توزیع هوایی

مقدمه

نبود مرجع کامل علمی بصورت یکجا و ضعف کاربران در تحقیق و پـژوهش ، مـن را بـر آن داشت تا مجموعه از **ebook** های پژوهشی خود را در اختیـار طالبـان علـم قـرار داده تا آنها را در راه تعلـیم و تحقیـق یـاری کـنم .شـما عزیـزان مـی توانیـد نظـرات و پیشنهاد های خـود را بـه آدرس **hamidriazi@yahoo.com** یـا بـا تلفـن ۰۰۹۸۹۱۲۷۵۳۶۸۵۴ تماس گرفته تا من را در این را ه یاری کنید .

مهندس حمید ریاضی

امروزه انرژی الکتریکی به عنوان بخش جدای ناشدنی از زندگی بشری مهمترین نقش را در چرخه صنعت جهانی بر عهده دارد در واقع می توان گفت امروزه صنعت برق به عنوان یکی از شاخص های مهم توسعه اقتصادی ،اجتماعی و فرهنگی به شمار می آید .

از مزایای انرژی الکتریکی نسبت به سایر انواع انرژی ها می توان به موارد زیر اشاره کرد

۱-ایجاد آلودگی کمتر در محیط زیست

۲- انرژی الکتریکی به سهولت به سایر فرم های انرژی تبدیل می شود

۳- انتقال انرژی الکتریکی نسبتا آسان است

۴- انرژی الکتریکی دارای طیف وسیع کاربردی است

از موارد عیب انرژی الکتریکی نیز می توان به عدم قابلیت ذخیره سازی آن به صورت عملی و کاربردی در حد گسترده اشاره کرد

به طور کلی سیستم های انرژی الکتریکی از سه بخش تشکیل می شوند

۱ - بخش تولید که طیف وسیعی از انواع نیروگاه ها با توان و راندمان متفاوت را شامل می شود

۲ – شبکه های انتقال انرژی الکتریکی

بنا بر دلایل زیادی از جمله دلایل ایمنی، اقتصادی و مهمتر از همه دور بودن منابع تولید انرژی از مصرف کننده ها واحد های تولید نیروگاهی در مناطق دور از مراکز مصرف قرار دارند.ولتاژ خروجی ژنراتور نیروگاه ها متفاوت می باشد و در بیشترین حالت خود حدودا برابر۲۱ کیلو ولت می باشد، برای جلوگیری از افت ولتاژ و تلفات خط ولتاژ خروجی جهت انتقال به مراکز مصرف توسط ترانس افزاینده واقع در پست نیروگاه افزایش می یابد.این افزایش ولتاژمزایایی ازقبیل کاهش سطح مقطع سیم و در نتیجه کاهش وزن سیم مصرفی را به دنبال خواهد داشت .

لازم به توضیح است که این افزایش دادن ولتاژ نیز محدودیتهایی را سبب می شود که در زیر به برخی از آنها اشاره می گردد.

۱- افزایش قیمت ترانس افزاینده در ابتدای خط ونیزکاهنده در انتهای خط انتقال

۲- افزایش ولتاژ ملزم به افزایش فاصله بین هادی های خطوط انتقال می باشد و لذا افزایش حجم دکل و هزینه بیشتر را به دنبال خواهد داشت

۳- افزایش ولتاژ ملزم به افزایش تعداد مقره های زنجیر مقره با احتساب خاصیت عایقی هر واحد مقره برابر ۱۱ کیلو ولت

۴- در مورد آخر نیز می توان به گرانتر بودن هزینه تجهیزات پست با ولتاژ بالاتر نسبت به پست با ولتاژ پایین تر اشاره داشت.

با توجه به موارد گفته شده همواره بایستی یک حد تعادل برای افزایش ولتاژ شبکه های انتقال درنظر گرفت تا هزینه انتقال انرژی الکتریکی بهینه گردد.

۳ – شبکه های توزیع انرژی الکتریکی

به طور کلی در مورد توزیع انرژی الکتریکی دو دیدگاه وجود دارد

۱- دیدگاه آمریکایی

این دیدگاه که در آمریکا و کشورهای وابسته به آن رواج دارد مبتنی بر اصول زیر می باشد

-در توزیع انرژی الکتریکی اولویت با توزیع هوایی است مگر در مناطق مرکزی شهر که تراکم جمعیت زیاد دارند

- کابل با عایق لاستیکی را بر کابل با عایق کاغذ آغشته به روغن ترجیح می دهند

-بیشتر از کابل های تک کور استفاده کرده و آنها را از داخل کانال عبور می دهند

۲ -دیدگاه بریتانیایی

این دیدگاه که در انگلستان و کشورهای وابسته به آن رواج دارد و بر طبق آن در توزیع انرژی الکتریکی در مناطق شهری اولویت با توزیع زمینی است در ضمن ترجیح های رایج در دیدگاه آمریکایی در مورد استفاده از کابل در این دیدگاه وجود ندارد.

در ادامه به مقایسه بین شبکه های توزیع هوایی و زمینی پرداخته و در بخش بعد موارد مهم پیرامون شبکه های توزیع هوایی بیان می گردد.

۱-مقایسه شبکه های هوائی و زمینی :

برای بررسی شبکه های توزیع هوایی و زمینی می توان موارد زیر را مورد بررسی قرار داد

الف- صرفه اقتصادی:

به طور کلی سیستم های هوایی بر خلاف سیستم های زمینی، بسیار کم هزینه تر و ارزان تراند. زیرا به کندن کانال، هزینه های اخذ مجوزهای حفاری، لوله های مخصوص و غیره نیازی ندارد. به طوری که به عنوان مثال هزینه شبکه های فشار ضعیف ۴۰۰ ولتی زیرزمینی، در حدود دو برابر شبکه های هوایی خواهد بود و این نسبت در شبکه های با ولتاژ ۶۳ و ۱۳۲ کیلو ولت به ترتیب ۷ و ۱۱ برابر می گردد. وانگهی هزینه های برپایی شبکه های هوایی در برابر شبکه های کابلی زیرزمینی با افزایش ولتاژ تفاوت بسیاری پیدا می کنند.

ب- مشکلات اجرائی:

احداث شبکه های هوایی آسان تر بوده و در هر منطقه و محلی می توان به وسیلهٔ شبکه هوایی، به سرعت جریان برق را برقرار نمود. در این شبکه ها، سادگی ساخت و احداث، سهولت بهره برداری و تعمیراتی که به دنبال دارند، به عنوان اصولی مهم در نظر گرفته می شوند/ یک طرح ساده، همیشه بر طرح های پیچیده برتری دارد.

ج- تعمیر و عیب یابی:

عیب یابی و رفع آن در شبکه های هوایی، نسبت به شبکه های زیرزمینی آسان تر انجام می گیرد. زیرا بیشتر عیب های شبکه های هوایی با چشم دیده می شوند. در صورتی که برای پیدا کردن عیب در شبکه زیرزمینی به دستگاههای خاص نیاز خواهد بود. در ضمن هنگامی که در سیستم های زمینی مشکلی پیش می آید، از نظر تعمیرات بسیار وقت گیر و سخت خواهد بود. با این حال، سیستم زمینی با خطر قطعی برق ناشی از طوفان، رفت و آمد و برخورد وسایل نقلیه، سقوط درختان و غیره مواجه نیست. لازم به توضیح است که شرایط متعدد دیگری نیز وجود دارد که کابل های زمینی را به سیستم های هوایی ترجیح می دهند. در .اقع چون شبکه های زمینی در زیر خاک دفن می شوند، از عوامل جوی مانند طوفان، یخ زدگی، برخورد شاخه های درختان و رعد و برق در امان بوده و امکان خرابی آنها کمتر می باشد، از این رو، قطع جریان کمتری نیز پیش می آید. علاوه بر آن از نظر برخورد وسایل خطرات زیادی وجود دارد که در شبکه های زیر زمینی این مشکلات وجود ندارد.

د- حفظ زیبایی محیط و حریم ها:

به علت بدون روپوش بودن هادی های خطوط هوایی رعایت فاصله مجاز از تأسیسات و ساختمانها به عنوان رعایت حریم خطوط انتقال مورد نیاز می باشد. در بسیاری از موارد، به علت کم بودن عرض مسیر و معابر و در نتیجه به علت عدم امکان تأمین حریم خطوط هوایی، کابل کشی زمینی توصیه می گردد. این موضوع به خصوص دربارهٔ

خطوط فشار متوسط در داخل شهرها و آپارتمان های بزرگ، مجمع های صنعتی و تجاری به طور کامل محسوس است. رعایت حریم شبکه های هوایی، از عواملی است که باید مورد توجه قرار گیرد. از طرفی دیگر عبور خطوط هوایی از مناطق جنگلکاری شده و درختان میوه باعث قطع درختان و صدمه به محیط زیست می شود.

۶- حادثه آفرینی و ایمنی:

به علت در دسترس بودن و لخت بودن قسمت های زندهٔ خطوط هوایی و همچنین آسیب پذیر بودن پایه و هادی های آن، شبکه ها اغلب در معرض بروز حوادث بوده که شرح مختصری از آنها بدین قرار است:

۱- آسیب پذیری در برابر طوفان ها و اختلالات جوی در شبکه های هوایی بسیار قابل توجه می باشد. در این موارد، ایجاد آتش سوزی و برق گرفتگی، به دلیل در هم پیچده شدن هادیها یا افتادن اشیاء و اجسام روی شبکه دور از انتظار نیست.

۲- خطر هایی که همه ساله در اثر برخورد جرثقیل ها، کمپرسی ها و خودروهای با ارتفاع زیاد با شبکه برقرار هوایی اتفاق می افتد، رانندگان، اپراتورها و دیگر عوامل کاری را تهدید می کند و هرساله آمار قابل ملاحظه ای را به خود اختصاص می دهد.

۳- پرتاب فلاخن کودکان، شکستن مقره های بشقابی و برخورد بادبادک های نوجوانان از عواملی هستند که در شهرها و روستاهای کشور به شبکه های فشار ضعیف هوایی آسیب می رسانند و گاه با قطع سیم نول و افتادن روی فازهای دیگر و دوفاز شدن ، باعث خرابی تجهیزات مصرف کنندگان تک فاز شده به مشترکان برق زیان های مالی وارد می کنند.

۴- تصادف وسایل نقلیه با تیرهای بتنی یا چوبی در کنار جاده و اتوبان ها، یکی دیگر از عوامل حادثه ساز در شبکه های توزیع هوایی است که گاهی موجب افتادن تیر روی خودروها و بروز خسارات جانی و مالی سنگین می شود.

۵- شبکه های هوایی برای کارگران ساختمانی نیز خطر آفرین است. به دلیل کم عرض بودن بسیاری از معابر شهری، برپاکردن داربست ها برای نماسازی یا نصب وسایل، سبب نزدیکی شبکه های برق و گاهی برق گرفتگی یا خسارت های جانی می شود.

۶- سقوط برق کاران از روی پایه ها یا پلکانهای تیرها، خواه با استفاده از وسایل ایمنی و خواه بدون آنها ، به دلیل انجام فعالیت های برقی، هنوز در برخی از مناطق تحت پوشش برق کشور اتفاق می افتد. در ضمن افتادن اشیاء و برخورد آنها با افراد در حال تعمیر یا نصب یراق آلات و یا کنده و پاره شدن سیم و اصابت آنها به عابرین، از معایب دیگر شبکه های هوایی است. در حالی که در سبکه های زیرزمینی، فقط حفاری است که موجب آسیب دیدن کابل های زمینی خواهد شد، که این امر نیز اگر با توجه به نقشه های دقیق شبکه زیرزمینی کابل ها صورت پذیرد، می توان از بروز اینگونه حوادث جلوگیری کرد.

با توجه به تمامی این موارد، باید به سه مورد از عیب های شبکه های هوایی نیز اشاره کرد:

۱- ایجاد پارازیت در خطوط، مخابراتی و رادیویی از مضرات شبکه هوایی است که باید تدابیر خاصی برای به حداقل رساندن آنها انجام داد.

۲- برداشت های غیر مجاز برق از شبکه های توزیع هوایی به آسانی انجام پذیر است.

۳- برخورد رعد و برق به خطوط هوایی، موجب بروز اختلالات و خسارات متعددی خواهد شد. این مشکل در مورد خطوطی که کیفیت اصلی خود را به مرور زمان از دست می دهند، شایع تر است.

۲-مشخصات مکانیکی خطوط هوایی:

کار یک خط هوایی ، انتقال انرژی الکتریکی می باشد و اساساً از لوازم زیر تشکیل می گردد :

۱- نگهدارنده های خطوط

۲- هادیها

۳- کراس آرم. بازوها ، مقره ها و دیگر متعلقات پایه

یک خط انتقال انرژی علاوه بر مشخصات الکتریکی دلخواه بایستی از لحاظ مکانیکی هم قابل اطمینان باشد . زیرا در غیراینصورت با هر تغییر وضعیت جوی بایستی منتظرخرابی و از کار افتادن خط باشیم.

درموقع طرح یک خط بایستی تمام عوامل را درنظربگیریم. چنانچه خط را ازنظرمکانیکی ضعیف طراحی کنیم از لحاظ اقتصادی ارزان تمام می شود ولی در اثر تغییرشرایط جوی زود دچار خرابی می گردد. همچنین اگر خط را خیلی قوی طراحی کنیم قابلیت اطمینان آن زیاد می شود ولی از نظراقتصادی با صرفه نخواهد بود. بنابراین برای برداشت یک طرح صحیح بایستی تمام شرایط و عوامل را در نظرگرفت.

۱- زیبایی شبکه ۲-اقتصادی بودن شبکه ۳-استحکام و ایمن بودن شبکه

محاسبات مکانیکی به ما کمک می کند تا :

الف) کشش های ایجاد شده در سیم تحت شرایط بحرانی (یعنی سخت ترین شرایط آب و هوایی در منطقه عبور خط) از حداکثر مجاز کشش تجاوز نکند و هرگز سیم را به حد پارگی نرساند.

ب) فاصله سیم ازسطح زمین ، فاصله سیم از پایه و باوز و فاصله فازها از یکدیگر در شرایط مختلف درجه حرارت و یخ و باد از مقادیر حداقل مجاز تعیین شده کمتر نگردد. اهمیت محاسبات مکانیکی خطوط با افزایش ولتاژ و قدرت قابل انتقال بیشتر میگردد به عبارت دیگر محاسبات مکانیکی در خطوط فشار ضعیف از اهمیت کمتر ، در خطوط فشار متوسط از اهمیت بیشتر و در خطوط انتقال از اهمیت فوق العاده ای برخوردار است و محاسبات مربوط به سیم

و مقره ، محاسبات مربوط به پایه و محاسبات مربوط به فوندانسیون با دقت بیشتری بررسی و انجام می گردند. در این خطوط تأثیر نیروهای مختلف وارد بر سیم ، نیروی کشش سیم ، نیروی وزن سیم ، نیروهای ناشی از باد و یخ ، نیروهای دینامیکی ناشی از جدا شدن ناگهانی یخ از روی سیم و سایر عوامل اقلیمی و منطقه ای در نظرگرفته شده و از فرمولهای مفصل تر استفاده میگردد ولی در شبکه های فشار متوسط از فرمول ساده ای برای محاسبه نیروهای وارد بر سیم و بالاخره فلش یا شکم سیم استفاده میگردد که دارای دقت کافی باشد.

۲-۱-کشش:

مقدار نیرویی است که اگر سیم در نقطه ای پاره شود لازم است آن نیرو در همان نقطه اعمال شود تا سیم شکل سابق خود را حفظ کند جهت یا راستای نیروی کشش در هر نقطه از سیم در امتداد خط مماس بر سیم است. کشش در پایین ترین نقطه سیم افقی است و با حرف (H) نشان داده می شود هر چقدر سیم بین دو پایه محکم تر کشیده شده باشد کشش بیشتر و هرقدر سیم شل تر کشیده شده باشد کشش کمتر خواهد بود.

۲-۲-تنش:

نسبت نیروی کشش به سطح مقطع سیم را تنش می گویند و با حرف (To) آنرا نشان می دهند.

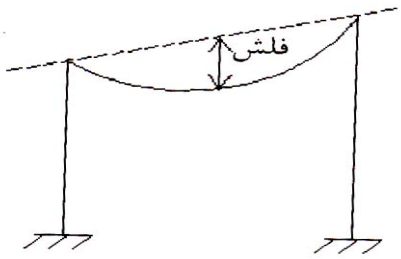
نوع سیم	حداکثر تنش
سیم تک رشته ای مسی	12 kg / mm^2
سیم چند رشته ای مسی	19 kg / mm^2
سیم چند رشته ای آلومینیومی	8 kg / mm^2
برای سیم چند رشته ای آلدرای	12 kg / mm^2
برای سیم چند رشته ای آلومینیوم – فولاد	11 - 12 kg / mm^2

۲-۳-حداکثر مقاومت کششی (نیروی گسیختگی):

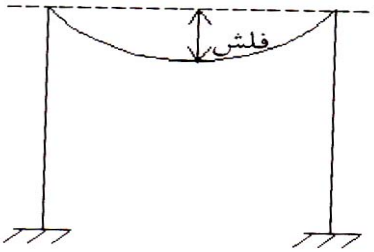
ماکزیمم کششی است که اگر به سیم وارد شود سیم شروع به پاره شدن خواهد نمود.

۲-۴-فلش یا شکم سیم:

فاصله بین پایین ترین نقطه سیم تا خط واصل بین دو سرپایه را فلش یا شکم سیم می گویند. درجاهای همسطح فلش درست در وسط دو پایه می باشد ، شکل (۲-۱) ، ولی در مناطقی که یک پایه روی بلندی قرار دارد فلش به سمت پایه پایین تر خواهد بود. شکل (۲-۲) محاسبه حداکثر مجاز شکم سیم در طرح شبکه های هوایی بسیار حائز اهمیت است. فلش و کشش سیم تابع وزن سیم ، یخ ، نیروی باد و درجه حرارت محیط می باشد.



شکل (1—2)



شکل (2—2)

۲-۴-۱ انواع فلش :

سه نوع فلش به شرح زیر تعریف می شود :

الف) فلش ماکزیمم : فلشی است که سیم های شبکه در گرمترین روز تابستان پیدا می کنند.

ب) فلش مینیمم : فلشی است که سیم های شبکه در زمستان سرد بدون یخ و برف پیدا می کنند.

پ) فلش اجرایی : فلشی است که هنگام سیم کشی با در نظرگرفتن اسپان مربوطه و درجه حرارت محیط به سیمهای شبکه وارد می شود. ساده ترین روش برای فلش دان سیم در شبکه های بیست کیلوولت استفاده از تخته فلش می باشد.

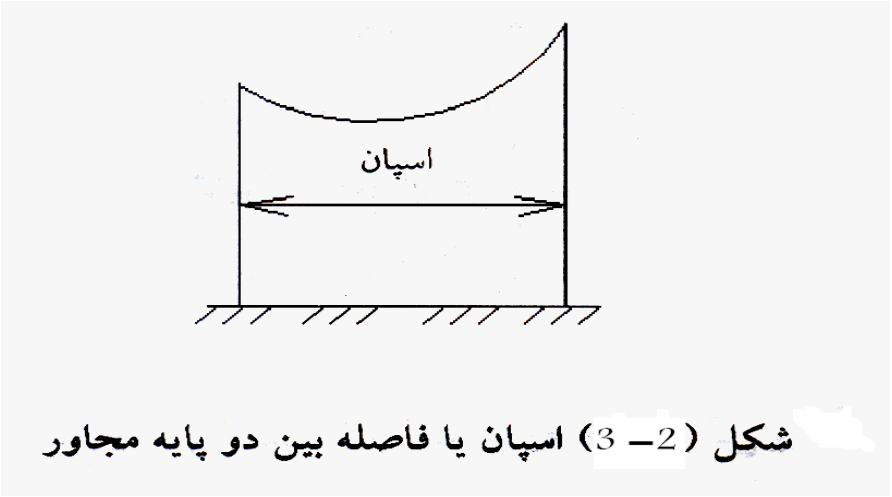
۲-۴-۲-فلش و محاسبات آن:

در طراحی خطوط انتقال انرژی باید در تمامی شرایط جوی منطقه مورد نظر کشش و فلش محاسبه شوند. کشش و فلش سیم های هوایی با تغییر درجه حرارت ونیروی باد و یخ تغییر می کند. مثلاً تنزل درجه حرارت باعث کاهش طول سیم و در نتیجه افزایش کشش سیم یا کاهش فلش سیم میگردد ولی افزایش درجه حرارت باعث ازدیاد طول سیم و در نتیجه افزایش فلش سیم می شود. باد و یخ نیز سبب اضافه شدن کشش سیم ها می گردند. از این رو کشش در موقع نصب (سیم کشی) باید مقداری صحیح داشته باشد و طوری انتخاب شود که در بدترین شرایط مقادیر کشش و

فلش سیم از مقادیر مجاز تجاوز ننماید.این کشش برای درجه حرارت های مختلف درحوالی درجه حرارت متوسط منطقه حساب می شود تا در موقع سیم کشی از آنجا استفاده گردد. برای انجام محاسبات مذکور از یک معادله درجه سوم بنام معادله تغییر وضعیت استفاده می شود که می توان بوسیله آن هرکشش و فلش را در شرایط بحرانی منطقه محاسبه نمود.

۲-۵-اسپان:

فاصله افقی بین دو پایه مجاور را اسپان (دهانه) می گویند. (شکل ۲ – ۳)



شکل (2– 3) اسپان یا فاصله بین دو پایه مجاور

هرچه طول اسپان افزایش یابد نیروهای مکانیکی وارد بر هادی و بالطبع کشش هادی افزایش می یابد و بنابراین به هادی با مشخصات مکانیکی بهتر نیاز می باشد.

آشکار است که با افزایش طول اسپان به تعداد پایه ها و مقره های کمتری نیاز خواهد بود ولی بایستی هادی با سطح مقطع بالاتری انتخاب گردد تا بتواند وزن خود و نیروهای اضافی ناشی از یخ و برف و باد و کشش وارده را تحمل کنند و چون نیروهای اضافی وارد بر پایه افزایش می یابد بایستی پایه های قوی تر نیز انتخاب گردد ولی در اسپانهای کوتاه تعداد پایه ها و مقره ها بیشتر شده ولی به پایه و هادی ضعیفتری نیاز خواهد بود بنابراین بایستی اسپان را

طوری در نظر گرفت تا از نظر اقتصادی با صرفه بوده و دارای اطمینان خوبی باشد. لازم به تذکر است که دو عامل از عوامل مهم در محدودیت طول اسپان ۱.مقاومت پایه ۲.حداقل فاصله آزاده سیم با زمین (کلیرانس می باشد).

۲-۶-برآیند نیروهای وارد بر سیم:

وزن سیم و وزن یخ در یک امتداد به طور قائم بوده و نیروی باد به طور افقی است که در اینصورت نیروی وارد بر سیم از برآیند نیروهای مذکور به دست می آید. علاوه بر نیروهای وارده برسیم ناشی از وزن سیم ، یخ و باد نیروهای دینامیکی که در اثر ارتعاشات سیم بوجود می آید روی سیم وارد میگردد. ارتعاشات سیم ناشی از رها شدن ناگهانی باد ، یخ و برف از روی سیم می باشد که جهش عرضی روی سیم ایجاد می کند. پدیده تخلیه ناگهانی بحرانی ترین حالت برای سیم می باشد زیرا هر چه مقدار بار یخ جدا شده به طورن ناگهانی روی سیم زیادتر باشد جهش و پرتاب سیم در هوا بیشتر و بالطبع تنش قابل ملاحظه ای را به سیم و پایه ها تحمیل می کند و درصورتیکه مقاومت سیم برای چنین حالتی پیش بینی نشده باشد ممکن است که سیم را به حد پارگی برساند.

۲-۷-ارتعاشات ناشی از باد و سایر عوامل:

هادیها می توانند به طور عرضی ارتعاش نمایند. ارتعاش در بعضی از سرعتهای باد بوجود می آید. این ارتعاشات به علت تداوم نسبی آن موجب خستگی سیم در نقاط اتصال به مقره می شود که می تواند در طول سالیان باعث پاره شدن تدریجی رشته های سیم گردد. برای حفاظت سیم در مقابل این پدیده می توان این سیم را در نقاط اتصال با آرموراد بالاستیک تقویت نمود. آرموراد رشته های سیم کاملاً انعطاف پذیری است که به صورت مارپیچ روی سیم زیر کلمپ اتصال قرار می گیرد. لاستیک بین سیم وکلمپ قرار می گیرد و اگر آرموراد هم روی سیم پیچیده شده باشد لاستیک بین آرموراد و سیم یا روی آرموراد قرار می گیرد.

۲-۸-فاصله بین هادی ها:

برای تعیین فاصله بین هادیها باید تأثیرات مکانیکی و الکتریکی آن را در نظرگرفت. اگر فاصله بین هادیها از حد معین کمتر در نظر گرفته شود ، امکان ایجاد اتصال کوتاه بین آنها بوجود خواهد آمد واز نظر مکانیکی فاصله بین سیمها باید طوری باشد که در اثر وزش باد و یخبندان روی سیم ، فاصله کمتر از حد مجاز نگردد. به طور کلی فاصله بین سیمها تابعی از طول اسپان و فلش و ولتاژ شبکه خواهد بود.

۲-۹-فاصله هادی تا سطح زمین(کلیرانس):

فاصله سیم تا زمین در رژیم تابستان در حداقل خود می باشد و حداقل فاصله سیم تا زمین با ولتاژ خط رابطه مستقیم داشته و بر طبق قوانین حفاظتی و ایمنی تعیین میگردد. از رابطه تجربی زیر حداقل فاصله هادیها تا زمین و درخطوط انتقال انرژی برحسب ولتاژ خط بدست می آید :

$$h \geq 6 + \frac{u - 110}{150}$$

h = فاصله سیم تا سطح زمین بر حسب متر

u = ولتاژ نامی خط برحسب کیلوولت

بنابراین حداقل فاصله هادیها تا سطح زمین برای خطوط 20 کیلوولت حدود 5.4 متر می باشد.

$$h \geq 6 + \frac{20 - 110}{150}$$

$$h \geq 6 - 0.6$$

$$h \geq 5.4\ m$$

البته در مورد خطوط توزیع 20 کیلوولت هوایی که در داخل شهرها و روستاها یا در امتداد جاده ها نصب میگردند به لحاظ تقاطع های زیاد و عبور و مرور و احتمال نصب شبکه فشار ضعیف زیر خط و مسائل ایمنی ، عموماً در سرتاسر خط حداقل کلیرانس را بین 6 تا 9 متر انتخاب می کنند.

در مورد تقاطع خطوط فشار قوی همیشه خط با ولتاژ بالاتر از روی خط با ولتاژ پائین تر عبور می نماید که حداقل فاصله خطوط 63 کیلوولت از خطوط 20 کیلوولت حدود 2 تا 2.5 متر می باشد. همچنین وقتیکه خط فشار ضعیف (380 ولت) زیر خط 20 کیلوولت کشیده می شود. حداقل فاصله شبکه فشار ضعیف تا 20 کیلوولت بایستی 1.5 متر باشد که این فاصله باتوجه به اسپان پایه های فشار قوی وطول پایه فشار ضعیف واسطه تعیین میگردد.

۳-نگاهدارنده های خطوط (Line supports):

برای حمل سیمهای هوایی از پایه های نگاهدارنده استفاده می گردد. آنچه که از نگاهدارنده های خطوط یا پایه انتظار می رود از قرار زیر می باشد :

۱- بایستی از نظر مکانیکی قوی بوده و دارای ضریب اطمینان حداقل ۲/۵ باشد.

۲- بایستی بدون کم شدن مقاومت آنها ، از نظر وزن سبک باشند.

۳- ارزان باشند.

۴- دارای عمر طولانی باشند (با دوام باشند)

۵- از نظر نصب یا مونتاژ تجهیزات خطوط و دسترسی به آنها آسان باشد

۶- دارای شکل ظاهری خوبی باشند.

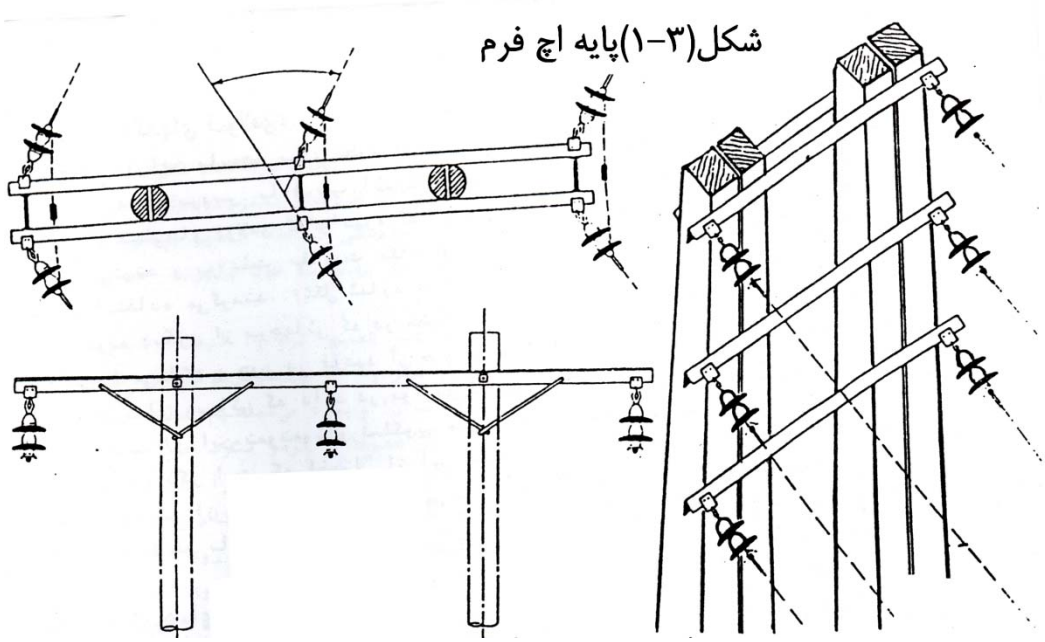
بطورکلی نگاهدارنده های خطوط هوایی به دو دسته پایه ها یا تیرها (Poles) دکلها یا برجها (Towers) تقسیم می شوند.

۳-۱-پایه ها

پایه ها به سه دسته چوبی ، فولادی و بتنی تقسیم می شوند.

۳-۱-۱-پایه های چوبی

پایه های چوبی بطور وسیع در سیستم توزیع برق و حتی خطوط انتقال (در استان خوزستان) و خطوط راه آهن برقی و تلفن استفاده می شوند. در شبکه های فشار ضعیف و بیست کیلوولت بطور تکی و در شبکه های انتقال بصورت H اچ فریم (دوتایی) بکار می روند و اگر به استحکام و مقاومت بیشتری نیاز باشد از بازوها با بریس هایی که به شکل X می باشد بعنوان پشت بند با آنها استفاده می شود. همچنین در شبکه های بیست کیلو ولت درصورتیکه بدلیل دره های عریض و طویل اسپان بلندی انتخاب شده باشد پایه های چوبی را در دو طرف اسپان مربوط به شکل H اچ بکار می برند و معمولاً تیرهای هر دو طرف را انتهایی (دداند) می نامند. (شکل شماره۳-۱)



پایه های چوبی دارای سه مزیت اساسی می باشند :

الف) پایه های چوبی عایق طبیعی خوبی هستند

ب) در مناطقی که چوب فراوان می باشد ارزانترتمام می شوند

ج) بعلت سبکی آنها ، حمل و نقل آنها آسانتر است.

۳-۱-۱-۱-ساخت پایه های چوبی:

انتخاب نوع چوب جهت ساخت پایه های چوبی بستگی به محل و موقعیت جغرافیائی و نوع درختان موجود در منطقه دارد.

عمدتاً این پایه ها بایستی راست و قوی و مخروطی شکل و بدون گره باشند. سه نوع چوبی که در کشورهای جهان متداول است و در ایران همه نیز استفاده می گردد عبارتند از :

الف)درخت سرو آزاد :

از بادوام ترین پایه ها می باشد و با اینکه پر از گره های کوچک است لیکن سبک و محکم و نسبتاً راست و مخروطی شکل می باشد.

ب)درخت شاه بلوط :

چوبی است محکم و با دوام و دارای گره هائی کمتر از سرو بوده لیکن کج و ناصاف می باشد . چوبهای سرو و شاه بلوط بخاطر دیر پوسیدن آن مورد استفاده قرار می گیرند.

ج)درخت کاج :

درخت کاج معمولاًبه رنگ زرد و مخروطی شکل است و بخاطر ظاهر خوب و استقامت کافی که دارد در شبکه ها بیشتر از سایر درختان استفاده می گردد. وجود دائمی رطوبت هوا و مواد شیمیائی خورنده در زمین باعث می شود که قارچ هائی بصورت کپک زدگی در داخل تیرها بوجود آید و به مرور زمان تیر را خورده و فرسوده و می پوشانند و برای جلوگیری از فاسد شدن تیر بخصوص در قسمت های پائین آن که در زمین قرار می گیرد بایستی بوسیله یک ماده محافظت کننده بصورت اشباع درآیند. برای اشباع آنها بیشتر از روغن قطران و یا پنتاکلروفنل (Penta chlorophenol) استفاده می کنند که بطور متوسط عمر پایه های چوبی را دو برابر می کنند.

۳-۱-۱-۲-عملیات اشباع پایه های چوبی:

روغن قطران باید خالص باشد یعنی از قطران خالص زغال سنگ بدست آمده نه قطرانی که در حرارت کم استخراج شده باشد و آب موجود در روغن نباید از ۱٪ حجم آن بیشتر باشد.

بعد از انتخاب درختان از نظر ارتفاع. شاخه زنی و جدا نمودن پوست و انجام برش رأس تیر جهت خشک کردن پایه ابتدا تیر را داخل یک ظرف استوانه ای فلزی سربسته در معرض فشارهوای خشک و گرم قرار داده و سپس فشار را تا مدت ۱۵ دقیقه ۲ تا ۴ کیلوگرم برسانتیمتر بالا می برند.

سپس روغن قطران با حرارتی که در حدود ۹۰ تا ۱۰۰ درجه سانتیگراد می باشد را با فشار تلمبه به داخل استوانه وارد می کنند و فشار داخل استوانه را در مدت تلمبه زدن در موقوع لزوم ۸ الی ۱۲ کیلوگرم بر هرسانتیمتر افزایش می دهند. این عمل بدین دلیل انجام می گیردکه روغن قطران در تمام خلل و فرج های چوب نفوذ کند. فشار اضافی نهائی تا زمانی که مقدار لازم روغن جذب چوب نشده است حفظ می شود (حداقل نیم ساعت) ضمناً این روغن بایستی لااقل تا قسمتی از قشر روی چوب را پر کند تا در محیط مجاور از هرگونه فسادی مصون بماند.

۳-۱-۱-۳-دسته بندی پایه چوبی :

همانطور که در جدول پایه های چوبی نشان داده شده ، پایه های چوبی را بر حسب حداقل محیط یا قطر در۳۰ سانتی متری از رأس تیر و حداقل محیط یا قطر در ۱۸۰ سانتیمتری از انتهای تیر به چند کلاس طبقه تقسیم می کنند برای اینکه تیری دریک کلاس قرار گیرد بایستی حتماً هر دو شرط را توأماً داشته باشند. بطور کلی کلاسهای ۱ و ۲ را تیرچوبی سنگین و کلاسهای ۳ و ۴ را تیر چوبی نیمه سنگین و کلاس های ۵ و ۶ و ۷ را تیر چوبی سبک می نامند. ضمناً کلاس یک را سنگین ترین و کلاس هفت سبک ترین یا لاغرترین تیر چوبی می نامند.

جدول شماره ۱ : مشخصات تیرهای چوبی ۹ و ۱۲ متری

کلاس تیر	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
حداقل محیط سر تیر (برحسب سانتیمتر)	۶۸	۶۳	۵۸	۵۳	۴۸	۴۳	۲۸
حداقل قطر سر تیر (برحسب سانتیمتر)	۲۲	۲۰	۱۹	۱۷	۱۵	۱۴	۱۲
نیروی مقاومت نهائی (کیلوگرم نیرو)	۲۰۰۰	۱۷۰۰	۱۳۵۰	۱۱۰۰	۹۰۰	۷۰۰	۵۵۰
نیروی مجاز وارد به قیر (کیلوگرم نیرو)	۸۰۰	۶۸۰	۵۴۰	۴۴۰	۲۶۰	۲۸۰	۲۰۰
ضریب اطمینان	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵
حداقل محیط تیر در ۱۸۳ سانتیمتری ازته بهره برداری تیرهای ۹ متری	۹۰	۸۵	۸۱	۷۳/۵	۷۰	۶۲	۵.۵۸
حداقل محیط تیر در ۱۸۳ سانتیمتری ازته بهره برداری تیرهای ۱۲ متری (cm)	۱۰۱/۵	۹۵	۹۱/۵	۸۲/۵	۷۷/۵	۷۱	۶۵
وزن تقریبی برای تیرهای ۹ متری (کیلوگرم)	۶۰۰	۵۳۱	۴۰۰	۲۹۰	۲۴۰	۱۹۱	۱۶۰

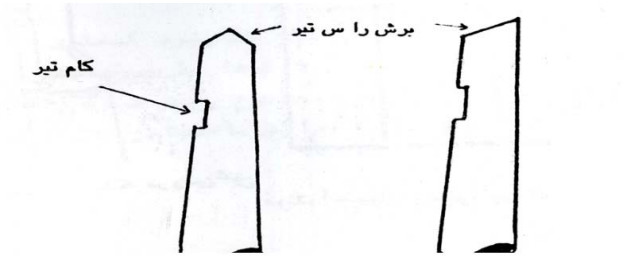
۳-۱-۱-۴-گامهای پایه های چوبی :

محل تراش یا بریدن قسمتی از تیر(۳۰ سانتیمتری از رأس تیر) به منظور جا دادن کراس آرم را گام تیر می گویند.

این گام از یک شکاف مقعر به عمق حدود ۱۲ میلیمتر ایجاد که برای استحکام کراس آرم از بریس که از دو تسمه بطول حدود ۷۰ سانتیمتر می باشد استفاده می گردد. (شکل۳-۲)

۳-۱-۱-۵-برش رأس تیرهای چوبی :

معمولاً سرپایه های چوبی را قبل از اشباع برش می دهند. این عمل برای جلوگیری از تراکم یخ و برف که باعث پوسیدگی رأس پایه می گردد انجام می گیرد. این برش معمولاً به دو صورت انجام پذیر می باشد که در شکل(۳-۲) نشان داده شده است.



شکل (۳-۲)گام تیر و برش راس تیر

۳-۱-۲-پایه های فولادی:

در جاهائی که به قدرت و مقاومت زیادی نیاز باشد از پایه های فولادی بجای پایه های چوبی استفاده می شود. معمولاً پایه های فولادی به دو قسمت لوله ای و ساختمانی یا اسکلتی Structural تقسیم می شوند. نوع لوله ای آن شامل چند قسمت لوله ای شکل با قطرهای مختلف که روی یکدیگر سوار می شوند.

نوع ساختمانی (اسکلتی) آن از چندین نبشی فولادی تشکیل شده که به یکدیگر پیچ یا جوش شده اند و نمونه دیگر پایه های پرتیک که از ناودانی ساخته می شوند می باشد که با ارتفاع مورد نظر ساخته و در موارد خاص که به پایه های بلندتری مورد نیاز باشد مورد استفاده قرار می گیرد و حتماً بمنظور جلوگیری از زنگ زدگی باید حتماً رنگ ضد زنگ و رنگ آمیزی شود.

موارد استعمال این پایه ها مانند پایه های چوبی است ولی در معرض حمله حشراتی مانند موریانه قرار نمی گیرند و عمر آن نسبتاً زیاد است البته باید گالوانیزه باشند. از امتیازات دیگر آن اینست که می توان طول آنرا به هر میزان که خواسته شود انتخاب کرد. از پایه های لوله ای بیشتر در سیستم روشنائی شهرها به منظور حفظ زیبائی شهر استفاده می شود.

لازم به ذکر است که اخیراً از پایه های تلسکوپی مانند پایه هائی که در خطوط انتقال بکار برده می شد در شبکه های توزیع نیز ساخته و بکار برده می شود که بسیار زیبا و مستحکم و در اجرای آن شبکه دومداره هم نیز بکار می برند.

۳-۱-۳پایه های بتنی:

در این روزها پایه های بتنی تقریباً جای پایه های چوبی وفولادی را گرفته است زیرا هم از نظر شکل ظاهری جالب تر و هم با دوامتر می باشند و اینکه پایه ها سنگین تراند و حمل آنها گرانتر تمام می شود ولی از نظر مکانیکی بسیار قوی می باشند و عمر بیشتری دارند و بخصوص درجاهائیکه عمر تیرچوبی به دلیل مواد خورنده زمین کم می باشد از تیرهای بتنی استفاده می گردد.

۳-۱-۳-۱پایه های بتنی با مقطع چهارگوش :

تیرهای بتنی به دو دسته توپر با مقطع چهارگوش و توخالی با مقطع گرد توخالی و مخروطی شکل تقسیم می گردند نوع توپر آن از میل گردهای بلند و بتن تشکیل شده است و معمولاًبه شکل چهارگوش که آنهم به دو نمونه شناخته شده است از : ۱- دارای پله هائی در قسمت های مادگی تیر و ۲- درقسمت مادگی تیر بشکل لانه زنبوری

ساخته شده است و اما از نظر ارتفاع و بلندی پایه ها به دو دسته ۹ متری جهت شبکه های فشار ضعیف و ۱۲ متری بمنظور شبکه های فشار متوسط و از نظر تحمل قدرت مکانیکی به کلاسهای ۲۰۰ ، ۴۰۰ ، ۶۰۰ ، ۸۰۰ ، ۱۰۰۰ و۱۲۰۰ کیلوگرم نیروئی تقسیم و با ضریب اطمینان ۲/۵ ساخته می شود بعنوان نمونه منظور از تیر بتنی با کلاس ۲۰۰ کیلوگرمی اینست که نیروی مجازی که می توان بر روی تیر در۳۰سانتیمتری از رأس تیر (محل اتصال کراس آرم به تیر) وارد نمود ۲۰۰ کیلوگرم نیرو می باشد که ۴۰٪ نیروی نهائی تیر است. (جدول شکل شماره ۲)

طول تیر m	نیروی کشش kg	نیروی مقاومت نهائی kg	ضریب اطمینان	حجم بتن شن + ماسه m^3	وزن سیمان kg	وزن میلگرد kg	وزن کلی تیر kg
۹	۲۰۰	۵۰۰	۲/۵	۰/۳	۱۲۵	۸۲	۸۰۰
۹	۴۰۰	۱۰۰۰	۲/۵	۰/۴۵	۲۲۵	۱۰۵	۱۱۰۰
۹	۸۰۰	۲۰۰۰	۲/۵	۰/۴۷	۲۰۰	۱۱۶	۱۱۰۰
۱۲	۲۰۰	۵۰۰	۲/۵	۰/۶۵	۲۷۵	۱۴۰	۱۶۵۰
۱۲	۸۰۰	۲۰۰۰	۲/۵	۰/۸	۳۵۰	۲۵۰	۲۰۵۰

جدول شماره ۲ : مشخصات تیرهای سیمانی ۹ و ۱۲ متری

۳-۱-۳-۱-۱- ساخت پایه های بتنی چهارگوش :

بطورکلی پایه های بتنی از دو جزء تشکیل می شوند. (الف) بتن ب) آرماتور (میلگردهای فلزی)

بتن از مخلوط شن و ماسه و سیمان و آب ساخته می شود که باید بهترین ترکیب دانه بندی شن و ماسه آن خیلی پاک باشد عیار سیمان برای پایه های بتنی ۳۵۰ کیلوگرم در هر مترمکعب شن و ماسه می باشد. چنانچه شن و ماسه آن خیلی پاک نباشد بایستی کمی بر مقدار سیمان آن افزود.

حجم آب لازم برای هر مترمکعب بتن ۱۸۰ تا ۲۲۰ لیتر می باشد. درمناطق معتدل مقدار کمتر و در مناطق گرمسیری مقدار بیشتری آب استفاده می شود. بطور تجربی حجم آب را بایستی آنقدر در نظرگرفت که ملات بتن عسلی گردد. آبی که برای ساختن بتن استفاده می شود بایستی فاقد ترکیبات رسوبی و نمک باشد در غیر این صورت بتن آن ترک خواهد خورد.

ضمناً بایستی خاک شن ها را خوب شست بخصوص شنهائی را که از مسیل رودخانه ها گرفته می شود.

۳-۱-۳-۱-۲-آرماتوربندی :

این شامل چهارجزء میل گرد ، خاموت ،انبرک و اشپیل می باشد. میلگرد بر دو نوع عاج دار و ساده می باشد که نوع عاج دار آن حالت فنریت بیشتری دارد و درگیری آن با بتن بیشتر می باشد میل گردها بایستی کاملاً تمیز یعنی فاقد چربی یا زنگ زدگی و گرد وغبار باشد تا بتن را بهتر به خود بگیرند. ضمناً میل گردها بهتر است حتی الامکان یکپارچه باشند.

حال اسکلت پایه بتنی را با ابعاد و طول و قطر تعیین شده را ایجاد نموده و در قالب تیر بتنی قرارداده و مصالح مورد نظر را از بهترین نوعش در درون قالب ریخته و سپس توسط ویبره بتن داخل قالب را ویبره می نمائیم تا حبابهای داخل بتن خارج شده و به اصطلاح برای اینکه تیر ضعیف و کرمو نشود حتماً باید ویبره شود و پس از مدتی که بتن خود را گرفت و بسته شد قالب را باز نموده و حتماً باید چندین روز در آب شناور باشد تا تیربتنی به استحکام و کیفیت لازم خود برسد لازم به ذکر است که تمامی پایه های بتنی باید بر روی آن دارای تاریخ ساخت و معین نموده کلاس پایه و ارتفاع پایه را بر روی تیر حک نموده و مشخص باشد و لازم است که پایه های بتنی پس از یک ماه از تاریخ ساخت مورداستفاده قرار گیرد. (۲۸ روز پایه بتنی باید در آب شناور باشد).

۳-۱-۳-۲-پایه های مقطع گرد و توخالی :

این نوع پایه ها سبکتر و با کیفیت تر از نوع پایه های بتنی با مقطع چهارگوش می باشد و کلاسه بندی این پایه ها هم مانند پایه های بتنی با مقطع چهارگوش بوده و با ضریب اطمینان ۲/۵ ساخته می شود.

۳-۱-۳-۲-۱ساخت پایه های بتنی با مقطع گرد توخالی :

این نوع پایه های توخالی بدین ترتیب ساخته می شود که میل گردهای مقاوم آرماتوربندی و بتن ار در داخل محفظه مخروطی شکل با طول مورد نظر می ریزند و سپس بوسیله یک ماشین مخصوص مناسبی برای مدت ۱۰ تا ۱۵ دقیقه آنرا می چرخانند. این عمل باعث می شود که بتن بوسیله نیروی گریز از مرکز بطرف خارج فشرده گردد و در داخل توخالی بشود تیرهای بتن توخالی سبک تر از نوع توپر می باشند. تیرهای بتنی تو خالی از نظر تحمل نیروی مکانیکی کلاس پایه ها مانند تیرهای بتنی با مقطع چهارگوش می باشد که ۴۰٪ نیروی نهائی تیر نیز می باشد.

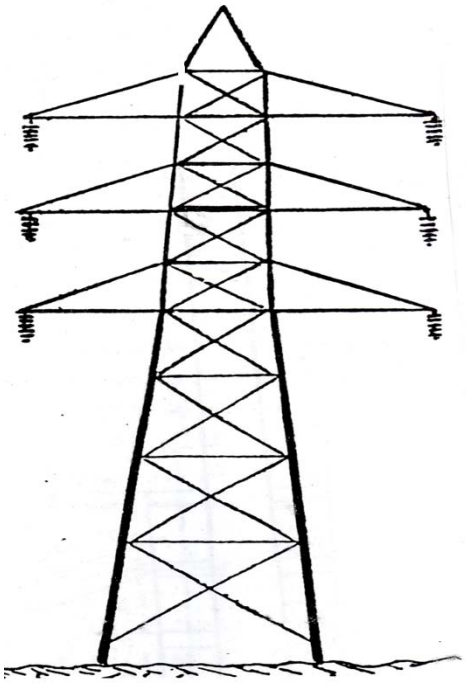
۳-۱-۳-۳-پایه های منشوری(چند ضلعی)یا تلسکوپی بتنی :

از این نمونه پایه ها بتنی هم ساخته شده است که کاربرد کمتری داردوفقط بعنوان پایه های روشنائی در مناطق شهری و در پارک ها یا بلوارها مورد استفاده قرار می گرفته است. لازم به ذکر است که این نوع پایه بتنی همانند سایر پایه های بتنی با استفاده از میلگرد و سایر مصالح ساختمانی با کیفیت خوب ساخته و کلاسه بندی می گردد.

۳-۲-برجها و دکلهای فولادی:

اصولاً از این پایه ها برای خطوط انتقال که دارای هادیهای سنگین می باشند و بایستی دوام سرویس یا ضریب اطمینان بالا باشد استفاده می گردند. این دکلها از نبشی های فولادی گالوانیزه که از نظر مکانیکی بسیار قوی می

باشند ساخته می شوند و به علت مقاومت مکانیکی بالائی که دارند برای اسپانهای طولانی استفاده می گردند. (شکل شماره ۳-۳)



شکل(۳-۳)دکلهای فولادی از نبشی های فولادی گالوانیزه

نمونه دیگری از برجهائی که در خطوط انتقال بکار می رود که تلسکوپی (منشوری) می باشد و چون در قاعده آن حجم زیادی را اشغال نمی کند و بخاطرطراحی و نمای زیبائی که دارد در مواردی که خطوط انتقال باید از مناطق شهری عبور نماید از این نمونه مورد استفاده قرار می گیرد.

لازم به ذکراست که اخیراً از این نمونه پایه های تلسکوپی فولادی با ابعادکوچکتر از نوع پایه های تلسکوپی نوع خطوط انتقال درشبکه های توزیع فشار متوسط هم ساخته و بکار می رود.

۴-چاله های تیرهای برق :

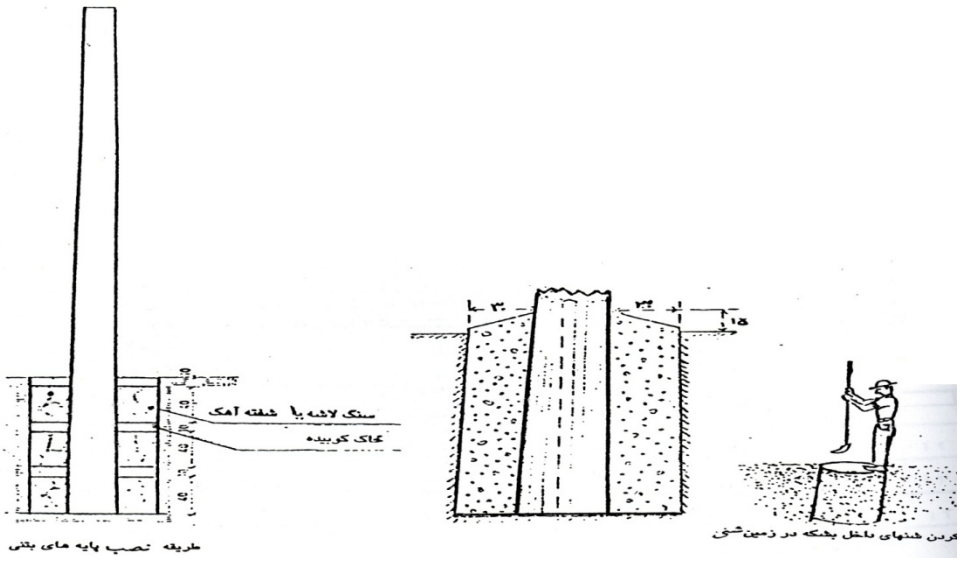
عمق چاله بوسیله طول تیر و جنس زمین و مقدار کراس آرمهائی که باید بر روی پایه ها نصب شود (چند مداره بودن) مشخص می گردد که از طریق تجربه بصورت زیر تأمین می شود.

بطور کلی عمق چاله تیر بایستی به اندازه ۰/۱ ارتفاع پایه به اضافه ۶۰ سانتی متر باشد

(در زمینهای سفت معمولی) مثلاً :

عمق چاله برای تیر ۹ متری ۰/۱ × ۹۰۰ + ۶۰ = ۱۵۰ cm

عمق چاله برای تیر ۱۲ متری ۰/۱× ۱۲۰۰ + ۶۰ = ۱۸۰ cm



۵-کراس آرم یا کنسول و انواع آن :

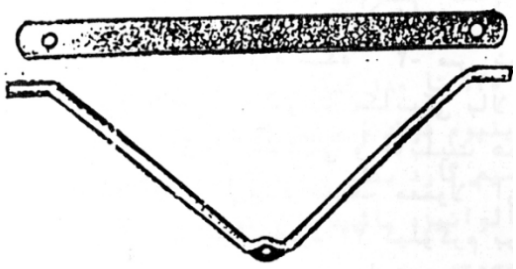
کراس آرم ها جهت نگهداری مقره ها و هادیهای خط روی پایه ها نصب می گردند. طول آن به پارامترهای زیاد از قبیل ولتاژ خط (فاصله بین فازها) ، باد ، یخ و برف بستگی دارد و معمولاً نوع آن هم بستگی به شرایط و موقعیت های گوناگونی که لازم باشد از نمونه خاص آن مورد بهره برداری قرار گیرد استفاده می شود.

۵-۱-کراس آرم صلیبی :

الف) کراس آرم چوبی: از خیلی وقت پیش برای خطوط تلفن ، تلگراف وتوزیع برق استفاده گردیده است و عموماً از درخت صنوبر وکاج ساخته می شود. نوعی که از چوب درخت صنوبر ساخته می شود گره های کمتر و دوام بیشتر دارد و معمولاً برای دوام بیشترآنرا در روغن قطران یاپنتاکلروفنل بصورت اشباع در می آورند. این نوع کراس آرم بایستی از هرچهارقسمت تراشیده وصاف باشد وهر دو کناره های فوقانی آن برداشته و بصورت گرده ماهی درآورده تا از جمع شدن آب باران در بالای آن جلوگیری شود.

ابعاد آن بطول ۲۴۴ سانتیمتر و ابعاد مقطع آن ۱۱/۵×۹ سانتیمتر می باشد. در کراس آرم صلیبی می توان از مقره سوزنی و یا مقره بشقابی بصورت آویز نصب نمود و علاوه بر آن می توان بصورت ترکیبی از سوزنی و بشقابی را تواماً به کار برد.

درکراس آرمهای چوبی بطول ۲۴۴ سانتی متر سوراخهائی با فواصل و قطر مناسب جهت نصب میله مقرها و تسمه حائل بر روی آن تعبیه شده است خاصیت عایقی آن از نظر ایمنی بسیار با ارزش و مهم است زیرا اثر ولتاژهای ضربه ای Flashover Impulse voltage را به حداقل می رساند و برای سیمان ایمن تر از نوع فلزی خواهد بود. کراس آرم چوبی را ابتدا روی پایه نصب و پس از بستن بازوها به آن و محل نصب بازوها به پایه را مشخص و سوراخ می نمائید ضمناً می توان بجای بریس یکپارچه از دو تسمه به طول ۷۰ cm و عرض ۳cm نیز استفاده نمود. (شکل شماره ۵-۱)



شکل (۵-۱) بریس وتسمه حائل

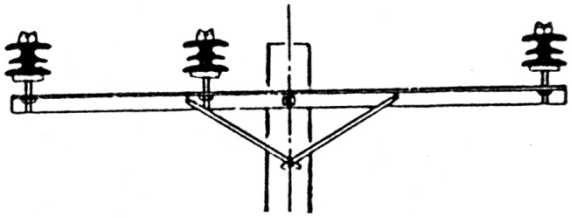
ب) کراس آرم فولادی : به طول ۲۴۴ سانتی متر

کراس آرم فولادی جهت تیرهای فولادی ، بتنی و چوبی بکار می رود و از نبشی با بالهای مساوی ساخته می شود که توسط بریس یا بازو به پایه محکم می گردد.

کراس آرم نبشی بایستی یکپارچه و محکم و گالوانیزه باشد. در شبکه های بیست کیلو ولت از کراس آرمهای نمره ۷ و ۸ و ۱۰ استفاده می گردد.

علت اینکه حداقل کراس آرم فلزی که در شبکه بیست کیلو ولت استفاده می شود نمره ۷ در نظر گرفته شده است اینست که سوراخهائی که جهت نصب میله مقره بر روی آن ایجاد می شود چنانچه به قطر۳ سانتیمتر باشد وفاصله کناره سوراخ تا لبه از طرفین آن ۲ سانتیمتر در نظرگرفته و عرض کراس آرم حداقل ۷ سانتیمتر باشد و ضخامت آن نبشی حداقل ۹ میلیمتر باشد. (شکل۵-۲)

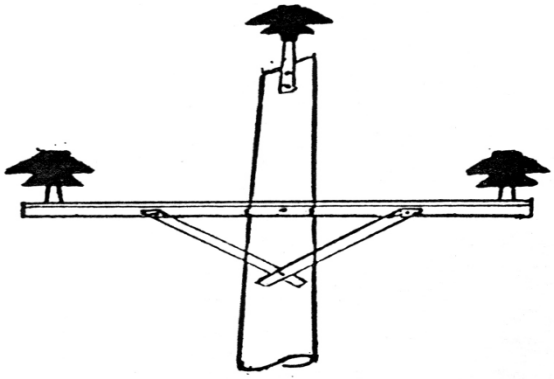
7cm = فاصله سوراخ تا لبه پائینی: سانت۲ + فاصله سوراخ تا لبه فوقانی: سانت۲ + قطر سوراخ: سانت۳ = حداقل نمره کراس آرم



شکل(۵-۲)

ج) کراس آرم فولادی : به طول ۱۵۰ سانتیمتر

نمونه دیگر کراس آرم صلیبی فولادی بصورت نبشی بطول ۱۵۰ سانتیمتر و ابعاد حداقل ۷ سانتیمتر و ضخامت ۹ میلیمتر می باشد که می توان بجای نبشی از ناودانی هم استفاده نمود مانند سایرکراس آرم های صلیبی با استفاده از بازوها و بریسهای لازم را حدود ۸۰ سانتیمتر پائین تر از رأس پایه نصب و فازهای شبکه بصورت مثلث که یکی از بهترین شیوه انتقال شبکه های توزیع فشار متوسط می باشد. بخاطر اثرات یکسان و متقابل میدان الکتریکی فازها بر روی یکدیگر و دارا بودن اندکتانس یکسان می باشد. (شکل شماره ۵-۳)



شکل (۵-۳)

د)کراس آرم بتنی :

نمونه دیگر کراس آرم صلیبی از جنس بتن می باشد که ابعاد و اندازه آن حدود ابعاد کراس آرم چوبی را دارد وجهت استحکام و بالابردن مقاومت مکانیکی لازم درقالب کراس آرم اول اسکلت آن توسط آرماتور بندی لازم صورت گرفته سپس بتن ریزی با کیفیت لازم صورت می گیرد که پس ازمدتی باید مانند پایه های بتنی در حوضچه هائی جهت به استحکام وکیفیت رسیدن آن به مدت لازم در آب قرار داده شود.

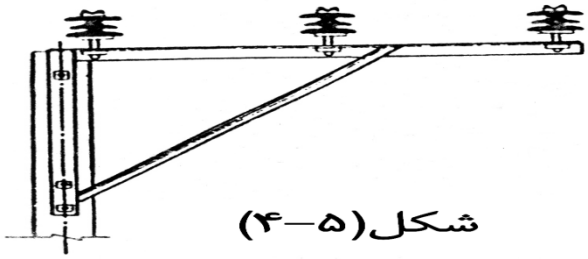
تذکر : کاربرد انواع کراس آرمهای فولادی

۱- کراس آرم نمره ۱۰ (سانتیمتر) : هر جا خط انتهائی (دداند) می شود استفاده می گردد (مخصوصاً هادیهای با مقطع ۷۰ به بالا)

۲- کراس آرم نمره ۸ و ۷ (سانتیمتر) : در مسیرهای راست رو و دوبله وزنی با سیمهای ۹۵ به بالا برای دداند در شبکه بیست کیلو ولت تا سیم ۵۰ آلومینیوم / فولاد و آلملک استفاده می گردد.

۵-۲-کراس آرم ال ارم:

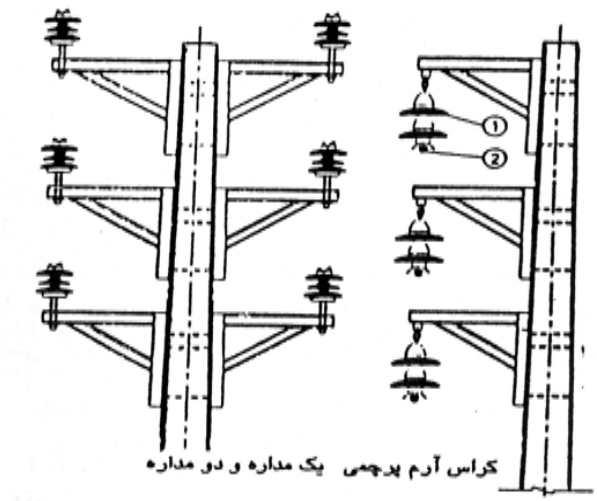
در اصطلاح انگلیسی به کنسول (کراس آرم) ال آرم و پرچمی ، ساید آرم گفته می شود. ساید آرم یعنی کراس آرم هائی که کاملاً در یکطرف تیر به طول ۲۴۴ سانتی متر با نصب یک بازو در زیر آن بسته می شوند. این کراس آرم ها بیشتر برای رفع موانع بکار می روند. قابل استفاده در مناطقی که محدودیت حریم از یکطرف باشد معمولاً درکوچه ها یا جاهائیکه پایه نزدیک ساختمان می باشد و امکان استفاده از کراس آرم های معمولی (تخت یا مثلثی) به دلیل نزدیک شدن فازها به ساختمان یا موانع دیگر می باشد از کنسول ال آرم استفاده نمود. (شکل شماره ۵-۴)



شکل(۵-۴)

۵-۳- کراس آرم پرچمی:

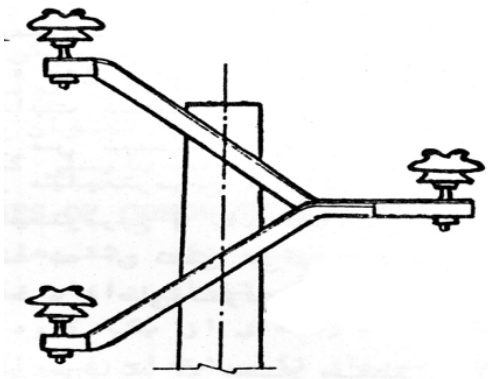
در مناطق و مواقعی که فضای جهت نصب کراس آرم های معمولی نیست نظیر کوچه های کم عرض یا جاهائیکه در یکطرف درختکاری شده است می توان از کنسول های نوع پرچمی استفاده نمود. باید گفت دیگر مزیت کراس آرم پرچمی در مواقع لزوم می توان با بالابردن کلاس پایه های بتنی از کلاس ۲۰۰ به ۴۰۰ شبکه پرچمی را دو مداره هم ایجاد نمود. در اینگونه کراس آرم هم می توان از مقره های سوزنی و یا از مقره های بشقابی استفاده نمود. (کراس آرم پرچمی شماره ۵-۵)



شکل (۵-۵)

۵-۴- کراس آرم کانادائی (جناقی) :

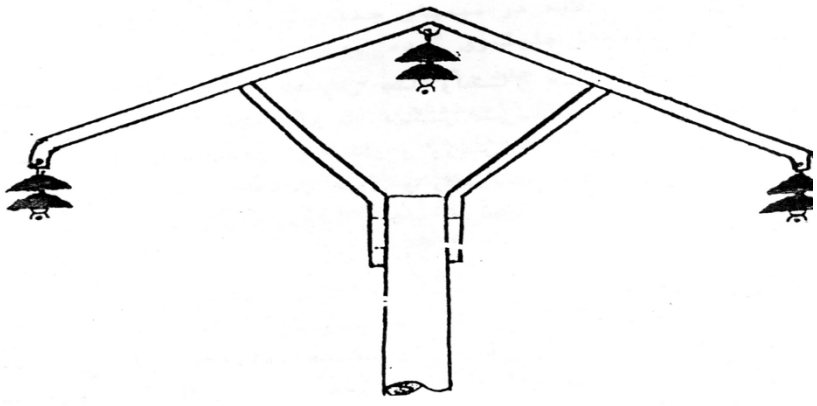
قابل استفاده در مناطقی که محدویت حریم وجود دارد و به دو صورت از مقره های سوزنی و هم از مقره های بشقابی قابل استفاده می باشد یکی از بهترین شیوه شبکه های هوائی بخاطر ایجاد حالت مثلث بین ۳ فاز وایجاد اثرات متقابل میدانهای الکتریکی هرفازبر روی یکدیگر وایجاد توازن اندکتانس بین فازها. لازم به تذکر است دراینگونه کراس آرم ها بخاطرنزدیک بودن فازها نمی توان شبکه را با اسپانهای طولانی ایجاد نمودوهداکثر اسپان دراینگونه شبکه ها با کراس آرم جناقی ۹۰ متر است. (شکل شماره۵-۶)



شکل(۵-۶)

۵-۵- کراس آرم نافوتی (چتری) :

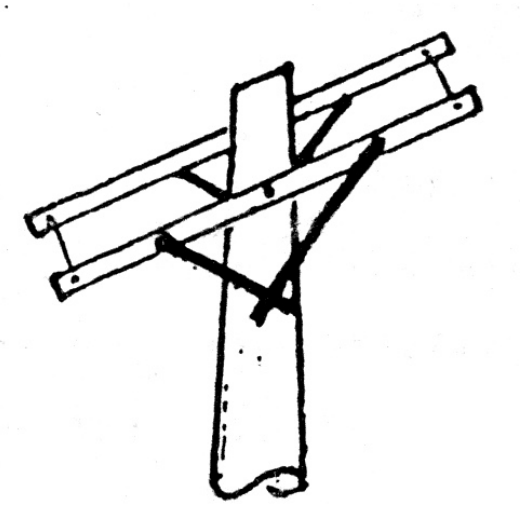
اولین سازنده آن کشور فرانسه بوده ودر این نوع کراس آرم فقط شبکه را با مقره بشقابی بصورت آویزمی توان احداث نمود ودر مناطقی قابل استفاده می باشد که محدودیت حریم وجود نداشته وبیشتر بخاطرطول بازوی آن درمناطقی که درآب وهوای آلوده ویا مرطوب باشد بکار می رود. (شکل شماره۵-۷)



شکل(۵-۷)

۵-۶-کراس آرم نیرو شکن :

در واقع بیشتر همان کراس آرمهای طبیعی به طول ۲۴۴ سانتیمتر می باشد که بطور معمول در پایه های عبوری از یک کراس آرم استفاده می شود و در موارد و مواقع و مناطقی از شبکه نیروی وارده به کراس آرم بیشتر ازمد معمول است و یا اسکلت استوارتری مورد نیاز می باشد و آنجا کراس آرم دوبله ومتعلقات مربوطه استفاده می شود این کششهای اضافی بیشتر در انتهای خطوط در زوایا و در سرپیچها وزوایا قابل نصب است. کاربرد این کراس آرم دوبله باعث می شود که نیروهای وارد بین هردوکراس آرم و نیز احیاناً بین دو مقره سوزنی و میله مقره های مربوطه و هر دوسیم اصلی تقسیم گردد و باعث می شود نیروهای وارده را تحمل نماید. (شکل شماره ۵-۸)



شکل(۵-۸)

۵-۹-تسمه مائل (بریس) یا بازو :

جهت حفظ تعادل و تنظیم کراس آرم از بریس یا بازو در طرفین کراس آرم و به پایه متصل می شود که بریس از نبشی یکپارچه بشکل (۷) و یا از دو تسمه بطول ۷۰ سانتی متر و عرض ۳ سانتی متر وضخامت ۵ میلی متر استفاده می شود.

۶-هادیهای خطوط توزیع و انتقال :

بهترین فلزات از نظرهدایت الکتریکی نقره و طلای سفید می باشد که بعلت گرانی وکمیابی نمی توان از آن استفاده کرد. بنابراین فلزاتی که بعنوان هادیهای شبکه بکار می روند عبارتند از : مس ، آلومینیوم وفولاد که ممکن است به تنهائی یا بصورت ترکیبی از دو یا چند فلز بکار روند مانند مس ، فولاد و آلومینیوم / فولاد.

مس : COPPER

از معمولی ترین هادیهای خطوط است که قابلیت هدایت بسیار خوبی دارد و از نظر هدایت الکتریکی بعد از نقره به حساب می آید و هر چقدر ناخالصی آن بیشتر باشد قابلیت هدایت آن کمتر خواهد شد و چون درطبیعت به وفور یافت می شود ارزانتر ازنقره است. استقامت مکانیکی آن خوب و عوامل جوی بر آن تأثیر زیادی ندارد. چون چگالی جریان آن زیاد می باشد برای یک جریان نامی معین سطح مقطع آن کوچکتر خواهد بود که در نتیجه درخطوط هوائی سطح مقطع آن کوچکتر خواهد بود که در نتیجه درخطوط هوائی سطح مقطع کمتری در برابر فشار باد خواهد داشت. استقامت کششی آنرا می توان با افزودن مقدار کمی (حدود ۱٪) کادمیوم بالا برد.

سه نوع سیم مسی وجود دارد :

۱- مس سخت یازده شده ۲- مس نیمه سخت ۳- مس نرم یا دوباره پخته شده

نوع سخت آن مقاومت مکانیکی بالا و نوع نرم قابلیت هدایت زیاد و نیمه سخت مقاومت مکانیکی و قابلیت هدایت نسبتاً خوبی دارد. برای هادیهای شبکه های هوائی فشار ضعیف معمولاً از مس نیمه سخت که دارای مقاومت مکانیکی در حد گسیختگی حدود ۳۲ کیلوگرم بر میلیمتر مربع می باشد و یا از مس سخت که دارای مقاومت ۴۴ کیلوگرم بر میلیمتر مربع و بار مکانیکی مجاز سیم مسی ۱۳/۵ کیلوگرم بر میلیمتر مربع می باشد به آن تنش می گویند. از مس نرم برای محکم کردن و بستن سیم شبکه بر روی مقره (اصلی نمودن سیم روی مقره) استفاده می گردد.

هادیهای مسی بصورت افشان یا مفتولی می باشد که سطح مقطع نوع مفتولی آن معمولاً حداکثر ۱۰ میلیمترمربع خواهد بود.

آلومینیوم : ALUMINIUM

آلومینیوم فلزی است که مصارف بسیار زیاد و متنوعی در صنایع به ویژه در صنایع فضایی، کشتی سازی، ماشین سازی، حمل و نقل، الکترونیک، لوازم خانگی، بسته بندی و ... دارد. این فلز به علت خواص ویژه الکتریکی و مکانیکی و بویژه سبک بودن، " فلز قرن " لقب گرفته است.

آلومینیوم در مقایسه با مس، هم دارای نارساییها و هم برتریهای چندی است،آلومینیوم بسیار سبک تر از مس می باشد. چگالی آلومینیوم حدود ۳۰٪ چگالی مس است. سبکی فلز آلومینیوم به ویژه در خطوط هوایی، عامل بسیار مهمی به شمار می رود، چرا که افزایش وزن هادی باعث بالا رفتن وزن و قیمت دکل های نگهدارنده می شود. درضمن از مزایای آلومینیوم می توان گفت آلومینیوم فلزی است که در طبیعت به وفور یافت می شود. این فلز

۸٪ فلزات سطح زمین را تشکیل می دهد. با توجه به محدود بودن ذخیره معادن مس و روند رو به کاهش آن، قیمت این فلز همواره بالا بوده و روندی صعودی را پیموده است. در حالی که فلز آلومینیوم با توجه به فراوانی آن در طبیعت، دارای بهای کمتری بوده و قیمت آن در سال های مختلف، صرف نظر از برخی افزایش ها، ثبات نسبی داشته است.

رسانایی آلومینیوم از مس کمتر است و به ۶۱ درصد آن می رسد، و در یک رسانایی برابر، مقطع یک رسانای آلومینیومی ۱/۶ برابر مقطع یک رسانای مسی است، این بدین معنا است که از مواد عایق، پرکننده ها، روکش و غلاف بیشتری می باید سود برد. بدین ترتین در مقایسه دو کابل معادل مسی و آلومینیومی با غلاف فلزی، سبکی رسانای آلومینیومی اثر چشمگیری در کاهش کلی وزن کابل نمی گذارد.

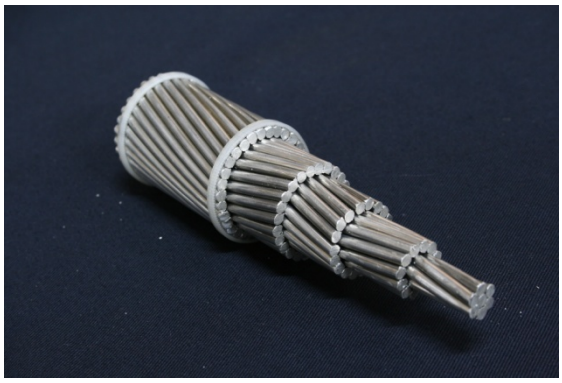
فولاد :

فولاد دارای مقاومت مکانیکی زیاد و قابلیت های هدایت کمی (در حدود ۱۰ تا ۱۵ درصد هدایت سیمهای مسی) می باشد و با اسپانهای بلند بکار می رود. ولی به دلیل خواص مغناطیسی آن اندوکتانس مقاومت الکتریکی و افت ولتاژش زیاد می باشد.

فولاد با مقاومت مکانیکی در حد گسیختگی ۱۴۰ تا ۱۸۰ کیلوگرم برمیلی مترمربع بیشتر بعنوان مغز فولاد در سیمهای آلومینیوم فولاد و بعضی کابلها استفاده میگردد. بنابراین در شبکه فقط بعنوان سیم گارد بکار می رود و سیمهای فولادی که در هوای آزاد بکار می روند بایستی گالوانیزه باشند تا زود زنگ نزنند.

دسته بندی هادیها : CLASSES OF CONDUCTORS

هادیها به دو دسته تک رشته های (Solid) و چند رشته ای (Stranded) تقسیم می گردد. هادی تک رشته ای دارای یک دسته سیم با مقطع دایره ای شکل می باشد و هادی چند رشته ای از یک گروه سیم که به هم تابیده شده مشتمل می باشد دوچون سیمهای تک رشته غیرقابل انعطاف وشکننده می باشند برای افزایش استحکام مکانیکی سیمها. آنها را بصورت چند رشته ای در می آورند. جهت چرخش هرلایه درسیمهای چند رشته ای برخلاف لایه های مجاور می باشد تا از باز شدن رشته ها جلوگیری گردد .



سیمها در هادیهای چند رشته ای بصورت دوایر متحدالمرکز در اطراف یک هسته مرکزی (سیم مرکزی) تابیده شده اند. کمترین تعداد سیم در هادیهای چند رشته ای ۳ عدد فاز می باشد و شماره های بعدی رشته ها به ترتیب ۷ و ۱۹ و ۳۷ و ۶۱ و ۹۱ و۱۲۷ و .... می باشد. در هادیهایی که تمامی رشت های آن سطح مقطع یکسانی دارند.

N = تعداد کل رشته های یک هادی $N = 3n^2 + 3n + 1$ تعداد کل رشته ها

n = تعداد لایه های یک هادی

ضمناً متذکر می گردد که در این رابطه سیم مرکزی هادی چند رشته ای را بعنوان لایه به حساب نمی آوریم.

۷.مقره های خطوط هوائیLine Insulators

یکی از اجزاء مهم شبکه های فشار قوی ، مقره ها می باشد که بر حسب ولتاژ مورد استفاده و شرایط محیطی از نظر آلودگی و رطوبت ، شکل خاصی به خود می گیرند. وظایف مقره ها در شبکه ها را می توان به صورت زیر بیان نمود :

۱. تحمل وزن هادی های خطوط انتقال و توزیع برای نگهداری سیم های هوایی روی پایه ها و دکل ها در بدترین شرایط (یعنی موقعی که ضخامت یخ و برف تشکیل شده روی سیم ها در حداکثر مقدار باشد) را داشته باشد و اصولاً باید بتوانند بیشترین نیروهای مکانیکی وارد شده بر ان ها را تحمل کنند.

۲. 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 دکل ها که متصل به زمین هستند ایزولاسیون کافی برای تحمل ولتاژ فازها را داشته باشند. استقامت الکتریکی آن ها باید در حدی باشد کهدر بدترین شرایط (یعنی در حضور رطوبت ، باران ، آلودگی و بروز صاعقه با ولتاژ بالا) دچار شکست کامی الکتریکی نشوند.

بنابراین مقره ها باید دارای خصوصیات زیر باشند :

۱. استقامت الکتریکی بالا.

۲. استقامت مکانیکی بالا.

۳. عاری از ناخالصی و حفره های داخلی.

۴. استقامت در برابر تغییرات درجه حرارت و عدم تغییر شکل در اثر تغییر دما (با توجه به ضریب انبساط حرارتی که بایستی کم باشد).

۵. ضریب اطمینان بالا.

۶. ضریب تلفات عایقی کم.

۷. در برابر نفوذ آب و آلودگی ها مقاوم باشد.

جنس مقره ها

جنس مقره ها معمولاً از چینی یا شیشه است. مقره های چینی از سه ماده مختلف تشکیل شده است :

۱. کائولین یا خاک چینی AL2O3-2SIO2-2H2O به مقدار ۴۰ تا ۵۰ درصد.

۲. سیلیکات آلومینیوم (فلداسپات) K2O-AL2O3-6SIO2 به مقدار ۲۵ تا ۳۰ درصد.

۳. خاک کوارتز SIO2 به مقدار حداکثر ۲۵ درصد.

این سه نوع با 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 ان را پرس می کنند ، پس از ریخته شدن آن را سرد می کنند. ولی سرد کردن آن به طور ناگهانی انجام نمی شود و با ملایم این کار صورت می گیرد. تا ترکی در آن ایجاد نشود. پس از این مرحله یک لایه لعاب شیشه ای بر روی آن می ریزند تا سطح آن کاملاً خالی از وجود حباب ها و ترک های مویین گردد. لعاب 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 شود و هر چه درجه حرارت پختن در کوره کمتر می شود ،

استقامت مکانیکی آن بیشتر می شود ، ولی حفره های بیشتری در آن باقی می ماند و استقامت الکتریکی آن کاهش می یابد.

معمولاً درجه حرارت پخت در کوره را بین ۱۲۰۰ تا ۱۵۰۰ درجه نگه م دارند. در نتیجه ، استقامت الکتریکی چینی بین ۱۲۰ (kv/cm) تا ۲۸۰ (kv/cm) می باشد. همچنین استقامت مکانیکی چینی در برابر نیروی فشاری ۶۹۰ (MNt/m2) (در مقاطع بزرگتر ۲۷۵ (MNt/m2)) و در برابر نیروی کششی ۴۸ (MNt/m2) (در مقاطع بزرگتر ۲۰ (MNt/m2)) و در برابر نیروی خمشی ۹۵ (MNt/m2) می باشد. 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 هی 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.

قدرت دی الکتریک چینی سالم در حدود ۱۲ تا ۲۸ کیلو ولت بر سانتی متر می باشد قدرت تحمل آن درمقابل فشار در حدود ۷۰۰۰ kg بر سانتیمترمربع و در قبال کشش۵۰۰ kg بر سانتیمتر مربع می باشد.

مزایای مقره شیشه ای نسبت به چینی :

۱- درمقابل لب پریدگی و قوس الکتریکی نسبت به چینی مقاومتر است.

۲- تشخیص عیب ، ترک خوردگی و شکستگی در مقره شیشه ای آسانتر از مقره چینی بوده و عیب را از روی زمین می توان مشاهده کرد.

۳- استقامت عایقی شیشه بیشتر از چینی و در حدود ۱۴۰ kv/cm می باشد.

۴- ضریب انبساط حرارتی مقره شیشه ای کوچکتر بوده و در نتیجه تغییر شکل نسبی آن در اثر تغییر درجه حرارت حداقل است.

۵- بخاطر سطح لغزندگی و صافی آن گرد و غبار وآلودگی کمتر بر روی مقره شیشه ای نشسته و رسوب می کند و براحتی تمیز میگردد.

۶- تحت فشار مقاومتر از چینی بوده و در مقابل کشش استقامت معادل چینی را دارد.

۷- تنها عیب مقره شیشه ای اینست که در اثر ضربه لبه های آن کاملاً خرد شده و در عین اینکه یک حسن در مقابل عیب یابی است عیب بزرگ آن اینست که بطور فوق العاده از قدرت عایقی آن زنجیره مقره کاسته شده و ضایعاتی را در بردارد.کاربرد مقره های شیشه ای بیشتردر خطوط انتقال بکار می رود و بخاطر قدرت دی الکتریک زیاد آن چون بیشتر در معرض صاعقه قرار می گیرد و همچنین بخاطر نفوذ ناپذیری در مقابل رطوبت در آب و هوای مرطوب هم بکار می رود.

شکست الکتریکی در مقره ها

دو نوع شکست در مقره ها ممکن است رخ دهد :

۱. 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 امواج سیار روی خط چین 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.

۲. جرقه سطحی مقره :

به علت اینکه سع 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 به سطح آن رسانا می شود و یک جریان نشتی روی سطح مقره بین هادی و پایه فلزی آن بر قرار می گردد و باعث پایین آمدن ارزش عایقی سطح مقره می شود. لذا اولاً سطح عایق ها را طویل می سازندتا مسیر جریان نشتی طولانی تر شود و ارزش عایقی سطحی زیاد از دست نرود. دیگر آن که سسطح 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 ، جریان زیادتری جاری شده و جرقه سطحی زودتر زده می شود.

آزمایش مقره های خطوط هوایی

به طور کلی سه دسته آزمایش بر روی مقره ها انجام می گیرد :

۱. Type Test : که فقط روی سه عدد مقره انجام می گیرد و صرفاً به خاطر بررسی مشخصات الکتریکی یک مقره است که اساساً بستگی به شکل مقره و جنس و ابعاد آن به طور کلی به طراحی مقره بستگی دارد. این آزمایش ها را فقط یک بار برای تأیید صحت طراحی مقره ها و مقایسه نتایج حاصل با مقادیر تعیین شده توسط استانداردها انجام می دهند. به این آزمایش ها ، آزمایش های تخلیه یا آزمایش های جرقه نیز می گویند (Flashover Test).

۲. Sample Test (آزمایش های نمونه) : این آزمایش ها بر روی تعدادی از مقره ها که به صورت کاملاً اتفاقی انتخاب می شوند ، انجام می گیرد و به منظور بررسی مشخصات مقره و کیفیت موارد مورد استفاده در آن ها است و در حقیقت معیاری برای پذیرش کیفیت مقره های تولیدی یک تولید کننده است.

۳. Routine Test (آزمایش های سری) : این آزمایش ها بر روی تک تک تمام مقره های تولید شده در خط تولید شده در خط انجام می گیرد و به منظور خارج شدن مقره هایی که احتمالاً در جریان ساختن آن اشکالی به وجود آمده می باشد. بدین طریق مقره های کاملاً معیوب از خط تولید خارج می شوند.

۷-۱-انواع مقره ها :

۱- مقره های سوزنی یا میخی (که خود نمونه های گوناگون ساخته شده است)

۲- مقره های اکتائی یا ستونی که بیشتر در پست ها و خطوط انتقال بکار می رود.

۳- مقره های آویزی معلق

الف) بشقابی ب) مهی (قابلمه ای)

۴- مقره های کششی مهار (فشار ضعیف وفشار متوسط)

لازم له توضیح است که به منظور بالابردن مقاومت عایقی مقره ها به تعداد مقره های بشقابی اضافه میگردد و جهت بالابردن مقاومت مکانیکی مقره های بشقابی تعداد زنجیره مقره ها را اضافه می نمایم.

۷-۱-۱ مقره های سوزنی : pin in sulator

مقره سوزنی همانطوریکه از نامش پیداست روی یک پیچ با پایه فولادی (پین) وصل میگردد که مقره را در جای خود مثلاً روی کراس آرم نگه می دارد و هادی نیز بوسیله یک سیم اصلی روی مقره محکم می گردد ، مقره های سوزنی ممکن است چینی یا شیشه ای باشند ، مقره های شیشه ای یکپارچه بوده ولی نوع چینی آن تا ولتاژ ۲۳ کیلو ولت یکپارچه و برای ولتاژهای بالاتر بسته به مقدار ولتاژ چند تکه ساخته می شود که بوسیله سیمان مخصوصی به یکدیگر وصل می گردند.

مقره ها دارای لایه های مختلفی می باشند که به شکل زنگ یا ناقوس بوده و به طرف پائین شیب دارند. این لایه ها نه تنها اجازه نمی دهند که آب باران روی مقره بایستد بلکه یک مسیر طولانی تری برای جرقه در هوای خشک ایجاد می کند.

امروزه مقره های سوزنی تا ۸۸۰۰۰ ولت نیز ساخته شده است ولی بندرت در خطوط توزیع برای بیش از ۴۴ کیلوولت استفاده می گردد. زیرا در ولتاژهای بالا بعلت بزرگ شدن مقره غیراقتصادی خواهند بود. مقره سوزنی و پایه اش باید به اندازه کافی مقاومت مکانیکی داشته باشند تا بتواند انتقال نیروی منتجه ناشی از وزن سیم و مقره که نیروی عمومی و فشاری بوده و نیروی باد بر سیم و مقره که نیروهای عرضی می باشند را تحمل نماید.

مقره های سوزنی که در شبکه های توزیع هوائی مورد استفاده قرار می گیرد بر دو نوع هستند :

الف) مقره سوزنی ساده

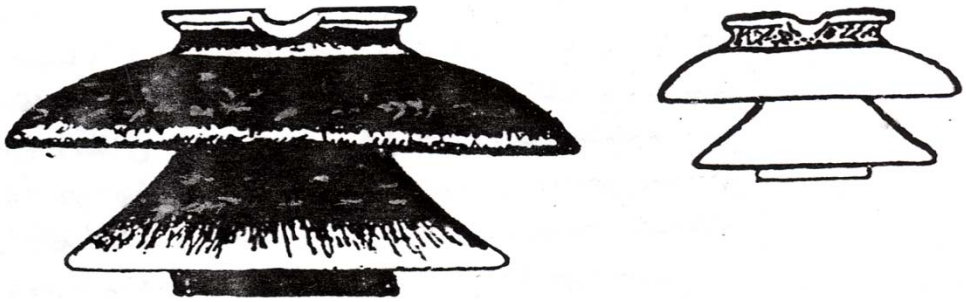
ب) مقره سوزنی رادیو فرید (Radio Freed) که به رنگ سیاه و دارای خاصیت نیمه هادی می باشد.

الف) مقره سوزنی ساده :

از چینی ساخته شده وروی آنرا لعاب قهوه ای رنگی داده اند. روی سر وکناره ها کم است ودر بعضی از آنها سطح بالائی مقره بدون شیار می باشد. از این مقره در مقاطع کم معمولاً تا سیم ۷۰ استفاده می گردد.

ب) مقره سوزنی رادیو فرید :

از چینی ساخته شده وروی آنرا لعاب قهوه ای رنگی داده اند. روی سرآنرا تا سطحی پائین تر قشر سیاه گرانیت پوشانده است که این قشر سیاه یک امتیاز مهم نسبت به مقره ساده دارد. این قشر گرافیتی میدان الکتریکی را بطور یکنواخت در سطح مقره توزیع نموده واز تمرکز آن در نزدیکی محل اتصال هادی به مقره جلوگیری می نماید و در نتیجه از خورده شدن سطح مقره جلوگیری می کند شیار بالای این مقره عمیق تراست و برای هادی با مقاطع بیشتراز $70\ mm^2$ استفاده میگردد. (شکل شماره ۷-۱ انواع مقره سوزنی)



شکل(۷-۱)

طبق استانداردهای وزارت نیرو مقره سوزنی رادیو فرید بایستی دارای مشخصات زیر باشد

ولتاژ نامی	۲۳	کیلوولت
ولتاژ جرقه درهوای خشک	۱۱۰	کیلوولت
ولتاژ جرقه در هوای مرطوب	۷۰	کیلوولت
مسافت جرقه الکتریکی در هوای خشک	۲۱	سانیتمتر
فاصله یا طول نشت سطحی	۴۳/۲	سانتیمتر
مقاومت نیروی نهائی	۱۳۶۰	کیلوگرم
وزن تقریبی	۴/۹۹	کیلوگرم

تذکر : هنگام سیم کشی از کشیدن سیم روی مقره خودداری شود زیرا در اثر تماس سیم با مقره ، لعاب روی آن سائیده شده و ممکن است در اثر فشار میدان الکتریکی سوراخهای ریزی در مقره ایجاد گردد که باعث اتصال زمین شود.

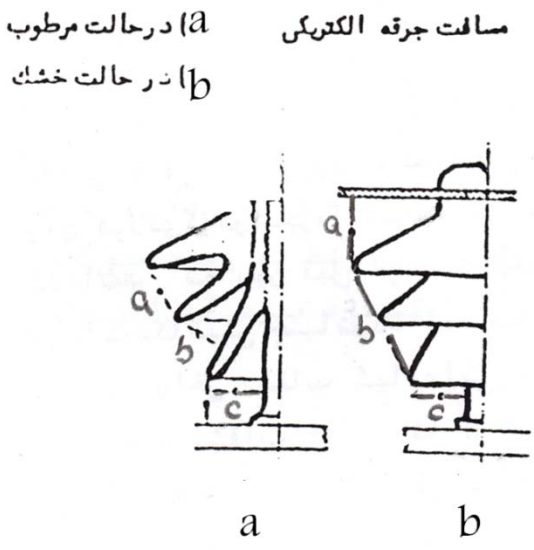
چند تعریف در مورد مشخصات الکتریکی مقره :

مسافت جرقه الکتریکی در هوای خشک :

کوتاهترین فاصله از هادی تا پایه مقره یعنی a + b + c درشکل ۱۵ مسافت جرقه الکتریکی در هوای خشک می باشد و از طرفی مقدار ولتاژ الکتریکی با فرکانس نامی خط که در هوای خشک موجب ایجاد جرقه بین هادی و پایه مقره می گردد را ولتاژ جرقه در هوای خشک می گویند.

مسافت جرقه الکتریکی در هوای مرطوب :

درصورتیکه سطوح مقره مرطوب باشد ویا گرد و غباری روی آن نشسته باشد این سطوح هادی شده و مسافت جرقه الکتریکی در هوای مرطوب برابر a + b + c در شکل a ۱۵ می باشد و از طرفی مقدار ولتاژ الکتریکی با فرکانس نامی خط که در هوای مرطوب و بارانی موجب ایجاد جرقه الکتریکی بین هادی و پایه مقره میگردد را ولتاژ جرقه در هوای مرطوب می گویند. (شکل شماره ۷-۲)

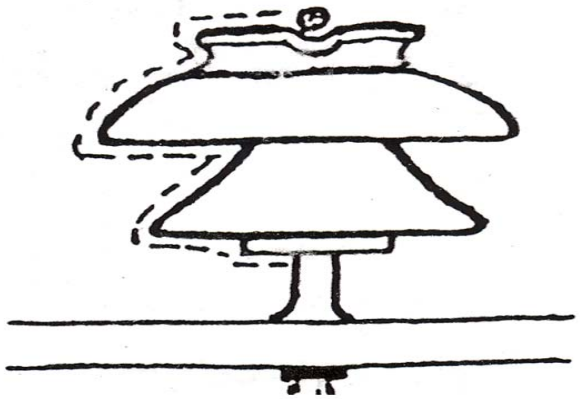


شکل(۷-۲)

مسیر نشت سطحی :

مسیرنشت سطحی مقره مسافتی است که بعنوان مثال در شکل ۷-۳ بصورت خط چین نمایش داده شده است.

بعبارت دیگر منحنی فصل مشترک عایق و هوا را مسیر نشت سطحی مقره می گویند.



شکل(۷-۳)

کاربرد مقره سوزنی رادیو فریدی :

این مقره دقیقاً مانند مقره سوزنی ساده ولی با سرگرافیتی که نیمه هادی بوده و بنام مقره رادیو فریدی معرف است وکاربرد آن در مناطق و جائی که می خواهند شبکه فشار متوسط ایجاد نمایند قبلاً در آن مسیر و به موازات آن خطوط مخابرات وجود اشته باشد بخاطر اینکه با استفاده از این نوع مقره سوزنی با سرگرافیتی میدان الکتریکی را بطور یکنواخت در سطح مقره توزیع می نماید و دیگر اثرات پارازیت بر روی خطوط مخابرات ایجاد نمی کند از این نوع مقره استفاده می شود.

پایه مقره سوزنی :

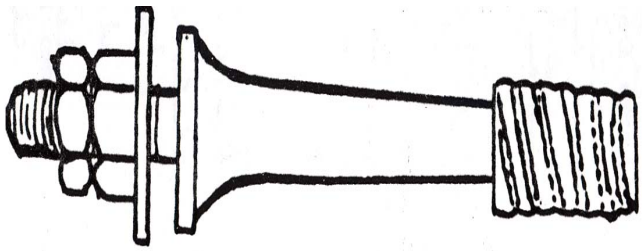
استفاده از پایه مقره باعث می شود که مقره بطور قائم روی کراس آرم قرار گیرد. پایه مقره معمولاً یکپارچه و از فولادی گالوانیزه ساخته می شود و شامل یک مهره و یک واشر تحت فنری میباشد و قسمت سر((زوه) آنرا از جنس سرب می سازند تا از وارد کردن فشارهای زیاد در حدیده داخل مقره جلوگیری شود

. پایه مقره به سه دسته تقسیمی می شوند :

۱- پایه مقره کوتاه ۲- پایه مقره بلند ۳- پایه مقره راس تیر یا میانی

۱- میله یا پایه مقره کوتاه (مخصوص کراس آرم نبش فولادی)

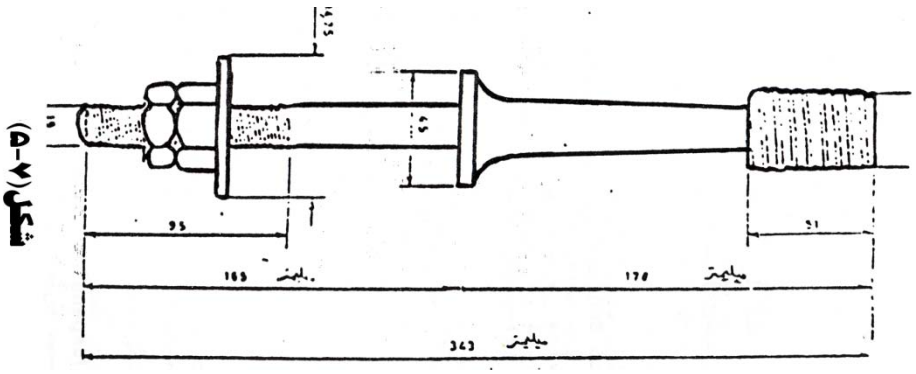
مخصوص کراس آرم فلزی می باشد این پایه بوسیله یک مهره و واشر و فنر روی کراس آرم فلزی بسته می شود. اگر از واشر تخت استفاده شود در اثر نیروهای وارد ه (باد و یخ و برف) پایه مقره کمی ارتعاش پیداکرده و بدلیل ثابت بودن بتدریج مهره را گشاد نموده و باز می کند. در صورتیکه واشرفنری (اسپرینگ) می تواند هماهنگ با نوسانات پایه مقره کمی تغییر نموده و نیرو به مهره وارد نشود. (شکل شماره ۷-۴)



شکل(۷-۴)

۲- پایه مقره بلند (مخصوص کراس آرم چوبی یا بتنی)

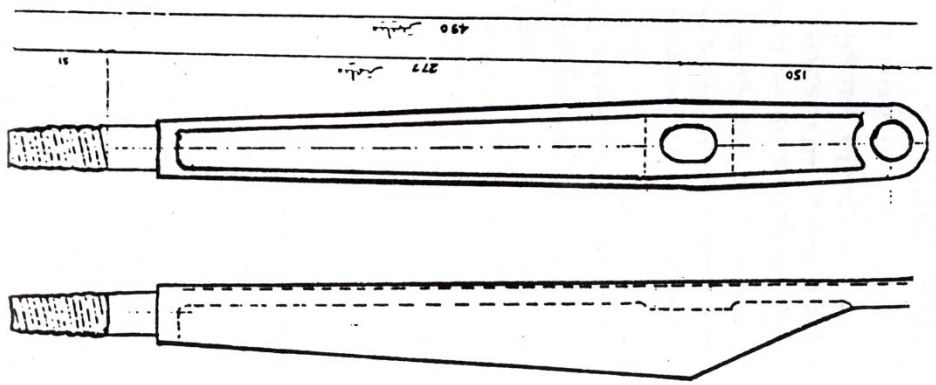
بوسیله یک واشر تخت گرد یا مربع و یک مهره روی کراس آرم چوبی بسته می شود و نبایستی روی کراس آرم فلزی بسته شود زیرا بدلیل بلند بودن طول آن تا نقطه اتکاء (زیر مقره تاکراس آرم) باعث کج شدن پایه مقره می گردد. (شکل شماره ۷-۵)



شکل(۷-۵)

۳- پایه مقره رأس تیر(میانی)

این پایه مقره دارای دو سوراخ است که با دو عدد پیچ و مهره در شبکه ها بر سر رأس تیر بسته می شود و به همین دلیل به آن پایه مقره رأس تیر می گویند. (شکل شماره ۷-۶)



شکل(۷-۶)

بایستی این پایه مقره طوری به سر تیر بسته شود که ته مقره با سرتیر فاصله داشته باشد. اگر این فاصله کم باشد دو اشکال پیش می آید. یکی اینکه فاصله فاز وسطی تا سرتیر کم می شود و دیگر اینکه درجاهای برف گیر یخ و برف روی مقره و سر تیر نشسته و باعث ارت کردن فاز وسط به زمین میگردد. بنابراین اگر در بعضی موارد پایه مقره رأس تیر کوتاه بود آن را به یک تکه ناودانی مناسب جوش داده شود.

تذکر ۱ : در بعضی مواقع در سر تیر دوبله می شود به دلیل نازک بودن سرتیر هر دو مقره به هم برخورد می کنند که ممکن است شکسته شوند. بنابراین بهتر است در این مواقع بین پایه مقره وتیر یک تکه ناودانی و یا چوب مناسب قرار داد و از قراردادن پاره آجریا سنگ خودداری شود.

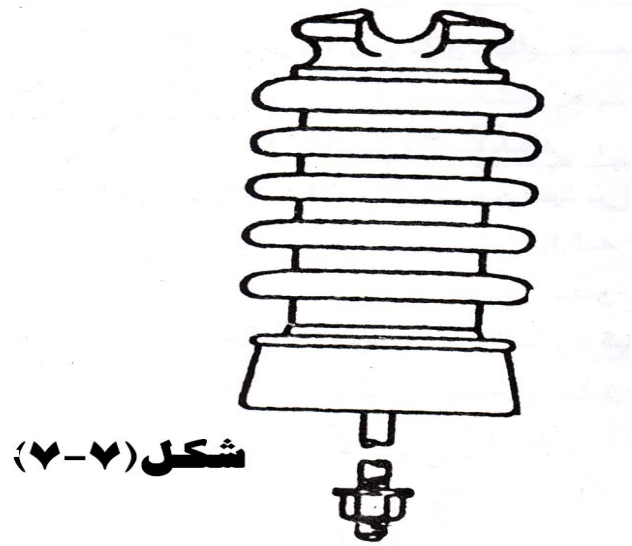
تذکر ۲ : از ذوب کردن سرب سر پایه مقره و دوباره ریختن سرب ذوب شده در پایه مقره که در درون حدیده و مقره قرار گرفته است خودداری کنید.

۷-۱-۲-مقره اتکایی (یا ستونی) : Post in sulator

نوع دیگر مقره سوزنی مقره اتکائی می باشد که به شکل استوانه چینی تو پر یا توخالی مانند بوشینگ ترانس) ویا CT و PT ساخته می شود نوع خالی آن به شکل استوانه ایست که در یک انتهایش یک حفره دارد که قبل از اینکه قاعده مقره به کلاهک فلزی چسبانده شود پوشانده می شود.

مقره های توپر را می توان فقط یک قطر معین و محدودی ساخت که مسلماً نمی تواندجوابگوی نیروی مکانیکی و الکترودینامیکی در تمام قسمتهای تأسیسات باشد. بدین جهت در قسمتهائی از تأسیسات که نیروی مکانیکی بیشتری را باید تحمل نماید از مقره های توخالی استفاده نمی شود که برای بالابردن اختلاف سطح شکست داخلی آن سوراخ داخل مقره را پس از پرکردن با گاز خشک ازت می پوشانند برای ساخت مقره های استوانه ای توخالی بزرگ. چند تکه را بوسیله یک سیمان مخصوص به هم وصل می کنند.

مقره اتکایی بصورت عمودی یا افقی نصب می گردند (شکل شماره ۷-۷)



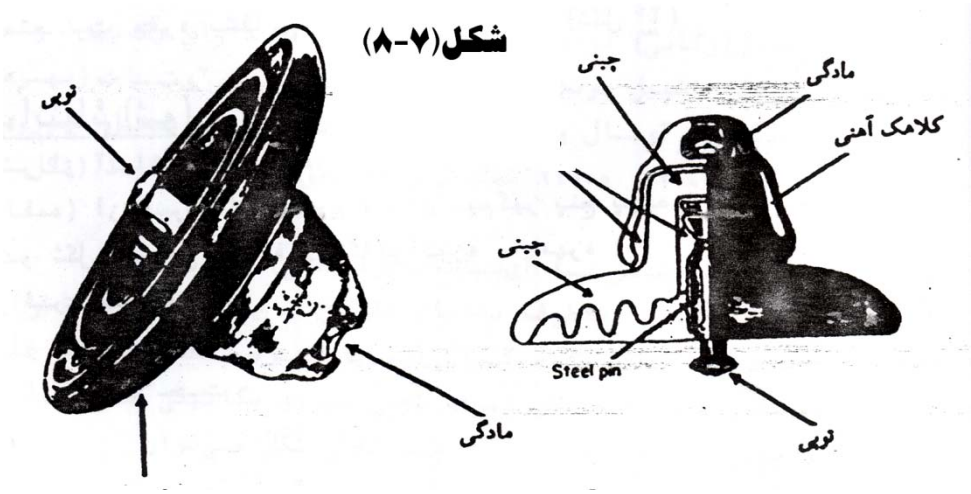
شکل(۷-۷)

نوع افقی آن از چینی یکپارچه وتوپر ساخته شده و برای نگهداری هر فاز توسط یک پین یا پیچ مخصوصی بر روی پایه بطور افقی نصب میگردد ودر سر مقره یک کلمپ مخصوص جهت نگهداریهادی خط می باشد این نوع مقره در شبکه

هوائی نیاز به کراس آرم و بریس ندارد و فضای کمتری را اشغال می کند نوع عمودی آن بیشتر در پستهای فشار قوی نصب می گردد که ممکن است تو پر یا تو خالی باشد.

۷-۱-۳- مقره آویزی (معلق) یا بشقابی

مقره آویزی (بشقابی) چنانچه از نامش پیداست ازکراس آرم آویزان بوده و هادی خط به انتهای آن بوسیله کلمپی بسته می شود این نوع مقره بیشتر در ولتاژهای بالا استفاده می شود زیرا مقره سوزنی در این ولتاژهای بالا بسیار گران تمام می شود و بسیار مشکل است که پایه مقره سوزنی بتوانند نیروهای مکانیکی وارده را تحمل نماید استفاده از مقره ای آویزی نیاز به پایه مقره یا پیش نداشته وامکان ایجاد هرنوع فاصلهای بین هادیها و پایه (دکل) را بوسیله افزایش تعداد مقره های زنجیری بوجود می آورد. (شکل شماره۷-۸)

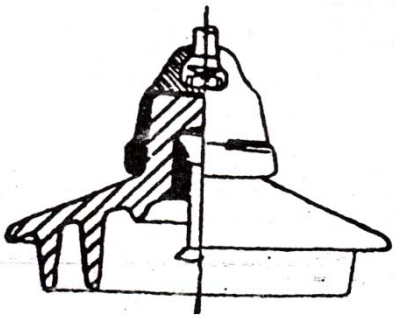


هرمقره بشقابی از یک صفحه یا دیسک عایق چینی یا شیشه ای تشکیل یافته که قسمت بالائی آن یک کلاهک چدنی گالوانیزه از چدن مالی بل (کله گاوی یا مادگی مقره) توسط سیمان مخصوصی روی آن اتصال دارد و در قسمت پائین مقره یک پین فولادی گالوانیزه (قسمت نری مقره) در داخل عایق بوسیله سیمان مخصوصی محکم شده است. ته پین قبل از سیمانکاری به یک پولک چوب پنبه ای جهت گرفتن ضربات میکانیکی چسبانیده شده است. روی بشقاب صیقلی و لعاب داده شده است ولی در داخل بشقاب شیارهائی دارد که فاصله نشت سطحی را بزرگ می نماید. قطر مقره بشقاب از

۱۵ تا ۲۵ سانتی متر یا بیشتر تغییر می کند مقره بشقابی از نظرتحمل نیروی مکانیکی به دو دسته ۷۰۰۰ و ۱۲۰۰۰ کیلوگرم نیروئی تقسیم میگردد.

۷-۱-۴-مقره مهی (یا قابلمه ای)

نمونه دیگر از مقره آویزی است که دارای طول سطح عایق بیشتری نسبت به مقره (بشقابی) دار و به همین دلیل دارای قدرت عایقی بیشتر نسبت به این نوع مقره می باشد وکاربرد آن بیشتردر مناطق با آب و هوای آلوده و مرطوب بکار می رود. (شکل شماره۷-۹)



شکل(۷-۹)

۷-۱-۵- مقره چرخی Spool Type Tnsulator :

مقره چرخی از چینی که روی آن لعاب قهوه ای یا سفید داد شده و یا از شیشه سفید یا سبز رنگ ساخته می شود. در وسط دارای سوراخی است که در تمام طول مقره وجود دارد توسط یک پین در یک بست D شکل یا اتریه قرار می گیرد و اتریه توسط یک پیچ و مهره روی تیر نصب می گردد. این مقره برای خطوط توزیع فشار ضعیف استفاده میگردد و دارای دو اندازه می باشد. این مقره ممکن است یک شیاره یا دو شیاره باشد که نوع دو شیاره آن باعث می شود که بتوان براحتی از آن انشعاب گرفت بدون اینکه با سیم دیگر ارتباطی پیدا کند. سطح بالائی آن صاف و مانع از

جمع شده آب باران یا برف روی آن میگردد و سطح پائین آن با یک رنگ سفید دایره ای شکل مشخص گردیده است. (شکل شماره۷-۱۰)

شکل(۷-۱۰)

مشخصات مقره چرخی ۸۰ – S و ۱۱۵– S در شیاره مطابق با استاندارد وزارت نیرو :

ولتاژ قوس سطحی در هوای خشک	۲۴	کیلوولت
ولتاژ قوس سطحی درهوای مرطوب	۱۲	کیلوولت
مقاومت کششی ۸۰ – S	۱۳۵۰	کیلوگرم
وزن تقریبی ۸۰ – S	۰/۵۵	کیلوگرم
نیروی کشش مقره ۱۱۵– S	۲۰۰۰	کیلوگرم نیرو
وزن تقریبی ۱۱۵ – S	۱/۵	کیلوگرم

تذکر: منظور از مقره چرخی ۸۰ – S یا ۱۱۵ – S اینست که قطر و ارتفاع مقره ۸۰ یا ۱۱۵ میلی متر باشد.

۷-۱-۶- مقره های کامپوزیتی

یک بحث کلیدی درایجاد سیستم انتقال مطمئن انتخاب مناسب مقره‌های ولتاژ بالا می‌باشد. در حقیقت، بیش از نیمی‌از دلایل قطعی برق ناگهانی سیستم انتقال مربوط به معایب مقره‌ها است. امروزه عمده‌ء مقره‌های به کار رفته در خطوط انتقال نیرو، از پرسلان و شیشه ساخته می‌شوند، این دو نوع مقره ویژگی‌های مناسبی دارند و به طور گسترده در دنیا مورد استفاده قرار می‌گیرند، اما مشکلات این مقره‌ها مانند وزن زیاد، مقاومت کم به ضربه و افت پایداری ولتاژی در اثر وجود آلودگی، باعث توجه به مقره‌های کامپوزیتی شده است. در دو دهه‌ء اخیر، مقره‌های کامپوزیتی غیر سرامیکی در تعدادی از کشورها مورد استفاده قرار گرفته است، ولی علی رغم رشد خیلی سریع شناسایی پتانسیل فواید مقره‌های کامپوزیتی، کاربرد آنها در بسیاری مناطق جهان گسترش نیافته و مطالعات همچنان ادامه دارد. به طور کلی کاربرد مقره‌ها در محیطهای آلوده و مرطوب، اولین بار صنایع ساخت مقره را به سمت گسترش مقره‌های کامپوزیتی سوق داد. اما از طرف دیگر صنایع مصرف کننده به چندین دلیل روند استفاده از مقره‌های کامپوزیتی را آهسته جلو می‌برند، یکی اینکه این صنایع انتظار دارند مقره‌های ولتاژ بالا، دارای طول عمر بیش از ۵۰ سال باشند و از طرفی عمر مقره‌ها، یک امر بحرانی است.

مورد دیگر اینکه اکثر صنایع در حذف یک خط انتقال برای تعمیر و یا معاینه‌ء مقره‌ها محدودیت دارند، بنابراین دلیل روند کند استفاده از مقره‌های کامپوزیتی مشخص می‌شود، در حالی که مقره‌های پرسلانی در بسیاری موارد کارآیی خوبی دارند. البته محاسن مقره‌های کامپوزیتی _ وزن کم، نصب راحت، هزینه‌ء کمتر نصب و ... – تعدادی از صنایع و مهندسین را در زمینه‌ء تحقیق و استفاده از مقره‌های کامپوزیتی تشویق کرده است.

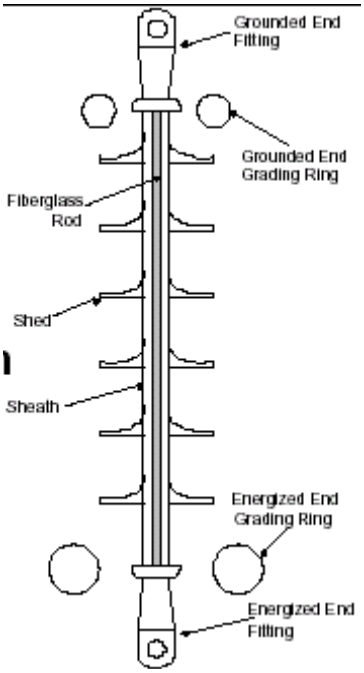
از طرفی گسترش استانداردهای تست الکتریکی و مکانیکی مقره‌های کامپوزیتی در گسترش این نوع مقره‌ها ضروری است

اجزای اصلی مقره‌های کامپوزیتی :

مقره‌ء کامپوزتی از یک هسته، بستهای انتهایی و یک رابر محافظ خارجی تشکیل شده است، هسته، یک میله‌ء فایبر گلاس تقویت شده‌ء پلاستیکی است تا خواص مکانیکی مناسب در مقابل نیروهای کششی بهبود یابد. بستهای انتهایی نیز کشش را از سیم‌ها به پایه) منتقل کرده و از استیل فورج شده، چدن یا آلیاژ

آلومینیوم ساخته می‌شوند. خارجی ترین قسمت سیلیکون رابر (به عنوان مناسب ترین مادهء شناخته شده) است و خاصیت عایق الکتریکی و مقاومت در مقابل شرایط آب و هوایی مقره را باعث می‌شود و از طرفی در مقابل ترک خوردن استحکام بالایی دارد و این ویژگی سبب می‌شود تا مقره در حین ساخت یا مراحل دیگر نشکند. به طور جزئی تر، مقره‌ها گاهی شامل اجزای دیگری نیز هستند، ولی این قسمتها جزء بخش‌های اصلی نبوده و در تمام طرحها کاربرد ندارند

شماتیک ساده‌ای از یک مقرهء کامپوزیتی



مقره‌ها در معرض منابع آلودگی مختلفی قرار دارند و به طور عمده آلودگی زمانی تأثیر منفی بر عملکرد مقره دارد که مرطوب شود. دو منبع اصلی آلودگی مقره‌ها، آلودگی ساحلی و آلودگی صنعتی هستند. از لحاظ منطقهء آب و هوایی، باد می‌تواند ابزار پروسهء آلودگی باشد، رطوبت بالا، مه و باران نیز از عوامل نامساعد محیطی برای عملکرد مقره‌ها هستند.

مقره‌های کامپوزیتی از ابتدا به دلیل خواص عایقی انتخاب نشدند، بلکه توانایی دفع آب و تشکیل قطرات آب بر روی سطح که همان خاصیت هیدروفوبیسیته است، بارزترین دلیل انتخاب این مواد می‌باشد. پرتو دهی ثابت نورUV، سرما، گرما و آلودگیهای محیطی می‌تواند سطح مقره‌های کامپوزیتی را دچار پیرشدگی

کند، طوری که ممکن است در اثر آلودگی، مقرهء کامپوزیتی خاصیت هیدروفوبیسیتهء خود را از دست بدهد.

مقایسه مقره‌های پرسلانی با مقره‌های کامپوزیتی

مقره‌های سرامیکی از مواد غیر آلی ساخته شده و پیر نمی‌شوند. این مقره‌ها بیش از ۸۰ سال تجربه دارند واز قابلیت پوشش دهی و شستشو برخوردار هستند، سطح پرسلان خنثی بوده و شکست الکتریکی یک واحد تکی نیاز به حذف یک زنجیره ندارد، اصلاح و تعمیر این مقره‌ها راحت تر است، ولی همواره در خطر رشد ترک در قسمت سیمانی، شکست الکتریکی در محیط آلوده و خوردگی قسمتهای فلزی قرار دارند.

مقره‌های کامپوزیتی از مواد آلی ساخته شده و سبک هستند، پیر می‌شوند، حدود ۳۰ سال تجربه دارند ولی طرحهای جدید کمتر از ۱۰ سال تجربه دارند و متغیرهای طراحی، انتخاب مواد و تکنیکهای تولید آنها، زیاد است. در ضمن مقره‌های کامپوزیتی مشکل انبارداری و کارآیی کوتاه مدت در هوای آلوده دارند و فقط انواع خاصی از آنها از لحاظ هیدروفوبیسیته و شکست الکتریکی بهتر از سرامیکها هستند، معاینهء این مقره‌ها در خط تولید مشکل بوده و استانداردها در این زمینه کم هستند. . البته محاسن مقره‌های کامپوزیتی _ وزن کم، نصب راحت، هزینهء کمتر نصب و ... – تعدادی از صنایع و مهندسین را در زمینهء تحقیق و استفاده از مقره‌های کامپوزیتی تشویق کرده است.

مقایسه مقره‌های پلیمری و پرسلانی

نوع	محاسن	معایب	محدودیتها
پلیمری	• سبک تر • هزینهء نصب کمتر • قابل استفاده در محیط آلوده	• کاهش فاصلهء Dry Arc • حساسیت به جرقه زدن به دلیل شکست الکتریکی • کمبود استاندارد • محدودیت تجربیات • مشکل معاینهء مقره در خط انتقال	• حساسیت به پیر شدن • تغییر عملکرد در مقابل آلودگی • شکست ترد
پرسلانی	• سطح خنثی • شکست الکتریکی یک واحد تکی نیاز به حذف یک زنجیره ندارد • تجربیات زیاد گذشته • اصلاح و تعمیر راحت واحدهای تخریب شده • انعطاف پذیری طول (هر واحد)	• سنگین • عیوب مخفی بدنه • مقاومت کم در مقابل ضربه	• خوردگی پین فلزی • رشد ترک در سیمان • شکستهای متوالی سریع

اتریه یا جا مقره چرخی :

اتریه یا جا مقره چرخی جهت نگهداری مقره چرخی و سیم فشار ضعیف بر روی تیر استفاده می گردد و از سه جزء تشکیل می شود.

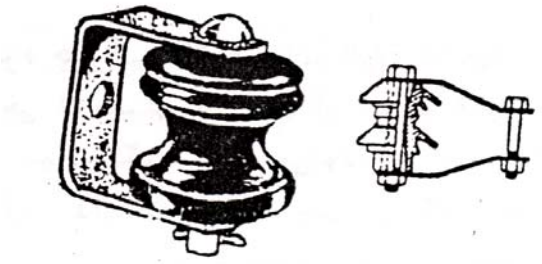
الف) تسمه اتریه که از جنس فولاد گالوانیزه است که ضخامت آن ۵ میلی متر و پهنای آن ۵۰ میلی متر می باشد.

تسمه به شکل D است که دارای دو سوراخ یکی در لبه بالائی و دیگری در لبه پائین اتریه می باشد. بایستی سوراخها در یک امتداد بوده و حدود ۱۰ میلی متر از لبه اتریه فاصله داشته باشند. قطر سوراخ پشت اتریه که به تیر پیچ می شود حدود ۱۷ میلی متر است و پشت اتریه حدود ۲ میلی متر بصورت گرده ماهی در آمده تا بهتر بتواند نیروها را تحمل نماید. (شکل شماره ۳۱) دهانه اتریه ۸۶ میلیمتر وطول دو ضلع بالائی و پائینی آن هر کدام ۹۶ میلیمتر است.

ب) پین که از جنس فولاد گالوانیزه است و طول آن ۱۱۵ و قطر آن ۱۶ میلیمتر میباشد.

ج) اشپیل از جنس برنز(شکل۷-۱۱)

شکل(۷-۱۱)



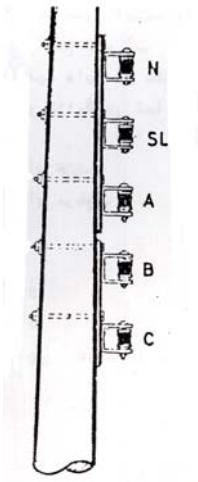
۸-راک و انواع آن:

معمولاً در شبکه های فشار ضعیف روی پایه های چوبی و نیز روی پایه های بتنی ۱۲ متری که فشار متوسط (۲۰ کیلوولت) در بالای آن کشیده شده استفاده میگردد راکها معمولاً ۵ مقره ای،۳ مقره ای و ۲ مقره ای می باشند.

راک از تسمه فولادی گالوانیزه ۶× ۵۰ میلی متر ساخته شده است. سوراخهای روی راک بایستی کشوئی باشند. فاصله مرکز یک سوراخ اتریه روی راک تا سوراخ اتریه بعدی ۳۰ سانتی متر است. دو لبه طرفین تسمه راک به اندازه ۱۵ میلی متر با زاویه ۴۵ درجه به طرف بیرون خم شده اند.

بهتر است اتریه ها به راک با جوش کامل انجام گیرد. طول راک ۵ مقره ای ۱۳۰ و ۳ مقره ای ۷۰ و ۲ مقره ای تقریباً ۴۰ سانتی متر است.(شکل شماره ۸-۱)

شکل(۸-۱)

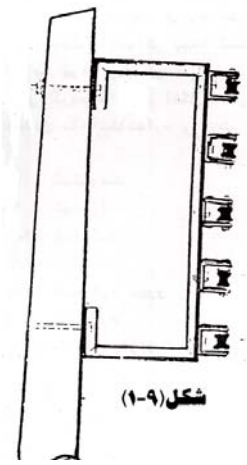


۹- بازوی جلو بر(براکت) :

برای اینکه حریم افقی خطوط فشارضعیف بهم نخورد و فاصله خط تا ساختمان و بالکن منازل حفظ شود از بازوی جلوبر استفاده میگردد. همچنین در طرفین ترانسفورماتور برای ایجاد فضای کافی جهت اتصال کابلهای فشار ضعیف خروجی از تابلو به شبکه و نیز حفظ فضای کافی نسبت به ترانسفورماتور بهتر استفاده می گردد.

جلوبر ممکن است ۵ یا ۳ مقره ای باشد براساس استاندارد وزارت نیرو طول جلوبر ۵ مقره ای ، ۱۴۰ و ۳ مقره ای حدود ۸۰ سانتیمتر می باشد. عرض آن ممکن است ۲۵ یا ۵۵ و یا ۸۰ سانتی باشد که بسته به مکان مورد استفاده قرار می گیرد. (شکل شماره ۹-۱)

جلوبر از نبشی ۶ ×۶۰ ×۶۰ میلی مترساخته شده وکلیه اتصالات آن بایستی با جوش کامل انجام شده. از جلوبر در انتهای خطوط و زوایای بیش از ۵ درجه نبایستی استفاده گردد. (مگر اینکه این براکت تقویت لازم شده باشد می توان در انتهای خطوط بکار برد).



شکل(۹-۱)

۱۰- مهار های خطوط توزیع:

چون پایه ها از طرف سیم ها تحت نیروی کششی قرار می گیرند و بعلت وزن زیاد تجهیزات خط ، وزن برف و یـخ و اثرات باد و فاصله های نامساوی بین پایه ها که ایجاد بارها مکانیکی نامتعادل می کند و از مهار استفاده می شـود بطورکلی مهار در سه مورد زیر بکار می رود.

الف) در جاهائیکه می خواهند پایه کراس آرم را از وضعیت نرمال خود در خط خارج نمایند مانند ابتدا و انتهای خطـوط (دداندها) و زوایا و سرپیچ ها و زوایا و سرپیچ ها.

ب) برای نگهداری پایه در مقابل نیروهای ناشی از یخ و برف و تگرگ و باد و طوفان

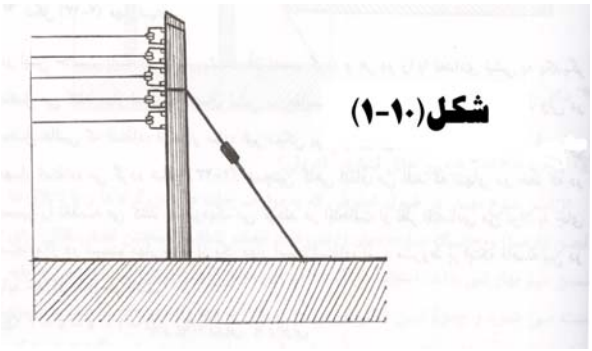
پ) در مکان هائی که عمق چاله به اندازه استاندارد امکان پذیر نباشد و در نتیجه توان پایه را خوب و محکم در زمین قرار داد.

۱۰-۱-انواع مهار:

بطور کلی مهارها را به شش دسته به شرح زیرتقسیم می کنند :

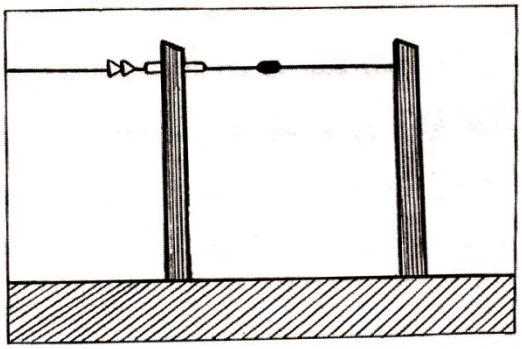
۱۰-۱-۱- مهار ساده یا معمولی:

از این نوع مهار در ابتدا و انتها (دداندها) و زوایا و سرپیچ ها و در سر انشعابهای خطوط و همچنین در مواقعی کـه پایه بر روی تپه نصب میگردد در جهت عکس شیب تپه استفاده می شـود. در ایـن حالـت پایـه توسـط سـیم فـولادی گالوانیزه ای که از یکطرف به سر پایه و از طرف دیگر به میله مهار و میله مهار به صفحه مهـار در زمـین متصـل مـی باشد. مهار میگردد .شکل(۱۰-۱)



۱۰-۱-۲- مهار اسپان :

از این نوع مهار موقعی استفاده می شود که در پشت پایه فضای کافی باری 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 میگردد .به عنوان مثال وقتی یک پایه در لب جدول خیابان نصب می شود و بایستی مهار گردد ، پایه دیگری را در آنطرف خیابان نصب می کنیم وتوسط سیم فولادی مهار دو پایه را بیکدیگر وصل می کنیم. برای مهار اسپان نیز می توان از نبشی استفاده نمود به عنوان مثال وقتیکه پایه ای درکنار خیابان نصب شده و در پشت آن (موازی با جدول خیابان) حداقل 2 متر فضا برای مهارکردن وجود دارد.شکل(۱۰-۲)

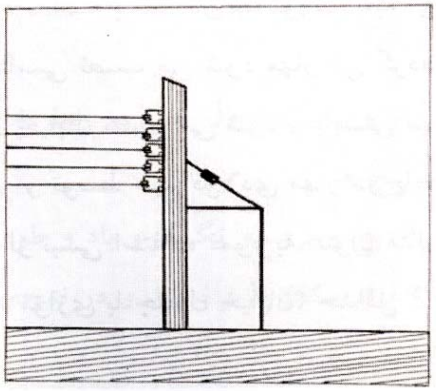


شکل(۱۰-۲)

در این حالت پایه 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 هائی که استفاده از مهار ساده غیر ممکن بوده و زیبائی محل نیز نظر است از این نوع مهار استفاده میگردد شکل (۲۳-۲). همچنین گاهی اتفاق می افتد که انتهای دو خط که دو مسیر را تغذیه می کنند بهم نزدیک میگردند در اینحالت از نظر اقتصادی می توان به جای استفاده از دو سیستم مهار ساده از یک مهار اسپان استفاده نمود مشروط بر اینکه فاصله بین دو پایه حداکثر ۳۵ متر باشد.

۱۰-۱-۳-مهار پیاده رویی یا زانوئی

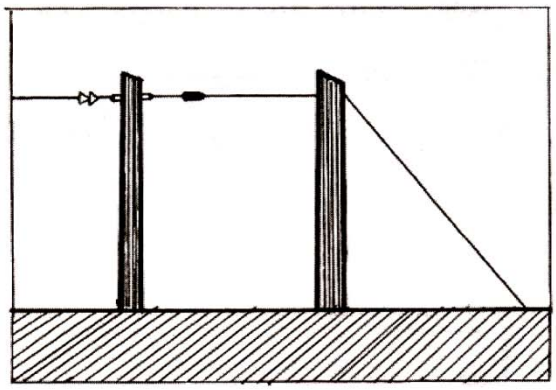
از این نوع مهار درکنار جاده ها ،خیابانها و محل هائیکه امکان نصب مهار ساده وجود ندارد (جاهائیکه بیش از یکی دو متر فضا پشت پایه جهت نصب مهار ساده نمی باشد) استفاده می شود .شکل(۱۰-۳)



شکل(۱۰-۳)

۱۰-۱-۴ مهار مرکب (ترکیبی از اسپان و ساده)

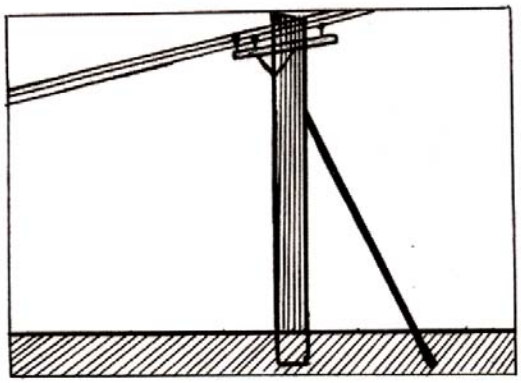
برای استحکام بیشتر مهار می توان از مهار مرکب استفاده نمود.شکل(۱۰-۴)



شکل(۱۰-۴)

۱۰-۱-۵- مهار حائل فشاری (تودلی)

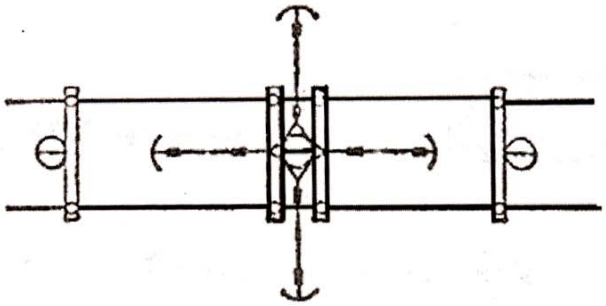
از این نوع مهار در طول خطوطی که به موازات جاده ها یا بزرگراه ها و یا باتلاق ها (لجن زارها) و جائیکه صفحه مهار را نمی توان محکم نشاند و همچنین فضای کافی برای بستن سیم مهار نمی باشد ، استفاده میگردد. سر این حائل (مهارچوبی) بوسیله پیچی به پایه بسته می شود و چون این حائل نیرویی رو به بالا به پایه وارد می کند بایستی به وسیله یک کنده که به قاعده پایه پیچ می شود پایه را رو به پایین در جای خود نگهداشت ،شکل(۱۰-۵)



شکل(۱۰-۵)

۱۰-۱-۶- مهار بادگیر:

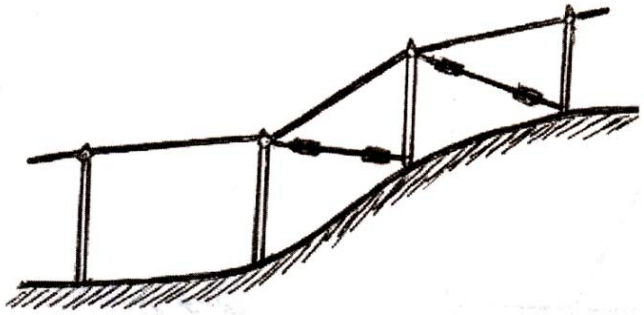
درمناطق بادخیزبه منظور جلوگیری ازخوابیدن خط دراثرباد وطوفان از این نوع مهار استفاده می شود. در چنین مناطقی بایستی لااقل هر یک کیلومتر یا هر دداند بوسیله چهار مهار به صورت (+) بسته شوند که دو تای آن بنام مهارهای خطی در طول خط و دوتای دیگر بنام مهارهای جانبی در پهلوی خط نصب می گردندشکل(۱۰-۶)



شکل(۱۰-۶)

۱۰-۱-۷- مهار سر:

بعضی اوقات خطوط از روی تپه ها با شیب تند عبور می کنند که بایستی برای استحکام بیشتر در مقابل کشش ، خطوط در جهت سراشیبی مهار گردند. معمولاً این خطوط به وسیله مهار ساده یا مهار سر مهار می شوند. مهار سر بدینصورت است که سرتیری که بایستی مهار شود به وسیله سیم مهار بهپای تیر بعدی بسته می شود بدینوسیله از کندن چال مهار و میله و صفحه مهار خودداری میگردد.شکل(۱۰-۷)



شکل(۱۰-۷)

۱۰-۲- متعلقات مهارها

متعلقات مهارها به شرح زیر است :

۱۰-۲-۱ میله مهار

ارتباط بین صفحه مهار و سیم مهارتوسط میله مهار انجام می گیرد. 1800×16 میلیمتر (طول × قطر) . جنس میله مهار از فولاد گالوانیزه وطول آن برای پایه های 9 متری و برای پایه های 12 متری 240×20 میلیمترمی باشد.توضیح اینکه اندازه مجازبرای میله مهارکه از خاک بیرون باشد حداکثر 35 سانتیمتر است.

۱۰-۲-۲ صفحه مهار

جهت محکم کردن میله مهار در داخل زمین از صفحه مهار استفاده می شود. جنس صفحه مهار از فولاد گالوانیزه به ابعاد $0.8 \times 40 \times 40$ سانتیمترمکعب می باشدکه بصورت مورب در چاله مهار قرار می گیرد.

تذکر : درصورت موجود نبودن صفحه مهار از کنده مهار استفاده میگردد. 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.

۱۰-۲-۳ سیم مهار

سیم مهار از فولاد گالوانیزه ساخته می شود و دارای ۷ رشته بهم تابیده می باشد و برحسب قطر خارجی اش نامگذاری می گردد. به عنوان مثال سیم مهار نمره 8 یعنی سیم مهاری که قطر خارجی آن 8 میلیمتر است.

از نظر جنس فولاد به سه دسته به شرح زیر تقسیم می شود :

الف) سیم مهار معمولی

ب) سیم مهار با قدرت زیاد

پ) سیم مهار با قدرت فوق العاده زیاد

۱۱-انواع پیچ و مهره ها:

پیچ و مهره مورد استفاده در شبکه های توزیع هوائی گوناگون و بشرح زیر می باشد :

۱- پیچ و مهره یکسر رزوه جهت اتصال کراس آرم به پایه

۲- پیچ و مهره دو سر رزوه جهت اتصال زوج کراس آرم به پایه

۳- پیچ و مهره تمام رزوه جه اتصال طرفین زوج کراس آرم به یکدیگر

۴- پیچ و مهره خزینه جهت اتصال تسمه (ویبریس) به کراس آرم چوبی

۵- پیچ و مهره ۱۴ ×۴۰ جهت اتصال تسمه (ویبریس) به کراس آرم فولادی

۶- پیچ ومهره یکسرچشمی کاربرد متفاوتی می تواند داشته باشد مثلاً در انتهای خطوط یا بعنوان پیچ مهار

۷- پیچ خودکار (اسکرو) جهت نصب بازو (بریس) کراس آرم به پایه چوبی

۱۲- کابل خود نگهدار

با رشد بار و افزایش مصرف در شبکه کم کم احتیاج به طراحی و بهره برداری بهینه از شبکه های توزیع احساس می شود این رشد باعث جستجوی روشهای مدرن در طراحی و بهره برداری از سیستمهای توزیع گردید. شبکه های توزیع مجبور به کار در راندمان بالاتر با حداقل صرف هزینه شدند. نیاز به طراحی و توسعه بهینه شبکه های توزیع در این مرحله احساس می شود.

با توجه به مشکلات بسیار بوجود آمده بر اثر عواملی مانند :

- رشد پیک بار مصرف
- وجود تلفات در شبکه های هوایی
- افزایش تعداد مشترکین در سال
- اصلاح و تغییر بافت قدیمی شهرها و تغییر در کاربریها و تراکم ها
- بوجود آمدن بارهای ضربه ای مانند آسانسورها ، وسایل گرمایشی و سرمایشی متمرکز
- عدم پاسخگویی اعتبارات و زمانبر شدن تهیه کالا ، هماهنگی با ارگانهای زیربط و احداث شبکه ها به روش فعلی بخصوص احداث شبکه زمینی

این موارد باعث شده اند روند رشد و توسعه امکانات و تاسیسات توزیع برق نتواند به همراه روند رشد تقاضای مشترکین پیشرفت کند کارشنا سان را به این فکر انداخته است که برای رفع این مشکل در کوتاه مدت و دراز مدت راهکارهایی را پیش بینی نموده و به اجرا در آورند.

از جمله این راهکارها در کوتاه مدت با توجه به محدود بودن منابع اقتصادی و زمان ، برای تقویت و افزایش ظرفیت انتقال انرژی در شبکه های توزیع ، همچنین جداسازی بار ضربه ای از شبکه های عمومی استفاده از کابل خودنگهدار در کنار شبکه های موجود و ایجاد شبکه های دو مداره با استفاده از تاسیسات موجود می باشد . در عین حالیکه راهکارهای بلند مدت را طبق طرح جامع الکتریکی انجام شده باید دنبال کرد .

محلهای مناسب برای استفاده از کابل خودنگهدار :

۱- در مناطق مشجر که خطرآتش سوزی وجود دارد

۲- مناطقی که شبکه های موجود جوابگوی رشد بار نبوده وامکان تقویت شبکه های موجود نمی باشد

۳- مناطقی که ایجاد بارهای متمرکز در انها باعث وارد شدن ضربه به شبکه شده و نارضایتی مشترکین عمومی را در بر دارد .

۴- مناطقی که ایجاد حریم باعث جلوگیری از احداث شبکه برای مشترکین در آن مناطق شده است .

۵- مناطقی که استفاده های غیر مجاز از برق در آنها به صورت یک معضل اساسی مطرح می باشد .

۶- مناطقی که سرقت سیمهای مسی شبکه در آنها معضل اساسی می باشد .

روشهای اجرایی

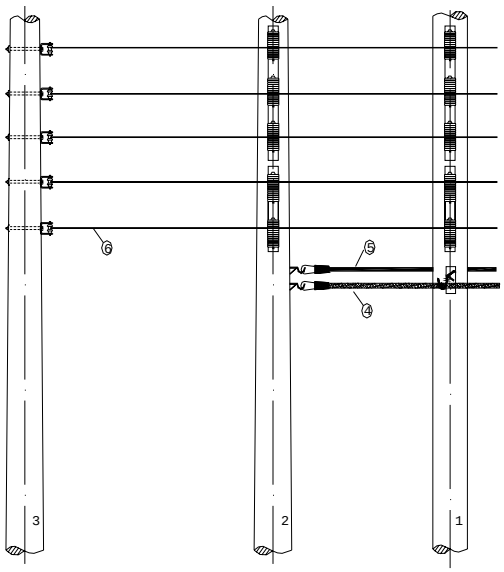
آنچه که در استفاده از کابل خودنگهدار حائز اهمیت می باشد . اجرای صحیح شبکه با استفاده از تجهیزات و یراق آلات مخصوص آن می باشد . از این رو باید به این نکته توجه نمود که اجرای غیر استاندارد این شبکه ها نه تنها به رفع مشکلات ما کمک نخواهد کرد بلکه باعث ایجاد مشکلات بسیاری در آینده نزدیک خواهد شد .

برای آشنایی بهتر با شیوه های اجرا و استفاده مناسب از تجهیزات در مکانهای مناسب یک نمونه مثال از شبکه اجراشده با کابل خود نگهدار را مورد بررسی قرار می دهیم .

شبکه نمونه با کابل خود نگهدار

مهمترین مورد استفاده از کابلهای خودنگهدار در شبکه های توزیع استفاده از کابلهای مذکور بر روی پایه های موجود می باشد در این مورد به علت افزایش نیروهای مکانیکی به تیرهای موجود باید به این نکته توجه نمود که براساس محاسبات انجام شده تیرهای انتهایی و ابتدایی موجود در شبکه در شرایط سخت توانایی تحمل نیروهای وارده را نداشته و نمی توان از آنها برا ی انتهایی کردن کابلهای خودنگهدار استفاده نمود.

از این رو توصیه می گردد که کابلهای خودنگهدار بر روی تیرهای انتهایی مجزایی ، قبل یا بعداز تیر انتهایی شبکه موجود انتهایی گردند .



مطابق تصویر نمایش داده شده در صورتی که بخواهیم دوشبکه با کابل خودنگهدار بطور مثال یکی برای بارهای ضربه ای و دیگری برای تغذیه مشترکین و تقویت شبکه موجود در کنار شبکه هوایی موجود احداث کنیم با ید شبکه ها را به صورت جداگانه انتهایی نموده و برای هر شبکه تیر انتهایی جداگانه متناسب با محاسبات مکانیکی مربوط به آن شبکه در نظر بگیریم .

همانطور که در تصویر نشان داده شده است دو شبکه با کابل خودنگهدار با شماره های ۴ و ۵ بر روی تیر جداگانه شماره ۲ انتهایی گردیده اند و شبکه با سیم بدون روکش هوایی شماره ۶ برروی تیر شماره ۳ انتهایی گردیده است .

احداث شبکه ج

در طرح ارائه شده در نقطه ۱ برای احداث یک شبکه با کابل خودنگهدار از فیدر های خروجی تابلوی ترانس یک کابل مسی یا آلومینیمی به مقطع مناسب به صورت زمینی به عنوان ابتدای فیدر از تابلو تا تیر ابتدای خط احداث نموده وبر روی تیر احداثی شبکه با کابل خود نگهدار به کابل زمینی متصل می گردد همانطور که در شکل نمایش دا ده شده است درمحل اتصال کابل زمینی به کابل خودنگهدار شبکه باید اتصال زمین گردد .

۱) احداث شبکه با کابل خودنگهدار در مسیر شبکه هوایی موجود :

در نقطه ۲ برای احداث یک شبکه جدید با کابل خودنگهدار در مسیر شبکه هوایی موجود به منظور تقویت شبکه موجود یا برای بارهای ضربه ای ابتدا یک تیر جدید به عنوان تیر ابتدای خط با فاصله مناسب از تیر موجود نصب کرده و سپس کابل زمینی مسی یا آلومینیمی سر خط جدیدرا از تابلو ترانس تا این تیر احداث می کنیم . در محل تیر احداثی کابل زمینی را به کابل خودنگهدار متصل کرده و محل اتصال کابل زمینی به کابل خودنگهدار شبکه باید اتصال زمین گردد برای انتهایی کردن کابل خودنگهدار احداثی جدا از تیر انتهایی شبکه هوایی موجود در فاصله مناسب تیر جدید به صورت انتهایی نصب و کابل خودنگهدار بر روی آن انتهایی خواهد شد .

۲) احداث دو خط کابل خودنگهدار در مسیر شبکه هوایی موجود :

در نقطه ۳ برای احداث دو خط جدید با کابل خودنگهدار در مسیر شبکه هوایی موجود به منظور تامین برق مشترکین جدید و تامین برق بارهای ضربه ای از شبکه ای جداگانه ابتدا یک تیر جدید به عنوان تیر ابتدای خط با فاصله مناسب از تیر موجود نصب کرده و سپس کابل زمینی مسی یا آلومینیمی سر خط جدید را از تابلو ترانس تا این تیر احداث می کنیم . در محل تیر احداثی کابل زمینی را به کابل خودنگهدار متصل کرده و محل اتصال کابل زمینی به کابل خودنگهدار شبکه باید اتصال زمین گردد . و برای انتهایی کردن کابل خودنگهدار احداثی جدا از تیر انتهایی شبکه هوایی موجود در فاصله مناسب تیر جدید به صورت انتهایی نصب و کابل خودنگهدار بر روی آن انتهایی خواهد شد .

توجه شود که تیر با قدرت مناسب را می توان براساس جدول ارائه شده در زیر انتخاب نمود .

ردیف	نوع کابل	طول اسپن	نیروی افقی وارد بر تیر انتهایی	تیر مناسب
1	4*35+25+16	30	273Kg	9/400
2	4*50+35+25	30	336 Kg	9/400
3	3*70+35+25	30	370Kg	9/400
4	4*70+35+25	30	420Kg	9/400
5	3*70+35+25 + 4*70+35+25	30	790Kg	9/800

جدول محاسبات مکانیکی و انتخاب تیر برای کابل خودنگهدار