دهند. حال با توجه به اینکه روغن نسبت به محیط خارج از ترانسفورماتور آب بندی باشد یا خیر این ترانسفورماتورها خود به دو دسته تقسیم میشوند:

- ✓ ترانسفورماتورهای روغنی با مخزن انبساط
- ✓ ترانسفورماتورهای روغنی با مخزن بسته

### ترانسفورماتورهای روغنی با مخزن انبساط :

در این ترانسفورماتورها ارتباط روغن با هوای بیرون از طریق منبع انبساط میباشد. زیرا روغن در اثر گرما



افزایش حجم داده و در منبع انبساط جمع میشود. برای جلوگیری از نفوذ رطوبت به داخل و تخریب روغن از رطوبت گیر استفاده میشود.

### **ترانسفورماتورهای روغنی با مخزن بسته (هرمیتیک):**

در این ترانسفورماتورها روغن در مخزن بسته بوده و هیچ تماسی با محیط و هوای بیرون ندارد، لذا خاصیت عایقی روغن بیشتر حفظ می شود و در نتیجه نیازی به بازدید دوره ای روغن در این ترانسفورماتورها نیست. از آنجا که در مکان های شرجی و مرطوب جذب رطوبت توسط روغن زیاد است، توصیه میشود از ترانسفورماتورهای روغنی با مخزن بسته استفاده شود. با گرم شدن روغن در داخل این نوع ترانسفورماتور، حجم آن زیاد شده و چون ترانسفورماتور مخزن انبساط ندارد به دو روش این اضافه حجم ایجاد شده کنترل میشود:

#### **ترانسفورماتور بدون بالشتک گازی:**

در این ترانسفورماتور بدنه ترانسفورماتور پس از گرم شدن طوری منبسط میشود تا بتواند اضافه حجم روغن ایجاد شده را در خود جای دهد. این ترانسفورماتورها کاملاً پر از روغن هستند و برای همیشه آب بندی میشوند.

#### **ترانسفورماتور روغنی با بالشتک گازی:**

در این ترانسفورماتور بدنه را کمی بزرگ تر از حجم روغن در نظر میگیرند و فضای خالی بالای روغن را با گاز نیتروژن پر میکنند. لذا پس از انبساط روغن، حجم اضافه شده به سطح گاز فوقانی فشار آورده و روغن در آن فضا جا به جا میشود. در واقع انبساط و انقباض روغن سبب میشود تا گاز نیتروژن واقع در بالای سطح روغن تغییر فشار دهد.

[www.hcioe.org](http://www.hcioe.org)

#### **ترانسفورماتورهای خشک:**

در این ترانسفورماتورها به منظور عایق بندی سیم پیچ ها از بدنه از مواد عایقی خشک استفاده شده است. این ترانسفورماتورها فقط از طریق هوا خنک میشوند. و چون در ساختمان آنها از روغن استفاده نشده است، احتمال آتش سوزی آن بسیار کم است. به همین خاطر ترانسفورماتور خشک در پست های توزیع ایستگاه های مترو، برج های مسکونی، فرودگاه ها و ... کاربرد دارد. استفاده از این ترانسفورماتور برای محیط های بیرون ساختمان و مکانهایی که سیستم تهویه ندارند مناسب نیست. این ترانسفورماتورها در حال حاضر تا قدرت ۳۱۵۰ KVA ساخته میشوند و برای قدرت های بالاتر از این اقتصادی نیستند.

## تجهیزات جانبی ترانسفورماتور

### رله بوخ هلتس:

برای حفاظت ترانسفورماتورهای روغنی مجهز به منبع انبساط از رله بوخ هلتس استفاده میشود. در ساختمان ترانسفورماتور روغنی هر یک از خطاهای زیر میتواند رخ دهد:

- 1) تنش حرارتی در هسته ترانسفورماتور که سبب ایجاد گاز می شود.
- 2) افزایش حرارت سیم پیچ ها بر اثر اتصال کوتاه بین حلقه های سیم پیچ که سبب ایجاد گاز می شود.
- 3) ایجاد شکست الکتریکی در مقره ها و عایق سیم پیچ ها که سبب ایجاد گاز می شود.
- 4) اتصال بدنه یا اتصال زمین در داخل ترانسفورماتور که سبب ایجاد گاز می شود.
- 5) ایجاد جرقه در اثر شل بودن ترمینال های داخلی که سبب ایجاد گاز می شود.
- 6) کاهش سطح روغن به دلیل نشت از مخزن

پس از وقوع هر یک از خطاهای فوق (به جز کاهش سطح روغن)، روغن داخل مخزن ترانسفورماتور علاوه بر ایجاد گاز، به شدت گرم و منبسط میشود، در نتیجه با سرعت به سمت منبع انبساط جریان می یابد. گاز ایجاد شده نیز برای رهایی از فشار به طرف مخزن انبساط میرود. به همین دلیل این رله بوخ هلتس را بین مخزن اصلی و منبع انبساط قرار میدهند.

این رله غالباً برای ترانسفورماتورهای روغنی با قدرت بالاتر از ۸۰۰ KVA که دارای مخزن انبساط میباشند، باید نصب شود.

نکته: در رله های بوخ هلتس می توان از طریق رنگ گاز جمع شده پس از عملکرد رله به نوع

اشکال پی برد

[www.hcioe.org](http://www.hcioe.org)

### ترموتر (دماسنج ترانسفورماتور):

برای اندازه گیری و نمایش دمای ترانسفورماتور از وسیله ای به نام ترمومتر استفاده میشود. در ترانسفورماتورهای روغنی امکان نصب دو نوع ترمومتر وجود دارد:

- ترمومتر روغن (که معمولاً در قدرت های بالاتر از ۶۳۰ KVA نصب میشود)
- ✓ ترمومتر سیم پیچ (که معمولاً در قدرتهای بالاتر از ۱۲۵۰ KVA نصب میشود)

عمر عایق ترانسفورماتور به حرارت ایجاد شده در داخل ترانسفورماتور وابسته می باشد. عوامل مختلفی همچون دمای محیط، محل نصب و شرایط بارگیری در میزان گرم شدن ترانسفورماتور تأثیر دارد.

✓ سیستم کنترل دما به کمک سنسور RTD (Resistance Temperature Detector)

در ترانسفورماتورهای نوع خشک، حرارت ایجاد شده در سیم پیچ به هر دلیلی (افزایش بار و یا اتصال کوتاه) مستقیماً باعث گرم شدن عایق اطراف سیم پیچ میشود. لذا برای کنترل دمای این نوع ترانسفورماتورها از سنسورهای RTD استفاده میشود. این سنسورها به کلید قطع کننده ترانسفورماتور و فن مربوط به آن فرمان میدهند.

### رطوبت گیر (محفظه سلیکاژل):

وجود رطوبت در روغن باعث کاهش مقاومت عایقی آن میشود و با پایین آمدن مقاومت عایق احتمال شکست عایق و اتصال کوتاه داخلی در ترانسفورماتور بالا میرود. به همین دلیل در ترانسفورماتورهای روغنی با مخزن انبساط باید از نفوذ رطوبت و گرد و غبار به داخل ترانسفورماتور جلوگیری کرد.

### روغن نما:

برای کنترل سطح روغن ترانسفورماتور از روغن نما استفاده میشود. دو نوع روغن نما وجود دارد: روغن نمای عقربه ای (در ترانسفورماتورهای با مخزن انبساط) و روغن نمای چشمی (در ترانسفورماتورهای با مخزن بسته)

### شیر فشار شکن یا شیر اطمینان: (Pressur Relief Valve)

این وسیله فقط در ترانسفورماتورهای روغنی با مخزن بسته مورد استفاده قرار میگیرد و وظیفه آن نمایش فشار داخلی مخزن میباشد.

### فشار و خلاسنج: (Pressure and Vacuum Gauge)

### کلید تنظیم ولتاژ: (Tap Changer)

برای اینکه بتوان ولتاژ شبکه در ثانویه ترانسفورماتور را درحد مطلوب نگه داشت از کلید تنظیم ولتاژ استفاده میشود. این کلید مانند یک سلکتور سوئیچ چند پله (معمولاً ۳ یا ۵ پله) عمل میکند. از آنجا که در ترانسفورماتورهای توزیع سمت اولیه جریان کمتری نسبت به ثانویه دارد این کلید در سمت فشار قوی نصب میشود. مقادیر ولتاژ مورد نظر در کنار هر وضعیت کلید حک شده است. در کلید تنظیم ولتاژ، سیستم قفل کنند های روی آن پیش بینی شده است تا اتصال کلید در وضعیت خود محکم باشد. تغییر محل دادن کلید بسته به قدرت ترانسفورماتور و ابعاد و اندازه کلید ممکن است دستی و یا موتوری باشد. میزان تنظیم ولتاژ در هر پله کلید غالباً از ۲,۵ درصد بیشتر نیست. بهره بردار بنابه شرایط ولتاژ خروجی میتواند پله مناسب را انتخاب کرده و ولتاژ خروجی را بر آن اساس تنظیم کند. معمولاً برای دستیابی به هر ولتاژ در ترانسفورماتورها محل قرارگیری tap روی پلاک مشخص میشود.

لازم به ذکر است، برای تغییر ولتاژ ترانسفورماتورهای خشک به جای کلید تنظیم ولتاژ از ترمینال های بیرون آمده از سیم پیچ استفاده میشود. معمولاً چگونگی اتصال ترمینال ها برای ولتاژهای مختلف روی پلاک ترانسفورماتورها مشخص میشوند.

### انواع کلیدهای tap changer عبارتند از:

✓ کلید از نوع off Load

✓ کلید از نوع on Load

### در ترانسفورماتورهای سه :

ترانسفورماتور سه فاز از سه سیم پیچ در سمت اولیه و سه سیم پیچ در سمت ثانویه تشکیل شده است که هر یک از این سیم پیچ ها دارای سه سر و سه ته میباشند. سیم پیچ های هر طرف ترانسفورماتور را میتوان به صورت ستاره، مثلث و یا زیگزاگ به هم متصل نمود.

:

در اتصال ستاره سه سر یا سه ته سیم پیچ های سه فاز را به هم اتصال داده و طرف دیگر را به صورت آزاد برای اتصال به شبکه باقی میگذارند. بدین ترتیب این اتصال را اتصال ستاره می نامند و آن را به اختصار با حرف Y بزرگ در سمت فشار قوی و حرف y کوچک در سمت فشار ضعیف نمایش میدهند.

:

هرگاه سه سیم پیچ را مطابق شکل زیر با یکدیگر سری کنند یعنی ابتدای یک سیم پیچ را به انتهای دیگری اتصال داده تا سه سیم پیچ تشکیل یک حلقه دهند، اتصال مثلث ایجاد خواهد شد.

www.hcioc.org



### زیگزاگ:

این اتصال مخصوص ترانسفورماتورها است و در دیگر تجهیزات برقی صورت نمی پذیرد، همچنین از این اتصال فقط در ثانویه ترانسفورماتور استفاده می شود. برای انجام این اتصال هر بوبین به دو قسمت

مساوی تقسیم میشود. بنابراین شش بوبین خواهیم داشت. نیمی از بوبین ها (نیمه بالایی یا پایینی) را به صورت ستاره با یکدیگر اتصال میدهند. آنگاه ادامه هر بوبین متصل به اتصال ستاره، با بوبین مربوط به فاز دیگر در جهت عکس سری میشود. به همین خاطر این اتصال را، به نام اتصال ستاره شکسته نیز می شناسند.

### تقسیم بندی ترانسفورماتورهای سه ورودی خروجی:

هر ترانسفورماتور سه فاز حداقل دارای سه سیم پیچ در سمت اولیه و سه سیم پیچ در سمت ثانویه است. چنین ترانسفورماتورهایی را ترانسفورماتور سه فاز متقارن می نامند. البته ترانسفورماتورهای سه فازی که از این قاعده مستثنی باشند نیز وجود دارند. بر اساس سه نوع اتصال ذکر شده و مستقل از اینکه این اتصالات در سمت اولیه یا در سمت ثانویه ترانسفورماتور صورت گیرد

انواع اتصالات متقارن عبارتند از:

- ✓ اتصال ستاره ستاره  $Y - Y$
- ✓ اتصال مثلث ستاره  $D - Y$
- ✓ اتصال ستاره زیگزاگ  $Y - Z$

—  $Y - y$  :

این اتصال در ترانسفورماتورهایی که دسترسی به نقطه خنثی مد نظر باشد کاربرد دارد. همچنین در ترانسفورماتورهایی که ولتاژ سمت اولیه و ثانویه آن بسیار زیاد باشد، میتوان از این اتصال استفاده کرد. با توجه به اینکه ولتاژ هر سیم پیچ ۳ برابر کمتر از ولتاژ خط است، بنابراین سبب کاهش مقدار عایق مورد استفاده شده در هر بوبین میشود. در ولتاژهای کمتر از یک کیلوولت تأثیر قابل ملاحظه ای بین مقدار عایق مصرفی به ازای ولتاژ خط و ولتاژ فاز وجود ندارد. اما در ولتاژهای بالاتر این اختلاف قابل ملاحظه است. به عنوان مثال اگر ولتاژ خط  $132\text{ KV}$  در یک سمت قرار گیرد با استفاده از این اتصال ولتاژی که به هر سیم پیچ می رسد در حدود  $72\text{ KV}$  خواهد شد که قطعاً هزینه عایق بندی برای این ولتاژ بسیار کمتر از ولتاژ  $132\text{ KV}$  خواهد بود. در صورتی که ثانویه این نوع ترانسفورماتور از طریق یک فاز زیر بار برود هر سه فاز اولیه زیر بار می رود و باعث بالا رفتن جریان بی باری و زیاد شدن تلفات در ترانسفورماتور میگردد. همچنین ولتاژ در یک فاز در ثانویه افزایش و در فازهای دیگر کاهش یابد. به همین دلیل زیر بار رفتن ترانسفورماتورهای با اتصال (ستاره ستاره) به صورت تک فاز یا نامتعادل

نامطلوب است و استاندارد میزان نامتعادلی را تا ۱۰ درصد توان نامی مجاز میداند. در شبکه های توزیع از این اتصال به ندرت استفاده میشود.

### **(D\_Y):** \_

این روش اتصال در ترانسفورماتورهای کاهنده و در شبکه های توزیع بسیار کاربرد دارد. در کشور ما اغلب مصرف کننده های توزیع از طریق ترانسفورماتور با اتصال KV Dyn ۲۰/۰/۴ تغذیه میشوند. مصرف کننده های تک فاز به سیم نول احتیاج دارند و در شبکه توزیع بسیار فراوان هستند. از خصوصیات مهم این اتصال دسترسی به مرکز اتصال ستاره یعنی نقطه خنثی در سمت مصرف کننده است که امکان اتصال این گونه مصرف کننده ها نیز به آن وجود دارد. از دیگر محاسن این نوع اتصال این است که اگر یکی از فازهای ثانویه به تنهایی زیر بار برود مشکلات مربوط به اتصال ستاره\_ستاره را ندارد.

### **ستاره\_زیگزاگ : (Y\_z)**

این نوع اتصال در ترانسفورماتورهای توزیع با مصرف کننده های سه فاز نامتعادل کاربرد دارد. در اتصال زیگزاگ ولتاژ سیم پیچ های هر فاز طبق رابطه ۸۶٪ حالت ستاره میباشد

$$V_{Coil-Zigzag} = \sqrt{3}/2 V_{Coil-Star}$$

با توجه به رابطه فوق مشاهده میشود، اگر بخواهیم ولتاژفازی اتصال زیگزاگ برابر با ولتاژ هر فاز اتصال ستاره شود، تعداد حلقه های هر فاز را باید به نسبت  $2/\sqrt{3}$  برابرافزایش داد بنابراین با توجه به افزایش تعداد دور (حدوداً ۱۵ درصدی) هر بوبین وزن مس مصرفی اتصال YZ نسبت به اتصال Yy افزایش می یابد. البته از مزایای این اتصال جاری شدن جریان یک فاز در بوبین های دو ستون ترانسفورماتور سمت ثانویه میباشد که سبب القا ولتاژ نیز در آن میشود. این عمل باعث متعادل شدن جریان در سمت فشار قوی خواهد شد.

دسترسی به نقطه خنثی نیز از دیگر مزایای این ترانسفورماتور محسوب میشود یعنی غالباً این اتصال به صورت Yzn ارائه میگردد. این نیز از خواص اتصال ستاره میباشد.

[www.hcioe.org](http://www.hcioe.org)

### **(V\_V):**

گاهی اوقات با اتصال دو ترانسفورماتور تک فاز مشابه نیز میتوان انرژی الکتریکی سه فاز را از یک طرف به سمت دیگر منتقل نمود. یکی از این اتصالات را که فقط در سیستم سه فاز سه سیمه با بار کاملاً متعادل کاربرد دارد، اتصال مثلث باز یا V\_V میگویند. زیرا مانند اتصال مثلثی است که از یک طرف باز شده است و البته چون شبیه حرف V لاتین نیز هست به این نام شناخته میشود.

اگر در سیستم سه فاز از سه ترانسفورماتور تک فاز استفاده شود و یکی از این ترانسفورماتورها دچار اشکال شود، میتوان به جای آنکه کل شبکه را بی برق نمود، ترانسفورماتور معیوب را از مدار خارج کرده و اولیه و ثانویه دو ترانسفورماتور دیگر را به صورت اتصال V به هم متصل نمود. البته از این اتصال فقط در شبکه سه فاز سه سیمه با بار متعادل میتوان استفاده کرد.

در اتصال V توان تحویلی به بار کمتر از مجموع توان دو ترانسفورماتور تک فاز است. بنابراین این ترانسفورماتور از نظر صنعتی اقتصادی نمیشد و در موارد بسیار خاص و محدود از آن استفاده میشود.

:

گروه ترانسفورماتور عددی است قراردادی که به ازای هر  $30^\circ$  اختلاف فاز بین ولتاژ اولیه و ثانویه اطلاق میشود.

به طور کلی فقط چهار گروه اصلی وجود دارند که عبارتند از گروه ۰ و ۵ و ۶ و ۱۱. گروه برداری یک شاخص مهم برای ترانسفورماتورهای سه فاز محسوب م ی شود که همیشه بعد از علامت اختصاری اتصالات ترانسفورماتور آورده م ی شود.

به طور مثال در ترانسفورماتور Dyn11 اتصال اولیه آن مثلث سی میچ ثانویه ترانسفورماتور ستاره و نقطه خنثی (مرکز اتصال ستاره) با سیم به بیرون ترانسفورماتور کشیده شده و ترانسفورماتور دارای گروه ۱۱ است. یعنی بین ولتاژهای هم نام اولیه و ثانویه  $330^\circ$  درجه اختلاف فاز وجود دارد.

:

در ترانسفورماتورهای سه فاز نیز مانند ترانسفورماتورهای تک فاز تلفات شامل تلفات هسته  $P_{core}$  و تلفات مسی  $P_{Cu}$  میباشد که تلفات هسته ترانسفورماتور را میتوان با آزمایش بی باری و تلفات مسی را با آزمایش اتصال کوتاه بدست آورد.

تلفات هسته به دلیل ثابت بودن ولتاژ ورودی جزو تلفات ثابت و تلفات مسی به دلیل تغییر بار مصرف کننده جزو تلفات متغیر محسوب میشوند.

در ترانسفورماتورهای سه فاز نیز مانند ترانسفورماتورهای تک فاز در صورتیکه

$$A = \sqrt{\frac{P}{P}}$$

باشد، راندمان به ماکزیمم مقدار خود خواهد رسید.



## پلاک خوانی :

مشخصات هر ترانسفورماتور روی پلاک آن آورده میشود. در شکل زیر پلاک یک ترانسفورماتور نشان داده شده است. پلاک هر ترانسفورماتور غالبا از جنس فولاد ضد زنگ یا سایر موارد غیر قابل خوردگی

و مقاوم در برابر هوا

SHERKATE SAHAMI AAM  
ایران ترانسفو

Type TSUN6339 No. Year 2001 IEC76/VDE0532

Rated power kVA 2000 Kind P.T Frequency Hz 50

Rated voltage V 6300 400 Kind of service CONT.

Rated current A 192.5 2886.8 Vector group Dyn11

Impedance voltage % Short circuit current kA Sys. highest voltage 7.2/1.1

Coasting method ONAN Max. short circuit duration s 2

Mass of core & winding t 2.611 Max. ambient temperature °C 50

Total weight t 6.205 Sea level altitude m 1000

Oil weight t 1.32 Oil IEC 298 class I

Off circuit tap changer

Caution!: tapping is permissible only in off circuit

HV side			LV side		
Pos.	Tap changer Connections	Voltage	Connection	Voltage	Connection
1	3 - 4	6300	1V	2V	2N
2	4 - 2	5150	1U	2U	2W
3	2 - 5	6000	1U	2U	2W
4	5 - 1	5850	1U	2U	2W
5	1 - 6	5700	1U	2U	2W

MADE IN IRAN

## اثرات تغییر ولتاژ بر روی مصرف کننده های خانگی و صنعتی :

تغییرات ولتاژ می تواند اثراتی را بر روی مصرف کننده های خانگی و صنعتی داشته باشد که باعث درست عمل نکردن و یا عملکرد ناصحیح آنها بشود. که این عملکرد ناصحیح می تواند ضایعاتی را

تغییرات ولتاژ در سیستمها به دو معنی اصلی بکار برده می شود.

تغییرات ولتاژ از نظر دامنه:

در سیستمهای قدرت و یا برق شهر چون شکل موج ولتاژ سینوسی است منظور از تغییر ولتاژ، تغییر مقدار ماکزیمم موج می باشد چنانچه ولتاژ سیستم را با  $V$  نشان دهیم، خواهیم داشت که

$$V = V_m \sin \omega t \quad \text{در آن } V_m \text{ مقدار ماکزیمم ولتاژ است}$$

البته اکثرا مقدار مؤثر ولتاژ را مورد بررسی قرار می دهند که عبارتند از:

$$V = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$$



این ولتاژ بستگی به ولتاژ تولیدی توسط ژنراتور و پس از آن تضعیف ترانسها و یا عوامل دیگر از جمله تپ های موجود (taps) ترانسفورماتورها دارد.

به طور کلی مصرف کننده ها را به چندین دسته تقسیم می کنیم و اثرات تغییر ولتاژ را بر روی آنها بررسی می کنیم.

- مصرف کننده های ترانسفورماتوری
- مصرف کننده های موتوری و ژنراتوری
- مصرف کننده های روشنایی

### مصرف کننده های ترانسفورماتوری :

ترانسفورماتورها دارای اهمیت فراوانی در سیستم های قدرت و نیمه قدرت دارند و اولاً در سیستمهای قدرت برای انتقال انرژی از محلی به محل دیگر چون این انتقال همراه با افت توان است پس بایستی تا آنجا که ممکن است جریان انتقال را کاهش داد و ولتاژ را افزایش داد تا توان تلف شده کاهش یابد چون داریم :

$$P = I^2 Z$$

که در اینجا  $I$ ، جریان انتقال و  $Z$ ، امپدانس خط انتقال است

هرچه ولتاژ را بیشتر افزایش دهیم بدلیل اینکه در ترانسها توان انتقالی ترانس ثابت است با افزایش ولتاژ باعث کاهش جریان می شود پس در اینجا استفاده از ترانس برای افزایش ولتاژ تا حد ولتاژ انتقالی مفید می باشد. تمامی مصرف کننده های الکترونیکی که با ولتاژهای AC و DC کمتر از ۳۸۰/۲۲۰ ولت کار می کنند چنانچه از برق شهر تغذیه شوند بایستی توسط ترانس این ولتاژ شهر را به ولتاژ مصرفی دستگاه تبدیل کرد و آنها را تغذیه کرد (در کل وسایل الکترونیکی) این وسایل را به عنوان مصرف کننده های ترانسفورماتوری در نظر می گیریم.

تغییرات ولتاژ در  $V_p$  یعنی ولتاژ اولیه که توسط سیستم توزیع تامین می شود در ثانویه ی ترانسفورماتور یعنی  $V_s$  ملاحظه می گردد که در مصرف کننده های الکترونیکی این تغییرات ولتاژ چنانچه می دانیم ممکن است باعث کم شدن پایداری سیستم و یا گرم شدن سیستم شود. حال آنکه با تغییر ولتاژ ورودی یکسو کننده مقدار ریل افزایش پیدا می کند پس اعتناش کمتری خواهد بود در دستگاههای الکترونیکی جلوگیری از این تغییرات بسیار ساده است و آن استفاده از مدارهای اضافی به نام رگولاتورها (Regulators) می باشد که ولتاژها را بدون تغییر در اختیار مدار قرار می دهند و ساده ترین آنها از نوع رگولاتور زنری می باشد تا رگولاتورهای پیشرفته که تغییرات ولتاژ و حساسیت آنها بسیار کم است که همگی برای از بین بردن اثرات بد ناشی از تغییرات ولتاژ می باشد.

اضافه ولتاژ در خود ترانس تغذیه دستگاههای الکترونیکی و ترانسفورماتورهای قدرت اگر از حد معینی بیشتر شود ممکن است باعث از بین بردن عایق بندی ترانس شود و همچنین چنانچه می دانیم در ترانسفورماتورها هسته ترانس دارای منحنی مغناطیس

معین میباید و در يك ناحیه مشخص به صورت خطی عمل می کند و خروجی بدون اعوجاج است و اگر ولتاژ از حدی بیشتر شود. وارد ناحیه غیر خطی شده که باعث معوج شدن ولتاژ خروجی ترانس می شود که خود معوج شدن ولت را به وجود می آورد.

### مصرف کننده های موتوری و ژنراتوری:

میدانیم بسیاری از مصرف کننده ها چه مصرف کننده های خانگی و چه صنعتی (خصوصاً صنعتی) دارای موتورهای هستند مثلاً یخچالها، کولرها... و در صنعت شامل کارخانه ها که موتورها به صورت بهره از وسایل مورد استفاده آنهاست که ممکن است به طور کلی از موتورهای ac یا dc و از انواع ac، ممکن است موتور القایی، اندوکسیونی، و یا سنکرون مورد استفاده قرار گیرد.

### موتورهای dc و اثرات تغییر ولتاژ بر آنها:

در موتورهای dc سرعت موتور توسط ولتاژ اعمالی به آن قائل کنترل است یعنی اگر تغییراتی در ولتاژ اعمالی به موتور به وجود آید در آن صورت این تغییرات ولتاژ به صورت سرعت در موتور dc ظاهر می گردد و باعث می شود که موتور عمل محوله به خود را به نحو احسن انجام ندهد. این مطلب را می توان با استفاده از روابط زیر با اثبات رساند:  $E_a : k_a Q W_m$

که در این رابطه  $E_a$  مقدار ولتاژ اعمالی در موتور و در ژنراتور نیروی محرکه ی تولید شده در آن می باشد  $W_m$  سرعت مکانیکی موتور می باشد و  $Q$  فلوی حاصله و موجود در فاصله هوایی در موتور می باشد تغییر ولتاژ در موتور dc می تواند سرعت آنرا تغییر دهد یعنی می تواند رسیدن به حالت پایدار را آنرا طولانی کند و حتی اگر از حدی بیشتر شود دیگر موتور به حالت پایدار نخواهد رسید و موتور دائماً با سرعت ثابتی خواهد چرخید که ناپایداری سیستم و عدم کنترل در نقطه مورد نظر به همراه خواهد داشت که این مشکل را می توانیم یکی از مشکلات افزایشی یا تغییرات ولتاژ در موتورهای dc دانست

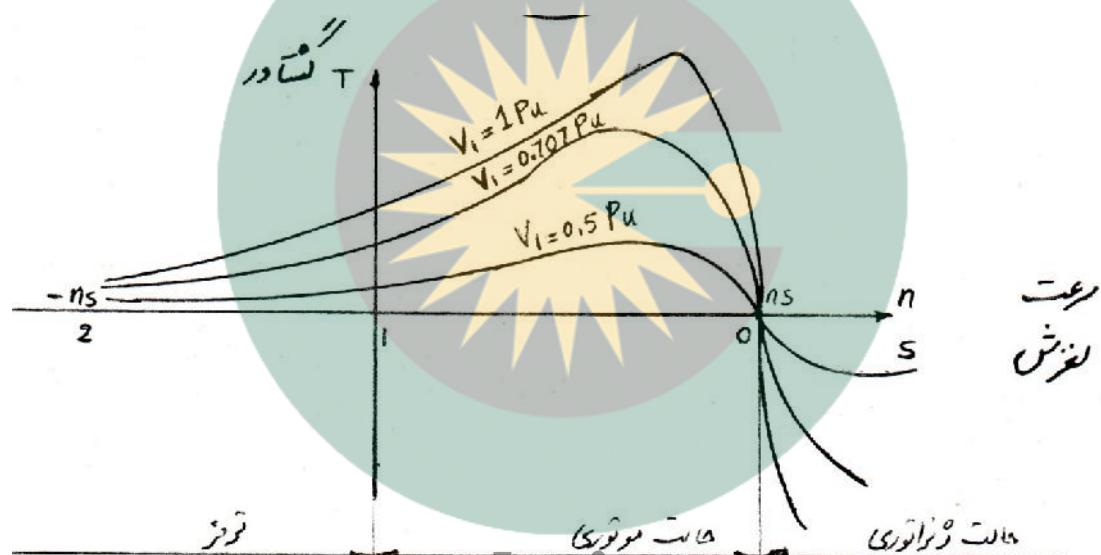
چنانچه میدانیم گشتاور تولیدی (القایی) یک موتور dc نیز به ولتاژ آن و سرعت آن بستگی خواهد داشت با تغییرات ولتاژ گشتاور القایی یعنی قدرت مکانیکی آن تغییر کرده و به عنوان مثال اگر ولتاژ کم شود گشتاور نیز کم خواهد شد که باعث می شود از موتور نتوان در مصارفی مخصوص استفاده کرد. مثلاً در جاهایی که گشتاور ثابتی مورد نیاز است مثل آسانسورها از این گونه موتورها علیرغم خواص و خصوصیات بسیار خوبی که دارند نمی توان استفاده کرد.

### ورهای ac و اثرات تغییر ولتاژ بر روی آنها :

این موتورها یکی از پر مصرف ترین موتورها در صنعت هستند و به طور بسیار وسیعی مورد استفاده قرار می گیرند و دلیل آن را می توان چنین توصیف کرد چون اولاً این موتورها از نظر ساختمانی بسیار ساده تر از موتورهای دیگر بوده و تکنولوژی ساخت آن چندان پیچیده نیست پس می تواند به قیمت مناسبی در دسرس

قرار گیرد و ثانیاً اینکه این موتورها به هیچگونه مدار راه اندازی و سیم پیچ تحریک و... احتیاج ندارد چون توسط اختلاف مکانی سیم پیچ های داخلی موتور و همچنین خاصیتی که دستگاه ولتاژ سه فاز دارد یک میدان ثابت چرخان در داخل آن ایجاد شده است (استاتور) که این میدان چرخان در روتوری اتصال کوتاه شده است القا شده و یک میدان در روتور اتصال کوتاه شده به وجود می آورد که اثر متقابل میدان روتور و میدان چرخان استاتور باعث تولید گشتاوری در موتور می گردد و موتور را می چرخاند که احتیاج به هیچ گونه راه اندازی و مدار راه انداز ندارد. البته بجز اینکه در موقع راه اندازی با یستی جریان راه اندازی آنرا محدود کرد چون می دانیم که این موتور ها در موقع راه اندازی جریانی حدود ۵الی ۶ برابر جریان نامی خود می کشند پس بایستی به این نکته توجه کرد.

گشتاور در تولیدی در موتورهای AC متناسب با ولتاژ اعمالی به موتور می باشد یعنی با تغییرات ولتاژ، گشتاور نیز تغییر خواهد کرد که مشخصه ای را که موتور انتظار داریم نخواهد داد.



چنانچه به منحنی گشتاور موتور القایی توجه شود خواهیم دید که این موتور در حالت راه اندازی ( $n=0$ ) یا ( $s=1$ ) دارای مقداری گشتاور است ولی در حالت سرعت سنکرون ( $ns$ ) هیچ گشتاوری ندارد پس می توان نتیجه گرفت که این موتور هیچگاه به سرعت سنکرون ( $ns$ ) نخواهد رسید بلکه با یک لغزش کوچک نسبت به سرعت سنکرون می چرخد. که می توان گفت چون موتور در هر حالتی باشد با سرعتی نزدیک به سرعت سنکرون می چرخد، تغییرات ولتاژ تاثیر چندانی بر روی سرعت آن ندارد البته ممکن است کمی مقدار لغزش ( $s$ ) را تغییر دهد که آن هم ناشی از تغییر منحنی گشتاور است از این تاثیر چندان مهم نیست.

## ف کنندہ های روشنایی :

نوع سوم مصرف کنندہ هایی که در دستہ بندی های اولیه در نظر گرفتیم مصرف کنندہ های روشنایی بود کہ در اینجا بایستی آنها را مورد بررسی قرار دهیم

میدانیم مصرف کنندہ های روشنایی مانند انواع لامپ ها با تغییرات ولتاژ، مقدار شار نوری تولیدیشان تغییر می کند کہ این حالت تقریباً عمومیت دارد یعنی در تمامی انواع لامپ ها با تغییر ولتاژ روشنایی و نور آنها نیز خواهد کرد.

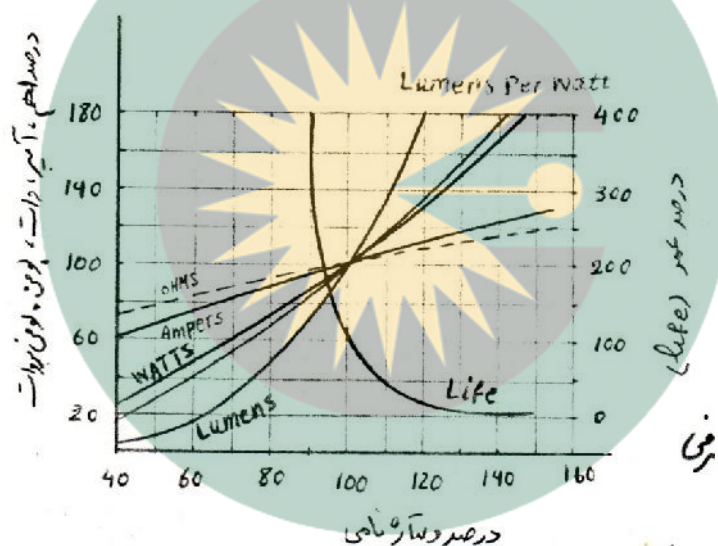
اثر تغییرات فشار الکتریکی (ولتاژ) در کارکرد لامپهای التهابی یا رشته ای:

هر چقدر ولتاژ اعمالی به لامپها را زیاد کنیم

الف- جریان بیشتری از لامپ می گذرد

ب- توان نوری آن افزایش می یابد

ج- افزایش جریان باعث کوتاه شدن عمر لامپ می گردد.



منحنی های نشان داده شده در بالا تغییرات توان الکتریکی معرفی (W) توان نوری (Lm)،

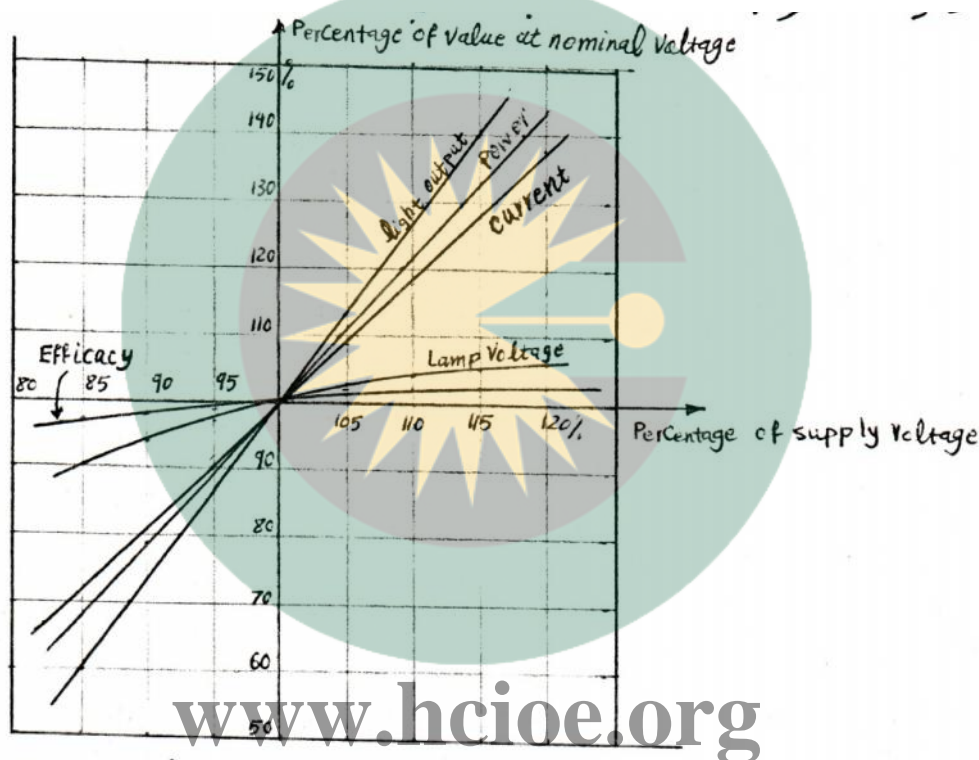
عمر لامپ، جریان مصرفی (A)، لامپ التهابی رانشان میدهند و ملاحظه می شود کہ تغییرات ولتاژ اثرات فراوانی بر این مشخصه ها می گذارد.

## اثر تغییرات ولتاژ الکتریکی در کارکرد لامپهای بخار جیوه :

این لامپها در مقایسه با لامپهای رشته ای دارای بهره ی نوری بسیار بالاتری هستند. این لامپ ها از طریق عبور جریان برق در بخار جیوه و تحریک آن نور تولید می کنند ساختمان عمومی آنها به این ترتیب است کہ دارای دو حباب داخلی و خارجی هستند حباب داخلی از کوارتز ساخته می شود تا بتواند فشارهای زیادی را

تحمل کند و نیز باید درجه حرارتهایی تا حدود ۱۰۰۰ درجه کلوین را تحمل کند این حباب در دو انتها به حباب خارجی متصل است.

حباب داخلی ابتدا تخلیه می شود و سپس مقداری جیوه و کمی گاز آرگون برای کمک به راه اندازی به آن وارد می کنند. الکترودهای این گونه لامپها از رشته های مارپیچی تنگستن که روی میله ای از مولیبدیم پیچیده شده است، ساخته می شود و رودی آن از اکسید باریم یا توریم که به سهولت الکترون صادر می کند پوشیده شده است. برای راه اندازی از یک الکتروود کمکی که در نزدیکی یکی از الکتروودها قرار دارد استفاده می شود تغییرات ولتاژ بر روی توان نوری و توان الکتریکی و ضریب بهره نوری و عمر لامپ اثر میگذارد و در اثر افزایش ولتاژ عمر لامپ با سرعت کاهش می یابد (مانند لامپهای رشته ای)



این منحنی تغییرات مشخصات لامپ جیوه ای نسبت به درجه ولتاژ نامی آن نمایش می دهد. [۱۵]

چنانچه از منحنی ها پیداست با تغییر ولتاژ تغییرات قابل ملاحظه ای در هر یک از مشخصه های لامپ از جمله مقدار نور یا تشعشع ویا توان مصرفی و جریان عبوری از لامپ یا... بوجود می آید که باعث می شود لامپ آن طوری که انتظار می رود عمل ننماید و مشخصاتش تغییر کند. پس برای انتظار داشتنی از اینکه لامپ مشخصه های تقریباً ثابتی داشته باشد لازم است که تغییرات ولتاژ را کم کنیم.

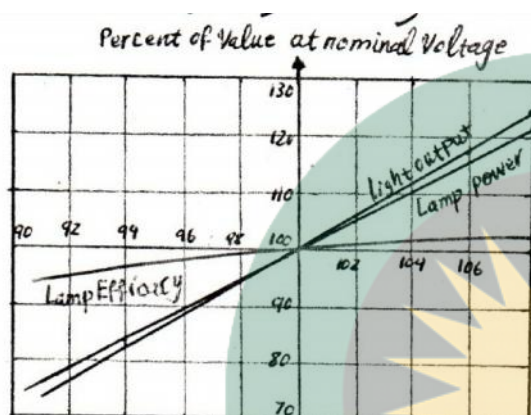


## اثر تغییرات ولتاژ الکتریکی در کارکرد لامپهای بخار سدیم :

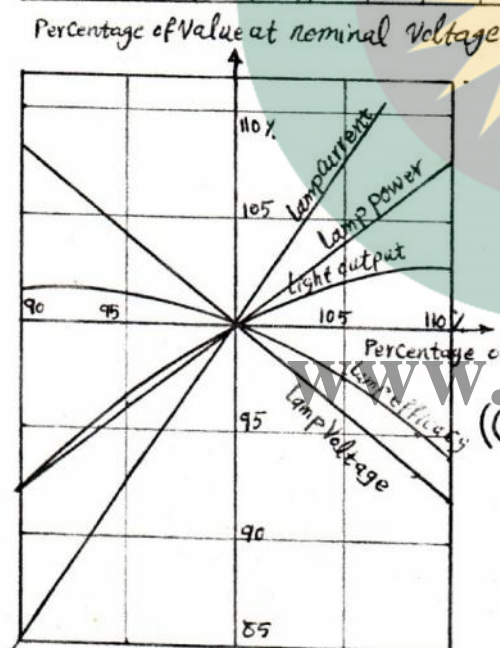
ساختمان این لامپها شبیه لامپهای بخار جیوه بوده و سدیم به عوض جیوه و گاز نئون بجای گاز آرگون مورد استفاده قرار می گیرد. این لامپها را می توان بطور کلی به دو دسته تقسیم نمود .

الف) لامپ سدیم با فشار کم ب) لامپ سدیم با فشار زیاد

تغییرات ولتاژ بر روی توان نوری و الکتریکی و ضریب بهره ی نوری لامپ اثر گذاشته بطوریکه ، با افزایش ولتاژ، توان نوری و ضریب بهره ی نوری لامپ سدیم با فشار زیاد افزایش می یابد در صورتیکه در لامپ سدیم با فشار کم در اثر افزایش ولتاژ ، توان الکتریکی و نوری افزایش می یابد و ضریب بهره ی نوری کم می شود .



تغییرات توان الکتریکی، توان نوری، ضریب بهره نوری نسبت به درصد ولتاژ نامی لامپ سدیم با فشار کم (SON)



تغییرات جریان، توان الکتریکی، توان نوری،

ضریب بهره نوری نسبت به درصد تغییرات ولتاژ

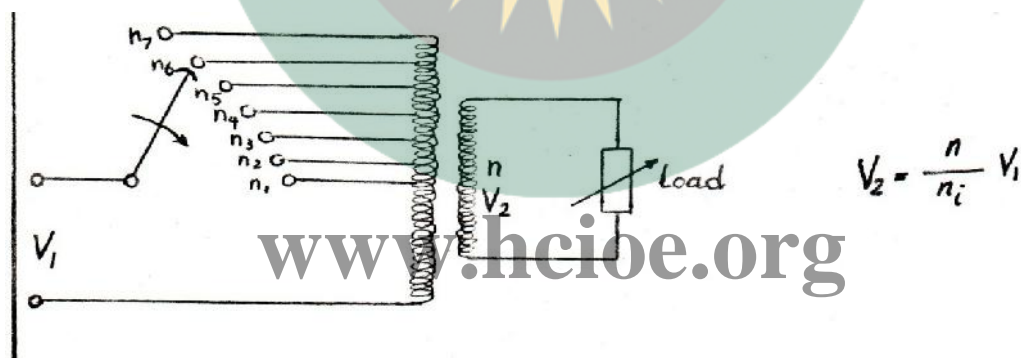
نامی لامپ سدیم با فشار کم ( ۱۴۰ وات (SLI))

## تغییرات ولتاژ از نظر تغییر شکل موج:

چنانچه میدانیم هر گونه تغییر شکل از حالت سینوسی ایجاد هارمونیکهایی علاوه بر هارمونیک اصلی ( $50\text{ Hz}$ ) می کند که ممکن است مشکلاتی را در سیستم قدرت بوجود آورد. که یکی از کوچکترین مشکلاتی که وجود دارد اینست که ممکن است ما سیستمی را طوری طراحی کرده باشیم که شامل یک فیلتر سلفی - خازنی باشد که در فرکانس  $50\text{ Hz}$  به خوبی عمل نماید و هیچ گونه عیبی ایجاد نکند حال آنکه ممکن است به عنوان مثال هارمونیک پنجم سیستم قدرت ( $250\text{ Hz}$ ) در آن فیلتر ایجاد رزونانس کند که در این صورت در اثر رزونانس ولتاژهای فراوانی در دو سر سلف و خازن ایجاد می شود در صورتی که مجموع این دو ولتاژ مقدار کمی باشد که ممکن است عایق بندی سیم پیچ و حتی خازن را نابود سازد.

## روشهای کاهش ویا از بین بردن تغییرات ولتاژ در سیستمهای قدرت:

روشهای متفاوتی برای جلوگیری از تغییر ولتاژ وجود دارد که بنابر مقتضیات زمان می توانیم از این روشها استفاده کرده و تا حدودی تغییرات ولتاژ را به کمترین مقدار رساند و یا حتی الامکان از بین برد. اساس این کار استفاده از ترانسهای با تعداد tap changer های متفاوت است که در صورت تغییر ولتاژ مثلاً کم شدن ولتاژ این tapها را طوری تنظیم کنیم که تغییر یا کاهش را جبران کند و به مقدار اولیه بر گردد تا بتوانیم اثرات نامطلوب گفته شده را جبران سازیم روش قدیمی استفاده از tap changer دستی است که در صورت مشاهده تغییر ولتاژ با آن مخالفت کرده و آنرا جبران کنیم.



اگر تغییری در ولتاژ  $V_2$  بوجود آید این تغییر ناشی از تغییر  $V_1$  ویا تغییر بار می تواند باشد که با تغییر کلیدها و نسبت  $\frac{n}{n_1}$  می توانیم ولتاژ  $V_2$  را تا حد معقولی ثابت نگهداریم که هرچه تعداد کلیدها بیشتر باشد یعنی tapهای متعددی داشته باشیم می توانیم کنترل دقیق تری بر روی ولتاژ  $V_2$  داشته باشیم. در ادامه حفاظت چند نوع وسیله الکتریکی پر کاربرد نظیر الکتروموتورها می پردازیم.

## حفاظت موتورهای جریان متناوب:

:

موتور سنکرون معمولاً در صنایع سنگینی بکار گرفته می شود و از این جهت قدرت آن زیاد و گاهی از ۱MVA تجاوز می کند و چون تمام اتصالاتی ها و معایب و تغییرات ولتاژ و .... که در داخل ژنراتور سنکرون ممکن است پیش آید برای موتور سنکرون نیز صادق است لذا اغلب وسایل حفاظتی ژنراتور به صورت ساده تری در حفاظت موتور سنکرون نیز بکار گرفته می شود. بخصوص رله اضافه بار یا رله های کاهش ولتاژ  $undervoltage$  در این سیستمها اهمیت فراوانی دارد. اما از نظر اینکه رله ی اضافه بار و کاهش ولتاژ در موتورهای آسنکرون اهمیت بیشتری دارد پس استفاده از رله ی اضافه بار را در مورد حفاظت موتور آسنکرون توضیح می دهیم. (۵)

### موتورهای آسنکرون:

از آنجا که هر ماشین آسنکرونی را ممکن است به صورت موتور یا ژنراتور براه انداخت لذا دستگاههای حفاظتی بدون توجه به مورد استعمال ماشین (موتور یا ژنراتور) طرح ریزی می شود. البته ممکن است که یک موتور آسنکرون نیز اتصال زمین پیدا کند ولی اصولاً برای موتور آسنکرون رله ی مخصوص اتصال زمین یا اتصال بدنه در نظر گرفته نمی شود بلکه فقط به وصل کردن بدنه موتور به زمین اکتفا می شود.

موتورهای آسنکرون بیشتر در اتصال کوتاه و یا جریان زیاد خراب می شوند و زیان می بینند جریان زیاد ممکن است در اثر بار زیاد از حد موتور از شبکه کشیده شود و یا در اثر متناسب نبودن ولتاژ در شبکه پیش آید موتورهای سه فاز در اثر دو فاز شدن برق موتور در ضمن کار نیز جریان زیاد می کشند. قطع ولتاژ معمولاً نمی تواند به موتور خسارت وارد کند تنها، بیشتر برگشت غیر مترقبه و پیش بینی نشده ولتاژ ممکن است به دستگاههایی که توسط این موتور کار می کنند و حتی به متصدی مربوط خسارات قابل توجهی وارد کنند در موقع ریزی رله های حفاظتی موتور آسنکرون با روتور قفسه ای باید به جریان راه اندازی آن که ممکن است از ۶ برابر جریان نامی تجاوز کند توجه کامل نمود. جریان راه اندازی موتورهای متناسب با نوع آنها در حدود ۱۰ تا ۲۰ ثانیه و گاهی بیشتر طول می کشد تا به حد نامی خود برسد و به این جهت باید رله ی جریان زیاد زمانی در این مدت اقدام به قطع بی موقع موتور ننماید و بالاخره چون موتورهای آسنکرون با قدرت از چند دهم کیلو وات تا چند مگاوات ساخته شده اند باید در موقع طرح ریزی حفاظت موتور به قدرت موتور توجه خاصی نمود و متناسب با قدرت و ارزش و اهمیت موتور وسایل حفاظتی را در نظر گرفت.



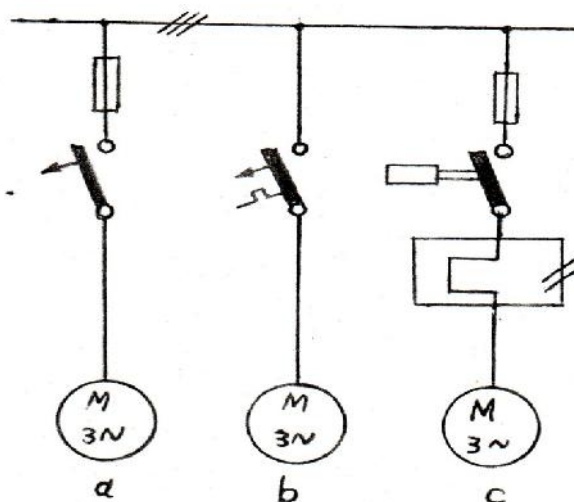
## حفاظت موتور در مقابل اتصال کوتاه و اضافه بار

### حفاظت توسط فیوز: (fuse protection of motors)

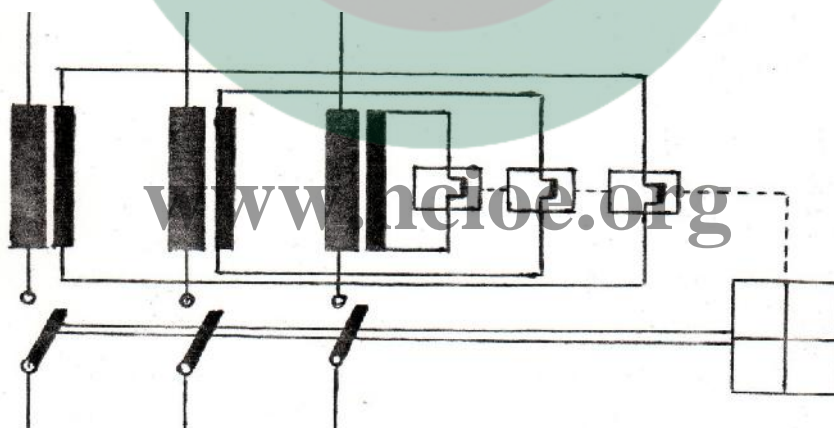
فیوز به علت داشتنی منحنی مشخصات قطع مخصوص بخود فقط به عنوان حفاظت اتصال کوتاه می تواند مفید واقع شود و به این جهت فقط موتورهای با قدرت کم، توسط فیوز حفاظت می شوند برای اینکه فیوز به هنگام شروع کار موتور باعث قطع جریان نشود، باید اولاً برای حفاظت موتور از فیوز تنبل (کند کار) استفاده نمود و در ثانی جریان نامی فیوز را در حدود دو برابر جریان نامی موتور انتخاب نمود برای حفاظت موتورهای آسنکرون فشار کم و قدرت متوسط و بزرگ خیلی به ندرت از فیوز استفاده می شود. موتورهای فشار متوسط که دارای قدرت اتصال کوتاه زیادی هستند اغلب به فیوز با قدرت قطع زیاد (فیوز NH یا HH) مجهز می شوند. بدینوسیله می توان برای قطع و وصل موتور بجای کلید قدرت از کلید بار که دارای قدرت قطع کمتری است استفاده کرد. فیوز با سیم ذوب شونده بعلا اینک جریان را قبل از اینکه به ماکزیمم شدت خود برسد قطع می کند بر فیوزهای کلیدی (فیوز اتوماتیک) برتری دارند و چون جریان اتصال کوتاه را سریع قطع می کند، اثر دینامیکی جریان اتصال کوتاه نیز محدود می شود در صورتیکه فیوز فقط برای حفاظت موتور در برابر اتصال کوتاه بکار برده می شود، باید جریان نامی آن قدری بیشتر از جریان راه اندازی موتور باشد.

### رله ی جریان زیاد (over current Relay)

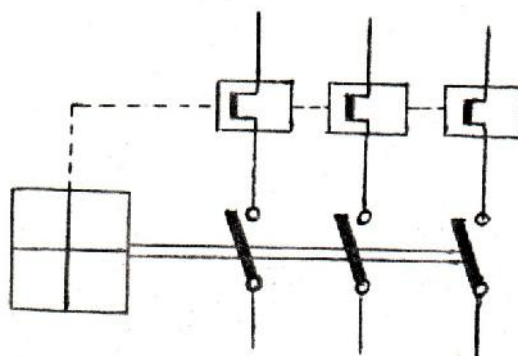
استفاده از فیوز برای حفاظت موتور آسنکرون این عیب را دارد که چون جریان نامی آن باید در حدود ۲ برابر جریان نامی موتور پیش بینی شود (به علت جریان راه اندازی) لذا نمی تواند موتور را در مقابل اضافه بار حفاظت کند از این جهت برای حفاظت موتورها اغلب از رله های جریان زیاد زمانی و رله جریان زیاد تاخیری استفاده می شود. در موتورهای فشار ضعیف، رله ی جریان زیاد زمانی و رله ی جریان زیاد تاخیری و کلید هر سه تشکیل یک واحد الکتریکی را میدهد و کلید موتوری نامیده می شود. در موتورهای فشار متوسط این رله ها به طور مجزا از کلید نصب می شود و فرمان قطع توسط مدار فرمان فرعی رله ها به کلید صادر می شود. در این شکل موتور (a) بوسیله ی فیوز و رله ی حرارتی در مقابل جریان زیاد و بار زیاد حفاظت می گردد و موتور (b) مجهز به کلید خود کار موتوری است که دارای رله ی حرارتی (رله ی جریان زیاد تاخیری) و رله ی مغناطیسی (رله ی جریان زیاد زمانی) میباشد. و موتور (c) توسط رله ی بار زیاد و فیوز حفاظت شده است در این طریقه همانطور که گفته شد بجای کلید قدرت از کلید با قدرت کوچک استفاده می گردد



رله ی جریان زياد تاخيري که براي حفاظت موتور در مقابل بار زياد بکار برده مي شود معمولاً از نوع رله ی حرارتي و يا رله ی اندوکسيوني با صفحه گردان مي باشد زيرا منحنی مشخصات قطع اين رله با جريان راه اندازی موتور آسنکرون هم آهنگي بيشتري دارد و زمان قطع آن نيز تا حدودی قابل تنظيم است. اما از آنجا که اين رله ها گرانشيمت مي باشند در مورد موتورهای کوچکتر بيشتري از رله ی بیمتال که دارای زمان قطع غير قابل تنظيم مي باشند استفاده مي شود اين رله ها را مي توان پريمير يا زکوندر بکار برد. رله ی پريمير احتياج به ترانس جريان ندارد (CT) ولی به علت اينکه اغلب آنها تحمل جريان اتصال کوتاه را ندارند. و يا به عبارت ديگر مقاوم در مقابل جريان اتصال کوتاه نيستند، نمی توانيم براي موتورهای با قدرت اتصال کوتاه زياد بکار برد. در اين موقع است که از رله ی زکوندر که بر روی ترانس جريان بسته مي شود استفاده مي کنند



رله ی زکوندر که بایستی برای حفاظت در مقابل اتصال کوتاه دارای ترانس جريان (CT) باشند. رله ی پريمير که اين رله ها چون جريانشان زيادنيست احتياج به (CT) ندارند چون اغلب بارشان سبک است و جريان چندان زيادی که نتواند تحمل کنند ندارند.



## کابل کابل کشی

### تعریف کابل :

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

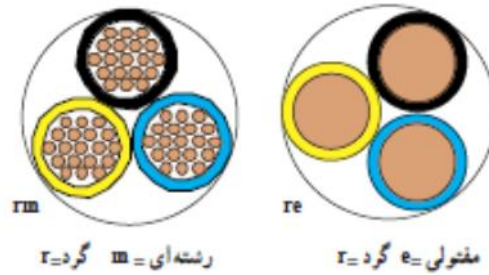
### ساختمان کابلها :

به طور کلی کابل ها همواره از دو قسمت اصلی هادی و عایق تشکیل شده اند. تفاوت کابل ها ناشی از کاربرد آن هاست. یعنی نوع کارشان موجب می شود که جنس، شکل، سطح مقطع و تعداد هادی ها و عایق ها با یکدیگر تفاوت داشته باشند. این تفاوت ها موجب تقسیم بندی کابل ها می گردد. ساختمان و اجزای تشکیل دهنده کابل های مخابراتی کاملاً با کابل های مورد استفاده در صنعت برق فشار قوی و فشار ضعیف تفاوت دارند.

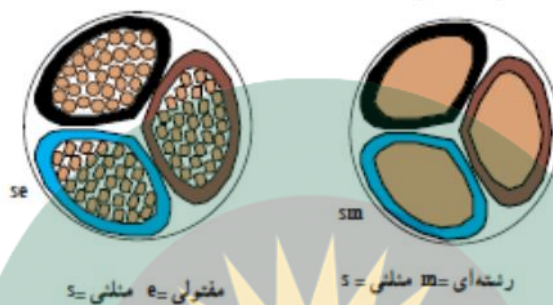
### هادی کابلها :

هادی ها از سیم مسی تقریباً خالص و دارای انعطاف قابل قبول یا از آلومینیوم یا آلیاژهای مخصوص ساخته می شوند. سطح مقطع هادی ها، با توجه به مقدار جریان عبوری و نوع کاربرد، در اندازه های گوناگون و شکل های متفاوت درست می شود. هادی های کابل را از دیدگاه های مختلف می توان تقسیم بندی نمود. در این جا کابل ها را از نظر سطح مقطع هادی و تعداد رشته به صورت زیر مورد بررسی قرار می دهیم.

هادی ها از نظر تعداد رشته به دو شکل تک رشته (مفتولی) و چند رشته (افشان) مطابق شکل زیر وجود دارند برای مشخص کردن هادی های تک رشته از حرف اختصاری (e) استفاده می شود. و برای کابل های چند رشته از حرف اختصاری (m) استفاده میشود.



هادی ها از نظر شکل سطح مقطع نیز به دو شکل گرد و مثلثی (سکتور) مطابق شکل وجود دارند. برای مشخص کردن هادی های گرد از حرف اختصاری (r) و کابل های مثلثی از حروف اختصاصی (s) استفاده می شود.



### عایق کابل ها :

با توجه به این که کابل ها در زیر زمین و یا روی تجهیزات فلزی نصب می شوند، نباید هیچ گونه اتصال الکتریکی بین هادی و زمین برقرار گردد. به عبارت دیگر، باید ولتاژ روی بدنه عایق نسبت به زمین صفر باشد. برای عایق کردن کابل های الکتریکی، بسته به نوع مصرف و ولتاژ روی هادی کابل، از مواد مختلفی به عنوان عایق استفاده می شود، که مهم ترین آن ها به شرح زیر اند:

کاغذهای آغشته به روغن مخصوص

مواد لاستیکی

مواد پی وی سی (pvc) که به نام پرتودور معروف است

مواد عایق از جنس پلی اتیلن، که به نام XLPE معروف است.



برای جلوگیری از اشتباه و جهت تشخیص سیم های کابل از یکدیگر ، عایق سیم های کابل از یکدیگر، عایق سیم های هادی را در رنگ های مختلف انتخاب می کنند. در جدول ذیل رنگ بندی عایق سیم ها براساس استاندارد ۰۲۷۱ VDE آلمان و ۱-۶۰۷ موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران نشان داده شده است.

تعداد سیم های کابل	رنگ عایق سیم های کابل بدون سیم (محافظ (سیم ارت)	رنگ عایق سیم های کابل با سیم (محافظ (سیم ارت)
۱ سیمه	سیاه	—
۲ سیمه	سیاه — آبی	—
۳ سیمه	سیاه — آبی — قهوه ای	سبز و زرد — آبی — قهوه ای
۴ سیمه	سیاه — آبی — قهوه ای — سیاه	سبز و زرد — آبی — قهوه ای — سیاه
۵ سیمه	سیاه — آبی — قهوه ای — سیاه — سیاه	سبز و زرد — آبی — قهوه ای — سیاه — سیاه
۶ سیمه و بالاتر	تمام سیم ها سیاه و روی همه آن ها شماره زده می شود	سبز و زرد — بقیه سیم ها سیاه و روی همه آن ها شماره زده می شود

### غلاف کابل :

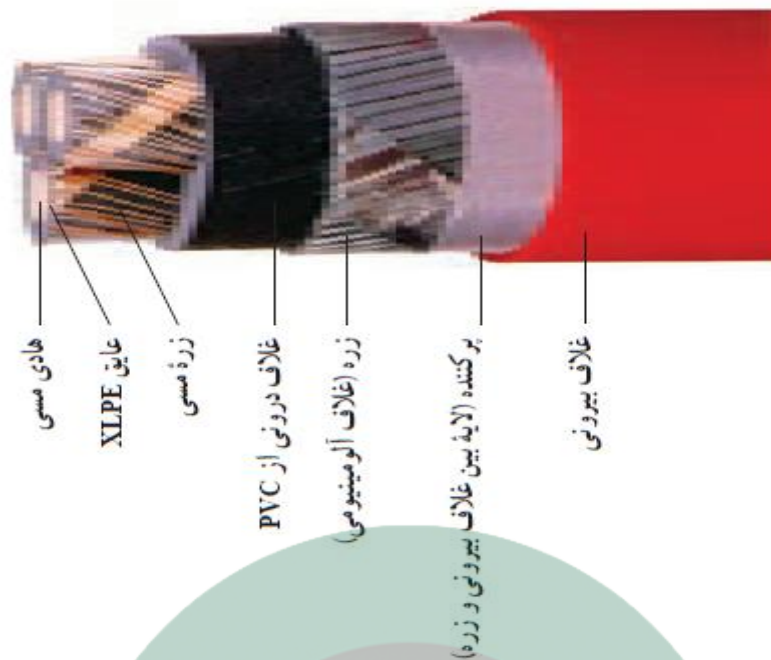
در برخی کابل ها از لایه و یا لایه هایی در روی کابل استفاده می شود که می توانند عایق کابل را در مقابل انواع نیروهای مکانیکی محافظت کنند و هم چنین از نفوذ رطوبت به داخل کابل جلوگیری نمایند. اصطلاحاً به این محافظ "زره" یا "غلاف کابل" می گویند. در ساده ترین حالت، مطابق شکل زیر کابل دارای یک غلاف از مواد پی وی سی است که کابل را در مقابل عوامل بیرونی، از جمله نفوذ رطوبت محافظت می کند.



کابل ها را از نظر کاربرد به دو دسته کابل های مسلح و کابل های غیر مسلح می توان تقسیم نمود . کابل های مسلح که برای تحمل ضربه ها، فشار، نفوذ رطوبت و سایر عوامل دارای محافظ اند و کابل های غیر مسلح که فاقد محافظ اند.



کابل با غلاف آلومینیومی



### عوامل موثر در انتخاب کابل :

- جریان مورد نیاز بار و میزان تحمل کابل در برابر جریان عبوری
- ولتاژ نامی (ولتاژ نامی مورد استفاده با ولتاژ نامی قابل تحمل کابل برابر یا کم تر باشد)
- افت ولتاژ مجاز
- حفاظت مدار
- بار اتصال کوتاه مجاز
- شرایط محیطی (دمای محیط، میزان فشار و کشش وارد بر کابل، رطوبت محیط و اثرات خوردگی محل نصب کابل)

از بین عوامل فوق جهت تعیین سطح مقطع کابل باید به جریان مورد نیاز مصرف کننده و میزان تحمل کابل در برابر عبور جریان و افت ولتاژ مجاز، توجه خاص داشته باشیم.

### جریان مجاز :

جریان مجاز عبوری از کابل ها به گونه ای تعیین می شود که در هر نقطه از کابل، حرارت تولید شده در هادی های آن به خوبی به محیط اطراف منتقل شود؛ به طوری که درجه حرارت عایق در سطح هادی کابل های پی.وی.سی از ۷۰ درجه سانتی گراد بیشتر نشود. میزان تحمل جریان کابل به شرایط محیطی آن، که در هوای آزاد و یا محیطی بسته باشد، بستگی دارد. هر چه میزان جریان عبوری از کابل بیشتر باشد، حرارت ایجاد شده در فضای اطراف آن زیادتر خواهد بود و باید در نحوه قرار گرفتن کابل ها در کنار هم به آن توجه کرد.

جدول قابلیت بار مجاز سیم های مسی عایق دار و سطح مقطع های مربوط

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

جدول زیر جریان مجاز کابل های برق را با توجه به قرارگیری در خاک یا هوای آزاد و همچنین با توجه به تعداد رشته سیم های آن نشان میدهد.

جدول جریان مجاز کابل های برق با ولتاژ اسمی ۱KV

سطح مقطع (mm) <sup>۲</sup>	سه تا کابل یک سیمه سه فاز (amp)		کابل های ۳ و ۴ سیمه (amp)		کابل های ۲ سیمه (amp)		کابل های ۱ سیمه جریان مستقیم (amp)		سطح مقطع (mm) <sup>۲</sup>
	طرز قرار گرفتن کابل ها	طرز قرار گرفتن کابل ها	در خاک	در هوای آزاد	در خاک	در هوای آزاد	در خاک	در هوای آزاد	
۱/۵	—	—	—	—	۲۷	۲۱	۲۶	۳۷	۱/۵
۲/۵	—	—	—	—	۳۶	۲۹	۳۵	۵۰	۲/۵
۴	—	—	—	—	۴۶	۳۵	۴۶	۶۵	۴
۶	—	—	—	—	۵۸	۴۸	۵۸	۸۳	۶
۱۰	—	—	—	—	۷۷	۶۶	۸۸	۱۱۰	۱۰
۱۶	۱۱۰	۱۱۰	۱۲۰	۸۰	۱۰۰	۹۰	۱۱۵	۱۰۵	۱۶
۲۵	۱۴۰	۱۳۵	۱۵۵	۱۰۵	۱۳۰	۱۲۰	۱۵۰	۱۴۰	۲۵
۳۵	۱۷۰	۱۷۰	۱۸۵	۱۳۰	۱۵۵	۱۵۰	۱۸۰	۱۷۵	۳۵
۵۰	۲۲۰	۲۰۵	۲۲۰	۱۶۰	۱۸۵	—	—	۲۱۵	۵۰
۷۰	۲۴۵	۲۶۰	۲۷۰	۲۰۰	۲۳۰	—	—	۲۷۰	۷۰
۹۵	۲۸۰	۲۹۵	۳۲۰	۲۴۵	۲۷۵	—	—	۳۳۵	۹۵
۱۲۰	۳۳۰	۳۷۵	۳۷۰	۲۸۵	۳۱۵	—	—	۳۹۰	۱۲۰

## در کابل :

در انتخاب کابل، علاوه بر جریان مجاز عبوری، طول کابل که متناسب با افت ولتاژ است نیز عامل تعیین کننده ای به شمار می آید. در مصرف کننده های موتوری سه فازه افت ولتاژ نباید از ۳ درصد ولتاژ نامی تجاوز کند. یعنی در شبکه ایران حداکثر افت ولتاژ مجاز برابر خواهد شد با

$$V = \% \quad V * V = \quad * \quad = \quad / \quad V$$

## محاسبه سطح مقطع کابلها :

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

$A =$  سطح مقطع کابل [بر حسب  $\text{mm}^2$ ]  
 $I =$  جریان مصرف کننده [بر حسب آمپر] (جریان خط در مصرف کننده های سه فاز)  
 $L =$  طول کابل [بر حسب متر]  
 $V_L =$  ولتاژ خط [بر حسب ولت]  
 $\% \Delta V =$  درصد افت ولتاژ  
 $\kappa =$  قابلیت هدایت مخصوص کابل بر حسب  $\left[ \frac{\text{m}}{\Omega \text{mm}^2} \right]$

$$A = \frac{I \times L \times \cos \phi}{\kappa \times \% \Delta V \times V}$$

برای مصارف تک فازه:

$$A = \frac{\sqrt{3} \cdot I \times L \times \cos \phi}{\kappa \times \% \Delta V \cdot V_L}$$

برای مصارف سه فازه :

## سیم های برق :

عمده ترین انواع سیم های عایق دار مورد استفاده در تأسیسات برقی و کارهای ساختمانی را می توان برابر استاندارد (VDE) به سه دسته کلی زیر تقسیم نمود.

[www.hcioe.org](http://www.hcioe.org)

## سیم های مفتولی :

هادی این نوع سیم ها از مس استاندارد شده با پوششی از ماده پی.وی. سی است ولتاژ اسمی سیم، ۴۵۰/۷۵۰ ولت است و برای جریان های مختلف، با سطح مقطع ۱,۵ تا ۲۴۰  $\text{mm}^2$  ساخته می شود. برای مصرف در تابلوهای برق و تأسیساتی که به طور ثابت نصب می شوند در نقاط خشک در داخل لوله، روی دیوار، داخل دیوار و خارج از آن با استفاده از مقره به کار می رود. استفاده از این سیم در داخل دیوار، به طور مستقیم، مجاز نیست



### سیم های نیمه افشان :

ساختمان این سیم ها مشابه سیم های مفتولی است . ولتاژ اسمی این سیم ۴۵۰/۷۵۰ ولت است و کاربرد آن مشابه سیم مفتولی است . فقط در مواردی که نیاز به انعطاف بیشتری نسبت به سیم مفتولی است، از این کابل استفاده می شود.

### سیم های افشان :

ساختمان این سیم ها مشابه سیم های مفتولی و نیمه افشان است . ولتاژ این اسمی این سیم ۳۰۰/۵۰۰ ولت است. قابلیت انعطاف این سیم نسبت به سیم های نیمه افشان بیشتر است

### نحوه استخراج اطلاعات از روی کابلها :

بر روی بدنه کابل ها از یک سری حروف، که نشان دهنده نوع عایق به کار رفته در کابل است و همچنین یک سری اعداد، که نشان دهنده تعداد رشته و سطح مقطع هر رشته است (به همراه حروف اختصاری تعداد رشته و سطح مقطع، در کنار ولتاژ قابل تحمل عایق کابل)، استفاده می شود . از این اطلاعات برای تشخیص زمینه کاربرد کابل ها می توان استفاده کرد.

با توجه به توضیحات فوق، ساختار کلی نوشتن اطلاعات روی کابل ها را به صورت زیر، می توان بیان کرد:



برای بیان جنس هادی و عایق به کار رفته در کابل ها و همچنین برای توضیحات بیشتر، از حروف اختصاری استفاده می شود به چند نمونه در جدول زیر اشاره می شود

حروف اختصاری	توضیحات
N	کابل های نرم شده با هادی مسی براساس استاندارد VDE
Y (اولین Y در ردیف حروف)	عایق پرتودور
Y (دومین Y در ردیف حروف)	روپوش پرتودور
NA (اولین حروف)	کابل های نرم شده با نوع هادی از جنس آلومینیوم
A (دومین حرف)	غلاف خارجی دوپل
B	کابل مسلح با نوار فلزی (بانداز فولادی)
K	غلاف سری

## جدول کد مشخصه انواع سیم و کابل با استانداردهای مربوطه

جدول کد مشخصه انواع سیم و کابل با استانداردهای مربوطه

نوع سیم و کابل	کد مشخصه	استاندارد مربوطه
سیم با هادی غیر قابل انعطاف	NYA	ISIRI(607) 01,05
سیم با هادی قابل انعطاف	NYAF	ISIRI(607) 02,06
سیم غیر قابل انعطاف مخصوص	NYA	ISIRI(607) 07
سیم قابل انعطاف مخصوص	NYAF	ISIRI(607) 08
کابل غیر قابل انعطاف سبک	NYM	ISIRI(607) 10
بند تخت دوتایی	NYZ	ISIRI(607) 42
کابل قابل انعطاف سبک	NYLHY	ISIRI(607) 52
کابل قابل انعطاف معمولی	NYMHY	ISIRI(607) 53
کابل قابل انعطاف سنگین	NYMHY	IEC&VDE
کابل قدرت تک رشته	YYY	ISIRI(3569-1)
کابل قدرت چند رشته	YYY-O(J)	ISIRI(3569-1)
کابل قدرت سه و نیم رشته	YYY-O	ISIRI(3569-1)
کابل قدرت شیلد دار	NYCY	ISIRI(3569-1)
کابل زرهی با حفاظ مفتول فولادی گالوانیزه	NYRY	ISIRI(3569-1)
کابل زرهی با حفاظ نوار فولادی گالوانیزه	NYGBY	ISIRI(3569-1)
کابل قدرت سه نیم رشته با هادی AL	NAYY-O	ISIRI(3569-1)
کابل قدرت سه نیم رشته XLPE	N2XY-O	ISIRI(3569-1)
کابل کنترل غیر قابل انعطاف	NYSLY-J	ISIRI(3569-1)
کابل کنترل قابل انعطاف	NYSLY-J-T	V.D.E 0281
کابل کنترل قابل انعطاف مهاردار	NYSLCY	V.D.E 0281
کابل کنترل خشک شیلددار	NYSLRY	IEC&VDE
کابل کنترل خشک زرهی	NYSLRY	ISIRI(3569-1)
سیم های تلفنی	YV,Y	V.D.E 0815&0812
کابل تلفنی (بدون حفاظ)	J-YY	V.D.E 0815
کابل تلفنی تاسیساتی	A-2Y(st)Y	V.D.E 0816
سیم دوپل هوایی	A-2Y-T	
کابل تلفنی تاسیساتی	J-Y(st)Y	V.D.E 0815
کابل تلفنی مشترکین	A-2Y(st)2Y	V.D.E 0816
کابل تلفنی مهاردار	A-2Y(st)2Y-T	V.D.E 0816

## جدول مسافت و سطح مقطع کابل مسی

مسافت (متر)	10	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600
سطح مقطع												
1.5 mm <sup>2</sup>	27	15	7	5								
2.5 mm <sup>2</sup>	36	25	12	8	6							
4 mm <sup>2</sup>	46	40	20	13	10	8	6					
6 mm <sup>2</sup>	58	58	30	20	15	12	10	8	7	6.5	6	5
10 mm <sup>2</sup>	77	77	50	33	25	20	16	14	12	11	10	8
16 mm <sup>2</sup>	100	100	80	53	40	32	26	22	20	17	16	13
25 mm <sup>2</sup>	130	130	125	83	62	50	41	35	31	27	25	20
35 mm <sup>2</sup>	155	155	155	115	86	69	57	49	43	38	34	28
50 mm <sup>2</sup>	185	185	185	156	117	93	78	66	58	52	46	38
70 mm <sup>2</sup>	230	230	230	222	166	133	114	95	83	74	66	55
95 mm <sup>2</sup>	275	275	275	275	225	180	150	129	117	100	90	75
120 mm <sup>2</sup>	315	315	315	315	275	222	185	159	139	123	111	92
150 mm <sup>2</sup>	355	355	355	355	330	264	220	189	165	147	132	110
185 mm <sup>2</sup>	400	400	400	400	393	314	262	220	196	174	157	131

## کابل میانگین خارجی

سطح مقطع نامی (mm <sup>2</sup> )	میانگین قطر خارجی (mm)
۲x۰,۷۵	۶,۳
۲x۱	۶,۷
۲x۱,۵	۷,۶
۲x۴	۱۱
۲x۶	۱۲,۲
۲x۱۰	۱۵,۸
۲x۱۶	۲۰
۳x۰,۷۵	۶,۷
۳x۱	۷,۱
۳x۲,۵	۱۰,۱
۳x۴	۱۱,۷
۳x۶	۱۳,۱
۳x۱۰	۱۶,۳
۳x۱۶	۲۰,۵
۴x۰,۷۵	۷,۳
۴x۱	۷,۹
۴x۱,۵	۹,۳
۴x۲,۵	۱۱,۱
۴x۴	۱۳
۴x۶	۱۴,۵
۴x۱۰	۱۸
۴x۱۶	۲۲,۵
۴x۲۵	۲۷,۲
۵x۱,۵	۱۰,۳

www.hcioe.org

۵x۲,۵	۱۲,۳
۵x۴	۱۴,۲
۵x۶	۱۶
۵x۱۰	۲۰
۵x۱۶	۲۵
۳x۲۵	۲۴
۳x۲۵+۱۶	۲۷
۳x۳۵	۲۸,۵
۳x۳۵+۱۶	۲۹
۳x۵۰	۲۸,۵
۳x۵۰+۲۵	۲۹

کابل

میانگین خارجی

میانگین قطر خارجی (mm)	سطح مقطع نامی (mm <sup>2</sup> )
۱۱,۶	۲x۱,۵
۱۲,۵	۲x۲,۵
۱۴,۲	۲x۴
۱۵,۲	۲x۶
۱۶,۹	۲x۱۰
۱۹,۸	۲x۱۶
۱۲	۳x۱,۵
۱۲,۹	۳x۲,۵
۱۴,۸	۳x۴
۱۵,۸	۳x۶
۱۸,۶	۳x۱۰
۲۰,۹	۳x۱۶
۲۴,۶	۳x۲۵
۲۶,۳	۳x۳۵
۱۹,۸	۴x۱,۵
۱۳,۸	۴x۲,۵
۱۵,۹	۴x۴
۱۷,۱	۴x۶
۲۰,۲	۴x۱۰
۲۲,۷	۴x۱۶
۲۶,۹	۴x۲۵
۱۳,۱	۵x۱,۵
۱۴,۸	۵x۲,۵
۱۷,۱	۵x۴

۵x۶	۱۸,۵
۵x۱۰	۲۲
۵x۱۶	۲۲,۸
۳x۲۵+۱۶	۲۶,۵
۳x۳۵+۱۶	۲۸,۵
۳x۵۰+۲۵	۲۸,۵
۳x۷۰+۳۵	۳۱,۵
۳x۹۵+۵۰	۳۶
۳x۱۲۰+۷۰	۳۹
۳x۱۵۰+۷۰	۴۳
۳x۱۸۵+۹۵	۴۷
۳x۲۴۰+۱۲۰	۵۴

### کابل جریان ضعیف :

کابل های اصلی سیستم های جریان ضعیف را می توان به دو نوع کابل های با زوج تاییده و کابل های هم محور تقسیم بندی کرد. البته در دسته بندی دیگری می توان کابل مقاوم در برابر حریق آتش و کابل تغذیه ولتاژ پایین قطعات و تجهیزات این سیستم ها را دسته بندی کرد.

کابل های با زوج تاییده (TP):

علت تاییدن زوج سیم ها در این کابل ها به این دلیل است که هادی ها، میدان مغناطیسی را در اطراف خود ایجاد نکنند و دیگر اینکه اثرات نویز ایجاد شده روی خود را خنثی کنند این کابل ها در مدارهای مخابرات کاربرد فراوان دارند و می توان آنها را به دو نوع بدون حفاظ (UTP:Unshilded Twisted Pair) و باحفاظ (STP:Shilded Twisted Pair) تقسیم بندی کرد.



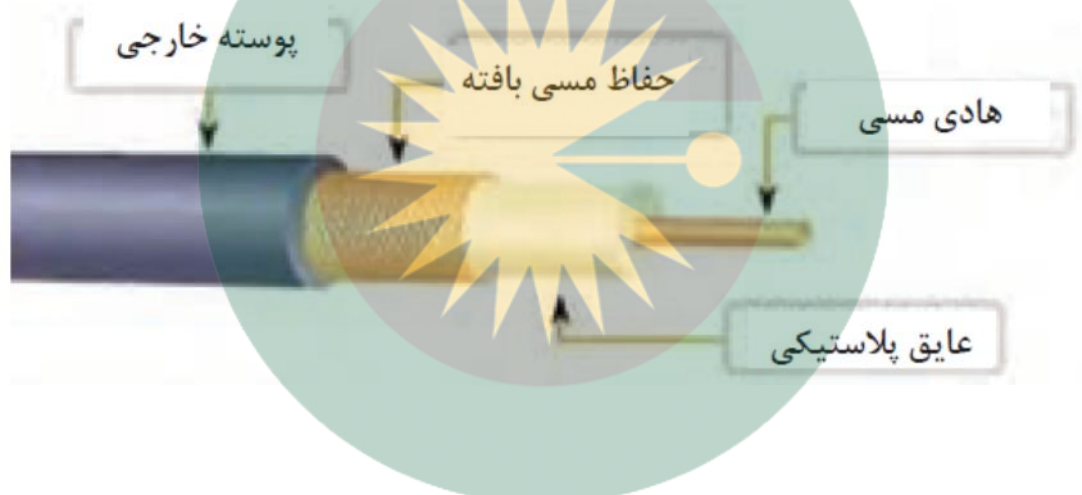
دو نوع کابل با حفاظ و بدون حفاظ

مشخصات	رسته
در ارتباط تلفنی استفاده می شود و برای انتقال اطلاعات (داده ها) استفاده نمی شود.	CAT-۱
توانایی انتقال داده ها را تا سرعت ۴Mbps دارد.	CAT-۲
در شبکه ها با استاندارد T-۱۰Base استفاده می شده است و توانایی انتقال داده تا سرعت ۱۰Mbps را دارد.	CAT-۳
در شبکه های Token Ring استفاده شده است و توانایی انتقال داده تا سرعت ۱۰Mbps را دارد.	CAT-۴
توانایی انتقال داده تا سرعت ۱۰۰۰Mbps را دارد.	CAT-۵e
از هر ۴ زوج سیم به هم تابیده شده جهت انتقال داده استفاده می شود و سریع ترین سرعت انتقال را دارد.	CAT-۶

رسته انواع کابل های TP

کابل های هم محور (Coaxial):

این کابل ها در برابر عوامل محیطی مزاحم و مختل کننده مقاومت خوبی دارند و اجزای آن در زیر در شکل نشان داده شده است.



[www.hcioe.org](http://www.hcioe.org)



تصویر دو نوع کابل کواکسیال RG (Radio Guid)