

مبانی مقدماتی در طراحی خطوط انتقال انرژی



نویسنده: مسعود یوسفیان

مدرس دانشگاه شهید رجایی کاشان

فهرست مطالب

3.....	فصل اول:مقدمه
18.....	فصل دوم:مسیریابی
41.....	فصل سوم:محاسبات الکتريکی
58.....	فصل چهارم:محاسبات مکانیکی
69.....	فصل پنجم:خطوط HVDC
77.....	فصل ششم:خطوط کمپکت
86.....	فصل هفتم:آشنایی با خط گرم



مقدمه

رشد روز افزون شهرها، مراکز صنعتی و کشاورزی و تجاری نیاز به انرژی الکتریکی را افزایش می دهد، که لازمه آن توسعه و گسترش نیروگاه ها و شبکه های انتقال و توزیع نیرو می باشد.

دلایل نیاز به خطوط انتقال:

از دیدگاههای فنی، اقتصادی، اجتماعی و محیطی سبب می شوند که همواره احداث نیروگاهها در نزدیکی مناطق مصرف عملی نگردند. لذا در انتخاب محل نیروگاهها نمی توان تنها به پارامتر نزدیک بودن به محل مصرف را مد نظر قرارداد، بلکه پارامترهای دیگری نیز جهت احداث خطوط انتقال یا توزیع نیرو وجود دارد.

*دلایل نیاز به خطوط انتقال

■ انتقال انرژی تولیدی نیروگاهها به مناطق مصرف.

■ برقرسانی به مناطق دور دست و پراکنده.

■ افزایش قابلیت اطمینان سیستم.

■ ارتباط دو منطقه با پیک بار غیرهمزمان.

■ ارتباط بین کشورها.

■ تبدیل سایر انواع انرژی.

*برق رسانی به مناطق دور دست:

در برخی موارد حتی اگر سرمایه گذاری اولیه خطوط انتقال یا توزیع نیرو بیشتر از احداث نیروگاه مستقل باشد، باز هم نصب و اجرای آن توجیه پذیر است چون احداث نیروگاه مشکلاتی به همراه دارد:

■ عدم وجود جاده های ارتباطی.

■ عدم امکان سوخت رسانی.

■ شرایط نامطلوب محیطی از دیدگاه ایمنی و حفاظت.

*افزایش قابلیت اطمینان سیستم:

در برخی موارد ممکن است دو منطقه از نظر تأمین انرژی الکتریکی خودکفا باشند، اما در جهت افزایش قابلیت اطمینان دو سیستم یک خط انتقال بین آن دو منطقه احداث گردد. این اقدام سبب می شود تا در صورت کمبود برق در هر منطقه امکان تأمین انرژی از طرف دیگر عملی گردد.

*ارتباط دو منطقه با پیک مصرف غیرهمزمان:

بدلیل اختلاف افق جغرافیایی پیک مصرف شبکه سراسری با استان خراسان همزمان نمی باشد. زمان پیک بار در استانهای خوزستان، بوشهر، هرمزگان و یا شبکه سراسری اشاره نمود، بدین ترتیب وجود ارتباط بین اینگونه مناطق می تواند باعث تقلیل ظرفیت نیروگاه گردد. ضمن اینکه باید به این نکته مهم توجه داشت که همواره این امتیاز نمی تواند اتصال این سری مناطق را از نظر اقتصادی توجیه نماید.

*ارتباط بین کشورها:

ارتباط بین کشورها ضمن اینکه می تواند باعث افزایش ضریب قابلیت اطمینان برق رسانی گردد. ممکن است خرید برق از کشورهای همجوار برای آبادی های مرزی، اقتصادی تر از تأمین برق در داخل کشور باشد. خرید برق ترکیه، ارمنستان، آذربایجان و اکثر کشورهای اروپایی از طریق خطوط انتقال فشار قوی به هم مرتبط می باشند.

*تبدیل انرژی:

در برخی موارد هزینه های انتقال و حمل سوخت های فسیلی از جمله گاز سوخته های مایع و ذغال سنگ ممکن است آنقدر زیاد باشد که تبدیل انرژی فسیلی به انرژی الکتریکی را از نظر اقتصادی توجیه نماید. در چنین حالت، نیاز به احداث خطوط انتقال نیرو ناخواسته موجه می گردد. سایر انواع

انرژی از جمله: استفاده از انرژی رودخانه ها به کمک نیروگاههای آبی استفاده از نیروگاههای تلمبه ذخیره ای استفاده از انرژی جزر و مد دریاها استفاده از انرژی امواج دریا استفاده از حرارت زمین (نیروگاههای ژئو ترمال) و احداث نیروگاههای خورشیدی استفاده از انرژی بادی.

برنامه ریزی و مطالعات اولیه

مسلماً اجرای هر پروژه عمرانی از جمله احداث خطوط انتقال یا توزیع نیرو بر مبنای نیاز مشخصی برنامه ریزی می گردد، که در صنعت برق نیز از این شیوه استفاده می شود. مهندسين این بخش بررسی ها و مطالعات خود را در جهت تعیین مناسب ترین راه حل برای تأمین نیاز آغاز می نمایند که مراحل عمده کار به شرح زیر می باشد:

*تأمین نیاز:

لازم است که برآورد بار نیز برای یک مدت طولانی انجام گیرد. بطور معمول دوره برنامه ریزی حدود ده سال می باشد. بعنوان مثال: اگر فرض شود بار اولیه منطقه ای 50 مگاوات و متوسط رشد بار آن ده درصد در سال باشد، اگر خط انتقال برای یک دوره 5 یا 10 یا 15 ساله طراحی گردد.

*بررسی وضعیت شبکه های موجود:

بعد از تأمین نیاز مصرف، مبدأ تغذیه خط انتقال یا توزیع نیرو باید مشخص گردد. با توجه به گستردگی شبکه های برق رسانی ممکن است امکان برق رسانی از طرق مختلفی عملی باشد. لذا در این مرحله باید ظرفیت ترانسفورماتور ها و سایر تجهیزات پستها و همچنین امکان تأمین انرژی الکتریکی درخواستی خط انتقال جدید نیز مورد بررسی قرار گیرد.

*بازدید کلی از مسیر و پستها:

در این مرحله لازم است امکانات پست از نظر وضعیت باند خروج خط انتقال، امکان توسعه پست برای اتصال خط انتقال جدید مورد توجه و بررسی قرار گیرد.

*انتخاب طرحها:

وقتی بازدید کلی انجام گرفت، لازم است چند طرح اولیه جهت انجام بررسی های فنی و اقتصادی انتخاب گردد که عبارتند از: مبدأ تغذیه خط انتقال، ولتاژ پست تغذیه، طول خط انتقال، شرایط مسیر، ضریب اطمینان برق رسانی پستهای مبدأ. سرمایه گذاری لازم جهت احداث خط انتقال: از میان آنها چند طرح که ویژگی بهتری دارا می باشد برای بررسی های بعدی تعیین شوند.

*مطالعات سیستم:

برای انجام بررسی های فنی در آغاز به کمک برنامه کامپیوتری پخش بار کلیه طرح های انتخابی از نظر افت ولتاژ مورد مطالعه قرار می گیرند. مطالعات پایداری و اتصال کوتاه نیز انجام می شود. در این حالت برای مهندس طراح باید حداقل شرایط مطلوب از نظر فنی روشن گردد، تا امکان مقایسه و بررسی های اقتصادی عملی گردد.

*انتخاب هادی:

در این قسمت باید سعی شود با انتخاب مقطع و تعداد هادی مناسب در هر فاز، مقدار تلفات توان و انرژی خطوط انتقال در حالت مختلف را مورد بررسی و مطالعه قرار داد. مسلماً در نهایت انتخاب هادیها باید با توجه به دیدگاههای فنی و اقتصادی انجام گیرد.

*بررسی های اقتصادی:

از بررسی های اقتصادی عوامل زیر مورد مقایسه قرار می گیرند:

سرمایه گذاری اولیه خط انتقال

■ سرمایه گذاری مربوط به احداث یا توسعه پست ها

■ میزان تلفات قدرت و انرژی خط انتقال

■ ارزش تلفات قدرت و انرژی در دوره مطالعه و ارزش هزینه های تعمیرات و نگهداری.



بورسی های اقتصادی:

بعد از پایان مطالعات اقتصادی مشخصات عمده خط انتقال نیرو تعیین می گردد که عوامل مهم آن بشرح زیر می باشد:

- مبدأ تغذیه خط انتقال
- ولتاژ خط انتقال
- تعداد مدارات خط انتقال
- انتخاب نوع خط (ساده یا باندل)
- تعیین تعداد هادیهای فرعی در هر فاز
- تعیین مقطع هادیها
- انتخاب سیم محافظ.

دکل های خطوط انتقال انرژی

دکلهای انتقال نیرو به دو دسته ی دکلهای مشبک (لتیس = Lattice) و دکلهای تلسکوپی (تک پایه) تقسیم می شوند. دکلهای لتیس بزرگتر، قوی تر و ارزان تر هستند. دکلهای تلسکوپی زیباتر هستند و جای کمتری می گیرند و در وسط بلوارها قابل نصب می باشند.

برج های روشنایی، معمولا برای روشنایی محوطه های بزرگ مانند استادیومها، پارکها، بوستانها، تفرجگاهها، میادین، خیابانها، محوطه ی ساختمان هایی نظیر بیمارستانها، ساختمان های دولتی و کارخانجات و شرکتها، میادین، فرودگاهها، استادیومها، پایانهها، تقاطعها، پلها و ... استفاده می شوند.

تکنولوژی چندان پیچیده‌ای ندارند و شرکت‌های داخلی می‌توانند برابر استانداردها نمونه‌های مختلف آن را تولید کنند. پخش نور گسترده و یکنواخت، بدون خیرگی، به سبب ارتفاع زیاد برج‌ها، از مزایای آنهاست.

گاهاً روی این پایه‌ها از سیستم مکانیزه فرود و صعود سبد پروژکتور استفاده می‌شود که به وسیله‌ی آن می‌توان پروژکتورها را بالا و پایین برد و این تکنولوژی، سرویس و نگهداری برج را آسان و ارزان می‌نماید، زیرا برای تعمیر و نظافت پروژکتور و یا تعویض لامپ‌ها، دیگر نیاز به جرثقیل نبوده و تعمیرکار به آسانی می‌تواند به کمک سیستم کنترل میکروپروسسوری نصب شده در داخل بدنه‌ی برج روشنایی (نورانی)، اقدام به تعویض لامپ‌ها و یا تعمیر پروژکتورها نماید. ارتفاع این برج‌ها می‌تواند بسته به کاربرد آنها متفاوت باشد، ارتفاع‌های ۱۲ تا ۳۰ متر بیشتر رایج است.

بدنه‌ی اصلی برج، به صورت هرم ناقص، با توجه به ارتفاع، ۶، ۸، ۱۲، ۱۴ و ۱۶ وجهی ساخته می‌شود و به ترتیب

قطر بدنه از بالا به پایین تغییر می‌نماید. پوشش بدنه گالوانیزه است.

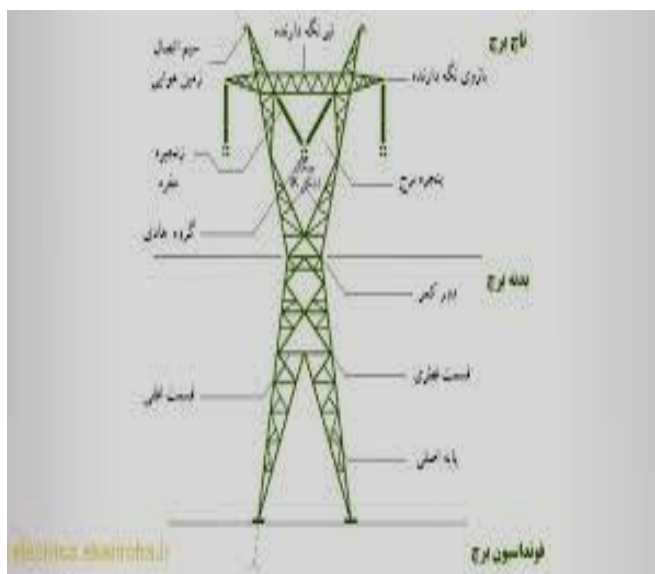
تعداد پروژکتورهای قابل نصب روی برج روشنایی تلسکوپی از ۴، ۶، ۸، ۱۲، ۱۶، ۲۴ تا ۳۰ دستگاه متغیر بوده و می‌توان از انواع پروژکتورهای روشنایی ۱×۴۰۰ وات، ۲×۴۰۰ وات، ۱×۱۰۰۰ وات و ۲×۱۰۰۰ وات استفاده نمود.

گاهی سیستم‌های کنترل و فرمان، مدارهای حفاظتی و ... در تابلویی مجزا در داخل بدنه‌ی برج‌های روشنایی تلسکوپی نصب می‌شود که موجب ایمنی بیشتر و اشغال فضای کمتر می‌گردد. برای اینکه وسایل پرنده، مانند هواپیما و هلیکوپتر، بتوانند برج را ببینند، در بالای برج یک چراغ اعلام خطر نصب می‌شود.

نصب میله‌ی برقگیر در نوک برج، اجزای الکتریکی و الکترونیکی برج را در برابر صاعقه، رعد و برق و ابرهای باردار محافظت می نماید.

در برخی برج‌های نوریِ تلسکوپی، سیستم صعود و فرود سبد پروژکتور به گونه‌ای طراحی می‌گردد و از قطعاتی استفاده می‌گردد که از ایمنی و حفاظت بالایی برخوردار باشند. مانند استفاده از موتور گیربکس دویل، مدار کنترل و فرمان مناسب با قطعات مرغوب، سیستم قفل اینتر لاک اتوماتیک و ...

دکل‌های تلسکوپی متحرک (سیار) برای مقاصد نظامی و امداد رسانی و مخابراتی کاربرد دارند که این مدل از دکل‌ها نیز در ایران تولید می‌شود.



دکل‌های آویزی (Suspension Towers):

هر گاه مسیر خط انتقال نیرو مستقیم باشد و یا انحرافات ناچیزی داشته باشد از دکل‌های آویزی استفاده می‌گردد. به این نوع دکلها بدلیل قرار گرفتن در مسیر مستقیم، دکل‌های عبوری (Tangent) نیز گفته می‌شود.



دکل‌های زاویه (Tension Towers):

گاهی اوقات لازم است مسیر خط به چپ یا راست منحرف گردد. به عنوان مثال اگر در مسیر کوهستانی برج‌گذاری انجام شود، مسیر دارای پیچ و خم می‌باشد که در آنجا مجبوریم مسیرها را بصورت خطوط شکسته به هم متصل کنیم. در نقطه‌ی انحراف از دکل‌های زاویه استفاده می‌شود. این دکلها از لحاظ بارگذاری و آهن‌آلات مصرفی نسبت به دکل‌های میان مسیری (Suspension) سنگین‌تر می‌باشند.

لازم به ذکر است، دکل‌های انتهایی (Terminal Tower) که در انتهای خط انتقال یا مناطق خاص استفاده می‌گردد بدلیل تحمل نیروهای یکطرفه، از نوع دکل‌های کششی (Tension Towers) با بیشترین زاویه می‌باشند.





دکل‌های انتقال برق تلسکوپی

ساختار دکل‌های برق تلسکوپی، شبیه پایه‌های روشنایی تلسکوپی است.

نمونه‌ای از این دکل‌ها در یک خط چهار مداره‌ی ۱۳۲ کیلوولت، برای نخستین بار در سال ۱۳۸۶ در خوزستان استفاده شد.

مزیت این دکل‌ها به دکل‌های مشبک خرپایی محیطی، اشغال فضای بسیار کمتر است. به طوری که یک دکل تلسکوپی برای خط انتقال ۴۰۰ کیلوولت، با ارتفاع ۵۰ متر، برای استقرار تنها به ۳ متر مربع فضا نیاز دارد، اما یک دکل خرپایی مشابه، نیاز به ۱۲۵ متر مربع فضا خواهد داشت

این ویژگی دکل‌های تلسکوپی باعث می‌شود در شهرها، که فضا کمتر و قیمت زمین بسیار بیشتر است، دکل‌های تلسکوپی گزینه‌ی اول برای خطوط انتقال نیروی درون شهری باشند

معایب دکل‌های تلسکوپی

از معایب این دکل‌های تلسکوپی به بد منظر بودن آنها اشاره شده است. این مورد مخصوصاً در مورد دکل‌های انتقال نیرو مطرح است تا دکل‌های روشنایی.

مشکل اصلی مردم با این دکل‌های تلسکوپی انتقال نیرو، از باب شایعاتی است که در مورد احتمال

بیماری و سرطان‌زا بودن پایه‌های برق فشار قوی مطرح می‌شود. اصولاً مردم دوست ندارند یک دکل فشارقوی برق از وسط کوچه‌شان عبور کند. در مورد دکل‌های روشنایی فشارقوی، با توجه به اینکه ولتاژ این دکل‌ها

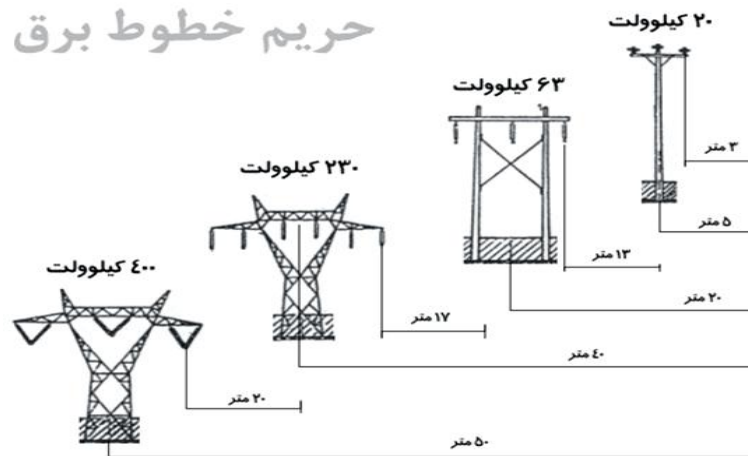
چندان بالا نیست، نگرانی‌های مردم احتمالاً بیشتر از جانب تکنولوژی لامپ‌ها و نورافکن‌هایی است که در این دکل‌ها به کار می‌رود. این احتمال وجود دارد که بر اثر حرارت زیاد این لامپ‌ها، اشعه‌ی ماورا بنفش تولید شده بیش از حد مجاز باشد و برای کسانی که طولانی مدت در معرض تابش آنها قرار گیرند خطرآفرین شود.



رعایت حریم

رعایت حریم خطوط فشار قوی یکی از مهم‌ترین عواملی است که می‌تواند خطرات تاثیرگذار را کاهش دهد، این حریم‌ها به شرح زیر است:

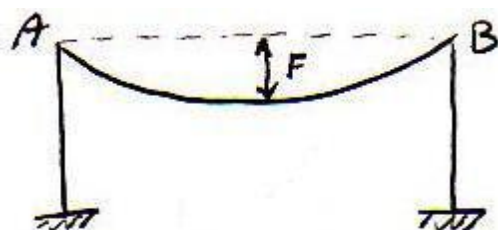
حریم خطوط برق



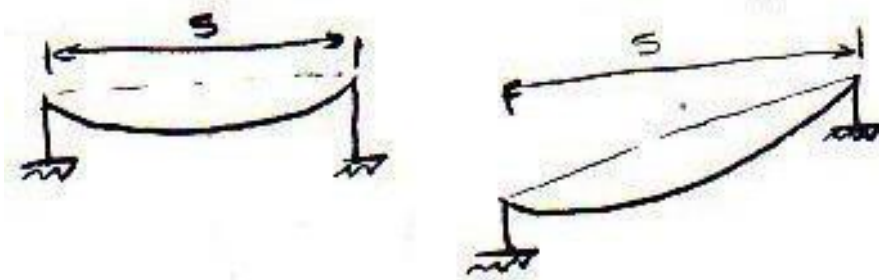
تعاریف و اصطلاحات

کشش (Tension): مقدار نیرویی که اگر سیم در نقطه ای پاره شود لازم است تا در همان نقطه اعمال گردد تا سیم شکل سابق خود را حفظ کند کشش را با حرف T نمایش می دهند و واحد آن Kg است.

فلش (sag): بزرگترین فاصله قائم بین منحنی سیم و خطی که از نقاط اتصال هادی به دو برج مجاور می گذرد را فلش می نامند و با حرف F نمایش می دهند.



اسپن (Span): به فاصله افقی بین دو برج متوالی اصطلاحاً اسپن می نامند و با حرف S نشان می دهند واحد آن متر است و انواع آن بصورت زیر است:



اسپن معمولی (Normal Span)

فاصله بین دو پایه در محاسبات اولیه را اسپن معمولی (S_n) نمایش می دهند.

اسپن متوسط (Average span) مقدار متوسط اسپن موجود در خط انتقال را اسپن متوسط گویند و با S_{av} نمایش می دهند

$$S_{av} = \sum_1^n \frac{S_n}{n}$$

n: تعداد اسپن ها

اسپن معادل طراحی بعد از پایه گذاری روی پروفیل (Ruling Span): اسپنی که در یک سکشن با توجه به طول اسپن های آن سکشن محاسبه می شود

$$S_R = \sqrt{\frac{\sum_1^n \frac{S_n^3}{n}}{\sum_1^n \frac{S_n}{n}}}$$

اسپن قائم یا اسپن وزن (Weight Span): فاصله افقی بین دو نقطه مینیمم منحنی سیم در دو اسپن مجاور را اسپن وزن و با S_v نمایش می دهند



اسپن افقی یا اسپن باد (Wind Span)

به فاصله افقی بین وسط دو اسپن مجاور اسپن باد یا اسپن افقی (S_w) می گویند.

$$S_w = \frac{S_1 + S_2}{2}$$

اسپن بحرانی (Critical span): اسپنی که برای آن طوفان و زمستان سخت ترین شرایط بوده و حد اکثر کشش سیم را بوجود می آورند برای اسپن های کوتاهتر از اسپن بحرانی زمستان و برای اسپن های بلند تر اسپن بحرانی طوفان سخت ترین شرایط است. این اسپن را با S_c نمایش می دهند.

اسپن الکتریکی: اسپنی که با توجه به حداکثر فلش سیم و رعایت فاصله الکتریکی مجاز برج بدست می آید آن را با S_e نمایش می دهند.

سکشن (Section): قسمتی از مسیر خط که محدود به دو برج کششی بوده و مابین آن تعدادی برج آویزی قرار می گیرد را اصطلاحاً یک سکشن گویند.

(پارامتر Parameter) نسبت کشش افقی سیم به وزن واحد طول سیم را پارامتر می گویند و آن را با a نمایش می دهند

$$a(m) = \frac{H (kg)}{W \left(\frac{kg}{m}\right)}$$

حداکثر مقاومت کششی (UTS)

مقدار مقاومت کششی است که اگر به سیم وارد شود سیم شروع به پاره شدن خواهد نمود آن را با UTS نمایش می دهند واحد آن کیلوگرم است

مدول الاستیسیته (Module of Elasticity): طبق قانون هوک نسبت تغییر تنش به تغییر ازدیاد طول نسبی سیم را مدول الاستیسیته گویند و با حرف E نمایش می دهند. واحد آن کیلوگرم بر میلیمتر مربع است.

ضریب انبساط خطی (Linear Expansion Coeff): نسبت تغییر طول نسبی ناشی از حرارت به تغییر درجه حرارت را ضریب انبساط خطی گویند و با حرف α نمایش می دهند واحد آن یک بر درجه سانتی گراد می باشد.

منحنی سیم یا منحنی شنت (Catenary): عبارتند از منحنی ریسمانی که کاملاً قابل انعطاف بوده و از دونقطه نگهدارنده آن آویزان شده و تحت بار گسترده و یکنواختی نظیر وزش قرار گرفته باشد. منحنی سیم تحت درجه حرارت های مختلف شکل های مختلفی خواهد داشت.

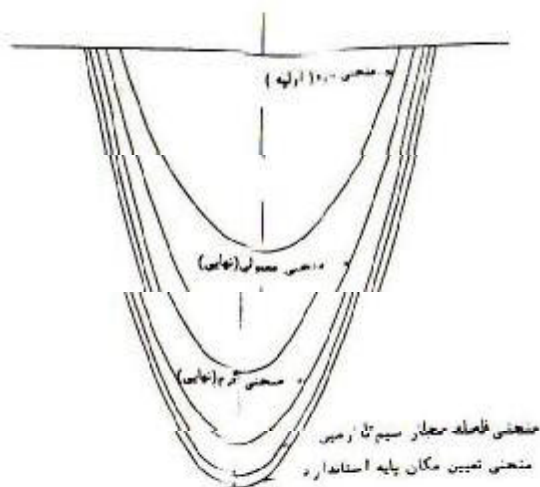
منحنی گرم (Hot Curve): به منظور رعایت فاصله مجاز هادی از زمین بایستی بیشترین افت سیم در نظر گرفته شود. بدین منظور منحنی گرم را با توجه به حداکثر درجه حرارت هادی رسم می

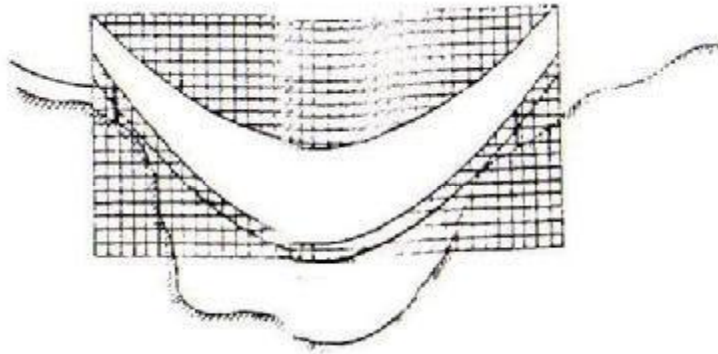
کنیم. این درجه حرارت بستگی به دمای محیط تابش خورشید و تشعشع توان انتقالی از هادی و جریان اتصال کوتاه دارد.

منحنی سرد (Cold Curve): این منحنی در حداقل درجه حرارت و بدون یخ و باد و با در نظر گرفتن مدول الاستیسیته اولیه انجام می گیرد. بدیهی است در این حالت هادی دارای بیشترین کشش می باشد. از این منحنی برای کنترل نیروی بالا برنده و انحراف زنجیر مقرر استفاده می شود. حداقل درجه حرارت محیط با توجه به موقعیت جغرافیایی آن منطقه تعیین می شود.

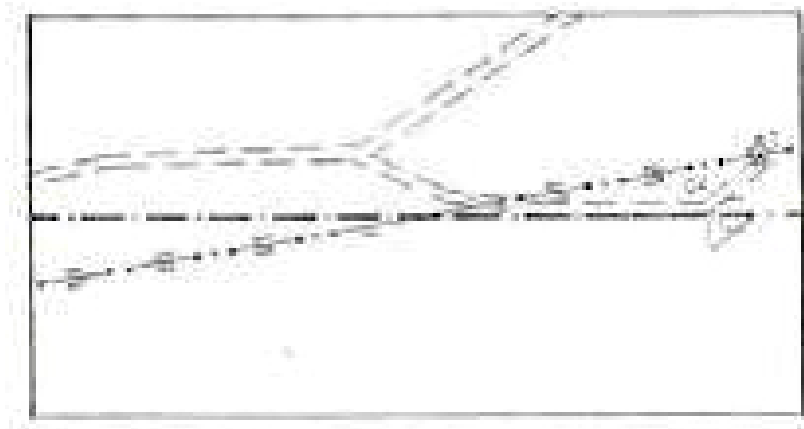
منحنی فاصله مجاز هادی از زمین: این منحنی به منظور رعایت فاصله مجاز بین هادی و زمین در شرایط بیشترین فلش ممکن با فاصله ای ثابت زیر منحنی گرم رسم می شود. طریقه ترسیم آن به اینگونه است که تمام خطوط قایم بین منحنی گرم و منحنی مزبور مساوی و به اندازه فاصله مجاز هادی تا زمین باشد.

تمپلت (Template) به وسیله ای که منحنی های مختلف سیم روی آن رسم گردیده و جهت برج گذاری مورد استفاده قرار می گیرد.

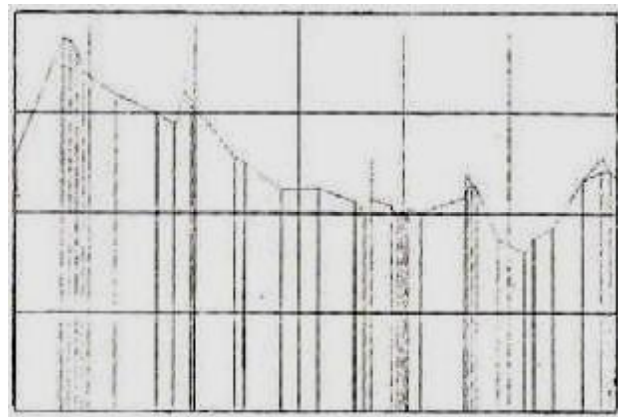




پلان(plan):دید از بالای مسیر خط انتقال که نشان دهنده ی وضعیت زمین و عوارض موجود در حاشیه باند مسیر عبور خط می باشد را پلان گویند



پروفیل(Profile):دید از روبروی مسیر خط انتقال انرژی را که نشان دهنده ی پستی و بلندی های مسیر عبور خط انتقال انرژی می باشد.در حقیقت برشی از محور مرکزی خط انتقال و زمین را نشان می دهد.



فصل دوم

مسیریابی خطوط انتقال انرژی

خطوط انتقالی که انرژی را از محل تولید به محل مصرف انتقال می دهند باید از مسیر مناسبی عبور کنند، مسیر های مختلفی برای اتصال دو نقطه وجود دارد که باید مسیری انتخاب نمود که نکات زیر حتی الامکان در آن رعایت شده باشد.

1- کوتاهترین طول برای خط انتقال انرژی انتخاب شود.

2- از ایجاد زوایای بی مورد اجتناب شود

3- از مناطق کوهستانی خیلی سخت و همچنین در دامنه های با شیب تند عبور نکند.

4- مناطق شهری و توسعه آن ها (فرودگاه ، اتوبان ، مناطق مسکونی با تراکم زیاد، شهرک ها و...) در نظر گرفته شود.

5- در عبور از مناطق ارتشی ، میدان های رزمی و یا سایر مناطقی که نیروهای مسلح دولتی مستقیم یا غیر مستقیم در آن فعالیت دارند مسایل ایمنی کاملا رعایت شود.

6- جاده، راه آهن، اتوبان، لوله آب و گاز، نفت و کلیه موارد ازین قبیل با زاویه مناسب (حتی الامکان نزدیک 90) قطع شود.

7- در صورت موازی بودن خط با جاده ، راه آهن ، راه های اصلی ، اتوبان ها ، لوله آب - نفت - گاز و خطوط تلفن طول موازی کنترل شود تا القا ولتاژ از مقدار مجاز بیشتر نگردد.

8- دره ها ، رودخانه ها در نقاط کم عرض و با زاویه ای مناسب (حتی الامکان 90 درجه) قطع شود تا در اثر سیلاب ها خطراتی برای خط وجود نداشته باشد.

9- دسترسی به مسیر امکان پذیر باشد تا نصب و تعمیر خط به راحتی صورت گیرد

10- ورودی خروجی خط در محل پست ها مناسب باشد تا در آینده توسعه پست و اضافه نمودن تعداد ورودی ها و خروجی ها امکان پذیر باشد.

11- توسعه آینده در مسیر ممکن بوده و طرح هایی که در آینده در مسیر ممکن است از نظر خطوط و یا پروژه های دیگر اجرا شود بررسی گردد.

12- جنس خاک و نوع زمین و مقاومت مکانیکی آن بررسی شود.

13- در مناطق کوهستانی به مساله ریزشی بودن کوه ها توجه شود

14- مسیر از باتلاق ها و شالیزار ها عبور نکند

15- مسیر خط از مناطقی که دارای هوای آلوده بوده و باعث آلودگی زیاد مقرر می شود عبور نکند.

16- برای اجتناب از وارد کردن خسارت به کشاورزان و منابع طبیعی سعی شود خط تلاقی کمتری با باغات، جنگل ها و روستا ها و غیره داشته باشد زیرا در حریم درجه 1 خط می بایست تمام ساختمان ها تخریب و درختان قطع شود.

بنابراین بعد از تعیین شدن محل پست ها و خروجی خطوط از پست ها و با توجه به نکات بالا مسیر تعیین می گردد که مراحل آن بیان می شود:

برای تعیین مسیر ابتدا روی نقشه معمولی با توجه به عوارض زمین (کوه ها، دره ها، رودخانه ها، جاده ها، شهر ها و ...) مناسب ترین مسیر را پیدا کرده و سپس از منطقه مورد نظر عکس های هوایی تهیه می نمایند و مسیر بدست آمده روی نقشه را روی عکس هوایی گرفته شده منتقل می کنند و با استریوسکوپ (وسیله ای که عکس های هوایی گرفته شده را بصورت سه بعدی نشان می دهند) مسیر را دقیق بررسی کرده اصلاحات لازم را انجام می دهند.

در مرحله بعد مسیر بدست آمده را مورد بازدید قرار می دهند و عوارض طبیعی و مصنوعی از نزدیک دیده می شوند اصلاحات لازم در این مرحله نیز انجام می گیرد و نقشه تصحیح می شود سپس نقاط زاویه که در نقشه مشخص است روی زمین علامت گذاری می شود (این علامت گذاری باید بصورتی باشد که در هنگام نقشه برداری مجدد کاملاً مشخص باشد-دایره ای به شعاع 20متر با گچ سفید)

حال برای اینکه تمام اصلاحات انجام شده روی نقشه منعکس باشد و طرح های عمرانی-جاده ها- ساختمان ها - مراکز صنعتی - و.. منظور شده باشد دقیقاً از خود مسیر عکس برداری هوایی می شود و در این عکس برداری مقیاس های مورد نیاز استفاده می شوند(مثلاً کویر-کوهستان - جنگل - شهر - و...در هر قسمت مقیاس فرق می کند)

بعد از عکس برداری هوایی اضافات و پوشش ها حذف می کنند و عکس ها را کنار هم بصورت موزاییک می چینند و بار دیگر از آنها فیلم تهیه می کنند و بار دیگر از آنها فیلم تهیه می کنند(در یک فیلم و در صورت طولانی بودن مسیر در چند فیلم)سپس روی فیلم مسیر نهایی را پیاده می کنند و اوزالید گرفته و مورد استفاده قرار می دهند.

حال با استفاده از عکس های جدید با دید استریوسکوپی مسیر را دقیق تر مطالعه می کنند و باز در صورت لزوم اصلاحات انجام می شود.

بار دیگر گروه مسیر یاب مسیر را دقیق تر طی می کنند و از نظر ریزشی بودن زمین، جنس زمین و غیره بطور دقیق بررسی می شود و چگونگی عبور از رودخانه، کوه ها و دره ها و راه ها مشخص می شود سپس در نقاط زاویه پرچم زده می شود و نقشه های هوایی و جغرافیایی را کامل می کنند

سپس اصلاحات نهایی را وارد می کنند نقاط ابتدا و انتها تعیین و چگونگی مسیر در ورود و خروج به پست ها مشخص می شود محل و مقدار زاویه نیز معین شده و فاصله تقریبی بین زوایا را تعیین می کنند و اطلاعات فوق را در اختیار نقشه بردار قرار می دهند.

نقشه برداری

نقشه برداری یکی از ملزومات طراحی و اجرا پروژه هاست و نقشه بردار مجموعه اطلاعات لازم برای طراحی و اجرا خطوط انتقال نیرو را بصورت نقشه در اختیار مسئولین مربوطه قرار می دهند.

نقشه برداری عبارتند از برداشت عوارض طبیعی و مصنوعی جزئی زمین مانند تپه ها، دره ها، ساختمان ها، جاده ها، پایه ها و...

اساس نقشه برداری اندازه گیری طول و ارتفاع و زاویه بین دو امتداد است

اندازه گیری طول:

اصولا طول بصورت افقی اندازه گیری می شود. وسایل اندازه گیری طول عبارتند از: متر، دوربین تئودولیت و GPS

مقیاس

فواصل طبیعی و عوارض طبیعی با یک نسبت مشخص شده روی نقشه پیاده می شوند این نسبت را مقیاس نقشه گویند. این مقیاس معمولا بصورت زیر تعیین می شود:

مقیاس = فاصله دو نقطه روی نقشه تقسیم بر فاصله افقی همان دو نقطه روی زمین

مثلا اگر مقیاس نقشه ای $1/5000$ باشد یعنی یک سانتی متر روی نقشه برابر 50 متر روی زمین است.

تمام نقشه ها و عکس های هوایی دارای مقیاس هستند و مقیاس نقشه های هر طرح بر اساس شرایط آن طرح و نیاز مشاوران آن انتخاب می شود.

در مورد نقشه های خطوط انتقال دو مقیاس را تعیین کرده اند که در تمام طرح ها استفاده می شود:

مقیاس طولی: 2000/1

مقیاس عرضی: 500/1

خطا

خطا های ممکن عبارتند از : خطای دوربین، خطای اندازه گیری برداشت، خطای تراز کردن وسایل، خطا در استقرار دوربین، خطای ترسیمی در پیاده کردن نقاط روی کاغذ خطای ترسیمی از بقیه خطاها مهم تر است که به دقت نقشه کش و قطر نوک مداد یا راپیت بستگی دارد برای ماهر ترین نقشه کش این خطا 0.1 میلیمتر است ولی معمولا مجاز آن را 0.2 در نظر می گیرند.

با توجه به خطای مجاز 0.2 و مقیاس ها خواهیم داشت:

$$100\text{mm}=500*0.2=\text{خطای ارتفاعی مجاز}$$

$$400\text{mm}=2000*0.2=\text{خطای طولی مجاز}$$

برای هماهنگی و یکنواختی در نقشه های مسیر خطوط انتقال سازمان نقشه برداری ایران قوانینی تنظیم کرده است که با توجه به آنها پلان و پروفایل تهیه می شود و موارد مهم آن عبارت است از:

1- نوع کاغذ: کالک میلیمتری

2- ابعاد کاغذ طول 2 متر عرض برای مسیر کوهستانی 75 سانتی متر و برای مسیر دشت 35 سانتی متر

به هر نقشه به ابعاد فوق یک sheet گویند.

سربرگ: اطلاعاتی از قبیل شماره صفحه، نام پروژه، نام منطقه، ولتاژ خط، نوع سیم اصلی؛ نوع سیم گارد، حداکثر کشش مجاز سیم، اسپن معادل طراحی، مقیاس ارتفاعی، مقیاس طولی، مقدار کیلومتر مسیر در آن صفحه، شماره پایه های آن صفحه، تاریخ تهیه و نام شرکت های کارفرما و مشاور و پیمانکار در آن نوشته می شود. و در سمت چپ نقشه پلان و پروفیل واقع می شود.

قوانین

ضخامت خطوط: از 0.13 تا 0.4 میلیمتر بسته به مورد بر طبق استاندارد

ارتفاع کلیه نقاط، فاصله بین ایستگاه ها، شماره ایستگاه ها، طول مسیر و فاصله بین پایه ها بین پلان و پروفیل نوشته می شود و شماره و نوع و ارتفاع پایه و نوع مقره مقدار وزنه و نوع فونداسیون در بالای پروفیل نوشته می شود.

پاشنه نقشه: در ابتدای هر برگ به مقدار 100 متر از برگ قبلی تکرار می شود

Match-line خطی که در انتهای یک sheet و در ابتدای یک sheet (بعد از پاشنه نقشه) رسم می شود و با تطبیق آن دو یک نقشه پیوسته داریم

پایه های مخابراتی و رادیو تلویزیونی تا فاصله 3 کیلومتری و فرودگاه (فاصله و زاویه آنها) تا فاصله 5 کیلومتری خط باید روی نقشه مشخص شوند

علایمی که در نقشه ها بکار می روند دو دسته اند:

1-علایم پروفیل

2-علایم پلان




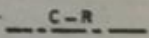
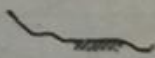


علائم پروفیل

علائمی که در پروفیل بکار می روند محدود و فقط برای بیان ارتفاع موانع و پروفیل جانبی، جاده و... بکار می روند

علائم پلان



















علائمی که در پلان بکار می رود نشان دهنده تمامی عوارض طبیعی و مصنوعی زمین است. در پلان ممکن است بجای علامت، کلمه انگلیسی آن نوشته شود

جدول علائم پروفیل

علامت	نام
	مقطع سیم خطوط برق یا تلگراف که مسیر خط را قطع میکند.
	پروفیل جانبی راست
	پروفیل جانبی چپ
	جاده (برمقطع جاده ها شورزده میشود)
	مقطع یک مانع در محور خط و مقدار ارتفاع آن
	ارتفاع درختان
	مقطع رودخانه، آب بند، مرداب، نهر، کانال و... در محور خط

علائم پلان

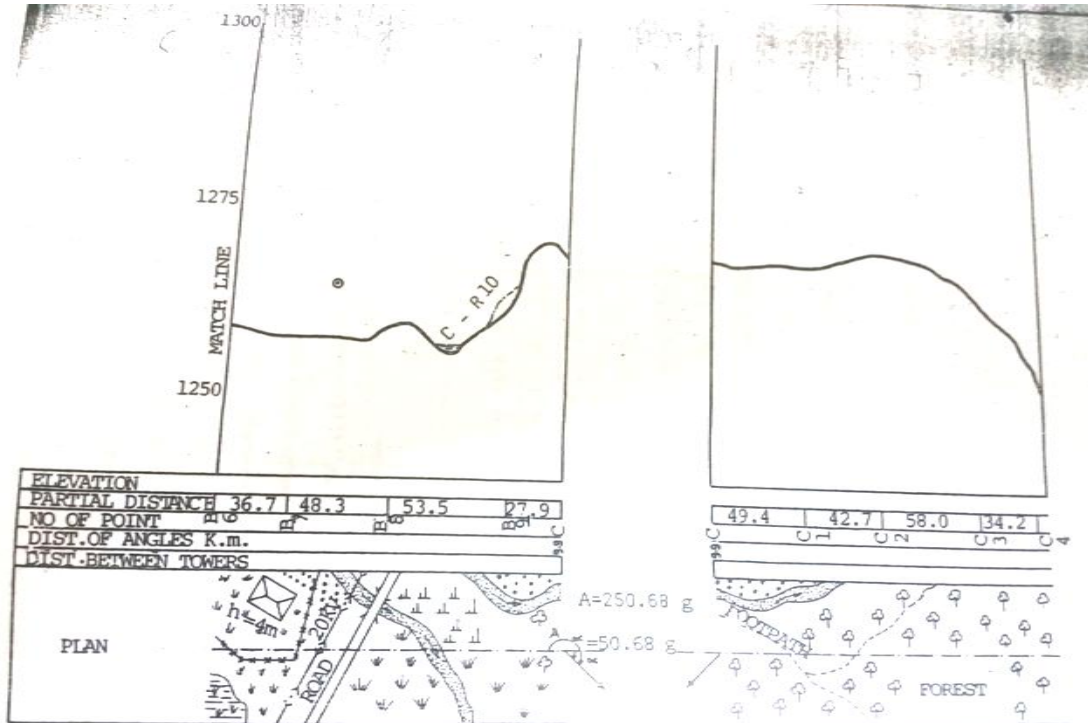
بعد از تهیه شدن پلان و پروفیل و پایه گذاری روی آن ، محل پایه ها که در پلان و پروفیل مشخص شده است روی زمین انتقال داده و چون محل دقیق پایه ها معلوم است زمین در محل های فوق با دقت بیشتری بازدید می شود و چنانچه اصلاحاتی از قبیل تغییر محل پایه در امتداد خط یا تغییر قسمتی از مسیر لازم باشد صورت می گیرد و در پلان و پروفیل نیز منعکس می شود

نام	علامت	نام
Building		ساختمان
Religious building		اماکن مذهبی
Ruin		خراب
Wall		دیوار
Railway		راه آهن
Asphalted road		راه آسفالت
Unsurfaced road		راه شوسه
Wheel drive road		راه جیپ رو
Footpath		راه مالرو
Bridge		پل معمولی
Limit		حد
Wire fence		سیم خاردار
Hedge		پرچین
Fence		سرد
Pipe line		خط لوله
Telephone or Telegraph line		خط تلفن و تلگراف
Power line		خط انتقال نیرو
Tank (oil-water-etc)		مخازن (مواد نفتی آب وغیره)

نام	علامت	نام
Pylon		پایه
Trees plantation		درختکاری
Cultivated land		زمین مزرهعی
Lawn		چمن
Forest		جنگل
Bush		بوتهزار
Palm grove		نخلستان
Vine yard		ناکستان
Rice plantation		خالعزار
Tea plantation		چایکاری
Cotton plantation		پنبهکاری
River		رودخانه
Canal		کانال
Stream		نهر
Water course		آببریز
Dyke		بند
Dyke		آببندان
Flood way		مسيل

نام	علامت	نام
Swamp		باطلاق
Lagoon		مرداب (مانداب)
Qanat		رشته قنات
Deep well		چاه عمیق
Well		چاه
Spring		چشمه
Pool		استخر
Stream with trees		جوی با درخت
Boundary		مسرز
Contours		منحنی میزان
Rock		صخره
Cutting		بریدگی
Cemetery		گورستان
Spot height	504.9	نقطه ارتفاعی
Rooper B.M		بنج مارک
Poligon station		رئوس پیمایش
Trig. point		نقطه مثلث بندی

نمونه ای از پلان و پروفیل



مسیر یابی خطوط فشار متوسط

1- مشخص نمودن هادی مناسب با توجه به قدرت انتقال مورد نیاز

نکاتی که در انتخاب هادی مناسب باید مد نظر قرار داد از قرار زیر است

الف) حداکثر جریان مجاز هادی :

براساس توان مورد نیاز ، جریان عبوری از هادی را بدست آورده و با در نظر گرفتن این جریان و حداکثر جریان مجاز هادی ها و اعمال ضرایب (ضریب همجواری ، ضریب عمق دفن خاک ، ضریب دما و ...) هادی مناسب را انتخاب می کنیم

(ب) افت ولتاژ :

با در نظر گرفتن مقاومت و اندوکتانس هادی مورد نظر و جریان عبوری ، افت ولتاژ ته خط را محاسبه نموده و اگر در صد افت ولتاژ بدست آمده در محدوده مجاز قرار نداشت می بایست سطح مقطع هادی را تغییر داد.

(ج) حداکثر جریان اتصال کوتاه :

هادی های مختلف قدرت تحمل جریان اتصال کوتاه مختلفی دارند. با محاسبه حداکثر جریان اتصال کوتاه و مقایسه آن با حداکثر جریان اتصال کوتاه مجاز هادی های مختلف می توان هادی مناسب را انتخاب کرد.

(د) حداقل جریان اتصال کوتاه :

برای انتخاب فیوز حفاظت کننده نیاز به محاسبه حداقل جریان اتصال کوتاه میباشد . به دلیل عدم تنوع فیوز های حفاظت کننده ، در بعضی مواقع می بایست هادی انتخاب شده را عوض کرد

2- مشخص نمودن اسپان اقتصادی با توجه به شرایط منطقه

با توجه به شرایط آب وهوای منطقه و سطح مقطع هادی مورد استفاده برای اسپن های مختلف محاسبات انجام داده و اقتصادی ترین اسپن را انتخاب میشود.

3- مشخص شدن قدرت وار تفاع پایه ها

در حین انجام بازدید مسیر و مشخص شدن فواصل پایه ها و زوایای آن بایستی ارتفاع پایه ها با توجه به حریمها مشخص گردد.

براساس نیرو های وارد بر پایه ، اعم از نیروی کشش شبکه ، نیروی باد و ... قدرت پایه ها با محاسبات توسط نرم افزار مربوطه انتخاب می شود

نکات قابل توجه

- یافتن مسیر مناسب
- با توجه به چند مرتبه بازدید از محل شروع تا محل مورد نظر و توجه به حریم لوله گاز ، کابل مخابرات ، لوله آب ، چاه فاضلاب ، شبکه برقدار دیگر و مسیر مناسب انتخاب میشود.
- مشخص نمودن نقاط مناسب برای زوایا و نصب پایه و انتخاب نقاط کاندید
- جابجا کردن نقاط زوایا بین نقاط کاندید و در نتیجه انتخاب مناسب ترین مسیر با کمترین زاویه
- پس از بازدید از مسیر شبکه باید نقاط زاویه با نصب ژالون ویا سنگ چینی مشخص شده و در انتها تصمیم نهایی جهت طرح پیشنهادی مناسب ، با حداقل نمودن تعداد و درجه زوایا ، عدم عبور از عرض جاده ، قرار نگرفتن شبکه در نقاط دوردست و نامناسب اتخاذ کرد.
- استفاده از دوربین و مشخص نمودن نقاط میانی
- استفاده از امکانات دستگاه GPS در انجام طراحی بهتر
- زمان بازدید از محل ، بهتر است با استفاده دستگاه GPS مسیر انتخابی را مشخص کرده و نقاط زاویه و دداند را علامت گذاری نمود و در انتخاب مسیر بهینه با کمترین زاویه و درجه استفاده کرد
- جلوگیری از اختلاف ارتفاع زیاد در هنگام انتخاب نقاط کاندید مجاور
- در طراحی و جانمایی شبکه باید حداقل مقدار اختلاف ارتفاع رارعايت و چگونگی انجام سیم کشی و مقدار نیروی وارد شده به سمت بالا به پایه (اپلیفت)را مدنظر قرارداد (جهت محاسبه اپلیفت بایدفلش درحداقل دما محاسبه شود)
- کاربردهای دوربین و خطاهای مربوطه



1. دوربین چشمی

2. دوربین تئودولیت

مسیر یابی در:

1. در زمین های مسطح و بکر

2. در زمین های تپه ماهور

3. در زمین های کوهستانی

4. در مجاورت جاده های بزرگ و ترانزیت

4.1. در نزدیکی شهرها

4.2. دور از شهرها

1. در مجاورت جاده های فرعی

2. در مجاورت جاده های موجود در زمین های کشاورزی

3. در داخل شهر

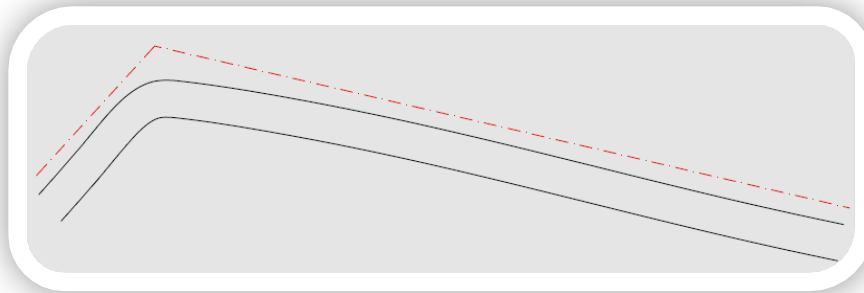
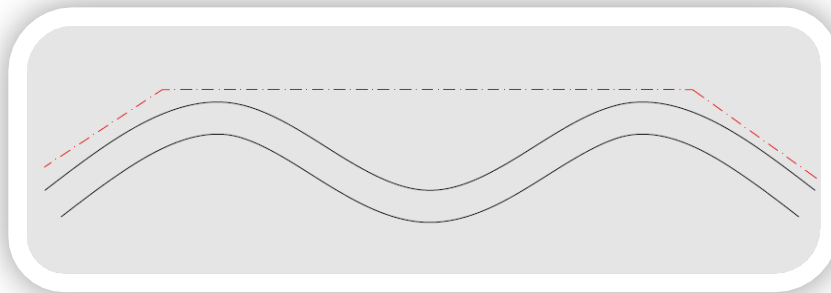
نکات مهم

- مسیر انتخابی باید با حداقل طول شبکه هدف مورد نظر را برآورده سازد
- جهت تسهیل در عملیات احداث ، نگهداری و تعمیرات بهره برداری تا حد امکان باید مسیر انتخابی در نزدیکی جاده طراحی شود
- کاهش تعداد زوایا و درجه آنها باعث افزایش پایداری شبکه می شود

- در طراحی شبکه باید تا حد امکان نکات مهم جهت احداث شبکه از جمله امکان نصب توسط جرثقیل، قرارنگرفتن پایه ها در آبرفتها یا تپه ها مد نظر قرار گیرد
- اجرای ادامه شبکه و گرفتن تیاف از آن بدون نصب پایه های اضافی در آینده باید به سهولت انجام گیرد

1.2- مشخص نمودن زوایای کلی و برگشت ناپذیر

در جاده هایی با پیچ و خم زیاد یا برگشت پذیر و طول کوتاه مانند شکل زیر نیازی به طراحی شبکه در امتداد جاده نیست.



در جاده های اصلی با عبور و مرور زیاد و ترانزیت ، تا حد امکان نباید شبکه از عرض جاده عبور کند در صورت عبور شبکه از عرض جاده مقدار کلیرانس مجاز باید مد نظر قرار گرفته و از پایه های بلندتر استفاده گردد.

نکته مهم:

احداث شبکه از روی زمینهای کشاورزی و زمینهایی با کاربری غیر مسکونی و خارج شهری مجاز بوده و در این نوع تا حد امکان، شبکه باید بدون زوایا یا دداند اضافی طراحی شود.

1.3- تعیین نقاط دداند :

1.3.1- روش سنتی

مشخص نمودن (برجسته نمودن) نقاط زاویه بر روی زمین و بررسی مسیر راست رو و شبکه بین نقاط زاویه و سپس در صورت نیاز اصلاح موقعیت زاویه و پس از تثبیت نقطه زاویه و شروع پیکتاژ با توجه به اسپان اقتصادی

1.3.2- روش جدید

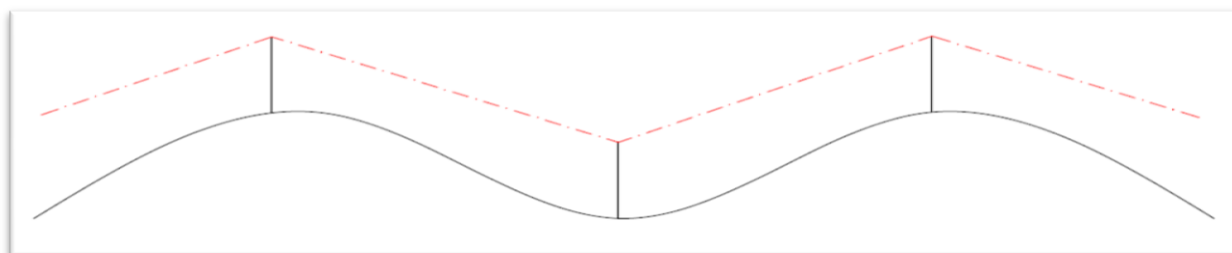
با استفاده از GPS نقاط زاویه ای که بر روی زمین برجسته شده است بررسی می گردد و پس از پیاده سازی نقاط روی نقشه UTM و Google Earth با جابجایی نقاط زاویه بهترین مسیر را با کمترین زاویه شناسایی و سپس جهت پیاده سازی به موقعیت محل مراجعه نموده و مطابق روش قبلی نسبت به پیکتاژ اقدام می گردد.

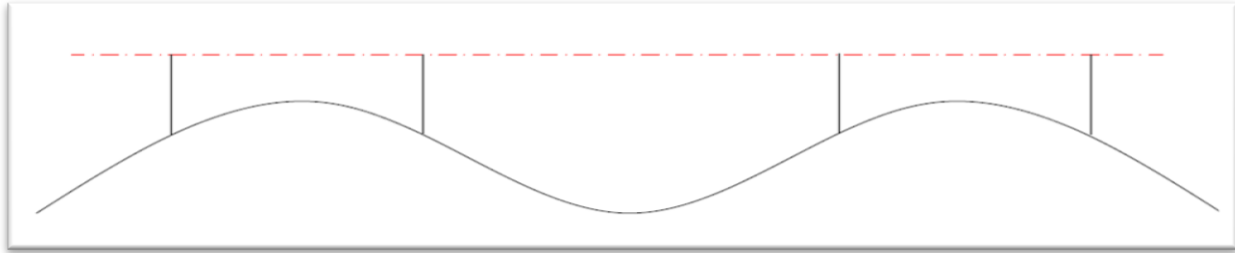
2- مسیر یابی در زمین های تپه ماهور

علاوه بر موارد ذکر شده فوق در زمین های تپه ماهور بایستی بر موارد زیر توجه کرد:

2.1- محل پایه ها به گونه ای پیکتاژ گردد که شبکه حتی الامکان به صورت افقی باشد و از پایین و بالا شدن پایه ها خصوصاً پایه های مجاور خودداری گردد.

روش غلط





2.2- از نصب پایه در محل های خط القعر جداً خودداری گردد.

2.3- با توجه به مطلب فوق بایستی کلیرانس شبکه تا نقاط بالایی تپه ها کنترل و با در نظر گرفتن آن طراحی انجام گردد.

2.4- در صورتیکه مجبور باشیم از اسپان هایی بالاتر از اسپان اقتصادی محاسبه شده استفاده کنیم موارد زیر بایستی مورد توجه قرار گیرد :

2.4.1 - قدرت پایه ها

2.4.2 - تعداد پایه ها

2.4.3 - نیاز به مهار

2.4.4 - مقاومت مکانیکی سیم

2.4.5 - فاصله فازها

بدست آوردن فاصله فازمجاز به صورت تجربی:

با تقسیم طول اسپن بر عدد 100 میتوان تقریباً فاصله فاز مجاز رابدست آورد.

□ مثال: فاصله فاز مجاز اسپن 150 متری تقریبا 5/1 متر میباشد که در این صورت با انتخاب آرایش مناسب میتوان فاصله فاز مجاز را رعایت نمود.

نکته: سعی شود از اسپن های خیلی بزرگ مثل 250 متر به بالا در طراحی استفاده نگردد.

نکته: طراحی باید طوری انجام شود که حداقل تجهیزات در شبکه استفاده شود مثلا در ددانها باید آرایشی را پیشنهاد داد که نیازی به استفاده از مقره سوزنی نباشد.

نکته:

در صورتی که اختلاف ارتفاع بیش از 3 الی 4 متر باشد پایه باید دداند شود ولی در صورتی که کمتر از این مقدار و طول اسپن زیاد باشد میتوان آرایش آویزی را پیشنهاد داد.

► پدیده گالوپینگ

در شرایط یخبندان و در صورتی که قطر یخی حول محور سیم ایجاد شده باشد و با تغییر درجه حرارت به گرما باعث ذوب و رها شدن یخ ها شده که تنش ناگهانی به سیم وارد میکند و این پدیده را گالوپینگ می نامند.

نکته:

در مناطق روستایی و غیر شهری و زوایای 90 درجه باید پایه دربرایند نیرو نصب شود و جهت اینکه در این زاویه فاصله فازها زیاد نزدیک نشود از کراس آرم 4/2 و 3 متری میتوان استفاده کرد.

نکته :

در مناطق شهری به علت اینکه اسپنرها کوتاه بوده و ملاک محل نصب پایه ، جداول و عرض خیابان میباشد و ممکن است بر روی پایه ها ، شبکه فشار ضعیف و چراغ لاک پشتی نصب شود لذا به علت اینکه ظاهر شبکه نامناسب نباشد بهتر است پایه رادراستای شبکه و خیابان اجرا شود.

نکته :

در زمان طراحی احداث یا بهینه شبکه باید چگونگی ومدت زمان خاموشی را مد نظر قرار داد.

3- در زمین های کوهستانی

علاوه بر موارد ذکر شده در مسیریابی حالت اول و دوم باید موارد زیر را نیز مد نظر قرارداد :

3.1- شناسایی نقاط ثابت زمین (منظور از نقاط ثابت ، نقاطی است که در معرض سقوط اجسام ، ریزش کوه ، رانش زمین و ... قرار نداشته باشند.)

3.2- شناسایی ایستگاههای مناسب برای نصب پایه

3.3- پیدا نمودن مسیرهایی که از نقاط شناسایی شده مناسب برای نصب پایه با کمترین زاویه و کمترین فاصله تا ایستگاه بعدی عبور نماید.

3.4- استفاده از دوربین برای انتخاب بهترین نقطه در محل ایستگاه مشخص شده

برای نصب پایه

3.5- مشخص نمودن تعداد پایه در هر ایستگاه و نحوه آرایش کراس آرم با توجه

به فاصله فازها

3.6- انتخاب یراق آلات مناسب در طراحی شبکه با توجه به کشش نهایی سیم ها

4- در مجاورت جاده های بزرگ و ترانزیت

4.1- در نزدیکی شهرها

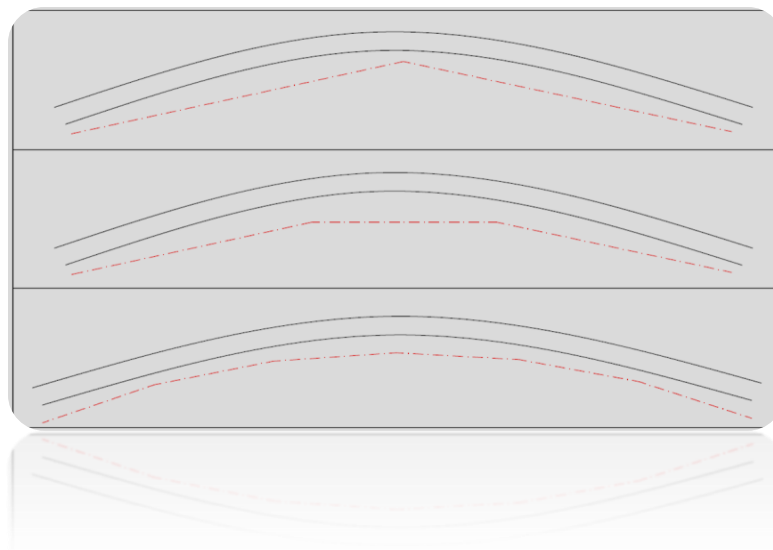
4.1.1- استعلام حریم جاده

4.1.2- در نظر گرفتن کلیه موارد در بندهای قبلی

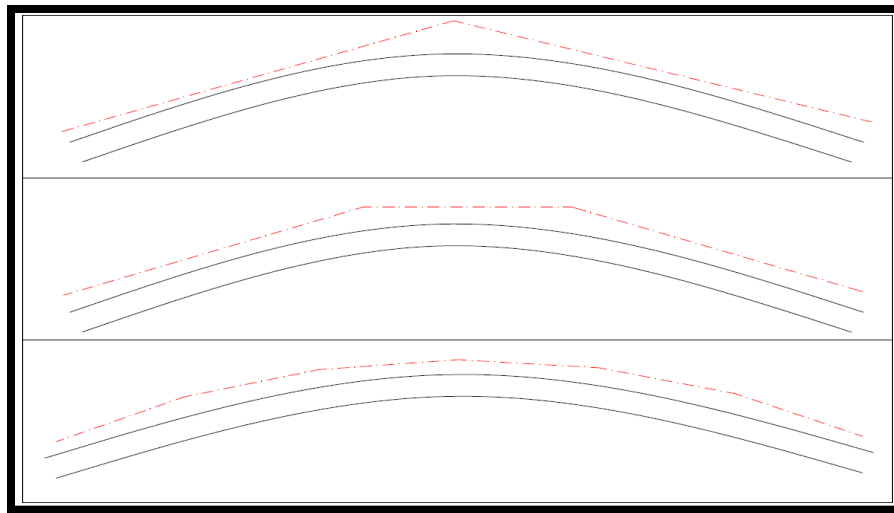
4.1.3- شروع عملیات پیکتاژ از چند متر خارج از حریم استعلام شده

جاده (این فاصله با توجه به محدودیت های مربوط به نزدیکی شهرها انتخاب می گردد.)

4.1.5- نحوه عبور از داخل زاویه جاده



4.1.6- نحوه عبور از خارج زاویه جاده



5- در مجاورت جاده های فرعی

الف - حریم جاده (رعایت حداقل حریم جاده ها)

ب - میزان اهمیت جاده

در جاده های فرعی بستگی به اهمیت جاده از روش های مختلفی جهت پیکتاژ استفاده می گردد :

5.1- جاده های بزرگ و آسفالت

در صورتیکه جاده فرعی از اهمیت بالا برخوردار باشد مطابق با جاده های اصلی با آن رفتار می گردد.

5.2- جاده های باریک ، مارپیچ و خاکی

در صورتیکه جاده های فرعی از اهمیت کمی برخوردار باشد (مانند جاده های خاکی غیر اصلی) که معمولاً این جاده ها به صورت مارپیچ می باشند ولی برای عبور شبکه در کنار

آن لازم نیست مطابق با پیچ و خم جاده حرکت نمود بلکه با حفظ فاصله منطقی از جاده می توان با عبور مکرر از عرض جاده ضمن حفظ فاصله کلی با جاده از پیچ و خم دار شدن شبکه و ناپایداری آن جلوگیری گردد.

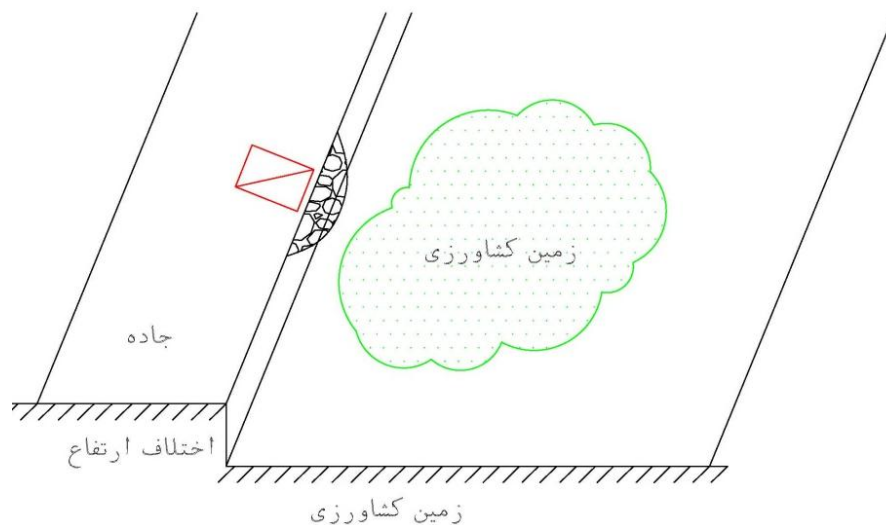
6- در مجاورت جاده های موجود در زمین های کشاورزی

ضمن رعایت موارد مربوط به جاده های فرعی موارد ذیل نیز رعایت گردد :

1- اختلاف ارتفاع جاده و زمین زیاد نباشد.

نکته:

در صورتی که امکان بستن و دیوارکشی پشت پایه وجود داشته باشد پایه ها را میتوان در جاده احداث کرد در غیر این صورت شبکه باید در زمینهای کشاورزی اجرا و سعی شود حداقل امکان پایه ها در مرز زمینهای کشاورزی احداث شود .



2- مسیر شبکه حتی الامکان تلاقی کمتری با زمین های کشاورزی ایجاد نماید.

3- حتی الامکان از مرزبندی زمین های کشاورزی برای نصب پایه استفاده گردد.

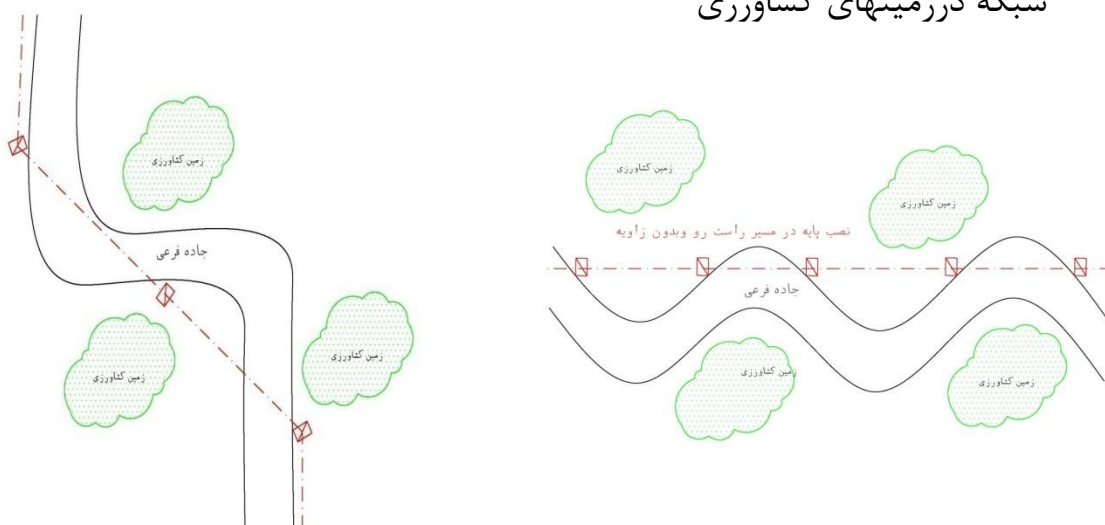
نکته :

در زمینهای کشاورزی به علت سستی زمین تعداد زوایا را باید به شدت کاهش داد

نکته :

در زمینهای کشاورزی وزمینهای نرم باید ابعاد گود تیر مقداری بیشتر از حد مجاز باشد تا سطح اتکای جسم سخت با جسم نرم بیشتر شده واستحکام نصب تیر بیشترشود.

- کاهش تعدادزوایا درجاده های فرعی برگشت پذیر با طول کم وبالا بردن استحکام مکانیکی شبکه در زمینهای کشاورزی



7- در داخل شهر ها

7.1- استعلام از ارگان های مربوطه (اداره راه ، شهرداری ، دهیاری ، گاز ، مخابرات ، آب و ...)

7.2- استفاده از اسپان داخل شهری (حدود 60 الی 70 متر) به علت احداث شبکه ف.ض

7.3- طراحی شبکه با در نظر گرفتن شبکه فشار ضعیف و شبکه های دیگر

درموقعیت های خاص جهت طراحی شبکه نیاز به تامل بیشتری دارد مثلا برای احداث کابل خود ننگه دار فشار متوسط درزیر شبکه دومداره با پایه 12 متری میتوان بانصب پایه های جدید بین

اسپنهای موجود و با حفر گود بیشتر از حد مجاز کابل خود نگهدار فشار متوسط و حتی شبکه فشار ضعیف را بدون تداخل ، زیر شبکه دومداره اجرا کرد.

7.4- طراحی شبکه با در نظر گرفتن موقعیت جدول (عمود بودن بر جدول یا مماس بودن بر آن)

با توجه به نصب چراغ روی پایه های شبکه داخل شهری و به علت ظاهر شبکه لذا در بعضی مواقع نمی توان پایه ها را در برابری نصب نمود

7.5- طراحی شبکه با توجه به حریم

رعایت حریم شبکه از اهمیت بسیار مهم و حیاطی برخوردار می باشد. در زمان طراحی شبکه توجه به حریم های موجود مثل (بالکن - پنجره - دیوار - لوله گاز - لوله آب - مخابرات - فاضلاب و....) مهم بوده و حتی جهت مشخص شدن محل نصب پایه ها باید اطراف محل ، مورد توجه قرار گرفته تا زمان نصب با این حریم ها برخورد نداشته باشد.

7.6- ارتفاع شبکه

رعایت ارتفاع مجاز طبق جداول پیوستی در طراحی شبکه لازم بوده و در عبور شبکه از عرض خیابانها ، عبور از زیر یا بالای شبکه دیگر و.... باید مورد توجه قرار گیرد.

فصل سوم: محاسبات الکتریکی

انتخاب خط و هادی خط

برای تامین انرژی الکتریکی مورد نیاز یک منطقه و انتخاب ولتاژ و هادی های خطوط انتقال انرژی برای تغذیه نقاط مصرف آن منطقه، ابتدا بار ناحیه مورد نظر برای سال های آینده معمولاً 10 سال آینده برآورد می گردد

بدین ترتیب نقاط مصرف و توان مورد نیاز هر منطقه مشخص می شود. پس از تعیین

مقدار توان مصرفی و نقاط مصرف، بهترین شکل برق رسانی از لحاظ فنی و اقتصادی طراحی می گردد. در این مورد تمام امکانات مختلف و همه راه های ممکن بررسی می شود.

ولتاژ های استاندارد

ولتاژ ها بترتیب عبارتند از 20کیلو ولت-63کیلو ولت-132کیلو ولت-230کیلو ولت-400کیلو ولت می باشد.

در استان خوزستان وقسمتی از استان های مجاور آن ولتاژ 33کیلو ولت بجای 20کیلو ولت در شبکه های توزیع بکار می رود.همچنین ولتاژ 11کیلو نیز در استان خوزستان و فارس و سیستان بلوچستان بکار رفته است که در حال حاضر از ردیف ولتاژ های استاندارد خارج گردیده است. در استان فارس بجای ولتاژ 63کیلو ولت از ولتاژ 66استفاده می شود.

هادی هایی که برای خطوط توزیع (20کیلو) و فوق توزیع (63و132) و انتقال (230و400) در ایران بکار می رود از جنس آلومینیوم فولاد هستند.

هادی های آلومینیوم فولاد

برای ولتاژ 20کیلو ولت سیم های آلومینیوم فولاد FOX,MINK,DOG برای 63کیلو ولت سیم های LYNX,PARTRIDGE برای 132کیلو ولت سیم های ORIOLE,HAWK و برای 230کیلو ولت سیم های DRAKE,CANARY,CARDINAD و برای 400کیلو ولت سیم های CURLEW,MARTIN انتخاب گردیده اند.

لازم به توضیح است که در صورتی که نیاز به انتقال توان نسبتا زیاد با ولتاژ خاصی باشد با انتخاب سیم با سطح مقطع بیشتر می توان توان مزبور را انتقال داد بطوریکه امکان استفاده از HAWK در 63کیلو ولت و یا سیم DRAKE در 132کیلوولت و یا سیم CURLEW در 230کیلو ولت وجود دارد

برای هر خط انتقال انرژی ،قدرت انتقال و طول خط مشخص است.افت ولتاژ مجاز هم 5درصد در نظر گرفته می شود

حال با در نظر گرفتن قدرت انتقالی و طول خط، ولتاژ و هادی خط و تعداد مدارهای آن و همچنین ساده یا باندل بودنش طوری تعیین می شود که افت ولتاژ خط از 5 درصد تجاوز ننماید.

طبق بخشنامه وزارت نیرو در خردادماه سال 1360 سیم های آلومینیوم فولاد شامل 12 مقطع استاندارد گردیده که برای طرح و اجرای خطوط انتقال، فوق توزیع، توزیع باید فقط از آنها استفاده کرد و برای استفاده از سیم های دیگر خارج از این استاندارد اجازه وزارت نیرو لازم است.

در جدول مذکور مشخصات سیم های FOX, MINK, DOG, LYNX از سهامی آلومتک سازنده سیم در ایران گرفته شده است.

شماره جدول	میدول الاستیکیت $\times 10^{-6} / \text{cc}$	جرمان نامی (میر) Kg/mm^2	اندوز کتانس cm/km	مقاومت Ω/Km				وزن پارکس Kg	وزن Kg/km	طرح مقطع				قطر خارجی mm	قطر فرشته به تعداد		نام سیم
				AC		DC				کسل		آلومینیوم			آلومینیوم	فولاد	
				50°C	20°C	50°C	20°C			MCM	mm^2	MCM	mm^2				
				50°C	20°C	50°C	20°C										
19/1	8100	122	-/2825	-/8772	-/7878	-/8772	-/7872	1346	141	82/2	22/7	22/2	26/7	8/27	12/27	6x2/27	FOX
19/1	8100	288	-/2662	-/5091	-/2522	-/5091	-/2521	2222	255	125/2	22/6	122/5	22/1	10/28	12/26	6x2/26	MINK
19/8	7700	217	-/2506	-/2066	-/2726	-/2062	-/2722	2225	222	222/9	118/5	207/2	100	12/15	7x1/57	6x2/22	DOG
18/9	7700	260	-/2405	-/2222	-/2222	-/2222	-/2222	5107	522	209/6	156/9	266/8	125/2	12/20	7x2	26x2/57	PARTRIDGE
17/8	8200	529	-/2222	-/1771	-/1581	-/1766	-/1526	8127	822	226/2	226/2	226/9	122/2	12/52	7x2/29	20x2/29	LYNX
17/8	8200	520	-/2205	-/1901	-/1701	-/1901	-/1666	7726	782	215	210/2	226/2	120/5	18/82	7x2/29	20x2/29	ORIOLE
18/9	7700	270	-/2222	-/1222	-/1202	-/1222	-/1127	8821	977	552/6	281	277	221/7	21/80	7x2/28	26x2/22	HAWK
18/9	7700	900	-/2062	-/08	-/0725	-/08	-/0722	12165	1228	222/8	268/6	795	202	28/12	7x2/25	26x2/22	DRAKE
19/2	7000	270	-/2028	-/0722	-/0628	-/0722	-/0625	12662	1222	1016/6	515/1	900	256	29/52	7x2/28	52x2/28	CANARY
19/2	7000	1010	-/2020	-/0625	-/0611	-/0622	-/0528	15527	1828	1077/5	526	952	282/2	20/28	7x2/28	52x2/28	CARDINAL
19/2	7000	1060	-/1925	-/0627	-/0566	-/0618	-/0551	16822	1980	1166/7	591/2	1022/5	522/7	21/25	7x2/25	52x2/25	CURLEW
19/2	6800	1250	-/1908	-/0622	-/0621	-/0622	-/0622	21610	2382	1522/8	771/6	1221	682/6	26/17	12x2/21	52x2/21	MARTIN

جدول (۱-۲)

نام سیم	ولتاژ کیلو ولت	تعداد مدار	تعداد سیمها در هر فلز	حداکثر جریان مجاز در هر فلز (آمپر)	حداکثر قدرت حقیقی مجاز (مگا وات)	کیلومتر مگا وات
FOX	۲۰	۱	۱	۱۹۲	۵/۹۸	۶×۶
MINK	۲۰	۱	۱	۲۸۸	۸/۹۸	۷/۵×۷/۵
DOG	۲۰	۱	۱	۲۱۷	۱۳	۹×۹
PARTRIDGE	۲۰	۱	۱	۲۶۰	۱۲/۲۲	۱۰×۱۰
FOX	۲۰	۲	۱	۱۹۲	۱۱/۹۷	۸/۵×۸/۵
MINK	۲۰	۲	۱	۲۸۸	۱۷/۹۵	۱۰/۵×۱۰/۵
DOG	۲۰	۲	۱	۲۱۷	۲۶	۱۲/۵×۱۲/۵
PARTRIDGE	۲۰	۲	۱	۲۶۰	۲۸/۶۸	۱۳/۸×۱۳/۸
PARTRIDGE	۶۳	۱	۱	۲۶۰	۲۵/۱۷	۲۱×۲۱
ORIOLE	۶۳	۱	۱	۵۳۰	۵۲	۲۳×۲۳
LYNX	۶۳	۱	۱	۵۲۹	۵۳/۹	۲۳×۲۳
HAWK	۶۳	۱	۱	۶۷۰	۶۵/۸	۲۵×۲۵
PARTRIDGE	۶۳	۲	۱	۲۶۰	۹۰/۲۵	۲۱×۲۱
ORIOLE	۶۳	۲	۱	۵۳۰	۱۰۲	۲۲×۲۲
LYNX	۶۳	۲	۱	۵۲۹	۱۰۷/۸	۲۳×۲۳
HAWK	۶۳	۲	۱	۶۷۰	۱۳۱/۶	۲۵×۲۵
ORIOLE	۱۳۲	۱	۱	۵۳۰	۱۰۹	۲۷×۲۷
HAWK	۱۳۲	۱	۱	۶۷۰	۱۳۷/۸	۲۷×۲۷
DRAKE	۱۳۲	۱	۱	۹۰۰	۱۸۵/۲	۵۵×۵۵
ORIOLE	۱۳۲	۲	۱	۵۳۰	۲۱۸	۷۲×۷۲
HAWK	۱۳۲	۲	۱	۶۷۰	۲۲۵/۷	۶۸×۶۸
DRAKE	۱۳۲	۲	۱	۹۰۰	۲۷۰/۲	۹۹×۹۹
DRAKE	۲۳۰	۱	۱	۹۰۰	۳۲۲/۷	۱۰۸×۱۰۸
CANARY	۲۳۰	۱	۱	۹۷۰	۳۲۷/۷	۱۳۰×۱۳۰
CARDINAL	۲۳۰	۱	۱	۱۰۱۰	۳۶۲/۱	۱۳۵×۱۳۵

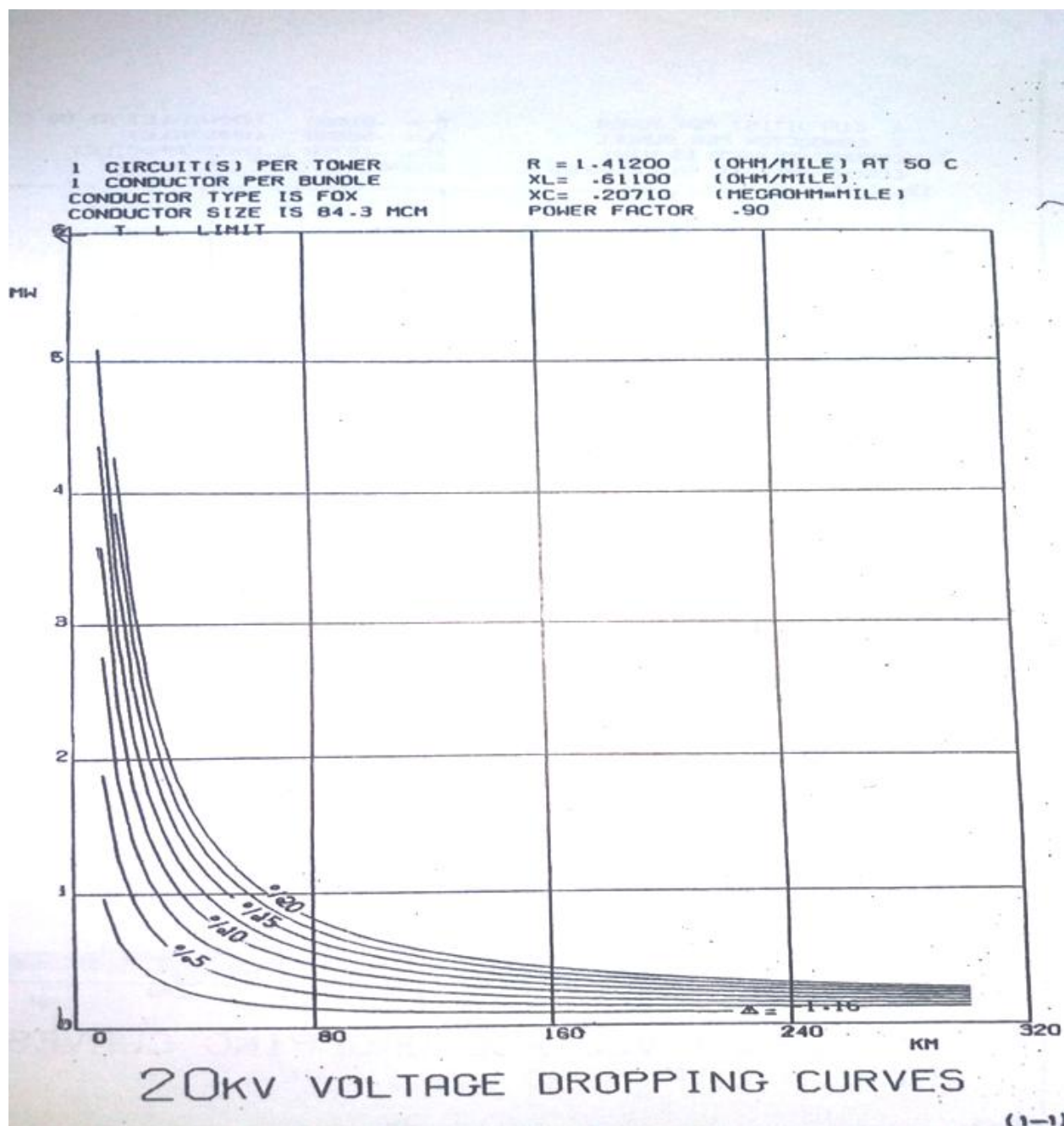
* کیلومتر مگا وات که بصورت ضرب دو عدد میباید نشان داده شد فقط جهت سهولت در استفا
آنهاست و حاصل ضرب آنها مورد نظر است.

دنباله جدول (۱-۲)

کیلومتر × مگاوات		حداکثر قدرت حقیقی مجاز (مگاوات)	حداکثر جریان مجاز در هر فاز (آمپر)	تعداد نیمها در هر فاز	تعداد مدار	ولتاژ کیلو ولت	نام سیم
۵ در صدافت ولتاژ	۱۰ در صدافت ولتاژ						
۱۰۲×۱۰۲	۱۳۵×۱۳۵	۳۸۰	۱۰۶۰	۱	۱	۲۳۰	CURLEW
۱۲۵×۱۲۵	۱۶۰×۱۶۰	۶۳۵/۳	۱۸۰۰	۲	۱	۲۳۰	DRAKE
۱۲۵×۱۲۵	۱۶۰×۱۶۰	۶۹۵/۵	۱۹۳۰	۲	۱	۲۳۰	CANARY
۱۲۶×۱۲۶	۱۶۱×۱۶۱	۷۲۲/۲	۲۰۲۰	۲	۱	۲۳۰	CARDINAL
۱۲۶×۱۲۶	۱۶۲×۱۶۲	۷۶۰	۲۱۲۰	۲	۱	۲۳۰	CURLEW
۱۲۸×۱۲۸	۱۹۰×۱۹۰	۶۳۵/۳	۹۰۰	۱	۲	۲۳۰	DRAKE
۱۵۱×۱۵۱	۱۹۳×۱۹۳	۶۹۵/۵	۹۷۰	۱	۲	۲۳۰	CANARY
۱۵۱×۱۵۱	۱۹۳×۱۹۳	۷۲۲/۲	۱۰۱۰	۱	۲	۲۳۰	CARDINAL
۱۵۲×۱۵۲	۱۹۸×۱۹۸	۷۶۰	۱۰۶۰	۱	۲	۲۳۰	CURLEW
۱۸۶×۱۸۶	۲۳۸×۲۳۸	۱۲۹۰/۷	۱۸۰۰	۲	۲	۲۳۰	DRAKE
۱۸۸×۱۸۸	۲۴۰×۲۴۰	۱۳۹۱	۱۹۲۰	۲	۲	۲۳۰	CANARY
۱۹۰×۱۹۰	۲۴۰×۲۴۰	۱۴۲۸/۲	۲۰۲۰	۲	۲	۲۳۰	CARDINAL
۱۹۳×۱۹۳	۲۴۵×۲۴۵	۱۵۲۰	۲۱۲۰	۲	۲	۲۳۰	CURLEW
۲۱۶×۲۱۶	۲۷۶×۲۷۶	۱۳۲۱/۹	۲۱۲۰	۲	۱	۴۰۰	CURLEW
۲۲۲×۲۲۲	۲۸۲×۲۸۲	۱۵۵۸/۸	۲۵۰۰	۲	۱	۴۰۰	MARTIN
۲۴۵×۲۴۵	۳۱۱×۳۱۱	۱۹۸۲/۸	۳۱۸۰	۳	۱	۴۰۰	CURLEW
۲۵۱×۲۵۱	۳۱۶×۳۱۶	۲۳۳۸/۲	۳۷۵۰	۳	۱	۴۰۰	MARTIN
۲۷۰×۲۷۰	۳۳۰×۳۳۰	۲۶۲۲/۸	۴۲۲۰	۳	۱	۴۰۰	CURLEW
۲۷۱×۲۷۱	۳۳۵×۳۳۵	۳۱۱۷/۷	۵۰۰۰	۳	۱	۴۰۰	MARTIN
۳۲۵×۳۲۵	۴۲۵×۴۲۵	۲۶۲۲/۸	۲۱۲۰	۲	۲	۴۰۰	CURLEW
۳۵۱×۳۵۱	۴۲۳×۴۲۳	۳۱۱۷/۷	۲۵۰۰	۲	۲	۴۰۰	MARTIN
۳۹۳×۳۹۳	۴۶۸×۴۶۸	۳۹۶۵/۷	۳۱۸۰	۳	۲	۴۰۰	CURLEW
۳۹۵×۳۹۵	۴۷۲×۴۷۲	۴۶۷۶/۵	۳۷۵۰	۳	۲	۴۰۰	MARTIN
۴۵۰×۴۵۰	۵۲۰×۵۲۰	۵۲۸۷/۶	۴۲۲۰	۳	۲	۴۰۰	CURLEW
۴۶۰×۴۶۰	۵۲۵×۵۲۵	۶۲۳۵/۲	۵۰۰۰	۳	۲	۴۰۰	MARTIN

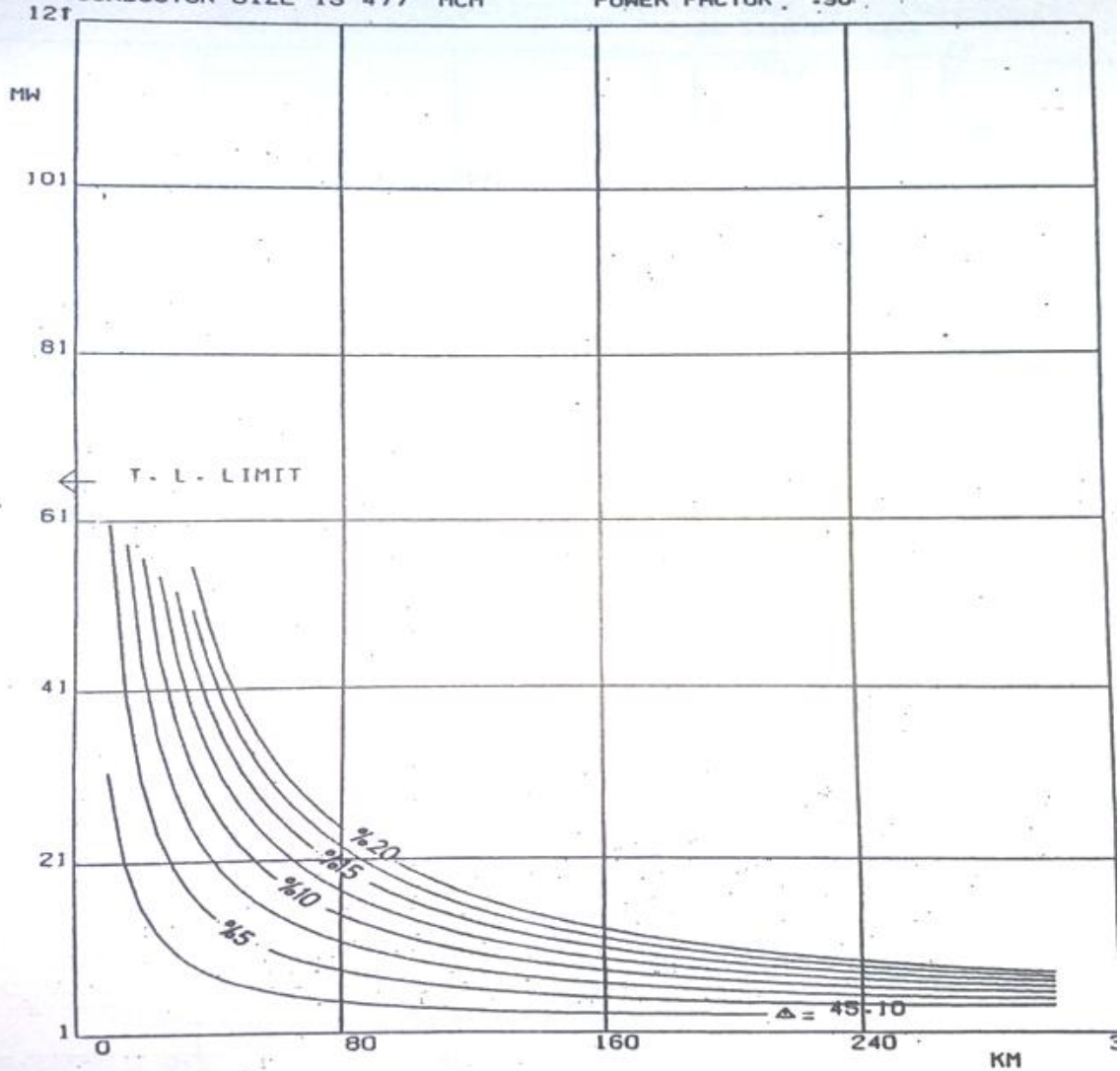
منحنی های افت ولتاژ

منحنی های افت ولتاژ برای سیم های استاندارد شده وزارت نیرو برای افت ولتاژ 5 و 10 و 15 و 20 درصد با توجه به قدرت انتقالی و فاصله مورد انتقال مشخص گردیده است.



1 CIRCUIT(S) PER TOWER
 1 CONDUCTOR PER BUNDLE
 CONDUCTOR TYPE IS HAWK
 CONDUCTOR SIZE IS 477 MCM

R = .21600 (OHM/MILE) AT 50 C
 XL = .61880 (OHM/MILE)
 XC = .21040 (MEGAOHM-MILE)
 POWER FACTOR .90

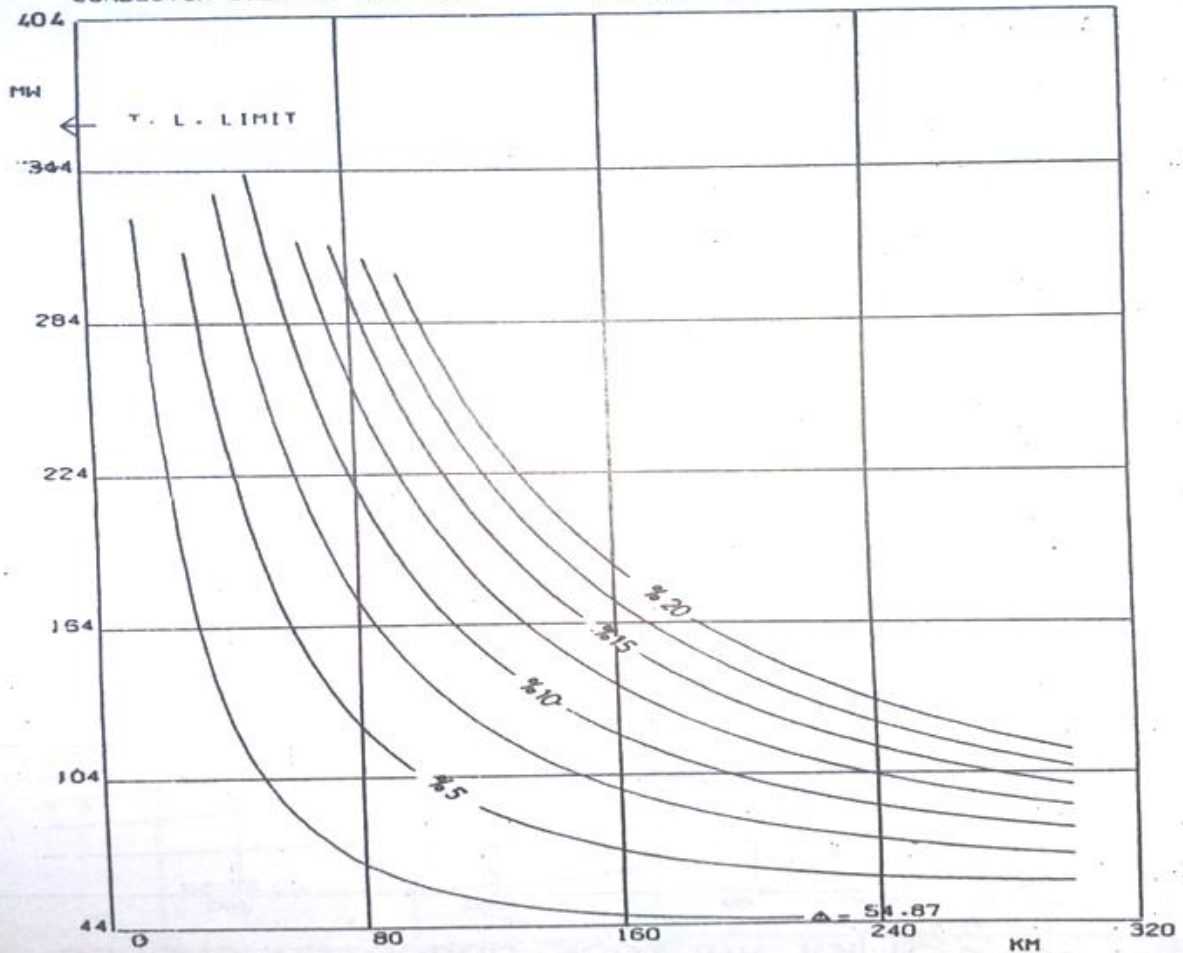


63KV VOLTAGE DROPPING CURVES

(1-1)

1 CIRCUIT(S) PER TOWER
 1 CONDUCTOR PER BUNDLE
 CONDUCTOR TYPE IS CARDINAL
 CONDUCTOR SIZE IS 954 MCM

R = .11180 (OHM/MILE) AT 50 C
 XL = .67530 (OHM/MILE)
 XC = .23000 (MEGAOHM/MILE)
 POWER FACTOR .90



230KV VOLTAGE DROPPING CURVES

(1-25) JS

YF

جدول سمبل ها و واحد آنها

واحد	نام	سمبل	واحد	نام	سمبل
m	اختلاف ارتفاع	h	kg*	کشش	T
m	اسپن	S	kg	کشش متوسط	T _m
m	اسپن معادل	S _R	kg	کشش افقی	H
m	اسپن بحرانی	S _C	kg	کشش افقی در اسپن معادل	T
m	اسپن وزنی	S _v	kg	حداکثر کشش مجاز سیم	H _C
m	اسپن بادگیر	S _w		(بحرانی)	
m	قطر دیسک مقره	d _T	kg	حداکثر مقاومت کششی	UTS
m	فاصله فازها	P _C	kg	نیروی ناشی از زاویه دار بودن خط	R _g
mm	قطر سیم	d		نیروی قائم	W _v
mm	ضخامت بیخ	i	kg	نیروی افقی	W _H
mm ²	سطح مقطع	s	kg	حداکثر نیروی قائم مورد تحمل پایه	V _T
kg/mm ²	مدول الاستیسیته	E	kg	حداکثر نیروی افقی مورد تحمل پایه	H _T
m ²	سطح موثر بادخور	A		نیروی باد روی زنجیره مقره	W _S
kg/m ²	فشار باد	P _w	kg	وزنه زیر زنجیره مقره	P _v
kg/m	برآیند نیروهای وارد بر واحد طول سیم	W	kg	وزن زنجیره مقره	Q
kg/m	وزن واحد طول سیم برهنه	W _C	kg	طول زنجیره مقره	L _I
kg/m	وزن واحد طول بیخ روی سیم	W _I	kg	فلش	f
kg/m	وزن واحد طول سیم همراه بیخ	W _{I+C}	m	پارامتر منحنی سیم	a
kg/m	نیروی باد روی سیم	W _w	m	طول سیم	L
KV	ولتاژ خط	U	m		

واحد	نام	سمبل	واحد	نام	سمبل
	ضریب کاهش اسپن	R	l/°C	ضریب انبساط خطی	α
	ضریب کاهش باد	β	درجه	زاویه وزش باد	φ
	ضریب اضافه بار	M	درجه	زاویه انحراف زنجیره مقره	φ
	ضریب برای جبران فضاها	J	درجه	زاویه انحراف خط در پایه	ψ
	بازبین مقره ها		°C	درجه حرارت	θ
			m/S	سرعت باد	V

منحنی سیم

منحنی سیم در طراحی خطوط انتقال انرژی از اهمیت خاصی برخوردار است زیرا تغییرات کوچکی در طول سیم باعث تغییر بزرگی در کشش سیم می شود
فلش سیم به کشش سیم بستگی دارد و تحت یک بارگذاری ثابت با افزایش کشش کاهش می یابد.
در مورد فلش دو نکته قابل ذکر است

- 1- در یک اسپن و بارگذاری ثابت با زیاد شدن فلش ضریب اطمینان سیم در مقابل پارگی افزایش می یابد زیرا سیم کمتر کشیده شده و در نتیجه کشش سیم کاهش می یابد.
- 2- اضافه شدن فلش سیم باعث افزایش ارتفاع پایه ها می شود زیرا در هر حال فاصله مجاز سیم از زمین باید رعایت شود $Clearanc$

فلش سیم

در طراحی خط انتقال انرژی فلش نقش مهمی دارد چون فلش بهترین وسیله عملی برای شناختن کشش سیم ها می باشد و همچنین ارتفاع پایه ها برای اینکه فاصله سیم ها تا زمین از حد معین پایین تر نباشد از روی همین فلش تعیین می گردد.

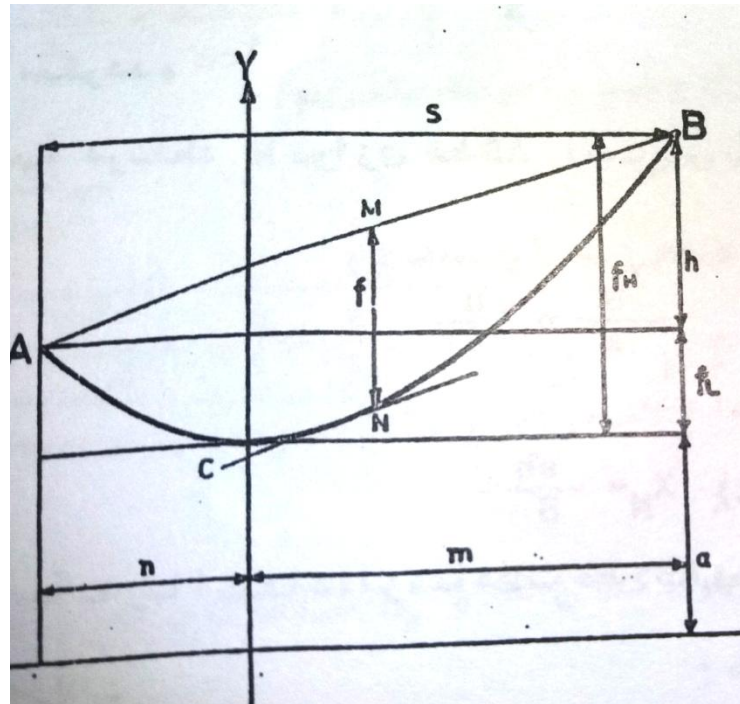
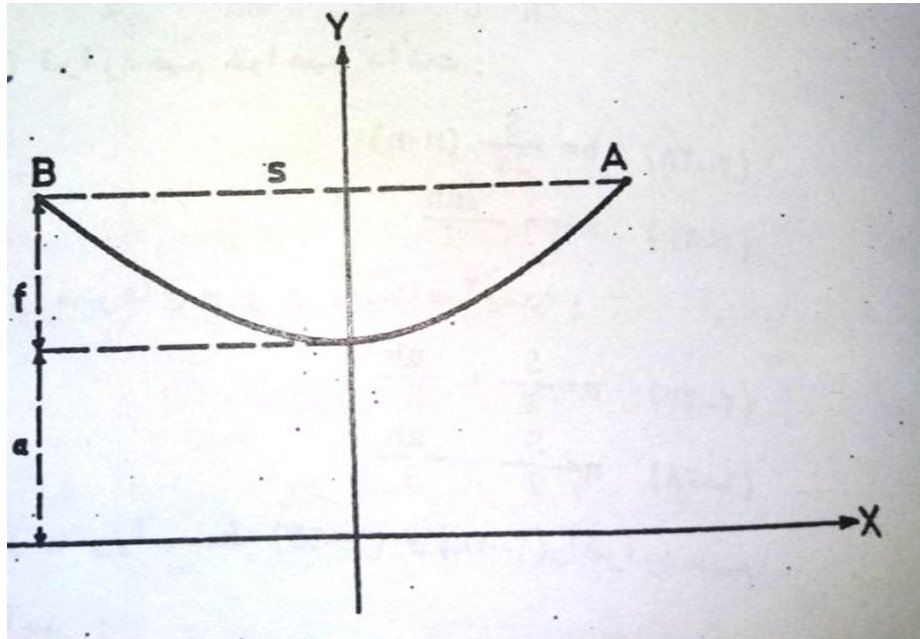
فرمول دائمی فلش

$$f = \frac{s^2}{8a}$$

F فلش

S طول اسپن

a پارامتر منحنی سیم



طول سیم

طول سیم در صورتی که پایه ها هم ارتفاع باشند از رابطه زیر بدست می آید:

$$L = s \left(1 + \frac{s^2}{24a^2} \right) = s \left(1 + \frac{8}{3} \left(\frac{f}{s} \right)^2 \right)$$

موقعی که پایه ها اختلاف ارتفاع داشته باشند:

$$L_h = L_0 + \frac{h^2}{2S}$$

L_0 طول سیم برای پایه های هم ارتفاع

h اختلاف ارتفاع پایه ها

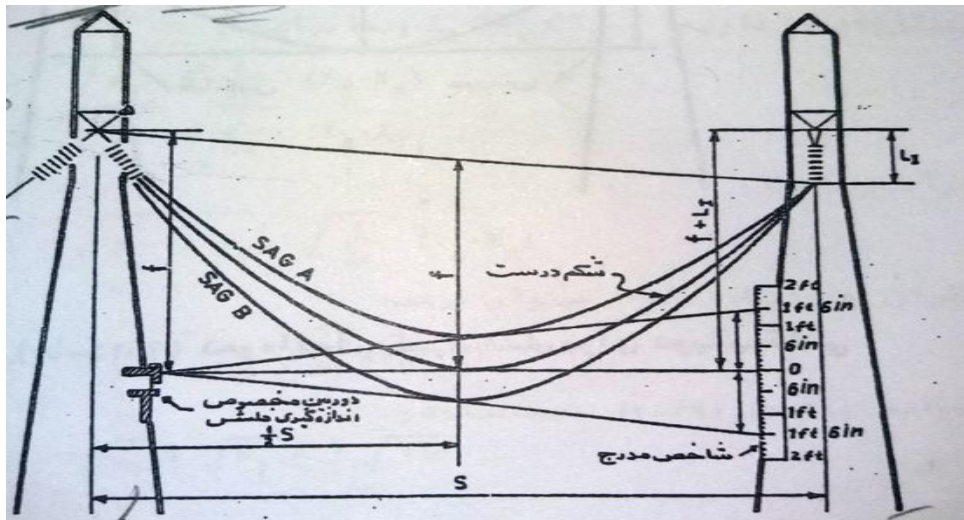
مثال

1) فلش و طول سیم را برای اسپن های 100 تا 1000 متر را بدست آورید (صد متر صدمتر) و نتایج را مقایسه کنید. وزن سیم را $W=1 \text{ kg/m}$ و $H=1000\text{kg}$

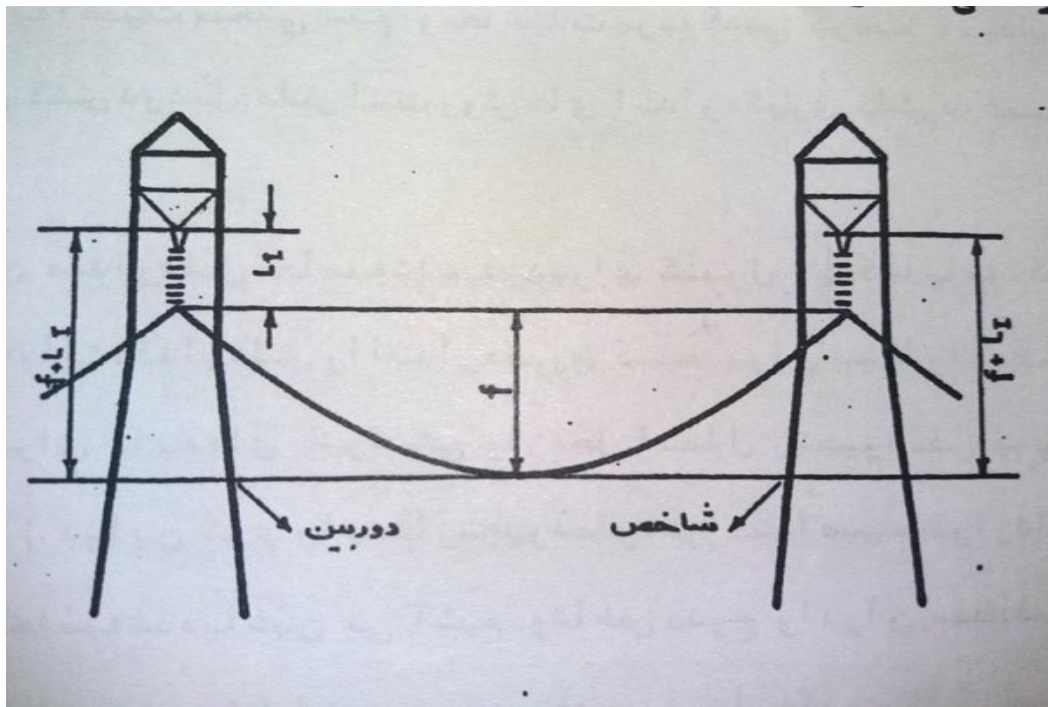
2) توضیح دهید که چرا تغییر کوچک در طول سیم باعث تغییرات بزرگی در فلش می شود. طبق رابطه طول سیم

اندازه گیری فلش در عمل

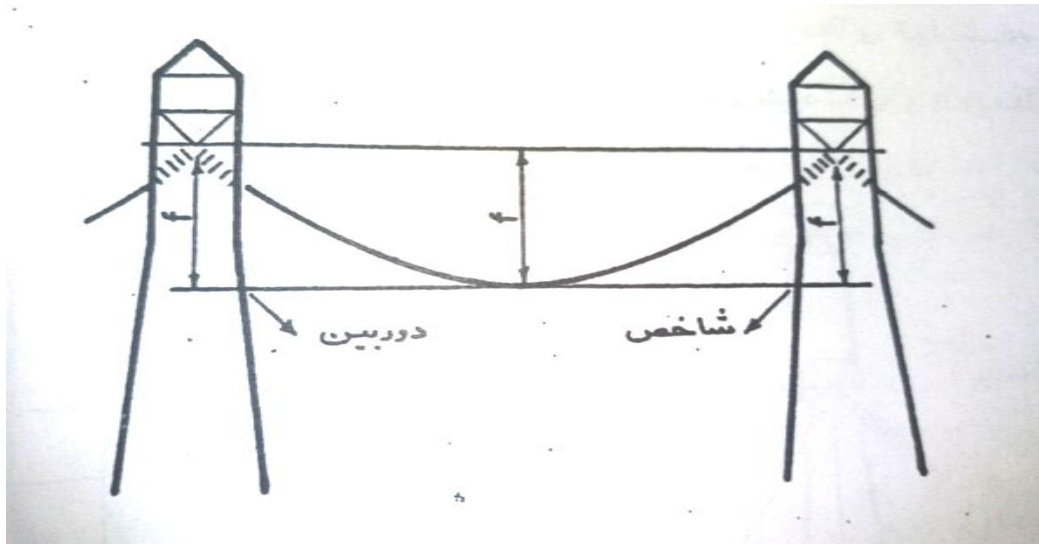
برای اینکار از محل اتصال سیم به کلمپ برای پایه های غیر کششی (در این نوع پایه ها زنجیر مقرر در امتداد سیم قرار دارد) به اندازه مقدار فلش محاسبه شده پایین می آئیم و شاخص مدرج را در آن نقطه قرار می دهیم و در پایه بعدی در چنین نقطه ای دوربین مخصوص اندازه گیری فلش نصب می شود وقتی صفر شاخص از دوربین دیده شود باید شکم سیم هم در این خط دید قرار گیرد در صورتیکه فلش با مقدار محاسبه شده اختلافی داشته باشد این اختلاف از روی شاخص خوانده می شود.



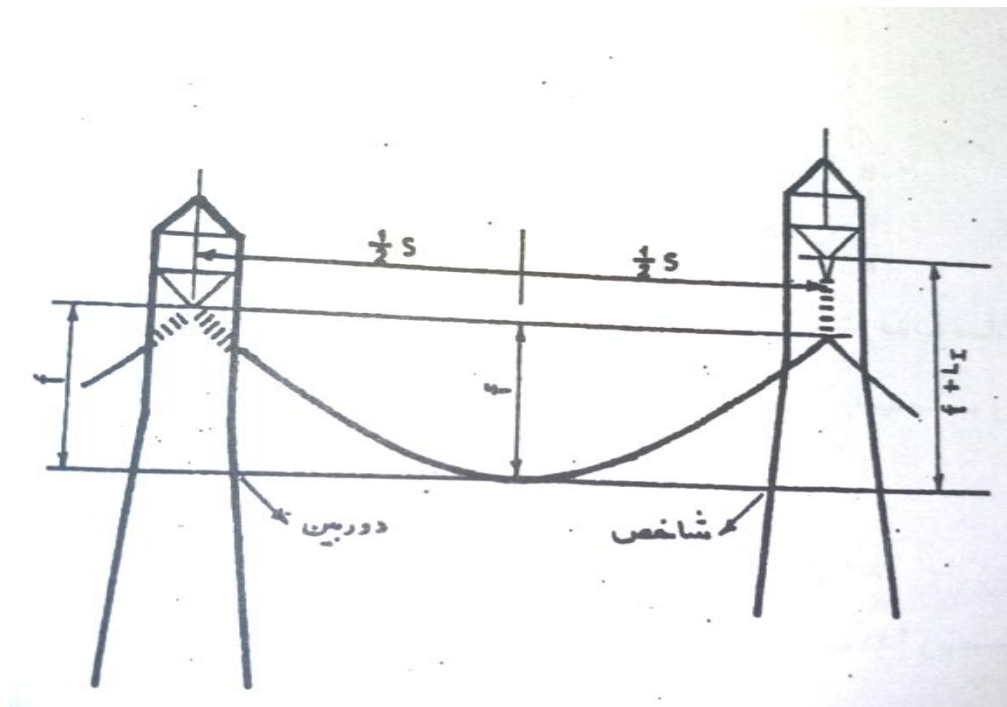
نحوه اندازه گیری فلش برای دو پایه غیر کششی



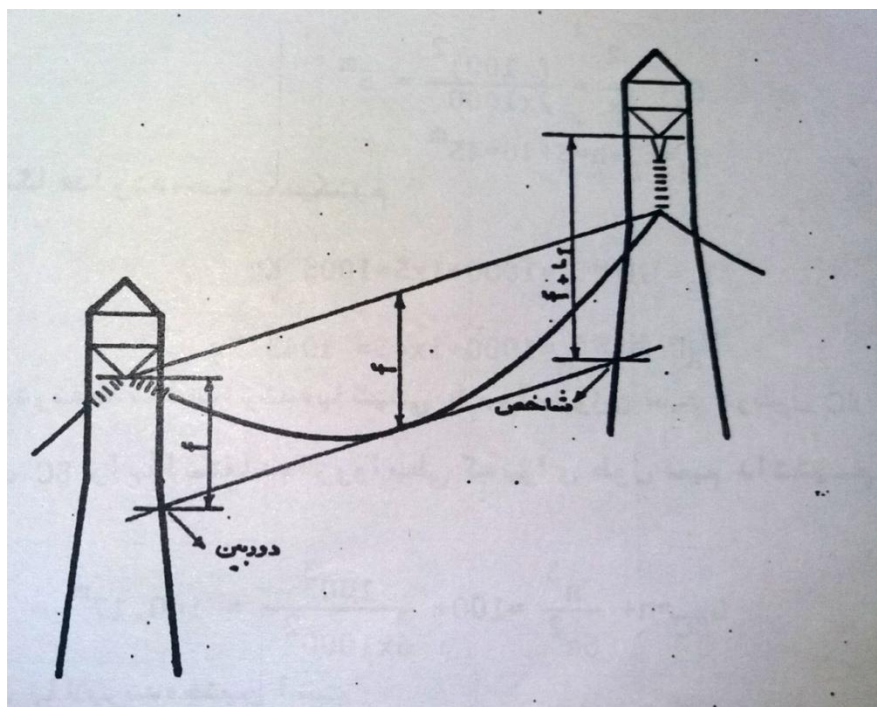
نحوه اندازه گیری فلش برای دو پایه غیر کششی



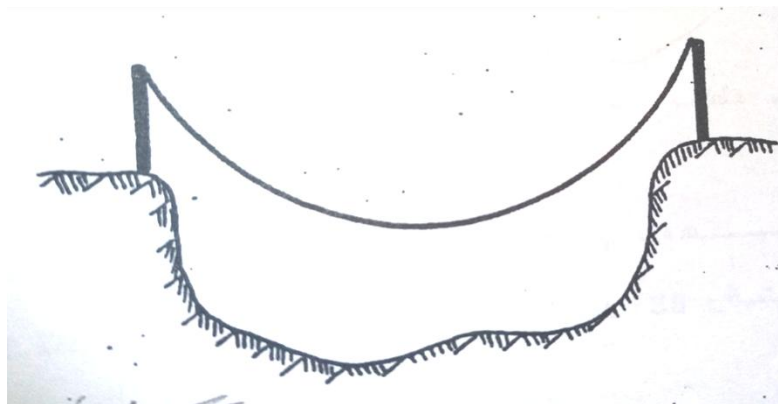
نحوه اندازه گیری فلش برای پایه کششی و غیر کششی



نحوه اندازه گیری فلش برای پایه کششی و غیر کششی دارای اختلاف ارتفاع



حالت خاص



در این حالت روش تنظیم با فلش جواب نمی دهد بلکه باید از روش های دیگری استفاده کنیم مثل کشش یا طول سیم

Shield wire sag فلش سیم محافظ

چون سیم محافظ نسبت به سیم هادی اصلی وزن واحد طول کمتر دارد (چون فقط قسمت مغز فولادی را دارد و آلومینیوم ندارد) مقاومت کششی خوبی دارد. بنابراین فلش آن تحت بارگذاری یکسان کمتر خواهد شد و چون فلش کم است در هوای سرد که سیم انقباض پیدا می کند در مناطق کوهستانی ممکن است نیروی بالابرنده ایجاد شود. بنابراین سیم محافظ را شل تر میکشند.

فلش سیم محافظ یا گارد

با این کار مشکل نیروی بالابرنده تقریباً حل می شود

البته فلش کمتر دارای مزایایی هست. 1- حفاظت از سیم اصلی را بهتر می کند و در مقابل رعد و برق مصونیت بیشتری دارد

2- از طرفی مساله گالوپینگ (Galloping) (جدا شدن یخ بصورت یکجا از روی سیم اصلی یا سیم محافظ و در نتیجه ایجاد نوسان های عمودی) را نیز در نظر گرفت و فاصله سیم اصلی تا سیم محافظ را در حد مجاز نگه داشت.

فلش سیم گارد

$$f_s = 0.8f_c$$

مقایسه کشش و پارامتر منحنی سیم

$$H_s = H_c \quad \Rightarrow \quad a_s w_s = a_c w_c$$

$$w_s < w_c \quad \Rightarrow \quad a_c < a_s$$

عیب کاهش فلش سیم گارد

مساله Up lift ممکن است بوجود آید. بنابراین ساختار دکل بایستی محکم تر باشد

بهترین راه مقابله با مساله Up lift

1- از دکل آویزی استفاده نکنیم

2- سیم را کمی شل تر بکشیم

3- دکل بلندتر بزنیم

تشخیص up lift

اگر $n = \frac{S}{2} - \frac{ah}{S}$ در این رابطه n منفی باشد آپ لیفت داریم . مثبت باشد آپ لیفت نداریم و صفر باشد در حالت بحرانی قرار داریم.

اگر $f \geq \frac{h}{4}$ آپ لیفت نداریم

اگر $f < \frac{h}{4}$ آپ لیفت داریم

یادآوری: آپ لیفت به مولفه عمودی نیروی کششی که به راس دکل وارد می شود و اصطلاحاً میخواهد دکل را از زمین بلند کند.

مثال

اگر $w=1\text{kg/m}$ و $s=200\text{m}$ و $h=40\text{m}$ در چه کششی روی نقطه نگاه دارنده پایینی

نیروی بالابرنده بوجود می آید؟

فصل چهارم: محاسبات مکانیکی

باید در نظر داشت که خط انتقال انرژی علاوه بر مشخصات الکتریکی دلخواه باید از لحاظ مکانیکی هم قابل اطمینان باشد. زیرا در این صورت با هر تغییر وضعیت جوی باید منتظر خرابی و از کار افتادن خط باشیم.

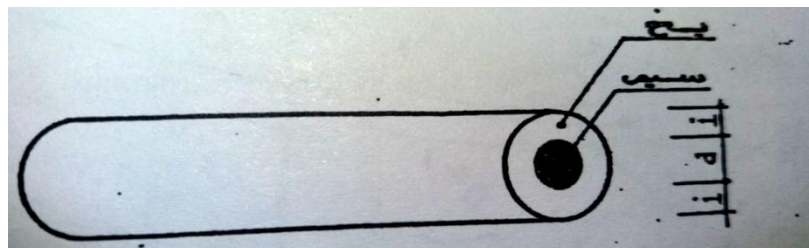
در موقع طرح یک خط انتقال باید تمامی عوامل را در نظر بگیریم چنانچه خط را از نظر مکانیکی ضعیف طرح کنیم از لحاظ اقتصادی ارزان تمام می شود ولی اگر شرایط جوی پیش بینی نشده ای وجود داشته باشد خط دچار خرابی می شود.

در صورتی که خط را خیلی قوی طرح کنیم قابلیت اطمینان آن زیاد می شود ولی در مقابل خیلی گران شده و از صرفه خارج می شود.

محاسبات مکانیکی به ما کمک می کند که با توجه به نیروهای ناشی از بارگذاری ها مقدار کشش سیم را کنترل کنیم زیرا اگر کشش زیاد شود باعث نقص مکانیکی و نهایتاً پارگی سیم می شود. و اگر کشش خیلی کم شود فلش زیاد شده و بایستی پایه ها را بلندتر طراحی کرد.

محاسبه نیروی یخ ICE LOAD

سیم با پوشش یخ مطابق شکل زیر ر در نظر بگیرید:



برای محاسبه نیروی یخ ابتدا حجم یخ در روی یک متر طول سیم را بدست می آوریم و با توجه به وزن مخصوص یخ مقدار وزن آن را حساب می کنیم

$$W_i = 0.913 * \pi * i * (i + d) * 10^{-3} \quad \text{kg/m}$$

ضخامت یخ به میلی متر: i

قطر سیم به میلی متر: d

وزن مخصوص یخ: 0.913kg/m^3



مثال:

وزن 25.4 میلیمتر و 12.7 میلیمتر یخ را روی یک متر سیم لینکس به قطر $d=19.53$ میلیمتر بدست آورید:

محاسبه نیروی باد روی سیم WIND LOAD

نیروی باد از حاصلضرب فشار باد در سطح موثر بادخور بدست می آید یعنی:

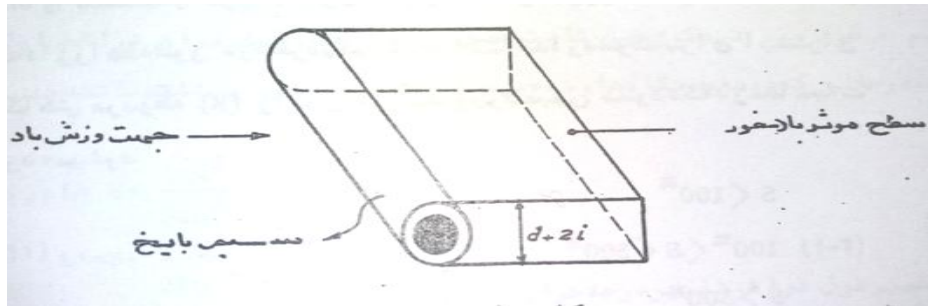
$$W_w = P_w * A$$

سطح موثر بادخور سیم در یک متر طول از حاصلضرب قطر سیم در یک متر طول نتیجه می شود:

$$A = d * 10^{-3} * 1 \quad m^2$$

$$W_w = P_w * d * 10^{-3} \quad \text{Kg/m}$$

شکل زیر سطح موثر بادخور برای سیم با پوشش یخ را نشان می دهد.



مثال:

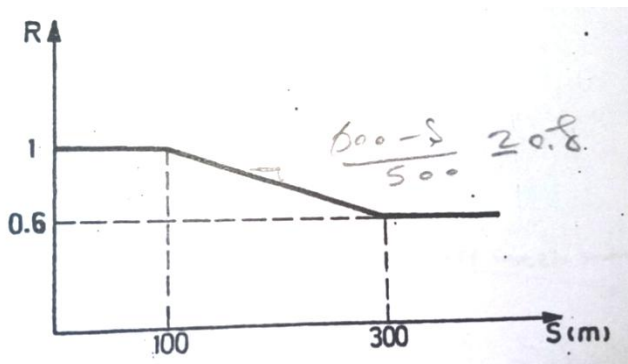
برای سیم لینکس با قطر 19.53mm و فشار باد 130 kg/m^2 نیروی باد را حساب کنید:

برای سیم لینکس با 25.4 میلیمتر یخ و فشار باد 50 کیلوگرم بر متر مربع نیروی باد را حساب کنید

ضریب کاهش نیروی باد R

استانداردهای مختلف با توجه به طول اسپن مقدار نیروی باد را کمتر از مقدار بدست آمده از رابطه ی فوق در نظر می گیرند. استاندارد سوئدی برای ایران (SSPB) ضریب کاهش مربوطه R از رابطه زیر تعیین می شود:

ضریب کاهش نیروی باد



روابط زیر نتیجه می شود:

$$S \leq 100 \rightarrow R = 1$$

$$100m < S \leq 300 \rightarrow R = \frac{600 - S}{500}$$

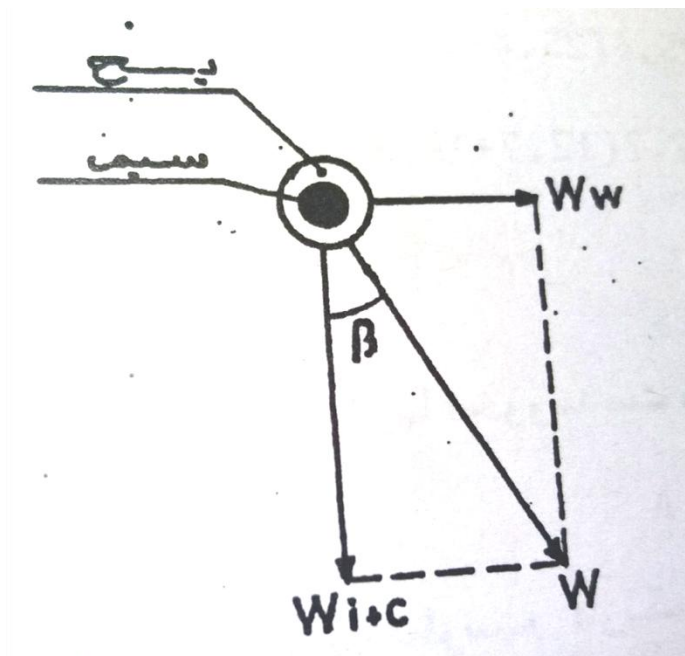
$$S > 300 \rightarrow R = 0.6$$

نتیجه:

برای اسپن های کمتر از 100 متر 100 درصد باد روی سیم اثر می کند برای اسپن های بزرگتر از 300 متر 60 درصد باد روی سیم اثر می کند و برای اسپن های بین 100 تا 300 متر از رابطه $\frac{600 - S}{500}$ بدست می آید.

برآیند نیروهای وارد بر سیم

حال که به نیروهای ناشی از یخ و باد آگاه شدیم برآیند کل نیروهای وارد بر سیم را حساب می کنیم وزن یخ بطور ساده به وزن خود سیم اضافه میشود در حالیکه نیروی ناشی از باد بطور برداری با وزن سیم و یخ ترکیب می شود همانند شکل زیر:



$$W = \sqrt{(W_{i+c})^2 + W_w^2}$$

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{W_w}{W_{i+c}}$$

اسپن بحرانی

در صورتیکه تهیه جداول کامپیوتری امکان پذیر نباشد برای دانستن اینکه برای اسپن معادل شرایط طوفان یا زمستان کدام سخت تر است باید اسپن بحرانی را تعیین کنیم

در اسپن های خیلی کوتاه چون طول سیم با طول اسپن فرق زیادی ندارد تغییر درجه حرارت تغییر کشش زیادی را موجب می شود اثر زمستان بیشتر است در صورتیکه برای اسپن های بزرگ اثر حرارت کمتر بوده و طوفان سخت ترین شرایط خواهد بود.

فرمول Span بحرانی

$$S_c^2 = \frac{24H_c^2 \alpha (t' - t)}{W'^2 - W^2}$$

S_c	اسپن بحرانی
H_c	کشش بحرانی
α	ضریب انبساط
$(t' - t)$	اختلاف دما
W'	وزن ثانویه
W	وزن اولیه

بعد از بدست آوردن اسپن بحرانی

1) برای اسپن بزرگتر از اسپن بحرانی، طوفان شرایط سخت تر است

2) برای اسپن کوچکتر از اسپن بحرانی، زمستان شرایط سخت تر می باشد

مثال:

خط انتقال 230 کیلو ولتی یک مداره مثلثی یک مداره تک باندل از نوع کرلو برای هر فاز
مشخصات زیر موجود است:

$$d = 31.56mm$$

$$UTS = 16850kg$$

$$S = 300m$$

$$\alpha = 18 * 10^{-6} \frac{1}{^{\circ}C}$$

$$W_c = 2 \frac{kg}{m}$$

با فرض شرایط زمستان و طوفان اسپن بحرانی را با ضریب اطمینان 2.5 برای سیم محاسبه و
مشخص کنید کدام یک از دو شرط برای اسپن معادل سخت تر است

$$1- زمستان \quad t = -20^{\circ}, P_w = 18kg / m^2$$

$$2- تابستان \quad t' = 15^{\circ}, P_w' = 72kg / m^2$$

انحراف زنجیر مقره

اسپن وزنی Sv

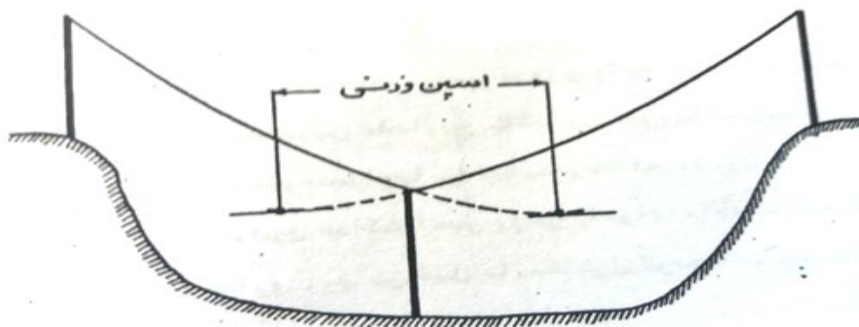
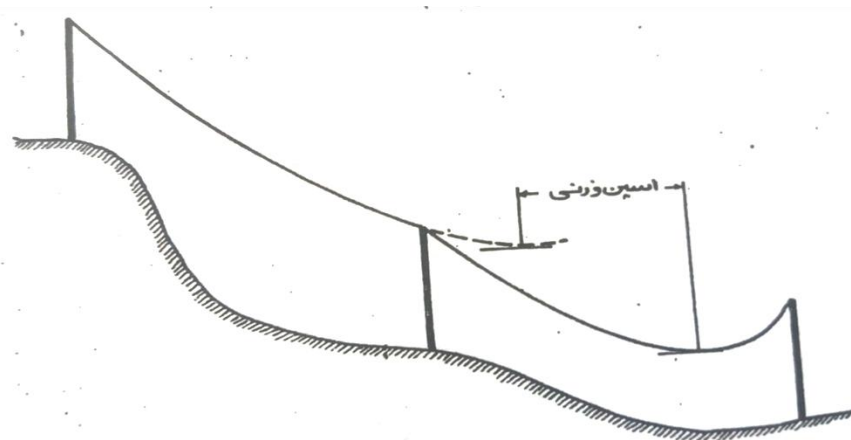
چون هر پایه ای نیروی قائم مورد تحمل خاصی دارد بنابراین در هنگام پایه گذاری باید به این
مساله توجه نمود تا نیروی زیادی به آن وارد نشود

نیروی قائم وارد بر پایه توسط مقدار اسپن وزنی تعیین می شود

اسپن وزنی

اسپن وزنی طبق تعریف برابر فاصله افقی بین دو نقطه مینیمم منحنی سیم در دو اسپن مجاور می باشد.

شکل های زیر طول اسپن وزنی برای حالات مختلفی که مینیمم منحنی سیم در دو اسپن مجاور در داخل یا خارج قرار داشته باشد را نشان می دهند.



نیروی قائم

نیروی قائم ناشی از سیم از حاصلضرب طول اسپن وزنی در وزن واحد طول سیم بدست می آید و زمانیکه سیم همراه بیشترین مقدار یخ باشد این نیرو ماکزیمم خواهد شد

جمع این نیرو با وزن زنجیر مقره همراه با یخ نباید از حداکثر نیروی قائم مورد تحمل پایه بیشتر شود. محدودیت فوق حداکثر اسپن وزنی را برای پایه مورد نظر مشخص می کند و در هنگام پایه گذاری روی پروفیل باید کنترل کرد تا نیروی بیشتری به پایه وارد نشود

اسپن بادگیر SW

طبق تعریف اسپن بادگیر به فاصله بین نقاط وسط دو اسپن مجاور گفته می شود و نیروی افقی وارد بر پایه ناشی از باد روی سیم، از حاصلضرب اسپن بادگیر در نیروی باد بدست می آید.

مجموع این نیرو و نیروی افقی وارد بر پایه در اثر زاویه دار بودن خط و نیروی باد روی زنجیر مقره و نیروی باد روی پایه نباید از حداکثر نیروی افقی مورد تحمل پایه بیشتر شود که محدودیت فوق حداکثر اسپن بادگیر را مشخص می کند و در هنگام پایه گذاری روی پروفیل باید کنترل گردد تا نیروی بیشتری به پایه وارد نشود.

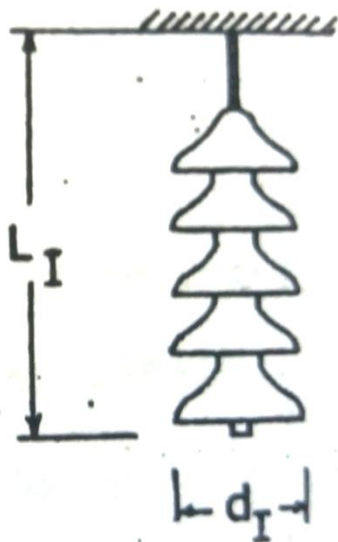
انحراف زنجیر مقره

در خطوط انتقال نیرو مقره هایی که بشکل قائم آویزان شده اند در هنگام زیاد بودن نیروی افقی و کمبود نیروی قائم، کج شده و به پایه نزدیک می شوند و چنانچه زاویه انحراف زنجیر مقره از حد معینی بیشتر گردد اتصال کوتاه فاز به زمین اتفاق می افتد برای محاسبه مقدار انحراف باید نیروهای افقی و قائم وارد به زنجیر مقره مشخص شوند.

ازین رو نیروی باد روی زنجیر مقره و نیروی افقی ناشی از زاویه دار بودن خط بیان می گردد.

نیروی باد روی زنجیر مقره

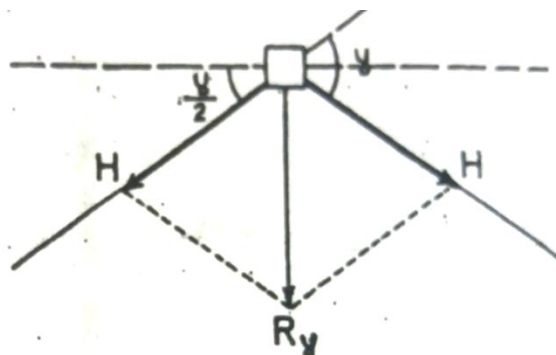
برای بدست آوردن نیروی باد ، باید سطح موثر بادخور مشخص شود. در شکل سطح موثر بادخور از رابطه ی $d_I * L_I * J$ بدست می آید که ضریب لبرای جبران فضاهای باز بین مقره ها استفاده شده است. مقدار آن معمولاً 0.5 در نظر گرفته می شود.



نیروی افقی ناشی از زاویه دار بودن خط

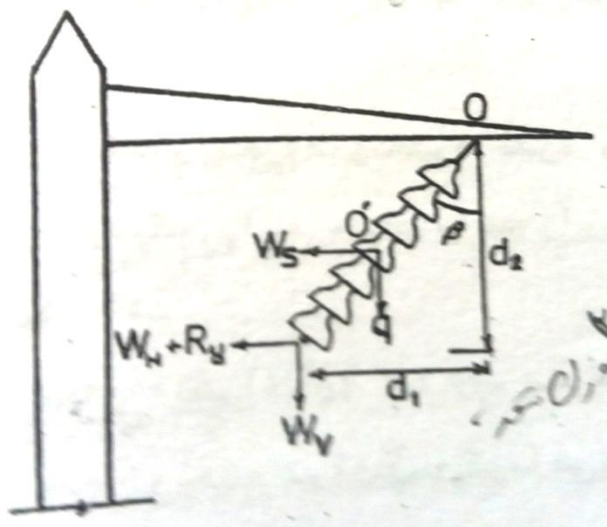
در صورتیکه که خط در پایه ای مانند شکل زیر باشد برآیند مولفه های افقی کشش سیم در طرفین پایه ، نیروی افقی به زنجیر مقره و پایه وارد می کند که برای زاویه انحراف خط γ نسبت به مسیر مستقیم برابر است با:

$$R_\gamma = 2HS \sin \frac{\gamma}{2}$$



محاسبه مقدار انحراف زنجیر مقره

اکنون برای محاسبه مقدار انحراف زنجیر مقره شکل زیر در نظر گرفته می شود. زاویه β مقدار انحراف زنجیر مقره را مشخص می کند و نیروهای قائم و افقی روی شکل نمایش داده شده است



محاسبه مقدار انحراف زنجیر مقره

$$W_v = S_v * W$$

نیروی قائم

نیروی قائم ناشی از وزن سیم (در صورت وجود یخ نیروی قائم ناشی از وزن سیم همراه یخ)

$$W_H = (S_w * R)(W_w * \rho)$$

نیروی افقی

ترم اول: حاصل ضرب اسپن بادگیر در ضریب کاهش که قبلا بیان گردیده است

ترم دوم: حاصل ضرب نیروی باد در ضریب کاهش ρ که برای باد های شدید 1 در نظر گرفته می شود

وزن مقره

$$W_s = P_w * (L_I * d_I * J)$$

Ws تاثیر نیروی باد روی مقره

نسبت نیروهای افقی به نیروهای عمودی $tg \beta$

برای بدست آوردن مقدار انحراف زنجیر مقره گشتاور نیروها حول نقطه O

$$tg \beta = \frac{W_H + R_\gamma + \frac{W_s}{2}}{W_v + \frac{q}{2}}$$

را برابر صفر قرار می دهیم در نتیجه:

رابطه فوق مقدار زاویه انحراف زنجیر مقره را بر حسب نیروهای وارده نشان می دهد

حداکثر و حداقل اسپن مکانیکی خطوط 400 کیلو ولت

طبق استاندارد سوئد برای ایران (SSPB) مقادیر زیر را برای خطوط 400 کیلو ولت توصیه می گردد:

- 1- کوتاهترین اسپن نباید از 0.4 برابر اسپن معادل کمتر باشد
- 2- بلندترین اسپن نباید از 1.5 برابر اسپن معادل بیشتر شود.
- 3- ماکزیمم نسبت دو اسپن مجاور نباید از 1.25 تجاوز کند.

فصل پنجم: خطوط انتقال HVDC

مزایای خطوط انتقال DC

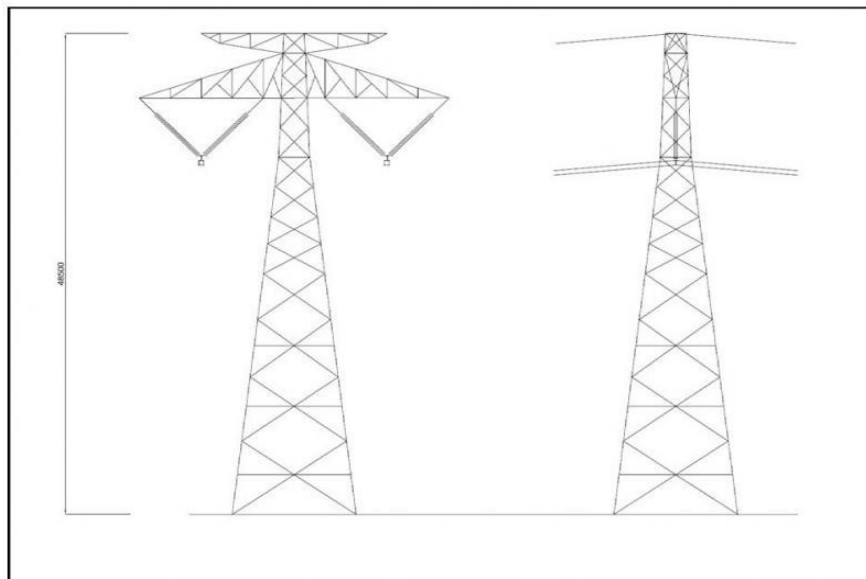
1- بزرگ‌ترین مزیت سیستم جریان مستقیم، امکان انتقال مقدار زیادی انرژی در مسافت‌های زیاد است و با تلفات کمتر (در مقایسه با روش انتقال AC) است. بدین ترتیب امکان استفاده از منابع و نیروگاه‌های دور افتاده مخصوصاً در سرزمین‌های پهناور به وجود می‌آید.

2- اتصال دو شبکه AC ناهماهنگ که در حالت AC امکان برقراری اتصال در آنها وجود ندارد. این سیستم می‌تواند موجب افزایش ثبات در شبکه شود و از ایجاد پدیده‌ای به نام «آبشار خطاها» (Cascading failure) جلوگیری کند. این پدیده زمانی به وجود می‌آید که به علت بروز خطا در قسمتی از شبکه کل یا قسمتی از بار این بخش به بخش دیگری انتقال داده می‌شود و این بار اضافه موجب ایجاد خطا در قسمت دیگر شده و یا این بخش را در خطر قرار می‌دهد که به این ترتیب بار این بخش هم به قسمت دیگری انتقال داده می‌شود و این حالت ادامه پیدا می‌کند

4- کاهش دادن سطح مقطع سیم مصرفی و همچنین دیگر تجهیزات لازم برای برپا کردن یک شبکه انتقال در یک توان مشخص.

5- اتصال نیروگاه‌های دور افتاره مانند سدها به شبکه الکتریکی.

6- خطوط طولانی زیرآبی دارای ظرفیت خازنی زیادی هستند. در سیستم DC این ظرفیت خازنی تأثیر کمی بر روی عملکرد شبکه دارد اما از انجایی که در مدارهای AC، خازن در مدار تقریباً به صورت یک مقاومت عمل می‌کند ظرفیت خازنی در خطوط زیرآبی موجب ایجاد شدن تلفات اضافی در مدار می‌شود و این استفاده از جریان DC را در خطوط زیر آبی به صرفه می‌کند.

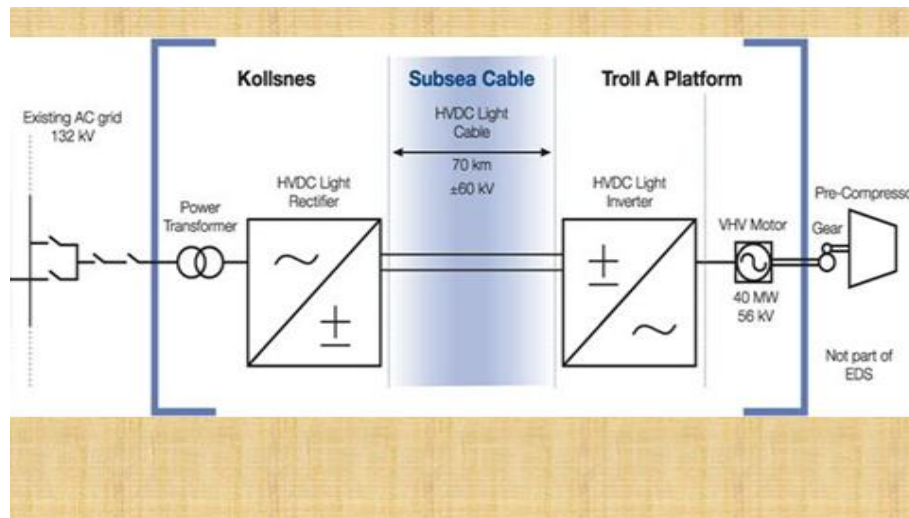


7- در حالت کلی نیز جریان DC قادر به جابجایی توان بیشتری نسبت به جریان AC است چراکه ولتاژ ثابت در DC از ولتاژ پیک در AC کمتر است و بدین ترتیب نیاز به استفاده از عایق‌بندی کمتر و همچنین فاصله کمتر در بین هادی‌ها است که این امر موجب سبک شدن هادی و کابل و همچنین امکان استفاده از هادی‌های بیشتر در یک محیط مشخص می‌شود و همچنین هزینه انتقال به صورت DC کاهش می‌یابد.

8- قابلیت اعتماد در خطوط HVDC بیشتر از HVAC است؛ زیرا با وقوع خطا در یکی از دو هادی خط، هنوز هم می‌توان قدرت انتقالی را بدون هیچ‌گونه مشکلی از طریق هادی دیگر منتقل نمود.

9- در این خطوط فقط به دو هادی نیاز هست که یکی با ولتاژ مثبت نسبت به دیگری با ولتاژ منفی نسبت به زمین، ولی در خطوط HV AC حداقل به سه هادی نیاز هست.

10- این خط فضای کمتری نسبت به خط HVAC مشابه دارد به دلیل کمتر بودن تعداد هادی نسبت به حالت AC و در نتیجه نیاز به پایه‌های کوچکتری است، بنابراین هزینه نصب خطوط هم کاهش می‌یابند.



معایب :

مهم‌ترین عیب این سیستم گران بودن مبدل‌ها و همچنین محدودیت آنها در مقابل اضافه بارها است همچنین در خطوط کوتاه تلفات به وجود آمده در مبدل‌ها از یک شبکه AC با همان طول بیشتر است، بنابراین این سیستم در مسافت‌های کوتاه کاربردی ندارد و یا ممکن است صرفه جویی به وجود آمده در تلفات نتواند هزینه بالای نصب مبدل‌ها را جبران کند. در مقایسه با سیستم‌های AC، کنترل این سیستم در قسمت‌هایی که شبکه دارای اتصالات زیادی است خیلی

پیچیده است. کنترل توان جاری در یک شبکه پر اتصال DC نیازمند ارتباط قوی بین تمامی اتصال‌هاست چراکه هنواره باید توان جاری در شبکه کنترل شود. مبدل‌ها :

در گذشته مبدل‌های HVDC از یکسوکننده‌های قوس جیوه که غیر قابل اطمینان بودند، برای انجام یکسوسازی استفاده می‌کردند و هنوز هم استفاده از این یکسوسازها در برخی مبدل‌های قدیمی ادامه دارد. از درگاه‌های تیرستوری اولین بار در دهه ۱۹۶۰ برای یکسوسازی استفاده شد. تریستور نوعی قطعه نیمه‌هادی شبیه دیود است، با این تفاوت که دارای یک پایه اضافی برای کنترل جریان عبوری است. امروزه از IGBT که نوعی تریستور است نیز برای یکسوسازی استفاده می‌شود. این قطعه دارای قابلیت‌های بهتری از تریستورهای عادی است و کنترل آن آسانتر است که قابلیت‌ها موجب کاهش یافت قیمت تمام شده یک درگاه می‌شود.

از آنجایی که ولتاژ استفاده شده در سیستم HVDC در بسیاری موارد از ولتاژ شکست انواع نیمه‌هادی‌ها بیشتر است، برای ساخت مبدل‌های HVDC از تعداد زیادی قطعات نیمه‌هادی به صورت سری استفاده می‌کنند.

مزایا و معایب خطوط انتقال زمینی

خطوط انتقال هوایی به سبب هزینه‌ها، در نظر گرفتن راکتانس بالا، مناسب بودن با چگالی بار کم و آسیب به زیبایی محیط اطراف بایستی در مناطق کم جمعیت، دور افتاده و بین شهری و خطوط انتقال زمینی به سبب راکتانس پایین، مناسب بودن برای چگالی‌های بالای بار، زیبایی و دیگر مزیت‌های ذکر شده در مناطق پر ازدحام و شهری به کار گرفته شوند.

از آنجایی که سیم‌های انتقال بدون عایق هستند، طراحی‌های این خطوط به گونه‌ای است که حداقل فضای آزاد را احتیاج داشته باشد تا امنیت حفظ شود. شرایط جوی نامساعد مانند وزیدن باد و دمای کم باعث قطع برق میشود، باد با سرعت 23 نات (43 کیلومتر بر ساعت) باعث میشود

سیم ها از حذف فضای آزاد کاری خود تجاوز کنند، که در نتیجه باعث تخلیه الکتریکی و قطع برق میشود. حرکت های نوسانی سیم ها باعث لرزش میشود که بستگی به فرکانس و دامنه نوسان دارد.

انرژی الکتریکی به جای خطوط هوایی همچنین می تواند از طریق کابل های زیر زمینی انتقال یابد. آن ها در مناطق زیر به انتقال انرژی کمک میکنند :

- مناطق شهری متراکم
- مناطقی که خشکی وجود ندارد
- رودخانه ها و دیگر موانع طبیعی
- مناطق تاریخی و قدیمی
- مناطقی که از نظر نظامی با اهمیت هستند
- زمین هایی که برای توسعه شهری و روستایی با ارزش هستند
- آسیب دیدن کمتر سیم ها در اثر شرایط آب و هوایی سخت (تابش شدید، باد و یخ زدن)
- کاهش امواج میدان الکترومغناطیس در نواحی مجاور. همه ی جریان های الکتریکی میدان الکترومغناطیسی تولید می کنند، اما فراهم آمدن کابل های زیرزمینی دامنه و انرژی آن را محدود میکند.
- کابل های زیر زمینی فضایی باریک در حدود 1 تا 10 متر برای راه اندازی و نصب تجهیزات احتیاج دارد در صورتی که خطوط هوایی به فضایی در حدود 20 تا 200 متر از نظر امنیت، نگهداری و تعمیرات احتیاج دارد .

- کابل های زیرزمینی هیچ مشکلی برای پرواز در ارتفاع کم ایجاد نمی کند و حیات وحش را به به خطر نمی اندازد، از آنجایی که هیچ خطر تماسی وجود ندارد، تا حدودی باعث ایمنی میشود. (به جز برای حفار ناآگاه!)
- کاهش دزدیدن سیم ها، اتصالات غیرقانونی، عملیات خرابکاران، آسیب دیدن کمتر در درگیری های مسلحانه .

برخی از ضعف های کابل های زیرزمینی

- انتقال از طریق زمین گران تر است، به این دلیل که قراردادن کابل های انتقال برق چندین برابر خطوط هوایی هزینه بردار تر است، و قیمت یک دوره کابل های زیر زمینی 2 یا 3 برابر قیمت سیم های هوایی است.
 - تعمیر خطوط هوایی در مواقع قطعی در عرض یک ساعت تکمیل میشود اما تعمیر کابل های زیرزمینی روزها یا شاید هفته ها وقت ببرد، که در این مواقع خطوط اضافی شروع به کار میکنند.
 - کابل های زیر زمینی چون نزدیک به زمین هستند تضمینی برای سلامتی انسان وجود ندارد ، در صورتی که کابل های هوایی این چنین نیستند.
 - از آنجایی که توان راکتیو بالای کابل های زیرزمینی یک جریان شارژ ایجاد میکند، کنترل ولتاژ را سخت تر می کند.
- مزیت های آن در مواردی بر ضعف های آن از جمله هزینه بر بودن سرمایه گذاری و گران تر بودن نگهداری و مدیریت، مهمتر و پررنگ تر است.
- عیب یابی شبکه های زمینی زمان بیشتری نیاز دارد.
- دستگاه های عیب یابی کابل بسیار گران قیمت می باشد.

هزینه کابل های زمینی زیادتر از هزینه شبکه های هوایی است و این هزینه با افزایش ولتاژ سرعا افزایش می یابد.

برای عیب یابی نیاز به افراد با تجربه و متخصص می باشد.

مزایای شبکه های هوایی

1-احداث شبکه های هوایی آسان تر از احداث شبکه های زمینی است.

2-عیب یابی و رفع عیب شبکه های هوایی آسانتر از شبکه های زمینی است.

3-عیب یابی شبکه های هوایی نیاز به افراد متخصص ندارد.

عیوب شبکه های هوایی

1-شبکه های هوایی در معرض خطرات بیشتری نسبت به شبکه های زمینی قرار دارند.

این خطرات عبارتند از خطرات جوی از قبیل یخ، باران و برف و رعد برق، خطرات غیر جوی از قبیل شاخه درختان، برخورد پرندگان با سیم ها، سقوط اجسام خارجی بر روی سیم ها و غیره که باعث بوجود آمدن اتصالی می شوند.

2-شبکه های هوایی به زیبایی محیط لطمه می زنند.

خطوط انتقال GIL

GIL یا خطوط انتقال با عایق گازی نسل جدیدی از خطوط انتقال نیرو هستند که قادر به انتقال توانهای بیش از 2500 مگاوات آمپر با کمترین تلفات (0/0011 درصد قدرت انتقالی) و با ضریب اطمینان بالا هستند

ساختار یک خط GIL بطور کلی از اجزای زیر تشکیل شده است:

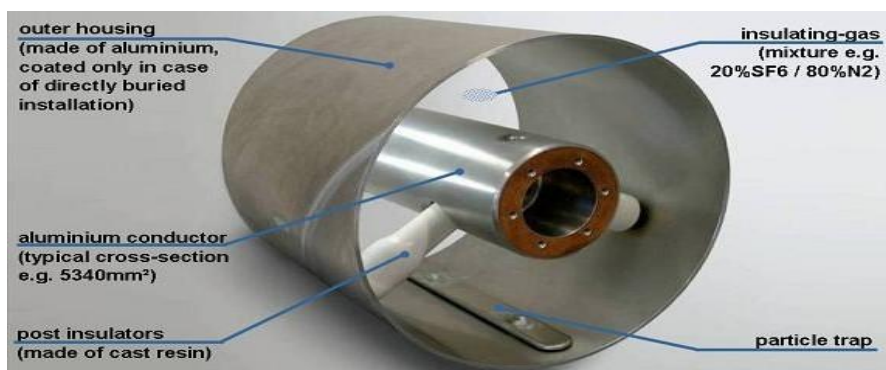
1- لوله های فولادی مخزن گاز و هادی

2- شمش های آلومینیوم یا آلیاژی بعنوان هادی

3- فاصله نگهدار فازها (عایقهای از رزین اپوکسی که فاصله فازهای را در برابر هم حفظ میکند و دارای مقاومت کافی در برابر حرارت ناشی از جریان هادیها میباشد)

4- مخلوط گاز نیتروژن و SF6 در گذشته فقط از گاز SF6 جهت عایق نمودن ساختار خطوط GIL بهره گیری میشد اما امروزه بدلایلی از جمله هزینه بالای آن و همچنین اثرات سوء زیست محیطی آن از مخلوط گاز نیتروژن به میزان 80٪ و همچنین SF6 به میزان 20٪ استفاده میگردد.

در شکل زیر قسمتهای مختلف یک خط انتقال GIL را از یک نمای مقطعی میبینید:



خطوط GIL به سه روش اجرا میشوند که عبارتند از

1- اجرای رو زمینی

2- اجرای زیر زمینی بصورت دفنی

3- اجرای زیر زمینی بصورت کانالی

فصل ششم خطوط انتقال کمپکت

مقدمه

گسترش و توسعه شهرها ، سبب افزایش میزان مصرف انرژی الکتریکی می شود و لازمه تامین آن احداث و توسعه شبکه های انتقال و توزیع نیرو می باشد .

هر چه به میزان انرژی الکتریکی درخواستی افزوده گردد ، لازمه تامین آن افزایش ولتاژ خطوط انتقال جدید می باشد که در چنین حالتی مشکلات زیر پدیدار می شود:

افزایش فواصل فازی

افزایش پهنای باند

افزایش حریم خطوط

افزایش عرض باند عبور



کمپکت سازی خطوط به کلیه ترفندها و روش هایی اطلاق می گردد که در نزدیک سازی فواصل افقی و عمودی فاز موثر باشند.

خطوط انتقال کمپکت به پایه ها یا برجهای خاصی اطلاق نمی شود بلکه بر حسب اینکه هدف از کمپکت سازی چه باشد می توان روش های مختلفی را به کار گرفت.

اگر در محاسبات اقتصادی قیمت زمین نیز منظور گردد در اغلب موارد بکارگیری خطوط انتقال کمپکت ضمن اینکه دارای مزیت های فنی است دارای توجیح اقتصادی نیز می باشد.

مزایای کمپکت سازی

- فواصل افقی و در نتیجه پهنای برجها یا پایه ها کاهش می یابد.
- فواصل عمودی فازها و در نتیجه ارتفاع پایه ها کاهش می یابد.
- وزن پایه ها یا برج ها کاهش می یابد.
- پهنای باند عبور کاهش می یابد.
- مساحت زمین اشغالی کاهش می یابد.
- قیمت زمین در طول مسیر کاهش می یابد.
- امکان نصب خطوط با ولتاژ بالاتر در مسیر
- راکتانس سلفی کاهش می یابد.
- ظرفیت خازنی خط افزایش می یابد.
- افت ولتاژ بهبود می یابد.

معایب خطوط انتقال کمپکت

- بدون احتساب قیمت زمین، سرمایه گذاری خطوط قدری افزایش می یابد.
- فاصله پایه های خط انتقال در برخی موارد باید کاهش پیدا کند.
- جریان اتصال کوتاه افزایش می یابد.
- حریم ناشی از میدانهای الکتریکی و مغناطیسی افزایش می یابند.
- گرادیان ولتاژ در سطح هادی افزایش می یابد .
- تلفات کرونا و اغتشاشات رادیوئی ناشی از آن افزایش می یابد.
- تعداد فوندانسیون ها بیشتر می شود.

نتیجه گیری

اگر هدف تقلیل مساحت زمین اشغالی در طول مسیر باشد ، تنها راه عملی بهره گیری از خط کمپکت نمی باشد ، بلکه می توان از روش های دیگری نیز استفاده نمود.

روش های مختلف کاهش ابعاد برج و مساحت زمین اشغالی در طول مسیر خطوط انتقال :

احداث خطوط انتقال دو مداره

احداث خطوط انتقال باندل

احداث خطوط چند مداره

بررسی فنی اقتصادی

برجهای انتقال کامپوزیتی

بدنه این برجها از قدرت عایقی بالایی برخوردارند. فاقد کراس آرم می باشند لذا دارای دید ظاهری کمتری هستند

از دیگر خصوصیات این برجها نصب آسان، نیاز به نیروی کمتر، نیاز به تجهیزات کمتر، وزن کمتر زمان کمتر جهت نصب و مقاومت بالا در مقابل خوردگی می باشند.

با اضافه کردن اسپیسرهای عایق کامپوزیتی یا پلیمری در بین فازها، نوسانات هادی ها کمتر شده و می توان فاصله فازها را کاهش داد و در نتیجه برجها و خطوط را تا مقدار زیادی فشرده کرد.

حریم و خطوط کمپکت

- حریم درجه 1
- حریم درجه یک با پهنای باند مشخص در طرفین خطوط انتقال و بسته به ابعاد و بازوهای دکل و سطح ولتاژ انتقالی متفاوت و تصویر فازهای کناری می باشد . در این حریم، هر گونه بنا و ساختمان مسکونی و صنعتی دارای ارتفاع و درختکاری ممنوع بوده و فقط زراعت سطحی قابل انجام است.
- حریم درجه 2
- حریم درجه دو باندی به پهنای مشخص در طرفین حریم درجه یک است که وجود هرگونه تأسیسات مسکونی، صنعتی و مخازن و سوخت در آن حریم ممنوع می باشد . اما احداث

باغهای میوه درختکاری و زراعت در این حریم مجاز می باشد . مقدار این حریم بسته به ابعاد و اندازه های دکل و سطح ولتاژ انتقالی متفاوت و مقادیر آن در جداول استاندارد آورده شده است.

روش های کاهش مساحت زمین اشغالی

- گرچه با احداث خطوط انتقال نیروی کمپکت، امکان کاهش مساحت زمین اشغالی در طول مسیر، میسر می شود. اما این اقدام تنها متکی یا وابسته به نزدیک سازی فازها نمی باشد، بلکه با شیوه های مختلفی که ذیلاً به چند مورد از آنها اشاره می گردد، نیز می توان مساحت زمین اشغالی را کاهش داد .
- احداث خطوط انتقال دو مداره
- در بسیاری از موارد به جهت افزایش قابلیت اطمینان برق رسانی مصرف کنندگان، از چندین خط انتقال یک مداره آن هم در یک مسیر مشخص استفاده می شود(از جمله خطوط انتقال نیروگاه نکا به تهران). در صورتی که هدف تقلیل مساحت زمین باشد، با تبدیل دو خط انتقال یک مداره به یک خط انتقال دو مداره نیز می توان مساحت زمین اشغالی را کاهش داد توان معین هر دو روش می توانند مورد استفاده قرار گیرند، اما در صورت انتخاب خط انتقال دو مداره مساحت زمین اشغالی کاهش می یابد که از این دیدگاه یک مزیت می باشد، هر چند قابلیت اطمینان برق رسانی، دو خط انتقال نیرو یک مداره بیش از یک خط انتقال دو مداره می باشد. علاوه بر آن بر حسب اینکه آرایش فازها، زنجیره مقره ها و یا نوع برج خطوط انتقال دو مداره نیز چه باشند، باز هم می توان مساحت زمین را کاهش داد. فرضاً میتوان برای فواصل معینی از فازها در صورت استفاده از پایه های تلسکوپی پهنای برج کمتر شود که این موضوع نشانگر اهمیت نقش و نوع پایه ها در کاهش مساحت زمین اشغالی در طول مسیر خطوط انتقال می باشد .

- بنابراین اگر هدف تقلیل مساحت زمین باشد با تبدیل خطوط انتقال یک مداره به دو مداره یا با انتخاب آرایش مناسبی از فازها یا زنجیره مقره‌ها می‌توان مساحت زمین اشغالی را در طول مسیر کاهش داد. به عبارت دیگر تبدیل دو خط یک مداره به یک خط دو مداره نوعی کمپکت سازی است اگرچه این شیوه در تعاریف خطوط کمپکت جای نمی‌گیرد.

احداث خطوط انتقال باندل

- در مواردی که مشکلات مربوط به تصاحب و تدارک زمین خیلی زیاد باشد از روی یک برج چندین مدار عبور داده این اقدام نیز به نوعی کمپکت سازی است، حتی اگر نوع برج کمپکت نباشد. در ایران حداکثر تعداد مدارهای موجود در روی یک برج چهار مدار می‌باشد که دو مدار آن 400 و دو مدار دیگر 63 کیلوولت است. اما در برخی از کشورهای جهان تعداد مدارهای موجود در روی هر به بیش از 10 مدار هم رسیده است. خطوط انتقال نیرو معمولاً دارای مبدأ و مقصد یکسانی می‌باشند، اما در خطوط چند مداره، ممکن است کلیه مدارها دارای مبدأ و مقصد یکسانی نباشند و تنها در قسمتی از مسیر در روی یک برج مشترک قرار می‌گیرند، به همین دلیل در برخی موارد ولتاژ خطوط چند مداره برابر نمی‌باشد. با وجود آنکه مساحت زمین اشغالی در خطوط چند مداره تا حد قابل توجهی تقلیل می‌یابد، اما پایین بودن قابلیت اطمینان برق‌رسانی و مشکلات مربوط به سرویس و تعمیرات، توسعه این گونه خطوط را محدود می‌سازد، ولی در مناطق شهری، مناطقی با زمین‌های گران‌قیمت، یا مناطقی که محدودیت زمین وجود داشته باشد، چاره‌ای جز طراحی و انتخاب برج‌های چند مداره نمی‌باشد.
- با توجه به آنچه که بیان گردید، کاهش زمین اشغالی در طول مسیر خطوط انتقال نیرو با شیوه‌های مختلفی میسر می‌باشد اما ویژگی‌های خطوط انتقال نیروی کمپکت سبب

می‌شود تا در بسیاری موارد به عنوان یکی از روش‌های مناسب کاهش زمین مورد توجه طراحان قرار گیرد.

موانع نزدیک‌سازی فازها

- در خطوط انتقال نیرو عوامل متعددی در تعیین فواصل فازها دخالت دارند و طبیعی است هرچه فاصله فازها بیشتر انتخاب شوند از یک‌طرف باعث افزایش ابعاد برجها و در نتیجه قیمت آنها می‌شود و از طرف دیگر احتمال بروز جرقه تحت تاثیر عوامل مختلف کاهش می‌یابد. اما در صورتی که فواصل فازها کاهش یابند یا به عبارت دیگر خطوط انتقال نیرو بصورت کمپکت طراحی شوند، در صورتی که تدابیر ویژه‌ای در طراحی اتخاذ نگردد، احتمال برخورد فازها در اثر وزش باد یا احتمال بروز جرقه در صورت وقوع اضافه ولتاژها، بین فاز با فاز یا فاز با بدنه برجها افزایش می‌یابد. بنابراین در طراحی این نوع از خطوط انتقال ضمن اینکه هدف نزدیک‌سازی فازها می‌باشد، تلاش بر این است با بکارگیری روش‌های موثری قابلیت اطمینان برق‌رسانی خطوط انتقال نیرو نیز کاهش نیابد.

راکتانس سلفی

- راکتانس سلفی از پارمترهای مهم و موثر خطوط انتقال نیرو می‌باشد.
- این عامل در مقدار افت ولتاژ، حد پایداری، امپدانس موجی، قدرت طبیعی (SIL) و نتیجتاً ظرفیت خطوط دخالت دارد. برای محاسبه مقدار اندوکتانس در یک خط انتقال نیرو سه فاز می‌توان از رابطه زیر استفاده نمود:

در این رابطه:



• L : اندوکتانس خط انتقال، هانری بر کیلومتر

• GMD : فاصله متوسط هندسی

$$L = 2 \times 10^{-4} \times \ln \frac{GMD}{GMR}$$

$$X_L = 2 \times \pi \times f \times L$$

$$GMR = 0.7788 \times r$$

• GMR: شعاع متوسط هندسی

• XL: راکتانس سلفی خط انتقال، اهم بر کیلومتر

• F: فرکانس برق بر حسب هرتز

حال اگر مدار باندد باشد باید از روابط زیر استفاده کرد:

$$GMR_b = \sqrt[ns]{ns \times GMR \times A^{ns-1}}$$

ns: تعداد هادیهای فرعی در هر فاز

$$A = \frac{d_s}{2 \times \sin \frac{\pi}{ns}}$$

ds: فاصله هادیهای فرعی از هم بر حسب سانتی متر

راکتانس خازنی

خطوط انتقال نیرو ضمن اینکه مصرف کننده بار راکتیو هستند. توسط خاصیت خازنی فازها، تولید کننده بار راکتیو نیز می باشند. در یک خط انتقال سه فاز ظرفیت خازنی فازها را می توان از رابطه زیر بدست آورد:

$$C = \frac{2 \times \pi \times \epsilon \times 10^{-9}}{\ln(GMD/r)} \quad \epsilon = 8.85 \times 10^{-12}$$

در محیط های مختلف دیگر $\epsilon = \epsilon_r \times \epsilon_0$

$$X_c = 0.0572 \ln \frac{GMD}{r}$$

آثار سوء خطوط انتقال نیرو

- گر چه نقش اصلی خطوط انتقال نیرو تامین انرژی الکتریکی مورد نیاز مشترکین برق می باشد. اما در طول مسیر خود آثار مخربی را نیز به همراه دارند. آثار سوء خطوط انتقال نیرو تنها به تخریب ظاهری و قابل رویت خلاصه نمی شود، بلکه با تولید میدانهای الکتریکی و مغناطیسی موجودات زنده را نیز دچار مخاطره می سازد که لازم است به طرق مختلفی مهار یا مقدار آن کنترل گردد. بطور کلی با احداث خطوط انتقال نیرو آثار مخربی در محیط زیست ظاهر می شود که بطور خلاصه می توان به موارد زیر اشاره نمود.
- -تولید میدانهای الکتریکی و مغناطیسی
- -تولید نویز شنوایی
- -تولید پارازیت های رادیویی
- -ایجاد اختلال در زندگی روزمره
- -ایجاد نازیبائی در طبیعت
- -تخریب بافت طبیعی محیط زیست
- -تخریب جنگلها از طریق قطع درختان
- -تخریب باغات و زمین های کشاورزی مسیر
- -تغییر بخش قابل توجهی از زمین در طول مسیر
- مناطق شهری

- در برخی موارد لازم است خطوط انتقال نیرو از داخل شهر عبورها کنند. در چنین حالات عملاً امکان تصاحب زمین میسر نیست بهمین دلیل لازم است با طرحهای ویژه و انتخاب برجهای کمپکت این مهم را انجام داد

- مناطق جنگلی

- در بسیاری موارد عبور خطوط انتقال نیرو از مناطق جنگلی اجتناب ناپذیر است در صورتیکه قرار باشد در طول مسیر و در عرض باند عبور، درختان قطع شوند لازم است مساحت قابل توجهی از جنگل تخریب گردد

- مناطق کشاورزی

- در مناطق کشاورزی و غیر مسکونی در بسیاری مواقع می توان از تخصیص بخشی از زمین به عنوان حریم یا باند عبور صرفنظر نمود. چون در اینگونه موارد آثار سوء خطوط انتقال نمی تواند همانند مناطق شهری خطر آفرین باشد. گر چه اثرات منفی خطوط انتقال نیرو از جمله میدانهای الکتریکی و مغناطیسی، نویز رادیوئی و شنوائی همانند مناطق شهری خطر آفرین نیست. اما در مناطق کشاورزی یا زراعی محل نصب فونداسیونها بخشی از زمینهای مفید را در این مناطق از استفاده نرمال خارج می سازد.

فصل هفتم: لزوم استفاده از خط گرم

مقدمه

همواره یکی از بزرگترین معضلات شرکتهای برق، وقوع خاموشی در شبکه‌هاست. شکستگی یا ترک خوردگی مقره‌ها، شکستگی پایه، نشست کراس آرم، خرابی تجهیزات ایمنی مثل کات اوتها، برق‌گیرها و بسیاری موارد دیگر، دلایلی برای ایجاد خاموشی در شبکه‌ها هستند و علاوه بر تمام موارد فوق انجام مانورهای دوره‌ای جهت بررسی وضعیت خطوط و نیز ایجاد تغییرات در شبکه برحسب موقعیت و شرایط خاص تعداد زیادی از خاموشی‌ها را به خود اختصاص می‌دهد.

تاریخچه خط گرم

تعمیرات خط گرم برای نخستین بار در سال 1913 در ایالت اهایو آمریکا صورت گرفت. در آن زمان ابزارهایی بسیار ساده و ابتدایی مثل چوبهای بلند (STICK) در اختیار سیم بانان قرار می‌گرفت که با آن سیم برق‌دار را از محدوده کار خود دور کرده و تعویض مقره‌های شکسته را انجام می‌دادند. به دلیل عدم فن‌آوری در عایق سازی و ایجاد امنیت برای سیم بانان، عملیات محدود به شبکه‌ها تا سطح 11 کیلوولت بود و برای ولتاژهای بالاتر چوبهای استیک جوابگو نبودند.

با توجه به سود سرشار مالی در این نوع تعمیرات، شرکتهای دیگر نیز به این نوع تکنولوژی روی آوردند. به طوری که از سال 1913 تا 1920 سه شرکت سازنده تجهیزات خط گرم در ایالت‌های مختلف آمریکا مشغول به کار شدند. بزرگترین شرکت فعال در آن سالها شرکت TIPS TOOLS بود که پیشرفت‌های خوبی در این زمینه بدست آورد بطوری که انجام عملیات را تا سطح 33 کیلوولت امکان پذیر ساخت.

با ساخت عایقهای بهتر، انجام تعمیرات گرم تا سطح 66 کیلوولت و در سال 1935 تا سطح TIPS شرکت 110A.B CHANCE کیلوولت ممکن شد. در سال 1937 شرکت آمریکایی

را خریداری کرده و تمامی فعالیتهای شرکت را معطوف به مطالعه در زمینه تجهیزات TOOLS خط گرم کرد. نتیجه این امر شگفت‌انگیز بود به طوری که در سال 1948 امکان تعمیرات تا و ام آر پارکین (O.G.Andrerson) سطح 300 کیلوولت ارتقاء یافت. او جی اندرسون (دو تن از مهندسان شرکت چنس بودند که روشی را برای تعویض مقره‌های (M.R.Parkin) به صورت گرم ابداع (HOOVIR DAM) آسیب دیده در خط 287 کیلوولتی هاور دام نمودند. در سال 1954 تعمیرات خط گرم در خط 345 کیلوولتی ایالت میشیگان با ابزارهایی انجام شد. تا پیش از آن جنس ابزارها از چوبهای فشرده‌ای بود که در MAPLAC از جنس در حقیقت پوشش MAPLAC شیار آنها روغنهای خاصی تحت فشار زیاد تزریق شده بود. دیگری بود که بر روی این چوبه قرار می‌گرفت و سطح عایقی را بالاتر می‌برد. اما با احداث نیز دیگر جوابگو نبودند. کارشناسان در ابتدا به MAPLAC شبکه 500 کیلوولت ابزارهای فایبر گلاسها چشم دوختند، اما شکنندگی آنها خیلی زود باعث خارج شدنشان از گردونه شد.

با ساخت عایقهای بهتر، انجام تعمیرات گرم تا سطح 66 کیلوولت و در سال 1935 تا سطح 110 کیلوولت ممکن شد. در سال 1937 شرکت آمریکایی A.B CHANCE شرکت TIPS TOOLS را خریداری کرده و تمامی فعالیتهای شرکت را معطوف به مطالعه در زمینه تجهیزات خط گرم کرد. نتیجه این امر شگفت‌انگیز بود به طوری که در سال 1948 امکان تعمیرات تا سطح 300 کیلوولت ارتقاء یافت. او جی اندرسون (O.G.Andrerson) و ام آر پارکین (M.R.Parkin) دو تن از مهندسان شرکت چنس بودند که روشی را برای تعویض مقره‌های آسیب دیده در خط 287 کیلوولتی هاور دام (HOOVIR DAM) به صورت گرم ابداع نمودند. در سال 1954 تعمیرات خط گرم در خط 345 کیلوولتی ایالت میشیگان با ابزارهایی از جنس MAPLAC انجام شد. تا پیش از آن جنس ابزارها از چوبهای فشرده‌ای بود که در شیار آنها روغنهای خاصی تحت فشار زیاد تزریق شده بود. MAPLAC در حقیقت پوشش دیگری بود که بر روی این چوبه قرار می‌گرفت و سطح عایقی را بالاتر می‌برد. اما با احداث شبکه 500 کیلوولت

ابزارهای MAPLAC نیز دیگر جوابگو نبودند. کارشناسان در ابتدا به فایبر گلاسها چشم دوختند، اما شکنندگی آنها خیلی زود باعث خارج شدنشان از گردونه شد.

اصولا خاموشی ها بر دو نوعند:

الف) خاموشیهای ناخواسته یا بدون برنامه ریزی

ب) خاموشی های خواسته یا با برنامه ریزی

الف) خاموشیهای ناخواسته یا بدون برنامه ریزی

1. عدم بکارگیری حفاظت مناسب

2. ضربات ناشی از خطوط مجاور

3. اتصالی در مقرهها بر اثر شکستگی یا ترک خوردگی

4. شل بودن یا دررفتگی متعلقات سرتیر (کنسولها، مقرهها و ...)

5. کثیفی مقرهها و سایر تجهیزات

6. برخورد پرندگان، درختان، اشیاء خارجی، صاعقه و طوفان

7. اتصال در ترانسفورماتورها، خازنها، ریکلوزرها، به علت عدم بهره‌برداری صحیح از آنها

ابعاد مشکلات ناشی از قطع یا خاموشی برق :

این مشکلات را می توان از چند بعد مورد نقد و بررسی قرارداد :

الف- بعد اقتصادی

ب- بعد اجتماعی

ج- بعد سیاسی

مشکلات قطع برق از بعد اقتصادی :

بعضی از این مشکلات بدین شرح می باشند:

- الف - قطع برق موجب کاهش یا توقف تولید صنایعی می شود که مستقیماً با برق کار می کنند. چراکه امروزه در صد بالای صنایع به انرژی برق وابستگی کاملی دارند.
- ب- قطع برق موجب بیکاری نیروی انسانی بطور مستقیم و یا غیر مستقیم می شود که خود این پدیده مسائل و مشکلات عدیده ای را برای صنعت کشور به بار خواهد آورد .
- ج- قطع برق باعث فرسودگی و کوتاه نمودن عمر تجهیزات برق می گردد که جهت جبران آن می بایست میلیاردها ریال هزینه کرد .
- چ- قطع برق موجب خسارت به تاسیسات مشترکین خانگی می شود .
- د- قطع برق باعث فروش کمتر انرژی برق و در نهایت باعث در آمد کمتر می گردد
- ه - به علت قطع برق و زارت نیرو می بایست بعضاً خسارات سنگین و غیر قابل جبرانی را به بعضی از مشترکین خود پرداخت نماید.

مشکلات قطع برق از بعد اجتماعی :

بعضی از این مشکلات را می توان به شرح ذیل دانست:

- الف - قطع برق موجب نارضایتی مشترکین شده و باعث می گردد که هدف اصلی وزارت نیرو در بخش برق که تامین برق مطمئن و پایدار جهت مشترکین خود می باشد زیر سؤال برود.
- ب- قطع برق باعث بیکاری نیروی انسانی می گردد که این امر می تواند مسائل و مشکلات زیادی را در اجتماع ایجاد نماید .

مشکلات خاموشی برق از بعد سیاسی:

خاموشی های برق در این بعد نیز مسائل خاص خود را در پی خواهد داشت چرا که در حال حاضر کشور ایران با بعضی از کشورها تبادل انرژی برق دارد و قطع این انرژی از منظر سیاسی مشکلاتی را در روابط کشور با کشورهای دیگر در پی خواهد داشت و یا موجب اختلال در صادرات نفت و گاز و موارد دیگر که وابستگی شدیدی به انرژی برق دارد می شود که خود می تواند مشکلاتی از نظر سیاسی ایجاد نماید.

مزایای خط گرم:

- 1 - کاهش تلفات انرژی
- 2 - کاهش خاموشی های فشارضعیف جهت بعضی از کارهای جمعی تعادل بار و غیره ...
- 3 - فروش انرژی بیشتر
4. کاهش خاموشیهای فشار متوسط
5. رضایت مشترکین
6. داشتن برق مستمر و پایدار
7. تولید مستمر صنایع

معایب خط گرم:

- 1- خط گرم نسبت به روش تعمیرات خط سرد پر خطر است. همواره خطر برق گرفتگی، لاینمن را تهدید می کند و کوچکترین اشتباه یا عدم هماهنگی بین اعضای گروه خط گرم، عواقب جبران ناپذیری بدنبال دارد.

2- برای انجام تعمیرات خط گرم نیاز به افراد آموزش دیده و کاملاً مجرب، مبرم و ضروری است. از این رو، تعمیرات به روش خط گرم نیاز به سرمایه گذاری گسترده ای در امر آموزش دارد.

3- میدان های الکترومغناطیسی اطراف خطوط فشار قوی باعث تاثیر بر متابولیسم کربوهیدرات ها و پروتئین های موجود در بدن انسان می شود و باعث اختلال در تنفس سلول ها می شود. از این رو مدت زمان کارروی خطوط بر مقدار محدود می شود.

پایان

