

# مبانی مقدماتی در طراحی شبکه های انتقال انرژی



نویسنده: مسعود یوسفیان

مدرس دانشگاه شهید رجایی کاشان

فهرست مطالب

3	فصل اول:مقدمه.....
14	فصل دوم:مسیریابی.....
37	فصل سوم:محاسبات الکتریکی.....
54	فصل چهارم:محاسبات مکانیکی.....
65	فصل پنجم:خطوط HVDC.....
73	فصل ششم:خطوط کمپکت.....
82	فصل هفتم:آشنایی با خط گرم.....

## مقدمه

بدلیل دور بودن مراکز تولید به مراکز مصرف نیاز به خطوط انتقال نیرو می باشد. انرژی تولیدی در نیروگاه ها در پست های افزایشده ی نیروگاهی افزایش پیدا می کند و با خطوط انتقال انرژی منتقل می شود و در نزدیکی شهر ها طی چند مرحله در پست های کاهنده ولتاژ کاهش پیدا کرده و بدست مصرف کنندگان می رسد.

از دیگر موارد استفاده از خطوط انتقال انرژی افزایش قابلیت اطمینان سیستم و ارتباط دو نقطه با پیک بار غیر همزمان می باشد. همچنین جهت تبادل انرژی بین کشور ها از این خطوط استفاده می شود.

## برنامه ریزی اولیه

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:

در این مرحله می بایست شبکه های موجود را مورد بررسی قرار داد و نقاط مبدا و مقصد را مشخص نمود

### \*بازدید کلی از مسیر و پستها:

در این مرحله می بایست طی چند مرحله از مسیر های موجود بازدید نمود تا مسیر مناسب جهت نیرو رسانی از مبدا به مقصد انتخاب گردد

### انتخاب طرح:

از بین طرح های پیشنهادی بهترین طرح از نظر محاسبات الکتریکی و محاسبات مکانیکی انتخاب می گردد. می بایست دقت گردد که این طرح از نظر اقتصادی نیز به صرفه باشد

### \*انتخاب هادی:

هادی انتقال انرژی را با توجه به توان انتقالی و سطح ولتاژ خط انتخاب می کنیم

## دکل های خطوط انتقال انرژی

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

برج های روشنایی، معمولا برای روشنایی محوطه های بزرگ مانند استادیوم ها، پارک ها، بوستان ها، تفرجگاه ها، میادین، خیابان ها، محوطه ی ساختمان هایی نظیر بیمارستان ها، ساختمان های دولتی و کارخانجات و شرکت ها، میادین، فرودگاه ها، استادیوم ها، پایانه ها، تقاطع ها، پل ها و ... استفاده می شوند.

تکنولوژی چندان پیچیده ای ندارند و شرکت های داخلی می توانند برابر استانداردها نمونه های مختلف آن را تولید کنند. پخش نور گسترده و یکنواخت، بدون خیرگی، به سبب ارتفاع زیاد برج ها، از مزایای آنهاست.

گاهاً روی این پایه ها از سیستم مکانیزه فرود و صعود سبد پروژکتور استفاده می شود که به وسیله ی آن می توان پروژکتورها را بالا و پایین برد و این تکنولوژی، سرویس و نگهداری برج را آسان و ارزان می نماید، زیرا برای تعمیر و نظافت پروژکتور و یا تعویض لامپ ها، دیگر نیاز به جرثقیل نبوده و تعمیرکار به آسانی می تواند به کمک سیستم کنترل میکروپروسسوری نصب شده در داخل بدنه ی برج روشنایی (نورانی)، اقدام به تعویض لامپ ها و یا تعمیر پروژکتورها نماید.

ارتفاع این برج ها می تواند بسته به کاربرد آنها متفاوت باشد، ارتفاع های ۱۲ تا ۳۰ متر بیشتر رایج است.

بدنه ی اصلی برج، به صورت هرم ناقص، با توجه به ارتفاع، ۶، ۸، ۱۲، ۱۴ و ۱۶ وجهی ساخته می شود و به ترتیب

قطر بدنه از بالا به پایین تغییر می نماید. 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.

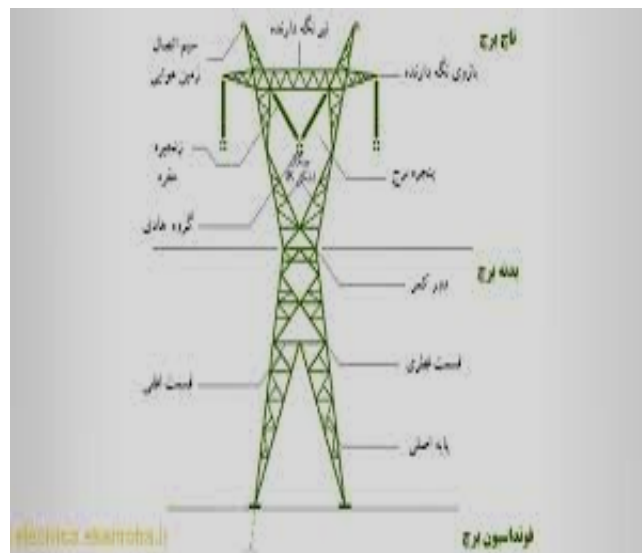
گاهی سیستم‌های کنترل و فرمان، مدارهای حفاظتی و... در تابلویی مجزا در داخل بدنه‌ی برج‌های روشنایی تلسکوپی نصب می‌شود که موجب ایمنی بیشتر و اشغال فضای کمتر می‌گردد.

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 می‌نماید.

در برخی برج‌های نوری 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 دابل، 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 دکلهای 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 نقطه‌ای انحراف از دکل‌های زاویه استفاده می‌شود. این

دکلها از لحاظ بارگذاری و آهن آلات مصرفی نسبت به دکلهای میان مسیری (Suspension) سنگین تر می باشند.

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



### دکل های انتقال برق تلسکوپی

ساختار دکل های برق تلسکوپی، شبیه پایه های روشنایی تلسکوپی است.

نمونه ای از این دکل ها در یک خط چهار مداره ی ۱۳۲ کیلوولت، برای نخستین بار در سال ۱۳۸۶ در خوزستان استفاده شد.

مزیت این دکل ها به دکل های مشبک خربایی 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 خربایی 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 مخصوصا 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

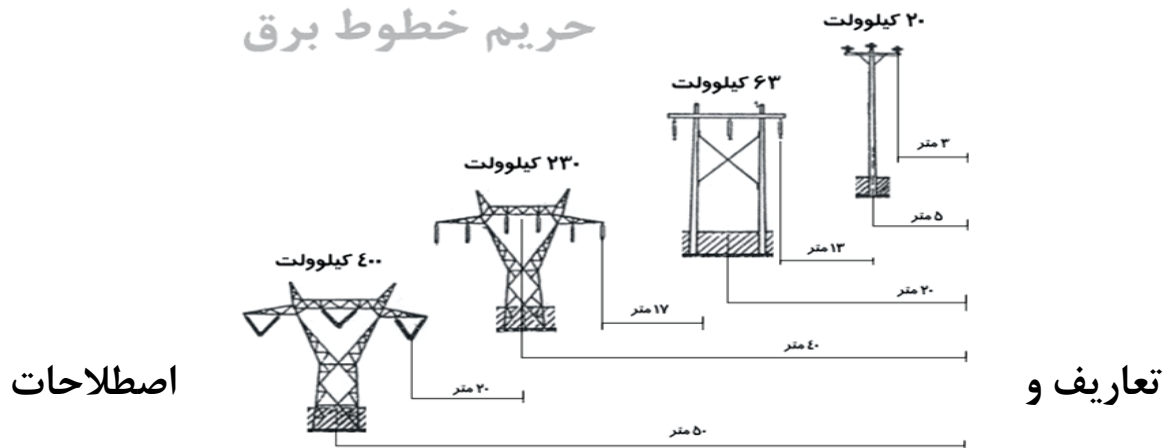
بیماری و سرطان‌زا بودن پایه‌های برق فشار قوی مطرح می‌شود. اصولا مردم دوست ندارند یک دکل فشارقوی برق از وسط کوچه‌شان عبور کند. در مورد دکل‌های روشنایی فشارقوی، با توجه به اینکه ولتاژ این دکل‌ها چندان بالا نیست، نگرانی‌های مردم احتمالا بیشتر از جانب تکنولوژی لامپ‌ها و نورافکن‌هایی است که در این دکل‌ها 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

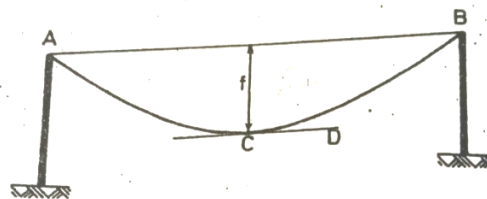
رعایت حریم خطوط فشار قوی یکی از مهم ترین عواملی است که می تواند خطرات تاثیرگذار را کاهش دهد، این حریم ها به شرح زیر است:

## حریم خطوط برق

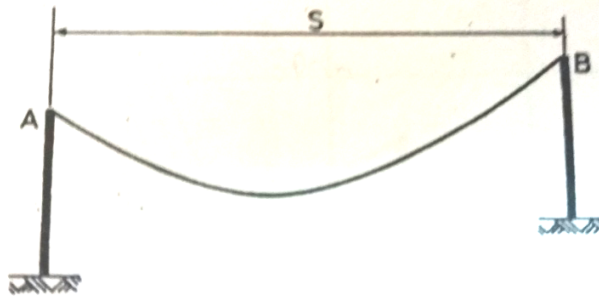


کشش (Tention): مقدار نیرویی که اگر سیم در نقطه ای پاره شود لازم است تا در همان نقطه اعمال گردد تا سیم شکل سابق خود را حفظ کند کشش را با حرف T نمایش می دهند و واحد آن Kg است.

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 SC 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 Se 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 Expantion Coeff): نسبت تغییر طول نسبی ناشی از حرارت به تغییر درجه حرارت را ضریب انبساط خطی گویند و با حرف  $\alpha$  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.

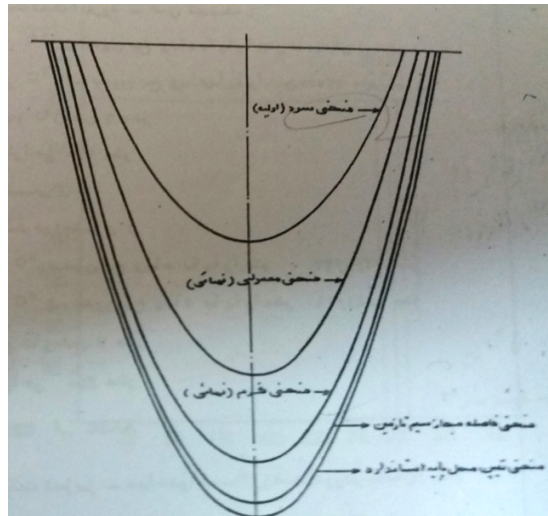
منحنی گرم (Hot Curve): به منظور رعایت فاصله مجاز هادی از زمین بایستی بیشترین افت سیم در نظر گرفته شود. بدین منظور منحنی گرم را با توجه به حداکثر درجه حرارت هادی رسم می کنیم. این درجه حرارت بستگی به دمای محیط تابش خورشید و تشعشع توان انتقالی از هادی و جریان اتصال کوتاه دارد.

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.

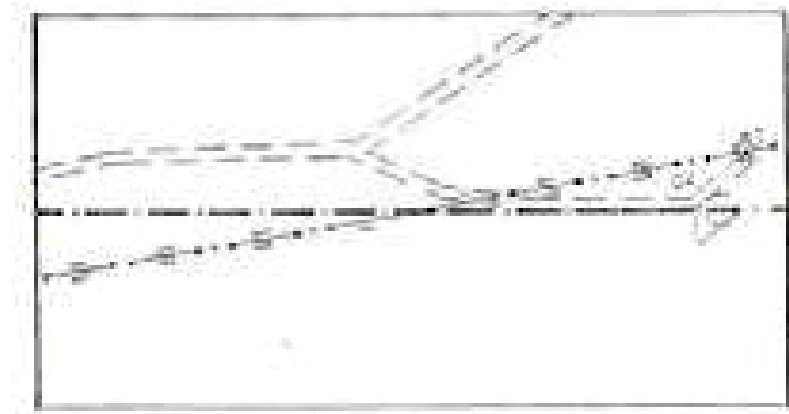
منحنی فاصله مجاز هادی از زمین: این منحنی به منظور رعایت فاصله مجاز بین هادی و زمین در شرایط بیشترین فلش ممکن با فاصله ای ثابت زیر منحنی گرم رسم می شود. طریقه ترسیم آن به اینگونه است که تمام خطوط قایم بین منحنی گرم و منحنی مزبور مساوی و به اندازه فاصله مجاز هادی تا زمین باشد.

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 نکنند.

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 گاملا 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 معمولاً مجاز آن را 0.2 در نظر می گیرند.

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

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

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

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، اسپین 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 (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


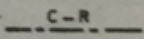
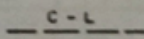
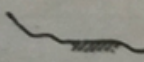
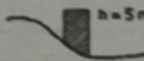
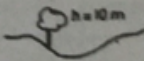
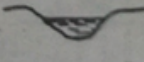
## علائم پروفیل

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

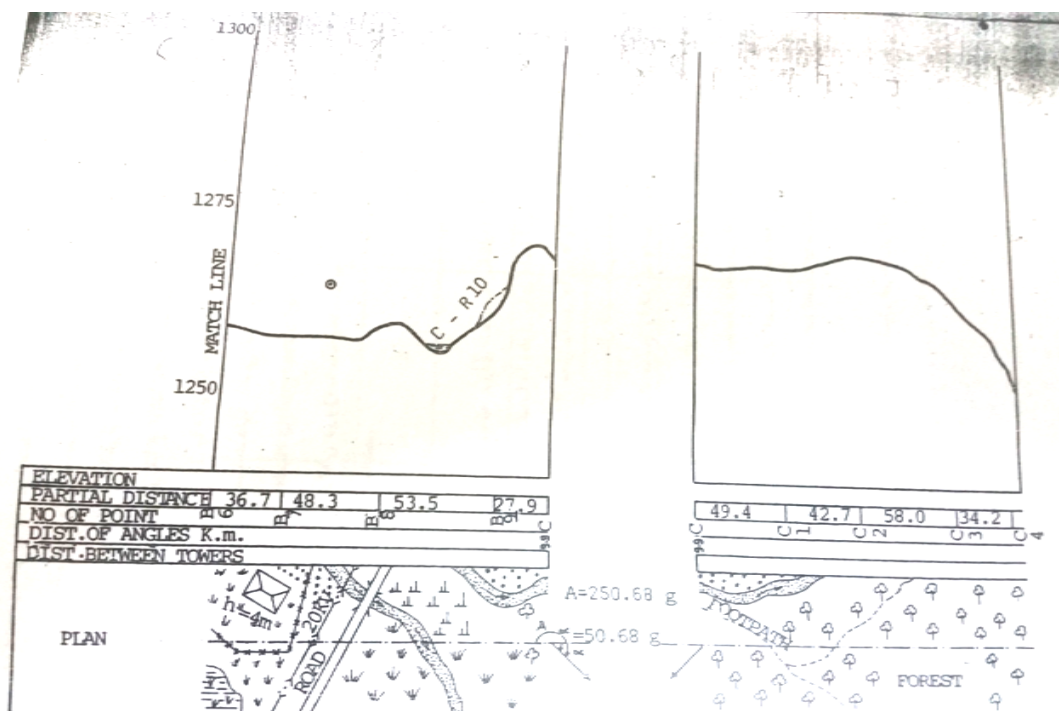
بعد از تهیه شدن پلان و پروفیل و پایه گذاری روی آن ، محل پایه ها که در پلان و پروفیل مشخص شده است روی زمین انتقال داده و چون محل دقیق پایه ها معلوم است زمین در محل های فوق با دقت بیشتری بازدید می شود و چنانچه اصلاحاتی از قبیل تغییر محل پایه در امتداد خط یا تغییر قسمتی از مسیر لازم باشد صورت می گیرد و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

نام	علامت	نام
Building		ساختمان
Religious building		اماکن مذهبی
Ruin		خرابه
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		نرده
Pipe line		خط لوله
Telephone or Telegraph line		خط تلفن و تلگراف
Power line		خط انتقال نیرو
Tank (oil-water-etc)		مغازن (مواد نفتی آب و غیره)

نام	علامت	نام
Pylon		پایه
Trees plantation		درختکاری
Cultivated land		زمین مزروعی
Lawn		چمن
Forest		چنگل
Bush		بوته زار
Palm grove		نخلستان
Vine yard		ناکستان
Rice plantation		شالیزار
Tea plantation		چایکاری
Cotton plantation		پنبهکاری
River		رودخانه
Canal		کانال
Stream		نهر
Water course		آبریز
Dyke		بند
Dyke		آب بندان
Flood way		مسيل

نام	علامت	نام
Swamp		با طلاق
Lagoon		مرداب (مانداب)
Qanat		رشته قنات
Deep well		چاه عمیق
Well		چاه
Spring		چشمه
Pool		استخر
Stream with trees		جوی با درخت
Boundary		مرز
Contours		منحنی میزان
Rock		صخره
Cutting		بریدگی
Cemetery		گورستان
Spot height		نقطه ارتفاعی
Roper B.M		بنج عارک
Polygon 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 و ارتفاع 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 و یا 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 را رعایت و چگونگی انجام سیم کشی و مقدار نیروی وارد شده به سمت بالا به پایه (اپلیفت) را مدنظر قرارداد (جهت محاسبه اپلیفت باید فلش در حداقل 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

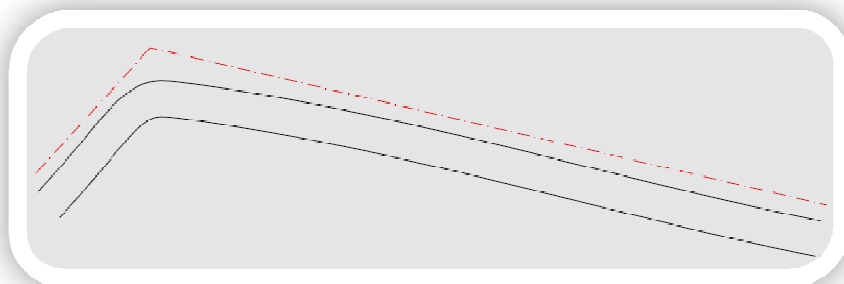
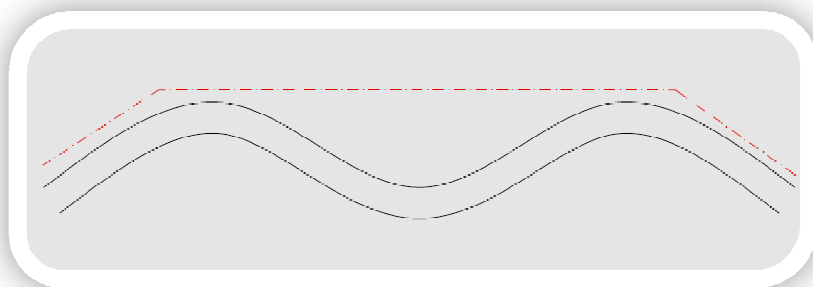
### نکات مهم

- 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 زمینهای 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

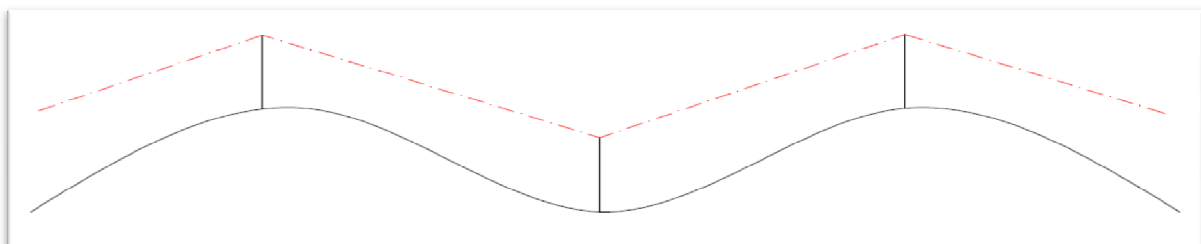
**1.3.2- روش جدید**

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 Erath 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**

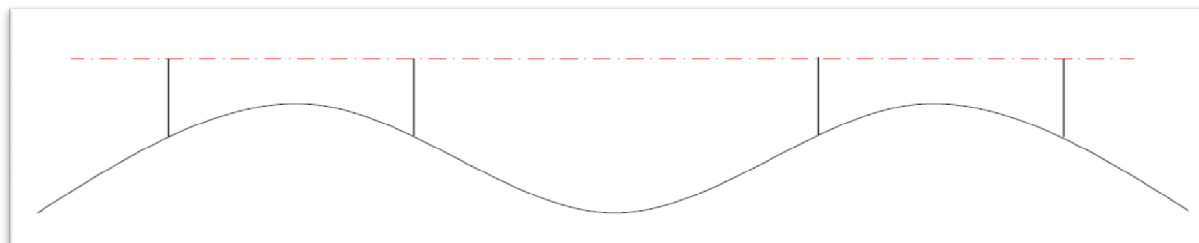
علاوه بر موارد ذکر شده فوق در زمین های تپه ماهور بایستی بر موارد زیر توجه کرد:

**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**



روش صحیح



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 فاز مجاز به صورت تجربی:

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

□ مثال: فاصله فاز مجاز اسپن 150 متری تقریباً 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 مثلاً در دداندها 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 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 و مدت 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 قرار داد :

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

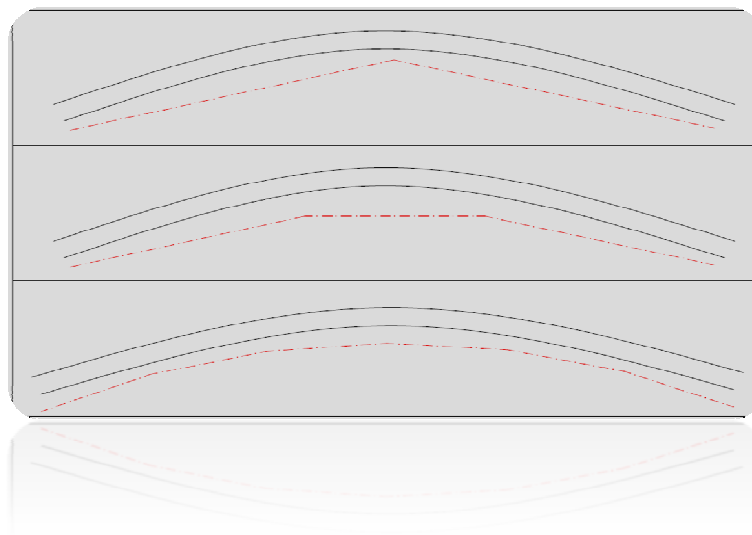
4.1.1- استعلام حریم جاده

4.1.2- در نظر گرفتن کلیه موارد در بندهای قبلی

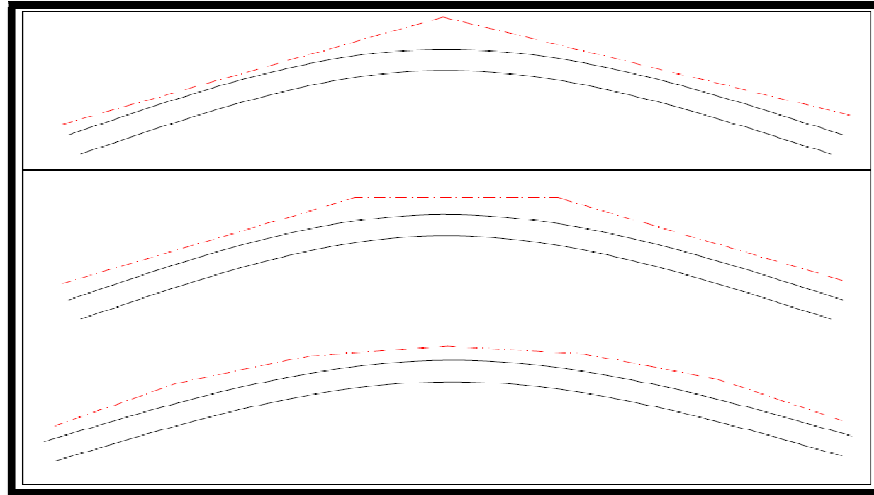
4.1.3- شروع عملیات پیکتاژ از چند متر خارج از حریم استعلام شده

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.

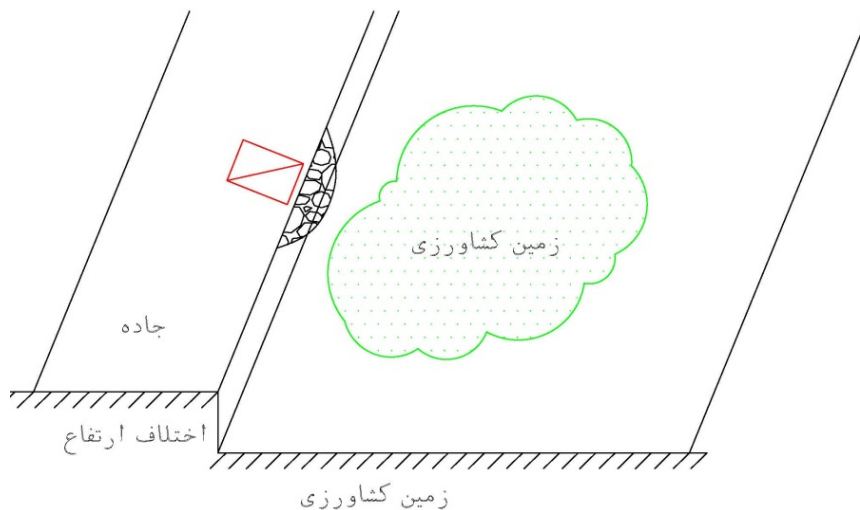
## 6- در مجاورت جاده های موجود در زمین های کشاورزی

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.

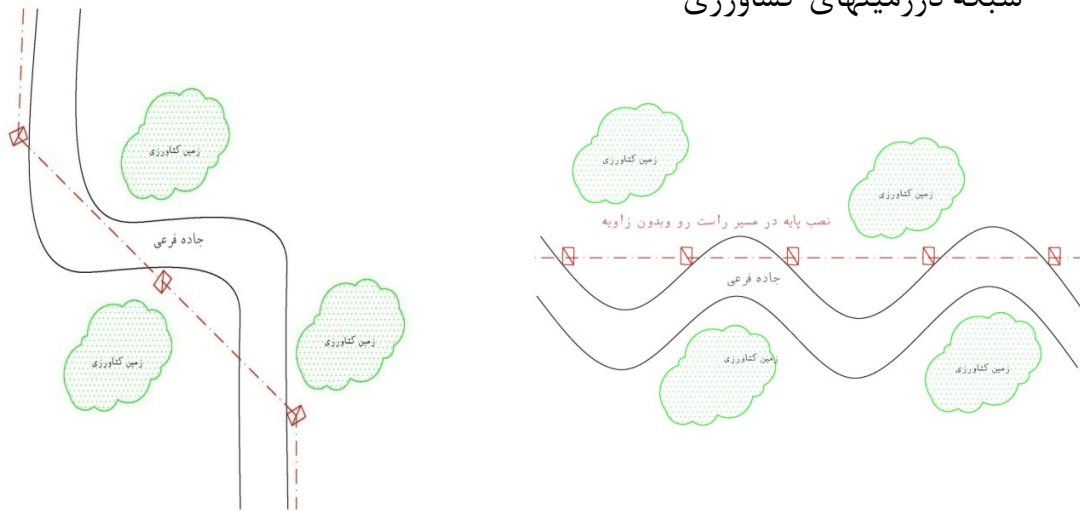
نکته :

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 در جاده 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

در موقعیت های خاص جهت طراحی شبکه نیاز به تامل بیشتری دارد مثلاً برای احداث کابل خود نگه دار فشار متوسط در زیر شبکه دومیاده 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 هارادر برابند نصب نمود

#### 7.5- طراحی شبکه با توجه به حریم

رعایت حریم شبکه از اهمیت بسیارمهم 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 و قسمتی 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 5درصد تجاوز ننماید.

طبق بخشنامه وزارت نیرو در خردادماه سال 1360 سیم های آلومینیوم فولاد شامل 12مقطع 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.

نام سیم	قطر هر رشته x تعداد mm		قطر خارجی mm	شکل مقطع				وزن Kg/m	حجم شیروی پارگی Kg	مقاومت Ω/Km				اندازه کنتاکت mm <sup>2</sup> /km	جریان نامی (آمپر)	میدول الاستیسیته Kg/mm <sup>2</sup>	ضریب انبساط خطی X10 <sup>-6</sup> 1/°C
				کل		آلومینیوم				AC		DC					
	mm <sup>2</sup>	mm		mm <sup>2</sup>	mm	Ω/CC	Ω/CC			Ω/CC	Ω/CC						
	mm <sup>2</sup>	mm		mm <sup>2</sup>	mm	Ω/CC	Ω/CC			Ω/CC	Ω/CC						
FOX	6x2/79	1x2/79	8/27	26/7	22/4	22/7	82/2	121	1246	0.7817	0.8773	0.7817	0.8773	0.2825	162	8100	19/1
MINK	6x2/66	1x2/66	10/98	22/1	124/5	22/6	125/2	255	2222	0.509	0.2522	0.509	0.2522	0.2662	288	8100	19/1
DOG	6x2/72	2x1/57	14/15	100	207/2	118/5	222/9	292	2225	0.2062	0.1726	0.2062	0.1726	0.2506	217	7700	19/8
PARTRIDGE	26x2/57	7x2	16/20	125/2	266/8	106/9	209/6	526	512	0.2122	0.1222	0.2122	0.1222	0.2222	260	7700	18/9
LYNX	20x2/79	7x2/79	19/52	182/2	226/2	226/2	226/2	822	8127	0.1576	0.1766	0.1576	0.1766	0.1771	529	8200	17/8
ORIOLE	20x2/69	7x2/69	18/82	170/5	226/2	210/2	210/2	782	7726	0.1696	0.1901	0.1696	0.1901	0.2205	520	8200	17/8
HAWK	26x2/22	7x2/68	21/80	221/2	221	552/6	281	977	8821	0.1197	0.1222	0.1222	0.1222	0.1222	670	7700	18/9
DRAKE	26x2/22	7x2/25	28/12	202	268/6	222/8	222/8	1628	12165	0.0712	0.0725	0.0712	0.0725	0.2062	900	7700	18/9
CANARY	52x2/28	7x2/28	29/52	256	515/1	1016/6	1016/6	1722	12662	0.0625	0.0628	0.0625	0.0628	0.072	970	7000	19/2
CARDINAL	52x2/28	7x2/28	20/28	282/2	52	1077/5	1077/5	1828	15527	0.0598	0.0611	0.0598	0.0611	0.20	1010	7000	19/2
CURLEW	52x2/515	7x2/515	21/65	522/7	591/2	1022/5	1022/5	1980	16822	0.0551	0.0566	0.0551	0.0566	0.1995	1060	7000	19/2
MARTIN	52x2/18	26/17	26/17	682/6	1251	1522/8	1522/8	2582	21610	0.0222	0.0222	0.0222	0.0222	0.292	1250	6800	19/2

نام پرنده	ولتاژ کیلو ولت	تعداد سایه ها در هر فشار	تعداد پرنده ها در هر فشار (۲ متر)	تعداد پرنده ها در هر فشار (۱ متر)	کیلو متر x مگا وات
FOX	۲۰	۱	۱۹۲	۵/۹۸	۶x۶
MINK	۲۰	۱	۲۸۸	۸/۹۸	۷/۵x۷/۵
DOG	۲۰	۱	۲۱۷	۱۲	۹x۹
PARTRIDGE	۲۰	۱	۲۶۰	۱۲/۲۲	۱۰x۱۰
FOX	۲۰	۲	۱۹۲	۱۱/۹۷	۸/۵x۸/۵
MINK	۲۰	۲	۲۸۸	۱۲/۹۵	۱۰/۵x۱۰/۵
DOG	۲۰	۲	۲۱۷	۲۶	۱۲/۵x۱۲/۵
PARTRIDGE	۲۰	۲	۲۶۰	۲۸/۶۸	۱۲/۸x۱۲/۸
PARTRIDGE	۶۲	۱	۲۶۰	۲۵/۱۷	۲۹x۲۹
ORIOLE	۶۲	۱	۵۲۰	۵۲	۳۱x۳۱
LYNX	۶۲	۱	۵۲۹	۵۳/۹	۳۲x۳۲
HAWK	۶۲	۱	۶۷۰	۶۵/۸	۳۴x۳۴
PARTRIDGE	۶۲	۲	۲۶۰	۹۰/۲۵	۳۱x۳۱
ORIOLE	۶۲	۲	۵۲۰	۱۰۲	۳۵x۳۵
LYNX	۶۲	۲	۵۲۹	۱۰۲/۸	۳۵x۳۵
HAWK	۶۲	۲	۶۷۰	۱۳۱/۶	۳۲x۳۲
ORIOLE	۱۲۲	۱	۵۲۰	۱۰۹	۴۳x۴۳
HAWK	۱۲۲	۱	۶۷۰	۱۳۷/۸	۴۹x۴۹
DRAKE	۱۲۲	۱	۹۰۰	۱۸۵/۲	۷۳x۷۳
ORIOLE	۱۲۲	۲	۵۲۰	۲۱۸	۹۵x۹۵
HAWK	۱۲۲	۲	۶۷۰	۲۲۵/۷	۹۹x۹۹
DRAKE	۱۲۲	۲	۹۰۰	۲۷۰/۲	۱۰۸x۱۰۸
DRAKE	۲۳۰	۱	۹۰۰	۲۲۲/۷	۱۳۰x۱۳۰
CANARY	۲۳۰	۱	۹۷۰	۲۲۷/۷	۱۳۳x۱۳۳
CARDINAL	۲۳۰	۱	۱۰۱۰	۲۶۲/۱	۱۳۵x۱۳۵

x کیلو متر x مگا وات که به صورت ضرب دو عدد می آید و نشان داده شد فقط جهت سهولت در استفا  
 آنهاست و حاصل ضرب آنها مورد نظر است.



کیلومتر مربع مگاوات		حداکثر قدرت حقیقی (مگاوات)	حداکثر پربان در هر ساعت (مگاوات)	تعداد سیمها در هر ساعت	تعداد مدار	ولتاژ کیلو ولت	نام سیم
۵ در صد افت ولتاژ	۱۰ در صد افت ولتاژ						
۱۰۲×۱۰۲	۱۲۵×۱۲۵	۲۸۰	۱۰۶۰	۱	۱	۲۳۰	CURLEW
۱۲۵×۱۲۵	۱۶۰×۱۶۰	۶۲۵/۳	۱۸۰۰	۲	۱	۲۳۰	DRAKE
۱۲۵×۱۲۵	۱۶۰×۱۶۰	۶۹۵/۵	۱۹۲۰	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	۶۲۵/۳	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	۱۳۴۸/۲	۲۰۲۰	۲	۲	۲۳۰	CARDINAL
۱۹۳×۱۹۳	۲۴۵×۲۴۵	۱۵۲۰	۲۱۲۰	۲	۲	۲۳۰	CURLEW
۲۱۶×۲۱۶	۲۷۶×۲۷۶	۱۳۲۱/۹	۲۱۲۰	۲	۱	۲۰۰	CURLEW
۲۲۲×۲۲۲	۲۸۲×۲۸۲	۱۵۵۸/۸	۲۵۰۰	۲	۱	۲۰۰	MARTIN
۲۴۵×۲۴۵	۳۱۱×۳۱۱	۱۹۸۲/۸	۳۱۸۰	۳	۱	۲۰۰	CURLEW
۲۵۱×۲۵۱	۳۱۶×۳۱۶	۲۳۳۸/۲	۳۷۵۰	۳	۱	۲۰۰	MARTIN
۲۷۰×۲۷۰	۳۴۰×۳۴۰	۲۶۲۲/۸	۴۱۲۰	۳	۱	۲۰۰	CURLEW
۲۷۱×۲۷۱	۳۴۵×۳۴۵	۳۱۱۷/۷	۵۰۰۰	۳	۱	۲۰۰	MARTIN
۳۲۵×۳۲۵	۴۲۵×۴۲۵	۲۶۲۲/۸	۲۱۲۰	۲	۲	۲۰۰	CURLEW
۳۵۱×۳۵۱	۴۲۲×۴۲۲	۳۱۱۷/۷	۲۵۰۰	۲	۲	۲۰۰	MARTIN
۳۹۳×۳۹۳	۴۶۸×۴۶۸	۳۹۶۵/۷	۳۱۸۰	۳	۲	۲۰۰	CURLEW
۳۹۵×۳۹۵	۴۷۲×۴۷۲	۴۶۷۶/۵	۳۷۵۰	۳	۲	۲۰۰	MARTIN
۴۵۰×۴۵۰	۵۲۰×۵۲۰	۵۲۸۷/۶	۴۲۲۰	۳	۲	۲۰۰	CURLEW
۴۶۰×۴۶۰	۵۲۵×۵۲۵	۶۲۳۵/۲	۵۰۰۰	۳	۲	۲۰۰	MARTIN