



شرکت توانیر

معاونت هماهنگی توزیع

دفتر مهندسی و راهبری شبکه

# دستورالعمل محاسبات مکانیکی شبکه‌های توزیع هوایی



کد سند: TAV112-03/00



شرکت مدیریت تولید، انتقال و توزیع نیروی برق ایران (توانیر)

دستور العمل محاسبات مکانیکی شبکه‌های توزیع هوایی

دریافت کنندگان سند:

✓ معاونت هماهنگی توزیع شرکت توانیر

✓ شرکت‌های توزیع نیروی برق ایران

کد سند	تاریخ تهیه	تاریخ بازنگری	شماره آخرین بازنگری
TAV112-03/00	۱۴۰۰/۰۴/۰۴	۱۴۰۰/۰۴/۰۴	۰۰

تهیه کننده	تأیید کننده	تصویب کننده
کمیته تخصصی طراحی شبکه های توزیع	مدیرکل دفتر مهندسی و راهبری شبکه - مسعود صادقی خمایی	معاون هماهنگی توزیع غلامعلی رخشانی مهر

امضاء:

امضاء:

امضاء:

<http://www.tavanir.org.ir/dm/dmnezarat/>

صفحه	عنوان
۱	پیشگفتار.....
۲	۱- مقدمه.....
۲	۲- هدف و دامنه کاربرد.....
۳	۳- محدوده اجرا.....
۳	۴- مسئولیت نظارت و اجرا.....
۳	۵- تعاریف.....
۳	۵-۱- کشش سیم (T).....
۳	۵-۲- تنش ( $\sigma$ ).....
۳	۵-۳- کرنش ( $\epsilon$ ).....
۳	۵-۴- مدول یانگ یا مدول الاستیسیته ( $E$ ).....
۳	۵-۵- پارامتر سیم (a).....
۴	۶- محاسبات مکانیکی.....
۶	۶-۱- تعیین شرایط بارگذاری.....
۹	۶-۲- تعیین ضریب اطمینان هادی در حالات مختلف بارگذاری.....
۹	۶-۳- تعیین شرایط اولیه کشش هادی و جدول فلش-کشش.....
۱۳	۶-۴- تعیین اسپین اقتصادی.....
۱۴	۶-۵- برآورد منحنی‌های مورد نیاز برای پایه‌گذاری.....
۱۴	۶-۶- پایه‌گذاری.....
۱۷	۶-۷- روش بررسی نیروی‌های وارده به پایه و انتخاب پایه و یراق‌آلات.....
۲۰	۶-۷-۱- نیروی باد وارد بر پایه.....



۲۲	انتخاب مقره ۲-۷-۶
۲۳	پیوست الف
۵۱	پیوست ب
۵۵	ب-۱- تغییر وضعیت سیم لخت در شرایط مختلف آب و هوایی
۵۸	ب-۲- محاسبات مکانیکی شبکه تست
۶۴	ب-۳- بررسی نیروی وارد بر مقره و نیروی بالابرنده
۶۸	ب-۴- محاسبات مکانیکی کابل خودنگهدار
۶۹	ج- جداول کاربردی [۱۷]
۹۵	۷- اینفوگرافیک محاسبات مکانیکی
۹۶	۸- مراجع
۹۷	۹- اعضای تدوین کننده دستورالعمل به ترتیب الفبا

## فهرست اشکال

عنوان	صفحه
شکل ۱: فرایند محاسبات طراحی مکانیکی خط.....	۵
شکل ۲: کنترل فاصله مجاز هادی‌ها از یکدیگر در وسط اسپین.....	۱۳
شکل ۳: انواع منحنی سیم برای محاسبات پایه‌گذاری.....	۱۴
شکل ۴: پایه‌گذاری با استفاده از تمپلت.....	۱۵
شکل ۵: روش پایه‌گذاری با استفاده از منحنی‌های سیم در زمین‌های نسبتاً هموار.....	۱۶
شکل ۶: پایه‌گذاری در زمین‌های غیر هموار.....	۱۶
شکل ۷: بررسی نیروهای Uplift بعد از پایه‌گذاری.....	۱۷
شکل ۸: مثال محاسبه قدرت نامی مورد نیاز پایه بر اثر نیروی‌های وارده با استفاده از روش معادل سازی نیروها به نقطه تست تیر.....	۱۸
شکل ۹: انواع بست‌های مورد استفاده در مهارها.....	۱۹
شکل ۱۰: مثال محاسبه مقاومت مورد نیاز سیم مهار.....	۲۰
شکل ۱۱: تغییر سرعت باد با فاصله گرفتن از سطح زمین در زمین‌های با موانع مختلف، (۱) مناطق شهری با ساختمان‌های بلند مرتبه، (۲) مناطق شهری معمولی و مناطق با پوشش درختی، (۳) مناطق باز.....	۲۱
شکل ۱۲: نیروی گسترده ناشی از سرعت باد بر روی پایه.....	۲۲
شکل ۱۳: نمایش منحنی سیم آویزان به صورت زنجیری و نیروهای وارد بر سیم.....	۵۶
شکل ۱۴: نمایش سیم آویزان در مختصات عمومی سه بعدی.....	۵۶
شکل ۱۵: نمونه محاسبات مکانیکی برای شبکه‌های حالت اول.....	۵۸
شکل ۱۶: اختلاف درجه حرارت هادی TC و درجه حرارت محیط TA برحسب تغییرات دمای محیط با هادی با جریان ۱۰۰ آمپر.....	۶۰
شکل ۱۷: اختلاف درجه حرارت هادی TC و درجه حرارت محیط TA برحسب تغییرات دمای محیط با هادی با جریان ۰ آمپر.....	۶۰
شکل ۱۸: شبکه نمونه برای بررسی اختلاف ارتفاع و زاویه.....	۶۴
شکل ۱۹: منحنی سیم اسپن‌های ۱-۲ و ۲-۳ در صفحه Z-X.....	۶۶
شکل ۲۰: منحنی سیم اسپن‌های ۴-۳ و ۵-۴ در صفحه Z-X.....	۶۶
شکل ۲۱: شبکه نمونه با کابل خودنگهدار.....	۶۸

## فهرست جداول

صفحه	عنوان
۷	جدول ۱: شرایط بارگذاری منطقه سبک [۱۶]
۷	جدول ۲: شرایط بارگذاری منطقه متوسط [۱۶]
۸	جدول ۳: شرایط بارگذاری منطقه سنگین [۱۶]
۸	جدول ۴: شرایط بارگذاری منطقه فوق سنگین [۱۶]
۹	جدول ۵: بازه‌ها مناسب ضریب اطمینان سیم در شرایط مختلف
۱۰	جدول ۶: حداقل پارامترهای مورد نیاز در جدول فلش - کشش
۱۰	جدول ۷: قیود لازم به بررسی مربوط به حرائم افقی و عمودی خط و فاصله مجاز فازی
۲۴	جدول ۸: فلش سیم‌کشی سیم مینک در منطقه متوسط
۲۵	جدول ۹: فلش سیم‌کشی سیم مینک در منطقه سنگین
۲۵	جدول ۱۰: فلش سیم‌کشی سیم مینک در منطقه فوق سنگین
۲۶	جدول ۱۱: فلش سیم‌کشی سیم هاینا در منطقه متوسط
۲۷	جدول ۱۲: فلش سیم‌کشی سیم هاینا در منطقه سنگین
۲۸	جدول ۱۳: فلش سیم‌کشی سیم هاینا در منطقه فوق سنگین
۲۹	جدول ۱۴: فلش سیم‌کشی سیم لینکس در منطقه متوسط
۳۰	جدول ۱۵: فلش سیم‌کشی سیم لینکس در منطقه سنگین
۳۱	جدول ۱۶: فلش سیم‌کشی سیم لینکس در منطقه فوق سنگین
۳۲	جدول ۱۷: فلش سیم‌کشی سیم روکشدار آلومینیوم ۷۰ در منطقه متوسط
۳۳	جدول ۱۸: فلش سیم‌کشی سیم روکشدار آلومینیوم ۷۰ در منطقه سنگین
۳۳	جدول ۱۹: فلش سیم‌کشی سیم روکشدار آلومینیوم ۷۰ در منطقه فوق سنگین
۳۴	جدول ۲۰: فلش سیم‌کشی سیم آلومینیوم ۱۲۰ با عایق XLPE در منطقه متوسط
۳۵	جدول ۲۱: فلش سیم‌کشی سیم آلومینیوم ۱۲۰ با عایق XLPE در منطقه سنگین
۳۶	جدول ۲۲: فلش سیم‌کشی سیم آلومینیوم ۱۲۰ با عایق XLPE در منطقه فوق سنگین
۳۷	جدول ۲۳: فلش سیم‌کشی سیم روکشدار آلومینیوم ۱۸۵ با عایق XLPE در منطقه متوسط
۳۸	جدول ۲۴: فلش سیم‌کشی سیم روکشدار آلومینیوم ۱۸۵ با عایق XLPE در منطقه سنگین
۳۹	جدول ۲۵: فلش سیم‌کشی سیم روکشدار آلومینیوم ۱۸۵ با عایق XLPE در منطقه فوق سنگین
۴۰	جدول ۲۶: فلش سیم‌کشی سیم خودنگهدار ۷۰ در منطقه متوسط



جدول ۲۷: فلش سیم‌کشی سیم خودنگهدار ۷۰ در منطقه سنگین .....	۴۱
جدول ۲۸: فلش سیم‌کشی سیم خودنگهدار ۷۰ در منطقه فوق سنگین .....	۴۱
جدول ۲۹: فلش سیم‌کشی سیم خودنگهدار ۱۲۰ فشار متوسط در منطقه متوسط .....	۴۲
جدول ۳۰: فلش سیم‌کشی سیم خودنگهدار ۱۲۰ فشار متوسط در منطقه سنگین .....	۴۲
جدول ۳۱: فلش سیم‌کشی سیم خودنگهدار ۱۲۰ فشار متوسط در منطقه فوق سنگین .....	۴۳
جدول ۳۲: فلش سیم‌کشی سیم خودنگهدار ۱۵۰ فشار متوسط در منطقه متوسط .....	۴۴
جدول ۳۳: فلش سیم‌کشی سیم خودنگهدار ۱۵۰ فشار متوسط در منطقه سنگین .....	۴۴
جدول ۳۴: فلش سیم‌کشی سیم خودنگهدار ۱۵۰ فشار متوسط در منطقه فوق سنگین .....	۴۵
جدول ۳۵: فلش سیم‌کشی سیم روکشدار مینک با عایق XLPE در منطقه متوسط .....	۴۶
جدول ۳۶: فلش سیم‌کشی سیم روکشدار مینک با عایق XLPE در منطقه سنگین .....	۴۷
جدول ۳۷: فلش سیم‌کشی سیم روکشدار مینک با عایق XLPE در منطقه فوق سنگین .....	۴۷
جدول ۳۸: فلش سیم‌کشی سیم روکشدار هاینبا با عایق XLPE در منطقه متوسط .....	۴۸
جدول ۳۹: فلش سیم‌کشی سیم روکشدار هاینبا با عایق XLPE در منطقه سنگین .....	۴۹
جدول ۴۰: فلش سیم‌کشی سیم روکشدار هاینبا با عایق XLPE در منطقه فوق سنگین .....	۵۰
جدول ۴۱: شرایط بارگذاری برای انجام محاسبات مکانیکی .....	۵۱
جدول ۴۲: اطلاعات اقلیمی منطقه طرح .....	۵۱
جدول ۴۳: مشخصات هادی‌های مورد استفاده .....	۵۲
جدول ۴۴: مشخصات مواد پرکاربرد در سازه‌های شبکه‌های توزیع هوایی .....	۵۲
جدول ۴۵: مشخصات پایه‌های بتنی ۱۲ متری چهارگوش بتنی .....	۵۳
جدول ۴۶: مشخصات نقاط طرح .....	۵۸
جدول ۴۷: مشخصات آرایش‌ها استفاده شده طرح .....	۵۹
جدول ۴۸: ضریب اطمینان مجاز در حالات مختلف بارگذار طرح نمونه .....	۵۹
جدول ۴۹: جدول فلش-کشش طرح نمونه .....	۶۱
جدول ۵۰: بررسی قیود محاسبات مکانیکی طرح نمونه .....	۶۱
جدول ۵۱: جدول محاسبات نیروهای وارد بر پایه .....	۶۲
جدول ۵۲: محاسبه سیم مهار .....	۶۲
جدول ۵۳: سائز سیم مهار .....	۶۳
جدول ۵۴: محاسبه جداول سیم‌کشی .....	۶۳



- جدول ۵۵: شرایط بارگذاری نمونه منطقه کویری ..... ۶۴
- جدول ۵۶: مشخصات مکانیکی سیم روکشدار تک‌لایه ۷۰ ..... ۶۴
- جدول ۵۷: محاسبه نیروهای سیم در شرایط مختلف آب و هوایی ..... ۶۵
- جدول ۵۸: نتایج نیروهای وارد بر پایه ناشی از یک سیم در بدترین شرایط ..... ۶۷
- جدول ۵۹: مشخصات مکانیکی کابل خودنگهدار نمونه ..... ۶۸
- جدول ۶۰: محاسبه نیروهای سیم در شرایط مختلف آب و هوایی ..... ۶۸
- جدول ۶۱: محاسبه نیروهای وارد بر پایه ناشی از کابل خودنگهدار ..... ۶۸
- جدول ۶۲: فاصله هوایی مجاز هادی خطوط از تاسیسات (متر) [۱۷] ..... ۶۹
- جدول ۶۳: فاصله هوایی مجاز هادی خطوط از تاسیسات (متر) [۱۷] ..... ۷۰
- جدول ۶۴: مشخصات فنی گیره انتهایی [۱۷] ..... ۷۰
- جدول ۶۵: مشخصات فنی سه نوع از گیره های آویزی [۱۷] ..... ۷۰
- جدول ۶۶: مشخصات فنی سه نوع رابط گیره آویزی [۱۷] ..... ۷۱
- جدول ۶۷: مشخصات فنی دو نوع رکاب انتهایی [۱۷] ..... ۷۱
- جدول ۶۸: مشخصات فنی دو نمونه رابط چشمی [۱۷] ..... ۷۱
- جدول ۶۹: مشخصات فنی سه نمونه مهره چشمی [۱۷] ..... ۷۱
- جدول ۷۰: مشخصات فنی دو نمونه میله جلوبر مقره [۱۷] ..... ۷۲
- جدول ۷۱: مشخصات فنی نمونه هایی از میله مهار [۱۷] ..... ۷۲
- جدول ۷۲: مشخصات فنی نمونه های از پیچ یکسر رزوه [۱۷] ..... ۷۳
- جدول ۷۳: مشخصات فنی پایه مقره راس تیر [۱۷] ..... ۷۳
- جدول ۷۴: کراس آرم های متداول در شبکه های توزیع [۱۷] ..... ۷۴
- جدول ۷۵: مشخصات نبشی مورد استفاده در اسپن های ۶۰ تا ۱۰۰ متر برای هادی های مختلف با توجه به شرایط آب و هوایی برای پایه های میانی برحسب میلیمترمربع [۱۷] ..... ۷۷
- جدول ۷۶: مشخصات نبشی مورد استفاده در اسپن های ۶۰ تا ۱۰۰ متر برای هادی های مختلف با توجه به شرایط آب و هوایی برای پایه های گوشه ای برحسب میلیمترمربع [۱۷] ..... ۷۸
- جدول ۷۷: مشخصات نبشی مورد استفاده در اسپن های ۶۰ تا ۱۰۰ متر برای هادی های مختلف با توجه به شرایط آب و هوایی برای پایه های انتهایی برحسب میلیمترمربع [۱۷] ..... ۷۹
- جدول ۷۸: مشخصات نبشی مورد استفاده در اسپن ۱۵۰ متر برای هادی های مختلف با توجه به شرایط آب و هوایی برای پایه های میانی برحسب میلیمترمربع [۱۷] ..... ۸۰





- جدول ۷۹: مشخصات نبشی مورد استفاده در اسپن ۲۰۰ متر برای هادی های مختلف با توجه به شرایط آب و هوایی برای پایه های میانی برحسب میلیمترمربع [۱۷]..... ۸۰
- جدول ۸۰: مشخصات نبشی مورد استفاده در اسپن ۲۵۰ متر برای هادی های مختلف با توجه به شرایط آب و هوایی برای پایه های میانی برحسب میلیمترمربع [۱۷]..... ۸۰
- جدول ۸۱: مشخصات نبشی مورد استفاده در اسپن های ۶۰ تا ۱۰۰ متر برای هادی های مختلف با توجه به شرایط آب و هوایی برای پایه های میانی برحسب میلیمترمربع [۱۷]..... ۸۱
- جدول ۸۲: مشخصات نبشی مورد استفاده در اسپن های ۶۰ تا ۱۰۰ متر برای هادی های مختلف با توجه به شرایط آب و هوایی برای پایه های گوشه ای برحسب میلیمترمربع [۱۷]..... ۸۲
- جدول ۸۳: مشخصات نبشی مورد استفاده در اسپن های ۶۰ تا ۱۰۰ متر برای هادی های مختلف با توجه به شرایط آب و هوایی برای پایه های انتهایی برحسب میلیمترمربع [۱۷]..... ۸۳
- جدول ۸۴: مشخصات نبشی مورد استفاده در اسپن ۱۵۰ متری برای هادی های مختلف با توجه به شرایط آب و هوایی برای پایه های میانی برحسب میلیمترمربع [۱۷]..... ۸۴
- جدول ۸۵: مشخصات نبشی مورد استفاده در اسپن ۲۰۰ متری برای هادی های مختلف با توجه به شرایط آب و هوایی برای پایه های میانی برحسب میلیمترمربع [۱۷]..... ۸۴
- جدول ۸۶: مشخصات نبشی مورد استفاده در اسپن ۲۵۰ متری برای هادی های مختلف با توجه به شرایط آب و هوایی برای پایه های میانی برحسب میلیمترمربع [۱۷]..... ۸۴
- جدول ۸۷: مشخصات نبشی مورد استفاده در اسپن های ۴۰ تا ۱۰۰ متر برای هادی های مختلف با توجه به شرایط آب و هوایی برای پایه های میانی برحسب میلیمترمربع [۱۷]..... ۸۵
- جدول ۸۸: مشخصات نبشی مورد استفاده در اسپن های ۴۰ تا ۱۰۰ متر برای هادی های مختلف با توجه به شرایط آب و هوایی برای پایه های میانی برحسب میلیمترمربع [۱۷]..... ۸۶
- جدول ۸۹: مشخصات نبشی مورد استفاده در اسپن های ۴۰ تا ۱۰۰ متر برای هادی های مختلف با توجه به شرایط آب و هوایی برای پایه های میانی برحسب میلیمترمربع [۱۷]..... ۸۷
- جدول ۹۰: مشخصات نبشی مورد استفاده در اسپن های ۴۰ تا ۱۰۰ متر برای هادی های مختلف با توجه به شرایط آب و هوایی برای پایه های میانی برحسب میلیمترمربع [۱۷]..... ۸۸
- جدول ۹۱: ماتریس طراحی عمده طرح های شبکه های توزیع..... ۸۹



## پیشگفتار

با توجه به ضرورت یکپارچه سازی روند طراحی و رعایت نکات فنی در تهیه طرح و سامانه های طراحی شبکه های توزیع، در سطح کشور، معاونت هماهنگی توزیع شرکت توانیر اقدام به ابلاغ ماموریت ویژه به شرکت توزیع نیروی برق استان گیلان برای تدوین دستورالعمل های طراحی شبکه های توزیع نمود.

شرکت توزیع با همکاری شرکت مهندسين مشاور دانشمند و راهبري حوزه معاونت مهندسي دفتر مهندسي و راهبري شبکه شرکت توانیر، و با توجه به اهمیت استفاده از محاسبات مکانیکی بعنوان زیر ساخت مهم در تعیین تجهیزاتی که سبب پایداری شبکه‌های توزیع می‌گردد، اقدام به تدوین " دستورالعمل محاسبات مکانیکی شبکه های توزیع هوایی " نمود.

دستورالعمل در نشت های تخصصی کارگروه دستورالعمل های طراحی شرکت توانیر بررسی و در " کمیته تخصصی طراحی شبکه های توزیع برق " با حضور خبرگان صنعت برق و دانشگاه کشور با محوریت شرکت توزیع نیروی برق استان اصفهان مطرح، و پس از بررسی مورد تصویب قرار گرفت.

**۱- مقدمه**

امروزه تامین برق پایدار پیش‌نیاز توسعه اقتصادی هر کشوری می‌باشد. شبکه‌های توزیع نیروی برق آخرین حلقه زنجیره تامین برق مشترکین و بنابراین یکی از زیرساختی‌ترین ارکان توسعه کشور هستند. این شبکه‌ها بالاخص خطوط توزیع هوایی همواره در معرض ریسک‌های طبیعی و غیره طبیعی بوده به‌طوریکه هرساله بخشی از شبکه‌های توزیع دچار آسیب‌دیدگی و موجب خاموشی برق مشترکین می‌گردند. یکی از موارد مهم در کاهش ریسک‌های وارد بر شبکه، طراحی اصولی شبکه‌های توزیع هوایی از منظر محاسبات مکانیکی می‌باشد. لذا نظام‌مند نمودن فرایند محاسبات مکانیکی موجب پایداری بیشتر شبکه‌های توزیع و کاهش خاموشی‌های ناشی از آن می‌گردد.

**۲- هدف و دامنه کاربرد**

هدف این دستورالعمل راهنمایی برای محاسبات مکانیکی شبکه توزیع باتوجه به قیود و شرایط حاکم بر آن است. در واقع در این دستورالعمل، یک چهارچوب جهت یکسان‌سازی مراحل، ملاحظات و قیود لازم در طراحی مکانیکی خطوط هوایی شبکه‌های توزیع ایجاد ارائه می‌شود. در این راستا از مراجع زیر برای موضوعات مشخص شده استفاده می‌گردد:

استاندارد IEC 60826 ملاحظات طراحی خطوط انتقال هوایی [۱]

استاندارد AS/NZS 7000 طراحی خطوط هوایی [۲]

هندبوک SA/SNZ HB 331 طراحی خطوط هوایی [۳]

داده‌های هواشناسی برای ارزیابی بارهای اقلیمی [۴]

راهنما برای مدل‌سازی بار یخ [۵]

روش‌های اندازه‌گیری یخ روی خطوط هوایی [۶]

داده‌های هواشناسی اندازه‌گیری بارهای وارد بر خطوط هوایی [۷]

روش‌های محاسبه کشش-فلش خطوط هوایی [۸]

استاندارد NESCS شرایط بارگذاری و کلیرینس‌های مجاز [۹]

انتخاب کشش مناسب سیم [۱۰]

مراجع اصلی در طراحی خطوط هوایی [۱۱]-[۱۵]



### ۳- محدوده اجرا

محدوده اجرای این دستورالعمل معاونت هماهنگی توزیع شرکت توانیر و شرکت‌های توزیع نیروی برق کشور می‌باشد.

### ۴- مسئولیت نظارت و اجرا

مسئولیت اجرای مفاد این دستورالعمل به عهده مدیران عامل شرکت‌های توزیع نیروی برق بوده و نظارت عالیه بر حسن اجرای آن برعهده دفتر مهندسی و راهبری شبکه معاونت هماهنگی توزیع شرکت توانیر می‌باشد. لازم به ذکر است که از تاریخ صدور و ابلاغ این دستورالعمل، کلیه دستورالعمل‌های مرتبط با محاسبات مکانیکی از درجه اعتبار ساقط و رعایت این دستورالعمل لازم الاجرا می‌باشد.

### ۵- تعاریف

#### ۵-۱- کشش سیم (T)

در هر نقطه از سیم نیرویی که در امتداد محور سیم بر آن نقطه وارد می‌شود کشش در آن نقطه نامیده می‌شود. به عبارت دیگر اگر سیم در نقطه ای پاره شود نیرویی که لازم است به آن نقطه اعمال شود تا سیم در حالت قبلی بایستد کشش در آن نقطه نامیده می‌شود. کشش در پایین‌ترین نقطه سیم کشش افقی است و با  $H$  نمایش داده می‌شود.

#### ۵-۲- تنش ( $\sigma$ )

تنش به صورت نیرو در یک محدوده کوچک تقسیم بر واحد سطح و در تمام جهات آن محدوده تعریف می‌شود.

#### ۵-۳- کرنش ( $\epsilon$ )

به نسبت طول تغییر شکل بر طول اصلی سازه در اثر اعمال نیرو بر آن (بارگذاری) کرنش می‌گویند.

#### ۵-۴- مدول یانگ یا مدول الاستیسیته ( $E$ )

به مقدار تنش در امتداد یک محور مشخص نسبت به مقدار کرنش در امتداد همان محور، مدول یانگ یا مدول الاستیسیته می‌گویند. در این تعریف جسم باید در محدوده الاستیک باشد.

#### ۵-۵- پارامتر سیم (a)

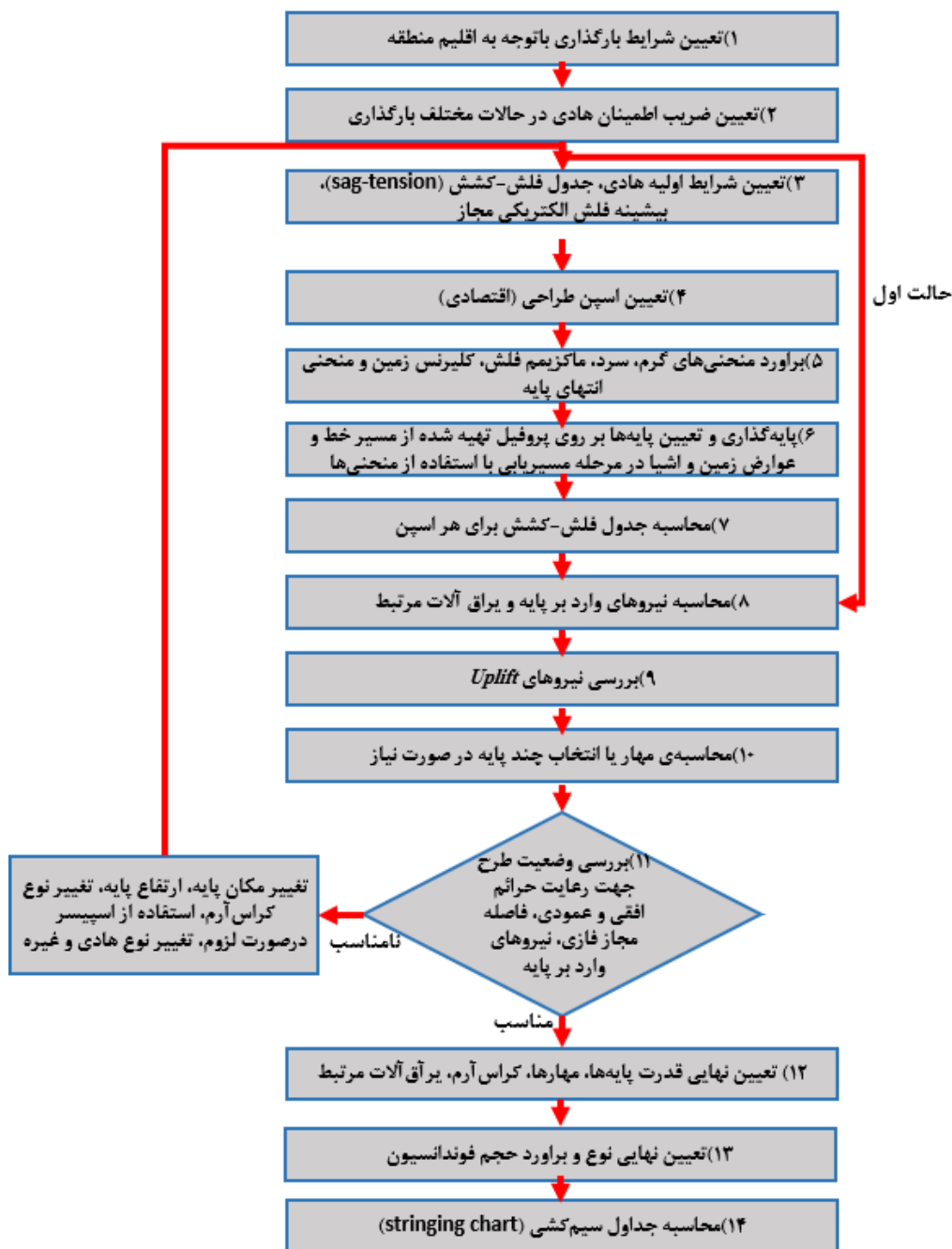
به نسبت کشش افقی به وزن واحد طول سیم پارامتر سیم می‌گویند.

## ۶- محاسبات مکانیکی

هدف از طراحی مکانیکی خط تعیین اسپن و فلش (یا کشش) اولیه هر هادی و مشخصات سازه‌ای پایه‌ها و یراق آلات خطوط هوایی است به‌طوری‌که تجهیزات در طول عمر مفید خود و در تمام شرایط بهره‌برداری و آب و هوایی منطقه، دچار شکست نشده و قیود ایمنی رعایت گردیده و طرح بهینه‌ترین انتخاب ممکن باشد. لذا قیودی که در محاسبات مکانیکی باید مورد توجه قرار گیرد به شرح ذیل می‌باشد.

- فاصله مجاز افقی و عمودی سیم با زمین، اشیاء و دیگر سطوح ولتاژ در تمام شرایط بهره‌برداری خط باید از فواصل مجاز تعریف شده در بخشنامه حریم کمتر نباشد.
  - فاصله مجاز فازها نسبت به یکدیگر به دلیل نوسانات خط و اثرات آیرودینامیک باد در حد ایمن حفظ گردد.
  - تنش بوجود آمده در هادی‌ها در تمام شرایط بهره‌برداری خط از مقدار بیشینه تنش مجاز فراتر نرود.
  - تنش‌های بوجود آمده بر روی پایه‌ها، مقره‌ها، کراس‌آرم‌ها و دیگر عناصر مرتبط از مقدار مجاز فراتر نرود.
  - پایه‌های میانی در تمام شرایط بهره‌برداری خط تحت بارگذاری نیروی *Uplift* قرار نگیرند.
- طراحی مکانیکی خطوط هوایی شبکه‌های توزیع به دو بخش ذیل تقسیم‌بندی می‌شود که با توجه به شرایط باید انتخاب شوند. در ادامه هر حالت تنها با شماره آن مورد اشاره قرار می‌گیرد.
- حالت اول: حالتی که محل دقیق پایه‌ها و آرایش‌ات شبکه بعد از مسیریابی مشخص می‌گردد.
- حالت دوم: حالتی که تنها نقاط ابتدایی و انتهایی و زاویه بعد از مسیریابی مشخص می‌گردد.
- در شکل ۱ فرایند محاسبات طراحی مکانیکی خطوط هوایی نشان داده شده‌است. کلیه پروژه‌های خطوط هوایی برای انجام محاسبات مکانیکی باید طبق این فرایند عمل نمایند. البته بعضی از پروژه‌ها که در شرایط حالت اول قرار می‌گیرند، به انجام مراحل ۳ الی ۶ نیاز ندارند.

## دستور العمل محاسبات مکانیکی شبکه‌های توزیع هوایی



شکل ۱: فرایند محاسبات طراحی مکانیکی خط

فهرست  
شکل  
جدول  
پیشگفتار  
۱  
۲  
۳  
۴  
۵  
۶  
پ الف  
پ ب  
۱ ب  
۲ ب  
۳ ب  
۴ ب  
ج  
اینفو  
مراجع  
اعضاء

**۶-۱- تعیین شرایط بارگذاری**

اولین گام در طراحی مکانیکی خطوط هوایی توزیع برق تعیین شرایط بارگذاری<sup>۱</sup> است. منظور از بارگذاری شناخت و تعیین نیروهای وارد بر اجزای سازه‌ای خط هوایی می‌باشد. اجزای سازه‌ای همان هادی‌ها، پایه و یراق‌آلات مرتبط می‌باشد. مهمترین نیروهایی که به این اجزا وارد می‌شود، شامل نیروی وزن اجزا، فشار وارد بر اجزا ناشی از انواع باد، نیروی وزن انواع یخ و نیروی ناشی از تغییر دمای اجزا می‌باشد. پایه‌ها علاوه بر نیروهای مذکور تحت کشش ناشی از هادی‌ها نیز می‌باشند.

لازم به ذکر است که در بررسی نیروی‌های وارد بر اجزای خط باید احتمال همزمانی تأثیر نیروهای وارد بر اجزا در نظر گرفته شود به هریک از احتمالات همزمانی نیروها یک شرایط آب و هوایی<sup>۲</sup> یا یک ترکیب بار<sup>۳</sup> می‌گویند.

باتوجه به استاندارد شرایط بارگذاری خطوط انتقال هوایی ایران (سال ۱۳۷۷) مناطق مختلف ایران به چهار منطقه سبک، متوسط، سنگین و فوق سنگین تقسیم‌بندی می‌شوند. شرایط بارگذاری این مناطق در جدول ۱ الی جدول ۴ نشان داده شده‌است. برای تعیین دقیق چگالی یخ و فشار باد معادل هر سرعت باید از اطلاعات هواشناسی هر منطقه استفاده نمود. لازم به ذکر است در این جداول درجه حرارت بیان شده، درجه حرارت محیط بوده و باید بر اساس معادلات انتقال حرارت و جریان عبوری از سیم درجه حرارت هادی در آن شرایط بارگذاری تعیین گردد.

<sup>۱</sup>Loading<sup>۲</sup>Wheater Case<sup>۳</sup>Load Combination

## دستور العمل محاسبات مکانیکی شبکه‌های توزیع هوایی

جدول ۱: شرایط بارگذاری منطقه سبک/۱۶/

مقدار ثابت kg/m	باد m/s	یخ mm	درجه حرارت °C	نوع بارگذاری		نوع منطقه
				استاندارد	حدی	
۰	۲۸	۰	۱۵	باد متوسط	بارگذاری متعادل	سبک
۰,۲۵	۱۷,۸	۰	-۱	NESC <sup>1</sup> -LIGHT		
۰	۴۰	۰	۰	باد شدید		
۰	۲۲	۶	-۵	یخ و باد	بارگذاری غیر متعادل	
۰	۴۵	۰	۰	بار طولی نامتعادل-پارگی سیم در باد شدید		
۰	۲۲	۶	-۵	بار طولی متعادل: -یخ و باد در یک طرف اسپن -باد بدون یخ در طرف دیگر		
۰	۰	۰	۲۵	شرایط EDS <sup>2</sup>		
۰	۰	۰	-۵	حداقل درجه حرارت		
۰	۰	۰	۵۰-۵۵*	حداکثر درجه حرارت		

\*درجه حرارت ۵۵ درجه سانتیگراد برای جزایر جنوبی و حاشیه خلیج فارس در نظر گرفته شده است.

1) National Electrical Safety Code

2) Every Day Stress

جدول ۲: شرایط بارگذاری منطقه متوسط/۱۶/

مقدار ثابت kg/m	باد m/s	یخ mm	درجه حرارت °C	نوع بارگذاری		نوع منطقه
				استاندارد	حدی	
۰	۲۵	۷	-۱۰	یخ و باد متوسط	بارگذاری متعادل	متوسط
۰,۲۵	۱۷,۸	۶,۵	-۱۰	NESC-MEDIUM		
۰	۴۰	۰	۱۵	باد شدید		
۰	۰	۱۵	-۵	یخ سنگین	بارگذاری غیر متعادل	
۰	۰	۱۵	-۵	بار طولی نامتعادل-پارگی سیم در یخ سنگین		
۰	۲۵	۷	-۱۰	بار طولی متعادل: -یخ و باد در یک طرف اسپن -باد بدون یخ در طرف دیگر		
۰	۰	۰	۲۰	شرایط EDS		
۰	۰	۰	-۲۰	حداقل درجه حرارت		
۰	۰	۰	۴۵	حداکثر درجه حرارت		





## دستور العمل محاسبات مکانیکی شبکه‌های توزیع هوایی

جدول ۳: شرایط بارگذاری منطقه سنگین [۱۶]

مقدار ثابت kg/m	باد m/s	یخ mm	درجه حرارت °C	نوع بارگذاری		نوع منطقه
				استاندارد	حدی	
۰	۲۰	۱۵	-۲۰	یخ و باد متوسط	استاندارد	سنگین
۰,۴۵	۱۷,۸	۱۲,۵	-۲۰	NESC-HEAVY		
۰	۴۰	۰	۱۵	باد شدید	حدی	
۰	۰	*۲۵-۲۰	-۵	یخ سنگین		
۰	۰	*۲۵-۲۰	-۵	بار طولی نامتعادل-پارگی سیم در یخ سنگین	بارگذاری غیر متعادل	
۰	۲۰	۱۵	-۲۰	بار طولی متعادل: -یخ و باد در یک طرف اسپن -باد بدون یخ در طرف دیگر		
۰	۰	۰	۱۸	شرایط EDS		
۰	۰	۰	-۲۵	حداقل درجه حرارت		
۰	۰	۰	۴۰	حداکثر درجه حرارت		

جدول ۴: شرایط بارگذاری منطقه فوق سنگین [۱۶]

مقدار ثابت kg/m	باد m/s	یخ mm	درجه حرارت °C	نوع بارگذاری		نوع منطقه
				استاندارد	حدی	
۰	۲۰	۲۰	-۲۰	یخ و باد متوسط	استاندارد	فوق سنگین
-	-	-	-	NESC-HEAVY		
۰	۴۰	۰	۱۵	باد شدید	حدی	
۰	۰	*۳۰-۵۰	-۵	یخ سنگین		
۰	۰	*۳۰-۵۰	-۵	بار طولی نامتعادل-پارگی سیم در یخ سنگین	بارگذاری غیر متعادل	
۰	۲۰	۲۰	-۲۰	بار طولی متعادل: -یخ و باد در یک طرف اسپن -باد بدون یخ در طرف دیگر		
۰	۰	۰	۱۸	شرایط EDS		
۰	۰	۰	-۳۰	حداقل درجه حرارت		
۰	۰	۰	۳۵	حداکثر درجه حرارت		

\*ارتفاع از سطح دریا: ۲۰ میلی‌متر برای ۱۵۰۰-۲۰۰۰ متر و ۲۵ میلی‌متر برای ۲۵۰۰-۳۰۰۰ متر

\*\*ارتفاع از سطح دریا: ۳۰ میلی‌متر برای ۲۵۰۰-۳۰۰۰ متر، ۳۵ میلی‌متر برای ۳۰۰۰-۳۵۰۰ متر و ۴۰ میلی‌متر برای ۳۵۰۰-۴۰۰۰ متر

**۶-۲- تعیین ضریب اطمینان هادی در حالات مختلف بارگذاری**

انتخاب ضریب اطمینان مناسب یا همان درصد از مقاومت کشش نامی ( $RTS\%$ )<sup>۱</sup> یا درصد از حداکثر مقاومت کششی ( $UTS\%$ )<sup>۲</sup> هادی، در هر شرایط بارگذاری مهمترین گام در طراحی مکانیکی خط می‌باشد. در واقع با انتخاب این عدد کشش هادی در شرایط مختلف بهره‌برداری کنترل می‌شود که دلایل آن به شرح ذیل می‌باشد:

- محدود کردن بیشینه کشش روی هادی ناشی از سخت‌ترین شرایط اقلیمی (باد شدید، یخ سنگین، حداقی درجه حرارت) برای جلوگیری از پارگی هادی
- محدود کردن کمینه کشش در زمان شرایط بیشینه دما برای جلوگیری از خارج شدن از حد مجاز کلیرنس هادی تا زمین
- کنترل کشش هادی در شرایط عادی برای جلوگیری از اثرات مخرب نوسانات آئولینگ<sup>۳</sup>
- کنترل نیروهای وارد بر پایه از طرف هادی‌ها و کنترل هزینه احداث خط

انتخاب بهینه ضریب اطمینان به پارامترهای متعدد فنی و اقتصادی از جمله طول اسپن، نوع عوارض زمین منطقه، نوع تراکم منطقه، ارتفاع هادی از سطح زمین، دمای متوسط منطقه و هادی، نوع و جنس هادی، وزن هادی، پدیده خستگی،<sup>۴</sup> سرعت باد، نوع شبکه یا سطح ولتاژ (توزیع یا انتقال)، وجود میراسازها یا اسپیسرها در خط، فلش بیشینه، قیمت پایه و یراق آلات نسبت به سیم و غیره وابسته است. باتوجه به این موارد بازه‌های مناسب برای انتخاب ضریب اطمینان به شرح جدول ۵ می‌باشد.

جدول ۵: بازه‌ها مناسب ضریب اطمینان سیم در شرایط مختلف

نوع بارگذاری	(UTS%)
شرایط بارگذاری ثانویه	۳۰-۵۰
شرایط بارگذاری اولیه	۵-۲۰

**۶-۳- تعیین شرایط اولیه کشش هادی و جدول فلش-کشش**

در این گام از محاسبات مکانیکی جداول فلش-کشش تهیه می‌شود. منظور از جدول فلش-کشش تهیه حداقل اطلاعات پارامترهای جدول ۶ برای رنجی از اسپن‌های مورد استفاده در آن سطح ولتاژ می‌باشد. این جدول می‌تواند از روابط استفاده شده برای محاسبات فلش و کشش سیم در مراجع [۸] و [۱۶]-[۱۷] یا با

<sup>۱</sup>Rated Tensile Strength

<sup>۲</sup>Ultimate Tensile Strength

<sup>۳</sup> کشش‌های بالاتر در هادی خودمیرایی هادی را کاهش می‌دهد، منجر به نوسانات شدیدتر شده و سبب خستگی و پارگی رشته‌های هادی در نقاط اتصالات و کلمپ‌ها می‌گردد.

<sup>۴</sup>Creep

استفاده از نرم‌افزارهای محاسبات مکانیکی معتبر تهیه گردد. تعیین این جدول به منظور رسیدن به اهداف ذیل می‌باشد.

- تعیین حدود اولیه اسپن‌های مجاز در طراحی باتوجه به نوع هادی‌های طرح، منطقه اقلیمی و آرایش‌ها
  - تعیین شرایط اولیه کشش هادی در هر سکشن و تعیین پارامتر منحنی‌های سیم‌کشی
- جدول ۶: حداقل پارامترهای مورد نیاز در جدول فلش - کشش

طول اسپن	کشش شرایط اولیه	UTS% شرایط اولیه	کشش شرایط اولیه بعد از creep	UTS% شرایط اولیه بعد از creep
کشش در شرایط بیشینه دما	UTS% شرایط بیشینه دما	کشش در شرایط بیشینه دما بعد از creep	فلش در شرایط بیشینه دما بعد از creep	پارامتر منحنی سیم شرایط بیشینه دما بعد از creep
کشش در شرایط کمینه دما	کمینه دما	پارامتر منحنی سیم شرایط کمینه دما	کشش در شرایط یخ و باد	UTS% شرایط یخ و باد
کشش در شرایط برف سنگین	فلش در شرایط برف سنگین	UTS% شرایط برف سنگین	کشش در شرایط باد شدید	UTS% شرایط باد شدید

میزان جابجایی افقی در شرایط باد شدید (*blowout*)

بعد از محاسبه مقادیر جدول فلش-کشش، برای هر اسپن قیود مربوط به حرائم باتوجه به شرایط جدول ۷ و مقادیر بیشینه فلش هر اسپن و مقدار *Blowout* و مقدار مجاز حرائم بررسی می‌گردد. مقدار *UTS%* نیز در هر یک از شرایط بارگذاری با مقادیر جدول ۵ مقایسه می‌گردد. در صورتیکه این مقادیر از مقادیر مجاز تجاوز کنند مطابق شکل ۱ باید اصلاحات لازم صورت گیرد.

جدول ۷: قیود لازم به بررسی مربوط به حرائم افقی و عمودی خط و فاصله مجاز فازی

شماره	نام قید	شرایط بررسی
۱	فاصله مجاز عمودی هادی با زمین یا اشیا	در شرایط بهره‌برداری بیشینه دمای هادی یا شرایط برف سنگین
۲	فاصله مجاز عمودی هادی با دیگر خطوط برق	در شرایط بهره‌برداری بیشینه دمای هادی و در شرایط بهره‌برداری کمینه دمای هادی دیگر

جدول ۷: قیود لازم به بررسی مربوط به حرائم افقی و عمودی خط و فاصله مجاز فازی

شماره	نام قید	شرایط بررسی
۳	فاصله مجاز افقی	در شرایط بهره‌برداری باد شدید و جابجایی افقی هادی
۴	فاصله مجاز فازهای مختلف خط با یکدیگر یا با دیگر خطوط در وسط اسپن <sup>۱</sup>	در شرایط بیشینه دمای هادی یا شرایط برف سنگین (به دلیل وقوع نوسانات گالوپینگ، نوسانات دینامیکی ناشی از دینامیک باد و غیره)



یکی از موارد محدود کننده و تأثیر گذار در طراحی مکانیکی خط ردیف ۴ جدول ۷ می‌باشد. این ردیف برای جلوگیری از برخورد هادی‌های بین یک خط یا بین دو خط در وسط اسپن به دلیل نوسانات گالوپینگ یا نوسانات ناشی از باد می‌باشد [۱۸]. معمولاً برای محاسبه فاصله مجاز فازها در وسط اسپن از فرمول‌های تجربی استفاده می‌گردد. یکی از فرمول‌های عمومی تجربی حداقل فاصله مجاز فازها از یکدیگر در وسط اسپن در رابطه‌ی (۱) نشان داده شده است [۱۹]. در این رابطه  $f$  فلش سیم،  $D$  حداقل کلیرانس بین فازی یا فاز به زمین،  $L_{ins}$  طول زنجیره مقرر دارای آزادی حرکت است،  $k$  و  $k_c$  مقادیر تجربی وابسته به آرایش کراس‌آرم و سطح مقطع سیم و سطح و لثاژ است و برای هر کشور متفاوت می‌باشد.

$$C_{min} = k_c \times \sqrt{f + L_{ins}} + k \times D, \text{ بر حسب متر} \quad (1)$$

<sup>۱</sup>Midspan clearance

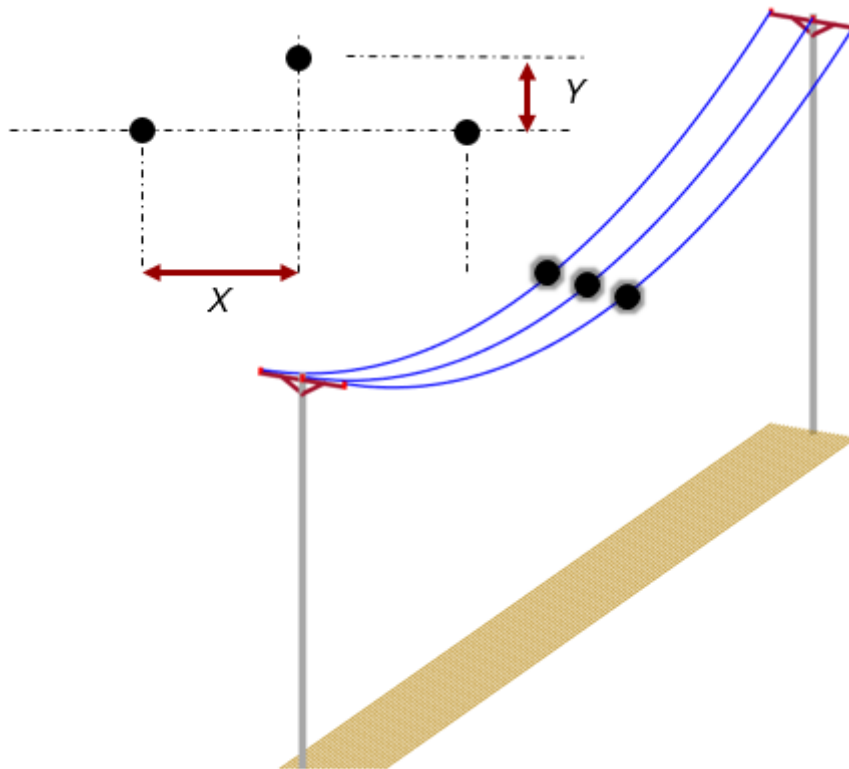
رابطه‌ی (۱) در استاندارد طراحی خطوط هوایی توزیع ایران [۱۶] به صورت (۲) نشان داده شده است. در این رابطه  $U$  ولتاژ خط بر حسب کیلو ولت،  $L$  طول زنجیر مفره بر حسب متر،  $f$  حداکثر فلش قابل قبول بر اساس فاصله فازی بر حسب متر،  $PC$  کمترین فاصله فازی با توجه به آرایش سیم فازها روی پایه بر حسب متر می باشد.  $k_e$  یک ضریب وابسته به پارامترهای سطح مقطع هادی لخت، آرایش قرارگیری هادی‌ها و ولتاژ بوده و عددی بین ۰/۶۲ الی ۰/۸۵ می باشد.

$$PC = c_{min} = k_e \times \sqrt{f + L_{ins}} + U/150 \quad (2)$$

باتوجه به اینکه رابطه‌ی (۱) و (۲) یک رابطه تجربی استخراج شده برای خطوط انتقال می باشد توصیه می گردد در مواقعی که رابطه (۲) پوشش دهنده شرایط محاسبات نباشد از روابط بیان شده برای کلیرنس وسط اسپن در [۲]، استفاده گردد. این روابط در (۳) و (۴) نشان داده شده است. در این روابط  $X$  و  $Y$  به ترتیب فاصله‌ی افقی و عمودی تصویر دو هادی با سطح ولتاژ  $V_a$  و  $V_b$  در وسط اسپن (مطابق با شکل ۲) و مقدار  $k$  یک ضریب تجربی است. در خطوط توزیع ایران این مقدار برابر با ۰,۴ در نظر گرفته شود. زاویه فاز بین دو سطح ولتاژ با  $\alpha$  و مقدار موثر ولتاژ با  $V_a$  و  $V_b$  نشان داده شده است.

$$\sqrt{(X^2 + (1.2Y)^2)} \geq \frac{U}{150} + k\sqrt{f + L_{ins}} \quad (3)$$

$$U = \sqrt{V_a^2 + V_b^2 - 2V_aV_b \cos(\alpha)} \quad (4)$$



شکل ۲: کنترل فاصله مجاز هادی‌ها از یکدیگر در وسط اسپن

#### ۶-۴- تعیین اسپن اقتصادی

در تعیین محل مناسب پایه های یک خط نیرو باید علاوه بر رعایت معیارهای فنی از قبیل رعایت فاصله مجاز سیم تا زمین، حد نهایی نیروهای قابل تحمل پایه و زاویه مجاز انحراف مقره، هزینه اجرای خط را نیز تا حد ممکن کاهش داد.

اسپن طراحی اسپنی است که علاوه بر تأمین ضریب اطمینان کافی برای هادی و پایه در سخت ترین شرایط آب و هوایی منجر به کمترین هزینه گردد. چنین اسپنی را اسپن اقتصادی نیز می‌نامند. با افزایش طول اسپن تعداد پایه‌ها کم می‌شود اما در عوض فلش زیاد شده و بر ارتفاع پایه‌ها افزوده می‌گردد. درمقابل با کاهش طول اسپن از ارتفاع هر پایه کاسته و بر تعداد پایه‌ها افزوده می‌گردد. لذا باید در جستجوی اقتصادی ترین اسپن بود. بدین منظور ابتدا باید کلیه اسپن‌هایی که ضریب اطمینان کافی را برای هادی و پایه خط فراهم می‌کنند مشخص شوند. سپس برای هر یک از آن‌ها هزینه کل تأمین و اجرای خط برآورد گردد. به این ترتیب قیمت خط به ازای اسپن‌های مختلف محاسبه می‌شود و طبیعتاً اسپنی که کمترین هزینه را برای خط به همراه داشته باشد اسپن اقتصادی است. (به عنوان مثال در یک خط راسترو، با مشخص بودن قدرت و پایه های قابل استفاده در طرح و همچنین نوع هادی و آرایش شبکه، حداکثر اسپن بادگیر پایه های میانی مشخص میشود. در نهایت اسپنی که حداقل هزینه را برای کی مسیر خط در پی داشته و ضریب اطمینان کافی را برای هادی و پایه خط فراهم می‌کند، تعیین میگردد.)

## ۶-۵- برآورد منحنی‌های مورد نیاز برای پایه‌گذاری

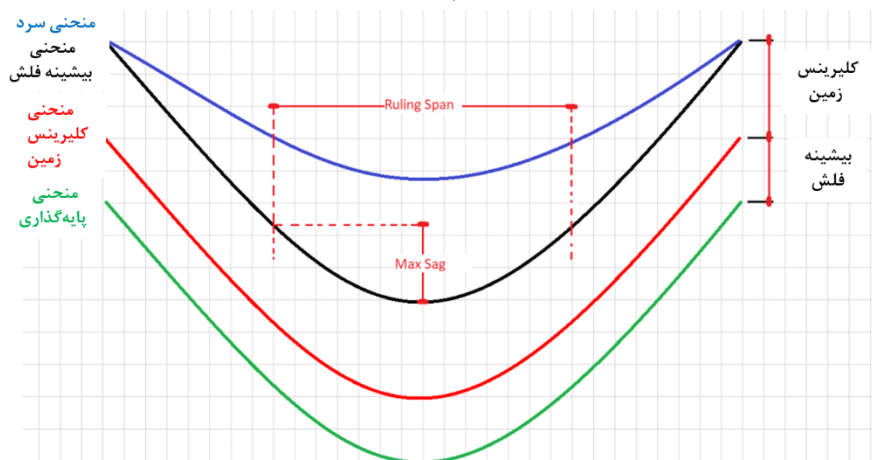
همانند شکل ۳ برای پایه‌گذاری باید منحنی‌های زیر موجود باشند:

منحنی گرم: برای رعایت فاصله مجاز سیم تا زمین باید در حداکثر فلش ممکن در نظر گرفته شود. از این رو منحنی گرم براساس حداکثر درجه حرارت هادی (با لحاظ نمودن پیری سیم) ترسیم می‌شود تا به وسیله آن نزدیکترین موقعیت سیم نسبت به زمین مشخص گردد. لازم به ذکر است در برخی موارد حداکثر فلش در شرایط یخ سنگین رخ می‌دهد که در این موارد منحنی یخ سنگین ملاک خواهد بود.

منحنی فاصله مجاز سیم تا زمین: این منحنی برای رعایت فاصله مجاز سیم تا زمین، در حداکثر فلش رسم می‌شود. این منحنی زیر منحنی گرم به صورتی قرار می‌گیرد که تمام خطوط قائم واقع بین منحنی گرم و این منحنی مساوی و به اندازه فاصله مجاز سیم تا زمین باشند.

منحنی سرد: این منحنی برای کنترل نیروی بالابرنده به کار رفته و در حداقل درجه حرارت بدون یخ و باد و با در نظر گرفتن مدول الاستیسیته اولیه رسم می‌شود.

منحنی پایه‌گذاری: منحنی که به اندازه ارتفاع مفید پایه (طول پایه منهای محل قرارگیری آخرین سیم نسبت به زمین و عمق دفن پایه) پایین تر از منحنی گرم قرار می‌گیرد.

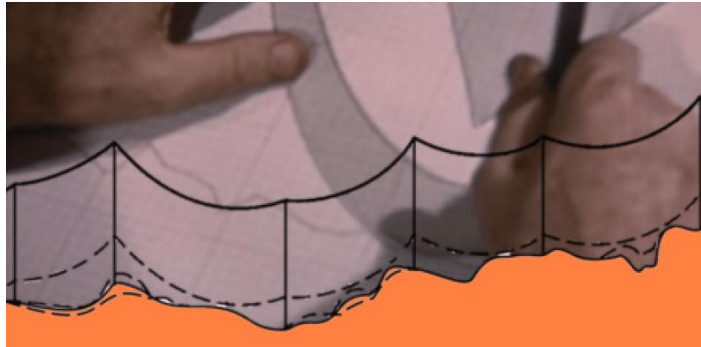


شکل ۳: انواع منحنی سیم برای محاسبات پایه‌گذاری

## ۶-۶- پایه‌گذاری

در روش معمول پایه‌گذاری، منحنی‌های شکل ۳ به علاوه منحنی معمولی همانند شکل ۴ روی تمپلت (شابلون منحنی‌های هادی روی صفحه شفاف مخصوص) رسم شده و برای پایه‌گذاری مورد استفاده قرار می‌گیرد. منحنی معمولی برای کنترل موقعیت سیم در بیشترین مدت سال با توجه به درجه حرارت معمولی منطقه و مدول الاستیسیته نهایی و پیری سیم رسم می‌شود و از این منحنی جهت کنترل فاصله هادی تا سیم‌های زیر هم استفاده می‌شود. همچنین منحنی تعیین محل پایه استاندارد در زیر منحنی فاصله مجاز سیم تا زمین قرار می‌گیرد و به صورتی است که طول خطوط قائم بین منحنی فوق و منحنی گرم مساوی و به اندازه طول مفید

پایه استاندارد (بیرون از سطح زمین) است. محل تلاقی این منحنی با زمین پروفیل محل پایه استاندارد را مشخص می‌کند.



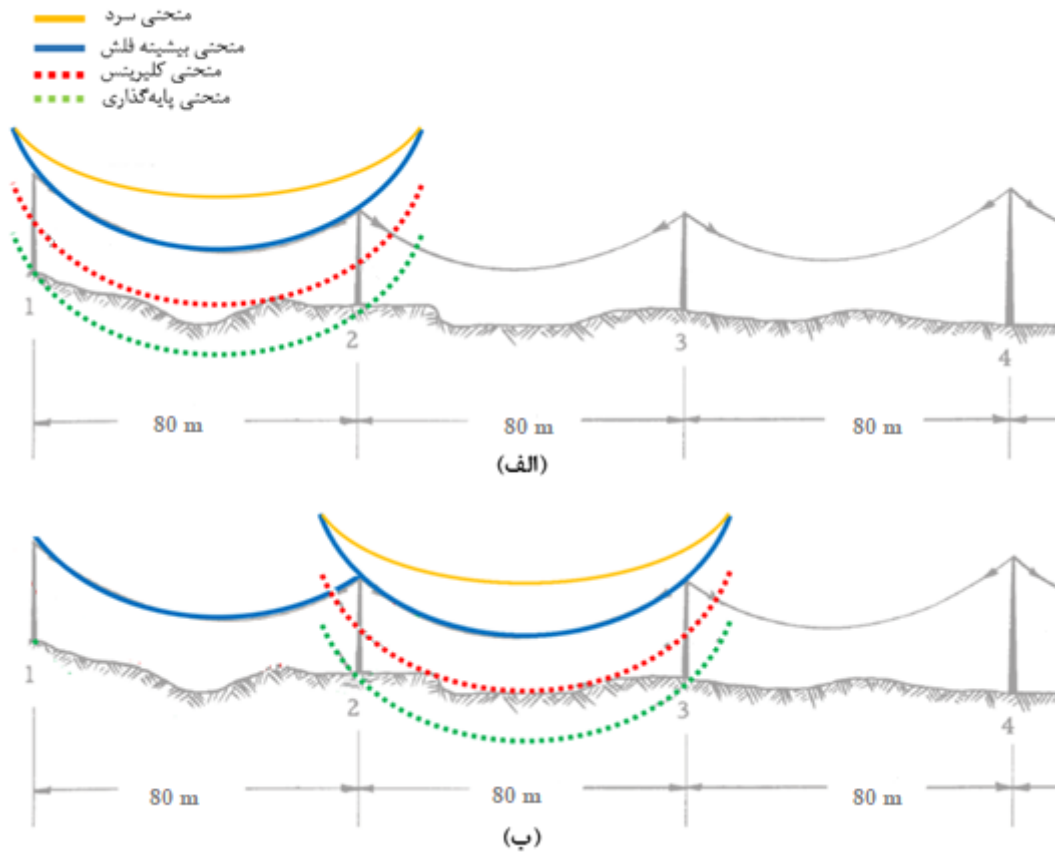
شکل ۴: پایه‌گذاری با استفاده از تمپلت

همانند شکل ۵ بعد از تعیین محل پایه، خط قائمی در آن نقطه رسم شده و ارتفاع‌های مختلف نقاط نگه دارنده سیم برای پایین ترین فاز روی آن علامت گذاری می‌شود. سپس تمپلت روی پروفیل به صورتی قرار می‌گیرد که خطوط متعامد آن با خطوط متعامد پروفیل موازی باشند. با تغییر مکان افقی و عمودی تمپلت منحنی سیم بین دو پایه به نحوی رسم می‌شود که از نقطه نگه دارنده سیم در پایه قبلی و پایه فعلی بگذرد و منحنی فاصله مجاز سیم تا زمین تمپلت با خط زمین پروفیل مماس یا کمی بالاتر از آن باشد.

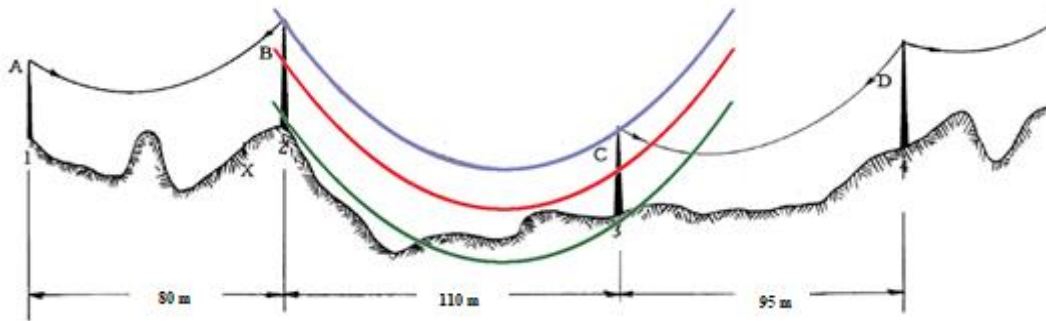
در مسیر خط مسطح و بدون مانع، برای تعیین محل پایه بعدی به اندازه اسپن طراحی از روی پروفیل جدا می‌شود. هنگام پایه‌گذاری باید حتی الامکان از اسپن معادل طراحی و پایه با ارتفاع استاندارد استفاده شود. در صورتی که مسیر خط مسطح و بدون مانع باشد رعایت این موارد به سادگی امکان پذیر است. اما در صورت وجود موانع همانند شکل ۶ باید آنها را از بین برد یا محل و ارتفاع پایه را تغییر داد. اصولاً تغییر محل پایه اقتصادی‌تر از افزایش ارتفاع آن است. محل قرارگیری پایه نباید شیب زیادی داشته باشد. به‌علاوه پایه نباید در مرداب، رودخانه، جاده یا حریم آنها از جمله مراکز مخابراتی، فرودگاه‌ها، لوله‌های گاز، نفت و آب، بناهای تاریخی و مناطق حفاظت شده سازمان میراث فرهنگی قرارگیرد.

بعد از رسم منحنی سیم فاصله آن با خطوط مخابراتی و نیرو کنترل می‌گردد. همچنین باید احتمال اعمال نیروی بالابرنده به پایه‌ها با استفاده از منحنی سرد مورد بررسی قرار گیرد بدین منظور همانند شکل ۷ منحنی سرد بین دو پایه پیش و پس از پایه مورد نظر رسم می‌شود. در صورتی که این منحنی بالاتر از پایه مذکور قرار گیرد به معنای اعمال نیروی بالابرنده بر این پایه است. از آنجا که اعمال نیروی بالابرنده بر پایه‌های میانی غیرمجاز است باید نسبت به افزایش ارتفاع یا تغییر محل پایه یا افزودن وزنه جهت از بین بردن نیروی مذکور اقدام کرد. در غیر این صورت باید یک پایه کششی را جایگزین پایه میانی نمود.

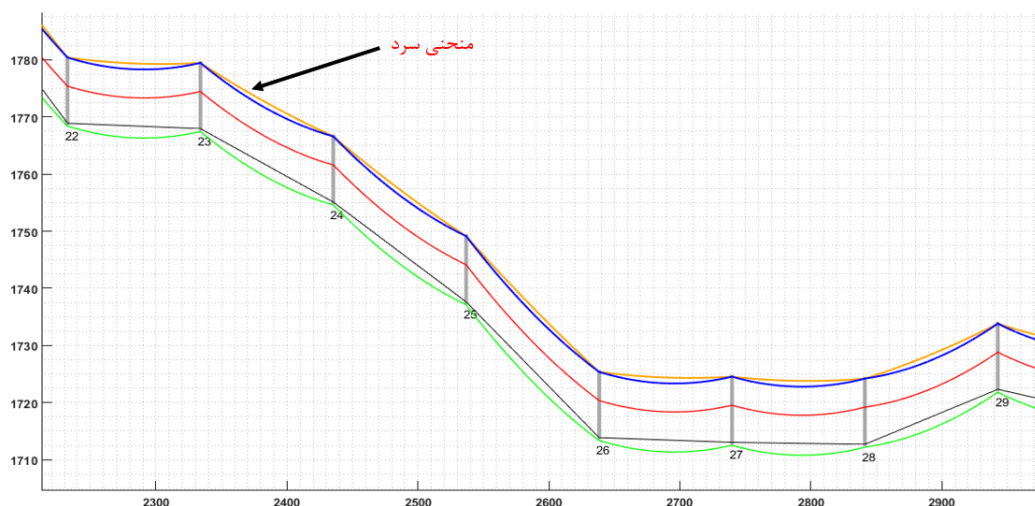




شکل ۵: روش پایه گذاری با استفاده از متحنی‌های سیم در زمین‌های نسبتاً هموار



شکل ۶: پایه گذاری در زمین‌های غیر هموار

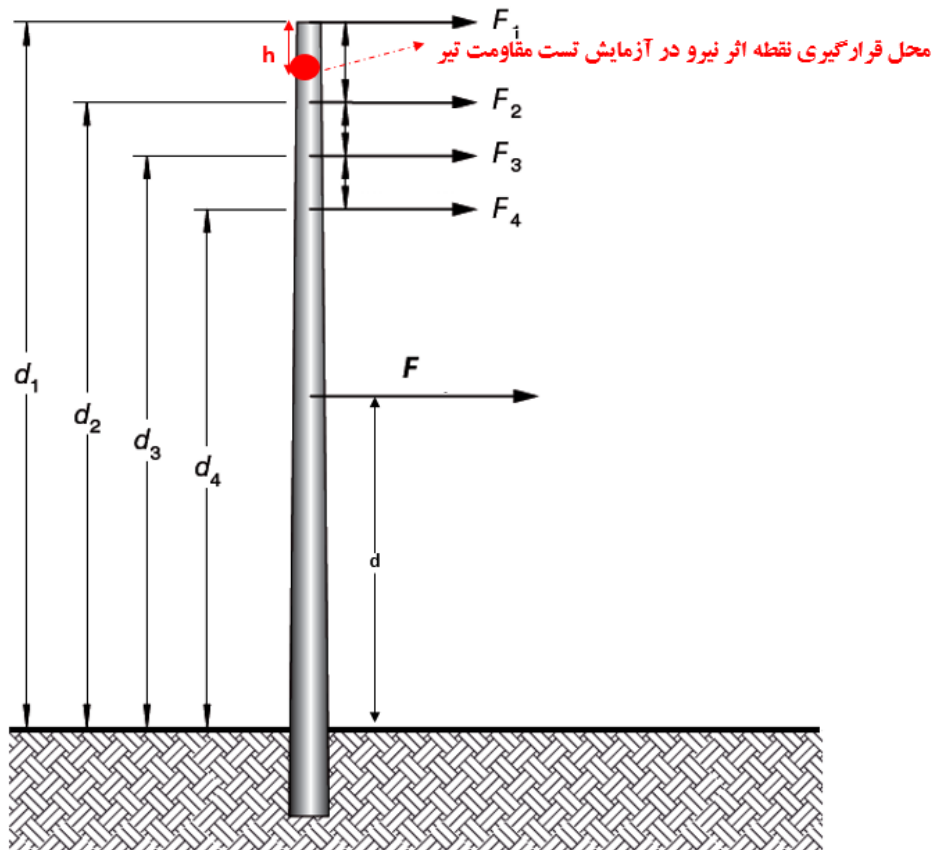


شکل ۷: بررسی نیروهای *Uplift* بعد از پایه گذاری

### ۶-۷- روش بررسی نیروی‌های وارده به پایه و انتخاب پایه و یراق آلات

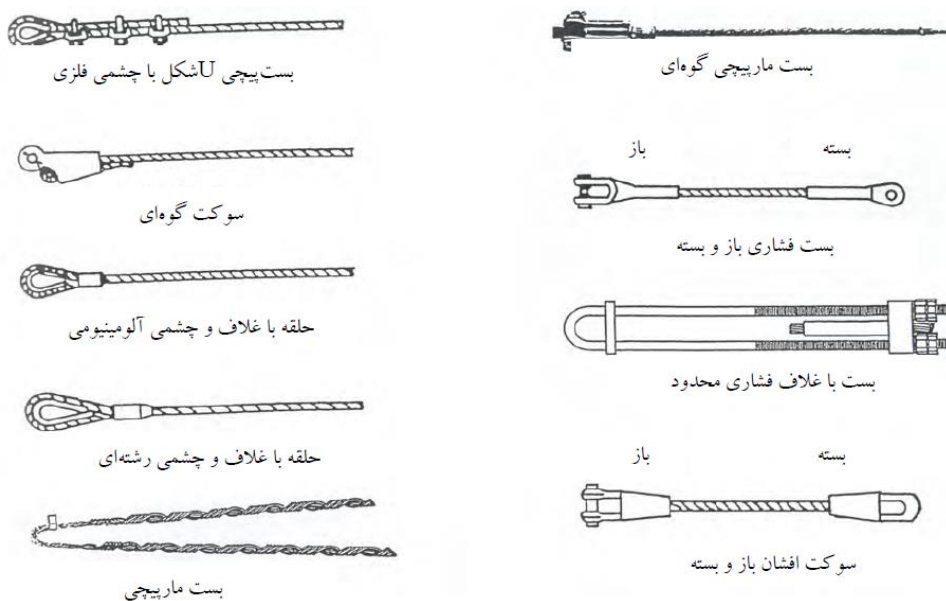
در ادامه روش مقاومت رأس تیر تشریح می‌گردد. در این روش کلیه نیروهای وارد بر پایه به‌همراه نقطه اثر نیرو بر پایه در نظر گرفته شده و معادل اندازه نیرو در نقطه تست تیر محاسبه می‌گردد. بعد از محاسبه معادل کل نیرو در نقطه تست تیر، مقدار به‌دست آمده باید برابر یا کمتر از مقدار مقاومت نامی پایه باشد. برای نمونه معادلات این روش برای شکل ۸ در رابطه (۵) نشان داده شده است. در استفاده از این روش باید دقت گردد که در پایه‌های مستطیلی شکل، جهت وجه نری پایه در جهت برآیند نیروهای وارد بر پایه قرار گیرد. اگر این امر به‌دلیل ملاحظات اجرایی امکان‌پذیر نباشد می‌توان از پایه‌های گرد استفاده نمود یا به‌نحوی نیروی وارد بر پایه در جهت مادگی را خنثی نمود.

$$\frac{F1 \times d1 + F2 \times d2 + F3 \times d3 + F4 \times d4 + F \times d}{d1 - h} \leq \text{قدرت نامی پایه} \quad (5)$$



شکل ۸: مثال محاسبه قدرت نامی مورد نیاز پایه بر اثر نیروی‌های وارده با استفاده از روش معادل سازی نیروها به نقطه تست تیر لازم به ذکر است که در بسیاری از حالات خصوصا در مناطق خارج شهر نیروهای وارد بر پایه‌های کششی، بیش از رنج استاندارد قدرت پایه‌ها می‌گردد. در این حالات برای خنثی نمودن نیروهای بیشتر از قدرت نامی پایه از مهار استفاده می‌گردد. این مهارها معمولا کوتاه و محکم هستند. رفتار این اعضا مانند میله‌های مستقیمی است که تنها قادر به تحمل کشش هستند. در انتخاب این اجزا شیب مهار فاکتور بسیار مهمی است که روش طراحی آنها بر اساس روش حد نهایی می‌باشد. لازم به ذکر است در مهارها از اثر حرارت بر روی کشش آنها صرف نظر می‌گردد. تنش مجاز در مهار باید تحت شرایط بارگذاری باد شدید، باد و یخ سنگین به مقدار ۶۵ درصد مقاومت شکست محدود شود تا از حد الاستیک مهار تجاوز نکند.

برای مهارهای کوچک و نسبتاً انعطاف پذیر تا ابعاد قطر حدود ۹ تا ۱۲ میلی‌متر انواع بست‌های مختلف وجود دارد که در شکل ۹ نشان داده شده‌اند. با توجه به سایز کوچک مهارهای توزیع استفاده از پست  $U$  شکل یا بست با غلاف فشاری محدود کاربرد مناسبی دارد.



شکل ۹: انواع بست‌های مورد استفاده در مهارها

نصب مهارها در زمین توسط تکیه‌گاه‌هایی<sup>۱</sup> صورت می‌گیرد که در برابر کشش مهار مقاومت می‌کند. نیروی کششی مهار در محل تکیه‌گاه به دو مولفه قائم و افقی قابل تجزیه است. نوع بست و تکیه‌گاه باتوجه به نیروی کششی، زاویه مهار، خصوصیت خاک و شرایط توپوگرافی زمین انتخاب می‌شود. طراحی یک تکیه‌گاه موثر و کارا نیاز به اطلاعاتی در مورد مقاومت خاک و سنگ زمین دارد. انواع تکیه‌گاه خاکی، بتنی، حلزونی در شبکه‌های توزیع می‌تواند کاربرد داشته باشد.

برای انتخاب مهار باتوجه به روش مقاومت رأس تیر نیاز است که در محاسبات، مقدار کشش مهار نیز در نظر گرفته شود. برای این منظور نیاز است تا معادلات تعادل در پایه حل گردد. در نوشتن معادلات استاتیکی حاکم باید توجه نمود که نیروهای وارد بر پایه با صرفنظر از پیش‌کشیدگی مهار تقریباً به نسبت سختی افقی پایه  $(Kp)$  و مهار  $(Km)$  بین آن‌ها همانند معادله (۶) تقسیم می‌شود. در صورت عدم امکان محاسبه سختی‌ها می‌توان از سختی پایه در مقابل مهار صرفنظر نمود.

$$(6) \quad \text{نیروی روی پایه} = \left( \text{برایند نیرو} \right) * Kp / (Kp + Km)$$

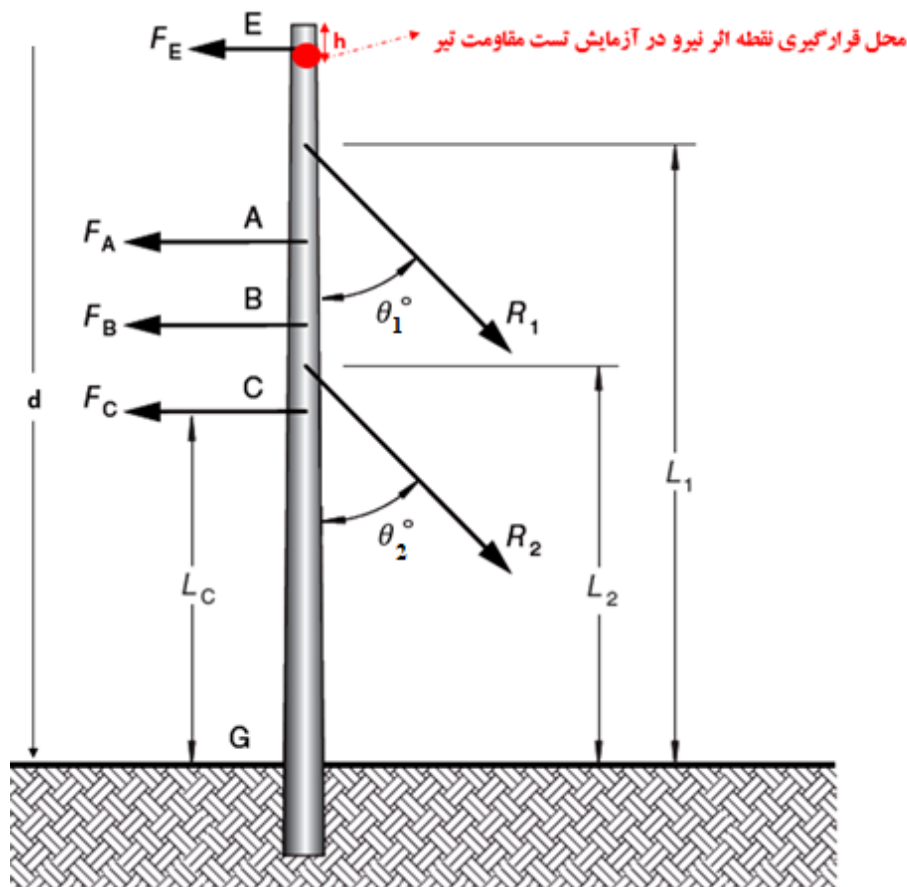
به‌عنوان مثال برای محاسبه مقاومت سیم مهار در حالت پایه با دو مهار با دو نقطه اثر متفاوت نیرو، با صرفنظر کردن از سختی افقی پایه نسبت به مهار همانند شکل ۱۰ باید از معادلات (۷) الی (۹) استفاده نمود.

$$(7) \quad -R1 \times L1 \times \sin(\theta1) - R2 \times L2 \times \sin(\theta2) + FA \times LA + FB \times LB + FC \times LC + FE \times LE = 0$$

$$(8) \quad -R1 \times \sin(\theta1) - R2 \times \sin(\theta2) + FA + FB + FC + FE = 0$$

$$(9) \quad R1, R2 \leq 65 \text{ درصد مقاومت حدی سیم}$$

<sup>۱</sup>Anchor



شکل ۱۰: مثال محاسبه مقاومت مورد نیاز سیم مهار

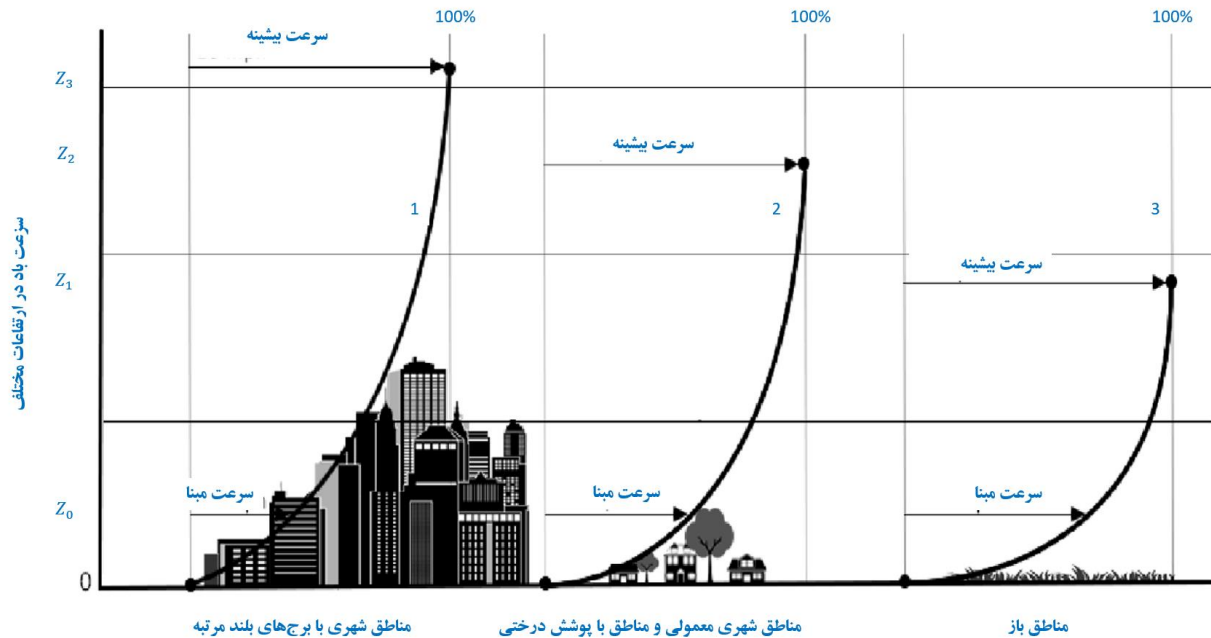
### ۶-۷-۱- نیروی باد وارد بر پایه

فشار ناشی از سرعت باد وارد بر پایه بر حسب  $kg/m^2$  در هر ارتفاع در رابطه (۱۱) نشان داده شده است. در این رابطه  $Q$  پارامتر چگالی باد،  $v(h)$  سرعت باد در ارتفاع  $h$  و  $CD_p$  ضریب درگ شکل و سطح پایه می‌باشد. همانطور که در فرمول مشخص است برای محاسبه فشار باد وارد بر پایه باید مقدار سرعت باد در ارتفاع  $h$  محاسبه شود. اما طبق دستورالعمل جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز برای طراحی شبکه‌های توزیع شرکت توانیر، مقدار سرعت باد در ارتفاعات مختلف در زمین‌های مختلف با افزایش از سطح زمین افزایش می‌یابد. لذا در صورت استفاده از اطلاعات ایستگاه‌های هواشناسی، باید سرعت مبنای باد (اندازه‌گیری شده در ارتفاع ۱۰ متری) برای ارتفاعات بیشتر و زمین‌های مختلف با استفاده از ضرایب معرفی شده در این دستورالعمل اصلاح گردد.

$$P(h) = Q \times V^2(h) \times CD_p \quad (10)$$

برای روشن‌تر شدن اهمیت در نظر گرفتن تغییرات سرعت باد در ارتفاعات مختلف و در زمین‌های مختلف در شکل ۱۱ نمودار تقریبی سرعت باد بر حسب ارتفاع آورده شده است. همانطور که در شکل مشخص است سرعت باد از مقدار صفر نزدیک به سطح زمین با افزایش ارتفاع زیاد شده تا به مقدار بیشینه خود برسد. این

مقدار بیشینه در زمین‌های مختلف در ارتفاعات مختلف حاصل می‌شود. به‌طوریکه در زمین‌های هموار رشد سرعت باد نسبت به ارتفاع بیشتر می‌باشد.



شکل ۱۱: تغییر سرعت باد با فاصله گرفتن از سطح زمین در زمین‌های با موانع مختلف، (۱) مناطق شهری با ساختمان‌های بلند مرتبه، (۲) مناطق شهری معمولی و مناطق با پوشش درختی، (۳) مناطق باز

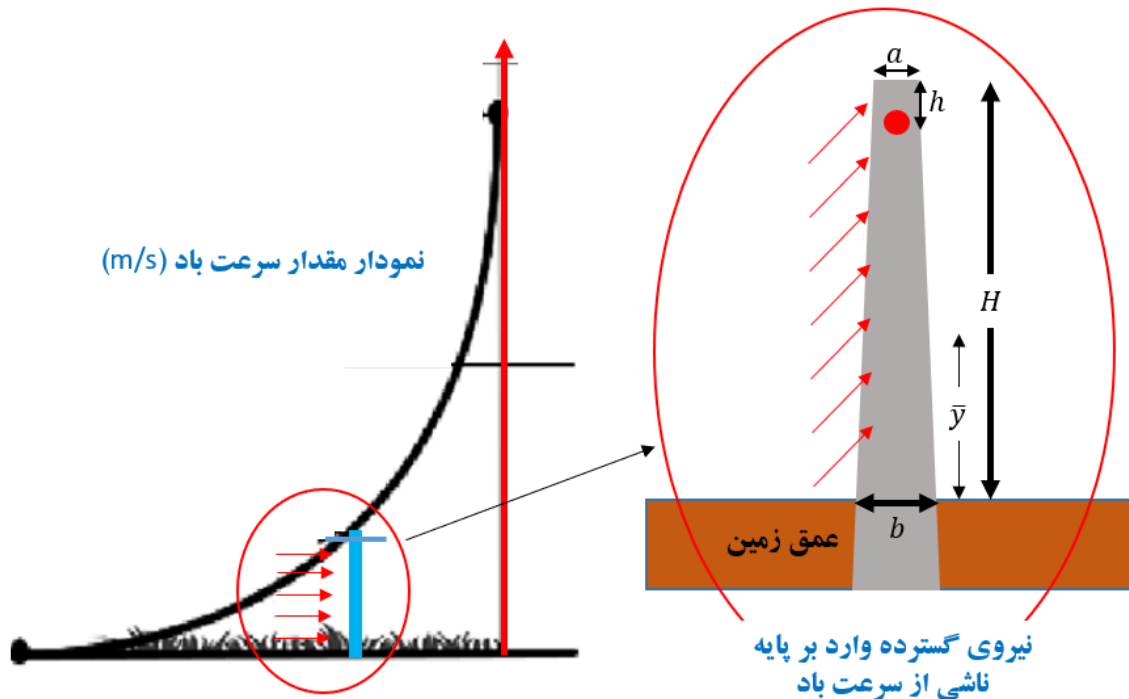
از آنجایی که مقدار سرعت باد در ارتفاعات پایه‌های توزیع کاهش می‌یابد و در سطح زمین مقدار آن نزدیک به صفر می‌شود، تنش ناشی از فشار باد روی پایه‌های توزیع در مقابل نیروهای سیم مقدار قابل توجهی نمی‌باشد. اما برای محاسبه‌ی نیروی ناشی از سرعت باد به روش بیان شده در قبل (روش مقاومت رأس تیر)، بردار نیروی نقطه‌ای ناشی از نیروی گسترده باد در فاصله‌ی  $h$  از رأس تیر ( $F_w$ ) از معادلات ۱۲ الی ۱۵ به‌طور تقریبی محاسبه می‌شود. در این روابط  $H$  ارتفاع موثر برون از زمین پایه،  $V(H)$  سرعت باد در ارتفاع  $H$  و  $\bar{y}$  مقدار ارتفاع مرکز سطح پایه می‌باشد. مقدار  $K$  برای پایه‌های گرد  $0.05$  و برای پایه‌های  $H$  شکل  $0.0812$  در نظر گرفته شود.

$$\bar{y} = \frac{H}{3} \times (2 \times a + b) / (a + b) \quad (11)$$

$$V_e = V(H) / 2 \quad (12)$$

$$S_A = (a + b) \times H / 2 \quad (13)$$

$$F_w = V_e^2 \times K \times S_A \times \bar{y} / (H - h) \quad (14)$$



شکل ۱۲: نیروی گسترده ناشی از سرعت باد بر روی پایه.

### ۶-۷-۲- انتخاب مقره

مشخصات الکتریکی و مکانیکی مقره‌ها بر اساس استانداردهای *IEC 61952*، *IEC 60383* و *IEC 62217* تعیین می‌گردد و با توجه به دستورالعمل‌های تعیین الزامات، معیارهای ارزیابی و آزمون‌های مقره‌های کامپوزیتی آویزی، کششی و اتکایی ۱۱ و ۲۰ و ۳۳ کیلو ولت شرکت توانیر مقره‌های کامپوزیتی به دو دسته مقره‌های با فاصله جرعه کم و با فاصله جرعه زیاد تقسیم‌بندی می‌شوند.

مطابق تعاریف استاندارد، دو مشخصه مکانیکی مقره‌ها شامل بار خمشی یک سویه تعیین شده (*SCL*) و بار کششی تعیین شده (*STL*) توسط سازنده مقره مشخص می‌گردد. در دستورالعمل‌های فوق‌الذکر حداقل میزان *SCL* برای مقره‌های اتکایی ۵ *kN* برای مقره‌هایی با فاصله جرعه کم و ۷ *kN* برای مقره‌های با فاصله جرعه زیاد تعیین شده است. همچنین حداقل میزان *STL* برای مقره‌های کششی ۷۰ *kN* در نظر گرفته شده است که می‌توان آن را برای مقره‌های با ولتاژ ۲۰ و ۳۳ کیلوولت تا ۱۲۰ *kN* نیز افزایش داد.

#### Specified Cantilever Load:<sup>۱</sup>

بار خمشی یکسویه است که مقره هنگامی که تحت آزمون با شرایط از پیش تعیین شده قرار دارد، می‌تواند در اتصالات انتهایی خط آن بار را تحمل کند و این مقدار توسط سازنده مشخص می‌گردد.

#### Specified Tensile Load:<sup>۲</sup>

بار کششی است که مقره هنگامی که تحت آزمون با شرایط از پیش تعیین شده قرار دارد، می‌تواند آن بار را تحمل کند و این مقدار توسط سازنده مشخص می‌گردد.



## پیوست الف

در این قسمت، برای انواع تیپ‌های متداول هادی‌های مورد استفاده در شرکت‌های توزیع جداول سیم‌کشی به‌منظور تسهیل در محاسبات مکانیکی مورد نیاز آورده می‌شود. برای هر هادی جدول سیم‌کشی در پهنه‌های متوسط، سنگین و فوق سنگین آورده شده‌است. لازم به ذکر است مقادیر مذکور در جداول به عنوان نمونه بوده و با توجه به شرایط و موقعیت اجرای پروژه، انتخاب کشش اولیه و تهیه جدول سیم‌کشی با رعایت کلیه‌ی قیود محاسبات مکانیکی شبکه، قابل تغییر است.

[فهرست](#)[شکل](#)[جدول](#)[پیشگفتار](#)[۱](#)[۲](#)[۳](#)[۴](#)[۵](#)[۶](#)[پ الف](#)[پ ب](#)[۱ ب](#)[۲ ب](#)[۳ ب](#)[۴ ب](#)[ج](#)[اینفو](#)[مراجع](#)[اعضاء](#)



سیم مینک:

جدول ۸: فلش سیم‌کشی سیم مینک در منطقه متوسط

فلش (cm)						اسپن (m)
دما درجه سانتی‌گراد						
۴۵	۳۵	۲۵	۱۵	۵	-۵	
۱۵	۱۰	۷	۶	۵	۴	۳۰
۲۰	۱۴	۱۰	۸	۶	۵	۳۵
۲۵	۱۸	۱۳	۱۰	۸	۷	۴۰
۳۰	۲۲	۱۶	۱۳	۱۱	۹	۴۵
۳۶	۲۶	۲۰	۱۶	۱۳	۱۱	۵۰
۴۲	۳۲	۲۴	۱۹	۱۶	۱۳	۵۵
۵۱	۴۰	۳۱	۲۴	۲۰	۱۷	۶۰
۶۲	۴۹	۳۸	۳۰	۲۵	۲۱	۶۵
۷۴	۶۰	۴۷	۳۷	۳۰	۲۵	۷۰
۸۸	۷۲	۵۸	۴۶	۳۷	۳۱	۷۵
۱۰۲	۸۶	۷۰	۵۶	۴۶	۳۷	۸۰
۱۱۸	۱۰۱	۸۴	۶۸	۵۵	۴۵	۸۵
۱۳۴	۱۱۷	۹۹	۸۲	۶۷	۵۵	۹۰
۱۵۲	۱۳۴	۱۱۶	۹۸	۸۱	۶۶	۹۵
۱۷۰	۱۵۲	۱۳۴	۱۱۵	۹۶	۸۰	۱۰۰
۱۹۰	۱۷۲	۱۵۳	۱۳۳	۱۱۴	۹۶	۱۰۵
۲۱۰	۱۹۲	۱۷۳	۱۵۳	۱۳۳	۱۱۳	۱۱۰

فهرست

شکل

جدول

پیشگفتار

۱

۲

۳

۴

۵

۶

پ الف

پ ب

پ ۱

پ ۲

پ ۳

پ ۴

ج

اینفو

مراجع

اعضاء

## دستور العمل محاسبات مکانیکی شبکه‌های توزیع هوایی

جدول ۹: فلش سیم‌کشی سیم مینک در منطقه سنگین

فلش (cm)						اسپین (m)
دما درجه سانتی‌گراد						
۴۵	۳۵	۲۵	۱۵	۵	-۵	
۲۰	۱۴	۹	۷	۵	۴	۳۰
۲۸	۲۰	۱۴	۱۰	۸	۶	۳۵
۳۷	۲۷	۱۹	۱۴	۱۱	۹	۴۰
۴۷	۳۶	۲۶	۱۹	۱۵	۱۲	۴۵
۵۹	۴۷	۳۵	۲۶	۲۰	۱۶	۵۰
۷۱	۵۹	۴۶	۳۵	۲۷	۲۱	۵۵
۸۵	۷۲	۵۹	۴۶	۳۵	۲۷	۶۰
۱۰۰	۸۷	۷۳	۵۹	۴۶	۳۶	۶۵
۱۱۸	۱۰۴	۹۰	۷۵	۶۰	۴۸	۷۰
۱۳۸	۱۲۵	۱۱۰	۹۵	۸۰	۶۵	۷۵
۱۶۰	۱۴۷	۱۳۳	۱۱۷	۱۰۲	۸۵	۸۰
۱۸۴	۱۷۰	۱۵۶	۱۴۱	۱۲۵	۱۰۹	۸۵
۲۰۹	۱۹۶	۱۸۱	۱۶۷	۱۵۱	۱۳۴	۹۰

جدول ۱۰: فلش سیم‌کشی سیم مینک در منطقه فوق سنگین

فلش (cm)						اسپین (m)
دما درجه سانتی‌گراد						
۴۵	۳۵	۲۵	۱۵	۵	-۵	
۳۲	۲۳	۱۵	۱۰	۸	۶	۳۰
۴۹	۴۱	۳۱	۲۲	۱۵	۱۱	۳۵
۶۹	۶۱	۵۲	۴۲	۳۲	۲۳	۴۰
۹۲	۸۴	۷۶	۶۶	۵۶	۴۵	۴۵
۱۱۷	۱۱۰	۱۰۱	۹۳	۸۴	۷۳	۵۰
۱۴۵	۱۳۸	۱۳۰	۱۲۲	۱۱۳	۱۰۴	۵۵
۱۷۶	۱۶۹	۱۶۱	۱۵۳	۱۴۵	۱۳۶	۶۰
۲۰۹	۲۰۲	۱۹۴	۱۸۷	۱۷۹	۱۷۰	۶۵



## سیم هاینا:

جدول ۱۱: فلش سیم‌کشی سیم هاینا در منطقه متوسط

فلش (cm)						اسپین (m)
دما درجه سانتی‌گراد						
۴۵	۳۵	۲۵	۱۵	۵	-۵	
۱۰	۸	۶	۵	۴	۴	۳۰
۱۴	۱۰	۸	۷	۶	۵	۳۵
۱۸	۱۳	۱۱	۹	۷	۶	۴۰
۲۲	۱۷	۱۳	۱۱	۹	۸	۴۵
۲۶	۲۰	۱۶	۱۴	۱۲	۱۰	۵۰
۳۱	۲۴	۲۰	۱۶	۱۴	۱۲	۵۵
۳۷	۲۹	۲۳	۱۹	۱۷	۱۵	۶۰
۴۲	۳۴	۲۷	۲۳	۲۰	۱۷	۶۵
۴۸	۳۸	۳۱	۲۶	۲۳	۲۰	۷۰
۵۴	۴۴	۳۶	۳۰	۲۶	۲۳	۷۵
۶۰	۴۹	۴۱	۳۴	۲۹	۲۶	۸۰
۶۸	۵۶	۴۶	۳۹	۳۴	۲۹	۸۵
۷۸	۶۴	۵۳	۴۵	۳۹	۳۴	۹۰
۸۸	۷۳	۶۱	۵۱	۴۴	۳۸	۹۵
۹۹	۸۳	۷۰	۵۹	۵۰	۴۴	۱۰۰
۱۱۱	۹۴	۷۹	۶۷	۵۷	۵۰	۱۰۵
۱۲۴	۱۰۵	۸۹	۷۶	۶۵	۵۶	۱۱۰
۱۳۷	۱۱۸	۱۰۰	۸۵	۷۳	۶۳	۱۱۵
۱۵۱	۱۳۱	۱۱۲	۹۶	۸۲	۷۱	۱۲۰
۱۶۶	۱۴۵	۱۲۵	۱۰۸	۹۲	۸۰	۱۲۵
۱۸۲	۱۶۰	۱۳۹	۱۲۰	۱۰۳	۹۰	۱۳۰
۱۹۸	۱۷۶	۱۵۴	۱۳۴	۱۱۶	۱۰۰	۱۳۵

فهرست

شکل

جدول

پیشگفتار

۱

۲

۳

۴

۵

۶

پ الف

پ ب

پ ۱

پ ۲

پ ۳

پ ۴

ج

اینفو

مراجع

اعضاء



## دستور العمل محاسبات مکانیکی شبکه‌های توزیع هوایی

جدول ۱۲: فلش سیم‌کشی سیم‌هاینا در منطقه سنگین

فلش (cm)						اسپن (m)
دما درجه سانتی‌گراد						
۴۵	۳۵	۲۵	۱۵	۵	-۵	
۱۲	۹	۷	۵	۵	۴	۳۰
۱۶	۱۲	۹	۷	۶	۵	۳۵
۲۱	۱۵	۱۲	۱۰	۸	۷	۴۰
۲۶	۲۰	۱۵	۱۲	۱۰	۹	۴۵
۳۳	۲۵	۱۹	۱۶	۱۳	۱۱	۵۰
۴۰	۳۱	۲۴	۲۰	۱۶	۱۴	۵۵
۴۹	۳۸	۳۰	۲۴	۲۰	۱۷	۶۰
۵۸	۴۶	۳۶	۲۹	۲۴	۲۱	۶۵
۶۷	۵۴	۴۳	۳۵	۲۹	۲۵	۷۰
۷۸	۶۴	۵۱	۴۲	۳۴	۲۹	۷۵
۹۰	۷۴	۶۱	۴۹	۴۱	۳۴	۸۰
۱۰۲	۸۶	۷۱	۵۸	۴۸	۴۰	۸۵
۱۱۵	۹۸	۸۲	۶۸	۵۶	۴۷	۹۰
۱۲۹	۱۱۱	۹۴	۷۹	۶۵	۵۵	۹۵
۱۴۴	۱۲۵	۱۰۷	۹۰	۷۶	۶۴	۱۰۰
۱۵۹	۱۴۰	۱۲۲	۱۰۴	۸۷	۷۴	۱۰۵
۱۷۸	۱۵۹	۱۳۹	۱۲۰	۱۰۲	۸۷	۱۱۰
۱۹۸	۱۷۹	۱۵۹	۱۳۹	۱۱۹	۱۰۲	۱۱۵

فهرست

شکل

جدول

پیشگفتار

۱

۲

۳

۴

۵

۶

پ الف

پ ب

۱ ب

۲ ب

۳ ب

۴ ب

ج

اینفو

مراجع

اعضاء

جدول ۱۳: فلش سیم‌کشی سیم‌هاینا در منطقه فوق سنگین

فلش (cm)						اسپین (m)
دما درجه سانتی‌گراد						
۴۵	۳۵	۲۵	۱۵	۵	-۵	۳۰
۱۵	۱۰	۸	۶	۵	۴	۳۵
۱۹	۱۴	۱۰	۸	۷	۶	۴۰
۲۴	۱۸	۱۳	۱۱	۹	۷	۴۵
۳۳	۲۴	۱۸	۱۵	۱۲	۱۰	۵۰
۴۷	۳۶	۲۷	۲۱	۱۷	۱۴	۵۵
۶۳	۵۰	۳۹	۳۰	۲۴	۱۹	۶۰
۸۱	۶۸	۵۵	۴۳	۳۴	۲۷	۶۵
۱۰۱	۸۸	۷۴	۶۰	۴۸	۳۸	۷۰
۱۲۲	۱۰۹	۹۶	۸۱	۶۷	۵۴	۷۵
۱۴۶	۱۳۳	۱۱۹	۱۰۵	۹۰	۷۵	۸۰
۱۷۰	۱۵۸	۱۴۴	۱۳۰	۱۱۵	۱۰۰	۸۵
۱۹۷	۱۸۵	۱۷۱	۱۵۷	۱۴۳	۱۲۷	

فهرست

شکل

جدول

پیشگفتار

۱

۲

۳

۴

۵

۶

پ الف

پ ب

پ ۱

پ ۲

پ ۳

پ ۴

ج

اینفو

مراجع

اعضاء

سیم لینکس:

جدول ۱۴: فلش سیم‌کشی سیم لینکس در منطقه متوسط

فلش (cm)						اسپن (m)
دما درجه سانتی‌گراد						
۴۵	۳۵	۲۵	۱۵	۵	-۵	
۸	۶	۵	۴	۴	۳	۳۰
۱۱	۹	۷	۶	۵	۵	۳۵
۱۴	۱۱	۹	۸	۷	۶	۴۰
۱۸	۱۴	۱۲	۱۰	۹	۸	۴۵
۲۲	۱۸	۱۵	۱۲	۱۱	۱۰	۵۰
۲۶	۲۱	۱۸	۱۵	۱۳	۱۲	۵۵
۳۱	۲۵	۲۱	۱۸	۱۶	۱۴	۶۰
۳۶	۲۹	۲۴	۲۱	۱۸	۱۶	۶۵
۴۱	۳۴	۲۸	۲۴	۲۱	۱۹	۷۰
۴۷	۳۸	۳۲	۲۸	۲۴	۲۱	۷۵
۵۲	۴۳	۳۷	۳۱	۲۷	۲۴	۸۰
۵۸	۴۹	۴۱	۳۵	۳۱	۲۷	۸۵
۶۵	۵۴	۴۶	۴۰	۳۵	۳۱	۹۰
۷۱	۶۰	۵۱	۴۴	۳۹	۳۴	۹۵
۷۸	۶۶	۵۶	۴۹	۴۳	۳۸	۱۰۰
۸۵	۷۲	۶۲	۵۳	۴۷	۴۲	۱۰۵
۹۲	۷۸	۶۷	۵۹	۵۱	۴۶	۱۱۰
۹۹	۸۵	۷۳	۶۴	۵۶	۵۰	۱۱۵
۱۰۶	۹۲	۷۹	۶۹	۶۱	۵۴	۱۲۰
۱۱۶	۱۰۱	۸۷	۷۶	۶۷	۶۰	۱۲۵
۱۲۷	۱۱۰	۹۵	۸۳	۷۴	۶۶	۱۳۰
۱۳۷	۱۲۰	۱۰۴	۹۱	۸۱	۷۲	۱۳۵
۱۴۹	۱۳۰	۱۱۴	۱۰۰	۸۸	۷۸	۱۴۰
۱۶۱	۱۴۱	۱۲۳	۱۰۸	۹۶	۸۵	۱۴۵
۱۷۳	۱۵۲	۱۳۴	۱۱۸	۱۰۴	۹۳	۱۵۰
۱۸۶	۱۶۴	۱۴۵	۱۲۸	۱۱۳	۱۰۱	۱۵۵
۱۹۹	۱۷۷	۱۵۶	۱۳۸	۱۲۲	۱۰۹	۱۶۰
۲۱۳	۱۹۰	۱۶۸	۱۴۹	۱۳۲	۱۱۸	۱۶۵

## دستور العمل محاسبات مکانیکی شبکه‌های توزیع هوایی

جدول ۱۵: فلش سیم‌کشی سیم لینکس در منطقه سنگین

فلش (cm)						اسپین (m)
دما درجه سانتی‌گراد						
۴۵	۳۵	۲۵	۱۵	۵	-۵	۳۰ ۳۵ ۴۰ ۴۵ ۵۰ ۵۵ ۶۰ ۶۵ ۷۰ ۷۵ ۸۰ ۸۵ ۹۰ ۹۵ ۱۰۰ ۱۰۵ ۱۱۰ ۱۱۵ ۱۲۰ ۱۲۵ ۱۳۰ ۱۳۵ ۱۴۰
۱۰	۷	۶	۵	۴	۴	
۱۳	۱۰	۸	۷	۶	۵	
۱۷	۱۳	۱۰	۹	۷	۶	
۲۱	۱۶	۱۳	۱۱	۹	۸	
۲۵	۲۰	۱۶	۱۳	۱۲	۱۰	
۳۰	۲۴	۱۹	۱۶	۱۴	۱۲	
۳۵	۲۸	۲۳	۱۹	۱۷	۱۵	
۴۱	۳۳	۲۷	۲۳	۲۰	۱۷	
۴۷	۳۸	۳۲	۲۷	۲۳	۲۰	
۵۵	۴۵	۳۷	۳۱	۲۷	۲۳	
۶۲	۵۱	۴۳	۳۶	۳۱	۲۷	
۷۰	۵۸	۴۹	۴۱	۳۵	۳۱	
۷۹	۶۶	۵۵	۴۷	۴۰	۳۵	
۸۸	۷۴	۶۲	۵۳	۴۶	۴۰	
۹۸	۸۳	۷۰	۶۰	۵۱	۴۵	
۱۰۸	۹۲	۷۸	۶۷	۵۷	۵۰	
۱۱۹	۱۰۲	۸۷	۷۴	۶۴	۵۶	
۱۳۰	۱۱۲	۹۶	۸۳	۷۱	۶۲	
۱۴۲	۱۲۳	۱۰۶	۹۱	۷۹	۶۹	
۱۵۴	۱۳۵	۱۱۷	۱۰۱	۸۸	۷۶	
۱۶۷	۱۴۷	۱۲۸	۱۱۱	۹۶	۸۴	
۱۸۰	۱۵۹	۱۴۰	۱۲۲	۱۰۶	۹۳	
۱۹۴	۱۷۳	۱۵۲	۱۳۳	۱۱۶	۱۰۲	

فهرست

شکل

جدول

پیشگفتار

۱

۲

۳

۴

۵

۶

پ الف

پ ب

۱ ب

۲ ب

۳ ب

۴ ب

ج

اینفو

مراجع

اعضاء



## دستور العمل محاسبات مکانیکی شبکه‌های توزیع هوایی

جدول ۱۶: فلش سیم‌کشی سیم لینکس در منطقه فوق سنگین

فلش (cm)						اسپین (m)
دما درجه سانتی‌گراد						
۴۵	۳۵	۲۵	۱۵	۵	-۵	۳۰ ۳۵ ۴۰ ۴۵ ۵۰ ۵۵ ۶۰ ۶۵ ۷۰ ۷۵ ۸۰ ۸۵ ۹۰ ۹۵ ۱۰۰ ۱۰۵ ۱۱۰
۱۱	۸	۶	۵	۴	۴	
۱۵	۱۱	۹	۷	۶	۵	
۱۹	۱۴	۱۱	۹	۸	۷	
۲۴	۱۸	۱۴	۱۲	۱۰	۹	
۲۸	۲۲	۱۸	۱۵	۱۲	۱۱	
۳۴	۲۶	۲۱	۱۸	۱۵	۱۳	
۳۹	۳۱	۲۵	۲۱	۱۸	۱۶	
۴۵	۳۶	۳۰	۲۵	۲۱	۱۸	
۵۴	۴۳	۳۵	۲۹	۲۵	۲۲	
۶۵	۵۳	۴۳	۳۶	۳۱	۲۶	
۷۸	۶۵	۵۳	۴۴	۳۷	۳۲	
۹۳	۷۸	۶۵	۵۴	۴۵	۳۸	
۱۰۹	۹۳	۷۸	۶۵	۵۴	۴۶	
۱۲۶	۱۰۹	۹۳	۷۸	۶۶	۵۶	
۱۴۴	۱۲۷	۱۱۰	۹۳	۷۹	۶۷	
۱۶۴	۱۴۶	۱۲۸	۱۱۱	۹۴	۸۰	
۱۸۴	۱۶۶	۱۴۸	۱۳۰	۱۱۲	۹۶	

فهرست

شکل

جدول

پیشگفتار

۱

۲

۳

۴

۵

۶

پ الف

پ ب

۱ ب

۲ ب

۳ ب

۴ ب

ج

اینفو

مراجع

اعضاء



سیم روکشدار آلومینیوم ۷۰ با عایق XLPE:

جدول ۱۷: فلش سیم‌کشی سیم روکشدار آلومینیوم ۷۰ در منطقه متوسط

فلش (cm)						اسپین (m)
دما درجه سانتی‌گراد						
۴۵	۳۵	۲۵	۱۵	۵	-۵	
۱۵	۱۱	۸	۷	۵	۵	۳۰
۲۰	۱۵	۱۱	۹	۷	۶	۳۵
۲۵	۱۹	۱۴	۱۲	۱۰	۸	۴۰
۳۱	۲۳	۱۸	۱۵	۱۲	۱۰	۴۵
۳۸	۲۹	۲۳	۱۸	۱۵	۱۳	۵۰
۴۷	۳۶	۲۹	۲۳	۱۹	۱۶	۵۵
۵۹	۴۶	۳۶	۲۹	۲۴	۲۰	۶۰
۷۲	۵۸	۴۶	۳۷	۳۰	۲۵	۶۵
۸۶	۷۱	۵۷	۴۶	۳۸	۳۱	۷۰
۱۰۲	۸۶	۷۰	۵۷	۴۷	۳۹	۷۵
۱۱۹	۱۰۲	۸۵	۷۰	۵۷	۴۸	۸۰
۱۳۷	۱۲۰	۱۰۲	۸۵	۷۰	۵۸	۸۵
۱۵۷	۱۳۹	۱۲۱	۱۰۳	۸۶	۷۱	۹۰
۱۷۸	۱۶۰	۱۴۱	۱۲۲	۱۰۳	۸۷	۹۵
۲۰۰	۱۸۲	۱۶۳	۱۴۳	۱۲۳	۱۰۴	۱۰۰

فهرست

شکل

جدول

پیشگفتار

۱

۲

۳

۴

۵

۶

پ الف

پ ب

۱ ب

۲ ب

۳ ب

۴ ب

ج

اینفو

مراجع

اعضاء

## دستور العمل محاسبات مکانیکی شبکه‌های توزیع هوایی

جدول ۱۸: فلش سیم‌کشی سیم روکشدار آلومینیوم ۷۰ در منطقه سنگین

فلش (cm)						اسپن (m)
دما درجه سانتی‌گراد						
۴۵	۳۵	۲۵	۱۵	۵	-۵	۳۰
۲۱	۱۴	۱۰	۸	۶	۵	۳۵
۲۹	۲۱	۱۵	۱۱	۹	۸	۴۰
۳۹	۲۹	۲۱	۱۶	۱۳	۱۰	۴۵
۵۱	۳۹	۳۰	۲۲	۱۷	۱۴	۵۰
۶۴	۵۲	۴۰	۳۰	۲۴	۱۹	۵۵
۷۹	۶۵	۵۲	۴۱	۳۲	۲۵	۶۰
۹۵	۸۱	۶۷	۵۳	۴۲	۳۳	۶۵
۱۱۳	۹۹	۸۴	۷۰	۵۶	۴۴	۷۰
۱۳۵	۱۲۱	۱۰۷	۹۱	۷۶	۶۱	۷۵
۱۶۰	۱۴۶	۱۳۱	۱۱۵	۹۹	۸۳	۸۰
۱۸۶	۱۷۲	۱۵۷	۱۴۱	۱۲۵	۱۰۸	۸۵
۲۱۳	۱۹۹	۱۸۵	۱۶۹	۱۵۳	۱۳۶	

جدول ۱۹: فلش سیم‌کشی سیم روکشدار آلومینیوم ۷۰ در منطقه فوق سنگین

فلش (cm)						اسپن (m)
دما درجه سانتی‌گراد						
۴۵	۳۵	۲۵	۱۵	۵	-۵	۳۰
۳۳	۲۵	۱۷	۱۲	۹	۷	۳۵
۵۳	۴۴	۳۴	۲۵	۱۸	۱۳	۴۰
۷۶	۶۷	۵۸	۴۷	۳۷	۲۷	۴۵
۱۰۲	۹۳	۸۴	۷۵	۶۴	۵۳	۵۰
۱۳۱	۱۲۲	۱۱۴	۱۰۵	۹۵	۸۴	۵۵
۱۶۲	۱۵۴	۱۴۶	۱۳۷	۱۲۸	۱۱۸	۶۰
۱۹۷	۱۸۹	۱۸۱	۱۷۳	۱۶۴	۱۵۴	



## دستور العمل محاسبات مکانیکی شبکه‌های توزیع هوایی

## سیم روکشدار آلومینیوم ۱۲۰ با عایق XLPE:

جدول ۲۰: فلش سیم‌کشی سیم آلومینیوم ۱۲۰ با عایق XLPE در منطقه متوسط

فلش (cm)						اسپین (m)
دما درجه سانتی‌گراد						
۴۵	۳۵	۲۵	۱۵	۵	-۵	
۱۴	۱۰	۸	۶	۵	۴	۳۰
۱۹	۱۴	۱۰	۸	۷	۶	۳۵
۲۴	۱۷	۱۳	۱۱	۹	۸	۴۰
۲۹	۲۲	۱۷	۱۴	۱۱	۱۰	۴۵
۳۵	۲۶	۲۱	۱۷	۱۴	۱۲	۵۰
۴۱	۳۲	۲۵	۲۰	۱۷	۱۴	۵۵
۴۸	۳۷	۲۹	۲۴	۲۰	۱۷	۶۰
۵۴	۴۳	۳۴	۲۸	۲۳	۲۰	۶۵
۶۱	۴۹	۳۹	۳۲	۲۷	۲۳	۷۰
۷۱	۵۷	۴۶	۳۸	۳۲	۲۷	۷۵
۸۲	۶۷	۵۴	۴۴	۳۷	۳۲	۸۰
۹۴	۷۸	۶۳	۵۲	۴۴	۳۷	۸۵
۱۰۸	۹۰	۷۴	۶۱	۵۱	۴۳	۹۰
۱۲۲	۱۰۳	۸۵	۷۱	۵۹	۵۰	۹۵
۱۳۷	۱۱۷	۹۸	۸۲	۶۸	۵۸	۱۰۰
۱۵۳	۱۳۲	۱۱۲	۹۴	۷۹	۶۷	۱۰۵
۱۷۰	۱۴۸	۱۲۷	۱۰۷	۹۱	۷۷	۱۱۰
۱۸۸	۱۶۵	۱۴۳	۱۲۲	۱۰۴	۸۸	۱۱۵
۲۰۶	۱۸۳	۱۶۰	۱۳۸	۱۱۸	۱۰۰	۱۲۰

فهرست

شکل

جدول

پیشگفتار

۱-

۲-

۳-

۴-

۵-

۶-

پ الف

پ ب

۱ ب

۲ ب

۳ ب

۴ ب

ج

اینفو

مراجع

اعضاء

## دستور العمل محاسبات مکانیکی شبکه‌های توزیع هوایی

جدول ۲۱: فلش سیم‌کشی سیم آلومینیوم ۱۲۰ با عایق XLPE در منطقه سنگین

فلش (cm)						اسپین (m)
دما درجه سانتی‌گراد						
۴۵	۳۵	۲۵	۱۵	۵	-۵	۳۰
۱۸	۱۲	۹	۷	۶	۵	۳۵
۲۳	۱۶	۱۲	۹	۷	۶	۴۰
۳۰	۲۱	۱۶	۱۲	۱۰	۸	۴۵
۳۸	۲۸	۲۱	۱۶	۱۳	۱۱	۵۰
۴۷	۳۶	۲۷	۲۱	۱۷	۱۴	۵۵
۵۷	۴۴	۳۴	۲۶	۲۱	۱۸	۶۰
۶۸	۵۴	۴۲	۳۳	۲۶	۲۲	۶۵
۸۰	۶۵	۵۱	۴۰	۳۲	۲۷	۷۰
۹۳	۷۷	۶۲	۴۹	۳۹	۳۲	۷۵
۱۰۷	۹۰	۷۴	۵۹	۴۸	۳۹	۸۰
۱۲۲	۱۰۴	۸۷	۷۱	۵۷	۴۷	۸۵
۱۳۸	۱۲۰	۱۰۲	۸۴	۶۹	۵۶	۹۰
۱۵۵	۱۳۶	۱۱۷	۹۹	۸۱	۶۷	۹۵
۱۷۴	۱۵۵	۱۳۵	۱۱۶	۹۷	۸۰	۱۰۰
۱۹۶	۱۷۷	۱۵۷	۱۳۶	۱۱۶	۹۷	۱۰۵
۱۸	۱۲	۹	۷	۶	۵	۱۱۰
۲۳	۱۶	۱۲	۹	۷	۶	۱۱۵
۳۰	۲۱	۱۶	۱۲	۱۰	۸	۱۲۰
۳۸	۲۸	۲۱	۱۶	۱۳	۱۱	۱۲۵
۴۷	۳۶	۲۷	۲۱	۱۷	۱۴	۱۳۰
۵۷	۴۴	۳۴	۲۶	۲۱	۱۸	۱۳۵
۶۸	۵۴	۴۲	۳۳	۲۶	۲۲	۱۴۰
۸۰	۶۵	۵۱	۴۰	۳۲	۲۷	

فهرست

شکل

جدول

پیشگفتار

۱

۲

۳

۴

۵

۶

پ الف

پ ب

۱ ب

۲ ب

۳ ب

۴ ب

ج

اینفو

مراجع

اعضاء

## دستور العمل محاسبات مکانیکی شبکه‌های توزیع هوایی

جدول ۲۲: فلش سیم‌کشی سیم آلومینیوم ۱۲۰ با عایق XLPE در منطقه فوق سنگین

فلش (cm)						اسپین (m)
دما درجه سانتی‌گراد						
۴۵	۳۵	۲۵	۱۵	۵	-۵	
۲۱	۱۴	۱۰	۸	۶	۵	۳۰
۲۷	۱۹	۱۴	۱۰	۸	۷	۳۵
۳۷	۲۷	۲۰	۱۵	۱۲	۱۰	۴۰
۵۳	۴۱	۳۱	۲۳	۱۷	۱۴	۴۵
۷۲	۵۹	۴۶	۳۵	۲۶	۲۱	۵۰
۹۲	۸۰	۶۶	۵۳	۴۱	۳۱	۵۵
۱۱۵	۱۰۳	۸۹	۷۵	۶۱	۴۷	۶۰
۱۴۰	۱۲۸	۱۱۴	۱۰۰	۸۵	۷۰	۶۵
۱۶۷	۱۵۵	۱۴۲	۱۲۸	۱۱۳	۹۷	۷۰
۱۹۵	۱۸۳	۱۷۱	۱۵۷	۱۴۳	۱۲۸	۷۵

فهرست

شکل

جدول

پیشگفتار

۱

۲

۳

۴

۵

۶

پ الف

پ ب

۱ ب

۲ ب

۳ ب

۴ ب

ج

اینفو

مراجع

اعضاء



## دستور العمل محاسبات مکانیکی شبکه‌های توزیع هوایی

## سیم روکشدار آلومینیوم ۱۸۵ با عایق XLPE:

جدول ۲۳: فلش سیم‌کشی سیم روکشدار آلومینیوم ۱۸۵ با عایق XLPE در منطقه متوسط

فلش (cm)						اسپین (m)
دما درجه سانتی‌گراد						
۴۵	۳۵	۲۵	۱۵	۵	-۵	
۱۴	۱۰	۷	۶	۵	۴	۳۰
۱۸	۱۳	۱۰	۸	۷	۶	۳۵
۲۳	۱۷	۱۳	۱۰	۹	۷	۴۰
۲۸	۲۱	۱۶	۱۳	۱۱	۹	۴۵
۳۴	۲۵	۲۰	۱۶	۱۳	۱۱	۵۰
۴۰	۳۰	۲۴	۱۹	۱۶	۱۴	۵۵
۴۶	۳۶	۲۸	۲۳	۱۹	۱۶	۶۰
۵۳	۴۱	۳۳	۲۷	۲۲	۱۹	۶۵
۶۰	۴۷	۳۸	۳۱	۲۶	۲۲	۷۰
۶۷	۵۳	۴۳	۳۵	۳۰	۲۶	۷۵
۷۴	۶۰	۴۸	۴۰	۳۴	۲۹	۸۰
۸۲	۶۶	۵۴	۴۵	۳۸	۳۳	۸۵
۹۰	۷۴	۶۰	۵۰	۴۳	۳۷	۹۰
۱۰۱	۸۴	۶۹	۵۷	۴۹	۴۲	۹۵
۱۱۳	۹۴	۷۸	۶۵	۵۵	۴۸	۱۰۰
۱۲۶	۱۰۶	۸۸	۷۴	۶۳	۵۴	۱۰۵
۱۳۹	۱۱۸	۹۹	۸۳	۷۱	۶۱	۱۱۰
۱۵۴	۱۳۲	۱۱۱	۹۴	۸۰	۶۸	۱۱۵
۱۶۹	۱۴۶	۱۲۴	۱۰۵	۸۹	۷۷	۱۲۰
۱۸۴	۱۶۰	۱۳۸	۱۱۷	۱۰۰	۸۶	۱۲۵
۲۰۱	۱۷۶	۱۵۲	۱۳۰	۱۱۱	۹۶	۱۳۰
۲۱۸	۱۹۲	۱۶۸	۱۴۴	۱۲۴	۱۰۶	۱۳۵

فهرست

شکل

جدول

پیشگفتار

۱

۲

۳

۴

۵

۶

پ الف

پ ب

پ ۱

پ ۲

پ ۳

پ ۴

ج

اینفو

مراجع

اعضاء



## دستور العمل محاسبات مکانیکی شبکه‌های توزیع هوایی

جدول ۲۴: فلش سیم‌کشی سیم روکشدار آلومینیوم ۱۸۵ با عایق XLPE در منطقه سنگین

فلش (cm)						اسپین (m)
دما درجه سانتی‌گراد						
۴۵	۳۵	۲۵	۱۵	۵	-۵	
۱۷	۱۱	۸	۶	۵	۴	۳۰
۲۲	۱۵	۱۱	۹	۷	۶	۳۵
۲۷	۲۰	۱۵	۱۱	۹	۸	۴۰
۳۳	۲۴	۱۸	۱۴	۱۲	۱۰	۴۵
۴۱	۳۱	۲۳	۱۸	۱۵	۱۳	۵۰
۴۹	۳۸	۲۹	۲۳	۱۸	۱۵	۵۵
۵۹	۴۵	۳۵	۲۸	۲۲	۱۹	۶۰
۶۸	۵۴	۴۲	۳۳	۲۷	۲۳	۶۵
۷۹	۶۳	۵۰	۴۰	۳۲	۲۷	۷۰
۹۰	۷۴	۵۹	۴۷	۳۸	۳۲	۷۵
۱۰۲	۸۵	۶۹	۵۵	۴۵	۳۷	۸۰
۱۱۵	۹۷	۷۹	۶۴	۵۳	۴۴	۸۵
۱۲۹	۱۱۰	۹۱	۷۵	۶۱	۵۱	۹۰
۱۴۳	۱۲۳	۱۰۴	۸۶	۷۱	۵۹	۹۵
۱۵۸	۱۳۸	۱۱۷	۹۸	۸۱	۶۸	۱۰۰
۱۷۴	۱۵۳	۱۳۲	۱۱۱	۹۳	۷۸	۱۰۵
۱۹۱	۱۶۹	۱۴۷	۱۲۵	۱۰۶	۸۹	۱۱۰
۲۰۸	۱۸۶	۱۶۳	۱۴۱	۱۲۰	۱۰۱	۱۱۵

فهرست

شکل

جدول

پیشگفتار

۱

۲

۳

۴

۵

۶

پ الف

پ ب

۱ ب

۲ ب

۳ ب

۴ ب

ج

اینفو

مراجع

اعضاء



## دستور العمل محاسبات مکانیکی شبکه‌های توزیع هوایی

جدول ۲۵: فلش سیم‌کشی سیم روکشدار آلومینیوم ۱۸۵ با عایق XLPE در منطقه فوق سنگین

فلش (cm)						اسپین (m)
دما درجه سانتی‌گراد						
۴۵	۳۵	۲۵	۱۵	۵	-۵	
۲۱	۱۴	۱۰	۷	۶	۵	۳۰
۲۷	۱۸	۱۳	۱۰	۸	۷	۳۵
۳۳	۲۳	۱۷	۱۳	۱۰	۹	۴۰
۳۹	۲۸	۲۱	۱۶	۱۳	۱۱	۴۵
۴۸	۳۶	۲۷	۲۰	۱۶	۱۴	۵۰
۶۲	۴۸	۳۷	۲۸	۲۲	۱۸	۵۵
۷۹	۶۴	۵۰	۳۹	۳۰	۲۴	۶۰
۹۷	۸۲	۶۷	۵۲	۴۱	۳۲	۶۵
۱۱۸	۱۰۲	۸۶	۷۰	۵۵	۴۴	۷۰
۱۴۰	۱۲۴	۱۰۸	۹۱	۷۴	۵۹	۷۵
۱۶۳	۱۴۸	۱۳۱	۱۱۴	۹۶	۷۹	۸۰
۱۸۸	۱۷۳	۱۵۶	۱۳۹	۱۲۱	۱۰۲	۸۵
۲۱۵	۱۹۹	۱۸۳	۱۶۶	۱۴۸	۱۲۹	۹۰

فهرست

شکل

جدول

پیشگفتار

۱

۲

۳

۴

۵

۶

پ الف

پ ب

۱ ب

۲ ب

۳ ب

۴ ب

ج

اینفو

مراجع

اعضاء





## سیم خودنگهدار ۷۰ فشار متوسط:

جدول ۲۶: فلش سیم‌کشی سیم خودنگهدار ۷۰ در منطقه متوسط

فلش (cm)						اسپین (m)
دما درجه سانتی‌گراد						
۴۵	۳۵	۲۵	۱۵	۵	-۵	
۱۲	۱۱	۱۱	۱۰	۱۰	۹	۳۰
۱۶	۱۵	۱۵	۱۴	۱۳	۱۳	۳۵
۲۱	۲۰	۱۹	۱۸	۱۷	۱۷	۴۰
۲۸	۲۶	۲۵	۲۴	۲۳	۲۲	۴۵
۳۵	۳۳	۳۱	۳۰	۲۹	۲۷	۵۰
۴۳	۴۱	۳۹	۳۷	۳۵	۳۴	۵۵
۵۴	۵۱	۴۸	۴۶	۴۴	۴۲	۶۰
۶۶	۶۳	۶۰	۵۷	۵۴	۵۲	۶۵
۸۰	۷۶	۷۳	۶۹	۶۶	۶۳	۷۰
۹۶	۹۲	۸۸	۸۴	۸۰	۷۶	۷۵
۱۱۵	۱۱۰	۱۰۵	۱۰۰	۹۶	۹۱	۸۰
۱۳۵	۱۳۰	۱۲۴	۱۱۹	۱۱۴	۱۰۹	۸۵
۱۵۸	۱۵۲	۱۴۶	۱۴۰	۱۳۴	۱۲۹	۹۰
۱۸۲	۱۷۶	۱۷۰	۱۶۳	۱۵۷	۱۵۱	۹۵

فهرست

شکل

جدول

پیشگفتار

۱

۲

۳

۴

۵

۶

پ الف

پ ب

۱ ب

۲ ب

۳ ب

۴ ب

ج

اینفو

مراجع

اعضاء

## دستور العمل محاسبات مکانیکی شبکه‌های توزیع هوایی

جدول ۲۷: فلش سیم‌کشی سیم خودنگهدار ۷۰ در منطقه سنگین

فلش (cm)						اسپن (m)
دما درجه سانتی‌گراد						
۴۵	۳۵	۲۵	۱۵	۵	-۵	۳۰
۱۳	۱۲	۱۱	۱۱	۱۰	۱۰	۳۵
۱۸	۱۷	۱۶	۱۵	۱۴	۱۴	۴۰
۲۴	۲۲	۲۱	۲۰	۱۹	۱۸	۴۵
۳۱	۲۹	۲۷	۲۶	۲۵	۲۴	۵۰
۳۹	۳۷	۳۵	۳۳	۳۱	۳۰	۵۵
۴۹	۴۶	۴۴	۴۱	۳۹	۳۸	۶۰
۶۱	۵۸	۵۵	۵۲	۴۹	۴۷	۶۵
۷۵	۷۱	۶۷	۶۴	۶۱	۵۸	۷۰
۹۱	۸۶	۸۲	۷۸	۷۴	۷۱	۷۵
۱۰۹	۱۰۴	۹۹	۹۴	۹۰	۸۶	۸۰
۱۲۹	۱۲۳	۱۱۸	۱۱۳	۱۰۸	۱۰۳	۸۵
۱۵۱	۱۴۵	۱۳۹	۱۳۳	۱۲۸	۱۲۲	۹۰
۱۷۵	۱۶۹	۱۶۲	۱۵۶	۱۵۰	۱۴۴	

جدول ۲۸: فلش سیم‌کشی سیم خودنگهدار ۷۰ در منطقه فوق سنگین

فلش (cm)						اسپن (m)
دما درجه سانتی‌گراد						
۴۵	۳۵	۲۵	۱۵	۵	-۵	۳۰
۱۴	۱۳	۱۲	۱۱	۱۱	۱۰	۳۵
۲۰	۱۹	۱۸	۱۷	۱۶	۱۵	۴۰
۲۸	۲۷	۲۵	۲۴	۲۲	۲۱	۴۵
۴۰	۳۷	۳۵	۳۳	۳۱	۲۹	۵۰
۵۴	۵۱	۴۸	۴۵	۴۲	۴۰	۵۵
۷۳	۶۸	۶۵	۶۱	۵۷	۵۴	۶۰
۹۴	۹۰	۸۵	۸۱	۷۶	۷۲	۶۵
۱۱۹	۱۱۴	۱۰۹	۱۰۴	۹۹	۹۵	۷۰
۱۴۷	۱۴۲	۱۳۷	۱۳۱	۱۲۶	۱۲۱	۷۵
۱۷۸	۱۷۲	۱۶۷	۱۶۲	۱۵۶	۱۵۱	

سیم خودنگهدار ۱۲۰ فشار متوسط:

جدول ۲۹: فلش سیم‌کشی سیم خودنگهدار ۱۲۰ فشار متوسط در منطقه متوسط

فلش (cm)						اسپن (m)
دما درجه سانتی‌گراد						
۴۵	۳۵	۲۵	۱۵	۵	-۵	
۱۴	۱۴	۱۳	۱۲	۱۲	۱۱	۳۰
۲۰	۱۹	۱۸	۱۷	۱۶	۱۶	۳۵
۲۶	۲۵	۲۴	۲۳	۲۲	۲۱	۴۰
۳۴	۳۲	۳۱	۲۹	۲۸	۲۷	۴۵
۴۳	۴۱	۳۹	۳۷	۳۶	۳۴	۵۰
۵۳	۵۰	۴۸	۴۶	۴۴	۴۲	۵۵
۶۵	۶۲	۵۹	۵۶	۵۴	۵۲	۶۰
۷۹	۷۶	۷۲	۶۹	۶۶	۶۴	۶۵
۹۵	۹۱	۸۸	۸۴	۸۱	۷۷	۷۰
۱۱۴	۱۰۹	۱۰۵	۱۰۱	۹۷	۹۳	۷۵
۱۳۴	۱۲۹	۱۲۴	۱۲۰	۱۱۵	۱۱۱	۸۰
۱۵۷	۱۵۱	۱۴۶	۱۴۱	۱۳۶	۱۳۱	۸۵
۱۸۱	۱۷۵	۱۷۰	۱۶۴	۱۵۹	۱۵۳	۹۰

جدول ۳۰: فلش سیم‌کشی سیم خودنگهدار ۱۲۰ فشار متوسط در منطقه سنگین

فلش (cm)						اسپن (m)
دما درجه سانتی‌گراد						
۴۵	۳۵	۲۵	۱۵	۵	-۵	
۱۶	۱۵	۱۴	۱۳	۱۳	۱۲	۳۰
۲۲	۲۰	۱۹	۱۸	۱۸	۱۷	۳۵
۲۹	۲۷	۲۶	۲۵	۲۴	۲۳	۴۰
۳۷	۳۵	۳۴	۳۲	۳۱	۲۹	۴۵
۴۷	۴۵	۴۳	۴۱	۳۹	۳۷	۵۰
۶۰	۵۷	۵۴	۵۲	۴۹	۴۷	۵۵
۷۴	۷۱	۶۷	۶۴	۶۱	۵۹	۶۰



## دستورالعمل محاسبات مکانیکی شبکه‌های توزیع هوایی

ادامه جدول ۳۰: فلش سیم‌کشی سیم خودنگهدار ۱۲۰ فشار متوسط در منطقه سنگین

فلش (cm)						
دما درجه سانتی‌گراد						اسپین (m)
۴۵	۳۵	۲۵	۱۵	۵	-۵	
۹۰	۸۶	۸۳	۷۹	۷۶	۷۲	۶۵
۱۰۹	۱۰۴	۱۰۰	۹۶	۹۲	۸۸	۷۰
۱۳۰	۱۲۵	۱۲۰	۱۱۵	۱۱۱	۱۰۶	۷۵
۱۵۲	۱۴۷	۱۴۲	۱۳۷	۱۳۲	۱۲۷	۸۰
۱۷۷	۱۷۲	۱۶۶	۱۶۱	۱۵۵	۱۵۰	۸۵

جدول ۳۱: فلش سیم‌کشی سیم خودنگهدار ۱۲۰ فشار متوسط در منطقه فوق سنگین

فلش (cm)						
دما درجه سانتی‌گراد						اسپین (m)
۴۵	۳۵	۲۵	۱۵	۵	-۵	
۱۷	۱۶	۱۵	۱۴	۱۳	۱۳	۳۰
۲۴	۲۳	۲۲	۲۱	۲۰	۱۹	۳۵
۳۵	۳۳	۳۱	۲۹	۲۸	۲۶	۴۰
۴۸	۴۶	۴۳	۴۱	۳۹	۳۷	۴۵
۶۵	۶۲	۵۹	۵۵	۵۳	۵۰	۵۰
۸۵	۸۲	۷۸	۷۴	۷۰	۶۷	۵۵
۱۰۹	۱۰۵	۱۰۱	۹۶	۹۲	۸۸	۶۰
۱۳۶	۱۳۲	۱۲۷	۱۲۲	۱۱۸	۱۱۳	۶۵
۱۶۶	۱۶۱	۱۵۶	۱۵۲	۱۴۷	۱۴۲	۷۰

سیم خودنگهدار ۱۵۰ فشار متوسط:

جدول ۳۲: فلش سیم‌کشی سیم خودنگهدار ۱۵۰ فشار متوسط در منطقه متوسط

فلش (cm)						اسپن (m)
دما درجه سانتی‌گراد						
۴۵	۳۵	۲۵	۱۵	۵	-۵	
۱۱	۱۱	۱۰	۱۰	۱۰	۹	۳۰
۱۵	۱۴	۱۴	۱۴	۱۳	۱۳	۳۵
۱۹	۱۹	۱۸	۱۸	۱۷	۱۷	۴۰
۲۵	۲۴	۲۳	۲۲	۲۲	۲۱	۴۵
۳۱	۳۰	۲۹	۲۸	۲۷	۲۶	۵۰
۳۸	۳۶	۳۵	۳۴	۳۳	۳۲	۵۵
۴۵	۴۴	۴۳	۴۱	۴۰	۳۹	۶۰
۵۴	۵۲	۵۱	۴۹	۴۸	۴۶	۶۵
۶۴	۶۲	۶۰	۵۸	۵۶	۵۴	۷۰
۷۴	۷۲	۶۹	۶۷	۶۵	۶۳	۷۵
۸۶	۸۳	۸۰	۷۸	۷۶	۷۳	۸۰
۹۹	۹۶	۹۳	۹۰	۸۷	۸۵	۸۵
۱۱۳	۱۱۰	۱۰۷	۱۰۳	۱۰۰	۹۷	۹۰
۱۲۹	۱۲۶	۱۲۲	۱۱۸	۱۱۵	۱۱۱	۹۵
۱۴۷	۱۴۳	۱۳۸	۱۳۴	۱۳۱	۱۲۷	۱۰۰
۱۶۶	۱۶۱	۱۵۷	۱۵۲	۱۴۸	۱۴۴	۱۰۵

جدول ۳۳: فلش سیم‌کشی سیم خودنگهدار ۱۵۰ فشار متوسط در منطقه سنگین

فلش (cm)						اسپن (m)
دما درجه سانتی‌گراد						
۴۵	۳۵	۲۵	۱۵	۵	-۵	
۱۱	۱۱	۱۱	۱۰	۱۰	۱۰	۳۰
۱۶	۱۵	۱۴	۱۴	۱۴	۱۳	۳۵
۲۰	۲۰	۱۹	۱۹	۱۸	۱۷	۴۰
۲۶	۲۵	۲۴	۲۴	۲۳	۲۲	۴۵

## دستور العمل محاسبات مکانیکی شبکه‌های توزیع هوایی

ادامه جدول ۳۳: فلش سیم‌کشی سیم خودنگهدار ۱۵۰ فشار متوسط در منطقه سنگین

فلش (cm)						
دما درجه سانتی‌گراد						اسپن (m)
۴۵	۳۵	۲۵	۱۵	۵	-۵	
۳۳	۳۲	۳۱	۳۰	۲۹	۲۸	۵۰
۴۰	۳۹	۳۸	۳۶	۳۵	۳۴	۵۵
۴۹	۴۷	۴۵	۴۴	۴۳	۴۱	۶۰
۵۸	۵۶	۵۴	۵۲	۵۱	۴۹	۶۵
۶۹	۶۶	۶۴	۶۲	۶۰	۵۸	۷۰
۸۱	۷۸	۷۶	۷۳	۷۱	۶۹	۷۵
۹۵	۹۱	۸۹	۸۶	۸۳	۸۰	۸۰
۱۱۰	۱۰۶	۱۰۳	۱۰۰	۹۶	۹۳	۸۵
۱۲۶	۱۲۲	۱۱۸	۱۱۵	۱۱۱	۱۰۸	۹۰
۱۴۵	۱۴۰	۱۳۶	۱۳۲	۱۲۸	۱۲۴	۹۵

جدول ۳۴: فلش سیم‌کشی سیم خودنگهدار ۱۵۰ فشار متوسط در منطقه فوق سنگین

فلش (cm)						
دما درجه سانتی‌گراد						اسپن (m)
۴۵	۳۵	۲۵	۱۵	۵	-۵	
۱۱	۱۱	۱۱	۱۰	۱۰	۱۰	۳۰
۱۶	۱۵	۱۵	۱۴	۱۴	۱۳	۳۵
۲۱	۲۱	۲۰	۱۹	۱۹	۱۸	۴۰
۲۸	۲۷	۲۶	۲۵	۲۵	۲۴	۴۵
۳۶	۳۵	۳۴	۳۳	۳۲	۳۰	۵۰
۴۶	۴۵	۴۳	۴۱	۴۰	۳۹	۵۵
۵۸	۵۶	۵۴	۵۲	۵۰	۴۸	۶۰
۷۲	۶۹	۶۷	۶۴	۶۲	۶۰	۶۵
۸۸	۸۵	۸۲	۷۹	۷۶	۷۳	۷۰
۱۰۷	۱۰۳	۱۰۰	۹۶	۹۳	۹۰	۷۵
۱۲۹	۱۲۴	۱۲۰	۱۱۶	۱۱۲	۱۰۸	۸۰

سیم روکشدار مینک با عایق XLPE:

جدول ۳۵: فلش سیم‌کشی سیم روکشدار مینک با عایق XLPE در منطقه متوسط

فلش (cm)						اسپن (m)
دما درجه سانتی‌گراد						
۴۵	۳۵	۲۵	۱۵	۵	-۵	۳۰
۱۹	۱۴	۱۰	۸	۷	۶	۳۵
۲۵	۱۸	۱۴	۱۱	۹	۸	۴۰
۳۱	۲۳	۱۸	۱۴	۱۲	۱۰	۴۵
۳۸	۳۰	۲۳	۱۸	۱۵	۱۳	۵۰
۴۹	۳۹	۳۰	۲۴	۲۰	۱۷	۵۵
۶۱	۵۰	۴۰	۳۲	۲۶	۲۲	۶۰
۷۴	۶۲	۵۱	۴۱	۳۳	۲۸	۶۵
۸۹	۷۶	۶۴	۵۲	۴۳	۳۵	۷۰
۱۰۵	۹۲	۷۹	۶۶	۵۴	۴۵	۷۵
۱۲۳	۱۰۹	۹۵	۸۱	۶۸	۵۷	۸۰
۱۴۱	۱۲۸	۱۱۳	۹۹	۸۴	۷۱	۸۵
۱۶۱	۱۴۷	۱۳۳	۱۱۸	۱۰۲	۸۸	۹۰
۱۸۳	۱۶۹	۱۵۴	۱۳۸	۱۲۳	۱۰۷	۹۵
۲۰۵	۱۹۱	۱۷۶	۱۶۱	۱۴۴	۱۲۸	۱۰۰
۲۲۹	۲۱۵	۲۰۰	۱۸۴	۱۶۸	۱۵۱	

فهرست

شکل

جدول

پیشگفتار

۱

۲

۳

۴

۵

۶

پ الف

پ ب

۱ ب

۲ ب

۳ ب

۴ ب

ج

اینفو

مراجع

اعضاء

## دستورالعمل محاسبات مکانیکی شبکه‌های توزیع هوایی

جدول ۳۶: فلش سیم‌کشی سیم روکشدار مینک با عایق XLPE در منطقه سنگین

فلش (cm)						اسپین (m)
دما درجه سانتی‌گراد						
۴۵	۳۵	۲۵	۱۵	۵	-۵	
۲۷	۲۰	۱۴	۱۰	۸	۷	۳۰
۳۷	۲۸	۲۱	۱۶	۱۲	۱۰	۳۵
۴۸	۳۹	۳۰	۲۳	۱۷	۱۴	۴۰
۶۱	۵۱	۴۱	۳۲	۲۵	۲۰	۴۵
۷۵	۶۵	۵۴	۴۴	۳۴	۲۷	۵۰
۹۱	۸۰	۶۹	۵۸	۴۷	۳۷	۵۵
۱۱۱	۱۰۰	۸۹	۷۷	۶۵	۵۳	۶۰
۱۳۳	۱۲۲	۱۱۱	۹۹	۸۷	۷۴	۶۵
۱۵۶	۱۴۶	۱۳۵	۱۲۳	۱۱۰	۹۷	۷۰
۱۸۲	۱۷۱	۱۶۰	۱۴۹	۱۳۶	۱۲۳	۷۵
۲۰۹	۱۹۹	۱۸۸	۱۷۶	۱۶۴	۱۵۱	۸۰

جدول ۳۷: فلش سیم‌کشی سیم روکشدار مینک با عایق XLPE در منطقه فوق سنگین

فلش (cm)						اسپین (m)
دما درجه سانتی‌گراد						
۴۵	۳۵	۲۵	۱۵	۵	-۵	
۴۴	۳۸	۳۰	۲۳	۱۶	۱۲	۳۰
۶۵	۵۸	۵۱	۴۴	۳۵	۲۷	۳۵
۸۹	۸۲	۷۶	۶۸	۶۱	۵۲	۴۰
۱۱۶	۱۱۰	۱۰۳	۹۶	۸۹	۸۱	۴۵
۱۴۶	۱۴۰	۱۳۳	۱۲۷	۱۲۰	۱۱۲	۵۰
۱۷۹	۱۷۳	۱۶۷	۱۶۰	۱۵۴	۱۴۷	۵۵
۲۱۶	۲۱۰	۲۰۴	۱۹۷	۱۹۱	۱۸۴	۶۰





## دستورالعمل محاسبات مکانیکی شبکه‌های توزیع هوایی

## سیم روکشدار هاینا با عایق XLPE:

جدول ۳۸: فلش سیم‌کشی سیم روکشدار هاینا با عایق XLPE در منطقه متوسط

فلش (cm)						اسپین (m)
دما درجه سانتی‌گراد						
۴۵	۳۵	۲۵	۱۵	۵	-۵	
۱۳	۱۰	۸	۶	۵	۵	۳۰
۱۷	۱۳	۱۰	۹	۷	۶	۳۵
۲۱	۱۷	۱۳	۱۱	۹	۸	۴۰
۲۷	۲۱	۱۷	۱۴	۱۲	۱۰	۴۵
۳۲	۲۵	۲۱	۱۷	۱۵	۱۳	۵۰
۳۸	۳۰	۲۵	۲۱	۱۸	۱۶	۵۵
۴۴	۳۶	۲۹	۲۵	۲۱	۱۸	۶۰
۵۰	۴۱	۳۴	۲۹	۲۵	۲۲	۶۵
۵۹	۴۹	۴۰	۳۴	۲۹	۲۶	۷۰
۶۹	۵۸	۴۸	۴۱	۳۵	۳۰	۷۵
۸۰	۶۷	۵۷	۴۸	۴۱	۳۶	۸۰
۹۲	۷۸	۶۶	۵۶	۴۸	۴۲	۸۵
۱۰۵	۹۰	۷۷	۶۵	۵۶	۴۹	۹۰
۱۱۹	۱۰۳	۸۹	۷۶	۶۵	۵۶	۹۵
۱۳۴	۱۱۷	۱۰۲	۸۷	۷۵	۶۵	۱۰۰
۱۵۰	۱۳۳	۱۱۶	۱۰۰	۸۷	۷۵	۱۰۵
۱۶۷	۱۴۹	۱۳۱	۱۱۴	۹۹	۸۶	۱۱۰
۱۸۴	۱۶۶	۱۴۷	۱۲۹	۱۱۳	۹۸	۱۱۵
۲۰۳	۱۸۴	۱۶۵	۱۴۶	۱۲۸	۱۱۲	۱۲۰

فهرست

شکل

جدول

پیشگفتار

۱-

۲-

۳-

۴-

۵-

۶-

پ الف

پ ب

پ ب ۱

پ ب ۲

پ ب ۳

پ ب ۴

ج

اینفو

مراجع

اعضاء

## دستور العمل محاسبات مکانیکی شبکه‌های توزیع هوایی

جدول ۳۹: فلش سیم‌کشی سیم روکشدار هاینبا با عایق XLPE در منطقه سنگین

فلش (cm)						اسپین (m)
دما درجه سانتی‌گراد						
۴۵	۳۵	۲۵	۱۵	۵	-۵	
۱۵	۱۱	۸	۷	۶	۵	۳۰
۲۰	۱۵	۱۲	۹	۸	۷	۳۵
۲۶	۲۰	۱۶	۱۳	۱۱	۹	۴۰
۳۴	۲۶	۲۱	۱۷	۱۴	۱۲	۴۵
۴۲	۳۳	۲۶	۲۱	۱۸	۱۵	۵۰
۵۲	۴۲	۳۳	۲۷	۲۲	۱۹	۵۵
۶۲	۵۱	۴۱	۳۴	۲۸	۲۴	۶۰
۷۴	۶۱	۵۰	۴۱	۳۴	۲۹	۶۵
۸۶	۷۳	۶۱	۵۰	۴۲	۳۵	۷۰
۱۰۰	۸۶	۷۲	۶۰	۵۰	۴۲	۷۵
۱۱۴	۱۰۰	۸۵	۷۲	۶۰	۵۱	۸۰
۱۳۰	۱۱۴	۹۹	۸۵	۷۲	۶۱	۸۵
۱۴۸	۱۳۲	۱۱۶	۱۰۱	۸۶	۷۳	۹۰
۱۶۸	۱۵۲	۱۳۶	۱۲۰	۱۰۴	۸۹	۹۵
۱۸۹	۱۷۳	۱۵۷	۱۴۰	۱۲۳	۱۰۷	۱۰۰
۲۱۲	۱۹۶	۱۷۹	۱۶۲	۱۴۵	۱۲۷	۱۰۵

فهرست

شکل

جدول

پیشگفتار

۱

۲

۳

۴

۵

۶

پ الف

پ ب

۱ ب

۲ ب

۳ ب

۴ ب

ج

اینفو

مراجع

اعضاء

## دستور العمل محاسبات مکانیکی شبکه‌های توزیع هوایی

جدول ۴۰: فلش سیم‌کشی سیم روکشدار هاینبا با عایق XLPE در منطقه فوق سنگین

فلش (cm)						اسپین (m)
دما درجه سانتی‌گراد						
۴۵	۳۵	۲۵	۱۵	۵	-۵	
۱۸	۱۳	۱۰	۸	۶	۵	۳۰
۲۳	۱۷	۱۳	۱۰	۹	۷	۳۵
۳۴	۲۶	۲۰	۱۶	۱۳	۱۱	۴۰
۴۹	۴۰	۳۱	۲۴	۱۹	۱۶	۴۵
۶۷	۵۷	۴۶	۳۶	۲۹	۲۳	۵۰
۸۷	۷۶	۶۵	۵۴	۴۳	۳۵	۵۵
۱۰۹	۹۸	۸۷	۷۵	۶۳	۵۲	۶۰
۱۳۳	۱۲۲	۱۱۱	۹۹	۸۷	۷۴	۶۵
۱۵۸	۱۴۸	۱۳۷	۱۲۵	۱۱۳	۱۰۰	۷۰
۱۸۶	۱۷۶	۱۶۵	۱۵۴	۱۴۲	۱۲۹	۷۵
۲۱۶	۲۰۶	۱۹۵	۱۸۴	۱۷۲	۱۶۰	۸۰

فهرست

شکل

جدول

پیشگفتار

۱

۲

۳

۴

۵

۶

پ الف

پ ب

پ ۱

پ ۲

پ ۳

پ ۴

ج

اینفو

مراجع

اعضاء



## پیوست ب

به منظور شناسایی دقیق‌تر فرایند محاسبات مکانیکی، معادلات فیزیکی حاکم بر سازه‌های شبکه توزیع، پیاده‌سازی این معادلات برای حل به‌وسیله‌ی کامپیوتر و نحوه و اطلاعات مورد نیاز برای مدل‌سازی این عناصر در این پیوست چندین مثال از شرایط مختلف یک شبکه واقعی و محاسبات مکانیکی حاکم بر آنها آورده شده‌است. در هر مثال که نیاز به ارائه تئوری حاکم بر مسئله می‌باشد، توضیحات مربوطه تا حد امکان به‌طور خلاصه بیان شده است. در نهایت می‌توان گفت با استفاده از نتایج هر مثال در این پیوست یک شبکه تست برای مقایسه نتایج نرم‌افزارهای محاسبات مکانیکی شبکه‌های توزیع حاصل گردیده است. در ادامه اطلاعات مورد نیاز برای انجام محاسبات مثال‌های نمونه آورده شده است. در هر مثال از این اطلاعات استفاده می‌گردد.

جدول ۴۱: شرایط بارگذاری برای انجام محاسبات مکانیکی

نوع بارگذاری	کد	دما (°C)	ضخامت یخ (mm)	سرعت باد (m/s)
بوران (برف و باد ملایم)	WI	-۲۰	۱۵	۲۰
طوفان	W	۱۵	۰	۴۰
یخبندان	ICE	-۵	۲۰	۰
شرایط اولیه	I	۳۰	۰	۰
کمترین دما	Min	-۲۵	۰	۰
بیشترین دما	Max	۴۵	۰	۰

جدول ۴۲: اطلاعات اقلیمی منطقه طرح

مقدار	نام پارامتر اقلیمی
۱۰۰۰	بیشینه شدت تابش خورشید ( $W/m^2$ )
۰,۶۱	سرعت باد ( $m/s$ )
۰,۰۶۲۵	ضریب فشار بار ( $Kg/(m/s)^2$ )
۹۱۳	چگالی یخ ( $Kg/m^3$ )



## دستور العمل محاسبات مکانیکی شبکه‌های توزیع هوایی

جدول ۴۳: مشخصات هادی‌های مورد استفاده

نام هادی	وزن کل (kg/m)	UTS (kgf)	قطر کل هادی (mm)	سطح مقطع (mm <sup>2</sup> )	مدول الاستیسیته (kg/mm <sup>2</sup> )	ضریب انبساط خطی (۱/°C)	مقاومت DC در ۲۵ °C (Ω/km)
هاینا	۰,۴۵	۴۱۷۱	۱۴,۵۷	۱۲۶,۲	۷۵۰۰	۱۹×۱۰ <sup>-۶</sup>	۰,۲۷۱۲

جدول ۴۴: مشخصات مواد پرکاربرد در سازه‌های شبکه‌های توزیع هوایی

نام ماده	مدول الاستیسیته (kg/cm <sup>2</sup> )	مقاومت فشاری (kg/cm <sup>2</sup> )	مقاومت کششی (kg/cm <sup>2</sup> )	مقاومت تسلیم (kg/cm <sup>2</sup> )	وزن واحد حجم (kg/m <sup>3</sup> )
بتن تیرهای چهارگوش	۲۶۱۵۳۹,۷	۳۰۰	۳۴,۶۴	۱۵۰	۲۵۰۰
میلگرد آجدار A///	۲۰۳۹۴۳۲,۴۳	۶۰۰۰	۶۰۰۰	۴۰۰۰	۷۸۰۰
میلگرد آجدار A//	۲۰۳۹۴۳۲,۴۳	۵۰۰۰	۵۰۰۰	۳۰۰۰	۷۸۰۰
میلگرد آجدار A/	۲۰۳۹۴۳۲,۴۳	۳۶۰۰	۳۶۰۰	۲۳۰۰	۷۸۰۰
فولاد ST 37	۲۱۰۰۰۰۰	۳۷۰۰	۳۷۰۰	۲۴۰۰	۷۸۴۵

فهرست

شکل

جدول

پیشگفتار

۱

۲

۳

۴

۵

۶

پ الف

پ ب

پ ۱

پ ۲

پ ۳

پ ۴

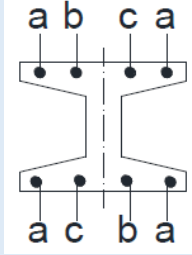
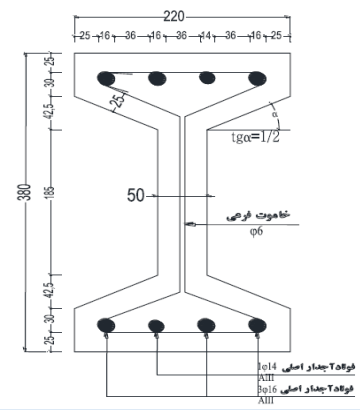
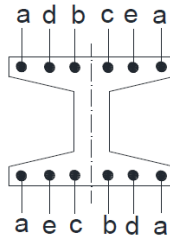
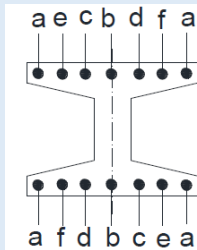
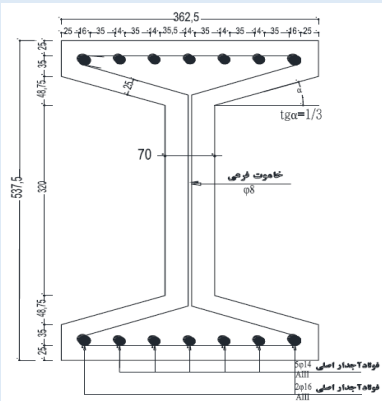
ج

اینفو

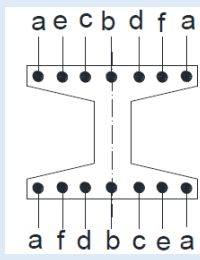
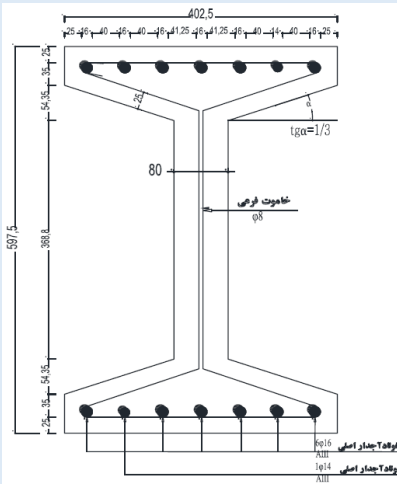
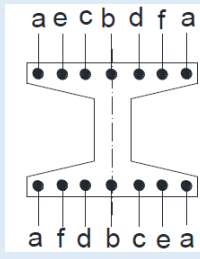
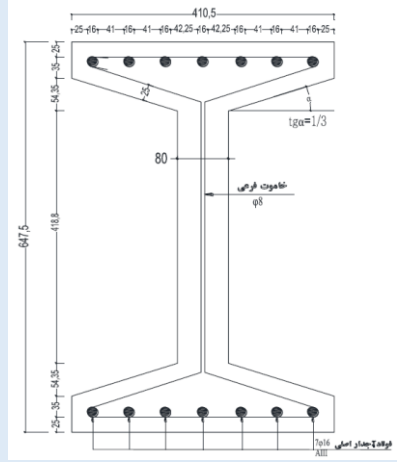
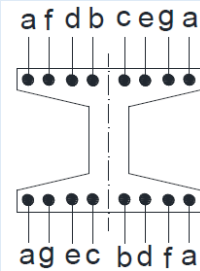
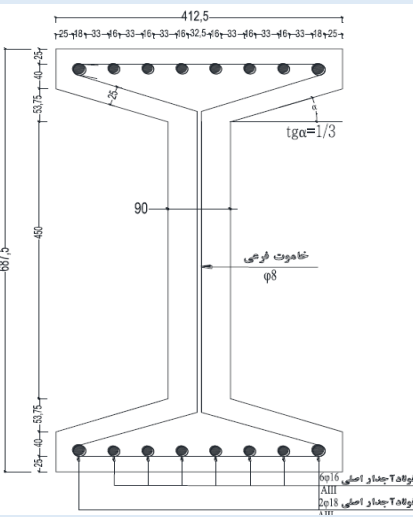
مراجع

اعضاء

جدول ۴۵: مشخصات پایه‌های بتنی ۱۲ متری چهارگوش بتنی

نام تیر	ابعاد سرپایه	ابعاد ته پایه	الگوی آرماتورگذاری	مشخصات آرماتورها	هندسه مقطع در فاصله ۰,۵ متری	
۱۲-۲۰۰	۱۵×۱۰,۵	۳۹×۲۲,۵		a	L۱۲ - φ۱۶	
				b	L۹ - φ۱۶	
				c	L۴ - φ۱۴	
۱۲-۴۰۰	۲۲×۱۹	۴۶×۳۱		a	L۱۲ - φ۱۶	
				b	L۹ - φ۱۴	
				c	L۷,۵ - φ۱۴	
				d	L۶ - φ۱۴	
				e	L۴,۵ - φ۱۴	
۱۲-۶۰۰	۲۵×۱۹	۵۵×۳۷		a	L۱۲ - φ۱۶	
				b	L۹,۵ - φ۱۴	
				c	L۹ - φ۱۴	
				d	L۷,۵ - φ۱۴	
				e	L۶,۵ - φ۱۴	
				f	L۴,۵ - φ۱۴	

جدول ۴۵: مشخصات پایه‌های بتنی ۱۲ متری چهارگوش بتنی

نام تیر	ابعاد سرپایه	ابعاد ته پایه	الگوی آرماتورگذاری	مشخصات آرماتورها	هندسه مقطع در فاصله ۰,۵ متری	
۱-۸۰۰	۳۱×۲۳	۶۱×۴۱		a	L۱۲ - φ۱۶	
				b	L۱۰ - φ۱۶	
				c	L۸,۵ - φ۱۶	
				d	L۷,۵ - φ۱۶	
				e	L۶ - φ۱۶	
				f	L۳,۵ - φ۱۴	
۱۲-۱۰۰۰	۳۶×۲۴	۶۶×۴۲		a	L۱۲ - φ۱۶	
				b	L۱۰ - φ۱۶	
				c	L۹ - φ۱۶	
				d	L۷,۵ - φ۱۶	
				e	L۶ - φ۱۶	
				f	L۴,۵ - φ۱۶	
۱۲-۱۲۰۰	۴۰×۲۴	۷۰×۴۲		a	L۱۲ - φ۱۸	
				b	L۹,۵ - φ۱۶	
				c	L۹ - φ۱۶	
				d	L۸ - φ۱۶	
				e	L۶,۵ - φ۱۶	
				f	L۵,۵ - φ۱۶	
e	L۱۱ - φ۱۶					

### ب-۱- تغییر وضعیت سیم لخت در شرایط مختلف آب و هوایی

از آنجایی که گام اول در محاسبات مکانیکی شبکه‌های هوایی توزیع محاسبه نیروهای سیم و کنترل این نیروها در شرایط مختلف بهره‌برداری می‌باشد، در این نمونه، محاسبات مربوط به تغییر وضعیت سیم در شرایط مختلف بارگذاری انجام می‌گردد. هدف از این نمونه بررسی معادلات فیزیکی و نحوه محاسبه‌ی شرایط سیم در وضعیت‌های مختلف آب و هوایی می‌باشد.

به‌طور کلی معادله منحنی سیم‌های آویزان را می‌توان به دو صورت زنجیره‌ای<sup>۱</sup> شکل یا سهمی<sup>۲</sup> شکل مدل نمود. منحنی سهمی شکل برای کابل‌های با کشیده‌گی زیاد (نسبت افت به دهانه کم) با تقریب خوبی می‌تواند برای معادله منحنی سیم استفاده شود. اما منحنی زنجیره‌ای شکل دقیق‌ترین منحنی می‌باشد. در این مثال و مثال‌های آتی از منحنی زنجیره‌ای شکل استفاده می‌شود. لازم به‌ذکر است، روابط استخراج شده در این بخش برای سیم، معادلات غیرخطی بوده و کامل‌ترین مدل استاتیکی عنصر سیم می‌باشد.

طبق شکل ۱۳ معادله منحنی یک سیم آویزان به‌صورت رابطه (۱۵) می‌باشد. در این رابطه  $Z$  مقدار ارتفاع سیم نسبت به افق،  $H$  کشش افقی سیم،  $w$  وزن واحد طول سیم و  $S$  طول دهانه سیم (اسپن) می‌باشد. در شکل ۱۳ مقدار  $f$  بیشترین افت سیم را نشان می‌دهد، که با قراردادن  $x=S/2$  در رابطه (۱۵)، مقدار آن طبق رابطه (۱۶) محاسبه می‌گردد. لازم به‌ذکر است مقدار  $\frac{H}{w}$  را پارامتر سیم نام گذاری می‌کنند.

$$Z(x) = Z_1 - \frac{H}{w} \times \left[ \cosh\left(\frac{w}{2H} \times S\right) - \cosh\left(\frac{w}{H} \times (x - S/2)\right) \right] \quad (15)$$

$$f = \frac{H}{w} \times \left[ \cosh\left(\frac{w}{2H} \times S\right) - 1 \right] \quad (16)$$

در شکل ۱۳ نیروهای وارد بر قسمتی از سیم نشان داده شده است. معادلات تعادل<sup>۳</sup> در نقطه  $(x, z)$  برای سیم مطابق با دستگاه معادلات (۱۷) می‌باشد. در این رابطه  $T$  نیروی محوری وارد بر سیم در نقطه  $(x, z)$ ،  $l$  طول سیم نشان داده شده در شکل و  $T_x$  و  $T_z$  به‌ترتیب مولفه‌های افقی و عمودی نیروی  $T$  می‌باشند. مقدار  $l$  مطابق با رابطه (۱۸) می‌باشد.

$$\begin{cases} T_x = H \\ T_z = l \times w \\ T^2 = T_x^2 + T_z^2 \end{cases} \quad (17)$$

$$l = \frac{H}{w} \times \sinh\left(\frac{w}{H} \times (S/2 - x)\right) \quad (18)$$

با ادغام رابطه (۱۷) و رابطه (۱۸) اندازه  $T$  مطابق با رابطه (۱۹) می‌باشد.

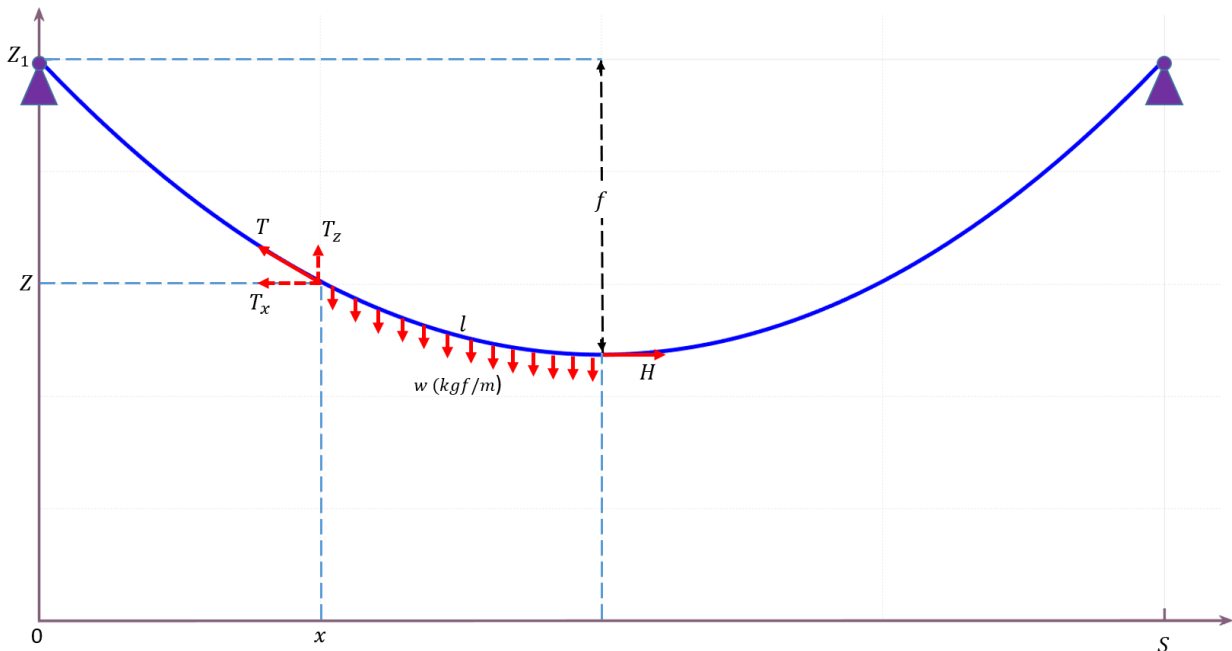
$$|T| = H \times \cosh\left(\frac{w}{H} \times (x - S/2)\right) \quad (19)$$

<sup>۱</sup>Catenary

<sup>۲</sup>Parabolic

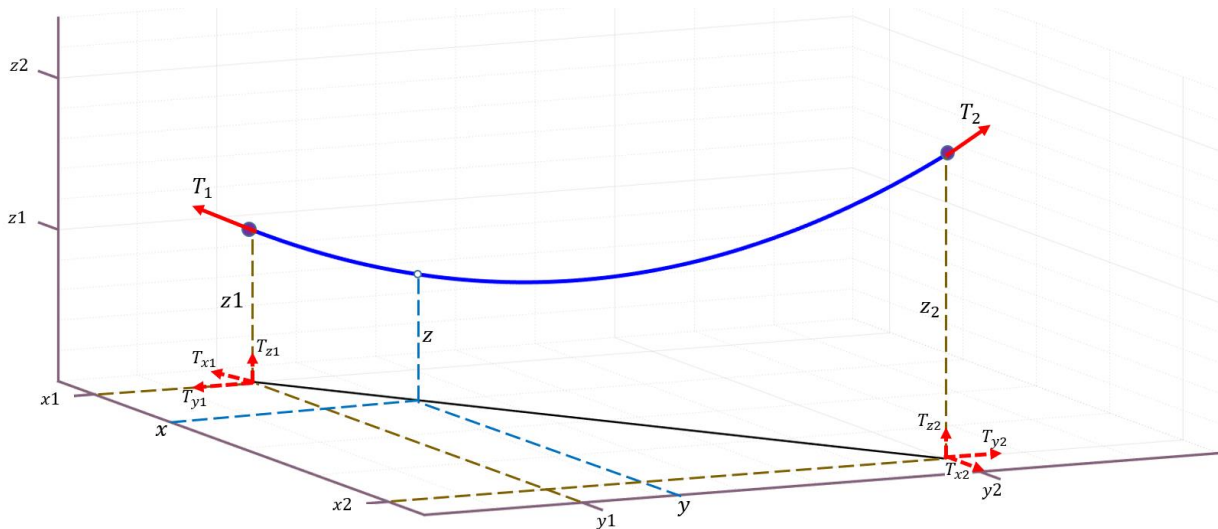
<sup>۳</sup>Equilibrium





شکل ۱۳: نمایش منحنی سیم آویزان به صورت زنجیری و نیروهای وارد بر سیم

روابط ارائه شده در (۱۵) الی (۱۹) معادلات مربوط به سیم در مختصات محلی و دو بعدی می‌باشد. لذا برای محاسبات کامپیوتری، نیاز است تا روابط مربوط به سیم در مختصات عمومی سه‌بعدی استخراج گردد. در شکل ۱۴ یک سیم آویزان در مختصات عمومی سه‌بعدی نشان داده شده‌است. در این حالت معادله سیم مطابق با رابطه (۲۰) می‌باشد. در این رابطه  $(x_1, y_1, z_1)$  و  $(x_2, y_2, z_2)$  مختصات ابتدا و انتهای سیم می‌باشد. مقدار  $X_n$  در این رابطه از طریق حل معادله (۲۱) یعنی  $f(X_n) = 0$  به دست می‌آید.



شکل ۱۴: نمایش سیم آویزان در مختصات عمومی سه بعدی

$$Z(x) = Z_1 - \frac{H}{w} \times [\cosh\left(\frac{w}{2H} \times X_n\right) - \cosh\left(\frac{w}{H} \times (\sqrt{(x-x_1)^2 + (y-y_1)^2} - X_n/2)\right)] \quad (20)$$

$$f(X_n) = Z_1 - Z_2 - \frac{H}{w} \times [\cosh\left(\frac{w}{2H} \times X_n\right) - \cosh\left(\frac{w}{H} \times (\sqrt{(x_2-x_1)^2 + (y_2-y_1)^2} - X_n/2)\right)] = \quad (21)$$

0

مقدار کل طول سیم طبق رابطه‌ی (۲۳) محاسبه می‌شود.

$$L = \frac{H}{w} \times \left[ \sinh \left( \frac{w}{H} (\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} - X_n/2) \right) + \sinh \left( \frac{w}{2H} \times X_n \right) \right] \quad (22)$$

 اندازه نیروی محوری سیم  $T1$  در نقطه ابتدا و مولفه‌های آن طبق روابط (۲۳) الی (۲۶) محاسبه می‌شود.

$$|T_1| = H \times \cosh \left( \frac{w}{2H} X_n \right) \quad (23)$$

$$T_{1z} = H \times \sinh \left( \frac{w}{2H} X_n \right) \quad (24)$$

$$T_{1x} = H \times (x_1 - x_2) / (\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}) \quad (25)$$

$$T_{1y} = H \times (y_1 - y_2) / (\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}) \quad (26)$$

 اندازه نیروی محوری سیم  $T2$  در نقطه انتها و مولفه‌های آن طبق روابط (۲۷) الی (۳۰) محاسبه می‌شود.

$$|T_2| = H \times \cosh \left( \frac{w}{H} (X_n/2 - \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}) \right) \quad (27)$$

$$T_{2z} = -H \times \sinh \left( \frac{w}{H} (X_n/2 - \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}) \right) \quad (28)$$

$$T_{2x} = -T_{1x} \quad (29)$$

$$T_{2y} = -T_{1y} \quad (30)$$

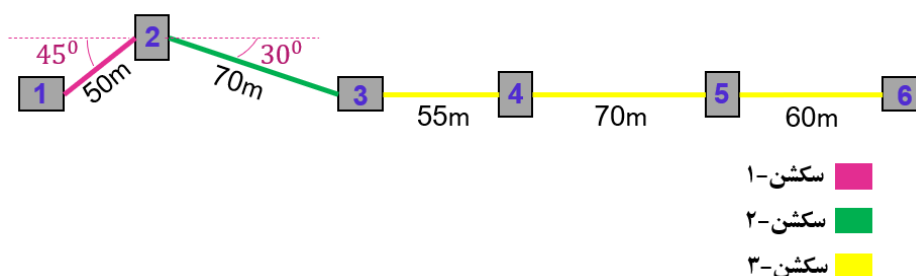
در محاسبات مکانیکی شبکه‌های توزیع هوایی نیاز به بررسی شرایط سیم در یک وضعیت جدید است. منظور از این بررسی محاسبه مقدار نیروی مولفه‌ی افقی نیروی محوری سیم در شرایط جدید است. به‌عنوان مثال اگر در شرایط اولیه سیم مقدار مولفه افقی نیروی محوری سیم برابر با  $H1$  و مقدار اندازه نیروی گسترده وارد بر آن در واحد طول سیم  $w1$  (ناشی از وزن سیم، باد و یا وزن یخ) و دمای سیم  $t1$  باشد و در شرایط جدید مقدار اندازه نیروی گسترده وارد بر آن در واحد طول  $w2$  و دمای سیم  $t2$  باشد، نیاز است تا مقدار مولفه افقی نیروی محوری سیم در شرایط جدید ( $H2$ ) محاسبه گردد. برای این منظور از قانون هوک و انبساط حرارتی مواد استفاده می‌گردد. طبق این قوانین و با فرض ثابت بودن نقاط تکیه‌گاهی سیم و صرفنظر از مقدار مولفه قائم کشش محوری سیم، از حل دستگاه معادلات غیرخطی (۳۱) (دو معادله و دو مجهول)، مقدار  $H2$  و  $X_{n2}$  محاسبه می‌شود. در این معادلات  $\alpha$  مقدار ضریب انبساط خطی،  $E$  مدول الاستیسیته (مدول یانگ) و  $A$  سطح مقطع سیم می‌باشد.

$$\begin{cases} L_1 = \frac{H_1}{w_1} \times \left[ \sinh \left( \frac{w_1}{H_1} (\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} - \frac{X_{n1}}{2}) \right) + \sinh \left( \frac{w_1}{2H_1} \times X_{n1} \right) \right] \\ L_2 = \frac{H_2}{w_2} \times \left[ \sinh \left( \frac{w_2}{H_2} (\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} - \frac{X_{n2}}{2}) \right) + \sinh \left( \frac{w_2}{2H_2} \times X_{n1} \right) \right] \\ f_1(H_2, X_{n2}) = L_2 - L_1 - L_1 \times \left[ \frac{(H_2 - H_1)}{AE} + \alpha \times (t_2 - t_1) \right] = 0 \\ f_2(H_2, X_{n2}) = Z_1 - Z_2 - \frac{H_2}{w_2} \times \left[ \cosh \left( \frac{w_2}{2H_2} \times X_{n2} \right) - \cosh \left( \frac{w_2}{H_2} \times (\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} - \frac{X_{n2}}{2}) \right) \right] = 0 \end{cases} \quad (31)$$

## ب-۲ محاسبات مکانیکی شبکه تست

در این نمونه روند محاسبات مکانیکی برای حالت اول طرح‌های مکانیکی معرفی شده در دستورالعمل انجام می‌شود. طرح نمونه شبکه ۲۰ کیلوولت شکل ۱۵ نشان داده شده است. ورودی‌های لازم برای انجام محاسبات مکانیکی این طرح به شرح ذیل است.

- ۱- طبق مطالعات اقلیمی و نقشه‌های اقلیمی تهیه شده در منطقه طرح، شرایط بارگذاری این منطقه به شرح جدول ۴۱ می‌باشد. دیگر اطلاعات اقلیمی مورد نیاز به شرح جدول ۴۲ می‌باشد.
- ۲- مشخصات نقاط، ارتفاع پایه‌ها و مشخصات آرایشات طرح بعد از بازدید میدانی و بررسی مسیر و حرائم به شرح جدول ۴۷ و جدول ۴۸ می‌باشد
- ۳- حریم عمودی طرح نسبت به موقعیت قرارگیری آن برابر با ۶,۷ متر است.
- ۴- بیشینه جریان عبوری از طرح در زمان بیشینه دما رخ داده و برابر با ۱۰۰ آمپر می‌باشد.
- ۵- دمای معادل *creep* برابر با ۱۵ درجه می‌باشد.
- ۶- هادی مورد استفاده برای طرح، هادی لخت هاین می‌باشد.



شکل ۱۵: نمونه محاسبات مکانیکی برای شبکه‌های حالت اول.

جدول ۴۶: مشخصات نقاط طرح

شماره	عمق دفن پایه	ارتفاع پایه	X(m)	Y(m)	Z(m)	نوع آرایش
۱	۲	۱۲	۰	۰	۰	E
۲	۲	۱۲	۳۵,۳۵۵۳	۳۵,۳۵۵۳	۰	DC
۳	۲	۱۲	۹۵,۹۷۷۱	۰,۳۵۵۳	۰	DC
۴	۲	۱۲	۱۵۰,۹۷۷۱	۰,۳۵۵۳	۰	TCL
۵	۲	۱۲	۲۲۰,۹۷۷۱	۰,۳۵۵۳	۰	TCL
۶	۲	۱۲	۲۸۰,۹۷۷۱	۰,۳۵۵۳	۰	E

جدول ۴۷: مشخصات آرایش‌ها استفاده شده طرح

موقعیت قرارگیری فازها نسبت به رأس (m)	شکل	کد آرایش
فاز ۱: $x=-1, y=0, z=-.3$ فاز ۲: $x=0, y=0, z=0$ فاز ۳: $x=1, y=0, z=-.3$		TCL
فاز ۱: $x=-1, y=0, z=0$ فاز ۲: $x=0, y=0, z=0$ فاز ۳: $x=1, y=0, z=0$		E
فاز ۱: $x=-1, y=0, z=-.3$ فاز ۲: $x=0, y=0, z=0$ فاز ۳: $x=1, y=0, z=-.3$		DC

در ادامه همانند شکل ۱ به انجام محاسبات مکانیکی طرح پرداخته خواهد شد. گام یک تعیین شرایط بارگذاری: برای این طرح شرایط بارگذاری همانند جدول ۴۹ انتخاب خواهد شد. گام دو تعیین ضریب اطمینان هادی در حالات مختلف بارگذاری: در این طرح باتوجه به فلسفه طراحی این منطقه ضرایب اطمینان هادی به شرح جدول ۴۸ می‌باشد.

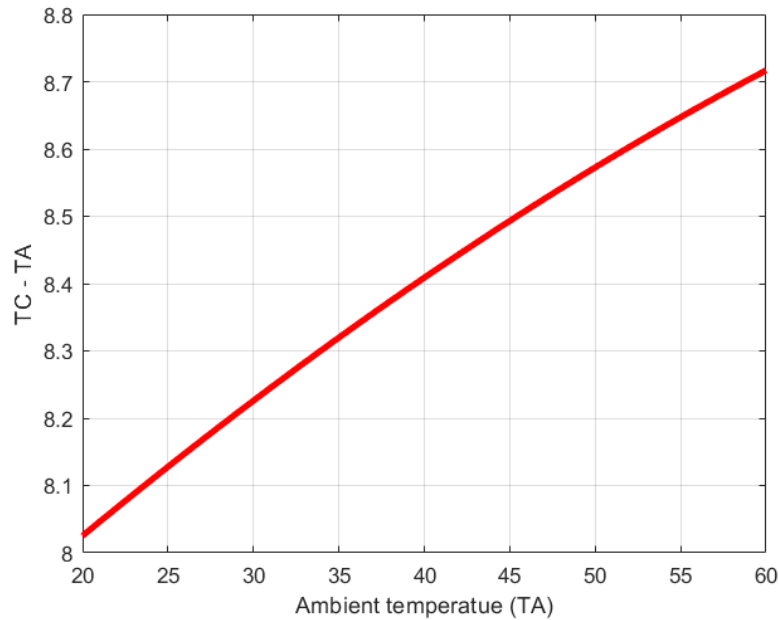
جدول ۴۸: ضریب اطمینان مجاز در حالات مختلف بارگذار طرح نمونه.

نوع بارگذاری	(UTS%)
شرایط بارگذاری ثانویه	۴۰
شرایط بارگذاری اولیه	۱۰

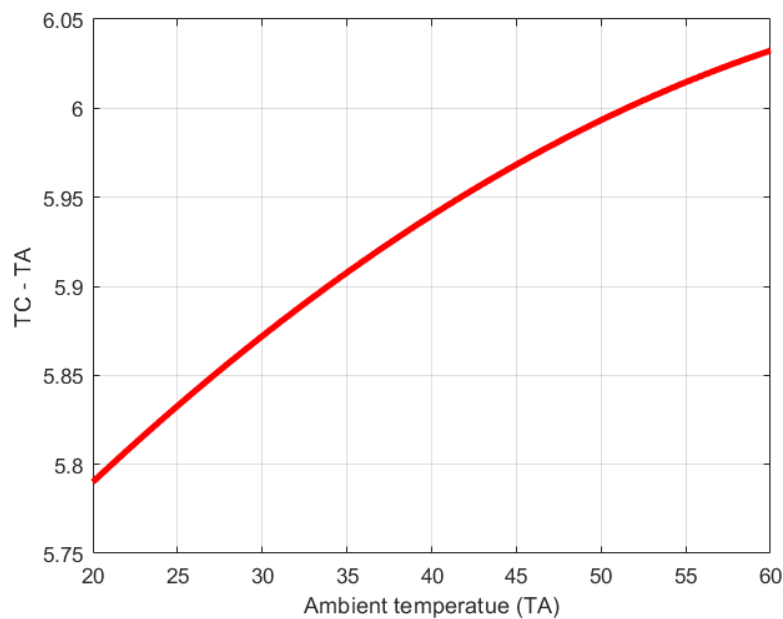
گام سوم محاسبه جدول کشش-فلش: لازم به ذکر است که در این مثال برای محاسبات *creep* از استاندارد *IEEE 1238* و برای محاسبات دمای سیم از استاندارد *IEEE 738* و بروشور شماره ۲۰۷ سیگره استفاده گردیده است. در شکل ۱۶ و شکل ۱۷ اختلاف دمای هادی و محیط برحسب دمای محیط به ترتیب برای جریان‌های ۱۰۰ و ۰ آمپری نشان داده شده است. طبق شکل در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد محیط و جریان ۱۰۰ آمپری هادی، دمای هادی برابر با ۵۳٫۵ (۸٫۵ درجه سانتی‌گراد بیشتر از دمای محیط) درجه سانتی‌گراد خواهد شد. از این دما برای محاسبات در دمای پیشنهادی استفاده می‌گردد.

طبق گام سوم محاسبات کشش و فلش برای این طرح در جدول ۴۹ نشان داده شده است. در این گام نیاز است قیود محاسبات مکانیکی همانند جدول ۵۰ بررسی شوند. طبق آرایش انتخاب شده، ارتفاع پایه و

عمق دفن پایه، فاصله پایین‌ترین قسمت سیم نسبت به زمین برابر با مقدار ۹,۷ متر (۳,۰-۲-۱۲) است. لذا در این طرح بیشینه فلش مجاز برابر ۳ متر است. در این طرح کمینه دما عامل محدود کننده کشش اولیه در تمام اسپن‌ها است. همچنین در سکشن ۳ اسپن ۵۵ متری عامل محدود کننده کشش سکشن ۳ است.



شکل ۱۶: اختلاف درجه حرارت هادی  $TC$  و درجه حرارت محیط  $TA$  برحسب تغییرات دمای محیط با هادی با جریان ۱۰۰ آمپر.



شکل ۱۷: اختلاف درجه حرارت هادی  $TC$  و درجه حرارت محیط  $TA$  برحسب تغییرات دمای محیط با هادی با جریان ۱۰ آمپر.



جدول ۴۹: جدول فلش-کشش طرح نمونه.

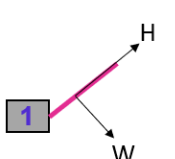
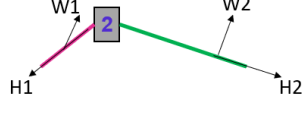
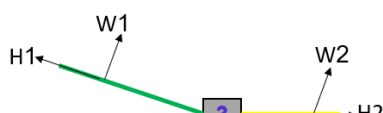
blowout (cm)	UTS% W	H-W	UTS% ICE	F-ICE (cm)	H-ICE	UTS% WI	H-WI	a-MIN (m)	UTS% MIN	H-MIN	a-MAX-c (m)	F-MAX-c (cm)	UTS% MAX-c	UTS% MAX	H-MAX	UTS% I-c	H-I-c	UTS% I	H-I	طول اسپن	شماره اسپن	کد اسپن
۵۵	۲۰	۸۳۶	۳۰	۶۱	۱۲۵۱	۳۳	۱۳۷۲	۲۷۸۰	۳۰	۱۲۵۱	۳۹۰	۸۰	۴	۵	۲۱۸	۶	۲۵۷	۹	۳۷۱	۵۰	۱-۲	۱
۹۲	۲۳	۹۷۴	۳۴	۱۰۴	۱۴۳۰	۳۶	۱۵۰۳	۲۷۸۰	۳۰	۱۲۵۱	۵۱۹	۱۱۸	۶	۷	۲۸۲	۸	۳۲۲	۱۰	۴۱۷	۷۰	۲-۳	۲
۶۳	۲۱	۸۷۲	۳۱	۶۳	۱۲۹۷	۳۴	۱۴۰۴	۲۷۸۱	۳۰	۱۲۵۱	۴۲۴	۹۰	۵	۶	۲۳۵	۷	۲۷۴	۹	۳۸۶	۵۵	۳-۴	۳
۹۲	۲۳	۹۷۴	۳۴	۱۰۴	۱۴۳۰	۳۶	۱۵۰۳	۲۷۸۰	۳۰	۱۲۵۱	۵۱۹	۱۱۸	۶	۷	۲۸۲	۸	۳۲۲	۱۰	۴۱۷	۷۰	۴-۵	۴
۷۲	۲۲	۹۰۶	۳۲	۸۱	۱۳۴۲	۳۴	۱۴۷۳	۲۷۸۱	۳۰	۱۲۵۱	۴۵۶	۹۷	۵	۶	۲۵۱	۷	۲۹۰	۱۰	۴۰۱	۶۰	۵-۶	۵

جدول ۵۰: بررسی قیود محاسبات مکانیکی طرح نمونه.

شماره	نام قید	شرایط بررسی
۱	فاصله مجاز عمودی هادی با زمین یا اشیا	در شرایط بهره‌برداری بیشینه دمای هادی یا شرایط برف سنگین در همه حالات درست است.
۲	فاصله مجاز عمودی هادی با دیگر خطوط برق	در شرایط بهره‌برداری بیشینه دمای هادی و در شرایط بهره‌برداری کمینه دمای هادی دیگر
۳	فاصله مجاز افقی	در شرایط بهره‌برداری باد شدید و جابجایی افقی هادی در بیشینه حالات ۰,۹ متر است
۴	فاصله مجاز فازهای مختلف خط خودی یا با دیگر خطوط در وسط اسپن	طبق معادله شماره ۲ فلش بیشینه برابر ۲,۷۵ است که در همه حالات درست است

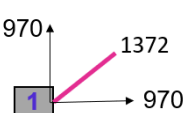
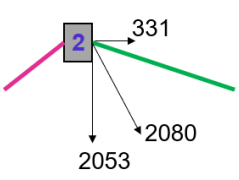
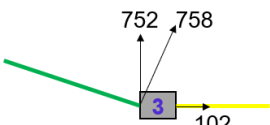
گام چهارم محاسبه نیروهای وارد بر پایه: در این گام با استفاده از معادلات برداری، نیروهای وارد بر پایه محاسبه می‌شود. این محاسبات مطابق با جدول ۵۱ انجام می‌شود. در این جدول نیروها و برایندهای نیروهای وارد بر پایه‌های شماره یک الی سه از طرف یک هادی آورده شده است.

جدول ۵۱: جدول محاسبات نیروهای وارد بر پایه.

 <table border="1" data-bbox="558 537 654 694"> <tr><td>H</td><td>1372,28</td></tr> <tr><td></td><td>836,36</td></tr> <tr><td>W</td><td>1251,0</td></tr> <tr><td></td><td>1251,0</td></tr> </table>	H	1372,28		836,36	W	1251,0		1251,0	 <table border="1" data-bbox="941 604 1276 739"> <tr><td>1372,7.25</td><td>1503,39</td><td>→</td><td>2080</td></tr> <tr><td>836,9</td><td>974,51</td><td>→</td><td>1354</td></tr> <tr><td>1251,0</td><td>1430,0</td><td>→</td><td>1985</td></tr> <tr><td>1251,0</td><td>1251,0</td><td>→</td><td>1720</td></tr> </table>	1372,7.25	1503,39	→	2080	836,9	974,51	→	1354	1251,0	1430,0	→	1985	1251,0	1251,0	→	1720
H	1372,28																								
	836,36																								
W	1251,0																								
	1251,0																								
1372,7.25	1503,39	→	2080																						
836,9	974,51	→	1354																						
1251,0	1430,0	→	1985																						
1251,0	1251,0	→	1720																						
 <table border="1" data-bbox="606 896 1037 1030"> <tr><td>1503,39</td><td>1404,27</td><td>→</td><td>758</td></tr> <tr><td>974,51</td><td>872,35</td><td>→</td><td>488</td></tr> <tr><td>1430,0</td><td>1297,0</td><td>→</td><td>717</td></tr> <tr><td>1251,0</td><td>1251,0</td><td>→</td><td>648</td></tr> </table>		1503,39	1404,27	→	758	974,51	872,35	→	488	1430,0	1297,0	→	717	1251,0	1251,0	→	648								
1503,39	1404,27	→	758																						
974,51	872,35	→	488																						
1430,0	1297,0	→	717																						
1251,0	1251,0	→	648																						

گام پنجم و ششم محاسبه مهار: در این محاسبات فرض شده است زاویه مهار ۳۷ درجه و مشخصات مهارهای مورد استفاده مطابق جدول ۶۲ است.

جدول ۵۲: محاسبه سیم مهار

<p>مهار در جهت برآیند: ۲ مهار با نمره ۱۲ با قدرت زیاد پایه: ۲ پایه ۸۰۰</p>	 <table border="1" data-bbox="574 1366 766 1478"> <tr><td>H</td><td>1372</td></tr> <tr><td>W</td><td>970</td></tr> </table>	H	1372	W	970	<p>مهار در جهت برآیند: ۲ مهار با نمره ۱۲ با قدرت فوق العاده زیاد پایه: ۲ پایه ۸۰۰</p>	 <table border="1" data-bbox="1149 1344 1388 1523"> <tr><td>H1</td><td>331</td></tr> <tr><td>W1</td><td>2053</td></tr> <tr><td>W2</td><td>2080</td></tr> <tr><td>H2</td><td>2080</td></tr> </table>	H1	331	W1	2053	W2	2080	H2	2080
H	1372														
W	970														
H1	331														
W1	2053														
W2	2080														
H2	2080														
<p>مهار در جهت برآیند: ۱ مهار با نمره ۱۲ با قدرت زیاد پایه: ۸۰۰</p>	 <table border="1" data-bbox="973 1601 1244 1724"> <tr><td>H1</td><td>752</td></tr> <tr><td>W1</td><td>758</td></tr> <tr><td>W2</td><td>102</td></tr> <tr><td>H2</td><td>102</td></tr> </table>			H1	752	W1	758	W2	102	H2	102				
H1	752														
W1	758														
W2	102														
H2	102														



## دستورالعمل محاسبات مکانیکی شبکه‌های توزیع هوایی

جدول ۵۳: سایز سیم مهار

سیم‌های مهار با قدرت زیاد		سیم‌های مهار با قدرت زیاد		سیم‌های مهار معمولی		مشخصات سیم مهار
۱۲,۷	۹,۵	۱۲,۷	۹,۵	۱۲,۷	۹,۵	قطر کلی سیم (mm)
۷	۷	۷	۷	۷	۷	تعداد رشته سیم‌ها
۴,۲	۳,۰۵	۴,۱۶	۳,۱۷	۴,۱۶	۳,۱۷	قطر هر رشته (mm)
۱۲۲۰۰	۷۰۰۰	۸۵۴۰	۴۹۰۰	۳۳۶۰	۱۶۳۰	حداکثر مقاومت کششی (kg)

گام هفتم: محاسبه جداول سیم‌کشی

جدول ۵۴: محاسبه جداول سیم‌کشی

دما						طول اسپن	شماره سکشن
۵۵	۴۰	۲۵	۱۰	-۵			
۲۱۳	۲۸۷	۴۲۷	۶۴۲	۸۹۵	کشش (kg)	۵۰	۱
۶۶	۵۰	۳۳	۲۲	۱۶	فلش (cm)		
۲۷۱	۳۴۳	۴۶۵	۶۵۰	۸۸۴	کشش (kg)	۷۰	۲
۱۰۲	۸۰	۵۹	۴۲	۳۱	فلش (cm)		
۲۲۹	۳۰۴	۴۴۰	۶۴۸	۸۹۷	کشش (kg)	۵۵	۳
۷۴	۵۶	۳۹	۲۶	۱۹	فلش (cm)		
۲۵۸	۳۲۱	۴۲۸	۵۹۸	۸۲۳	کشش (kg)	۷۰	۳
۱۰۷	۸۶	۶۴	۴۶	۳۶	فلش (cm)		
۳۴۰	۳۱۰	۴۳۶	۶۳۲	۸۷۳	کشش (kg)	۶۰	۳
۸۴	۶۵	۴۶	۳۲	۲۳	فلش (cm)		

فهرست

شکل

جدول

پیشگفتار

۱

۲

۳

۴

۵

۶

پ الف

پ ب

پ ا

پ ب

پ ب

پ ب

ج

اینفو

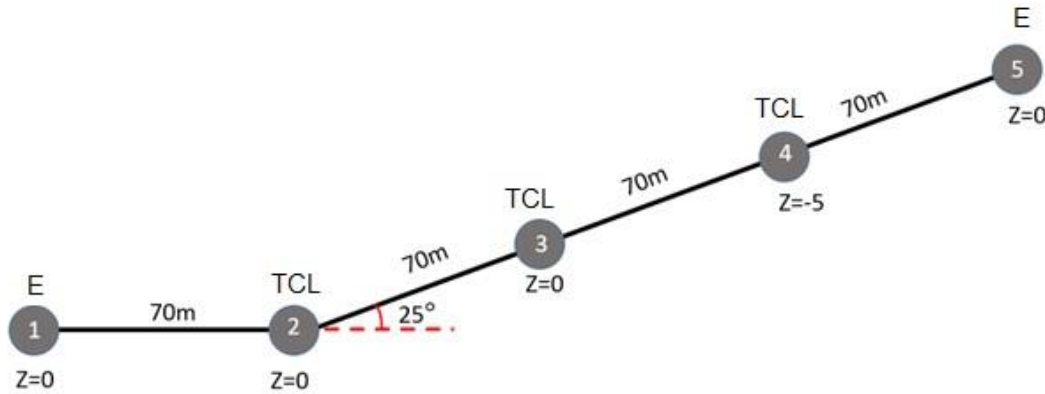
مراجع

اعضاء



**ب-۳ بررسی نیروی وارد بر مقره و نیروی بالابرنده**

در یک طرح برقرسانی با شبکه فشار متوسط مطابق طرح شکل ۲۶ مطلوبست محاسبه نیروهای وارد بر پایه های میانی و انتهایی و نیروهای *Up-Down lift* بر روی پایه های میانی.



شکل ۱۸: شبکه نمونه برای بررسی اختلاف ارتفاع و زاویه

در این طرح ارتفاع همه پایه‌ها ۱۲ متر و کشش پایه‌های میانی ۴۰۰ و کشش پایه‌های انتهایی ۱۰۰۰ فرض شده است. همانطور که در این طرح مشخص است در محل پایه شماره ۲ زاویه بین خطوط مجاور ۲۵ درجه است و در محل پایه شماره ۴ اختلاف ارتفاع ۵ متری نسبت به پایه های ۳ و ۵ وجود دارد که می بایست نیروهای وارد بر محور قائم پایه ها محاسبه شوند. با توجه به بررسی اطلاعات بدست آمده از ایستگاه هواشناسی منطقه شرایط بارگذاری به شرح جدول ذیل می باشد:

جدول ۵۵: شرایط بارگذاری نمونه منطقه کویری

نوع بارگذاری	دما (C)	ضخامت یخ (mm)	سرعت باد (m/s)
طوفان	۳۰	۰	۴۱
یخ بندان	-۵	۲	۰
شرایط اولیه	۳۰	۰	۰
کمترین دما	-۱۰	۰	۰
بیشترین دما	۵۱	۰	۰

با توجه به بار مصرفی سیم ۷۰ روکشدار تک لایه (CT) به عنوان هادی خط انتخاب شده است که مشخصات آن به شرح جدول ذیل می باشد:

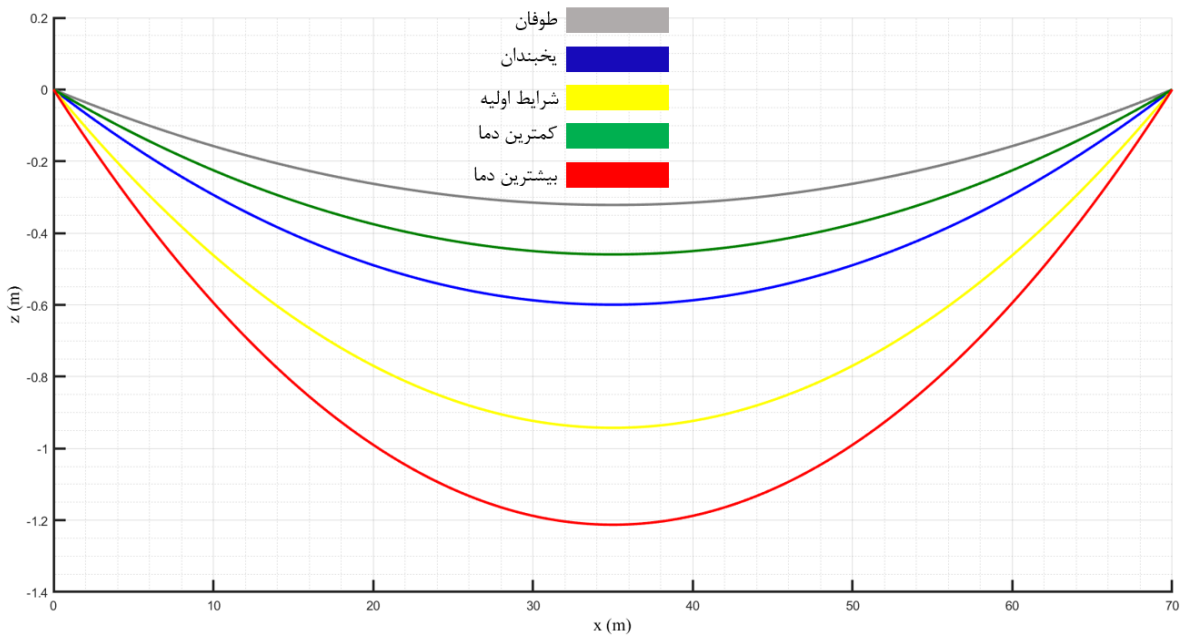
جدول ۵۶: مشخصات مکانیکی سیم روکشدار تک لایه ۷۰

نام هادی	وزن کل	UTS	قطر هادی	سطح مقطع	مدول الاستیسیته	ضریب انبساط خطی
مینک روکشدار	۰,۳۴۲	۲۲۲۳	۱۴,۷	۷۳,۶۵	۸۱۰۰	۱۹×۶-۱۰

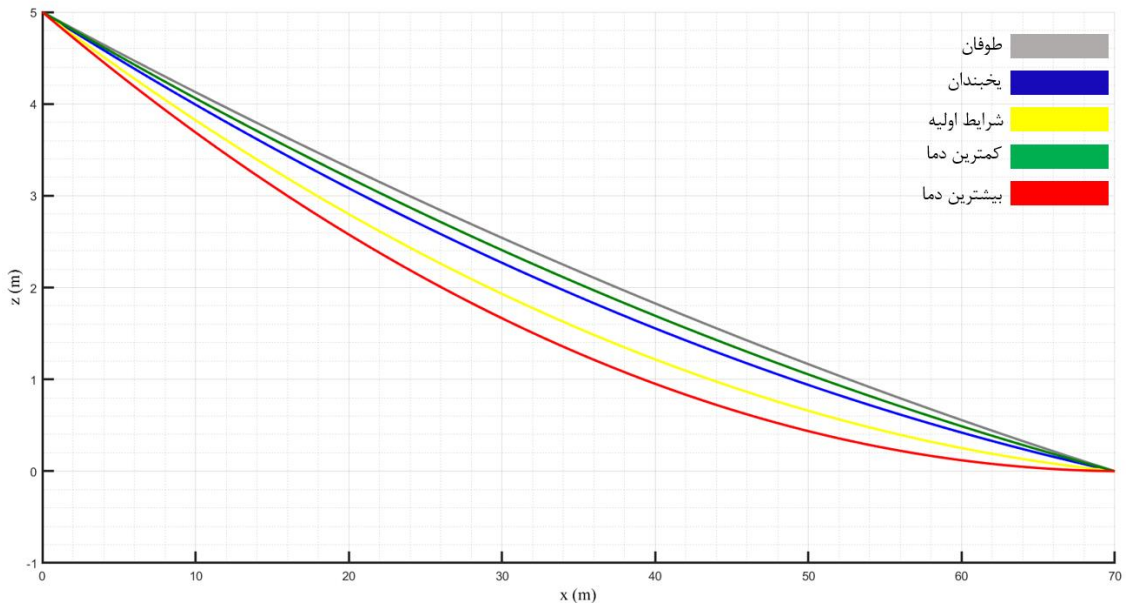
در این طرح ضریب اطمینان مجاز در حالات مختلف بارگذاری مطابق جدول ۵۷ می‌باشد. بنابراین محاسبات فلش و کشش انجام شده برای حالات مختلف بارگذاری مطابق جدول ۶۴ می‌باشد. منحنی سیم اسپن‌های (۱-۲ و ۲-۳) که دو طرف آن‌ها هیچگونه اختلاف ارتفاعی وجود ندارد در شکل ۲۷ آورده شده است. همچنین منحنی‌های اسپن‌های (۳-۴ و ۴-۵) که دو طرف آن دارای اختلاف ارتفاع ۵ متر است در شکل ۲۸ نشان داده شده است. همانطور که در شکل مشخص است، سیم در این اسپن‌ها در پایه شماره ۴ دارای نیروی آپلیفت می‌باشد. بعد از محاسبه نیروهای وارد بر سیم، می‌توان نیروهای وارد بر پایه‌ها ناشی از سیم را شناسایی کرد. نیروهای وارد بر پایه‌های ۲، ۳ و ۴ به تفکیک نیروهای کشش، باد و بالابرنده ناشی از هر اسپن برای یک سیم در جدول ۶۷ محاسبه شده است. همانطور که در جدول ۶۷ مشخص است نیروهای وارد بر مقره بر پایه ۲، ۳۶۹ کیلوگرم است. همانطور که قبلا بیان شد در این شرایط تنها از مقره سیلیکونی می‌توان استفاده کرد که فاصله جرعه آن زیاد باشد یا از دو مقره دویل سیلیکونی با فاصله جرعه کم استفاده نمود. مجموع نیروی بالابرنده بر روی پایه شماره ۴ برابر با ۱۵۶ کیلوگرم می‌باشد. لذا نیاز است برای حذف این نیرو بر روی پایه به یکی از روشهای استاندارد نظیر سکشن نمودن و تغییر ارتفاع پایه استفاده گردد.

جدول ۵۷: محاسبه نیروهای سیم در شرایط مختلف آب و هوایی.

نوع بارگذاری	شماره اسپن	فلش (m)	کشش (Kf)	UTS%
طوفان	۱-۲ و ۲-۳	۰,۳۲	۶۵۲	۲۹
	۳-۴ و ۴-۵	۰	۶۵۱	۲۹
یخ بندان	۱-۲ و ۲-۳	۰,۶	۴۴۷	۲۰
	۳-۴ و ۴-۵	۰	۴۴۸	۲۰
شرایط اولیه	۱-۲ و ۲-۳	۰,۹۴	۲۲۲	۱۰
	۳-۴ و ۴-۵	۰		
حداقل دما	۱-۲ و ۲-۳	۰,۴۶	۴۵۶	۲۰
	۳-۴ و ۴-۵	۰	۴۵۷	۲۰
حداکثر دما	۱-۲ و ۲-۳	۱,۲	۱۷۳	۸
	۳-۴ و ۴-۵	۰	۱۷۳	۸



شکل ۱۹: منحنی سیم اسپن‌های ۱-۲ و ۲-۳ در صفحه z-x



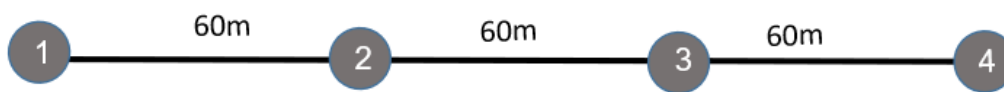
شکل ۲۰: منحنی سیم اسپن‌های ۳-۴ و ۴-۵ در صفحه z-x

جدول ۵۸: نتایج نیروهای وارد بر پایه ناشی از یک سیم در بدترین شرایط

شکل	نیروی آپلیفت بدترین شرایط		برایند باد و کشش	نیروی باد		نیروی کشش		شماره اسپن
	۱-۲	۲-۳		۱-۲	۲-۳	۱-۲	۲-۳	
	۰	۰	۳۶۹	۴۴	۵۴	۵۷۳	۶۵۲	پایه P2
	۰	۰	۱۰۸	۵۴	۵۴	۶۵۱	۶۵۲	پایه P3
	۷۸	۷۸	۱۰۸	۵۴	۵۴	۶۵۱	۶۵۱	پایه P4

**ب-۴ محاسبات مکانیکی کابل خودنگهدار**

در این مثال محاسبات نیروی مکانیکی وارد بر پایه‌های یک طرح برقرسانی مطابق شکل ۲۹ برای شبکه فشار متوسط با کابل خودنگهدار انجام شده است. در ابتدا باید شرایط اقلیمی و کشش مجاز سیم تعیین شود. شرایط اقلیمی مانند مثال قبل می‌باشد اما کشش مجاز سیم باید به گونه‌ای باشد که بیشترین فلش سیم در بدترین شرایط بیش از ۲٫۸۵ متر نگردد. مشخصات مکانیکی کابل خودنگهدار استفاده شده برای این طرح به شرح جدول ۶۸ است. با توجه به شرایط بیان شده در جدول ۶۹ نیروهای سیم و در جدول ۷۰ نیروهای وارد بر پایه محاسبه شده است.



شکل ۲۱: شبکه نمونه با کابل خودنگهدار

جدول ۵۹: مشخصات مکانیکی کابل خودنگهدار نمونه.

ضریب انبساط خطی	مدول الاستیسیته	سطح مقطع	قطر هادی	UTS	وزن کل	نام هادی
$1,15 \times 10^{-5}$	۸۱۶۵	۶۰	۷۲	۸۱۶۵	۲٫۵۳	$3 \times 70 + 60$

جدول ۶۰: محاسبه نیروهای سیم در شرایط مختلف آب و هوایی

UTS%	کشش (Kf)	فلش (m)	نوع بارگذاری
۱۴	۱۱۴۵	۱	طوفان
۶	۴۸۷	۲٫۷۴	یخ بندان
۵	۴۰۸	۲٫۸	شرایط اولیه
۵	۴۲۴	۲٫۶۹	حداقل دما
۵	۴۰۱	۲٫۸۵	حداکثر دما

جدول ۶۱: محاسبه نیروهای وارد بر پایه ناشی از کابل خودنگهدار

نوع پایه	نیروی کشش	نیروی باد	برایند نیرو
عبوری	۰	۴۵۷	۴۵۷
انتهایی	۱۱۴۵	۲۲۹	۱۱۶۸



## ج- جداول کاربردی

جدول ۶۲: فاصله هوایی مجاز هادی خطوط از تاسیسات (متر) (۱۷)

توضیحات	۴۰۰ (V)	۱۱ (kV)	۲۰ (kV)	۳۳ (kV)
فاصله افقی از ساختمان‌ها	۱/۳	۲/۱	۲/۱	۳/۵
فاصله قائم از ساختمان‌ها	۳	۴	۴	۴/۶
فاصله افقی از درختان	۳	۳	۳	۳/۵
فاصله افقی از لبه جدول خیابان		۰/۱۵	۰/۱۵	
فاصله افقی، از سازه‌های نگه‌دارنده خط دیگر، علائم، چراغهای راهنمایی و ...	۱/۱	۱/۵	۱/۵	۱/۵
این مقادیر برای شرایط وجود باد (باد ۲۹۰ متر بر ثانیه و دمای ۱۵ درجه سانتیگراد) است و برای حالت بدون باد برای ولتاژهای کمتر از ۵۰ کیلوولت (فاز) حداقل فاصله ۱/۵ متر می باشد.				
فاصله قائم از سازه‌های نگهدارنده خط دیگر، علائم، چراغهای راهنمایی و ...	۱/۴	۱/۷	۱/۷	۱/۷
فاصله افقی از علائم، آنتن‌ها، دودکش‌ها و ...	-	۲/۳	۲/۳	-
فاصله قائم از علائم، آنتن‌ها، دودکش‌ها و ...	-	۲/۴۵	۲/۴۵	-
فاصله هوایی از سطح آب (مناطق قابل شنا)	-	۷/۶	۷/۶	-
فاصله هوایی از لبه فوقانی سکوی شیرجه (مناطق قابل شنا)	-	۲/۵	۵/۲	-
فاصله از کابلهای مخابرات	۱/۲	۲/۲	۲/۲	-
برای ۴۰۰ ولت هادی با پوشش محافظ متصل به زمین در نظر گرفته شده است.				

ادامه جدول ۶۲: فاصله هوایی مجاز هادی خطوط از تاسیسات (متر)

فاصله از خطوط تلفن	*	*	*	*
*فاصله از خطوط تلفن علاوه بر ولتاژ خط به طول مسیر مشترک نیز بستگی دارد. حداقل ولتاژ موثر القا شده در خطوط تلفن نباید از ۶۰ ولت افزایش یابد				
فاصله از سیم‌های مهار، اسپن و سیم‌های زمین	۰/۶	۲/۰	۲/۰	-
فاصله از سیم‌های (V) ۷۵۰-۰	۰/۶	۱/۵	۱/۵	-
سیم‌های ۷۵۰-۰ ولت با پوشش محافظ متصل به زمین در نظر گرفته شده است.				
فاصله از سیم‌های (kV) ۲۰	-	۲/۰	۲/۰	-
حداقل ارتفاع پایین‌ترین سیم در تقاطع با لوله‌های گاز	-	-	۸	-



## دستورالعمل محاسبات مکانیکی شبکه‌های توزیع هوایی

جدول ۶۳: فاصله هوایی مجاز هادی خطوط از تاسیسات (متر) [۱۷]

۳۳ (kV)	۲۰ (kV)	۱۱ (kV)	۴۰۰ (V)	
-	۲	-	۰/۵	فاصله پایه خطوط از جدار لوله های گاز
-	۲۰	-	-	فاصله پایه دکل از جدار لوله گاز (مسیر مشترک) ( $5 km >$ )
-	۳۰	-	-	فاصله پایه دکل از جدار لوله های گاز (مسیر مشترک) ( $5 km >$ )
۱۷	۱۷	۱۷		فاصله افقی تیر از محور ریل
*	*	*	*	فاصله هوایی قسمت های برقدار بدون حفاظ تجهیزات

جدول ۶۴: مشخصات فنی گیره انتهایی [۱۷]

گیره انتهایی ۵ پیچه	گیره انتهایی ۳ پیچه	
۱۱۳۰۰	۴۵۳۰	حداکثر نیروی گسیختگی (kg)
۱۲۰ و ۱۸۵	۳۵ و ۷۰	مناسب برای هادی آلدری با مقطع ( $mm^2$ )
۱۲۰/۲۰ و ۱۸۵/۳۰	۳۵/۶ و ۷۰/۱۲	مناسب برای هادی ACSR با مقطع ( $mm^2$ )
۹۵-۷۰	۵۰-۳۵	مناسب برای هادی مسی با مقطع ( $mm^2$ )
۴۵۲۰	۱۸۰۰	حداقل نیروی شکست قسمت چشمی (kg)
۳۳۰	۱۸۷	اندازه A (mm)
۳۲۷	۲۰۳	اندازه B (mm)
۲۸/۵	۱۹	اندازه C (mm)
۱۶	۱۶	اندازه D (mm)

جدول ۶۵: مشخصات فنی سه نوع از گیره های آویزی [۱۷]

اندازه C (mm)	اندازه B (mm)	اندازه A (mm)	حداقل قطر هادی مجاز (mm)	حداکثر قطر هادی مجاز (mm)	حداکثر نیروی گسیختگی (kg)	
۱۹	۶۰	۱۸۰	۸	۱۸	۴۳۰۰	نوع اول
۲۲	۶۴	۱۹۰	۱۳	۲۰	۶۰۰۰	نوع دوم
۳۲	۷۰	۲۰۰	۱۹	۲۹	۶۸۰۰	نوع سوم



## دستورالعمل محاسبات مکانیکی شبکه‌های توزیع هوایی

جدول ۶۶: مشخصات فنی سه نوع رابط گیره آویزی [۱۷]

اندازه $B$ (mm)	اندازه $A$ (mm)	حداکثر نیروی گسیختگی (kg)	
۱۶	۳۸	۷۰۰۰	رابط گیره انتهایی ۳ پیچی
۲۵	۴۵	۱۲۰۰۰	رابط گیره انتهایی ۵ پیچی

جدول ۶۷: مشخصات فنی دو نوع رکاب انتهایی [۱۷]

اندازه $D$ (mm)	اندازه $C$ (mm)	اندازه $B$ (mm)	اندازه $A$ (mm)	حداقل قدرت مکانیکی (kg)	
۱۹	۱۱	۷۶	۳۸	۷۰۰۰	نوع اول
۲۲	۱۶	۷۲	۳۵	۱۲۰۰۰	نوع دوم

جدول ۶۸: مشخصات فنی دو نمونه رابط چشمی [۱۷]

اندازه $D$ (mm)	اندازه $C$ (mm)	اندازه $B$ (mm)	اندازه $A$ (mm)	حداقل قدرت مکانیکی (kg)	
۱۲/۷	۱۸	۵۰	۱۰۰	۷۰۰۰	نوع اول
۱۶	۲۹	۵۰	۱۰۰	۱۲۰۰۰	نوع دوم

جدول ۶۹: مشخصات فنی سه نمونه مهره چشمی [۱۷]

اندازه $C$ (mm)	اندازه $B$ (mm)	اندازه $A$ (mm)	حداقل قدرت مکانیکی (kg)	
۱۶	۷۰	۹۰	۵۶۰۰	نوع اول
۱۶	۵۴	۶۶/۷	۹۹۰۰	نوع دوم
۱۶	۶۴	۷۵	۹۹۰۰	نوع سوم





## دستورالعمل محاسبات مکانیکی شبکه‌های توزیع هوایی

جدول ۷۰: مشخصات فنی دو نمونه میله جلوی مقرر [۱۷]

اندازه A (mm)	حداقل قدرت مکانیکی (kg)	نوع اول
۳۸	۷۰۰۰	نوع اول
۵۱	۱۲۰۰۰	نوع دوم

جدول ۷۱: مشخصات فنی نمونه هایی از میله مهار [۱۷]

شکل چشمی	اندازه قطر (A) (mm)	طول (mm)	نیروی گسیختگی (kg)	قطر سیم مهار (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	E (mm)	R (mm)
بیضوی	۱۳	۱۸۰۰	۵۶۰۰	۶	۱۱	۲۲	۳۸	-	-
	۱۳	۱۸۰۰	۵۶۰۰	۸	۱۱	۳۲	۳۸	-	-
	۱۶	۱۸۰۰	*۸۴۰۰	۱۰	۱۴	۳۸	۵۱	-	-
	۱۶	۲۴۰۰	۸۴۰۰	۱۰	۱۴	۳۸	۵۱	-	-
	۲۵	۲۴۰۰	۲۰۵۰۰	۱۳	۲۲	۳۸	۵۱	-	-
	۲۵	۳۰۰۰	۲۰۵۰۰	۱۳	۲۲	۳۸	۵۱	-	-
دوتایی	۱۶	۱۸۰۰	۸۴۰۰	۶	۳۲	۲۴	۲۲	۴۵	۶
	۱۶	۲۴۰۰	*۸۴۰۰	۶	۳۲	۲۴	۲۲	۴۵	۶
	۱۹	۲۴۰۰	*۱۲۰۰۰	۸	۳۸	۲۷	۲۵	۵۱	۶
	۱۹	۳۰۰۰	۱۲۰۰۰	۸	۳۸	۲۷	۲۵	۵۱	۶
	۲۵	۲۴۰۰	۲۰۵۰۰	۱۰	۳۸	۳۳	۳۰	۶۷	۸
	۲۵	۳۰۰۰	۲۰۵۰۰	۱۰	۳۸	۳۳	۳۰	۶۷	۸
۲۵	۲۴۰۰	۲۰۵۰۰	۱۳	۳۸	۳۳	۳۰	۶۷	۸	
۲۵	۳۰۰۰	۲۰۵۰۰	۱۳	۳۸	۳۳	۳۰	۶۷	۸	



## دستورالعمل محاسبات مکانیکی شبکه‌های توزیع هوایی

جدول ۷۲: مشخصات فنی نمونه های از پیچ یکسر رزوه [۱۷]

محل استفاده	اندازه قطر (d) (mm)	L (mm)	A (mm)	حداکثر نیروی گسیختگی (kg)
تیرهای پیش تنیده	۱۴	۲۰۰	۱۰۰	۵۶۰۰
	۱۴	۲۵۰	۱۰۰	۵۶۰۰
	۱۴	۳۰۰	۱۰۰	۵۶۰۰
	۱۴	۳۵۰	۱۰۰	۵۶۰۰
تیرهای بتنی H شکل	۱۶	۲۰۰	۱۰۰	۷۵۰۰
	۱۶	۲۵۰	۱۰۰	۷۵۰۰
	۱۶	۳۰۰	۱۰۰	۷۵۰۰
	۱۶	۳۵۰	۱۰۰	۷۵۰۰

جدول ۷۳: مشخصات فنی پایه مقره راس تیر [۱۷]

ولتاژ شبکه (kV)	حداقل کشش مکانیکی (kg)	A (mm)	B (mm)
۲۰	۶۸۰	۲۷۷	۴۹۰
۳۳	۹۰۰	۳۵۳	۵۶۶

## دستورالعمل محاسبات مکانیکی شبکه‌های توزیع هوایی

جدول ۷۴: کراس آرم های متداول در شبکه های توزیع [۱۷]

محدودیت های کاربرد	محدودیت های مکانیکی بهره برداری	حداکثر فلش الکتریکی مجاز در خط				فاصله دو فاز PC (m)	نوع کراس آرم	ردیف
		هادی های هاینپا و لینکس		هادی های فاکس و مینک				
		(kV)۳۳	(kV)۲۰	(kV)۳۳	(kV)۲۰			
- برای مسیرهای مستقیم طولانی که مشکل حریم وجود ندارد مناسب است. -نبشی های مجاز در اسپن های بزرگ از ۱۵۰ تا ۲۵۰ متر مطابق با جداول ( ۴-پ-۴) الی ( ۴-پ-۶) می باشد	امکان استفاده از نبشی های مندرج در جداول ( ۴-پ-۴) تا ( ۴-پ-۳) برای پایه های میانی، گوشه ای و انتهایی در محدوده اسپن تعیین شده	۲/۲۷	۲/۷	۱/۹۶	۲/۳۲	۱/۲۷	کراس آرم ۱/۵ متری با مقره سوزنی	۱
برای مناطقی با سطح آلودگی بالا و یا یخبندان و در مسیرهای مستقیم طولانی که مشکل حریم ندارند مناسب است. -نبشی های مجاز در اسپن های بزرگ از ۱۵۰ تا ۲۵۰ متر مطابق با جداول ( ۴-پ-۴) الی ( ۴-پ-۶) می باشد هادی های سنگین استفاده از این شکل پایه‌ها تا اسپن ۲۰۰ متر محدود می گردد.	امکان استفاده از نبشی های مندرج در جداول ( ۴-پ-۴) تا ( ۴-پ-۳) برای پایه های میانی، گوشه ای و انتهایی در محدوده اسپن تعیین شده	۲/۰۵	۲/۴۹	۱/۷۲	۲/۰۹	۱/۲۳	کراس آرم ۱/۵ متری با یک مقره سوزنی ۳۳ کیلوولتی و دو مقره بشقابی	۲
برای خطوط دوبل با مسیرهای مستقیم طولانی مناسب است.	-امکان استفاده از نبشی های مندرج در جداول ( ۴-پ-۴) تا ( ۴-پ-۳) برای پایه های میانی، گوشه ای و انتهایی در محدوده اسپن تعیین شده -عدم امکان استفاده از ای ن شکل پایه در شرایط فوق سنگین -توصیه به عدم استفاده از هادی فاکس در این ترکیب	۰/۸۲	۱/۰۴	۰/۶۴	۰/۸۱	۰/۹	کراس آرم ۱/۵ متری دو مداره	۳

ادامه جدول ۷۴: کراس آرم های متداول در شبکه های توزیع [۱۷]

محدودیت های کاربرد	محدودیت های مکانیکی بهره برداری	حداکثر فلش الکتریکی مجاز در خط				فاصله دو فاز PC (m)	نوع کراس آرم	ردیف
		هادی های هاین و لینکس		هادی های فاکس و مینک				
		۳۳ (kV)	۲۰ (kV)	۳۳ (kV)	۲۰ (kV)			
<p>- امکان تحمل فلش بیشتر و حریم مناسب تر در مقایسه با کراس ۱/۵ متری دارد</p> <p>- نبشی های مجاز در اسپن های بزرگ از ۱۵۰ تا ۲۵۰ متر مطابق با جداول (۴-پ) الی (۶-پ) می باشد</p> <p>برای هادی های سنگین استفاده از این شکل پایه ها تا اسپن ۲۰۰ متر محدود می گردد.</p>	<p>- امکان استفاده از نبشی های مندرج در جداول (۴-پ) تا (۴-پ) برای پایه های میانی، گوشه ای و انتهایی در محدوده اسپن تعیین شده</p> <p>- عدم امکان استفاده از ای ن شکل پایه در شرایط فوق سنگین</p> <p>- توصیه به عدم استفاده ز هادی فاکس در شرایط سبک</p>	۱/۷۱	۲/۲۰	۱/۳۳	۱/۵۷	۱/۲	کراس آرم جناقی	۴
<p>- برای مسیرهای مستقیم طولانی و بدون مشکل حریم با قابلیت تحمل فلش زیاد مناسب است</p> <p>- نبشی های مجاز در اسپن های بزرگ از ۱۵۰ تا ۲۵۰ متر مطابق با جداول (۴-پ) الی (۱۰-پ) می باشد</p>	<p>- امکان استفاده از نبشی های مندرج در جداول (۴-پ) تا (۷-پ) برای پایه های میانی، گوشه ای و انتهایی در محدوده اسپن تعیین شده</p>	۲/۶	۳/۰۶	۲/۲۵	۲/۶۴	۱/۲۷	کراس آرم ۲ متری	۵
<p>برای خطوط دوبل با مسیرهای مستقیم طولانی بدون مشکل حریم مناسب می باشد.</p>	<p>- امکان استفاده از نبشی های مندرج در جداول (۴-پ) تا (۷-پ) برای پایه های میانی، گوشه ای و انتهایی در محدوده اسپن تعیین شده</p> <p>- توصیه به عدم استفاده از هادی فاکس در شرایط سبک</p>	۰/۹۵	۱/۱۸	۰/۷۴	۰/۹۲	۰/۹۴	کراس آرم ۱/۵ و ۲ متری دو مداره	۶
<p>- برای مناطقی که با مشکل حریم مواجه هستند مناسب می باشد.</p> <p>- از قابلیت تحمل فلش الکتریکی بیشتر نسبت به کراس آرم های دو متری L شکل برخوردار است.</p>	<p>امکان استفاده از نبشی های مندرج در ( ۴-پ) (۱۳) برای پایه های میانی، گوشه ای و انتهایی در محدوده اسپن تعیین شده</p>	۰/۸۲	۱/۰۴	۰/۶۴	۰/۸۱	۰/۹	کراس آرم پرچمی	۷

## دستورالعمل محاسبات مکانیکی شبکه‌های توزیع هوایی

ادامه جدول ۷۴: کراس آرم های متداول در شبکه های توزیع [۱۷]

محدودیت های کاربرد	محدودیت های مکانیکی بهره برداری	حداکثر فلش الکتریکی مجاز در خط				فاصله دو فاز PC (m)	نوع کراس آرم	ردیف
		هادی های هایننا و لینکس		هادی های فاکس و مینک				
		۳۳ (kV)	۲۰ (kV)	۳۳ (kV)	۲۰ (kV)			
برای مناطقی که با مشکل حریم مواجه هستند مناسب است.	امکان استفاده از نبشی های مندرج در ( ۴پ-۱۴ ) برای پایه های میانی، گوشه ای و انتهایی در محدوده اسپن تعیین شده	۰/۶	۰/۸۳	۰/۵۴	۰/۷۶	۰/۷	کراس آرم ۲ متری L شکل	۸
	امکان استفاده از نبشی های مندرج در جدول ( ۴پ-۱۵ ) برای پایه های میانی محدوده اسپن تعیین شده	۱	۱/۳۱	۰/۸	۱/۱	۰/۹۷	کراس آرم ۲ متری L شکل با یک مقره آویزی	۹
	امکان استفاده از نبشی های مندرج در جدول ( ۴پ-۱۶ ) برای پایه های میانی محدوده اسپن تعیین شده	۱/۷۵	۲/۱۲	۱/۵۱	۱/۸۳	۱/۰۸	کراس آرم ۲ متری L شکل با دو بازوی ۱/۵ و ۲ متری	۱۰

[فهرست](#)

[شکل](#)

[جدول](#)

[پیشگفتار](#)

[۱](#)

[۲](#)

[۳](#)

[۴](#)

[۵](#)

[۶](#)

[پ ا ف](#)

[پ ب](#)

[۱ ب](#)

[۲ ب](#)

[۳ ب](#)

[۴ ب](#)

[ج](#)

[اینفو](#)

[مراجع](#)

[اعضاء](#)

جدول ۷۵: مشخصات نبشی مورد استفاده در اسپن های ۶۰ تا ۱۰۰ متر برای هادی های مختلف با توجه به شرایط آب و هوایی برای پایه های میانی برحسب میلیمترمربع [۱۷]

شرایط آب و هوایی				طول اسپن (m)	نوع هادی
سنگین	متوسط	سبک	فوق سنگین		
-	۷۰×۷	۶۰×۶	۴×۴*	تا ۶۰	فاکس
-	-	۶۰×۶	۵۰×۵	۶۰ تا ۸۰	
-	-	۸۰×۸	۵۰×۵	۸۰ تا ۱۰۰	
-	۷۰×۷	۶۰×۶	۵۰×۵	تا ۶۰	مینک
-	-	۶۰×۶	۵۰×۵	۸۰ تا ۶۰	
-	-	۷۰×۷	۵۰×۵	۱۰۰ تا ۸۰	
	۸۰×۸	۶۰×۶	۵۰×۵	تا ۶۰	هاینا
	۸۰×۸	۷۰×۷	۵۰×۵	۸۰ تا ۶۰	
	۹۰×۹	۷۰×۷	۶۰×۶	۱۰۰ تا ۸۰	
۱۲۰×۱۲	۹۰×۹	۸۰×۸	۶۰×۶	تا ۶۰	لینکس
۱۲۰×۱۲	۹۰×۹	۸۰×۸	۶۰×۶	۸۰ تا ۶۰	
-	۱۰۰×۱۰	۸۰×۸	۷۰×۷	۱۰۰ تا ۸۰	

\*مقطع نبشی: ضخامت×طول ساق

جدول ۷۶: مشخصات نبشی مورد استفاده در اسپن های ۶۰ تا ۱۰۰ متر برای هادی های مختلف با توجه به شرایط آب و هوایی برای پایه های گوشه ای برحسب میلیمتر مربع [۱۷]

شرایط آب و هوایی				زاویه هادی (درجه)	طول اسپن خط (m)	نوع هادی
فوق سنگین	سنگین	متوسط	سبک			
-	۷۰×۷	۶۰×۶	۵۰×۵	۳۰	۶۰ تا	فاکس
-	۷۰×۷	۶۰×۶	۵۰×۵	۶۰		
-	۸۰×۸	۷۰×۷	۵۰×۵	۹۰		
-	-	۶۰×۶	۵۰×۵	۳۰	۸۰ تا ۶۰	
-	-	۶۰×۶	۶۰×۶	۶۰		
-	-	۷۰×۷	۶۰×۶	۹۰		
-	-	۷۰×۷	۵۰×۵	۳۰	۱۰۰ تا ۸۰	
-	-	۷۰×۷	۶۰×۶	۶۰		
-	-	۷۰×۷	۶۰×۶	۹۰		
-	۷۰×۷	۶۰×۶	۵۰×۵	۳۰	۶۰ تا	مینک
-	۸۰×۸	۶۰×۶	۵۰×۵	۶۰		
-	۸۰×۸	۶۰×۶	۵۰×۵	۹۰		
-	-	۷۰×۷	۶۰×۶	۳۰	۸۰ تا ۶۰	
-	-	۷۰×۷	۶۰×۶	۶۰		
-	-	۷۰×۷	۶۰×۶	۹۰		
-	-	۷۰×۷	۶۰×۶	۳۰	۱۰۰ تا ۸۰	
-	-	۷۰×۷	۶۰×۶	۶۰		
-	-	۷۰×۷	۶۰×۶	۹۰		
-	۸۰×۸	۶۰×۶	۵۰×۵	۳۰	۶۰ تا	هاینا
-	۸۰×۸	۷۰×۷	۶۰×۶	۶۰		
-	۸۰×۸	۷۰×۷	۷۰×۷	۹۰		
-	۹۰×۹	۷۰×۷	۶۰×۶	۳۰	۸۰ تا ۶۰	
-	۹۰×۹	۷۰×۷	۶۰×۶	۶۰		
-	۹۰×۹	۷۰×۷	۶۰×۶	۹۰		
-	۹۰×۹	۸۰×۸	۶۰×۶	۳۰	۱۰۰ تا ۸۰	
-	۹۰×۹	۸۰×۸	۶۰×۶	۶۰		
-	۹۰×۹	۸۰×۸	۷۰×۷	۹۰		



## دستورالعمل محاسبات مکانیکی شبکه‌های توزیع هوایی

ادامه جدول ۷۶: مشخصات نبشی مورد استفاده در اسپن های ۶۰ تا ۱۰۰ متر برای هادی های مختلف با توجه به شرایط آب و هوایی برای پایه های گوشه ای برحسب میلیمترمربع [۱۷]

شرایط آب و هوایی				زاویه هادی (درجه)	طول اسپن خط (m)	نوع هادی
سنگین	متوسط	سبک	فوق سنگین			
۱۲۰×۱۲	۷۰×۷	۶۰×۶	۱۲۰×۱۲	۳۰	۶۰ تا	لینکس
۱۲۰×۱۲	۸۰×۸	۷۰×۷	۱۲۰×۱۲	۶۰		
۱۲۰×۱۲	۹۰×۹	۷۰×۷	۱۲۰×۱۲	۹۰		
۱۰۰×۱۰	۸۰×۸	۷۰×۷	۱۰۰×۱۰	۳۰	۸۰ تا ۶۰	
۱۰۰×۱۰	۸۰×۸	۷۰×۷	۱۰۰×۱۰	۶۰		
۱۰۰×۱۰	۸۰×۸	۷۰×۷	۱۰۰×۱۰	۹۰		
-	۸۰×۸	۷۰×۷	۱۰۰×۱۰	۳۰	۱۰۰ تا ۸۰	
-	۹۰×۹	۷۰×۷	۱۰۰×۱۰	۶۰		
-	۹۰×۹	۸۰×۸	۱۰۰×۱۰	۹۰		

\*مقطع نبشی: ضخامت×طول ساق

جدول ۷۷: مشخصات نبشی مورد استفاده در اسپن های ۶۰ تا ۱۰۰ متر برای هادی های مختلف با توجه به شرایط آب و هوایی برای پایه های انتهایی برحسب میلیمترمربع [۱۷]

شرایط آب و هوایی				طول اسپن (m)	نوع هادی
سنگین	متوسط	سبک	فوق سنگین		
-	۶۰×۶	*۶۰×۶	۷۰×۷	۶۰ تا	فاکس
-	۶۰×۶	۶۰×۶	-	۸۰ تا ۶۰	
-	۷۰×۷	۷۰×۷	-	۱۰۰ تا ۸۰	
-	۶۰×۶	۶۰×۶	۸۰×۸	۶۰ تا	مینک
-	۷۰×۷	۷۰×۷	-	۸۰ تا ۶۰	
-	۷۰×۷	۷۰×۷	-	۱۰۰ تا ۸۰	
-	۷۰×۷	۷۰×۷	۸۰×۸	۶۰ تا	هائینا
-	۷۰×۷	۸۰×۸	۹۰×۹	۸۰ تا ۶۰	
-	۸۰×۸	۸۰×۸	۹۰×۹	۱۰۰ تا ۸۰	
۱۲۰×۱۲	۸۰×۸	۸۰×۸	۹۰×۹	۶۰ تا	لینکس
۱۰۰×۱۰	۸۰×۸	۹۰×۹	۹۰×۹	۸۰ تا ۶۰	
-	۹۰×۹	۹۰×۹	۱۰۰×۱۰	۱۰۰ تا ۸۰	



جدول ۷۸: مشخصات نبشی مورد استفاده در اسپن ۱۵۰ متر برای هادی های مختلف با توجه به شرایط آب و هوایی برای پایه های

میانی برحسب میلیمتر مربع [۱۷]

شرایط آب و هوایی				نوع هادی
فوق سنگین	سنگین	متوسط	سبک	
۱۲×۱۲ دابل	۹×۹	۷×۷	*۵×۵	فاکس
۱۲×۱۲ دابل	۱۰×۱۰	۸×۸	۶×۶	مینک
۱۲×۱۲ دابل	۱۰×۱۰	۸×۸	۷×۷	هاینا
۱۲×۱۲ دابل	۱۲×۱۲	۹×۹	۸×۸	لینکس

\*مقطع نبشی: ضخامت×طول ساق

جدول ۷۹: مشخصات نبشی مورد استفاده در اسپن ۲۰۰ متر برای هادی های مختلف با توجه به شرایط آب و هوایی برای پایه های

میانی برحسب میلیمتر مربع [۱۷]

شرایط آب و هوایی				نوع هادی
فوق سنگین	سنگین	متوسط	سبک	
۱۲×۱۲ دابل	۱۰×۱۰	۸×۸	*۶×۶	فاکس
۱۲×۱۲ دابل	۱۲×۱۲	۹×۹	۷×۷	مینک
-	۱۲×۱۲	۹×۹	۷×۷	هاینا
-	۱۲×۱۲	۱۰×۱۰	۸×۸	لینکس

\*مقطع نبشی: ضخامت×طول ساق

جدول ۸۰: مشخصات نبشی مورد استفاده در اسپن ۲۵۰ متر برای هادی های مختلف با توجه به شرایط آب و هوایی برای پایه های

میانی برحسب میلیمتر مربع [۱۷]

شرایط آب و هوایی				نوع هادی
فوق سنگین	سنگین	متوسط	سبک	
-	۱۲×۱۲	۹×۹	*۶×۶	فاکس
-	۱۲×۱۲	۹×۹	۷×۷	مینک
-	۱۲×۱۲	۱۰×۱۰	۸×۸	هاینا
-	۱۰×۱۰ دابل	۱۰×۱۰	۹×۹	لینکس

\*مقطع نبشی: ضخامت×طول ساق

جدول ۸۱: مشخصات نبشی مورد استفاده در اسپن های ۶۰ تا ۱۰۰ متر برای هادی های مختلف با توجه به شرایط آب و هوایی برای پایه های میانی برحسب میلیمترمربع [۱۷]

شرایط آب و هوایی				طول اسپن (m)	نوع هادی
فوق سنگین	سنگین	متوسط	سبک		
-	۸۰×۸	۶۰×۶	۴×۴*	تا ۶۰	فاکس
-	-	۷۰×۷	-	۶۰ تا ۸۰	
-	-	۷۰×۷	-	۸۰ تا ۱۰۰	
-	۸۰×۸	۶۰×۶	۵۰×۵	تا ۶۰	مینک
-	۹۰×۹	۷۰×۷	۵۰×۵	۶۰ تا ۸۰	
-	-	۷۰×۷	۶۰×۶	۸۰ تا ۱۰۰	
۱۲۰×۱۲	۸۰×۸	۷۰×۷	۵۰×۵	تا ۶۰	هاینا
-	۹۰×۹	۷۰×۷	۶۰×۶	۶۰ تا ۸۰	
-	۱۰۰×۱۰	۸۰×۸	۶۰×۶	۸۰ تا ۱۰۰	
۱۲۰×۱۲	۹۰×۹	۷۰×۷	۶۰×۶	تا ۶۰	لینکس
۱۲۰×۱۲ دویل	۱۰۰×۱۰	۸۰×۸	۷۰×۷	۶۰ تا ۸۰	
-	۱۰۰×۱۰	۹۰×۹	۷۰×۷	۸۰ تا ۱۰۰	

\*مقطع نبشی: ضخامت×طول ساق

جدول ۸۲: مشخصات نبشی مورد استفاده در اسپن های ۶۰ تا ۱۰۰ متر برای هادی های مختلف با توجه به شرایط آب و هوایی برای پایه های گوشه ای برحسب میلیمتر مربع [۱۷]

شرایط آب و هوایی				زاویه هادی (درجه)	طول اسپن خط (m)	نوع هادی
فوق سنگین	سنگین	متوسط	سبک			
-	۸۰×۸	۶۰×۶	۵۰×۵	۳۰	۶۰ تا	فاکس
-	۸۰×۸	۷۰×۷	۵۰×۵	۶۰		
-	۸۰×۸	۷۰×۷	۵۰×۵	۹۰		
-	-	۷۰×۷	۶۰×۶	۳۰	۸۰ تا ۶۰	
-	-	۷۰×۷	۶۰×۶	۶۰		
--	-	۷۰×۷	۶۰×۶	۹۰		
-	-	۷۰×۷	۶۰×۶	۳۰	۱۰۰ تا ۸۰	
-	-	۷۰×۷	۷۰×۷	۶۰		
-	-	۷۰×۷	۷۰×۷	۹۰		
-	۸۰×۸	۷۰×۷	۵۰×۵	۳۰	۶۰ تا	مینک
-	۸۰×۸	۷۰×۷	۶۰×۶	۶۰		
-	۸۰×۸	۷۰×۷	۶۰×۶	۹۰		
-	۹۰×۹	۷۰×۷	۶۰×۶	۳۰	۸۰ تا ۶۰	
-	۹۰×۹	۸۰×۸	۶۰×۶	۶۰		
-	۹۰×۹	۸۰×۸	۷۰×۷	۹۰		
-	-	۸۰×۸	۶۰×۶	۳۰	۱۰۰ تا ۸۰	
-	-	۸۰×۸	۷۰×۷	۶۰		
-	-	۸۰×۸	۷۰×۷	۹۰		
۱۲۰×۱۲	۹۰×۹	۷۰×۷	۶۰×۶	۳۰	۶۰ تا	هاینا
۱۲۰×۱۲	۹۰×۹	۷۰×۷	۶۰×۶	۶۰		
۱۲۰×۱۲	۹۰×۹	۸۰×۸	۷۰×۷	۹۰		
-	۹۰×۹	۸۰×۸	۶۰×۶	۳۰	۸۰ تا ۶۰	
-	۹۰×۹	۸۰×۸	۷۰×۷	۶۰		
-	۹۰×۹	۸۰×۸	۷۰×۷	۹۰		
-	۱۰۰×۱۰	۸۰×۸	۷۰×۷	۳۰	۱۰۰ تا ۸۰	
-	۱۰۰×۱۰	۸۰×۸	۷۰×۷	۶۰		
-	۱۰۰×۱۰	۸۰×۸	۷۰×۷	۹۰		

ادامه جدول ۸۲: مشخصات نبشی مورد استفاده در اسپن های ۶۰ تا ۱۰۰ متر برای هادی های مختلف با توجه به شرایط آب و هوایی برای پایه های گوشه ای برحسب میلیمتر مربع [۱۷]

شرایط آب و هوایی				زاویه هادی (درجه)	طول اسپن خط (m)	نوع هادی
سنگین	متوسط	سبک	فوق سنگین			
۹۰×۹	۸۰×۸	۷۰×۷	۱۲۰×۱۲	۳۰	۶۰ تا	لینکس
۹۰×۹	۸۰×۸	۷۰×۷	۱۰۰×۱۰	۶۰		
۹۰×۹	۸۰×۸	۸۰×۸	۱۰۰×۱۰	۹۰		
۱۰۰×۱۰	۸۰×۸	۷۰×۷	۱۰۰×۱۰	۳۰	۸۰ تا ۶۰	
۱۰۰×۱۰	۹۰×۹	۷۰×۷	۱۲۰×۱۲	۶۰		
۱۰۰×۱۰	۹۰×۹	۸۰×۸	۱۲۰×۱۲	۹۰		
۱۲۰×۱۲	۹۰×۹	۷۰×۷	-	۳۰	۱۰۰ تا ۸۰	
۱۲۰×۱۲	۹۰×۹	۸۰×۸	-	۶۰		
۱۲۰×۱۲	۹۰×۹	۸۰×۸	-	۹۰		

\*مقطع نبشی: ضخامت×طول ساق

جدول ۸۳: مشخصات نبشی مورد استفاده در اسپن های ۶۰ تا ۱۰۰ متر برای هادی های مختلف با توجه به شرایط آب و هوایی برای پایه های انتهایی برحسب میلیمتر مربع [۱۷]

شرایط آب و هوایی				طول اسپن (m)	نوع هادی
سنگین	متوسط	سبک	فوق سنگین		
۸۰×۸	۷۰×۷	*۷۰×۷	-	۶۰ تا	فاکس
-	۷۰×۷	۷۰×۷	-	۸۰ تا ۶۰	
-	۷۰×۷	۷۰×۷	-	۱۰۰ تا ۸۰	
۸۰×۸	۷۰×۷	۷۰×۷	-	۶۰ تا	مینک
۹۰×۹	۸۰×۸	۸۰×۸	-	۸۰ تا ۶۰	
-	۸۰×۸	۸۰×۸	-	۱۰۰ تا ۸۰	
۹۰×۹	۷۰×۷	۸۰×۸	۱۲۰×۱۲	۶۰ تا	هاینا
۹۰×۹	۸۰×۸	۸۰×۸	-	۸۰ تا ۶۰	
۱۰۰×۱۰	۸۰×۸	۹۰×۹	-	۱۰۰ تا ۸۰	
۹۰×۹	۸۰×۸	۹۰×۹	۱۲۰×۱۲	۶۰ تا	لینکس
۱۰۰×۱۰	۹۰×۹	۱۰۰×۱۰	۱۲۰×۱۲	۸۰ تا ۶۰	
۱۲۰×۱۲	۹۰×۹	۱۰۰×۱۰	-	۱۰۰ تا ۸۰	

\*مقطع نبشی: ضخامت×طول ساق

جدول ۸۴: مشخصات نبشی مورد استفاده در اسپن ۱۵۰ متری برای هادی‌های مختلف با توجه به شرایط آب و هوایی برای پایه‌های

میانی برحسب میلیمترمربع [۱۷]

شرایط آب و هوایی				نوع هادی
فوق سنگین	سنگین	متوسط	سبک	
۱۲۰×۱۲ دویل	۱۰۰×۱۰	۸۰×۸	*۶۰×۶	فاکس
۱۲۰×۱۲ دویل	۱۲۰×۱۲	۸۰×۸	۶۰×۶	مینک
-	۱۲۰×۱۲	۹۰×۹	۷۰×۷	هاینا
-	۱۲۰×۱۲	۱۰۰×۱۰	۸۰×۸	لینکس

\*مقطع نبشی: ضخامت×طول ساق

جدول ۸۵: مشخصات نبشی مورد استفاده در اسپن ۲۰۰ متری برای هادی‌های مختلف با توجه به شرایط آب و هوایی برای پایه‌های

میانی برحسب میلیمترمربع [۱۷]

شرایط آب و هوایی				نوع هادی
فوق سنگین	سنگین	متوسط	سبک	
-	۱۲۰×۱۲	۹۰×۹	*۶۰×۶	فاکس
-	۱۲۰×۱۲	۹۰×۹	۷۰×۷	مینک
-	۱۲۰×۱۲	۱۰۰×۱۰	۸۰×۸	هاینا
-	۱۰۰×۱۰ دویل	۱۲۰×۱۲	۹۰×۹	لینکس

\*مقطع نبشی: ضخامت×طول ساق

جدول ۸۶: مشخصات نبشی مورد استفاده در اسپن ۲۵۰ متری برای هادی‌های مختلف با توجه به شرایط آب و هوایی برای پایه‌های

میانی برحسب میلیمترمربع [۱۷]

شرایط آب و هوایی				نوع هادی
فوق سنگین	سنگین	متوسط	سبک	
-	۱۲۰×۱۲	۹۰×۹	*۷۰×۷	فاکس
-	۱۰۰×۱۰ دویل	۱۰۰×۱۰	۸۰×۸	مینک
-	۱۲۰×۱۲ دویل	۱۲۰×۱۲	۹۰×۹	هاینا
-	۱۲۰×۱۲ دویل	۱۲۰×۱۲	۱۰۰×۱۰	لینکس

\*مقطع نبشی: ضخامت×طول ساق

جدول ۸۷: مشخصات نبشی مورد استفاده در اسپن های ۴۰ تا ۱۰۰ متر برای هادی های مختلف با توجه به شرایط آب و هوایی برای پایه های میانی برحسب میلیمترمربع [۱۷]

هوایی و آب شرایط									اسپن طول (m)	هادی نوع
سنگین فوق		سنگین		متوسط		سبک				
مایل	افقی	مایل	افقی	مایل	افقی	مایل	افقی			
-	-	۵۰×۵	۵۰×۵	۵۰×۵	۵۰×۵	۵۰×۵	۵۰×۵*	۴۰ تا	فاکس	
-	-	۵۰×۵	۵۰×۵	۵۰×۵	۵۰×۵	۵۰×۵	۵۰×۵	۶۰ تا ۴۰		
-	-	-	-	۵۰×۵	۵۰×۵	۵۰×۵	۵۰×۵	۸۰ تا ۶۰		
-	-	-	-	-	-	-	-	۱۰۰ تا ۸۰		
۵۰×۵	۷۰×۷	۵۰×۵	۵۰×۵	۵۰×۵	۵۰×۵	۵۰×۵	۵۰×۵	۴۰ تا	مینک	
-	-	۵۰×۵	۵۰×۵	۵۰×۵	۵۰×۵	۵۰×۵	۵۰×۵	۶۰ تا ۴۰		
-	-	۵۰×۵	۶۰×۶	۵۰×۵	۵۰×۵	۵۰×۵	۵۰×۵	۸۰ تا ۶۰		
-	-	۵۰×۵	۶۰×۶	۵۰×۵	۵۰×۵	۵۰×۵	۵۰×۵	۱۰۰ تا ۸۰		
۵۰×۵	۷۰×۷	۵۰×۵	۶۰×۶	۵۰×۵	۵۰×۵	۵۰×۵	۵۰×۵	۴۰ تا	هاینا	
۵۰×۵	۸۰×۸	۵۰×۵	۵۰×۵	۵۰×۵	۵۰×۵	۵۰×۵	۵۰×۵	۶۰ تا ۴۰		
-	-	۵۰×۵	۶۰×۶	۵۰×۵	۵۰×۵	۵۰×۵	۵۰×۵	۸۰ تا ۶۰		
-	-	۵۰×۵	۶۰×۶	۵۰×۵	۵۰×۵	۵۰×۵	۵۰×۵	۱۰۰ تا ۸۰		
۵۰×۵	۷۰×۷	۶۰×۶	۶۰×۶	۶۰×۶	۶۰×۶	۶۰×۶	۶۰×۶	۴۰ تا	لینکس	
۵۰×۵	۸۰×۸	۵۰×۵	۶۰×۶	۵۰×۵	۵۰×۵	۵۰×۵	۵۰×۵	۶۰ تا ۴۰		
۵۰×۵	۱۰۰×۱۰	۵۰×۵	۶۰×۶	۵۰×۵	۵۰×۵	۵۰×۵	۵۰×۵	۸۰ تا ۶۰		
-	-	۵۰×۵	۷۰×۷	۵۰×۵	۶۰×۶	۵۰×۵	۵۰×۵	۱۰۰ تا ۸۰		

\*مقطع نبشی: ضخامت×طول ساق

جدول ۸۸: مشخصات نبشی مورد استفاده در اسپن های ۴۰ تا ۱۰۰ متر برای هادی های مختلف با توجه به شرایط آب و هوایی برای پایه های میانی برحسب میلیمتر مربع [۱۷]

شرایط آب و هوایی								طول اسپن (m)	نوع هادی
فوق سنگین		سنگین		متوسط		سبک			
مایل	افقی	مایل	افقی	مایل	افقی	مایل	افقی		
-	-	۷۰×۷	۶۰×۶	۷۰×۷	۶۰×۶	۷۰×۷	*۶۰×۶	۴۰ تا	فاکس
-	-	۷۰×۷	۶۰×۶	۷۰×۷	۶۰×۶	۷۰×۷	۶۰×۶	۶۰ تا ۴۰	
-	-	-	-	۷۰×۷	۶۰×۶	۷۰×۷	۶۰×۶	۸۰ تا ۶۰	
-	-	-	-	-	-	-	-	۱۰۰ تا ۸۰	
۷۰×۷	۸۰×۸	۷۰×۷	۶۰×۶	۷۰×۷	۶۰×۶	۷۰×۷	۶۰×۶	۴۰ تا	مینک
-	-	۷۰×۷	۶۰×۶	۷۰×۷	۶۰×۶	۷۰×۷	۶۰×۶	۶۰ تا ۴۰	
-	-	۷۰×۷	۶۰×۶	۷۰×۷	۶۰×۶	۷۰×۷	۶۰×۶	۸۰ تا ۶۰	
-	-	۷۰×۷	۶۰×۶	۷۰×۷	۶۰×۶	۷۰×۷	۶۰×۶	۱۰۰ تا ۸۰	
۷۰×۷	۸۰×۸	۷۰×۷	۶۰×۶	۷۰×۷	۶۰×۶	۷۰×۷	۶۰×۶	۴۰ تا	هاینا
۷۰×۷	۱۰۰×۱۰	۷۰×۷	۶۰×۶	۷۰×۷	۶۰×۶	۷۰×۷	۶۰×۶	۶۰ تا ۴۰	
-	-	۷۰×۷	۷۰×۷	۷۰×۷	۶۰×۶	۷۰×۷	۶۰×۶	۸۰ تا ۶۰	
-	-	۷۰×۷	۷۰×۷	۷۰×۷	۶۰×۶	۷۰×۷	۶۰×۶	۱۰۰ تا ۸۰	
۷۰×۷	۱۰۰×۱۰	۷۰×۷	۶۰×۶	۷۰×۷	۶۰×۶	۷۰×۷	۶۰×۶	۴۰ تا	لینکس
۷۰×۷	۱۰۰×۱۰	۷۰×۷	۶۰×۶	۷۰×۷	۶۰×۶	۷۰×۷	۶۰×۶	۶۰ تا ۴۰	
۷۰×۷	۱۲۰×۱۲	۷۰×۷	۸۰×۸	۷۰×۷	۷۰×۷	۷۰×۷	۶۰×۶	۸۰ تا ۶۰	
-	-	۷۰×۷	۸۰×۸	۷۰×۷	۷۰×۷	۷۰×۷	۶۰×۶	۱۰۰ تا ۸۰	

\*مقطع نبشی: ضخامت×طول ساق

جدول ۸۹: مشخصات نبشی مورد استفاده در اسپن های ۴۰ تا ۱۰۰ متر برای هادی های مختلف با توجه به شرایط آب و هوایی برای پایه های میانی برحسب میلیمترمربع [۱۷]

شرایط آب و هوایی									طول اسپن (m)	نوع هادی
فوق سنگین		سنگین		متوسط		سبک				
مایل	افقی	مایل	افقی	مایل	افقی	مایل	افقی			
-	-	۷۰×۷	۸۰×۸	۷۰×۷	۸۰×۸	۷۰×۷	*۸۰×۸	۴۰ تا ۶۰	فاکس	
-	-	۷۰×۷	۸۰×۸	۷۰×۷	۸۰×۸	۷۰×۷	۸۰×۸	۶۰ تا ۸۰		
-	-	-	-	۷۰×۷	۸۰×۸	۷۰×۷	۸۰×۸	۸۰ تا ۱۰۰		
-	-	-	-	-	-	-	-	۱۰۰ تا ۱۲۰		
۷۰×۷	۱۰۰×۱۰	۷۰×۷	۸۰×۸	۷۰×۷	۸۰×۸	۷۰×۷	۸۰×۸	۴۰ تا ۶۰	مینک	
-	-	۷۰×۷	۸۰×۸	۷۰×۷	۸۰×۸	۷۰×۷	۸۰×۸	۶۰ تا ۸۰		
-	-	۷۰×۷	۸۰×۸	۷۰×۷	۸۰×۸	۷۰×۷	۸۰×۸	۸۰ تا ۱۰۰		
-	-	۷۰×۷	۱۰۰×۱۰	۷۰×۷	۸۰×۸	۷۰×۷	۸۰×۸	۱۰۰ تا ۱۲۰		
۷۰×۷	۱۰۰×۱۰	۷۰×۷	۸۰×۸	۷۰×۷	۸۰×۸	۷۰×۷	۸۰×۸	۴۰ تا ۶۰	هاینا	
۷۰×۷	۱۲۰×۱۲	۷۰×۷	۸۰×۸	۷۰×۷	۸۰×۸	۷۰×۷	۸۰×۸	۶۰ تا ۸۰		
-	-	۷۰×۷	۷۰×۷	۷۰×۷	۶۰×۶	۷۰×۷	۶۰×۶	۸۰ تا ۱۰۰		
-	-	۷۰×۷	۸۰×۸	۷۰×۷	۸۰×۸	۷۰×۷	۸۰×۸	۱۰۰ تا ۱۲۰		
۷۰×۷	۱۰۰×۱۰	۷۰×۷	۸۰×۸	۷۰×۷	۸۰×۸	۷۰×۷	۸۰×۸	۴۰ تا ۶۰	لینکس	
۷۰×۷	۱۲۰×۱۲	۷۰×۷	۸۰×۸	۷۰×۷	۸۰×۸	۷۰×۷	۸۰×۸	۶۰ تا ۸۰		
-	-	۷۰×۷	۱۰۰×۱۰	۷۰×۷	۸۰×۸	۷۰×۷	۸۰×۸	۸۰ تا ۱۰۰		
-	-	۷۰×۷	۱۰۰×۱۰	۷۰×۷	۸۰×۸	۷۰×۷	۸۰×۸	۱۰۰ تا ۱۲۰		

\*مقطع نبشی: ضخامت×طول ساق



جدول ۹۰: مشخصات نبشی مورد استفاده در اسپن های ۴۰ تا ۱۰۰ متر برای هادی های مختلف با توجه به شرایط آب و هوایی برای پایه های میانی برحسب میلیمتر مربع [۱۷]

شرایط آب و هوایی								طول بازو (m)	طول اسپن (m)	نوع هادی	
فوق سنگین		سنگین		متوسط		سبک					
مایل	افقی	مایل	افقی	مایل	افقی	مایل	افقی				
-	-	۵۰×۵	۶۰×۶	۵۰×۵	۶۰×۶	۵۰×۵	*۶۰×۶	۱/۵	۴۰ تا	فاکس	
-	-	۷۰×۷	۵۰×۵	۷۰×۷	۵۰×۵	۷۰×۷	۵۰×۵	۲			
-	-	۵۰×۵	۶۰×۶	۵۰×۵	۶۰×۶	۵۰×۵	۶۰×۶	۱/۵	۶۰ تا ۴۰		
-	-	۷۰×۷	۶۰×۶	۷۰×۷	۵۰×۵	۷۰×۷	۵۰×۵	۲			
-	-	-	-	۵۰×۵	۶۰×۶	۵۰×۵	۶۰×۶	۱/۵	۸۰ تا ۶۰		
-	-	-	-	۷۰×۷	۵۰×۵	۷۰×۷	۵۰×۵	۲			
-	-	-	-	-	-	-	-	۱/۵	۱۰۰ تا ۸۰		
-	-	-	-	-	-	-	-	۲			
۵۰×۵	۸۰×۸	۵۰×۵	۶۰×۶	۵۰×۵	۶۰×۶	۵۰×۵	۶۰×۶	۱/۵	۴۰ تا		مینک
۷۰×۷	۸۰×۸	۷۰×۷	۶۰×۶	۷۰×۷	۵۰×۵	۷۰×۷	۵۰×۵	۲			
-	-	۵۰×۵	۷۰×۷	۵۰×۵	۶۰×۶	۵۰×۵	۶۰×۶	۱/۵	۶۰ تا ۴۰		
-	-	۷۰×۷	۶۰×۶	۷۰×۷	۵۰×۵	۷۰×۷	۵۰×۵	۲			
-	-	۵۰×۵	۷۰×۷	۵۰×۵	۶۰×۶	۵۰×۵	۶۰×۶	۱/۵	۸۰ تا ۶۰		
-	-	۷۰×۷	۷۰×۷	۷۰×۷	۶۰×۶	۷۰×۷	۶۰×۶	۲			
-	-	۵۰×۵	۸۰×۸	۵۰×۵	۶۰×۶	۶۰×۶	۵۰×۵	۱/۵	۱۰۰ تا ۸۰		
-	-	۷۰×۷	۸۰×۸	۷۰×۷	۶۰×۶	۵۰×۵	۷۰×۷	۲			
۵۰×۵	۸۰×۸	۵۰×۵	۶۰×۶	۵۰×۵	۶۰×۶	۵۰×۵	۶۰×۶	۱/۵	۴۰ تا	هاینا	
۷۰×۷	۸۰×۸	۷۰×۷	۶۰×۶	۷۰×۷	۵۰×۵	۷۰×۷	۵۰×۵	۲			
۵۰×۵	۱۰۰×۱۰	۵۰×۵	۷۰×۷	۵۰×۵	۶۰×۶	۵۰×۵	۶۰×۶	۱/۵	۶۰ تا ۴۰		
۷۰×۷	۱۰۰×۱۰	۷۰×۷	۵۰×۵	۷۰×۷	۵۰×۵	۷۰×۷	۵۰×۵	۲			
-	-	۵۰×۵	۶۰×۶	۵۰×۵	۶۰×۶	۵۰×۵	۶۰×۶	۱/۵	۸۰ تا ۶۰		
-	-	۷۰×۷	۶۰×۶	۷۰×۷	۶۰×۶	۷۰×۷	۵۰×۵	۲			
-	-	۵۰×۵	۸۰×۸	۵۰×۵	۷۰×۷	۵۰×۵	۶۰×۶	۱/۵	۱۰۰ تا ۸۰		
-	-	۷۰×۷	۸۰×۸	۷۰×۷	۶۰×۶	۷۰×۷	۶۰×۶	۲			
۵۰×۵	۱۰۰×۱۰	۵۰×۵	۶۰×۶	۵۰×۵	۶۰×۶	۵۰×۵	۶۰×۶	۱/۵	۴۰ تا		لینکس
۷۰×۷	۱۰۰×۱۰	۷۰×۷	۶۰×۶	۷۰×۷	۵۰×۵	۷۰×۷	۵۰×۵	۲			
۵۰×۵	۱۰۰×۱۰	۵۰×۵	۷۰×۷	۵۰×۵	۶۰×۶	۵۰×۵	۶۰×۶	۱/۵	۶۰ تا ۴۰		
۷۰×۷	۱۰۰×۱۰	۷۰×۷	۷۰×۷	۷۰×۷	۶۰×۶	۷۰×۷	۵۰×۵	۲			
۵۰×۵	۱۲۰×۱۲	۵۰×۵	۸۰×۸	۵۰×۵	۷۰×۷	۵۰×۵	۶۰×۶	۱/۵	۸۰ تا ۶۰		
۷۰×۷	۱۲۰×۱۲	۷۰×۷	۸۰×۸	۷۰×۷	۷۰×۷	۷۰×۷	۵۰×۵	۲			
-	-	۵۰×۵	۱۰۰×۱۰	۵۰×۵	۷۰×۷	۵۰×۵	۶۰×۶	۱/۵	۱۰۰ تا ۸۰		
-	-	۷۰×۷	۱۰۰×۱۰	۷۰×۷	۷۰×۷	۷۰×۷	۶۰×۶	۲			

\*مقطع نبشی: ضخامت×طول ساق

جدول ۹۱: ماتریس طراحی عمده طرح های شبکه های توزیع

ردیف	سطح ولتاژ	نوع شبکه	عنوان طرح	مسیر یابی	نقشه برداری	پخش بار	محاسبه اتصال کوتاه	ارزیابی قابلیت اطمینان	هماهنگی حفاظتی	مطالعات (شبیه سازی) مکانیکی	استفاده از	استفاده از	
											جداول تیپ	جداول تیپ	
۱	فشار متوسط	هوایی	توسعه فیدر جدید	*	*	*	*	*	*	*	-	-	
۲			توسعه فیدر موجود	*	*	*	*	*	*	*	*	-	-
۳			ایجاد قدرت مانور	*	*	*	*	*	*	*	*	-	-
۴			تغییر سطح مقطع	-	-	*	*	-	-	-	*	-	-
۵			جابجایی پایه (**)	-	-	-	-	-	-	-	*	-	-
۶			جابجایی شبکه (**)	*	-	-	-	-	-	-	*	-	-
۷			نصب کات اوت	-	-	-	-	-	-	-	-	*	-
۸			نصب برقگیر	-	-	-	-	-	-	-	-	*	-
۹			نصب تجهیزات حفاظتی	-	-	*	*	*	*	*	*	-	-
۱۰			نصب تجهیزات مانوری	-	-	*	*	*	*	*	*	-	-
۱۱			نصب سیم گارد	-	-	-	-	-	-	-	-	*	-
۱۲			رفع حریم	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

فهرست

شکل

جدول

پیشگفتار

۱

۲

۳

۴

۵

۶

ب الف

ب ب

ب ا

ب ب

ب ب

ب ب

ب ب

ب ب

ب ب

ب ب

ب ب

## دستورالعمل محاسبات مکانیکی شبکه‌های توزیع هوایی

ادامه جدول ۹۱- ماتریس طراحی عمده طرح های شبکه های توزیع

ردیف	سطح ولتاژ	نوع شبکه	عنوان طرح	مسیر یابی	نقشه برداری	مطالعات الکتریکی (*)				استفاده از جداول تیپ شده برای مطالعات (شبیه سازی) مکانیکی
						پخش بار	محاسبه اتصال کوتاه	ارزیابی قابلیت اطمینان	هماهنگی حفاظتی	
۱۳	فشار متوسط	زمینی	توسعه فیدر جدید	*	*	*	*	*	*	-
۱۴			توسعه فیدر موجود	*	*	*	*	*	*	-
۱۵			ایجاد قدرت مانور	*	*	*	*	*	*	-
۱۶			تغییر سطح مقطع	-	-	*	*	-	-	*
۱۷			نصب کات اوت	-	-	-	-	-	-	*
۱۸			نصب تجهیزات حفاظتی	-	-	*	*	*	*	-
۱۹			نصب تجهیزات مانوری	-	-	*	*	*	*	-
۲۰			زدن مفصل	-	-	-	-	-	-	-
۲۱			زدن دوراهه	-	-	-	-	-	-	-
۲۲	ترانسفورماتور	هوایی	نصب ترانسفورماتور جدید	(تعیین مکان)*	-	*	*	*	*	-
۲۳			افزایش قدرت ترانسفورماتور موجود	-	-	*	*	*	*	-
۲۴			جابجایی ترانسفورماتور	(تعیین مکان)*	-	*	*	*	*	-

## دستورالعمل محاسبات مکانیکی شبکه‌های توزیع هوایی

ادامه جدول ۹۱- ماتریس طراحی عمده طرح های شبکه های توزیع

مطالعات الکتریکی(*)													
ردیف	سطح ولتاژ	نوع شبکه	عنوان طرح	مسیر یابی	نقشه برداری	پخش بار	محاسبه اتصال کوتاه	ارزیابی قابلیت اطمینان	هماهنگی حفاظتی	محاسبه اتصال کوتاه	ارزیابی قابلیت اطمینان	هماهنگی حفاظتی	
۲۵	ترانسفورماتور	هوایی	تعیین فیدرهای خروجی ترانسفورماتور	*	-	*	*	*	*	-	*	-	
۲۶			تعیین ظرفیت تابلو	-	-	-	-	-	-	-	*	-	
۲۷			جابجایی تابلو	-	-	-	-	-	-	-	*	-	
۲۸			رفع حریم	*	-	-	-	-	-	-	-	-	
۲۹	ترانسفورماتور	زمینی	نصب ترانسفورماتور جدید	(تعیین مکان*)	-	*	*	*	*	-	*	-	
۳۰			افزایش قدرت ترانسفورماتور موجود	-	-	*	*	*	*	*	-	*	-
۳۱			افزایش تعداد ترانسفورماتور در پست	-	-	*	*	*	*	*	-	*	-
۳۲			تعیین ظرفیت تابلو فشار متوسط	-	-	-	-	-	-	-	-	*	-
۳۳			تغییر ظرفیت تابلو فشار متوسط	-	-	-	-	-	-	-	-	*	-
۳۴			تعیین ظرفیت تابلو فشار ضعیف	-	-	-	-	-	-	-	-	*	-
۳۵			جابجایی تابلو	-	-	-	-	-	-	-	*	-	

فهرست

شکل

جدول

پیشگفتار

۱

۲

۳

۴

۵

۶

پالف

پب

۱ب

۲ب

۳ب

۴ب

ج

اینفو

مراجع

اعضاء

ادامه جدول ۹۱- ماتریس طراحی عمده طرح های شبکه های توزیع

مطالعات الکتریکی(*)											
ردیف	سطح ولتاژ	نوع شبکه	عنوان طرح	مسیر یابی	نقشه برداری	پخش بار	محاسبه اتصال کوتاه	ارزیابی قابلیت اطمینان	هماهنگی حفاظتی	ارزیابی قابلیت اطمینان	هماهنگی حفاظتی
۳۶	فشار ضعیف	هوایی	توسعه فیدر جدید	*	-	*	*	*	*	-	-
۳۷			توسعه فیدر موجود	*	-	*	*	*	*	-	-
۳۸			ایجاد مانور	*	-	*	*	*	*	-	-
۳۹			تبدیل سیم به کابل خودنگهدار	-	-	*	*	*	*	-	*
۴۰			تغییر سطح مقطع	-	-	*	*	*	*	-	-
۴۱			افزایش تعداد فیدر بر روی شبکه موجود	-	-	*	*	*	*	-	-
۴۲			افزایش فیدر روشنایی معابر	-	-	-	-	-	-	*	*
۴۳			متقاضیان خرید انشعاب (تک تیری)	-	-	-	-	-	-	*	*
۴۴			جابجایی پایه	-	-	-	-	-	-	*	*
۴۵			جابجایی شبکه	*	-	-	-	-	-	*	-
۴۶	فشار ضعیف	هوایی	شبکه های روشنایی معابر	-	*	*	-	-	*	*	
۴۷			نصب جعبه انشعاب	-	-	-	-	-	*	*	
۴۸			زدن سرکابل	-	-	-	-	-	-	-	
۴۹			رفع حریم	*	-	-	-	-	-	*	-

فهرست

شکل

جدول

پیشگفتار

۱

۲

۳

۴

۵

۶

ب الف

ب ب

ب ۱

ب ۲

ب ۳

ب ۴

ج

اینفو

مراجع

اعضاء

## دستورالعمل محاسبات مکانیکی شبکه‌های توزیع هوایی

ادامه جدول ۹۱- ماتریس طراحی عمده طرح های شبکه های توزیع

مطالعات الکتریکی (*)											
ردیف	سطح ولتاژ	نوع شبکه	عنوان طرح	مسیر یابی	نقشه برداری	پخش بار	محاسبه اتصال کوتاه	ارزیابی قابلیت اطمینان	هماهنگی حفاظتی	ارزیابی قابلیت اطمینان	هماهنگی حفاظتی
۵۰			توسعه فیدر جدید	*	-	*	*	*	*	-	-
۵۱			توسعه فیدر موجود	*	-	*	*	*	*	-	-
۵۲			ایجاد مانور	*	-	*	*	*	*	-	-
۵۳			تبدیل سیم به کابل خودنگهدار	-	-	*	*	-	-	*	-
۵۴			تغییر سطح مقطع	-	-	*	*	-	-	*	-
۵۵	فشار ضعیف	زمینی	متقاضیان خرید انشعاب (تک تیری)	-	-	-	-	-	-	*	*
۵۶			جابجایی شبکه	*	-	-	-	-	-	*	-
۵۷			نصب جعبه انشعاب	-	-	-	-	-	-	*	-
۵۸			زدن مفصل	-	-	-	-	-	-	-	-
۵۹			زدن دوراوه	-	-	-	-	-	-	-	-
۶۰			رفع حریم	*	-	-	-	-	-	-	-
*	نیاز به انجام این بخش می باشد.										

فهرست

شکل

جدول

پیشگفتار

۱

۲

۳

۴

۵

۶

ب الف

ب ب

ب ۱

ب ۲

ب ۳

ب ۴

ج

اینفو

مراجع

اعضاء

## دستورالعمل محاسبات مکانیکی شبکه‌های توزیع هوایی

(\*) در خصوص مطالعات الکتریکی چنانچه سند مطالعاتی برای موارد پیش بینی شده وجود داشته باشد باید این اطلاعات در طراحی و تدوین دفترچه طراحی مطابق با ماتریس فوق لحاظ گردد و چنانچه چنین سندی وجود نداشته باشد انجام مطالعات بر اساس درخواست کارفرما و زیر ساخت های اطلاعاتی موجود انجام و در دفترچه طراحی آورده شود.

(\*\*): در صورت تغییر شرایط مکانیکی نیاز به انجام محاسبات مکانیکی می باشد.

[فهرست](#)

[شکل](#)

[جدول](#)

[پیشگفتار](#)

[۱](#)

[۲](#)

[۳](#)

[۴](#)

[۵](#)

[۶](#)

[ب الف](#)

[ب ب](#)

[ب ۱](#)

[ب ۲](#)

[ب ۳](#)

[ب ۴](#)

[ج](#)

[اینفو](#)

[مراجع](#)

[اعضاء](#)

## ۷- اینفوگرافیک محاسبات مکانیکی



فهرست

شکل

جدول

پیشگفتار

۱

۲

۳

۴

۵

۶

پ الف

پ ب

۱ ب

۲ ب

۳ ب

۴ ب

ج

اینفو

مراجع

اعضاء



## ۸-مراجع

- [1] IEC 60826, "Design criteria of overhead transmission lines." 2017.
- [2] AS/NZS 7000, "Overhead line design." 2016.
- [3] SA/SNZ HB 331:2020, "Overhead line design handbook." 2020.
- [4] IEC 61774, "Overhead lines - Meteorological data for assessing climatic loads." 1997.
- [5] CIGRE, *Guidelines for Meteorological Icing Models, Statistical Methods and Topographical Effects*. 2006.
- [6] CIGRE, *Guidelines for field measurement of ice loadings on overhead power line conductors*. 2001.
- [7] CIGRE, *Meteorological data for assessing climatic loads on overhead lines*. 2016.
- [8] F. Massaro, "SAG-TENSION CALCULATION METHODS FOR OVERHEAD LINES," 2007.
- [9] N. G. Bingel III *et al.*, "2017 NESC (R) Handbook," 2016.
- [10] CIGRE, *OVERHEAD CONDUCTOR SAFE DESIGN TENSION WITH RESPECT TO AEOLIAN VIBRATIONS*. 2005.
- [11] H. H. Farr, *Transmission Line Design Manual: A Guide for the Investigation, Development, and Design of Power Transmission Lines*. US Department of the Interior, Water and Power Resources Service, 1980.
- [12] G. Diana, *Modelling of Vibrations of Overhead Line Conductors: Assessment of the Technology*. Springer, 2018.
- [13] Cigre, "PROBABILISTIC DESIGN OF OVERHEAD TRANSMISSION LINES." 2001.
- [14] CIGRE, *Overhead Lines GREEN BOOKS*. 2017.
- [15] *EPRI AC Transmission Line Reference Book - 200 kV and Above*, Third Edit. EPRI, 2005.
- [16] استاندارد خطوط هوایی توزیع-جلد اول:مبانی طراحی و جداول کاربردی. توانیر، ۱۳۷۸.
- [17] مشخصات فنی عمومی و اجرایی خطوط توزیع برق هوایی و کابلی فشار متوسط و ضعیف- نشریه شماره ۳۷۴ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، ۱۳۸۶.
- [18] *TOWER TOP GEOMETRY AND MID SPAN CLEARANCES*. CIGRE, 2008.
- [19] "Overhead electrical lines exceeding AC 45 kV – Part 3-4: National Normative Aspects (NNA) for Germany." EN 50341-3-4, 2002.

فهرست

شکل

جدول

پیشگفتار

۱

۲

۳

۴

۵

۶

پ الف

پ ب

۱ ب

۲ ب

۳ ب

۴ ب

ج

اینفو

مراجع

اعضاء



## ۹- اعضای تدوین کننده دستورالعمل به ترتیب الفبا

ردیف	نام و نام خانوادگی	نام شرکت متبوع
۱	جناب آقای مهندس عباس احمدوند	شرکت توزیع برق استان البرز
۲	جناب آقای دکتر حامد احمدی	شرکت توزیع برق استان تهران
۳	جناب آقای مهندس الیاسی	شرکت توزیع برق استان خراسان جنوبی
۴	جناب آقای مهندس میلاد بی‌آزار قادیکلانی	شرکت توانیر
۵	جناب آقای مهندس رضا انامقی	شرکت توزیع برق استان آذربایجان غربی
۶	جناب آقای مهندس ساسان جباری	شرکت توزیع برق استان هرمزگان
۷	جناب آقای مهندس اشکان حجتی	شرکت مهندسی مشاور دانشمند
۸	جناب آقای مهندس مسعود رحمانی دهخوارقانی	شرکت توزیع برق استان آذربایجان شرقی
۹	جناب آقای مهندس محمد ساسانی	شرکت توزیع برق استان اصفهان
۱۰	جناب آقای مهندس سید حسن سعیدی	شرکت توزیع برق استان گیلان
۱۱	جناب آقای دکتر غلامرضا شقاقی شهر	شرکت توزیع برق استان البرز
۱۲	سرکار خانم مهندس بتول شیخ‌شعاعی	شرکت توزیع برق جنوب استان کرمان
۱۳	جناب آقای مهندس حسین شیروانی	شرکت توزیع برق استان اصفهان
۱۴	جناب آقای مهندس حمید علاقمندان	شرکت توزیع برق استان اصفهان
۱۵	جناب آقای مهندس صالح عسگری مقدم	شرکت مهندسی مشاور دانشمند
۱۶	جناب آقای مهندس ابراهیم عقابی	شرکت توزیع برق استان آذربایجان غربی
۱۷	جناب آقای دکتر مهیار قلی‌زاده	شرکت توانیر
۱۸	سرکار خانم مهندس فاطمه گل‌تپه	شرکت توانیر
۱۹	جناب آقای دکتر محی‌الدین گنجیان	شرکت توزیع برق استان مازندران
۲۰	جناب آقای مهندس حسین منصوری	شرکت توزیع برق استان زنجان