

مقدمه

امروزه صنعت برق یکی از حیاتی ترین صنایع یک کشور به حساب می آید. در این میان شبکه های توزیع انرژی الکتریکی، محل تلاقی مشترکین صنعت برق می باشد؛ بنابراین یادگیری صحیح، به کار بردن استانداردها، نوآوری و انتقال دانش فنی برای کار آموزان برق شدیداً احساس می شود. در این فصل بطور مفصل با تجهیزات شبکه توزیع نیروی برق آشنا خواهیم شد.

فصل سوم

تجهیزات شبکه های توزیع

آشنایی با تجهیزات شبکه های توزیع پایه ها

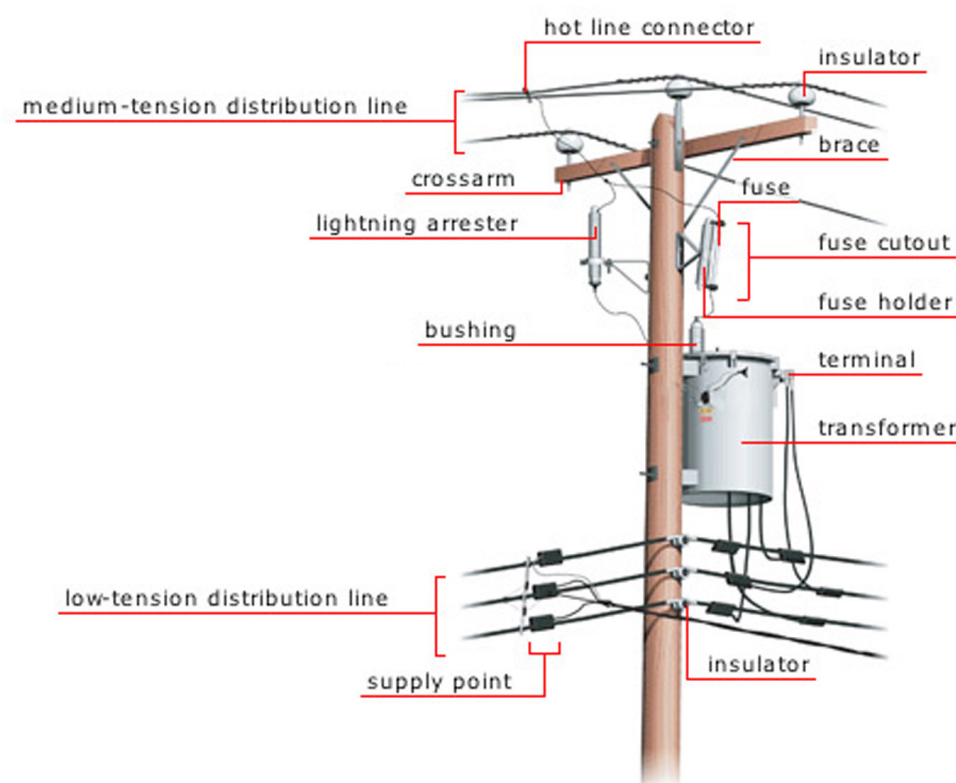


شکل (۱-۳)

خطوط توزیع هوایی، به طور کلی در همه جا روی پایه ها نصب می شوند. این پایه ها بیشتر از نوع بتنی، چوبی و یافلزی بوده و مورد استفاده قرار می گیرند. البته به موازات پیشرفت

در شبکه های توزیع هوایی، مواد مناسب و کارآمدتر و همچنین روش های جدیدی در ساخت تجهیزات پدید آمده که کار محافظت بهتر پایه ها و ساخت پایه های توخالی و سبک، پیش تنیده، فایبرگلاس، فولادی و حتی آلیاژهای آلومینیومی را هموار کرده است.

یک پایه مناسب باید بتواند نیروهای عمودی ناشی از وزن سیم یا لایه یخ دور سیم، یراق آلات، مقره، کنسول و خود پایه و نیروی افقی که نزدیک به سر پایه به آن اعمال می شود و بیشتر ناشی از کشش سیم، فشار باد و نیروهای ناشی از وزن هادی ها و غیر یکنواخت بودن فاصله پایه ها از یکدیگر و زاویه انحراف خط است را تحمل کند. پایه مناسب باید کلیه این بارگذاری ها را به راحتی و با اطمینان کامل تحمل نماید. از سوی دیگر، از نظر معماری شهری و زیبایی محیط، باید کاربرد انواع مختلف پایه ها در مناطق روستایی و شهری و در کنار جاده ها براساس اصولی محکم و با در نظر گرفتن کلیه جنبه های آن انجام شود. طول پایه بادر نظر گرفتن فاصله آزاد سیم از زمین انتخاب می شود و این فاصله نباید از مقدار استاندارد کمتر باشد. به عنوان مثال، برخورد خودروها با سرعت زیاد به پایه های خطوط توزیع، علاوه بر ایجاد خسارت و قطعی برق، باعث بروز حوادث جانی و مالی جبران ناپذیری خواهد شد، پس کاربرد بهتر پایه ها همواره ذهن مهندسین برق را در طراحی شبکه های توزیع هوایی به خود جلب کرده است.



خصوصیات پایه ها

- از نظر مکانیکی قوی بوده و دارای ضریب اطمینان 2.5 تا 3 باشد.
- ارزان باشد.
- دارای عمر طولانی باشد.
- شکل ظاهری خوبی داشته باشد.
- بایستی بدون کم شدن مقاومت از نظر وزن سبک باشد.

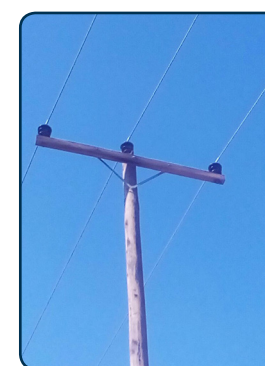
طبقه بندی پایه ها از نظر جنس

پایه ها از نظر جنس به سه دسته تقسیم میشوند:

- چوبی
- بتونی
- فولادی

پایه های چوبی

پایه های چوبی به طور وسیع در سیستم توزیع برق در شبکه های فشار ضعیف و فشار متوسط استفاده می شوند. در شبکه های فشار متوسط که به استحکام و مقاومت بیشتری نیاز می باشد از بازوها یا بستهایی که به شکل X می باشد به عنوان پشت بند استفاده میگردد. همچنین به دلیل دره های عریض و طویل در اسپان بلندی انتخاب شده باشند، پایه های چوبی را در دو طرف اسپان مربوط به شکل H به کار می برند. پایه های چوبی معمولاً از چوب درختانی چون درخت سرو آزاد و درخت شاه بلوط و درخت کاج به دلیل اینکه بایستی پایه ها راست و قوی و مخروطی شکل و بدون گره باشند ساخته می شوند.



شکل (۲-۳)

برای جلوگیری از فساد پایه ها خوردن مورپانه و حشرات در داخل خاک و همچنین پوسیدگی در اثر رطوبت، تیرهای چوبی را با استفاده از روغن قطران خالص اشباع می کنند.

کلاس بندی پایه های چوبی

- تیرهای چوبی سنگین کلاس های 1 و 2.
 - تیرهای چوبی نیمه سنگین کلاس های 3 و 4.
 - تیرهای چوبی سبک کلاس های 5 و 6 و 7.
- کلاس های 1 سنگین ترین و کلاس های 7 سبک ترین تیرهای چوبی هستند.

مزایا و معایب پایه های چوبی

مزایا

- انعطاف پذیری در مقابل تغییرات درجه حرارت محیط.
- ارزانی و آماده بودن.
- پایین بودن وزن آنها در مقایسه با سایر انواع پایه ها.
- سهولت حمل و نقل و جابجایی.
- سهولت نصب و در نتیجه کاهش زمان احداث.
- نیاز به فنداسیون کمتر و ارزانتر.

معایب

- پوسیدگی و عمر کمتر در مقایسه با سایر انواع تیرها.
- تحمل کمتر در مقابل بار مکانیکی.
- ضعیف بودن در مقابل عوامل جوی از جمله رعدوبرق و آتش سوزی.
- ضعف در مقابل تخریب عمدی.
- محدودیت ارتفاع تیر و در نتیجه عدم بکارگیری آنها در اسپن های طویل.

پایه های بتنی

امروزه پایه های بتنی جای پایه های چوبی و فولادی را گرفته است زیرا هم از نظر شکل ظاهری

به طرف خارج فشرده گردد و در داخل توخالی شود. تیرهای بتونی توخالی سبکتر از نوع توپر می باشند. تیرهای بتونی توخالی به شکل گرد بوده و از نظر تحمل نیروی مکانیکی به پنج دسته 200 و 400 و 600 و 800 و 1000 تقسیم می شوند.

تیرهای بتنی بر اساس نسبت نیروی مجاز عرضی به قدرت اسمی از نظر کلاس و پایه به سه دسته زیر تقسیم می شوند:

■ پایه ی بتنی مسلح چهار گوش - کلاس آ: نیروی مجاز عرضی معادل 0.3 تا 0.4 قدرت اسمی.

■ پایه ی بتنی مسلح چهار گوش - کلاس ب: نیروی مجاز عرضی معادل 0.4 تا 0.6 قدرت اسمی.

■ پایه ی بتنی مسلح چهار گوش - کلاس پ: نیروی مجاز عرضی معادل قدرت اسمی که در استاندارد (وزارت نیرو) ایران فقط تیرهای بتنی کلاس آ قابل تولید و استفاده می باشند.

سوراهای تیر بتنی

برای دسترسی به تجهیزات نصب شده در سر تیرهای بتنی و امکان بالا رفتن سیمبانان بدون استفاده از بالابر یا نردبان روی تیرها محل هایی به عنوان پلکان به چشم می خورد که امکان بالا رفتن از تیرها را فراهم خواهند نمود.

اهمیت یکنواخت سازی و رعایت فاصله تعریف شده این سوراهای توسط همه سازندگان به جهت متناسب سازی ساخت کنسول پین ها، سکوها و ترانس و سرکابلها بر اساس رعایت این فواصل الزامی گردیده است.

موارد مورد نیاز برای ایجاد سوراهای در تیرها

- برای بستن پایه (میله) مقرر سر تیر یا اتصال سیم خنثی.
- برای بستن کراس آرم و کنسولهای شبکه فشار متوسط.
- برای بستن ساید آرم و کنسول های یکطرفه.
- برای بستن کراس آرم و کنسول دوم (دو مداره).
- برای بستن کلیدها و کات اوتها و سکسیونرهای هوایی و بازوهای برقگیر و کات اوت فیوزها.
- برای بستن سکوی نگهدارنده ترانسفورماتور یا سکوی سرکابلها.



شکل (۳-۳)

جالب تر و هم با دوامتر می باشند. این پایه ها سنگین ترند و حمل و نقل آنها گران تمام میشود ولی از نظر مکانیکی بسیار قوی می باشند و عمر بیشتری دارند به خصوص در جاهایی که عمر تیر چوبی بدلیل وجود مواد خورنده زمین کم می باشد از تیرهای بتنی استفاده می شود.

پایه های بتنی را بصورت توخالی یا لانه زنبوری می سازند تا وزن آنها که عیب این پایه هاست کم شود زیرا سنگینی آنها به خصوص در محل های نامناسب یا سطوح شیب دار کوهپایه ها، کار نصب را با مشکل مواجه می کند. امروزه تکنولوژی ساخت پایه های توخالی نوع گرد که بر اساس اصول دوران قالب و نیروی گریز از مرکز ساخته می شوند و وزن کمتری دارند، توسعه یافته است.

تیرهای بتنی به دو دسته توپر و توخالی تقسیم بندی میشوند

پایه های بتنی توپر

نوع توپر آن که از میله گرد های فلزی و بتن تشکیل شده است معمولاً بشکل H یا چهار گوش می باشد و پله هایی در قسمت مادگی آن وجود دارد. از نظر بلندی به دسته 9 متری، 12 متری و 15 متری و از نظر تحمل قدرت مکانیکی برای تیر های 9 متری به چهار دسته 200، 400، 600 و 800 کیلو گرم، برای تیر های 12 متری به پنج دسته 200، 400، 600، 800 و 1200 کیلو گرم و برای تیر های 15 متری به چهار دسته 200، 400، 600، 800 و 1200 کیلو گرم نیرویی تقسیم می گردند. منظور از تیر بتنی 200 کیلو گرمی این است که نیروی مجازی که می توان بر روی تیر در 30 سانتیمتری از رأس تیر (تقریباً محل اتصال کراس آرم به تیر) به آن وارد کرد 200 کیلو گرم می باشد که 40 درصد نیروی نهایی تیر است.

پایه های بتنی توخالی

نوع توخالی آن بدین ترتیب ساخته می شود که میله گردهای مقاوم و بتن را در داخل محفظه مخروطی شکل با طول بینهایت می ریزند و سپس به وسیله یک ماشین مخصوص مناسبی برای مدت 10 تا 15 دقیقه آن را می چرخانند و این عمل باعث میشود که بتن به وسیله نیروی گریز از مرکز

- مقاومت بیشتری نیاز است، انواع تیرهای فلزی (فولادی) طراحی و مورد استفاده قرار می گیرد.
- در ضمن به دلیل زیبایی و یکنواختی آنها گونه هایی از این پایه ها در شبکه روشنایی معابر به کار می رود.
- پایه های فلزی به صورت های زیر ساخته می شوند:
- پایه های فلزی پرتیک (A شکل) یا تیر آهن کشیده.
- پایه های فلزی مشبک (دکل) یا اسکلتی.
- پایه های نوع لوله ای (تلسکوپی).

مزایا و معایب تیر های فلزی

مزایا

- پذیرش نیروهای مکانیکی بیشتر.
- دارا بودن عمر بیشتر.
- امکان حمل و نقل و نصب آسان.
- دارای زیبایی ظاهری بیشتر.
- دارای پهنای باند کمتر.
- امکان استفاده در سطوح مختلف و لتاز.
- امکان بکارگیری آنها در اسپن های متوسط.

معایب

- قیمت نسبی بیشتر.
- امکان خورده شدن و زنگ زدگی در محیط های آلوده.
- نیاز به تعمیرات نسبی بیشتر.
- هزینه نصب بالا.
- غیر اقتصادی بودن بکارگیری آن در برخی نقاط.

از انواع دیگر پایه های مورد استفاده در شبکه های توزیع هوایی می توان به پایه های پیش تنیده، فایبرگلاس، کامپوزیت و حتی آلیاژهای آلومینیومی اشاره کرد.

- برای بستن تسمه های حایل (بریس).
- برای بستن بازوی چراغهای روشنایی (به صورت چهار طرفه).
- مخصوص اتصال سیستم مهار (میله مهار).
- برای بستن راکهای فشار ضعیف و کراس آرمهای افقی و عمودی و براکت شبکه فشار ضعیف.
- مخصوص بستن اتریه و مقره های شبکه فشار ضعیف.
- مخصوص بستن کابل های فشار ضعیف.
- مخصوص بستن حایل های نگهدارنده ی کابل های فشار ضعیف.

مزایا و معایب تیر های بتنی

مزایا

- دارای مقاومت مکانیکی نسبی بالا.
- دارای عمر بالا به خصوص در مناطق که دارای آلودگی و رطوبت کم می باشد.
- امکان تهیه و ساخت آن در اکثر نقاط کشور.
- امکان استفاده آنها در اسپن های متوسط.
- دارای قیمت مناسب در مقایسه با تیر های چوبی.

معایب

- وزن آنها زیاد است.
- هزینه حمل و نقل آنها بیشتر است.
- در مقایسه با پایه های چوبی هزینه های نصب آنها بالا است.
- در مقایسه با تیرهای چوبی نیاز به فونداسیون بیشتری دارند.
- در مناطق خورنده احتمال خوردگی و تخریب بتون و میله گرد داخل آن وجود دارد.
- محدودیت ارتفاع به دلیل محدود نگهداشتن وزن.

پایه های فلزی

برای احداث خطوط هوایی در مسیرهایی که حمل پایه های سنگین مشکل بوده و ضرورت چند تکه کردن پایه ها مورد نیاز باشد و یا به منظور عبور خطوط از موانع و مکانهایی که به قدرت و

علامت گذاری روی پایه ها

مشخصات تعریف شده باید به روشنی و روی تیر در حین ساخت و یا پس از آن حک شود. به گونه ای که فاصله ی آخرین خط مشخصات از انتهای تیر 3 متر باشد.

پایه های بتنی

- سطر اول: علامت اختصاری یا نام شرکت برق مالک.
- سطر دوم: طول تیر (بر حسب متر) / مقاومت نرمال (بر حسب کیلو گرم نیرو).
- سطر سوم: نام کارخانه سازنده پایه.
- سطر چهارم: تاریخ ساخت (روز - ماه - سال).

پایه های چوبی

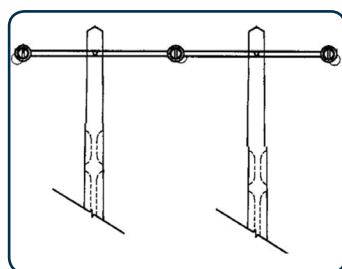
- علامت شرکت برق مالک.
- طول پایه (بر حسب متر) / کلاس پایه یا قطر پایه در 1.5 متری.
- انتها بر حسب میلی متر.
- کد نوع چوب / کشور تولید کننده.
- دو رقم آخر سال تولید / نحوه اشباع.

نیروهای وارد بر پایه ها

به طور کلی نیرویی که پایه ها تحمل می کنند به محل و وضعیت آنها بستگی دارد. برای تعیین نوع و اندازه پایه ها در طراحی یک خط توزیع هوایی آگاهی از برآیند نیروهای وارد بر پایه از اهمیت بالایی برخوردار است. در یک شبکه توزیع هوایی، پایه ها در یکی از دو وضعیت زیر قرار دارند:

■ یا در مسیر مستقیم خط توزیع به صورت میانی نصب شده اند که در این صورت به آنها پایه میانی یا عبوری گفته می شود.

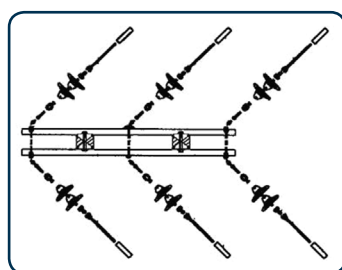
■ یا در ابتدا و انتها یا در زاویه قرار دارند که به آن پایه کششی می گویند. پایه های میانی باید قادر به تحمل وزن خود، وزن ناشی از سیم ها، وزن کنسول ها، وزن مقره ها و وزن سایر لوازمی باشند که بر روی آنها نصب شده اند. پایه های کششی علاوه بر تحمل نیروهای بالا باید نیروی کششی سیم ها را نیز تحمل نمایند. به عبارت دیگر نیروهای وارد بر هر پایه دو نوع هستند: نیروهای افقی و نیروهای عمودی.



شکل (۳-۴)

نکته: نیروهای عمودی ناشی از وزن سیم، یراق آلات، مقره و کنسول می باشد و نیروهای افقی شامل کشش سیم، فشار باد و نیروهای ناشی از وزن هادی و در نتیجه غیر یکنواخت بودن فاصله پایه از یکدیگر و زاویه انحراف خط می باشد. در هر پایه برآیند نیروهای عمودی با نیروی عکس العمل زمین صفر می شود. در پایه های میانی برآیند نیروهای افقی دو طرف پایه (نیروی کششی سیم ها) تقریباً صفر است. ولی در پایه های

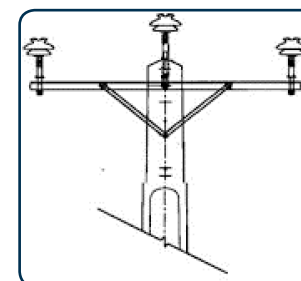
کششی این نیرو مولفه افقی دارد. در نتیجه این پایه ها باید قادر به تحمل نیروهای افقی باشند. بنابراین پایه های کششی بایستی قوی تر از پایه های میانی انتخاب شوند. شکل (3-2) یک پایه انتهایی 20 کیلو ولتی با کراس آرم دویل را نشان می دهد. شکل (3-4) یک پایه میانی 20 کیلو ولتی را نشان می دهد و شکل (3-5) یک پایه انتهایی 20 کیلو ولتی کراس آرم دوبا را نشان می دهد.



شکل (۳-۵)

گاهی مواردی پیش می آید که یک پایه کششی (انتهایی یا زاویه ای) نمی تواند قدرت کششی سیم ها را تحمل کند - مثلاً در اسپن های بزرگ (هنگام عبور خط از روی دره ها یا رودخانه ها یا اتوبان ها) - در این صورت از دو پایه به صورت دوقلو (به هم چسبیده) استفاده می کنند. یا ممکن است از دو پایه به صورت H و یا حتی از سه پایه استفاده شود. فاصله بین دو پایه متوالی را اسپان یا اسپن می گویند. در یک خط توزیع هوایی هر چه این فاصله زیادتر باشد تعداد پایه ها و متعلقات آن کمتر شده و هزینه شبکه کاهش می یابد ولی این فاصله نباید آنقدر زیاد شود که شکم سیم از حد مجاز تجاوز کند.

کراس آرم (کنسول) Cross Arm



شکل (۳-۶)

جهت نگهداری سیم ها و مقره ها روی تیر از کنسول استفاده می شود. کراس آرم نوعی کنسول به شکل بازوی متقاطع با پایه است که در شبکه های توزیع به طور انبوه استفاده می شود. ساخت انواع کنسول و کراس آرم مناسب به عواملی نظیر شرایط آب و هوایی، جنس و نوع هادی بکار رفته و مسائل اقتصادی در ساخت و بهره برداری بستگی دارد. هدف از نصب کنسول و کراس آرم علاوه بر نگهداری هادی ها و مقره بر روی تیر حفظ حریم الکتریکی هادی

ها از یکدیگر می باشد. در طرح و ساخت کنسول و کراس آرم نکاتی مانند سادگی اجرا، هزینه ساخت و نگهداری، استفاده از کمترین پیچ و اتصالات، راحتی کار توسط سیمبازان عملیاتی، رعایت فاصله بین هادی ها، حفظ تقارن روی تیر و ... باید مورد توجه قرار گیرد. همچنین باید فاصله هادی ها از پایه (فاز به زمین) و فاصله فاز ها از یکدیگر (فاز به فاز) در نظر گرفته شود.

علاوه بر موارد یاد شده نکات تجربی ذیل نیز باید هنگام طراحی کراس آرم مورد توجه قرار گیرد:

■ در برخی از مواقع قرار گرفتن پرندگان با بال باز بین فاز و پایه موجب ایجاد اتصال بین هادی و پایه می گردد.

برای جلوگیری از این حادثه معمولاً فاصله افقی بین فاز ها تا پایه 40 تا 60 سانتی متر انتخاب می گردد.

■ در انتخاب فاصله بین هادی و پایه بایستی امکان تعمیر و تعویض توسط تعمیر کار در نظر گرفته شود.

■ امکان تعویض سیم در طراحی کراس آرم باید اندیشیده شود به عنوان مثال طراحی کراس آرم بایستی به گونه ای باشد که سیم در داخل حلقه قرار نگیرد.

■ امکان انشعاب گرفتن از خط باید در نظر گرفته شود.

■ امکان استقرار ترانسفورماتور و نصب کات اوت فیوز برای پست های هوایی باید در نظر گرفته شود.

■ امکان ترانسپوز کردن خطوط باید مورد توجه قرار گیرد.

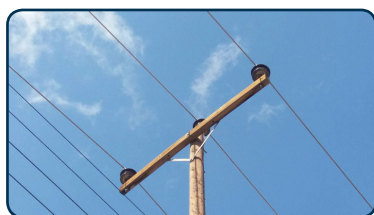
■ توازن بین نیرو های عمودی طرفین در طراحی کراس آرم بایستی رعایت گردد.

انواع کراس آرم

اصولاً چهار نوع کراس آرم از نظر جنس در شبکه های توزیع برق وجود دارد:

- کراس آرم چوبی
- کراس آرم فلزی
- کراس آرم کامپوزیت
- کراس آرم بتنی

کراس آرم چوبی



شکل (۳-۷)

در اوایل کاربرد شبکه های فشار متوسط و همزمان با استفاده انبوه از پایه های چوبی به کاربرده شدند. برای ساخت بازوهای مستقیم کراس آرم چوبی، از بهترین نوع چوب درختان سوزنی برگ که در خارج از کشور کاشته می شوند، استفاده می کنند. استقامت زیاد، خاصیت عدم خوردگی، نداشتن زائده و تریشه از جمله مزایای است که

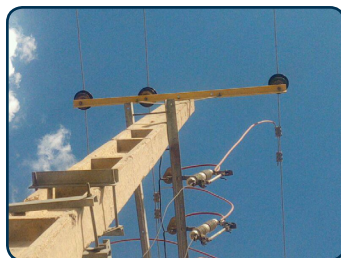
می توان برای این چوب ها برشمرد. در صورت استفاده از درختان پهن برگ ایرانی، درختانی مثل راش، گز و افرا نیز برای این کار مناسب می باشند. مقطع کراس آرم های چوبی مستطیل و به ابعاد 9×11.5 سانتی متر می باشد که برای جلوگیری از جمع شدن آب روی سطح فوقانی آن ها، سطوح جانبی این کنسول ها را به صورت محدب (قوس دار) می سازند. کنسول های چوبی به علت عایق بودن (در مقایسه با کنسول فلزی)، از نظر جلوگیری از عبور جریان های ناشی در مناطقی که دارای خاک نمکی و آب و هوای شرجی بوده و دارای آلودگی مقره ها نیز می باشند کارایی بهتری داشته، طول عمر بیشتری نیز دارند. معمولاً برای استحکام و دوام بیشتر کراس آرم چوبی را با روغن یا پنتا کلروفل بصورت اشباع در می آورند. رطوبت چوب در موقع اشباع بایستی کمتر از 22% باشد و خاصیت عایقی آن از نظر کار کردن افراد روی شبکه از جهت ایمنی بسیار مهم است و توسط بريس به تیر محکم می شوند.

کراس آرم فلزی

کراس آرم فلزی از بازو های مستقیم ناودانی آهن ساخته میشود. این نوع کراس آرم در مقایسه با کراس

این پیچ های دو سر دنده نیروی مقاوم آن ها 5 تا 6 برابر دو کنسول تک و یا 10 تا 12 برابر یک کنسول خواهد بود.

کراس آرم کامپوزیتی

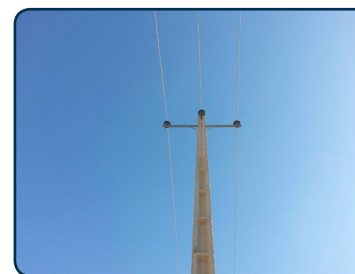


شکل (۳-۹)

این نوع از کراس آرم ها از جدید ترین کراس آرم هایی هستند که دارای شرایط و ویژگی های خاصی میباشند. از آن جایی که چوب ماده ای طبیعی بوده و به طور معمول دارای انواع کاستی ها مانند گره، باختگی، پوسیدگی، ترک، شکاف، خمیدگی، پیچش، ناهمسانی و غیره می باشد برای کاربری مهندسی مناسب نیست. در فن آوری صنایع چوب، ابداع «کامپوزیت» به طرز چشمگیری کاستی های چوب را برطرف کرده است.

در این فن آوری ترکیبی از لایه های نازک و ضخیم چوب، با چسب فنلیک، اشباع شده و در شرایط گرما و فشار زیاد تولید می شوند. محصول بدست آمده دارای دوام و استحکامی به مراتب بیشتر و یکنواخت تر از چوب معمولی است. قطعات کامپوزیت، مانند چوب معمولی تحت تاثیر جذب و دفع رطوبت قرار نمی گیرد؛ ابعاد و خواص مکانیکی و الکتریکی آن ها تغییری نمی کند، و ترک و شکافی هم بر نمی دارد در این فن آوری از چسب ضد رطوبت و عایق الکتریکی فنلیک استفاده می شود. کامپوزیت در برابر موجودات چوبخوار مانند قارچ ها، باکتری ها و حشرات به طور کامل مقاوم است. در هوای آزاد و شرایط یونیزه شده فشار الکتریکی به وسیله اشعه ماوراء بنفش و یون های کلروید نیز تخریب نمی شود و دارای آلودگی سطحی نمی باشد. این کراس آرم ها در سرزمین پهناور ایران به علت تفاوت شرایط جغرافیایی و آب و هوایی گوناگون، انتخاب مواد و مصالح مصرفی آن مناسب است توجه به این پدیده در شبکه توزیع برق کشور، می تواند اثر چشمگیری در کاهش هزینه ها و پرهیز از دوباره کاری ها بر جای بگذارد. استفاده از کراس آرم کامپوزیت در کرانه های دریای خزر، به دلیل رطوبت بالای محیطی و نیز در سواحل دریای عمان و خلیج فارس به خاطر رطوبت زیاد و وجود یون های کلروید، بسیار مفید خواهد بود. وزن کراس آرم کامپوزیت 50% کراس آرم های فلزی و 14% کراس آرم بتنی است از این رو، حمل و نقل و نصب آن بسیار آسان تر و ارزان تر صورت می گیرد ضمن این که نصب آن، آسیبی به کارگران نصاب نمی رساند.

کنسول کامپوزیتی به جای نمونه فلزی دارای مزایای زیر است:



شکل (۳-۸)

آرم های چوبی به مراتب از مقاومت بیشتری برخوردار می باشد. طول کراس آرم های فلزی برای اولین بار بر اساس استاندارد وزارت نیرو برابر با 2.44 متر تعیین گردید، به همین دلیل این کنسول ها در شبکه های توزیع به نام کراس آرم 2.44 نیز معروف می باشند. این کراس آرم جهت تیرهای بتونی و فولادی بکار می رود و از نبشی با بال های مساوی ساخته می شود که توسط بریس یا بازو به تیر محکم می گردد. برای بازوهای افقی و مستقیم از نبشی یا ناودانی آهنی کمک گرفته می شود. ضمن این کراس آرم های با طول بلند تر در پایه های دوتایی (دوبله) یا سه تایی و بر حسب مورد و محاسباتی برای استقامت مورد نیاز بیشتر به صورت ناودانی به طول و مقطع محاسبه شده به کار می رود.

برای افزایش پایداری کراس آرم ها، اغلب از دو تسمه حایل گالوانیزه استفاده می شود. به علت قرار گرفتن هادی ها در راس های مثلث و کاهش طول باند حریم کراس آرم های 1.5 Li 20 متری از نظر ایجاد تقارن الکتریکی و مکانیکی بر کراس آرم افقی 2.44 متری ترجیح داده می شود.

لازم به توضیح است این آرایش باید در مورد مناطق با اسپن های کم و با لحاظ نمودن فاصله مجاز هادی ها از زمین اجرا گردد پس در مواقعی که استفاده از شبکه فشار ضعیف در زیر خط هوایی 20 کیلو ولت مورد نیاز باشد و یا در مناطقی که ارتفاع تیرها 11 متری بوده، کاربرد این آرایش ها توصیه نمی شود.

کراس آرم های 1.5 و 20 متری بیشترین کاربرد را در اجرای خط، به صورت دومدار روی یک پایه را دارند. کراس آرم و کنسول های دوبل هنگامی که احتمال افزایش فشار روی کراس آرم، بیش از حداکثر مقدار تحمل آن است (مانند پایه های کششی و برای رعایت همیشگی ضریب اطمینان 2 برابر) ازدو کنسول یا به اصطلاح «کنسول دوبل» استفاده می شود. به طور معمول از کنسول های دوبل در پایه های انتهایی، کششی، یا نقاطی که در آن بارگذاری به طور قابل ملاحظه ای نامتعادل است یا انحراف زیاد در محور خط به کار رفته مورد استفاده قرار می گیرند تا از صدمات ناشی از حوادث از جمله پارگی کنسول و سیم و ایجاد عدم تعادل شدید بار روی دیگر کنسول ها و تکیه گاه جلوگیری شود.

لازم به توضیح است در صورت نصب صحیح و اصولی کنسول های دوبل و استفاده از

کاهش وزن

سنگینی وزن بازوهای عرضی فلزی (حدود 20 کیلوگرم) یکی از مشکلات شرکت های توزیع برق است. در مناطقی که به دلایل گوناگون از جمله ناهمواری سطح زمین، امکان استفاده از ماشین های بالابر در آن ها وجود ندارد، حمل بازوهای عرضی فلزی تا بالای تیر بسیار سخت و خطرناک است؛ در صورتی که کامپوزیت ها وزن نسبتاً کمی دارند و حمل آنها آسان است.

مقاومت در برابر خوردگی

بازوهای عرضی فلزی در آب و هوای مرطوب و خورنده، عمر نسبتاً کمی دارند. یکی از برتری های مواد کامپوزیت، مقاومت بسیار مناسب آنها در برابر خوردگی است که این مواد را برای این مناطق مطلوب می سازد.

نارسانایی الکتریکی

کامپوزیت ها را می توان به صورت موادی عایق طراحی کرده و ساخت. این ویژگی خطر برق گرفتگی و اتصال کوتاه را کاهش می دهد. شاید بتوان با به کارگیری بازوهای عرضی کامپوزیتی از کاربرد مقررهای حامل کابل که در واقع نقش عایق را بین کابل و پروفیل بازی می کنند جلوگیری کرد.

زیبایی

در ساخت بازوهای عرضی فلزی همیشه محدودیت هایی وجود دارد که طراح را مجبور به استفاده از قطعات استاندارد نبشی می کند. با به کارگیری کامپوزیت ها می توان به سراغ طرح هایی رفت که علاوه بر بهینه بودن، زیبا نیز باشند.

عمر بیشتر

عمر بازو های عرضی کامپوزیتی حدود سه برابر طول عمر نمونه فلزی است. به دلیل عمر بیشتر و عدم

نیاز به تعویض و تعمیر در کامپوزیت ها، هزینه های تعویض و نگهداری حذف خواهند شد.

کاهش تداخلات امواج رادیویی

امواج رادیویی بدون هرگونه انحراف و شکست از کامپوزیت ها عبور می کنند.

کاهش افت توان خط

به کارگیری بازوهای عرضی کامپوزیتی از نشت جریان الکتریکی از خط به سمت پایه ها تا حدودی جلوگیری می کند و به این ترتیب میزان افت توان خط کاهش خواهد یافت. علاوه بر موارد فوق با به کارگیری بازوهای عرضی کامپوزیتی می توان از طرح هایی استفاده کرد که یکپارچه بوده و نیازی به سوار کردن قطعات بر روی هم نباشد.

کراس آرم بتنی

هنگام استفاده از تیرهای بتنی با مقطع گرد (پیش تنیده) به علت مشکلات در محکم کردن کراس آرم های مستقیم روی سطح دایره ای پایه پیشنهاد تولید کراس آرم های بتنی مسلح (متناسب با مقطع دایره ای) با پیش تنیده توسط سازندگان اولیه این پایه ها ارایه شد. این کراس آرم برای دو حالت مختلف مسیر مستقیم به صورت پایه تو خطی (میانی) یا در پایه های کششی یا زوایا تولید می شوند. کراس آرم های بتنی مسلح در شبکه های توزیع ایران به دلیل وزن زیاد و مشکلات اجرایی که در زمان نصب دارند کاربرد چندانی ندارد.

آرایش های مختلف پایه های هوایی

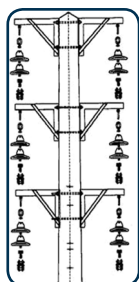
منظور از آرایش پایه، چگونگی نگهداری سیم های هوایی نسبت به یکدیگر است. چگونگی نگهداری هادی نسبت به هم به سه گروه تقسیم می شود:

■ آرایش هادی ها به صورت مثلثی

■ آرایش هادی ها به صورت افقی

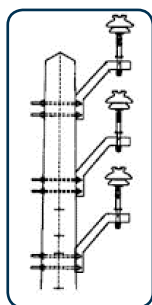
کراس آرم یکطرفه (ساید آرم)

این کنسول ها بیشتر برای رفع موانع به کار می روند و در جاهایی که فضای کافی جهت نصب کراس آرم معمولی بدلیل نزدیک شدن فازها به ساختمان یا مانع دیگر نیست نظیر کوچه های کم عرض و یا جاهایی که در یک طرف درختکاری شده است و یا در کوچه ها و جاهایی که پایه نزدیک ساختمان است از این کراس آرم استفاده می کنند. در این آرایش کلیه هادیها به صورت قائم یا افقی در یک طرف تیر قرار می گیرند. در این حالت رعایت حریم درجه یک خط در طرف دیگر به راحتی امکان پذیر است. این کنسول هادی ها را به دو صورت زیر نسبت به هم قرار می دهد:



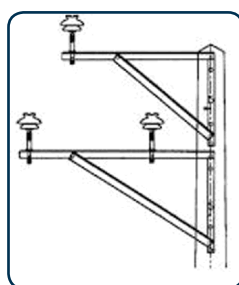
شکل (۱۳-۳)

■ آرایش عمودی هادی ها با کنسول قائم یا پرچمی



شکل (۱۵-۳)

■ آرایش افقی هادی ها با کنسول L شکل.



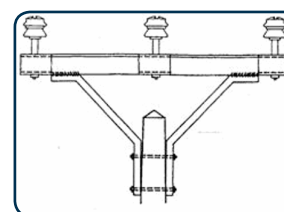
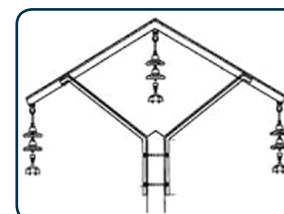
شکل (۱۴-۳)

در مناطق و مواقعی که فضایی جهت نصب کراس آرم های معمولی نیست مانند مسیر کوچه ها کم عرض یا جاهایی که از یک طرف درختکاری شده است می توان از کنسول پرچمی استفاده کنیم. از دیگر مزیت کراس آرم پرچمی، در مواقع مورد لزوم می توان با بالابردن کلاس پایه بتنی از ۲۰۰ به ۴۰۰ شبکه پرچمی دو مداره (دو طرفه) ایجاد کنیم. در این نوع کراس آرم می توانیم از مقره سوزنی یا بشقابی استفاده نمود.

■ آرایش هادی ها به صورت عمودی

در ادامه انواع و اشکال مختلف کنسول ها را که یکی از شکل های گفته شده را به هادی می دهند، ذکر می کنیم.

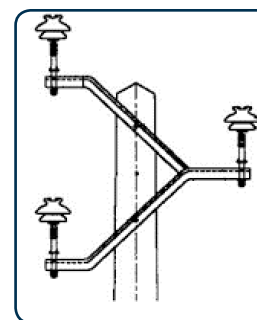
کنسول گنبدی (تاجی)



شکل (۱۰-۳)

این کنسول که به شکل گنبدی است، در بالای تیر نصب می شود. این کنسول به سیم ها آرایش مثلثی و متقارن می دهد. این کنسول به صورت مجازی باعث افزایش طول تیر می شود و برای کاربرد همزمان خطوط فشار ضعیف و متوسط در زیر هم مناسب است. کنسول تاجی گونه ای از کنسول گنبدی است که دارای مقره سوزنی است و به هادی ها آرایش افقی می دهد. شکل (۱۰-۳)

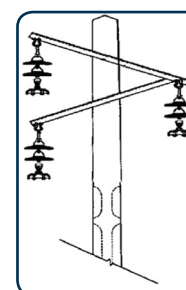
کنسول جناقی



شکل (۱۱-۳)

این کراس آرم که شبیه استخوان جناق است، هادی های سه فاز را با فاصله مساوی از یکدیگر به صورت مثلث متساوی الاضلاع نگه می دارد. از این کنسول ها برای خطوط طولانی جهت تأثیر یکنواخت اندوکتانس فازها بر یکدیگر و تقارن ولتاژ فازها مورد استفاده قرار می گیرد. و به علت راحتی نصب و انشعاب گیری در شبکه های توزیع کاربرد زیادی دارد. شکل (۱۱-۳)

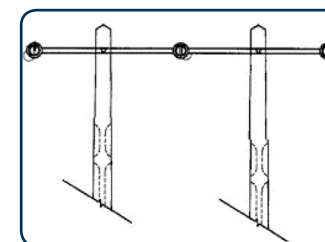
کنسول V شکل



شکل (۱۲-۳)

به دلیل بالا بودن استحکام و تحمل این کنسول برای هادی های با سطح مقطع و در جاهایی که باند حریم درجه یک خط کم است، مورد استفاده قرار می گیرد. این کنسول هم در پایه های میانی کاربرد دارد و هم در پایه های کششی. شکل (۱۲-۳)

کراس آرم دوبله (جانبی دو طرفه)



شکل (۳-۱۶)

در جاهایی که نیروی کشش وارده روی کراس آرم بیشتر از حد معمول است و یا اسکلت استوارتری مورد نیاز باشد از کراس آرم دوبله استفاده می شود. به این ترتیب که هر طرف پایه یک کراس آرم بسته می شود. این کشش اضافی بیشتر در انتهای خطوط در زوایا و سرپیچ ها ایجاد می گردد و کراس آرم دوبله باعث می گردد که نیروهای وارده بین هر دو کراس آرم و نیز دو مقره سوزنی و پایه های مقره های مربوط و هر دو سیم اصلی تقسیم گردد. و به این ترتیب نیروهای مکانیکی وارده را تحمل می نماید. شکل (3-16) نمونه ای از کاربرد این نوع کنسول است.

حایل کراس آرم

برای افزایش استقامت کراس آرمها از تسمه فولادی استفاده می شود که بین کنسول و سینه تیر قرار می گیرد. تسمه های حایل دابل ضمن تحمل نیروی وارده در دو طرف کراس آرم آنها را به بدنه تیر منتقل می کنند و از کج شدنشان جلوگیری می نماید.

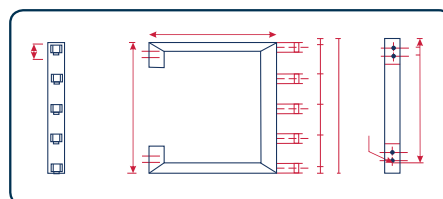
نبشی حایل

برای بارهای بیشتر می توان حایل کنسول را از جنس نبشی آهنی با سطح مقطع مناسب انتخاب کرد. به طور معمول در کنسول های جانبی یا افقی یکطرفه حایل های آهنی را از نبشی می گیرند. حایل ها بخش قابل ملاحظه ای از بار کنسول و کراس آرمها را به تیر منتقل می نمایند و به دلیل تاثیر آن در معادله استاتیکی و پایداری کراس آرمها در برابر ممان های وارده نباید نقش آنها را بی دلیل حذف کرد و یا نادیده گرفت. باید به این نکته مهم اشاره کرد که هر چه طول بازو و تسمه حایل افزایش یابد، از استقامت آن کاسته شده ضعیف تر می شود و همچنین هر چه زاویه بین پایه و تسمه حایل بیشتر باشد، بار بیشتری توسط تسمه حایل از کنسول به پایه منتقل می شود.

بازوی جلوبر (براکت شبکه فشار ضعیف)

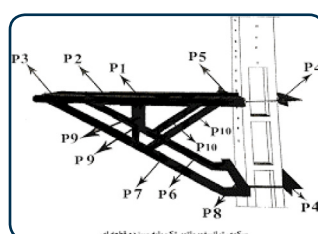
برای این که حریم افقی خطوط فشار ضعیف به هم نخورد و فاصله خط تا ساختمان ها و بالکن منازل

حفظ شود از بازوی جلوبر (براکت) استفاده می شود. همچنین در طرفین ترانسفورماتور برای ایجاد فضای کافی جهت اتصال کابل های فشار ضعیف خروجی از تابلو به شبکه و نیز حفظ فضای کافی نسبت به ترانسفورماتور و مانور بهتر از این سازه استفاده می شود.



شکل (۳-۱۷)

سکوی ترانسفورماتور هوایی



شکل (۳-۱۸)

یکی دیگر از سازه های مهم شبکه های هوایی توزیع برای احداث پست های هوایی سکوی ترانسفورماتور روی پایه های بتنی است. ترانس های تک فاز توزیع برای نصب در هوای آزاد (Out door) روی یک پایه با قدرت 5، 10، 15 کیلو ولت آمپر و ترانسفورماتور های سه فاز روغنی توزیع از قدرت های 25 الی 400 کیلو ولت آمپر روی جفت پایه قابل نصب می باشند. در کلیه این طرحها یک اصله تیر بتنی کمکی به عنوان پایه دوم سکو در زیر خط نصب می شود. فاصله مرکز دو پایه بصورت سکوی سبک و سنگین به ترتیب 160 و 180 سانتی متر می باشد. محل سکوی ترانسفورماتور روی پایه با توجه به فاصله مناسب ترانسفورماتور از خط برای نصب کات اوت فیوز، برقگیر و نیز فاصله مناسب آن از زمین (معادل 4.80 متر) و محاسبات مکانیکی ناشی از بارگذاری ترانسفورماتور روی پایه بدست می آید.

مهار و انواع آن

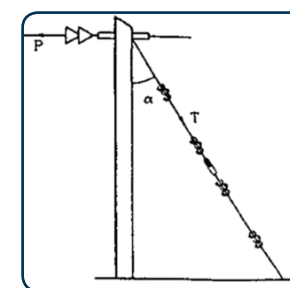
چون پایه ها از طرف سیم ها تحت نیروی کششی قرار می گیرند و بعلاوه وزن زیاد تجهیزات خط، وزن برف و یخ و اثرات باد و فاصله های نامساوی بین پایه ها که ایجاد بارهای مکانیکی نامتعادل می کند از مهار استفاده می شود؛ بطور کلی مهار در سه مورد زیر بکار می رود:

- در جاهایی که می خواهند پایه کراس آرم را از وضعیت نرمال خود در خط خارج نمایند مانند ابتدا و انتهای خطوط (داند ها) و زوایا و سرپیچ ها.
- برای نگهداری پایه در مقابل نیروهای ناشی از یخ و برف و تگرگ و باد و طوفان.

■ در مکانهایی که عمق چاله به اندازه استاندارد امکان پذیر نباشد و در نتیجه نتوان پایه را خوب و محکم در زمین قرارداد.

بطور کلی مهار ها را به 6 دسته به شرح زیر تقسیم می کنند :

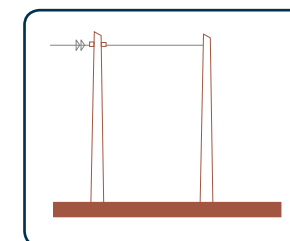
مهار ساده یا معمولی



شکل (۱۹-۳)

از این نوع مهار در ابتدا و انتهای (دداند ها) و زوایا و سر پیچ ها و در انشعاب های خطوط و همچنین در مواقعی که پایه بر روی تپه نصب می گردد در جهت عکس شیب تپه استفاده می شود. در این حالت پایه توسط سیم فولادی گالوانیزه ای که از یک طرف به سر پایه و از طرف دیگر به میله مهار و میله مهار به صفحه مهار در زمین متصل می باشد مهار می گردد.

مهار اسپان



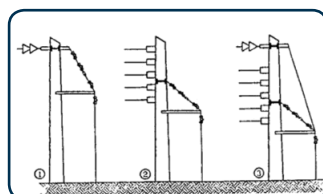
شکل (۲۰-۳)

از این نوع مهار موقعی استفاده می شود که در پشت پایه فضای کافی برای نصب مهار ساده وجود نداشته باشد. در اینصورت پایه ای که قرار است مهار شود بوسیله پایه دیگری که در نقطه مناسبی نصب می شود مهار می گردد. بعنوان مثال وقتی یک پایه در لب جدول خیابان نصب می شود و بایستی مهار گردد، پایه دیگری را در آنطرف خیابان نصب می کنیم و توسط سیم فولادی مهار دو پایه را به یکدیگر وصل می کنیم. برای مهار اسپان نیز می توان از نبشی استفاده نمود بعنوان مثال وقتی که پایه ای در کنار خیابان نصب شده و در پشت آن (موازی با جدول خیابان) حداقل ۲ متر فضا برای مهار کردن وجود دارد.

در این حالت پایه ای را در پشت آن نصب کرده و هر دو را با تعدادی نبشی به یکدیگر متصل می کنند. مهار اسپان با اتصال نبشی در مقایسه با مهار ساده اقتصادی نمی باشد ولی در محل هایی که استفاده از مهار ساده غیر ممکن بوده و زیبایی محل نیز است از این نوع مهار استفاده می گردد. همچنین گاهی اتفاق می افتد که انتهای دو خط که دو مسیر را تغذیه می کنند بهم نزدیک می گردند. در این حالت از نظر اقتصادی می توان به جای استفاده از دو سیم مهار اسپان استفاده نمود

مشروط بر اینکه فاصله بین دو پایه حداکثر ۳۵ متر باشد.

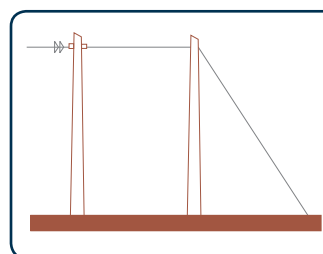
مهار پیاده روی یا زانویی



شکل (۲۱-۳)

از این نوع مهار در کنار جاده ها، خیابانها و محل هایی که امکان نصب مهار ساده وجود ندارد (جاهایی که بیش از یکی دو متر فضا پشت پایه جهت نصب مهار ساده نمی باشد) استفاده می شود. شکل (۲۱-۳)

مهار مرکب (ترکیبی از اسپان و ساده)



شکل (۲۲-۳)

برای استحکام بیشتر مهار می توان از مهار مرکب استفاده نمود (مانند شکل)

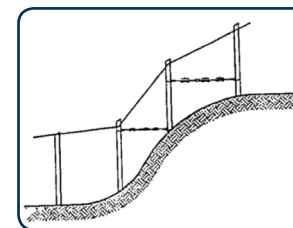
مهار حائل فشاری (تودلی)

از این نوع مهار در طول خطوطی که به موازات جاده ها یا بزرگراه ها و یا باتلاق ها (لجن زارها) و جاییکه صفحه مهار را نمی توان محکم نشاند و همچنین فضای کافی برای بستن سیم مهار نمی باشد، استفاده می گردد. سر این حائل نیرویی رو به بالا به پایه وارد می کند بایستی به وسیله یک کنده که به قاعده پایه پیچ می شود پایه را رو به پایین در جای خود نگهداشت.

مهار بادگیر

در مناطق بادخیز به منظور جلوگیری از خوابیدن خط در اثر باد و طوفان از این نوع مهار استفاده می شود. در چنین مناطقی بایستی حداقل هر یک کیلو متر یا هر دداند بوسیله چهار مهار به صورت (+) بسته شوند که دو تای آن بنام مهارهای خطی در طول خط و دو تای دیگر بنام مهار های جانبی در پهلوی خط نصب می گردند.

مهار سر



شکل (۳-۲۳)

بعضی اوقات خطوط از روی تپه ها با شیب تند عبور می کنند که بایستی برای استحکام بیشتر در مقابل کشش، خطوط در جهت سرایشی مهار گردند. معمولاً این خطوط به وسیله مهار ساده یا مهار سر مهار می شوند. مهار سر بدین صورت است که سر تیری که بایستی مهار شود به وسیله مهار به پای تیر بعدی بسته می شود بدینوسیله از کندن چال مهار و میله و صفحه مهار خودداری می گردد. شکل (3-23)

یراق آلات

منظور از یراق آلات قطعات فلزی مختلفی است که برای نصب مقره ها، کنسول ها و هادی ها به پایه ها مورد استفاده قرار می گیرد. جنس بیشتر این اتصالات از فولاد گالوانیزه یا آلایژ آلومینیوم و بعضی نیز از چدن نرم می باشد که کلیه این قطعات آهنی برای جلوگیری از زنگ زدگی باید به صورت گرم گالوانیزه شوند.

یراق آلات مورد استفاده در شبکه

- مهره چشمی
- شیکل
- آی بال
- بال کلویس
- آی ساکت
- گیره انتهایی
- یراق آلات مقره
- زنجیره مقره
- زنجیره مقره بشقابی
- اسپلایس
- رابط چشمی
- رکاب گیرنده
- رکاب انتهایی
- رکاب پیچیده
- رکاب گوستکوبی
- قلاب گوستکوبی
- گیره انتهایی
- گیره انتهایی مستقیم سیم مسی
- گیره آویزی
- گیره آویز زاویه ای

مادگی چشمی

مادگی رکابی

میله جلو بر مفره (لینک کششی)

پیچ U شکل

مهره چشمی بیضی

صفحه گوشواره و صفحه اتصال مفره

رابط

پیچ و مهره

پیچ و مهره 5 سانتیمتری

پیچ و مهره دوسررزوه

کلمپهای انتهایی (گیره انتهایی)

بدنه اصلی این کلمپها از جنس آلیاژ آلومینیوم مقاوم در مقابل کشش و خوردگی ساخته شده است. کلیه یراق آلات (آهن آلات) با پوشش گالوانیزه به ضخامت 7 تا 9 میکرون پوشش داده می شود تا در مقابل رطوبت مقاوم و از اکسید شدن آنها جلوگیری شود. این کلمپها در خطوط 20-33 کیلو ولت مورد استفاده قرار می گیرند و در رنجهای زیر تولید می شوند:

کلمپ انتهایی 4 پیچ 120: از این کلمپ برای سیم های نمره 70 و نمره 120 استفاده می شود.

کلمپ انتهایی 3 پیچ 70: از این کلمپ برای سیم های نمره 35 و نمره 70 استفاده می شود.

کلمپ انتهایی 5 پیچ 120-220: از این کلمپ برای سیم های نمره 120 و نمره 220 استفاده می شود.



شکل (۲۴-۳)



شکل (۲۵-۳)



شکل (۲۶-۳)

کلمپ های آویز

بدنه اصلی این کلمپها از جنس آلیاژ آلومینیوم مقاوم در مقابل کشش و خوردگی ساخته شده است. این کلمپ ها در خطوط 20-63kv مورد استفاده قرار می گیرد و در رنجهای زیر تولید می شود:



شکل (۲۷-۳)



شکل (۲۸-۳)

کلمپ آویز 70

از این کلمپ برای سیم های نمره 70 و نمره 35 استفاده می شود.

کلمپ آویز 120

از این کلمپ برای سیم های نمره 70 و نمره 120 استفاده می شود.

کلمپ های جمپر



شکل (۲۹-۳)



شکل (۳۰-۳)

بدنه اصلی این کلمپ ها از جنس آلیاژ آلومینیوم مقاوم در مقابل کشش و خوردگی ساخته شده است. این کلمپ ها در خطوط 63KV و 20 مورد استفاده قرار می گیرد و در رنجهای زیر تولید می شود:

کلمپ انشعابی 35-70: از این کلمپ برای سیم های نمره 70 و نمره 35 استفاده می شود.

کلمپ انشعابی 70-70: از این کلمپ برای سیم های نمره 70 استفاده می شود.

کلمپ انشعابی 70-120: از این کلمپ برای سیم های نمره 70 و نمره 120 استفاده می شود.

قطعه $A = 8.50 \text{ mm}$ است. نام دیگر رابط چشمی گیرند رکاب-ای بال-بال چشمی - رابط گوستکوبی بال ای است.

رکاب انتهایی



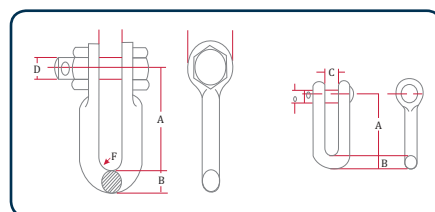
شکل (۳-۳۴)

رکاب انتهایی که در اصطلاح شیکل یا شیکل گفته می شود یکی دیگر از قطعات با کاربرد متنوع در شبکه های توزیع می باشد که از فولاد ساخته شده و دارای میله و اشپیل برنجی است.

این قطعه به عنوان حلقه انتهایی زنجیر مقره بشقابی در سمت کنسول به کار می رود. بنابراین بیشتر به طور اختصار زنجیر نامیده می شود و در شبکه به علت راحتی باز و بسته شدن سیستم قفل کننده کاربرد فراوانی دارد.

■ اسامی دیگر آن، زنجیر - شیکل گالوانیزه - رکاب شکل یا شکیل است.

رکاب گیرنده



شکل (۳-۳۵)

رکاب گیرنده (شیکل) یا زنجیر به سه حالت حلقه زنجیره ای انتهایی، U شکل انتهایی مستقیم به عنوان گیرنده و به صورت پیچیده به کار می روند. همگی آنها از فولاد ساخته شده و به صورت گالوانیزه گرم بوده دارای میله فولادی و اشپیل برنجی می باشند.

■ اسامی دیگر این رابط U شکل - زنجیر - رکاب گیرنده مستقیم، زنجیر U شکل می باشد.

رکاب گوستکوبی

هنگامی که کاهش طول زنجیر مقره و همچنین جلوگیری از ارتعاش و انحراف آنها مد نظر باشد این قطعه بسیار مفید خواهد بود. همچنین این قطعه بجای دو قطعه رکاب انتهایی و رابط چشمی به کار می رود. از دیگر انواع این قطعه با طول بلند تر بازوهای رکاب به اندازه های $B=49 \text{ mm}$

لوازم مقره بشقابی



شکل (۳-۳۱)

آی بال، کله گاوی، شیکل، کلویس، مهره چشمی، یراق آلات مورد نیاز برای مونتاژ مقره ها و نیز برپایی سازه های خطوط هوایی شبکه های توزیع، دارای تنوع و گونه های فراوان است. برای آشنایی با تعدادی از این قطعات که کاربرد انبوه تری در شبکه های توزیع ایران دارند، در این قسمت به معرفی و ارایه مشخصات فنی

و جزئیات ساخت این یراق آلات پرداخته می شود. بیشتر این اتصالات، از فولاد گالوانیزه 1 یا آلیاژ آلومینیوم 2 و بعضی از چدن نرم (آهن مالیل) 3 ساخته شده اند که کلیه قطعات آهنی برای جلوگیری از زنگ زدگی باید به صورت گرم گالوانیزه شوند. همچنین به دلیل اهمیت کیفیت این قطعات، علاوه بر کنترل ضخامت گالوانیزه آنها باید از نظر کمترین مقاومت (کشش) مکانیکی مورد آزمایش قرار گیرند. بدیهی است در یک زنجیره مقره کششی که متشکل از چندین قطعه اتصالات فلزی و نیز مقره های بشقابی می باشد، ضعیف ترین حلقه، نقطه پارگی آن سازه ها خواهد بود بنابراین در طراحی مکانیکی و نکات استقامت زنجیره مقره، باید انتخاب قدرت یکنواخت این یراق آلات را در مد نظر قرار داد.

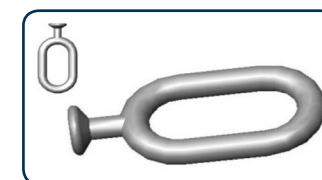
مهره چشمی



شکل (۳-۳۲)

این مهره دارای یک قسمت حلقه مانند (چشمی) است که به یک قسمت فلزی که در وسط آن جایی برای اتصال پیچ تعبیه شده است منتهی می شود. این مهره برای اتصال مقره به پایه بتونی یا کراس آرم چوبی استفاده می شود. قسمت حلقه مانند یا چشمی آن به رکاب و قسمت پیچی آن به کراس آرم یا پایه وصل می شود.

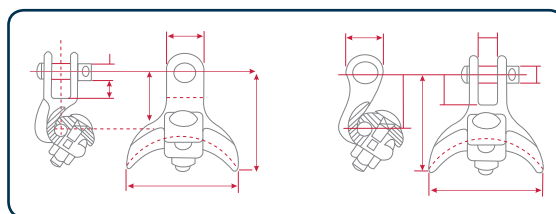
رابط چشمی



شکل (۳-۳۳)

رابط چشمی با گیرنده رکاب از فولاد ساخته شده است. قطعه توپی شکل (ball) آن در قسمت کلاهک مقره ها (محل مادگی) قرار گرفته و به کمک یک اشپیل قفل می شود. قابل توجه است که دو نوع رابط چشمی دیگر وجود دارد که یک نوع چشمی دایره ای به ارتفاع $A=67 \text{ mm}$ نوع دیگر چشمی دایره ای ساق بلند به طول

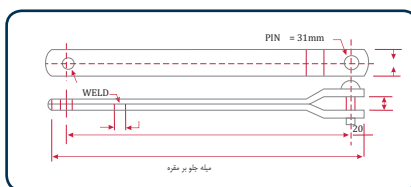
گیره آویز زاویه ای



شکل (۳-۳۹)

گیره آویز زاویه ای نوع رکابی مخصوص شبکه های توزیع می باشد. در این نوع گیره سیم با یک نگه دارنده پیچ T شکل گرفته می شود و با توجه به زاویه موجود در محل پایه تحت کشش مناسبی قرار گرفته که از بریدگی سیم نیز جلوگیری می نماید.

میله جلوبر مقره (لینک کشی)

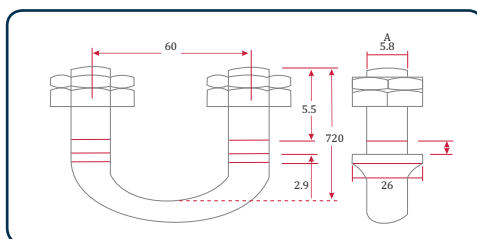


شکل (۳-۴۰)

دو شاخه یا بازوی جلوبر مقره از تسمه فولادی گالوانیزه ساخته شده و دارای یک پین فولادی گالوانیزه و یا پیچ برنجی می باشد. طول آن بر اساس تقاضای طراحی قابل انتخاب بوده و در شبکه های توزیع در طول های 45،

25 و 16 سانتی متر استفاده شده اند. از این وسیله برای جلو آوردن فازها در پایه کششی و پایه زاویه 20 کیلوولت استفاده می شود که بتوان سیم جمپر آن را بهتر مانور داده تا به کراس آرم و یراق آلات مقره نزدیک نشود بخصوص اگر تیر در زاویه باشد.

این قطعه بین رابط گیره معمولی انتهایی و گیره انتهایی به کار می رود و در طراحی شبکه نیز برای کار بصورت خط گرم (Hot Line) قبل از زنجیره مقره و در بین کنسول و مقره ها کاربرد دارد. ■ نام دیگر رابط دو شاخه strop clevis می باشد.



شکل (۳-۴۱)

پیچ U شکل

این پیچ دارای 4 مهره 6 گوش است. این قطعه برای ایجاد یک محل اتصال زنجیره مقره روی کنسول یا سازه های فلزی به کار می رود.



شکل (۳-۳۶)

و $B = 64 \text{ mm}$ است که در موارد خاص برای اتصال به کنسول به کار می روند. در ضمن این قطعه در صورت کاربرد برای امکان مانور به صورت خط گرم (Hot Line) و با طول بلندتر میله گوشتکوب به اندازه های $A = 25-29$ قابل استفاده است. ■ نام های دیگر این تجهیز رابط کلویس و بای کلویس است.

مادگی چشمی



شکل (۳-۳۷)

مادگی چشمی همان رابط گیره آویزی یا رابط معمولی گیره انتهایی مقره بشقابی است که از چدن ساخته می شود. این قطعه به علت کاربرد در انتهای زنجیره مقره و اتصال به میله توپی شکل مقره ها شرایط را برای دیگر اتصالات از جمله کلمپ آویز و یا سیم گیر انتهایی و یا میله جلوبر فراهم می نماید. ■ از اسامی دیگر این تجهیز میتوان به رابط گیره آویزی - رابط معمولی گیره انتهایی - سوکت چشمی - کله گاوی چپقی اشاره نمود.

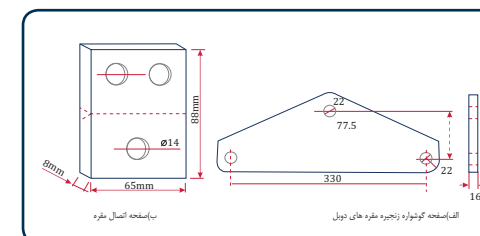
گیره آویزی



شکل (۳-۳۸)

کلمپ یا گیره آویزی از دو جنس چدن نرم و آلیاژ آلومینیوم ساخته می شود که در دو نوع رکابی و بازویی استفاده می شوند. البته در شبکه توزیع ایران از نوع آلومینیومی رکابی به صورت انبوه استفاده شده است. کلمپ نوع چدن نرم، برای کلیه سیم های با کشش محدود قابل استفاده می باشند ولی گیره آلومینیومی نوع رکابی برای هادی های ACSR و آلومینیومی کاربرد دارند کلیه گیره ها با دو کرپی و نگه دارنده کامل می شوند. این کلمپ ها متناسب با قطر سیم نگه دارنده که بر اساس محدوده کمترین و بیشترین قطر آنهاست انتخاب می شوند.

صفحه گوشواره و صفحه اتصال مقره



شکل (۳-۴۲)

صفحه گوشواره مقره یک صفحه مثلی شکل است که برای اتصال دو رشته مقره از نوع بال و سوکت به کار برده می شود.

پیچ و مهره

پیچ یک سر رزوه (پیچ کراس آرم)

پیچ های ماشینی فولادی در کلیه سازه های فلزی و اتصالاتی مثل بستن کراس آرم و کنسول ها به تیر های بتنی و همچنین محکم کردن تسمه حائل به پایه ها بکار می رود. پیچ و مهره ها همگی بصورت گالوانیزه آبکاری می شوند.

پیچ و مهره 5 سانتی متری - M14

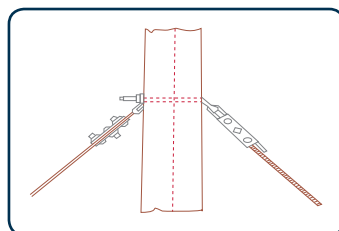
پیچ و مهره های گالوانیزه 5 سانتی متری نمره M14 مخصوص اتصالات فلزی و سازه های خطوط هوایی از جمله محل اتصال تسمه حائل به کراس آرم می باشد. این پیچ تمام رزوه بوده و به صورت گالوانیزه گرم ساخته می شود. گام آنها $P=2$ (یا معادل GB BS) خواهد بود که بصورت رولینگ ساخته شده اند. سر پیچ ها مطابق با $s=24\text{ mm}$ بوده و هر یک از آنها دارای مهره و واشر فنی هستند.

پیچ و مهره دو سر رزوه

پیچ دو سر دنده در پایه های کششی یا انتهایی برای افزایش استحکام سازه ها و همچنین اتصال کنسول کراس آرمها بکار می رود و از پیچ های دو سر رزوه 16 میلی متر به صورت سر تاسری با عبور از پایه بتنی و کنسول ها استفاده می شود. این پیچ ها به دلیل انتقال نیروها توسط اتصال مهره های چشمی به یکدیگر و ایجاد برآیند کمترین نیروی وارده به کنسول و کراس آرمها از اهمیت ویژه ای برخوردارند. این پیچ ها در طول های بلند و با چهار مهره و واشر مربوطه ساخته می شوند.

متعلقات مهارها

پیچ زاویه دار چشمی



شکل (۳-۴۳)

برای بستن سیم مهار به پایه از آن استفاده میشود. یک سر آن رزوه و سر دیگر آن کج و چشمی دار میباشد.

گواشره مهار

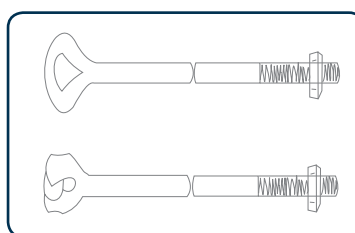
برای جلوگیری از شکسته شدن سیم مهار آن را بوسیله ی مهار بر روی پیچ زاویه دار چشمی یا گوشواره دالی شکل و پیچ تنظیم مهار می بندند. برای هر مهار دو عدد گوشواره مهار استفاده می گردد.

صفحه مهار

جهت محکم کردن میله مهار در داخل زمین از صفحه مهار استفاده می شود. جنس صفحه مهار از فولاد گالوانیزه به ابعاد $40*40*0.8$ سانتیمتر مکعب می باشد که به صورت مورب در چاله مهار قرار می گیرد.

نکته: در صورت موجود نبودن صفحه مهار از کنده مهار استفاده می گردد. طول کنده مهار برای پایه های 9 متری 100 سانتیمتر و برای پایه های 12 متری 150 سانتیمتر و حداقل قطر کنده مهار 25 سانتیمتر می باشد.

میله مهار



شکل (۳-۴۴)

ارتباط بین صفحه مهار و سیم مهار توسط میله مهار انجام می گیرد. $16*1800$ میلیمتر (طول * قطر). جنس میله مهار از فولاد گالوانیزه و طول آن برای پایه های 9 متری و برای پایه های 12 متری $20*240$ میلیمتر می باشد. توضیح اینکه اندازه مجاز برای میله مهار که از خاک بیرون باشد حداکثر 35 سانتیمتر است.

سیم مهار

سیم مهار از فولاد گالوانیزه ساخته می شود و دارای 7 رشته بهم تابیده می باشد و بر حسب قطر خارجی اش نامگذاری می گردد. بعنوان مثال سیم مهار نمره 8 یعنی سیم مهاری که قطر خارجی آن 8 میلیمتر است و از نظر جنس فولاد به سه دسته به شرح زیر تقسیم می شود:

■ سیم مهار معمولی

■ سیم مهار با قدرت زیاد

■ سیم مهار با قدرت فوق العاده زیاد

بایستی حداقل از سیم مهار با قدرت زیاد استفاده نمود.

طول سیم مهار به قرار زیر است:

طبق استاندارد وزارت نیرو حداکثر فاصله مهار تا پای تیر 4.3 m ارتفاع تیر از سطح زمین می باشد که این فاصله برای پایه های 9 متری و برای پایه های 12 متری، 7.5 می باشد. ضمناً هر بار که سیم مهار در کلمپ سه پیچ یا قفل بکسل بسته می شود بایستی حدود نیم متر از آن بر روی خودش برگشت داده شده و بافته شود تا کاملاً محکم گردد. لذا طول سیم مهار برای پایه های 12 متری حدود 14 متر که به دو تیکه 2 و 7 متری در بالا و پایین مهار تقسیم می گردد و مازاد آنها در اطراف کلمپ سه پیچ به روی خودشان بافته می شود.

مقره ها



شکل (۳-۴۵)

یکی از اجزاء مهم شبکه های برق، مقره ها می باشد که بر حسب ولتاژ مورد استفاده و شرایط محیطی از نظر آلودگی و رطوبت، شکل خاصی به خود می گیرند و مانع از عبور جریان الکتریکی جاری در هادی به سمت زمین می شود.

وظایف مقره ها در شبکه های توزیع

- تحمل وزن هادی های خطوط توزیع برای نگهداری سیم های هوایی روی پایه ها در بدترین شرایط را داشته باشد و اصولاً باید بتواند بیشترین نیروهای مکانیکی وارد شده بر آن ها را تحمل کنند.
- عایق بندی هادی ها و زمین و بین هادی ها با یکدیگر به عهده مقره است. یعنی مقره ها باید از استقامت الکتریکی کافی برخوردار باشند تا بتوانند بین فازهای شبکه و پایه ها که متصل به زمین هستند ایزولاسیون کافی برای تحمل ولتاژ فازها را داشته باشند. استقامت الکتریکی آن ها باید در حدی باشد که در بدترین شرایط (یعنی در حضور رطوبت، باران، آلودگی و بروز صاعقه با ولتاژ بالا) دچار شکست الکتریکی نشوند.

خصوصیات مقره ها

- استقامت الکتریکی بالا.
- استقامت مکانیکی بالا.
- عاری از ناخالصی و حفره های داخلی.
- استقامت در برابر تغییرات درجه حرارت و عدم تغییر شکل در اثر تغییر دما (با توجه به ضریب انبساط حرارتی که بایستی کم باشد).
- ضریب اطمینان بالا.
- ضریب تلفات عایقی کم.
- در برابر نفوذ آب و آلودگی ها مقاوم باشد.

جنس مقره ها

در یک دسته بندی کلی مقره ها از نظر جنس به سه دسته زیر تقسیم می شوند

- چینی (سرامیک)
- شیشه
- سیلیکون



شکل (۳-۴۶)

مقره چینی

مقره های چینی از سه ماده مختلف تشکیل شده است

1. کائولین یا خاک چینی $2\text{H}_2\text{O}-2\text{SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3$ به مقدار 40 تا 50 درصد.
2. سیلیکات آلومینیوم (فلداسپات) $6\text{SiO}_2-\text{K}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3$ به مقدار 25 تا 30 درصد.
3. خاک کوارتز SiO_2 به مقدار حداکثر 25 درصد.

این سه نوع به ترتیب برای بالا بردن استقامت حرارتی، الکتریکی و مکانیکی به کار می روند. به عبارت دیگر خواص الکتریکی، مکانیکی و حرارتی چینی بستگی به درصد فراوانی این سه جزء دارد. هر چه فلداسپات بیشتر باشد استقامت الکتریکی آن زیادتر می شود و هر چه مقدار کوارتز بیشتر شود، استقامت مکانیکی آن بیشتر شده و با افزایش کائولین، استقامت حرارتی آن بیشتر می شود. برای تهیه چینی، مواد فوق را با کمی آب خالص مخلوط می کنند تا به صورت گل و خمیر در آید. سپس این گل را در قالب های معینی شکل داده و در کوره حرارت می دهند تا پخته شود و رطوبت آن نیز گرفته شود. البته قبل از قالب گیری، درصد رطوبت گل را پایین می آورند و تحت خلاء آن را پرس می کنند، پس از ریخته شدن آن را سرد می کنند. ولی سرد کردن آن به طور ناگهانی انجام نمی شود و ملایم این کار صورت می گیرد تا ترکی در آن ایجاد نشود. پس از این مرحله یک لایه

لعب شیشه ای بر روی آن می ریزند تا سطح آن کاملاً خالی از وجود حباب ها و ترک های موین گردد. لعب شیشه ای علاوه بر افزایش استقامت مکانیکی مقره، قدرت چسبندگی گرد و غبار و نفوذ گرد و غبار و رطوبت را کاهش می دهد. همچنین باعث ایجاد یک سطح کاملاً صاف می شود که باعث افزایش مقاومت سطحی عایق می شود.

درجه حرارت پختن در کوره نیز در تعیین استقامت الکتریکی و مکانیکی مقره چینی مؤثر است که هر چه در درجه حرارت بالاتری قرار داده شود، حبابهای هوا در آن کمتر به وجود می آیند و استقامت الکتریکی آن زیاد می شود اما در عوض عایق خیلی ترد و شکننده می شود و هر چه درجه حرارت پختن در کوره کمتر شود استقامت مکانیکی آن بیشتر می شود اما استقامت الکتریکی آن کاهش می یابد. معمولاً درجه حرارت پخت در کوره را بین 1200 تا 1500 درجه نگه می دارند. از خواص بسیار مهم چینی می توان آسان شکل گرفتن آن ها و استقامت در برابر مواد شیمیایی و تغییرات جوی را نام برد.

شیشه

معمولاً شیشه را در درجه حرارت های بالا با مخلوطی از مواد مختلف از جمله آهک و پودر کوارتز ذوب می نمایند و سپس به طور ناگهانی آن را سرد نموده و قالب ریزی می کنند. این عمل (Toughening) باعث سفت شدن شیشه می شود. بدین ترتیب مقره شیشه ای با استقامت مکانیکی خیلی زیاد بدست می آید که در مقابل لب پریدگی از چینی مقاوم تر است و استقامت مکانیکی فشاری آن 1.5 برابر چینی است و استقامت مکانیکی آن در برابر نیروهای خمشی اندک، کمتر از چینی است. همچنین استقامت الکتریکی آن هم خیلی بیشتر از عایق های چینی است.

مزیت دیگر شیشه این است که ضریب انبساط حرارتی آن کوچک است و در نتیجه تغییر شکل نسبی آن در اثر تغییر درجه حرارت، خیلی کم است. همچنین در مقره های شیشه ای، قبل از بروز ترک، کاملاً خرد می شوند و لذا از روی زمین به راحتی می توان مقره معیوب را تشخیص داد. بر خلاف مقره های چینی، در واقع ساخت مقره های شیشه ای، معمولاً حفره در آن به وجود نمی آید و اگر ترک یا حفره ای هم باشد به راحتی قابل مشاهده است. به علاوه به علت عبور نور خورشید از آن در اثر شفاف بودن، مقاومت آن در برابر نور خورشید بیشتر است. اما از معایب شیشه میتوان به موارد زیر اشاره نمود:

- اولاً رطوبت به راحتی در سطح آن تقطیر می شود.
- به علت تغییر شکل نسبی داخلی پس از سرد شدن، نمی توان مقره های بزرگی از آن ها ساخت.

- مقره های خطوط هوایی
- مقره های اتکایی
- مقره های عبوری یا پوشینگ ها

انواع مقره های خطوط هوایی

مقره های سوزنی (میخی)



شکل (۳-۴۸)

از این مقره ها برای نگهداری خطوط توزیع 11 و 20 و 33 کیلو ولت استفاده می شود که بیشتر به صورت یکپارچه ساخته می شوند و معمولاً به شکل ناقوس کلیسا هستند و هادی خط روی شیار بالایی مقره قرار می گیرد و توسط یک سیم به مقره محکم می شود. مقره توسط یک پیچ فولادی که در داخل مقره محکم شده است به بازوی پایه بسته می شود. اطراف پیچ فولادی را با فلز نرم مانند سرب یا سیمان پر می کنند تا چینی مقره با فولاد سخت در تماس نباشد و در اثر گشتاور خمشی شکسته نشود. چترهای روی مقره هم به خاطر ایجاد مسیر طولانی و همچنین ایجاد نقاط خشک در هنگام بارندگی و هم لغزان بودن سطح مقره برای باقی نماندن باران بر روی سطح مقره ایجاد می شود. به عبارت دیگر در حالت مرطوب بودن مقره، فاصله جرقه برابر مجموع کوتاهترین فاصله از لبه یک چتر به نزدیکترین نقطه روی چتر پایینی به اضافه فاصله از لبه چتر پایینی تا پایه فلزی مقره می باشد. همچنین در حالت خشک بودن مقره کوتاهترین فاصله از هادی تا پایه فلزی مقره است. به این منظور، ضریب اطمینان مقره را به صورت زیر تعریف می کنند.

ولتاژ لازم برای جرقه سطحی = ضریب اطمینان مقره

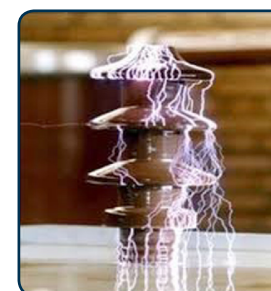
مقره های آویزان (در مقره های خطوط هوایی)

زنجیره مقره آویزی V شکل (V-String) در مناطق با سرعت باد زیاد، نوسانات بوجود آمده بر روی زنجیره مقره و در نتیجه انحراف بیش از حد آن می تواند منجر به کاهش فاصله ایزولاسیون گردیده و در نتیجه بروز قوس الکتریکی و اختلال در برق رسانی را به دنبال آورد. جهت جلوگیری

- گرد و خاک را بیشتر به خود جذب می کند.

شکست الکتریکی در مقره ها

دو نوع شکست در مقره ها ممکن است رخ دهد:



شکل (۳-۴۷)

■ سوراخ شدن مقره (شکست الکتریکی داخل بدنه مقره)
این شکست بستگی به جنس مقره، ضخامت بدنه مقره و ناخالصی های آن دارد که غالباً اتفاق نمی افتد؛ مگر در هنگام صاعقه های بسیار خطرناک و در اثر امواج سیار رخ می دهد. ضخامت بدنه مقره را طوری طراحی می کنند که برای ولتاژهای ضربه صاعقه ای و امواج سیار ناشی از سویچینگ سوراخ نشود.

■ جرقه سطحی مقره

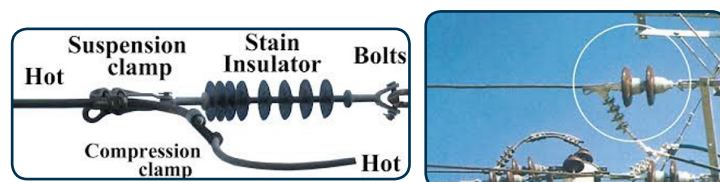
به علت اینکه سطح مقره ها با هوا در ارتباط است و با توجه به اینکه استقامت الکتریکی هوا خیلی کمتر از مقره ها است لذا قبل از سوراخ شدن، در روی سطح مقره ها جرقه زده می شود. معمولاً اگر بر روی سطح مقره ها گرد و غبار و رطوبت و آلودگی بنشیند سطح آن رسانا می شود و یک جریان نشستی روی سطح مقره بین هادی و پایه فلزی آن برقرار می گردد و باعث پایین آمدن ارزش عایقی سطح مقره می شود. لذا اولاً سطح عایق ها را طویل می سازند تا مسیر جریان نشستی طولانی تر شود و ارزش عایقی سطحی زیاد از دست نرود. دیگر آن که سطح عایق را به صورت چتری می سازند تا باران از آن ریخته شده و ابعاد مقره نیز بزرگ نشود و بالاخره جای خشک هم داشته باشد. شیب چترها باید طوری باشد که روی سطوح هم پتانسیل یعنی عمود بر خطوط میدان بین هادی و میله قرار گیرند. زیرا اگر بین دو نقطه ای که دارای اختلاف پتانسیل باشند، سطح رسانای ناشی از گرد و غبار تشکیل می شود در نتیجه جریان زیادتری جاری شده و جرقه سطحی زودتر زده می شود.

انواع مقره ها

بر حسب کاربرد این نوع وسیله، مقره ها را به سه دسته تقسیم می کنند:

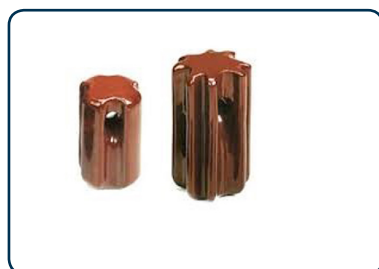
مقره های کششی

همانگونه که عنوان شد مقره های کششی در جاهایی که نیروی کشش افقی زیادی به مقره وارد می شود استفاده می گردد. از این مقره ها در پایه های ابتدا و انتهای خطوط توزیع و در پایه هایی که در مسیر خط از حالت مستقیم خارج شده و یا نسبت به افق، زاویه پیدا می کنند، استفاده می شوند. مقره های مذکور همان مقره های بشقابی هستند که به صورت افقی نصب می شوند و باید نیروی کششی خط را در پایه ها تحمل نمایند و چون نیروی زیادتری را باید تحمل کنند فقط استقامت مکانیکی آن ها نسبت به مقره های آویزان بیشتر است.



شکل (۳-۴۹)

مقره های مهار



شکل (۳-۵۰)

در خطوط توزیع برای پایه هایی که در ابتدا و انتهای خط قرار می گیرند و یا برای پایه هایی که در زاویه قرار می گیرند، برای خنثی کردن نیروی کششی که از یک طرف به پایه وارد می شود. از سیم مهار استفاده می شود. این سیم مهار از یک طرف به رأس تیر محکم می شود و از طرف دیگر به وسیله مهار و صفحه مهار در داخل زمین محکم می شود. برای ایمنی و حفاظت بیشتر که احتمالاً سیم مهار در

بالا از طریق میلگرد تیر برق دار گردید، سیم مهار در نزدیکی زمین برقرار نشود، در وسط سیم مهار از مقره مهار استفاده می شود و سیم های مهار از دو طرف به مقره مهار متصل می شود. این مقره به گونه ای است که اگر شکسته شود، سیم مهار رها نمی شود و البته بایستی تحمل نیروی کششی سیم مهار را داشته باشند.

از این مشکلات در این مناطق از زنجیری مقره V استفاده می شود تا از نوسانات زنجیره مقره جلوگیری شود. در زنجیره مقره V شکل معمولاً طول دو بازو برابر می باشد. اما در مواردی که به دلیل زاویه خط نیاز به بازوهای متفاوت باشد، می توان با کاهش و یا افزایش طول یک بازو به این حالت دست پیدا کرد. معمولاً زاویه بین دو بازو در زنجیره مقره بین 90 تا 100 درجه می باشد.

مزایای استفاده از مقره های بشقابی

قابلیت انتخاب تعداد بشقاب ها

چون هر واحد مقره بشقابی برای یک ولتاژ نامی پایینی (در حدود 11 کیلو ولت) طراحی می شود. متناسب با ولتاژ خط می توان به تعداد دلخواه از این بشقاب ها را به هم متصل نمود تا یک زنجیره آن بتواند ولتاژ خط را تحمل کند.

اقتصادی بودن مقره

اگر هر کدام از بشقاب های یک زنجیره مقره آویزان، معیوب یا صدمه ببیند فقط لازم است همان یک بشقاب عوض شود و نیازی به تعویض کل زنجیره نیست.

تنش های مکانیکی کمتری به مقره وارد می شود

چون زنجیره مقره به کراس آرم خط آویزان است و می تواند به صورت آزادانه حرکت نماید، حداقل فشار مکانیکی بر مقره های آویزان وارد می شود.

قابلیت انعطاف در افزایش ولتاژ خط

اگر به دلیلی بخواهند ولتاژ نامی خط را افزایش دهند به راحتی می توان با اضافه نمودن چند بشقاب، قدرت عایقی مناسب را به دست آورد و نیازی به تعویض زنجیره مقره نیست.

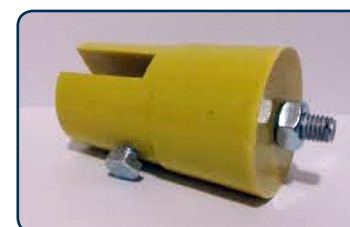
مقره چرخی



شکل (۳-۵۱)

از این مقره ها در خطوط فشار ضعیف 400 ولت استفاده می شود. این مقره ها توسط تسمه فلزی U شکل به نام اتریه و پین واشپیل به پایه های خطوط توزیع هوایی بسته می شوند و سیم هوایی شبکه بر روی شیار چرخی مانند مقره قرار می گیرد و از آن به عنوان مقره کششی نیز استفاده می شود و در دو نوع یک شیار و دو شیار استفاده می شود.

مقره اتکایی



شکل (۳-۵۲)

این مقره ها برای نگهداشتن شین های فشار قوی و دیگر تجهیزات به کار برده می شوند. این مقره ها به شکل استوانه ای چینی توپر یا توخالی ساخته می شوند که برای تأسیساتی که مقره باید نیروی مکانیکی بیشتری را تحمل کند از نوع توخالی آن استفاده می شود. زیرا نوع توپر آن فقط با یک قطر معین و محدودی قابل ساخت است ولی برای افزایش استقامت الکتریکی نوع توخالی آن سوراخ داخل مقره ها به صورت افقی یا عمودی نصب می شوند.

مقره های عبوری (بوشینگ ها)



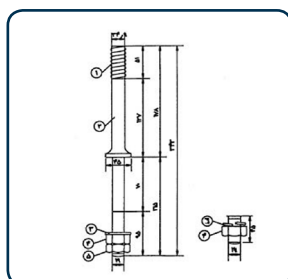
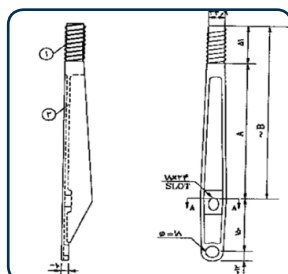
شکل (۳-۵۳)

برای سرهای خروجی و ورودی دستگاه های فشار قوی ، برای جلوگیری از ایجاد جرقه بین ولتاژ آن خط عبوری و بدنه دستگاه به کار می روند (مثل بوشینگ ترانس ها). این مقره ها به صورت لایه های استوانه ای به کار می روند و نسبت به محیط مورد استفاده ، شکل مقره های عبوری متفاوت است.

ساده ترین آن ها استوانه های درهم است. فضای داخل این استوانه ها معمولاً توسط گازها یا مایع های عایق پر می شود. در ترانسفورماتورها ، بوشینگ ها حاوی روغن هستند. ارتفاع آن ها بر حسب میزان ولتاژ و ارتفاع از زمین متفاوت است. به منظور جلوگیری از ازدیاد حرارت در بوشینگ ها

از فیبرهای عایقی در سر بوشینگ ها استفاده می شود زیرا فیبر هدایت حرارتی بهتری نسبت به چینی دارد.

پایه های مقره سوزنی



شکل (۳-۵۴)

پایه مقره برای نگه داشتن مقره هایی که هادی ها به آن محکم شده بکار می روند و به صورت میله های مقره سوزنی می باشند. این پایه ها بیشتر از میله و یا پروفیل آهنی U شکل گالوانیزه ساخته می شوند تا قدرت و استحکام زیادی داشته باشند. البته در یک سر این پایه ها شیار های پیچ مانندی برای اتصال به مقره وجود دارد.

طرف دیگر پایه ها به کنسول ها بسته می شوند و در بعضی موارد میله های با طول بیشتر می توانند به طور مستقیم به خود تیر بتنی نیز بسته شوند. استفاده از پایه باعث می شود که مقره به صورت قائم روی کراس آرم محکم شود. پایه مقره به طور معمول یکپارچه و از فولاد گالوانیزه ساخته میشوند.

میل مقره سوزنی استقامت مکانیکی پایه مقره به میزان باری بستگی دارد که می تواند میله به اندازه 10 درجه نسبت به محل وارد شده ی نیرو در راستای نیرو منحرف نماید.

کمترین ارتفاع تعریف شده برای پایه مقره باید مناسب با مقره مخصوص به خود آن محاسبه و تعیین گردد تا قادر به انتخاب در حد برابر یا بیشتر از میزان فضای ارتفاع مقره طبق استاندارد باشد.

انواع ارتفاع پایه های مقره از محل اتصال به کراس آرم تا کلاهک بالایی آن مطابق استاندارد ANSI در 4 طول 18 ، 20 ، 28 ، 32 سانتی متری ساخته می شوند . به طور کلی در شبکه های توزیع ایران پایه مقره به سه دسته تقسیم می شوند :

- پایه مقره کوتاه یا طرفین
- پایه مقره متوسط یا کنسول چوبی
- پایه مقره بلند یا سر تیر

هادی ها



شکل (۳-۵۵)

بدون تردید، هادی ها مهمترین اجزای یک شبکه توزیع انرژی محسوب شده و مسیر جریان از طریق آنها برقرار می گردد، بنابراین تمام مقدمات در طراحی یک خط توزیع هوایی، فقط به منظور برق رسانی مناسب و مطمئن از طریق این هادی ها صورت می گیرد. به عنوان مثال نقش پایه های خط توزیع نگهداری فاصله هادی ها از زمین، نقش کنسول ها. رعایت فاصله مناسب هادی ها از یکدیگر و نقش مقره به عنوان ایزوله کننده و نگهدارنده هادی ها تحت ولتاژ از بدنه می باشد، که در این بین، هادی ها نقش اساسی را به عهده دارند.

ویژگیهای یک هادی خوب

- قابلیت هدایت الکتریکی بالا یا مقاومت ویژه کم.
 - از نظر اقتصادی مقرون به صرفه باشد.
 - دارای استحکام مکانیکی بالا باشد.
 - انعطاف پذیر باشد.
 - استقامت شیمیایی داشته باشد.
- بهترین فلزات از نظر هدایت الکتریکی نقره و بعد از آن مس، آلومینیوم و فولاد است.

انواع هادی مس copper

مس از معمولیترین هادیهای خطوط است که قابلیت هدایت بسیار خوبی دارد و از نظر هدایت الکتریکی بعد از نقره به حساب می آید. هرچقدر ناخالصی آن بیشتر باشد قابلیت هدایت آن کمتر می شود. چون در طبیعت بطور وفور یافت می شود از آنرا از نقره است. استحکام مکانیکی آن خوب و عوامل جوی بر آن تاثیر زیادی ندارد. چون چگالی جریان آن زیاد است برای یک جریان نامی معین سطح مقطع آن کوچکتر خواهد بود که در نتیجه در خطوط هوایی سطح مقطع کمتری در برابر فشار باد خواهد داشت. استقامت کششی آن را می توان با افزودن مقدار کمی حدود 1% کادمیم بالا برد.

انواع سیم مس

- **مس سخت**
- **مس نیمه سخت**
- **مس نرم یا دوباره پخت شده (قابلیت هدایت زیاد)**

برای هادیهای سخت (شبکه های هوایی فشار ضعیف) معمولاً از مس نیمه سخت که دارای مقاومت مکانیکی در حد گسیختگی 34 kg/mm^2 می باشد و یا از مس سخت که دارای حداقل مقاومت کشش 28 kg/mm^2 و بار مکانیکی مجاز 214 kg/mm^2 تا 18 می باشد استفاده می گردد. از مس نرم برای محکم کردن سیم روی مقره (اصلی کردن) استفاده می شود. نکته: 1- نوع سخت: مقاومت بالایی دارد. 2- نوع نرم: قابلیت هدایت الکتریکی خوبی دارد. 3- نوع نیمه سخت: قابلیت الکتریکی خوب، قدرت الکتریکی خوب و بهترین نوع هادی در شبکه های توزیع است.

آلومینیوم (aluminium)

این هادی بیشتر در خطوط فشار متوسط بکار می رود و دارای 99.5% آلومینیوم و 0.5% فلزات دیگر می باشد ضریب هدایت آن از مس کمتر ولی قیمت آن ارزانتر و وزنش سبکتر است. استحکام مکانیکی آن از مس کمتر و تاثیر عوامل جوی و رطوبت به مراتب بیشتر از مس است و در هوای مرطوب زود اکسیده می شود.

در مقایسه با سیم مسی با همان مقطع، سیم آلومینیومی فقط دارای 60.7% قابلیت هدایت 45% مقاومت مکانیکی و حدود 33% وزن سیم مسی می باشد. به دلیل پایین بودن مقاومت مکانیکی فلش آن زیاد می شود.

سیم آلومینیوم به خاطر سبک بودن در سیم کشی هوایی بکار میرود و هادی مس مخصوصاً به خاطر قابلیت انعطاف پذیری در کابل کشی زمینی، خیلی بیشتر از هادی آلومینیوم مورد استفاده قرار می گیرد.

آلمک یا آلداری (ALdrey)

استحکام مکانیکی هادی آلومینیومی به مراتب کمتر از هادی مس است. برای افزایش استحکام هادی

هادی های تک رشته ای و چند رشته ای

هادی تک رشته ای دارای یک سیم بامقطع دایره ای شکل می باشد. چون سیمهای تک رشته ای غیر قابل انعطاف و شکننده می باشند برای بالابردن قابلیت انعطاف پذیری هادیها (آلومینیوم و مس) آنها را به خصوص در مقاطع بزرگ چند رشته ای می سازند. هادی چند رشته ای از یک گروه سیم که به هم تابیده شده اند تشکیل شده است و جهت چرخش هر لایه برخلاف لایه های مجاور می باشند. این امر مزایای زیادی دارد که عبارتند از:

- از پیچش هادی به دور خودش در مواقع تغییر کشش مکانیکی جلوگیری می شود.
- تغییر جهت پیچش لایه ها باعث می شود که از جمع جبری آمپر دورهای ایجاد شده توسط رشته ها کاسته شود. چون جریان برق سعی دارد در مسیر رشته ها جریان یابد بنابراین از مغناطیس شدن هسته فولادی کابل که باعث بوجود آمدن تلفات هیستریزیس و جریان فوکو می گردد جلوگیری می کند.
- اثر پوستی را کاهش می دهد.

تعداد رشته های این هادی ها معمولاً 3-7-19 و... می باشد و از رابطه

که در آن k تعداد لایه ها و m تعداد رشته ها می باشد محاسبه می شود.

تذکر بسیار مهم:

هرگز نیاستی آلومینیوم و مس را مستقیماً به یکدیگر اتصال داده زیرا در اثر رطوبت هوا یک پیل الکتریکی بامدار بسته بوجود می آید که قطب مثبت آن مس و قطب منفی آن آلومینیوم است و پس از مدتی در اثر عبور جریان برق، سیم آلومینیوم خورده می شود. برای اینکار باید از کلمپ تبدیل بی متال استفاده نمود.

سیم فولاد

فولاد در میان سایر مواد دارای بیشترین استقامت مکانیکی و کمترین قابلیت هدایت الکتریکی برای ساخت سیم هاست. به همین دلیل سیم های فولادی در موارد محدودی از جمله مواردی که استحکام مکانیکی در درجه اول اهمیت قرار دارد و یا باید قدرت های کم انتقال یافته و به طور کلی فقط در یک فاصله کوتاه در شبکه فشار متوسط به کار رود مورد استفاده قرار می گیرد. به عنوان مثال عبور از روی رودخانه ها یا بستر عریض و فواصل عبوری از روی آبراهه ها و کانال ها نمونه هایی از این موارد است. هادی های فولادی برای سیم های محافظ یا زمین، خطوط هوایی، سیم سیستمهای مهار و در بسیاری دیگر به عنوان مغزی و یا رشته میانی سیم های هوایی استفاده میشود. در این صورت

آلومینیومی معمولاً آن را به صورت آلیاژ به کار می برند. یکی از این آلیاژها آلومک یا آلداری است که آلیاژیست از 98.3% آلومینیوم و 0.6 تا 0.5% سیلیسیم، 0.75 تا 0.65% منیزیم، قابلیت هدایت آن 10% از آلومینیوم خالص کمتر ولی مقاومت مکانیکی آن خیلی زیادتر می باشد. مقاومت مخصوص آن از آلومینیوم بیشتر است و تنش تسلیم آن $\sigma_y = 33 \text{ kg/mm}^2$ می باشد. ضمناً ضریب انبساط حرارتی آن از آلومینیوم بیشتر ولی سبک تر از آلومینیوم میباشد.

آلومینیوم- فولاد

راه دیگر افزایش استحکام مکانیکی هادی آلومینیومی استفاده آن بصورت آلومینیوم- فولاد است و منظور هادیهایی می باشد که در وسط آن یک مغز فولادی (یک یا چند رشته) و اطراف آن رشته ای آلومینیومی قرار دارند. مغز فولادی بر استحکام مکانیکی و رشته های آلومینیومی برای هدایت الکتریسیته می باشد. مقاومت مخصوص هادی دوبرابر مس و مقاومت مکانیکی آن 80% مس سخت می باشد. ضمناً برای جلوگیری از زنگ زدگی و همچنین خوردگی بین سیمهای فولادی و آلومینیومی از فولاد گالوانیزه استفاده می کنند. نسبت سطح مقطعهای این دو فلز 1.6 و در هادیهای بامقاومت مکانیکی بالا 1.4 می باشد و چون مقاومت مکانیکی خوبی دارد با اسپانهای بلند می تواند استفاده شود.

کاپرولد (Copperweld)

به علت عمر کوتاه و قابلیت هدایت بسیار کم هادی فولادی، روی آن را با یک لایه مس که با آن جوش داده می شود می پوشانند. قابلیت هدایت آن بستگی به ضخامت لایه مسی دارد. معمولاً هدایت مخصوص آن 25% هدایت مخصوص مس و 50% هدایت مخصوص آلومینیوم- فولادی می باشد. این هادی در شرایطی که شدت جریان الکتریکی ضعیف بوده و ملاحظات مکانیکی مورد نظر باشد استفاده میگردد و بیشتر بعنوان هادی یا میله اتصال زمین استفاده میگردد. مزایای کاپرولد نسبت به مس عبارتند از:

- وزن کمتری دارد.
- ارزانتر است.
- نیروی گسیختگی آن حدود 100 kg/mm^2 الی 70 است.

تعداد مفتول (یا رشته) های تشکیل دهنده یک هادی معمول ترین نوع هادی های رشته ای شامل مفتول های هم اندازه است که بصورت هم محور حول رشته میانی پیچیده شده اند. هر لایه شش رشته (مفتول) بیش از لایه ی قبلی دارد و دو لایه ی متوالی در جهت عکس یکدیگر پیچیده شده اند تا استحکام مکانیکی آن افزایش یابد.

هادی های آلومینیوم فولاد مورد استفاده در شبکه های فشار متوسط توزیع از نظر تعداد مفتول های آلومینیوم و فولاد به سه دسته مطابق با جدول (3-1) تقسیم می شوند.

و طرز قرار گرفتن این مفتول ها مطابق شکل (3-57) خواهد بود.

جدول (3-1)

مفتول آلومینیوم	مفتول فولادی
۶ رشته	۱ رشته
۷ (یا ۶) رشته	۷ رشته
۳۰ (یا ۲۷) رشته	۷ رشته

قطر هادی چند رشته ای

لایه ی شش رشته ای یک هادی را که کلیه رشته سیم های تشکیل دهنده آن دارای مقطع یکسانی هستند به عنوان لایه اول شناخته و قطر معادل آن را به صورت زیر تعریف می کنند:

$$\text{قطر یک رشته سیم} \times [1 + (\text{تعداد لایه ها} \times 2)] = \text{قطر معادل} = \text{O.D}$$

سطح مقطع کل (حقیقی)

مجموع سطح مقطع رشته سیم ها را بدون هیچ نوع تصحیحی سطح مقطع کل گویند که بر حسب واحد mm بیان می گردد. این سطح مقطع از روش اندازه گیری جمع سطح مقطع کلیه ی مفتول ها

فولاد را به طور معمول با عمل گالوانیزه کردن یا با پوشش دادن به صورت دیگر در مقابل خوردگی حفاظت می نمایند.

سیم آلومینیومی با مغزی فولادی (ACSR)

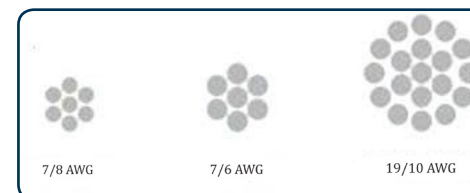


شکل (3-۵۶)

هرگاه به منظور ازدیاد مقاومت مکانیکی هادی آلومینیومی درون هادی را با رشته های فولادی تقویت کنند سیمی با قابلیت الکتریکی و مکانیکی مناسبی به دست می آید که بر سایر هادی ها برتری داشته و بطور گسترده ای در خطوط هوایی فشار متوسط توزیع مورد استفاده قرار می گیرد. این هادی ها به طور اختصار سیم آلومینیوم فولاد نیز گفته میشود.

مقاومت مخصوص الکتریکی این سیم ها تابع درجه خلوص و شرایط فیزیکی آن می باشد.

نامگذاری سیم های آلومینیوم فولاد



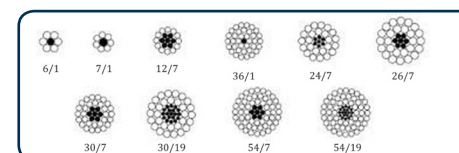
شکل (3-۵۷)

در استاندارد های کشور های مختلف برای نامگذاری هادی های مورد استفاده روش های متفاوتی وجود دارد. استاندارد سیم های آلومینیوم فولاد سیستم توزیع ایران نیز از استاندارد انگلیسی (BS-215) اقتباس شده است.

در استاندارد انگلیسی و آمریکایی نیز برای نامگذاری هادی های خطوط توزیع نیرو از اسامی حیوانات استفاده شده است.

سیم نمره 35: مینک. سیم نمره 70: فوکس. سیم نمره 120: داگ

مشخصات سیم های هوایی آلومینیوم فولاد



شکل (3-۵۸)

این سیم ها را می توان با مشخصات زیر شناسایی کرد:

محاسبه شده توسط کارخانه ی سازنده و برای هر رنج مشخص تولید می شود .
محدوده تغییرات مجاز سطح مقطع کل هادی تولید شده با سطح مقطع نامی 2 % \pm خواهد بود .

سطح مقطع هادی مسی معادل

سطح مقطعی از یک سیم مسی که مقاومت الکتریکی هادی مورد نظر ما را با طول یکسان دارا باشد سطح مقطع معادل الکتریکی می گویند . به طور مثال برای محاسبه سطح مقطع هادی مسی معادل از یک سیم آلومینیومی از رابطه زیر می توان استفاده کرد .
 $0.61 \times \text{سطح مقطع الکتریکی آلومینیوم} = \text{سطح مقطع هادی مسی معادل}$

انواع کابل استفاده شده در شبکه های توزیع

تعریف کابل



شکل (۳-۵۹)

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 روی سطح سیم یا هادی نسبت به زمین دارای ولتاژ فازی باشد کابل نامیده می شود.

ساختمان کابل

کابل ها به طور کلی از سه قسمت اصلی تشکیل شده اند که عبارتند از :

1) هادی 2) عایق 3) غلاف یا زره یا روکش



شکل (۳-۶۰)

هادی کابل

جنس هادی کابل ها معمولاً از مس و یا آلومینیوم می باشد .
هادی کابل ها از نظر سطح مقطع به دو صورت ساخته می شود که عبارتند از :

■ سطح مقطع گرد که آن را با حرف R نشان می دهند .

■ سطح مقطع مثلثی یا سکتور که آن را با حرف S نشان می دهند .

هادی های کابل را به دو صورت تک رشته (e) یا چند رشته (m) می سازند .

هادی های کابل از نظر سطح مقطع و تعداد رشته به صورت زیر تقسیم بندی می شوند .

■ کابل با سطح مقطع گرد تک رشته (re)

■ کابل با سطح مقطع گرد چند رشته (rm)

■ کابل با سطح مقطع مثلثی یا سکتور تک رشته (se)

■ کابل با سطح مقطع مثلثی یا سکتور چند رشته (sm)

■ سیم نیمه افشان با AB مشخص می شود . مانند : NYAB

■ سیم تک رشته افشان (قابل انعطاف) با AF مشخص می شود . مانند : NYAF

کابل چند رشته ای با هادی افشان (قابل انعطاف) با MH مشخص می شود .

استفاده از هادی های چند رشته ای rm و sm باعث کاهش اثر پوسته ای و افزایش سطح موثر هدایت کابل می شود .

نکته : به تمایل الکترون ها برای عبور از سطح هادی اثر پوسته ای گویند . در این صورت مرکز هادی بلااستفاده مانده و باعث کاهش سطح موثر هادی می گردد در نتیجه مقاومت اهمی سیم افزایش می یابد . اثر پوسته ای با فرکانس نسبت مستقیم دارد یعنی با افزایش فرکانس اثر پوسته ای افزایش پیدا می کند ؛ لذا می توان نتیجه گرفت که مقاومت یک سیم در اثر عبور جریان AC بیشتر از حالتی است که جریان مشابه DC از آن عبور کند زیرا در جریان DC فرکانس نداریم .

کابل ها به صورت یک سیمه و یا چند سیمه ساخته می شوند . کابل یک سیمه ، کابلی است که فقط دارای یک هادی با یک روپوش عایق است و کابل چند سیمه ، کابلی که از چند هادی تشکیل شده است .

عایق کابل

برای عایق کردن کابل ها با توجه به نوع مصرف از مواد مختلفی استفاده می شود که مهم ترین آنها عبارتند از :

■ مواد ترمو پلاستیک یا PVC (پلی وینیل کلراید) .

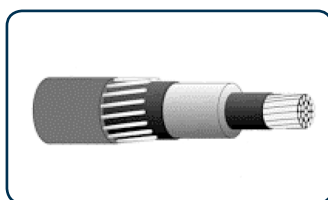
■ مواد پلی اتیلن یا XLPE .

■ کاغذ های آغشته به روغن مخصوص .

ویژگی عایق لاستیکی یا مواد کائوچویی مخلوط با گوگرد

از عایق های لاستیکی امروزه در کابل های خاص مانند کابل های مورد استفاده برای برق رسانی در کشتی ها استفاده می شود .
در کابل های با عایق لاستیکی جهت جلوگیری از اثر گوگرد موجود در لاستیک بر روی هادی مسی ، روی هادی را قبل از عایق نمودن ، قلع اندود می کنند .
از کابل های با عایق لاستیکی تا ولتاژ 750 ولت استفاده می شود .

غلاف کابل یا زره



شکل (۳-۶۱)

منظور از غلاف یا زره در ساختمان کابل ، لایه یا لایه هایی است که کلیه رشته ها و سیم های عایق شده کابل را در بر می گیرند و کابل را در برابر انواع نیروهای مکانیکی محافظت کرده و هم چنین از نفوذ رطوبت به داخل کابل جلوگیری می کنند . به غلاف کابل روکش کابل نیز گفته می شود .
به عنوان مثال : در کابل NYY بر روی هر یک از سیم های تک رشته یا چند رشته ، یک لایه عایق قرار گرفته و سپس بر روی کلیه هادی های کابل یک لایه PVC به عنوان غلاف یا روپوش یا روکش قرار می گیرد و در ساختمان بعضی از کابل ها از لایه های مختلف فلزی و کاغذی استفاده می شود که وظیفه هر لایه ، حفاظت از کابل در برابر یک عامل فیزیکی یا شیمیایی و ... می باشد . لذا کابل ها را از نظر انعطاف پذیری و از نظر عایقی به دو دسته تقسیم می کنند که عبارتند از :
1) کابل های غیر مسلح 2) کابل های مسلح



شکل (۳-۶۲)

کابل غیر مسلح

به کابل هایی گفته می شود که فقط از نظر الکتریکی عایق شده اند . مانند کابل NYY

■ مواد لاستیکی یا مواد کائوچویی مخلوط با گوگرد (برای کابل های تا ولتاژ 750 ولت).

عایق یک کابل علاوه بر قدرت عایق نمودن ، باید در مقابل حرارت حاصل از عبور جریان از کابل تا مقدار مجاز مقاومت کرده و مقدار حرارت را به نحو شایسته ای به خارج از کابل منتقل نماید و ضمناً این عایق باید ضربه هایی از قطع جریان برق را تحمل کند.

ویژگی های عایق PVC

- قابل اشتعال نیست و در صورت آتش سوزی باعث هدایت آتش نمی شود .
- در مقابل مواد شیمیایی پایداری و ثبات دارند .
- در برابر عوامل جوی پایدار است.
- از عایق PVC نباید در دمای پایین تر از 5- درجه سانتیگراد استفاده کرد .
- از عایق PVC به عنوان عایق کابل ها تا ولتاژ حدوداً 20 KV استفاده می شود .
- هر چقدر ولتاژ کابل بیشتر باشد قطر عایق PVC نیز باید بیشتر باشد .
- مهمترین ماده عایق استفاده شده در کابل ها ، PVC می باشد .

ویژگی عایق های پلی اتیلن XLPE

پلی اتیلن یک ماده ترموپلاستیک است که به آن پلاستیک حرارتی نیز می گویند .
پلی اتیلن قابل اشتغال می باشد . برای جلوگیری از اشتعال کابل ها با عایق پلی اتیلن روکش خارجی کابل را از PVC می سازند .
از عایق پلی اتیلن در کابل ها با ولتاژ بالاتر از 20 KV استفاده می شود .

ویژگی عایق کاغذ آغشته به روغن مخصوص

در صورت استفاده از این عایق در ساختمان کابل ، روغن باعث تسهیل عملیات انتقال حرارت از سطح هادی به سطح کابل می شود .

کابل های مسلح



شکل (۳-۶۳)

به کابل هایی گفته می شود که هم از نظر الکتریکی عایق شده اند و هم در برابر تحمل فشار ، ضربات مکانیکی ، نفوذ رطوبت و عوامل شیمیایی توسط نوارهای فولادی ، غلاف سربی ، لایه های قیر اندود و نوار کاغذی حفاظت شده اند . مانند کابل NKBA و یا کابل NYFGBY

شناسایی کابل ها

هر کابل دارای مشخصاتی است که هنگام انتخاب کابل و استفاده از آن باید به این مشخصات توجه کرد . مشخصاتی از قبیل سطح مقطع ، نوع عایق ، جنس عایق ، یک یا چند رشته بودن کابل ، ولتاژ کابل و ...؛ لذا برای شناسایی کابل ها از حروف و اعداد استاندارد استفاده می شود که هر یک از این حروف و اعداد بیانگر یکی از مشخصات کابل می باشد. این حروف طبق استاندارد بین المللی (استاندارد VDE) عبارتند از :

- N : علامت کابل با سیم مسی که طبق استاندارد VDE آلمان ساخته شده است.
- NA : علامت کابل با سیم آلومینیومی که طبق استاندارد VDE آلمان ساخته شده است.
- Y : علامت عایق پروتودور (اولین Y در ردیف حروف) .
- H : علامت ورق متالیزه .
- T : سیم تحمل کننده (در برابر کابل های هوایی).
- R : حفاظت فولادی سیم نواری شکل یا زره.
- C : در کابل های فشار ضعیف علامت سیم صفر و در کابل های فشار متوسط علامت سیم حفاظت و یا سیم نول (صفر) می باشد.
- B : حفاظت فولادی نواری شکل.
- GB : حفاظت نواری فولادی شکل.
- Y : روپوش پروتودور (دومین حرف Y در ردیف حروف).
- re : سیم گرد یک رشته ای (یک لا).
- rm : سیم گرد چند رشته (چند لا).

se : سکتور شکل و یک سیمه (مثلی).

sm : سکتور شکل و چند سیمه (مثلی چند رشته ای).

مثال : مفهوم اعداد و حروف روبرو در مورد یک کابل چیست ؟

NYN 4x4 re1/6/0KV

یعنی کابل زمینی نرمال چهار سیمه با مقطع گرد تک رشته به مقطع چهار میلیمتر مربع با روپوش و عایق پروتودور و برای فشار 0.6 کیلو ولت بین سیم فاز و یک کیلو ولت بین دو فازبر روی بدنه کابل ها علاوه بر مشخصات ساختمانی . ولتاژ بین هادی های کابل و ولتاژ بین هر هادی و زمین نوشته می شود . مانند: 0.61 کیلو ولت یعنی ولتاژ بین هر فاز تا زمین 0.6 کیلو ولت و ولتاژ بین دو فاز ۱ کیلو ولت است.

نکته: اولین حرف نوشته شده بر روی بدنه کابل های استاندارد حرف N است .

کابل کمربندی یا یک غلافه (تک کر)

به کابل هایی که منحصراً دارای یک غلاف سربی مشترک برای تمام رشته های کابل می باشند کابل کمربندی می گویند .

در کابل کمربندی رشته های هادی عایق شده توسط کاغذ متالیزه (H کاغذ آغشته به گرافیت) روکش شده سپس همگی آن ها در یک غلاف سربی قرار می گیرند .

از کابل کمربندی تا ولتاژ 20 KV استفاده می شود .

از کابل کمربندی جهت تغذیه شهری با ولتاژ 220.380 ولت نیز استفاده می شود که در این صورت سیم های فاز با مقطع مثلی یا سکتور و سیم نول با مقطع دایره ای ساخته می شود .

عیب کابل کمربندی

■ کابل های کمربندی به خاطر شدت حوزه مغناطیسی از نظر عایقی دارای استقامت کافی نبوده و استعداد بار دهی این کابل در ولتاژهای بالا کم است .

■ خم کاری مشکل

کابل سه غلافه (سه کر)

کابلی است که بر روی هر یک از سیم های کابل یک غلاف سربی جداگانه قرار دارد .

کابل سه غلافه را با حرف E نشان می دهند .

مزیت کابل سه غلافه نسبت به کابل کمر بندی

- از نظر عایقی استقامت بیشتر دارد .
- استعداد بار دهی کابل های سه غلافه بیشتر است .

کابل پرتودور

به کابل هایی که دارای عایق و رو پوش PVC می باشند (مانند کابل NY) ، کابل پرتودور گویند.

مزیت کابل های پرتودور

- کابل کشی با شعاع خمش کم.
- وزن کم.
- چون مواد مذاب روغنی ندارند در موقع تغییر ارتفاع ایجاد مشکل نمی کنند .
- کابل پرتودور قابل اشتعال نیست و در آتش سوزی باعث هدایت آتش نمی شود .
- در برابر مواد شیمیایی پایداری و ثبات عمیق دارند .
- در مقابل عوامل جوی پایداری است .
- قابل استفاده در مناطق گرمسیر.
- کاربرد در تولید و انتقال انرژی و در شبکه های محلی و پست ترانسفورماتور جهت برق رسانی.

کابل با غلاف سربی یا آلومینیومی



جهت جلوگیری از ورود رطوبت به داخل کابل ، عایق کابل را با یک غلاف سربی یا آلومینیومی می پوشانند . به همین منظور انتهای کابل را نسبت به هوای خارج عایق می کنند .

شکل (۳-۶۴)

از کابل های با غلاف سربی در مناطق ذخیره نفت و پمپ بنزین ها استفاده می شود .

مزیت کابل با غلاف سربی نسبت به کابل با غلاف آلومینیومی

- تهیه و نصب غلاف سربی ساده تر از غلاف آلومینیومی است زیرا درجه حرارت سرب کمتر از آلومینیوم است .
- کابل با غلاف سربی قابلیت خمش بیشتری نسبت به کابل با غلاف آلومینیومی دارد.

چند نکته

کابل با غلاف آلومینیومی سبک تر از کابل سربی است .
به جای غلاف سربی می توان از یک نوار فولادی به ضخامت 0.3 تا 0.4 میلیمتر استفاده کرد .
کابل با غلاف آلومینیومی و فولادی باید در برابر زنگ زدگی و اکسید شدن محافظت شوند به همین دلیل بر روی این غلاف یک روکش از پارچه یا کنف آغشته به قیر قرار می دهند .
اثر کابل های جریان زیاد دارای عایق کاغذی آغشته به روغن مخصوص می باشند. این کابل ها برای ولتاژ های زیاد ساخته می شوند .
کابل هایی که تحت کشش زیاد قرار دارند مانند کابل های معادن و رودخانه ها ، دارای یک حفاظ فلزی از سیم گرد (R) و یا سیم های تخت (F) و یا سیم های پروفیلی (Z) می باشند که باعث حفاظت کابل در مقابل خطرات و حوادث خارجی نیز می شوند .
امروزه جهت حفاظت در برابر ساییدگی سطح خارجی کابل از عایق پلاستیکی استفاده می شود که با پیستوله های مخصوص بر روی غلاف سربی یا آلومینیومی پاشیده می شود .
درجه حرارت مجاز برای کابل های فشار ضعیف (1 تا 6) کیلوولت در حدود 650C می باشد.

کابل H

در این کابل جهت محصور کردن میدان های مغناطیسی از کاغذ متالیزه بر روی عایق هر سیم استفاده شده و تمامی سیم ها در یک غلاف سربی قرار گرفته اند.

کابل هوایی یا کابل T

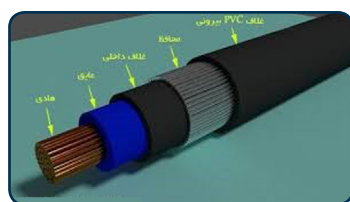
سطح مقطع ظاهری کابل به صورت عدد 8 لاتین است یعنی از دو مقطع دایره ای شکل تشکیل شده که

■ کابل های فشار خیلی قوی (از 110 KV تا 380 KV).

رنگ عایق سیم های با محافظ

- کابل سه سیمه : (سبز و زرد - آبی - قهوه ای).
- کابل چهار سیمه : (سبز و زرد - آبی - قهوه ای - مشکی).
- کابل پنج سیمه : (سبز و زرد - آبی - قهوه ای - مشکی).
- کابل شش سیمه و بیشتر : (تمام سیم ها مشکی و روی آن ها به ترتیب از 1 شماره خورده).

رنگ عایق سیم های کابل های بدون سیم محافظ



شکل (۳-۶۵)

- کابل یک سیمه ، (مشکی).
- کابل دو سیمه : (مشکی - آبی).
- کابل سه سیمه : (مشکی - آبی - قهوه ای).
- کابل چهار سیمه : (مشکی - آبی - قهوه ای - مشکی).
- کابل پنج سیمه : (مشکی - آبی - قهوه ای - مشکی - مشکی).

■ کابل شش سیمه و بیشتر : (تمام سیم ها مشکی و روی آن ها به ترتیب از 1 شماره خورده).

چند نکته در مورد انتخاب کابل مناسب

- می دانید که هر کابلی با سطح مقطع معین قادر به انتقال جریان مشخص می باشد که اگر از آن حد بیشتر گردد ، باعث کوتاه شدن عمر و یا سوختن کابل و بروز حوادثی خواهد شد. لذا در طراحی یک شبکه باید سه اصل زیر رعایت شود :
- جریان برق از حد مجاز جریان کابل تجاوز نکند.
- افت ولتاژ نباید بیشتر از حد مجاز گردد.
- درباره سطح مقطع انتخاب شده از نظر افت توان ، محاسبات اقتصادی صورت گیرد.

به هم متصل می شوند. مقطع دایره شکل بزرگتر حاوی سیم های هادی کابل و مقطع کوچکتر حاوی یک سیم فولادی چند رشته بوده که به آن سیم نگهدارنده گویند. سیم نگهدارنده باعث بالا بردن استقامت مکانیکی کابل در برابر نیروهای کششی و نیروی باد می شود. به کابل هوایی ، کابل T نیز می گویند. از کابل هوایی در فضای آزاد برای برق رسانی استفاده می شود.

کابل روغنی

به کابل هایی که روغن در آنها نقش عایقی دارد کابل روغنی گویند. مواد روغنی در این کابل ها به دو صورت بکار می روند :

■ کابل ها با عایق کاغذی آغشته به روغن که در آن ها ، روغن سبب تسهیل عملیات انتقال حرارت از سطح سیم هادی به سطح کابل می شود.

■ کابل هایی که در آن روغن تحت فشار می باشد.

از کابل های روغنی تا ولتاژهای 63 KV استفاده می شود.

حرارت ایجاد شده در کابل در اثر عبور جریان باعث کاهش جریان مجاز کابل می شود و اگر این حرارت بیش از حد مجاز شود می تواند باعث از بین رفتن عایق کابل و کم شدن عمر کابل گردد. هنگام کابل کشی برای تغییر مسیر کابل ، شعاع خمش کابل نباید از 15 برابر قطر کابل کمتر باشد.

کابل های استاندارد

سطح مقطع نرم شده یا استاندارد کابل ها بر حسب mm^2 به صورت زیر است :

1.5-2.5-46-10-16-25-35-50-70-95-120-150-185-240-300-400-500-
 mm^2 625-800-1000

کابل های انتقال انرژی از نظر سطح ولتاژ

- کابل فشار ضعیف (تا 1 KV).
- کابل فشار متوسط (از 3300V تا 45KV).
- کابل فشار قوی (از 60KV تا 90KV).

اتصال کابل به مدار

برای اتصال کابل به مدار از کفشک کابل یا کابلشو استفاده می شود.

کابلشو سه نوع می باشد :

- پرسی
- لحیمی
- پیچی



شکل (۳-۶۶)

کابلشو از نظر ظاهری شبیه فیش ها و ترمینال های اصلی می باشند که اغلب برای بدست آوردن یک اتصال محکم، کابلشو را به کابل لحیم می کنند.

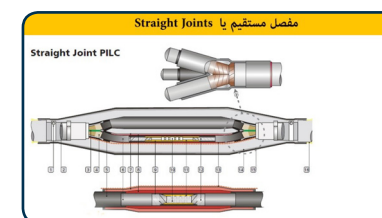
انواع اتصالات کابل

- اتصال انتهایی
- اتصال سر به سر
- اتصال سه راهی
- اتصال Y
- اتصال چهار راه

مفصل و انواع آن

جهت اتصال کابل ها در مسیر های طولانی و نیز در انشعابات و انتهای خطوط از وسایل دیگری نیز مانند مفصل و سرکابل استفاده می شود که قادرند محل اتصال را در برابر رطوبت، فشارهای مکانیکی و عوامل الکتریکی حفاظت کنند.

مفصل ها و سرکابل ها اغلب از جنس چدن، فولاد و یا مواد عایق (PVC) می باشند که با علامت مخصوص، مشخص می شوند. برخی از مفصل ها به شرح زیر می باشند :



شکل (۳-۶۷)

مفصل V.S

کاربرد آن در مورد کابل های مسلح است و جنس آن از چدن و در فرم های VS8 تا VS64 ساخته می شود.

مفصل PV

کاربرد آن برای انشعاب کابل های پروتودور و در جایی است که نیاز به مفصل چدنی یا فولادی ندارد. (بیشتر در محل اتصالات کوچک) و اغلب در فرم های PV1 تا PV8 ساخته می شود.

مفصل حرارتی

مفصل حرارتی جهت اتصال دو کابل تک کر یا سه کر به کار می رود.

اجزای این مفصل ها شامل :

- دوراهه جهت اتصال کابل ها.
- کنترل کننده میدان الکتریکی شامل: نوار چسب و تیوب حرارتی استرس کنترل.
- سیستم آب بندی کننده شامل: تیوب حرارتی برای عایق کردن کابل و حفاظت آن از رطوبت و عوامل جوی.
- سیستم ارت کابل شامل: آرمور، شیلد کابل و دوراهه مربوطه.

مفصل های سرد

مفصل های سرد مفصل های کلدشرینک برای ولتاژهای متوسط جهت کابل های تک کر و سه کر با عایق XLPE یا EPR و هادی مسی و یا آلومینیومی طراحی شده است. بدنه این مفصل ها از موادی ساخته شده که در برابر رطوبت و آفتاب مقاومت بسیار خوبی دارد و شامل لایه استرس کنترل داخلی، لایه عایق و لایه هادی خارجی می باشد. در تکنولوژی کلدشرینک بدلیل استفاده از قطعات سیلیکونی اکسپند شده یک مفصل برای محدوده وسیعی از سایز های کابل قابل استفاده بوده و بدین ترتیب از تعداد سفارشات کاسته می شود.

خواص و مزایا

- استفاده از تکنولوژی کلدشرینک جهت نصب و بهره برداری سریع.
- کاربری ساده و آسان.
- عدم نیاز به ابزار خاص جهت نصب.
- مقاوم در برابر حرارت و رطوبت.
- مقاوم در برابر حلال ها و مواد شیمیایی.
- قابل استفاده برای گستره وسیعی از سایزهای کابل.

مفصل های رزینی

- مفصل های رزینی به سه دسته تقسیم می شوند:
- مفصل های دو راهه
- مفصل های T شکل
- مفصل های Y شکل

مفصل های رزینی از روش اجرای کار اصولاً شبیه به هم می باشند و تنها تفاوت آن ها در نوع اتصالات آن ها می باشد.

مفصل های رزینی انشعابی

مفصل های رزینی تزریقی Cast-resin Transition Injection joint جهت اتصال انواع کابل های ولتاژ پایین و نیز به عنوان پوشش محافظ برای مفصل های ولتاژ متوسط استفاده می شوند.

خواص و مزایا

- استفاده از زرین تحت فشار تزریقی.
- نصب سریع و آسان.
- مقاوم در برابر اشعه UV و عوامل شیمیایی.
- قابل استفاده در زیر زمین و دریا.
- دارای خواص مکانیکی و عایقی بسیار خوب.

■ قابل ارائه در سایزهای مختلف.

کابل خودنگهدار هوایی در شبکه توزیع



شکل (۳-۶۸)

کابل های خودنگهدار هوایی برای اولین بار در سال 1955 در کشور فرانسه برای جایگزینی در شبکه های فشار ضعیف با هادی سیمی مورد استفاده قرار گرفتند و به دلیل مزایای متعدد جایگاه کاربری مناسبی یافتند. شرکتهای فرانسه نقش موثری در گسترش استفاده از این نوع کابل داشته اند و امروزه این نوع کابل در بسیاری از کشورهای جهان کاربرد وسیع دارد؛ اما سابقه بکارگیری این نوع کابل در ایران چندان طولانی نیست.

قیمت بالای مس در بازار سیاه، سرقت سیم های مسی را تشدید کرده است. سارقان با به خطر انداختن جان خود اقدام به قیچی کردن سیم ها و کابل های مسی کرده که مشکلات فراوانی را برای شبکه های توزیع نیروی برق در پی دارد.

از دیگر مسائلی که استفاده از این کابل های جدید را با مشکلاتی همراه کرده است اتصال شبکه و سیم مسی به کابل خودنگهدار و آلومینیوم است که وجود این دو فلز در کنار هم باعث خوردگی بالایی شده و در مدت زمان کوتاهی این خوردگی باعث آرک زدن و قطعی برق می شود.

با توجه به مشکلات ناشی از بکارگیری هادی های لخت و خطرات و حوادث ناشی از آن از جمله شرایط آب و هوایی، اتصال کوتاه های موقت و دائمی، برخورد شاخه های درختان، صدمات ناشی از حیوانات و پرندگان و خوردگیهای شیمیایی که می تواند منجر به قطعی برق و افزایش انرژیهای توزیع نشده گردد، رویکرد به هادی روکشدار و کابل خودنگهدار می تواند بسیار موثر باشد.

از دیگر مشکلات عمده اکثر شرکتهای توزیع برق، احداث شبکه در محلات قدیمی شهرها، در مناطق پر درخت و بطور کلی مسیرها و معابر کم عرض می باشد. این مشکل از جمله مشکلاتی است که تامین برق مطمئن، سرویس دهی منظم و کم خطر را با اشکال مواجه می سازد. در مناطقی از شهرهای بزرگ با توجه به وجود بافت شهری فرسوده و وجود معابر بسیار کم عرض و غیراستاندارد عدم وجود حریم و فضای کافی و مناسب برای سیمهای هوایی، صخره ای بودن مسیر برای کابل کشی زمینی و نبود امکانات و دشواری تردد تجهیزات و ماشین آلات در مناطق کوهستانی و خارج از شهر، شرکت های توزیع را ناگزیر به کارگیری انواع هادیهای روکشدار بویژه کابل های خودنگهدار (و در ایران عمدتاً از نوع فشار ضعیف) نموده است.

مزایای عمده استفاده از کابل خود نگهدار در شبکه های هوایی توزیع برق عبارتند از:

- افزایش قابلیت اطمینان شبکه در مقابل شرایط جوی و اتفاقات ناشی از برخورد اشیاء خارجی.
- کاهش انرژی توزیع نشده به مقدار قابل ملاحظه.
- کاهش هزینه شاخه زنی در مناطق مشجر.
- کاهش تلفات با از بین رفتن جریان ناشی در درختان و تجهیزات.
- کاهش خطر آتش سوزی در مناطق مشجر و جلوگیری از تخریب محیط زیست و مرگ حیوانات.
- آزادی عمل بیشتر در طراحی خطوط به دلیل کاهش فاصله حریم کابل های خود نگهدار.
- امکان نصب خط جدید کابل خود نگهدار در کنار خط قبلی بر روی یک تیر.
- امکان نصب کابل خود نگهدار فشار ضعیف بر روی پایه های موجود خطوط 20 کیلو ولت.
- راحت تر بودن ترمیم تیر شکستگی در خطوط کابل خود نگهدار در قیاس با خطوط هوایی معمول و استمرار در ارائه سرویس به مشترکین.
- امکان زیباسازی شهری با مخفی کردن کابل های خود نگهدار از انظار عمومی با عبور دادن کابل از روی دیوار و یا مخفی کردن آن در کانال های مخصوص.
- مقاوم بودن نسبت به خوردگی و در نتیجه کاهش پارگی خطوط فشار ضعیف.
- کاهش میزان استفاده های غیر مجاز از برق.
- تفاوت هزینه کم و قابل جبران از محل صرفه جویی در خسارت خاموشیها.
- امکان نگهداری و سرویس هنگامی که خط برقرار است.
- کاهش هزینه های نگهداری (کاهش سیستماتیک شاخه زنی درختان و جایگزینی و تعویض مقره های شکسته و...).
- افزایش ایمنی در هنگام کار بر روی خطوط و کاهش خسارتها و ضایعات ناشی از برق گرفتگی.
- امکان استفاده در معابر باریک و تنگ.
- کاهش احتمال اضافه ولتاژهای ناشی از رعد و برق.
- بر خلاف سیم های لخت، کابل های خود نگهدار (self damping) بوده لذا ارتعاشات آنها در اثر باد ناچیز و امکان طولی نمودن اسپن ها میسر است.
- استفاده از پایه های با کلاس پایین به سبب سبک بودن کابل.
- بدلیل اینکه وزن کابلها سبک بوده و بصورت باندل هستند لذا زمان نصب کوتاهتر میشود.

■ امکان استفاده از پایه های کوتاه به سبب عایق دار بودن هادیها.

■ امکان افزایش ظرفیت خط و نصب مدار جدید بر روی پایه ها.

■ راکتانس پایین کابل های خود نگهدار نسبت به شبکه سیمی هوایی.

شبکه های توزیع در اکثر کشورهای در حال توسعه و جهان سوم با استفاده از هادی های لخت اجرا می شوند. این در حالی است که مصرف کنندگان انرژی الکتریکی در کشورهای پیشرفته بویژه در طی چند دهه اخیر شاهد روند رو به رشد استفاده از انواع خطوط هوایی عایق شده در شبکه های توزیع هوایی می باشند. از این سیستم کابل می توان بطور موقت یا دائم استفاده نمود. از نظر اجرایی و نگهداری، هزینه این سیستم بین سیستم هوایی با خطوط بدون عایق و سیستم کابل کشی زمینی می باشد. این سیستم در محلهایی که فضای لازم برای کابل کشی کم و یا گران می باشد مناسب است و عوامل دیگری که باعث برتری این سیستم بر سیستم های هوایی می شود نصب و اجرای سریع و ساده، ایمنی و صورت ظاهری و کنترل زیست محیطی آن می باشد. می توان از این کابلها بطور موقت نیز استفاده نمود تا اینکه شبکه دائمی (زمینی یا هوایی) منطقه مورد نظر آماده شود. علاوه بر موارد بالا، این سیستم، برای شرایط ذیل نیز مناسب است:

■ در مناطقی که لازم است شرایط زیست محیطی آن دست نخورده باقی بماند و یا اینکه تغییرات بوجود آمده در آن حداقل باشد.

■ برای دادن تغییرات در شبکه و یا توسعه آن.

■ برای خط ورودی و یا خروجی به پست ترانسفورماتور یا ایستگاهها، زیرا که با استفاده از این کابل نیازی به مقره های عایقی نمی باشد.

■ از این کابلها که وزن آن ها کم بوده و دارای عایق پلی اتیلن کراس لینک (XLPE) می باشند، در شبکه های هوایی برای ولتاژهای ماکزیمم 12، 24، 36 کیلوولت استفاده می شود.

همانطور که می دانیم کابل های خود نگهدار دارای هادی آلومینیومی و عایق پلی اتیلن کراس لینک می باشند و برای نصب این کابلها بر روی پایه ها نیاز به یک سیم نگهدارنده (massenger) می باشد که جنس این سیم برای کابل های 20KV از فولاد و برای کابل های فشار ضعیف از آلایاز آلومینیوم می باشد. در کابل خود نگهدار فشار ضعیف از سیم نگهدارنده بعنوان سیم نول نیز استفاده خواهد شد.

هادیهای کابل خود نگهدار

هادیها از آلومینیوم رشته ای بهم تابیده، دایره ای شکل بهم فشرده (مثلاً هادی به اندازه 216 mm

ایمنی سیستم کابل خودنگهدار

- شناسایی هادی خنثی در زمان اجرا و نگهداری آسان است .
- هیچگونه خطری افراد و یا حیواناتی که بطور تصادفی کابل را لمس می کنند تهدید نمی کند و مخصوصاً کابلهایی که بر روی دیوارها نصب می شوند.
- آتش سوزیهای ناشی از اتصال کوتاه خیلی نادر می باشند .
- احتمال افزایش اضافه ولتاژ ناشی از رعد و برق کم است.

قابلیت اطمینان سیستم کابل خود نگهدار

- جرقه های ناشی از اضافه ولتاژهای ضربه ای به ندرت اتفاق می افتد .
- عایق در مقابل جو خیلی مقاوم است .
- ساختمان کابل بنحوی است که خود میراکننده است .
- ارتعاشات ناشی از باد و غیره از بین رفته (میراشونده) و لذا استفاده از اسپن های بزرگتر ممکن است .
- اضافه ولتاژهای ناشی از رعد و برق باعث بروز نواقص کنتورهای اندازه گیری مشترکین نمی شود .
- هیچگونه قطعی برق بعلت تماس اشجار یا حیوانات با کابل که موجب اتصال کوتاه بشود بوجود نمی آید .
- همچنین تجربه نشان داده است که معایب به وجود آمده در هادیهای لخت سه تا پنج برابر بیشتر از سیستم کابل می باشد .

مسائل اقتصادی

- از تیرهای (پایه های) سبکتر و کوتاهتری می توان استفاده نمود .
- برای هر هادی عایق کننده جداگانه ای نیاز نمی باشد .
- هزینه های اولیه این سیستم کمتری را دارد زیرا که می توان با بالابردن مقاومت سیستم، کابلهای زیاد دیگری بر پایه های موجود نصب نمود .
- در این سیستم می توان کابلها را بر روی ولتاژ فشار متوسط و کابلهای مخابراتی نصب نمود .

که از آلومینیوم یکپارچه است) می باشند .

عایق

مواد عایق بایستی پلی اتیلن مخصوص با تراکم زیاد و سیاه رنگ مقاوم در مقابل جو باشد .

شناسایی فاز

در امتداد طول هر فاز (هادی) عایق شده برآمدگیهای مشخص به تعداد 1 و 2 و یا 3 عدد وجود دارند تا بتوان به کمک آنها فازها را از یکدیگر شناسایی نمود .

نگهدارنده یا سیم حامل (هادی خنثی - messenger)

نگهدارنده یا سیم حامل یک هادی باید از آلیاژ آلومینیوم متشکل از هفت سیم کشیده از میله که با فرآیند ریختگی مداوم و پیچیدن تولید شده است باشد. هیچگونه مفصل و یا اتصالی در نگهدارنده (مسنجر) مجاز نمی باشد مگر اینکه این اتصال در میله و یا سیم اصلی قبل از کشیدن نهایی انجام شده باشد. نگهدارنده باید دایره ای شکل - رشته ای تابیده شده و بهم فشرده باشد. از نگهدارنده بعنوان هادی خنثی نیز استفاده می شود. پس از عایق کاری برای شناسایی نگهدارنده (مسنجر) آن را با یک برآمدگی مقاوم طولی که بوضوح قابل دیدن است مشخص می نمایند.

علامت های مشخص شده بر روی کابل

در طول کابل، آنرا با نام تولید کننده و سال تولید مشخص می نمایند و فاصله این علائم کمتر از 20cm است. این علائم بر روی عایق حک می شود.

طرح کابل

این سیستم شامل سه کابل تک رشته ای می باشد که بر روی نگهدارنده (مسنجر) فولادی تابیده شده اند و نگهدارنده سیمی است که کابلها را نگهداشته ولی جریان از آن عبور نمی کند.

کلمپ انتهایی کابل خودنگهدار فشار متوسط (آلومینیومی)



شکل (۷۰-۳)

این کلمپ در شبکه های هوایی کابل خودنگهدار فشار متوسط دارای مسنجر روکش دار به کار می رود و جهت اتصال با مسنجرهای مقاطع (25 تا 95) مناسب است.

کلمپ انتهایی کابل خودنگهدار فشار ضعیف (پلی آمیدی)



شکل (۷۱-۳)

این کلمپ جهت استفاده در انتهای شبکه های فشار ضعیف و یا عبور کابل از زوایای کمتر از 90 درجه یا بیشتر از 180 درجه کاربرد دارد و جهت اتصال با مسنجرهای مقاطع (16 تا 50) مناسب است.

کلمپ انتهایی کابل خودنگهدار فشار متوسط (پلی آمیدی)



شکل (۷۲-۳)

این کلمپ جهت استفاده در انتهای شبکه های فشار متوسط و یا عبور کابل از زوایای کمتر از 90 درجه و یا بیشتر از 180 درجه کاربرد دارد. این یراق مختص کابل های خودنگهدار فشار متوسط با مسنجر روکش دار بوده و دارای بدنه ای از جنس پلی آمیدهای الیاف دار و بسیار مقاوم در مقابل اشعه ی UV (ماوراء بنفش) می باشد که در شرایط مختلف آب و هوایی بسیار مقاوم است. اتصال این یراق به کابل، به صورت گوه ای بوده و عدم نیاز آن به پیچ و یا مهره در نصب، سهولت و سرعت در انجام کار را ایجاد نموده و

از خستگی کابل در محل اتصال با کلمپ جلوگیری می نماید. از دیگر مزایای این یراق وزن پایین آن می باشد که این امر عمل بهره برداری را بسیار آسان می نماید. لازم به ذکر است کلمپ فوق جهت اتصال با مسنجرهای مقاطع (25 تا 95) مناسب است.

■ حریم این کابلها کوچکتر است.

■ مفصل زدن خیلی ساده است زیرا فقط یک هادی (هادی خنثی - نگهدارنده) نیاز به مفصل کشی دارد.

■ هزینه های کشیدن کابل کمتر است زیرا که همه هادیها بطور همزمان باهم کشیده می شوند.

■ تجربه نشان داده است که هزینه اجرای این سیستم 10 الی 60 درصد کمتر از سیستم سیم های هوایی لخت می باشد.

فواید دیگر این سیستم

■ راکتانس این سیستم کابل های خود نگهدار $\frac{1}{4}$ خطوط سیم لخت مشابه می باشد و در این صورت افت ولتاژ این سیستم کوچکتر است.

■ جریانهای اتصال کوتاه بزرگتر بوده و بنابراین در این سیستم حفاظت، سریعتر و مطمئن تر عمل می کند.

■ از این سیستم نمی توان (یا به سختی می توان)، از الکتریسیته بطور غیر مجاز استفاده نمود. (کاهش استفاده غیر مجاز از برق)

آشنایی بایراق آلات کابل خودنگهدار

کلمپ انتهایی کابل خودنگهدار فشار ضعیف (آلومینیومی)



شکل (۶۹-۳)

این کلمپ در شبکه های هوایی کابل خودنگهدار فشار ضعیف دارای مسنجر مستقل روکش دار به کار می رود. جایگاه به کار گیری این نوع یراق در انتهای شبکه ها و یا محل های عبور کابل با زوایای کمتر از 90 درجه یا بیشتر از 180 درجه می باشد. بدنه ی این قطعه از آلومینیوم با تراکم بالا و حاصل از فرآیند ریخته گری تحت فشار (دایکاست) بوده که این امر خود موجب

استحکام کششی بالا در نقطه ی تسلیم است. سبکی، گوه ای بودن و عدم نیاز به پیچ و مهره در نصب، سرعت و سهولت در انجام کار را ایجاد می نماید. لازم به ذکر است کلمپ فوق جهت اتصال با مسنجرهای مقاطع (16 تا 50) مناسب است.

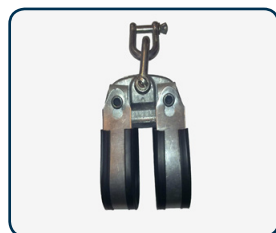
کلمپ ارتباط کابل به کابل خودنگهدار (بی مثال)



شکل (۳-۷۳)

این یراق جهت گرفتن انشعاب از شبکه های کابل خودنگهدار و ایجاد خطوط فرعی مورد استفاده قرار می گیرد که مختص کابل های روکش دار بوده و برای استفاده از آن دیگر نیازی به برداشتن روکش هادی نمی باشد. قطعه ی هادی این یراق چنگک های دندانه داری از جنس برنج با سه لایه آبکاری روی ، مس و قلع بوده که این امر خود موجب جلوگیری از خوردگی و هدایت الکتریکی مناسب تر می شود. از مهمترین خصوصیات این یراق ضد آب بودن آن است بدین ترتیب که اتصالات الکتریکی آن توسط کاوری از جنس پلی آمیدهای یاف دار و مقاوم در مقابل اشعه ی UV (ماوراء بنفش) پوشیده شده و چنگک های آن برای آب بندی بهتر دارای روکشی از جنس PVC و آغشته به گریس می باشد. استفاده از این یراق بسیار آسان بوده و حفظ زیبایی شبکه و عدم ایجاد آسیب به روکش هادی و همچنین افزایش ایمنی در هنگام بهره برداری از دیگر مزایای آن می باشد.

کلمپ آویز (عبوری) فشار متوسط



شکل (۳-۷۴)

این یراق جهت مهار کابل به قلاب یا به عبارت دیگر جهت آویزان کردن کابل در تیرهای گذر یا میانی به کار می رود . موارد استفاده ی آن در کابل های خودنگهدار فشار متوسط با مسنجر بدون عایق و یا عایق دار بوده و مقاومت بالایی در مقابل پارگی ، شکست و همچنین شوک مکانیکی دارد. بدنه ی آن از جنس آلایاژ آلومینیوم با تراکم مولکولی بالا می باشد. ریخته گری آن تحت فشار (دایکاست) بوده که این امر خود موجب استحکام کششی بالا در نقطه ی تسلیم می شود. پیچ ، مهره و قلاب این یراق از جنس فولاد با آبکاری گالوانیزه گرم بوده و در مقابل خوردگی و شرایط محیطی پایدار می باشد. همچنین دارای دو تسمه از جنس آلومینیوم با روکش PVC جهت مهار شکم کابل بوده که استفاده از آن موجب سرعت و سهولت در انجام کار و حفظ زیبایی و آرایش شبکه می گردد. آچارهای مخصوص ایجاد فاصله بین رشته های کابل جهت نصب کلمپ انشعاب برای انشعابات مشترکین و همچنین سهولت نصب کلمپ ارتباط خط جهت انشعابات فرعی شبکه.

کلمپ انشعاب فشار ضعیف مدل F (بی مثال)

این یراق جهت اتصال کابل سرویس مشترکین و یا روشنایی معابر به شبکه مورد استفاده قرار می گیرد و از نوع Bi-metal (بی مثال) می باشد. کلمپ فوق به صورتی طراحی شده است که هنگام اتصال به شبکه نیاز به برداشتن روکش کابل نمی باشد. پیچ به کار رفته در این یراق از نوع آلن خور و از جنس استیل بوده که با برداشتن درپوش کلمپ قابل دسترسی خواهد بود. قطعه هادی این کلمپ یک صفحه ی دندانه دار (چنگک) از جنس آلومینیوم بوده که برای جلوگیری از خوردگی آن در تماس با سیم مسی و ایجاد پایداری بالا ، آبکاری مس و قلع گردیده است. سایر قطعات داخلی این کلمپ نیز آبکاری شده و در برابر شرایط مختلف آب و هوایی مقاوم می باشند. به دلیل طراحی خاص این یراق استفاده از آن موجب آرایش مناسب و زیبایی شبکه خواهد شد. یکی از ویژگی های این کلمپ استفاده از دو قطعه واشر فلزی با خاصیت فنری پشت چنگک ها جهت حفظ فشار اعمال شده به کابل از طریق چنگک در شرایط جوی مختلف می باشد. این کلمپ جهت استفاده در کابل های خودنگهدار از مقطع main (10 تا 95) و انشعاب های از مقطع Branch (1.5 تا 70) به کار می رود.

کلمپ آویز عبوری فشار ضعیف

این یراق جهت مهار کابل به قلاب یا پیچ دم خوکی در تیرهای عبوری و یا زوایای بیشتر از 90 درجه و کمتر از 180 درجه استفاده می گردد. بدنه ی آن از آلایاژ با تراکم مولکولی بالا و حاصل فرآیند ریخته گری تحت فشار (دایکاست) بوده که این امر خود موجب استحکام کششی بالا در نقطه ی تسلیم می گردد. بدنه ی آلومینیومی دارای پوششی از جنس پلیمرهای مقاوم در برابر اشعه ی UV (ماوراء بنفش) با ضخامت 2 میلیمتر است که در شرایط مختلف آب و هوایی کاملاً پایدار می باشد. تسمه ی آلومینیومی به کار رفته در این کلمپ به طور کامل کابل خودنگهدار را در بر گرفته و مانع ایجاد فاصله بین مسنجر و سایر رشته های کابل می گردد. از مزایای استفاده از این نوع کلمپ مقاومت بالا در برابر خوردگی ، پارگی ، شکست و خاصیت مقاومت در برابر تنش های وارده به شبکه می باشد که به دلیل نحوه ی اتصال این یراق به پیچ دم خوکی به وجود آمده است (خاصیت self damping). این یراق جهت اتصال با کابل های خودنگهدار دارای مسنجر نمره ی (16 تا 70) طراحی گردیده است.

آن توسط کاور از جنس کوپلیمرهای مقاوم در برابر اشعه ی UV (ماوراء بنفش) پوشیده شده است. به دلیل طراحی خاص این یراق، استفاده از آن موجب آرایش مناسب شبکه و افزایش ایمنی آن خواهد شد.

مفصل فشار ضعیف

برای ایجاد اتصال الکتریکی - مکانیکی دو هادی هم جنس و هم مقطع از نوع آلومینیوم (مقاطع 16 تا 95) مورد استفاده قرار می گیرد. مانشن داخل مفصل از نوع آلومینیوم با خلوص بالا بوده تا اتصال الکتریکی را به نحو مطلوب ایجاد نماید. این قسمت از مفصل پس از برداشتن روکش کابل بر روی آن پرس می شود. مفصل دارای روکشی از جنس پلی آمیدهای مقاوم در مقابل اشعه ی UV بوده و دارای پایداری مناسب در شرایط مختلف محیطی می باشد. این یراق توسط دو واشر از جنس PVC که در دو سر مفصل واقع می شوند کاملاً آب بندی می گردد. از مزایای این یراق اتصال سریع و عدم نیاز به شعله بوده که عملاً خطر بروز سوختن روکش کابل توسط حرارت را از بین خواهد برد. باید توجه داشت جهت حفظ و زیبایی آرایش شبکه لازم است مفصل ها با حفظ فاصله ی مناسب به صورت پله ای در طول کابل نصب گردند.

جمپر



شکل (۳-۷۶)

این کلمپ جهت گرفتن ارتباط از شبکه، ایجاد خطوط فرعی 20KV و همچنین ارتباط بین جمپرهای خطوط مورد استفاده قرار می گیرد. بدنه ی این قطعه از آلیاژ آلومینیوم با تراکم مولکولی بالا می باشد و به روش ریخته گری تحت فشار (دایکاست) تولید می گردد که این امر خود موجب استحکام کششی بالا در نقطه ی تسلیم می شود. همچنین پیچ و مهره ی به کار برده شده در این قطعه از جنس فولاد با آبکاری گالوانیزه ی گرم بوده که پایداری لازم را در شرایط مختلف آب و هوایی دارا می باشد. از مزایای این قطعه می توان به مقاومت بالایی آن در مقابل پارگی، شکستگی، ضربه های ناگهانی، شوک های مکانیکی و خوردگی اشاره کرد.



شکل (۳-۷۵)

سایر قطعات داخلی این کلمپ نیز جهت مقاومت در برابر شرایط مختلف آب و هوایی با آبکاری های مناسب پوشش داده شده اند. همچنین به خاطر جلوگیری از نفوذ آب به داخل کلمپ کلیه ی قطعات داخلی این یراق توسط کاور از جنس کوپلیمرهای مقاوم در برابر اشعه UV (ماوراء بنفش) پوشانیده شده است.

کلمپ انشعاب فشار ضعیف مدل S (بی متال)

کلمپ انشعاب فشار ضعیف مدل S (بی متال) این یراق جهت اتصال کابل سرویس مشترکین و یا روشنایی معابر به شبکه مورد استفاده قرار می گیرد و از نوع Bi-metal (بی متال) می باشد. برای گرفتن انشعاب توسط این یراق با توجه به طراحی خاص آن، نیازی به برداشتن روکش کابل نمی باشد. این یراق ضد آب بوده و کاور آن از جنس پلی آمیدهای الیاف دار و مقاوم در برابر اشعه ی UV (ماوراء بنفش) می باشد. پیچ و مهره های این یراق از جنس فولاد با آبکاری گالوانیزه ی گرم بوده و چنگک های آن جهت آب بندی بهتر دارای روکش از جنس PVC و آغشته به گریس می باشد. قطعه ی هادی این یراق صفحه های دنداندار از جنس برنج با سه لایه آبکاری روی، مس و قلع می باشد که این امر باعث جلوگیری از خوردگی و هدایت الکتریکی مناسب تر می گردد. استفاده از این یراق بسیار آسان بوده و حفظ زیبایی شبکه و آسیب نرساندن آن به روکش هادی از دیگر مزایای آن می باشد. این کلمپ جهت استفاده در کابل های خودنگدار از مقطع main (10 تا 70) و انشعاب های از مقطع Branch (1.5 تا 50) به کار می رود.

کلمپ سر خط فشار ضعیف (بی متال)

این یراق جهت اتصال کابل سر خط فشار ضعیف مسی به شبکه ی کابل خودنگهدار مورد استفاده قرار می گیرد که از نوع Bi-metal (بی متال) می باشد. برای نصب آن نیاز است روکش عایق هر دو کابل به اندازه ی طول کلمپ برداشته شود. به دلیل کاورینگ مناسب آن پس از نصب عایقی کامل در محل اتصال ایجاد خواهد شد. در این قطعه از پیچ آلن خور با آبکاری گالوانیزه جهت مقاومت در برابر خوردگی استفاده گردیده است که با برداشتن درپوش کلمپ قابل دسترسی خواهد بود. مهمترین خصوصیت این یراق ضد آب بودن آن می باشد به این ترتیب که اتصالات الکتریکی

کلید ها

کلیدها وسیله ارتباط سیستم های مختلف هستند و باعث عبور و یا قطع جریان می شوند. کلیدها دارای مشخصات زیر هستند:

- در حالت قطع دارای استقامت الکتریکی کافی و مطمئن در محل قطع شدگی می باشند.
- در حالت وصل باید کلید در مقابل کلیه جریان هایی که امکان عبور آن در مدار هست، حتی جریان اتصال کوتاه، مقاوم و پایدار باشد و این جریان ها و اثرات ناشی از آن نباید کوچکترین اختلالی در وضع کلید و هدایت صحیح جریان به وجود آورد.
- بدین ترتیب باید کلید فشار قوی در مقابل اثرات دینامیکی و حرارتی جریان ها مقاوم باشد.

روشهای مختلف خاموش کردن جرقه

در کلیدهای فشار ضعیف

- استفاده از یک کلید فرعی با مقاومت سری
- ازدیاد طول قوس
- تشدید خنک کردن
- مقطع کردن قوس
- خاموشی در نقطه صفر
- خازن موازی با کنتاکتها
- خلاء
- روغن

در کلیدهای فشار قوی

- خاموش کننده های جامد
- خاموش کننده های مایع
- خاموش کننده های گازی

کلید فرعی با مقاومت سری

در این روش ابتدا کلید فرعی باز میشود و مقاومت را وارد مدار میکند و بعد کلید اصلی باز میشود. با گذاشتن مقاومت مقدار ولتاژ برگشتی کمتر میشود.

ازدیاد طول قوس

همانطور که می دانیم یک قوس الکتریکی همیشه سعی می کند از محل اولیه خود دور شود. عامل دور شدن و حرکت کردن قوس یکی حرارت و دیگری نیروی حوزه الکترومغناطیسی است. در اثر حرارت قوس هوای اطراف قوس گرم شده و به بالا صعود می کند و قوس رانیز بدنبال خود میکشد.

تشدید خنک کردن

در موقع راندن قوس، اگر انتهای محفظه جرقه گیر باز باشد جرقه با ورود تدریجی به هوای سرد خود به خود خنک میشود. حتی میله های عایقی که در محفظه نصب می شوند نیز در خنک کردن قوس بسیار موثرند. بنابراین برای سریعتر خنک کردن قوس در بعضی از کلیدها محفظه جرقه گیر را طوری می سازند که سطح قاعده فوقانی آن کوچکتر از سطح قاعده تحتانی باشد (هرم ناقص). در نتیجه تماس جرقه با محفظه عایقی که اغلب از سرامیک یا سفال می باشد میسر شده و عمل خنک کردن تشدید میگردد.

خاموش کننده های جامد

این خاموش کننده ها به سه قسمت تقسیم می شوند:

- خاموش کننده هایی که در اثر حرارت می سوزند

این خاموش کننده ها وقتی که میسوزند باعث می شوند که تراکم مواد زیاد شود و خود عامل جرقه و یا آرک شوند، (یعنی جرق را خاموش می کند). مانند (خاک کوارتز که معمولاً در فیوزهای فشار قوی استفاده می شود).

- خاموش کننده هایی که حرارت را جذب می کنند این مواد حرارت را جذب می کنند بدون آنکه

به خود آنها آسیبی برسد. در این حالت بدلیل جذب حرارت مواد لازم جهت ایجاد آرک در مسیر جرقه کاهش پیدا می کند. مانند (سرامیک ، سفال). معمولاً در کلیدهای پر قدرت نمیتوان از آنها استفاده کرد.

■ خاموش کننده هایی که در اثر حرارت تبخیر می شوند
در این روش عمل تبخیر کاملاً صورت می گیرد. لایه ای از این مواد روی کنتاکتها وجود دارد که در هنگام جرقه تبخیر می شود. مانند (فیبرها و آمینوپلاستها)

خاموش کننده های مایع

این خاموش کننده ها به دو قسمت تقسیم می شوند :

■ خاموش کننده های روغنی

چون خاصیت روغن زیاد است و قابلیت جاری شدن را دارد پس می تواند زمانی که کنتاکتها از هم باز می شوند فضای بین دو کنتاکت را پر کند و میزان جرقه را بطور قابل ملاحظه ای کاهش دهد. اما این روغن زمانی که تحت تأثیر حرارت قرار می گیرد تجزیه می شود و از آن گازهایی نظیر هیدروژن متصاعد می شود. هیدروژن قابلیت حرارتی بالایی دارد و میتواند حرارت را به محیط پس دهد.

یکی از معایب روغن این است که قابل اشتعال است، بخاطر مشتعل بودن روغن در کلیدهای پر قدرت یعنی شبکه های بزرگ استفاده نمی شود.

■ خاموش کننده های آبی

آب زمانی که تحت تأثیر جرقه قرار گیرد میتواند جرقه را خنک کند، در این حالت تجزیه به هیدروژن و اکسیژن می شود که هیدروژن میتواند به خنک شدن جرقه کمک کند. معایب آب این است که خیلی زود در هوای گرم تبخیر و در هوای سرد یخ می زند. مزیت آب نسبت به روغن این است که روغن وقتی که تجزیه می شود هوارا آلوده می کند (دود تولید میکند) ولی آب چنین حالتی ندارد.

خاموش کننده های گازی

این خاموش کننده ها به سه قسمت تقسیم می شوند :

■ گاز ازت

این گاز برای کلیدهای ابتدایی فشار قوی استفاده می شده است (کلیدهای هوایی)، این گاز نسبت به سایر گازها قابلیت هدایت حرارتی خوبی دارد.

■ گاز هیدروژن

اثر خاموش کنندگی هیدروژن نسبت به ازت بالاتر است چون قابلیت هدایت حرارتی بالایی دارد. عیب این گاز گران بودن آن است، به همین دلیل معمولاً کلیدها را با عایقی پر می کنند تا بواسطه عمل تجزیه شیمیایی عایق هیدروژن تولید کند.

■ گاز SF6

این گاز قابلیت هدایت حرارتی بالایی دارد، این گاز مانند هیدروژن در اوایل خیلی گران قیمت بود، ولی با پیشرفته شدن تولید این گاز، استفاده از آن برای کلیدهای فشارقوی روز به روز افزایش یافت.

انواع کلیدهای فشار متوسط

■ بریکر (دژنکتور)

■ سکسیونر

■ ریکلوزر

■ سکشن آلایزر

بریکر

نوعی کلید است که توانایی قطع جریان برق تحت شرایط اتصالی را دارد. این کلید در ردیف ولتاژی فشار متوسط و فشار قوی، دژنکتور هم نامیده می شود. درواقع بریکر (دژنکتور) نوعی کلید خودکار است که برای محافظت از یک مدار الکتریکی در مقابل خطرات ناشی از اضافه بار یا اتصال کوتاه طراحی شده است.

انواع بریکرها

■ کلید قدرت خلاء

■ کلید قدرت روغنی (OCBS)

■ کلید قدرت SF6

کلید های روغنی

در این کلید ها از روغن بعنوان محیط واسط خاموش کننده جرقه استفاده می کنند. روغن استحکام دی الکتریکی خیلی بالاتری نسبت به هوا دارد وقتی کنتاکتها درون روغن باز میشوند جرقه موجب میگردد که گاز تجزیه شده و یکی از محصولات این تجزیه هیدروژن است که ظرفیت گرمایی بیشتری نسبت به هوا دارد و برای استفاده بعنوان محیط واسط خنک کننده نسبت به هوا برتری دارد اگر اکسیژن وجود نداشته باشد هیدروژن منفجر نمیشود. از این کلید ها در ولتاژهای 11 و 20 و 33 کیلو ولت می توان استفاده کرد. مکانیسم راه اندازی کنتاکتها توسط فنرهای خیلی قوی صورت میگیرد. فشار به هوای متراکمی که این فنرها را برای عمل کردن فشرده می کند حدود 500 Psi می باشد.

کلید های هگزا فلئورید گوگرد (SF6)

در این کلید ها گاز SF6 یک محیط واسط خاموش کننده متداول برای کاربردهای فشار قوی و فوق فشار قوی (بالای 400 کیلو ولت) می باشد. در این کلیدها عایق جدا کننده هادیها از بدنه چینی میباشد. استقامت الکتریکی SF6 سه برابر استقامت الکتریکی هوا است. طراحی SF6 بریکرها اغلب بصورت مخازنی است که روی مقعره ها قرار می گیرند. طریقه خاموش کردن جرقه بدین صورت است که هنگام جدا شدن کنتاکتها و با حرکت کنتاکت متحرک که بصورت سیلندر ساخته شده است ابتدا گاز SF6 در داخل سیلندر و در فضایی که توسط یک پیستون ثابت محبوس است متراکم شده و سپس با جدا شدن کنتاکت جرقه و به مجرد بروز جرقه گاز SF6 به طرف جرقه دمیده شده و آنرا خاموش میکند. این کلید ها دارای ظرفیت قطع بالایی هستند. این کلیدها بخاطر گرانی گاز SF6 در خطوط فشار متوسط کمتر استفاده میشوند. البته باید توجه داشت که کلید های SF6 در جاهایی که دمای هوای آنها در زمستان به 35- درجه سانتیگراد می رسد نباید استفاده کرد چون گاز SF6 در این دما به مایع تبدیل شده و کلید قابلیت خود را از دست میدهد بدلیل اینکه این گاز بصورت پرفشار در مخزن کلید نگه داری میشود در نتیجه نشت گاز SF6 زیادی دارد و همیشه باید گاز آنها مورد بررسی قرار گیرد. گاز SF6 دارای خواصی بشرح زیر میباشد:

- عنصریست پایدار و با میل ترکیبی بسیار کم.
- دارای ضریب عایقی الکتریکی بسیار بالا.
- دارای قابلیت جذب حرارت بسیار زیاد.

■ بریکر کم روغن یا نیمه روغنی

■ کلید قدرت هوایی

برای انتخاب کلید قدرت باید به نکات زیر توجه کرد:

- ولتاژ نامی کلید که برابر ولتاژ شبکه است.
- جریان نامی که مساوی یا بزرگترین جریان کار معمولی شبکه است.
- قدرت نامی یا قدرت قطع کلید که برحسب MVA بیان میشود.
- سرعت عمل (زمان قطع) کلید که به مدت زمانی گفته می شود که پس از صدور فرمان الکتریکی قطع، قطع کننده بطور کامل باز شود و بر حسب سیکل بیان میشود.
- کلید ها در ظرفیتهای مختلف از 700 کیلو ولت آمپر تا چندین مگا ولت آمپر وجود دارند. کلید های بالای 250 مگا ولت آمپر قابلیت قطع دستی (Local) ندارند. یک کلید باید بتواند جلوی عبور جریان غیر مجاز (جریان خطا) را در دو تا پنج سیکل بعد از دریافت فرمان قطع بریکر بگیرد. روشهای زیادی برای خاموش کردن جرقه بکار میرود از جمله استفاده از هوای فشرده، روغن و گازهای عایق.

کلید های خلاء

میدانیم که جرقه در کلیدها بعلت یونیزه شدن عایق بین کنتاکتها ایجاد میشود. حال اگر کنتاکتها را در داخل یک محفظه خلاء قرار دهیم بعلت نبودن محیط هادی یونیزاسیون اتفاق نیفتاده و جرقه ایجاد نخواهد شد. اساس کار این کلیدها بر این فرضیه استوار است. در این کلید یک استوانه خلاء وجود دارد که کنتاکتها در داخل آن قرار دارند. هرچند بعلت نبودن محیط هادی جرقه صورت نمی گیرد ولی در لحظه قطع در اثر حرارت زیاد کنتاکتها و تبخیر سطحی و ذوب کنتاکتها بخار مس در فضای بین کنتاکتها جمع شده و یک محیط هادی را بوجود می آورد که باعث بروز جرقه مختصری میگردد لیکن جرقه با صفر شدن جریان عبوری قطع میشود. با قطع جریان بخارهای مس مجدداً بصورت مس درآمده و تعدادی از آن روی سطح کنتاکتها و بقیه در ته کپسول خلاء رسوب میکنند. کلیدهای خلاء دارای عمر زیادی هستند و احتیاج به سرویس زیادی ندارند. کپسول خلاء این کلیدها قابل تعمیر نیستند و کنتاکتهای آنها بعد از مدتی خورده میشوند لذا پس از یک مدت کارکرد معین باید کپسول با کنتاکتها تعویض شوند. این بریکرها در ولتاژهای 11 و 20 و 33 کیلو ولت می توانند استفاده شوند.

■ گازی غیر سمی غیر اشتعال بی رنگ و بی بو و سنگین تر از هوا است .

کلید کم روغن

در کلیدهای کم روغن تنها وظیفه ی روغن خاموش کردن جرقه می باشد و وظیفه ی عایق کاری بین اجزاء تحت ولتاژ را بر عهده ندارد. لذا حجم روغن به مقدار قابل ملاحظه ای کاهش می یابد بحث عایقی در این نوع کلید ها با جداسدن از چند نقطه حل می شود در کلیدهای کم روغن، محفظه احتراق کوچک و حجم آن خیلی کم است. در اثر جرقه ایجاد شده، روغن به گازهای مختلف از جمله هیدروژن تجزیه شده که این گازها خاصیت عایقی مناسبی دارند.

کلید قدرت هوایی

در کلیدهای هوایی، از محفظه های جرقه گیر بزرگ جهت خاموش کردن جرقه استفاده می شود. در این کلید ها با دمیدن هوای فشرده با سرعت ما فوق صوت به کنتاکت های باز شده قطع می شوند. هوای فشرده در یک مخزن با فشار حدود 3Mpa ذخیره شده و توسط یک کمپرسور در پست پر می شود.

مکانیزم عمل کلیدهای فشار قوی

منظور از مکانیزم عمل (Operating Mechanizm) یک کلید قسمتی است که فرمان قطع و وصل را به کلید صادر میکند. مسلم است که برای قطع و وصل کنتاکتها یک نیرو لازم است. این نیرو امروزه به سه صورت زیر تامین میشود:

■ مکانیزم عمل فنری در این مکانیزم انرژی مورد نیاز بوسیله فنر تامین میشود.

■ در مکانیزم عمل پنوماتیک (Penumatic) انرژی مورد نیاز قطع و وصل کنتاکتها توسط فشارده شده ایجاد میشود. در این مکانیزم احتیاج به مخزن هوای فشرده میباشد و معمولاً در کلیدهای هوای فشرده از این مکانیزم استفاده میشود .

■ مکانیزم عمل هیدرولیک در این مکانیزم از انرژی حرکت سیالات مانند روغن هیدرولیک تحت فشار استفاده میشود.

سکسیونر

اصولاً سکسیونرها وسایل ارتباط دهنده مکانیکی و گالوانیکی قطعات و سیستمهای مختلف می باشند و در درجه اول بمنظور حفاظت اشخاص و متصدیان مربوطه در مقابل برق زدگی بکار برده می شوند. بدین جهت طوری ساخته می شوند که در حالت قطع یا وصل محل قطع شدگی یا چسبندگی بطور واضح و آشکار قابل رویت باشد . برای باز کردن یا بستن هر مدار الکتریکی فشار قوی احتیاج به یک کلید دیگری بنام کلید قدرت خواهیم داشت که قادر است مدار را تحت هر شرایطی باز کند و سکسیونر وسیله ای برای ارتباط کلید قدرت و یا هر قسمت دیگری از شبکه که دارای پتانسیل است به شین می باشد .

طبق قوانین متداول الکتریکی جلوی هر کلید قدرتی از 1 کیلوولت به بالا و یا هر دو طرف در صورتیکه آن خط از هر دو طرف پتانسیل می گیرد سکسیونر نصب می گردد. برای جلوگیری از قطع و یا وصل بی موقع و در زیر بار سکسیونر معمولاً بین سکسیونر و کلید قدرت چفت و بست (مکانیکی یا الکتریکی) بنحوی برقرار می شود که با وصل بودن کلید قدرت نتوان سکسیونر را قطع و یا وصل کرد. این کلیدها اصولاً جدا کننده هستند که ما را به جدا کردن کلیدهای قدرت روغنی، ترانسفورماتورها، خطوط توزیع و امثال آنها از شبکه زنده قادر می سازند. سکسیونرها از لوازمات تعمیراتی و تغییر مسیر جریان میباشند.

انواع سکسیونر

- سکسیونر تیغه ای یا اره ای
- سکسیونر کشویی
- سکسیونر دورانی
- سکسیونر قیچی ای یا پانتوگراف
- سکسیونر با قطع زیر بار (سکسیونر گازی)

سکسیونر تیغه ای یا اره ای

برای قطع و وصل ولتاژ و حفاظت مطمئن در زمان عملکرد استفاده می شود و بیشتر برای فشار متوسط کاربرد دارد . بر حسب میزان جریانی که از آن عبور می کند تیغه های آن می تواند از ساده

سکسیونرهای ارت

سکسیونرهای ارت از نوع سکسیونرهای غیر قابل قطع زیر بار میباشند که بمنظور زمین کردن تجهیزات یا شبکه از آنها استفاده میشود و نصب این سکسیونرها و کاربرد آنها به لحاظ ایمنی پرسنل بسیار حائز اهمیت است و باید در پستهای برق بر اساس طرح در نقاطی که نصب آنها ضروریست تعبیه و بر اساس دستورالعملهای مربوطه رفتار شود.

بررسی شرایط حاکم بر کلید هنگام قطع کردن

سلفی بودن شبکه ای که کلید به آن متصل است باعث می شود که کلید زمانی که قطع می شود مقدار جریان عبوری از آن صفر باشد. در لحظه باز شدن کلید آنقدر فاصله بین دو کنتاکت کم است که کوچکترین سطح ولتاژ هم باعث جاری شدن جریان می شود.

ریکلوزر



شکل (۳-۷۷)

ریکلوزر Recloser وسیله ای بسیار کاربردی و مهم در خطوط توزیع میباشد که از بسیاری قطعی های برق بی مورد جلوگیری میکند. Re در انگلیسی به معنای "دوباره" و close به معنای "بستن" میباشد، از این جهت Recloser وظیفه "دوباره بستن" یا "وصل مجدد" در خطوط که خطایی رخ داده است را دارد.

ریکلوزر خطوط را در حالت اتصالی مانند یک فیوز یا دیژنکتور قطع می کند و بلافاصله مجدداً وصل می کند. اگر اتصالی هنوز وجود داشته باشد مجدداً قطع خواهد کرد. این عمل تا زمانی که اتصالی برطرف بشود یا ریکلوزر در مقابل اتصال دائمی قطع کامل (قفل) بکند ادامه خواهد داشت. اگر اتصالی دائمی باشد ریکلوزر در مقابل اتصال دائم قطع کامل می کند. اگر اتصال موقتی باشد و به آسانی برطرف گردد ریکلوزر خود را کاملاً آماده برای اتصالی بعدی خط می کنند.

همانطور که میدانید بیشتر خطاهای روی خطوط توزیع موقتی (گذرا) هستند و از چند سیکل تا چند

به دو بل و از نوع تسمه ای به پروفیلی و میله ای و لوله ای تغییر یابد. این سکسیونرها به دلیل وجود شرایط جوی و وجود تنش های مختلف بایستی طوری نصب شوند که در اثر نیروی برف یا باد به راحتی وصل نگردند.

سکسیونر کشویی

این سکسیونر در جایی استفاده می شود که عمق تابلو کم باشد. این سکسیونرها بیشتر به صورت میله ای در جهت عمودی قطع و وصل می شوند و بیشتر در فشار متوسط کار برد دارند.

سکسیونر دورانی

بیشتر در شبکه های 63Kv به بالا استفاده می شود و عملکرد این سکسیونر به صورت دو بازو در یک پل که جهت چرخش آنها 90 درجه معکوس همدیگر است می باشند. این نوع کلید در شرایط جوی نا مناسب مقاومت خوبی از خود نشان میدهد.

سکسیونر قیچی ای یا پانتوگراف

این نوع سکسیونرها بیشتر در شبکه فوق فشار قوی کاربرد دارند و به لحاظ آنکه هر قطب روی یک پایه سوار است لذا از نظر جای گیری در پست حجم کمتری اشغال می کند و بیشتر زیر خط فشار قوی نصب می گردد.

سکسیونر با قطع زیر بار

این سکسیونرها بدلیل جلوگیری از حجم زیاد پست و جلوگیری از مانور اپراتور و همچنین برای جلوگیری از اینترلاک (تنش) بین سکسیونر و دیژنکتور طوری طراحی می شوند که برای قطع و وصل خطی کوچک و یا فیدرهای تغذیه و یا راه اندازی موتورهای فشار قوی و همچنین وصل آنها حدود 2.5 تا 10 برابر قدرت قطع آنهاست و جریان قطع این کلیدها 2.5 تا 2 برابر جریان نامی است. این نوع سکسیونرها دارای محفظه قطع ضعیفی می باشند که از نوع هوایی می باشند.



شکل (۳-۷۸)

ریکلوزر، شبکه برقرار خواهد شد ولی در صورت وقوع خطای پایدار، پس از تعداد تعیین شده وصل مجدد توسط ریکلوزر، شبکه منشعب از سکشن آنالایزر همچنان بدون برق خواهد ماند. در صورت استفاده از سکشن آنالایزر بعد از ریکلوزر شبکه به چند ناحیه مجزا تقسیم می

شود و هر ناحیه توسط یک دستگاه سکشن آنالایزر پوشش داده میشود. سکشن آنالایزرها با استفاده از منطق های مختلف عملکردی قادر به تشخیص و تفکیک خطاهای گذرا از خطاهای پایدار بوده و در صورت وقوع خطای پایدار در شبکه، بصورت اتوماتیک و با هماهنگی ریکلوزر، ناحیه خطا را از بقیه شبکه جدا میکنند. بدین وسیله حتی در صورت وقوع خطای پایدار در شبکه، تمامی شبکه به استثناء ناحیه وقوع خطا، برق دار خواهد شد. از قابلیت های آن نیز میتوان بصورت دستی برای قطع و وصل بار در مواقع لزوم بهره گرفت. مهمترین اجزای تشکیل دهنده سکشن آنالایزر عبارتند از:

■ تجهیزات جداکننده.

■ تابلو یا سیم کنترل.

کلیدهای فشار ضعیف

معرفی کلیدهای اتوماتیک فشار ضعیف

بمنظور حفاظت تأسیسات روشنایی، برق صنعتی، سیم و کابل و ماشین آلات در برابر اضافه بار و جریان اتصال کوتاه از فیوز، کلید- فیوز و کلیدهای اتوماتیک استفاده میگردد. لیکن به لحاظ اینکه اولاً فیوزها همیشه نمی توانند عمل حفاظت موضعی و سلکتیو را در انواع مختلف شبکه ها بطور کامل و بدون خطا انجام دهند و در ثانی بعلاوه اینکه در شبکه سه فاز در موقع ازدیاد جریان اغلب قطع سه فاز بطور همزمان لازم و ضروری است لذا نمی توان همیشه از فیوز و کلید- فیوز استفاده کرد. در ضمن در بعضی از شبکه های توزیع می بایست به محض برگشت جریان (ولتاژ) یا افت بیش از حد مجاز ولتاژ، مدار بطور خود کار قطع و آلامهای لازم ایجاد گردد. همچنین در بعضی موارد ورود اتوماتیک یا دستی ژنراتور اضطراری یا ترانسفورماتور در شبکه توزیع جهت تداوم کار شبکه یا انجام تعمیرات دوره ای شبکه اجتناب ناپذیر می باشد. در چنین حالاتی فقط از کلید اتوماتیک می توان استفاده کرد. کلیدهای اتوماتیک علاوه بر موارد فوق نسبت به فیوزها و کلید- فیوزها دارای مزایای

ثانیه طول می کشند. این خطاهای موقتی خط بر اثر برخورد سیم ها به یکدیگر، در اثر عدم فلش مناسب، برخورد شاخه های درختان به خط، زدن ولتاژ ضربه ای کلید ها بر روی مقره ها، قرار گرفتن پرندگان بین هادی های برقرار و زمین، یا زدن رعد و برق که باعث ایجاد قوس الکتریکی موقتی روی مقره های خط می گردد به وجود می آید. پس به این نتیجه می رسیم که ریکلوزها اجازه می دهند که خطاهای موقتی رفع گردند و پس از آن به سرعت مجدداً سرویس دهی را برقرار می کنند، اما یک خطای دائمی را کاملاً قطع می کند.

در حالت کلی ریکلوزر کلیدی است که برای قطع و وصل اتوماتیک مدار جریان متناوب ساخته شده است و می تواند عمل قطع و وصل را برای چندین بار انجام دهد. ریکلوزر ها برای استفاده در مدار های تک فاز یا سه فاز طراحی شده اند، همچنین ریکلوزر نوعی رله است که فرمان وصل مجدد را به کلید قدرت می دهد به این صورت که در حین رخ دادن اتصال کوتاه در شبکه توانایی چندین مرتبه (معمولاً 3 مرتبه) قطع و وصل را دارد.

بدین معنی که در صورت ایجاد خطا در شبکه این کلید شبکه را به مدت تقریباً یک ثانیه قطع کرده و مجدداً وصل می کند اگر همچنان خطا وجود داشت مجدداً قطع می کند و این عمل را چندین مرتبه انجام می دهد و اگر در هر وصل خطا بر طرف شده بود که وصل باقی می ماند در غیر اینصورت مجدداً قطع می شود و زمانی که تعداد قطع و وصل به اندازه تعریف شده رسید قطع می ماند.

سکشن آنالایزر

سکشن آنالایزر یا دستگاه جداکننده ناحیه ای، یک نوع کلید روغنی است که در مدارهای توزیع هماهنگ با ریکلوزر برای جدا کردن اتصالاتی های دائم بکار گرفته میشود. جداکننده ها معمولاً روی فرعی ها یا انشعابات خطوط اصلی نصب میگردند. سکشن آنالایزر بر خلاف اتوریکلوزر جریان اتصالاتی را قطع نمیکند. در حقیقت جدا کننده صبر میکند تا اتوریکلوزر خط را قطع نماید سپس در حالی که خط باز است و جریانی در آن نیست خط اتصالاتی شده را جدا می کند. یادآور میگردد که ریکلوزر خط را برای حدود یک ثانیه (50 تا 60 هرتز) باز نگه میدارد، جدا کننده در همین فرصت عمل کرده و نهایتاً قسمت اتصالاتی را از شبکه جدا کرده و بقیه مدار به سرویس دهی خود ادامه میدهد. معمولاً جدا کننده بعد از سومین عمل قطع و وصل ریکلوزر عمل میکند. لذا زمان این تجهیزات از اهمیت زیادی برخوردار است. سکشن آنالایزر را میتوان مکمل ریکلوزر در شبکه های توزیع دانست با استفاده از ریکلوزر پس از وقوع خطای گذرا در شبکه، وصل مجدد جریان توسط

زیر می باشند:

- کلید خود کار پس از قطع مدار در اثر جریان زیاد و یا هر عامل دیگری بلافاصله مجدداً آماده بهره برداری می باشد.
- با کمک کنتاکتهای فرعی که در آن تعبیه شده می توان وضعیت کلید را در هر حالت (قطع، وصل یا وقوع خطا) توسط سیگنال تعیین و در اطاق فرمان منعکس کرد.
- ساختمان این کلیدها بگونه ای است که اگر کلید را بر روی یک مدار اتصال کوتاه شده ببندیم، در ضمن عمل بسته شدن، رله اضافه جریان کلید به سرعت وارد عمل شده و مدار را قطع می کند.

انواع کلیدهای فشار ضعیف

- کلیدهای اتوماتیک کمپکت (Moulded case circuit breaker: M.C.C.B)
- کلیدهای اتوماتیک هوایی (Air circuit breaker: A.C.B)
- کلیدهای مینیاتوری (Miniature circuit breaker: MCB)
- کلیدهای محافظ موتور (Motor protection circuit breaker: M.P.C.B)
- کلیدهای محافظ جان (Residual current circuit breaker: R.C.C.B)

کلید اتوماتیک و کلید غیر اتوماتیک

ابتدا لازم است بدانیم کلیدهای اتوماتیک با کلیدهای غیر اتوماتیک چه فرقی دارند، کلیدهای اتوماتیک به کلیدهایی گفته میشود که دارای رله هستند و هر کدام برای کاربردهای مخصوصی مورد استفاده قرار میگیرند. بطور مثال کلیدهای اتوماتیک هوایی دارای رله های بسیار هوشمندی هستند و این رله ها از نوع رله های الکترونیکی هستند، اما کلیدهای غیر اتوماتیک کلیدهایی هستند که صرفاً برای قطع و وصل مورد استفاده قرار میگیرند. و فاقد رله میباشند بطور مثال کنتاکتور یک تجهیز غیر اتوماتیک است که برای قطع و وصل های گوناگون با کاربردهای مختلف یک مشخصه ای دارد؛ مثلاً کنتاکتور AC3 برای بارهای القایی است.

بیشترین توسعه ای که روی کلیدهای فشار ضعیف انجام میدهند روی current limiting است که هر چه این خاصیت بیشتر شود کلید گرانتز میشود. این خاصیت مستقیماً به زمان قطع کلید بستگی دارد. معمولاً در کاتالوگ کلیدهای فشار ضعیف دو مشخصه فنی به نامهای Icu و Ics مشخص شده اند که دانستن مفهوم آنها در انتخاب کلید مهم است.

Icu: جریان اتصال کوتاهی که کلید تنها یکبار بدون آنکه آسیبی ببیند قادر به قطع آن می باشد و برای دفعات بعدی نیاز به تعمیر و سرویس و یا تعویض دارد.

Ics: جریان اتصال کوتاهی که کلید به دفعات قادر به قطع آن می باشد بدون اینکه آسیبی ببیند و یا نیاز به تعمیر و یا تعویض پیدا کند.

کلیدهای اتوماتیک کمپکت (Molded Case Circuit Breaker (MCCB))



Iu جریان دایم، نرم این کلیدها از 160A تا 1600A است اما این کلیدها حداکثر تا 3200A ساخته می شوند. فریم این کلیدها با افزایش جریان نامی آنها بزرگ می شود.

کلیدهای هوایی (Air Circuit Breaker (ACB))

شکل (۳-۷۹)

این کلیدها از انواع دیگری از کلیدهای اتوماتیک فشار ضعیف هستند که در آمپراژ بالا مورد استفاده قرار می گیرند. حد بالای جریانی این کلیدها تا 6300A می باشد. Iu جریان دایم، نرم این کلیدها از 630A تا 16300A است مورد مصرف این کلیدها عمدتاً در ورودی تابلوهای باشد که هم جریان بالایی دارد و هم برقراری Selectivity کامل بین کلیدهای ورودی و کلیدهای خروجی که معمولاً از نوع کمپکت می باشند ضروری است.

کلیدهای هوایی دارای رله هایی که در داخل خود کلید جاسازی شده اند (Built-in) می باشد. ویژگی این رله ها خاصیت تاخیری یا Time Delay آنهاست که عنصر اصلی در تامین Selectivity از طریق صدور فرمان قطع با تاخیر می باشند. (Selectivity همان پدیده تقدم قطع در خروجیها نسبت به ورودی هاست. به این معنی که اگر خطایی در یک فیدر خروجی رخ داد، ابتدا کلید خروجی قطع شود و تنها در صورت تداوم خطا روی مدار و عمل نکردن کلید خروجی، کلید ورودی با تاخیر کل تابلو را بی برق می کند. اهمیت این موضوع در این است که در صورت وقوع خطا در یکی از خروجیها کل تابلو بی برق نشود.)

یادآوری: استفاده از کلیدهای کمپکت در هر دو مدار خروجی و ورودی در تابلو حتی اگر کلید ورودی دو ساینز بالاتر از بالاترین ساینز کلید در خروجیها انتخاب شود، تنها در محدوده کوچکی

نشتی از کلیدهای حفاظت از خطر برق گرفتگی (محافظ جان) استفاده می شود. این کلیدها که براساس حساسیت خود به دو نوع خانگی و صنعتی تقسیم می شوند، علاوه بر حفاظت افراد در مقابل تماس مستقیم و یا غیر مستقیم برق، با جلوگیری از نشتی جریان در حفاظت دستگاه ها و تجهیزات صنعتی نیز موثر می باشند. براین اساس در صورتی که حساسیت کلیدها تا 30 میلی آمپر باشد این کلید به عنوان حفاظت از جان و در صورتی که حساسیت آن بیشتر از 30 میلی آمپر باشد به عنوان حفاظت از تجهیزات صنعتی بکار می رود.

اساس کار کلیدهای حفاظت از خطر برق گرفتگی، مقایسه جریان ورودی با جریان خروجی کلید می باشد به طوری که اگر جریان نشتی در مدار که کلید در آن واقع شده است بیشتر از حساسیت کلید باشد کلید عمل کرده و جریان ورودی و در نتیجه مدار را قطع می نماید.

از مزایای دیگر استفاده از کلیدهای حفاظت از خطر برق گرفتگی جلوگیری از بروز آتش سوزی در اثر وجود جریان نشتی می باشد. باتوجه به اینکه یک جریان 0.5 آمپری می توان باعث بروز آتش سوزی شود، کلید حفاظت از خطر برق گرفتگی با تشخیص جریان نشتی و قطع جریان ورودی، مانع از بروز آتش سوزی می شود. همچنین از آنجا که در صورت وجود جریان نشتی در بدنه وسایل برقی و یا سیستم سیم کشی ساختمان، این جریان به مرور زمان زیاد می شود و احتمال سوختن وسایل برقی و سیستم سیم کشی ساختمان را به وجود می آورد لذا استفاده از کلیدهای حفاظت از خطر برق گرفتگی، با توجه به کاهش میزان هدر رفتن انرژی الکتریکی و برق مصرفی، صرفه جویی اقتصادی و حفظ ثروتهای ملی را نیز در بر خواهد داشت.

■ مشخصات کلیدهای حفاظت از خطر برق گرفتگی (جریان نشتی):
■ دمای کاری کلیدها جهت قطع جریان نشتی متناوب از 25- تا 40- درجه سلسیوس و با قدرت اتصال کوتاه 6 تا 25 کیلو آمپر می باشد.

■ جهت حفاظت کلیدها و مدار مصرفی در مقابل اتصال کوتاه و اضافه بار بایستی فیوز پشتیبان (Back-Up Fuse) با توجه به جریان نامی کلید و مشخصات ارائه شده نصب گردد.
■ کلیدها با جریان نامی 125-16 آمپر تولید می شوند.

■ کلیدها جهت استفاده مشترکین تکفاز (خانگی) به صورت دو پل (فاز + نول) و مشترکین سه فاز (صنعتی) به صورت چهار پل، که می تواند همراه با نول و یا بدون نول (در سیستم های سه سیمه) بکار رود.

■ میزان جریان قطع خودکار کلیدها (حساسیت) از 10 میلی آمپر تا 1.5 آمپر، و مدت زمان قطع حداکثر 200 میلی ثانیه است.

■ باتوجه به موقعیت نصب، سیم های ورودی و خروجی می توانند از بالا و یا پایین به کلید متصل

از جریان اتصال کوتاه، Selectivity را تامین میکند و به هر حال Selectivity کامل بدست نمی دهد.

کلیدهای مینیاتوری (Miniature Circuit Breaker (MCB))

از انواع کلیدهای فشار ضعیف که معمولاً در جریانهای پایین و در تابلوهای روشنایی و تابلوهای



شکل (۳-۸۰)

توزیع با توان کم و یا جهت حفاظت مدارات کنترل و فرمان تجهیزات و تاسیسات برقی مورد استفاده قرار می گیرد. جریان قطع اتصال کوتاه این کلیدها معمولاً چندان بالا نیست. حداکثر جریان مورد استفاده با کلید مینیاتوری 100A است و همینطور جریان قطع اتصال کوتاه این کلیدها بصورت نرم 10KA و حداکثر 25KA است. این کلیدها دارای دو نوع کاربرد صنعتی IEC60947 و کاربرد مسکونی IEC60898 هستند.

کلیدهای حافظ موتور (Motor protection circuit breaker:M.P.C.B)



شکل (۳-۸۱)

این کلید برای حفاظت در برابر اضافه بار و اتصال کوتاه موتور استفاده می شود و از وسایلی مثل رله کنترل بار مطمئن است زیرا هم می توان با آن مدار را به صورت دستی قطع و وصل کرد و همچنین مدارهای داخلی مطمئن تری نیز دارد.

کلیدهای حافظ جان (Residual current Circuit Breaker(RCCB))

یکی از عوامل اصلی در بروز خسارات مالی، صدمات و تلفات جانی به ویژه در منازل مسکونی، مراکز اداری، تجاری و مجتمع های صنعتی عدم رعایت مسائل ایمنی در استفاده از انرژی برق میباشد. بمنظور حفاظت از جان افراد در مقابل خطر برق گرفتگی و جلوگیری از خطرات جریان

حفاظت تجهیزات



شکل (۳-۸۲)

برقگیر وسیله ای است که ترانسفورماتور را در برابر اضافه ولتاژ ناشی از رعد و برق و یا اضافه ولتاژ های ناشی از سوئیچینگ (کلید زنی) محافظت می کند. برقگیر مانند یک شیر اطمینان روی دیگ بخار کار می کند. شیر اطمینان دیگ بخار اضافه فشار را بوسیله خارج کردن کاهش می دهد تا زمانیکه فشار به حالت عادی خود برگردد. وقتی که فشار به حالت عادی خود برگشت، شیر اطمینان مجدداً بسته شده و آماده برای شرایط غیر عادی بعدی میشود. عمل برقگیر هم شبیه همین عمل شیر اطمینان می باشد وقتی که یک ولتاژ قوی بیشتر از ولتاژ عادی خط بر روی خط بوجود آید برقگیر فوراً مسیری را به زمین مهیا می کند و ولتاژ اضافی را به زمین هدایت می نماید. بنابراین وقتی که ولتاژ اضافی پایان می یابد عمل برقگیر باید خاتمه یافته و بعد از برطرف شدن ولتاژ اضافی از ادامه یافتن جریان به زمین جلوگیری کند. و یا بطور خلاصه برقگیر باید:

الف- ابتدا برای جلوگیری از صدمه خوردن به مقره های خط، ترانسفورماتورها و دیگر لوازم خط، ولتاژ اضافی را به زمین تخلیه کند.

ب- بعد از برطرف شدن ولتاژ اضافی از ادامه جریان به زمین جلوگیری نماید.

انواع برقگیر

انواع برقگیر مورد استفاده در ترانسفورماتورهای توزیع عبارت اند از:

برقگیر با مقاومت غیر خطی و ساختمان آن

در حال حاضر کلیه ترانسفورماتورهای 0.4-20 کیلو ولت در ایران توسط برقگیرهای با مقاومت غیر خطی محافظت می شوند. طریقه اتصال برقگیر به شبکه بدین صورت است که هر فاز وارد برقگیر می گردد و از ترمینال انتهایی برقگیر به زمین وصل می شود، پس در شبکه 0.4-20 کیلوولت بایستی برای هر ترانسفورماتور از سه برقگیر استفاده نماییم. ساختمان برقگیر با مقاومت غیر خطی به طور مختصر به شرح زیر است:

این نوع برقگیر از یک یا چند خازن سری همراه با یک یا چند مقاومت غیر خطی تشکیل شده است.

شوند که این امر در کارکرد کلید اثری نخواهد داشت .

■ درجه حفاظت کلیدها برای جلوگیری از ورود اجسام خارجی برابر با IP 40 می باشد.

■ کلید عملیات نصب و رفع نقص بایستی توسط فرد متخصص انجام شود .

■ ترمینال های ورودی و خروجی کلیدها با توجه به آمپر کلید برای بالاترین قطر کابل یا سیم در

نظر گرفته شده و از این نظر مشکلی وجود نخواهد داشت .

■ همراه با کلید امکان استفاده از کنتاکت کمکی نیز وجود دارد .

این خازن ها (فواصل هوایی) لازم است که در حالت عادی کار سیستم از جریان الکتریکی به داخل برقگیر جلوگیری کنند. زمانی که ولتاژ سیستم به هر علتی بالا رود، فواصل هوایی بین خازن ها، هادی جریان الکتریسته خواهد شد و قوس الکتریکی در این فواصل تشکیل می شود، از آنجاییکه مقاومت غیر خطی در برابر موج جریان حاصل از افزایش ولتاژ مقاومتش کم شده است، باعث عبور این امواج از داخل خود می شود. اما زمانی که موج ولتاژ از داخل برقگیر عبور کرده و ولتاژ سیستم به حالت عادی خود برگشت، مقاومت غیر خطی به یک مقاومت بزرگ تبدیل می شود و جریان عبوری از داخل برقگیر بطور قابل ملاحظه ای کاهش می یابد. کم شدن جریان باعث می شود که قوس الکتریکی در فواصل هوایی ناپایدار شده و در لحظه ای که ولتاژ سیستم از صفر عبور میکند قوس بطور کامل خاموش می شود، لذا سیستم به حالت عادی خود برگردد و ترانسفورماتور به کار خود ادامه می دهد.

برقگیر آرماتور (میله ای یا شاخکی)

یکی از ساده ترین و ارزانه ترین روشهای حفاظتی در برابر ولتاژهای زیاد استفاده از برقگیرهای شاخکی می باشد. برقگیر میله ای، مقره های عبوری یا پوشینگ ترانسفورماتور را در برابر اضافه ولتاژ حفاظت می کند. برقگیر آرماتور از دو میله فلزی شاخکی که نسبت به هم دارای یک فاصله هوایی است تشکیل می شود و در دو سر پوشینگ ترانسفورماتور نصب می گردد. و بدین ترتیب طول مقره های عبور ترانسفورماتور را بطور مصنوعی قدری کوتاه می کند. در این صورت اگر به دلیلی ولتاژ شبکه زیاد شود تخلیه الکتریکی بین دو الکترود ایجاد می شود و چون الکترود پایین تر از ایزولاتور به بدنه ترانسفورماتور و بدنه ترانسفورماتور نیز به زمین اتصال دارد موج جریان حاصل از صاعقه یا عوامل دیگر را به زمین منتقل می کند. در صورت عدم استفاده از برقگیر، اضافه ولتاژ باعث ایجاد جرقه بین دو سر مقره عبوری شده و این جرقه منجر به سوزاندن سطح خارجی آن می شود. فاصله بین دو الکترود برقگیر میله ای برای ولتاژهای مختلف بر اساس پیشنهاد VDE0111 در جدول (2-3) داده شده است.

در اینجا یادآوری شود:

کت اوت، ترانسفورماتور را در مقابل اضافه جریان حفاظت می کند. برقگیر، ترانسفورماتور را در مقابل اضافه ولتاژ حفاظت می کند.

جدول (۳-۲): فاصله بین دو الکترود پیشنهادی بر اساس VDE0111

ولتاژ (kv)	طول مقره عبوری mm	فاصله الکترود برقگیر میله ای mm
۱	۴۰	-----
۳	۷۵	-----
۶	۱۰۰	۶۰
۱۰	۱۲۵	۹۵
۲۰	۱۸۰	۱۵۵
۳۰	۲۸۰	۲۲۰
۶۰	۶۰۰	۴۰۰

کت اوت فیوز



شکل (۳-۸)

یکی از وسایلی که در سیستم های توزیع انرژی الکتریکی برای جدا کردن سریع بخش هایی که دچار خطا شده اند از سایر بخش های سیستم، استفاده می شود کات اوت فیوز یا فیوز قطع کننده است. ترانسفورماتورهای توزیع غالباً از طریق یک کات اوت فیوز به خطوط اولیه متصل می شوند. در درون فیوز کات-اوت یک عنصر ذوب شونده وجود دارد که در هنگام بروز خطا ذوب شده و اتصال الکتریکی ترانسفورماتور را از خط قطع می کند و بدین وسیله مانع خسارت دیدن ترانسفورماتور و وارد شدن خطا به مدارهای اولیه می شود. وارد شدن خطا به مدارهای اولیه ممکن است مشترکین و ترانسفورماتورهای

دیگری را هم تحت تاثیر قرار دهد. این فیوزها همچنین برای جدا کردن مدارهای اولیه دچار خطا یا اضافه بار از بقیه قسمت های سالم مدار به کار می رود. کاربرد اصلی این فیوزها در حفاظت کت اوت شامل دو قسمت است، یکی محفظه مسدود که اتصالات خط به آن می بندد و طوری ساخته شده که به کراس آرم بسته می شود و دیگری نگهدارنده فیوز که متحرک است و به آسانی المنت داخل آن قابل تعویض است.

انواع کت اوت

کت اوت های توزیع معمولاً سه نوع هستند: کت اوت مسدود - کت اوت باز - کت اوت با المنت بدون محافظ یا (روباز). کت اوت هایی که معمولاً در برق ایران مصرف می شود از نوع باز هستند.

ساختمان فیوز کت اوت باز

این کت اوت ها شامل سه قسمت پایه فیوز، نگهدارنده فیوز (لوله فیوز)، سیم فیوز (المنت فیوز) است. المنت فیوز داخل یک لوله فیبری که همان لوله فیوز است قرار دارد.



شکل (۳-۸۴)

سیم فیوز یا المنت فیوز

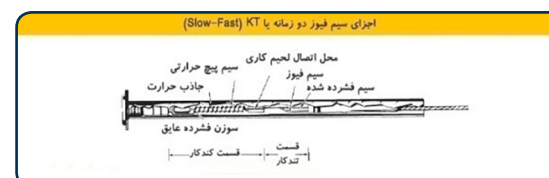
سیم فیوز شامل قطعه های مکانیکی و الکتریکی می باشد. سیم فیوز الکتریکی، یک نوع فیوز برق است که به سادگی با یک تکه کوتاه از سیم ساخته شده است. فیوز داخل یک لوله فیبری که همان لوله فیوز است قرار دارد. المنت (سیم) فیوز



شکل (۳-۸۵)



شکل (۳-۸۶)



شکل (۳-۸۷)

اندازه فیوز

در عمل معمولاً، ترانسفورماتورهای توزیع را در برابر اضافه بارهای جزئی حفاظت نمی کنند، زیرا باعث سوختن غیر ضروری فیوز و قطع مکرر مدار می شود که هر دوی اینها خوشایند نیست. بنابراین معمول است که فیوزها را با جریان نامی بالاتر از جریان نامی ترانسفورماتور انتخاب کنند. معمولاً جریان نامی فیوز را 2 تا 3 برابر جریان نامی ترانسفورماتور در نظر می گیرند. جریان های اتصال کوتاه چندین برابر جریان عادی است بنابراین آمپر المنت فیوز کت اوت 2 تا 3 برابر جریان نامی ترانسفورماتور در نظر گرفته می شود.

در جدول شماره (3-3) رنج استانداردالمنت هابرای ترانس های مختلف درج شده است.

جدول (۳-۳): فیوزهای توصیه شده برای حفاظت طرف اولیه ترانسفورماتورهای سه فاز توزیع

توان نامی ترانسفورماتور KVA	جریان فیوز				سیستم ۲۰ کیلوولت				سیستم ۳۳ کیلوولت			
	نوع فیوز				نوع فیوز				نوع فیوز			
	جریان اسمی	K	T	کند تند	جریان اسمی	K	T	کند تند	جریان اسمی	K	T	کند تند
۴۵	۱/۳۱۲	۲/۱*	۶*	۶	۰/۷۲۲	۱*	۳*	۳*	۰/۴۳۷	۱*	۲*	۲*
۵۰	۲/۶۲۴	۳/۱	۶*	۶	۱/۴۴۳	۱/۴	۳*	۳*	۰/۸۷۸	۱	۲*	۲*
۷۵	۳/۹۳۶	۳/۵	۶*	۶	۲/۱۶۵	۲/۱	۳*	۶	۱/۳۱۵	۱/۴	۲*	۲*
۱۰۰	۵/۲۴۸	۵/۲	۸	۸	۲/۸۸۷	۳/۱	۶	۶	۱/۷۵۲	۱/۶	۳	۳
۱۵۰	۸/۳۹۸	۷/۸	۱۲	۱۲	۴/۸۱۹	۴/۲	۸	۸	۲/۷۹۹	۳/۱	۶	۶
۲۰۰	۱۰/۴۹۶	۱۰/۴	۱۵	۱۵	۵/۷۷۴	۵/۲	۱۰	۱۰	۳/۴۹۹	۳/۵	۶	۶
۲۵۰	۱۲/۱۲۰	۱۰/۴	۲۰	۲۰	۷/۲۱۵	۷	۱۰	۱۰	۴/۳۷۴	۴/۲	۶	۶
۳۱۵	۱۶/۵۳۳	۱۴	۲۵	۲۵	۹/۰۹۳	۷/۸	۱۲	۱۲	۵/۵۱۱	۵/۲	۸	۸
۴۰۰	۲۰/۹۹۵	۱۴	۳۰	۳۰	۱۱/۵۴۷	۱۰/۴	۱۵	۱۵	۶/۹۹۸	۷	۱۰	۱۰
۵۰۰	۲۶/۲۴۳	۲۱	۴۰	۴۰	۱۴/۴۳۴	۱۴	۲۰	۲۰	۸/۷۴۸	۷/۸	۱۲	۱۲
۶۳۰	۳۳/۰۶۶	۳۲	۵۰	۵۰	۱۸/۱۸۶	۱۴	۲۵	۲۵	۱۱/۰۲۲	۱۰/۴	۱۵	۱۵
۸۰۰	۴۱/۹۸۹	۴۶	۶۵	۶۵	۲۳/۰۹۴	۲۱	۳۰	۳۰	۱۳/۹۹۶	۱۰/۴	۲۰	۲۰
۱۰۰۰	۵۲/۴۸۶	۴۶	۸۰	۸۰	۲۸/۸۶۸	۲۱	۴۰	۴۰	۱۷/۴۹۶	۱۴	۲۵	۲۵

تعاریف و اصول کار ترانسفورماتور



شکل (۳-۸۸)

ترانسفورماتور وسیله ای است که انرژی الکتریکی را در یک سیستم جریان متناوب از یک مدار به مدار دیگر انتقال می دهد و می تواند ولتاژ زیاد و بلعکس تبدیل نماید. ترانسفورماتور امروز یکی از وسایل لازم و حیاتی در سیستم های الکتریکی و همچنین سیستم های تبدیل انرژی می باشد و از دو بخش اصلی زیر تشکیل می گردد:

■ هسته که از ورقه های نازک فولادی ساخته می شود.

■ دو یا چند سیم پیچ که در ترانسفورماتورهای معمولی با هم رابطه مغناطیسی و در اتو ترانسفورماتورها رابطه الکتریکی و مغناطیسی دارند.

آن بخش از سیم پیچ که از مدار الکتریکی انرژی می گیرد سیم پیچ اولیه، بخش دیگر که از آن انرژی گرفته می شود سیم پیچ ثانویه نامیده می شود. سیم پیچ متصل به مدار با ولتاژ زیاد به سیم پیچ فشار قوی (H.V) و سیم پیچی که به مدار با ولتاژ کم اتصال می یابد به سیم پیچ فشار ضعیف (L.V) معروف است.

ترانسفورماتورهای که ولتاژ سیم پیچ ثانویه از ولتاژ اولیه آن کمتر باشد ترانسفورماتور کاهنده و آنکه ولتاژ ثانویه اش از ولتاژ اولیه بیشتر باشد ترانسفورماتور افزایش دهنده نامیده می شود.

اگر یکی از دو سیم پیچ ترانسفورماتور مثلاً اولیه را به منبع ولتاژ متناوب وصل کنیم فوران (فلوی) متناوبی تولید خواهد شد که دامنه اش نسبت مستقیم با ولتاژ دو سر سیم پیچ اولیه و شماره دورهای اولیه دارد.

فوران تولید شده ی سیم پیچ ثانویه را نیز دور میزند و ولتاژی در آن القاء می نماید که مقدار آن به شماره دوره های سیم پیچ ثانویه بستگی دارد. واضح است که ترانسفورماتورها فقط با وجود فوران های متقابل که هر دو سیم پیچ را دور می زنند کار می کنند.

لازم به تذکر است که این فوران ها (فلوها) از مواد فرو مغناطیسی (پرمایلیته) زیاد به مراتب بهتر از سایر موارد عبور مینمایند و از این روست که هسته ترانسفورماتورها از آهن (فرو مغناطیس) می باشد. برای جلوگیری از اثر تخریبی هوا و بهبود شرایط خنک شدن ترانسفورماتورهای با قدرت زیاد، معمولاً هسته و سیم پیچ های آنها را در مخزن پر از روغن قرار می دهند که این نوع ترانسفورماتور را روغنی می نامند و آنهایی که توسط هوا خنک می شوند به ترانسفورماتورهای خشک معروفند.

انواع کاربری ترانسفورماتورها

- ترانسفورماتورهای قدرت برای انتقال و توزیع انرژی الکتریکی.
- ترانسفورماتورهای قدرت برای مقاصد خاص مثل کوره ها.
- از یکسو کننده ها و واحدهای جوشکاری بکار می روند.
- ترانسفورماتورهایی که برای تنظیم ولتاژ در شبکه های توزیع بکار می روند.
- اتو ترانسفورماتورها جهت تبدیل ولتاژ با نسبت کم و راه اندازی موتورهای القایی.
- ترانسفورماتورهای وسایل اندازه گیری.

قسمتهای مختلف ترانسفورماتور



شکل (۳-۸۹)

اگر چه اصول کار تمام ترانسفورماتورهای ولتاژ یکسان است ولی در ترانسفورماتورهای بزرگ به علت ولتاژ بالا و عبور جریان زیاد آنها، هسته و سیم پیچ ها به شدت گرم می شوند و امکان بروز خسارت و از کار افتادن ترانسفورماتور وجود دارد، این گونه ترانسفورماتورها با وسایل ایمنی مجهز می گردند و ساختمان آنها پیچیده تر از ترانسفورماتورهای خشک با قدرت کم می باشد.

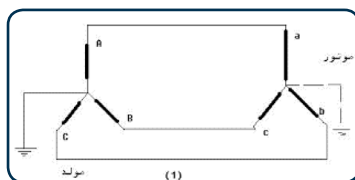
قسمتهای مختلف این ترانسفورماتور عبارتند از:

هسته - سیم پیچ ها (بویلین ها) - مخزن روغن - پوشینگ - باک و لوله انفجار - تاپ چنجر - ترمومترها - رله بو خهلتس - درجه نمای روغن - چرخها - شیر فشار شکن (اظمینان) - محفظه سیلیکاژل - جعبه کنترل (فرمان پنکه ها، ترموستات، پمپ و رگولاتور) - سیستم خنک کننده (رادیاتورها - پنکه ها و غیره)

هسته

هسته های ترانسفورماتورها باید تا حد امکان دارای قابلیت نفوذ مغناطیسی خوب و قابلیت هدایت الکتریکی بد باشد. هسته های ترانسها از ورقهای نورد شده ی دیناموبلش یا فریت به ضخامت

اتصال ستاره - ستاره (Y-Y)

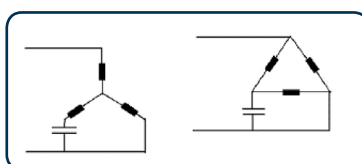


شکل (۳-۹۰)

این اتصال از نظر اقتصادی برای اکثر ترانسفورماتورها مقرون به صرفه است. زیرا ولتاژ خط به خط بر روی دو سیم پیچ می افتد و نیاز به عایق بندی بالا ندارد. مسئله ای که در این نوع اتصال وجود دارد وجود هارمونیکهای سوم ولتاژ است. اگر یک مجموعه ولتاژ سه فاز به یک ترانسفورماتور با اتصال

ستاره-ستاره اعمال شود، ولتاژها در هر فاز با فاز دیگر دارای 120 درجه اختلاف فاز الکتریکی هستند. چون هارمونیک سوم سه برابر مؤلفه های ولتاژ است و این مؤلفه های هارمونیک سوم با هم جمع می شوند می تواند موجب بروز اشکالاتی برای دستگاههای مصرف کننده شود. اتصال نقطه خنثی ترانسفورماتور به طور مستقیم به زمین بخصوص در طرف اولیه مؤلفه های هارمونیک سوم را از نقطه خنثی به زمین می برد. همچنین مسیر بازگشتی برای جریانهای نامتعادل بار ایجاد می کند.

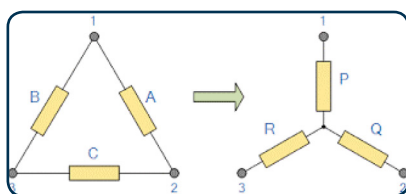
اتصال ستاره - مثلث (Y-d)



شکل (۳-۹۱)

کاربرد اصلی این اتصال در پستهای فرعی انتقال می باشد. جایکه ولتاژ پایین آورده می شود چون در این پستها در طرف اولیه ولتاژ بالاتری داریم و در نتیجه از اتصال ستاره استفاده می کنیم تا شکل عایق بندی را نیز حل کرده باشیم و در طرف ثانویه که ولتاژ را پایین آورده ایم از اتصال مثلث استفاده می کنیم.

اتصال مثلث - ستاره (D-Y)



شکل (۳-۹۲)

این اتصال بطور کلی جاهایی به کار گرفته می شود که بالا بردن ولتاژ ضروری باشد. مثلاً در ابتدای سیستم انتقال فشار قوی. در این اتصال ولتاژهای خط اولیه و ثانویه و جریانهای خط، نسبت به هم 30 درجه اختلاف فاز دارند.

0.35 تا 0.50 میلیمتر ساخته می شوند. هسته ها به خاطر کاهش تلفات فو کو و هیسترزیس به صورت مورق ساخته می شوند که این ورقه ها نسبت به هم عایق می باشند. این خاصیت توسط یک لایه ی نازک از رزین یا مواد عایقی دیگر تأمین می گردد. هسته های ترانسها بسته به قدرت آنها ساخته و طراحی می گردد که شامل دو نوع می باشد، هسته های شکافدار (EI) و هسته های نواری. کاربرد هسته های شکافدار بیشتر از هسته های نواری می باشد و این به این علت است که این هسته ها به راحتی در کنار هم قرار گرفته و سیم پیچ ها بر روی آنها نصب می شوند.

سیم پیچها

سیم پیچ ترانسها اغلب از جنس مس یا آلومینیوم انتخاب می شود سیم پیچهای ترانسهای کوچک را معمولاً روی قرقره می پیچند. جنس قرقره ها اغلب از ترموپلاست است. در اصل بیشترین درصد اشکالات ترانسها در این قسمت نقش اصلی را ایفا می کند. سیم پیچها در کل به دو صورت هستند. نواری، که غیر قابل تعمیر می باشند یا به صورت طبقه طبقه می باشند که به آنها دیسکی هم گفته می شود و قابل تعمیر هستند. سیم های به کار برده شده در ترانسها، بسته به قدرت آنها تغییر می کنند مثلاً در قدرتهای پایین و متوسط از سیم های با سطح مقطع کوچک و گرد استفاده می شود. در ترانس هایی با قدرت بالا از شمشهایی با سطح مقطع مربعی و یا نواری استفاده می شود.

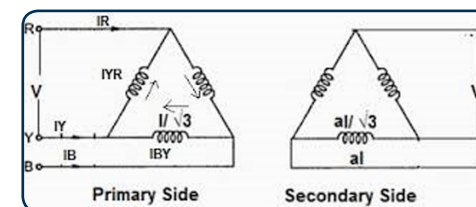
نحوه ی قرار گرفتن سیم پیچ ها

معمولاً در ترانسهای قدرت، ابتدا سیم پیچ ثانویه یا فشار ضعیف پیچیده می شود و سپس سیم پیچ اولیه یا فشار قوی پیچیده می شود. این کار به خاطر این است که در صورت اتصالی، سیم پیچ فشار قوی از هسته و اتصال به بدنه دور بماند و همچنین از بالا رفتن شدت میدان میان سیم پیچ اولیه و هسته جلوگیری شود.

نحوه ی اتصال سیم پیچ ها

در ترانسهای سه فاز بسته به شرایط بارگیری ترانس، اتصال سیم پیچ ها را تعیین می کنند. انواع اتصالات به شرح زیر می باشند:

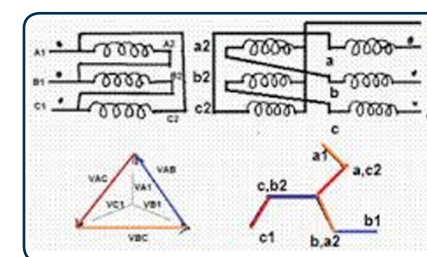
اتصال مثلث - مثلث (D-D)



شکل (۳-۹۳)

این اتصال برای ترانسهای فشار ضعیف که در آن مسئله عایق بندی اهمیت زیادی ندارد کاربرد دارد. یکی از مزایای این اتصال این است که اگر یکی از فازها از خط خارج شود یا از کار بیفتد ترانس می تواند بصورت مثلث باز به کار خود ادامه دهد، اگرچه ظرفیت آن کاهش یافته است.

ستاره - زیگزاک (Y-Z)



شکل (۳-۹۴)

از اتصال زیگزاک برای متعادل کردن بارهای نامتعادل در طرف فشار ضعیف استفاده می شود. چون مصرف بیشتر بصورت تک فاز می باشد و به همین دلیل نامتعادلی در سیستم بوجود می آید. در میان اتصالات بالا فقط از یکی از آنها نمی توان در سیستم توزیع استفاده کرد و آن هم اتصال ستاره - ستاره می باشد. در این اتصال، در صورتی که ترانس به صورت

نامتقارن زیر بار رود ترانس می سوزد. علت این امر این است که، هنگامی که از یک فاز به یک ترانس ستاره - ستاره جریان بیشتری کشیده شود در هسته شار بیشتری تولید می شود و هسته فوراً اشباع می شود و باعث گرم کردن بیش از حد می شود. از سوی دیگر هم برگشت این جریان از دو بازوی دیگر این ترانس می باشد و بر بازوهای دیگر هم تأثیر می گذارد. در چنین مواردی سعی می شود در اولیه از اتصال مثلث استفاده شود. و در مواردی که استفاده از اتصال مثلث غیر ممکن باشد از اتصال زیگزاک در ثانویه ی آن ترانس استفاده می شود تا بر روی دو بازوی ترانس در صورت نامتقارن بودن توزیع شود.

تپ چنجر

در بعضی از مواقع به علت طول زیاد شبکه ی توزیع، در انتهای خط با افت ولتاژی مواجه می شویم که

باید این افت بر طرف شود تا مصرف کننده بتواند بدون هیچ مشکلی از ولتاژ شبکه استفاده کند. در چنین مواقعی از تغییرات نسبت دور در ترانسها استفاده می شود. همان طور که از رابطه اساسی ترانس ها برآورد می شود $\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2}$ هنگامی که تعداد دور اولیه افزایش یابد ولتاژ خروجی کاهش و با کم کردن تعداد دور اولیه ولتاژ خروجی افزایش می یابد. تپ چنجر که بر روی اولیه ی ترانسها می باشد، در واقع تعداد دور اولیه را هنگام پایین بودن ولتاژ شبکه کم می کند و بالعکس. معمولاً تپ چنجرها دارای پنج رنج می باشند که از 1 تا 5 مدرج می باشد.

عمل تاپ چنجر در حقیقت افزایش یا کاهش شماره دوره های مؤثر سیم پیچ ترانسفورماتور می باشد و استفاده از تپ چنجر (یارگولاتورولتاژ) در ترانسفورماتورهای با قدرت زیاد می باشد. تاپ چنجرها امروزه با طرح های مختلف در حال کارند و معمولترین آنها شامل راکتورها یا مقاومتهای محدود کننده جریان می باشند. تغییر ولتاژ توسط تپ چنجر و جریان حاصله در مدار و قوس های الکتریکی آن امکان سوختن شدید و از بین رفتن کنتاکتها را بوجود می آورد و وجود قوسها ی الکتریکی و حرارت حاصل از آن خود دلیل مجزا نمودن تاپ سلکتور و کنتاکتها در تانک روغن جداگانه باشد و بدین ترتیب بدون اینکه کنتاکتها صدمه بینند قوس الکتریکی نیز از بین می رود. ضمناً بدون باز کردن ترانسفورماتور کنتاکتها می توانند بازرسی شوند و روغن فاسد شده در اثر قوسهای الکتریکی به آسانی تعویض شود. سوئیچ و کنتاکتورها توسط چرخ دنده و با موتور الکتریکی عمل می نمایند.

تانک روغن

تانک روغن مخزن روغنی است که هسته و سیم پیچ های ترانسفورماتور در آن قرار می گیرند. ترانسفورماتورهای روغن تا 40KVA ممکن است فقط دارای تانک با دیواره های صاف و بدنه و وسایل خنک کننده اضافی باشند. برای ترانسفورماتورهای بزرگتر سطح صاف برای از بین بردن حرارت کافی نبوده و باید بطور مصنوعی افزایش یا باید در آنها وسایل خنک کننده اضافی تعبیه گردد. در ترانسفورماتورهای تا 1600KVA سطح تانک توسط لوله هایی که از خارج به بدنه تانک جوش می خورند افزایش می یابد.

ترانسفورماتورهای از 1000 تا 10000KVA با تانک ساده از رادیاتورهایی که با اتصالات فلانج به تانک جوش می خورد استفاده می نمایند. در قدرت های بالاتر از 10000KVA خنک کردن با روغن بطور طبیعی کافی نبود و باید از جریان هوا و روغن با فشار استفاده شود.

- و دیاگرام سیم پیچی . شکل (3-95)

سیستمهای خنک کننده ی ترانسها

ترانسها را می توان از نظر سیستم خنک کنندگی به چند گروه تقسیم کرد . ترانسهایی که با جریان هوا خنک می شوند و ترانسهایی که با روغن خنک می شوند و یا ترکیبی از هر دو انتخاب سیستم خنک کننده ، بسته به قدرت ترانس و محل استفاده از آن می باشد . مثلاً در محل هایی که بلاجبار ترانس باید در سالن یا محل کار باشد از ترانسهایی با سمغ ریختگی استفاده می شود . این انتخاب به این علت است که چون امکان آتش سوزی در کارگاه یا محل کار وجود دارد از ترانس با سیستم روغنی استفاده نمی شود .

در ترانس های توزیع معمولاً از سیستم خنک کنندگی روغن استفاده می شود . معمولاً بر روی پلاک ترانس ها ، نوع سیستم خنک کنندگی آنها نوشته می شود . که نمونه ای از آنها در زیر نوشته شده اند :

■ روغن طبیعی و هوای طبیعی (ONAN)

■ روغن با گردش توسط پمپ و هوای طبیعی (OFAN)

■ روغن طبیعی و پنکه های خنک کننده (ONAF)

تلفات ترانسفورماتور باعث گرم شدن ترانسفورماتور می شود و اگر حرارت ایجاد شده بخارج هدایت نشود بار دهی ترانسفورماتور کم شده و چه بسا باعث سوختن ترانسفورماتور شود . برای خنک کردن ترانسفورماتور بر حسب نوع ترانسفورماتور (ترانسفورماتور خشک و ترانسفورماتور روغنی) طرق مختلفی موجود است که عبارتند از :

ترانسفورماتور خشک

ترانسفورماتور خشک با قدرت زیاد بندرت ساخته می شود زیرا این ترانسفورماتورها از نظر استقامت الکتریکی و دینامیکی خیلی ضعیف تر از ترانسفورماتورهای روغنی می باشند . ترانسفورماتور های خشک معمولاً با قدرت 300 کیلو ولت آمپر و ولتاژ ماکزیموم 10KVA ساخته می شوند . زیرا در ولتاژ های زیاد فاصله پیچک ها از یکدیگر و از قسمت هایی که مربوط به مدار جریان نیستند خیلی زیاد می شود بطوری که برای ترانسفورماتورهای بیش از 10KVA نیز ترانسفورماتورهای روغنی با صرفه تر است .

یک تانک شامل یک دیواره ، کف و قاب به بالای دیواره جوش داده می شود و شامل نوار فولادی است که حاوی سوراخ هایی به فواصل مساوی می باشند . یک پوشش (کاور) از ورق فولادی به قاب پیچ می شود . ضمناً در روی تانک محل هایی برای حمل و نصب ترانسفورماتور در نظر گرفته می شود .

مخزن روغن

مخزن روغن در حقیقت یک طبل فولادی است که بطور افقی روی تانک نصب می شود و توسط یک لوله به آن ارتباط می یابد . این مخزن طوری ساخته می شود که بتوان کف آن را جهت تمیز نمودن و رنگ زدن جدا نمود . باک ها با والو روغن و رطوبت گیر مجهز می شوند تا بتوان رطوبت هوایی را که در مخزن به علت کم شدن روغن وجود دارد بر طرف نمود . هوا از طریق یک ماده جذب کننده رطوبت بنام سیلیکاژل (Silicagel) عبور می کند و در حالت خشک وارد مخزن می شود . والو روغن گرد و خاک را از هوا دور (جدا) می نماید و مواد جذب کننده را از اثرات رطوبت موجود در محیط محافظت می نماید . در یک محفظه سیلیکاژل ، هوا ابتدا از یک توری عبور کرده و پس از عبور روغن به منظور گرفتن گرد و غبار و رطوبت به سیلیکاژل رسیده و پس از رطوبت گیری کامل به باک ترانسفورماتور هدایت می شود .

بدنه

بدنه ی ترانس ها از فولاد می باشد و در بعضی مواقع از استیل است . بر روی بدنه ی ترانسها رادیاتورهایی جهت تهویه و خنک شدن هر چه سریعتر ترانس تعبیه شده است . بر روی بدنه ، شیر تخلیه ی روغن ، تانک روغن ، مقرهای فشار ضعیف و فشار قوی قرار می گیرند .

تابلو مشخصات ترانسفورماتور

این تابلو (یا پلاک) که بر روی ترانسفورماتور نصب می شود معمولاً دارای مشخصات زیر است : نوع ترانسفورماتور - شماره سریال ترانسفورماتور - سال مونتاژ - تعداد فازها - گروه ترانسفورماتور - فرکانس - نوع خنک کردن - قدرت اسمی - وزن کل - وزن روغن

g-m-u.ir	
PE-21 PLUS™	PREMIUM EFFICIENCY
ORD. NO. 1LA02864SE41	
TYPE RGZSD	FRAME 286T
H.P. 30.00	VOLTS 1.15
AMPS 34.9	VOLTS 460
R.P.M. 1785	HERTZ 60
DUTY CONT 40 C	AMB 105 F
F 105 F	105 F
50HC03PP3	50HC03PP3

شکل (3-۹۵)

حتماً روش دیگری برای خنک کردن ترانسفورماتور به کار برده نمی شود. در ترانسفورماتورهای کوچک تا قدرت 30 کیلو ولت آمپر کافی است که سطح جدار خارجی منبع روغن صاف باشد و در قدرت های بیشتر تا 6000 کیلو ولت آمپر برای بزرگ کردن سطح تماس منبع روغن با هوا منبع روغن را پرده دار و یا موجی درست می کنند و در قدرت های بیشتر تا حدود 20000 کیلو آمپر منبع روغن دارای لوله های خنک کننده مجزا می باشد.

منبع ترانسفورماتور دارای لوله هایی است که به داخل ترانسفورماتور راه ندارند. روغن گرم از بالای ترانسفورماتور وارد این لوله ها شده پس از خنک شدن مجدداً در زیر ترانسفورماتور راه می یابد و در آنجا مجدداً گرم شده و در سطح روغن بالا می رود. این لوله ها ضریب خنک کنندگی روغن را زیاد می کند و به این جهت سبب می شود که حجم روغن این ترانسفورماتور ها قدری کمتر از ترانسفورماتور پرده ای مشابه خود باشد.

لوله ها متناسب با قدرت ترانسفورماتور در 2 یا 5 ردیف در اطراف منبع ترانسفورماتور نصب می شود. عمل خنک کردن بطور طبیعی را می توان با جریان انداختن سریع روغن توسط پمپ مخصوصی تسریع نمود.

در بعضی از ترانسفورماتور ها که دارای تلفات بیشتر می باشند از رادیاتور مخصوص استفاده می شود و در صورتیکه ترانسفورماتور خیلی بزرگ باشد بخاطر جلوگیری از مشکلات حمل و نقل رادیاتور ها را طوری می سازند که در موقع حمل و نقل از ترانسفورماتور جدا شده و در محل مجدداً نصب شود.

این گونه ترانسفورماتور ها در محل ارتباط بین مخزن و رادیاتور دارای فنتیل مخصوصی می باشند که از خارج شدن روغن ترانسفورماتور جلوگیری می کند.

■ خنک کردن غیر طبیعی

ترانسفورماتور های خیلی بزرگ و یا ترانسفورماتور هایی که در اطاق سرپوشیده و کوچک نصب می شوند (پست ترانسفورماتور محصور) باید مصنوعی خنک شوند تا عمل خنک شدن تسریع یابد و از باردهی ترانسفورماتور کاسته نگردد. خنک کردن مصنوعی بیشتر به کمک آب (OW) و یا به کمک جریان انداختن سریع هوا (فنتیلاتور) (OF) انجام می شود.

خنک کردن ترانسفورماتور به کمک آب به دو طریق است:

■ خنک کردن روغن ترانسفورماتور در داخل منبع آب

■ خنک کردن روغن ترانسفورماتور در خارج از منبع



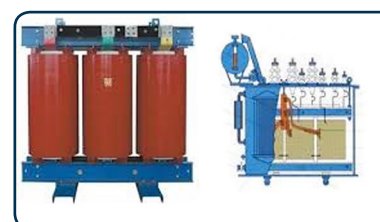
شکل (۹۶-۳)



شکل (۹۷-۳)

در ترانسفورماتور های خشک با قدرت کم معمولاً وسیله اضافی برای خشک کردن ترانسفورماتور بکار برده نمی شود بلکه همان خنک شدن طبیعی در اثر تماس مداوم و عادی هوا با سطوح ترانسفورماتور کافی است. این نوع ترانسفورماتور را که خود به خود خنک می شود با TS نشان می دهند. ترانسفورماتور هایی با قدرت بیشتر کمک فنتیلاتور (باد زن) مخصوص خنک می کنند. این ترانسفورماتور ها با علامت TF مشخص می شوند. در این طریق خنک کردن حرکت وسیر کولاسیون هوا به وسیله فنتیلاتور زیاد و سریع شده، در نتیجه هدایت حرارت بخار سریع تر عملی می گردد. ترانسفورماتور های خشک باید حتی الامکان بطور دائمی به ولتاژ وصل باشد و از شبکه برق قطع نگردند زیرا قطع شدن آن باعث خنک شدن، عرق کردن و مرطوب شدن ترانسفورماتور می گردد.

ترانسفورماتور روغنی



شکل (۹۸-۳)

در این ترانسفورماتور ها روغن واسطه انتقال حرارت از هسته و سیم پیچ ترانسفورماتور به هوای خارج می باشد. طرق مختلف خنک کردن ترانسفورماتور های روغنی به شرح زیر است:

■ خنک کردن طبیعی (OS1)

این نوع خنک کردن عملاً بدون هیچ واسطه ای انجام می گیرد و در حقیقت برداشت حرارت در اثر تشعشع، هدایت و انتقال حرارت بطور عادی و طبیعی انجام می شود و ساده ترین و ارزانه ترین روش خنک کردن ترانسفورماتور است زیرا ترانسفورماتور احتیاج به هیچ گونه مراقبت و نگهداری ندارد.

لذا در صورتی که تلفات ترانسفورماتور تا حدودی باشد که بتوان از این نوع خنک کردن استفاده کرد

تابلو های توزیع

تابلوی برق به عنوان محفظه ای برای نصب لوازم الکتریکی و تجهیزات کنترل، اندازه گیری، حفاظتی، تنظیم کننده، مونیتورینگ و ایجاد اتصال و ارتباط لازم بین خطوط و سایر تجهیزاتی که خارج از تابلو وجود دارند، مورد استفاده قرار می گیرد.

دسته بندی مختلف انواع تابلو های برق

دسته بندی اول از نظر نوع عملکرد تابلو

- PLC: تابلوهایی که برای کنترل یک پروسه صنعتی استفاده می شوند .
- تابلو هایی که فقط جهت کنترل موتورهای AC یا DC استفاده می شود و شامل درایوها، مدارهای فرمان کنتاکتوری و مدارهای کنترل کننده موتور که به شکل ستاره - مثلث نیز می شوند.
- تابلوهای توزیع که جهت توزیع برق و در واقع توزیع جریان بین تجهیزات مختلف صنعتی استفاده می شود.
- تابلوهای اصلاح ضریب قدرت که به تابلوهای بانک خازنی معروف هستند.
- البته ممکن است چند مورد از موارد بالا در یک مجموعه تابلو کنار هم قرار بگیرند .

دسته بندی دوم از نظر محل نصب

- تابلوهای داخلی (Indoor)
- این تابلوها در فضای بسته مثل داخل کارگاه یا ساختمان مسکونی نصب می شوند .
- تابلوهای خارجی (Outdoor)
- این تابلوها در فضای باز نصب می شود.

دسته بندی سوم از نظر ساختمان و شکل ظاهری

- Self standing
- تابلوی ایستاده خود ایستا که روی پایه های خود می باشد.
- Wall mounted
- تابلوهای دیواری بر روی دیوار به صورت توکار یا روی کار نصب می شود .

در طریقه اول لوله های آب سرد از داخل منبع ترانسفورماتور در کنار دیواره های منبع و یا سقف منبع عبور داده می شود و جریان آب سرد باعث خنک کردن روغن می گردد . در این طریق نشت کردن احتمالی آب باعث خراب شدن ترانسفورماتور می شود .

در طریقه دوم روغن گرم از ترانسفورماتور خارج شده و به کمک آب خنک شده مجدداً به داخل ترانسفورماتور تزریق می شود .

روغن از بالای ترانسفورماتور توسط پمپ روغن خارج شده پس از خنک شدن در کولر آبی مجدداً از زیر ترانسفورماتور وارد منبع روغن می شود .

در ترانسفورماتور هایی با قدرت زیاد از کولر مخصوصی استفاده می شود . در این کولر آب و روغن در خلاف جهت یکدیگر جریان دارند و عمل خنک کردن روغن بطور قابل ملاحظه ای تسریع می گردد . در صورتیکه ترانسفورماتور هایی که در فضای آزاد نصب می شوند در روی بدنه خود دارای فنتیلاتور های هوا می باشند .

دسته بندی چهارم از نظر سطح ولتاژ

- تابلوهای فشار ضعیف (LV) تا 1000 ولت
- تابلوهای فشار متوسط (MV) از 1000V تا 63 000 ولت
- تابلو های فشار قوی (HV) از 63000 تا 400000 ولت

تابلوی توزیع ولتاژ فشار متوسط



شکل (۳-۹۹)

عمل ورود و خروج فشار متوسط در پست های زمینی از طریق تابلو ها یا سوئیچ گیر فشار متوسط انجام می گیرد. تابلو های فشار متوسط از سلولهای جداگانه ای برای مدارهای ورودی و خروجی و تغذیه ترانسفورماتور تشکیل یافته است. هر سلول دارای شینه های مسی مستقلی است که به هنگام نصب به یکدیگر متصل گردیده اند و امکان جدا سازی و اضافه یا کم کردن آنها نیز وجود دارد. این تابلو ها دارای جدار ضخیم فولادی بوده و مجهز به دریچه زیرین ورود برای نصب بست کابل و سرکابل هستند. این تابلو ها معمولاً از نوع تابلو های قابل دسترس از جلو می باشند.

اجزای اصلی یک تابلو فشار متوسط شامل بدنه، کلید (دژنکتور) و یا کنتاکتور فشار متوسط، رله، باس بار، ترانسفورماتور ولتاژ و جریان، لوازم اندازه گیری و تجهیزات کنترلی می باشد.

تابلوهای فشار متوسط به دو دسته کلی تقسیم می شوند:

■ تابلوهای فشار متوسط ثابت (Fix)

■ تابلوهای فشار متوسط کشویی (Withdraw able)

تقریباً تمامی پست های توزیع دارای سه سلول فشار قوی هستند:

- سلول ورودی از طریق کابل و سرکابل (که معمولاً از نوع خشک می باشند) سکسیونر فیدر پست فوق توزیع را که وظیفه تغذیه پست توزیع را بر عهده دارد، به شینه متصل می کند.
- سلول تغذیه ترانس که از طریق سکسیونر فیوزدار که عمل حفاظت ترانسفورماتور را نیز انجام می دهد، به بوشینگ های ترانسفورماتور متصل است.
- سلول خروجی که برای ایجاد حلقه در شبکه فشار متوسط با یک پست زمینی دیگر در ارتباط است.

تابلوی توزیع ولتاژ فشار ضعیف



شکل (۳-۱۰۰)

تابلوهای فشار ضعیف در سطح ولتاژ کمتر از 1000V قرار دارند. تابلوی فشار ضعیف ترکیبی است از یک یا چند وسیله قطع و وصل (Switching Device) فشار ضعیف همراه با تجهیزات کنترلی، اندازه گیری، نشانگر، حفاظتی، تنظیم کننده و ... مربوط به خود که بصورت کامل نصب و سوار شده و کلیه Interconnection ها و اتصالات الکتریکی و مکانیکی داخلی و قطعات ساختمانی را شامل گردد. ولتاژ نامی تابلوهای فشار ضعیف معمولاً تا 690V و ولتاژ سرویس تا 400V می باشند. تابلو های توزیع که اغلب در زیر ترانسفورماتورهای توزیع (20 کیلوولت به 400 ولت) قرار گرفته اند دارای مشخصات و تجهیزات زیر میباشند:

کلید کل (کلید اصلی یا کلید اتوماتیک یا کلید خود کار)



شکل (۳-۱۰۱)

این کلید عمل قطع و وصل و از همه مهم تر حفاظت شبکه فشار ضعیف را بر عهده دارد. این کلید دارای دورله حرارتی و مغناطیسی بوده و بنابراین شبکه و ترانسفورماتور توزیع را در مقابل اتصال کوتاه اضافه بار محافظت می کند.

نحوه انتخاب کلید کل (کلید اصلی)

آمپراژ کلید اصلی با توجه به جریان نامی فشار ضعیف ترانسفورماتور انتخاب می گردد. مثلاً کلید اصلی تابلوی فشار ضعیف ترانسفورماتور 100 کیلو ولت آمپر با جریان نامی 144.5 آمپر با توجه به استاندارد کلیدها 160 یا 200 آمپر انتخاب می گردد.

کلید اصلی را می توان بر اساس فرمول تجربی زیر انتخاب نمود:

آمپر کلید کل (کلید اصلی) = $1.7 \times$ ظرفیت ترانسفورماتور بر حسب کیلو ولت

اندازه استاندارد کلید کل (کلید اصلی) بر حسب آمپر

160-200-250-315-400-500-630-800-1000-1200-1250-1600-2000 آمپر

تنظیم (ستینگ) رله های کلید کل (کلید اصلی)

رله های کلید کل (کلید اصلی) به شرح زیر تنظیم می گردند:

■ تنظیم رله مغناطیسی: رله مغناطیسی با توجه به فرمول زیر تنظیم می گردد:

تنظیم (ستینگ) رله مغناطیسی کلید کل (کلید اصلی) = جریان نامی کلید / ظرفیت ترانسفورماتور * 8

■ تنظیم رله حرارتی: رله حرارتی با توجه به فرمول زیر تنظیم می گردد:

تنظیم (ستینگ) رله حرارتی کلید کل (کلید اصلی) = جریان نامی کلید / ظرفیت ترانسفورماتور * 1.7

مثال: برای ترانسفورماتور 100 کیلو ولت آمپر که جریان نامی کلید اصلی آن 200 آمپر است مطلوب است تنظیم رله های تابلو برق؟

حل:

تنظیم رله مغناطیسی کلید کل = $4 = 100 * 8 / 200$

تنظیم رله حرارتی کلید کل = $0.85 = 100 * 1.7 / 200$

کلید فیوز دار از نوع NH

این فیوز به صورت سری با شبکه فشار ضعیف قرار می گیرد و شبکه را در مقابل اتصال کوتاه محافظت می کند. قدرت قطع این نوع فیوز زیاد بوده و می تواند جریان های تا 25 کیلو آمپر را نیز قطع کند. استاندارد آمپراژ فیوزهای NH در زیر آورده شده است:

50-63-80-100-125-160-200-250-300-400

500-600 آمپر



شکل (۳-۱۰۲)

شمش ها (شین ها- باس بارها)

جمع و پخش انرژی الکتریکی از طریق شین ها انجام می گیرد که با مقاطع مختلف نظیر مربع و مستطیل و لوله ای ساخته میشوند.

جنس شین ها از مس یا آلومینیوم است ولی در تابلو های



شکل (۳-۱۰۳)

توزیع برق معمولاً از شین های مستطیلی از جنس مس با ابعاد 30*5 میلی متر استفاده میگردد که از بالا به پایین به ترتیب فازهای R-S-T و شین MP وصل می شوند.

کنتاکتور



وسیله الکترومکانیکی جهت قطع و وصل کردن سه فاز مورد استفاده قرار می گیرد و در تابلو های توزیع برق معمولاً از کنتاکتورهای 63 آمپری استفاده می شود.

شکل (۳-۱۰۴)

فتوسل



شکل (۳-۱۰۵)

برای روشن و خاموش کردن چراغ های معابر به صورت اتوماتیک در هنگام تاریک شدن هوا و در هنگام روشن شدن هوا از دستگاهی به نام فتوسل استفاده می شود. فتوسل از یک فتو المان تشکیل می شود که در اثر برخورد نور به

آن ایجاد ولتاژ یا تغییر مقاومت می دهد. طرز کار آن بدین صورت است که با تاریک شدن هوا مقاومت فتوسل المان کم شده و در نتیجه شدت جریان مدار توسط تقویت کننده زیاد شده و به رله فرمان می دهد و مدار را وصل می کند. هنگامی که هوا روشن می شود مقاومت فتوسل المان زیاد شده و در نتیجه جریان عبوری از رله کم می شود و باعث قطع مدار می گردد. فتوسل ها با سه سر خروجی و با رنگ های سفید و مشکی و قرمز ساخته می شوند. سیم سفید رنگ سیم نول و سیم مشکی سیم فاز و سیم قرمز به لامپ متصل می گردد. هر فتوسل حدوداً 20 عدد لامپ 100 واتی را می تواند به طور اتوماتیک خاموش و روشن کند و اگر برای کنترل لامپ های خیابان مستقیماً به فتوسل وصل شوند به طور مطمئن فتوسل خواهد سوخت. برای رفع این اشکال به جای اینکه فتوسل لامپ ها را تغذیه کند بویین کنتاکتور را تغذیه می کند بطوریکه لامپ ها به کنتاکت های باز کنتاکتور بسته می شود و در این صورت مشخص است که جریان لامپ ها هیچ ارتباطی با جریان عبوری از فتوسل ندارد.

ساعت نجومی

ساعت نجومی بدون نیاز به دریافت نور در هر روز، سال یا یک برنامه میکروپروسسوری می تواند طلوع و غروب آفتاب را به صورت دقیق تشخیص دهد و سیسم روشنائی را روشن با خاموش نماید.

ساعت نجومی فاقد سنسور چشم است و در هر مکان حتی سرپوشیده قابلیت نصب دارد که این ویژگی خطاهای احتمالی در روزهای ابری و دسترسی افراد غیر مسئول را محدود می کند.



شکل (۱۰۶-۳)

سایر وسایل موجود در تابلو های توزیع برق

از دیگر وسایل موجود در تابلوهای توزیع برق می توان از کنتور سه فاز 380، 220*3 ولت برای اندازه گیری مقدار انرژی مصرفی روشنائی معابر - ترانسفورماتور جریان برای تغذیه سیم پیچ جریان کنتور سه فاز راکتیو - مقره های اتکایی برای نگهداری و ایزوله کردن شین ها (که معمولاً جنس آنها از صمغ مصنوعی می باشد) - فیوز فشنگی 63 آمپری برای روشنائی معابر و فیوز فشنگی 10 تا 16 آمپری برای بویین های ولتاژ کنتور سه فاز اکتیو نام برد.



شکل (۱۰۷-۳)

یک تابلوی برق شامل چهار قسمت اصلی است:

قسمت کلید اصلی تابلو

■ تابلوی توزیع

■ تابلوی بانک خازنی

■ تابلوی کنترل یا فرمان

کلید اصلی تابلو از نوع MCCB بوده و از طریق سه کابل، سه فاز را وارد تابلوی برق می کند. این سه کابل از طریق حوضچه زیر تابلو وارد تابلو می شوند. حوضچه محفظه ای با عمق تقریبی 20 سانتی

متر در زیر تابلو برق است که جهت قرار گرفتن کابل های برق تعبیه شده است. باید بدانیم که در تابلوهایی که جهت کنترل موتور های سه فاز کاربرد دارد بایستی از کلید های اتوماتیک MCCB به عنوان کلید اصلی تابلو استفاده کنیم.

CT ترانس ها اولین موردی است که بایستی بعد از کلید اصلی بر روی یکی از سه فاز قرار بگیرد. همانطور که می دانید ترانس CT یک نمونه از جریان یکی از سه فاز را گرفته و برای تجهیزاتی مانند رگولاتور خازنی یا آمپر متر در تابلو ارسال می کند. اینکه این ترانس بر روی کدام یک از سه فاز قرار می گیرد به نوع رگولاتور و تغذیه رگولاتور از هر یک از فازها بستگی دارد.

قسمت بعدی تابلو بخش توزیع است. همانطور که می دانیم سه فاز از بالا وارد این قسمت از تابلو می شود. در تابلوهای توزیع کاری که انجام می شود این است که توسط کلیدهایی مثل MCB و MCCB کار توزیع جریان انجام می شود.

این تابلوی توزیع به دو قسمت تقسیم شده است. در بخش اول بر حسب نیاز خروجی تابلو چند کلید MCCB قرار داده شده است و در بخش دوم که داکت بندی نیز شده کلیدهای MCCB مورد استفاده قرار گرفته است. در قسمت اول تابلوی توزیع 7 کلید قرار گرفته است که در واقع بر حسب نیاز این تعداد کلید مورد استفاده قرار گرفته است. معمولاً برای هر یک از دستگاه های موجود باید یک کلید گذاشت. مثلاً کوره القایی یک کلید یا هر دستگاه CNC یک عدد کلید نیاز دارد. یکی از کلیدها سه فاز قسمت دوم تابلوی توزیع را تامین می کند.

هر کدام از کلیدها به نحوی سه فاز را از شینه های بالا گرفته و توسط کابل به سمت حوضچه زیر تابلو هدایت می کنند. توجه داشته باشید که چون جریان این کلیدها معمولاً بالا است از ترمینالهای کائوچویی مخصوص تابلو برای انتقال جریان این کلیدها به خارج از تابلو استفاده نمی شود. یک کلید MCCB هم به عنوان رزرو در تابلو در نظر گرفته شده است.

سه فاز از طریق یک کلید MCCB وارد قسمت بعدی که شینه های سوراخ دار هستند می شود.

شینه های سوراخ دار توسط مقره های پلکانی به بدنه تابلو محکم می شوند. دلیل این امر هم این است که با استفاده از این مقره ها شینه ها در سه ارتفاع مختلف نسبت به هم قرار گرفته و سیم



شکل (۱۰۸-۳)



شکل (۱۰۹-۳)



شکل (۱۱۰-۳)

از کنتاکتورها متصل می شود. نحوه اتصال کنتاکتورها نیز به یکدیگر به نوع راه اندازی ها اعم از راه اندازی مستقیم، یا ستاره - مثلث بستگی دارد.

تابلوی فرمان و بانک خازنی

■ تابلوی اصلی

این تابلو عموماً در پست برق نصب می شود و به طرف فشار ضعیف ترانسفورماتور متصل است و برق مجموعه را توزیع و کنترل می کند.

■ تابلوی نیمه اصلی

این گونه تابلوها، برق بلوک ساختمانی یا قسمت مستقلی از مجموعه را توزیع و کنترل می کند.

(تابلوی نامبرده از تابلوی اصلی تغذیه می شود.)

■ تابلوی فرعی تاسیسات و تجهیزات

عبارت از تابلویی است که برای توزیع و کنترل سیستم برق خاص مانند موتورخانه، آشپزخانه و رختشوی خانه و غیره بکار می رود. این گونه تابلوها از تابلوی نیم اصلی تغذیه می شود.

■ تابلوی فرعی روشنایی

عبارت از تابلویی است که برق روشنایی و پریزهای عمومی و فن های مربوط به هر قسمت را توزیع و کنترل می کند. این نوع تابلو نیز از تابلو نیم اصلی تغذیه می شود.

تابلوهای اصلی و نیمه اصلی در تأسیسات برق صنعتی به صورت ایستاده و قابل دسترسی از جلو یا پشت و یا هر دو طرف می باشند و هر تابلوی فرعی و روشنایی معمولاً به صورت دیواری می باشند. در این بخش منظور از مدارهای کنترل مدارهای فرمان الکتریکی با استفاده از کلیدهای مغناطیسی یا کنتاکتورها هستند در مدارهای فرمان الکتریکی وسایل مختلفی به کار می رود که مهمترین آنها کنتاکتور می باشد. استفاده از کنتاکتور در مدارهای کنترل تنوع طراحی های مختلف را به وجود می آورد.

وسایل کنترل

کنتاکتورها

کنتاکتورها کلیدهای الکترو مغناطیسی هستند که مهمترین جزء مدارات می باشند. در صنعت نمی توان از

کشی آنها راحت تر انجام می شود.

در قسمت دوم تابلوی توزیع بر حسب نیاز کلید MCB مورد استفاده قرار گرفته و داکت کشی انجام می شود.

خط ورودی و سه خط خروجی سیم کشی دارد به کمک کابلشو از نوع حلقه ای سر سیمها به شینه های مسی سوراخ دار پیچ می شود و سپس به کمک بست کمربندی به یکدیگر بسته می شوند. این سیمهای سه فاز وارد داکتها شده و بین کلیدهای MCB تقسیم می شوند.

پس از دادن ورودی های کلیدهای MCB نوبت به خروجی ها می شود با قرار دادن یک ریل و ترمینالهای کائوچویی روی آن این کار انجام می گیرد. از خروجی ترمینالهای کائوچویی به سمت حوضچه زیر تابلو کابل کشی انجام می شود.

تابلوی بعدی تابلوی بانک خازنی است. در این تابلو ابتدا سه فاز به کمک یک کلید MCCB وارد تابلو می شود.

سه فاز بر روی سه شینه منتقل می شود. وظیفه یک تابلوی بانک خازنی این است که بر حسب میزان بار سلفی موجود در کارگاه خازن به مدار اضافه یا کم کند تا ضریب توان کارگاه اصلاح شود. سه فاز ابتدا وارد فیوزها شده و سپس وارد کنتاکتورهای خازنی می شود. این کنتاکتورها سه فاز را به خازنهای اصلاح ضریب متصل می کنند. دستور قطع و وصل شدن کنتاکتورهای خازنی را دستگاهی به نام رگولاتور خازنی می دهد. این دستگاه بر روی درب تابلو نصب می شود و بر حسب بار سلفی موجود در کارگاه و ضریب توان مورد نیاز دستور ورود و خروج خازنها را به شبکه برق می دهد.

رگولاتور خازنی معمولاً بر روی درب تابلو نصب می شود. نصب رگولاتور ساده است. دو ورودی برای تغذیه ولتاژ دارد که در واقع نمونه ولتاژ برای رگولاتور محسوب می شود و دو ورودی جهت اتصال ترانس CT.

در اکثر رگولاتورها ترانس CT باید بر روی یکی از سه فاز قرار بگیرد ولی رگولاتور باید از یک فاز دیگر تغذیه شود در غیر این صورت در ورود و خروج خازنها به شبکه خطا خواهیم داشت. خازنهای اصلاح ضریب در دو نوع سیلندری و باکسی ساخته می شوند. مقدار این خازنها بر حسب میکرو فاراد نبوده بلکه بر حسب (KVAR) کیلو وارا است. بر روی این خازنها سه ترمینال جهت اتصال سه فاز تعبیه شده است.

آخرین قسمت این تابلو، تابلوی فرمان یا کنترل است. سه فاز اصلی پس از اتصال به یک کلید MCCB وارد این قسمت از تابلو میشود.

همانطوری که مشخص است در تابلوی فرمان ابتدا سه فاز وارد فیوزها شده و سپس به ردیفی

عبور نماید.

Ith1: جریانی است که با اتصال یک بار در هر هشت ساعت از کنتاکتهای کنتاکتور بدون تاثیر در کارکرد کنتاکتور عبور نماید.

Ie: جریان قابل تحمل برای کنتاکتهای اصلی.

Is: مقدار جریانی است که کنتاکتها میتوانند در زمان اتصال کوتاه تحمل نمایند. **Is**

Ue: مقدار ماکزیمم ولتاژی است که کنتاکتهای کنتاکتور در شرایط کار عادی میتوانند تحمل نمایند.

Uc: مقدار ماکزیمم ولتاژی است که به بوبین کنتاکتور میتوان اعمال کرد.

طول عمر مکانیکی کنتاکتورها 10^8 بار قطع و وصل میباشد (بدون عبور جریان از کنتاکتها) در حالی که این مقدار برای کلیدهای معمولی 1000 بار قطع و وصل میباشد.

فیوزها



مدارهای طراحی شده را باید به طریقی حفاظت نمود تا چنانچه جریان مصرف کننده به علل مختلف مانند اتصال کوتاه فازها، یک فاز شدن مصرف کننده و ... زیاد تر از حد مجاز شود، قبل از اینکه گرمای ایجاد شده در مصرف کننده باعث صدمه دیدن آن شود، وسیله حفاظتی، مصرف کننده را از شبکه قطع نماید.

شکل (۳-۱۱۳)

فیوزها بر اساس سرعت قطع مدار به دو دسته تقسیم میشوند. دسته اول فیوزهای تند کار که بیشتر در مصارف روشنایی به کار میروند و با حرف **F** نشان داده میشوند. دسته دوم فیوزهای کند کار یا تاخیری در مداراتی به کار میرود که در آنها قطع مدار باید با تاخیر انجام شود. این فیوزها در طول مدت راه اندازی که جریان راه اندازی معمولاً به 3 تا 7 برابر جریان نامی میرسد نباید مدار را قطع کنند فیوزها بر اساس ساختار در انواع اتوماتیک یا آلفا، مینیاتوری، کاردی یا کتابی و فشنگی میباشند.

فیوزهای فشنگی از سه بخش تشکیل میشوند: پایه فیوز، فشنگ و کلاهک. که در تابلو بر روی پل هایی که توسط دریل سوراخ میشوند، قرار می گیرند. کلید مینیاتوری نوعی فیوز اتوماتیک است که از نظر ساختمان داخلی به فیوز آلفا شباهت دارد و از سه قسمت رله مغناطیسی، رله حرارتی و کلید تشکیل شده است. این کلیدها در دو نوع **L** و **G** ساخته شده است نوع **L** در مصارف روشنایی به کار میرود و تند کار است و نوع **G** که کند کار می باشد در راه اندازی وسایل موتوری



شکل (۳-۱۱۱)

این کلیدها صرف نظر کرد. مهمترین مزیت کنتاکتورها نسبت به کلیدهای معمولی به شرح زیر میباشد:

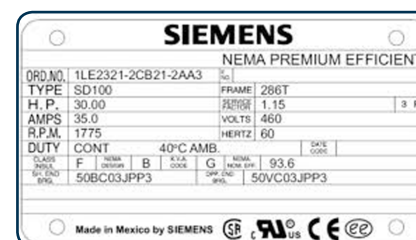
- کنترل و فرمان راه اندازی دستگاه ها از راه دور.
- کنترل و راه اندازی ماشین از دو یا چند نقطه.
- خطر راه افتادن مجدد ماشین ناشی از اثر قطع ناگهانی برق.
- عمر مکانیکی کنتاکتور نسبت به کلیدهای دیگر بیشتر است.
- امکان طراحی مدار اتوماتیک.
- حفاظت دستگاه توسط کنتاکتور خیلی بیشتر است.

موارد استفاده کنتاکتور به خاطر مزایای ذکر شده و سهولت اتصال و تغذیه گسترده زیاد میباشد. یکی از موارد استفاده کنتاکتورها را میتوان برای اتصال موتورهای آسنکرون رتور قفسه ای نام برد. علاوه بر آن می توان از کنتاکتورها برای قطع و وصل مصرف کننده های الکتریکی جریان متناوب یا جریان مستقیم دیگر مانند مغناطیس ها خازن ها مدارات روشنایی گرم کن های الکتریکی و ... استفاده نمود.

این کلید از دو هسته به شکل **U** یا **E** که یکی ثابت و دیگری متحرک است و در میان هسته ثابت یک بوبین یا سیم پیچ قرار دارد تشکیل شده است. وقتی بوبین به برق وصل میشود با استفاده از خاصیت مغناطیسی نیروی کششی فنر را خنثی می کند و هسته فوقانی را به هسته تحتانی متصل کرده و باعث میشود کنتاکت های باز بسته شود و کنتاکتهای بسته باز شوند.

کنتاکتورها در تابلوهای برق صنعتی بر روی ریل های مینیاتوری سوار میشوند و سیم های اتصال آن که از درون کانال های هدایت سیم عبور میکند توسط سر سیم های مخصوص به ترمینال اتصال بوبین و پیچ های مربوط به کنتاکت مدار فرمان اتصال داده میشود. معمولاً بوبین کنتاکتورها در چند ولتاژ مختلف جهت مصارف گوناگون ساخته میشود.

مشخصات پلاک کنتاکتور

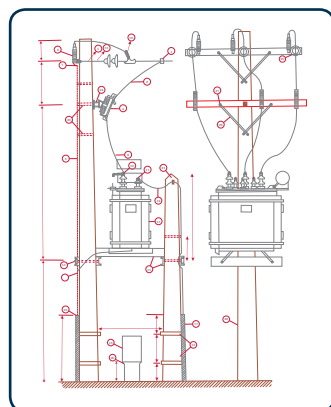


شکل (۳-۱۱۲)

Ith2: جریانی است که میتواند در شرایط عادی از کنتاکتهای قدرت کنتاکتور و در زمان نامحدود بدون قطع عبور نماید.

Ith1: جریانی است که با اتصال یک بار در هر هفته از کنتاکتهای کنتاکتور بدون تاثیر در کارکرد کنتاکتور

آشنایی با انواع پست های توزیع برق تعریف پست



شکل (۳-۱۱۵): پست هوایی ۲۰
کیلو ولت در انتهای خط

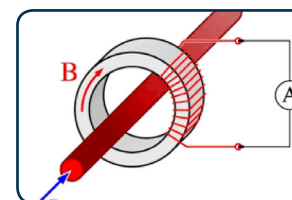
پست الکتریکی ایستگاهی فرعی است که در مسیر تولید، انتقال یا توزیع انرژی الکتریکی، ولتاژ را به وسیله ترانسفورماتور به مقادیر بالاتر یا پایین تر تغییر می دهد. توان الکتریکی می تواند از میان شمار زیادی پست بین نیروگاه و مصرف کننده (توانگیر) بگذرد و ولتاژ آن در طول مسیر بارها تغییر کند. پست هایی که از ترانسفورماتورهای افزایشنده بهره می گیرند موجب افزایش ولتاژ و به این ترتیب کاهش جریان می شوند، در حالیکه پست هایی که از ترانسفورماتورهای کاهشنده بهره می گیرند برای افزایش ایمنی، ولتاژ را کاهش داده و جریان را افزایش می دهند.

اجزای یک پست

یک پست روی هم رفته دارای تجهیزات سوییچ، سیستم های حفاظت، کنترل و همچنین یک یا چند ترانسفورماتور است. در پست های بزرگ از مدار شکن ها یا دژنکتور برای برش هر گونه اضافه جریان برخاسته از اتصال کوتاه یا اضافه بار بهره برده می شود. در پست های کوچکتر می توان از سکسیونر یا فیوز برای محافظت از مدارهای منشعب بهره گیرند. پست ها (معمولاً) دارای ژنراتور نیستند اگرچه نیروگاه ها شاید در نزدیکی خود پست داشته باشند. از دیگر موارد موجود در یک پست الکتریکی می توان تجهیزات نگهدارنده پایان خط، تابلوی فشار قوی، تابلوی فشار ضعیف، جرقه گیر، سیستم کنترل، سیستم زمین و سیستم های اندازه گیری، همچنین ممکن است از تجهیزات دیگری مانند خازن های اصلاح ضریب توان یا تنظیم کننده ولتاژ نیز در پست استفاده شود. پست های الکتریکی با توجه به کاربردشان ممکن است بر روی پهنه (سطح) زمین و در حصار، زیر زمین و یا در ساختمان ها ساخته شوند. ساختمان های بسیار بلند ممکن است دارای چندین پست الکتریکی داخلی باشند. از پست های داخلی بیشتر در مناطق شهری و برای کاهش صدای ناشی از ترانسفورماتورها، ملاحظات بصری شهر و محافظت تابلوها از تأثیرات آلودگی هوا و دگرگونی آب و هوا بهره برده می شود. در مناطقی که از حفاظ فلزی در اطراف پست استفاده می شود باید این حفاظ زمین شده

مورد استفاده قرار می گیرد. این کلید ها در انواع تک فاز، دو فاز و سه فاز مورد استفاده قرار می گیرد. این کلید ها در تابلو های برق صنعتی بر روی ریل های مینیاتوری سوار شده و قفل می شوند.

ترانس جریان



شکل (۳-۱۱۴)

از این ترانسفورماتورها معمولاً در تابلو های توزیع انرژی جریان زیاد استفاده می شود. به این صورت که شمش مسی از وسط ترانس گذشته و نقش فاز را بازی می کند و دو سر به نام های K و L که به کنتور یا آمپر متر وصل می شود و به طور غیر مستقیم مقدار آمپر را اندازه گیری می کند.

باشد تا از نگرانی برق گرفتگی در موارد ایجاد جریان خطا در پست استفاده شود. پیش آمد خطا در شبکه و تزریق جریان ناشی از آن به زمین در پست می تواند مایه افزایش پتانسیل در مناطق کنار پست شود. این افزایش پتانسیل در اطراف پست مایه پیدایش یک جریان در طول حصارهای فلزی می شود و در این زمان ها ولتاژ حصارها می تواند با ولتاژ زمینی که آنکس بر روی آن ایستاده بسیار متفاوت باشد که این مایه افزایش ولتاژ تماس تا اندازه ای خطرناک خواهد شد.

پست توزیع

وظیفه یک پست توزیع، تحویل گرفتن توان از سیستم انتقال و تحویل آن به سیستم توزیع است. از نظر اقتصادی و ایمنی، وصل مصرف کننده ها به طور مستقیم به شبکه انتقال به صرفه نیست؛ بنابراین پست توزیع، ولتاژ را تا میزانی مناسب برای مصرف کننده ها کاهش می دهد.

حداقل برای ورودی یک پست توزیع از دو خط انتقال استفاده می شود. ولتاژ ورودی به پست ها توزیع به استانداردهای هر کشور وابسته است با این حال ولتاژ ورودی به پست های توزیع معمولاً ولتاژی متوسط بین 2.4 تا 33 کیلوولت است. گذشته از تغییر ولتاژ، وظیفه پست توزیع ایزوله کردن هر یک از شبکه های توزیع یا انتقال از خطاهای رخ داده در دیگری است. پست های توزیع ممکن است وظیفه تنظیم ولتاژ را نیز بر عهده داشته باشند، البته در مسیرهای توزیع طولانی (چندین کیلومتر) تجهیزات تنظیم ولتاژ در طول خط نصب می شوند.

پست های توزیع پیچیده را بیشتر می توان در مراکز شهرهای بزرگ دید.

انواع پست

پست GIS (کمپکت فشرده)

به پستی گفته می شود که عایق استفاده شده در آن گاز SF6 است. یعنی تمام اجزای پست (بریکر - باس بار - سکسیونر و ...) با فضای آزاد ارتباطی ندارد



شکل (۱۱۶-۳)

پست متعارف (AIS)



شکل (۱۱۷-۳)

به پستی گفته می شود که کلیه تجهیزات اصلی در فضای باز قرار می گیرند و با توجه به شرایط آب و هوایی سطح اشغال شده توسط آن در مقایسه با پست فشرده بزرگتر است.

پست سیار



شکل (۱۱۸-۳)

به پستی گفته می شود که در مواقع اضطراری و به طور موقت با نصب یک ترانسفورماتور سیار در محدوده خطوط توزیع به صورت T-off یا ورود و خروج برق بخشی از مصرف کنندگان تامین می گردد.

پست (Switch Station: SS) (کلید خانه)

این پست فقط شامل کلید و سکسیونر می باشد.

پستهای کیوسک (Kiosk)

در این پست ها بخش فشار متوسط (MV) در یک سمت پست و بخش فشار ضعیف (LV) در سمت دیگر پست قرار دارد و پست دارای دو درب جداگانه برای دسترسی به تابلوی MV و LV است.

یکی از تجهیزات اصلی پست های زمینی ترانسفورماتور است. هر پست توزیع زمینی علاوه بر ترانسفورماتور از چندین انشعاب و خط ورودی و خروجی تشکیل می شود. هر کدام از این قسمت

ها مجهز به وسایلی است که برای انتقال، حفاظت، سنجش و فرمان لازم است، تمامی این وسایل در یک قسمت مشخص و محدودی در پست نصب می شوند که به آن تابلو می گویند. انتخاب ظرفیت پست توزیع در ارتباط با طراحی و برنامه ریزی سیستم توزیع مورد نظر است. سطح ولتاژ پست های توزیع توسط ولتاژ های فوق توزیع و فیدرهای تغذیه کننده اولیه تعیین می شود. برای پست های کوچک توزیع شهری که برای مصارف نقاط مسکونی و مصارف عمومی مانند روشنایی بکار برده می شوند، پست با ظرفیت بین 50 تا 2500KVA احداث می شود.



شکل (۳-۱۱۹)